

# ULUSAL ÇUKUROVA TEKSTİL KONGRESİ 2024



ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ  
Mithat Özsan Amfisi - Balcalı / ADANA



## ULUSAL ÇUKUROVA TEKSTİL KONGRESİ

26-27 Eylül 2024

### BİLDİRİLER KİTABI



#### Editörler

Prof. Dr. R. Tuğrul OĞULATA

Prof. Dr. Emel Ceyhun SABİR

Prof. Dr. Belkıs ZERVENT ÜNAL

Prof. Dr. Serin MEZARCIÖZ

Doç. Dr. Füsün DOBA KADEM

**Çukurova Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü**  
**Ulusal Çukurova Tekstil Kongresi (UÇTEK 2024) Bildiriler Kitabı**

**Editörler**

Prof. Dr. R. Tuğrul OĞULATA / Çukurova Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü  
Prof. Dr. Emel Ceyhun SABIR / Çukurova Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü  
Prof. Dr. Belkıs ZERVENT ÜNAL / Çukurova Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü  
Prof. Dr. Serin MEZARCIÖZ / Çukurova Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü  
Doç. Dr. Füsun DOBA KADEM / Çukurova Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü

© 2024, Çukurova Üniversitesi

Bu kitabın yayın hakları UÇTEK 2024'ye aittir. 5846 Sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Yasası uyarınca tamamı ya da bir bölümü, resim, tablo, şekil ve grafikler yazılı izin alınmaksızın elektronik ya da mekanik yöntemlerle kopya edilemez, çoğaltılamaz ve yayımlanamaz. Kaynak olarak gösterilmek koşuluyla alıntı yapılabilir.

R. Tuğrul Oğulata, Emel Ceyhun Sabır, Belkıs Zervent Ünal, Serin Mezarciöz, Füsun Doba Kadem (Editörler)  
Çukurova Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Ulusal Çukurova Tekstil Kongresi  
(UÇTEK 2024) Bildiriler Kitabı  
210 x 297 mm, 1 cilt (e-ISBN 978-975-487-233-0 )

Basım Tarihi: Aralık, 2024

**Önemli Uyarı**

Bu kitabın içeriğinde yer alan ve yazarlarının güncel bilgi düzeyi çerçevesinde bilimsel zeminde oluşturdukları metinlerde sunulan görüşler sahiplerine aittir ve yayımcı, telif hakkı sahibi ya da sponsor için bağlayıcı değildir. Kitapta adı geçen ticari markalar bilgilendirme dışında bir amaçla sunulmamaktadır. Kullanıcıların ilgili üreticilerin ürün bilgi ya da kullanıcı kılavuzlarına bakmaları, şüpheli durumlarda bir uzmana danışmaları önerilir. Editör ekibi, kitabı oluşturan metinlerin hatasız basılması için özen göstermişlerdir.

**UÇTEK 2024**

**ULUSAL ÇUKUROVA TEKSTİL KONGRESİ**

**26-27 EYLÜL 2024**

**BİLDİRİLER KİTABI**

**Editörler**

Prof. Dr. R. Tuğrul OĞULATA

Prof. Dr. Emel Ceyhun SABİR

Prof. Dr. Belkıs ZERVENT ÜNAL

Prof. Dr. Serin MEZARCIÖZ

Doç. Dr. Füsun DOBA KADEM

**e-ISBN: 978-975-487-233-0**

## **UÇTEK 2024 Kongre Düzenleme Kurulu**

Prof. Dr. R. Tuğrul OĞULATA (Başkan)

Prof. Dr. Emel Ceyhun SABİR

Prof. Dr. Belkıs ZERVENT ÜNAL

Prof. Dr. Serin MEZARCIÖZ

Doç. Dr. Füsun DOBA KADEM

Prof. Dr. Nihat ÇELİK

Prof. Dr. Pınar DURU BAYKAL

Doç. Dr. Abdurrahman TELLİ

Dr. Öğr. Üyesi Yılmaz ERBİL

Öğr. Gör. Mehmet BEBEKLİ

Dr. Sabiha SEZGİN BOZOK

Arş. Gör. Dr. Şehpal ÖZDEMİR

Arş. Gör. Dr. Sait YILÖNÜ

Dr. Zehra KAYNAR TAŞCI

Tekstil Yük. Müh. Muhittin ÖZKAN

## **UÇTEK 2024 Kongre Yürütme Kurulu**

Prof. Dr. Emel Ceyhun SABİR (Başkan)

Prof. Dr. Belkıs ZERVENT ÜNAL

Prof. Dr. Serin MEZARCIÖZ

Doç. Dr. Füsun DOBA KADEM

## **BİLİMSEL DANIŞMA KURULU**

Prof. Dr. R. Tuğrul OĞULATA	Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölüm Başkanı
Prof. Dr. E. Perrin AKÇAKOCA KUMBASAR	Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölüm Başkanı
Prof. Dr. Kadir BİLİŞİK	Erciyes Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölüm Başkanı
Prof. Dr. Ümit Halis ERDOĞAN	Dokuz Eylül Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölüm Başkanı
Prof. Dr. Pelin GÜRKAN ÜNAL	Namık Kemal Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölüm Başkanı
Prof. Dr. Nevin Çiğdem GÜRSOY	İstanbul Teknik Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölüm Başkanı
Prof. Dr. Yasemin KORKMAZ	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölüm Başkanı
Prof. Dr. Y. Dilek KUT	Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölüm Başkanı
Prof. Dr. Sema PALAMUTÇU	Pamukkale Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölüm Başkanı
Prof. Dr. Mehmet TOPALBEKİROĞLU	Gaziantep Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölüm Başkanı
Prof. Dr. İsmail USTA	Marmara Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölüm Başkanı
Prof. Dr. İbrahim ÜÇGÜL	Süleyman Demirel Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölüm Başkanı
Doç. Dr. Selçuk POYRAZ	Adıyaman Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölüm Başkanı
Doç. Dr. Nazire Deniz YILMAZ	Uşak Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölüm Başkanı
Prof. Dr. Emel Ceyhan SABİR	Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği
Prof. Dr. Belkıs ZERVENT ÜNAL	Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği
Prof. Dr. Serin MEZARCIÖZ	Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği
Doç. Dr. Füsun DOBA KADEM	Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği
Prof. Dr. Nihat ÇELİK	Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği
Prof. Dr. Pınar DURU BAYKAL	Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği
Doç. Dr. Abdurrahman TELLİ	Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği
Dr. Öğr. Üyesi Yılmaz ERBİL	Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği

# TEŞEKKÜR

Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

*Tekstil Mühendisliği Bölümü*

tarafından düzenlenen

*UÇTEK 2024 Ulusal Çukurova Tekstil Kongresi'*ne destek veren aşağıdaki kuruluşlara düzenleme kurulu olarak teşekkür ederiz.

*Düzenleme Kurulu*

Akdeniz Tekstil ve Hammaddeleri İhracatçıları Birliği

Ege Tekstil ve Hammaddeleri İhracatçıları Birliği

Güneydoğu Anadolu Tekstil ve Hammaddeleri İhracatçıları Birliği(GATHİB)

İstanbul Tekstil ve Hammaddeleri İhracatçıları Birliği

Uludağ Tekstil İhracatçıları Birliği

BOSSA Tekstil A.Ő.

KIVANÇ Tekstil ve Sanayi Ticaret A.Ő

SASA Polyester San. A.Ő.

KİPAŞ Tekstil

İSKUR Tekstil

Palmiye Tekstil A.Ő.

Ulusoy Tekstil A.Ő.

Çukurova Üniversitesi Rektörlüğu

## ÖNSÖZ

Türkiye’de tekstil sektöründe yapılan güncel araştırma ve çalışmaları, akademisyen ve sektör temsilcileri arasında değerlendirmek amacıyla Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü tarafından, Çukurova Üniversitesi’nde, iki yılda bir düzenlenen ve bu yıl 5.si yapılan **Ulusal Çukurova Tekstil Kongresi (UÇTEK 2024)** 26-27 Eylül 2024 tarihlerinde Mithat Özsan Amfisinde gerçekleştirilmiştir. Tekstil sektörünün bütün paydaşlarına yapılan davet ile kongrede, akademisyenler, sanayiciler, Ar-Ge Merkezi temsilcileri, özel sektör temsilcileri ve öğrenciler bir araya gelmişlerdir.

Tekstilin farklı alanlarındaki güncel bilimsel çalışmaların değerlendirilmesine katkıda bulunmak amacıyla yapılan UÇTEK 2024 ile gerek akademisyenlerin, gerekse sektörde emek harcayan mühendis ve sanayicilerin fikir alışverişine zemin hazırlanmış, kongrenin ilgili tarafları bir araya getirme hedefine başarıyla ulaşılmıştır.

Kongre hakemli olarak düzenlenen akademik içerikli bir kongre olup, 87 adet sözlü bildiri sunumu gerçekleştirilmiştir. Sektördeki Ar-Ge merkezlerinin kongreye katılımı oldukça yoğun olmuştur. Sunulan bildirilerin yaklaşık %46’sı tekstil işletmelerinin Ar-Ge merkezleri ve %32’si üniversite sanayi işbirliği ile yapılmış çalışmalardan üretildiği görülmüştür. İki paralel salonda 14 oturum halinde gerçekleştirilen kongreye akademisyen, sektör temsilcileri ve öğrencilerden oluşan 285 kayıtlı olmak üzere, 450 civarında katılım sağlanmıştır.

Kongrede değerlendirilen başlıca konular; tekstilde sürdürülebilirlik, ekoloji, yeşil dönüşüm-dijital dönüşüm ağırlıklı olmak üzere, tekstil üretim teknolojisi, tekstil boyama ve bitim teknolojileri, hazır giyim teknolojisi, akıllı tekstiller, fonksiyonel tekstiller ve nanoteknoloji, tekstilde kalite kontrol, tekstil ve moda tasarımı, lif ve polimer teknolojisi, teknik tekstiller, tekstilde konfor, tekstil kompozitleri ve iş sağlığı ve güvenliği şeklinde dağılmıştır.

UÇTEK 2024 Ulusal Çukurova Tekstil Kongresi’ne yaptığı değerli katkılarından dolayı; başta yürütme ve düzenleme kurulu üyelerine, bilimsel danışma kurulu üyelerine, kongremize katkıda bulunan sektörümüze, kongreye bildiri sunumlarıyla katılan bildiri sahiplerine ve diğer akademik ve sektörel katılımcılarımıza şahsım ve düzenleme kurulu adına teşekkür ederim.

Kongre kitabımız e-kitap olarak <https://uctek.cu.edu.tr/cu/kongre-hakkinda/gecmis-kongreler/uctek-2024> adresinde yayınlanmış olup, kitabın sektörle ilgili tüm kesimlere faydalı olmasını dilerim.

Bir sonraki kongremiz UÇTEK 2026’da yine birlikte olmayı diler, saygılar sunarım.

Prof. Dr. R. Tuğrul OĞULATA

Kongre Düzenleme Kurulu Başkanı  
Tekstil Mühendisliği Bölüm Başkanı

## TEKSTİLDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK, EKOLOJİ VE YEŞİL DÖNÜŞÜM

Denim Kumaşların Bitim İşlemlerinde Su ve Karbon Ayak İzinin Düşürülmesi <i>Serdal SIRLIBAŞ, Elif UZBOZAĞAÇ</i> .....	1
Farklı Kalitelerdeki Polyester Kumaşların Süperkritik Karbondioksit (Susuz) Ortamda Boyanması <i>İrem ÖZYURT, Şeyma YALÇIN TURAN, Gizem BAYAÇLI, Şakir Ömer ATALAY</i> .....	9
Denim Sektörü için Naia™ İle Sürdürülebilir İplik ve Kumaşların Geliştirilmesi <i>Aynur Oya ZENGİN, Fatih KAHRAMAN, Füsun DOBA KADEM</i> .....	18
Tekstil Endüstrisinde Sürdürülebilirlik ve Atık Su Geri Dönüşüm Tesisi Uygulaması: Geri Dönüştür, Geri Kazan! <i>Elif UÇURUM, Damla DOĞAN</i> .....	25
Tekstil Boyahane İşletmesinde Sürdürülebilir Üretime Etki Eden Boyarmadde ve Kimyasal Dağıtım Sistemi Uygulamasının İncelenmesi <i>Damla DOĞAN</i> .....	31
Gelincik (Papaver Rhoeas L.) Çiçekleri ile Yün İpliklerin Doğal Boyanması <i>Halil ÖZDEMİR, Fuat BOZOK, Uzeyfe HELETE</i> .....	38
Yenilikçi Sürdürülebilir Ekolojik Elyaftan Muz Lifi Kullanımının Denim Kumaş Performans Özelliklerine Etkisi <i>Fatih KAHRAMAN, Aynur Oya ZENGİN, Füsun DOBA KADEM</i> .....	49
Sürdürülebilirlik Yaklaşımı ile Geliştirilen Karbon Ayak İzi Azaltılmış Ev Tekstili Ürünlerinin Ürün Geliştirme ve Üretim Süreçlerinin Kapsamlı İncelenmesi <i>Gökçe SAKMAR, Duygu KÜÇER, Gizem ÖZBEK ÇAM, Murat YILDIRIM</i> .....	54
% 100 Pamuklu Kumaşlarda Biyobazlı Kasar Prosesi ile Üretim Prosesi Karşılaştırılması <i>Selcen İremnur BALOĞLU</i> .....	62
Tekstil Atık Suyunun Biyolojik Arıtmasında Peynir Altı Suyunun Besin Kaynağı Olarak Kullanılması <i>Adem PIŞTOFOĞLU, İhsan ÇETİN</i> .....	67
Polyester (PET) Kumaşın Ekolojik Taşıyıcılar Kullanılarak Boyama Performansının Araştırılması <i>Gizem BAYAÇLI, Saliha ŞAHİN, Şeyma YALÇIN TURAN, İrem ÖZYURT</i> .....	72
Avrupa Birliği Tekstilde Sürdürülebilirlik Stratejisi - Tüketici Farkındalığının Artırılması <i>Müslüm KAPLAN</i> .....	82
Denim Kumaşların Lakkaz ve Peroksidaz ile Enzimatik Ağartılması <i>Rıza ATAV, Öner GÜNDÜZ, Kadriye BULUĞTEKİN, Sercan YAZ, Gizem ÇAKAN</i> .....	90
Kenevir İçeren Kumaşların Hibiscus Sabdariffa Bitkisi ile Ekolojik Olarak Renklendirilebilirliğinin Araştırılması <i>Ebrar Sueda EVİN, Burcu SANCAR BEŞEN, Pınar PARLAKYİĞİT</i> .....	98
Denim Yıkama Prosesinde Çevre Dostu, Sürdürülebilir Yaklaşım <i>Canan ÖZTÜRK, Canberk YÜKSEL, Ezgi TOPCU GÜRBÜZ, Semanur ŞEN</i> .....	105
Huntit -Hidromanyezit Katkılı Doğal Yollarla Güç Tutuşurluğu Arttırılmış Kumaşların Antibakteriyel ve Antistatik Özelliklerinin İncelenmesi <i>Oğuz DEMİRYÜREK, Mehmet DOĞAN</i> .....	113
Denim Mercerize İşlemlerinde Kostikli Atıksuyun Yeniden Kullanımı İçin Temiz Üretim Fırsatlarının Araştırılması <i>Hakan GÜNEY, Serdal SIRLIBAŞ, Deniz CİVAN YİĞİT, Selman TÜRKEŞ, Bülent SARI</i> .....	121
Tekstil Atıklarından Biyopolimer Üretimi: Bakteriyel Selülozun Sürdürülebilir Sentezi <i>Ahmet KOLUMAN, Seçkin ARAT, İrem Tuğçe ÇELİK</i> .....	131
Boya ve Kimyasal Kullanımında FİFO'ya Uygun Sürdürülebilir Takip Sisteminin Geliştirilmesi <i>Berfin GÜL, Kübra YILMAZ, Arif ŞENER, Tuğçe DEMİRDELEN</i> .....	136



İplikte Geri Dönüşüm Pamuk Varlığının Renge Etkisinin Araştırılması <i>Muhittin Özkan, Pınar DURU BAYKAL, Halit TAMTÜRK, Serdal SIRLIBAŞ</i> .....	144
Tekstil Atık Suyundan Renk Gideriminde Grafen Uygulamaları <i>Sude GÖKGÖL, Miraç AHSEN AKSOY, Seniha MORSÜMBÜL, E. Perrin AKÇAKOCA KUMBASAR</i> .....	152
Yalancı Büküm Tekstüre İplik Üretim İşletmesinde Enerji Verimliliği Çalışması <i>Gamze Filiz KARALÖK, Aydın ÇORAPÇI, Cem KAZANASMAZ, Eda ÇORAPÇI</i> .....	155
Kadife Havlu Ürünlerin Sürdürülebilir Terbiye İşlemleri İçin Yenilikçi Yaklaşımlar <i>Perinur KOPTUR TASAN, Mustafa ÇÖREKCİOĞLU, Sultan ARAS ELİBÜYÜK, Özlem DEMİR GÜNENÇ</i> .....	163
Çevre Dostu ve Sürdürülebilir Kapok Lifinin Kısa Elyaf İplikçiliğine Kazandırılması <i>Neslihan OKYAY, Sümeyye KES, Fatih İŞİK</i> .....	170
Geride Dönüştürülmüş Poliester Liflerinin Karışımı İplikler Üzerine Etkisinin İncelenmesi <i>M. İdris AKTAŞ, Behzat YILDIRIM, Dilara MUHACIR, Mustafa Kağan ATCI, Mehmet TOPALBEKİROĞLU</i> .....	174
Biyolojik Olarak Parçalanabilir Polyester İpliklerin Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi <i>Ayça AYDIN, Deniz SAVCI</i> .....	180
Geride Dönüştürülmüş Akırlık Liflerinin Farklı Numaradaki İpliklerin Özellikleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi <i>M. İdris AKTAŞ, Behzat YILDIRIM, Dilara MUHACIR, Mustafa Kağan ATCI, Mehmet TOPALBEKİROĞLU</i> .....	187
Denim Terbiye Hattında Biriken Lif Döküntülerinin Beton Takviyesinde Kullanım Olanaklarının Araştırılması <i>Ebru ÇALIŞKAN, Cem GÜNEŞOĞLU</i> .....	193
Sürdürülebilirlik Yol Haritası – SASA Örneği <i>Ayten DÖĞER</i> .....	198
Katyonik Pamuk Kullanılarak Ekolojik Boyama Yönteminin Geliştirilmesi <i>Kübra ÖZŞAHİN, Hatice GÜNTÜRK, S. Zilan ERÇOŞMAN, Ahmet ORUÇ</i> .....	208
Faktöriyel Dizayna Dayalı Deneysel Tasarımda UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> Kullanımıyla Tekstil Atıksuyunun Arıtımı: Optimizasyon Stratejileri <i>Selman TÜRKEŞ, Serin MEZARCIÖZ, Hakan GÜNEY, Bülent SARI, Sait EROL</i> .....	218
Antep Fıstığı Kabuklarının Selülozik Esaslı Kumaşların Boyama Proseslerinde Kullanılması <i>Tülin KAYA NACARKAHYA, Başak GÖKPINAR, Şeyma SATIL</i> .....	227

## İPLİK, DOKUMA, HALI, ÖRME, DOKUSUZ YÜZEY

Şön Denim <i>Gözde İNCE, Serdal SIRLIBAŞ</i> .....	236
Havlu Kumaş Üretiminde Vortex İplik Kullanımının Havlu Performansı Üzerine Etkisinin İncelenmesi <i>Navruz ÜDÜRGÜCÜ, Hüseyin AYDIN, Seda ŞERAFETTİNOĞLU</i> .....	240
Muz Lifi Esaslı Giysilik Dokuma Kumaşların Performans Özelliklerinin İncelenmesi <i>Yasemin DÜLEK, İpek YILDIRAN, Buğçe SEVİNÇ, Esra MERT, Cem GÜNEŞOĞLU</i> .....	249
Rieter COMPACTdrum Kompaktlama Aparatı ile Üretilen İplik Özelliklerinin İncelenmesi <i>İrem ÇELİK, Gizem KARAKAN GÜNAYDIN, Hüseyin Gazi TÜRKSÖY</i> .....	256
Gümüş Tel Takviyeli Özgün Dokuma Kumaş Tasarım Çalışması <i>Zehra ARSLAN, Ebru ÇORUH</i> .....	262
Pamuk ve Modal İpliklerin Mekanik Özellikleri Üzerinde Lif Tipinin Etkisinin İncelenmesi <i>Edanur TURGUT, Furkan KAYABAŞ, Alican AVCI, Cem GÜNEŞOĞLU</i> .....	270
Kompakt ve Konvansiyonel Ring İplik Üretim Teknolojilerinde Üretilen Poliamid ve Viskon Karışımı İpliklerin Tüylülük Değerlerinin İncelenmesi <i>Kübra BAYKAN ÖZDEN, Ersen ÇATAK, Cansu GENÇ, Çağla Deniz ŞENTÜRK, Esra GÜNEŞ, Beyzagül KİRAZ, Özcan UYGUN</i> .....	275

Tüketim Öncesi ve Sonrası İplikler ve Repreve İpliği ile Denim Tasarımı <i>İsmet Ege KALKAN, Elçin EMEKDAR KARAMAN, Zuhale KARAÇAYIR, Gökhan ÜNSAL, Umut Kıvanç ŞAHİN</i> .....	280
--	-----

## BOYAMA, BASKI VE BİTİM İŞLEMLERİ TEKNOLOJİLERİ

Polyester Kumaşlarda Doğal Kaya Tuzu Kullanımının Yüzey Öz Direnci Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi <i>Yasemin DÜLEK, İpek YILDIRAN, Buğçe SEVİNÇ, Esra MERT, Burcu YILMAZ, Dilek KUT</i> .....	283
Farklı Emdirme Boyama Metodları ile Yapılan Boyamalarda Renk, Enerji ve Maliyet Parametrelerinin Karşılaştırılması <i>Abdulkadir ERÇAKALLI, Belkıs ZERVENT ÜNAL</i> .....	289
Flok Denim <i>A. Burcu ÇAVUŞOĞLU SARIBOĞA, Serdal SIRLIBAŞ</i> .....	295
Doğa Dostu Kumaş Renklendirme <i>Kubilay SAZAK, Sanem KESKİN, Güngör DURUR</i> .....	299
Bakır ve Demir Sülfat Mordanlarının Pamuklu Kumaşların Aşınma Dayanımına Etkisinin İncelenmesi <i>Merve KARAKAŞ, Sabiha SEZGİN BOZOK, R. Tuğrul OĞULATA</i> .....	304
Pamuklu Kumaşların Boyama İşleminde Boya Kullanımının Azaltılması Amacıyla Renk Derinleştirici Kullanımı <i>Ezgi SÜKÜTLER, Umut Kıvanç ŞAHİN, Fulya FURAT Süleyman Şamil ÇELEBİ</i> .....	309
Boyama Sonrası Yıkama Adımlarını Azaltacak Yöntemlerin Geliştirilmesi <i>Hatice GÜNTÜRK, Ahmet ORUÇ, Kübra ÖZŞAHİN</i> .....	315
Pamuk Liflerinin Katyonikleştirme Yardımıyla Boyanabilirlik Özelliklerinin İncelenmesi <i>Sultan ARAS ELİBÜYÜK, Mustafa ÇÖREKCİOĞLU Fatma Filiz YILDIRIM</i> .....	325
Konvansiyonel Pomza Taşına Muadil Enzimatik Taş Yıkama Efektini Geliştirilmesi <i>İsmail İVEDİ, Bahadır GÜNEŞOĞLU</i> .....	330
Farklı Katyonik Yapıdaki Fiksatorlerin Örmeye Pamuk Kumaş Renk Haslıkları Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi <i>Zeynep Nihan KIR, Ayşe MARTİN, Nalan BENLİ, Ayşe Betül AKINCI</i> .....	338
Geri Dönüşüm Filament İpliklerden Üretilmiş, Farklı Doku Yapılarındaki Örmeye Kumaşların Dijital Baskı Haslıklarının Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi <i>Muhammed Feyruz CANER</i> .....	347

## TEKSTİLDE TASARIM

Zamansız Pötikare Kumaş Tasarımları <i>Veli KAYA, Leyla UCA, Aynur ŞAHİN, Rasim ÇIRAK, Burcu YILMAZ</i> .....	353
Degrade Boyalı Pamuk İplikleri ile Tasarlanan Makine Halıları <i>Betül TURAN, Gülbin FİDAN</i> .....	362
Modifiye BCF Polipropilen İplik Kullanımı ile Jüt Görünümlü Sisal Kilim Üretimi <i>Betül TURAN, Gülbin FİDAN</i> .....	367
Pamuk İplikçiliğinde Değişken Fitol Numarasının İplik Kalitesine Etkisi <i>Gökhan TANDOĞAN, Kıymet Kübra KAYA DENGE, Uğur GÜNDOĞAN, Sami GİZİR</i> .....	372
Ecocell ve Pamuk Karışımı ile Oluşturulan Sürdürülebilir Giyim Tasarımı <i>İsmet Ege KALKAN, Elçin EMEKDAR KARAMAN, Tayfun GÜVEN, Bahar DEMİRCİ AKARSU, Rahime GÜLER, Şeyma SATIL, Tülin KAYA NACARCAHYA, Umut Kıvanç ŞAHİN</i> .....	378
Horlama Azaltıcı Yastık Prototip Tasarımı <i>Serap Gamze SERDAR, Züleyha DEĞİRMENCİ, Mehmet TOPALBEKİROĞLU</i> .....	382

## AKILLI TEKSTİLLER, FONKSİYONEL TEKSTİLLER VE NANOTEKNOLOJİ

Viskon Kumaşlarda Polidopamin Nanokaplamanın Spektrofotometrik Olarak İncelenmesi <i>Abdurrahman TELLİ, Safiye ARABACI</i> .....	392
---	-----

Farklı Laminasyon Malzemelerinin Döşemelik Kumaşların Akustik Performansına Etkisinin İncelenmesi <i>Oğuz Kağan ÜNLÜ, Elif KOYUNCU, Mahir TORSUN</i> .....	398
Mikrodalga Enerjisi Esaslı Bir Yaklaşım ile Elyaf Takviyeli Polimerik Kompozitlere Yönelik Fonksiyonel Tekstillerin Hazırlanması ve Karakterizasyonu <i>Selçuk POYRAZ</i> .....	407
Aromatik Yağların Kullanımı ile Tıbbi Tekstil Ürünlerinin Geliştirilmesi <i>Merih SARIŞIK, Sinem Yaprak KARAVANA, Mustafa ÇÖREKÇİOĞLU, Perinur KOPTUR TASAN, Fatma Filiz YILDIRIM, Sultan ARAS ELİBÜYÜK, Özlem DEMİR GÜNENÇ</i> .....	416
İğnesiz Elektro Çekim Tekniği ile Üretilen Nanoliflerin Morfolojik Analizi <i>Behzat YILDIRIM, Halil İbrahim İÇOĞLU, Ali KILIÇ, Mehmet TOPALBEKİROĞLU</i> .....	426

## **LİF VE POLİMER TEKNOLOJİSİ**

Tekstil Uygulamaları İçin Poliüretan Dispersiyonlarının Sentezi <i>Canberk YÜKSEL, Ezgi TOPCU GÜRBÜZ, Canan ÖZTÜK, Emre KALAYCIOĞLU</i> .....	435
Titandioksit Katkısının Liyosel Elyafın Fiziksel Özellikleri Üzerindeki Etkisi <i>Züleyha DEĞİRMENCI, Neşe KORKMAZ</i> .....	441
Liyosel Elyaf Üretim ve Uygulama Alanlarının İncelenmesi <i>Nalan YAŞI, Mehmet TOPALBEKİROĞLU</i> .....	446
Polyester Elyaf Üretimi Kullanım Alanları ve Pazar Bilgisi <i>Ömer ÇETİN, Sercan ÖZTAŞ</i> .....	454

## **TEKNİK TEKSTİLLER**

Antibakteriyel Özelliğe Sahip Liflerle Karışım İpliklerin Üretimi ve Elde Edilen Özelliklerin İncelenmesi <i>Gonca YILDIZ PABUŞÇU, Ayşe TÜRKTAŞ ALI, Timur ATIK, Fatma GÖKTEPE</i> .....	462
Otomotiv Tekstillerinde Elyaf Kesidinin Mekanik Özelliklere Etkisinin İncelenmesi <i>Zeliha ÇAVUŞ, Gökhan GÜNEY</i> .....	467
Zirai Teknik Tekstillere Genel Bir Bakış <i>Gökhan GÜNEY, Zeliha ÇAVUŞ, Rıza ATAV</i> .....	474
Tekstil Proseslerinde Sürdürülebilirlik Çalışmaları <i>Merve YARALI KINLI, Serdar KAYMAKÇI, Serkan ALSAN, Ceren GÖDE</i> .....	482

## **TEKSTİLDE KONFOR**

Adaptif Elyaf Kullanarak Konfor Özelliklerinin İyileştirilmesi <i>İsmet Ege KALKAN, Elçin EMEKDAR KARAMAN, Zuhal KARAÇAYIR, Gökhan ÜNSAL, Umut Kıvanç ŞAHİN</i> .....	493
Yüksek Esneme ve Geri Toplama Kabiliyetine Sahip Kumaşların Konfor Özelliklerine Yönelik Bir Araştırma <i>Sinem BİRSEN, Canan SARIÇAM</i> .....	497
Yüksek Elastikiyetli Kumaşlarda Hiçbir Kimyasal Kullanmadan Tuşe İyileştirme Çalışmaları <i>Kübra SABANCI KAPUKAYA</i> .....	507
Soya ve Viskon Karışımli Örme Kumaşların Isıl ve Nem Konfor Özellikleri <i>G.Banu GÖKGÖNÜL, Emel Ceyhun SABIR, Mehmet KERTMEN</i> .....	510

## **KONFEKSİYON TEKNOLOJİSİ**

Otomatik Regüle Masası Geliştirilmesi <i>Özge İNŞAATÇI, Aslı BALIKÇI</i> .....	518
---	-----

Aktif İşgücü Piyasası Programları Aracılığıyla Ne Eğitimde Ne İstihdamda (Neet) Olan Gençlerin Konfeksiyon Sektöründe İstihdam Edilebilirliğinin Arttırılması <i>Gamze OKYAY SEZER , Münevver ERTEK AVCI, Hilal BİLGİÇ</i> .....	527
---	-----

## TEKSTİL KOMPOZİTLERİ

Tekstil İşletme Atığı Klima Tozlarından Güç Tutuşur Kompozit Yalıtım Malzemesi Geliştirilmesi <i>Elif Burcu ÖZKAN BUZĞAN, Gaye KAYA, Mehmet KERTMEN, Hüseyin Gazi TÜRKSOY</i> .....	534
UHMWPE ve Karbon Dokuma Kumaş Takviyeli Hibrit Kompozit Yapıların Tasarımı <i>R. Befru BÜYÜKBAYRAKTAR, Yusuf ARMAN Rabia AVCI, Kemal RECEPOĞLU, Özgür CIVLAN, Ruşen Alim UĞURLUEL, Ozan Naci GÜRCAN, Kemal Furkan ANDAÇ</i> .....	540

## TEKSTİLDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE YAPAY ZEKA

Gelişmiş (Yapay Zeka) AI Tabanlı Kişisel Stil Asistanı <i>Murat DEMİR, Ahmet Can DİKER, Alper VAHAPLAR</i> .....	549
Kumaş Hatalarının Derin Öğrenme Yöntemleriyle Belirlenmesi Üzerine Bir İnceleme <i>Sinem BİRSEN, Canan SARIÇAM</i> .....	557
Dağınık Verilerin Yapay Zeka ve Makine Öğrenmesi Teknolojileri Kullanılarak Pamuk Fiyatlarının Önceden Tahmin Edilmesi <i>Sevtap KARTAL Abdurrahman ALPTEKİN, Büşra SEVEN, Mehmet Emin KILIÇ</i> .....	564

## TEKSTİLDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

Tekstil Fabrikalarında İş Güvenliği Süreçlerinde Dijitalleşme <i>Kübra YILMAZ, Duygu DURDU KOÇ, Arif ŞENER, Tuğçe DEMİRDELEN</i> .....	570
---	-----

## TEKSTİLDE DİĞER KONULAR

6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Merkezli Depremlerin Kahramanmaraş İli Tekstil Sektörüne Olan Etkileri <i>Yasemin KORKMAZ, Çiğdem KUTLUKAYA</i> .....	579
Ecocell ve Everfresh Akrilik Elyaflarından Elde Edilen Kumaşların Hava Geçirgenliği ve Boncuklanma Özelliklerinin İncelenmesi <i>Şeyma SATIL, Başak GÖKPINAR, Tülin KAYA NACARKAHYA, Asaf ÖZMEN</i> .....	589
Ön Yıkama Makinesi Tasarımı <i>Ceylin ALPEREN, Özgür AVCU</i> .....	598
Triko-Dokuma Sektörüne Yönelik Polyolefin İplik Geliştirilmesi <i>Fatma TEKELİER, Kübra YILMAZ, Arif ŞENER, Tuğçe DEMİRDELEN</i> .....	604
Tüketici Öncesi Atıklardan İleri Dönüştürülmüş Kumaş Çanta Tasarımı <i>Seda KIZIL, Tuğçe EREN, Seda KARARSLAN, Kübra YILDIRIM, Banu NERGİS</i> .....	614

# DENİM KUMAŞLARIN BİTİM İŞLEMLERİNDE SU VE KARBON AYAK İZİNİN DÜŞÜRÜLMESİ

Serdal SIRLIBAŞ<sup>1</sup>, Elif UZBOZAĞAÇ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bossa Ticaret ve Sanayi İşletmeleri T.A.Ş

[ssirlibas@bossa.com.tr](mailto:ssirlibas@bossa.com.tr)

## ÖZET

Denim kumaşlarla dikilen ürünlerin büyük çoğunluğuna hazır giyim sonrası enzim, taş, lazer gibi mekanik ve/veya kimyasal ard işlemler uygulanmaktadır. Bu ard işlemler kumaş üretimi sırasında ve özellikle de bitim işlemleri sırasında kumaşa kimyasal maddelerle kazandırılan özelliklerin büyük çoğunluğunun etkisini azaltmaktadır. Hazır giyim sonrası azalan etkinin, kumaş üretimi sırasında azaltılmasından yola çıkarak tasarlanan ve uygulanan deney planı ile birlikte, yaşta yaş' a çalışma yöntemi ile kimyasal madde, enerji ve su tüketiminin azaltılarak su ve karbon ayak izinin düşürülmesi sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler :** Denim, Kot, Taş, Lazer, Ozon, Efektlendirme, Karbon ve Su Ayak İzi,

## REDUCING WATER AND CARBON FOOTPRINT IN FINISHING PROCESSES OF DENIM FABRICS

### ABSTRACT

The majority of denim fabrics are sewn with mechanical and/or chemical post-treatments such as enzymes, stones and lasers after the garment is finished. These post-processes, during fabric production and especially in the finished parts, use finishing chemicals in the process from weaving to the garment stage as a result of experiment design and application, based on the majority of the properties imparted to the fabric with chemicals, by reducing energy and water consumption with the method of working from age to age, thus reducing water and carbon consumption. footprint was reduced.

**Keywords:** Denim, Jeans, Stone, Ozone, footprint

### 1.GİRİŞ

Sera gazı etkisinin olumsuz yansımaları gün geçtikçe artmaktadır ve önlem alınmadığı takdirde geleceğimiz büyük tehlike altında olacaktır hatta gelecek diye bir kavram kalmayacaktır. Bu nedenle

birey ve kurumlar sürdürülebilir yaşam için daha bilinçli üretmeli ve tüketmelidir. Ürün gruplarını, sarf malzemelerini, kullanım miktarlarını, verimliliği, tasarrufu daha çok konuşmalı, daha çok anlamalı ve anlatmalıyız, tabi hepsinden önemlisi de gerektiği gibi uygulamalıyız.

Nüfus ve sanayileşme ile birlikte yaşam standardımızdaki artış enerjiye olan ihtiyacımızın gün geçtikçe artmasına neden olmaktadır. Enerjiye olan ihtiyacın artması, ekolojik dengenin bozulmasına yol açarak ekonomiyi, çevreyi ve sosyal yaşamı ciddi şekilde tehdit etmektedir.

Diğer taraftan yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulu güç içindeki payının düşük olması, sürdürülebilir yaşam standardı için, ulaşımda, aydınlatmada, sanayide ve yaşamın her alanında enerjinin daha verimli kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir.

Türkiye, enerjide dışa bağımlı ülkedir ve sanayisindeki sektörlerin çoğunluğunun enerjisi yoğun olması nedeniyle OECD ( Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü ) ülkeleri arasında enerji yoğunluğu yüksek ülkelerin başında gelmektedir.

Kimyasal üretiminde ve nakliyesinde kullanılan su, enerji ve çevreye olan etkilerini de düşünerek, her alanda olduğu gibi tekstil sektöründe de kullanılan kimyasalların optimum olması gerekmektedir.

Türkiye, 5 milyar \$'ı aşmış olan dünya denim pazarında önemli rol almaktadır ve bu rolü devam ettirmesi ve daha da güçlendirmesi için hedefe uygun ürünü daha düşük su, enerji ve kimyasal tüketerek üretmek zorundadır. Markaların projelerinde yer alabilmek, ürün kalite ve performansı ile birlikte karbon ve su ayak izi düşük olmasını da gerektirmektedir. Tekstil, Türkiye'nin lokomotifi konumundadır ve sektörün dünyada, ülkemizde ve firmamızda sürdürülebilir olması için, proses ve yöntemlerimizde de enerji, su ve kimyasal tüketiminin azaltılmasına katkı sağlayacak bu proje fikri ortaya çıkmıştır.

Literatürde denim kumaşlarla üretilen ürünlerin ard işlemlerinden yola çıkarak kumaş üretimi sırasında kimyasal azaltılması konularından bahsedilmemiştir.

Tekstilde yaşam döngüsü değerlendirmesinin hammaddeden lif işlemeye, tekstil üretimine, dağıtımına ve kullanımına, bertaraf veya geri dönüşüme kadar çevresel etkilerini değerlendirmek için kullanılabileceğini belirtmişlerdir. (Peters ve ark., 2015)

Denim kumaşların ön terbiyesinde, mercerizasyonda, kostik kullanımının azaltılması ile kumaşın performansında farklılık görülmediğini belirtmişlerdir. Çalışmada yapılan, LCA analizi ile yapılan kostik tasarrufunun doğadaki karbon ayak izi ölçümlerinin her parametredeki iyileştirme sağlandığı gösterilmiştir. Bu parametrelerden en fazla iyileştirme, Kaynak Tüketimi, Ozon Tabakası İncelmesi ile İnsan Sağlığı Toksisitesi şeklindedir. ( Uzun D. İ., Sabır C. E.,2019)

Kuru kumaşa fulardlama yapmak her zaman en iyi sonucu verir ancak yaş işlem görmüş kumaşın kurutulmuş olması gerekir ki bu da ek maliyettir. Yaştan yaş' a çalışmada, kumaş yaş halde fulardan

geçirilir. Üzerine aldığı sıvı miktarı, kuru hâlde aldığından daha az olacağından daha yoğun hazırlanmış çözeltiden farklı bir hesap ile geçirilmesi gerekir. Bu şekilde çalışma daha hassastır ve sonucu istenilen şekilde elde etmek daha zordur. Bu nedenle işletmeler her zaman bu yöntemi tercih etmez. (T.C. M.E.B Tekstil Teknolojisi Reçete ve Fular Hesaplamaları, 2011)

Yaştan yaşa emdirilen tekstil mamulü yaş hâldedir ve üzerindeki su, emdirme sırasında teknedeki flotte ile yer değiştirmeye başlayacaktır. Yer değiştirme, emdirme süresi ile yakından ilgilidir. Mamulün flottede kalış süresi ne kadar uzun olursa, yer değiştirme de o kadar çok olur. Süre daha kısa ise suyun bir kısmı yer değiştirir. Yer değiştirmenin hangi oranda olduğu da mamul üzerinde yapılacak analizlerle saptanır. Yaş tekstil mamulü üzerindeki suyun flotteyle yer değiştirme miktarı, 'yer değiştirme faktörü' 'F' ile belirlenir. Her kumaş ve işleme göre bu işlemlerin düzgünlüğü tartışılır. (Tekstil Bilgi Dergisi, 2020),

Yaştan yaşa emdirme yöntemine göre çalışmalarda gerekli olan hesaplamalarda kumaş üzerinde bulunan flote, ilk fular sonrası sıkma silindirlerinin baskıları, sonraki silindir baskısı ,ilave edilecek flote hazırlığı, yer değişim faktörü, kumaşın önceki gördüğü işlemler, kumaşın konstrüksiyon bilgileri değişkenlik gösterdikçe üründe düzgünlük artacaktır. Bu nedenle kumaşın üzerindeki kimyasal optimum (önceden aktarılanlara göre çok daha düşük) olduğunda düzgünlük de o kadar az olacaktır.

$$K1=T*100/((AF2-AF1)+AF1Xf)$$

K1:Başlangıç flottesi konsantrasyonu (g/l)

T =Aplike edilen (Kumaş üzerine verilen) terbiye maddesi miktarı (g/kg)

AF1 =Mamuldeki flotte miktarı (%)

AF2 =Yaştan yaşa emdirme sonunda mamul tarafından alınan flotte miktarı (%)

F =Yer değiştirme faktörü

İ = İlave flotte faktörü

$$İ=AF2/(AF2-AF1)*F$$

**Amaç :** Denim kumaşlarla üretilen ürünlerin büyük çoğunluğu hazır giyim sonrası mekanik ve/veya kimyasal ard işlemlerle bölgesel ve/veya komple olarak soldurulmakta ve/veya efektlendirilmektedir.

Proje kapsamı, denim kumaş üretiminde dokumadan hazır giyim aşamasına kadar ki proses ve kimyasal uygulamaları ile ilgilidir.

Projede amacımız, denim kumaşların boya terbiye işlemlerinde ;

- Kurutma işlemlerinin en az bir tanesini iptal ederek tüketilen buharın ve dolayısıyla doğalgaz tüketiminin azaltılmasını sağlamak,
- Elastikiyeti yüksek kumaşların kalitesizlik riskini azaltmak,

- Bitim işlemlerinde kullanılan kimyasalları ciddi miktarda azaltmak,
- Ürünlerin ve dolayısıyla kurumun karbon yükünü azaltmak,
- Su, atık su ve kimyasal miktarının azaltılması ile su ayak izinin azaltılmasını sağlamak,
- Ürünün maliyetini azaltarak yukarıda belirtilen olumlu etkilerle birlikte rekabet gücümüzü arttırmaktır.

Bitim işlemlerinde kumaşa nüfus ettirilen kimyasal maddelerinin azaltılmasında esas amaç, olması gereken minimum kimyasal madde ile gerekli olan özelliği kazandırmak ve yaştan yaşa çalışma ile oluşabilecek düzgünlükleri minimum düzeye çekmektir. Böylece kalitesizlik riskinin de azaltılarak enerji, su ve atık su miktarının azaltılması sağlanacaktır.

## **2. MATERYAL VE METOT**

Kumaşların ön terbiye, boyama ve bitim işlemlerinde farklı yöntemler, farklı makineler, farklı boya ve kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Ürün grubuna göre yapılan işlemler ve işlemlerin gerçekleştirildiği makinelere bağlı olarak farklı miktarlarda su ve enerji kullanımı söz konusudur.

Denim kumaşlarda pamuğun doğasından gelen yağ, mum, pektin gibi maddeler uzaklaştırılmadan bitim işlemi yapıldığı gibi üst boyama ve/veya merserize ve/veya yıkama gibi işlemler uygulandıktan sonra da bitim işlemleri yapılabilmektedir.

Yaş işlemlerden sonra bir başka yaş işleme girmeden önce kumaşlar kurutulmaktadır. Yaştan yaşa çalışma şekli teorik olarak bilinmektedir ancak işletmelerin bir çoğunda her işlem, her kumaş veya aynı kumaşın her partisinde aynı düzgünlükte üretim yapılamamaktadır ve bu nedenle yaştan yaşa çalışma pek yaygınlaşamamıştır.

Denim kumaşlar, pamuk başta olmak üzere selüloz esaslı liflerden oluşmuş indigo ve/veya kükürt boyarmaddeleri ile boyanmış çözümlü ipliği ve yine pamuk başta olmak üzere selüloz esaslı liflerle ve/veya bu liflerin diğer liflerle karışımından oluşmuş atkı ipliği ile dokunmaktadır.

Müşteriler, denim kumaşlarla ürettikleri ürünlerin ( pantolon, gömlek, ceket,...vb) büyük çoğunluğunu hazır giyimden sonra farklı mekanik ve/veya kimyasal etkilerle komple veya bölgesel olarak soldurulmakta ve/veya etkilendirilmektedir. Hazır giyim sonrası yapılan ard işlemlerin çeşidi ve şartları çok değişkenlik göstermektedir.

Bitim işlemlerinde denim kumaşa kazandırılan bazı özellikleri hazır giyim aşamasında gerekli olup olmadığı ve/veya ne kadarlık kısmına ihtiyaç duyduğumuz çalışmalarla ortaya konulacak, kimyasal tüketiminin azaltılması ile yaştan yaşa çalışma daha güvenli hale getirilecek, enerji, su ve atık su sarfınının düşürülmesi ile su ve karbon ayak izinin düşürülmesi sağlanacaktır.

### **2.1. Materyal**



Çözümlü ipliği boyanan ve daha sonra atkılı ipliği ile birlikte dokunan denim kumaşların bir kısmını kısa iş akışı ile mamül hale getirilirken bir kısmını uzun iş akışı ile mamül hale getirilmiştir. Farklı 2 iş akışı ile mamül hale getirilmiş çalışma örnekleri aşağıda belirtilmiştir.

### **Örnek 1**

Yakma

Yıkama

Kurutma

Apre

Sanfor

### **Örnek 2**

Yakma

Merserize

Kurutma

Üst Boyama +Yıkama

Kurutma

Kaplama

Kalandır

Kaplama

Apre

Sanfor

Müşteri talebine ve hedef ürüne göre proses şartları ve iş akışları değişkenlik göstermektedir. Denim kumaşlara hazır giyim sonrası farklı mekanik ve/veya kimyasal ard işlemler yapılmaktadır ve bu ard işlemler önceden verilmiş bir çok etkiyi ortadan kaldırmaktadır ve ürüne son halini veren bu ard işlemlerdir.

Çalışmalarımızda rijit ve stretch olmak üzere farklı iş akışlarında farklı sıklıkta, farklı elastikiyet değerlerinde kumaşlar kullanılmıştır.

**Çizelge 1: Deneme Yapılan Kumaşların Konstrüksiyon Bilgileri**

Deneme Kumaş Kodları	Çözü Ne	Atkı Ne	Zemin Rengi	Mamül Atkı Sıklık	Mamül Çözü Sıklık	En (cm)	Kompozisyon	Gr/mt	Min. Ağırlık (gr)	Yıkama Sonu Min. Ağırlık (gr)	Çözü Yırtılma Mukavemeti (gr)	Atkı Yırtılma Mukavemeti (gr)	Çözü Kopma Mukavemeti (kg)	Atkı Kopma Mukavemeti (kg)	Atkı Elastikiyet (%)	Atkı Kalıcı Uzama (%)
Numune-1	R-7.12/1	R-10/1	B2V	18	27	150	99%CO-1%EA	570	360	420	4300	3300	55	35	20	3
Numune-2	R-20/2-P	D-16/1	THERMOBLUE	21	35	146	93%CO-5%PES-2%EA	475	310	340	3100	2100	40	28	20	3
Numune-3	R-7.12/1	R-10/1	MESOBLEUE	18,3	27	150	99%CO-1%EA	570	360	420	4300	3300	55	35	20	3
Numune-4	R-9.7/1	D-13/1PA	SAVETRUE	19,5	34,5	142	93%CO-5%PES-2%EA	483	320	360	4000	2800	55	35	28	4
Numune-5	R-9.5/1	R-10/1-K	SAVEMESO	18,5	31	154	99%ORG.CO-1%EA	547	335	395	4000	2800	55	35	28	4
Numune-6	O-8.25/1	D-7.6/1	TRUEBLUE	15	29,2	156	94%CO-4%PES-2%EA	624	380	430	4300	3300	65	40	28	4
Numune-7	O-8.25/1	D-7.6/1	SWORDBLEUE	15	29,2	156	94%CO-4%PES-2%EA	624	380	430	4300	3300	65	40	28	4
Numune-8	R-9.5/1	D-13/1PA	EAGLE	20,5	34,5	135	92%CO-6%PES-2%EA	506	355	390	4000	2800	55	35	29	4
Numune-9	R-16/1	R-13/1-K	DEEP	22	53,33	147	98%CO-2%EA	485	315	365	3100	2100	40	30	30	4
Numune-10	R-16/1	R-13/1-K	DEEP	22	53,33	147	98%CO-2%EA	485	315	365	3100	2100	40	30	30	4
Numune-11	R-8.5/1	D-13/1	KALPA-1	19	29	134	94%CO-4%PES-2%EA	496	350	405	4000	2800	55	30	45	5
Numune-12	R-8.5/1	D-13/1	BLUES	20	29,6	134	94%CO-4%PES-2%EA	496	350	405	4000	2800	55	30	45	5
Numune-13	O-8.25/1	O-8.25/1	MESOBLEUE	20	26	162	100%ORG.CO	632	370	370	3600	2500	55	35	-	-
Numune-14	O-8.25/1	O-8.25/1	MESOBLEUE	17,5	28,5	158	80%CO-20%RCY.CO	632	380	385	4000	2800	60	35	-	-
Numune-15	O-8.25/1	O-8.25/1	MESOBLEUE	19	30,12	148	100%CO	577	370	395	4000	2800	55	35	-	-

## 2.2. Metot

Farklı iş akışlarıyla ve en çok kullanılan ilk 4 apre ve laboratuvar çalışmalarında belirlediğimiz optimum apre ile kumaşlar mamül hale getirildi. Mamül edilen kumaşlarla dikilen ürünler, hazır giyim sonrası uygulanan farklı ard işlemlerle tüketiciye hazır hale getirildi. Bu ürünlerin fiziksel testleri, görüntü, efekt ve tuşeleri değerlendirildi.

İş akışı çok uzun olan kumaşlarla iş akışı kısa olan kumaşlar arasında enerji, su, kimyasal sarf miktarı ve yapılacak iyileştirmelerde oransal olarak farklılık olsa da her iş akışı ve her bir kumaş için en azından bir kurutma işleminin iptal edilmesi ve optimum olarak belirlediğimiz reçetedeki dolayı aprede tüketilen su, kimyasal ve atık suyun hemen hemen aynı miktarda düşürüldüğünü söyleyebiliriz.

Projemiz denim kumaşlarda dokumadan sonra hazır giyim işlemine kadar ki üretim sürecini kapsamaktadır ancak görsel ve kumaş performans değerlendirmeleri hazır giyim sonrası yapılan ard işlemler de dahil edilerek yapılmıştır. Yaşam döngüsü değerlendirilmesinde hesaplanan çevresel etkilerin bazıları aşağıdaki gibidir,

**Ozon Tabakası İncelmesi (Ozone Layer Depletion):** Ozon Tabakası İncelmesi, insan kaynaklı emisyonlar (CFC, HCFC, klor, brom vb.) tarafından stratosferdeki ozon miktarının azalmasını ve ozon deliği olarak adlandırılan ozon tabakasının incelmelerini ifade eden bir kavramdır. Ozon tabakasının delinmesi insanlar, hayvanlar ve bitkiler üzerinde kanserojen etki yapmaktadır.

**Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi** çalışmalarında ozon tabakası incelmesi kg CFC-11 eşdeğeri cinsinden ifade edilmektedir.

**Kaynak Tüketimi (Abiotic Depletion):** Kaynak Tüketimi, Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi çalışmalarında doğal kaynakların (petrol, demir cevheri vb.) tüketimini ifade eden etki kategorilerinden biridir. Küresel, bölgesel ve yerel etki boyutuna sahiptir ve kullanılan mineral miktarını ve kullanılan fosil yakıt miktarını ifade eder. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi çalışmalarında kaynak tüketimi kg Sb (Antimon) cinsinden ifade edilmektedir.

Karasal Ekotoksosite (Terrestrial ecotoxicity): Karasal Ekotoksosite, çevreye salınan toksik maddelerin karasal ekosistem üzerinde yarattığı etkileri ifade etmektedir. Toksik maddelerin etkisini yansıtan Ekotoksosite Potansiyeli (Ecotoxicity Potential) USES-LCA ile hesaplanmaktadır. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi çalışmalarında Karasal ekotoksosite kg 1,4-DB eşdeğeri cinsinden ifade edilmektedir.

Tatlısu Ekotoksitesisi (Freshwater Aquatic Ecotoxicity): Tatlısu Ekotoksitesisi, toksik maddelerin havaya, suya veya toprağa karışımı sonucu Tatlısu ekosistemine olan etkileri ifade eder. Toksik maddelerin etkisini yansıtan Ekotoksosite Potansiyeli (Ecotoxicity Potential) USES-LCA ile hesaplanmaktadır. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi çalışmalarında tatlısu ekotoksitesisi kg 1,4-DB eşdeğeri cinsinden ifade edilmektedir.

### 3. BULGULAR VE SONUÇ

Optimum apre ile metrede 6 gr daha az kimyasal tüketimi gerçekleşmiş olup yıllık 30 milyon metre üretim yapan bir firmada yaklaşık 200 ton kimyasalın tüketilmeyeceği anlamına gelmektedir. Bu kimyasalın nakliyesi ve üretimi sırasındaki çevreye verdiği etkiyi de düşünecek olursak etkinin büyüklüğünü daha net anlayabiliriz.

Yaştan yaşa çalışma ile metrede yaklaşık 0,24 litre daha az su tüketilecektir ve bunun karşılığında atık su miktarında da düşüş sağlanmış olacaktır.

1 kurutma işleminin devre dışı kalması ile toplam boya terbiye işleminden %34 elektrik tasarrufu ve %17 doğalgaz tasarrufu sağlanmıştır.

Enerji, kimyasal ve su tüketimleri dokuma ile hazır giyim arasında yapılan prosesler değerlendirilerek hesaplanmıştır.

Yaşam Döngüsü Değerlendirilmesi de (LCA), dokunan denim kumaşların hazır giyim aşamasına kadar olan süreci ve iyileştirme oranları da bu süreci kapsamaktadır.

Dokunmuş denim kumaşın boya terbiye işlemleri sırasında bir kurutma işleminin devre dışı bırakılması ile yaşam döngüsü değerlendirilmesinde aşağıdaki oranlarda iyileştirme sağlanmıştır.

**Çizelge 2: İptal Edilen Bir Kurutma İşleminin Çevresel Etkisinin Azalma Oranları**

Abiotic Depletion	Abiotic Depletion (fossil fuels)	Global Warming (GWP100a)	Ozone Layer Depletion (ODP)	Human Toxicity	Fresh Water Aquatic Ecotox.	Marine Aquatic Ecotoxicity	Terrestrial Ecotoxicity	Photochemical Oxidation	Acidification	Eutrophication
Kaynak tükenmesi	Kaynak tükenmesi (fosil yakıtlar)	Küresel ısınma (GWP100a)	Ozon Tabakasının İncelmesi (ODP)	İnsan Yaşamı Üzerindeki Toksik Etki	Tatlısu Yaşamı Üzerindeki Toksik Etki	Deniz Yaşamı Üzerindeki Toksik Etki	Karasal Yaşam Üzerindeki Toksik Etki	Fotokimyasal Oksidasyon	Asitleştirme	Ötrofikasyon
kg Sb eq	MJ	kg CO2 eq	kg CFC-11 eq	kg 1,4-DB eq	kg 1,4-DB eq	kg 1,4-DB eq	kg 1,4-DB eq	kg C2H4 eq	kg SO2 eq	kg PO4--- eq
19,56	31,90	31,79	32,15	26,71	25,99	28,68	24,17	28,86	29,20	29,84

### KAYNAKLAR

*Peters, G.; Svanström, M.; Roos, S.; Sandin, G.; Zamani, B. (2015), Handbook of Life Cycle Assessment (LCA) of Textiles and Clothing; Woodhead Publishing Series in Textiles; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands.*

*T.C. M.E.B Tekstil Teknolojisi Reçete ve Fulard Hesaplamaları (2011),*

*Tekstil Bilgi Dergisi (2020),*

*Uzun D. İ., Sabır C. E. (2019), Denim Terbiye İşletmelerinde Verimlilik Ve Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Üzerine Deneysel Çalışma, Uçtek Ulusal Çukurova Tekstil Kongresi, Çukurova Üniversitesi, Adana.*

# FARKLI ÖZELLİKLERDEKİ POLYESTER KUMAŞLARIN SÜPERKRİTİK KARBONDİOKSİT (SUSUZ) ORTAMDA BOYANMASI

İrem ÖZYURT<sup>1</sup>, Şeyma YALÇIN TURAN<sup>1</sup>, Gizem BAYAÇLI<sup>1</sup>, Şakir Ömer ATALAY<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Karesi Polyester ve Petrokimya Sanayi A.Ş. Ar-Ge Merkezi, Bursa, Türkiye

## ÖZET

Doğal kaynakların öneminin kavranmasıyla birlikte, çevre dostu yöntemlere yönelik araştırmalar artmıştır. Literatürdeki çalışmalarda, tekstil terbiye işlemlerinde süperkritik karbondioksit (susuz) ortamda yapılan işlemlerin birçok avantaj sağladığı raporlanmıştır. Geleneksel boyama yönteminin aksine hiç su kullanılmayan, su kullanılmadığı için atık yükü olmayan, enerji ve maliyeti azaltan bu teknolojinin ileride endüstriyel olarak kullanılması beklenmektedir. Bu çalışmada, Karesi Polyester ve Petrokimya Sanayi A.Ş. firmasında sıklıkla kullanılan 2 farklı %100 polyester kumaş üzerinde süperkritik karbondioksit (scCO<sub>2</sub>) ortamda (susuz) boyama yapılmıştır. 3 farklı renk boyama işlemi için seçilmiştir. Boyama işlemi her bir numune farklı renk derinliklerinde tekrarlanmıştır. scCO<sub>2</sub> ortamda boyama işlemi 120 °C'de 250 bar basınçta 45 dakika süre ile gerçekleştirilmiş olup, geleneksel boyama işlemi 120 °C'de 45 dakikada tamamlanmıştır. Boyama işlemi sonrası scCO<sub>2</sub> ortamda boyanan numuneler aseton ile yıkama işlemine tabi tutulurken, geleneksel ortamda boyanan numunelere redüktif yıkama işlemi yapılmıştır. Numunelere; renk ölçümleri, yıkama ve ter haslığı testleri yapılmış ve deney sonuçları yorumlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Süperkritik karbondioksit boyama, polyester boyama, çevre dostu boyama

## DYEING OF POLYESTER FABRICS OF DIFFERENT PROPERTIES IN A SUPERCRITICAL CARBON DIOXIDE (WATERLESS) ENVIRONMENT

### ABSTRACT

As the awareness of the importance of natural resources, research on environmentally friendly methods has increased. Studies in the literature report that textile finishing processes conducted in a supercritical carbon dioxide (waterless) environment offer many advantages. Unlike traditional dyeing methods, this technology uses no water, thus generating no waste, and reduces energy and costs, making it expected to be used industrially in the future. In this study, two different 100% polyester fabrics frequently used in Karesi operations were dyed in a supercritical carbon dioxide (scCO<sub>2</sub>) environment (waterless). Three different colors were selected for the dyeing process. The dyeing process was repeated for each sample at different color depths. The scCO<sub>2</sub> dyeing process was carried out at 120°C and 250 bar pressure for 45 minutes, while the traditional dyeing process was completed at 120°C for 45 minutes. After dyeing, samples dyed in the scCO<sub>2</sub> environment were washed with acetone, while samples dyed in the traditional environment underwent reductive washing. The samples were subjected to color measurements, washing, and perspiration fastness tests, and the experimental results were evaluated.

**Keywords:** Supercritical carbon dioxide dyeing, polyester dyeing, environmentally friendly dyeing

## 1.GİRİŞ

Tekstil sektörü, dünya genelinde hem ekonomik hem de çevresel açıdan büyük bir öneme sahip olan geniş kapsamlı bir endüstridir. Bu sektör, üretim süreçlerinde yoğun temiz su tüketimi ve kimyasal kullanımına bağlı olarak ciddi çevresel sorunlara yol açmaktadır. Özellikle boyama prosesleri, tekstil sektöründe en fazla atık oluşturan ve en kirletici etkisi olan aşamalardan biridir. Boyama işlemleri sırasında kullanılan boyar maddeler ve yardımcı kimyasallar, yüksek miktarda atık su ve toksik bileşiklerin çevreye salınmasına neden olmaktadır. Bu durum hem su kaynaklarının kirlenmesine hem de ekosistemlerin zarar görmesine yol açmaktadır (Lellis ve ark., 2019). Geleneksel boyama yöntemlerinin çevresel etkilerini azaltmak amacıyla, alternatif boyama tekniklerinin geliştirilmesi ve uygulanması büyük önem taşımaktadır (Babu & Durai, 2021). Bu alternatif yöntemler arasında, son yıllarda dikkat çeken ve yararlılığı ile öne çıkan süperkritik boyama işlemi bulunmaktadır. Süperkritik boyama hem su kullanımını hem de kimyasal atık miktarını minimize ederek, çevre dostu bir çözüm sunmaktadır (Banchemo ve ark., 2008). Süperkritik boyama işlemi, süperkritik karbon dioksit (scCO<sub>2</sub>) kullanılarak gerçekleştirilir. Bu yöntemde, CO<sub>2</sub>, belirli bir sıcaklık ve basınç altında sıvı ve gaz arasında süperkritik bir duruma getirilir. scCO<sub>2</sub>, mükemmel bir çözücü olarak işlev görür ve boyar maddelerin tekstil liflerine nüfuz etmesini sağlar. Bu süreçte su kullanılmadığı için su kaynaklarının tüketimi ve kirlenmesi söz konusu değildir. Ayrıca, basıncın ortadan kalkmasıyla boyama sonrasında geriye kalan CO<sub>2</sub>, geri dönüştürülerek tekrar kullanılabilir ayrıca nüfus etmeyen boyar maddelerinde geri kazanımı mümkün olabilir, böylece atık miktarı ve çevresel etkiler önemli ölçüde azaltılmış olur (Miah ve ark., 2013). scCO<sub>2</sub> ortamında boyama işlemi 4 temel adımdan oluşmaktadır. İlk aşamada, boyar madde scCO<sub>2</sub> içerisinde çözünür. Ardından, çözünmüş boyarmaddenin liflere transferi gerçekleşir. Üçüncü aşamada, boyar madde lifler tarafından absorbe edilir. Son olarak, boyar maddenin lifler içerisinde difüzyonu tamamlanarak boyama işlemi sonlanır. Bu süreç, scCO<sub>2</sub>'nin benzersiz çözme özelliklerinden yararlanarak etkili ve çevre dostu bir boyama yöntemi sunar (Devrent ve ark., 2006). Süperkritik boyama işlemi, tekstil sektöründe hem çevresel hem de ekonomik açıdan sürdürülebilir bir alternatif sunmaktadır. Bu yöntemin yaygınlaştırılması, tekstil üretiminde daha az atık ve daha temiz bir çevre için önemli bir adım olacaktır (Odabaşoğlu ve ark., 2013). Bu çalışma kapsamında, Karesi Polyester ve Petrokimya Sanayi A.Ş. firmasında en sık kullanılan 2 farklı polyester kumaşın scCO<sub>2</sub> ortamında susuz boyanması hedeflenmiştir. 3 farklı boyar madde seçilerek çalışma kapsamında boyar madde miktarı optimize edilmiş ve bu yöntemle boyanan kumaşlar geleneksel yöntemlerle boyanan kumaşlar ile karşılaştırılarak, bu yöntemin işletmede kullanılan kumaşlar için uygulanabilirliği değerlendirilmiştir.

## 2.MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

Çalışmada %100 polyester iplikler içeren dimi ve bez dokuma kumaş yapısı kullanılmıştır. Kumaş numuneleri Karesi Polyester ve Petrokimya Sanayi A.Ş. firmasında (Bursa, Türkiye) dokunmuştur. Çizelge 1'de kumaş numunelerinin özellikleri verilmiştir. Boyama işlemi için kullanılan boyar maddeler; Dianix Dry Rubine XF2 ve Dianix Dry Blue XF2, DyeStar'dan temin edilmiş olup ve susuz boyama için özel olarak üretilen boyar maddelerdir. Synchron Black Netro SBL ise Karesi boyahane işletmesinde istatistiksel olarak en çok kullanılan boyar maddedir. Geleneksel boyama işlemi Karesi Ar-Ge Merkezi laboratuvarında numune jet boyama makinesinde gerçekleştirilmiştir. Süperkritik CO<sub>2</sub> boyama işlemi ise Bursa Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği laboratuvar tipi yağlı numune boya makinesinde gerçekleştirilmiştir.

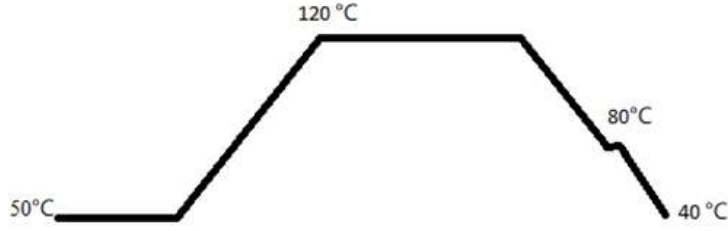
Çizelge 1. Numunelerin Fiziksel Özellikleri

Numune	Çözümlü İpliği (tex)	Atkı İpliği (tex)	Çözümlü Sıklık (Çözümlü/cm)	Atkı Sıklık (Atkı/cm)	Gram Ağırlık (g/m <sup>2</sup> )	Örgü Yapısı
Kumaş 1	8,33	16.66	54	26	100	2/1 Dimi
Kumaş 2	33.33	33.33	32	19	185	1/1 Bez

## 2.2 Metot

### 2.2.1 Geleneksel Boyama

Geleneksel boyama yöntemleri kullanılarak boyama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu işlemler, scCO<sub>2</sub> ortamında boyanan kumaşlarla karşılaştırma amacı ile gerçekleştirilmiştir. Kumaş numuneleri 5 g olacak şekilde kesilmiştir. Boya miktarları, kumaş kütlelerine göre %1,2 ve %4 olacak şekilde ayarlanmıştır. Ayrıca, her bir deneme endüstriyel amaçlarla üretilen boyama reçetelerine uygun olarak gerçekleştirilmiştir ve bu süreçte 1,5 g/L dispergator, 1 g/L kırık önleyici ve 1g/L ıslatıcı yardımcı kimyasallar kullanılmıştır. pH değeri, 2 g/L asetik asit kullanılarak uygun seviyeye getirilmiştir. Boyama işlemi, 120°C'de 45 dakika boyunca sürdürülmüştür. Her bir deneme sonunda boyanan kumaşlar, geleneksel redüktif yıkama yöntemi ile yıkanmıştır.



Şekil 1. Geleneksel boyama eğrisi

### 2.2.2 scCO<sub>2</sub> Ortamda Boyama

Numuneler, kumaş kütlesine göre %1,2 ve %4 oranlarında farklı renk derinlikleri elde etmek amacıyla boyanmıştır. Boyama işlemi 120 °C 250 bar basınçta 45 dakika boyunca gerçekleştirilmiştir. Öncelikle kumaş numuneleri perfore silindir tambur etrafında sarılmış ve 290 mL hacimli çelik tüplere (yüksek sıcaklık ve basınca dayanıklı) yerleştirilmiştir. Hazırlanan tüplere kumaş numuneleri yerleştirilmeden önce CO<sub>2</sub> infüzyonunu kolaylaştırmak amacıyla yaklaşık 15 dakika boyunca derin dondurucuda (-18 °C) ön soğutmaya tabi tutulmuştur. (Eren & Özyurt, 2024). Kullanılan karbondioksit miktarı basınç ve sıcaklık parametrelerine göre <http://webbook.nist.gov/chemistry/> adresinden hesaplanmıştır. Son olarak, numunelerin bulunduğu tüpler, boyama işlemini başlatmak için bir yağ banyosu boyama aparatına yerleştirilmiştir (Eren & Özyurt, 2024).

### 2.2.3 Yıkama İşlemleri

Geleneksel boyama işleminden sonra numuneler, 5 g/L sodyum hidrosülfid ve 5 g/L sodyum hidroksit ile redüktif yıkama işlemine tabi tutulurken, scCO<sub>2</sub> ortamında boyama işlemi gerçekleştirilen numuneler aseton ile yıkama işlemine tabi tutulmuştur. Normal koşullarda scCO<sub>2</sub> ortamında boyama işlemi susuz ortamda gerçekleştiğinden, kumaş boyama işlemi sonrasında kuru olarak çıkmakta ve yıkama işlemine gerek duyulmamaktadır. Ancak bu durum, endüstriyel tip makinelerde bulunan geri kazanım sistemi sayesinde, basıncın kalkmasıyla meydana gelmektedir. Basıncın kalkmasıyla CO<sub>2</sub> tekrar gaz fazına geçmekte ve az miktarda bir kayıpla geri kazanılmaktadır. CO<sub>2</sub> gaz fazına geçtiğinde, boyar maddenin çözüneceği bir ortam bulunmadığından, boyar madde de katı halde geri kazanılmaktadır. Ancak bu sistem, endüstriyel tip makinelerde mevcut olup laboratuvar makinelerinde bulunmamaktadır. Bu sebepten ötürü, scCO<sub>2</sub> ortamında yapılan boyama işleminde, boyar maddenin kumaş üzerinde kalıp haslığı etkilememesi amacıyla, numuneler aseton içine daldırılıp çıkartılmıştır.

### 2.2.4 Test ve Analizler

#### Renk Ölçümü

Her bir numunenin rengi Xrite icolor spektrofotometre kullanılarak ölçülmüştür. Renk ölçüm koşulları, gözlemci açısı 10° ve aydınlatma kaynağı olarak D65 (günışığı) kullanılmıştır.

## Haslık Testleri

Yıkama haslığı, James H. Heal Gyrowash yıkama haslığı test cihazında ISO 105:C06 test yöntemine göre belirlenmiştir. Numuneler 100 x 40 mm boyutlarında kesilmiş ve multifiber (refakat kumaşı) ile dikilerek 40°C'de 30 dakika yapılmıştır. Kumaşlar serbest halde kurutulduktan sonra gri skalada değerlendirme yapılmıştır. Ter haslığı Prowhite perspirometre ter haslığı cihazında ISO 105-E04 test yöntemine göre belirlenmiştir. Numuneler multifiber (refakat kumaşı) ile birlikte asidik ve alkali çözeltiler ile muamele edilerek bekletilmiştir. Kumaş numuneleri ayrı ayrı kurutma işlemi gerçekleştirildikten sonra gri skalada değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler karanlık oda içerisinde bulunan Ataç ışık kabininde D65 gün ışığı altında yapılmıştır. Işık numuneye 45°'lik açı ile gelecek şekilde sehpa üzerine yerleştirilmiş, gözlemci numuneye dik bir şekilde bakarak değerlendirme yapılmıştır.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 3.1. Renk Ölçümleri

Dianix Dry Rubine XF2 ve Dianix Dry Blue XF2 boyar maddeleri scCO<sub>2</sub> akışkan ortamında boyanmış kumaş numunelerinin renk ölçümleri, aynı şartlarda boyanan kumaş numuneleri referans alınarak ölçülmüştür. Çizelge 2'de scCO<sub>2</sub> ortamında iki farklı boyar madde ile farklı renk derinliklerinde boyanmış kumaş numunelerinin renk farklılıkları verilmiştir.  $\Delta E$  (toplam renk farkı),  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  ve  $\Delta b^*$  renk değerlerine dayanır ve bu değerler, dikdörtgen bir koordinat sisteminde rengin eksiksiz bir sayısal tanımını sağlar.  $\Delta L^*$ , örnek ve standart renkler arasındaki parlaklık farkını ifade eder.  $\Delta a^*$ , örnek ve standart renkler arasındaki kırmızı veya yeşil ton farkını gösterir.  $\Delta b^*$ , örnek ve standart renkler arasındaki mavi ve sarı ton farklarını belirtir.  $\Delta C^*$ , örnek ve standart renkler arasındaki canlılık veya donukluk farkını temsil ederken,  $\Delta H$  renk farkını ve  $\Delta E^*$  toplam renk farkını belirtir (Becerir, 2023).  $\Delta E^* = 1,0$ 'lık bir renk farkı değeri sınır olarak kabul edilmiştir.

**Çizelge 2.** Süperkritik boyar maddeleri ile süperkritik CO<sub>2</sub> ortamda boyanmış kumaşların renk farklılıkları

		L*	a*	b*	C*	h°			
Kumaş 1	%1,2 Dianix Dry Rubine XF2	39,99	55,44	10,13	56,36	10,36			
	%4 Dianix Dry Rubine XF2	29,47	46,99	16,57	49,82	19,42			
Kumaş 2	%1,2 Dianix Dry Blue XF2	39,76	-10,86	-30,45	32,33	250,37			
	%4 Dianix Dry Blue XF2	32,37	-6,56	-29,03	29,77	257,77			
		$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta H^*$	$\Delta E^*$		
Kumaş 1	%1,2 Dianix Dry Rubine XF2	0,39	-0,99	-0,44	-1,06	-0,25	0,46		
	%4 Dianix Dry Rubine XF2	2,17	1,56	-0,03	1,46	-0,53	1,52		
Kumaş 2	%1,2 Dianix Dry Blue XF2	-0,37	0,38	0,04	-0,17	0,34	0,32		
	%4 Dianix Dry Blue XF2	2	0,93	-0,81	1,01	-0,72	1,4		



scCO<sub>2</sub> ortamda Dianix Dry Rubine XF2 ve Dianix Dry Blue XF2 boyar maddeleri için %1,2 boyama derinliğinde her iki numune içinde boyama işleminin başarılı olduğu görülmüştür. scCO<sub>2</sub> ortamda farklı boyar maddeler ile %4 boyama derinliğinde ise sınırı az bir miktarda olsun geçtiği görülmüştür. Bu durum çok anlamlı bir fark sayılmayabilir. Fakat boyama işlemi sırasında boyar maddenin homojen bir şekilde life nüfus etmemesinden kaynaklı olabilir.

**Çizelge 3.** Susuz (scCO<sub>2</sub>) boyama yöntemi ve geleneksel yöntem ile boyanmış kumaşların renk farklılıkları

		L*	a*	b*	C*	h°	
<b>Kumaş 1</b>	<b>%1,2 Black Netro SBL</b>	32,51	-1,72	-2,37	3,27	0,41	
	<b>%4 Black Netro SBL</b>	15,48	7,73	-3,96	4,32	0,94	
<b>Kumaş 2</b>	<b>%1,2 Black Netro SBL</b>	27,98	-0,53	-2,92	2,97	259,7	
	<b>%4 Black Netro SBL</b>	21,88	0,22	-4,22	4,23	272,93	
		$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta H^*$	$\Delta E^*$
<b>Kumaş 1</b>	<b>%1,2 Black Netro SBL</b>	-0,18	-0,54	-1,84	1,87	0,41	2,3
	<b>%4 Black Netro SBL</b>	2,69	-1,57	0,6	-0,95	-1,38	3,37
<b>Kumaş 2</b>	<b>%1,2 Black Netro SBL</b>	-2,08	0,49	1,16	-1,21	0,36	2,05
	<b>%4 Black Netro SBL</b>	-1,84	0,52	2,59	-2,44	1,03	3,12

Dispers boyar madde ile scCO<sub>2</sub> ortamda ve geleneksel yöntem ile %1,2 ve %4 derinliklerde boyanmış kumaş numunelerinin renk farklılıkları Çizelge 3’de görülmektedir.  $\Delta E^*$  değeri her bir numune için 1’den yüksek çıkmıştır.  $\Delta L^*$  değerine bakıldığında Kumaş 1’in %4’lük boyama işlemi hariç negatif değerler aldığı görülmüştür. Bu durum kumaş ağırlığına göre aynı boyar madde miktarı ile boyama işleminde scCO<sub>2</sub> ortamda yapılan boyamanın geleneksel yöntem ile yapılan boyama işlemine göre daha koyu renk tonu elde ettiğinin göstergesidir (Becerir, 2023; Odabaşoğlu ve ark., 2013). Fakat bu durumu Kubelka-Munk bağıntısı ile doğrulamak gerekmektedir. Bu bağlamda kumaş ağırlığına göre aynı boya oranında scCO<sub>2</sub> ortamda ve geleneksel yöntem ile boyama işlemi yapılmış olup, scCO<sub>2</sub> ortamında geleneksel boyamaya göre renk derinliği sağladığı, böylece daha az boyar madde ile istenilen rengin elde edilebileceği görülmüştür (Eren ve ark., 2019, 2023; Eren & Özyurt, 2024).

### 3.2. Haslık Özellikleri

**Çizelge 4.** Süperkritik boyar maddeleri ile scCO<sub>2</sub> ortamda boyanmış kumaşların yıkama ve ter haslıkları

YIKAMA								
Boyar Madde	Boyama Derinliği	Kumaş Türü	Asetat	Pamuk	Naylon	Polyester	Akrilik	Yün
Dianix Dry Rubine XF2	1,2%	Kumaş 1	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5
		Kumaş 2	4	4	3	4	4-5	4
	4%	Kumaş 1	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5
		Kumaş 2	4	4	3	4	4-5	4
Dianix Dry Blue XF2	1,2%	Kumaş 1	2-3	2-3	2	3	4-5	4
		Kumaş 2	3-4	4	4	4	4-5	4-5
	4%	Kumaş 1	2	2-3	1-2	2-3	3-4	3-4
		Kumaş 2	4-5	3-4	4	4	4-5	4-5
ALKALİ								
	Boyama Derinliği	Kumaş Türü	Asetat	Pamuk	Naylon	Polyester	Akrilik	Yün
Dianix Dry Rubine XF2	1,2%	Kumaş 1	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
		Kumaş 2	4	4	3	4	4-5	4
	4%	Kumaş 1	4-5	4-5	3-4	4-5	4-5	4
		Kumaş 2	3-4	4	3	3-4	4	4
Dianix Dry Blue XF2	1,2%	Kumaş 1	2	1-2	2	2-3	4	3
		Kumaş 2	4	4-5	4	4	4-5	4
	4%	Kumaş 1	2	1-2	1-2	2	1-2	1-2
		Kumaş 2	4-5	4	4	4	4-5	4
ASİDİK								
	Boyama Derinliği	Kumaş Türü	Asetat	Pamuk	Naylon	Polyester	Akrilik	Yün
Dianix Dry Rubine XF2	1,2%	Kumaş 1	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
		Kumaş 2	3-4	4	3	4	4-5	4
	4%	Kumaş 1	4-5	4-5	3-4	4-5	4-5	4
		Kumaş 2	3-4	4	3	4	4	4
Dianix Dry Blue XF2	1,2%	Kumaş 1	2	2	2	2	3-4	3
		Kumaş 2	4	4-5	4	4-5	4-5	4-5
	4%	Kumaş 1	4	4	4	4	4-5	4-5
		Kumaş 2	4	4	4	4	4-5	4-5

Süperkritik boyar maddeleri ile %1,2 ve %4 derinliklerde scCO<sub>2</sub> ortamda yapılan boyama işleminin yıkama, alkali ter ve asit ter haslığı sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre Kumaş 2, yıkama ve ter haslıklarında genel olarak yüksek haslık değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Kumaş 1 için, Dianix Rubine boyar maddesi ile %1,2 ve %4 renk derinliklerinde yıkama haslık değerleri çok iyi sonuçlar verirken, Dianix Blue S2G boyar maddesi ile %1,2 ve %4 renk derinliklerinde ortalama sonuçlar alınmıştır. Ter haslığı sonuçlarına göre genel olarak Dianix Dry Rubine XF2 boyar maddesi ile boyanmış kumaş numuneleri iyi haslık değerleri verirken Dianix Dry Blue XF2 ile boyanmış kumaş

numunelerinin ortalama bazı durumlarda ortalamanın altında bir değer verdiği görülmüştür.

**Çizelge 5.** ScCO<sub>2</sub> ortamda boyama ve geleneksel boyama sonucu kumaşların yıkama ter haslıkları

<b>YIKAMA</b>									
<b>Boyar Madde</b>	<b>Boyama Derinliği</b>	<b>Boyama Yöntemi</b>	<b>Kumaş Türü</b>	<b>Asetat</b>	<b>Pamuk</b>	<b>Naylon</b>	<b>Polyester</b>	<b>Akrilik</b>	<b>Yn</b>
<b>BLACK NETRO SBL</b>	<b>1,2%</b>	Geleneksel Yntem	Kuma 1	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
			Kuma 2	4-5	4	4	4-5	4-5	4-5
		scCO <sub>2</sub>	Kuma 1	4	3-4	2	2	4	4
			Kuma 2	4-5	4	3	3	4-5	4-5
	<b>4%</b>	Geleneksel Yntem	Kuma 1	1	3-4	1	2-3	3-4	2-3
			Kuma 2	1-2	3-4	1-2	3	3-4	3
		scCO <sub>2</sub>	Kuma 1	4-5	4-5	2-3	2-3	4-5	4
			Kuma 2	4	3-4	2	2	4-5	3-4
<b>ALKALİ</b>									
	<b>Boyama Derinliği</b>	<b>Boyama Yntemi</b>	<b>Kuma Tr</b>	<b>Asetat</b>	<b>Pamuk</b>	<b>Naylon</b>	<b>Polyester</b>	<b>Akrilik</b>	<b>Yn</b>
<b>BLACK NETRO SBL</b>	<b>1,2%</b>	Geleneksel Yntem	Kuma 1	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4
			Kuma 2	4-5	4	4	4	4-5	4
		scCO <sub>2</sub>	Kuma 1	3-4	3-4	3-4	4-5	4-5	4-5
			Kuma 2	4-5	3-4	4	4	4	4-5
	<b>4%</b>	Geleneksel Yntem	Kuma 1	1-2	2-3	1	3	3	2-3
			Kuma 2	1-2	2-3	1	3	3	2-3
		scCO <sub>2</sub>	Kuma 1	4-5	4	3	3-4	4-5	4
			Kuma 2	3-4	3-4	3	3-4	4	3
<b>ASİDİK</b>									
	<b>Boyama Derinliği</b>	<b>Boyama Yntemi</b>	<b>Kuma Tr</b>	<b>Asetat</b>	<b>Pamuk</b>	<b>Naylon</b>	<b>Polyester</b>	<b>Akrilik</b>	<b>Yn</b>
<b>BLACK NETRO SBL</b>	<b>1,2%</b>	Geleneksel Yntem	Kuma 1	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4
			Kumaş 2	4-5	4	4	4	4-5	4
		scCO <sub>2</sub>	Kumaş 1	4	4	3-4	4	4-5	4-5
			Kumaş 2	4-5	4-5	4	4	4-5	4-5
	<b>4%</b>	Geleneksel Yöntem	Kumaş 1	1-2	2-3	1	3	3	2-3
			Kumaş 2	1-2	2-3	1	3	3	2-3
		scCO <sub>2</sub>	Kumaş 1	4-5	4	3	3-4	4-5	4-5
			Kumaş 2	4	4	3-4	3	4	3

Black Netro SBL boyar maddesi ile geleneksel boyama yöntemi ve scCO<sub>2</sub> ortamda boyama yöntemlerinin karlatırıldığı yıkama, alkali ter ve asidik ter haslık sonuçları Çizelge 5’de verilmiştir. Yıkama haslık sonuçlarına göre %1,2 renk derinliğinde geleneksel yöntem ile boyanmış kumaşların haslık değerleri çok iyi çıkarken, süperkritik CO<sub>2</sub> ortamda yapılan boyama işleminin haslık değerleri naylon ve pamuk için daha kötü çıkarken diğer lifler için iyi sonuçlar vermiştir. %4 boya derinliğinde ise geleneksel yöntem ile boyanmış kumaşların haslık değerleri asetat ve naylon lifleri için olduğa kötü sonuçlar verirken diğer liflerde ortalama sonuçlar vermiştir. Fakat scCO<sub>2</sub> ortamda yapılan boyama

işleminin geleneksel yöntemle göre daha yüksek haslık değerleri vermiştir. Alkali ter haslığı sonuçlarına bakıldığında %1,2 boyama derinliğinde sonuçlar tatmin edici şekilde çıkmıştır. %4'lük boyama derinliğinde ise scCO<sub>2</sub> ortamda boyama işlemi geleneksel yöntemle göre her koşulda daha iyi haslık derecesi vermektedir.

Bu projede, deneysel çalışmalar laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı, scCO<sub>2</sub> akışkan ortamında boyama işleminin başarısını ölçmek ve sürekli üretimde olan kumaşlar üzerindeki sonuçlarını değerlendirmektir. Aynı kumaş numuneleri üzerinde geleneksel yöntemle ile scCO<sub>2</sub> akışkan ortamda boyama yöntemini karşılaştırmaktır. scCO<sub>2</sub> akışkan ortamında boyama işlemi, bazı dezavantajlara sahiptir. Bu işlemler yüksek basınç gerektirdiğinden tehlike arz edebilir ve bu da güvenlik endişelerini artırabilir. Ayrıca, scCO<sub>2</sub> makineleri, yüksek basınca ve sıcaklığa dayanıklı olacak şekilde üretildiklerinden yüksek maliyetlidir (Kang ve ark., 2024). Bu teknoloji ile henüz yüksek kapasitelere çıkamamaktadır. Ancak, daha az enerji, daha az su ve daha az kimyasal madde kullanımı ile daha çevreci ve sürdürülebilir bir yöntem olması sebebiyle avantajlıdır. Bu sisteme endüstriyel boyutta yatırım yapılmadan önce kapsamlı bir fizibilite çalışmasının yapılması gerekmektedir.

#### 4. SONUÇ

Sonuç olarak Dianix Dry Rubine XF2 ve Dianix Dry Blue XF2 boyar maddeleri ile scCO<sub>2</sub> ortamda farklı 2 kumaş numunesi için boyama işlemi yapılmış, numune örneklerinin kendi içinde renk ölçümleri ve haslık değerleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada scCO<sub>2</sub> ortamda boyama işlemi iyi renk verimliliği ve tatmin edici haslık sonuçları verdiği görülmüştür. Black Netro SBL boyar maddesi ile 2 farklı kumaş numunesi hem scCO<sub>2</sub> ortamda hem de geleneksel yöntemle boyama işlemi gerçekleştirilmiş olup renk ölçümleri ve haslık değerleri karşılaştırılmıştır. scCO<sub>2</sub> ortamda aynı reçete üzerinden daha derin bir renk eldesi ve genel olarak daha yüksek haslık değerleri verdiği görülmüştür. Bu bağlamda işlem süresinde hiç su kullanılmayan ve dolayısıyla atık su yükü çıkarmayan bu sebeple atık su arıtma işlemlerini de ortadan kaldıran bu yöntem daha çevreci ve maliyet etkin bir yöntemdir.

#### 5. KAYNAKLAR

- Babu, V. R., & Durai, T. (2021). *Sustainable dyeing techniques: Advancements and innovations in the textile industry*. <https://www.researchgate.net/publication/378260407>
- Banchero, M., Sicardi, S., Ferri, A., & Manna, L. (2008). *Supercritical Dyeing of Textiles — From the Laboratory Apparatus to the Pilot Plant*, 78(3), 217–223. <https://doi.org/10.1177/0040517507081297>
- Becerir B. (2023). *Endüstriyel Renk Fiziği ve Tekstil Uygulamaları*. Medyay Basım Yayım Kırtasiye Paz. San. Tic. Ltd. Şti. <https://www.medyay.com/endustriyel-renk-fizigi-ve-tekstil-uygulamaları-behcet-becerir-13547>
- Devrent N, Özcan S, & Durur G. (2006). *Süperkritik Karbon Dioksitte Boyama*. *Tekstil ve Mühendis*, 13(63), 44–48. <https://dergipark.org.tr/pub/teksmuh/issue/12883/156101>
- Eren, S., Özcan, H., Yiğit, İ., & Eren, H. A. (2019). *Polyesterin Disperse Blue 79 ile Klasik ve Susuz Boyanmasının Karşılaştırılması*. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 24(2), 661–670. <https://doi.org/10.17482/UUMFD.565247>
- Eren, S., Ozcan, I., Yigit, I., & Eren, H. A. (2023). *Waterless dyeing of polytrimethylene terephthalate and polybutylene terephthalate fabrics via supercritical carbon dioxide*. *Journal of Supercritical Fluids*, 201. <https://doi.org/10.1016/J.SUPFLU.2023.106026>
- Eren, S., & Özyurt, İ. (2024). *Waterless Dyeing of Polyamide 6.6*. *Polymers 2024*, Vol. 16, Page 1472,

16(11), 1472. <https://doi.org/10.3390/POLYM16111472>

Kang, X., Mao, L., Shi, J., Liu, Y., Zhai, B., Xu, J., Jiang, Y., Lichtfouse, E., Jin, H., Guo, L. (2024). *Supercritical carbon dioxide systems for sustainable and efficient dissolution of solutes: a review. Environmental Chemistry Letters*, 22(2), 815–839. <https://doi.org/10.1007/S10311-023-01681-4>

Lellis, B., Fávaro-Polonio, C. Z., Pamphile, J. A., & Polonio, J. C. (2019). *Effects of textile dyes on health and the environment and bioremediation potential of living organisms. Biotechnology Research and Innovation*, 3(2), 275–290. <https://doi.org/10.1016/J.BIORI.2019.09.001>

Miah, E. L., Mir, D., & Azad, M. (2013). *Textiles Material Dyeing with Supercritical Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) without using Water. https://www.researchgate.net/publication/321070571*

Odabaşoğlu, H. Y., Aving, O. O., & Yavaş, A. (2013). *Susuz Boyama. Tekstil ve Mühendis*, 20(90), 62–79. <https://doi.org/10.7216/130075992013209007>

# DENİM SEKTÖRÜ İÇİN NAİA™ İLE SÜRDÜRÜLEBİLİR İPLİK VE KUMAŞLARIN GELİŞTİRİLMESİ

Aynur Oya ZENGİN<sup>1</sup>, Fatih KAHRAMAN<sup>1</sup>, Füsun DOBA KADEM<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Realteks Tekstil Denim İşletmeleri A.Ş., Adana, Türkiye*

<sup>2</sup> *Çukurova Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye*

## ÖZET

Modanın etkilerinin etkin bir şekilde hissedildiği denim sektöründe, sürdürülebilirlik kavramı, çok değişken süreçleri de beraberinde getirmektedir. Özellikle çevre dostu hammadde kullanımı, lif türü olarak sektörü yeni araştırmalar yapmaya ivmelendirmektedir. Yeni nesil liflerden selülozik lif Naia'nın kullanımı son zamanlarda dikkat çekmektedir. Naia™ elyafın hammaddesi ağaç olup, selülozik asetat elyafı olarak bilinmektedir. Naia™, odun ve pamuk liflerinden elde edilen selülozun asitlendirilmesi ile asetil selülozun çözülmesi ve daha sonra bu çözeltinin püskürtülmesi ile elde edilmektedir. Bu kapsamda Ne 14/1 iplik numarasında üç farklı grupta pamuk, Naia, elastan, tencel, kenevir, geri dönüşüm polyester karışımı ipliklerden denim kumaşlar üretilerek performans özellikleri incelenmiştir. Çalışmada kullanılan kumaşlar; %89 pamuk+%9 Naia+%2 EA, %70 pamuk+%14 tencel+ %10 Naia+%4 kenevir+%2 EA ve %69 pamuk+%20 geri dönüşüm polyester+%11 Naia karışımı ipliklerinden üretilmiştir. Denim kumaşlara ilgili standartlara göre fiziksel testler ve SEM analizi yapılmıştır. Numune 1 ve Numune 2'de fiziki test sonuçları olarak birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Farklı sonuç verdiği tek test elastikiyet testidir. Burada da kenevir kullanımının etki ettiği söylenebilmektedir. Elastikiyet sonucunda Numune 3 ise tamamen sert bir kumaş (rigid) olarak sonuçlanmıştır. 3. Numunenin farklılık gösterdiği bir diğer test de yırtılma mukavemetidir. 1 ve 2. numune de 3000 g çıkarken, 3. Numune de 1900 g olarak sonuçlanmıştır. SEM Analizi sonucunda görünen en düzenli yapı 1. Numune olmuştur. 3. Numunede genel görüntüde dağınıklık gözlenmesi Naia elyafının daha doğal lif yapısına sahip oluşuyla ilişkilendirilmiştir. 2.numune de kenevir içeriğinden kaynaklı atkı elyafında ciddi bir lif düzensizliği sergilemiştir. Genel olarak çalışmada kullanılan denim kumaşlarda, Naia ile birlikte tencel karışımı kumaşın daha iyi konfor ve yumuşak tuşe sağladığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Selülozik Elyaf, Naia, Denim, Sürdürülebilirlik

## DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE YARNS AND FABRICS FOR THE DENIM INDUSTRY WITH NAİA™

### ABSTRACT

In the denim industry, where the effects of fashion are effectively felt, the concept of sustainability brings with it very variable processes. In particular, the use of environmentally friendly raw materials accelerates the sector to conduct new research in terms of fiber type. The use of cellulosic fiber Naia, one of the new generation fibers, has attracted attention recently. The raw material of Naia™ fiber is wood and is known as cellulosic acetate fiber. Naia™ is obtained by acidifying the cellulose obtained from wood and cotton fibers, dissolving acetyl cellulose and then spraying this solution. In this context, denim fabrics were produced from three different groups of cotton, Naia, elastane, tencel, hemp and recycled polyester blended yarns with Ne 14/1 yarn count and their performance properties

were examined. Fabrics used in the study; It is produced from 89% cotton + 9% Naia + 2% EA, 70% cotton + 14% tencel + 10% Naia + 4% hemp + 2% EA and 69% cotton + 20% recycled polyester + 11% Naia blended yarns. Physical tests and SEM analysis were performed on denim fabrics according to relevant standards. Similar physical test results were obtained in Sample 1 and Sample 2. The only test where it gives different results is the elasticity test. It can be said that hemp use has an effect here too. As a result of elasticity, Sample 3 resulted as a completely rigid fabric. 3. Another test where the sample differs is tear strength. While the 1st and 2nd samples were 3000 g, the 3rd sample was 1900 g. The most regular structure seen as a result of SEM Analysis was Sample 1. 3. Observation of disorganization in the general appearance of the sample is associated with the fact that Naia fiber has a more natural fiber structure. The second sample also exhibited serious fiber irregularity in the weft fiber due to hemp content. In general, it has been determined that the denim fabrics used in the study, Tencel blended fabric with Naia provide better comfort and soft touch.

**Key Words:** Cellulosic Fiber, Naia, Denim, Sustainability

## 1. GİRİŞ

Sentetik liflerin, polyester, akrilik ve poliamid gibi elyafların kullanımının, çevreye verdiği kirlilikten kaynaklı, sürdürülebilir hammadde ihtiyacı dünya genelinde artık ihtiyaç değil zorunluluk haline gelmektedir. Sürdürülebilir hammaddelere talepler yalnızca müşteriler değil, yönetmelikler kapsamında da istenmektedir.

Bu kapsamda tekstilde selüloz bazlı atıkların döngüsünde, elyafların özellikleri ve kimyasal atıklarının da önemini incelemişlerdir. Geri dönüşümlü hazırlanacak selüloz elyafları için en umut vaat eden hammaddenin rejenere selüloz elyafları olduğu söylenmektedir. İndigo boyalı viskon elyaflarda aşağı dönüşümünü (geri dönüştürülmüş malzemenin, orijinalinden daha düşük kalitede ve işlevselliğe sahip olduğu atıkların geri dönüştürülmesi) önlemek için rejenere selüloz elyafların üretimi yoluyla selüloz geri dönüşümü incelenmiştir. Denimin geri dönüştürülmesinde kumaşın çözgüsü indigo halindedir. Elyaf ve rejenerelerdeki boya içeriğinin kantitatif analizi, karşılıklı gelen CIELab renk koordinatları ve Kubelka-Munk K/S değerleri açısından renk kuvvetleri analiz edilmiş ve pamuk üzerinde geleneksel indigo boyama ile karşılaştırılmıştır. İndigo boyama, viskon elyafında alkalizasyon ve ksantojenasyon reaksiyonları koşulları altında yeterli stabilite sergilediğini göstermiştir ve indigo boyalı selülozdan mavi renkli selüloz rejenere elde edilmiştir. Elde edilen indigo içeriği, denim için kullanılacak çözgü ipliği için gerekenden daha az oranda çıkmıştır. Bu sebepten ötürü indirgenen indigo rengi, spin katkı maddesine eklenmiş ve bu şekilde koyu mavi lif görüntüsüne ulaşılmıştır. Yapılan araştırma sonucunda, tüketim önce ve sonrasındaki denim atıklarının %80'inin, pamuk elyaflarının tahmini %70'inden fazlasının rejenere selüloz elyafları ile sürdürülebileceği öngörülmüştür (Manian vd. 2022). Rejenere selüloz ve türevler iplik grubundan olan modal, tencel ve bambu iplikler ile serinlik hissi veren kumaşlar geliştirmişlerdir. Kumaşa parlaklık vermek için viskon filament kullanılmıştır. 30/2 ring iplikler hem atkıda hem çözgüde kullanılmıştır. 3/1 dimi dokuma ile bu numuneler işleme ünitelerinde işlenmiş ve jigger boyama makinesinde DTC sabunu ile 60 °C -70°C'de ovalamaya tabi tutulmuş ve 160°C'de Stenterde kurutulmuştur (Kumari ve Khurana 2016). Farklı elyaf, iplik, kumaş ve makine parametrelerinde üretim gerçekleştirilmiş ve Modal, Bambu ve Tencel ipliklerini gibi farklı selülozik türevlerinin ve farklı üretim tekniklerinin son üretim üzerinde ciddi bir fark göstermediği bulunmuştur. Selüloz içeriği ile elyafların içindeki nem oranını belirler ve insan vücuduna temas ettiğinde serinlik hissi vermektedir. Filament kumaşlarda, vücuda temas ettiğinde ve kumaşın ısıyı iletme yeteneğinin en uygun olduğu görülmüştür. Ayrıca hava geçirgenliği de daha az kaplama faktörü ile giysinin rahatlığında etki göstermiştir. Kawabata Kumaş Değerlendirmesi (KES-F) ile numune kumaşlarda çekme, bükme, kesme, basma ve yüzey özellikleri değerlendirilerek kumaşların konfor davranışlarının uygunluğu bulunmuştur. Numuneler A İndigo boyalı pamuk × gri pamuk, B

İndigo boyalı pamuk × viskon, C İndigo boyalı pamuk × viskon filament, D İndigo boyalı pamuk × bambu, E İndigo boyalı pamuk × modal ve F İndigo boyalı pamuk × Tencel olarak harflendirilmiştir. Sonuçlar, Koshi (kumaşın tokluğunu temsil eder), Shari (kumaşın gevrekliğini temsil eder, ne kar yüksek olursa kumaş o kadar serin olur) Hari (kumaşın sertliğini, kenarlılığını ve kumaşın antidrape sertliğini temsil eder) değerleri yükseldikçe kumaşın kalitesi artmaktadır. Bu doğrultuda sırasıyla 8,41, 5,28 ve 9,10 olarak en yüksek değer C numunesinde bulunmuştur. C numunesi dairesel olmayan lif yapısı, tüylülük değerinin düşük olması ve viskon lifinin nem geri kazanımının daha yüksektir. Sırasıyla giderek azalan numuneler E, A, B, F ve D şeklindedir. Fukurami (Sıkıştırılabilirlik aynı zamanda kumaşın birincil tuşe değerleri) sonucunda en yüksek dolgunluğa ve hacimliliğe sahip numuneler D ve B olmuştur. Akbulut, Doba Kadem ve Oğulatanın hazırladığı çalışmada, %100 Tencel™ Lyocell hammaddesinden üretilen kumaş, işletme şartlarında dokunmuş ve jet boyama, e-kontrol boyama ve ön terbiye sonrası pad kesikli boyama olmak üzere 3 farklı yöntemle boyanmıştır. İşlem sonrasında boyalı kumaşların tuşesi Airo 24 makinesinde iyileştirilmiştir. Boyama sonrası kumaşlarda boncuklanma, yıkamadan sonrası boyut değişimi, pH tayini, yıkama haslığı, kopma ve yırtılma mukavemeti, kumaş sertliği gibi testler standartlara uygun olarak uygulanarak tespit edilmiş, spektrofotometre ile renk değerlendirmesi yapılmıştır. Bu çalışma ile e-contol boyamanın kumaş performansı açısından uygulanmasının daha doğru olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Naia Renew elyafın yaşam döngüsü boyunca ölçülebilir derecede azaltılmış karbon ayak izi sağlamaktadır. Ayrıca biyolojik olarak parçalanabilir ve kompostlanabilir sertifikasına sahip olup Naia kullanılarak üretilen kumaşların kullanıldıktan sonra, güvenli bir şekilde doğaya dönme olasılığını da beraberinde getirebilmektedir (John and Anandjiwala 2008). Denimde dikkat edilen önemli bir nokta elyafın mukavemetidir. Kullanılan elyafın, dokuma ve boyama hattında kalitesinden ödün vermeden çıkması beklenmektedir. Ayrıca tekstil atıklarının da döngüsünün devam edebilmesi için, geri dönüşüm aşamasında boya ve katkı maddelerini işleyecek kadar sağlam olması gereklidir (Manian vd. 2022). Bu da kullanılacak olan elyafın dayanıklılığını göz önünde tutmaktadır. Naia elyafı, odun hamurundan oluşan yapısı ile dirençli bir yapısı mevcuttur. Bu yenilikçi ve sürdürülebilir özelliklere sahip olması tekstilde yeniliklere kapı açmıştır.

## **2. MATERYAL VE YÖNTEM**

### **2.1. Materyal**

Çalışmada kullanılan iplik hammaddeleri; Ne 14/1 %65 Pamuk + %35 Naia (1.İplik Numunesi), Ne 14/1 %50 Tencel + %35 Naia + %15 Kenevir (2.İplik Numunesi) ve Ne 14/1 %65 Recycle Polyester + %35 Naia karışımlarda (3.İplik Numunesi) olup, Naia iplikleri Karacasu Tekstil'den, %100 pamuk iplikleri ise Ensar Tekstil'den temin edilmiştir.

### **2.2. Yöntem**

Denimde sürdürülebilir hammaddelerden olan Naia selülozik elyaf ile geliştirilen denim kumaşlar, Naia karışımı iplikler kullanılarak elde edilmiştir. Bu kumaşlarda Naia karışımı iplikler atkı ipliği olarak, %100 pamuk ipliği çözgüde kullanılarak elde edilmiştir. Denim kumaşlar OMNI-plus Summum hava jetli dokuma makinesinde 3/1 Z dimi örgüsü ile dokunmuştur. Atkıda kullanılan %65 Pamuk + %35 Naia iplik karışımı kumaş 1. Kumaş Numunesi (1.KN), atkı ipliğinde kullanılan %50 Tencel + %35 Naia + %15 Kenevir iplik karışımı kumaş 2. Kumaş Numunesi (2.KN) ve atkıda kullanılan %65 Recycle + Polyester + %35 Naia iplik karışımı kumaş 3. Kumaş Numunesi (3.KN) olarak üretilmiştir.

Elde edilen kumaşlara standartlara göre bazı testler yapılmıştır. Testler 3 tekrarlı olarak 60 dk ve 60°C sıcaklıkta yıkama sonrası yapılmıştır. Denim kumaşlara uygulanan testler ve ilgili standartları Çizelge 1'de verilmiştir. Ayrıca haslık testleri olarak, su haslığı, yıkama haslığı, asit haslığı ve alkali haslığı (ter haslığı) testleri denim kumaşlara uygulanmıştır. Denim kumaşlara Çukurova Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) analizleri yapılmıştır.

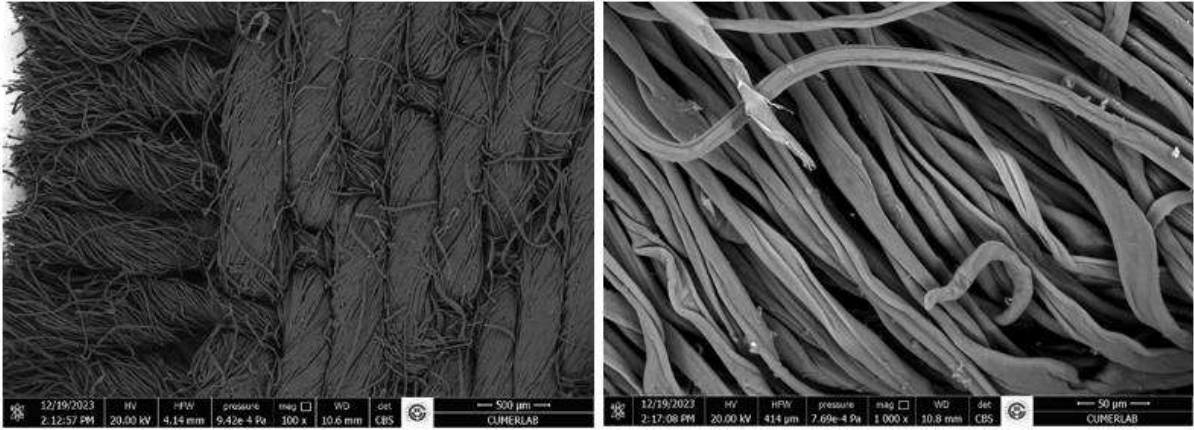


**Çizelge 1.** Kumaş Numunelerine Yapılan Testler ve Standartları (Anonymous,2015)

Test Adı	Test Standard
Kopma Mukavemeti	ISO 13934-2
Yırtılma Mukavemeti	ISO 13937-1
Aşınma Direnci	ISO 12947-2
Elastikiyet	14704-1 METOT A
Boncuklanma	ISO 12945-2

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Farklı karışım oranlarında üretilen Naia harmanlı denim kumaşlara yapılan SEM analizi sonuçları Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3'te verilmiştir.

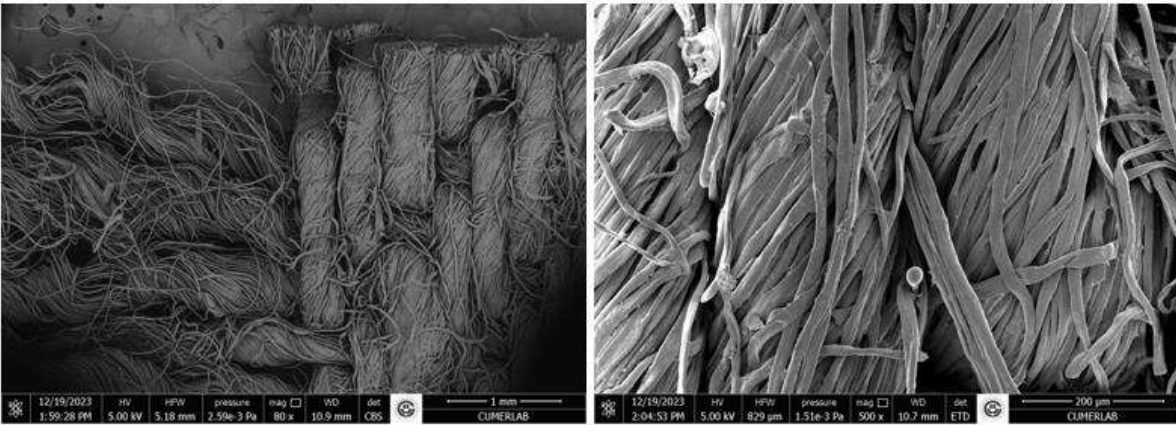


(a)

(b)

**Şekil 1.** 1.Kumaş Numunenin SEM Görüntüleri

1.Numunede yapılan SEM analiz görüntüleri incelendiğinde atkı-çözgü çok düzensiz olmayan bir görüntü ortaya çıkmıştır. Atkının yakınlaştırılmış görüntüsünde dağınık görüntüsünün doğal asetat selülozu olan Naia'dan kaynaklandığı düşünülmektedir.

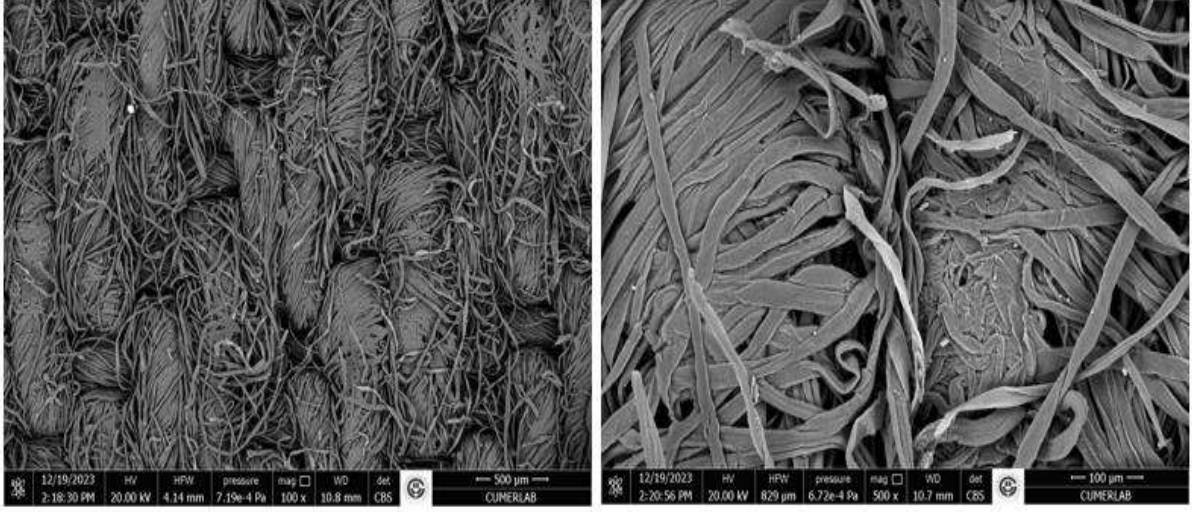


(a)

(b)

**Şekil 2.** 2. Kumaş Numunenin SEM Görüntüleri

Şekil 2. incelendiğinde, atkıda oldukça düzensiz bir yapı görünmektedir. Bu dağınık görüntülü yapının kenevirin sert yapısından kaynaklandığı kanaati oluşmuştur.



(a)

(b)

Şekil 3. 3. Kumaş Numunenin SEM Görüntüleri

3.numunenin SEM analiz sonuçları incelendiğinde, atkı ve çözgünün tamamen dağınık bir görünüm sergilediği görülmüştür. Şekil 3 b’de Naia’nın düzensiz lif yapısı görünmektedir bu da dokumada Naianın etkisinin karışık bir görünüme sebep olduğu kanaatini ortaya koymaktadır.

Naia karışımı kumaşlara yapılan fiziksel testlerin sonuçların Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Naia Karışımı Kumaş Numunelerin Atkı Fiziki Test Sonuçları

	Kumaş Türü	Kopma Mukavemeti (kg)	Yırtılma Mukavemeti (g)	Aşınma Direnci (dev/dk)	Elastikiyet (%)	Boncuklanma
1.KN	Atkıda %65 Pamuk + %35 Naia Lifli Karışımı kumaş	30	3000	20000	50	4
2.KN	Atkıda %50 Tencel + %35 Naia + %15 Kenevir Lifi içeren kumaş	30	3000	20000	40	4
3.KN	Atkıda %65 Recycle Polyester + %35 Naia Lifi içeren kumaş	35	1900	20000	Rijit	4

Denim kumaşların kopma mukavemeti %65 Recycle Polyester + %35 Naia lifli içeren kumaşta daha yüksek bulunmuştur. 3 nolu kumaşta polyesterin olması daha mukavemetli bir kumaşı ortaya koyarken kopma mukavemetinin aksine yırtılma mukavemeti daha diğerlerinden daha düşük tespit edilmiştir. Her üç kumaşta da aşınma direnci ve boncuklanma, birbiri ile aynı değerlerde tespit edilmiştir.

Çizelge 3’de kumaşlara yapılan haslık test sonuçları verilmektedir. Üç numune için de haslık test sonuçlarında benzer haslık değerlerine ulaşılmıştır. Kullanılan indigo boyarmadde, kumaş türlerinin üçünde de denim kumaşlar için kabul edilebilir haslık değerleridir.

**Çizelge 3.** Naia Karışumlu Kumaş Numunelerinin Haslık Test Sonuçları

	<b>Kumaş Atkı İplik Oranları</b>	<b>Su Haslığı, ISO 105-E01</b>	<b>Yıkama Haslığı, ISO 105-C06</b>	<b>Asit Haslığı, ISO 105-E04</b>	<b>Alkali Haslığı, ISO 105-E04</b>
<b>KN-1</b>	%65 Pamuk + %35 Naia	4	3/4	4	4
<b>KN-2</b>	%50 Tencel + %35 Naia + %15 Kenevir	4	3/4	4	4
<b>KN-3</b>	%65 Recycle Polyester + %35 Naia	4	3/4	4	4

#### 4. SONUÇLAR

Naia karışumlu denim kumaşların kumaşların kopma ve yırtılma mukavemeti sonuçları 1. ve 2. kumaş numunelerinde aynı 3. kumaş numunesinde farklı çıkmıştır. Üç kumaşında dimi örgüde olduğu dikkate alındığında, 3. kumaş numunesinin mukavemetinin diğer kumaşlardan yüksek olmasının sebebinin kumaşın kompozisyonunda yer alan polyesterden kaynaklandığı düşünülmektedir. Elastikiyet test sonucunda 2. kumaş numunesinin 1.kumaş numunesine göre %20’lik elastikiyette azalma göstermiştir. Bunun sebebi de kenevir içeriğinin elastikiyet etkisini azalttığı düşüncesidir. Aşınma dayanımı (20000 devir) ve boncuklanma değeri (4) üç kumaşta da aynı şekilde elde edilmiştir. Test edilen haslık özellikleri ise, üç kumaşta da denim kumaş için kabul edilebilir sonuçlar göstermiştir. Denim kumaşların karışım olarak Naia kullanımının test edilen performans özelliklerini olumsuz etkilemediği sonucu görülmüştür.

#### 5. KAYNAKLAR

*John, MJ., Anandjiwala, RD., 2008, Doğal elyaf takviyeli kompozitlerin kimyasal modifikasyonu ve karakterizasyonundaki son gelişmeler. Polimer kompozitler, 29 (2), 187-207.*

*Kumari, A., Khurana, K., 2016, Regenerated Cellulose-Based Denim Fabric for Tropical Regions:An Analytical Study on Making Denim Comfortable, Journal of Textiles, <https://doi.org/10.1155/2016/4614168>*

*Manian, A., Mülller, S., Braun, D., Pham, T., Bechtold, T., 2022, Dope Dyeing of Regenerated Cellulose Fibres with Leucoindigo as Base for Circularity of Denim, Polymers, 14(23), 5280; <https://doi.org/10.3390/polym14235280>*

*Anonymous, 2015, International Classification for Standard*

*ISO 13934-2:2014- Textiles — Tensile properties of fabrics — Part 2: Determination of maximum force using the grab method.*

*ISO 13937-1:2000 Textiles — Tear properties of fabricsPart 1: Determination of tear force using ballistic pendulum method (Elmendorf).*

*ISO 12947-2:2016 Textiles — Determination of the abrasion resistance of fabrics by the Martindale methodPart 2: Determination of specimen breakdown.*

*14704-1: 2005 Determination of the elasticity of fabrics - Part 1: Strip tests*

*ISO 12945-2:2000 Textiles — Determination of fabric propensity to surface fuzzing and to pilling Part 2: Modified Martindale method.*

# TEKSTİL ENDÜSTRİSİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ve ATIK SU GERİ DÖNÜŞÜM TESİSİ UYGULAMASI: GERİ DÖNÜŞTÜR, GERİ KAZAN!

Elif UÇURUM<sup>1</sup>, Damla DOĞAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Palmiye Dokuma İplik Tekstil San. Tic. A.Ş., Adana, Türkiye*

<sup>2</sup>*Palmiye Dokuma İplik Tekstil San. Tic. A.Ş., Adana, Türkiye*

<sup>1</sup>*elif@palmiyedokuma.com*

<sup>2</sup>*damla.dogan@palmiyedokuma.com*

## ÖZET

Dünya kaynaklarının ve çevrenin insan faaliyetleri sonucu tükenme sınırına doğru ilerlediği günümüzde sürdürülebilirlik kavramı çok büyük önem kazanmaya başlamıştır. Yüzyılın en önemli sorunlarından biri kullanılabilir su kaynaklarının azalmasıdır. Su sirkülasyonunu bitmeyen bir süreç olarak görülmekte ve bu da gelecekte içilebilir su üretebilmek ve sağlayabilmek için su kütlelerini koruma altına alma gerektiği anlamına gelmektedir. Dolayısıyla işletmenin su kullanımını daha verimli hale getirmek için Palmiye Tekstil, atık su geri dönüşüm tesisi projesini gerçekleştirilmiştir. Proje çalışması kapsamında tekstil endüstrisinde sürdürülebilirlik için; firmanın boyahane üretim proseslerinden çıkan atık suyun geri kullanımına yönelik firma bünyesinde atık su geri dönüşüm tesisi kurulmuştur. Atık su geri dönüşüm tesisi bünyesinde boyahane işletmesinden gelen proses sularına fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma yöntemleri uygulanmıştır. Söz konusu bu çalışma ile boyahane proseslerinden çıkan atık su geri kazanımı ile su kullanımında %65 tasarruf sağlanmıştır. Atık suyun %70'ini geri dönüştürebilen firma, gelecek nesiller için su kaynaklarının muhafaza edilmesine bu çalışma ile katkı sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Sürdürülebilirlik, Atık Su, Geri Dönüşüm, Boyahane, Atıksu Geri Dönüşüm Tesisi

## EVALUATION OF IRON FASTNESS OF DIGITAL PRINTED KNITTED FABRICS MADE FROM DIFFERENT RAW MATERIAL

### ABSTRACT

Today, when the world's resources and the environment are moving towards the limit of depletion as a result of human activities, the concept of sustainability has started to gain great importance. One of the most important problems of the century is the reduction of usable water resources. Water circulation is seen as an endless process, which means that it is necessary to protect water bodies in order to be able to produce and provide drinkable water in the future. Therefore, in order to make the water use of the enterprise more efficient, Palmiye Tekstil realized the waste water recycling facility project. Within the scope of the project work, for sustainability in the textile industry; a waste water recycling facility has been established within the company for the recycling of waste water from the company's dye house production processes. Physical, chemical and biological treatment methods have been applied to the process water from the dye house operation within the waste water recycling facility. With this study, 65% savings have been achieved in water usage by recycling waste water from paint shop processes, which can recycle 70% of waste water, has contributed to the preservation of water resources for future generations with this study.

**Keywords:** Sustainability, Waste Water, Re-Cycle, Dyehouse, Waste Water Re-Cycling Plant

## 1. GİRİŞ

Dünyada yüzyılın en önemli sorunlarından biri kullanılabilir su kaynaklarının azalmasıdır. Türkiye'nin de zamanla su kaynaklarının azalması ve kuraklık gibi sorunlarla karşı karşıya kalacağı; artan nüfus ve çevre kirliliği ile birlikte kullanılabilir su kaynaklarının azalacağı görülmektedir. Su sirkülasyonunu bitmeyen bir süreç olarak görülmekte ve bu da gelecekte içilebilir su üretebilmek ve sağlayabilmek için su kütlelerini koruma altına alma gerektiği anlamına gelmektedir (Karaman ve Gökalp, 2010). Dolayısıyla firmanın tüm üretim süreçlerinde suyun kalitesi ve erişilebilir olması firmanın iş sürekliliği açısından kritik öneme sahiptir. Hem fabrikada hem de ofislerde su kullanımı daha verimli hale getirmek için çalışmalar yapılmaktadır. Firma işletmesinde suyun endüstriyel olarak yeniden kullanımını sağlayan atık su geri dönüşüm tesisi projesi gerçekleştirilmiştir.

Firma, atık suyun %70'ini geri dönüştürerek çevreyi koruyup, gelecek nesiller için su kaynaklarının muhafaza edilmesine katkı sağlamaktadır. Atık su arıtma ve geri dönüşüm tesisi sayesinde çevresel çözümlerde öncü olmayı hedeflemektedir.

Firma, doğal kaynakların sürdürülebilirliğinin, üretim sürdürülebilirliği ile paralel olduğunu düşünmektedir. Bu nedenle, hayatın devamlılığı için doğal kaynakları gözetme gerekliliğinin bilinciyle hareket ederek, doğada ayak izi bırakmadan üretimin sürdürülmesini hedeflemektedir. Dolayısıyla firma, enerji ve su verimliliğini sürekli artıran ve atıkları azaltan temiz teknolojilere ve uygulamalara yatırım yapmaktadır. Firma elektrik, su ve doğalgaz kullanımını optimal seviyede tutmak için üretim süreçlerinde gerekli iyileştirmeleri gerçekleştirmektedir. Ayrıca minimum emisyon değerlerine sahip ekipmanların kullanılması tercih edilmektedir. Dolayısıyla tüketimi gereğinden fazla yapmayıp, yenilenebilir enerji kaynakları, firma sistemine entegre edilmektedir. Dünyanın iklim değişikliği, hava kirliliği, zararlı atıklar gibi tehditlerle karşı karşıya olduğunun bilinciyle; şirket politikası olarak üretim ve çevre politikaları ile hem çalışanların hem de müşterilerin yaşam kalitesini koruma yaklaşımını sürdürülmesi hedeflenmektedir.

### 1.1. Tekstilde Sürdürülebilirlik ve Su Tüketimi

Su, biyolojik yaşamı ve bütün insan faaliyetlerini ayakta tutan bir kaynaktır. Dünya'daki tüm sistemler su ile çalışır ve tüm sektörlerdeki üretim ve tüketim faaliyetlerinin devamlılığı için çok önemli ve vazgeçilmez bir ihtiyaçtır.

Bugün, Marmara Denizi örneğinde görüldüğü gibi yoğun sanayi faaliyetleri ve kentleşmenin bir sonucu olarak, Marmara Denizi'nin yenilenebilir kapasitesi bozulmuş; çevre ve canlı sağlığını çok ciddi bir şekilde tehdit eden bir problemle karşı karşıya kalmıştır. Sadece Marmara değil, tüm su kaynakları evsel, endüstriyel ve tarımsal atıklarla her geçen gün yenilenebilir kapasitesinin çok üzerinde kirliliğe (atık su deşarjları vb.) maruz kalmaktadır. Kirlenen su kaynakları yalnız biyolojik çeşitliliği değil toplumların sağlık ve refahını, ekonomiyi, geçim kaynakları suya bağlı olan çok sayıda insanı da doğrudan etkilerken, farklı dinamiklere ve sorunlara sahip su krizlerini de ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle, su kaynaklarının sürdürülebilirliği hem ekonomik hem de çevresel tartışmaların önemli bir konusu haline gelmektedir.

Mevcut iş yapış şekilleri ve atık su yönetimleri, tarım ve endüstride kullanılan yüksek su kullanım oranları (üretim için ihtiyaç duyulan su talebinin 2050 yılına kadar yüzde 400 artması bekleniyor) ile beraber iklim değişikliği etkileri artmaya devam ettikçe su ekosistemlerinin bozulmaya mahkûm olduğu belirtilmektedir.

Hemen her endüstriyel atık su gibi tekstil sektörü atık sularının doğru şekilde arıtılması çevre sağlığı ve ekosistem için son derece önemlidir. "Tekstil endüstrisi kullanılan hammadde ve kimyasal maddelerin, gerçekleştirilen işlemlerin, her işlem için uygulanan teknolojilerin çeşitliliği nedeniyle son derece değişken yapıya sahiptir" (Sanal, 2010). Bu nedenle firma, atık oluşumunu en aza indirirken

malzemeleri ve kaynakları kullanımlarının sonunda olabilecek en yüksek değerde döngüde tutmayı hedefleyen döngüsel ekonomi yaklaşımının bu olumsuz durumlar engelleyebileceği veya etkileri en aza indirebileceğini öngörmektedir.

## 1.2. Döngüsel Ekonomi ve Su

Ürün bazlı üretim ve tüketim modellerinde görülen lineer yaklaşım, bugün su kullanımında da aynı şekildedir:

### **Al ⇒ Kullan ⇒ Deşarj et**

Su kaynaklarının sınırlı olması nedeniyle, sürdürülebilir olmadığı aşikâr olan bu lineer yaklaşımın doğal su döngüsü üzerindeki olumsuz etkilerini, yarattığı ekonomik kayıpları, canlı sağlığına olan tehdidinin yanı sıra geri dönülemez çevresel etkilere neden olduğu görülmektedir.

Döngüsel ekonomi ile su sistemlerinin sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesinin sağlanabileceği, suyun olabilecek en yüksek değerde kullanılmasını ile daha çevreci, adil ve ekonomik fırsatların ortaya çıkarabileceği belirtilmektedir. Bu nedenle, firma döngüsel ekonomi yaklaşımını su yönetimine dahil etmek, su ile ilgili problemleri hafifletmek ve önlemek için önemli bir adım olarak düşünülmektedir. Döngüsel ekonomi stratejilerinin uygulanmasıyla insan faaliyetlerindeki su kullanımı doğal döngüye uyum sağlayabilmektedir.

Döngüsel ekonomiye geçişte, birçok endüstrinin suya bağlı üretimi göz önünde bulundurulduğunda su ve atık suyun sürdürülebilir yönetimi de oldukça kritik bir rol oynamaktadır. Döngüsel ekonominin su kaynaklarının daha sürdürülebilir yönetilmesinin yanı sıra atık su ve diğer su bazlı atıkların daha kontrollü bertarafı ve işlenmesi yoluyla da sağlanabilmektedir.

Döngüsel ekonominin üç ana prensibi (atık oluşumunu ortadan kaldırmak, ürünleri ve malzemeleri kullanımda tutmak, doğal sistemleri korumak ve iyileştirmek) doğrultusunda belirlenen bu stratejiler ile su kaynakları üzerindeki baskınını en aza indirilmesi hedeflenmektedir. Aşağıda bu adımlardan bahsedilmektedir.

**Azaltım:** Atık su oluşumunu önlemek ve kirliliğin kaynağında azaltılması amacıyla öncelikli olarak su kullanımında iyileştirme yapılması ve verimsiz eylemlerin ortadan kaldırılmasıdır.

**Yeniden kullanım:** Atık suyun alternatif bir su kaynağı olarak yeniden kullanılmasıdır.

**Geri dönüşüm:** Azaltılmayan veya yeniden kullanılmayan atık suların, doğrudan veya dolaylı olarak sisteme geri döndürülmesi amacıyla membran teknikleri gibi yüksek etkili teknolojilerle kirleticilerden arındırılarak geri kazanılmasıdır.

**Kaynak Geri Kazanımı (Atık su içerisinde bulunan kaynakların geri kazanımı):** Atık suyun içeriğindeki su, azot ve fosfor gibi inorganik besinler, ağır metaller, ısı, selüloz gibi kaynaklar gübre, biyogaz, biyopolimer üretiminde kullanılabilir. Atık su içerisinde bulunan ve potansiyel olarak geri kazanılabilir bu kaynakların zenginliği döngüsellığı destekleyecek önemli bir fırsat sunmaktadır.

**Yenileme / Arıtma:** Suyun verimli ve etkin bir şekilde artırılması ile kirleticilerin su kaynağından uzaklaştırılması ve çevreye uygun bir şekilde bırakılması için etkin teknolojilerin uygulanması (çeşitli arıtma yöntemleri gerektiren farklı atık su türleri (endüstriyel, belediye) nedeniyle birbirinden farklı birçok arıtma seçeneği bulunmaktadır).

ING tarafından yapılan döngüsel ekonomi raporuna göre döngüsel yaklaşımlar küresel ekonomiye her yıl 412 milyar metreküp su tasarrufu sağlayabilmektedir.

Döngüsel ekonomi ilkelerinin su yönetim sistemlerine dahil etmek üzere geliştirilecek yeni iş modelleri ve stratejileri ile artan su taleplerini karşılamak, kalite ve kirlilik kontrolü ile beraber çevresel koşulları gözetmek mümkün görünmektedir. Su yönetiminde, bu yeni iş yapış biçimlerinin getireceği çevresel ve ekolojik kazanımların yanı sıra suyun benzer veya farklı amaçlarla yeniden

kullanımı, atık su arıtma çamurlarının farklı endüstrilerde değerlendirilebilmesi, atık sudan çeşitli hammaddelerin kazanılması gibi farklı uygulamalar da farklı ekonomik fırsatları ortaya çıkarmaktadır.

Döngüsel ekonomiye geçişte, mevcut lineer modelin yeniden düşünülerek “azalt, yeniden kullan, geri dönüştür, geri kazan” yaklaşımıyla tasarlanması gerekliliği ise sistematik değişikliklere ve yenilikçi bakış açılarına olan ihtiyacı da ortaya çıkartmaktadır. Suyu sürekli olarak kullanmak ve bertaraf etmek yerine, suyun döngüler halinde yönetildiği ve mümkün olan en yüksek değerde tutulduğu döngüsel bir sistem için ise hükümetlerin su yönetim şekillerini yeniden ele alması, endüstrilerin, şirketlerin ve tüm tüketicilerin su kullanım alışkanlıklarını değiştirmesi gerekmektedir.

### **1.3. Projenin Yeşil Mutabakat Eylem Planına ve Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına Uyumu**

2019 yılında sera gazı konsantrasyonları yeni bir zirveye ulaşmış ve karbondioksit oranı sanayi devrimi öncesi seviyelerin yüzde 148'ine, metan yüzde 260'ına ve azot oksit ise yüzde 123'üne ulaşmıştır: Atmosferdeki sera gazı seviyesi rekorlarını getiren insan faaliyetleri ve bunların sonucu ise iklim değişikliğidir.

Gezegenin bir yılda ürettiği doğal kaynakları insanların tükettiği gün, yani iktisat diliyle ifade edilirse talebin arzı aştığı gün, Dünya Limit Aşımı Günü olarak ifade edilmektedir. 2021 yılı için Limit Aşımı Günü ise 29 Temmuz olarak belirlenmiştir. Bunun anlamı, insanlar dünyanın bir yıl için verdiklerini sadece yedi ay içerisinde tüketmişlerdir (WMO, 2021).

- Bir başka ifadeyle 1,7 Dünya varmış gibi davranmışlardır.
- Yılın geri kalan beş ayı için 2022'nin kaynaklarını tüketmek durumunda kalmışlardır.
- Tüketim hızını ise ‘Limit Aşımı’nın hesaplanmaya başlandığı 1970’lerden bu yana en yüksek seviyeye çıkartmışlardır.

‘Daha fazlasını iste’ tüketim anlayışının söz konusu gezegenin kaynakları olduğunda dahi sanki gezegen sınırsızmış gibi sürmesi, bu tüketim arzusunun yükselen ‘paylaşım ekonomisi’ trendine rağmen gelecekte çok daha büyük sorunları da beraberinde getireceğinin işareti olarak durmaktadır. Öncelikle hız kesmeyen dünya nüfus artışının kaynaklar üzerindeki baskısı, devamında ise orta ve orta-alt sınıfların gelişmesiyle oluşacak talep artışı, kaynaklar üzerindeki baskıyı arttırarak sürdürecektir.

Nüfus artışı ve daha fazla tüketim anlayışını besleyen ‘daha fazla üretim’ anlayışının temelinde ise fosil yakıtlara dayalı doğrusal ekonomi modeli bulunmaktadır. Bu modelde, karbon salımına dayalı, büyüme odaklı ekonomik faaliyetler yerküreyi ısıtarak önce iklim krizine taşımış; ardından krizinin giderek derinleşen sorunları aşı hava olayları (sıcak ve soğuk hava dalgaları, fırtınalar, seller, kuraklıklar, orman yangınları vb), biyoçeşitlilik kaybı gibi doğanın tahribatının sonuçları ile yüzleştirerek, insanlığı son olarak küresel sağlık tehdidi Covid-19 pandemisine ulaştırmıştır.

İklim değişikliği ve çevrenin bozulması hem Avrupa hem de dünya için varoluşsal bir tehdittir. Bu zorlukların üstesinden gelmek için Avrupa Yeşil Mutabakatı, AB'yi modern, kaynakları verimli kullanan ve rekabetçi bir ekonomiye dönüştürecek ve şunları sağlayacaktır

- Net sera gazı emisyonunun 2050 yılına kadar ortadan kalkması
- Kaynak kullanımından bağımsız hale gelmiş bir ekonomik büyüme
- Kimsenin ve hiçbir bölgenin geride bırakılmaması Avrupa Yeşil Mutabakatı aynı zamanda COVID-19 pandemisinden de çıkış yoludur. Yeni Nesil AB İyileşme Planı kapsamındaki 1,8 trilyon Euro'luk yatırımın üçte biri ve AB'nin yedi yıllık bütçesi, Avrupa Yeşil Mutabakatını finanse edecektir (European Commission, 2022).

## **2. MATERYAL/METOT**

### **2.1. Materyal**

Çalışmada materyal olarak boyahane işletmesinde dokuma kumaş, boyama ve apreleme işlemlerinden

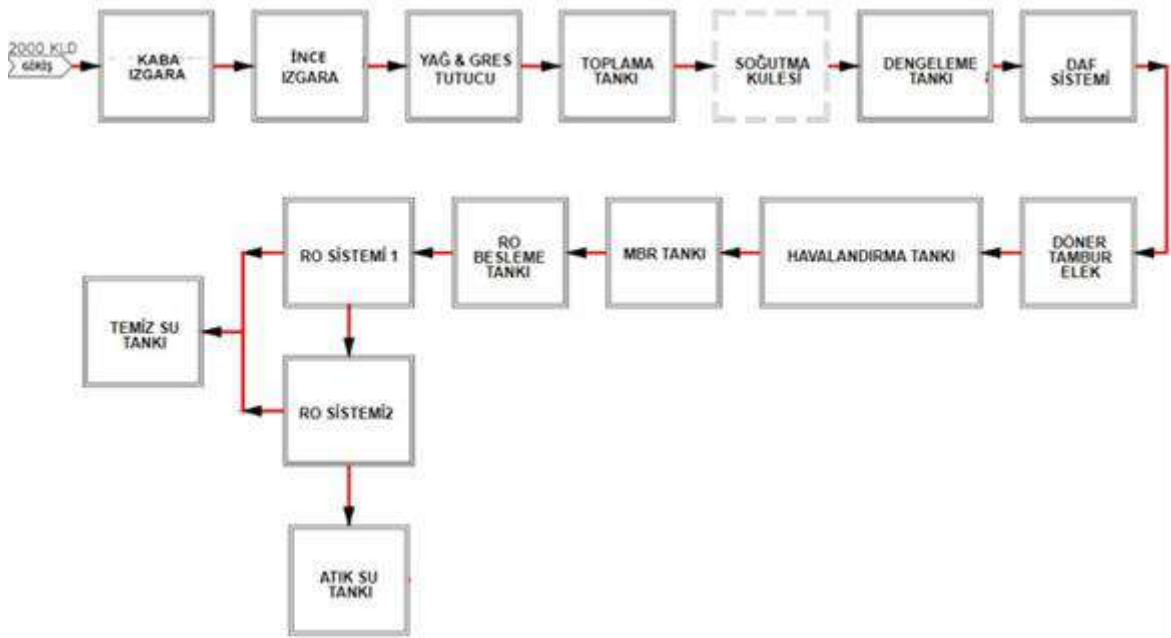


gelen atık su kullanılmıştır. Söz konusu suyun arıtılmasını sağlayan atık su geri dönüşüm tesisinde; atık suların çeşitli kimyasal, bakteriyolojik, ekolojik ve fiziksel özellikleri muhafaza edilerek geri kullanıma hazır hale getirilmiştir. Ayrıca firmanın tesis bünyesinde yer alan atık su geri dönüşüm laboratuvarı son teknoloji cihazlar ile donatılmış olup, atık suyun kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), askıda katı madde (AKM), sıcaklık, MLSS, pH, renk, bulanıklık, sertlik ve her türlü mikro nütrient ölçümleri yapılabilmektedir. Atık su, bu değerler kontrol edilerek alıcı ortam olan AOSB'nin atık su kanalına deşarj edilmektedir.

Firmanın proje kapsamında gerçekleştirdiği atık su geri dönüşüm tesisi, 2872 nolu Çevre Kanunu'nun Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde belirtilen standartlara tabiidir.

## 2.2. Metot

Proje kapsamında gerçekleştirilen boyahane işletmesinden gelen proses sularına fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma yöntemleri uygulanmıştır. Ayrıca RO (Reverse Osmoz) sistemi kullanılarak atık su geri kazanımı sağlanmıştır. Proje kapsamında gerçekleştirilen uygulanan yöntemler aşağıdaki gibi olup, tesis iş akış şeması aşağıda Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Atık su geri dönüşüm tesisi iş akış şeması

Proje çalışmasında yukarıda Şekil 1'de belirtildiği üzere atık su geri dönüşüm tesisi işlemleri aşağıdaki gibidir:

**Kaba Izgara ve İnce Izgara:** İşletmeden gelen atık su içindeki elyaf kalıntılarını tutan elek sistemidir.

**Toplama Tankı:** İşletmeden gelen atık suyun ilk olarak biriktirildiği yerdir.

**Dengeleme Tankı:** Kimyasal arıtma öncesi atık suyun pH'ının dengelendiği tanktır.

**DAF Sistemi:** Kimyasal arıtma sonrası oluşan flokların çökelindiği ve yüzdürüldüğü sistemdir.

**Döner Tambur Elek:** DAF tan gelen suyun içerisindeki flok kaçaklarının tutulduğu elek sistemidir.

**Havalandırma Tankı:** Biyolojik arıtmanın gerçekleştiği tanktır.

**MBR Sistemi:** Biyolojik arıtmadaki aktif çamurun mikro filtrasyon modülden süzüldüğü sistemdir.

**RO Besleme Tankı:** MBR sisteminden süzülen suyun osmoz sistemine alınmadan önce bekletildiği tanktır.

**RO Sistemi:** Suyun minerallerinden ayrılmasını ve daha düşük iletkenlik ve sertliğe ulaşmasını sağlayan membran sistemidir.

Atık Su Tankı: RO sisteminden çıkan atık suyun depolanıp deşarj edildiği tanktır.

### 3. TARTIŞMA VE SONUÇ

Firma, atık suyun yaklaşık %70'ini geri dönüştürerek; su kullanımında yaklaşık %65 tasarruf elde edilmiştir. Dolayısıyla AOSB atık su kanalına daha az miktarda atık su gönderilmesi sağlanmıştır.

Yeşil Mutabakat kapsamında Yeşil Döngüsel Ekonomi başlığı altında suyun geri kazanımını sağlanmış, gelecek nesiller için su kaynaklarının muhafaza edilmesine katkıda bulunulmuştur.

Ayrıca müşterilerin sürdürülebilirlik alanında taleplerini yerine getirerek onlara katma değerli ürün üretimini gerçekleştirmekte ve pazar ihtiyacını karşılamakta ve geri dönüştürülen su ile üretilen ürünler ile birlikte ihracat oranını arttırmaktadır.

### 4. KAYNAKLAR

*European Commission, (2022), The EU in 2021 – General Report on the Activities of the European Union, referans no: C(2022) 959.*

*Karaman S., Gökalp Z., (2010), Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerine Etkileri, Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 3 (1): 59-66. ISSN: 1308-3945, E-ISSN: 1308-027X.*

*Sanal, İ., (2010), Tekstil Endüstrisi Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi Mikrobiyolojik Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi.*

*World Meteorological Organization, (2021), Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Türkiye Ekonomisinin Uyum Politikaları, İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi, Yıl: 2021, Cilt: 9, Sayı: 2, s. 125-144*

# TEKSTİL BOYAHANE İŞLETMESİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR ÜRETİME ETKİ EDEN BOYARMADDE VE KİMYASAL DAĞITIM SİSTEMİ UYGULAMASININ İNCELENMESİ

**Damla DOĞAN**

*Palmye Dokuma İplik Tekstil San. Tic. A.Ş., Adana, Türkiye  
damla.dogan@palmyedokuma.com*

## ÖZET

Sürekli olarak artan hammadde maliyetleri, daha kısa süreli üretim, perakendecilerin sıkı toleransları, markaların kısıtlı madde listeleri gibi koşulların var olduğu günümüzün rekabetçi piyasa ortamında, sürdürülebilir hedefler doğrultusunda işletmelerde çevre dostu üretim çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Tekstil endüstrisinde söz konusu çevre dostu sürdürülebilir üretim için özellikle boyahane işletmelerinde hammadde kullanımının optimize edilmesi, su ve enerji tasarrufu, geri dönüşüm ile ilgili çalışmaların sayısı her geçen gün artmaktadır. Boyahane işletmesinde operatör kaynaklı boyarmadde ve kimyasal madde (yardımcı kimyasal, boya, vb.) hazırlama hatalarının yanı sıra yüksek su tüketimi ve enerji tüketimi de dikkat çekmektedir. Ön terbiye, boyama ve diğer proseslerden kaynaklanan yüksek kimyasal yük, su ve enerji tüketimi tekstil fabrikalarında kullanılan proseslere göre değişkenlik göstermekte ve sürdürülebilirlik çalışmalarını etkilemektedir. Proje çalışması kapsamında firmanın boyahane işletmesinde boyarmadde ve kimyasal dağıtım sistemi ve üretim performans yönetimi yazılımı kullanılarak aynı jet makine sayısında boyama işlemi hızı %30 ve üretim miktarı %50 arttırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Sürdürülebilirlik, Verimlilik, Boyahane, Boyarmadde, Kimyasal

## INVESTIGATION OF THE APPLICATION OF DYE MATERIAL AND CHEMICAL DISTRIBUTION SYSTEM THAT AFFECTS SUSTAINABLE PRODUCTION IN A TEXTILE DYEHOUSE

### ABSTRACT

In today's competitive market environment, where conditions such as constantly increasing raw material costs, shorter production time, strict tolerances of retailers, restricted ingredient lists of brands exist, environmentally friendly production studies are needed in enterprises in line with sustainable goals. The number of studies related to optimizing the use of raw materials, saving water and energy, recycling, especially in dyeing plants for environmentally friendly sustainable production in the textile industry is increasing every day. Dyestuffs and chemicals (auxiliary chemical, paint, etc.) sourced by the operator in the dye shop operation.) in addition to preparation errors, high water consumption and energy consumption also attract attention. High chemical load, water and energy consumption caused by pre-finishing, dyeing and other processes vary according to the processes used in textile factories and affect sustainability studies. Within the scope of the project, the dyeing process speed and production amount were increased by 30% and production amount by 50% with the same number of jet machines by using the dyestuff and chemical distribution system and production performance management software in company's dyehouse operation.

**Keywords:** Sustainability, Productivity, Dyehouse, Dye, Chemical

## 1.GİRİŞ

Tekstil endüstrisi imalat sanayisinin en eski sektörlerden biridir. Tekstil endüstrisi karmaşık üretim proseslerinden ve çok sayıda alt sektörden oluşan heterojen bir sektördür. Tekstil üretim proseslerinin en önemli proses girdilerinden birini kimyasallar (boyarmadde ve yardımcı kimyasallar) oluşturmaktadır (Yukseler vd., 2017; Mor vd., 2018).

Bir tekstil işletmesinde hammaddeden sonra en önemli maliyet kalemini kimyasal maliyetleri oluşturmaktadır (Mia vd., 2016). Bu nedenle bir tekstil işletmesinde kimyasal tüketiminin ve maliyetlerinin azaltılması piyasa rekabet gücünün artırılması açısından çok önemlidir (Radej ve Zakotnik, 2003). Tekstil üretim proseslerinde çeşitli önleyici ve azaltım teknikleri uygulanarak kimyasal tüketimi ve maliyeti azaltılabilir (Ozturk vd., 2016; Ozturk vd., 2020). Ayrıca, tekstil işletmelerinde kimyasal azaltımı ve kimyasal değişimi uygulamaları yapılarak üretim verimliliğinin artırılmasına, mevcut ve gelecekteki tekstil standartlarını karşılanmasına, çevresel etkilerin azaltılmasına, çalışanların ve son kullanıcıların sağlığının korumasına da önemli katkılar sağlanabilir (Ozturk vd., 2020).

Proje çalışmasında, firmanın boyahane işletmesi boyama prosesinde üretim süresinde verimlilik sağlamak için boyarmadde ve kimyasal dağıtım sistemi ve üretim performans yönetimi yazılımını kapsayan optimizasyon çalışmaları yürütülmüştür. Söz konusu boyarmadde ve kimyasal dağıtım sistemleri sayesinde bir boyama prosesi süresince istenilen boyarmadde ve kimyasalları, operatör insiyatifi olmadan doğru miktarda ölçerek doğru noktaya göndermek için tasarlanmış, daha kısa sürede daha hızlı üretim yapılması amaçlanmıştır.

## 2.MATERYAL/METOT

### 2.1.Materyal

Tekstil işletmelerinde boya-terbiye, kumaşın renklendirildiği, tutum, görünüm ve fonksiyonellik kazandırıldığı birimdir.

**Boyama işlemi:** Tekstil malzemeleri açık elyaf, tops, iplik, kumaş hatta hazır giysi halinde boyanabilmektedir. Her durum için geliştirilmiş özel boyama makineleri vardır. Kumaş boyamacılığında çektirme veya emdirme metotlarından hangisinin uygulanacağına kumaştan beklenen özellikler (tutum, vs.), üretim miktarı, lif cinsi, boyar madde cinsi ve mevcut makine parkı göz önüne alınarak karar verilmektedir. Boyama reçetelerinin hazırlanmasında da boyama metodu, lif ve boyar madde cinsi, fiske şartları gibi faktörler esas alınmaktadır. Boyama reçetesinde bir boyama banyosuna konulacak boyar madde miktarı ile kimyasal ve yardımcı kimyasal madde miktarlarını belirten formülasyon oluşturulmaktadır.

Tekstil boyahanelerindeki kumaşlara, müşterinin istediği özellikleri kazandırabilmek için bazı malzemelerin kullanılması gerekmektedir. Bu malzemelere tekstilde kimyasal maddeler ve boyarmaddeler denilmekte olup aşağıdaki gibidir:

-Yardımcı kimyasallar: Kırık önleyici, yağ sökücü, ıslatıcı, iyon tutucu, amilaz enzimi, katalaz enzimi, selülaz enzimi, yıkama sabunu, dispergator, fiksator, yumuşatıcı, sert tutum apresi, buruşmazlık (çekmezlik) apresi, su geçirmezlik apresi, su iticilik apresi, güç tutuşurluk apresi.

-Ticari kimyasallar: Asit, kostik, peroksit, silikat, soda, tuz, hidrosülfid, üre.

-Boyarmaddeler: Reaktif boyarmaddeler, dispers boyarmaddeleridir.

**Jet boyama:** JT Boyama Makinesi Çalışma Prensibi, Jet kumaş boyama makineleri çektirme yöntemi ile kesikli (diskontinü) olarak çalışan, yüksek sıcaklık ve basınç altında tüp veya halat şeklinde örme ve dokuma kumaş boyayabilen makinelerdir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan makineler olup pamuk, viskon, sentetik ve bunların karışımı (pamuk/polyester, pamuk/polyamid, viskon/polyester

vb.) gibi kumaşların boyanmasında ve ön işlemlerinde kullanılmaktadır. Firmanın boyahane işletmesinde yer alan Jet boyama makinesinin görseli Şekil 1.'de verilmiştir.



**Şekil 1.** Boyahane İşletmesinde Yer Alan Jet Boyama Makinesinin Görseli

Firmanın boyahane bölümünde ağırlıklı olarak poliester/viskon dokuma kumaş üretimi yapan entegre bir tekstil işletmesinde boyarmadde kimyasal tüketimlerinin optimum şekilde ayarlanmasını sağlayan sistemin kurulması ile daha kısa sürede daha fazla çevre dostu üretim yapılması için yerinde detaylı incelemeler ve veri toplama çalışmaları yapılmıştır. Boyama işlemi için belirlenen jet makinelerinde boyama işlemi için gerekli olan hazırlık ve boyama proseslerin süreleri hesaplanmıştır. Ardından boyahane departmanında proje kapsamında belirlenen boyarmadde ve kimyasal dağıtım sistemi uygulanacağı makinelerin sistem ve yazılımların kurulumları gerçekleştirilmiştir. Firmada kurulu MRP sistemine entegre boyarmadde ve kimyasal dağıtım sistemi ve üretim performans yönetimi yazılımı kullanılmıştır. Proje kapsamında boyahane işletmesinde farklı enerji kullanan her makineye uygun yazılım sistemi standart hale getirilmiştir. Söz konusu sistemde makinelerde yer alan cihazlar sayesinde veriler alınarak yazılım teknolojisi revize edilmiştir.

Bu çalışma ile birlikte firma bünyesinde boyarmadde ve kimyasal hazırlık süresinde firma içerisinde boyama reçetelerine uygun olarak üretim kalitesini en iyi seviyede tutan çevre dostu ürünlerin üretimi hedeflenmiştir.

## 2.2 Metot

Proje kapsamında tekstil sektöründe boyahane departmanında yapılan verimlilik çalışmaları incelenmiştir. Hedeflenen proje çalışması için tekstil sektöründe faaliyet gösteren teknolojik sistem ve yazılım firmaları araştırılmış ve görüşmeler yapılmıştır. Firmada kurulu MRP sistemi, Boyarmadde ve kimyasal dağıtım sistemi ve üretim performans yönetimi yazılımı ile ilgili proje öncesi ve sonrası boyarmadde ve kimyasal hazırlık işlemlerinde kaç kişi çalıştığı ve ne kadar süre aldığı iş zaman etüt çalışmaları ile hesaplanarak üretim hızı ve üretim miktarı sonuçları hesaplanmıştır.

Proje kapsamında, firmanın boyahane işletmesinde bulunan boyama makinelerini otomatik tartma, dağıtma ve tedarik sistemleriyle entegre ederek verimlilikte önemli bir artış sağlamayı amaçlamıştır. Dolayısıyla boyahane işletmesinde kullanılan malzemelerin takip edilmesi, analiz edilmesi, maliyetlerin azaltılması ve malzeme verimliliğinin sağlanması için firmanın ihtiyaçları dikkate alınarak, boyarmadde ve kimyasal dağıtım sistemi ve yazılım kullanımına karar verilmiştir.

Firmanın boyahane departmanında kurulan boyarmadde ve kimyasal dağıtım sistemleri şu şekildedir:

- Sıvı Kimyasal Dolu Sistem
- Sıvı Kimyasal Dağıtım Sistemi

- Toz Boya Tartım Sistemi
- Karusel Boya Depolama Sistemi
- Tozboya Çözme ve Dağıtım Sistemi
- Tuz Soda Sülfat Çözme Sistemi

Proje kapsamında firma bünyesinde kurulan yazılım, tekstil terbiyesi için üretim ve performans yönetimi yazılımı olup, boyahane işletmesindeki makinelerin boyama programlarını gerçekleştirmektedir. Söz konusu boyama programına firma tarafından belirlenen boyama reçeteleri ve prosesler işlenmekte olup, boyarmadde ve kimyasal dağıtım sistemi ile proseste ihtiyaç duyulan miktarda boyarmadde ve kimyasal dozajlaması yazılım talimatıyla sağlanmaktadır.

Söz konusu yazılım, reçete modülü, karmaşık üretim adımlarını basitleştirmek, uzman bilgi birikimini sistematik olarak kaydetmek ve kaynak verimliliğini optimize eden özellikler sunmaktadır. Önceden bir uzmanın birkaç saatini alacak olan işler, bu modülün operasyonel zekâsı sayesinde bireysel ve özel olarak optimize edilmiş olan üretim siparişlerini hazırlamasını sağlayabilmektedir.

- Ürünlerin “Pazara Çıkış Süresini” kısaltılması,
- Ürün şeffaflığını ve esnekliğini artırılması
- Planlama optimizasyonunun sağlanması
- Arıza sürelerinin azaltılması
- Üretim maliyetlerinin düşürülmesi

Yazılım ile şeffaflık, tutarlı dokümantasyon ve izlenebilirlik, her şirketi güvenli ve karlı hale getirmektedir. Gerçek zamanlı koşullar üzerinde planlama, yanıt verebilirliği ve üretkenliği maksimuma çıkarmaktadır. Kurulan yazılım, online makine izleme modülü, interaktif bir pencere ile temsil edilmiş, devam etmekte olan üretimin gerçek zamanlı bilgisidir. Makinenin çalışmasına ait her bir proses adımı görüntülemek ve kontrol etmek” için sistemin kullanımı sayesinde yanlış anlaşılmaları ve yanlış iletişimi önlenmektedir. Hepsi merkezi olarak ofiste bir çalışma istasyonundan olacak şekilde- dozajlama iptalleri, kullanıcı çağrıları ve alarm iletileri belirtilmektedir. Söz konusu yazılımın avantajları şu şekildedir:

- Makine otomasyonuna gerçek zamanlı erişim sağlanmaktadır
- Bir sonraki operatör çağrısına ve partinin sonlanmasına kalan zaman gibi durum gösterimi bulunmaktadır
- Proses adımlarının grafiksel görüntülenmesi gerçekleşmektedir
- Parti çalışma süresince çevrimiçi müdahale yapılabilmektedir.

Yazılımın parti planlaması, tüm boya partilerinin tek bir bakış açısından oluşturulabildiği, planlanabildiği ve denetlenebildiği merkezi platformdur. Planlama modülü, bu ekranda hangi makineye hangi sırayla hangi parti numaralı kumaş yükleneceği ayarlanmakta böylece yanlış kumaş girişlerinin önüne geçilmiş olmaktadır. Yazılımın alarm denetim grubu, bu alanda boyama esnasından makinenin hangi arızadan dolayı alarm verdiğinin görüldüğü tablo bu tablo sayesinde makinede hangi kısımda hangi arıza oluşmuş bakıp daha kısa sürede zaman kaybı olmadan müdahale edilmektedir.

Yazılımın grafiklerinde boyaması bitmiş bir partinin sıcaklık, zaman, basınç vs daha birçok etkeni toplayıp grafiksel olarak gösterilmektedir. Bu grafik sayesinde boyama esnasında hangi parametreler düzgün hangi parametreler problem oluşturmuş görülmekte sonraki boyamada aksaklıklar giderilerek boyamaya devam edilmektedir. Söz konusu yazılım üretim katındaki her bir makinenin performansını denetleyerek, paylaşılmış reçete ve proses bilgisi (örneğin alarmlar) ekleyerek ve planlanmamış duraklama sürelerini toplayarak yazılım raporu aracı bu unsurlar üzerinde sağlam bilgi sağlamaktadır.

Yazılım modülünde makine raporu kısmında kaç nolu makine incelenecekse makine numarası seçildikten sonra incelenecek tarih aralıkları belirlenir ve bu seçimler yapıldıktan sonra yazılım, kaç nolu makine seçilmiş ise o makinenin fiili çalışma zamanı ölü zamanı üretim kaybı gibi verileri vermektedir. Bu rapor sayesinde makinelerde ki kayıpları önleyerek daha verimli çalışmaya yönelik

adımlar atılmaktadır. Son modülde makinelerde boyanan tamamlanmış ve boyaması devam eden partiler görünmektedir. Boyama zamanının başlangıç ve bitiş zamanlarını göstermektedir.

Firma ihtiyaçlarına uygun özel çözümler üreten sistem, otomasyon sistemleri ve hassas dozajlama üniteleri yapmaktadır. Firmanın boyahane işletmesinde söz konusu en son teknoloji sistemler ile birlikte işletmenin üretim kapasitesi ve kalitesi artırılmasına yönelik çözümler üretilmesi ve verimlilik sağlanması hedeflenmektedir.

Proje kapsamında boyahane işletmesi jet boyama hazırlık işlemlerinde iş zaman etüt çalışmaları yapılmış olup, aşağıdaki Çizelge 1.'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Proje öncesi ve sonrası boyarmadde ve kimyasal hazırlık işlem süreleri iş-zaman etüt sonuçları – 2022 Yılı

<b>İşlem adı</b>	<b>Proje öncesi işlem süresi (dk)</b>	<b>Proje sonrası işlem süresi (dk)</b>
Sıvı kimyasal dağıtımı,	20	5
Sıvı kimyasal dolumu	-	5
Toz boya tartımı	8	8
Boya depolama	15	0,5
Toz boya çözme	50	50
Toz boya dağıtma	15	5
Tuz, soda, sülfat çözme ve dağıtımı	20	5
<b>Toplam</b>	<b>128</b>	<b>78,5</b>

<b>Verimlilik oranı unsurları</b>	<b>Proje öncesi miktar</b>	<b>Proje sonrası miktar</b>
Jet boyama makine sayısı	23 adet	23 adet
Çalışan sayısı	15 kişi	9 kişi
Vardiya sayısı	3 vardiya	3 vardiya
Yıllık toplam jet boyama üretim miktarı	5388209 metre	11095458 metre

Projede kullanılan yazılım, tüm sistemler arasında akıllı, gerçek zamanlı iletişim sağlamaktadır. Ayrıca, Manufacturing Execution Software (Üretim Yürütme Yazılımı (MES)), sıcak su, gaz, buhar basıncı, elektrik veya atık su seviyelerinin kaynak yönetimine ilişkin bilgi güvenliğini sağlamaktadır. Söz konusu sistem ve yazılımlardan önce ve sonra, boyarmadde ve kimyasal hazırlık işlemlerinde verimlilik çalışmaları kapsamında iş zaman etütleri yapılmıştır. Jet boyama makinelerine hazırlanan kumaş partilerinde boyarmadde ve kimyasal hazırlık süreleri ilgili mühendislerin yerinde yaptığı gözlem ve ölçümlerle hesaplanmıştır. Palmiye Tekstil, söz konusu proje sayesinde verimli ve sürdürülebilir hedefler ile birlikte daha temiz ve yaşanabilir bir dünya için çalışmalarına katkı sağlamıştır.

### 3. TARTIŞMA VE SONUÇ

Firmanın boyahane işletmesinde boyarmadde ve kimyasal dağıtım sistemi ve üretim performans yönetimi yazılımı projesi ile boyama işlemi hızı %30 ve üretim miktarı %50 artırılmıştır.

Endüstrileşme sürecinin yeni bir aşamasını temsil eden Endüstri 4.0, küreselleşme, yaygın ekonomik düzen ve teknolojik gelişmelerin sonucu olarak ortaya çıkan bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir.

Genel anlamda teknolojik ve ekonomik rekabetin yükseldiği, kaynak kıtlığının arttığı ve küresel ekolojik dengenin tehdit altında olduğu, tekstil sektörü özelinde ise kâr oranlarının düştüğü, ürün yaşam döngüsünün kısaldığı, ürün çeşitliliğinin arttığı, tüketici taleplerinin hızlı değiştiği ve kişiye özel talep eğiliminin yükseldiği, üretimde parti boyutlarının küçüldüğü bir endüstri ve ekonomi dünyasında Endüstri 4.0 kavramı gelişmiş ülkeler tarafından gündeme getirilmiştir. Bu kavram, endüstrileşmiş ülkelerin gereksinimlerinin bir sonucu olduğu gibi teknolojik gelişmelerin eriştiği düzeyin bir ürünü olarak da görülebilir. Endüstri 4.0 sürecinin, tüm dünya ülkelerinin ciddi olarak ilgilendiği, geleceğin üretim ve hizmet süreçlerini belirleyecek, rekabet yarışını etkileyecek hatta insanların yaşama alışkanlıklarını değiştirecek bir kavram olduğu anlaşılmaktadır (Tonga, 2022). Dijital Dönüşüm ve dördüncü sanayi devrimi, her geçen gün artan hızı ile tüketici alışkanlıkları, ürün ve hizmetler başta olmak üzere tüm değer zincirlerini değiştirmenin yanı sıra rekabetin kurallarını yeniden yazarken; eğitimden, istihdama sosyoekonomik anlamda birçok stratejik fırsat ve tehdidi beraberinde getirmektedir. COVID-19 salgınının bu değişime katalizör etkisi yapması dijital dönüşümü her anlamda ana akım ve stratejik bir konu haline getirmiş durumdadır (Pazar, 2021). Söz konusu projede kurulan sistem ve yazılımlar ile boyarmadde ve kimyasal kullanımının kontrol altında tutulması için gerekli otomasyon sistemlerin yapılmasının yüksek yatırım maliyetlerine rağmen dikkat edilmesi gereken bir konu olduğunun farkındadır. Bu kapsamda işletmenin karbon ayak izi hedefine de katkıda bulunmuş ve sürdürülebilirliğinin devamlılığı sağlanmıştır.

Firmanın devam eden yeni yatırımları ile üretim kapasitesi değişmekte olup, verimlilik çalışmaları sürekli olarak yapılmaktadır. Firmanın boyahane boya hazırlama prosesinde çalışan sayısı vardiyada 3 kişi toplamda 6 eleman tasarrufu bu proje sayesinde ulaşılmıştır. Ayrıca proje sonucunda elde edilen verimlilik sayesinde firmanın boyahanesinin çevreye saldırdığı atık su yükü ve enerji kullanımı azaltılıp hızlı tüketim engellenerek, hammaddelerin etkin kullanımı gerçekleştirilmiştir. Dolayısıyla Yeşil Mutabakat kapsamında karbon ayak izi ve su ayak izi hedefleri ile sürdürülebilir kazanç sağlanmıştır. Proje kapsamında yapılan verimlilik çalışmalarının sürdürülebilirliğe etkisi kapsamında enerji tüketimi, su tüketimi ve atık su yönetimi, karbondioksit emisyonu gibi hususlar, dış ticaret hacimleri ve ihracat yaptıkları ülkeler göz önünde bulundurularak bu süreçten nasıl etkileneceğinin analizinin yapılması ve projelerle desteklenmesi ile Adana Organize Sanayi Bölgesi'nin sürdürülebilir, "yeşil bir OSB" olması hedeflenmektedir. Firma, bu hedef doğrultusunda söz konusu bu proje ile ve Adana Organize Sanayi Bölgesi bünyesinde ve Türkiye'nin genelinde diğer firmaları teşvik eden firma olmayı hedeflemektedir. Ayrıca bu proje çalışması kapsamında verimlilik çalışmalarının sürdürülebilirliğe etkisi, Türkiye ekonomisi ve sanayisinin yeşil dönüşümü; kapsayıcı ve sürdürülebilir bir büyümenin tesis edilmesinin yanı sıra, ülkemizin AB başta olmak üzere, üçüncü ülkelere ihracatında rekabetçiliğinin korunması ve güçlendirilmesine katkı sağlamaktadır. Bu alanda atılacak adımlar aynı zamanda ülkemizin küresel değer zincirlerine entegrasyonunun geliştirilmesi ve uluslararası yatırımlardan alacağı payın artırılması bakımından da oldukça önemlidir.

#### 4. KAYNAKLAR

Mia, M.S., Hasan, F.K.M., Ashaduzzaman, A.M.R., Hasan, S.F., 2016. *Effective Processing Time & Cost of Management of Dyes. Chemicals & Utilities (Heat, Gas, Electricity, Air & Water etc.) Used in Knit Dyeing For Combed & Compact Yarn Manufactured Fabric of Dyeing Textile Industries. Am J Energy Environ 1, 1–16.*

Mor, S., Chhavi, M.K., Sushil, K.K., Ravindra, K., 2018. *Assessment of Hydrothermally Modified Fly Ash for the Treatment of Methylene Blue Dye in the Textile Industry Wastewater. Environ Dev Sustain 20, 625–639. <https://doi.org/10.1007/s10668-016-9902-8>*

Ozturk, E., Cinperi, N.C., Kitis, M., 2020. *Green Textile Production: A Chemical Minimization and Substitution Study in a Woolen Fabric Production. Environ. Sci. Pollut. Res. 27, 45358-45373. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10433-8>*



Ozturk, E., Koseoglu, H., Karaboyaci, M., Yigit, N.O., Yetis, U., Kitis, M., 2016. Minimization of Water and Chemical Use in a Cotton/Polyester Fabric Dyeing Textile Mill. *J Clean Prod* 130, 92–102.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.080>

Pazar, U.B., Türkiye’de Yazılım Ekosisteminin Geleceği, Deloitte, TÜSİAD, <https://www2.deloitte.com/>, Erişim Tarihi: 6 Ocak 2021.

Tonga, M., Tonga, M.Y., (2022), Endüstri 4.0’a Genel Bir Bakış: Sanayinin Geleceği, G.Ü. İslahiye İİBF Uluslararası E- Dergi, 6(6), 40-60.

Yukseler, H., Uzal, N., Sahinkaya, E., Kitis, M., Dilek, F.B., Yetis, U., 2017. Analysis of the Best Available Techniques for Wastewaters from a Denim Manufacturing Textile Mill. *J Environ Manag* 203, 1118–1125. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.03.041>

# GELİNCİK (*Papaver rhoeas* L.) ÇİÇEKLERİ İLE YÜN İPLİKLERİN DOĞAL BOYANMASI

Halil ÖZDEMİR<sup>\*1</sup>, Fuat BOZOK<sup>2</sup>, Uzeyfe HELETE<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye Meslek Yüksekokulu, Tekstil, Giyim, Ayakkabı ve Deri Bölümü, Osmaniye, Türkiye*

<sup>2</sup> *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Osmaniye, Türkiye*

<sup>3</sup> *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Osmaniye, Türkiye*

Sorumlu Yazar e-posta: halilozdemir@osmaniye.edu.tr

## ÖZET

Çalışma kapsamında Osmaniye ilinden toplanan *Papaver rhoeas* L. (gelincik) bitkisinin çiçekleri gölgede kurutulmuş ve bir öğütücü yardımıyla öğütülmüştür. Etanol çözeltisi içerisinde ekstraksiyon işleminden sonra çözücü evaporatör ile uçurularak doğal boyarmadde elde edilmiştir. Halı ve kilim üretiminde kullanılan doğal yün iplikleri, ekstrakte edilen doğal boyarmaddeyle farklı mordan maddeleri ( $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ ,  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ,  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ) ve farklı mordanlama yöntemleri kullanılarak laboratuvar tipi IR boyama makinesinde boyanmış, yıkama ve durulama işleminden sonra oda sıcaklığında gölgede kurutulmuştur. Spektrofotometrede yapılan renk ölçümleri sonucunda, mordan kullanmadan yapılan boyamada bej rengi elde edilirken, kullanılan mordan maddeleri ile yeşil ve kahve tonlarında renkler elde edildiği görülmüştür. Mordanlama yöntemi ve kullanılan mordan maddelerinin spektrofotometrik renk değerleri ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $K/S$ ) üzerinde önemli etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, boyama ve sonrasında yapılan sürtünme haslığı sonuçları değerlendirildiğinde gelincik (*Papaver rhoeas* L.) bitki çiçeklerinin tekstil doğal boya ve baskı sektöründe kullanılabileceği vurgulanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Gelincik; *Papaver rhoeas*; Doğal boyama; Mordanlama; Haslık

## NATURAL DYEING OF WOOL YARNS WITH POPPY (*Papaver rhoeas* L.) FLOWERS

### ABSTRACT

Within the scope of the study, the flowers of *Papaver rhoeas* L. (poppy) plant collected from Osmaniye province were dried in the shade and ground in a grinder. After the extraction process in ethanol solution, the solvent was evaporated with an evaporator and natural dyestuff was obtained. Natural wool yarns used in carpet and rug production were dyed with natural dyestuffs in a laboratory type IR dyeing machine. Different mordant substances ( $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ ,  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ,  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ) and different mordanting methods were used in dyeing. It was dried in the shade at room temperature after washing and rinsing. Color measurements in the spectrophotometer showed that the yarns were beige in color without using mordant, while green and brown tones were obtained with mordant substances. It was determined that the mordanting method and mordant substances had a significant effect on the spectrophotometric color values ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $K/S$ ). As a result, when the rubbing fastness results were evaluated, it was emphasized that poppy plant flowers can be used in the textile natural dye and printing industry.

**Key words:** Poppy; *Papaver rhoeas*; Natural dyeing; Mordanting; Fastness

## 1. GİRİŞ

İnsan sağlığı ve çevreye verdiği zararlardan ötürü tekstil sektöründe kullanılan sentetik boyarmadde ve pigmentler gibi kimyasallar bilim çevrelerince tartışılmakta, bu sebeple son yıllarda biyolojik olarak parçalanabilirliği, atık su kontaminantı için sorun oluşturmaması, insan sağlığı açısından zehirli (toksik) ve alerjen olmaması nedeniyle doğadaki bitkilerden elde edilen doğal boyarmaddelerin üretimi ve kullanımını artmaktadır. Doğadaki bazı bitkiler, hayvanlar, likenler ve mantarların geleneksel veya kimyasal yollarla sentezlenmesiyle doğal boyarmaddeler kolaylıkla üretilebilmektedir. Özellikle kumaşlarda koku etkisinin yanı sıra alev rengi, kırmızı, pembe ve kahverengi gibi çeşitli farklı renk tonlarının da oluşmasını sağlayan, zengin tanen içeriği olan çiçekler doğal boyarmaddelerin (renklendiriciler) temel kaynağı olmakla beraber doğada da bol miktarda bulunmaktadır. Ancak ülkemizde tekstil doğal boyama ve baskı sektöründe halı, kilim kooperatiflerinde iplik boyama ve tasarıma yönelik bireysel doğal baskı çalışmaları dışında çiçeklerden tam olarak istifade edilmediği görülmektedir (Saxena and Raja, 2014).

Bitki pigmentlerinden flavonoidlerin en önemli grubu olan antosiyaninler, çalışmamızda da araştırdığımız *Papaver rhoeas* L. (gelincik) bitkisinin çiçeğinin petal renklenmesinde önemli rol oynamaktadır. *P. rhoeas* L. çiçeği ile ilgili bazı bilimsel çalışmalar aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır;

Organik boyaların ayrıntılarını, tarihçesini, türlerini, kaynaklarını, preparatlarını ve tıbbi kullanımlarının yanı sıra doğal boyarmaddeyi ve pigmentleri bir araya getirmeyi amaçlayan derleme çalışmasında *Papaver rhoeas* L. (Corn poppy) bitkisinin taç yapraklarından kırmızı doğal boyarmadde edilebileceğini belirtmişlerdir (Kagathara ve ark. 2020).

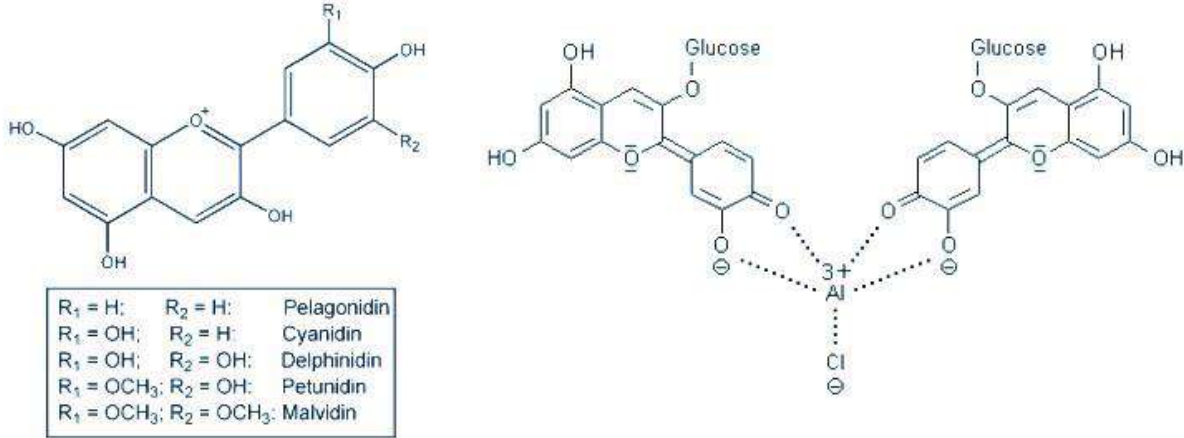
Doğu Akdeniz bölgesinde geleneksel olarak halı ve kilim dokuma işleminde kullanılan ipliklerin doğal olarak boyanmasında kullanılan bitkilerin araştırıldığı çalışmada Kadirli, Feke, Aladağ, Adana'nın çevre köyleri ve Osmaniye'de 29 familyaya ait 37 bitki türü doğal boya üretiminde kullanılmıştır. Toplanan bitkilerin toplam boya içeriğinin %1,5 ile %10 arasında değiştiğini, Gelincik (*P. rhoeas*) çiçeğinin bu bölgede yoğun olarak bulunduğu ve %9'u oranında doğal boyarmadde içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir (Türkmen ve ark. 2007).

Antosiyaninlerin kimyasal özellikleri ve bununla bağlantılı analiz tekniklerinin anlatıldığı derleme çalışmasında, Gelincik (Papaver) türlerinde pelargonidin'in 3'den 3,7-diglikolizasyona değişmesi, çiçek rengini kırmızıdan turuncu sarıya doğru değiştirdiği tespit edilmiştir (Keleş, 2015), buda doğal boyarmaddenin vereceği renk tonunu direkt etkilemektedir. Khair ve ark. derlemesinde ise gelincik yapraklarının rengi, siyanidin'in gentiyobiyosidini içeren antosiyanidinlerden kaynaklandığını belirtmiş, asitle muamele edilirse kırmızı, alkali ile yeşilimsi mavi renk verebileceğini belirtmişlerdir (Khair ve ark. 2017).

Bazı bitkisel doğal boyaları ve bunların tekstil sektörlerindeki uygulamaların incelendiği bir başka derlemede, çiçeklerden elde edilen boyarmaddelerin tekstil ürünlerinin boyanmasında kullanılabileceğine işaret edilmiş, bu doğal boyarmaddelerin kumaşlara hem çeşitli tonlar sağladığından hem de koku etkisinden bahsedilmiştir. Tanen yönünden zengin olan çiçeklerle alev rengi, pembe, kırmızı, kahverengi gibi çeşitli tonlar elde edilebileceğini belirtmişlerdir. *P. rhoeas* çiçekleri ile pamuğun boyanmasında mordanın önemli olduğunu farklı mordanlar kullanılarak yeşil, kahverengi, kurşun ve taba renklerinin elde edilebileceğini, yıkama haslık değerini çok iyi, sürtünme ve ter haslıklarının ortalama düzeyde olduğunu belirtmişlerdir (Dhanalakshmi, Sathya, 2022)

Gelincik çiçeğinden elde edilen kromoforun antosiyaninlerin türevi olan mekosiyenin olduğu belirtilmiş ve mordanla yaptığı kimyasal bağ Şekil 1'de gösterilmiştir. Merdan ve ark. çalışmalarında gelincik bitkisinin çiçeklerinden elde edilen boyalar ile yünlül kumaşların kırmızıya yakın renk tonu oluşturduğu, mordanlama ile renk mavi renk tonuna kaydığı görülmüştür. Haslık değerleri incelendiğinde yıkama ve sürtünme haslıklarının yüksek olduğu ancak ışık haslıklarının düşük olduğu tespit edilmiştir (Merdan, 2011).

Boussoum ve ark. makale çalışmasında ise *P. rhoeas* çiçeğinin pamuk, yün ve viskon gibi elyafların boyanması için doğal bir kaynak olarak boyama potansiyeline sahip olduğunu, diğer yandan da uçucu yağlar açısından zengin bir kaynak olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Boyayı elyaf üzerinde daha iyi sabitlemek, haslıklarını artırmak ve/veya renk tonları oluşturmak için mordanlar demir, alüminyum ve asetik asit kullanarak boyamalar yapılmıştır. Gri tonlarında renkler ve demir bazlı mordan kullanımıyla en iyi boyama sonuçları elde edilmiştir. En iyi renk tonunu pamuk ve yün elyaflarla elde etmişlerdir. Çalışmada Kütle spektrometrisine (GC/MS) bağlı gaz kromatografisi kullanılarak yapılan fotokimyasal analiz sonucunda, ekstrakte edilebilir maddelerde polifenoller, saponinler, steroller ve alkaloidlerin yanı sıra flavonoidler gibi farklı molekül gruplarının varlığını ortaya çıkarılmıştır (Boussoum ve ark. 2021).



**Şekil 1.** *Papaver rhoeas* L. yapısında bulunana antosiyaninlerin temel yapısı ve siyanin-3-glukozidlerin alüminyum kompleksi (Merdan, 2011)

*P. rhoeas* ve *R. damascena* çiçeklerinden sulu yöntem kullanılarak çevre dostu doğal boyaların ekstraksiyonu amacıyla gerçekleştirilen başka bir çalışmada ise mordanlı ve mordansız birçok renk elde edilmiş, derilerin doğal boyanmasında kullanılan *P. rhoeas* doğal boyarmaddesi ile orta düzeyde ışık haslığı değerlerine ulaşılırken yüksek sürtünme ve yıkama haslığı değerlerine ulaşılmıştır. *P. rhoeas* boyasının potas şap ve bakır sülfat kullanılarak pembemsi mavi ve açık pembe tonlarının olduğu ayrıca potasyum dikromat ile sarımsı, alüminyum sülfat ve asetik asit mordanları ile mavi renk elde edilmiştir (Pervaiz ve ark. 2017).

*P. rhoeas* L. bitkisinin çiçeklerinden ekstrakte edilen boyarmadde ile konvansiyonel ve ultrasonik yöntemlerle yapılan boyama işlemlerinin sonuçlarının değerlendirildiği makalesinde CIELab değerleri açısından ultrasonik enerji yönteminin daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Bunun nedenini ultrasonik enerjinin sonikasyon gücüne bağlamışlar, çevre dostu olan yöntemin, enerji, yardımcı kimyasallar, su ve zamandan tasarruf sağladığını ve haslık değerleri açısından da olumlu olduğunu bildirmişlerdir. Pembe, turuncu ve kahve tonlarının elde edildiği çalışmada ultrasonik yöntemlerle yapılan boyamalarla konvansiyonel boyamalara göre daha açık renkler elde edilse de a\* ve b\* değerleri açısından daha yeşil ve daha sarı renkler elde edilmiştir (Merdan ve ark. 2012).

Merdan ve ark. diğer bir çalışmasında ise dünya çapında geniş bir yayılım alanına sahip olan *P. rhoeas* L. bitkisinin çiçeklerinin ipek elyaflarının boyanmasında doğal boya olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. İpek mordanlama işlemine tabi tutulduktan sonra, bitkiden elde edilen boya ile geleneksel ve ultrasonik yöntemlerle boyanmıştır. Doğal boyanan ipeğin L\*a\*b\* değerleri, CIE L\*a\*b\* renk uzay sistemi kullanılarak ölçülmüş ve analiz edilmiştir. Sonuç olarak *P. rhoeas* L. bitkisinden elde edilen doğal boyarmadde ile pembe tonlarında renkler elde edilmiş, çevre dostu ultrasonik enerji ile yapılan boyama yöntemi ile yapılan boyamalarda renk veriminin arttığı gözlemlenmiştir (Merdan ve ark. 2012).

Katyonizasyonun etkisinin araştırıldığı başka bir makale çalışmasında pamuklu kumaşlar *P. rhoeas* çiçekleri (yaprakları) ile dört farklı mordanla ön mordanlama yöntemiyle boyanmıştır. Gelicink çiçeği

ile boyanan pamuk lifi üzerinde yeşil, kahverengi, kurşun ve ten renginin farklı tonları elde edilmiş, mordanların inhibitör aktivitesini arttırdığından dolayı katyonizasyon işleminin hem mordansız hem de mordanlı örneklerde renk verimini arttırdığı belirlenmiştir. Çalışmada aynı zamanda katyonizasyonun daha iyi antibakteriyel aktiviteyle sonuçlanarak *E. coli*'de daha yüksek azalmaya yol açtığı, en yüksek antimikrobiyal aktivite (%72 azalma), önce katyonizasyon, ardından bakır (II) sülfatla mordanlama ve ardından boyama işlemlerinde elde edildiği belirtilmiştir (Gedik ve ark. 2013).

Antalya ili ikliminde yetişen 27 farklı bitki ve buharda rulo baskı tekniği ile şap, pirinç unu ve kül mordanları; sirke ve demir çözeltilisi kullanılarak: organik ve %100 pamuklu dokuma kumaş yüzeylerine; 81 adet ekolojik baskı denemesinin yapıldığı yüksek lisans çalışmasında, kumaş yüzeylerinde gelincik çiçeği (*P. rhoeas*) kullanılarak yapılan ekolojik baskılar sonucunda, gelincik çiçeğinin, dış form çizgisi ve doku açısından şap, pirinç unu ve kül ile mordanlanan kumaş yüzeylerinde aynı değerlerde ve belirgin sonuç verdiği ortaya çıkarılmıştır. Kuru sürtünme haslık değerleri ise şap ve pirinç unu kullanımında 4/5 (oldukça iyi), külde 4 (iyi) olarak bulunmuş, yaş haslıkları ise biraz daha düşük çıkmıştır (Kaleli, 2022).

Çalışmada; *P. rhoeas* L. (gelincik) bitkisinin çiçeklerinden ekstraksiyon işlemiyle elde edilen doğal boyarmaddeyle doğal yün iplikleri farklı mordan maddeleri ve farklı mordanlama yöntemleri ile laboratuvar tipi IR boyama makinesinde boyanabilme, renk ve sürtünme haslık değerleri araştırılmıştır.

## 2. MATERYAL ve METOT

### 2.1. Materyal

Araştırma kapsamında kullanılan *Papaver rhoeas* L. (gelincik) çiçekleri Osmaniye ili Fakiuşağı bölgesinden Nisan-Mayıs aylarında, bitkiye ve tohumlarına zarar vermeden toplanmıştır. Bitki örneklerinin arazideki fotoğrafları aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 2). Bitki örnekleri preslenerek herbaryum materyali olarak Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Biyoloji Bölümü'nde saklanmaktadır. Boyamalarda mordanlama işlemi için Potasyum Alüminyum Sülfat ( $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ ), Bakır Sülfat ( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ), Demir Sülfat ( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ) metalik tuzları kullanılmıştır.



Şekil 2. *Papaver rhoeas* L. (Fuat BOZOK tarafından fotoğraflanmıştır)

Çalışmada Doğu Akdeniz Bölgesi menşeli koyunların yünlerinden eğrilmiş %100 saf straygarn yün iplikleri (Nm 4/2, 256 t/m) Osmaniye'de bulunan Karatepe Kilim Kooperatifinden tedarik edilmiş, boyamalarda kullanılmak üzere çile sarım makinesinde 3 g ağırlığında çile numuneleri hazırlanmıştır.

## 2.2. Metot

Çalışmalarda mordanlama, boyama ve haslık işlemlerinde kullanılan cihaz, makina ve düzenekler Çizelge 1’de gösterilmektedir. Boyamalarda ayrıca değişik hacimlerde beher, erlenmayer, cam balon, mezür, huni, baget vb. cam malzemeler de kullanılmıştır.

### 2.2.1. Özütleme

Araziden toplanan *P. rhoeas* L. (gelincik) çiçekleri Biyoloji Bölümü Laboratuvarlarına getirilerek gölgede 15 gün boyunca kurutulmuş ve daha sonra bir öğütücü yardımıyla toz haline gelinceye kadar öğütülmüştür. Öğütülen bitki örneklerinden 50 g alınmış ve 500 ml etanol ile balon joje içerisinde 50 °C’de 1 saat boyunca karıştırılmıştır. Daha sonra oda sıcaklığında soğumaya bırakılarak Whatman No.1 kâğıdı ile filtre edilmiştir. Süzülen özütler 78 °C’ de döner evaporatör ile kullanılarak uzaklaştırılmış ve böylelikle çiçekten doğal boyar madde elde edilmiş kullanılıncaya kadar +4 °C’de buzdolabında bekletilmiştir.

Çizelge 1. Çalışmalarda Kullanılan Cihazlar, Makinalar ve Düzenekler

Cihaz	Kullanım Amacı	Marka
Laboratuvar Tipi Boyama Makinası	Boyama denemelerinde kullanılmıştır.	Thermal Marka
Spektrofotometre	Boyalı kumaş numunelerinin renk verimliliklerinin ve diğer spektral ölçümlerinin incelenmesinde kullanılmıştır.	Minolta 3600D
Crockmeter	Sürtünme Haslığı	James H.Heal & Co Ltd.Crockmaster
Analitik Terazi	Kumaş ve boyarmadde ağırlıkları tayini için hassas analitik terazi kullanılmıştır.	
pH metre	Suyun pH değerini ölçmek için kullanılmıştır.	Wtw7110

### 2.2.2. Boyama ve Renk Ölçümü

DeneySEL çalışmalar Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Laboratuvarında yapılmıştır. Her biri 4 gram olan yün çile numunelerinin boyama işlemi, 1:50 flotte oranında doğal boya ekstraktı ile toplam 200 ml çözelti içerisinde Ön mordanlama, birlikte mordanlama ve son mordanlama yöntemleri yapılarak laboratuvar tipi IR numune boyama makinası kullanılarak paslanmaz çelik tüplerin içerisinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3). Boyamalarda mordan maddesinin etkisini tespit edebilmek için 3 farklı mordan maddesi (Demir Sülfat, Bakır Sülfat ve Potasyum Alüminyum Sülfat) kullanılmıştır. Yünün doğal boyanabilmesi için asidik bir ortama ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışmadaki boyamalarda kullanılan bitki ekstraktlarının ph değerleri asetik asit ile 4-4,5 (asidik) ayarlanmıştır.

Boyama işlemlerinde her bir bitki türü için Mordansız, Ön Mordanlama, Birlikte Mordanlama ve Son Mordanlama yöntemlerini kullanarak, 3 farklı mordan maddesi ile 10 boyama işlemi yapılmıştır.



Şekil 3. IR Numune Boyama Makinesi

**Mordansız Boyama:** İçerisinde 4 gram yün iplik bulunan 200 ml’lik boyama tüplerine 200 ml boyama çözeltisi konularak IR boyama makinesinde 80 °C’de 60 dakika süreyle boyama işlemi gerçekleştirilmiş olup, boyama sonrasında numune kumaşlar soğumaya bırakıldıktan sonra saf suyla durulama yapılarak oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır.

**Ön Mordanlama ve Boyama:** 4 gram boyanacak yün iplik, 3 farklı mordan maddesi ile ayrı ayrı tüplere konulmuştur. 0.1 M 100 mL alüminyum sülfat, demir sülfat ve bakır sülfat için ayrı ayrı mordan çözeltileri hazırlanmış ve tüplere aktarılmış, 200 ml'lik tüpler saf su ile tamamlanmıştır. IR boyama makinesinde boyama tüpünde 80 °C'de 60 dakika süreyle ön mordanlama işlemi tamamlanmış ve boyama işlemi için numuneler süzülerek aynı tüpler içerisinde 80 °C'de 60 dakika süreyle boyama işlemi tamamlanmış, boyama sonunda saf suyla durulama yapılarak oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır.

**Birlikte Mordanlama ve Boyama:** 0,1 M 100 mL çözeltideki katı maddeye eşdeğer mordan maddesi 250 mL'lik erlendeki bitki ekstraktında çözüldü ve hazırlanan bu çözeltiliye 4 gram ağırlığındaki yün iplikler IR boyama makinesinde 80 °C'de 60 dakika birlikte mordanlama yapılarak boyama işlemi tamamlandı. Boyama sonrası soğumaya bırakılan numuneler saf suyla durularak oda sıcaklığında kurutulmuştur.

**Son Mordanlama ve Boyama:** 4 gram numune yün iplikler her biri 200 ml boyama çözeltisi içeren boya tüplerine içerisinde konularak IR boyama makinesinde 80 °C'de 60 dakika süreyle boyama işlemi yapılmış ve numuneler süzülerek tekrar aynı tüpler içerisinde 0,1 M 100 mL mordan çözeltisi ile mordanlama işlemi tamamlanmış, saf su ile durulama sonrası numuneler oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır.

Boyanmış yünlü kumaşların renk kordinatlarını belirlemek için Minolta CM 3600D pc'ye bağlı spektrofotometre kullanılmıştır. 400-700 nm dalga boyu arasında, D65/10° ışık kaynağında ölçümler gerçekleştirilmiş olup, K/S (Color Strength) değerleri Kubelka Munk (1) eşitliğine göre hesaplanmıştır. En doğru sonuçlar ve hatanın en aza indirgenmesi için boyanan numunelerin 2 farklı noktasından ölçümlerin ortalama değeri alınarak gerçekleştirilmiştir.

$$\frac{K}{S} = (1 - R^2)/2R$$

Eşitlikte K; ışık absorpsiyonu ile ilgili bir sabit olup, çoğunlukla boyarmaddeye bağlıdır. S; ışık saçılımı (yansımaları) ile ilgili bir sabit olup, sadece tekstil materyaline bağlıdır. R ise maksimum ışık absorpsiyonunun dalga boyunda (400 nm) ölçülen boyalı numunenin yansıma değeridir.

Renk farkının tespit edilmesinde ise CIELab formülasyonu (2) kullanılmış (DIN 6174), L\*; açıklık-koyuluk, a\*; kırmızılık-yeşillik, b\*, sarılıkmavilik değerleridir. Örneklerin  $\Delta E^*$  değeri, renk farklılığının ifadesidir.  $\Delta E^* < 1$  ise, karşılaştırılan iki renk arasında farkın az olduğunu;  $\Delta E^* > 1$  ise daha fazla olduğunu ifade etmektedir.  $\Delta L^*$  değerinin (-) olması, örneğin standarda göre daha koyu olduğunu, (+) olması ise daha açık olduğunu göstermektedir.  $\Delta C^*$  değerinin (+) olması ise yüksek kromayı yani doygunluğu ifade eder. a\* değeri arttıkça renk kırmızıya, azaldıkça yeşile, b\* değeri arttıkça renk sarıya, azaldıkça maviye dönmektedir (Özdemir, 2017).

$$\Delta E^* = [(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta L^*)^2]^{1/2}$$

### 2.2.3. Sürtünmeye Karşı Renk Haslığı

Tekstil ürünlerinde haslığın yeri oldukça önemlidir. Haslık genel ifadeyle ürünün maruz kaldığı sürtünme, yıkama ve ışıktaki etkiler karşısında dayanıklılığını ifade eder. Bu çalışmada farklı mordanlama yöntemleri ve farklı mordan maddeleri kullanarak doğal olarak boyanmış numuneler sürtünme testine tabi tutulmuştur. Boyanmış yün iplik numunelerin sürtünmeye karşı dayanıklılığını tespit etmek için "Crockmeter" cihazı kullanılmıştır. Boyalı yün iplik numuneleri sürtünme haslık testleri Türk Standartları Enstitüsü tarafından hazırlanan TS 717, sürtünmeye karşı renk haslığı tayini (Anonim, 1978) metodlarına göre yapılmıştır. Sürtme haslığında Şekil 4'de gösterilen cihazın başlığına takılan beyaz renkte %100 pamuklu 5x5 boyutundaki refakat kumaş bezinin 14x5 boyutundaki boyanmış numuneye 10 saniyede 10 defa ileri geri sürtünmesi sonrasında refakat kumaşta meydana gelen lekelenmeler (akma) gri skala (A03) ile ışık kabini içerisinde D65 gün ışığına göre göz ile 1 ile 5

arasında değerlendirilmektedir. Sürtünme haslığı testi refakat kumaşın yaş (saf su ile ıslatılmış) ve kuru olmasına göre 2 farklı şekilde yapılmaktadır.



Şekil 4. Sürtünmeye karşı haslık "Crockmeter" cihazı.

### 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Çalışmada *Papaver rhoeas* L. (gelincik) bitkisinin çiçek kısımlarından elde edilen doğal boyar madde ile çeşitli mordan maddeleri ile ön mordanlama, birlikte mordanlama ve son mordanlama yöntemlerine göre yün iplik numunelerinin doğal boyaması yapılmış, boyamalara ait iplik görüntüleri Şekil 5'de, spektrofotometrik renk ölçüm sonuçları da Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Yün Çile İplik ve Doğal Boyanmış iplik	Ön Mordanlama		Birlikte Mordanlama		Son Mordanlama	
	Ön Mordanlama	Birlikte Mordanlama	Birlikte Mordanlama	Son Mordanlama	Son Mordanlama	Son Mordanlama
Potasyum Al. Sülfat (Şap)						
Bakır Sülfat						
Demir Sülfat						

Şekil 5. Boyanmış ve sarılmış iplik görüntüleri

Çizelge 2'de L\* (Açıklık-Koyuluk) değerlerine bakıldığında, alüminyum potasyum sülfat (şap) mordanı ile yapılan boyamaların diğer boyamalara nazaran daha yüksek değerde olduğu aynı zamanda düşük K/S (renk kuvveti) değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Demir sülfat mordanının kullanıldığı boyamalarda ise L\* (Açıklık-Koyuluk) değerinin diğer boyamalara nazaran daha düşük ve K/S (renk kuvveti) değerlerinin ise daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Alüminyum potasyum sülfat



mordanı ile yapılan boyamaların bütün mordanlama tekniklerinde yeşilimsi kahve tonunda olduğu, bakır sülfat mordanı ile yapılan boyamaların renklerinin zeytin yeşili tonlarında olduğu, demir sülfat mordanının kullanıldığı boyamalarda ise açık kahveden koyu kahve rengine doğru mordanlama tekniğine göre değiştiği tespit edilmiştir (Şekil 5). En yüksek K/S değerinin birlikte mordanlama tekniği kullanılarak demir sülfat mordanıyla ortaya çıktığı belirlenmiştir (23.4). Mordan kullanmadan yapılan doğal boyamaların referans alındığı \*ΔE (renk farkı) değerlerinde D65 ışık kaynağı altında son mordanlama tekniği ve potasyum alüminyum sülfat mordanı ile yapılan boyama hariç bütün numunelerin daha koyu olduğu belirlenmiştir. Bakır sülfatın ve alüminyum potasyum sülfat mordanı kullanımı ile numunenin daha yeşil renkte, demir sülfat mordanının kullanıldığı boyamalarda ise numunenin daha kırmızı renkte olduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 2.** Boyanmış yün ipliklerinin Spektrofotometrik renk ölçüm sonuçları

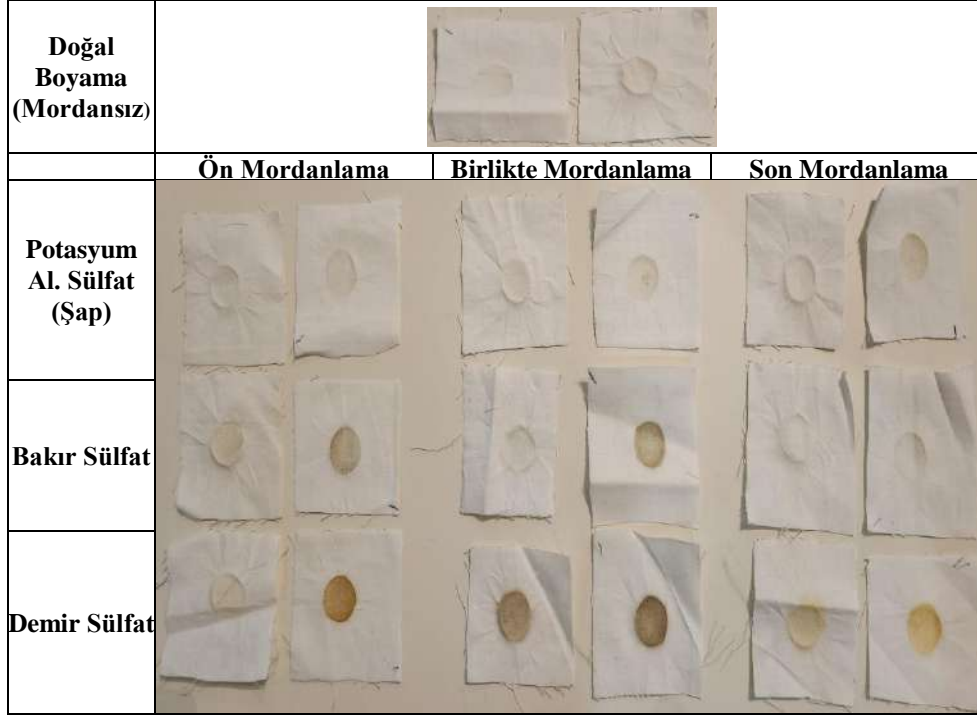
Mordanlama Tekniği	Mordan	L*	a*	b*	C*	h	K/S	*ΔE	D65 (ışık kaynağı)	Renk
Doğal Boyama	-----	60,2	0,87	15,7	15,72	86,84	5,03	-----	-----	Bej
Ön Mordanlama	AlK(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .12H <sub>2</sub> O	55,93	-6,64	20,6	21,65	107,8	6,67	9,93	Numune daha koyu daha yeşil daha sarı daha kuvvetli	Yeşilimsi Kahve
	CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	44,96	-0,51	26,01	26,02	91,13	15,63	18,45	Numune daha koyu daha yeşil daha sarı daha kuvvetli	K. Zeytin Yeşil
	FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	38,37	3,37	21,27	21,54	81	19,26	22,67	Numune daha koyu daha kırmızı daha sarı daha kuvvetli	Kahve
Birlikte Mordanlama	AlK(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .12H <sub>2</sub> O	57,32	-3,82	17,23	17,65	102,5	4,75	5,71	Numune daha koyu daha yeşil daha sarı daha kuvvetli	Yeşilimsi Kahve
	CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	46,32	-1,97	22,73	22,82	94,96	11,22	15,81	Numune daha koyu daha yeşil daha sarı daha kuvvetli	K. Zeytin Yeşil
	FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	30,54	2,02	14,99	15,13	82,32	23,4	29,69	Numune daha koyu daha kırmızı daha mavi daha zayıf	K. Kahve
Son Mordanlama	AlK(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .12H <sub>2</sub> O	61,82	-2,11	15,88	16,02	97,58	3,47	3,4	Numune daha açık daha yeşil daha sarı daha kuvvetli	Yeşilimsi Kahve
	CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	56,53	-5,83	24,83	25,5	103,2	7,28	11,91	Numune daha koyu daha yeşil daha sarı daha kuvvetli	Zeytin Yeşil
	FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	47,48	6,33	30,17	30,82	78,15	14,74	20,03	Numune daha koyu daha kırmızı daha sarı daha kuvvetli	A. Kahve

*P. rhoeas* L. (gelincik) bitkisinin çiçek kısımlarından elde edilen doğal boyar madde elde edilen doğal boyar madde ile yapılan doğal boyamalar sonucunda en yüksek K/S ve en düşük L\* değerlerinin demir sülfat mordanının kullanıldığı boyamalar sonucunda ortaya çıktığı belirlenmiştir. Demir ve bakır sülfatın, bitkilerdeki boyar maddelerin içerisindeki hidroksil grupları ve yün elyafında bulunan amino ve karboksilik asit gibi fonksiyonel gruplarla koordinasyon kompleksleri oluşturarak güçlü bir bağ oluşturması sonucunda boyamalarda yüksek K/S değerlerine ulaşılabilirdiği ve alüminyum sülfat ile yapılan boyamalara nazaran daha koyu renklerin elde edildiği düşünülmektedir. Demir ve bakır sülfat mordanı yün ve boyar madde arasındaki bu güçlü koordinasyon boyamalarda lif ve doğal boyar madde arasındaki etkileşimi ve dolayısıyla afinitiyi arttırmış böylelikle boyamalarda yüksek boya alımı gerçekleşmiştir (Özdemir ve Bozok, 2020; Özdemir, 2018; Özdemir, 2019).

Çalışma kapsamında mordanlama tekniğinin etkisinin belirlenmesi amacı ile ön-birlikte-son olmak üzere üç farklı mordanlama tekniği kullanılmıştır. Spektrofotometrik renk sonuçlarına bakıldığında genellikle ön mordanlama tekniği ile yapılan boyamalarda en yüksek K/S değerlerine ulaşıldığı görülmüştür. Bu durum literatür ile benzerlik göstermekte olup, boyama öncesinde mordanlama işlemi ile daha sonra yapılacak olan boyama işleminde kullanılan boyar maddenin life daha sıkı bir şekilde tutunması ile açıklanabilmektedir (Yusuf vd., 2017; Shabbir vd., 2019; Hosseinzhad vd., 2021).

Literatüre bakıldığında kullanılan mordanlarla yapılan boyamaların haslık değerlerinin yükseldiği görülmektedir. Sunulan bu çalışmada kullanılan özellikle metal mordanlarla haslık değerlerinin düşmesinin sebebinin mordanla birlikte boyar maddenin molekül yapısının genişlemesi sonucunda boyanmış numunelerin özellikle sürtünmeye karşı dayanıksız hale gelip haslık değerlerini olumsuz etkilediği düşünülmektedir. Aynı zamanda yaş sürtünme haslığında refakat bezinin ıslatılması ile su moleküllerinin boya moleküllerini olumsuz etkileyip çözebileceği ve haslık değerlerini düşürebileceği düşünülmektedir (Özdemir & Bozok, 2020).

Boyanan yün iplikleri kuru ve yaş sürtme renk haslık testlerine tabi tutulmuştur (Şekil 6, Çizelge 3). Elde edilen verilere göre ekstrakte edilen doğal boyar madde ile yapılan boyamalar sonucunda numunelerin sürtünme haslık sonuçlarına göre demir sülfat mordanı kullanımının kuru ve yaş sürtünme haslık değerlerini bütün mordanlama yöntemlerinde düşürdüğü belirlenmiştir. Alüminyum potasyum sülfat mordanı kullanımını diğer mordan maddelerine kıyasla sürtünme haslık değerleri açısından daha iyi sonuçlar göstermiştir. Bakır sülfat mordanı kullanımının ön ve birlikte mordanlama ile haslık değerlerine çok etkisi olmadığı hatta düşürdüğü, ancak şaşırtıcı bir biçimde son mordanlama da haslık değerlerinin yükseldiği gözlenmiştir (Ali Khan vd., 2016; Hosseinnezhad vd., 2020).



Şekil 6. Kuru ve yaş sürtünme haslığı test kumaşları

Literatüre bakıldığında mordan kullanımı ile haslık değerlerinin artması beklenirken bu çalışmada elde edilen bulgulara göre Alüminyum sülfat haricinde genel itibariyle düştüğü görülmektedir. Özellikle metal mordanlarla haslık değerlerinin düşmesinin sebebinin modanla birlikte boyar maddenin molekül yapısının genişlemesi sonucunda boyanmış numunelerin özellikle sürtünmeye karşı dayanıksız hale gelip haslık değerlerini olumsuz etkilediği düşünülmektedir.

Çizelge 3. Kuru ve yaş sürtünme haslık sonuçları

	Sürtünme akma/kuru	Sürtünme akma/yaş
<b>Mordansız</b>	3/4	3
<b>Ön Mordanlama</b>		
<b>AlK(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.12H<sub>2</sub>O</b>	4	3
<b>CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O</b>	3	2
<b>FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O</b>	3	1/2
<b>Birlikte Mordanlama</b>		
<b>AlK(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.12H<sub>2</sub>O</b>	4	3
<b>CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O</b>	3	2
<b>FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O</b>	2	1/2
<b>Son Mordanlama</b>		
<b>AlK(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.12H<sub>2</sub>O</b>	4	3
<b>CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O</b>	4/5	3/4
<b>FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O</b>	2/3	2

Bu çalışmada Osmaniye ilinden toplanan *P. rhoeas* L. bitkisinin çiçek kısımlarından ekstrakte edilerek elde edilen boyar madde ile yün iplikler laboratuvar şartlarında boyanmıştır. Boyamalarda alüminyum potasyum sülfat, bakır sülfat ve demir sülfat gibi farklı mordan maddeleri ile farklı mordanlama teknikleri (ön, birlikte ve son mordanlama) kullanılmıştır. Boyamalar sonucunda spektrofotometrede renk analizleri yapılmış, sürtünmeye karşı renk haslıkları belirlenmiştir.

#### 4. KAYNAKLAR

Akpınarlı, H. F., Tambaş, C., (2019). Pamuklu-İpekli Kumaşlara Ekolojik Baskı Uygulaması ve Haslık Düzeylerinin Belirlenmesi, *İdil*, 62:1295-1311, doi: 10.7816/idil-08-62-05.

Ali Khan, M., Shahid-Ul-Islam, Mohammad, F. (2016). Extraction of Natural Dye From Walnut Bark And Its Dyeing Properties On Wool Yarn. *Journal of Natural Fibers*, 13(4), 458-469.

Boussoum, M. O., Alı-Neharı, A., ve Ark., (2021). Characterization of Extracts From *Papaver Rhoeas* iand Potential Valorization of These Extracts in Dyeing Applications, *Turkish Journal of Chemistry*, 45(5): 1576-1584.

Dhanalakshmi, P., Sathya, R.I., (2022). The Floral Based Natural Dyes and Its Applications, A Review, *IJCRT*, Volume 10, Issue 7, 63-71, ISSN: 2320-2882.

Gedik, G., Yavaş, A., ve Ark., Cationized Natural Dyeing of Cotton Fabrics with Corn Poppy (*Papaver rhoeas*) and Investigation of Antibacterial Activity, *Asian Journal of Chemistry*; Vol. 25, No. 15 (2013), 8475-8483.

Hosseinnehad, M., Gharanjig, K., Jafari, R., (2021). Imani, H., Razani, N. Cleaner colorant extraction and environmentally wool dyeing using oak as ecofriendly mordant. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(6), 7249-7260.

Hosseinnehad, M., Gharanjig, K., Razani, N., Imani, H. (2020). Green dyeing of wool fibers with madder: Study of combination of two biomordant on K/S and fastness. *Fibers and Polymers*, 21(9), 2036-2041.

Kagathara, M., Dipika J. D., Hitesh A. S., (2020). Revealing Explanation on Organic Dyes, *International Journal of Research in Advent Technology*, Vol.8, No.3, 1-8.

Kaleli D. (2022). Antalya İkliminde Yetişen Bitkiler ile Ekolojik Baskı Denemeleri Ve Sürdürülebilir Tekstil Yüzey Tasarımları, Yüksek Lisans Tezi, *Tekstil Tasarımı Anabilim Dalı, T.C. Hacı Bayram Veli Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, S. 154.

Keleş, Y. (2015). Antosiyanin Pigmentlerin Biyokimyası ve Analizi, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 8 (1): 19-25.

Khair, T., Sujoy, Bhusan, S., ve Ark. (2017). Natural Colourants with Ancient Concept and Probable Uses, *J. of Advanced Botany and Zoology*, Volume 4/Issue 4, 1-5, ISSN: 2348 – 7313.

Merdan, N. Şahinbaşkan, B.Y. ve Ark., (2012). Colour and Fastness Properties of Silk Fabrics Dyed With Colours Obtained From The Flowers of The *Papaver Rhoeas* L. (Common Poppy), *Asian Journal of Chemistry*, Vol. 24, No. 10, 4295-4299.

Merdan, N., Acar, K., Korkmaz, B. (2011). Gelincik (*Papaver Rhoeas* L.) Bitki Çiçekleri ile Boyanmış Yünlü Kumaşların Renk ve Haslık Özelliklerinin Araştırılması, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, Yıl:10, Sayı 19, 89-99.

Merdan, N., Saçlıoğlu, M.Z., ve ark., (2012). Investigation on Colour and Fastness Properties of Wool Fabrics Dyed With Colours Obtained From the Flowers of the Papaver Rhoëas L. (Common Poppy), *Advances in Environmental Biology*, 6(2): 750-755, 2012 ISSN 1995-0756.

Özdemir, H., (2017). Dyeing Properties of Natural Dyes Extracted from the Junipers Leaves (*J. excelsa* Bieb. and *J. oxycedrus* L.), *Journal of Natural Fibers*, 14:1, 134-142, DOI: 10.1080/15440478.2016.1184602.

Özdemir, H., (2018). Bodur Mürver (*Sambucus Ebulus* L.) ile Yün İpliklerin Boyanması, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(1), ss. 219-228.

Özdemir, H., (2019). Mimoza / Gümüşi Akasya (*Acaccia Dealbata*) ile Yün ve Pamuklu Kumaşların Boyanması, *Ulusal Çukurova Tekstil Kongresi-UÇTEK'2019, Adana, Türkiye*.

Özdemir, H., Bozok, F., (2020). Dyeing of Wool Yarn With Natural Dyes of *Lactarius Deliciosus* and *L. Sanguiifluus* From Turkey, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 30(4), 2020.

Pervaiz, S., Khan, F.Z., Mughal, T.A., (2017). Comparative Studies of Colour Fastness Properties of Goat Leather Dyed With *Rosa Damascena* and *Papaver Rhoëas* Flowers, 29(1),211-215,2017 ISSN: 1013-5316.

Saxena, S., Raja, ASM. (2014). Natural Dyes: Sources, Chemistry, Application and Sustainability Issues, *Textile Science and Clothing Technology*. 37–80, ISBN:978-981-287-064-3.

Shabbir, M., Rather, L. J., ve Ark. (2019). Light Fastness And Shade Variability of Tannin Colorant Dyed Wool With the Effect of Mordanting Methods, *Journal of Natural Fibers*, 16(1), 100-113.

TS EN ISO 105 -X12, 2016. *Tekstil - Renk Haslığı Deneyleri - bölüm X12: Sürtmeye Karşı Renk Haslığı Tayini*.

Türkmen, N., Kırıcı, S., ve Ark., (2004). An Investigation of Dye Plants and Their Colourant Substances in the Eastern Mediterranean Region of Turkey, *Botanical Journal of the Linnean Society*, 146, 71–77.

Yusuf, M., Mohammad, F., Shabbir, M., Khan, M. A. (2017). Eco-Dyeing of Wool With *Rubia Cordifolia* Root Extract: Assessment of The Effect of *Acacia Catechu* as Biomordant on Color and Fastness Properties, *Textiles and Clothing Sustainability*, 2(1), 1-9.

# YENİLİKÇİ SÜRDÜRÜLEBİLİR EKOLOJİK ELYAFTAN MUZ LİFİ KULLANIMININ DENİM KUMAŞ PERFORMANS ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Fatih KAHRAMAN <sup>1</sup>, Aynur Oya ZENGİN <sup>1</sup>, Füsun DOBA KADEM <sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Realtex Tekstil Denim İşletmeleri A.Ş., Adana, Türkiye*

<sup>2</sup> *Çukurova Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye*

## ÖZET

Gelişen dünya düzeninde sanayileşme ile birlikte hızlı üretim ve tüketim sonucu doğal kaynaklar tükenmeye, çevre sorunları rahatsız edici düzeyde ekolojik dengeyi bozmaya başlamıştır. Bu noktada sürdürülebilirlik kavramı da çok önem kazanmış, zaman geçtikçe bir zorunluluk olması gereği ile sektörde kendine önemli bir yer edinmiştir. Katma değeri yüksek tekstil ürünü olarak denim ürünlerde, ekolojik liflerin kullanılarak sürdürülebilirlik kavramına yeni gelişmelerle destek verdiği dikkat çekmektedir. Bu çalışmada, sürdürülebilir doğal elyaf olan muz lifi ile denim kumaş üretimi yapılmış ve konvansiyonel pamuktan denim ile karşılaştırılmıştır. Çözümlü ipliğinde Ne 7/1 %100 pamuk, atkı ipliğinde Ne 7/1 %30 Muz %70 Pamuk lifi kullanılmış ve 3/1 dimi dokuma örgüde kumaşlar hazırlanmıştır. Elde edilen pamuk-muz lifi karışımı ve %100 Pamuklu denim kumaşlara, kopma mukavemeti, yırtılma mukavemeti, aşınma direnci, hava geçirgenliği ve boncuklanma testleri yapılmıştır. Kumaş test sonuçlarında muz lifi karışımı denim kumaşın pamuklu denim kumaşa göre daha iyi performans sergilediği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Yenilikçi elyaf, Denim, Sürdürülebilirlik, Muz Lifi

## THE EFFECT OF THE USE OF INNOVATIVE SUSTAINABLE ECOLOGICAL FIBER BANANA FIBER ON DENIM FABRIC PERFORMANCE PROPERTIES

### ABSTRACT

In the developing world order, with industrialization, natural resources have begun to be depleted as a result of rapid production and consumption, and environmental problems have begun to disturb the ecological balance at a disturbing level. At this point, the concept of sustainability has also gained great importance and has gained an important place in the sector as time has passed, as it has become a necessity. As a textile product with high added value, it is noteworthy that the concept of sustainability is supported with new developments by using ecological fibers in denim products. In this study, denim fabric was produced with Banana, a sustainable natural fiber, and compared with conventional cotton denim. Ne 7/1 100% cotton was used in the warp thread, Ne7/1 30% Banana 70% Cotton fiber was used in the weft thread and the fabrics were prepared with 3/1 twill weave. Tensile strength, tear strength, abrasion resistance, air permeability and pilling tests were performed on the resulting cotton-banana fiber blended and 100% cotton denim fabrics. In the fabric test results, it was seen that banana fiber blended denim fabric performed better than cotton denim fabric.

**Key Words:** Innovative fiber, Denim, Sustainability, Banana fiber

## 1. GİRİŞ

Denim; yaş, cinsiyet, renk, ırk, siyasi ve sosyal statü ayrımı olmaksızın, bireylerin birbirlerini eşit görebileceği tek giysi türü olarak, her yaştan ve her kesimden kullanıcıya hitap eden, Türk ve Dünya denim pazarında üstün rol oynayan bir tekstil ürünüdür. Geçmişte işçi kıyafeti olarak kullanılmaya başlayan, günümüze kadar hızlı bir değişim ve gelişim göstererek moda ve tasarım etkilerini en yoğun görebildiğimiz Denim ürünler, sürdürülebilirlik kapsamında, çevre dostu olma hedefiyle, üzerinde araştırmalar yapılan konuların başında gelmektedir. Sürdürülebilirlik, çevre değerlerinin ve doğal kaynakların akılcı yöntemlerle kullanılması ilkesiyle ekonomik gelişmenin sağlanmasını amaçlayan çevreci dünya görüşü olarak tanımlanmaktadır. Tekstil ve hazır giyim sektörü özellikle son yıllarda çevresel zararlar, atıkların minimize edilmesi, yeniden kullanım (re-use, up-cyle, down-cycle) ve geri dönüşüm (re-cyle) çalışmaları üzerine oldukça hızlı bir ivmelenme sergilemeye başlamıştır (Doba Kadem ve Özdemir, 2020).

Geleneksel denim kumaşların fiziksel özelliklerini iyileştirmek, yeni fonksiyonel özellikler eklemek, trend ve modayı yakından takip etmek için pamuğun yanı sıra farklı lifler de tercih edilmektedir. Denim kumaşlarda çözümlü ve atkı iplikleri tercihe bağlı olarak %100 pamuktan üretilebildiği gibi, farklı lif kompozisyonları da kullanılmaktadır. Selüloz esaslı lifler için doğallık ön planda olmakla birlikte bu liflerin sahip olduğu fonksiyonel özellikler, üretim sırasında ilave işlemlere gerek kalmamasından dolayı büyük bir avantaj kazandırmaktadır. Yün ve ipek, geleneksel tekstil üretiminde yaygın olarak kullanılmakla birlikte denim kumaş üretiminde, özellikle termal konfor gerektiğinde tercih edilmektedirler (Anonymous, 2024). Sentetik lifler, yüksek performanslı denim kumaş üretimi için vazgeçilmezdir. Ek olarak, kullanıcının rahat hissetmesi önemli olduğundan yüksek konforlu yeni nesil sentetik lifler yaygın olarak kullanılmaktadır (Kertmen, 2021). Son zamanlarda denim sektöründe ekolojik liflerin kullanımının artışı da oldukça dikkat çekmektedir. Bu kapsamda kenevir, soya lifi, keten, organik pamuk, geri dönüşüm pamuk, bambu, muz lifi gibi ham maddeler katma değer yaratan ürünler olarak denim pazarında kendine pay yaratmaktadır. Yenilikçi, biyo-bozunur, çevre dostu, geri kazanılabilir lifler kullanılarak sürdürülebilir denim ürünlere yönelme artışı göstermektedir.

Çevre dostu olarak bilinen muz lifinin fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ilgili son yıllarda yapılan araştırmalar artmıştır. Dünyada tarımı yapılan en eski bitki olan muz, Musaceae familyasına aittir. Tropikal ve subtropikal bölgelerde yetişen muzun, birçok ülkede tarımı yaygın olarak yapılmaktadır. Tekstil alanında kullanılan muz lifi toprak üstü aksamdan üretilmektedir. Muz yetiştiriciliği esnasında çevreye büyük miktarda biokütle atılmakta ve yalancı gövde gibi toprak üstü aksam lifin ana kaynağını oluşturmaktadır (Zaimoğlu, Teker, Erkekli, 2017). Muz lifi kurutulmuş muz kabukları ve muz sapının yumuşak kabuğundan elde edilen selüloz esaslı liftir. Muz lifi yüksek nem çekme, düşük tüylenme, yüksek hava geçirgenliği, ekolojik ve doğada kolay bozulma özellikleri ile bilinmektedir.

Bu çalışmada, ekolojik liflerden muz lifi karışımı olarak kullanılarak, denim endüstrisinde söz konusu lifin kullanılabilirliği ve denim kumaş performansına etkisi değerlendirilmiştir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Materyal

Denim kumaş üretiminde ham madde olarak, %70 pamuk %30 muz lifi karışımı atkı ipliği ve %100 pamuk ham maddeden atkı ipliği, her iki kumaşta da %100 pamuk hammaddeden çözümlü ipliği kullanılmıştır.

**Çizelge 1.** Denim Kumaşların Konstrüksiyon Bilgileri

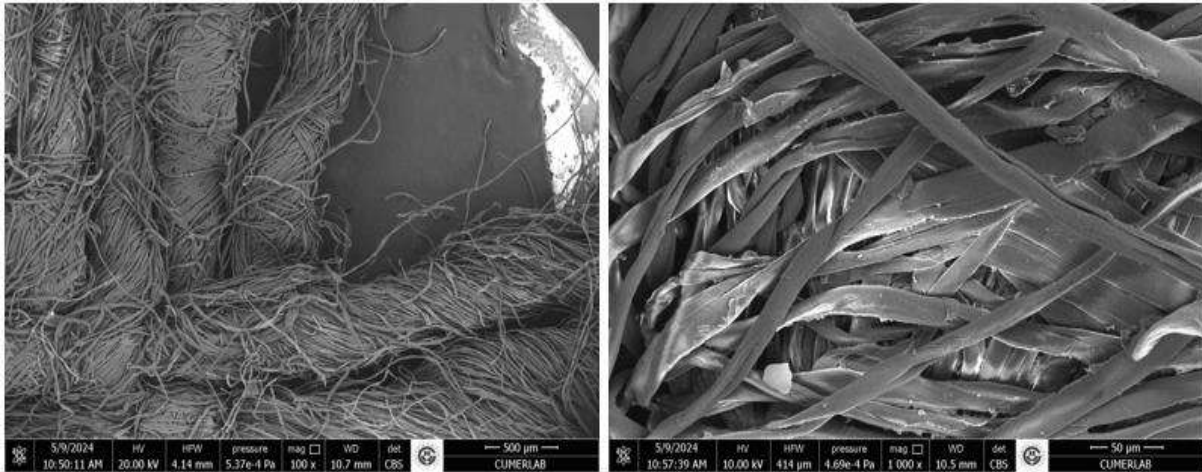
<b>Kumaş Türü</b>	<b>Kumaş 1 (%30 Muz Lifi karışımli denim kumaş)</b>	<b>Kumaş 2 (%100 Pamuklu denim kumaş)</b>
Kumaş Gramajı (g/m <sup>2</sup> )	398	398
Atkı Sıklığı (tel/cm)	17	17
Çözüğü Sıklığı (tel/cm)	23	23
Atkı İplik Numarası (Ne)	7/1	7/1
Atkı Ham maddesi	% 30 Muz + % 70 Pamuk	% 100 Pamuk
Çözüğü İplik Numarası (Ne)	7/1	7/1

## 2.2.Yöntem

Denim kumaşların konstrüksiyon bilgileri Çizelge 1.'de verilmiştir. Kumaşlar OMNI plus Summum hava jetli dokuma makinesinde 3/1 Z dimi örgüsü ile dokunmuştur. Elde edilen kumaşlara, kopma mukavemeti (ISO 13934-2), yırtılma mukavemeti (ISO 13937-1), aşınma direnci (ISO 12947-2), hava geçirgenliği ve boncuklanma (ISO 12945-2) testleri yapılmıştır. Tüm testler, 3 tekrarlı olarak 60 dk sürede 60°C sıcaklıkta yıkama sonrası yapılmıştır. Ayrıca kumaşlara Çukurova Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) analizleri yapılmıştır.

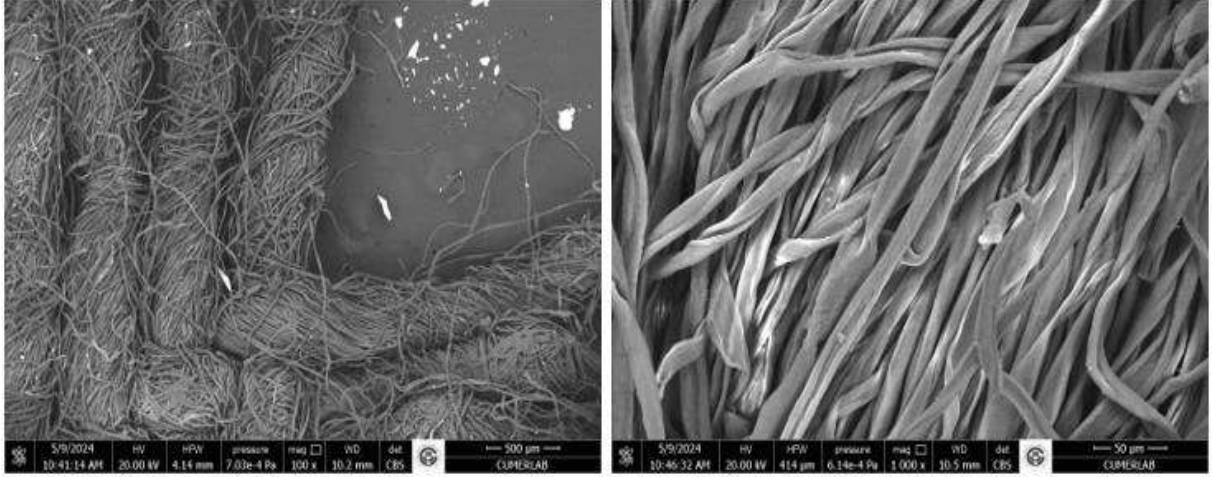
## 3. BULGULAR

Atkı ipliği %30 muz lifi karışımli ve atkı ipliği %100 pamuk lifi içeren denim kumaşların SEM analiz görüntüleri sırasıyla Şekil 1 ve Şekil 2'de verilmiştir.



**Şekil 1.** %30 muz lifi karışımli denim kumaş numunesi SEM analiz görüntüleri

Muz lifi karışımli denim kumaş görüntülerine bakıldığında (Şekil 1) atkı ipliğinin (yatay eksen) düzensiz dağılık yapıya sahip olduğu, muz lifinin boyuna görüntüsünün pamuğa benzediği görülmektedir.



**Şekil 2.** %100 Pamuklu denim kumaş numunesi SEM analiz görüntüleri

%100 pamuklu denim kumaşın atkı ve çözgü ipliği, SEM görüntülerinde (Şekil 2) daha düzenli bir lif yapısı olduğunu göstermektedir.

Muz lifi karışımı ve %100 pamuklu denim kumaşlara yapılan testlerin sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir. Çizelge 2’de aşınma direnci ve boncuklanma tayininde her iki kumaşın da denim standartlarını karşıladığı görülmektedir. Kopma ve yırtılma mukavemeti testlerinde muz lifi karışımı denim kumaşların %100 pamuklu denim kumaşa göre daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir. Mukavemet sonuçlarının denim üretiminde uygulamada kullanılan standart denim kumaş performansını sağladığı söylenebilir.

**Çizelge 2.** Muz ve Pamuk Harmanlı İçerikli Kumaşların Fiziki Test Sonuçları

Kumaş Türü	Kopma Mukavemeti (Kg)		Yırtılma Mukavemeti (g)		Aşınma Direnci (dv/dk)	Hava geçirgenliği (mm/s)	Boncuklanma
	Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü			
<b>%30 Muz Lifi karışımı denim kumaş</b>	53	85	4958	4820	20000	146,49	4
<b>%100 Pamuklu denim kumaş</b>	48	76	3077	4372	20000	136,88	4

Numune kumaşlara kuruma davranışı tayini de yapılmıştır. Her iki kumaş için de 3 alt numune ile çalışılmış ve ortalama sonuçları Çizelge 3’te verilmiştir. Her iki tip için de başlangıçta ağırlık kaybı hızlı olup daha sonra kuruma yavaşlamıştır. Muz lifi içeren kumaşta daha hızlı kuruma görülmüş olup bu durum nem transfer özelliğinin pamuğa göre daha iyi olduğu ile yorumlanabilir. Hava geçirgenliği test sonuçlarında da muz lifi karışımı kumaşın hava geçirgenliğinin daha yüksek bulunması da bu durumu desteklemektedir.



**Çizelge 3.** Denim kumaşlarda kuruma (% ağırlık kaybı)

	<b>%30 muz lifi karışımı denim kumaş</b>	<b>%100 pamuk lifi denim kumaş</b>
<b>Kuru Ağırlık (g)</b>	2.034	2.343
<b>Yaş Ağırlık (g)</b>	4.716	4.562
<b>20 dk sonra ağırlık kaybı (g)</b>	3.212	3.326
<b>40 dk sonra ağırlık kaybı (g)</b>	3.082	3.179
<b>60 dk sonra ağırlık kaybı (g)</b>	2.966	3.052
<b>Ağırlık kaybı (%)</b>	37.10	33.10

#### 4. SONUÇ

%100 pamuklu denim kumaş ile muz lifi karışımı pamuklu denim kumaşların performans özellikleri klasik denim kumaş kalitesi için, standartları karşılayan değerlerde tespit edilmiştir. Özellikle son zamanlarda fonksiyonel denim ürünleri dikkate aldığımızda, nefes alabilirlik, yüksek konfor gibi özellikler tercih sebebi olmaktadır. Kuruma davranışı tayini sonucunda muz lifi karışımı denim kumaş %37.10 ile %100 pamuk kumaşa göre %4 oranında daha yüksek kuruma performansı sergilemiştir. Giysi kullanım performansı açısından daha iyi hava geçirgenliği ve daha iyi kuruma özelliği ile muz lifi katkılı denim kumaş kullanımı, pamuğa alternatif olarak özellikle denimde karışım olarak kullanımda geliştirilebilir. Sürdürülebilir, çevre dostu ve biyolojik olarak parçalanabilir muz lifinin, özellikle Akdeniz Bölgesi sektöründe üreticileri ve araştırmacıları, atıkların geri kazanımı ve böylece yeniden ham madde olarak kullanımının sağlanması alanında yeni çalışmalara yöneltebilecektir.

#### 5. KAYNAKLAR

*Anonymous, 2024, Realtex Denim Booklet, Adana, Türkiye*

*Doba Kadem, F., Özdemir, Ş., 2020, Tüketici Sonrası Geri Dönüştürülen Denim Kumaşların Seçilmiş Konfor Özellikleri Üzerine Bir Çalışma, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 35(2), ss. 379-388.*

*Kertmen, N., (2021), New Trends in Fibers Used in Denim Fabric Production, Tekstil ve Mühendis, 28: 121, 48-59.*

*Zaimoğlu, Ö., Teker, M.S., Erkekli, A. (2017). Muz Lifinin Doğal Boyalar ile Boyanması ve Sürtünme Haslık Değerleri. Kalemisi, 5 (10), s.85-90*

# SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK YAKLAŞIMI İLE GELİŞTİRİLEN, KARBON AYAK İZİ AZALTILMIŞ EV TEKSTİLİ ÜRÜNLERİNİN ÜRÜN GELİŞTİRME VE ÜRETİM SÜREÇLERİNİN KAPSAMLI İNCELENMESİ

Gökçe SAKMAR<sup>1</sup>, Duygu KÜÇER<sup>1</sup>, Gizem ÖZBEK ÇAM<sup>1</sup>, Murat YILDIRIM<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> Zorluteks Tekstil Ticaret ve Sanayi A.Ş., AR-GE Merkezi, Lüleburgaz, Kırklareli

## ÖZET

Bu çalışma, Zorluteks'in Taç markasının "Reborn" koleksiyonu altındaki pamuk ipliklerinden üretilen nevresim setlerini, sürdürülebilir ürün tasarımı ve teknoloji entegrasyonu açısından incelemektedir. Koleksiyon, çevresel etkileri azaltmayı ve sürdürülebilirlik ilkelerini hayata geçirmeyi hedeflerken yenilikçi üretim teknolojilerini ve doğaya duyarlı tasarım süreçlerini benimsemektedir. Reborn koleksiyonu, geleneksel üretim yöntemlerine kıyasla belirgin bir şekilde daha düşük bir karbon ayak izi bırakmaktadır. Özellikle, konvansiyonel yollarla üretilen reaktif baskılı ürünlere kıyasla karbon ayak izinin %50 oranında azaltılması, koleksiyonun sürdürülebilirlik ve karbon azaltımı hedeflerine önemli bir katkı sağlamaktadır. Gate-to-gate yaklaşımı ile üretim aşamasında kaynak tüketimi ve karbon ayak izi minimize edilmiştir. Bu ürün gamının üretim hacmindeki ağırlığı artırılarak fabrikanın toplam karbon ayak izinin düşürülmesi hedeflenmiştir. ISO 14067 Ürün Karbon Ayak İzi Hesaplama standardıyla belgelenen veriler, koleksiyonun çevresel etkileri azaltma konusundaki iddiasını desteklemekte ve bu azaltımın somut bir kanıtını sunmaktadır. Bu çalışma, koleksiyonun yenilikçi yaklaşımını detaylı bir şekilde ele almakta ve akademik literatüre önemli bir katkı sağlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Sürdürülebilir Ürün Tasarımı, Çevresel Sürdürülebilirlik, Karbon Ayak İzi, ISO 14067, Yenilikçi Üretim Teknolojileri

## COMPREHENSIVE EXAMINATION OF THE PRODUCT DEVELOPMENT AND PRODUCTION PROCESSES OF HOME TEXTILE PRODUCTS WITH REDUCED CARBON FOOTPRINT DEVELOPED THROUGH A SUSTAINABILITY APPROACH

### ABSTRACT

This study examines the duvet cover sets produced from cotton yarns under the "Reborn" collection of Zorluteks' Taç brand, in terms of sustainable product design and technology integration. While aiming to reduce environmental impacts and implement sustainability principles, the collection adopts innovative production technologies and nature-friendly design processes. The Reborn collection leaves a significantly lower carbon footprint compared to traditional production methods. In particular, reducing the carbon footprint by 50% compared to reactive printed products produced by conventional means makes a significant contribution to the sustainability and carbon reduction targets of the collection. With the gate-to-gate approach, resource consumption and carbon footprint are minimized during the production phase. It is aimed to reduce the total carbon footprint of the factory by increasing the weight of this product range in production volume. Data documented by the ISO 14067 Product Carbon Footprint Calculation standard supports the collection's claim to reduce environmental impacts and provides concrete evidence of this reduction. This study discusses the innovative approach of the collection in detail and makes a significant contribution to the academic literature.

**Keywords:** Sustainable Product Design, Environmental Sustainability, Carbon Footprint, ISO 14067, Innovative Production Technologies

## 1.GİRİŞ

Pamuk, yumuşak ve ince lifleri olan bir bitkidir ve Malvaceae ailesinin *Gossypium* cinsine ait bitkilerin tohumlarının etrafındaki koruyucu bir kapsül içinde büyür. Pamuk (*cotton* ing.) ismi, etimolojik olarak Arapça kökenli bir kelime olan "quotr" kelimesinden türemiştir. Pamuk tarımı, özellikle gelişmekte olan ülkelerde ekonominin ana katkı sağlayıcılarından olduğu için bazı ülkelere "beyaz altın" olarak da adlandırılmaktadır. Dünya çapında, pamuğun yıllık ekonomik etkisi minimum 600 milyar doları bulmaktadır ve pamuk, dünya çapında en yaygın kullanılan lif olup, her yıl yaklaşık 25 milyon ton üretilmektedir. Pamuk bitkisinin ideal yetiştirme şartlarının sağlanması için yüksek miktarda güneş ışığı ve 60-120 cm yağış gereklidir. Genetik mühendisliği çalışmaları sonucunda, *Bacillus thuringiensis* (Bt) pamuk gibi farklı çeşitlerin geliştirilmesi pamuk üretiminde dramatik artışa yol açmıştır. Dünya genelinde 100'den fazla ülke pamuk üretmektedir ve 2014 yılında dünya çapında pamuk üretimi için ekim yapılan alan 33 milyon hektardır. Önde gelen pamuk üreticisi ülkeler arasında Hindistan, Çin, Amerika Birleşik Devletleri, Pakistan, Brezilya ve Avustralya yer aldığı gibi, en büyük pamuk ithalatçıları arasında ise Çin, Bangladeş, Vietnam ve Türkiye bulunmaktadır. Pamuk üretimi, 2018 yılında küresel çapta yaklaşık %14 artış göstermiştir ve bu artışın devam etmesi öngörülmektedir (Khan vd., 2020).

Sanayileşme ve kentleşmenin gelişmesi ile suya olan talep de artmıştır. FICCI (Federation of Indian Chambers of Commerce and Industry) Su Misiyonu tarafından yapılan bir araştırmaya göre, endüstriyel kullanım için su talebinin 2025 ve 2050 yıllarında toplam tatlı su çekimi için sırasıyla %8,5 ve %10,1 oranlarında artacağı öngörülmektedir. Günümüzde, en çok su tüketen sektörlerin başında gelen tekstil sektörü için örneğin Hint tekstil endüstrisi işlenmiş tekstiller için ton başına 200-300 m<sup>3</sup> su tüketirken, bunun yanında büyük miktarlarda da atık su üretmektedir. Bu noktada tekstil endüstrisinden deşarj edilen atık su, organik ve inorganik kimyasallardan (boyalar, asitler, alkali maddeler, yağlayıcılar, yüzey aktif maddeler, yardımcıları, oligomerler vb.) ciddi miktarlarda içermektedir (Harane ve Adivarekar, 2016). Bu durumda, konvansiyonel üretim sistemlerinin ekolojik tahribata yol açtığı ve tekstil üretiminin artışı ile bu zararın katlanarak artacağını korelasyonu rahatlıkla kurulabilir.

Tekstil endüstrisi yüksek su tüketen endüstrilerden biri olarak tanımlanmaktadır (Bhuiyan vd., 2016). Bununla birlikte su kıtlığı, toplum üzerindeki etkisi incelendiği takdirde dünya üzerinde canlıların yaşantısını tehdit eden bir numaralı riskidir (Global Risks Report, 2016). Tekstil üretim süreçlerinde oluşan yüksek su tüketimi, bilim camiası için büyük bir endişe kaynağıdır. Su biyomunun biyotik bileşenlerinin önemli bir kısmı, tatlı su kıtlığı gerçeğiyle karşı karşıyadır. Hidrosfer, litosfer ve atmosfer gibi çevrenin tüm temel abiyotik bileşenleri üzerinde hem somut hem de soyut etkileri olan zararlı kimyasallar içeren tekstil atık sularının deşarj edilmesiyle durum daha da kötüleşmektedir (Grady vd., 2011). Bu nedenle boyaların, kimyasalların ve diğer reaktiflerin uygulanmasının çevresel kriterleri karşıladığından emin olmak bu noktada elzem hale gelmiştir. Ayrıca, yaş işlemlerin atık su veya atık suyun etkili bir şekilde boşaltılmasını ve arıtılmasını kolaylaştırması zorunludur, böylece herhangi bir canlı organizma üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olmayacak şekilde arıtılıp tahliye edilebilir (Amutha, 2016). Yaş işlem ünitesinde ön terbiyeden terbiye aşamasına kadar tüm proseslerde boyalar, pigmentler, kıvam artırıcılar, formaldehitler, asitler, alkaliler, oksitleyici, indirgeyici maddeler gibi çeşitli kimyasallar kullanılmaktadır. Bu kimyasallar hem sağlığa zararlıdır hem de Çizelge 1'de gösterildiği gibi suyu ciddi şekilde kirletmektedir ve canlılığı tehdit etmektedir.

**Çizelge 1.** Farklı tekstil proseslerinde oluşan atık sular (Patel ve Vashi, 2015)

Processes	Reagents/Chemicals Used	Effluents Generated
Sizing	Starch, waxes, carboxymethyl, cellulose (CMC), polyvinyl alcohol (PVA), wetting agents	High in biological oxygen demand (BOD), Chemical oxygen demand (COD)
Desizing	Starch, CMC, PVA, fats, waxes, Pectin	High in BOD, COD, suspended solid (SS), Dissolved Solid (DS)
Bleaching	Sodium hypochlorite, Cl <sub>2</sub> , NaOH, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , acids, surfactant, NaSiO <sub>3</sub> , sodium phosphate, cotton fiber	High alkalinity, high SS
Mercerizing	Sodium hydroxide, cotton wax	High pH, low BOD, high DS
Dyeing	Dyestuffs urea, reducing agents, oxidizing agents, acetic acid, detergents, wetting agents	Strong colored, high BOD, high DS, low SS, low heavy metals, high salinity, electric conductivity

Hidrosülfidler nedeniyle sudaki çözülmüş oksijenin tükenmesi ve renklerin yoğun konsantrasyonu nedeniyle güneş ışığının geçişinin engellenmesi su canlılarını tehlikeye atmaktadır. Boyama ve baskı sırasında elektrolit olarak kullanılan tuz nedeniyle toprak verimsiz hale gelmektedir. Tekstil endüstrisinde, çoğunlukla biyolojik olarak parçalanamayan düşük maliyetli sentetik boyalar kullanılmaktadır ve klor içeren boyalar sağlığa zararlı kanserojen ve mutajen maddeler taşımaktadır. Kimyasal buharlaşma nedeniyle bu kanserojenler, ağır metaller ve diğer kimyasallar havaya karışarak solunum yolu ile alınır ve bu da uzun vadede vücut organlarında fizyolojik ve biyokimyasal rahatsızlıklara ve hastalıklara neden olur (S. Khan ve Malik, 2013).

Pamuk, global tüketim gözetildiğinde tekstil elyaflarının yaklaşık dörtte birini oluşturduğu için üretim sürecinde su kullanımı ve toksisitenin yanı sıra, ötrofikasyon ve sera gazı emisyonları gibi çeşitli çevresel negatif etkilere yol açmaktadır. Bu negatif etkiler, pamuk yetiştirme, tekstil üretimi ve ürün kullanımı aşamalarında farklı şekillerde ortaya çıkar. Aşamalar incelendiği takdirde, yetiştirme aşamasında sulama, pestisit ve gübre kullanımı önemli rol oynar. Tekstil üretimi aşamasında enerji altyapısı ve üretim teknolojileri belirleyicidir. Kullanım aşamasında ise tüketicilerin satın alma, yıkama, kurutma ve ütöleme alışkanlıkları çevresel etkileri belirler. Etkilerin boyutu, etki kategorisine ve ülkeye göre değişir. Örneğin, karbon yoğun enerji şebekelerine sahip ülkelerde kullanım aşamasında sera gazı emisyonları daha yüksek olabilir. Pamuklu tekstillerin çevresel sürdürülebilirliğini artırmak için tarımda su kullanım verimliliğinin artırılması ve kullanım miktarının minimize edilmesi, yenilikçi geri dönüşüm yöntemlerinin benimsenmesi ve daha az sıklıkta çamaşır yıkama gibi uygulamalar önerilmektedir. Gelişmekte olan ve gelişmiş ülkeler, pamuklu ürün kullanım sayısı, tuzlanma (salinization), vs. gibi çevresel etkiler ile sosyo-ekonomik etkiler konusunda verileri ve zararları anlamlandırabilmek için sürdürülebilirlik değerlendirmelerine ihtiyaç duyarlar (Zhang vd., 2023).

LCA ("Life Cycle Assessment", Yaşam Döngüsü Analizi), bir ürünün, sürecin veya hizmetin çevresel etkilerini "cradle-to-grave (beşikten mezara)" tüm yaşam döngüsü boyunca değerlendiren bir araçtır (Dahllöf, L., 2003). Bu sistemde çeşitli tanımlar bulunmaktadır. LCA süreçlerinde tanımlanan ve yaygın olarak kullanılan yaklaşımlar şunlardır:

- Gate to gate (kapıdan kapıya): Bu yaklaşım, hammaddelerin fabrikaya girişinden üretim sürecinin tamamlanmasına kadar olan aşamaları inceler. Üretim sürecindeki her adımın detaylı analizini içerir.
- Cradle to gate (beşikten kapıya): Bu yaklaşım, ürünün hammaddelerinin elde edilmesinden başlayarak üretim, modifikasyon ve taşımaya kadar olan tüm süreçleri kapsar. Ürünün fabrikadan çıkışına kadar olan aşamalar değerlendirilir.
- Cradle to grave (beşikten mezara): Ürünün yaşam döngüsünün tamamını kapsayan bu yaklaşım, hammaddelerin elde edilmesinden üretim, kullanım ve nihai olarak bertaraf edilmesine kadar olan tüm süreçleri içerir. Tüm ürünler için kapsamlı bir değerlendirme sağlar.

- Gate to grave (kapıdan mezara): Ürünün üretimden çıktıktan sonraki yaşam döngüsünü ve kullanım ömrü sonunda nasıl bertaraf edileceğini inceler. Özellikle ürünün pazar performansını ve kullanım ömrünü anlamak için kullanılır.

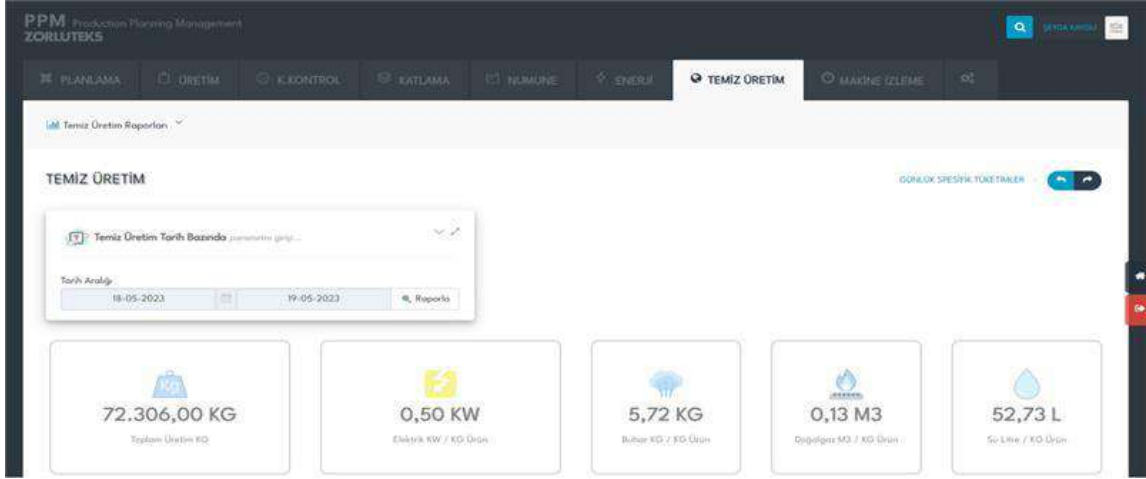
- Cradle to cradle (beşikten beşiğe): Bu en kapsamlı yaklaşım, ürünün hammaddelerinin elde edilmesinden başlayarak üretim, kullanım ve kullanım ömrü sonunda geri dönüşüm veya yeniden kullanım gibi tüm süreçleri kapsar. Bu yaklaşım, atıkların yeniden kullanımı ve geri dönüşümü üzerine odaklanarak sürdürülebilirliği teşvik eder (Preethi vd., 2020).

Tekstilde LCA iş sağlığı, kimyasal ve su kullanımı, çevresel etkiler, tarım ve değer zinciri gibi çeşitli konulara odaklanır. Bir ürünün yaşam döngüsünde sebep olduğu çevresel etkileri azaltmak için en etkili önlemleri belirleme ve üretim için en doğru yolu oluşturmada LCA sistemi kullanmak süreçleri ve zararları rasyonalize etmek için önemlidir. Bu sayede LCA, tekstil sektöründe çevresel etkileri azaltmada önemli bir rol oynama kapasitesine sahiptir (Dahllöf, L., 2003)..

Karbon emisyonlarının azaltılmasına yönelik uğraşların merkezine aldığı en önemli konulardan biri, sera gazı (GHG- Greenhouse Gases) sonuçlarının değerlendirilmesi ve aktarılması için uygulanabilir ve anlamlı bir kıstas ihtiyacıdır. ISO 14067 standardı, Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO) tarafından Mayıs 2013'te yayımlanmış olup, bu konuda önemli bir rehber sunmaktadır. ISO 14067, yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) yaklaşımında özel gereklilikler sağlayarak, sistem sınırlarının çizilmesi, kullanım ve son değerlendirmenin simüle edilmesi açılarından sera gazı değerlendirmesine açıklık getirmektedir. Bu standart, ürünlerin karbon ayak izini (CFP – Carbon foot print) ölçerken yaşam evrelerini dikkate almakta ve daha da önemlisi, ISO 14067, CFP'lerin CFP dış iletişim raporu, CFP performans izleme raporu, CFP beyanı ve CFP etiketi biçiminde iletilmesi için adım adım bir kılavuz ve standartlaştırılmış bir şablon sunmaktadır. Bu nedenle ISO 14067, sera gazı ölçümüne ve CFP'lerin şeffaf iletişimine ve karşılaştırılmasına değerli bir katkı sağlar. Ayrıca, ISO 14067'nin, sistem sınırı ve kullanım ömrü sonu aşamalarının simüle edilebilmesi için beşikten mezara yaklaşımının kullanılması gerektiğinden, simülasyon teknolojilerinin geliştirilmesini ve uygulanmasını teşvik edebileceği öngörülmektedir. Bu şekilde, daha verimli ve doğru sera gazı değerlendirmeleri yapılabilmesine olanak tanır ve çalışmanın sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasına yardımcı olur (Wu vd., 2015).

## **2.MATERYAL VE METOT**

Zorluteks işletmesinde gerçekleştirilen TÜBİTAK TEYDEB destekli ‘‘Temiz Üretim’’ projesi sonucunda, makinelerin tüketim miktarlarını ve hedef değerleri izlemeye imkan veren ‘‘Temiz Üretim Ekranları’’ (Şekil 1) oluşturulmuştur. Bu ekranlar sayesinde her makinenin ve totalde tüm fabrikanın tüketim verileri (su, buhar, doğalgaz, elektrik olacak şekilde) online olarak izlenebilir hale getirilmiştir. Ardından tüketim bilgileri ile üretim, duruş, kalite parametreleri kullanılarak Temiz Üretim Ekranları geliştirilmiş; makine ve fabrika bazında verimliliğin takibine yönelik ‘‘Verimlilik Takip Ekranları’’ tasarlanmıştır (Şekil 2). Bu ekranlar sayesinde makinelerin güncel durumları (aktif çalışıyor, duruş, bakım, arıza, sipariş yok, vb.), ilgili operatörü ve üretilen ürün ile alakalı detaylar ile tüketim verilerinin gerçek zamanlı olacak şekilde gözlemlenebilmesi sağlanmıştır.



Şekil 1. Temiz üretim ekranları

Sürdürülebilirlik çabalarını ölçülebilir hale getirmenin, sürdürülebilirliği günlük operasyonlarına entegre etmenin ve sürdürülebilirlik girişimlerini rekabet avantajına dönüştürmenin metodolojik bir yolunu bulmak oldukça zordur. Ürün sürdürülebilirliğini ölçmenin önde gelen yöntemi olarak küresel olarak tanınan yaşam döngüsü analizi (LCA), beşikten mezara kadar geniş bir çevresel tema yelpazesini nicelendirebilir ve etkilerin derinlemesine anlaşılmasını sağlayabilir. Zorluteks bu çalışma kapsamında, bir üretici olarak "gate-to-gate" metodu ile LCA çalışmaları sürdürmüştür. Yaşam döngüsü analizi çalışmalarını profesyonel olarak sürdürülebilmek adına, SimaPro programı ile çalışılmış ve analizler gerçekleştirilmiştir. SimaPro, ürün ve hizmetlerin sürdürülebilirlik performans verilerini toplar, analiz eder ve izler. Ayrıca bu yazılım, karbon ve su ayak izi belirleme, ürün tasarımı, çevresel ürün beyanları oluşturma ve temel performans göstergelerini belirleme gibi çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu program sayesinde LCA ("Life Cycle Assessment". Yaşam Döngüsü Analizi) çalışmaları başarı ile gerçekleştirilmiş olup probleme yol açan durumlar anlamlandırılmıştır, ayrıca çevreye verdiği olası zararlar tespit edilmiştir.



Şekil 2. Temiz Üretim Ekranları

Çalışma kapsamında öncelikle Temiz Üretim ve Verimlilik Takip Ekranlarından gerçek zamanlı toplanan tüm veriler, SimaPro programı vasıtasıyla değerlendirilmiş ve bu veriler doğrultusunda proses bazlı Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA) analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerin sonucunda işletmenin sahip olduğu tüm proseslerin çevresel etkileri ortaya koyulmuş ve çevresel etkiyi azaltabilmek için en optimum üretim rotası belirlenmiştir. Bu süreç, işletmenin sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşması için kritik bir adım oluşturmuştur, çünkü tüm verilerin etkin bir şekilde kullanılması ve en uygun üretim yönteminin belirlenmesini sağlamanın yanında, hem çevresel etkilerin azaltılmasını hem de işletme verimliliğinin artırılmasını sağlamaktadır.

Optimum proses rotasının belirlenmesinin ardından; bu rota sonucunda müşteri zevkine hitap edecek ürünlerin üretilmesi adımına geçilmiştir. Ürünlerin müşteri beklentilerine uygun olarak üretilebilmesi finansal sürdürülebilirliğin sağlanması noktasında oldukça önemli bir adımdır. Bu süreçte, tasarımcıların öncelikle sürdürülebilir tasarım eğitimleri alması ve bu eğitimlerle kendilerini geliştirmeleri sağlanmıştır. Ekodizayn direktifinde yer alan kriterler gözetilerek alınan eğitimler sonucunda tasarımcılara henüz tasarım aşamasında ürünlerin çevresel etkisini tahminleme yetisi kazandırılmıştır. Böylece tasarımcıların hem sürdürülebilirlik ilkelerini hem de müşteri beğenisini gözeterek amaca özel ürünler tasarlaması sağlanmıştır.

Tasarım çalışmalarının tamamlanmasının ardından; belirlenmiş optimum üretim rotası uygulanarak çevresel etkisi azaltılmış koleksiyonun üretimleri gerçekleştirilmiş, üretim aşamasında gerçekleşen fiili enerji, su ve kimyasal tüketimleri takip edilmiştir.

#### **4.ARAŞTIRMA BULGULARI**

Çalışma kapsamında çevresel etkisi azaltılmış ürün ve işletmenin sürekli olarak ürettiği referans ürünün çevresel etki karşılaştırılması gerçekleştirilmiştir. Referans ürün olarak, konvansiyonel olarak ön işlem görmüş ve reaktif baskı ile desenlendirilmiş bir ürün tercih edilmiştir.

Çevresel etkisi azaltılmış koleksiyonda yer alan her tasarımın çevresel etkilerini dikkate alarak, tasarımcılar ürünlerin üretim süreçlerinde nasıl bir tüketim yaptığını ve doğaya nasıl geri döneceğinin farkında olarak tasarımlar gerçekleştirmiştir.

Temiz Üretim ve Verimlilik Takip Ekranlarından alınan veriler ile Simapro programı kullanılarak yapılan “gate to gate” analizler neticesinde çevresel etkisi azaltılmış koleksiyonun üretim aşamasında %50 oranında daha az karbon ayak izine sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Bu sonuçlar, sürdürülebilirlik açısından önemli bir dönüm noktasını işaret etmektedir. Geleneksel olarak tercih edilen ve tüm tekstil endüstrisi tarafından standart olarak uygulanan merserizasyon ve ağartma gibi işlemler ile reaktif baskının enerji ve su tüketimini artırması nedeniyle yüksek çevresel etkiye sahip ürünler oluşturması; tasarımdan itibaren sürdürülebilirlik kriterleri gözetildiğinde ise bu etkinin %50’ye varan oldukça yüksek bir oranda azaltılabiliyor olması bu çalışmanın en önemli çıktılarından bir tanesidir. Bu sayede ürünlerin üretim aşamasında sebep olduğu karbon ve su ayak izi azaltılabilir, doğal kaynakların çok daha etkin bir şekilde kullanılması sağlanabilir.

Zorluteks’in kendi bünyesinde LCA çalışmalarına ek olarak; ISO 14067 standardına uygun olarak hem referans ürünün hem çevresel etkisi azaltılmış ürünün karbon ayak izi hesaplanmış ve üçüncü taraf doğrulama kuruluşuna doğrulatilmiştir. Doğrulama neticesinde çevresel etkisi azaltılmış olan koleksiyonun üretim aşamasında %61 oranında daha az karbon ayak izine sebep olduğu sonucuna ulaşılmış ve sonuçlar belgelendirilmiştir.

Bu başarı, sürdürülebilirlik odaklı bir üretim sürecinin benimsenmesi ve uygulanmasıyla elde edilmiştir. Bu süreçte, üretim aşamasında kaynak tüketiminin en aza indirgenmesi ve yenilenebilir kaynakların kullanımının teşvik edilmesi gibi çeşitli stratejiler izlenmiştir. Gate-to-gate yaklaşımının

benimsenmesi, üretim sürecindeki her adımın detaylı bir şekilde incelenmesini ve kaynak tüketiminin her aşamada minimize edilmesini sağlamıştır. Bu yaklaşım, sadece karbon azaltımı değil, aynı zamanda kaynak yönetimi, enerji verimliliği ve atık yönetimi gibi diğer sürdürülebilirlik hedeflerine de hizmet etmektedir.

Ayrıca çevresel etkisi azaltılmış ürünlerin toplam üretim hacmindeki ağırlığının artırılmasıyla, öncelikle fabrikaların, sonrasında ise tüm tekstil sektörünün toplam karbon ayak izinin düşürülmesi mümkündür. Elde edilen sonuçların sektörde sürdürülebilirlik bilincinin artırılmasına ve daha yeşil üretim pratiklerinin yaygınlaşmasına katkı sağlayabilir nitelikte olduğu düşünülmektedir.

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışma, sürdürülebilirlik ve karbon azaltımı konularında başarılı stratejilerin benimsenmesinin ve uygulanmasının, endüstriyel ölçekte önemli çevresel iyileştirmeler sağlayabileceğini göstermektedir. Çevresel etkisi azaltılmış ürün koleksiyonu; sürdürülebilirlik ve estetiği başarıyla bir araya getiren bir çalışma olarak sektörde öncü bir rol oynamaktadır. Süreçte yer alan tasarımcılar ve mühendisler her bir tasarımın çevresel etkilerini en aza indirmeyi başarmış ve çevre dostu, zarif ürünler ortaya çıkarmıştır. Bu başarılar, gelecekteki benzer projeler için de yol gösterici olabilir ve endüstriyel faaliyetlerin çevresel etkilerini minimize etmek için ilham verici bir örnek teşkil edebilir.

## 6.KAYNAKLAR

Amutha, K. (2016). *Sustainable practices in Textile Industry: Standards and certificates*. In *Textile science and clothing technology* (pp. 79–107). [https://doi.org/10.1007/978-981-10-2639-3\\_5](https://doi.org/10.1007/978-981-10-2639-3_5)

Bhuiyan, M., Rahman, M., Shaid, A., Bashar, M. ve Khan, M. A. (2016). *Scope of reusing and recycling the textile wastewater after treatment with gamma radiation*. *Journal of Cleaner Production*, 112, 3063–3071. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.10.029>

*Global Risks Report 2016*. Available online: [http://www3.weforum.org/docs/GRR17\\_Report\\_web.pdf](http://www3.weforum.org/docs/GRR17_Report_web.pdf) (accessed on 22 April 2019).

Grady, C. P. L., Jr, Daigger, G. T., Love, N. G. ve Filipe, C. D. M. (2011). *Biological wastewater treatment*. In *CRC Press eBooks*. <https://doi.org/10.1201/b13775>

Harane, R. S. ve Adivarekar, R. V. (2016). *Sustainable processes for pre-treatment of cotton fabric*. *Textiles and Clothing Sustainability*, 2(1). <https://doi.org/10.1186/s40689-016-0012-7>

Khan, M. A., Wahid, A., Ahmad, M., Tahir, M. T., Ahmed, M., Ahmad, S. ve Hasanuzzaman, M. (2020). *World Cotton Production and Consumption: An Overview*. In *Springer eBooks* (pp. 1–7). [https://doi.org/10.1007/978-981-15-1472-2\\_1](https://doi.org/10.1007/978-981-15-1472-2_1)

Khan, S. ve Malik, A. (2013). *Environmental and health effects of textile industry wastewater*. In *Springer eBooks* (pp. 55–71). [https://doi.org/10.1007/978-94-007-7890-0\\_4](https://doi.org/10.1007/978-94-007-7890-0_4)

Patel, H. ve Vashi, R. T. (2015). *Characterization and treatment of textile wastewater*. Elsevier.

Preethi, N., Kavitha, S., Banu, J. R., Arulazhagan, P. ve Gunasekaran, M. (2020). *Environmental impacts and sustainability assessment of food loss and waste valorization: value chain analysis of food consumption*. In *Elsevier eBooks* (pp. 359–388). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818353-3.00017-1>



Wu, P., Xia, B. ve Wang, X. (2015). *The contribution of ISO 14067 to the evolution of global greenhouse gas standards—A review*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 142–150. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.02.055>

Zhang, Z., Huang, J., Yao, Y., Peters, G., Macdonald, B., La Rosa, A. D., Wang, Z. ve Scherer, L. (2023). *Environmental impacts of cotton and opportunities for improvement*. *Nature Reviews. Earth and Environment*, 4(10), 703–715. <https://doi.org/10.1038/s43017-023-00476-z>

# **% 100 PAMUKLU KUMAŞLARDA BİYOBAZLI KASAR PROSESİ İLE KONVANSİYONEL PROSESİ KARŞILAŞTIRILMASI**

**Selcen İremnur BALOĞLU**

*Almaxtex Tekstil Tic. San. A.Ş., Ar-Ge Merkezi, Bursa, Türkiye*

*Bursa Teknik Üniversitesi, Bursa, Türkiye*

## **ÖZET**

Kasar prosesi kumaş ağartma işlemi olarak yapılan bir prosestir. Bu proseste kumaş üzerindeki iplikten gelen kirlilikler, örümden kaynaklı yağlar kasar prosesi ile temizlenir. Ağartma işleminde kullanılan kimyasallar endüstriyel kullanıma uygun olup su ve çevre kirliliğine sebep olmakla birlikte insan sağlığına da zarar vermektedir. Sürdürülebilir ve çevre dostu kimyasallar tercih edilerek proses karşılaştırmaları yapılmıştır. Biyo-bazlı içeriğe sahip kimyasallar ve işletmede kullanılan endüstriyel kimyasallar ile birlikte yapılan ağartma prosesleri incelenmiştir. Karşılaştırma sonucunda proses farkı olmaksızın kumaşların beyazlık ve su emicilik değerlerine bakılmıştır. İşletmede kullanılan endüstriyel kimyasallar kadar başarılı bir biyo-bazlı içeriğe sahip kimyasallarla proses geliştirilmiştir. Test sonuçlarına bakıldığında biyo-bazlı kimyasallar ile yapılan prosesin istenilen bütün değerleri karşıladığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Sürdürülebilirlik, Kasar, Proses, Biyobazlı Kimyasallar

## **COMPARISON OF THE BIOBASED BLEACHING PROCESS AND THE CONVENTIONAL PROCESS FOR 100% COTTON FABRICS**

### **ABSTRACT**

The bleaching process is a process performed as a fabric pre-treatment process. In this process, impurities from the yarn on the fabric, oils from knitting are cleaned with the bleaching process. The chemicals used in the bleaching process are suitable for industrial use and cause water and environmental pollution and harm human health. Process comparisons were made by choosing sustainable and environmentally friendly chemicals. Bleaching processes with bio-based chemicals and industrial chemicals used in the conventional processes were examined. As a result of the comparison, whiteness and water absorbency values of the fabrics were examined without any process difference. The process was developed with chemicals with a bio-based content as successful as the industrial chemicals. When the test results were analyzed, it was seen that the process with bio-based chemicals met all the desired values.

**Key Words:** Sustainability, Bleaching, Process, Biobased Chemicals

### **1. GİRİŞ**

Tekstil dünya tarihinde eskiye dayanan bir geçmişe sahiptir. İlk insanlardan bu yana örtünme amacıyla başlayan bu sektör, insanlığın çoğalmas ve ihtiyaçların artması ile artık sektör haline gelmiştir. Sanayileşme ile birlikte endüstri haline gelen tekstil, artık insanlığın vazgeçilmezi olmuştur. Türkiye’de 3 bini aşkın süredir, Anadolu’da tekstil üretimi, önemli bir ticaret alanı olarak

bilinmektedir (UİB Genel Sekreterlikleri, 2020). 1930'lu yılların başında ülkenin ilk kurulan sanayi dalıdır. Ana hammaddesi olan pamuğun üretiminin artması ile sonraki yıllarda büyük bir gelişim göstermiştir (Uyanık ve Çelikel, 2019).

Tekstil sektörü örme, dokuma, boyama, terbiye ve baskı alanlarını içermektedir. Bu alanlardan en çok boyama ve terbiye dalları çevreye zarar vermektedir. Boyamada ve terbiyede kullanılan kimyasallar, su ve enerji harcamaları çevre kirliliğine büyük katkı sağlamaktadır. Bunların önüne geçebilmek için sürdürülebilirlik ilkelerini kullanmak gereklidir. Zaman, enerji ve su tasarrufu sağlayan prosesler geliştirilmelidir. Aynı zamanda proseslerde kullanılan kimyasalların sürdürülebilir, formaldehit içermeyen, ZDHC Level 3 gibi belgeleri olan ürünler olarak tercih edilmelidir.

Dünyadaki toplam su varlığı yaklaşık 1.4 milyar km<sup>3</sup> olup (Kara ve Gürel, 2013), sanayi için kullanımı ortalama %20 oranındadır (Çapar ve Yetiş, 2018). Su kaynaklarının giderek azalmasına bağlı olarak en çok etkilenecek imalat, üretim yapan sektörler olacağı düşünülmektedir. Bu sektörler arasında en çok su tüketiminde bulunan üç sektör; gıda, tekstil ve metalik olmayan ürünlerin üretimi olarak karşımıza çıkmaktadır (Çapar ve Yetiş, 2018). Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı (UNCTAD) ve Avrupa Parlamentosu raporlarına göre, dünya genelinde tekstil sektöründe yılda yaklaşık 79 milyar metreküp su kullanılıyor (Yüksel, 2023).

Tekstil sektöründe giderek artan su kirliliği, kimyasal kullanım miktarı gibi problemler nedeniyle daha sürdürülebilir ihtiyaçlar arayışına başlanmıştır. Tekstil sektöründe en fazla su ve kimyasal boyama, terbiye ve bitim işlemlerinde kullanılmaktadır. Bu bölümlerde özellikle boyama işlemlerinde kullanılan kimyasallar ile atık su içerisindeki zararlı kimyasalların oranları artmaktadır. Bu sebeple ekolojik dengenin sağlanabilmesi ve atıklardaki zararlı kimyasalların azalmasını sağlamak için sürdürülebilir ve çevre dostu kimyasalların kullanılması gerekmektedir. Günümüzde gittikçe artan kimyasal sarfiyatlarının önüne bu şekilde geçmek amaçlanmıştır.

Yaptığımız çalışmada çevre dostu kimyasallar boyama prosesinin öncesinde yer alan kasar işleminde kullanılmıştır. Kasar işlemi, ön terbiye adımı olarak boyama proseslerinde yer almaktadır. Ağartma adı ile de bilinen bu proses sonrasında kumaşların yeterince beyaz, hidrofil ve temiz olması beklenir. Kasar prosesinde yer alan kimyasalların biyobazlı veya sürdürülebilir kimyasallar ile değiştirilmesi su atık kimyasal oranlarını etkilemektedir. Atık suya karışan zararlı kimyasal oranlarının düşürülmesine neden olur. Bu şekilde proseste kimyasal kazancımız ve atık sudan kimyasal kazancı olmaktadır.

## **2. MATERYAL VE METOT**

### **2.1 Materyal**

Örümleri aynı makinede yapılan %100 pamuk 28/1 Ne iplik ile süprem kumaş kalitesinde çalışmalar yapıldı. Örülen kumaş beşe bölünerek iplik lot farkından doğabilecek problemlerin önüne geçilmesi amaçlandı. İplik lot farkları renkte sapmalara, kimyasal emiliminin yüzde oranlarında farklılıklara neden olabilmektedir. Bu sebeple aynı lotlara sahip iplikler ile örüm yapılmıştır.

Beş farklı kasar prosesi yapılması hedeflendi. Yapılan kasar proseslerinde konvansiyonel (standart) proseslerde kullanılan kimyasallar ile biyobazlı kasar kimyasalları kullanıldı. Biyobazlı kasar proseslerinde kullanılan kimyasalların tümü çevre dostu ve sürdürülebilirdir. Bu ürünler beş farklı firmadan tedarik edildi.

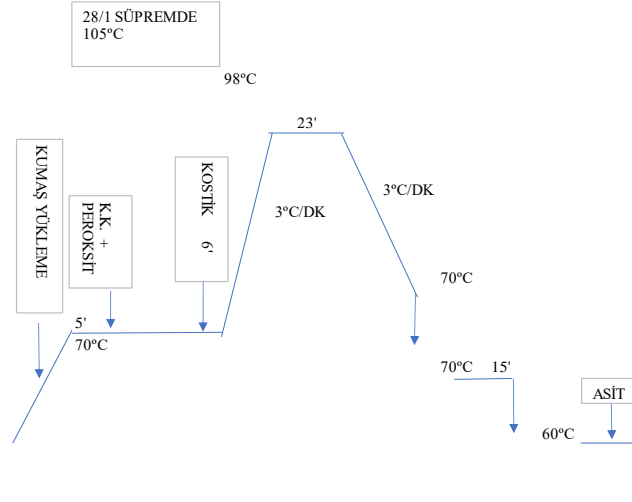
### **2.2 Metod**

Örülüp beşe bölünen kumaşlar peş peşe aynı makinede prosese tabi tutuldu. Makinedeki haspel, düze ve pompa hızı aynı olacak şekilde ayarlandı. Pompa hızı 70'e, düze ayarı 0'a ve haspel hızı 37'ye ayarlandı. Örülen kumaşlar 9'ar kg olacak şekilde tüp formunda işleme alındı.

Standart proses ve biyobazlı proses adımları Şekil 1.'de gösterilmiştir. İlk adımda kumaş 10 kg'lık makineye yüklendi. 1/7 flotite oranını bozmayacak şekilde bir miktar su alınıp, kuru kumaşın ıslanması

sağlandı. İlk su alımı ile birlikte makineye sırasıyla ilk adımda ıslatıcı, kırık önleyici, yağ sökücü, peroksit, iyon tutucu ve köpük kesici (kasar kimyasalları) verildi. İlk adımda verilen kimyasallar ile yaklaşık 40 dakika 70 °C sıcaklıkta işleme tabi tutuldu. 7. dakikada kostik ilavesi yapılarak kumaşa ağartma kimyasalı verildi. Daha sonra su sıcaklığı 70 dereceden 98 dereceye 3°C/dk ile çıkartıldı. 98 °C'ye çıkan kumaş 23 dakika boyunca su ile muamele edildi ve tekrardan 3C/dk ile 70 °C'ye soğutuldu. İlk su boşaltma yani taşar adımı burada yapıldı. Tekrardan 70 °C'de su alınarak 15 dakika hiçbir kimyasal ilavesi olmadan boş durulama yapıldı. Taşar yapıldıktan sonra makineye 60 °C'de su alımı yapıldı. Bu adımda tampon asit ile nötrleme işlemi yapıldı. Kasar sonrası her beş procesten de A4 boyutunda kumaş parçası alındı. Kasar sonrası alınan parçalar kendi halinde kurumaya bırakıldı.

#### STANDART BOYA KASARI



Şekil 1. Standart Boya Kasar Prosesi

Çizelge 1.' de gösterildiği gibi kimyasallar makineye verildi. Kumaş yüzeyinin ıslanmasının kolaylaşması için ıslatıcı yaklaşık aynı oranlarda verildi. Kırık önleyici kimyasal ise standart procesten verilen oranın yaklaşık 2 katı oranında verildi. Bunun sebebi kimyasalların biyobazlı içeriğe sahip kimyasallar olmasıdır. Yağ sökücü, peroksit, iyon tutucu, kostik ve asetik asit oranları aynı tutuldu. Bu şekilde standart reçetenin dışına çok fazla çıkmadan proses sonucu alınması hedeflendi. Köpük kesici kimyasal madde makinede proses devam ederken olası köpürmeyi önlemek amacıyla kullanıldı. Birbirlerine yakın oranlarda kimyasal kullanıldı. Proses esnasında herhangi bir köpürme olmaz ise kimyasalın verilmesine ihtiyaç yoktur.

Çizelge 1. İşletme ve Biyobazlı Kasar Prosesi Kimyasalları

Kimyasal	Görevi
Islatıcı	Islatma malzemesi
Kırık Önleyici	Kırık önleme kimyasalı
Yağ Sökücü	Yağ sökme kmyasalı
Hidrojen Peroksit	Ağartma kimyasalı
İyon Tutucu	İyon tutumu sağlayan kimyasal
Köpük Kesici	Köpürme önleme kimyasalı
Sıvı Kostik %48	Beyazlatma kimyasalı
Asetik Asit	pH Dengeleyici / Tampon Asit
Asetik Asit	pH Dengeleyici / Tampon Asit

Kasar sonrası alınan kumaş parçalarının beyazlık dereceleri karşılaştırılmıştır. BERGER değerleri spektrofotometrede okutularak sonuçlar Çizelge 2'de belirtilmiştir. Standart bir kasar prosesinde

yapılan BERGER ölçümleri ortalama 60 – 70 arasında çıkmaktadır. Bu sebeple beş denemeden dördü istenilen değerlerde gelmiştir. E firması hariç diğer firmaların kimyasalları ile istenen BERGER değerlerine ulaşılmıştır.

**Çizelge 2.** Standart ve Biyobazlı Kasar Prosesleri BERGER Karşılaştırılması

Firma Adı	BERGER
Standart Kasar	60-70
A	66
B	67
C	62
D	70
E	74,22

Kumaşların absorbans değerleri (AATCC 79) Tekstillerin Emiciliği için Test Yöntemi ile belirlenmiştir. Çizelge 3'te beş proses sonrası su ile kurutulan kumaşların hidrofilite değerleri paylaşılmıştır. Standart kabul aralığı 0-3 saniyedir. Bu değerlere göre kaç saniyede su emildiğine bakılarak üretim uygunluğu test edildi. C, D ve E firmalarının su emiciliği değeri kabul aralığındadır.

**Çizelge 3.** İşletme ve Biyobazlı Kasar Prosesleri ABS Karşılaştırılması

Firma Adı	Kasar Sonrası ABS (sn)
Standart Kasar	0-3
A	7
B	24
C	2
D	0
E	0

### 3. SONUÇLAR

Tekstil sektöründe giderek artan su kirliliği, kimyasal kullanım miktarı gibi problemler nedeniyle daha sürdürülebilir ihtiyaçlar arayışına başlanmıştır. Bunların yanı sıra kullanılan kimyasalların daha çevreci olması tercih edilmiştir. Yapılan çalışmada biyobazlı kimyasallar ile yapılan kasar proseslerinin işletme standart kasar prosesine kıyaslaması yapılmıştır. Biyobazlı içeriğe sahip kimyasalların standart konvensiyonel kimyasallar ile aynı oranda kumaş yüzeyini beyazlattığı görülmüştür.

Yapılan çalışmalar sonucunda yapılan test sonuçları bizlere istenilen bütün değerleri göstermektedir. Hem BERGER değeri hem de absorbans değeri göz önüne alındığında referans aralığında gelen iki firma ile çalışmaların devam etmesi hedeflenmiştir. C ve D firmalarının beyazlık ve hidrofilite değerleri standart proses ile yakın değerlerde geldiği görülmüştür. Bu yöntem ile işletmede kullanılan kimyasal deşarj oranı düşürülmesi hedeflenmiştir.

Gelecek çalışmalar için iki firma ile boyama proseslerinin yapılması düşünülmektedir. Standart işletme boyama prosesi ile biyobazlı boyama prosellerinin karşılaştırılması beklenmektedir.

#### 4. KAYNAKLAR

AATCC (2019). *Skewness Change in Fabric and Garment Twist Resulting from Automatic Home Laundering (AATCC 179)* .

Çapar, G., Yetiş, Ü., 2018. *Sanayide Su Verimliliğinin Ülkemizdeki Durumu. Anahtar Dergisi.*

Kara, T., Gürel, C., 2013. *Farklı Su Derinliklerinin Çeltik Verimine Etkisi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 28(2), 82-86. <https://doi.org/10.7161/anajas.2013.282.82>

Uyanık S., Çelikel D. C., 2019, *Türk Tekstil Endüstrisi Genel Durumu, Teknik Bilimleri Dergisi, Cilt 9, Sayı 1, 32-41.*

*Uludağ İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterlikleri, Ar-Ge Şubesi, 2020, Türkiye Tekstil Sektörü ve Bursa, Ocak.*

Yüksel Y., *Tekstilde Su Kullanımı Hızlı Moda Akımıyla Artıyor.* <https://www.aa.com.tr/tr/dosya-haber/tekstilde-su-kullanimi-hizli-moda-akimiyla-artiyor/2988807#> . Erişim Tarihi: 24/06/2024

# TEKSTİL ATIK SUYUNUN BİYOLOJİK OLARAK ARITILMASINDA PEYNİR ALTI SUYUNUN KULLANILMASI

Adem PİŞTOFOĞLU<sup>1</sup>, İhsan ÇETİN<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>*Kadifeteks Mensucat San. A.Ş. Kuzuluk Şubesi AR-GE Merkezi, Sakarya*

<sup>1</sup>*adem.pistofoglu@kadifeteks.com*, <sup>2</sup>*ihsan.cetin@kadifeteks.com*

## ÖZET

Bu çalışmada, ağırlıklı olarak polyester ipliklerden üretilmiş kumaşların dispers ve katyonik boyalarla boyaması ve apreleme faaliyetleri sonrası oluşan atık suların biyolojik atık su arıtma tesisinde arıtılması sırasında azot ve fosfor kaynağı olarak peynir altı suyunun kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışma kapsamında çeşitli süt ürünleri fabrikalarından peynir altı suyu örnekleri alınmış ve analiz edilmiştir. Azot ve fosfor içeriği en yüksek olan fabrikadan sürekli olarak alınan peynir altı suyu düzenli bir şekilde biyolojik atık su arıtma tesisinde mikroorganizmalara nütrient takviyesi olarak verilmiştir. Denemeler sonunda azot ve fosfor yönünden fakir olan tekstil atık suyuna yalnızca peynir altı suyu takviyesi yapılarak çok yüksek oranlarda arıtma verimi elde edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Atıksu, Gübre, Verimlilik, Arıtma, Peynir altı suyu

## USE OF WHEY IN THE BIOLOGICAL TREATMENT OF TEXTILE WASTEWATER

### ABSTRACT

In this study, the feasibility of using whey as a source of nitrogen and phosphorus during the treatment of wastewater generated after dyeing and finishing processes of fabrics predominantly made from polyester yarns with disperse and cationic dyes in a biological wastewater treatment plant was investigated. Within the scope of the study, whey samples were collected and analyzed from various dairy factories. Whey consistently obtained from the factory with the highest nitrogen and phosphorus content was regularly provided as a nutrient supplement to microorganisms in the biological wastewater treatment plant. At the end of the experiments, very high treatment efficiency was achieved by supplementing the textile wastewater, which is deficient in nitrogen and phosphorus, solely with whey.

**Keywords:** Wastewater, Fertilizer, Efficiency, Treatment, Whey

## 1. GİRİŞ

Tekstil sektörü, modern yaşamın vazgeçilmez bir parçası olmakla birlikte, üretim süreçlerinin karmaşıklığı ve genişliği nedeniyle çevresel etkilerinin de artmasına yol açmaktadır. Tekstil endüstrisi, hammaddelerin temininden başlayarak, kumaş üretimi, boyama işlemleri ve nihai ürünlerin hazırlanmasına kadar geniş bir yelpazede faaliyet göstermektedir. Her aşama, doğal kaynakların tükenmesi, su kirliliği ve toksik atıkların oluşumu gibi çevresel sorunlara neden olmaktadır. Tekstil endüstrisi kullanılan hammadde ve kimyasal maddelerin, gerçekleştirilen işlemlerin, her işlem için

uygulanan teknolojilerin çeşitliliği nedeniyle son derece değişken yapıya sahiptir (Büyükdere, 2008). Tekstil üretiminde kullanılan kimyasal maddelerin çeşitliliği ve miktarı, oluşan atık su içeriğini doğrudan etkileyen temel unsurlardandır. Boyama süreçlerinde kullanılan boyalar ve kimyasallar, atık suların renkli ve yüksek kirlilik seviyesine sahip olmasına yol açar. Ayrıca, tekstil endüstrisi büyük miktarda su tüketir ve bu suyun bir kısmı atık su olarak sonuçlanabilir. Bu atık sular, yüksek organik madde içeriğiyle sucul ekosistemlere zarar verebilir ve su kaynaklarının kirlenmesine neden olabilir.

Tekstil atık sularının uygun şekilde arıtılması ve yönetilmesi, çevrenin korunması için kritik bir rol oynamaktadır. Atık suların yeniden kullanımı veya geri kazanımı gibi yöntemlerle verimli bir şekilde değerlendirilmesi, endüstriyel süreçlerde su tüketimini azaltarak doğal kaynakların korunmasına katkı sağlayabilir. Ayrıca, her sektör için olduğu gibi tekstil sektörü için de atık su arıtma tesislerinin kurulması ve doğru işletilmesi, çevresel etkileri azaltarak ekosistemlerin korunmasına yardımcı olabilir. Kentsel atık su arıtma tesislerinde de yaygın olarak kullanılan biyolojik arıtma yöntemlerinin çalışma prensibi organik kirleticilerin doğal mikroorganizmalar tarafından parçalanıp ayrıştırılması ilkesine dayanır. Bu yöntemler, atık suların arıtılması sürecinde etkili ve çevre dostu bir yaklaşım sunar. Tekstil atık sularının arıtılmasında da benzer biyolojik tekniklerin kullanılması mümkündür. Tekstil atık sularındaki organik madde içeriği, biyolojik arıtma süreçleri için uygun bir ortam sağlar. Bu süreçte, atık sular özel olarak tasarlanmış biyoreaktörlerde doğal mikroorganizmalar tarafından parçalanır ve arıtılır. Bu yöntem, tekstil endüstrisinin atık sularının çevresel etkilerini azaltmak için ekonomik, etkili bir çözüm sunar ve yenilenebilir, sürdürülebilir bir atık su arıtma yöntemi olarak dikkat çeker.

Biyolojik arıtma sistemlerinin verimli bir şekilde çalışabilmesi için atık suda ideal BOİ5:TKN:TP (5 Günlük Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı : Toplam Kjeldahl Azotu : Toplam Fosfor) oranı 100:5:1 olarak kabul edilir (Metcalf ve Eddy, 1991); ancak, tekstil atık sularının genellikle bu oranı karşılamadığı bilinmektedir. Tekstil endüstrisi, üretim süreçlerinde kullanılan çok çeşitli kimyasallar ve işlemlerin karmaşıklığı nedeniyle atık sularda farklı bileşenler ve kirlilik seviyeleri oluşturur. Bu durum, BOİ5, TKN ve TP gibi parametrelerin istenen oran ve seviyelerde olmasını zorlaştırır.

Genellikle, literatürde istenilen 100:5:1 oranına uymayan tekstil atık suları, biyolojik olarak arıtılabilmeleri için uygun BOİ5:TKN:TP oranına getirilmelidir. Bu çalışma, Kadifeteks Mensucat San. A.Ş. Kuzuluk Şubesinde oluşan tekstil atık suyundaki BOİ5:TKN:TP oranının ideal seviyeye peynir altı suyu kullanılarak getirilmesini ve arıtılmasını amaçlamaktadır. Peynir altı suyu gibi doğal ve organik ürünlerin kullanımı, atık suyunun bileşimini dengelemek ve istenilen oranlara ulaşmak için ekolojik bir yöntem olabilir.

## 1.1. Mevcut Durum

Kadifeteks'in Kuzuluk/Sakarya adresinde bulunan ve döşemelik kumaş üretimi gerçekleştirilen fabrikasında 750 m<sup>3</sup>/gün kapasiteli uzun havalandırmalı aktif çamur prosesiyle çalışan biyolojik atık su arıtma tesisiyle birlikte, 1.500 m<sup>3</sup>/gün kapasiteli kimyasal atık su arıtma tesisi bulunmaktadır. Fabrikada atık su oluşumuna çoğunlukla sentetik iplik kullanılarak kumaş boyama ile apreleme faaliyetleri neden olmaktadır. Boyama işlemlerinin tamamına yakını dispers ve katyonik boyamadan oluşmaktadır. Boyahane biriminde oluşan atık sular büyük partiküllerin elenmesi için fiziki bir elekten geçtikten sonra 424 m<sup>3</sup> hacmindeki dengeleme havuzuna gönderilmektedir. Apre biriminde ise boyama işlemi biten kumaşlara fonksiyonel özellikler katmak için çeşitli fiziksel ve kimyasal işlemler uygulanır. Bu proseste ortaya çıkan atık sular da boyahane atık suları gibi elekten geçtikten sonra aynı dengeleme havuzuna alınır.

Dengeleme havuzunda bekletilen atık sular kirliliğin homojen şekilde dağılması için sürekli olarak karıştırılmaktadır. Dengeleme havuzunda homojenize olan atık su daha sonra biyolojik atık su arıtma prosesinin ilk adımı olan havalandırma havuzuna alınır. Bu aşamada atık su içerisindeki organik madde mikroorganizmalar tarafından parçalanarak daha basit formlara dönüştürülür. Birden çok aşamayı içeren bu zincirinin doğru çalışması için atık suda BOİ5:TKN:TP oranının dengeli olması



gerekmektedir. Çalışmanın yapıldığı atık suyun sahip olduğu bazı özellikler Çizelge 1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 1.** Ham atık suyun bazı analiz parametreleri

Parametre	Ortalama Değer	Birim
KOİ	1.900	mg/L
Toplam Azot	9,4	mg/L
Toplam Fosfor	3,2	mg/L
Amonyum	0,3	mg/L
pH	8,00	-
AKM	580	mg/L
Renk	880	Pt-Co
Sıcaklık	31	°C
İletkenlik	1.400	µS/cm

KOİ: Kimyasal Oksijen İhtiyacı, AKM: Askıda Katı Madde, Pt-Co: Platin-Kobalt, µS: mikrosiemens

Çizelge 1’de belirtilen özelliklere sahip atık suyun biyolojik atık su arıtma tesisinde arıtılması için gerekli BOİ5:TKN:TP oranının 100:5:1 ile 100:10:1 arasında olmadığı görülmektedir. Bu oranın 100:5:1 ile 100:10:1 arasında olması istenmektedir (Metcalf & Eddy, 1991). Atık su arıtma tesisinde bu durumun düzeltilmesi için yapılan ilk uygulama sektörde sıkça kullanılan yöntemlerden biri olan zirai gübre takviyesiydi. 2022 yılında yayımlanan çalışmamızda, bu tesiste zirai gübre yerine sıvı hayvan gübresi kullanıldığında bu oranın istenilen seviyeye getirildiği ve arıtma veriminde iyileşme gözlemlendiği bulunmuştur (Piştofoğlu, 2022). Bu çalışmada ise zirai gübre yerine kullanılan sıvı hayvan gübresine alternatif olarak peynir altı suyu kullanılmıştır.

## 1.2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, Kadifeteks Mensucat San. A.Ş. Kuzuluk Şubesinde oluşan tekstil atık suyundaki BOİ5:TKN:TP oranının ideal seviyeye getirilmesinde peynir altı suyu kullanımının etkinliğini araştırmaktır. Tekstil endüstrisinin karmaşık ve çeşitli üretim süreçleri sonucunda ortaya çıkan atık sular, yüksek organik madde içeriği ve dengesiz nütrient oranları ile biyolojik arıtma süreçlerinde zorluklar yaratmaktadır. Bu bağlamda, mevcut yöntemlerin sürdürülebilir ve çevre dostu alternatiflerle desteklenmesi gerekmektedir. Çalışmada, peynir altı suyu gibi doğal ve organik bir ürünün, biyolojik atık su arıtma tesislerinde BOİ5:TKN:TP oranının optimize edilmesi için kullanılması hedeflenmektedir. Çalışma neticesinde, tekstil endüstrisi atık sularının arıtılmasında ekonomik, etkili ve sürdürülebilir bir çözüm sunulması amaçlanmaktadır.

## 2. MATERYAL VE METOD

### 2.1. Peynir Altı Suyunun Temin Edilmesi

Bu çalışmada kullanılan peynir altı suyu, Akyazı/Sakarya bölgesinde faaliyet gösteren süt ve süt ürünleri üreten fabrikalardan temin edilmiştir. Alınan numunelerin toplam azot ve fosfor içeriği analiz edildikten sonra büyük ölçekte temin ve kullanım için fabrikalardan toplanan peynir altı suları, doğrudan üretim hatlarının sonundan alınarak atık su arıtma tesisine taşınmış ve arıtma sürecinde kullanılmak üzere depolanmıştır. Bu süreçte, peynir altı sularının içeriği düzenli olarak analiz edilmiştir.

A, B ve C kodları verilen 3 adet fabrikadan peynir altı suyu numuneleri alınmış ve TKN ve TP tayinleri yapılmıştır. Bulunan sonuçlar Çizelge 2’de gösterilmiştir.

**Çizelge 2.** Fabrikalardan alınan numunelerin analiz sonuçları

<b>Fabrika</b>	<b>TKN (mg/L)</b>	<b>TP (mg/L)</b>
A	1.060	321
B	760	240
C	449	201

Çizelge 2’de bulunan sonuçların ardından, TKN ve TP değeri en yüksek olan A fabrikasından peynir altı suyunun temin edilmesine karar verilmiştir.

## **2.2. Peynir Altı Suyunun Dozlanması**

Tesiste hali hazırda kullanılan sıvı hayvan gübresi dozlanması uygulamasına son verilmiştir. Daha sonra belirlenen miktarda peynir altı suyu, günlük olarak belirli saatlerde düzenli olarak dengeleme havuzuna dozlanmıştır. Dozlama işlemi, atık suyun debisi ve bileşimi göz önünde bulundurularak ayarlanmıştır. Atık su arıtma tesisinde çalışan operatörler, her dozlama işleminden önce ve bir süre sonra suyun bileşimini izleyerek gerekli dozlama ayarlamaları yapmıştır. Bu süreçte, peynir altı suyunun eşit ve sürekli bir şekilde havuza karışması sağlanmıştır. Atık su arıtma tesisine gelen ham atık su değerleri Çizelge 1’de gösterildiği gibi olup günden güne ortalamada kayda değer bir değişim göstermez iken fabrikanın çalışma durumuna göre atık su debisi değişebilmektedir. Değişen debilere göre dozlanan peynir altı suyu miktarı Çizelge 3’te gösterilmiştir. Dozlama her 8 saatte bir kez yapılmıştır.

**Çizelge 3.** Peynir altı suyu dozlama miktarları

<b>Atık Su Arıtma Tesisine Gelen Debi (m<sup>3</sup>/gün)</b>	<b>8 Saatlik Dozlama (m<sup>3</sup>)</b>
300	1,0
500	1,5
650	2,0

Çalışmalar 12 aylık bir süreyi kapsamaktadır ve bu süre zarfında biyolojik atık su arıtma tesisinin işletilmesinde önceki dönemlere kıyasla hiçbir değişiklik yapılmamıştır. Geri devir oranı, ortalama debi, sıcaklık, pH, çözülmüş oksijen konsantrasyonu gibi biyolojik arıtmanın önemli parametreleri kontrol altında tutulmuştur.

## **3. TARTIŞMA VE SONUÇ**

Bu çalışmada, sentetik iplik ve kumaşın dispers ve katyonik boyanması ve aprelenmesi işlemleri sırasında ortaya çıkan tekstil atık suyun biyolojik atık su arıtma tesisinde arıtılması sırasında nütrient takviyesi olarak peynir altı suyu kullanılabilirliği gösterilmiştir. Alınan sonuçlar bir önceki duruma göre iyileşme göstermiştir. Sektörde sıkça uygulanan yöntem olan zirai gübrenin yüksek maliyeti ve üretilmesi sırasında ortaya çıkan su ve karbon ayak izine oranla peynir altı suyunun kullanımı daha ekonomik ve ekolojik bir yöntem olarak kabul edilebilir.

Çizelge 4’te 2022 yılında BOİ5:TKN:TP dengesi için sıvı hayvan gübresi kullandığımız çalışmada bulunan sonuçlar yer almaktadır.

**Çizelge 4.** Sıvı gübre ve zirai gübre verim kıyaslaması (Piştofoğlu, 2022)

<b>Parametre</b>	<b>Zirai Gübre Kullanımı</b>	<b>Sıvı Gübre Kullanımı</b>
Biyolojik arıtmada ortalama KOİ giderimi	%40	%80
Kimyasal arıtmanın oranı	%60	%20
Biyolojik arıtma çıkışı ortalama KOİ (mg/L)	600	300
Biyolojik arıtma çıkışı ortalama AKM (mg/L)	350	100
Biyolojik arıtma çıkışı ortalama renk (Pt-Co)	500	250

Bu çalışmada peynir altı suyu 12 ay boyunca atık su arıtma tesisine dozlanmış ve Çizelge 5'teki sonuçlar elde edilmiştir. Çizelgede zirai gübre ve 2022 yılında yayımladığımız çalışmada sıvı gübre kullanımı sonrası elde edilen veriler de gösterilmiştir.

**Çizelge 5.** Peynir altı suyu, sıvı gübre ve zirai gübre verim kıyaslaması

Parametre	Zirai Gübre Kullanımı	Sıvı Gübre Kullanımı	Peynir Altı Suyu Kullanımı
Biyolojik arıtmada ortalama KOİ giderimi	%40	%80	%90
Kimyasal arıtmanın ortalama oranı	%60	%20	%10
Biyolojik arıtma çıkışı ortalama KOİ (mg/L)	600	300	190
Biyolojik arıtma çıkışı ortalama AKM (mg/L)	350	100	75
Biyolojik arıtma çıkışı ortalama renk (Pt-Co)	500	250	200

Çalışmanın gerçekleştirildiği atık su arıtma tesisinde birim BOİ5 başına ihtiyaç duyulan TKN ve TP'nin karşılanması amacıyla peynir altı suyu düzenli olarak kullanıldığında temel kirlilik göstergesi olan KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) giderim verimi ortalama %90 seviyesine ulaşmıştır. Tekrarlanan hiçbir KOİ analizinde verim %80 ile %95 aralığından dışarı çıkmamış stabil sonuçlar alınmıştır.

Mevzuat gereği sağlanması gereken atık su deşarj kriterleri, bu çalışma neticesinde yüksek verimde çalışan biyolojik atık su arıtma tesisinde karşılandığı için atık su arıtma tesisinin ikinci aşaması olan kimyasal atık su arıtma tesisine duyulan ihtiyaç azalmış ve %10 seviyesinde kalmıştır. Kimyasal atık su arıtma tesisine duyulan ihtiyaç azaldığı için bu proste kullanılan yumaklaştırıcı (koagülant), yardımcı yumaklaştırıcı, polielektrolit gibi kimyasalların kullanımı en düşük seviyede tutularak tasarruf edilmiştir. Bu tesisin su ve karbon ayak izini düşürücü bir adım olmuştur.

Dengeleme havuzunda toplanan ham atık suyun kirliliği 2022 yılında yayımladığımız çalışmada KOİ cinsinden ortalama 1.500 mg/L olmasına rağmen bu çalışmanın yapıldığı 12 aylık dönemde ortalama 1.900 mg/L olmuştur. Bu durumda arıtma tesisinde tek değişen etmenin peynir altı suyu kullanımı olmasına rağmen KOİ ortalaması 190 mg/L seviyesine inmiştir.

KOİ ile birlikte renk ve AKM parametrelerinde de sıvı gübreye göre %20 ile %25 arasında iyileşme görülmüştür.

Bu çalışma, süt ürünleri sektörünün atığının tekstil sektörü atık suyunun biyolojik olarak arıtılmasında kullanılabilirliğini göstermiştir. Dolayısıyla tüm sektörlerle ait biyolojik atık su arıtma tesislerinde uyarlanabilir bir yöntem olarak tespit edilmiştir.

Kimyasal atık su arıtma tesisine duyulan ihtiyacın azaltılması daha düşük kimyasal tüketimiyle birlikte işletme kolaylığı, uzun ekipman ömrü, daha az kimyasal çamur gibi avantajları da beraberinde getirmiştir.

Bu çalışmada peynir altı suyunun tekstil atık suyunun biyolojik olarak arıtılmasında ihtiyaç duyulan nütrient eksikliğini tamamladığı ve yüksek verimde arıtmaya yardımcı olduğu tespit edilmiştir.

## KAYNAKÇA

*Büyükdere, A. (2008). Tekstil Endüstrisi Atıksularının Membran Teknolojileri İle Arıtılması ve Geri Kazanılması. İstanbul.*

*Metcalf & Eddy, Inc. (1991). Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, and Reuse (3rd ed.). McGraw-Hill, Inc., New York.*

*Piştifoğlu, A. (2022). Ulusal Çukurova Tekstil Kongresi, s. 8-12, Adana.*

# POLYESTER (PET) KUMAŞIN EKOLOJİK TAŞIYICILAR KULLANILARAK BOYAMA PERFORMANSININ ARAŞTIRILMASI

Gizem BAYAÇLI<sup>1</sup>, Saliha ŞAHİN<sup>2</sup>, Şeyma YALÇIN TURAN<sup>1</sup>, İrem ÖZYURT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Karesi Polyester ve Petrokimya Sanayi A.Ş. Ar-Ge Merkezi, Bursa, Türkiye

<sup>2</sup>Bursa Uludağ Üniversitesi, Kimya Bölümü, Bursa, Türkiye

## ÖZET

Tekstil endüstrisi, çevresel zararları azaltmak ve sürdürülebilir uygulamaları benimsemek için artan düzenleme baskısı altındadır. Bu baskılar, çevresel zararın azaltılmasını ve daha sürdürülebilir uygulamaların benimsenmesini teşvik etmektedir. Polyester (PET) elyafı düşük maliyeti ve diğer elyaflarla karıştırılabilmesi nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Endüstri, çevresel etkileri azaltan ve ekonomik olarak uygun yeni boyama yöntemlerine ihtiyaç duymaktadır. Mevcut çalışmalar, düşük sıcaklıklarda polyester boyamada toksik taşıyıcıların yerine düşük oranda geleneksel veya alternatif taşıyıcılar kullanarak temiz ve sürdürülebilir boyama seçenekleri araştırmaktadır. Polyester kumaşların düşük sıcaklıklarda arasında boyanmasında, toksik taşıyıcıları azaltmak için düşük oranda geleneksel veya alternatif ekolojik taşıyıcılar kullanımı, sürdürülebilir bir boyama seçeneğidir. Bu çalışma, Karesi Polyester ve Petrokimya Sanayi A.Ş.'nin %100 polyester kumaşlarının boyanmasında ekolojik bir taşıyıcı alternatifini olarak kumarin ve o-vanilin uygulamasını değerlendirmeyi ve dispers boyar maddeler kullanarak 130°C'den daha düşük sıcaklıklarda daha yüksek renk verimi (K/S) elde etmek için boyama parametrelerini optimize etmeyi amaçlamaktadır. Çevre dostu taşıyıcılar, ticari taşıyıcılarla karşılaştırıldığında, aynı veya daha iyi boyama performansı ve haslık sağlar, bu da toksik taşıyıcıların yerine iyi bir çözüm sunar. Amaç, polyester boyamada yoğun renkler elde etmek, atık su kirliliğini azaltmak ve enerji tüketimini düşürmektir.

**Anahtar Kelimeler:** Polyester, Taşıyıcı, Çevre Dostu, Ekolojik, Sürdürülebilirlik

## INVESTIGATION OF DYEING PERFORMANCE OF POLYESTER (PET) FABRIC USING ECOLOGICAL CARRIERS

### ABSTRACT

The textile industry is under increasing regulatory pressure to reduce environmental damage and adopt sustainable practices. These pressures encourage the reduction of environmental damage and the adoption of more sustainable practices. Polyester (PET) fiber is widely used due to its low cost and ability to be blended with other fibers. The industry is in need of new dyeing methods that reduce environmental impacts and are economically viable. Current studies are investigating clean and sustainable dyeing options for polyester dyeing at low temperatures using low proportions of conventional or alternative carriers to replace toxic carriers. In the dyeing of polyester fabrics at low temperatures, the use of low proportions of conventional or alternative ecological carriers to reduce toxic carriers is a sustainable dyeing option. This study aims to evaluate the application of coumarin and o-vanillin as an ecological carrier alternative for dyeing 100% polyester fabrics of Karesi Polyester and Petrochemical Industry Inc. and optimize the dyeing parameters to achieve higher color strength (K/S) at temperatures lower than 130°C using disperse dyes. Eco-friendly carriers provide the same or better dyeing performance and fastness compared to commercial carriers, which offers a good solution to replace toxic carriers. The aim is to achieve intense colors, reduce wastewater pollution and lower energy consumption in polyester dyeing.

**Keywords:** Polyester, Carrier, Eco-Friendly, Ecological, Sustainability

## 1. GİRİŞ

Günümüz tekstil endüstrisinde polyester (Poli(etilen tereftalat), PET) lifleri, yaygın olarak tercih edilen malzemelerden biridir. Polyester, sentetik elyaflar arasında önde gelen bir konumdadır ve küresel sentetik elyaf üretiminin büyük çoğunluğunu oluşturur, sağladığı yüksek mukavemet, mükemmel kırışıklık direnci, kimyasal stabilite, ısı direnci, kolay yıkanabilirlik ve hızlı kuruma gibi özellikleriyle giyim ve ev tekstili sektörlerinde yaygın bir tercihtir (Wang ve ark., 2023). Ancak, PET'in hidrofobik yapıda olması ve kimyasal olarak reaktif gruplardan yoksun olması, boyama sürecini karmaşık hale getirmektedir. Bu özellikler, PET liflerinin boyanmasını zorlaştırır ve genellikle yüksek sıcaklık ve basınç gerektiren dispers boyar maddeler kullanılmasını zorunlu kılar (Sharma ve ark., 2022). Dispers boyar maddeler, su içinde düşük çözünürlüğe sahip olduklarından, dispergatörler kullanılarak su içinde stabilize edilirler ve bu şekilde PET liflerine uygulanabilirler. Ancak bu işlem, genellikle 130°C civarında yüksek sıcaklık ve yüksek basınçta gerçekleştirilir, bu da enerji tüketimini artırır. Geleneksel boyama yöntemlerinde bu zorlukları aşmak için yani daha düşük sıcaklıklarda (~75-100°C) boyama yapabilmek için toksik taşıyıcılar kullanılır, ancak bu taşıyıcılar çevresel ve sağlık açısından ciddi riskler taşımaktadır (Ahmed ve ark., 2020).

Son yıllarda, tekstil endüstrisi çevresel etkileri azaltacak, enerji tüketimini düşürecek ve güvenliği artıracak yeni boyama yöntemleri üzerinde yoğun çalışmalar yürütmektedir. Bu bağlamda, düşük sıcaklıkta (~100°C) boyama işlemleri için doğal taşıyıcılar araştırılmaktadır (Sharma ve ark., 2022). Özellikle, o-vanilin ve kumarin gibi doğal bileşikler, alternatif taşıyıcı olarak dikkat çekmektedir. Vanilin, fenol, eter ve aldehit olmak üzere üç fonksiyonel grup içeren (C<sub>8</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>) bir organik bileşiktir. (Ma ve ark., 2020). PET liflerinin boyama sürecinde kullanılan toksik taşıyıcıların yerine geçebilecek potansiyele sahip bir bileşiktir. Kumarin ise düşük moleküler ağırlığa sahip (146.143 g/mol), bitkilerde bulunan doğal ve sentetik kökenli olabilen bir fenolik madde olup, PET liflerinin düşük sıcaklıkta boyanmasında kullanılabilir potansiyele sahiptir. Kumarin (2H-1-benzopiran-2-on), karakteristik, tatlı ve hoş bir kokuya sahip beyaz kristal bir bileşiktir. Vanilin, kumarin ve bunların türevleri, antibakteriyel, antioksidan, antifungal, antiviral gibi çeşitli biyolojik aktivite gösterir (Souissi ve ark., 2021, Lima ve ark., 2022, Arya ve ark., 2019, Pasquet ve ark. 2013).

Sonuç olarak, polyester liflerin boyama süreçlerinde çevre dostu ve ekonomik alternatiflerin araştırılması ve uygulanması, tekstil endüstrisinin sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasına yardımcı olabilir. Bu doğal bileşiklerin kullanımı, PET liflerinin daha güvenli ve çevre dostu bir şekilde boyanmasını sağlayarak endüstriyel uygulamalarda önemli bir ilerleme sağlayabilir. Bu çalışma, Karesi Polyester ve Petrokimya Sanayi A.Ş.'nin %100 PET kumaşlarının boyanmasında ekolojik bir taşıyıcı alternatifi olarak kumarin ve o-vanilin uygulamasını değerlendirmeyi ve dispers boyar maddeler kullanarak 130°C'den daha düşük sıcaklıklarda daha yüksek renk verimi (K/S) elde etmek için temel boyama parametrelerini optimize etmeyi amaçlamaktadır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

Polyester/Elastan (PET/EA) kumaşı, Karesi Polyester ve Petrokimya San. A.Ş. fabrikasının ticari seri üretim ürünlerinden seçilmiştir. Kumaş, 75/72 PET 40 EA KİMG YM iplikten dokunmuştur. Kumaşa ait bilgiler Çizelge 1'de verilmiştir. PET/EA kumaşının boyanması için altı dispers boyar madde kullanılmıştır: Synchron Yellow Brown CERN, Synchron Red TT, Synchron Navy Blue CERN, Synchron Yellow P6G, Synchron Green P6B, Synchron Black Netro SBL. Boyama performansını artırmak için taşıyıcı olarak Kumarin ve o-Vanilin (Sigma-Merck) incelenmiştir. Bu ekolojik taşıyıcılar, firmanın kendi prosesinde kullandığı ticari taşıyıcı (Genkim- Genkimol V100) ile karşılaştırılmıştır. Boyamalar Karesi Polyester ve Petrokimya San. A.Ş. Ar-Ge Merkezi laboratuvarında numune boyama makinelerinde 10:1 banyo oranında gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 1. PET/EA kumaş bilgileri

Numune	Çözümlü İpliği (tex)	Atkı İpliği (tex)	Çözümlü Sıklık (Çözümlü/cm)	Atkı Sıklık (Atkı/cm)	Gram Ağırlık (g/m <sup>2</sup> )
PET/EA Kumaş	8,33	8,33	60	34	240

## 2.2. Kumaşların Boyanması

PET/EA kumaşlar, 5 g olacak şekilde kesilerek boyama için hazır hale getirilmiştir. 6 farklı boyar maddenin %1'lik çözeltileri hazırlanmıştır. Kumarin ve o-vanilin çözeltileri 1,25g/L olacak şekilde saf su ile hazırlanmıştır. Ticari taşıyıcı %5(v/v) olacak şekilde saf su ile hazırlanmıştır. Daha sonra polyester kumaş, boyar madde, pH aralığı 3,5-4 olacak şekilde asetik asit boyama tüplerine konularak belirli sıcaklıklarda (110°C-120°C-130°C) boyama makinesinde boyanmıştır. Son olarak, boyanmış kumaşlar geleneksel redüktif yıkama yöntemine göre 5 g/L sodyum hidrosülfid ve 5 g/L sodyum hidroksit ile yıkanmıştır.

## 2.3. Kumaş Karakterizasyonu

Altı farklı boyar madde ile boyanan kumaşların karakterize edilmesi için renk verimi ve renk farkı ölçümleri, haslık testleri (yıkama haslığı, sürtünmeye karşı renk haslığı, ter haslığı), SEM analizleri gerçekleştirilmiştir.

### 2.3.1. Renk Verimi ve Renk Farkı Ölçümleri

Her bir numunenin rengi Xrite icolor spektrofotometre kullanılarak ölçülmüştür. Ticari taşıyıcı ile boyanmış numuneler referans olarak seçildi. K/S değerleri Kubelka-Munk denklemi kullanılarak hesaplandı;

$$K/S=(1-R)^2/2R \quad (1)$$

burada ( $K$ ) absorpsiyon katsayısı, ( $R$ ) yansıma ve ( $S$ ) saçılma katsayısıdır. Ayrıca, CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $h^\circ$ ,  $\Delta E^*$  değerleri de belirlenmiştir.

### 2.3.2. Haslık Testleri

Yıkama haslığı, James H. Heal Gyrowash yıkama haslığı test cihazında ISO 105:C06 test yöntemine göre belirlenmiştir. Yıkama haslığı tayini için 40°C'da 30 dakika süreyle optik ağartıcı içermeyen deterjan (ECE) çözeltisiyle işleme tabi tutulmuştur. Numuneler durulanıp kurutulduktan sonra değerler gri skala ile (1-5 arası) değerlendirilmiştir. Sürtünmeye karşı renk haslığı tayini, ISO 105-X12'ye göre sürtünme test cihazı (crockmeter) ile kuru ve yaş olarak yapılarak ve gri skala ile (1-5 arası) değerlendirilmiştir. Ter haslığı ise Prowhite perspirometre ter haslığı cihazında ISO 105-E04 test yöntemine göre belirlenmiştir. Numuneler multifiber ile birlikte asidik ve bazik çözeltilerde belirli süre, sıcaklık ve basınçta bekletildikten sonra numuneler ayrı ayrı kurutulmuştur. Gri skala ile değerlendirme yapılarak renkteki değişim ve multifiber üzerindeki lekelenmeler tayin edilmiştir.

### 2.3.3. SEM Analizi

Altı farklı boyar madde ile boyanan kumaşların yüzey görüntüleri Hitachi TM 330 Plus Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) kullanılarak elde edildi.

## 3. BULGULAR

### 3.1. Renk Verimi ve Renk Farkı Ölçümleri

110°C, 120°C ve 130°C'de kumarin ve o-vanilin farklı derişimleri kullanılarak boyanmış kumaşların renk ölçümleri, Karesi Polyester ve Petrokimya San. A.Ş.'nin işletme şartlarına göre (130°C) ticari taşıyıcı ile boyanmış kumaşların renk ölçüm değerleri referans alınarak  $\Delta E$  ve K/S değerleri ölçülmüştür. Renk verimi ve renk farkı ölçüm değerleri Çizelge 2 ve 3'de verilmiştir. Buna göre yapılan karşılaştırma değerlerine göre kumarin ve o-vanilin farklı derişimleri kullanılarak boyama

sonrası elde edilen kumaşların K/S değerleri ticari taşıyıcıya göre benzer ve kabul edilebilir olarak bulunmuştur. Buna göre kumarin ve o-vanilin kullanımı polyester kumaşa daha yüksek bir renk gücü vermekte yani dispers boyar maddenin kumaşa daha iyi tutunmasını sağlamaktadır. Ayrıca ticari taşıyıcı ile yapılan boyama sonrası elde edilen kumaşların  $\Delta E$  değerleri (işletme şartlarına göre 130°C’de ticari taşıyıcı ile boyanmış kumaşlar) referans alındığında, kumarin ile boyanmış kumaşların  $\Delta E$  değerleri bütün sıcaklıklar ve konsantrasyon kombinasyonlarında 1’den düşük ve 1’e yakın kabul edilebilir değerdedir. o-vanilin ile farklı derişimleri kullanılarak boyama sonrası elde edilen kumaşların  $\Delta E$  değerleri ise 130°C’de 1’den düşük olmasına rağmen sıcaklık düştükçe  $\Delta E$  değerinde yükselme görülmektedir.

**Çizelge 2.** 110°C, 120°C ve 130°C’de kumarinin farklı derişimleri kullanılarak boyanan kumaşların  $\Delta E$  ve K/S değerleri

Renk	Taşıyıcı Türü	130°C		120°C		110°C		Renk	Taşıyıcı Türü	130°C		120°C		110°C	
		K/S	$\Delta E$	K/S	$\Delta E$	K/S	$\Delta E$			K/S	$\Delta E$	K/S	$\Delta E$	K/S	$\Delta E$
GREEN P6B	Ticari taşıyıcı	7,7	Referans					YELLOW P6G	Ticari taşıyıcı	11,7	Referans				
	0,025 g/L	8,1	0,3	9,2	0,1	7,6	0,4		0,025 g/L	11,6	0,4	12,5	0,4	7,0	0,7
	0,05 g/L	8,3	0,3	9,2	0,2	7,5	0,4		0,05 g/L	11,3	0,6	13,0	0,2	7,0	0,6
	0,1 g/L	7,9	0,1	9,5	0,2	7,4	0,3		0,1 g/L	11,8	0,4	12,6	0,2	6,6	0,4
	0,5 g/L	8,0	0,2	9,1	0,3	7,6	0,4		0,5 g/L	11,4	0,4	13,0	0,7	6,8	0,5
YELLOW BR. CERN	Ticari taşıyıcı	9,9	Referans					NAVY BLUE CERN	Ticari taşıyıcı	9,5	Referans				
	0,025 g/L	10,4	0,4	10,2	0,2	9,0	0,3		0,025 g/L	9,3	0,7	11,2	0,2	7,5	0,4
	0,05 g/L	10,2	0,2	10,5	0,2	9,7	0,4		0,05 g/L	9,6	0,4	11,5	0,3	7,5	0,6
	0,1 g/L	10,3	0,3	10,0	0,2	9,4	0,2		0,1 g/L	9,8	0,4	11,2	0,2	7,4	0,5
	0,5 g/L	10,4	0,4	10,0	0,2	9,6	0,7		0,5 g/L	9,5	0,6	11,5	0,3	7,6	0,5
RED IT	Ticari taşıyıcı	15,4	Referans					BLACK NETRO SBL	Ticari taşıyıcı	8,2	Referans				
	0,025 g/L	15,8	0,3	15,7	0,1	14,9	0,4		0,025 g/L	8,1	0,1	8,5	0,9	6,5	1,1
	0,05 g/L	15,4	0,2	15,0	0,2	14,4	0,3		0,05 g/L	8,0	0,2	8,1	0,8	6,3	0,8
	0,1 g/L	15,1	0,3	14,5	0,3	14,8	0,3		0,1 g/L	8,3	0,6	8,1	1,1	6,1	1,0
	0,5 g/L	15,4	0,4	15,1	0,2	14,0	0,5		0,5 g/L	6,7	1,8	7,9	1,3	6,3	0,9

**Çizelge 3.** 110°C, 120°C ve 130°C’de o-vanilin farklı derişimleri kullanılarak boyanan kumaşların  $\Delta E$  ve K/S değerleri

Renk	Taşıyıcı Türü	130°C		120°C		110°C		Renk	Taşıyıcı Türü	130°C		120°C		110°C	
		K/S	$\Delta E$	K/S	$\Delta E$	K/S	$\Delta E$			K/S	$\Delta E$	K/S	$\Delta E$	K/S	$\Delta E$
GREEN P6B	Ticari taşıyıcı	8,2	Referans	-				YELLOW P6G	Ticari taşıyıcı	11,3	Referans	-			
	0,025 g/L	8,5	0,34	0,12	0,54	0,29	2,15		0,025 g/L	11,3	0,61	0,2	1,42	0,37	4,97
	0,05 g/L	8,0	0,18	0,2	0,53	0,06	2,79		0,05 g/L	11,9	0,23	0,48	0,84	1	5,93
	0,1 g/L	8,0	0,15	0,06	0,55	0,03	2,4		0,1 g/L	11,4	0,2	0,24	1,32	0,08	5,25
	0,5 g/L	8,2	0,3	0,2	0,58	0,5	2,08		0,5 g/L	11,4	0,31	0,36	1,34	0,38	4,61
YELLOW BR. CERN	Ticari taşıyıcı	10,5	Referans					NAVY BLUE CERN	Ticari taşıyıcı	11,0	Referans				
	0,025 g/L	10,7	0,3	0,26	1,38	0,35	1,97		0,025 g/L	11,4	0,18	0,4	0,55	0,63	3,71
	0,05 g/L	11,0	0,28	0,37	1,6	0,33	1,95		0,05 g/L	11,2	0,09	0,58	0,55	0,85	3,01
	0,1 g/L	10,7	0,22	0,45	1,49	0,48	2,08		0,1 g/L	12,0	0,53	0,45	0,74	0,69	3,55
	0,5 g/L	10,4	0,23	0,19	1,39	0,52	1,76		0,5 g/L	11,2	0,47	0,45	0,66	0,87	2,72
RED IT	Ticari taşıyıcı	15,2	Referans					BLACK NETRO SBL	Ticari taşıyıcı	9,0	Referans				
	0,025 g/L	16,0	0,27	0,27	0,85	0,17	2,59		0,025 g/L	9,0	0,17	0,61	1,01	1,83	2,81
	0,05 g/L	15,9	0,28	0,3	0,88	0,13	2,8		0,05 g/L	9,2	0,26	0,47	0,79	1,69	3,17
	0,1 g/L	16,1	0,29	0,25	0,82	0,44	2,3		0,1 g/L	9,3	0,33	0,54	0,8	1,1	3,28
	0,5 g/L	16,4	0,42	0,28	0,76	0,38	2,34		0,5 g/L	8,8	0,31	0,53	0,84	1,74	3,14

### 3.2. Haslık Testleri

Kumarin ve o-vanilin ile boyanmış kumaşların ve ticari taşıyıcı ile boyanmış kumaşların ISO 105:C06 yöntemine göre yapılan yıkama haslığı sonuçları Çizelge 4 ve 5’te verilmiştir.

**Çizelge 4.** 110°C, 120°C ve 130°C’de kumarinin farklı derişimleri kullanılarak boyanan kumaşların yıkama haslık sonuçları

Renk	Konsantrasyon	130°C			120°C			110°C		
		Pamuk	Naylon	Polyester	Pamuk	Naylon	Polyester	Pamuk	Naylon	Polyester
GREEN P6B	Ticari Taşıyıcı	4-5	4-5	4-5	4	3	3-4	4-5	4-5	4-5
	0,025 g/L	4-5	4-5	4-5	4	3	3-4	4-5	4-5	4-5
	0,05 g/L	4-5	4-5	4-5	4	3	3-4	4-5	4-5	4-5
	0,1 g/L	4-5	4-5	4-5	4	3	3-4	4-5	4-5	4-5
	0,5 g/L	4-5	4-5	4-5	4	3	3-4	4-5	4-5	4-5
YELLOW BR. CERN	Ticari Taşıyıcı	4-5	3	4-5	4	3	3-4	4-5	3-4	4-5
	0,025 g/L	4-5	3	4-5	4	3	3-4	4-5	3-4	4-5
	0,05 g/L	4-5	3-4	4-5	4	3	3-4	4-5	3-4	4-5
	0,1 g/L	4-5	3	4-5	4	3	3-4	4-5	3	4-5
	0,5 g/L	4-5	3-4	4-5	4	3	3-4	4-5	3	4-5
RED TT	Ticari Taşıyıcı	3-4	2	4	4-5	4-5	4-5	3-4	2	4
	0,025 g/L	3-4	2	4	4-5	4-5	4-5	3-4	2	4
	0,05 g/L	3-4	2	4	4-5	4	4-5	3-4	2	4
	0,1 g/L	3-4	2	4	4-5	4-5	4-5	3-4	2	4
	0,5 g/L	3-4	2	4	4-5	4-5	4-5	3-4	2	4
YELLOW P6G	Ticari Taşıyıcı	4-5	4-5	4-5	4	3	4	4-5	4-5	4-5
	0,025 g/L	4-5	4-5	4-5	4	3	4	4-5	4-5	4-5
	0,05 g/L	4-5	4-5	4-5	4	3	4	4-5	4-5	4-5
	0,1 g/L	4-5	4-5	4-5	4	3	4	4-5	4-5	4-5
	0,5 g/L	4-5	4-5	4-5	4	3	4	4-5	4-5	4-5
NAVY BLUE CERN	Ticari Taşıyıcı	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5
	0,025 g/L	4-5	3-4	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5
	0,05 g/L	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5
	0,1 g/L	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5
	0,5 g/L	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5
BLACK NETRO SBL	Ticari Taşıyıcı	4-5	3	4-5	4	3	3-4	4-5	3-4	4-5
	0,025 g/L	4-5	3-4	4-5	4-5	3-4	4-5	4-5	3-4	4-5
	0,05 g/L	4-5	3	4-5	4-5	3-4	4-5	4-5	3-4	4
	0,1 g/L	4-5	3	4-5	4-5	3	4-5	4-5	3-4	4
	0,5 g/L	4-5	3-4	4-5	4-5	3	4-5	4-5	3-4	4

**Çizelge 5.** 110°C, 120°C ve 130°C'de o-vanilin'in farklı derişimleri kullanılarak boyanan kumaşların yıkama haslık sonuçları

Renk	Konsantrasyon	130°C			120°C			110°C		
		Pamuk	Naylon	Polyester	Pamuk	Naylon	Polyester	Pamuk	Naylon	Polyester
GREEN P6B	Ticari Taşıyıcı	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	0,025 g/L	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	0,05 g/L	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	0,1 g/L	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	0,5 g/L	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
YELLOW BR. CERN	Ticari Taşıyıcı	4-5	3	4	4-5	4	4-5	4-5	3	4-5
	0,025 g/L	4-5	3	4	4-5	4	4-5	4-5	3	4-5
	0,05 g/L	4	3	4	4-5	4	4-5	4-5	3	4-5
	0,1 g/L	4-5	3	4	4-5	4	4-5	4-5	3	4-5
	0,5 g/L	4-5	2	4	4-5	4	4-5	4-5	3	4-5
RED TT	Ticari Taşıyıcı	3-4	2	3-4	4-5	4-5	4-5	4-5	3-4	4-5
	0,025 g/L	3-4	2	3-4	4-5	4-5	4-5	4-5	3-5	4-5
	0,05 g/L	3-4	2	3-4	4-5	4-5	4-5	3-4	2	3-4
	0,1 g/L	3-4	2	3-4	4-5	4-5	4-5	4-5	3-4	4-5
	0,5 g/L	3-4	2	3-4	4-5	4-5	4-5	4-5	3-4	4-5
YELLOW P6G	Ticari Taşıyıcı	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	0,025 g/L	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	0,05 g/L	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	0,1 g/L	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	0,5 g/L	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
NAVY BLUE CERN	Ticari Taşıyıcı	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	3-4	2	2-3
	0,025 g/L	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	3-4	2	2-3
	0,05 g/L	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	3-4	2	2-3
	0,1 g/L	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	3-4	2	2-3
	0,5 g/L	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	3-4	2	2-3
BLACK NETRO SBL	Ticari Taşıyıcı	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	3-4	3	3
	0,025 g/L	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	3-4	3	3
	0,05 g/L	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	3-4	3	3
	0,1 g/L	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	3-4	3	3
	0,5 g/L	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	3-4	3	3



110°C, 120°C ve 130°C’de kumarin ve o-vanilin farklı derişimleri kullanılarak boyanan kumaşlara yapılan yıkama haslığı sonuçları ticari taşıyıcı ile boyanan kumaşlar ile karşılaştırıldığında bütün denemelerde ticari taşıyıcı ile aynı ve daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.

Kumarin, o-vanilin ve ticari taşıyıcı ile boyanmış kumaşların ISO 105-E04 yöntemine göre yapılan ter haslığı sonuçları ile ISO 105-X12 yöntemine göre sürtünmeye karşı renk haslığı sonuçları Çizelge 6-9’da verilmiştir

**Çizelge 6.** 110°C, 120°C ve 130°C’de kumarinin farklı derişimleri kullanılarak boyanan kumaşların sürtme haslığı sonuçları

Renk	Kons.	130°C		120°C		110°C		Renk	Kons.	130°C		120°C		110°C	
		Yaş	Kuru	Yaş	Kuru	Yaş	Kuru			Yaş	Kuru	Yaş	Kuru	Yaş	Kuru
GREEN P6B	Ticari Taşıyıcı	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	YELLOW P6G	Ticari Taşıyıcı	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	0,025 g/L	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5		0,025 g/L	4-5	4-5	3-4	3-4	4-5	4-5
	0,05 g/L	4-5	4-5	3-4	4-5	4-5	4-5		0,05 g/L	4-5	4-5	3-4	3-4	4-5	4-5
	0,1 g/L	4-5	4-5	3-4	3-4	4-5	4-5		0,1 g/L	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4-5
	0,5 g/L	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5		0,5 g/L	4-5	4-5	3-4	3-4	4-5	4-5
YELLOW BR. CERN	Ticari Taşıyıcı	4	4	3-4	3-4	4-5	4-5	NAVY BLUE CERN	Ticari Taşıyıcı	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4-5
	0,025 g/L	4	4	3-4	3-4	4-5	4-5		0,025 g/L	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4-5
	0,05 g/L	4	4	3-4	3-4	4-5	4-5		0,05 g/L	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4-5
	0,1 g/L	4	4	3-4	3-4	4-5	4-5		0,1 g/L	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4-5
	0,5 g/L	4	4	3-4	3-4	4-5	4-5		0,5 g/L	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4-5
RED TT	Ticari Taşıyıcı	4	4	4-5	4-5	4-5	4-5	BLACK NETRO SBL	Ticari Taşıyıcı	4-5	4	4-5	4-5	3-4	4-5
	0,025 g/L	4	4	4-5	4-5	4-5	4-5		0,025 g/L	4-5	4-5	4-5	4-5	3-4	4-5
	0,05 g/L	4	4	4-5	4-5	4-5	4-5		0,05 g/L	4-5	4	4-5	4-5	3-4	4-5
	0,1 g/L	4	4	4-5	4-5	4-5	4-5		0,1 g/L	4-5	4-5	4-5	4-5	3-4	4-5
	0,5 g/L	4	4	4-5	4-5	4-5	4-5		0,5 g/L	4-5	4-5	4-5	4-5	3-4	4-5

**Çizelge 7.** 110°C, 120°C ve 130°C’de o-vanilin farklı derişimleri kullanılarak boyanan kumaşların sürtme haslığı sonuçları

Renk	Kons.	130°C		120°C		110°C		Renk	Kons.	130°C		120°C		110°C	
		Yaş	Kuru	Yaş	Kuru	Yaş	Kuru			Yaş	Kuru	Yaş	Kuru	Yaş	Kuru
GREEN P6B	Ticari Taşıyıcı	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	YELLOW P6G	Ticari Taşıyıcı	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	0,025 g/L	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5		0,025 g/L	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	0,05 g/L	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5		0,05 g/L	3-4	3-4	4-5	4-5	4-5	4-5
	0,1 g/L	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5		0,1 g/L	4-5	3-4	4-5	4-5	4-5	4-5
	0,5 g/L	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5		0,5 g/L	4-5	4-5	4-5	3-4	4-5	4-5
YELLOW BR. CERN	Ticari Taşıyıcı	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	NAVY BLUE CERN	Ticari Taşıyıcı	4-5	4-5	3-4	4-5	3-4	3-4
	0,025 g/L	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5		0,025 g/L	4-5	4-5	4-5	3-4	3-4	2
	0,05 g/L	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5		0,05 g/L	4-5	4-5	4-5	4-5	2	2
	0,1 g/L	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5		0,1 g/L	4-5	4-5	3-4	3-4	3-4	2
	0,5 g/L	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5		0,5 g/L	4-5	4-5	4-5	4-5	2	1
RED TT	Ticari Taşıyıcı	4	4	4-5	4-5	4-5	4-5	BLACK NETRO SBL	Ticari Taşıyıcı	4-5	4	4-5	4-5	3-4	3-4
	0,025 g/L	4	4	4-5	4-5	4-5	4-5		0,025 g/L	4-5	4-5	4-5	4-5	2-3	2-3
	0,05 g/L	4	4	4-5	4-5	4-5	4-5		0,05 g/L	4-5	4	3-4	3-4	2	2-3
	0,1 g/L	4	4	4-5	4-5	4-5	4-5		0,1 g/L	4-5	4-5	4-5	4-5	2	2
	0,5 g/L	4	4	4-5	4-5	4-5	4-5		0,5 g/L	4-5	4-5	4-5	4-5	3-4	3-4

**Çizelge 8.** 110°C, 120°C ve 130°C’de kumarinin farklı derişimleri kullanılarak boyanan kumaşların ter haslığı sonuçları

Renk	Konsantrasyon	Hashk Türü	130°C			120°C			110°C			
			Pamuk	Naylon	Polyester	Pamuk	Naylon	Polyester	Pamuk	Naylon	Polyester	
GREEN P6B	Ticari Taşıyıcı	Asit	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4-5	
		Alkali	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
	0,025 g/L	Asit	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4-5	
		Alkali	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
	0,05 g/L	Asit	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4-5	
		Alkali	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4-5	
	0,1 g/L	Asit	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4-5	
		Alkali	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
	0,5 g/L	Asit	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4-5	
		Alkali	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4-5	
	YELLOW BR. CERN	Ticari Taşıyıcı	Asit	4-5	3-4	4-5	4	3-4	4	4-5	3-4	4-5
			Alkali	4-5	3-4	4-5	4	3-4	4	4-5	3-4	4-5
0,025 g/L		Asit	4-5	3-4	4-5	4	3-4	4	4-5	3-4	4-5	
		Alkali	4-5	3-4	4-5	4	3-4	4	4-5	3-4	4-5	
0,05 g/L		Asit	4-5	3-4	4-5	4	3-4	4	4-5	3-4	4-5	
		Alkali	4-5	3-4	4-5	4	3-4	4	4-5	3-4	4-5	
0,1 g/L		Asit	4-5	3-4	4-5	4	3-4	4	4-5	3-4	4-5	
		Alkali	4-5	3-4	4-5	4	3-4	4	4-5	3-4	4-5	
0,5 g/L		Asit	4-5	3-4	4-5	4	3-4	4	4-5	3-4	4-5	
		Alkali	4-5	3-4	4-5	4	3-4	4	4-5	3-4	4-5	
RED TT		Ticari Taşıyıcı	Asit	4	3-4	4	4-5	4-5	4-5	4	3-4	4
			Alkali	4	3-4	4	4-5	4-5	4-5	3-4	3-4	4
	0,025 g/L	Asit	4	3-4	4	4-5	4-5	4-5	3-4	3-4	4	
		Alkali	4	3-4	4	4-5	4-5	4-5	3	2-3	4	
	0,05 g/L	Asit	4	3-4	4	4-5	4-5	4-5	3	2-3	4	
		Alkali	4	3-4	4	4-5	4-5	4-5	3-4	3	4	
	0,1 g/L	Asit	4	3-4	4	4-5	4-5	4-5	3-4	3	4	
		Alkali	4	3-4	4	4-5	4-5	4-5	3-4	3	4	
	0,5 g/L	Asit	4	3-4	4	4-5	4-5	4-5	3-4	3-4	4	
		Alkali	4	3-4	4	4-5	4-5	4-5	3-4	3-4	4	
	YELLOW P6G	Ticari Taşıyıcı	Asit	4-5	4-5	4-5	4	3-4	4	4-5	4-5	4-5
			Alkali	4-5	4-5	4-5	4	3-4	4	4-5	4-5	4-5
0,025 g/L		Asit	4-5	4	4-5	4	3-4	4	4-5	4-5	4-5	
		Alkali	4-5	4	4-5	4	3-4	4	4-5	4-5	4-5	
0,05 g/L		Asit	4-5	4-5	4-5	4	3-4	4	4-5	4-5	4-5	
		Alkali	4-5	4-5	4-5	4	3-4	4	4-5	4-5	4-5	
0,1 g/L		Asit	4-5	4	4-5	4	3-4	4	4-5	4-5	4-5	
		Alkali	4-5	4	4-5	4	3-4	4	4-5	4-5	4-5	
0,5 g/L		Asit	4-5	4-5	4-5	4	3-4	4	4-5	4-5	4-5	
		Alkali	4-5	4-5	4-5	4	3-4	4	4-5	4-5	4-5	
NAVY BLUE CERN		Ticari Taşıyıcı	Asit	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5
			Alkali	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5
	0,025 g/L	Asit	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	
		Alkali	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	
	0,05 g/L	Asit	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	
		Alkali	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	
	0,1 g/L	Asit	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	
		Alkali	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	
	0,5 g/L	Asit	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	
		Alkali	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	
	BLACK NETRO SBL	Ticari Taşıyıcı	Asit	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4	3-4	4
			Alkali	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4	3-4	4
0,025 g/L		Asit	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4	3-4	4	
		Alkali	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4	3-4	4	
0,05 g/L		Asit	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4	3-4	4	
		Alkali	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4	3-4	4	
0,1 g/L		Asit	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4	3-4	4	
		Alkali	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4	3-4	4	
0,5 g/L		Asit	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4	3-4	4	
		Alkali	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4	3-4	4	

**Çizelge 9.** 110°C, 120°C ve 130°C’de o-vanilin farklı derişimleri kullanılarak boyanan kumaşların ter haslığı sonuçları

Renk	Konsantrasyon	Haslık Türü	130°C			120°C			110°C			
			Pamuk	Naylon	Polyester	Pamuk	Naylon	Polyester	Pamuk	Naylon	Polyester	
GREEN P6B	Ticari Taşıyıcı	Asit	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
		Alkali	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
	0,025 g/L	Asit	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
		Alkali	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
	0,05 g/L	Asit	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
		Alkali	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
	0,1 g/L	Asit	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
		Alkali	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
	0,5 g/L	Asit	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
		Alkali	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
	YELLOW BR. CERN	Ticari Taşıyıcı	Asit	4	3-4	4	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5
			Alkali	4	3-4	4	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5
0,025 g/L		Asit	4	3-4	4	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	
		Alkali	4	3-4	4	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	
0,05 g/L		Asit	4	3-4	4	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	
		Alkali	4	3-4	4	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	
0,1 g/L		Asit	4	3-4	4	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	
		Alkali	4	3-4	4	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	
0,5 g/L		Asit	4	3-4	4	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	
		Alkali	4	3-4	4	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	
RED TT		Ticari Taşıyıcı	Asit	4	3-4	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
			Alkali	4	3-4	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	0,025 g/L	Asit	4	3-4	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
		Alkali	4	3-4	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
	0,05 g/L	Asit	4	3-4	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
		Alkali	4	3-4	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
	0,1 g/L	Asit	4	3-4	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
		Alkali	4	3-4	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
	0,5 g/L	Asit	4	3-4	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
		Alkali	4	3-4	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
	YELLOW P6G	Ticari Taşıyıcı	Asit	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
			Alkali	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
0,025 g/L		Asit	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
		Alkali	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
0,05 g/L		Asit	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
		Alkali	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
0,1 g/L		Asit	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
		Alkali	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
0,5 g/L		Asit	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
		Alkali	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	
NAVY BLUE CERN		Ticari Taşıyıcı	Asit	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4	3-4	3-4
			Alkali	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4	3-4	3-4
	0,025 g/L	Asit	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4	3-4	3-4	
		Alkali	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4	3-4	3-4	
	0,05 g/L	Asit	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4	3-4	3-4	
		Alkali	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4	3-4	3-4	
	0,1 g/L	Asit	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4	3-4	3-4	
		Alkali	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4	3-4	3-4	
	0,5 g/L	Asit	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4	3-4	3-4	
		Alkali	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4	3-4	3-4	
	BLACK NETRO SBL	Ticari Taşıyıcı	Asit	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4	3-4	3-4
			Alkali	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4	3-4	3-4
0,025 g/L		Asit	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4	3-4	3-4	
		Alkali	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4	3-4	3-4	
0,05 g/L		Asit	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4	3-4	3-4	
		Alkali	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4	3-4	3-4	
0,1 g/L		Asit	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4	3-4	3-4	
		Alkali	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4	3-4	3-4	
0,5 g/L		Asit	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4	3-4	3-4	
		Alkali	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4	3-4	3-4	

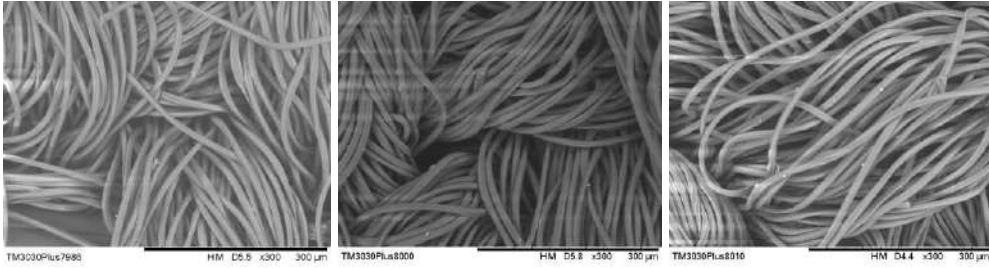
Sürtme haslığı ve ter haslığı testlerinde yapılan karşılaştırma değerlerine göre farklı tannik asit derişimleri kullanılarak boyama sonrası elde edilen kumaşların haslık değerleri daha iyi bulunmuştur. Buna göre tannik asit kullanımı boyama sonrası polyester kumaşın özelliklerini, tere ve sürtünmeye karşı yapısını korumaktadır.

### 3.3. SEM Analizi

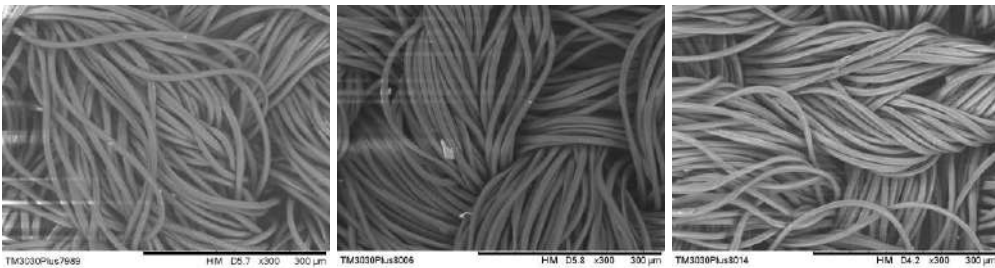
110°C, 120°C ve 130°C’de kumarin ve o-vanilinin farklı derişimleri kullanılarak boyama sonrası elde edilen kumaşların ve ticari taşıyıcı ile yapılan boyama sonrası elde edilen kumaşların SEM görüntüleri elde edilmiştir (Şekil 1-4). Buna göre yapılan karşılaştırma değerlerine göre kumarin ve o-vanilinin farklı derişimleri kullanılarak boyama sonrası elde edilen kumaşların, ham kumaşa göre lif yapısının bozunmadığı, korunduğu ayrıca kumarin ve o-vanilinin kumaşta tutunduğu gözlenmiştir.



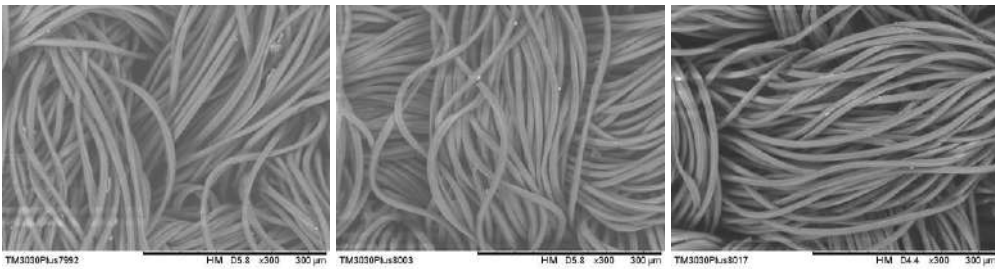
Şekil 1. Ham dokuma kumaş



Şekil 2. Sırası ile 110°C, 120°C ve 130°C’de Ticari taşıyıcı ile boyanmış kumaşlar



Şekil 3. Sırası ile 110°C, 120°C ve 130°C’de kumarin ile boyanmış kumaşlar



Şekil 4. Sırası ile 110°C, 120°C ve 130°C’de o-vanilin ile boyanmış kumaşlar

## 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, ticari taşıyıcılara çevre dostu bir alternatif olarak kumarin ve o-vanilinin polyester kumaşların boyanmasında kullanımı değerlendirilmiştir. Denemeler 110°C, 120°C ve 130°C sıcaklıklarda farklı derişimlerde gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Kumarin, tüm sıcaklıklarda ve derişimlerde elde edilen renk verimi (K/S değeri) bakımından ticari taşıyıcılarla benzer sonuçlar vermiş, kumaşlara daha yüksek renk verimi sağlamıştır.  $\Delta E$  değerleri, tüm denemelerde 1'in altında veya 1'e yakın bulunmuştur, bu da renk doğruluğunun ticari taşıyıcılardan daha iyi olduğunu göstermektedir. o-vanilin ise 130°C'de 1'in altında  $\Delta E$  değeri sunmuş, ancak daha düşük sıcaklıklarda bu değer artmıştır. Bütün haslık sonuçları incelendiğinde, her iki ekolojik taşıyıcı da ticari taşıyıcılarla eşdeğer veya daha iyi sonuçlar sağlamıştır. Sonuç olarak, bu çalışma kumarin ve o-vanilinin, polyester kumaşların boyanmasında çevre dostu alternatif taşıyıcılar olarak kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır. Kumarin, özellikle renk doğruluğu ve dispers boyar maddenin tutunması açısından ticari taşıyıcılara kıyasla daha üstün performans sergilerken, o-vanilin de yüksek sıcaklıklarda etkin bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Bu bulgular, tekstil endüstrisinde sürdürülebilirlik çabalarına katkı sağlama potansiyeline sahip yenilikçi boyama yöntemlerinin geliştirilmesine ışık tutmaktadır.

## 5. KAYNAKLAR

Ahmed, N. S. E., Nassar, S. H., Kantouch, F. A., & El-Shishtawy, R. M. (2020). A novel green continuous dyeing of polyester fabric with excellent color data. *Egyptian Journal of Chemistry*, 63(1), 1–14. <https://doi.org/10.21608/ejchem.2020.22055.2318>

Arya, S. S., Sharma, M. M., Das, R. K., Rookes, J., Cahill, D., & Lenka, S. K. (2019). Vanillin mediated green synthesis and application of gold nanoparticles for reversal of antimicrobial resistance in *Pseudomonas aeruginosa* clinical isolates. *Heliyon*, 5(7), e02021. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2019.E02021>

Lima, C. N., Silva, K. K. O. S., Nascimento, J. H. O., Rossi, C. G. F. T., Granato, M. A., & Oliveira, F. R. (2022). Optimization of the polyester fabric dyeing process using coumarin as a green carrier. In *Textile Research Journal* (Vol. 92, Issues 19–20, pp. 3875–3888). SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.1177/00405175211026539>

Ma, W., Zhang, Q., Li, X., Ma, Y., Liu, Y., Hu, S., Zhou, Z., Zhang, R., Du, K., Syed, A., Yao, X., & Chen, P. (2020). IPM712, a vanillin derivative as potential antitumor agents, displays better antitumor activity in colorectal cancers cell lines. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 152, 105464. <https://doi.org/10.1016/J.EJPS.2020.105464>

Pasquet, V., Perwuelz, A., Behary, N., & Isaad, J. (2013). Vanillin, a potential carrier for low temperature dyeing of polyester fabrics. *Journal of Cleaner Production*, 43, 20–26. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.12.032>

Sharma, V., & Wazed Ali, S. (2022). A greener approach to impart multiple functionalities on polyester fabric using Schiff base of vanillin and benzyl amine. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 27. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100645>

Souissi, M., Khiari, R., Zaag, M., Meksi, N., & Dhaouadi, H. (2021). Ecological and cleaner process for dyeing bicomponent polyester filaments (PET/PTT) using ecological carriers: analysis of dyeing performance. *RSC Advances*, 11(42), 25830–25840. <https://doi.org/10.1039/d1ra04771j>

Wang, X., Wang, J., He, J., Gu, X., & Qin, K. (2023). A comparative study on dyeing properties of iterative polyester and ordinary polyester dyed with disperse dyes. *Journal of the Textile Institute*, 114(5), 774–781. <https://doi.org/10.1080/00405000.2022.2079821>

# AVRUPA BİRLİĞİ TEKSTİLDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK STRATEJİSİ - TÜKETİCİ FARKINDALIĞININ ARTIRILMASI

Müslüm KAPLAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bartın Üniversitesi, Mühendislik, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü,  
Bartın, Türkiye

## ÖZET

Tekstiller, gün boyunca herkes tarafından kullanılan ve tüm vücudu kaplayan ürünlerdir. Giyim ve moda alanlarından teknik ve ev ürünlerine kadar çeşitli ürün ve sektörlerde kullanılırlar. Ayrıca, tekstil sektörü kaynak yoğun bir sektördür ve önemli iklim ve çevresel etkilere sahiptir. Avrupa Birliği (AB) Tekstilde Sürdürülebilirlik Stratejisi (EUSusTex) projesi, lisans öğrencileri ve yerel halk arasında AB'nin Döngüsel Ekonomi ve Sürdürülebilir Tekstiller Stratejisi hakkında farkındalık oluşturmayı amaçlamaktadır. AB Yeşil Mütabakat (Green Deal), Döngüsel Ekonomi (Circular Economy) Eylem Planı, Avrupa Endüstri Stratejisi ve Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SDG'ler) gibi önemli sürdürülebilirlik çerçeveleriyle uyumlu olan EUSusTex girişimi, yeni döngüsel ve sürdürülebilir politikaların izlenmesini simgeler. Tekstil malzemelerinin, süreçlerinin ve atıklarının iklim ve çevresel etkilerini inceleyerek, döngüsel bir ekonomiye geçişi kolaylaştırmayı ve AB'nin genel sürdürülebilirlik ajandasıyla uyumlu hale getirmeyi amaçlar. Bu çalışmada, EUSusTex projesinin ana hedeflerini ve temalarını tanıttık, öğrenciler ve yerel topluluklar arasında farkındalık oluşturma ve sürdürülebilir uygulamaları teşvik etme rolü vurgulanacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Sürdürülebilirlik, Döngüsel ekonomi, İklim değişikliği, Tüketici farkındalığı

## EU STRATEGY FOR SUSTAINABLE TEXTILES -RAISING CONSUMER AWARENESS

### ABSTRACT

Textiles, encompassing a wide range of products and sectors, are ubiquitous in daily human life. Their production and utilization, however, are resource-intensive and associated with substantial climate and environmental impacts. The European Union (EU) Strategy for Sustainability in Textiles (EUSusTex) project aims to raise awareness about the EU's Circular Economy and Sustainable Textiles Strategy among undergraduate students and the local community. EUSusTex is aligned with key sustainability frameworks, including the EU Green Deal, the Circular Economy Action Plan, the European Industrial Strategy, and the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs). The project endeavours to facilitate the transition towards a circular economy by examining the climate and environmental impacts of textile materials, processes, and waste. This transition is intended to be harmonized with the EU's overarching sustainability agenda. This paper will outline the principal objectives and thematic focuses of the EUSusTex project, emphasizing its role in raising awareness and fostering sustainable practices within both academic and local community settings.

**Keywords:** Sustainability, Circular economy, Climate change, Consumer awareness

### 1.GİRİŞ

Tekstiller, günlük yaşamda toplumun her kesimi tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır. Giyimden ev eşyalarına, temizlik ürünlerinden teknik malzemelere kadar geniş bir yelpazede yer alırlar. Ancak, bu yaygın kullanımın ardında, hammadde ve su tüketimi açısından dördüncü, sera gazı emisyonları açısından ise beşinci sırada yer alan, kaynak yoğun ve çevresel etkileri yüksek bir endüstri bulunmaktadır.

Küresel tekstil üretiminin yalnızca %1'inden azının yeni elyaflara dönüştürüldüğü ve geri dönüşümün çoğunlukla düşük değerli uygulamalarda kullanıldığı düşünüldüğünde, sürdürülebilirlik sorunu daha da belirginleşmektedir (EC, 2020). Özellikle hızlı moda sektöründeki yüksek ciro, kar odaklılık ve düşük fiyat politikaları, hem işçi haklarının ihlaline hem de doğal kaynakların aşırı tüketimine yol açmaktadır. Bu durum, tekstil endüstrisini tehlikeli kimyasalların neden olduğu kirlilik, yüksek miktarda atık üretimi, kötü çalışma koşulları ve insan hakları ihlalleriyle ilişkilendirir hale getirmiştir.

Avrupa Birliği (AB), hem en büyük küresel tekstil pazarlarından biri olması hem de sektördeki etkili şirketlere ev sahipliği yapması nedeniyle, bu alandaki sürdürülebilirlik dönüşümünde kritik bir rol oynamaktadır. AB'deki tekstil ve moda şirketlerinin yıllık 169 milyar Euro ciroya ve 1.7 milyon üzerinde istihdama sahip olduğu (Euratex, 2019) düşünüldüğünde, bu dönüşümün ekonomik etkileri de göz ardı edilemez. Ancak, ekonomik büyüme çevresel maliyetler pahasına olmamalıdır. Nitekim, moda endüstrisinin küresel karbon emisyonlarının %10'undan sorumlu olduğu gerçeği, AB'yi daha sıkı çevresel düzenlemelere yönlendirmiştir (Ohana, 2021).

Avrupa Yeşil Mütabakatı (EC, 2024), Döngüsel Ekonomi Eylem Planı (EC, 2020) ve Avrupa Sanayi Stratejisi (EC, 2021) gibi kapsamlı politika çerçeveleri, tekstil sektörünü öncelikli bir alan olarak belirlemiştir. 2021 yılında Avrupa Komisyonu tarafından yayınlanan "AB'nin Sürdürülebilir ve Döngüsel Tekstil Stratejisi" (EC, 2023), sektörün rekabet gücünü, sürdürülebilirliğini ve dayanıklılığını artırmayı hedefleyen kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır. Bu strateji, eko-tasarım önlemleri, ikincil hammaddelerin kullanımı, döngüsel iş modelleri ve uluslararası işbirliği gibi çok yönlü yaklaşımlarla tekstil endüstrisinin döngüsel ekonomiye geçişini hızlandırmayı amaçlamaktadır.

EUSusTex projesi, lisans öğrencileri ve yerel halk arasında AB Sürdürülebilir Tekstil Stratejisi hakkında farkındalık yaratmayı hedefleyerek, bu dönüşümde önemli bir rol üstlenmektedir. Proje, katılımcıların AB Yeşil Mütabakatı, Döngüsel Ekonomi Eylem Planı, Avrupa Sanayi Stratejisi ve Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri hakkında bilgi sahibi olmalarını sağlayarak, sürdürülebilir tekstil üretimi ve tüketimi konusunda bilinçli bir toplum oluşturmayı amaçlamaktadır.

## **2.TEKSTİL SEKTÖRÜNDE KAYNAK KULLANIMI VE ÇEVRESEL ETKİLER**

Tekstil endüstrisi, özellikle boyama ve terbiye süreçlerinde, yüksek miktarda su ve kimyasal tüketimi ile öne çıkan bir sektördür. Bu durum, önemli çevresel etkiler doğurmaktadır. Tekstil ürünlerini üretmek için çok fazla suya, ayrıca pamuk ve diğer elyafları yetiştirmek için de toprağa ihtiyaç vardır. Tek bir pamuklu tişörtün üretimi için tahminlere göre 2.700 litre tatlı su gerekmektedir; bu da bir kişinin 2,5 yıllık su içme ihtiyacını karşılamaya yetmektedir. Su tüketimi, işletmede 1 kg tekstil ürünü başına 95 ila 400 litre arasında değişmekte ve Türkiye'de 1 ton kumaş üretimi için 20 ila 230 metreküp su kullanılabilir. Kimyasal tüketimi ise, üretilen tekstil ürününün ağırlığının %10'u ila %100'ü arasında değişebilmektedir. Bu kimyasalların bir kısmı, biyolojik olarak parçalanamamakta ve sucul yaşam üzerinde toksik etki yaratabilmektedir (EP, 2024).

Tekstil üretiminin her aşaması farklı çevresel etkilere sahiptir. Elyaf üretimi, özellikle pamuk ve yün gibi doğal elyaflar söz konusu olduğunda, yüksek miktarda su, gübre ve pestisit kullanımını gerektirebilir. Sentetik elyaf üretimi ise, kanserojen kimyasalların kullanımı ve enerji yoğunluğu ile dikkat çekmektedir. İplik ve kumaş üretimi aşamalarında kullanılan kimyasallar, daha sonraki terbiye işlemlerinde önemli çevresel etkilere neden olabilir.

Terbiye işlemleri, kumaşa istenen özellikleri kazandırmak için kullanılan kimyasallardan dolayı, yüksek kirlilik yüküne sahip atıksuların oluşmasına yol açabilir. Boyama sürecinde kullanılan boyarmaddeler, yardımcı kimyasallar ve tuz gibi maddeler, sucul yaşam için toksik olabilir ve su kaynaklarının kirlenmesine neden olabilir. Baskı işlemi de benzer şekilde, kullanılan kimyasallar ve atık boyalar nedeniyle çevresel etkiler yaratır. Bitim işlemleri ve kaplama/laminasyon süreçleri de, kullanılan kimyasalların doğası gereği, hava emisyonları ve atıksu kirliliği gibi sorunlara yol açabilir.

Tekstil üretiminin, boyama ve terbiye ürünlerinden kaynaklanan küresel temiz su kirliliğinin yaklaşık %20'sinden sorumlu olduğu tahmin edilmektedir. Ortalama 6 kg ağırlığındaki polyester bazlı çamaşırın makinede yıkanması, besin zincirine ulaşabilecek 700.000 mikroplastik lifin açığa çıkmasına neden olabilir. Sentetik ürünlerin yıkanması, her yıl okyanusların dibinde yarım milyon tondan fazla mikroplastik birikmesine yol açmaktadır. Bu da iklim değişikliği sorununun yanı sıra hazır giyim üretiminin yarattığı kirlilik de yerel halkın, hayvanların ve fabrikaların bulunduğu ekosistemlerin sağlığı üzerinde yıkıcı bir etkiye sahiptir (Williams, 2016).

Moda endüstrisinin küresel karbon emisyonlarının %10'undan sorumlu olduğu tahmin edilmektedir. Bu oran uluslararası uçuşlar ve deniz taşımacılığının toplamından daha fazladır. Avrupa Çevre Ajansı'na göre, 2020 yılında AB'de satın alınan tekstil ürünleri kişi başına yaklaşık 270 kg CO<sub>2</sub> emisyonu yaratmıştır. Bu da AB'de tüketilen tekstil ürünlerinin 121 milyon ton sera gazı emisyonuna yol açtığı anlamına geliyor (EP, 2024).

İnsanların istenmeyen giysilerden kurtulma şekli de değişmiş, giysiler bağışlanmak yerine çöpe atılır olmuştur. Kullanılmış giysilerin yarısından azı yeniden kullanım veya geri dönüşüm için toplanmakta ve giysilerin işlenmemiş elyafa dönüştürülmesini sağlayacak teknolojiler yeni yeni ortaya çıkmaya başladığından, kullanılmış giysilerin yalnızca %1'i yeni giysilere dönüştürülmektedir. Ortalama olarak Avrupalılar her yıl yaklaşık 26 kilo tekstil kullanıyor ve bunun yaklaşık 11 kilosunu çöpe atmaktadır. Kullanılmış giysiler AB dışına ihraç edilebilse de, çoğunlukla (%87) yakılmakta veya çöpe atılmaktadır (EP, 2024).

Hızlı modanın yükselişi, kısmen sosyal medyanın ve moda trendlerini geçmişe kıyasla daha hızlı bir şekilde daha fazla tüketiciye ulaştıran endüstrinin etkisiyle tüketimdeki artışta çok önemli olmuştur. Bu sorunu çözmeye yönelik yeni stratejiler arasında kıyafet kiralama için yeni iş modelleri geliştirmek, ürünleri yeniden kullanımı ve geri dönüşümü kolaylaştıracak şekilde tasarlamak (döngüsel moda), tüketicileri daha uzun süre dayanan, daha kaliteli kıyafetler almaya ikna etmek (yavaş moda) yer almakta ve genel olarak tüketici davranışını daha sürdürülebilir seçeneklere yönlendirmektedir.

### **3.AB SÜRDÜRÜLEBİLİR VE DÖNGÜSEL TEKSTİLLER STRATEJİSİ**

Avrupa Komisyonu'nun AB Sürdürülebilir ve Döngüsel Tekstil Stratejisi, tekstil endüstrisini daha sürdürülebilir ve döngüsel bir yapıya kavuşturmayı hedefleyen kapsamlı bir çerçevedir. Bu strateji, tekstil üretimi ve tüketiminin çevresel ve sosyal etkilerini ele alırken, endüstrinin kaynak tüketimi, kirlilik ve atık üretimi gibi önemli çevresel ayak izini azaltmayı amaçlamaktadır.

Strateji, tekstil ürünlerinin tasarım ve üretiminden tüketim ve atık yönetimine kadar olan tüm yaşam döngüsü boyunca sistematik değişikliklere ihtiyaç duyulduğunu vurgulamaktadır. Aynı zamanda, adil çalışma uygulamaları ve tüketici güçlendirmesi gibi sosyal sorumluluk ilkelerini de ön planda tutmaktadır. AB, bu strateji ile tekstil endüstrisini çevresel sürdürülebilirlik ve sosyal sorumluluk ilkeleri doğrultusunda yeniden şekillendirmeyi hedeflemektedir.

#### **3.1.Tasarım ve Üretim**

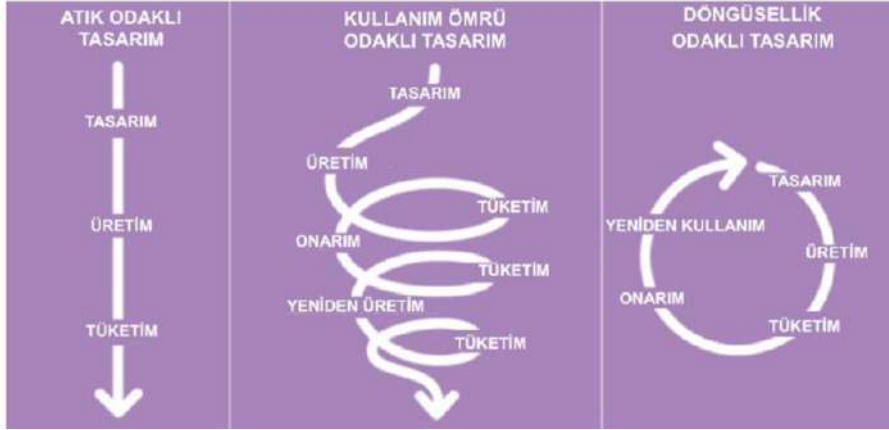
Stratejinin merkezinde, sürdürülebilir malzemeler ve ekotasarım ilkelerinin teşvik edilmesi yer almaktadır. Ekotasarım, tekstil ürünlerinin ömrünü uzatmayı ve geri dönüştürülebilirliklerini artırmayı amaçlamaktadır. Sürdürülebilir malzemelerin kullanımını teşvik ederek, tekstil üretiminin çevresel ayak izini azaltmayı hedeflemektedir. Ekotasarım ilkeleri, üreticilerin dayanıklı, tamir edilebilir ve daha kolay geri dönüştürülebilir ürünler yaratmalarını yönlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu yaklaşım, atıkları azaltmanın yanı sıra kaynakları koruyarak döngüsel ekonomi hedefleri ile uyumlu hale gelmektedir.

#### **3.2.Sürdürülebilir Tüketim**



AB Sürdürülebilir ve Döngüsel Tekstil Stratejisi, tüketicilerin sürdürülebilir tüketim modellerini yönlendirmedeki önemli rolünü kabul ederek, tüketici güçlendirmesini temel taşlarından biri olarak görmektedir. Stratejinin bir diğer önemli unsuru ise sürdürülebilir tüketim kalıplarının teşvik edilmesidir.

Tüketici güçlendirmesi kapsamında, strateji, tüketicilere tekstil ürünlerinin çevresel ve sosyal etkisi hakkında doğru ve şeffaf bilgiler sunarak, bilinçli seçimler yapmalarını sağlamayı amaçlamaktadır. Bu amaçla, ürünün menşei, bileşimi ve çevresel etkisi hakkında ayrıntılı bilgiler sunan dijital ürün pasaportları gibi araçlar kullanılmaktadır. Tüketiciler, bu bilgiler sayesinde tekstil ürünlerinin sürdürülebilirlik özelliklerini değerlendirebilmekte ve daha çevre dostu seçimler yapabilmektedir.



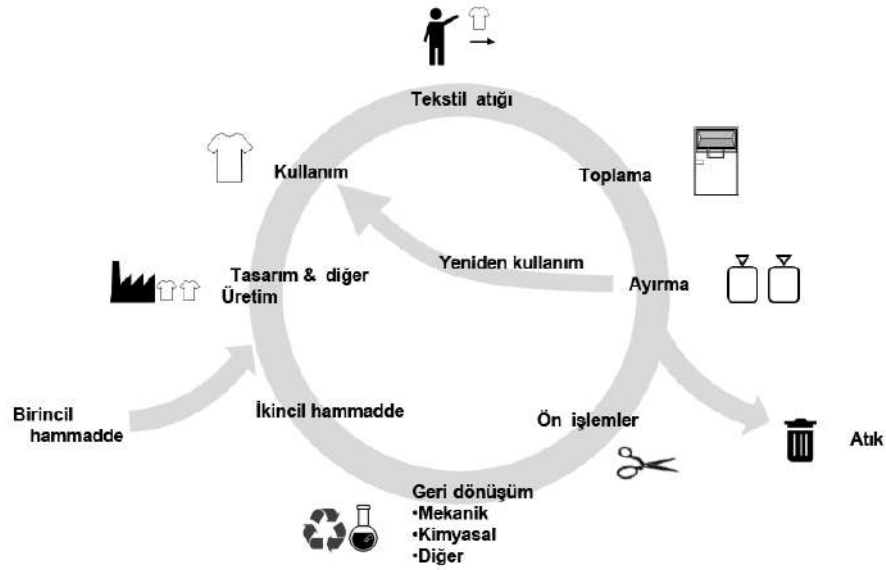
**Şekil 1.** Tüketimde paradigma değişimi

Sürdürülebilir tüketim kalıplarını teşvik etmek için ise tüketicilerin daha çevre dostu seçimler yapmaları, uzun ömürlü ve yeniden kullanım ve tamir için tasarlanmış ürünleri tercih etmeleri teşvik edilmektedir. Kamu farkındalık kampanyaları ve eğitim girişimleri, tüketici davranışlarını sürdürülebilirliğe yönlendirmek amacıyla bu çabaların bir parçasıdır. Ayrıca, strateji, tamir, yeniden kullanım ve ikinci el pazarlarını destekleyen girişimlerle tekstil atıklarının azaltılmasını savunmaktadır.

Tüketiciler arasında sürdürülebilirlik kültürünü oluşturarak ve onları bilinçli seçimler yapmaya teşvik ederek, tekstil tüketiminin çevresel etkisi önemli ölçüde azaltılabilecektir. Bu da AB'nin döngüsel ekonomiye geçiş hedeflerine (Şekil 1) ulaşmasında kritik bir rol oynayacaktır.

### 3.3. Atık Yönetimi

Stratejinin temel bileşenlerinden biri de atık yönetimi uygulamalarının iyileştirilmesidir (Şekil 2). AB, tekstil atıklarının toplanması, ayrıştırılması ve geri dönüştürülmesini geliştirmeyi, böylece çöplüklere ve yakmaya gönderilen miktarı en aza indirmeyi hedeflemektedir. Bu, tekstil atık yönetimi için daha verimli sistemlerin geliştirilmesini ve geri dönüşüm altyapısının büyümesini desteklemeyi içermektedir. Bu süreçlerin iyileştirilmesiyle, değerli malzemelerin geri kazanılması ve üretim döngüsüne yeniden kazandırılması sağlanarak döngüsel ekonomi teşvik edilmektedir. Strateji ayrıca karmaşık malzemeleri ve karışımları daha etkili bir şekilde işleyebilecek yeni teknolojilerin ve süreçlerin geliştirilmesini teşvik etmektedir.



Şekil 2. Tekstil Atıklarından Yeni Ürünlere

### 3.4.Şeffaflık ve İzlenebilirlik

Tekstil tedarik zincirinde şeffaflığın ve izlenebilirliğin artırılması, sorumlu tedarik ve üretim uygulamalarının sağlanması için esastır. Strateji, tüketicilerin ve işletmelerin tekstil ürünlerinin kökenlerini ve çevresel etkilerini takip etmelerine olanak tanıyan sistemlerin uygulanmasını çağrıştırmaktadır. Bu, tekstillerin sürdürülebilirlik kimlik bilgileri hakkında bilgi sağlayan dijital araçların ve platformların kullanımını içermektedir. Tedarik zincirinin daha şeffaf hale getirilmesiyle, strateji şirketlerin çevresel ve sosyal etkileri konusunda hesap verebilir olmalarını sağlamayı ve tüketicilere bilinçli seçimler yapmaları için güç vermeyi amaçlamaktadır.

### 3.5.Yenilik ve Yatırım

Stratejinin bir diğer köşe taşı, sürdürülebilir tekstil teknolojileri ve süreçleri konusunda araştırma ve yeniliği desteklemektir. AB, yeni malzemelerin, üretim yöntemlerinin ve sürdürülebilirlik ve döngüsellik teşvik eden iş modellerinin geliştirilmesine yatırım yapmayı planlamaktadır. Bu, tekstil sektörünün karşılaştığı zorluklara yenilikçi çözümler arayan araştırma projeleri ve girişimleri için fon sağlamayı içermektedir. Yeniliği teşvik ederek, strateji endüstriyi daha sürdürülebilir uygulamalara yönlendirmeyi ve çevresel ayak izini azaltmayı amaçlamaktadır. Ayrıca, strateji, hizmet olarak ürün gibi döngüsel iş modellerinin benimsenmesini teşvik etmekte, bu da daha sürdürülebilir ve dayanıklı bir tekstil sektörüne katkıda bulunmaktadır.

### 3.6.Daha Geniş Hedeflerle Uyum

AB Sürdürülebilir ve Döngüsel Tekstil Stratejisi, Avrupa Yeşil Mütabakatı ve Döngüsel Ekonomi Eylem Planı'nın daha geniş hedefleriyle uyumludur. Bu kapsamlı çerçeveler, Avrupa'yı 2050 yılına kadar ilk iklim nötr kıta haline getirmeyi ve döngüsel ekonomiye geçişi hedeflemektedir. Tekstil sektöründe sürdürülebilirlik ve döngüsellik odaklanarak, strateji bu hedeflere katkıda bulunmakta, kaynak kullanımından ve çevresel bozulmadan bağımsız ekonomik büyümeyi teşvik etmektedir.

Sonuç olarak, AB Sürdürülebilir ve Döngüsel Tekstil Stratejisi, tekstil endüstrisini dönüştürmek için önemli bir adımı temsil etmektedir. Tekstillerin tüm yaşam döngüsünü ele alarak ve sürdürülebilir uygulamaları teşvik ederek, strateji sektörün çevresel ve sosyal etkilerini azaltmayı amaçlamaktadır. Düzenleyici önlemler, teşvikler ve yeniliği destekleme kombinasyonu yoluyla strateji, 2030 yılına kadar daha sürdürülebilir ve döngüsel bir tekstil endüstrisi yaratmayı hedeflemektedir. Bu kapsamlı

yaklaşım, yalnızca çevreyi korumakla kalmayıp aynı zamanda ekonomik dayanıklılığı ve sosyal refahı da destekleyerek sürdürülebilir bir geleceğe zemin hazırlamaktadır.

#### **4.TÜKETİCİ FARKINDALIĞININ ARTIRILMASI**

Tekstil ve giyim endüstrileri, milyonlarca üretici ve milyarlarca tüketicinin katıldığı doğrusal değer zincirleriyle küresel ölçekte faaliyet göstermektedir. Bu zincirler, yeniden kullanım veya geri dönüşümün minimum düzeyde olduğu "hızlı moda" modeliyle tanımlanmakta ve önemli çevresel hasar ve kaynak tükenmesine yol açmaktadır. Özellikle polyester gibi sentetik liflerin üretimi, maliyet etkinliği ve çok yönlülüğü nedeniyle artış göstermiştir. Ancak, bu artış kaynak tüketimi, arazi kullanımı, iklim değişikliği ve kirlilik gibi çevresel sorunları da artırmıştır.

Mevcut doğrusal yaklaşım— "al, yap, kullan, at"— büyük miktarda atık ve çevresel zarara neden olmaktadır. Giysilerin yeniden kullanıldığı, geri dönüştürüldüğü ve genel çevresel etkinin azaltıldığı döngüsel bir ekonomiye geçiş zorunludur. Bu geçiş, daha sürdürülebilir ve hesap verebilir bir tekstil sistemi oluşturmayı amaçlayan AB Yeşil Mütabakatı ve Tekstil Stratejisi ile uyumludur.

Tedarik zincirindeki tüm paydaşlar, üreticilerden tüketicilere ve perakendecilere kadar, tekstillerin çevresel ayak izini azaltmaya katkıda bulunmalıdır. Üreticiler, lif üretimi, boyama ve bitim işlemlerinde sürdürülebilir uygulamalar benimseyebilir. Tüketiciler, yıkama uygulamaları konusunda bilinçli tercihler yapabilir, giysilerinin ömrünü uzatabilir ve geri dönüşümü teşvik edebilir. Perakendeciler, tüketici davranışlarını etkileyebilir ve sürdürülebilir seçenekleri teşvik edebilir.

AB Sürdürülebilir ve Döngüsel Tekstil Stratejisi'nin başarısı, büyük ölçüde tüketici farkındalığının artırılmasına bağlıdır. Tüketiciler, sürdürülebilir tekstil ürünlerini talep ederek ve bilinçli tüketim alışkanlıkları benimseyerek, endüstrinin dönüşümünde kritik bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, tüketicilerin tekstil ürünlerinin çevresel ve sosyal etkileri konusunda bilinçlendirilmesi ve sürdürülebilir seçeneklere yönlendirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Tüketici farkındalığının artırılması için çeşitli stratejiler uygulanabilir. Bilgilendirme kampanyaları, eğitim programları, etiketleme sistemleri ve sosyal medya gibi araçlar, tüketicilere tekstil ürünlerinin sürdürülebilirlik performansı hakkında bilgi sağlamak için kullanılabilir. Ayrıca, sürdürülebilir tekstil ürünlerinin bulunabilirliğini artırmak, tüketicilerin bu ürünleri tercih etmelerini kolaylaştıracaktır.

Tüketici farkındalığının artırılması, yalnızca çevresel sürdürülebilirlik açısından değil, aynı zamanda sosyal sorumluluk açısından da önemlidir. Tüketiciler, adil ticaret ve etik üretim uygulamalarını destekleyen ürünleri tercih ederek, tekstil endüstrisindeki işçi hakları ve çalışma koşullarının iyileştirilmesine katkıda bulunabilirler.

Başarılı bir sürdürülebilir tekstil stratejisi, hükümetler, üreticiler ve bireyler arasında işbirliği gerektirir. Bu ortak çaba, insan ve gezegenin refahını önceliklendiren ortak ilkelere, değerlere ve hedeflere dayandırılmalıdır. EUSusTex projesi, sürdürülebilir tekstiller, döngüsel ekonomi politikaları ve tekstil malzemeleri ve süreçlerinin çevresel etkileri üzerine odaklanan eğitim faaliyetleri ve etkinlikler geliştirmeyi amaçlamaktadır.

Döngüsellığı, yeniliği ve sorumlu uygulamaları teşvik ederek, tekstil endüstrisi daha yeşil ve daha sürdürülebilir bir geleceğe önemli katkılar sağlayabilir. Tüketiciler, bilinçli tercihler yaparak ve sürdürülebilir ürünleri talep ederek, tekstil endüstrisinin daha sürdürülebilir ve döngüsel bir yapıya kavuşmasına katkıda bulunabilirler. Bu da hem çevresel hem de sosyal açıdan daha adil ve sürdürülebilir bir tekstil endüstrisi için umut verici bir gelecek vaat etmektedir.

#### **5.EUSusTex - GENÇLERİ SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞE YÖNLENDİRME PROJESİ**

Tekstil ürünleri, hayatımızın her alanında kullandığımız temel ihtiyaçlar arasında yer almaktadır. Bu nedenle, döngüsel ekonomi ve sürdürülebilir tekstil politikalarına toplumun her kesiminin, özellikle de gençlerin katılımı büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, lisans öğrencilerinin çevresel farkındalığını artırmak, tekstil kaynaklı kirliliği azaltmak ve toplumda dairesel değer zinciri bilincini oluşturmak kritik hedefler olarak öne çıkmaktadır.

Bu hedeflere ulaşmak için tasarlanan EUSusTex projesi, yükseköğrenim öğrencilerine çevre politikaları ve tekstil endüstrisinin çevresel etkileri konusunda eğitim vermeyi amaçlamaktadır. Proje, sadece tekstil mühendisliği veya tekstil teknolojisi öğrencileriyle sınırlı kalmayıp, diğer bölümlerden öğrencileri de kapsayarak geniş bir etki alanı yaratmayı hedeflemektedir.

Projenin temel amaçları şunlardır:

- Gençlerin AB Yeşil Anlaşması, Dairesel Ekonomi Eylem Planı, Avrupa Sanayi Stratejisi ve BM Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri gibi yeni dairesel ve sürdürülebilir politikalar konusunda farkındalığını artırmak.
- Tekstil materyallerinin, süreçlerinin ve atıklarının iklim ve çevresel etkilerini AB Sürdürülebilir Tekstil Stratejisi ve AB'nin dairesel ekonomi politikaları açısından öğretmek.
- 4R kavramına (yeniden kullanma, azaltma, geri dönüşüm ve yeniden satın alma) katkıda bulunmak.

Proje kapsamında, haftada 3 saatlik derslerle öğrencilere AB politikaları, çevre ve sürdürülebilirlik konularında eğitim verilmektedir. Dersler, alanında uzman kişiler tarafından desteklenmekte ve her dönem düzenlenen fabrika gezileriyle öğrencilerin tekstil üretim süreçlerini yerinde görmeleri sağlanmaktadır.

EUSusTex'in hedefi, Türkiye'de döngüsel ekonomiye geçişi hızlandırarak COVID-19 pandemisi sonrası daha yeşil bir şekilde çıkış yapmamıza katkı sağlamaktır. Bu sayede gençlerin gücüyle, daha sürdürülebilir bir tekstil endüstrisi ve daha yaşanabilir bir dünya için önemli bir adım atılmış olacaktır.

## 6.SONUÇLAR

Bu çalışmanın sonuçları, günlük yaşamda giderek artan iklim değişikliği, sera gazı etkisi, küresel ısınma ve karbon emisyonu gibi kavramların önemini vurgulamaktadır. Uluslararası ve ulusal düzeydeki gelişmeler, bu terimlerin toplumsal ve ekonomik düzenleri farklı bir yöne taşıdığını göstermektedir. Özellikle Avrupa Yeşil Mütabakatı gibi büyük ölçekli girişimler, iklim değişikliği konusunu geniş bir çerçevede ele almayı ve tüm sektörlerin bu yönde adımlar atmasını teşvik etmektedir. Bu girişimlerin tekstil sektöründe de etkili olması ve sürdürülebilirlik odaklı stratejilerin benimsenmesi önemlidir.

Türkiye'de tekstil endüstrisinin, AB'nin önemli bir tedarikçisi olarak, bu değişimlere uyum sağlaması ve sürdürülebilirlik odaklı stratejiler geliştirmesi gerekmektedir. Bu stratejilerin uygulanmasında gençlerin ve üniversite öğrencilerinin rolü büyüktür. Bu çalışmanın sonuçları, lisans öğrencilerinin çevre farkındalığını artırma, tekstil kaynaklı kirliliği azaltma ve dairesel değer zinciri farkındalığını yaygınlaştırma açısından önemlidir.

EUSusTex projesi, sadece mühendislik veya tekstil teknolojisi alanlarında değil, aynı zamanda farklı disiplinlerde eğitim gören gençleri ve öğrencileri de sürdürülebilirlik ve çevrecilik konularında bilinçlendirmeyi hedeflemektedir. Bu sayede, geleceğin profesyonelleri, sürdürülebilirlik ilkelerini mesleklerinde benimseyerek toplumda farkındalık yaratmaya ve iklim değişikliği gibi küresel sorunlara çözüm üretmeye teşvik edilecektir. Projenin sonuçları, gençlerin aktif bir şekilde sorumlu vatandaşlar olarak hareket etmelerine ve gezegenimiz için önemli olan konularda liderlik etmelerine katkı sağlayacaktır. Bu çalışma, tekstil sektöründeki sürdürülebilirlik çabalarına ve gençlerin çevre bilinciyle donatılmasına önemli bir katkı sağlamaktadır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı (European Education and Culture Executive Agency - EACEA) tarafından AB Erasmus+ Programı Jean Monnet Modül Faaliyetleri (Proje Numarası: 101085813 ) kapsamında desteklenmektedir.



**Avrupa Birliği tarafından  
finanse edilmektedir**

*Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir. Ancak ifade edilen görüş ve düşünceler sadece yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmak zorunda değildir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bunlardan sorumlu tutulamaz.*

## 7.KAYNAKLAR

European Commission (EC) (2020), *A new Circular Economy Action Plan*, [https://eurlex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0017.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eurlex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0017.02/DOC_1&format=PDF), Erişim tarihi: 23 Haziran 2024.

European Commission (EC) (2021), *European industrial strategy*, [https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/strategy\\_en](https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/strategy_en), Erişim tarihi: 23 Haziran 2024.

European Commission (EC) (2023), *EU strategy for sustainable and circular textiles*, [https://environment.ec.europa.eu/strategy/textiles-strategy\\_en](https://environment.ec.europa.eu/strategy/textiles-strategy_en), Erişim tarihi: 23 Haziran 2024.

European Commission (EC) (2024), *The European Green Deal*, [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en), Erişim tarihi: 23 Haziran 2024.

European Parliament (EP), (2024), *The impact of textile production and waste on the environment (infographics)* <https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20201208STO93327/the-impact-of-textile-production-and-waste-on-the-environment-infographics>, Erişim tarihi: 23 Haziran 2024.

Euratex, (2019), *Annual report*, <https://euratex.eu/wp-content/uploads/2019/05/Euratexannual>, Erişim tarihi: 23 Haziran 2024.

Ohana Consultancy, (2021) *What's new in the EU's sustainable textile strategy consultation?*, <https://www.ohanapublicaffairs.eu/en/2021/06/27/eu-strategy-forsustainable-textiles/>, Erişim tarihi: 23 Haziran 2024.

Williams, A., (2016), *Washing clothes releases thousands of microplastic particles into environment, study shows*, <https://www.plymouth.ac.uk/news/washing-clothes-releases-thousands-of-microplastic-particles-into-environment-study-shows>, Erişim tarihi: 23 Haziran 2024.

# DENİM KUMAŞLARIN LAKKAZ VE PEROKSİDAZ İLE ENZİMATİK AĞARTILMASI

Rıza ATAV<sup>1</sup>, Öner GÜNDÜZ<sup>2</sup>, Kadriye BULUĞTEKİN<sup>1</sup>, Sercan YAZ<sup>2</sup>, Gizem ÇAKAN<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Tekirdağ Namık Kemal University, Çorlu Engineering Faculty, 59860, Çorlu/Tekirdağ, Türkiye  
<sup>2</sup>Erak Giyim, Tekirdağ, Türkiye

## ÖZET

Bu çalışmanın temel amacı, denim kumaşların ağartılmasında kullanılan konvansiyonel ağartma maddelerine daha çevreci bir alternatif olarak enzimatik ağartma prosesi geliştirilmesidir. Bu amaçla, %100 pamuk denim kumaşlar, lakkaz ve peroksidaz enzimleri kullanılarak farklı konsantrasyon ve işlem sürelerinde ağartma işlemine tabi tutulmuş ve elde edilen renk açma (%) performansları kıyaslanmıştır. Her iki enzim ile de oldukça iyi renk açma seviyelerine erişilebildiği, peroksidazın lakkaza kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Her iki enzim ile de ağartma işleminin performansı üzerine enzim konsantrasyonunun etkisinin istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) olduğu, ancak işlem süresinin etkisinin önemsiz ( $p > 0,05$ ) olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Denim, Enzim, Lakkaz, Peroksidaz, Ağartma

## ENZYMATIC BLEACHING OF DENIM FABRICS WITH LACCASE AND PEROXIDASE

### ABSTRACT

The main purpose of this study is to develop an enzymatic bleaching process as a more environmentally friendly alternative to conventional bleaching agents used in bleaching denim fabrics. For this purpose, 100% cotton denim fabrics were bleached using laccase and peroxidase enzymes at different concentrations and processing times, and the obtained color lightening (%) performances were compared. It has been observed that very good color lightening levels can be achieved with both enzymes, and peroxidase gives better results than laccase. It was determined that the effect of enzyme concentration on the performance of the bleaching process with both enzymes was statistically significant ( $p < 0.05$ ), but the effect of the process time was insignificant ( $p > 0.05$ ).

**Key Words:** Denim, Enzyme, Laccase, Peroxidase, Bleaching

### 1. GİRİŞ

Denim kumaş günlük giysiden, iş giysilerine kadar birçok alanda kullanılması dolayısıyla büyük bir öneme sahiptir (Akçagün vd., 2014). Yıkama, denim ürünler için önemli işlemlerden biridir. Denim yıkama teknolojisi, tüketici taleplerini ve modayı göz önünde bulundurarak yeni renk tonları ve efektler yaratmayı amaçlamaktadır. Denim kumaşların temel özelliği yıkandıkça rengi açılan indigo boyarmaddesi ile boyanmasıdır (Oğulata, 2016). Yıkama işlemlerindeki gelişmeler ve kullanılan kimyasalların özellikleri arttıkça, denim kumaşlarda değişik yıkama çeşitleri elde edilmiştir. Denim mamuller 1970'li yıllara kadar yıkanmadan yalnızca haşıl maddesi sökülerek tüketiciye sunulmakta, tüketicinin kullanım koşullarına göre zaman içerisinde kendine özgü renk ve aşınma efektleri almaktaydı. Fakat bu işlemin zamanla oluşması uzun bir süreç aldığından denim üreticileri bunu daha kısa sürede yapabilmek amacıyla değişik yöntemler geliştirmişlerdir (Toksöz ve Mezarıcıöz, 2013). Denim ürünlerde en önemli işlemlerden birisi ağartma işlemidir. Konvansiyonel olarak hipoklorit, permanganat gibi kimyasallarla yapılan ağartma işlemlerine alternatif olabilecek daha ekolojik seçenekler üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Bunlardan birisi de enzimatik ağartmadır.

Enzimler endüstriyel olarak mikroorganizmaların fermantasyonu ile elde edilmektedirler. Asıl hammadde olarak patates unu, soya fasulyesi, mısır özü, tuz ve şeker kullanılmaktadır. Enzimler canlı hücrelerden elde edilmektedirler ancak kendileri canlı değildir. Enzim üretimi sırasında açığa çıkan atıklar gübre olarak kullanılmaktadır. Enzimlerin çok önemli bir özelliği, maddeye özgü yönlendirilebilir, ayarlanabilir reaksiyonları mümkün kılmalarıdır. Doğada çok önemli reaksiyonları katalize ettikleri için önemlidirler. Enzimler diğer tüm kimyasal maddelere göre daha çevre dostu kimyasallardır. Doğal protein olduklarından çok kolay ve hızlı olarak biyolojik parçalanmaları söz konusudur. Az miktarda kullanılıyor olmaları, fazla atık su yükü yapmalarını da engellemektedir (Çoban, 1997). Enzimler biyokatalizatörlerdir ve sadece varlıklarıyla, işlemde tükenmeden, oldukça yavaş ilerleyen kimyasal süreçleri hızlandırabilirler (Majsov, 2011). Enzimler genellikle ılıman sıcaklıklarda aktif hale gelirler. Ancak, belirli bir sıcaklık eşiğini aştıklarında enzimler denatüre olabilir. Ayrıca, enzimlerin aktivitesinin en üst düzeye çıktığı belirgin bir pH değeri vardır. Aşırı pH değerleri, enzim içindeki elektrostatik etkileşimleri bozarak enzimin inaktivasyonuna neden olabilir (Haliskaranfil, 2012). Enzimler katalizledikleri reaksiyonlara ve substratlara göre spesifiklerdir. Enzim substratla geçici birleşerek kısa ömürlü enzim-substrat kompleksini oluşturur. Oluşan enzim-substrat kompleksindeki aktivasyon enerjisini düşürüp reaksiyon hızının artması sağlar. Bu kompleks, reaksiyon ürünlerinin ortaya çıkmasıyla parçalanır ve enzim tekrar kullanıma hazırdır (İnkaya, 2006). Enzimatik ağartmada oksidoredüktaz sınıfı enzim olan lakkazlar kullanılabilir.

Lakkazlar, tekstil sanayinde tekstil atık sularının renksizleştirilmesinin yanı sıra tekstillerin ağartılmasında, kaynatılmasında, denim yıkamada ve hatta boyarmaddelerin sentezinde de kullanılmaktadır (Couto ve Herrer, 2006). Katalazlar, oksido-redüktaz grup enzimlerdir. Katalaz enzimi kullanımı, enzimatik hidrofilleştirme işlemi ile hidrojen peroksit ile ağartma, hatta reaktif boyarmaddeler ile boyama adımlarının tek banyoda kombine bir şekilde gerçekleştirilmesine imkân tanımaktadır (Yılmaz, 2004).

Bu çalışmada, denim ağartma işleminde konvansiyonel olarak kullanılan sodyum hipoklorit ve potasyum permanganat vb. yerine daha çevreci olan enzimatik ağartma üzerine çalışılmıştır. Bu amaçla, %100 pamuk denim kumaşlar, lakkaz ve peroksidaz enzimleri kullanılarak farklı konsantrasyon ve işlem sürelerinde ağartma işlemine tabi tutulmuş ve elde edilen renk açma (%) performansları kıyaslanmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1 Materyal

Denemelerde pamuklu denim (3/1 dimi) kumaş (230 g/m<sup>2</sup>) kullanılmıştır. Ağartma işlemi için Lava Zyme VTG (Dystar) ticari isimli peroksidaz ve Lava Zyme Lite DLT (Dystar) ticari isimli lakkaz enzimleri kullanılmıştır. Ağartma işlemleri Karmak marka yıkama makinesinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1: Denemelerde kullanılan yıkama makinesi

## 2.2 Metot

Peroksidaz enzimi ile ağartma işlemi 30 °C'ta pH 6'da (asetik asit/sodyum asetat tamponu ile), lakkaz enzimi ile ise 55 °C'ta pH 5,1'de (asetik asit/sodyum asetat tamponu ile) gerçekleştirilmiştir. Peroksidaz ve lakkaz enzimleri ile ağartmada kullanılan deney planı Çizelge 1'de verilmektedir.

**Çizelge 1:** Peroksidaz ve lakkaz enzimi ile ağartma işlemlerine ilişkin deney planı

No	Peroksidaz Kons. (g/L)	Süre (dk.)	Lakkaz Kons. (g/L)	Süre (dk.)
1	0,5	5	2	15
2	0,5	10	2	30
3	0,5	15	2	45
4	1	5	4	15
5	1	10	4	30
6	1	15	4	45
7	2	5	8	15
8	2	10	8	30
9	2	15	8	45

Farklı konsantrasyon ve sürelerde yapılan ağartma işlemi sonrası numunelere renk ölçümü ve yırtılma mukavemeti testleri yapılmıştır. Hunterlab Miniscan EZ spektrofotometre cihazı ile numunelerin maksimum absorpsiyon dalga boyundaki reflektans (%R) değerleri ölçülmüştür. Bu değerlerden hareketle renk verimi (K/S) değerleri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$K/S = (1 - R)^2 / 2R \quad (1)$$

K: Absorpsiyon katsayısı

S: Yansıtma katsayısı

Ağartılmış numunelerin CIEL\*a\*b\* renk değerlerinin ölçümü

L\*: Açıklık-Koyuluk değeri

a\*: kırmızılık (+), yeşillik (-) değeri

b\*: sarılık (+), mavilik (-) değeri

Numunelere ayrıca Tinius Olsen marka 1ST model test cihazında yırtılma mukavemeti testleri yapılmıştır.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Kumaş numunelerine öncelikle 60 °C'ta 10 dakika süren bir ön yıkama işlemi uygulanmış, ardından 30 dakika taşlama yapılarak konvansiyonel bir zemin elde edilmiştir. Daha sonra farklı konsantrasyon (2-4-8 g/L) ve farklı sürelerde (15-30-45 dk.) lakkaz ile enzimatik ağartma işlemi uygulanmıştır. Renk ölçümü yapılarak numunelerin renk verimi (K/S) ve CIE L\*a\*b\* değerleri saptanmış olup sonuçlar Çizelge 2'de verilmektedir.

**Çizelge 2:** Lakkaz ile ağartılmış numunelerin K/S ve CIE L\*a\*b\* değerleri

Numune	L*	a*	b*	C*	h	K/S
İşlemsiz	21,28	0,18	-12,73	12,73	270,81	<b>21,04</b>
L1	25,68	-0,62	-13,2	13,22	267,31	<b>15,74</b>
L2	26,19	-0,57	-13,63	13,65	267,59	<b>15,30</b>
L3	26,17	-0,65	-13,52	13,54	267,24	<b>15,30</b>
L4	26,52	-0,95	-13,11	13,14	265,86	<b>15,04</b>
L5	26,96	-0,86	-12,96	12,99	266,19	<b>14,31</b>
L6	25,58	-0,69	-13,03	13,05	266,95	<b>15,79</b>



L7	26,7	-0,77	-12,49	12,51	266,49	<b>14,08</b>
L8	28,19	-1,02	-13,19	13,53	265,59	<b>13,02</b>
L9	28,92	-1,2	-13,22	13,28	264,82	<b>12,57</b>

Renk verimi değerleri üzerinden varyans analizi yapılmış olup sonuçlar izelge 3'te verilmektedir.

**Çizelge 3:** Lakkaz enzimi ile ağartma denemelerine ilişkin varyans analizi sonuçları

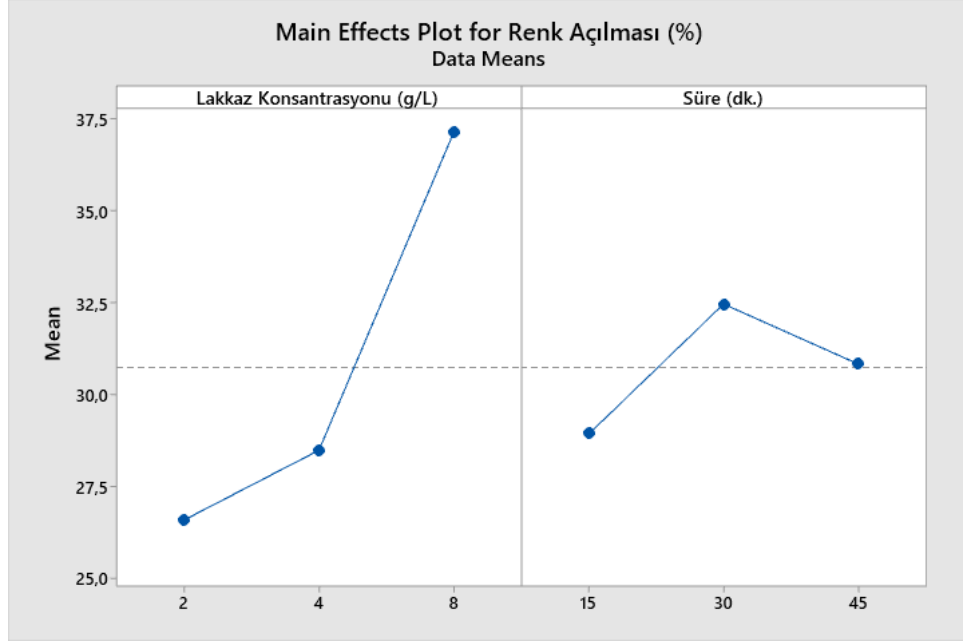
Kaynak	DF	Adj SS	Adj MS	F-Değeri	P-Değeri
Lakkaz Konsantrasyonu (g/L)	2	190,38	95,190	10,56	0,025
Süre (dk.)	2	18,76	9,379	1,04	0,433
Hata	4	36,05	9,013		
Toplam	8	245,19			

Çizelge 3 incelendiğinde lakkaz ile ağartma işleminin performansı üzerine lakkaz konsantrasyonunun etkisinin istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) olduğu, ancak işlem süresinin etkisinin önemsiz ( $p > 0,05$ ) olduğu anlaşılmaktadır. Lakkaz konsantrasyonunda farkın kaynağını görmek için Tukey analizi yapılmış olup sonuçlar izelge 4'te verilmektedir.

**Çizelge 4:** Lakkaz konsantrasyonunun etkisine ilişkin Tukey analizi sonuçları

Lakkaz Konsantrasyonu (g/L)	N	Ortalama	Gruplama
8	3	37,1515	A
4	3	28,4854	A B
2	3	26,5843	B

Çizelge 4 incelendiğinde lakkaz enzimi konsantrasyonu arttika elde edilen renk açma efektinin arttığı ve 2 ile 8 g/L enzim kullanımı arasında istatistiksel olarak önemli farklılık bulunduğu anlaşılmaktadır. Tüm bu sonuçlar Şekil 2'de verilen Renk Açılması (%) için verilen Ana Etkiler Grafiği'nde açıkça görölmektedir.



Şekil 2: Lakkaz ile ağartmada renk açılması (%) için verilen ana etkiler grafiği

Farklı konsantrasyon (0,5-1-2 g/L) ve farklı sürelerde (5-10-15 dk.) peroksidaz ile enzimatik ağartma işlemi uygulanmış numunelerin de renk ölçümü yapılarak renk verimi (K/S) ve CIE L\*a\*b\* değerleri saptanmış olup sonuçlar Çizelge 5'te verilmektedir.

Çizelge 5: Peroksidaz ile ağartılmış numunelerin K/S ve CIE L\*a\*b\* değerleri

Numune	L*	a*	b*	C*	h	K/S
K1	21,31	0,18	-12,61	12,61	270,81	<b>20,11</b>
K2	22,88	0,06	-13,27	13,27	270,28	<b>19,09</b>
K3	23,57	-0,11	-12,98	12,98	269,5	<b>18,02</b>
K4	23,64	-0,06	-12,76	12,76	269,75	<b>17,40</b>
K5	22,56	-0,23	-13,07	13,07	268,98	<b>19,76</b>
K6	23,61	-0,09	-12,63	12,63	269,6	<b>17,46</b>
K7	26,97	-0,47	-12,11	12,12	267,76	<b>13,30</b>
K8	28,46	-0,54	-11,91	11,92	267,42	<b>11,65</b>
K9	29,42	-0,62	-11,46	11,48	266,88	<b>10,73</b>

Renk verimi değerleri üzerinden varyans analizi yapılmış olup sonuçlar Çizelge 6'da verilmektedir.

Çizelge 6: Peroksidaz enzimi ile ağartma denemelerine ilişkin varyans analizi sonuçları

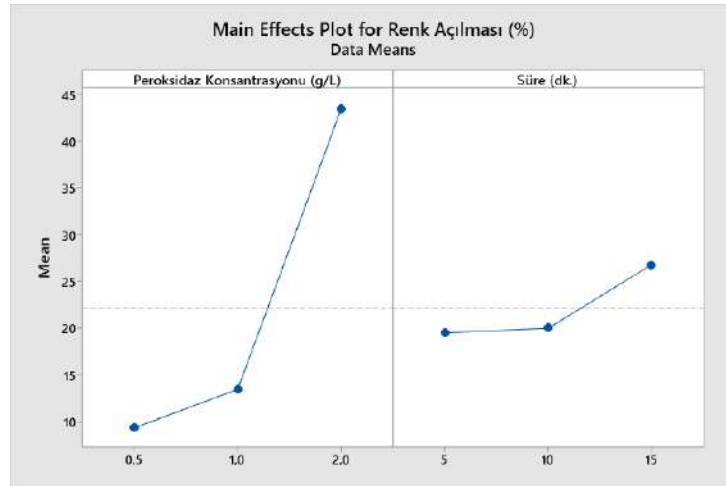
Kaynak	DF	Adj SS	Adj MS	F-Değeri	P- Değeri
Peroksidaz Konsantrasyonu (g/L)	2	2081,90	1040,95	38,48	0,002
Süre (dk.)	2	99,55	49,77	1,84	0,271
Hata	4	108,21	27,05		

Çizelge 6 incelendiğinde peroksidaz ile ağartma işleminin performansı üzerine peroksidaz konsantrasyonunun etkisinin istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) olduğu, ancak işlem süresinin etkisinin önemsiz ( $p > 0,05$ ) olduğu anlaşılmaktadır. Peroksidaz konsantrasyonunda farkın kaynağını görmek için Tukey analizi yapılmış olup sonuçlar Çizelge 7’de verilmektedir.

**Çizelge 7:** Peroksidaz konsantrasyonunun etkisine ilişkin Tukey analizi sonuçları

Peroksidaz Konsantrasyonu (g/L)	N	Ortalama	Gruplama
2,0	3	43,4728	A
1,0	3	13,4664	B
0,5	3	9,3473	B

Çizelge 7 incelendiğinde peroksidaz enzimi konsantrasyonu arttıkça elde edilen renk açma efektinin arttığı ve 2 ile 0,5 veya 1 g/L enzim kullanımı arasında istatistiksel olarak önemli farklılık bulunduğu anlaşılmaktadır. Tüm bu sonuçlar Şekil 3’te verilen Renk Açılması (%) için verilen Ana Etkiler Grafiği’nde açıkça görülmektedir.



**Şekil 3:** Peroksidaz ile ağartmada renk açılması (%) için verilen ana etkiler grafiği

Lakkaz ve peroksidaz ile elde edilen sonuçlar kendi arasında karşılaştırılacak olursa, peroksidaz ile daha yüksek renk açma seviyelerine erişilebildiği söylenebilir. 2 g/L peroksidaz ile 15 dk. süreyle ağartılmış pantolonun fotoğrafı Şekil 4’te işlemsiz numune ile karşılaştırmalı olarak verilmektedir.



**Şekil 4:** İşlemsiz (solda) ve peroksidaz ile ağartılmış numuneler

Çizelge 8’de enzimatik işlemlerde konsantrasyon ve süreye bağlı olarak meydana gelen yırtılma mukavemeti kayıpları (%) verilmektedir.

**Çizelge 8:** Enzimatik işlemlerde konsantrasyon ve süreye bağlı olarak meydana gelen yırtılma mukavemeti kayıpları (%)

Numune	Lakkaz		Peroksidaz	
	Çözü	Atkı	Çözü	Atkı
1	4,9	0	0,8	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	1,6	0	0	1,2
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	2,8	0	2,8	0

Çizelge 8 incelendiğinde gerek lakkaz gerekse de peroksidaz ile yapılan ağartmalarda kumaşta genel olarak mukavemet kaybı meydana gelmediği görülmektedir. Bunun nedeni lakkaz ve peroksidaz enzimlerinin substratının indigo boyası olmasıdır. Enzimler anahtar-kilit prensibine göre çalışmakta olup kendine uygun olmayan substrata etki edemez. Dolayısı ile selüloza zarar vermemiş olmaları işlem koşullarının da oldukça ılıman olduğu dikkate alındığında gayet normaldir.

#### 4. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında denim kumaşların ağartılmasında kullanılan konvansiyonel ağartma maddelerine daha çevreci bir alternatif olarak enzimatik ağartma prosesi geliştirilmesi üzerinde çalışılmıştır. Bu amaçla, %100 pamuk denim kumaşlar, lakkaz ve peroksidaz enzimleri kullanılarak farklı konsantrasyon ve işlem sürelerinde ağartma işlemine tabi tutulmuş ve elde edilen renk açma (%) performansları kıyaslanmıştır. Buna göre her iki enzim ile de oldukça iyi renk açma seviyelerine erişilebildiği, peroksidazın lakkaza kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu elde edilen sonuçların daha sonra yapılacak çalışmalarda teknik ve ekolojik açılarından hipoklorit ağartması ile kıyaslanması faydalı olacaktır.

#### 5. KAYNAKÇA

- Akçagün, E., Dal, V., Atmaca, M., Ceviz, N., Yıldız, Z., Yılmaz, A., & Kurtuluş, B. (2014). *The Effects of Various Denim Washing Formulas On. Marmara University, Faculty of Technology, Department of Textile Engineering. İstanbul.*
- Couto, S., & Herrero, J. (2006). *Industrial and Biotechnological Applications of Laccases :A Review. Biotechnology Advances .*
- Çoban, S. (1997). *Tekstil Endüstrisinde Enzim Kullanım Durumları . Tekstil ve Konfeksiyon Sayı 3,. İzmir.*
- Haliskaranfil, S. (2012). *Termoalkalifilik Amilaz ve Selüloz Enzim (Multi Enzim ) Üreticisi Bacillus sp. İzalasyonu ,Enzimlerin Karakterizasyonu ve Biyoteknolojik Uygulanabilirliği. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana.*
- İnkaya, T. (2006). *Pamuklu Mamüllerin Ağartılmasında Enzim Kullanımı . Yüksek Lisans Tezi , Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı. Bursa.*
- Majsov, K. (2011). *Engineering Ecology and Materials in the Processing Industry. U.S.A. International Journal of Management, IT and Engineering.*
- Oğulata, T., & Nergis, A. (2016). *Rins Yıkamanın Denim Kumaş Performansı Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi. Adana.*
- Toksöz, M., & Mezarciöz, S. (2013). *Denim Kumaşlara Uygulanan Özel Yıkama Uygulamaları. Çukurova Üniversitesi, Müh. Mim. Fak., Tekstil Mühendisliği Bölümü, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi. Adana.*
- Yılmaz, B. (2004). *Selülozik Materyallerin Tek Banyoda Kombine Proses ile Boyanmasında Optimizasyon. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.*

# KENEVİR İÇEREN KUMAŞLARIN *HIBISCUS SABDARIFFA* BİTKİSİ İLE EKOLOJİK OLARAK RENKLENDİRİLEBİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

**Ebrar Süeda EVİN, Burcu SANCAR BEŞEN, Pınar PARLAKYİĞİT**  
*Adıyaman Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adıyaman*

## ÖZET

Bu çalışmada, ülkemizde son yıllarda önemi artan ve doğa dostu bir elyaf olan kenevir karışımli kumaşların doğal boyarmadde kullanımı ile ekolojik olarak renklendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla kenevir/pamuk (%50-50) karışımli kumaş antioksidan, antienflamatuvar, antikanser ve antibakteriyel özellikleri ile bilinen Hibiskus bitkisinin (*Hibiscus sabdariffa*) sulu ekstraktı kullanılarak renklendirilmiştir. Boyama öncesi kumaşlar, çevreye zararlı olmadığı bilinen alüminyum potasyum sülfat (şap) kullanılarak ön mordanlama işlemine tabi tutulmuştur. Mordanlama işlemi; 5 ve 10 g/L olmak üzere iki farklı seviyede uygulanmıştır. Boyanan numunelerin CIEL<sup>\*</sup>a<sup>\*</sup>b<sup>\*</sup> renk değerleri ile yıkama haslıkları ölçülmüştür. Sonuçlar, ön mordanlamanın renk koyuluğu üzerinde önemli bir etkisi olmadığını, daha çok renk nüansını etkilediğini ve yüksek yaş haslık değerleri elde etmek için ön mordanlama işleminin gerekli olduğunu göstermiştir.

**Anahtar kelimeler:** Kenevir, Doğal boyama, *Hibiscus sabdariffa*, Mordanlama

## INVESTIGATION OF COLORABILITY OF FABRICS INCLUDING HEMP FIBERS ECOLOGICALLY WITH *HIBISCUS SABDARIFFA* PLANT

### ABSTRACT

In this study, it was aimed to color hemp blended fabrics, which is an eco-friendly fiber that has gained importance in our country in recent years, through an environmentally friendly way by using natural dyestuffs. For this purpose, hemp/cotton (50-50%) blended fabric was colored using the aqueous extract of Hibiscus plant (*Hibiscus sabdariffa*) known for its antioxidant, anti-inflammatory, anticancer, and antibacterial properties. Before dyeing, the fabrics were pre-mordanted using aluminum potassium sulfate (alum), which is known to be environmentally safe. Mordanting was applied at two different levels as 5 g/L and 10 g/L. CIEL<sup>\*</sup>a<sup>\*</sup>b<sup>\*</sup> color values and washing fastness of the dyed samples were measured. The results showed that pre-mordanting has no crucial effect on color darkness while it affects color shade and that pre-mordanting is necessary to obtain high wet fastness values.

**Key words:** Hemp, Natural dyeing, *Hibiscus sabdariffa*, mordanting

## 1. GİRİŞ

Artan bilinç düzeyi ve insanlardaki ekolojik kaygıların artması sebebiyle, biyobozunur ve sürdürülebilir materyallerin önem kazanması ile birlikte, kenevir liflerinden üretilen tekstil ürünlerine olan talep günden güne artmaktadır (Adeel vd., 2017; Benli ve Bahtiyari, 2016). Kenevir liflerinin fiziksel ve kimyasal yapılarından kaynaklı üstün performans ve kullanım özellikleri de life olan ilgiyi arttırmaktadır (Adeel vd., 2017). Sürdürülebilirlik açısından bakıldığında kenevir liflerinin üretiminde yüksek su tüketiminin olmaması, gübre ve tarım ilacına ihtiyaç duyulmadan yetiştirilebilmesi gibi nedenler, toprak ve çevrenin korunmasını amaçlayan organik tarım üretimi için uygunluğunu göstermektedir. Kenevir lifleri yüksek mukavemet, yüksek nem çekme, nefes alabilirlik, antipilling, antibakteriyel, UV koruma, antialerjik ve iyi elektrostatik özellik göstermesi ile katma değeri yüksek ürünlerin üretiminde tercih edilmektedir (Benli ve Bahtiyari, 2016; Jothi, 2008).

Tekstil ürünlerinin görünüm özelliklerini değiştirerek, albenisini ve katma değerini arttırmak amacıyla yapılan renklendirme işlemleri, kenevir lifi içeren tekstil ürünleri için de önemli bir yere sahiptir. Söz konusu renklendirme işlemleri; eski çağlarda, mineraller, böcekler, bitkiler gibi doğal kaynakların kullanımı ile gerçekleştirilmekteyken (Kasiri vd., 2014; Kaya ve Öner, 2020; Önal vd., 2022; Özdemir ve Tekinoğlu, 2013), 19.yüzyılın ortalarında icat edilen sentetik boyarmaddeler; kolay uygulanma, geniş renk skalasına sahip olma ve çok iyi renk haslıklarında boyama yapabilme gibi avantajları nedeniyle, doğal boyarmaddelerin yerini hızlı bir şekilde almıştır (Özdemir ve Tekinoğlu, 2013; Özer vd, 2016). Ancak doğal kaynaklı boyarmaddeler, ekolojik olup, çevre kirliliğine yol açmadıkları gibi, daha az toksik ve alerjenik özellikler de gösterdiğinden (Rehan vd, 2022; Rehman vd, 2017; Samanta ve Agarwal, 2009; Samanta vd., 2009), son yıllarda artan çevre bilinci ve kaygısı ile yeniden talep edilir duruma gelmişlerdir (Samanta ve Agarwal, 2009; Sanjeeda ve Taiyaba, 2014; Teli ve Ambre, 2017). Bitkilerin farklı bölümleri fenolik asitler, flavonoidler, alkaloidler, terpenoidler, uçucu yağlar ve doğal renklendiriciler gibi çeşitli antibakteriyel, antioksidan ve antienflamatuvar biyoaktif bileşikler içermesi nedeniyle (Tutak vd., 2017), tekstil ürünlerine renklilik yanında fonksiyonel özellikler de kazandırabilmektedir. Bu çalışmada da doğal renklendirici kaynak olarak antikanser, antifungal, antibakteriyel, antienflamatuvar, antiparazit gibi özellikleri ile bilinen (Yılmaz Sahinbaşkan, 2019) *Hibiscus sabdariffa* bitkisi tercih edilmiştir. Yapılan literatür araştırmaları *Hibiscus sabdariffa* bitkisi ile tekstil materyallerinin renklendirilmesi ile ilgili sınırlı sayıda çalışma olduğunu ve kenevir içeren kumaşların boyamasında kullanımını araştıran herhangi bir bilimsel çalışmanın ise bulunmadığını göstermiştir. Bu nedenle bu çalışmada, kenevir içeren kumaşların *Hibiscus sabdariffa* bitkisinin sulu ekstraktı ile renklendirilebilme olanakları araştırılmıştır. Boyama öncesi kumaş numuneleri iki farklı konsantrasyonda alüminyum potasyum sülfat kullanılarak mordanlanmış ve mordanlamanın renk ve haslıklar üzerine etkisi araştırılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

Çalışmada kenevir/pamuk (%50-50) karışımı boyamaya hazır dokuma kumaş, mordan maddesi olarak alüminyum potasyum sülfat dodekahidrat ( $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ ) (Merck) ve doğal boyarmadde olarak Hibiskus bitkisi (*Hibiscus sabdariffa*) (Şekil 1) kullanılmıştır. Hibiskus bitkisinin kurutulmuş çiçekleri aktardan tedarik edilmiştir. Çalışmanın tamamında

yumuşak su kullanılmıştır.



Şekil 1. *Hibiscus sabdariffa*

Mordanlama ve boyama işlemleri için laboratuvar tipi IR boyama makinesi (Termal A42925) ve kurutma (Termal G11420SD) işlemleri için etüv kullanılmıştır.

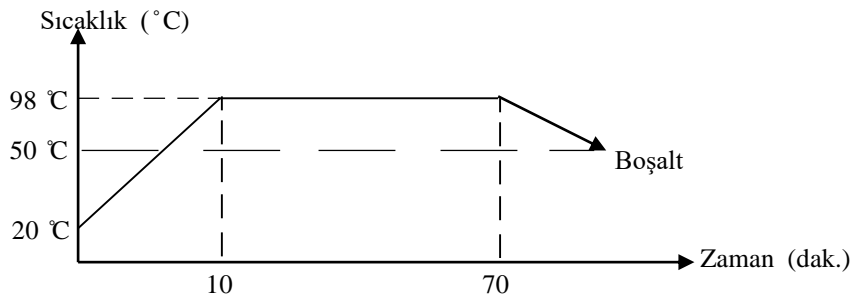
## 2.2. Metot

Çalışmada kumaş numuneleri mordansız ve ön mordanlamalı olmak üzere iki farklı şekilde boyanmıştır.

**Ön mordanlama işlemi:** Ön mordanlama, alüminyum potasyum sülfatın 5 g/L ve 10 g/L olmak üzere iki farklı konsantrasyon seviyesinde uygulanması ile 98 °C’de 60 dakika süreyle yapılmıştır. İşlem 1:20 flotte oranında IR boyama makinesinde uygulanmış ve ardından kumaş numuneleri soğuk su ile iki kez durularak ve etüvde 100 °C’de kurutulmuştur.

**Bitki ekstraksiyonu:** Hibiskus bitkisinin ekstraksiyonu, 20 g/L bitkinin su içerisinde 2 saat kaynatılması ile hazırlanmıştır. Süre sonunda bitkiler, filtre kağıdı ile süzülerek, ekstraksiyon çözeltisi boyama işleminde kullanılmak üzere ayrılmıştır.

**Boyama işlemi:** Boyama, Hibiskus’un hazırlanan ekstraksiyonu ile flotte oranı 1:20 olacak şekilde, Şekil 2’de verilen şartlarda gerçekleştirilmiştir. Boyama işlemi ön mordanlanmış ve mordanlanmamış kumaş numunelerine olmak üzere iki farklı şekilde yapılmıştır. Boyama sonrası kumaş numuneleri, ılık su (50 °C) ve ardından soğuk su ile yıkanarak ve etüvde 100 °C’de kurutulmuştur.



Şekil 2. Boyama prosesi





Boyanan kumaş numunelerinin CIEL\* a\*b\* renk değerleri X-rite marka Color iMatch model spektrofotometre kullanılarak D65 gün ışığında ve 10° gözlemci açısı ile ölçülmüştür. Ayrıca kumaş numunelerinin akmaya ve solmaya karşı yıkama haslıkları da incelenmiştir.



### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Boyanmış ve işlem görmemiş kumaş numunelerinin CIEL\* a\*b\* renk değerleri Çizelge 1’de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Kumaş numunelerinin CIEL\* a\*b\* renk değerleri

Numune		L*	a*	b*	C*	h°	ΔE
Boyanmayan		70,95	1,47	9,44	9,56	81,13	-
Mordansız boyanan		63,55	7,02	10,05	12,26	55,05	Referans
5 g/L mordan ile ön işlem gören		63,15	7,02	9,42	11,75	53,32	0,74
10 g/L mordan ile ön işlem gören		64,07	6,30	9,56	11,45	56,62	1,01

CIEL\* a\*b\* renk uzayında; L\* değeri bir rengin açıklık-koyuluğu, a\* değeri kırmızılık-yeşilliği, b\* değeri sarılık-maviliği, C\* değeri rengin doygunluğu ve h° değeri renk tonu açısı hakkında bilgi vermektedir. Bir numunenin referans alınması ile hesaplanan ΔE değeri ise renk farkını ortaya koymaktadır. L\* değeri 0 ile 100 arasında değişiklik göstermekte ve değer arttıkça renk açılmaktadır. a\* ve b\* değerlerinin yükselmesi ise rengin kırmızılık ve sarılık değerlerinin; C\* değerinin yükselmesi rengin doygunluğunun arttığı anlamlarına gelmektedir. Bu bilgiler ışığında Çizelge 1 incelendiğinde, 5g/L alüminyum potasyum sülfat ile mordanlanıp boyanan kumaşın en koyu renge sahip olduğu ve 10 g/L mordan maddesi ile ön işlem görüp boyanan kumaş numunesinin renk farkının daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durum, mordan maddesi kullanımının kumaşların renk koyuluğundan ziyade, kırmızılık-yeşillik ve sarılık-mavilik değerlerinde farklar yarattığını, bu da mordan maddesi kullanımının daha çok renk nüansını etkilediğini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, Hibiskus bitkisi ile kenevir içerikli kumaşların homojen ve açık tonlarda boyanabildiğini ve boyama koyuluğu üzerinde ön mordanlama işleminin önemli bir etkisinin olmadığını söylemek mümkündür.

Kumaş numunelerinin akmaya ve solmaya karşı yıkama haslık sonuçları Çizelge 2’de görülmektedir. Çizelge 2 incelendiğinde, kumaş numunelerinin haslık değerlerinin çok düşük olmadığı ve haslıklar üzerinde mordan maddesi kullanımının önemli olduğu görülmektedir. Mordan konsantrasyonunun artması ile yaş haslıkların iyileştiği görülmektedir. Bu da mordan vasıtasıyla boyar maddenin liflere daha sağlam bağlandığını ortaya koymaktadır. Sonuç

olarak, doğal boyar madde ile belirlenen çalışma şartlarında renklendirilen kumaş numunelerinin yıkama haslık değerlerinin kabul edilebilir sınırlarda olduğunu ve yüksek yaş haslık değerleri için ön mordanlama işleminin gerekli ve zorunlu olduğunu söylemek mümkündür.

**Çizelge 2.** Kumaş numunelerinin yıkama haslığı sonuçları

		<b>Mordansız boyanan</b>	<b>5 g/L mordan ile ön işlem gören</b>	<b>10 g/L mordan ile ön işlem gören</b>
<b>Akmaya karşı</b>	Yün	4-5	4-5	4-5
	Poliakrilik	4-5	4-5	4-5
	Poliester	4-5	5	5
	Poliamid	4	4-5	4-5
	Pamuk	3-4	4	4-5
	Asetat	5	5	5
<b>Solmaya karşı</b>		3	3-4	4

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, ülkemizde son yıllarda önemi artan kenevir lifi karışımı kumaşların Hibiskus doğal boyar maddesi kullanımı ile ekolojik olarak renklendirilme olanakları araştırılmıştır. Bu amaçla kenevir/pamuk karışımı kumaş; antioksidan, antiinflamatuvar, antikanser ve antibakteriyel özellikleri ile bilinen Hibiskus bitkisinin sulu ekstraksiyonu kullanılarak boyanmıştır. Boyama öncesi kumaş numuneleri mordan maddesi olarak potasyum alüminyum sülfat kullanılarak iki farklı mordan konsantrasyonunda ön mordanlama işlemine tabi tutulmuştur. Karşılaştırma yapmak amacıyla, kumaşlar ön mordanlama işlemine tabi tutulmadan da renklendirilmiştir. Boyanan kumaşların ise CIEL<sup>a</sup>\*b<sup>\*</sup> renk değerleri ve yıkama haslıkları ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- Hibiskus bitkisinin sulu ekstraksiyonu ile işlem gören kumaşlar açık pembe bir renk almıştır.
- Renk ölçümü sonucunda en koyu renge sahip olan numune 5 g/L ile işlem gören kumaş olmuştur; ancak ön mordanlama işleminin boyama koyuluğu üzerinde önemli bir etkisi olmadığı, mordanlamanın daha çok renk nüasını etkilediği belirlenmiştir.
- Yıkama haslığı test sonuçlarına göre ise haslığı en yüksek olan kumaşlar, ön mordanlama işlemi gören kumaşlar olmuştur. Bu durum, yüksek yaş haslıklara sahip boyama yapabilmek için ön mordanlama işleminin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Bu çalışma ile sürdürülebilir özellikler gösteren kenevir lifi içeren kumaş numunelerinin ekolojik bir şekilde renklendirilmesi sağlanmıştır. Hibiskus bitkisi ile renklendirilen kenevir içerikli kumaşların, sahip olduğu UV koruyucu ve antibakteriyel özelliklerin hibiskus bitkisi kullanımı ile artması beklenmektedir. İleriki çalışmalarda farklı boyama işlemleri sonrası kumaşların kazandığı antibakteriyel ve UV koruma özellikleri de araştırılacak ve bitkisel boyama ile bu özelliklerin geliştirilme olanakları da ortaya konulacaktır.

## 5. KAYNAKLAR

Adeel, S., Gulzar, T., Azeem, M., Rehman, F., Saeed, M., Hanif, I., Iqbal, N., (2017). *Appraisal of Marigold Flower Based Lutein as Natural Colourant for Textile Dyeing Under the Influence of Gamma Radiations*, *Radiation Physics and Chemistry*, 130, 35–39

Benli, H., Bahtiyari, M.İ., (2016). *Pamuklu Kumaşların Ozon-Hidrojen Peroksit Kombinasyonu ile Ağartılması ve Doğal Boyalar ile Renklendirilmesi*, *Tekstil ve Mühendis*, 23(103), 189-196

Jothi, D., (2008), *Extraction of Natural Dyes from African Marigold Flower (Tagetes Erecta L) for Textile Coloration*, *AUTEX Research Journal*, 8(2), 49-53

Kasiri, M.B, Safapour, S., (2014). *Natural Dyes and Antimicrobials for Green Treatment of Textiles*, *Environ. Chem. Lett.*, 12, 1-13

Kaya, S., Öner, E., (2020). *Kenevir Liflerinin Eldesi, Karakteristik Özellikleri ve Tekstil Endüstrisindeki Uygulamaları*. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 11(1): 108-123

Önal, A., Durdykulyyeva, S., Özbek, O., Nached, S. (2022). *The use of Hibiscus sabdariffa Flower extracts in Cotton Fabric and Wool Yarn Dyeing*, *J. Inst. Eng. India Ser. E* 103(2):315-321

Özdemir, S., Tekoğlu, O. (2013). *Ekolojik Tekstil Ürünlerinde Kullanılan Hammaddeler*. *Akdeniz Sanat Dergisi* 4(8): 27-30

Özer, L.M., Karadağ, R., Torgan, E., (2016). *Investigation of the Effect of Turkey Red Oil on Colour, Fastness Properties and HPLC-DAD Analysis of Silk Fabrics Dyed with Madder (Rubia Tinctorium L.) and Gall Oak*, *Tekstil ve Mühendis*, 23(103): 197-204

Rehan, M., Ibrahim, G.E., Mashaly, H.M., Hasanin, M., Rashad, H.G., Mowafi, S. (2022) *Simultaneous dyeing and multifunctional finishing of natural fabrics with Hibiscus flowers extract*, *Journal of Cleaner Production* 374 (2022) 133992

Rehman, F., Adeel, S., Hanif, R., Muneer, M., Zia, K.M., Zuber, M., Jamal, M.A., Khosa, M.K., (2017), *Modulation of Marigold Based Lutein Dye and its Dyeing Behavior Using UV Radiation*, *Journal of Natural Fibers*, 14(1), 63–70.

Samanta, A.K., Agarwal, P., (2009). *Application of Natural Dyes on Textiles*, *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 34: 384-399

Samanta, A.K., Agarwal, P., Singhee, D., Datta, S., (2009). *Application of Single and Mixtures of Red Sandalwood and Other Natural Dyes for Dyeing of Jute Fabric: Studies On Colour Parameters/Colour Fastness and Compatibility*, *The Journal of the Textile Institute*, 100(7): 565–587

Sanjeeda, I., and Taiyaba, A. (2014). *Natural Dyes: Their Sources and Ecofriendly Use as Textile Materials*, *Journal of Environmental Research and Development*, 8(3A), 683-688.

*Teli, M.D., Ambre, P., (2017). Development of Compound Shades of Indigo and Marigold using Natural Mordants on Cotton and Cotton/Viscose Blend, Journal of Textile Association, 78(1): 15-20.*

*Tutak, M., Acar, G., Akman, O., (2014). Nane (Mentha Spicata L.) ve Kekik (Thymus Vulgaris L.) Bitkileri Kullanarak Yün Lifinin Doğal Boyanması, Tekstil ve Mühendis, 21(93), 18-23*

*Yılmaz Sahinbaşkan, B. (2019). Kenevir Dokuma Kumaşa Enzimatik Ön İşlemlerin Etkisi.*

*Zhang, L., Guo, F., Zuo, D.Y., Liao, S., Wang, Q., Liu, L., Ma, D., Liu, H., Yi, H. & Yi, C. (2022). Effect of ozone washing on the antibacterial property of hemp yarn. The Journal of The Textile Institute 113:12, 2569-2574.*

# DENİM YIKAMA SÜRECİNE ÇEVRE DOSTU, SÜRDÜRÜLEBİLİR YAKLAŞIM

Canan ÖZTÜRK<sup>1</sup>, Canberk YÜKSEL<sup>1</sup>, Ezgi TOPCU GÜRBÜZ<sup>1</sup>, Semanur ŞEN YUVAYAPAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Akkim Kimya Sanayi ve Tic. A.Ş., Yalova, Türkiye

## ÖZET

Bu çalışmada, denim üretiminin önemli süreçlerinden biri olan denim yıkamaya odaklanılmıştır. Kuru işlemler veya neredeyse su içermeyen işlemler, denim yıkamada lazer ve ozon işlemi gibi geleneksel ıslak işlemlerin yerini almak için yavaş yavaş sürdürülebilir bir trend haline gelmektedir. Önümüzdeki yıllarda, denim yıkamaları sadece bu tür kuru veya su içermeyen işlemleri içerecektir. Yapılan çalışma ile birlikte çevre dostu ürünler ile bu tür temiz uygulamaların performanslarını desteklemeye çalışılmıştır. Ozon işleminin performansını, kimyasalın özel penetrasyon özellikleri ile geliştirildi.

**Anahtar Kelimeler:** Ozon, güçlendirici, yıkama işlemi, oksidasyon, yardımcı kimyasal.

## ECO-FRIENDLY, SUSTAINABLE APPROACH TO DENIM WASHING PROCESS

### ABSTRACT

This study focuses on denim washing, one of the important processes of denim production. Dry treatments or nearly water-free treatments are slowly becoming a sustainable trend for replacing traditional wet treatments in denim washing, such as laser and ozone treatment. In coming years, denim washings may involve only such dry or water-free treatments. We are trying to support such a clean applications' performances with our eco-friendly products. We improved ozone treatment's performances with chemical's special penetration properties.

**Keywords:** Ozone, booster, washing treatment, oxidation, auxiliary chemical.

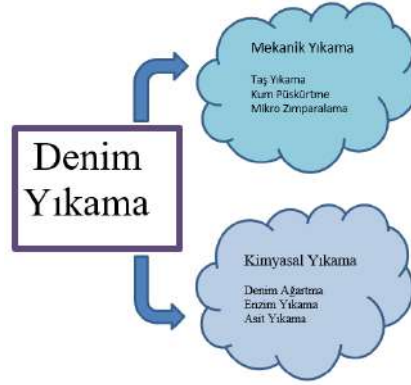
### 1.GİRİŞ

Pamuklu dokuma bir kumaş olan denim, günümüzün en popüler ve dikkat çeken stil ürünlerinden biridir. Moda dünyasında geniş bir yer kaplayan denim, her yaş grubunun ilgisini çeken ve günlük giyimde sıkça tercih edilen bir üründür. En yaygın olarak bilinen denim türü, büküm ipinin indigo boya ile renklendirildiği ve atkı ipinin beyaz bırakıldığı klasik indigo denimdir. Küresel pazarda denim ürünlerinin kullanımı hızla artmakta olup, denim kot pazarının 2020 yılında 56.204,8 milyon \$ olarak değerlendirildiği ve 2030 yılına kadar 88.138,0 milyon \$'a ulaşacağı tahmin edilmektedir (Paul, 2015).

Denim üretim süreçlerinde kullanılan yoğun su, enerji ve kimyasal madde miktarı, çevresel sürdürülebilirlik açısından büyük bir sorun teşkil etmektedir. Bir kot pantolon üretiminde yaklaşık 10.000 litre su, yarım kilogram kimyasal ve yüksek miktarda enerji tüketildiği belirtilmiştir (Hmida, Ladhar 2015). Bu nedenle, denim üretim süreçlerinde çevre dostu alternatiflerin araştırılması ve uygulanması büyük önem taşımaktadır. Geleneksel ıslak işlemler, yüksek çevresel etki yaratmakta ve

insan sağlığına zarar verebilmektedir. Örneğin, sodyum hipoklorit ve potasyum permanganat gibi kimyasallar, denim kumaşların beyazlatılması sırasında kullanılmakta ve çevreye ciddi kirlilikler yaratmaktadır (Öztürk, Eren 2010).

Denim yıkama, hızla yükselen ve değişen moda pazarının taleplerini karşılamak için ihtiyaç duyulan temel üretim süreçlerinin bir parçası olarak öne çıkmaktadır. Denim yıkama, kumaşın yumuşaklığını ve rahatlığını artırmak için kumaşa verilen estetik bir son işlemdir. Buna ek olarak, kumaşta soluk veya yıpranmış bir görünüm gibi farklı efektler elde edilir. Geleneksel denim yıkama işlemleri, Şekil 1'de belirtildiği gibi mekanik ve kimyasal yöntemler olmak üzere iki ana kategoriye ayrılır. Mekanik işlemler arasında kumlama ve mikro zımparalama yer alır. Bu işlemler sırasında silika içeren kum kullanılır ve oluşan silika tozu solunum yoluyla alındığında ciddi solunum yolu hastalıklarına, örneğin silikozise neden olabilir. Kimyasal yıkama işlemleri ise sodyum hipoklorit veya potasyum permanganat gibi kimyasallar kullanılarak gerçekleştirilir. Bu kimyasallar insan sağlığına zararlıdır ve beyazlatma makinesinin paslanmaz çelik tamburunu aşındırabilir. Ayrıca, beyazlatma işleminden kaynaklanan klorlu organik maddelerin bertaraf edilmesi çevreye ciddi kirlilikler yaratır (Zervent, Küçük 2021).



Şekil 1. Denim Yıkama Teknikleri

Geleneksel ıslak işlemlerin yerine, kuru veya neredeyse su içermeyen işlemler denim yıkamada sürdürülebilir bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Lazer ve ozon işlemleri, bu tür çevre dostu yöntemler arasında yer almaktadır. Lazer işlemi, denimde su içermeyen, renk soldurma işlemidir ve ekolojik ve ekonomik bir süreçtir. Lazer, mükemmel tekrarlanabilirlik ve daha yüksek verimlilik ile bölgesel aşınma, kumaş kırılmaları ve 'kullanılmış' görünüm etkisi yaratabilir (Korlu, 2006). Ozon işlemi ise, ekipmanda üretilen ozon gazı kullanılarak gerçekleştirilen bir ağartma yöntemidir. Ozon gazı, oksijen moleküllerinin yüksek enerjili UV ışınları veya elektrik boşalmaları ile parçalanması sonucu oluşur ve yüksek oksidasyon potansiyeline sahiptir (Öztürk, Eren, 2010). Ozonlama işlemi sırasında, çamaşır makinesi benzeri bir ekipman kullanılır ancak bu süreçte fazla su tüketilmez. Önümüzdeki yıllarda, denim yıkamaları sadece bu tür kuru veya su içermeyen işlemleri içerebilir (Zervent, Küçük 2021).

Ozonlama işlemi, denim kumaşların işlenmesinde çevre dostu ve sürdürülebilir bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Ozon, güçlü oksidatif özelliklere sahip bir gaz olup, çevreye zarar vermeyen ve yüksek oksidasyon potansiyeli ile etkili bir ağartma sağlayan bir maddedir. Ozonlama işlemi, geleneksel yöntemlere kıyasla daha az su ve enerji tüketimi gerektirmekte ve kimyasal kullanımını azaltmaktadır. Yapılan bir çalışmada, ozonlama süresi ve oranındaki artışın denim kumaşların kopma mukavemeti, yumuşaklık/sertlik ve renk özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sonuçlar, ozonlama süresi ve oranındaki artışın kopma mukavemeti değerlerini olumsuz etkilediğini, ancak sertlik üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığını göstermiştir (Zervent, Küçük 2021).

Ozonlama işleminin denim kumaşlar üzerindeki etkileri üzerine yapılan çalışmalar, bu yöntemin uygulanabilirliği ve etkinliği hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. UV/ozon uygulamasının yün kumaşların geçirgenlik, ıslana bilirlilik ve sarılık indeksini arttırdığını ve bu etkilerin uygulama

süresinin artmasıyla daha belirgin hale geldiğini belirtmişlerdir (Micheal, El-Zaher, 2003). Benzer şekilde, ozon ile yıkama işleminin enerji ve su tüketiminde tasarruf sağladığını ve deterjan kullanımını azalttığı yapılan çalışmada vurgulanmıştır (Cardis, Tapp, DeBrum, Rice, 2007). Bu bulgular, ozonlama işleminin sadece çevresel sürdürülebilirliği artırmakla kalmayıp, aynı zamanda ürün kalitesini de iyileştirebileceğini göstermektedir.

Denim kumaşların ozonlama ile işlenmesi, sadece çevresel faydalar sağlamakla kalmaz, aynı zamanda kumaşın fiziksel ve kimyasal özelliklerini de etkileyebilir. Ozonlama işlemi, denim kumaşların estetik ve kullanım özelliklerini de iyileştirebilir. Örneğin, yapılan farklı bir çalışmada, farklı sürelerde ozonlama işlemi uygulanmış yün kumaşlarda beyazlık derecesinin arttığı ve mukavemet kaybının azaldığı tespit edilmiştir (Gülümser, Akça, Bahtiyari, 2009) Ayrıca yapılan çalışmada, ozon ile yıkama işlemlerinin kimyasal madde tasarrufu sağladığını ve kumaşın ömrünü uzattığını belirtmişlerdir. Bu bulgular, ozonlama işleminin denim kumaşların işlenmesinde çevresel sürdürülebilirliği artıran ve ürün kalitesini iyileştiren bir yöntem olduğunu göstermektedir (Rice, DeBrum, Hook, Cardis, Tapp, 2009).

Sonuç olarak, ozonlama işlemi, denim kumaşların işlenmesinde çevre dostu ve sürdürülebilir bir alternatif olarak kullanılabilir. Ozon gazı, zararlı madde içermeyen, doğaya serbest halde yayıldığında oksijene dönüşerek zararsız bir yapıya sahip olan bir gazdır. Bu özellikleri sayesinde, ozonlama işlemi sırasında su ve enerji tasarrufu sağlanmakta ve çevreye zarar vermeden etkili bir ağartma ve yıkama işlemi gerçekleştirilebilmektedir (Öztürk, Eren 2010). Ayrıca, ozonlama işlemi, geleneksel kimyasal yöntemlere kıyasla daha düşük maliyetli ve daha az çevresel etkiyle gerçekleştirilmekte, bu da sürdürülebilir üretim süreçlerine katkı sağlamaktadır (Zervent, Küçük 2021).

Bu çalışmanın amacı, ozonlama işleminin denim kumaşların performans özellikleri üzerindeki etkilerini incelemek ve bu sürecin sürdürülebilirlik açısından avantajlarını değerlendirmektir. Çalışma, ozonlama ve ıslak işlem ile yapılan ağartma işlemlerinin denim kumaşların yırtılma mukavemeti, gramaj özellikleri, sürtme haslığı ve renk özellikleri üzerindeki etkilerini belirlemek için deneysel yöntemler kullanarak gerçekleştirilmiştir.

## 2.MATERYAL VE METOT

Ozonla ağartma işlemi, zararlı kimyasalları ortadan kaldırmak ve denim endüstrisinde potasyum permanganat ve benzeri kimyasalların yerine kullanmak için son derece önemlidir.

Ozonla yıkama, oksijenin zenginleşmesini sağlayan doğal bir prosese dayanır. Ağartmanın istenilen düzeyde ve homojen olması için kuru ve yaş yöntemde yardımcı kimyasalların kullanılması tercih edilir.

Akkim Kimya bünyesinde geliştirilen ürün; tamamen ekolojik olan Oxyboost Dry ile temiz üretim ozon ağartma prosesi desteklenmekte ve işlem performansı artırılması hedeflenmektedir. Bu çalışmada, kimyasalların denim kumaşlar üzerindeki solma etkisi ve kimyasalın insan sağlığına etkileri, ayrıca su ve kimyasal tüketimi geleneksel yöntemle karşılaştırılmıştır.

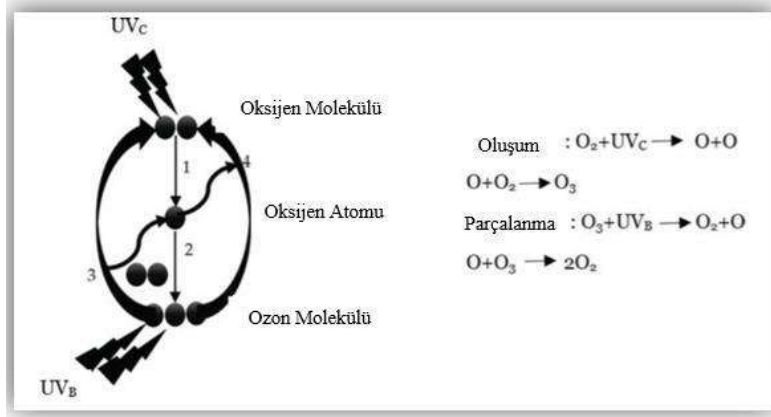
Uygulama karşılaştırmasında ıslak proses olarak 1/10 flotte oranında 60 C'de hipokrolit ağartma uygulanırken, ozon prosesinde su kullanılmadan sadece 1g/kg Oxyboost Dry kullanılmıştır.

Ozon, yüksek oksidasyon potansiyeli nedeniyle indigo ve diğer boyaları ayrıştırır. Şekil 2'de belirtildiği gibi oksijen, ozon gazına dönüştürülür, kot pantolonlar ıslatılır, ozona maruz bırakılır ve durulanır; ozon, çevreye salınmadan önce normal oksijene dönüştürülür.

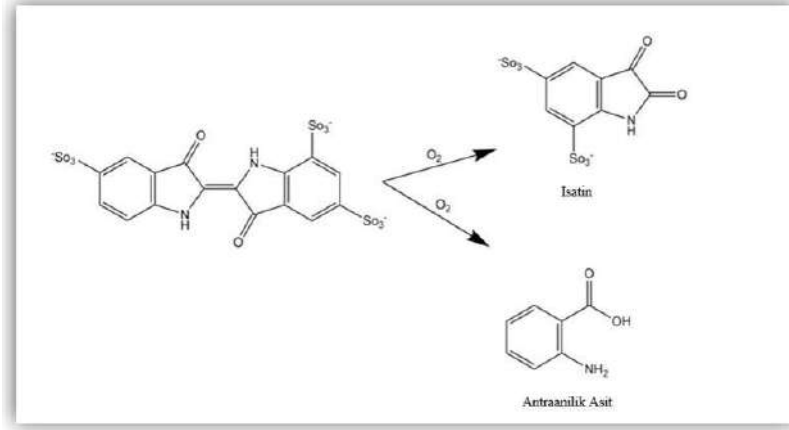
Şekil 3'de indigo boyar maddesinin ozon ile ayrışma mekanizması görülmektedir. Ozon prosesi kontrollü olmaz ise bozunma sırasında çıkan isatin sararmaya neden olmaktadır. Bunun önüne geçebilmek için geliştirilen Oxyboost Dry ile beraber performansı değerlendirilmiştir. Kimyasal yapısı gereği Şekil 4'de belirtilmekte, hidrofilik uçlarının varlığı ile penetrasyonu artırarak ozonun selüloz üzerinde homojen bir şekilde hareket etmesi sağlanır.

Kimyasal ağartma veya taşla yıkama ile ağartma işlemlerinde altı ila yedi yıkama ve durulama gerektirirken, ozon ile ağartma işlemi ile iki ila üç kez yapılarak aynı verim alınır. Geleneksel ıslak

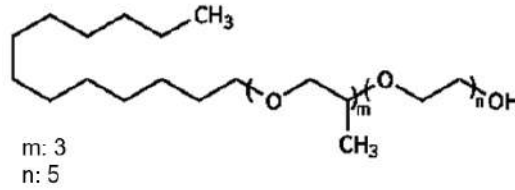
terbiye yöntemleri yerine ozon kullanıldığında su, kimyasallar ve ponza taşı tüketiminde yüzde 50'den fazla azalma olmaktadır.



Şekil 2. Ozonun oluşumu ve parçalanma döngüsü



Şekil 3. Ozon ile denim beyazlatma işleminin şematik mekanizması



Şekil 4. Ozyboost Dry kimyasal yapısı

### 3.ARAŞTIRMA BULGULARI

İşlem görmüş denim kumaşın mukavemet özellikleri incelenmiş ve işlem görmemiş olanla karşılaştırılmıştır. Çizelge 1'de denim kumaşların ozon prosesi, ıslak proses ve OXYBOOST DRY kullanılarak işlem görmesinden sonra TS EN ISO 13937-2 test standardına göre yapılan yırtılma mukavemeti değerlerini göstermektedir. Verilere göre, OXYBOOST DRY kullanılarak yapılan işlem, en yüksek yırtılma mukavemetine (18,08 N) ulaşmıştır. Islak proses, en düşük yırtılma mukavemeti (13,79 N) ile sonuçlanmış, ozon prosesi ise orta düzeyde bir mukavemet (17,37 N) göstermiştir. Bu sonuçlar, OXYBOOST DRY' in yırtılma mukavemetini artırmada etkili olduğunu ve ozon prosesiyle desteklendiğinde, ıslak prosese kıyasla daha dayanıklı bir yapı oluşturduğunu göstermektedir.



**Çizelge 1.**Uygulama Yapılmış Denim Kumaşların Yırtılma Mukavemeti

	Yırtılma Dayanımı (N)		
	Ozon Prosesi	Islak Proses	Oxyboost Dry
Çözüye paralel (Atkı uzunluğu)	17,27	13,67	18,11
	17,86	12,92	18,91
	17,5	13,6	17,99
	18,13	13,67	17,75
	16,07	15,05	17,66
Ortalama	17,37	13,79	18,08

Gramaj bilgileri, denim kumaşların farklı işlemlerden sonra ağırlıklarını göstermektedir (Çizelge 2). Ozon prosesi ve OXYBOOST DRY işlemleri sonrasında kumaşların gramajı sırasıyla 280 g/m<sup>2</sup> ve 277 g/m<sup>2</sup> olarak ölçülmüştür. Islak proses ise 263 g/m<sup>2</sup> ile daha düşük bir gramaj değeri göstermektedir. Bu bulgular, ozon prosesi ve OXYBOOST DRY işlemlerinin kumaşın dokusunu ve yoğunluğunu koruyarak, ıslak prosese kıyasla daha ağır ve yıpranmanın az olduğu bir kumaş elde edilmesini sağladığını ortaya koymaktadır.

**Çizelge 2.**Gramaj Bilgileri

Proses	Gramaj (g/m <sup>2</sup> )
Ozon Prosesi	280
Islak Proses	263
Oxyboost Dry	277

Kimyasalların denim kumaş üzerindeki solma etkisini belirlemek için yüzey rengi Optik Spektrometre ile ölçülmüştür. Optik spektroskopi ile solma özelliklerini gösteren Çizelge 3’de, L\*, a\*, ve b\* değerleri verilmiştir. L\* değeri, kumaşın aydınlık ve karanlık düzeyini gösterir. OXYBOOST DRY işlemi, en yüksek L\* değerine (37,3) sahip olup, bu işlemle en açık renk elde edilmiştir. Su ile yapılan işlem orta düzeyde bir açıklık (33,57) göstermiştir. Ozon prosesi ise en düşük L\* değeri (26,8) ile en koyu rengi elde etmiştir. a\* ve b\* değerleri ise kırmızı-yeşil ve sarı-mavi eksenlerini gösterir. OXYBOOST DRY, su ve ozon işlemleri sırasıyla farklı a\* ve b\* değerlerine sahip olup, bu farklılıklar kumaşın renk tonunda oluşan değişiklikleri yansıtmaktadır. OXYBOOST DRY işlemi, en düşük a\* ve b\* değerlerini göstererek daha soğuk ve açık bir ton sağlamıştır ve bu sonuçlar etkili bir ağartmanın sağlandığını göstermektedir.

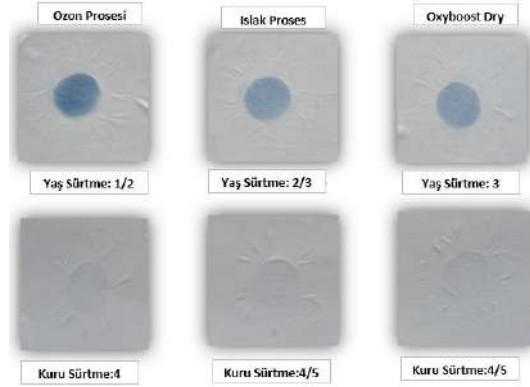


**Şekil 4.** Proseslere göre ağartma sonu görseller

**Çizelge 3.** Optik Spektroskopi ile Solma Özellikleri

Numuneler	L*	a*	b*
Ozon Prosesi	26,8	-0,31	-9,52
Islak Proses	33,57	-1,44	-14,86
Oxyboost Dry	37,3	-1,89	-13,03

Proseslere göre kuru/yaş sürtme haslığı BS ISO 105-X12:2002 test standardına göre yapılmış ve sonuçları gri skalaya göre değerlendirilerek şekil 5 'de belirtilmiştir. Sonuçlara göre Oxyboost Dry ile yapılan ozonlama prosesinde diğerlerine göre yaş sürtme haslığında daha iyi sonuç bulunurken, kuru haslıklar ıslak proses ve Oxyboost Dry benzer çıkmıştır.



**Şekil 5.** Kuru-yaş sürtme haslığı sonuçları

Son olarak EIM(Environmental Impact Measuring) yazılımı ile proses sırasında tüketilen su ve enerji miktarları hesaplanmıştır. EIM, giysi yıkama işlemlerinin çevresel etkisini verimli ve ekonomik olarak uygulanabilir bir şekilde izlemek için geliştirilmiş bir platformdur. Çizelge 4'de EIM hesaplamalarının kategorilere göre ve ürünlere karşılık gelen değerleri belirtilmiştir. Çıkan değerler sonucunda çevresel etki eşiği belirlenmektedir. Üretim aşamasında ise denim yıkamasının çevresel performansını iyileştirmeyi amaçlayan bir akreditasyon aracıdır. EIM yazılımı, giysi yıkama endüstrisine özeldir. Çizelge 5'deki veriler incelendiğinde hipoklorit ağartmayı, Oxyboost Dry ile yapılan ozon ağartma ile kıyasladığımızda su, kimyasal kullanımı ve insan sağlığına etkilerinin iyileştirildiği saptanmıştır.

**Çizelge 4.** EIM hesaplama bilgileri

Kategoriler	Ürün Bilgisi	Kalite Testi Çevresel Eşiğe Karşı		
		0-33 (DÜŞÜK ETKİ)	34-66(ORTA ETKİ)	66 üzeri (YÜKSEK ETKİ)
Su Tüketimi (l/kg)	Denim	0-45	45-90	90 üzeri
	Giysi Yıkama	0-25	25-45	45 üzeri
	Giysi Boyama	0-75	75-120	120 üzeri
Enerji Tüketimi (kw.h/kg)	Denim	0-2,5	2,5-3,6	3,6 üzeri
	Giysi Yıkama	0-1	1-1,8	1,8 üzeri
	Giysi Boyama	0-2,5	2,5-4	4 üzeri
Kimyasal Etki	Denim	0-33	34-66	66 üzeri
	Giysi Yıkama	0-33	34-66	66 üzeri
	Giysi Boyama	0-33	34-66	66 üzeri
İşçi Refahı	Denim	0-13	14-29	29 üzeri

**Çizelge 5.** EIM yazılımına göre hesaplama sonuçları

	Islak Proses	Oxyboost Dry ile Ozon Prosesi
Su tüketimi(l/kg)	31,5	16,5
Enerji tüketimi(kw.h/kg)	0,87	1,12
Kimyasal etki	23,5	4
İşçi refahı	13,5	3
EIM puanı	24	11

#### 4.SONUÇLAR

Ozon işleminin denimin mekanik ve renk özellikleri üzerinde önemli bir etkisi olduğu açıktır. Ozonun yüksek oksidasyon potansiyeli ( $E = 2.07 \text{ eV}$ ) nedeniyle denim, kısa bir süre için orta konsantrasyonda ozon ile muamele edilmelidir. Özellikle denim kumaşın mukavemet özelliklerini korumak için ozon işlemi bir katkı maddesi ile aktive edilmelidir. Oxyboost Dry ile denim kumaşın yırtılma mukavemeti ve gramaj özellikleri geliştirilmiştir. Karşılaştırma çalışmaları ile açıkça görülmektedir ki; penetrasyon özelliklerini geliştirmek için su yeterli değildir. Kumaşın kimyasal alım miktarı doğru ayarlanamazsa, selüloz boşluklarına giren su ağartmayı geciktirecektir. Daha sürdürülebilir bir şekilde gelişmiş bir görünüm için Oxyboost Dry bir aktivatör gibi davranır, böylece daha az uygulama süresi ile istenen sonuçlar elde edilebilir. Bu gibi ürün ve teknolojilerin gelişmesi ile daha çevre dostu sürdürülebilir tekstil üretimine odaklanacak çalışmaların sayısı artacaktır.

Sonuçlar doğrultusunda OXYBOOST DRY kullanımının denim kumaşlarda hem dayanıklılığı artırmada hem de renk açma ve homojenlik sağlamada etkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca, ozon prosesi, düşük su kullanımıyla etkili bir ağartma sağlarken, kumaşın mukavemet ve gramaj özelliklerini büyük ölçüde korumaktadır.. EIM skor cetveline göre Oxyboost dry ile yapılan ozon ağartma işleminin de ıslak işlem ile yapılan ağartma işleminin de “Düşük etkili çevresel etki ölçüm skoru” yani (low-impact Environmental Impact Measurement (EIM) score) sınırları içinde (0-33) olduğu yani çevreye minimum etkileri olduğu; Oxyboost Dry ile yapılan ozon ağartma işleminin ıslak işlem ile yapılan ağartmaya göre neredeyse %50 oranında çevreye daha az etkisi olacağı söylenebilir. Bu bulgular, çevre dostu ve sürdürülebilir tekstil üretiminde ozon ve OXYBOOST DRY işlemlerinin önemli bir yer tutabileceğini göstermektedir.

#### 5.KAYNAKLAR

*Cardis, D., Tapp, C., DeBrum, M., & Rice, R. G. (2007). Ozone in the Laundry Industry - Practical Experiences in the United Kingdom. Ozone: Science & Engineering, 29, 85-89.*

*Gülümser, T., Akça, C., Bahtiyari, M.İ., 2009. Yün Terbiyesinde Ozonla İşlemin Beyazlık Derecesine Etkisinin Araştırılması, Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi, Cilt. 19, s. 52-55.*

*Hmida S.B., and Ladhar N., (2015) Ozone: Science & Engineering, p,15.*

*Korlu A., (2006) The Journal of the International Ozone Association,.,p,24*

*Micheal, M. N., & El-Zaher, N. A. (2003). Efficiency of Ultraviolet/Ozone Treatments in the Improvement of the Dyeability and Light Fastness of Wool. Journal of Applied Polymer Science, 90, 3668-3675.*

*Öztürk, D., & Eren, H. A. (2010). Tekstil Terbiyesinde Ozon Kullanımı. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 15(2), 37-42.*

*Paul R., (2015), Denim and Jeans; an Overview. Denim: Manufacture, finishing and applications p 1*

*Rice, R.G., DeBrum, M., Hook, J., Cardis, D., Tapp, C., 2009. Economic and Enviromental Benefits of Ozone in Ozone Laundering Systems. Ozone: Science & Engineering: The Journal of the International Ozone Association, Cilt. 31, s. 348-356. DOI: 10.1080/01919510903091839*

*Zervent Ünal, B., & Küçük, A. D. (2021). Ozonlama Proses Şartlarının Elastansız Denim Kumaşların Yumuşaklık/Sertlik ve Mukavemet Özelliklerine Etkisinin İrdelenmesi. DEÜFMD, 23(69), 745-754.*

# HUNTİT-HİDROMANYEZİT KATKILI DOĞAL YOLLARLA GÜÇ TUTUŞURLUĞU ARTTIRILMIŞ KUMAŞLARIN ANTİBAKTERİYEL VE ANTİSTATİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Oğuz DEMİRYÜREK, Mehmet DOĞAN

*Erciyes Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye*

## ÖZET

Çalışmada, PET esaslı dokuma yataklık kumaşlarda halojenli sistemlere alternatif halojen içermeyen güç tutuşur bir yapı geliştirilmiş ve bu yapıların antibakteriyel ve antistatik özellikleri araştırılmıştır. Literatür çalışmaları halojenli sistemlere performans olarak en yakın sistemlerin fosfor esaslı güç tutuşurluk maddeleri kullanılırsa elde edildiğini ortaya koymaktadır. Bu sebeple ana güç tutuşurluk maddesi olarak fosfor esaslı güç tutuşurluk maddeleri içerisine huntit-hidromanyezit minerali farklı oranlarda eklenmiştir. Bunun yanında, yapının güç tutuşurluk, antibakteriyellik ve antistatiklik etkinliğini artıracak olan metal ve/veya bor içeren (ÇinkoBorat-ZnB) bileşikler kullanılmıştır. Kaplanmış kumaşların antibakteriyellik (ASTM E2149:2020) ve antistatiklik (yüzey direnci-TS 1149-1) özellikleri belirlenmiştir. Test sonuçlarına göre, geliştirilen kumaşlarda antibakteriyel aktivitenin olmadığı ve çok iyi derecede antistatik olduğu görülmüştür. Ülkemiz HH ve Bor madenleri bakımından zengin yataklara sahiptir. Çalışmada ülkemiz madenlerinin katma değerli bir ürüne dönüşmesi amaçlanmış olup, bu madenler kullanılarak antibakteriyel ve antistatik yapıda kumaşlar elde edilebileceği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Huntit-Hidromanyezit, Çinko Borat, Polyester Kumaş, Kaplama, Antibakteriyellik, Antistatiklik

## INVESTIGATION OF THE ANTIBACTERIAL AND ANTISTATIC PROPERTIES OF HUNTITE -HYDROMAGNESITE ADDED NATURALLY INCREASED FLAME RETARDANT FABRICS

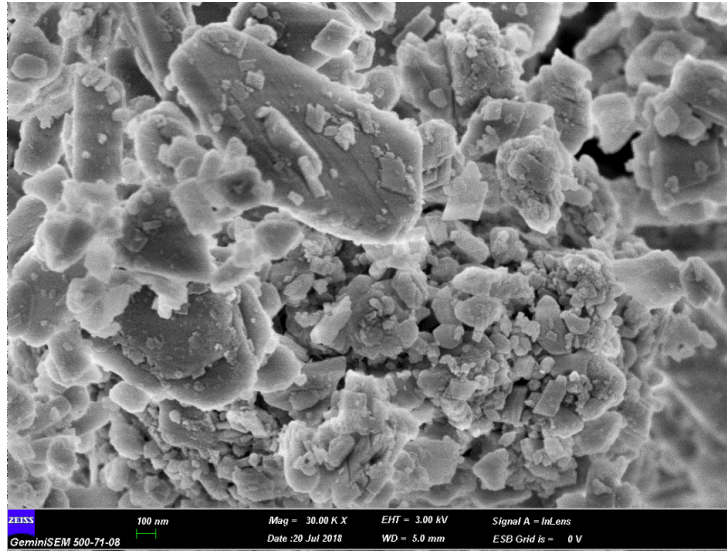
### ABSTRACT

In the study, a halogen-free, flame retardant structure was developed as an alternative to halogenated systems in PET-based woven bedding fabrics, and the antibacterial and antistatic properties of these structures were investigated. Literature studies reveal that the systems closest in performance to halogenated systems are phosphorus-based flame retardants. For this reason, huntite-hydromagnesite mineral was added in different proportions to phosphorus-based flame retardant materials as the main flame retardant agent. In addition, compounds containing metal and/or boron (ZincBorate-ZnB) have been used to increase antibacterial and antistatic effectiveness. The antibacterial (ASTM E2149:2020) and antistatic (surface resistance-TS 1149-1) properties of the coated fabrics were determined. According to the test results, it was observed that the developed fabrics had no antibacterial activity and were very well antistatic. Türkiye has rich deposits of HH and Bor mines. In the study, it was aimed to transform Türkiye's minerals into a value-added product, and it was seen that antibacterial and antistatic fabrics could be obtained by using these minerals.

**Keywords:** Huntite-Hydromagnesite, Zinc Borate, Polyester Fabric, Coating, Antibacterial, Antistatic

## 1. GİRİŞ

Huntit; bir kalsiyum magnezyum karbonat mineralidir. Karbonatlar sınıfı altında dolomit grubunda bulunmaktadır. Kimyasal formülü;  $\text{CaMg}_3(\text{CO}_3)_4$ , molekül ağırlığı 353,03 gr'dır. (%15,88 CaO, %34,25 MgO ve %49,87  $\text{CO}_2$ ) Mikroskobik tane boyunda polikristalin yığılımlar halindedir. Rombohedral ve hegzagonal sistemde kristallenir. Dolomit ve/veya manyezitle birlikte; karstik, evaporitik, gelgit altı ve yer altı ısınmış ortamlarında Mg/Ca oranının 7'den yüksek ve sıcaklığın 50 °C'den daha fazla olduğu koşullarda (pH:7,5-8) katman ya da yumrular halinde oluşur. Yarı duyarlı olduğundan, ancak iyi korunduğu yataklarda varlığını sürdürmektedir (Hollingbery, Hull, 2012). Doğal olarak oluşmuş huntit parçacıkları ince ve ileri düzeyde yassı bir yapı bulmaktadır (Atay, Çelik, 2013) Huntit mineralinin önem kazanan özellikleri, işleme araçlarına aşındırıcı olmayışı, az duman oluşumu, asit gazı emisyonu bulunmaması, halojen içermemesi, çevre açısından tehlike oluşturmaması, geri dönüştürülebilir olması, yanma gazı korozyonu bulunmaması, renklendirmede sınırsız olması ve yanıcılığının az olmasıdır (Seki vd, 2013). Huntit; çoğunlukla hidromanyezit ve/veya manyezitle birlikte bulunup; dağılgan, saf beyaz görünümlüdür. Şekil 1'de huntit-hidromanyezit mineralinin SEM görüntüsü verilmektedir.

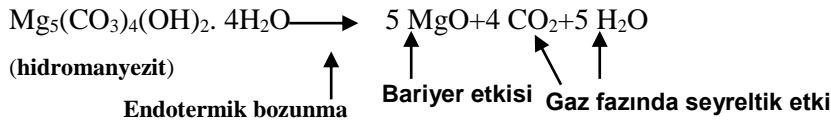


Şekil 1 Huntit-hidromanyezit mineralinin SEM görüntüsü

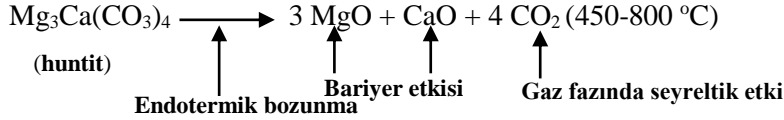
Türkiye'de Denizli İli Hırsızdere mevkiinde ve Sırbistan'da Bela-Stena sedimanter manyezit yataklarının hidromanyezitlerin diyajenezi ile oluştuğu sanılmaktadır (Hollingbery, Hull, 2010). Buradaki yataklarda stromatolitik yapıların izleri tabakalar arasında görülebilmektedir. Hidromanyezitler, güncel olarak da Burdur İli, Yeşilova İlçesinde yer alan Salda Gölü'nde de oluşmaktadır. Mineralizasyonda siyanobakterilerin önemli rol aldığı düşünülmektedir (Hollingbery, Hull, 2012). Hidromanyezitin en genel endüstriye kullanımı huntit ile bir karışım olarak polimerler için güç tutuşurluk katkı maddesi olarak kullanılmasıdır (Hull vd, 2011; Yıldırım, Çelik, 2014). HH mineral esaslı bir güç tutuşurluk maddesi olup. Mineral esaslı güç tutuşurluk dolgu maddeleri şu mekanizmalar üzerinden alev geciktirici etki göstermektedir (Erdem, 2022);

- Endotermik olarak bozunma (Bozunma sırasında ortamdan ısı absorblayarak hem yanmayı hem de polimerin bozunmasını geciktirmektedir)
- Bozunma sırasında su buharı ve  $\text{CO}_2$  gibi yanıcı olmayan gazlar açığa çıkarak ortamdaki yanıcı gaz konsantrasyonunu düşürmekte böylece yanma olayı yavaşlamaktadır.
- Bozunma sırasında oluşan metal oksitlerin yüksek ısı kapasitesine sahip olmasından dolayı polimerin bozunması için gerekli olan ısı miktarını düşürmesidir.
- Son etki mekanizması ise; katı fazda oluşan kül (tortu) miktarı artmakta böylece gaz faz ile katı faz arasındaki ısı ve  $\text{O}_2$  transferini yavaşlatarak yanma olayını durdurmakta veya geciktirmektedir.

Hidromanyezitin genel bozunma reaksiyonu ve her bir bozunma ürününün yanmazlığa etkisi aşağıda gösterilmiştir (Erdem, 2022).



Huntitin genel bozunma reaksiyonu ve her bir bozunma ürününün yanmazlığa etkisi aşağıda gösterilmiştir (Erdem, 2022).



Literatür çalışmalarında bu minerallerin genellikle güç tutuşurluk özelliği üzerine çalışmalar mevcuttur. Antibakteriyel ve antistatik özelliklerinin incelendiği çok az sayıda çalışmaya rastlanılmıştır.

Çamlıbel vd, (2019) yaptıkları çalışmada, Huntit-hidromanyezit içeren poliakrilat esaslı kaplama patını pamuklu kumaşlara bıçaklı rakle ile kaplamıştır. Pamuklu kumaşların alev geciktirici özellikleri dikey alev testi, limit oksijen indeksi (LOI) testi, için için yanan sigara ve kibrit alevi testlerine göre test edilmiştir. Huntit-hidromanyezit içeren akrilat bazlı polimer pat ile kaplanan pamuklu kumaşların alev geciktirici ve antibakteriyel özellikleri iyileştirilmiştir. Çamlıbel vd., (2021) pamuklu kumaşları modifiye Huntit-hidromanyezit (HH) ile fularlama-kurutma-kürleme yöntemi ile silan bazlı nanosoller ile kaplamıştır. HH'nin modifikasyonu, serbest radikal reaksiyonunda hidrojen peroksit ve amonyum persülfat gibi farklı oksidatif ajanlar vasıtasıyla HH üzerine (3-glisidiloksipropil) trimetoksisilan (GPTMS) veya viniltrioksisilanın (VTES) aşılınmasıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada amaç, HH üzerine GPTMS veya VTES aşılarken HH'nin silika film tabakasına pamuklu kumaş üzerine gömülmesini iyileştirmektir. Pamuklu kumaşların alev geciktirici özellikleri kül içeriği, limit oksijen indeksi, dikey alev testi, koni kalorimetri testi ve diferansiyel termal analiz-termogravimetrik analize göre değerlendirilmiştir. Kül içeriğindeki artış, yanma sonrası iyi yapısal bütünlüğe sahip kömür kalıntısı, kaplanmış kumaşların alev geciktiriciliğinde iyileşmeyi doğrulamıştır.

Atay vd (2013), Huntit/hidromanyezit mineral takviyeli polimerik kompozitlerin mekanik özelliklerini araştırılmışlardır. HM tozlarının faz ve mikroyapı analizi, kompozit malzemelerin imalatından önce XRD ve SEM-EDS kullanılarak yapılmıştır. Farklı partikül boyutu ve içeriğine sahip mineraller daha sonra kompozit malzemeler üretmek için etilen vinil asetat kopolimerine (EVA) ilave edildi. Kompozitlerin mekanik davranışları, çekme mukavemeti, yırtılma mukavemeti ve kopmada uzama değerlerini belirlemek için değerlendirildi. Artan partikül içeriğinin mekanik performansı azalttığı ve katkı boyutunun azaltılmasının daha iyi mekanik özellikler elde etmek için faydalı olduğu sonucuna varılmıştır [12]. Atay ve Çelik (2016), yardımcı alev geciktirici malzeme olarak borik asit ve antimon oksit, Huntit ve hidromanyezit ile birlikte kullanmıştır. Mekanik özelliklerin bozulmasını önlemek için, polimer kompozitlerde katkı miktarının yeterince az olması istenmektedir. Ayrıca, çeşitli katkılarla polimerlerin alev dayanıklılık özellikleri elde edilebilir. Daha ince tozların kullanılması ayrıca daha iyi alev geciktirici özelliklerin verilmesine yardımcı olur. Bu nedenle, mineraller, sinerjik etkilerle geliştirilmiş alev geciktiriciliği araştırmak için kullanılmıştır. Öğütülmüş mineraller, farklı yükleme seviyeleri ve boyutları ile bir epoksi reçinesine eklenmiştir. Kompozitler, DTA-TG, FTIR, SEM-EDS ve yüzey profilometrisi kullanılarak karakterize edilmiştir. UL94-alev geciktirme testleri bu araştırmanın temel amacı olarak yapılmıştır. Boyut dağılımı ve mineral türü/içerik etkileri ölçülmüştür. Artan mineral içeriği ve küçülen boyut ile alev geciktirici özelliklerin iyileştirildiği sonucuna varılmıştır. Borik asit ve antimon oksit, Huntit ve hidromanyezit ile birleştirildiğinde yanıcı polimerlerin alev geciktiriciliğini olumlu yönde etkilediği görülmüştür.

Baştürk vd (2016), Huntit/hidromanyezit minerali eklenerek polietilen tereftalat (PET)'in termal stabilitesinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. PET'e çeşitli oranlarda Huntit/hidromanyezit eklenerek PET/huntit/hidromanyezit kompozitleri hazırlanmıştır. Kompozitlerin kimyasal yapıları Fourier

transform kızılötesi spektroskopisi (FTIR) ve X-ışını kırınımı (XRD) analizi ile karakterize edilmiştir. Kompozitlerin termal özellikleri, termogravimetrik analiz (TGA) ve diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC) ile belirlendi. Kompozitlerde Huntit/hidromanyezit içeriğinin artmasıyla camsı geçiş sıcaklıkları ve kömür verimleri artmıştır. Kompozitlerin yüzey morfolojileri taramalı elektron mikroskobu ile incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, kompozit sistemin saf PET'in kendisinden termal olarak daha kararlı olduğunu kanıtlamıştır.

Dike vd (2017) Huntit-hidromanyezit içeren termoplastik poliüretanın alev geciktirici ve termal özellikleri üzerine çinko boratın (ZnB) etkisi incelenmiştir. Termoplastik poliüretan esaslı kompozitlerin alev geciktirici özellikleri, sınırlayıcı oksijen indeksi, dikey yanma testi (UL 94), termogravimetrik analiz ve kütle kaybı kalorimetresi kullanılarak araştırılmıştır. ZnB'nin kompozitlerin yanıcılık özellikleri üzerinde kayda değer bir etkisi gözlenmemiştir. UL 94 derecesi, eklenen ZnB miktarına bakılmaksızın değişmez iken 1:1 oranında sınırlayıcı oksijen indeks değerinde hafif bir artış gözlemlenmiştir. ZnB'nin adjuvan etkisi, kütle kaybı kalorimetre çalışmaları sırasında, yoğunlaşmış fazdaki kalıntının bariyer etkisini artırarak ve gaz fazında yanıcı olmayan gazların oluşumunu artırarak gözlemlenmiştir. En yüksek alev performansı 1:1 oranında elde edilmiştir.

Savaş vd (2017), Huntit hidromanyezit (HH) içeren termoplastik poliüretan (TPU) kompozitlerin alev geciktirici, termal ve mekanik özellikleri üzerinde mikrokapsüllü kırmızı fosforun (mRP) etkisini incelemişlerdir. TPU esaslı kompozitlerin alev geciktirici özellikleri, sınırlayıcı oksijen indeksi (LOI), dikey yanma testi (UL 94), termogravimetrik analiz (TGA) ve kütle kaybı kalorimetresi kullanılarak araştırılmıştır. Kompozitlerin mekanik özellikleri, çekme testi ve dinamik mekanik analiz (DMA) kullanılarak incelenmiştir. Test sonuçlarına göre, kompozitlerin hem FR hem de mekanik özellikleri açısından mRP'nin adjuvan etkisi gözlenmiştir. En yüksek LOI değeri (32.5), en yüksek UL-94 derecesi (VO) ve en düşük pHRR (155 kW/m<sup>2</sup>) değeri, ağırlıkça %7 mRP'nin HH ile kısmi ikamesi ile gözlenirken çekme mukavemeti de TPU/50HH'ye göre yaklaşık %60 artmıştır. mRP, yoğunlaşmış fazda kalıntının bariyer etkisini ve gaz fazında aktif radikallerin oluşumunu artırarak sinerjistik etki göstermiştir. mRP, düşük moleküler ağırlıklı epoksi reçine taşıyıcının plastikleştirici ve uyumlulaştırıcı etkisinden dolayı mekanik özellikler üzerinde adjuvan etki göstermiştir.

Atay (2021), Ahşabın yapı malzemesi olarak kullanılmasının önündeki en büyük engel yangına karşı dayanıklı olmamasından dolayı, çalışmada ahşabın kullanılmasındaki bu büyük engele karşı direnç sağlanması amaçlanmıştır. Bu anlamda inorganik Türk Huntit ve hidromanyezit mineralleri kullanılarak yeni alev geciktirici ahşap kompozitler üretilmiştir. Kompozit malzeme üretimi için mineral ezilip öğütülerek farklı büyüklükteki fraksiyonlara elenmiştir. Kompozit matris olarak talaş kullanılmıştır. İlk olarak katkı maddesinin boyut değeri sabit tutularak kompozitteki mineral katkı oranı değiştirilmiştir. Daha sonra katkı oranı sabit tutulmuş ancak boyut değerleri değiştirilmiştir. Bu sayede miktar ve boyuta olan bağımlılık araştırılmıştır. Mineralojik yapı XRF, XRD ve SEM-EDS cihazları ile belirlenmiştir. Termal davranış, DTA-TG tarafından gözlemlendi. Mekanik özellikler eğilme testi ile değerlendirildi. Ahşap kompozitlerin alev geciktirici özelliklerini belirlemek için UL-94 test cihazı kullanıldı. İnorganik mineraller içeren ahşap kompozitlerin yangına karşı direnç kazandığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca, ahşap kompozitlerin alev geciktirici özellikleri, mineral içeriği arttıkça ve boyut küçüldükçe iyileşmiştir.

Yataklık kumaşlarda PET esaslı kumaşlar oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle gelişmiş ülkelerin (EU, İngiltere, USA, Kanada) yapmış olduğu yasal düzenlemeler sonucunda bu kumaşlardan güç tutuşur özellik, antibakteriyellik ve antistatik özellikler beklenmektedir. Bu tip kumaşlar günümüzde ticari olarak brom/antimon üç oksit karışımları kullanılarak güç tutuşur hale getirilmektedir. Ancak halojen esaslı güç tutuşurluk maddelerinin çıkarmış oldukları toksik gazlardan dolayı kullanımlarına kısıtlama getirilmektedir. Bu sebeple, halojen esaslı sistemlere alternatif olabilecek güç tutuşurluk sistemlerine yönelik çalışmalar yoğunlaşmaktadır. Mevcut çalışmada ülkemiz madenlerinden olan huntit-hidromanyezit ve bor minerallerinden faydalanarak halojen içermeyen güç tutuşur bir yapı elde edilmiş ve bu kumaşların antibakteriyel ve antistatik özellikleri araştırılmıştır.



## 2. MATERYAL VE METOT

Zemin kumaş olarak; atkı ve çözgü ipliği doğrusal yoğunluğu 300 denye, iplik kesitinde 96 filament olan, atkı ve çözgü sıklıkları 23 tel/cm, gramajı 205 gr/m<sup>2</sup> olan %100 polyester dokuma kumaş Aydın Tekstil’de üretilerek kaplama denemeleri için kullanılmıştır. Kaplamada güç tutuşurluk ana maddesi olarak organo fosfat esaslı Addiflam ticari kimyasalı kullanılmıştır. Kaplama işlemi için Erciyes Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Laboratuvarında bulunan “Mathis” marka rakleli Numune kaplama cihazı (Şekil 2) kullanılmıştır. Kaplama patının karıştırılması için “Heidolph” marka mekanik karıştırıcı (Şekil 3) kullanılmıştır. Mekanik karıştırıcıda 10 dk boyunca 400 d/dk ile karıştırılan kaplama patı rakleli numune kaplama cihazında kumaşa aktarılmış ve kaplanan kumaşlar etüvde kurutulmuştur. Kaplaması biten kumaşların *E.Coli* ve *S.Aureus* bakterilerine karşı aktivitesi ASTM E2149:2020 standardı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca kumaşların antistatik özellikleri TS 1149-1 standardı kullanılarak belirlenmiştir.



Şekil 2 Mathis Rakleli Numune Kaplama cihazı



Şekil 3 Mekanik Karıştırıcı

Limit Oksijen İndeksi değeri diğer örneklerden yüksek çıkan ve 27% olarak belirlenen, Çizelge 1’de gösterilen 1 ve 2 numaralı kumaşın *E.Coli* ve *S.Aureus* bakterilerine karşı aktivitelerinin belirlenmesi için test yapılması planlanmıştır.

Çizelge 1 Kaplama pat reçeteleri

S.No	LH3	ZnB	Akrilik	G/M <sup>2</sup>
1	%5	%5	-	244
2	%10	%10	-	257
3	%5	%5	%5	262
4	%15	%5		269
5	%15	%5	%5	260

Antibakteriyel Aktivite Tayini Ekoteks Laboratuvar ve Gözetim Hizmetleri AŞ firmasından hizmet yolu ile alınmıştır

### Test Koşulları

Sıcaklık: 35±2 °C

Temas Süresi: 24 saat ±5 dk

### Mikroorganizma

Bakteri suyu ve numarası: *E.Coli* ATCC (6538) (Gram (+))

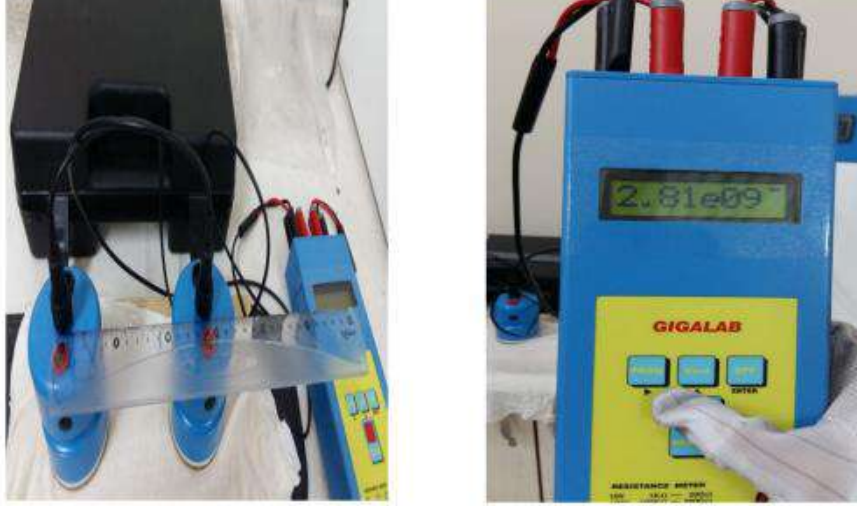
“0” saatte (kob/mL) test çözültisinin bakteriyel konsantrasyonu : 2,21 x 10<sup>5</sup>

Olarak test yapılmıştır.

Bakteri suyu ve numarası: *S.Aureus* ATCC (6538) (Gram (+))

“0” saatte (kob/mL) test çözültisinin bakteriyel konsantrasyonu : 1,34 x 10<sup>5</sup>

Antistatiklik test ölçümü için Erciyes Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümünde bulunan Gigalab isimli Antistatik Elektrik Ölçüm cihazı kullanılmıştır (Şekil 4). Bu testte test yapılan zemin topraklanmıştır. Tahta levha üzerine kumaş numuneleri yerleştirilerek üzerine biri (+) diğeri (-) olan yük silindirleri yerleştirilmiştir. İki silindir arası mesafe üretici firma tarafından 14 cm olarak belirlendiğinden 14 cm olacak şekilde ayarlanmıştır. Koruyucu eldiven ve bileklik takıldıktan sonra antistatik elektrik yükü cihazın ölçme elemanı tarafından kaydedilir.



Şekil 4 Antistatik Elektrik Ölçüm Testi

TS 1149-1 standardına göre antistatik test aralıkları ve antistatiklik ile ilgili değerlendirmeler Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2 TS1149-1 standardına göre antistatik test aralıkları ve değerlendirmeler

Antistatik Test Değerleri	Değerlendirme
$5 \times 10^9 \Omega$ ‘dan küçükse	Çok iyi
$5 \times 10^9 - 5 \times 10^{10} \Omega$	İyi
$5 \times 10^{10} - 2,5 \times 10^{11} \Omega$	Orta
$2,5 \times 10^{11} \Omega$ ‘dan büyükse	Kötü

### 3. TARTIŞMA ve SONUÇ

Antibakteriyel Aktivite Tayini sonuçları Addiflam/%10LH3/%10ZnB ile Addiflam/%5LH3/%5ZnB ile kaplanmış ve seri üretimden çıkmış kumaşların *E.Coli* ve *S.Aureus* bakterilerine karşı dayanımı ASTM E2149:2020 standardı esas alınarak sırasıyla Çizelge 3 ve Çizelge 4’te verilmektedir.

Çizelge 3 Antibakteriyel Test Sonuçları (*E.Coli*)

Numune	Temas süresinden sonra işlem görmemiş numuneden kazanılan canlı bakteri sayısı (Zemin Kumaş-Ham Polyester)	İnoculum Only’dan geri kazanılan bakteri sayısı (Kontrol grubu)	Temas süresinden sonra <b>kaplanmış</b> numuneden kazanılan canlı bakteri sayısı
Addiflam/ %10LH3/ %10ZnB	$3,37 \times 10^5$	$3,30 \times 10^5$	0.0
Addiflam / %5LH3 / %5ZnB	$3,35 \times 10^5$	$3,30 \times 10^5$	0.0

Çizelge 4 Antibakteriyel Test Sonuçları (*S.Aureus*)

Numune	Temas süresinden sonra işlem görmemiş numuneden kazanılan canlı bakteri sayısı ( <b>Zemin Kumaş-Ham Polyester</b> )	İnoculum Only'den geri kazanılan bakteri sayısı (Kontrol grubu)	Temas süresinden sonra <b>kaplanmış</b> numuneden kazanılan canlı bakteri sayısı
Addiflam /% 10LH3/% 10ZnB	9,17x10 <sup>3</sup>	2,29x10 <sup>5</sup>	0.0
Addiflam / % 5LH3 / % 5ZnB /	9,93x10 <sup>3</sup>	2,29x10 <sup>5</sup>	0.0

Antibakteriyel test sonuçlarına göre her iki kumaşta da antibakteriyel aktivitenin olmadığı belirlendiğinden kumaşların *E.Coli* ve *S.Aureus* bakterilerine karşı antibakteriyel nitelikte olduğu belirlenmiştir.

Kumaşların antistatik test ölçümleri, sonuçları ve değerlendirmeleri Çizelge 5'te verilmiştir. Buna göre Polyester ham kumaşın (7) antistatik ölçümü orta seviyede iken organofosfat içerikli Addiflam (6) ile kaplandığında İyi seviyeye ulaşmaktadır. Yapıda LH3 ve ZnB bulunduğu "çok iyi" sınıflandırmasında kumaşlar elde edilirken akrilik karışıma girdiğinde direnç değeri yükselmektedir. Seri üretime aday 1 ve 2 numaralı reçeteler ile kaplanmış kumaşların antistatik özellikleri ise "çok iyi" olarak belirlenmiştir.

Çizelge 5 Kumaşların Antistatik test ölçüm sonuçları

S.No	Addiflam	LH3	ZnB	Akrilik	Direnç - Ω	Değerlendirme
1	✓	%5	%5	-	2.85 x 10 <sup>9</sup>	Çok iyi
2	✓	%10	%10	-	2.94 x 10 <sup>9</sup>	Çok iyi
3	✓	%5	%5	%5	9.94 x 10 <sup>9</sup>	İyi
4	✓	%15	%5		1.99 x 10 <sup>9</sup>	Çok iyi
5	✓	%15	%5	%5	8.89 x 10 <sup>9</sup>	İyi
6	✓				5.39 x 10 <sup>9</sup>	İyi
7	Polyester ham kumaş				5,4 x 10 <sup>10</sup>	Orta

Kumaşların FR testleri sonucuna göre Çizelge 5'de belirtilen 1 ve 2 numaralı kumaşların sadece Addiflam ile yapılan kaplamaya göre LOİ değerlerinin 3,5-4 puan artışla güç tutuşurluk sağladığı ve LOİ değerinin 27 olduğu, bu çalışmanın önceki aşamalarında belirlenmiştir. Bu kumaşların *S.Aureus* ve *E.Coli* bakterilerine karşı antibakteriyel aktivitesinin olmadığı da görülmüş olup kumaşların Antibakteriyel özellikte olduğu tespit edilmiştir. Burada karışımda bulunan Zn atomunun ve LH3 içerisinde bulunan Ca ve Mg gibi atomların bakteriyel üremeyi sınırlandırdığı düşünülmektedir. Seri üretime aday kumaşların Antistatik özellikleri de araştırılmış olup, işlem görmemiş PET kumaşın "orta" seviyede, Addiflam ile işlem görmüş kumaşın "iyi" seviyede, seri üretime aday 1 ve 2 numaralı kumaşların ise "çok iyi" seviyede antistatik özellikte olduğu belirlenmiştir. Çalışmada sonuç olarak, kaplama patında HH ve ZnB kullanıldığında "kumaşların güç tutuşurluk değerlerinin doğal yollarla artırıldığı ve kumaşların antibakteriyel ve antistatik özelliklerde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, çalışma sonucunda yapılan hesaplamalara göre kullanılan kimyasalların %10-20 arasında azaltılarak bu kimyasalların yerine doğal kaynaklı mineraller kullanılabilir. Bu sonuçların günümüzün en önemli meselelerinden olan "sürdürülebilirlik" kavramına da hizmet edeceği, firmanın ürünlerinin bu özellik kullanılarak ihraç edilmesine katkıda bulunacağı, firmanın müşterilerinin ve buna bağlı olarak üretim miktarının artabileceği değerlendirilmektedir.

**Teşekkür:** Bu çalışma, TÜBİTAK-TEYDEB 1505-Üniversite Sanayi İşbirliği Programı tarafından 5210105 numaralı proje ile desteklenmiştir. Çalışmayı destekleyen TÜBİTAK'a ve AYDIN Mensucat Döşemelik Kumaş Sanayi ve Tic. AŞ (Kayseri Şubesi) firmasına teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

Atay, H.Y., Çelik, E. (2013) *Mechanical Properties Of Flame Retardant Huntite And Hydromagnesite-Reinforced Polymer Composites. Polymer-Plastics Technology And Engineering*, 52(2), 182-188.

Atay, H.Y., Çelik, E. (2016). *Flame retardant properties of boric acid and antimony oxide accompanying with huntite and hydromagnesite in the polymer composites. Polymers and Polymer Composites*, 24(6), 419-428.

Atay, H.Y. (2022). *Novel eco-friendly flame retardant wood composites reinforced by huntite and hydromagnesite minerals. Wood Material Science Engineering*, 17(6), 648-658. 1-11.

Baştürk, E., Madakbaş, S., Karadoğan, B., Vezir Kahraman, M. (2016). *Preparation and thermal properties of polyethylene terephthalate/huntite-hydromagnesite composites. Polymer Composites*, 37(11), 3275-3279.

Camlibel, N.O., Avinc, O., Arik, B. et al. (2019), *The effects of huntite-hydromagnesite inclusion in acrylate-based polymer paste coating process on some textile functional performance properties of cotton fabric. Cellulose* 26, 1367-1381.

Camlibel NO, Topcu H.,(2021), *Flame retardant cotton fabric modified with silica nanosols containing huntite-hydromagnesite grafted with GPTMS and VTES, The Journal of The Textile Institute*, 112:7, 1129-1143.

Dike, A. S., Tayfun, U., Dogan, M. (2017), *Influence of zinc borate on flame retardant and thermal properties of polyurethane elastomer composites containing huntite-hydromagnesite mineral. Fire and Materials*, 41(7), 890-897.

Erdem, A, (2022), *Hidromagnezit-huntit (HH) kullanarak güç tutuşur poli (laktik asit) esaslı kompozit malzeme üretimi ve sinerjik etki çalışmaları, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.*

Hollingbery, L.A. And Hull, T Richard (2012), *The Thermal Decomposition Of Natural Mixtures Of Huntite And Hydromagnesite. Thermochimica Acta*, 528. 45-52.

Savas, L. A., Deniz, T. K., Tayfun, U., Dogan, M. (2017), *Effect of microcapsulated red phosphorus on flame retardant, thermal and mechanical properties of thermoplastic polyurethane composites filled with huntite hydromagnesite mineral. Polymer Degradation and Stability*, 135, 121-129.

Seki Y, Sever,K, Sarikanat M, Sakarya A, Elik E, (2013), *Effect of huntite mineral on mechanical, thermal and morphological properties of polyester matrix, Composites Part B-Engineering*, 45(1), 1534-1540.

Yıldırım, S., Çelik, E., (2014) *Alev Geciktirici Huntit ve Hidromanyezit Nanopartikül Takviyeli Polimerik Kompozit Kaplamalar. AKÜ FEMÜBİD 14, OZ5762 (387-393).*

# DENİM MERSERİZE İŞLEMLERİNDE KOSTİKLİ ATIKSUYUN YENİDEN KULLANIMI İÇİN TEMİZ ÜRETİM FIRSATLARININ ARAŞTIRILMASI

Hakan GÜNEY<sup>1\*</sup>, Serdal SIRLIBAŞ<sup>1</sup>, Deniz CİVAN YİĞİT<sup>1</sup>, Selman TÜRKEŞ<sup>2</sup>, Bülent SARI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bossa Ticaret ve Sanayi İşletmeleri T.A.Ş

<sup>2</sup>Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

\*[hkn\\_gny@hotmail.com](mailto:hkn_gny@hotmail.com)

## ÖZET

Tekstil endüstrisinde, iplik ve/veya kumaş özelliklerini geliştirmek için mercerize işlemleri (mercerizasyon) boyama öncesi ve/veya sonrası yaygın olarak uygulanmaktadır. Mercerizasyonda kullanılan kostiğin bir kısmı işlenen ürün üzerinde kalırken bir kısmı da yıkama suyuna ve dolayısıyla atıksulara karışmaktadır. Çevresel/ekonomik fırsatlar sunan Temiz Üretim (TÜ) yaklaşımları ile süreçler detaylı analiz edilerek çevresel/ekonomik kazanımlar elde edilebilmektedir. Bu çalışmada da TÜ yaklaşımıyla denim kumaş üretimi yapan bir tekstil fabrikasında uygulanan mercerize işlemleri proses bazında belirlenerek fabrikada kostik tüketiminin dağılımı işletmelere göre verilmiştir. Halat boyamada mercerize yıkama atıksularının, mercerize çözeltisi hazırlanmasında doğrudan kullanılabilmesi ortaya konmuş ve %30 oranında kostik tasarruf imkanı olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte kostik geri kazanımı yöntemleri araştırılmış ve atıksuyun yeniden kullanılabilir hale gelmesi için membran teknolojilerden ultrafiltrasyon (UF), nanofiltrasyon (NF) ve ters ozmos (TO) filtrasyonları uygulanarak akılar hesaplanmıştır. Çalışmamız kostik içeren atıksuyun doğrudan veya ön arıtma ile yeniden kullanılabilirliğini değerlendirdiğinden literatür yaklaşımlarından farklılık göstermekte ve doğrudan kullanılabilirlik imkanı sunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Denim, Kostikli Çözelti Kazanımı, Yeniden Kullanım, Membran Teknolojiler

## INVESTIGATION OF CLEAN PRODUCTION OPPORTUNITIES FOR THE REUSE OF CAUSTIC WASTEWATER IN DENIM MERCERIZING PROCESSES

### ABSTRACT

In the textile industry, mercerization processes are widely applied before and/or after dyeing to improve yarn and/or fabric properties. While some of the caustic used in mercerization remains on the processed product, some of it mixes with the washing water and therefore wastewater. Environmental/economic gains can be achieved by analyzing processes in detail with Cleaner Production (CP) approaches that offer environmental/economic opportunities. In this study, the mercerization processes applied in a textile factory producing denim fabric with the TU approach were determined on a process basis and the distribution of caustic consumption in the factory was given according to the enterprises. It has been demonstrated that mercerized washing wastewater in rope dyeing can be used directly in the preparation of mercerized solution and it has been determined that there is a 30% caustic saving opportunity. In addition, caustic recovery methods were investigated and fluxes were calculated by applying membrane technologies such as ultrafiltration (UF), nanofiltration (NF) and reverse osmosis (TO) filtration to make wastewater reusable. Since our study evaluates the reusability of wastewater containing caustic directly or with pre-treatment, it differs from the literature approaches and offers the possibility of direct reusability.

**Key Words:** Denim, Caustic Solution Recovery, Reuse, Membrane Technologies

## 1. GİRİŞ

Tekstil endüstrisi doğal ve sentetik liflerin ham madde olarak kullanıldığı dokuma prosesleri ile dokunmuş kumaşa bitim işlemlerini gerçekleştiren bir sanayi koludur. Dünya nüfusundaki artışa ve dönemsel trende bağlı olarak tekstil ürünlerine olan talebin her geçen gün artmasıyla (Shirvanimoghaddam ve ark., 2020; Abbate ver ark. 2024) tekstil endüstrisi günümüzde küresel ekonominin önemli sektörlerinden biri haline gelmiştir (Dalari ve ark., 2020; Kabish, 2023). Tekstil endüstrisinin önemli bir kolu ise ürünleri giyimde yoğun olarak kullanılan denim sektörüdür (Pal ve ark., 2017). Son derece rahat bir kumaş olan denim dünyanın her yerinde her yaşta kadın ve erkek için kot pantolon, palto, gömlek, el çantası vb. çeşitli ürünlerin imalatında kullanılmaktadır. Denim başlangıçta işçiler için kullanılmaktayken zaman içinde çok sayıda yaratıcı değişiklik ve eklemeler geçirerek bugünkü moda trendini oluşturmuştur (Hassabo, 2023). Dünya çapında en büyük denim pazarı kişi başına en yüksek denim tüketimine sahip olan Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'dir. Bunun dışında denime olan talep çoğunlukla artan gelir seviyeleri, artan moda bilinci ve işyerinde resmi olmayan kıyafetlere yönelimden kaynaklanmaktadır (Periyasamy ve Periyasami, 2023).

Tekstil ürünlerinin özellikle boya terbiye işlemlerinde büyük miktarlarda su, boyarmadde ve kimyasal madde kullanılmaktadır (Leal Filho ve ark., 2019). Çevresel etkileri içindeki atık su konusu sektörün en önemli sorunlarından biridir. Öyle ki günümüzde tekstil sanayisi tüm su kirliliğinin %20'sinden sorumlu tutulmaktadır. Özellikle boyama işlemi ve bitim işlemlerinde kullanılan boyalar, yardımcı maddeler ve diğer kimyasallar atıksuda kirliliğe neden olan başlıca faktörlerdir. Tekstil atıksuları yüksek pH, biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam çözünmüş katı madde (TÇK), askıda katı madde (AKM), ağır metaller, klorürler, sülfatlar, fenoller ve renk gibi kirlilik parametrelerine sahiptir (Periyasamy ve Periyasami, 2023). Atıksudaki yüksek pH'ın en önemli nedeni ise boyama, merserize ve bitim işlemlerinde kullanılan çeşitli konsantrasyonlardaki NaOH (kostik)'dir. Bu atıksular yüksek pH değerine sahip olmalarından dolayı doğrudan deşarj edildiklerinde alıcı ortamların pH dengesini bozarak canlı aktivitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durum hem bir ham maddenin (Kostik) atıl hale gelmesine hem de nötralizasyon için fazladan asit kullanımına neden olarak sürdürülebilir üretimi engellemektedir. Bu nedenle kostiğin atıksulardan geri kazanılması hem ekonomik açıdan hem de çevresel açıdan önem arz etmektedir. Kostik geri kazanımı için uygulanan çeşitli yöntemler mevcuttur ve bu konuyla ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde Çizelge 1'de verilen yöntemler ön plana çıkmaktadır.

**Çizelge 1.** Atıksulardan Kostik Kazanım Yöntemleri İle İlgili Literatür Araştırması

Kaynak	Atıksu Kaynağı	Uygulanan Yöntem	Geri Kazanım Oranı (%)
Choe ve ark., 2005.	Tekstil Endüstrisi	NF	84
Zhao ve Wia, 2009.	Kitin Endüstrisi Atıksuyu	UF + NF	96
Keramati ve ark., 2010.	Petrol Ayırıştırma Kulesi (Merox) Atıksuyu	Membran Sistem ile Elektrodeiyonizasyon	75 (maks.)
		Membran Sistem ile Elektrodializ	85 (maks.)
Imran ve ark., 2016.	Gıda Endüstrisi Atıksuyu	İki aşamalı bir membran difüzyonu ile elektrodializ sistemi	44
Tunç ve ark., 2014	Tekstil Endüstrisi	Mikrofiltrasyon (MF), UF + NF + Buharlaştırma	83-100

Çizelge 1'den görüleceği üzere atıksuların yapısına, içeriğine ve uygulanan geri kazanım yöntemine ve yöntem koşullarına göre çeşitli geri kazanım oranları elde edilmiştir. Dilaver ve ark., (2023)'ün da bildirdiği üzere literatürde tekstil sektöründe kostik geri kazanımı için yapılmış çalışma sayısı sınırlıdır. Ancak elde edilen veriler dikkate alındığında genellikle uygulanan yöntemler membran filtrasyon, elektrodializ ve buharlaştırma işlemleridir. Bu yöntemler ilgili çalışmalarda ağırlıklı olarak kostiğin saf ya da konsantre elde edilmesine yönelik uygulanmıştır. Kostikli atıksuyun doğrudan

yeniden kullanıldığına veya ön işlem uygulanarak üretimde tekrar kullanılmak üzere kostikli çözelti olarak geri kazanıldığına dair bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Bu çalışmada bütünsel ve önleyici bir stratejinin süreçlere, ürünlere ve hizmetlere entegrasyonu aracılığıyla sürekli olarak çevresel, ekonomik ve operasyonel performansların iyileştirilmesine yönelik uygulanan Temiz Üretim (TÜ) (UNEP, 2015; Alkaya ve Demirer, 2015; de Oliveira Neto, 2019; da Silva ve ark., 2021) anlayışıyla denim kumaş üretimi yapan bir tekstil fabrikasında merserize işlemleri yıkama atıksularının yeniden kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bunun için fabrika genelinde işletme bazında kostik tüketimi incelenerek aylık toplam tüketilen kostik miktarı üzerinden bir ön değerlendirme yapılmış ve kostikli atıksuyun yeniden kullanım ve geri kazanım olanaklarının bulunduğu prosesler TÜ fırsatları olarak araştırılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOD

### 2.1. Materyal

Çalışma, Adana Hacı Sabancı Organize Sanayi Bölgesi'nde (AOSB) bulunan Türkiye'nin en büyük entegre denim üretimi yapan fabrikalarından birinde yürütülmüştür. Fabrika, faaliyet gösterdiği denim alanındaki ürün yelpazesi, yüksek üretim kapasitesi (yıllık  $60 \times 10^6$  m denim kumaş) ve boya-terbiye prosesleriyle pazara yüksek kalitede denim ürün sunmaktadır. Fabrikanın üretim faaliyetlerinde kullandığı ve çalışmaya konu olan su, AOSB Kullanma Suyu Arıtma Tesisi'nden temin edilmekte ve fabrika içerisinde çeşitli proseslerde kullanıldıktan sonra oluşan atıksular AOSB ortak atıksu arıtma tesisine deşarj edilmektedir.

Merserize işlemlerinde kullanılan kostik ticari olarak 48 Bome (1.483 kg/L) değerinde satın alınarak proses ihtiyacına göre seyreltilmektedir. Çalışmada halat boyama prosesinde bir ön işlem olarak uygulanan merserize işleminden sonra yıkama teknesinden deşarj edilen atıksu yeniden kullanım ve kostik kazanımında materyal olarak kullanılmıştır.

### 2.2. Metod

#### 2.2.1. Temiz Üretim Değerlendirmesi (TÜD) Yaklaşımı

Kaynakların verimsiz kullanımını ve üretim sonucu ortaya çıkan atıkların yönetim alanlarının belirlenmesine olanak tanıyan TÜD yaklaşımı, TÜ seçeneklerinin tanımlanmasını ve değerlendirilmesini sağlayan sistematik bir prosedür. Yaygın olarak kullanılan UNEP/UNIDO temiz üretim değerlendirme metodolojisi; 1) Planlama ve organizasyon, 2) Ön Değerlendirme, 3) Değerlendirme, 4) Fizibilite analizi, 5) Uygulama ve sürdürme olmak üzere 5 aşamadan oluşmaktadır (Massote ve Santi, 2013). Bu yaklaşım benimsenerek mümkünse kostik tüketiminin azaltılması ve/veya doğrudan veya dolaylı tekrar kullanımının araştırılması amacıyla fabrikada tüketilen kostiğin hangi işletmelerde, hangi amaçlarla, ne kadar kullanıldığının belirlendiği bir "ön değerlendirme" yapılarak yeniden kullanım ve kazanım yöntemleri uygun prosesler için değerlendirilmiştir. Fabrikanın aylık kostik tüketimi hesaplanırken işletmeler bazında proses temelli olarak fabrika kayıtlarından yararlanılmıştır.

TÜ ön değerlendirmesi sonucunda elde edilen bulgular doğrultusunda görece temiz ve miktarsal olarak doğrudan yeniden kullanımı en uygun olan halat boyama prosesi seçilerek merserize işlemi yıkama atıksuyundan alınan numuneler geri kazanım ve yeniden kullanım için "değerlendirilmiştir". Bu değerlendirme sonrasında halat boyama merserize yıkama atıksuyunun; 1) Doğrudan kostik kaynağı olarak yeniden kullanımı, 2) UF ve NF süzütüsü sonrası temiz olarak elde edilen kostikli çözelti olarak yeniden kullanımı ve 3) TO ile temiz su elde edilmesi TÜ fırsatları (*fizibilite*) olarak ele alınmış ve doğrudan yeniden kullanım seçeneğinin maliyet analizi (*uygulanabilirlik*) yapılmıştır. Maliyet analizinde ise Nisan 2024 ayına ait kostik kg fiyatı, temiz ve atıksu için AOSB birim fiyatları kullanılmıştır.

### 2.2.2. Su Analizleri

Atıksu ve proses sularının analizinde kullanılan parametreler ve yöntemler (APHA, 2017); pH (4500-H<sup>+</sup> B), T (2550 B), elektriksel iletkenlik (2510 B), Tuzluluk (2520 B) TÇM (2540 D), KOİ (5220 C), Renk (2120 C), olup, analizler 3 tekrarlı olarak yapılmıştır. Sulardaki kostik miktarı ise 1 N HCl ile titre edilerek asit-baz titrasyon yöntemi (Alışkan, 2016) uygulanarak hesaplanmıştır.

### 2.2.3. Membran Filtrasyon Prosesi ve Süzüntü Akı Hesabı

Membran filtrasyonun akı hesabı için yapılan deneysel çalışmalar, “dead-end membrane filtration system” adı verilen laboratuvar ölçekli yüksek basınç membran prosesinde gerçekleştirilmiştir. Deneysel düzeneği bir adet 300 mL kapasiteli basınçlı membran hücresi, bir adet azot tüpü, iki kademeli azot tüpü regülatörü, emniyet vanası, bağlantı ekipmanları ve hortumları, hassas terazi, manyetik karıştırıcı ve veri toplamak için bilgisayardan oluşmaktadır. Süzüntü suyu miktarının hesabında, hassas terazide zamana bağlı ölçülen ağırlıklar “AND-RsWeight” programı vasıtasıyla bilgisayara aktarılarak kaydedilmiştir. Kaydedilen veriler “Excel” programına aktarılarak membran akıları Eşitlik 1 (Aydın ve ark., 2016) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$J = \frac{1}{A} \frac{dV}{dt} \quad (1)$$

Eşitlik 1’de; J : Membrandan geçen süzüntü suyu akısı (L/m<sup>2</sup>·saat)  
A : Etkili membran alanı (m<sup>2</sup>)  
V : Membrandan geçen suyun hacmi (m<sup>3</sup>)  
t : Filtrasyon süresi (saat)

Çalışmada kullanılan membranlar laboratuvar ölçekli ve ticari UF (UP150), NF (NF270) ve TO (XLE) membranlarıdır. Her membran için aktif filtreleme alanı 0,000832 m<sup>2</sup>dir. Membranlara ait özellikler Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. UF, NF, TO Membranlarının Özellikleri

Membran	UF	NF	TO
Membran türü	UP150	NF270	XLE
Üretici firma	Microdyn Nadir	Dow-FilmTec	Dow-FilmTec
Üretim yeri	Almanya	Amerika	Amerika
Malzeme	Polimer PES	Poliamid ince film	Poliamid ince film
MWCO (Da)	150.000	200-400	100
Basınç (bar)	2	4,8	8,6
Maksimum basınç (bar)	-	41,4	41,4
PH	0-14	3-10	2-11
Maksimum sıcaklık (°C)	95	45	45

Geri kazanım oranı (GKO), Eşitlik 2 kullanılarak hesaplanmıştır (Couto ve ark., 2017).

$$GKO = \frac{Q_P}{Q_F} \times 100 \quad (2)$$

Eşitlik 2’de; Q<sub>P</sub> : Süzüntü debisi (L/saat)  
Q<sub>F</sub> : Besleme debisi (L/saat)



### 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

#### 3.1. TÛ Ön Değerlendirme Süreci - Fabrika Genelinde Kostik Kullanımının Belirlenmesi

TÛ değerlendirmesi için belirlenen kostik konusunun fabrika içindeki temel kullanım prosesini merserize işlemleri oluşturmaktadır. Merserizasyon özetle boyama verimliliğini, yüzey düzgünlüğünü ve dolayısıyla parlaklığı arttırmak için uygulanan işlemdir. Fabrika genelinde merserize prosesi çeşitli amaçlarla 4 farklı işletmede kullanılmaktadır. İşletmeler bazında aylık ortalama tüketim miktarları ve kullanıldığı prosese göre yüzdesel değerleri Çizelge 3'te verilmiştir.

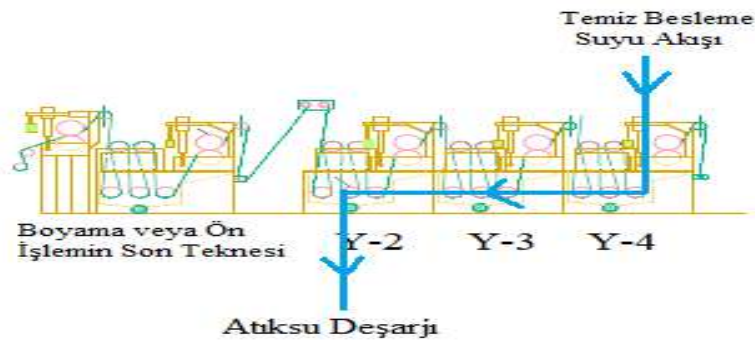
**Çizelge 3.** Fabrikada Tüketilen Kostik İşletme Bazında Oransal Dağılımı

İşletme	Toplam Tüketim İçindeki Payı (%)	Prosesse göre kullanım (%)	
		Boyama vd.	Merserize
Slasher Boyama	9,50	10	90
Bitirme İşlemleri	51,61	20	80
Halat Boyama	30,36	15	85
Spor Denim	8,53	25	75

Çizelge 3'ten görüleceği üzere kostik tüketiminin en fazla olduğu işletme bitirme işlemlerinin olduğu birimdir. Bununla birlikte toplam tüketim üzerinden bir değerlendirme yapıldığında kostik %82'si doğrudan merserize işlemlerinde kullanılmaktadır. Bitirme işlemlerinde merserize için kullanılan kostik miktarı fazla olsa da kullanımı farklı makine ve miktarlarda olduğundan oluşan atıksuların özellikleri ve miktarları farklılık göstermektedir. Dolayısıyla ikinci sıradaki miktarsal olarak en fazla kostik kullanıldığı ve gerek atıksu içeriğinin tipe göre çok değişmediği gerekse sabit bir işlem yapısına sahip olan halat boyama prosesi atıksu değerlendirmesi için seçilmiştir.

#### 3.2. Değerlendirme Süreci - Halat Boyama Merserize İşlemi ve Atıksu Özellikleri

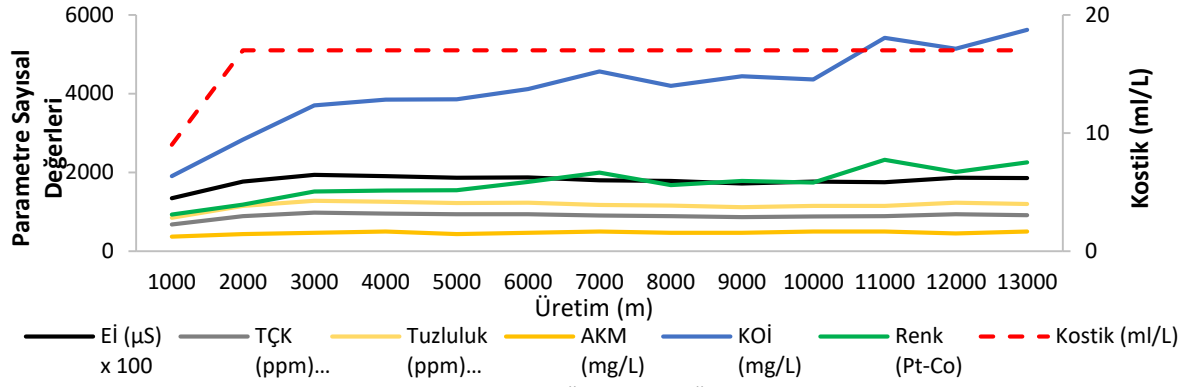
Halat boyama prosesinin merserize işlemi sonrasında yıkamaya ait proses görseli Şekil 2'de verilmiştir. Ön işlem olarak merserizasyondan sonra halatlar yıkama teknelerine (Y) girerek üzerlerindeki fazla ve/veya tutunmamış kostikten arındırılmaktadır. Proses akış yönü Y-2'den Y-4'e iken temiz su beslemesi Y-4 teknesinden yapılmakta ve tekneler arası bağlantı ile giren debi kadar su, geriye doğru diğer teknelere ters akışlı olarak akmaktadır. Dolayısıyla yıkama tekneleri içinde sular birbiri ile karışarak Y-2 teknesinden deşarj edilmektedir.



**Şekil 2.** Merserize Sonrası Yıkama Şematik Görünümü

Şekil 2'den görüldüğü gibi sistem sürekli olduğundan atıksu özellikleri ile yıkama teknesi içindeki yıkama suyunun özellikleri hemen hemen aynıdır. Dolayısıyla halatların merserize işleminden sonra hangi kalitedeki su ile yıkandığının bilinmesi önemlidir. Bu nedenle merserize işlemi yıkama atıksu özelliğinin zamanla değişimini belirlemek için bir ürün tipine ait 13000 m'lik bir üretimde atıksudan

her 1000 m’de bir numuneler alınarak analiz edilmiştir. Bakılan parametrelere ait üretim boyunca değişim Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. Merserize Yıkama Atıksuyu Özelliğinin Üretim Miktarına Bağlı Değişimi

Şekil 3’ten görüldüğü üzere üretimin başlangıcından itibaren halatlar görece kirli su ile yıkanmaktadır. Bakılan tüm parametreler için yıkama teknelerinin kirlilik düzeyi bir süre sonra hemen hemen sabit konsantrasyonda kalmıştır. Bu da besleme temiz suyu debisinin (45 L/dk) ve halatların üzerlerinde taşıdığı fazla kostik miktarının sabit olması nedeniyle beklenen bir durumdur.

### 3.3. Fizibilite Analizi - Temiz Üretim Fırsatlarının Değerlendirilmesi

#### 3.3.1. Merserize Yıkama Atıksuyunun Doğrudan Yeniden Kullanımı

Halat boyama işletmesinde aylık ortalama  $2,75 \cdot 10^6$  m halat boyanmaktadır. 3.2. başlığında detaylarıyla verildiği üzere merserize işleminden sonra yıkama teknelerine giren halatlar çok temiz kalitede bir su ile yıkanmamaktadır. Yıkama teknelerinin içeriği düşünüldüğünde ise temiz besleme suyu, kostik ve birçoğu merserize çözeltilsinin içinde kalan lifler üzerindeki eser miktardaki safsızlıklardır (Uçuntu, toz, kir vb.). Dolayısıyla yıkama teknelerinde ve atıksuyundaki kirliliğin temel kaynağı kostiktir. Merserize tankı içindeki 16 Bome kostik çözeltisi ve yıkama atık suyu görsel olarak değerlendirildiğinde görünüm ve içerik olarak birbirlerine benzer yapıdadır.

Bu çalışmada değerlendirilen 13000 m’lik üretim için 48 Bome stok sıvı kostik (1,498 kg/L) çözeltilsinden 178 ml/L (267 gr/L) hacimsel oranda olacak şekilde alınarak merserize işlemi için 16 bome kostik çözeltisi hazırlanmıştır. 13000 m üretim için tüketilen 16 Bome kostik çözeltisi miktarı 3250 L’dir (578,5 L 48 Bome Kostik + 2671,5 L su).

Yıkama atıksuyu analiz edildiğinde 48 Bome sıvı kostik eşdeğeri olarak 17 ml/L (26 g/L) hacimsel oranda kostik içerdiği belirlenmiştir. Yıkama teknelerine giren temiz besleme debisi kadar (45 L/dk) kostikli atıksu yıkama teknelerinden deşarj edilmektedir. Bu durumunda makine hızı 27 m/dk düşünüldüğünde 13000 m’lik bir üretim için oluşacak atıksu miktarı 21667 L ve atık sıvı kostik miktarı ise 368,4 L’dir. Bu miktarda yaklaşık olarak 563,44 kg 48 Bome sıvı kostik miktarına eşdeğerdir.

Elde edilen bu bulgular doğrultusunda laboratuvar ortamında atıksuyun seyreltme suyu olarak kullanılması durumu deneysel olarak çalışılmıştır. Normal şartlarda 16 Bome kostik çözeltisi hazırlamak için 48 Bome stok sıvı kostikten kullanılması gereken miktar 178 ml/L oranında iken atıksuyun seyreltme suyu olarak kullanılması durumunda 16 Bome kostik çözeltisi hazırlamak için kullanılması gereken stok kostik miktarı 125 ml/L oranına düşerek % 30 oranında bir kostik tasarrufu sağlanmıştır. Bununla birlikte atıksu yeniden kullanılarak deşarj edilecek atıksu miktarı düşürülmüş ve 16 bome kostik çözeltisi hazırlamak için tüketilecek temiz su miktarlarından %100 oranında tasarruf sağlanmıştır. Temiz su tasarrufu tüketilen merserize çözeltisi miktarına bağlı olarak her zaman % 100 oranında gerçekleşecektir.

Yeniden kullanım yaklaşımıyla atıl hale gelen tüm kostikli atıksu aslında aynı proseste kullanılabilir haldedir. Ancak hazırlanan merserize çözeltisi miktarı 3250 L olduğundan bunun 406,25 L'si 48 Bome kostik 2843,75 L'si ise merserize atıksuyundan oluşacaktır. Dolayısıyla yıkama işleminden kaynaklanan atıksuyun %86'sı yine deşarj edilmek durumundadır. İhtiyaç fazlası durumunda olan bu miktar fabrikada kostikli çözelti kullanan diğer proseslerde kullanılmak üzere depolanabilir ya da doğrudan kullanılabilceği başka bir prosese sevk edilebilir.

Kostikten, seyreltme suyundan tasarruf edilmesiyle ve atıksu ücretlerinden oluşan maliyet hesaplamasında 13000 m üretim için yapılan parasal tasarruf yaklaşık olarak 5489,11 TL olarak hesaplanmıştır. Burada elde edilecek tasarruf için herhangi bir yatırım maliyetinin olmadığına dikkat edilmelidir. Parasal tasarrufun önemli kısmını kostikli çözeltinin kazanımı oluşturmaktadır. Su ve atıksudan sağlanacak parasal tasarruf birim fiyatların görece düşük olmasından kaynaklı olarak 13000 m üretimde çok önemsiz gibi görünebilir. Ancak gerek su ve atıksu birim fiyatlarının görece daha pahalı olduğu ve/veya su kaynaklarının daha kısıtlı olduğu bölgeler için kazanılan her bir m<sup>3</sup> su daha önemli hale gelecektir. Bununla birlikte aylık/yıllık üretim miktarları göz önüne alındığında su ve atıksudan elde edilecek parasal ve miktarsal tasarruf ciddi oranlara ulaşacaktır.

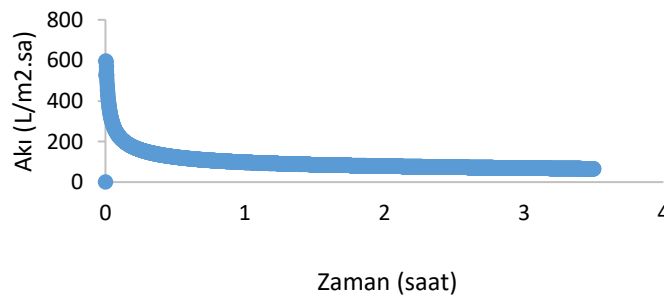
### 3.3.2. Merserize Atıksuyunun Filtrelenerek Yeniden Kullanımı

Halat boyama proseslerinde uygulanan ön işlem, ürün tipine bağlı olarak merserizasyon ve/veya sülfür boyama gibi farklılıklar içermektedir. Dolayısıyla merserize tekneleri zaman zaman sülfür boyama çözeltisi ile doldurularak ön işlemden kullanılmaktadır. Her ne kadar tekneler bir sonraki üretim için temizlense de kalıntı boyar maddeler merserize çözeltisine ve dolayısıyla da yıkama atıksularına karışabilmektedir. Bu durum başlık 3.3'de belirtilen yeniden kullanım uygulamalarında problem oluşturacaktır. Bu nedenle atıksuların yeniden kullanılmadan önce safsızlıklardan arındırılması bir sonraki proseste ürün kalitesinin korunması için önem arz etmektedir.

Çalışmanın bu aşamasında Çizelge 2'de özellikleri verilen membranlar kullanılarak atıksu UF, NF ve TO membranlarından ayrı ayrı filtre edilmiştir. Filtre akıları hesaplanmış ve her bir adım sonrasında süzüntü akılarında kostik miktarları ölçülmüştür.

#### 3.3.2.1. UF Membran Uygulaması

Merserize atıksuyu işletmeden alınarak membran basınç hücresine 250 ml hacminde doldurulmuştur. Isıtmalı manyetik karıştırıcı atıksu çıkış sıcaklığı olan 45 °C'ye ayarlanmıştır. UF sistemi için basınç 2 bar olarak uygulanmıştır. Elde edilen akı grafiği Şekil 5'de verilmiştir.

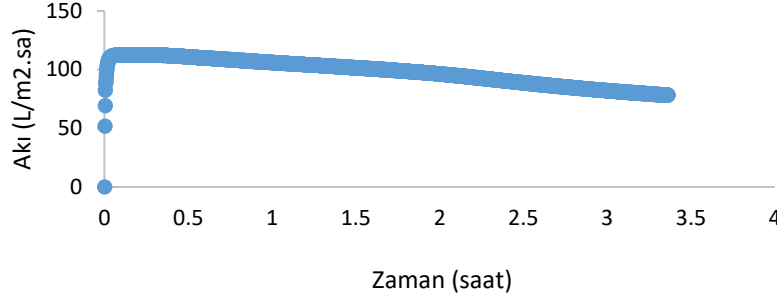


Şekil 5. UF Membran Akı Grafiği

Şekil 5'den görüleceği üzere membran akısı 1 saat gibi kısa bir zaman sonrasında 597,11→96,22 L/m<sup>2</sup>.saat şeklinde azalış göstermiştir. Sonrasında akıda önemli bir değişiklik olmamakla birlikte 3,5 saatlik filtrasyon süresi sonunda akı 65,26 L/m<sup>2</sup>.saat değerine düşerek toplamda 190,9 ml'lik bir süzüntü miktarı elde edilmiştir ve kazanım oranı % 76'dır. Yapılan analizde atıksu içerisinde bulunan kostik miktarında kayıp yaşanmadığı belirlenmiştir (Giren kostik konsantrasyonu=Çıkan Kostik Konsantrasyonu). Dolayısıyla UF filtrasyonda sadece atıksuda bulunan safsızlıklar giderilmiş ve yeniden kullanılabilir kostik çözeltisi elde edilmiştir.

### 3.3.3. NF Membran Uygulaması

Başlık 3.3.2’de verilen merserize atıksuyu membran basınç hücresine 250 ml hacminde doldurulmuştur. Isıtılmalı manyetik karıştırıcı atıksu çıkış sıcaklığı olan 45 °C’ye ayarlanmıştır. NF sistemi için basınç 8 bar olarak uygulanmıştır. Elde edilen akı grafiği Şekil 6’da verilmiştir.

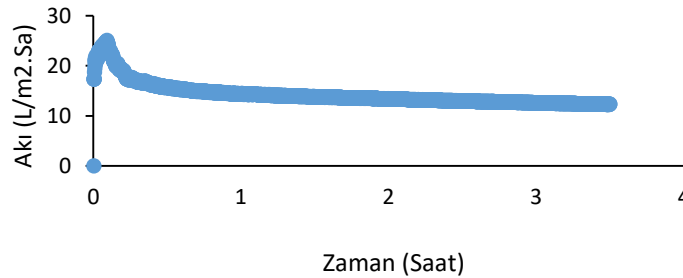


Şekil 6. NF Membran Akı Grafiği

Şekil 6’dan görüleceği üzere membran akısı 3,5 saatlik filtrasyon süresi boyunca 112,5→78,16 L/m².saat şeklinde azalış göstermiştir. Filtrasyon süresi sonunda toplamda 218,91 ml’lik bir süzüntü miktarı elde edilmiştir ve kazanım oranı %87’dir. NF membran filtrasyonda 17 mL kostik içeren atıksu filtre edildiğinde bir miktar kostik üst fazda (atıksu içinde) kalmakla birlikte süzüntü akısında 15,3 mL daha saf (renksiz) kostikli su elde edilmiştir. Kostik geri kazanımı için membran kullanıldığında kostiğin bir kısmının filtre edilemeyen kısımda kaldığı, ama bununla birlikte KOİ, renk, sertlik gibi safsızlıkların giderildiği ve daha temiz bir süzüntü elde edildiği çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir (Zebić Avdičević ve ark., 2019; Ağataş ve ark., 2021). Dolayısıyla kostik geri kazanımı ve/veya yeniden kullanımı için membran filtrasyon bir ön arıtım olarak uygulanmalıdır.

### 3.3.4. TO Membran Uygulaması

Başlık 3.3.2’de verilen merserize atıksuyu membran basınç hücresine 250 ml hacminde doldurulmuştur. Isıtılmalı manyetik karıştırıcı atıksu çıkış sıcaklığı olan 45 °C’ye ayarlanmıştır. TO sistemi için basınç 18 bar olarak uygulanmıştır. Elde edilen akı grafiği Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7. TO Membran Akı Grafiği

Şekil 7’den görüleceği üzere membran akısı 0,5 saat gibi kısa bir zaman sonrasında 25,05→15,58 L/m².saat şeklinde azalış göstermiştir. Sonrasında akıda önemli bir değişiklik olmamakla birlikte 3,5 saatlik filtrasyon süresi sonunda akı 12,32 L/m².saat değerine düşerek toplamda 40,02 ml’lik bir süzüntü miktarı elde edilmiştir ve temiz su kazanım oranı %16’dır. TO membran filtrasyonda 17 mL kostik içeren atıksu filtre edildiğinde kostik ve diğer safsızlıklar üst fazda kalmış, süzüntü akısında (altta) kostik ölçülemez ve temiz kullanılabilir su elde edilmiştir. TO filtrasyonu kostik kazanımından ziyade su arıtımı olarak düşünülebilir. Üst fazda kalan konsantr kostikli çözelti daha temiz (renksiz vb.) kostik çözeltisi elde etmek için UF veya NF membranlardan geçirilerek daha konsantr halde değerlendirilebilir.

## 4. SONUÇ

Tekstil endüstrisinde merserizasyon yıkama atıksularından kostik kazanımı ve kostikli atıksuyun yeniden kullanılabilirliğinin değerlendirildiği bu çalışma 48 Bome stok kostikten 16 Bome'ye seyreltilmiş merserize çözeltisinin kullanıldığı bir proses örneği için olsa da elde edilen sonuçlar kostik içeriğinin farklı olduğu merserize işlemleri için de uygulanabilir. Çalışmanın ilk adımında benzer ve standart işlemleri uygulayan üretim hatlarında yalnızca kostik ve iplikten kaynaklanan safsızlıkları içeren atıksuların doğrudan yeniden kullanım imkanının olduğu ortaya konulmuştur. Çünkü işlem gören ipliğin (halatların) üretim süreci boyunca görece kirli merserize çözeltisinden geçtiği ve kirli atıksu özelliğindeki bir suda yıkandığı tespit edilmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında, içerdiği renk vb. kirlilikten dolayı yeniden kullanım imkanının olmadığı durumlarda ise UF, NF ve TO membran filtrasyonlarının arıtma için uygulanabilirliği deneysel olarak araştırılmış ve sonuçlarıyla birlikte verilmiştir. Literatür bilgileri de membran filtrasyonunun kostik geri kazanımda uygulanabilirliğini ve kirlilik üzerindeki giderim verimlerini bildirmektedir. Dolayısıyla kostiğin geri kazanımından ziyade kostikli çözeltinin temizlenmesinde membran uygulamalarının kullanılabilmesi sonucuna ulaşılmıştır.

Kirliliklerden arındırılmış veya doğrudan yeniden kullanılmak istenen kostikli çözeltileri konsantr (kostik yoğun) hale getirmek için ise uygulanacak yöntem buharlaştırma olacaktır. Atıksular doğrudan buharlaştırma uygulamasına tabi tutulduğunda kostik haricinde atıksu içindeki diğer safsızlıkların da konsantr hale getirileceği unutulmamalıdır. Bununla birlikte buharlaştırma işleminde tüketilecek enerji de geri kazanım verimliliği için ayrıca hesaba katılmalıdır.

Çalışmada detayları ile açıklanan uygulamalar atıksu içerisindeki kostik miktarı arttıkça daha verimli hale geleceği için kostik içeriği fazla atıksulardan kostik geri kazanımı veya atıksuların yeniden kullanımı konusunda daha avantajlı olacaktır. Böylelikle hem bir ham maddenin (Kostik) atıl hale gelmesi engellenecek hem de alıcı ortamlara deşarj için yapılacak nötralizasyonda fazladan asit kullanımının önüne geçilmiş olacaktır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 2244-119C178 numaralı proje ile ve ayrıca Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (ÇÜ-BAP) tarafından FDK-2021-14146 numaralı proje ile finanse edilmektedir. Yazarlar desteklerinden dolayı TÜBİTAK ve ÇÜ-BAP'a çok teşekkür ederler.

## 5. KAYNAKLAR

- Abbate, S., Centobelli, P., Cerchione, R., Nadeem, S. P., Riccio, E. (2024). Sustainability trends and gaps in the textile, apparel and fashion industries. *Environment, Development and Sustainability*, 26(2), 2837-2864. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02887-2>
- Ağtaş, M., Yılmaz, Ö., Dilaver, M., Alp, K., Koyuncu, İ. (2021). Pilot-scale ceramic ultrafiltration/nanofiltration membrane system application for caustic recovery and reuse in textile sector. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 41029-41038. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13588-0>
- Alışkan, İ. (2016). Asit-Baz Reaksiyonlarının Lineer Sistem Modeli. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 28(4), 141-149. DOI: 10.7240/marufbd.290759
- Alkaya E, Demirer GN (2015). Sectoral assessment of the Turkish textile industry for the .diffusion of sustainable production approach. *The Journal of The Textile Institute*, 106(11), 1212-1225.
- APHA (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 23rd edition. American Public Health Association, Washington.
- Aydiner, C., Mert. B. K, Can Doğan, E., Balcı, E., Tilki, Y. M., Aksu, Ş., ve Gören, A. Y. (2016). Tekstil Yıkama Atıksularından Basınçlı Membran Proseslerle Su Geri Kazanımı Üzerine Membran Türünün Etkisinin Araştırılması. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 21(2): 319-330. <https://doi.org/10.17482/uumfd.278011>
- Choe, E. K., Son, E. J., Lee, B. S., Jeong, S. H., Shin, H. C., Choi, J. S. (2005). NF process for the recovery of caustic soda and concentration of disodium terephthalate from alkaline wastewater from polyester fabrics. *Desalination*, 186(1-3), 29-37. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2005.04.056>

- Couto, C. F., Moravia, W. G., Amaral, M. C. S. (2017). *Integration of Microfiltration and Nanofiltration To Promote Textile Effluent Reuse. Clean Technologies and Environmental Policy*, 19: 2057–2073. <https://doi.org/10.1007/s10098-017-1388-z>
- da Silva, P. C., de Oliveira Neto, G. C., Correia, J. M. F., Tucci, H. N. P., (2021). *Evaluation of economic, environmental and operational performance of the adoption of cleaner production: Survey in large textile industries. Journal of Cleaner Production*, 278, 123855. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123855>
- Dalari BLSK, Giroletti CL, Dalri-Cecato L, Domingos DG, Hassemer MEN (2020). *Application of heterogeneous photo-fenton process using chitosan beads for textile wastewater treatment. Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(4), 103893. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.103893>
- de Oliveira Neto GC, Correia JMF, Silva PC, de Oliveira Sanches AG, Lucato WC (2019). *Cleaner Production in the textile industry and its relationship to sustainable development goals. Journal of cleaner production*, 228, 1514-1525. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.334>
- Dilaver, M., Soydemir, G., Dursun, M., Hocaoglu, S. M., Keskinler, B., Ağtaş, M., ... Alp, K. (2023). *Highly alkali caustic discharges recovery using tubular and disc type of ceramic membranes and its applicability as a near zero liquid discharge opportunity in the textile industry. Journal of Environmental Chemical Engineering*, 11(6), 111351. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.111351>
- Hassabo, A. G., Hegazy, B. M., Elmorsy, H., Gamal, N., Sediek, A., Saad, F., Othman, H. (2023). *Denim manufacturing and washing as a fashioned garments. Journal of Textiles, Coloration and Polymer Science*, 20(2), 203-216.
- Imran, B., Khan, S. J., Qazi, I. A., Arshad, M. (2016). *Removal and recovery of sodium hydroxide (NaOH) from industrial wastewater by two-stage diffusion dialysis (DD) and electrodialysis (ED) processes. Desalination and Water Treatment*, 57(17), 7926-7932. <https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1048742>
- Kabish, A. K. (2023). *Textile and clothing production and trading-the way to industrial economy development. Ethiopian Journal of Science and Technology*, 16(Special), 1-12.
- Keramati, N., Moheb, A., Ehsani, M. R. (2010). *Effect of operating parameters on NaOH recovery from waste stream of Merox tower using membrane systems: Electrodialysis and electrodeionization processes. Desalination*, 259 (1-3), 97-102. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.04.027>
- Leal Filho, W., Ellams, D., Han, S., Tyler, D., Boiten, V. J., Paço, A., ..., Balogun, A. L., (2019). *A Review Of The Socio-Economic Advantages Of Textile Recycling. Journal of cleaner production*, 218, 10-20. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.210>
- Massote, C. H. R., Santi, A. M. M. (2013). *Implementation of a cleaner production program in a Brazilian wooden furniture factory. Journal of Cleaner Production*, 46, 89-97. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.09.004>
- Pal, H., Chatterjee, K. N., Sharma, D. (2017). *Water Footprint Of Denim Industry. In Sustainability In Denim (pp. 111-123). Woodhead Publishing.*
- Periyasamy, A. P., Periyasami, S. (2023). *Critical review on sustainability in denim: A step toward sustainable production and consumption of denim. ACS omega*, 8(5), 4472-4490. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c06374>
- Shirvanimoghaddam, K., Motamed, B., Ramakrishna, S., Naebe, M. (2020). *Death by waste: Fashion and textile circular economy case. Science of the total environment*, 718, 137317. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137317>
- Tunç, M. S., Yılmaz, L., Yetiş, Ü., Çulfaz-Emecen, P. Z. (2014). *Purification and concentration of caustic mercerization wastewater by membrane processes and evaporation for reuse. Separation Science and Technology*, 49(13), 1968-1977. <https://doi.org/10.1080/01496395.2014.914039>
- UNEP-United Nations Environment Programme 2015. <https://www.unep.org/resources/annual-report/united-nations-environment-programme-annual-report-2015>
- Zebić Avdičević, M., Košutić, K., Dobrović, S. (2019). *Performance evaluation of different membrane types in the textile mercerization wastewater treatment. Water and environment journal*, 33(2), 203-213. <https://doi.org/10.1111/wej.12391>
- Zhao, L., Xia, W. (2009). *Stainless steel membrane UF coupled with NF process for the recovery of sodium hydroxide from alkaline wastewater in chitin processing. Desalination*, 249(2), 774-780. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2009.01.036>

# TEKSTİL ATIKLARINDAN BİYOPOLİMER ÜRETİMİ: BAKTERİYEL SELÜLOZUN SÜRDÜRÜLEBİLİR SENTEZİ

Ahmet KOLUMAN<sup>1</sup>, Seçkin ARAT<sup>2</sup>, İrem Tuğçe ÇELİK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pamukkale Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Denizli,  
Türkiye

<sup>2</sup>Uğurlular Tekstil .San. ve Tic. A.Ş. , Organize Sanayi Bölgesi, Denizli, Türkiye

## ÖZET

Tekstil endüstrisi, dünya çapındaki endüstriyel alanda önemli bir yer tutmasına rağmen, atık su yönetimi ve çevresel etki azaltma konusunda önemli zorluklarla karşı karşıyadır. Bu teknik, özellikle tekstil işlemlerinden kaynaklanan atık akımlarını kullanarak atık değerlendirme ve kirliliği azaltma konusunda sürdürülebilir bir yol olarak görünmektedir. Süreç, atıksu karakterizasyonu ile başlayarak ön işlemden, bakteri suşu seçimine, fermantasyona ve hasatlamaya kadar birçok aşamadan oluşmaktadır. Bu teknoloji, çöpü kullanışlı biyopolimerlere dönüştürerek kirliliği azaltırken aynı zamanda kaynak verimliliğini artırır. *Gluconacetobacter xylinus*, sakkaroz ilavesiyle tekstil atık suyunda üretilmiş, yüzeyde oluşan film tabakası kurutulup otoklavlanarak ileri işlemler yapılmıştır. Kumaş gramajı, TS 251 standardına göre belirlenen koşullarda test edilerek ölçülmüştür. Elde edilen bakteriyel selüloz, tıbbi ve çevresel iyileştirmelerden bir dizi ekolojik uygulama için uygun özellikler sergilemektedir ve bu da küresel sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumlu hale gelir. Bu çerçevede, bu çalışma, bakteriyel selüloz üretimi için atık suyun kullanımının çevresel faydalarını vurgulayarak, su koruma ve sürdürülebilir malzeme yeniliğini hızlandırmadaki kritik rolünü vurgulamaktadır. Bu yeni paradigim, tekstil atık suyunu değerli bir kaynağa dönüştürerek çevresel sorumluluk ve kurumsal sürdürülebilirlik arasında uyumlu bir uyum sağlar.

**Anahtar Kelimeler:** Tekstil atık suyu, Bakteriyel selüloz, Sürdürülebilirlik

## TEXTILE WASTE TO BIOPOLYMER: SUSTAINABLE SYNTHESIS OF BACTERIAL CELLULOSE

### ABSTRACT

Textile manufacturing is an important industry in the worldwide industrial landscape; nonetheless, it faces significant challenges in wastewater management and environmental impact reduction. This technique appears as a sustainable route for waste valorisation and pollution reduction by leveraging waste streams emanating from textile operations, particularly those generating from processes. The process consists of many phases, beginning with wastewater characterisation and progressing through pretreatment, bacterial strain selection, fermentation, and harvesting. This technology reduces pollution while simultaneously increasing resource efficiency by converting garbage into useful biopolymers. *Gluconacetobacter xylinus* was cultivated in textile wastewater with the addition of sucrose, and the resulting film layer on the surface was dried and autoclaved for further processing. The fabric weight was measured under conditions specified by the TS 251 standard. The resulting bacterial cellulose exhibits particular properties that make it suitable for a wide range of eco-friendly applications, ranging from medical to environmental remediation, and so aligns with global sustainability goals. Within this framework, this study highlights the environmental benefits of using wastewater for bacterial cellulose manufacturing, emphasizing its critical role in promoting water conservation and accelerating sustainable material innovation. This new paradigm promotes a harmonic confluence of environmental stewardship

and corporate sustainability by transforming textile effluent into a valuable resource.

**Keywords:** Textile wastewater, Bacterial cellulose, Sustainability

## 1. GİRİŞ

Tekstil endüstrisi, küresel ölçekte önemli bir ekonomik sektör olup, giysi üretimi gibi çeşitli işlemlerle birlikte geniş bir yelpazede faaliyet göstermektedir. Ancak, bu endüstri, atık yönetimi ve çevresel etki azaltma gibi önemli zorluklarla karşı karşıyadır. Özellikle, tekstil işlemlerinden kaynaklanan atık suların doğru bir şekilde yönetilmesi ve çevreye olan olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi endüstrinin önemli bir sorunudur. Bu bağlamda, tekstil atıklarının biyopolimerlere dönüştürülmesi gibi sürdürülebilir çözümler, atık yönetimi sorunlarına yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır. Tekstil atıklarından biyopolimer üretimi, atık değerlendirme ve çevresel kirliliğin azaltılması için alternatif bir yöntem olarak ortaya çıkmaktadır. Bu yöntem, tekstil işlemlerinden kaynaklanan atık akımlarını kullanarak kaynakların verimli bir şekilde kullanılmasını sağlamakta ve aynı zamanda çevresel kirliliği azaltmaktadır. Bu süreç, atıksu karakterizasyonundan başlayarak, uygun bakteri suşlarının seçimine, fermantasyon işlemine ve son olarak elde edilen ürünün hasatlanmasına kadar bir dizi aşamadan oluşmaktadır. (Alves ve ark. (2020); Isik ve ark. (2018); Joshi ve ark. (2021); Wang ve ark. (2022))

Elde edilen bakteriyel selüloz, çeşitli endüstriyel ve uygulamalarda kullanılabilen özel özelliklere sahiptir. Bu özellikler, malzemenin biyobozunurluğu, mekanik mukavemeti ve esnekliği gibi, çeşitli alanlarda çevre dostu alternatiflerin kullanımına olanak sağlamaktadır. Örneğin, bakteriyel selüloz, tıbbi alanlarda yara iyileştirme materyali olarak veya gıda ambalajında kullanılabilir. Ayrıca, çevresel iyileştirme projelerinde ve çevresel kirliliğin azaltılmasında da potansiyel uygulamaları bulunmaktadır. Bu bağlamda, tekstil atıklarından biyopolimer üretimi, çevresel sürdürülebilirlik ve atık yönetimi açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Bu teknoloji, atık yönetimi sorunlarına yenilikçi ve sürdürülebilir bir çözüm sunarken aynı zamanda tekstil endüstrisinin çevresel etkilerini azaltmaya katkıda bulunmaktadır. Bu nedenle, bu çalışma, tekstil atıklarının biyopolimer üretimi için kullanımının çevresel faydalarını vurgulayarak, bu alanın daha fazla araştırılmasını teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Tekstil atıklarının biyopolimer üretimi için kullanımının çevresel faydalarının yanı sıra, bu teknolojinin ekonomik ve sosyal açıdan da potansiyel avantajları bulunmaktadır. Örneğin, tekstil atıklarının değerlendirilmesiyle elde edilen biyopolimerler, endüstriyel süreçlerde kullanılacak ekonomik olarak rekabetçi bir malzeme kaynağı sağlayabilir. Ayrıca, bu süreç, yerel ekonomilere katkıda bulunabilir ve istihdam yaratma potansiyeline sahip olabilir. (Hong ve ark. (2012); Huang ve ark., (2016); Hussain ve ark. (2019)).

Bununla birlikte, tekstil atıklarının biyopolimer üretimi için kullanılmasının önünde bazı engeller bulunmaktadır. Özellikle, atık suyun karakterizasyonu ve uygun bakteri suşlarının seçimi gibi teknik zorluklarla karşılaşılabilir. Ayrıca, endüstriyel ölçekte bu teknolojinin uygulanabilirliği ve maliyet-etkinliği konularında daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Bu nedenle, bu alandaki araştırmaların devam etmesi ve teknolojinin geliştirilmesi önemlidir. Sonuç olarak, tekstil atıklarının biyopolimer üretimi için kullanılması, atık yönetimi sorunlarına yenilikçi bir yaklaşım sunmakta ve çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Bu teknoloji, çeşitli endüstriyel ve uygulamalarda kullanılacak çevre dostu alternatiflerin geliştirilmesine olanak tanıırken aynı zamanda tekstil endüstrisinin çevresel etkilerini azaltmaya katkıda bulunabilir. Ancak, bu alandaki araştırmaların devam etmesi ve teknolojinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, tekstil atıklarının biyopolimer üretimi için kullanımının çevresel, ekonomik ve sosyal faydalarını inceleyen daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Alves ve ark. (2020); Hussain ve ark. (2019); Pattnaik ve ark. (2018); Provin ve ark. (2021); Wang ve ark. (2022))

Bu çalışmanın amacı, tekstil endüstrisinden kaynaklanan atıkların biyopolimer üretiminde kullanılmasının çevresel, ekonomik ve sosyal faydalarını araştırmaktır. Bu bağlamda, tekstil atıklarının



biyopolimer üretimindeki rolü ve potansiyel etkileri üzerine derinlemesine bir değerlendirme yapmayı amaçlanmıştır. Çalışmanın odak noktası, bu teknolojinin çevresel sürdürülebilirlik açısından sağladığı avantajları belirlemek ve tekstil endüstrisinin atık yönetimi sorunlarına yönelik yenilikçi bir yaklaşım sunma potansiyelini vurgulamaktır. Bununla birlikte, tekstil atıklarının biyopolimer üretiminde kullanılmasının ekonomik ve sosyal boyutlarını da değerlendirerek, bu teknolojinin endüstriyel uygulanabilirliğini ve toplum üzerindeki etkilerini anlamak amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

*Gluconacetobacter xylinus* ((Brown) Yamada et al. - ATCC 23770) kültür koleksiyonundan alınmıştır. Bu bakterinin ihtiyaç duyduğu enerji kaynağı olarak sakkaroz kullanılmıştır.

### 2.2. Metot

Bu amaçla, boyahanedan alınan atık suya %1 sakkaroz ilave edilerek ilk üreme sürecinde stresin azaltılması hedeflenmiştir. Bakteri, 8 log seviyesinde üretilmiş ve 1 L deney sıvısı içerisine 100mL eklenmiştir. Şişeler 10 gün boyunca oda sıcaklığında inkübe edilmiştir. Üç grup dizayn edilmiştir, kontrol, sakkaroz eklenmiş tekstil atığı ve sadece tekstil atık suyu. Ardından yüzeyde oluşan film tabakası kaldırılmış ve kaba filtre kağıdı üzerinde oda sıcaklığında 2 gün kurutulmuştur. Daha sonra, otoklavlanarak ileri işlemler yapılmıştır.

#### 2.2.1. Kumaşlarda Gramaj Tayini

Kumaş gramajı, kumaşın kullanım yerine ve koşullarına göre değişebilen bir özelliktir. Gramaj, kumaşın sıklığı, kullanılan ipliklerin numarası ve cinsi, örgü tipi ve bitim işlemleri gibi faktörlerden etkilenir. Gramaj, birim alanının ağırlığı (g/m<sup>2</sup>) veya birim uzunluğun ağırlığı (g/mtül) olarak ifade edilir. Gramaj tayini, TS 251/Şubat 1991 standartlarına göre yapılır. Bu standarta göre, kumaş numuneleri belirtilen koşullarda kondisyonlanır ve en az 24 saat bekletildikten sonra test edilir.

## 3. BULGULAR

Çalışma sonucunda elde edilen veriler Çizelge 1’de özetlenmiştir.

Çizelge 1. Gramaj sonuçları

Grup no	Kontrol grubu	Atık 1	Atık 2
Grup içeriği	Sakkarozlu su	Boyahane atığı	Boyahane atığı+%1 Sakkaroz
Gramaj (ilk ürün (g))	328	106	168
Gramaj (kuruma sonrası (g))	98	31,8	50,4

Kontrol grubu ile kıyaslandığında, boyahane atığı grubunun ilk ürün gramajı kontrol grubuna göre %67 daha düşüktür. Kontrol grubunun ilk ürün gramajı 328 gram iken, boyahane atığı grubunun ilk ürün gramajı sadece 106 gramdır. Benzer şekilde, kontrol grubunun kuruma sonrası ağırlığı da boyahane atığı grubundan önemli ölçüde daha düşüktür. Kontrol grubunun kuruma sonrası ağırlığı 98 gram iken, boyahane atığı grubunun kuruma sonrası ağırlığı 31.8 gramdır. Bu durum, boyahane atığının bakteriyel selüloz üretimi üzerinde inhibe edici bir etkisi olduğunu göstermektedir.

Öte yandan, %1 sakkaroz ilavesi yapılan boyahane atığı grubunun kontrol grubuna göre %49 daha yüksek bir ilk ürün gramajına sahip olduğu görülmektedir. Kontrol grubunun ilk ürün gramajı 328 gram iken, %1 sakkaroz ilavesi yapılan boyahane atığı grubunun ilk ürün gramajı 168 gramdır. Aynı şekilde, %1 sakkaroz ilavesi yapılan boyahane atığı grubunun kuruma sonrası ağırlığı da kontrol grubuna göre %49 daha yüksektir. Kontrol grubunun kuruma sonrası ağırlığı 98 gram iken, %1 sakkaroz ilavesi

yapılan boyahane atığı grubunun kuruma sonrası ağırlığı 50.4 gramdır. Bu sonuçlar, sakkaroz ilavesinin boyahane atığının bakteriyel selüloz üretimi üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu göstermektedir.

Tekstil atık suları, genellikle organik liflerin yanı sıra fermantasyon ürünleri gibi çeşitli organik bileşenleri içerir. Bu bileşenler, bakteriyel selüloz üretimi için potansiyel bir besin kaynağı olarak hizmet edebilir. Ancak, tekstil atık sularının bileşimi ve mikroorganizmaların büyümesi üzerindeki etkileri göz önünde bulundurulmalıdır. Tekstil atık sularının bakteriyel selüloz üretiminde kullanılmasıyla ilgili daha fazla araştırma yapılmalı ve atık suyun özellikleri dikkatlice değerlendirilmelidir. Bu çalışma, tekstil atık sularının bakteriyel selüloz üretiminde sürdürülebilir ve ekonomik bir alternatif olarak kullanılmasının potansiyelini değerlendirmektedir. Tekstil atık sularının bakteriyel selüloz üretiminde kullanımı, sürdürülebilir bir malzeme kaynağına dönüşümde büyük bir potansiyel sunmaktadır. Bu yöntem, atık yönetimi sorunlarına yenilikçi bir çözüm getirerek tekstil endüstrisinin çevresel etkisini azaltabilir ve değerli bir biyopolimer kaynağı elde edebilir. Bu araştırma, tekstil atık sularının geri dönüştürülmesi yoluyla atık yönetiminin dönüşümünü teşvik ederek çevresel sürdürülebilirlik ve malzeme yeniden kullanımı alanında önemli bir adımı temsil etmektedir.

#### 4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma, *Gluconacetobacter xylinus* kullanılarak tekstil atık sularının bakteriyel selüloz üretiminde potansiyel bir kaynak olarak değerlendirilmesini incelemiştir. Çalışmanın bulguları, sakkaroz ilavesinin bakteriyel selüloz üretimi üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermektedir. Sakkaroz ilavesi yapılmayan boyahane atığı grubunun, kontrol grubuna kıyasla hem ilk ürün gramajı hem de kuruma sonrası gramajında belirgin bir düşüş göstermesi, boyahane atıklarının bakteriyel selüloz üretimi üzerindeki inhibe edici etkisini açıkça ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, %1 sakkaroz ilavesi yapılan boyahane atığı grubunun kontrol grubuna kıyasla daha yüksek bir gramaj değerine sahip olması, sakkarozun bakteriyel selüloz üretimini destekleyici bir rol oynadığını göstermektedir.

Elde edilen bu veriler, tekstil atık sularının bakteriyel selüloz üretiminde sürdürülebilir ve ekonomik bir alternatif olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Ancak, tekstil atık sularının bileşimi ve mikroorganizmaların büyümesi üzerindeki etkileri dikkatlice değerlendirilmelidir. Bu bağlamda, tekstil atık sularının bakteriyel selüloz üretiminde kullanılmasıyla ilgili daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Özellikle, farklı tekstil atık suyu bileşenlerinin bakteriyel selüloz üretimine etkileri detaylı olarak incelenmelidir.

Ayrıca, bu çalışmanın bulguları, tekstil endüstrisinin atık yönetimi sorunlarına yenilikçi çözümler getirebileceğini ve çevresel sürdürülebilirliği artırabileceğini göstermektedir. Tekstil atık sularının bakteriyel selüloz üretiminde kullanımı, değerli bir biyopolimer kaynağı elde etmenin yanı sıra, atık yönetimi ve çevresel etkileri azaltmada büyük bir potansiyel sunmaktadır. Bu yöntemin endüstriyel ölçekte uygulanabilirliği üzerine yapılacak çalışmalar, tekstil endüstrisinin çevresel ayak izini önemli ölçüde azaltabilir.

Sonuç olarak, tekstil atık sularının bakteriyel selüloz üretiminde kullanılması, hem ekonomik hem de çevresel açıdan sürdürülebilir bir çözüm olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda, ilgili kurum ve kuruluşların, tekstil atık sularının bakteriyel selüloz üretiminde kullanımı konusunda araştırma ve geliştirme çalışmalarına yatırım yapmaları önerilmektedir. Böylece, tekstil endüstrisinin çevresel etkileri azaltılabilir ve atık sularının değerlendirilmesi yoluyla sürdürülebilir bir malzeme üretimi sağlanabilir.

#### 5. KAYNAKLAR

Alves, A. A., Silva, W. E., Belian, M. F., Lins, L. S. G., and Galembeck, A. (2020). Bacterial cellulose membranes for environmental water remediation and industrial wastewater treatment. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17, 3997-4008.

Hong, F., Guo, X., Zhang, S., Han, S., Yang, G., and Jönsson, L. (2012). Bacterial cellulose production from cotton-based waste textiles: enzymatic saccharification enhanced by ionic liquid pretreatment. *Bioresource technology*, 104, 503-8. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.11.028>.

Huang, C., Guo, H., Xiong, L., Wang, B., Shi, S., Chen, X., Lin, X., Wang, C., Luo, J., and Chen, X. (2016). Using wastewater after lipid fermentation as substrate for bacterial cellulose production by *Gluconacetobacter xylinus*. *Carbohydrate polymers*, 136, 198-202. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.09.043>.

Hussain, Z., Sajjad, W., Khan, T., and Wahid, F. (2019). Production of bacterial cellulose from industrial wastes: a review. *Cellulose*, 26, 2895-2911. <https://doi.org/10.1007/s10570-019-02307-1>.

Isik, Z., Unyayar, A., and Dizge, N. (2018). Filtration and antibacterial properties of bacterial cellulose membranes for textile wastewater treatment. *Avicenna Journal of Environmental Health Engineering*, 5(2), 106-114.

Joshi, N., Bhardwaj, U., Khan, S., Iqbal, H. (2021). Synergistic role of bacterial consortium to biodegrade toxic dyes containing wastewater its simultaneous reuse as an added value. *Chemosphere*, 284, 131273. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131273>.

Pattnaik, P., Dangayach, G., Bhardwaj, A. (2018). A review on the sustainability of textile industries wastewater with and without treatment methodologies. *Reviews on Environmental Health*, 33, 163-203. <https://doi.org/10.1515/reveh-2018-0013>.

Provin, A. P., dos Reis, V. O., Hilesheim, S. E., Bianchet, R. T., de Aguiar Dutra, A. R., Cubas, A. L. V. (2021). Use of bacterial cellulose in the textile industry and the wettability challenge—a review. *Cellulose*, 28(13), 8255-8274.

Wang, X., Jiang, J., Gao, W. (2022). Reviewing textile wastewater produced by industries: characteristics, environmental impacts, and treatment strategies. *Water Science and Technology*. <https://doi.org/10.2166/wst.2022.088>.

# BOYA VE KİMYASAL KULLANIMINDA FİFOYA UYGUN SÜRDÜRÜLEBİLİR TAKİP SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

*Berfin GÜL<sup>1</sup>, Kübra YILMAZ<sup>1</sup>, Arif ŞENER<sup>1</sup>, Tuğçe DEMİRDELEN<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ulusoy Tekstil Arge Merkezi*

*<sup>2</sup>Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi*

*[berfin@samtektekstil.com](mailto:berfin@samtektekstil.com)*

## ÖZET

Günümüzde tekstil ve imalat sanayisinde boyalar ve kimyasallar yoğun olarak kullanılmaktadır. Tekstil sektörü, renk ve doku çeşitliliğini sağlamak için geniş bir kimyasal yelpazesi kullanır. Bu kimyasalların etkin yönetimi, üretim verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik açısından kritiktir. FIFO (First In, First Out) yöntemi, envanter yönetiminde bu bağlamda büyük önem taşır. FIFO, kimyasalların bozulmasını önler ve üretim kalitesini korur. Bu çalışma, tekstil sektöründe kimyasalların FIFO yöntemiyle yazılım destekli takibini açıklamaktadır. Sistem, kimyasalların üretim ve son kullanma tarihlerini izleyerek eski stokları önceliklendirir, malzeme israfını azaltır ve kalite standartlarını korur. Ayrıca, tüketim verilerini analiz ederek sipariş planlamasını iyileştirir, maliyet tasarrufu sağlar ve çevresel ayak izini azaltır. FIFO tabanlı bu sürdürülebilir takip sistemi, modern üretim tesislerinin gereksinimlerini karşılar ve çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunur.

**Anahtar Kelimeler:** Tekstil, Envanter Yönetimi, Stok Yönetimi, Sürdürülebilirlik

## DEVELOPMENT OF A FIFO-COMPLIANT SUSTAINABLE TRACKING SYSTEM FOR DYE AND CHEMICAL USAGE

### ABSTRACT

In the contemporary textile and manufacturing industries, dyes and chemicals are extensively utilized. The textile sector employs a wide range of chemicals to achieve color and texture diversity. Effective management of these chemicals is critical for production efficiency and environmental sustainability. The First In, First Out (FIFO) method is crucial in inventory management within this context. FIFO prevents chemical degradation and maintains production quality. This study elaborates on the software-supported tracking of chemicals using the FIFO method in the textile industry. The system monitors the production and expiration dates of chemicals, prioritizing older stocks, reducing material waste, and preserving quality standards. Additionally, it analyzes consumption data to enhance future order planning, generate cost savings, and reduce the environmental footprint. This FIFO-based sustainable tracking system meets the needs of modern manufacturing facilities and contributes to environmental sustainability.

**Keywords:** Textile, Inventory Management, Stock Management, Sustainability

### 1.GİRİŞ

Tekstil endüstrisi, tarih boyunca üretim süreçlerinin ve yöntemlerinin sürekli geliştiği dinamik bir sektördür ve önemli sektörlerden biri olarak kabul edilmektedir. Sürekli gelişen talepler doğrultusunda da hızla büyümektedir. Endüstri 4.0 ile birlikte dijitalleşme, tekstil sektöründe de büyük bir dönüşüm yaratmıştır. Bu dönüşüm, üretim süreçlerinin daha verimli, sürdürülebilir ve izlenebilir hale gelmesini sağlamaktadır. Dijitalleşmenin önemli bileşenlerinden biri de malzeme ve stok yönetiminde kullanılan yöntemlerdir. Tekstil sektöründeki bu hızlı büyüme bir dizi zorluğu da beraberinde getirmektedir. Bunlar arasında, doğru envanter yönetimi, atık kontrolü ve operasyonel verimliliğin sağlanması gibi önemli konular yer almaktadır.

Envanter yönetiminde önemli faktörlerden biri, boyarmaddeler ve kimyasalların doğru şekilde yönetilmesidir. Boyarmaddeler, kumaşların istenilen renkte olmasını sağlarken, kimyasallar ise çeşitli işlemler sırasında kullanılır. Bu maddelerin etkin kullanımı, ürün kalitesini doğrudan etkiler. Tekstil kimyasallarının etkinliğini koruyabilmesi için uygun iklim şartlarında saklanmaları büyük önem taşır. Özellikle sıcaklık ve nem seviyelerinin kontrol altında tutulması, bu kimyasalların bozulmasını ve etkinliklerinin azalmasını önler. Doğru iklim şartlarının sağlanması, hem kimyasalların güvenli bir şekilde kullanılmasını hem de üretim süreçlerinin kalitesini garanti altına alır. Ayrıca, yanlış depolama koşulları güvenlik risklerini artırarak hem çalışanlar için tehlike yaratabilir hem de üretim kalitesini olumsuz etkileyebilir. Yanlış depolama(doğru havalandırma, elektrik aksamlarının olmadığı) veya eskimiş(tarihi geçmiş) boyarmadde ve kimyasalların kullanılması, renk tutarsızlıklarına ve kumaşın fiziksel özelliklerinde bozulmalara neden olabilir. Dolayısıyla, bu maddelerin stok yönetimi büyük bir titizlikle yapılmalıdır. Bu dijitalleşmeyi yönetecek personellerin her vardiyada bir kişi olarak belirlenmesi ve alanın sınırlandırılıp sadece yetkili kişilerin kartı ile giriş yapılması sağlanmıştır.



Şekil 1. Boya Ambarı Kart Okutma Sistemi

Her vardiyadaki yetkilendirilmiş personellerin gerekli iş güvenliği, çevre ve kimyasal yönetimi ile ilgili tüm eğitimleri verilmiştir. Bu sayede kimyasal ve boyarmaddeye erişimin sınırlandırılması sağlanmıştır. FIFO (First In, First Out) ilkesine uygun bir takip sistemi, tekstil fabrikaları için hayati öneme sahiptir. FIFO, ilk giren malzemenin ilk kullanılması gerektiğini belirten bir stok yönetimi yöntemidir. Bu yöntem, özellikle boya ve kimyasal maddeler gibi raf ömrü sınırlı olan ürünlerin kullanımında büyük avantajlar sağlar. Malzemelerin tazeliğini koruyarak üretim kalitesini artıran, atık miktarını minimize eden ve maliyet kontrolünü sağlayan FIFO sistemi, aynı zamanda sürdürülebilir üretim uygulamalarını destekler. Tekstil fabrikalarında FIFO'ya uygun bir takip sisteminin kullanılması, operasyonel verimlilikten çevresel sürdürülebilirliğe kadar geniş bir yelpazede önemli faydalar sunmaktadır.

## 2.BİLİMSEL YAZIN TARAMASI

Çevresel sürdürülebilirlik, günümüz tekstil endüstrisinin öncelikli konularından biridir. FIFO ilkesine uygun bir takip sistemi, boya ve kimyasal maddelerin etkin bir şekilde yönetilmesini sağlayarak atık miktarını azaltabilir. Başlangıçta alınan malzemelerin zamanında kullanılması, gereksiz stok

birikimini önler ve bu da çevresel etkileri azaltır. Almeida ve diğerleri (2018), FIFO yönteminin tekstil atıklarının azaltılmasında etkili olduğunu belirtmektedir.

FIFO ilkesine dayalı bir takip sistemi, stokların verimli bir şekilde yönetilmesini sağlar ve bu da maliyet kontrolünü iyileştirir. Araştırmalar, FIFO'nun tekstil fabrikalarında operasyonel verimliliği artırdığını ve malzeme kullanımını optimize ettiğini göstermektedir (Chen ve diğerleri, 2020). Bu, tekstil üretiminde rekabetçi bir avantaj sağlayabilir.

Tekstil ürünlerinin kalitesi, doğru malzeme kullanımıyla doğrudan ilişkilidir. FIFO ilkesine uygun bir takip sistemi, malzemelerin tazeliğini koruyarak ürün kalitesini artırabilir. Ayrıca, FIFO'nun ürün güvenliği açısından da önemli olduğu belirtilmektedir (Fang ve diğerleri, 2019). Bu, tüketici güvenliğini sağlamak açısından kritik bir faktördür.

Aziz, M., & Kashif, M. (2015) nin yazmış olduğu makalede tekstil endüstrisinde yalın üretim (lean manufacturing) tekniklerinin uygulanmasının verimliliği artırma ve atıkları azaltma üzerindeki etkilerini incelemektedir. Yalın üretim, israfı minimize etmeye ve değer akışını optimize etmeye yönelik bir yönetim felsefesidir. Çalışma, Pakistan'daki çeşitli tekstil fabrikalarında yapılan saha araştırmaları ve vaka çalışmaları ile desteklenmiştir. Yalın üretim tekniklerinin uygulanması, üretim süreçlerinde önemli ölçüde verimlilik artışı sağlamıştır. Bu, özellikle üretim hattında daha az bekleme süresi ve daha hızlı iş akışı ile mümkün olmuştur. Aynı zamanda gereksiz malzeme ve enerji tüketimini azaltarak atık miktarını önemli ölçüde düşürmüştür. Bu da çevresel sürdürülebilirlik açısından olumlu bir etki yaratmıştır. Sonuç olarak, yalın üretim tekniklerinin tekstil sektöründe uygulanması, hem ekonomik hem de çevresel açıdan önemli faydalar sağlamaktadır.

Eroğlu ve Hofer'in 2011 yılında yazmış olduğu bu makalede, çevresel dinamizmin (environmental dynamism) envanter yalınlığına (inventory leanness) getirileri üzerindeki etkilerini incelemektedir. Çevresel dinamizm, bir işletmenin faaliyet gösterdiği piyasa ve operasyonel çevredeki değişimlerin hızını ve öngörülemezliğini ifade eder. Makalede, envanter yalınlığı, bir işletmenin envanter düzeylerini minimize etme çabalarını temsil eder, bu da stok bulundurma maliyetlerini azaltmayı ve operasyonel verimliliği artırmayı hedefler.

Çalışma, genel olarak, envanter yalınlığının işletme performansını olumlu etkilediğini bulmuştur. Yalın envanter uygulamaları, maliyetleri düşürme ve verimliliği artırma açısından işletmelere çeşitli avantajlar sağlamıştır. Çevresel dinamizmin yüksek olduğu durumlarda, envanter yalınlığının getirilerinin arttığı tespit edilmiştir. Dinamik ve öngörülemeyen piyasa koşullarında, esnek ve hızlı tepki verebilen yalın envanter sistemleri, işletmelere rekabet avantajı sağlamıştır. Bu makale, özellikle değişken ve dinamik iş ortamlarında envanter yönetimi stratejilerinin önemine vurgu yaparak, işletmelerin yalın envanter uygulamalarını nasıl optimize edebileceklerine dair değerli bilgiler sunmaktadır.

### **3. MATERYAL VE METOT**

Tekstil iplik boyama fabrikasında boya ambarındaki kimyasalların yönetiminde FIFO (First In, First Out) prensibini uygulamak için dijital envanter yönetim sistemi kullanılmalıdır. Bu sistem, kimyasalların doğru bir şekilde takip edilmesi ve yönetilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Kimyasalların girişi ve çıkışları, barkod sistemi ile dijital olarak kaydedilir ve izlenir. Her kimyasal madde, ambara girdiğinde bir barkod etiketi ile işaretlenir ve bu etiketler sayesinde kimyasalın hangi tarihte ambara girdiği, ne kadar süre depoda kaldığı ve ne zaman kullanıldığı gibi bilgiler detaylı bir şekilde kaydedilir. Bu sayede, ilk giren kimyasalın ilk çıkmasını sağlayarak, FIFO prensibi etkin bir şekilde uygulanır ve kimyasalların depoda gereksiz yere beklemesi önlenir.

Veri analitiği ve raporlama araçları, dijital sistemlerden elde edilen verileri analiz ederek kimyasal kullanımının verimliliğini artırmak için kullanılır. Bu araçlar, kimyasal tüketim trendlerini, stok seviyelerini ve kullanım verimliliğini analiz eder. Analiz sonuçları, yöneticilere kimyasal kullanımında iyileştirme yapabilecekleri alanları gösterir ve stratejik kararlar almalarına yardımcı olur. Örneğin, hangi kimyasalların daha hızlı tüketildiği veya hangi kimyasalların daha uzun süre depoda kaldığı gibi bilgileri sunar. Li ve Chan (2012), hızlı moda ortamında ürün performansını öngörmek için veri analitiğinin önemini vurgulamaktadır. Bu bağlamda, tüm çalışanlar FIFO ve dijital sistemlerin kullanımı konusunda düzenli olarak eğitilmelidir. Eğitim programları, çalışanların yeni teknolojilere adaptasyonunu kolaylaştırır ve sistemlerin etkin kullanımını sağlar. Çalışanların, dijital sistemler ve FIFO prensibi hakkında bilgi sahibi olmaları, operasyonel hataların azaltılmasına ve verimliliğin artırılmasına katkıda bulunur. Eğitimler, teorik bilgi yanı sıra pratik uygulamaları da içermelidir, böylece çalışanlar öğrendiklerini günlük işlerinde uygulayabilirler.

Ulusoy Tekstil olarak barkod sisteminde sürekli gelişme içinde bulunmaktayız. Gelen kimyasallar ve boyarmaddelerin ilk olarak SDS (Safety Data Sheets) kontrolü yapılır, SDS uygun ise işletme içine alınır. Aynı zamanda sds kontrolü yapıp riskleri belirlenir ve sisteme girişleri yapılır. Daha sonra hem iş sağlığı güvenliği hem de kimyasalın depolama şartları göz önüne alınarak uygun olan rafa depolanmak üzere yerleştirilir.

Bunların tamamı MRP (Malzeme İhtiyaç Planlaması) yazılımları üzerinden gerçekleştirilir. MRP, üretim süreçlerinde kullanılan malzemelerin planlanması, yönetimi ve takibi için kullanılan bir tür ERP (Kurumsal Kaynak Planlama) yazılımıdır. MRP yazılımları, üretim sürecinin verimliliğini artırmak ve malzeme stoklarını optimize etmek için kullanılır. Ulusoy Tekstil olarak kullanılan bu yazılım ise ERP sistemi içinde yer alan MRP modülünü ifade eder.

Bu yazılım, veritabanı yönetimi ve veri manipülasyonu için SQL (Structured Query Language) kullanılarak geliştirilmiştir. SQL, yazılımın büyük hacimli verileri etkili bir şekilde depolamasını, sorgulamasını ve yönetmesini sağlar. Kullanıcılar, SQL sorguları aracılığıyla veri ekleyebilir, güncelleyebilir, silebilir ve çeşitli raporlar oluşturabilirler. Bu, yazılımın güçlü, esnek ve kullanıcı dostu bir veri yönetim çözümü sunmasına olanak tanır. Sistem üzerinde tüm girişler yapıldıktan sonra yazılım tarafında izlenen örnek kod iş akışı şekil 2 ve 3 deki gibidir;

```

@SPSeriID VARCHAR(20),
@UrunTID INT
AS
] BEGIN TRY

] DECLARE @DepoCikisID INT,
          @SeriID INT,
          @SUNrunTID INT,
          @StokSeriTipID INT,
          @PersonelID INT = dbo.F15_GetActivePersonelID(1),
          @DepoCikisMlzID INT,
          @SonKullanmaTarihi DATE,
          @LotNo VARCHAR(100),
          @ILotNo VARCHAR(100),
          @Chk TINYINT,
          @UrunAdi VARCHAR(150),
          @UrunID INT;

SET @SeriID = CONVERT(INT, @SPSeriID);

] SELECT @SUNrunTID = SK.UrunTID,
        @StokSeriTipID = SM.StokSeriTipID,
        @SonKullanmaTarihi = SM.SonKullanmaTarihi,
        @LotNo = SM.MusteriSeriNo,
        @UrunAdi = S.UrunAdi,
        @UrunID = SK.UrunID
FROM IT06_StokAmbar SA
INNER JOIN IT06_StokKarti SK
ON SK.UrunID = SA.UrunID
INNER JOIN IT08_SeriM SM
ON SM.SeriID = SA.SeriID
INNER JOIN IT06_Stoklar S
ON S.UrunTID = SK.UrunTID
WHERE SA.SeriID = @SeriID;

] IF ISNULL(@PersonelID, -1) = -1
] BEGIN
SET @PersonelID = 94;
END;

```

Şekil 2. Kod İş Akışı



```

IF ISNULL(@SonKullanmaTarihi, DATEADD(DAY, -1, GETDATE())) < GETDATE()
BEGIN
    RAISERROR('Son kullanma tarihi belli olmayan boyar madde kullanılamaz.', 16, 1);
END;

IF @SonKullanmaTarihi < GETDATE()
BEGIN
    RAISERROR('Son kullanma tarihi geçmiş boyar madde kullanılamaz.', 16, 1);
END;

IF @UrunTID <> @SUruntID
BEGIN
    RAISERROR('Barkodun ürünü ile seçilen ürün bir birinden farklıdır.', 16, 1);
END;

SET @ILotNo = ISNULL(
    (
        SELECT SK.LotNo FROM IT06_StokKarti SK WHERE SK.UrunTID = @SUruntID
    ),
    ''
);

SET @Chk =
(
    SELECT COUNT(SM.MusteriSeriNo)
    FROM IT06_StokKarti SK
    INNER JOIN IT06_StokAmbar SA
    ON SA.UrunID = SK.UrunID
    INNER JOIN IT08_SeriM SM
    ON SM.SeriID = SA.SeriID
    AND SM.MusteriSeriNo = @ILotNo
    AND SK.UrunTID = @SUruntID
    AND SA.AmbarID = 28
);

IF @ILotNo <> ''
AND @ILotNo <> @LotNo
AND @Chk > 0
BEGIN
    RAISERROR(
        '%s boyarmadde için Boya Ana Depoda %s lotundan mevcut ilk önce ambardaki lotu kullanınız.',
        16,
        1,
        @UrunAdi,
        @ILotNo
    );
END;

```

Şekil 3. Kod İş Akışı

### Giriş İşlemi:

1. Fabrikaya yeni kimyasal ve boyarmadde partileri geldiğinde, her bir parti kaç farklı lot ile geldiyse adet ve ağırlık bilgileri girilerek barkod etiketleri ile işaretlenir ve paket üzerine yapıştırılır.
2. Her partinin (lotların farklı olma durumu göz önüne alınarak) hangi rafta depolanacağı belirlenir.
3. SDSleri ve yapılan analiz raporları da sisteme yüklenir. Alanın sürekli güncel tutulması sağlanıp revize gerektiren durumlarda sisteme güncel belgeler yüklenmesi sağlanır ve her lot değişimde güncellenir.

Örnek barkod şekil 4 de gösterildiği gibidir.

TEDARİKÇİ : ACN KİMYA

428094 HydroBlue® 92

LOT 04042024

H Kodu H251 H302 H319

P Kodu EUH031 P220 P264 P270 P280 P235+P410  
P301 P311 P312 P330 P337 P305 + P351 +  
P338 P407 P413 P420 P501

CAS No 7775-14-6

BRÜT(KG) : 50,00  
NET(KG) : 50,00  
ADET : 0,00  
S.K.T. : 04.04.2025



Şekil 4. Örnek Barkod

### Çıkış İşlemi:

1. Üretim hattı belirli bir kimyasal veya boyarmaddeye ihtiyaç duyduğunda, boyacı tartım için ilgili kimyasalın barkodunu okuttuğunda ekranında şekil 5 deki hatayı almaktadır.

Konum : SP06\_BoyaTransfer\_Isletmeye  
Satır : <47>  
Mesaj : Son kullanma tarihi belli olmayan boyar madde kullanılamaz.

Şekil 5. Hata Bildirim Örneği

Bu hata boyacının ambarda halihazırda bulunan kimyasalı unuttuğu ya da son kullanma tarihi belli olmayan boyayı kullanmaya çalıştığı gerekçesiyle ekranında çıkan hatadır. Önce deposunda bulunan x kg boyayı ya da kimyasalı tüketmesi gerektiğinin bilgisi ekranına yansımaktadır. İşletmelerde boyalar ya da kimyasallar unutulmamış olacağından atık yönetimi de sağlanmış olacaktır. Aynı zamanda depolama süreçlerini hızlandırır ve hata oranı minimize edilmiş olacaktır.

### 4.SONUÇLAR

Bu çalışmada, tekstil endüstrisinde dijitalleşme ve FIFO (First-In-First-Out) yönteminin entegrasyonunun, üretim süreçlerinin optimizasyonu ve verimliliği açısından sağladığı faydalar detaylı bir şekilde incelenmiştir. Uygulanan sistemlerin, boyarmadde ve kimyasal maddelerin yönetiminde nasıl iyileştirmeler sağladığı, ürün kalitesini ve müşteri memnuniyetini nasıl artırdığı gözlemlenmiştir.

Yapılan araştırmalar ve uygulamalar sonucunda, tekstil fabrikalarında FIFO'ya uygun takip sistemlerinin kullanılmasıyla önemli avantajlar elde edilmiştir. Bu sistemlerin, stok yönetiminde ve üretim süreçlerinde sağladığı iyileştirmeler şunlardır:

1. **Zaman Tasarrufu:** Otomatik sistemler, manuel işlemlerden çok daha hızlıdır ve bu da depo operasyonlarının süresini önemli ölçüde kısaltmıştır. Özellikle kimyasal ve boyarmadde kullanımında daha hızlı ve etkin bir süreç sağlanmıştır.
2. **Doğruluk ve İzlenebilirlik:** Otomatik sistemlerin envanter verilerini sürekli güncellemesi, kimyasal ve boyarmaddelerin izlenebilirliğini artırmıştır. Bu sayede, her bir kimyasalın kullanımı ve depolanması daha güvenilir bir şekilde takip edilmiştir.
3. **Yer Tasarrufu:** Depo alanının daha verimli kullanılması sağlanmış, bu da depolama maliyetlerini düşürmüştür. Depolama alanlarının optimize edilmesi, daha fazla ürünün daha az alanda saklanmasına imkan tanımıştır.
4. **İş Gücü Verimliliği:** Otomasyon, iş gücünün daha verimli kullanılmasını sağlamış ve çalışanların daha stratejik görevlerde yer almasına olanak tanımıştır. Bu durum, işletmenin genel verimliliğini artırmıştır.
5. **Kalite Kontrol ve Sürdürülebilirlik:** FIFO yöntemi ve dijitalleşmenin entegrasyonu, ürün kalitesini artırmış ve atıkları azaltmıştır. Bu, hem çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamış hem de maliyetleri düşürmüştür.

Bu çalışmaların ışığında, tekstil endüstrisi profesyonelleri ve karar vericileri, işletmelerinde FIFO ilkesine dayalı dijital takip sistemlerini uygulamaya başlamıştır. Bu sistemlerin, operasyonel süreçlerde sağladığı iyileştirmeler ve rekabet avantajları açıkça gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak, tekstil iplik boyama fabrikalarında boya ambarındaki kimyasalların yönetiminde dijitalleşme ve FIFO prensibinin uygulanması, verimliliği artırarak, israfi azaltmış ve operasyonel süreçleri optimize etmiştir. Bu yaklaşım, kimyasal yönetimini daha güvenilir ve izlenebilir hale getirerek işletmenin rekabet gücünü ve sürdürülebilirliğini artırmıştır.

Yapılan tüm çalışmalar ve incelemeler, yazılımın avantajlarını ve sağladığı faydaları net bir şekilde ortaya koymuştur. Tekstil endüstrisinde dijitalleşme ve FIFO yönteminin entegrasyonu, gelecekte de sürdürülebilirlik ve verimlilik hedeflerine ulaşmada kritik bir rol oynayacaktır.

### **Teşekkür**

Bu çalışma Ulusoy Tekstil San. ve Tic. A.Ş. Boyahane fabrikası Arge Merkezi projesi olup, gerekli çalışmaların yürütülmesinde emeği geçen proje personellerine, verilerinden faydalandığımız için Ulusoy Tekstil San. ve Tic. A.Ş. ne teşekkür ederiz.

### **Çıkar Çatışması**

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

### **Yazarın Katkıları**

Berfin Gül, anketin tasarımı, uygulanması, bilgisayara ortamına aktarılması, Kübra Yılmaz, Berfin Gül bilimsel yayın araştırması, makalenin oluşturulması, istatistiki analizler, makalenin sonuçları hazırlanması konularında katkı sağlamışlardır.

## **5. KAYNAKLAR**

Aziz, M., & Kashif, M. (2015). *Application of lean manufacturing in textile industry to enhance productivity and reduce waste. Journal of Textile Science & Engineering, 5(1), 1-7.*

Eroğlu, C., & Hofer, C. (2011). *The effect of environmental dynamism on returns to inventory leanness. Journal of Operations Management, 29(4), 348-361.*

Li, H., & Chan, H. K. (2012). *Predicting the performance of fashion products in a fast fashion environment. European Journal of Operational Research, 219(2), 347-358.*

# İPLİKTE GERİ DÖNÜŞÜM PAMUK VARLIĞININ RENGE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Muhittin ÖZKAN<sup>1</sup>, Pınar DURU BAYKAL<sup>1</sup>, Halit TAMTÜRK<sup>2</sup> ve Serdal SIRLIBAŞ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana

<sup>2</sup>Bossa Ticaret ve Sanayi İşletmeleri T.A.Ş., Adana

## ÖZET

Tekstil sektörü en fazla su, hava, kimyasal madde ve enerji tüketen, aynı zamanda büyük miktarlarda atık oluşumuna yol açan dünyanın en eski sanayi dallarından birisidir. Tüm sektörlerde olduğu gibi tekstil ve konfeksiyon sektörü için de sürdürülebilirlik kavramı büyük önem taşımaktadır. Geri dönüşüm, herhangi bir şekilde kullanılmış ve elden çıkarılmış atık malzemelerin geri kazanılabilecek nitelikte olanlarının farklı yöntemlerle hammadde olarak üretim sürecine yeniden katılabilmesi şeklinde tanımlanabilmektedir. Böylece, atıklar bir hammadde gibi kullanılarak yeni bir maddeye dönüştürülebilmekte ve birçok farklı atık malzemelerin geri dönüşümü yapılabilmektedir. Bu çalışmada, hammadde olarak %100 pamuk ve %70 pamuk %30 geri dönüşüm pamuk (iplik açma) kullanılarak aynı numarada ring iplikleri üretilmiştir. Üretilen iplikler öncelikle kasarlanmış daha sonra aynı reçete ile üç farklı konsantrasyonda (%0.5, %1 ve % 3) boyanmıştır. Boyalı ipliklerin renk değerleri ve renk farklılıkları ( $\Delta E$ ) spektrofotometre cihazında Realcolor 1.3 yazılımı kullanılarak ölçülmüştür. Geri dönüşüm pamuk içeren iplikler ve %100 pamuk iplikler arasında boyama sonrası renk farklılığı görülmüştür. Bu farkın açık tonlarda daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** pamuk, geri dönüşüm pamuk, iplik boyama, renk değerleri

## INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE PRESENCE OF RECYCLING COTTON IN YARN ON COLOR

### ABSTRACT

The textile industry is one of the oldest industries in the world, consuming the most water, air, chemicals and energy, and also generating large amounts of waste. The concept of sustainability is of great importance for the textile and apparel industry, as in all sectors. Recycling can be defined as the process of reintroducing waste materials, which have been used and discarded in some form, back into the production process as raw materials through various methods, provided they are recoverable. Thus, waste can be used as a raw material and transformed into a new substance, and many different waste materials can be recycled. In this study, ring-spun yarns of the same count were produced using 100% cotton and a blend of 70% cotton and 30% recycled cotton (from yarn waste) as raw materials. The produced yarns were first scoured and then dyed using the same recipe at three different concentrations (0.5%, 1%, and 3%). The color values and color differences ( $\Delta E$ ) of the dyed yarns were measured using a spectrophotometer with Realcolor 1.3 software. It has been observed that there is a color difference after dyeing between yarns containing recycled cotton and 100% cotton yarns. This difference has been found to be more pronounced in lighter shades.

**Keywords:** cotton, recycled cotton, yarn dyeing, color values

## 1.GİRİŞ

Sanayi devrimiyle birlikte ortaya çıkan, sürekli tüketimden beslenen ve bu şekilde gelişen yeni dünya düzeninde insanlar ihtiyaçlarından çok isteklerini tatmin etmek için tüketir olmuşlardır (Koç, 2012). Dünya nüfusundaki artış, azalan ekim alanları, bilinçsiz tüketim sadece çevre ve doğanın değil insan sağlığının ve toplumsal değerlerin de hoyratça kullanılır hale gelmesine yol açmıştır. Mevcut dünya düzeninde kaynaklar hızla tükenmekte, doğa yok olmakta, insan sağlığı giderek bozulmakta bunun sonucunda birçok ekonomik, ekolojik ve sosyal problem ortaya çıkmaktadır. Bu kapsamda sürdürülebilir üretimler ve geri dönüşüm teknolojileri önem kazanmıştır.

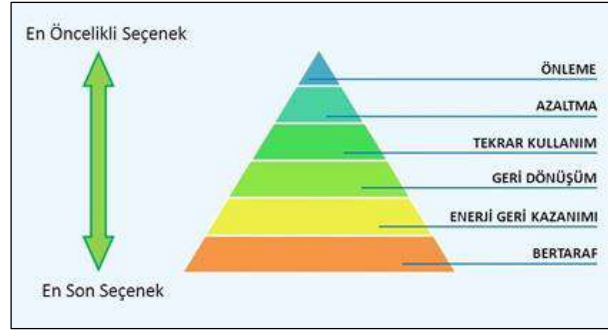
Sürdürülebilir üretim yaklaşımları, üretim sürecinin insan unsuruna etkilerinin ortadan kaldırılması veya azaltılması, üretim sürecindeki atıkların azaltılması, üretilen ürünlerin geri dönüştürülebilirliğinin artırılması ve tasarım süreçlerinin bu bakış açısıyla yönlendirilmesi, malzeme ve enerji tasarruf edici üretim süreçlerinin geliştirilmesi konularını içermektedir (Yavuz, 2010).

Tekstil sektörü en fazla su, hava, kimyasal madde ve enerji tüketen, aynı zamanda büyük miktarlarda atık oluşumuna yol açan dünyanın en eski sanayi dallarından birisidir. Böylece tekstil sektöründe de sürdürülebilirlik ve geri dönüşüm çalışmaları ön plana çıkmıştır. Tekstil mamullerinin çevre ve insan sağlığına zarar vermeden, ekolojiye duyarlı bir şekilde, geri dönüşüm elyaf ve iplikler kullanılarak üretilmeleri gittikçe daha da önem kazanmaktadır (Ar, 2011).

Tekstil Geri Dönüşüm Kurumu'na (Council for Textile Recycling) göre tekstil atıkları tüketici öncesi ve tüketici sonrası atıklar olmak üzere iki grupta yer almaktadır (Cuc ve Vidovic, 2011). Tüketici öncesi tekstil atıkları her türlü tekstil ürününün (lif, iplik, hazır giyim ve ev tekstili, ayakkabı vs.) üretimi sırasında açığa çıkan tekstil atıklarıdır. Örnek olarak tekstil numunelerinden kalan parça kumaş atıkları, tekstil üretimleri sırasında açığa çıkan kesili-dikili parçalar, boya ve baskı hataları gibi kusurlar içeren hasarlı yarı mamüller, tasarım veya üretimdeki yarı mamül veya bitmiş haldeki giysi numuneleri ve satılmamış, giyilmemiş bitmiş giysiler veya tekstil mamulleridir (Eser ve ark., 2016). Tüketici sonrası tekstil atıkları ise kullanıcının yıpranma, küçük gelme veya modasını kaybetmiş olması gibi nedenlerden dolayı artık ihtiyaç duymadığı, hizmet süresi tamamlanıp atılan tekstil ürünleridir.

Tekstil atık işleme stratejileri; azaltma (reduce), yeniden kullanma (reuse), geri dönüşüm (recycle) ve enerjinin geri kazanımı olmak üzere dört bölümde incelenmektedir. Azaltma işlemi ile sınırlı kaynak, malzeme ve enerji kullanımı minimize edilmektedir. Azaltma için ürünün mümkün olduğunca fazla süre kullanılabilir olması, yenilenmesi ve tamir edilmesi gerekmektedir. Yeniden kullanma, ürünlerin gerekirse sağlam ve kullanılabilir duruma getirilip, aynı kullanım amacıyla tekrar değerlendirilmesidir. Geri dönüşüm ise malzemenin geri kazanılması için yapılan işlemleri ifade etmektedir (Farahani ve ark., 2009).

Günümüzde moda olgusunun da gelişmesiyle beraber hazır giyimden ev tekstillerine kadar her alanda tekstil tüketiminin arttığı görülmektedir. Artık ihtiyaçtan çok modanın eğilimine göre tüketim alışkanlıkları şekillenmektedir. Bu durum dünya genelinde tekstil tüketiminin ve dolayısıyla ile tekstil atıklarının da artmasına yol açmıştır. Bu noktada geri dönüşüm büyük önem arz etmektedir. Şüphesiz ki çevresel açıdan faydası en yüksek olan durum tüketimi azaltmak, önlemek veya ürünleri yeniden kullanılabilir hale getirip ürün yaşam sürelerini uzatmaktır (Şekil 1). Fakat bunların mümkün olmadığı durumlarda geri dönüşümün önemi büyüktür (Esi, 2020).



Şekil 1. Atık yönetimi hiyerarşisi (Esi, 2020)

Geri dönüşüm, herhangi bir şekilde kullanılmış ve elden çıkarılmış atık malzemelerin geri kazanılabilecek nitelikte olanlarının farklı yöntemlerle hammadde olarak üretim sürecine yeniden katılabilmesi şeklinde tanımlanabilmektedir. Böylece, atıklar bir hammadde gibi kullanılarak yeni bir maddeye dönüştürülebilmekte ve birçok farklı atık malzemelerin geri dönüşümü yapılabilmektedir (Büyükaslan ve ark., 2015; Türemen ve ark., 2018).

Literatürde tekstilde geri dönüşüm ile ilgili çalışmaların çoğunlukla geri dönüşüm elyafların tekstilde kullanımına ve elde edilen ürünlerin performans özelliklerinin araştırılmasına yönelik olduğu görülmüştür. Geri dönüşüm elyaf içeren ipliklerin ve kumaşların boyama performansı ya da renk değerlerinin incelenmesi üzerine yapılmış yeterli sayıda akademik çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışma kapsamında, hammadde olarak %100 pamuk ve %70 pamuk %30 geri dönüşüm pamuk (iplik açma) kullanılarak aynı numarada ring iplikleri üretilmiştir. Üretilen iplikler öncelikle kasarlanmış daha sonra aynı reçete ile üç farklı konsantrasyonda (%0.5, %1 ve %3) boyanmıştır. Boyalı ipliklerin renk değerleri ve renk farklılıkları ( $\Delta E$ ) spektrofotometre cihazında Realcolor 1.3 yazılımı kullanılarak ölçülmüştür. İplikte geri dönüşüm pamuk varlığının renge etkisi incelenmiştir. Çalışma sonuçlarının literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## 2.MATERYAL VE METOT

### 2.1.Materyal

Çalışmada hammadde olarak Amerika pamuğu (virjin pamuk) ve geri dönüşüm pamuk kullanılmıştır. Geri dönüşüm pamuk, işletmede telef olarak ayrılan pamuk (Amerika pamuğu) ipliklerinin recycle iplik açma makinasında açılması ile elde edilen elyafı ifade etmektedir. Hammadde özellikleri, demet halinde ölçüm yapan HVI 1000 (High Volume Instruments) ile test edilmiştir. Virjin pamuk için 2179 balyadan test yapılmış ve ortalamalar Çizelge 1’de verilmiştir. Geri dönüşüm pamuk için ise 10 ölçüm yapılmış, ortalama değerler çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 1. Hammadde Özellikleri

HVI parametreleri	Hammadde	
	Virjin pamuk	Geri dönüşüm pamuk
<b>Mic</b> (Mikroner- incelik)	4,45	4,56
<b>UHML</b> (Üst yarı ort. uzunluk-mm)	30,00	29,34
<b>UI</b> (Üniformite indeksi-%)	82,33	84,42
<b>SFI</b> (Kısa lif indeksi)	6,18	7,15
<b>Str</b> (Mukavemet-g/tex)	31,24	31,37
<b>Elg</b> (Uzama-%)	7,7	6,18
<b>Rd</b> (Yansıma değeri)	78	66
<b>+b</b> (Sarılık değeri)	7,9	9,0

Çizelgeye göre virjin pamuk ve geri dönüşüm pamuk, orta incelikte ve düşük kısa lif indeksine sahiptir.

Her iki pamuk mukavemet açısından sağlam, üniformite indeksine göre ise orta düzeydedir. Virjin pamuk uzun, geri dönüşüm pamuk ise orta uzunluktadır. Kopma uzaması açısından değerlendirildiğinde; virjin pamuk çok yüksek, geri dönüşüm pamuk ise orta düzeyde uzamaya sahiptir.

Pamuk lifleri tarafından yansıtılan ışığın beyazlığını Rd değeri, sarılığını ise +b değeri ifade etmektedir. Çizelgeye göre virjin pamuk daha beyaz ve daha parlaktır (Uster HVI 1000, 2008).

## 2.2. Metot

### İplik Üretimi

Omni açma makinasında hammaddesi Amerika pamuğu olan geri dönüşüm iplikler (işletmedeki telef iplikler) açılarak elyafa dönüştürülmüştür. Daha sonra Harman hallaç dairesinde otomatik balya açıcıda (Trützschler blendomat) virjin Amerika pamuğu ile (%70) karıştırılıp Çizelge 2'deki iplik üretim hattını izleyerek Ne 7 numarada ring ipliği üretilmiştir. Aynı üretim hattında aynı numarada %100 virjin pamuk ipliği de üretilmiştir.

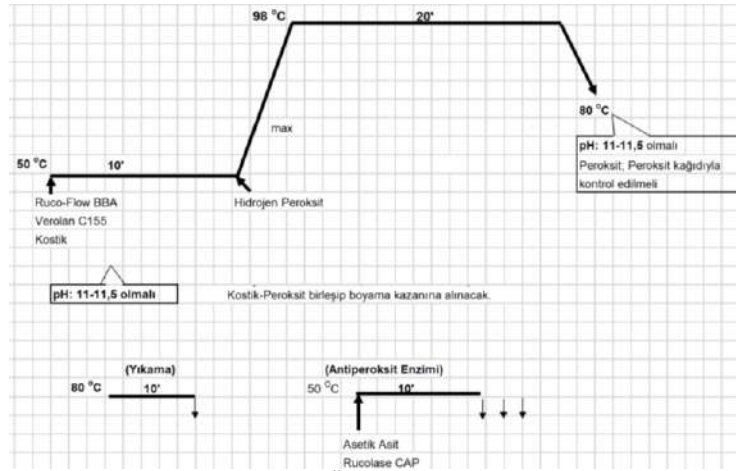
#### Çizelge 2. İplik Üretim Hattı

Trützschler Blendomat balya açıcı
Trützschler AFC kaba temizleyici
Trützschler Mikser
Trützschler CVT3 ince temizleyici
Trützschler Dustex toz ayırıcı
Trützschler DK 760 tarak
Rieter SB D-50 cer
Rieter RSB D-50 cer
Toyota FL100 fitil
Marzoli MPTN ring

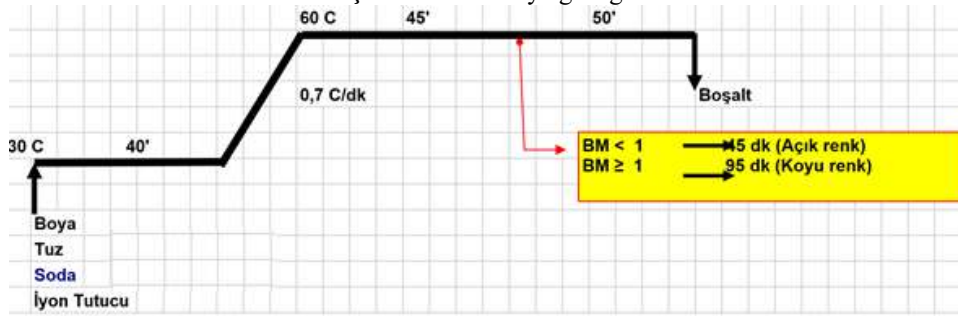
Ring iplik makinasında iğ devri 6800 d/dk, büküm 11,7 tur/inç olarak üretim yapılmıştır. Üretilen ipliklerin düzgünlüğü, iplik hataları ve tüylülüğü Uster Tester 4 ile, mukavemet ve uzaması ise Uster Tensorapid ile test edilmiştir. Testler 5'er kopstan yapılmıştır.

### İplik Boyama

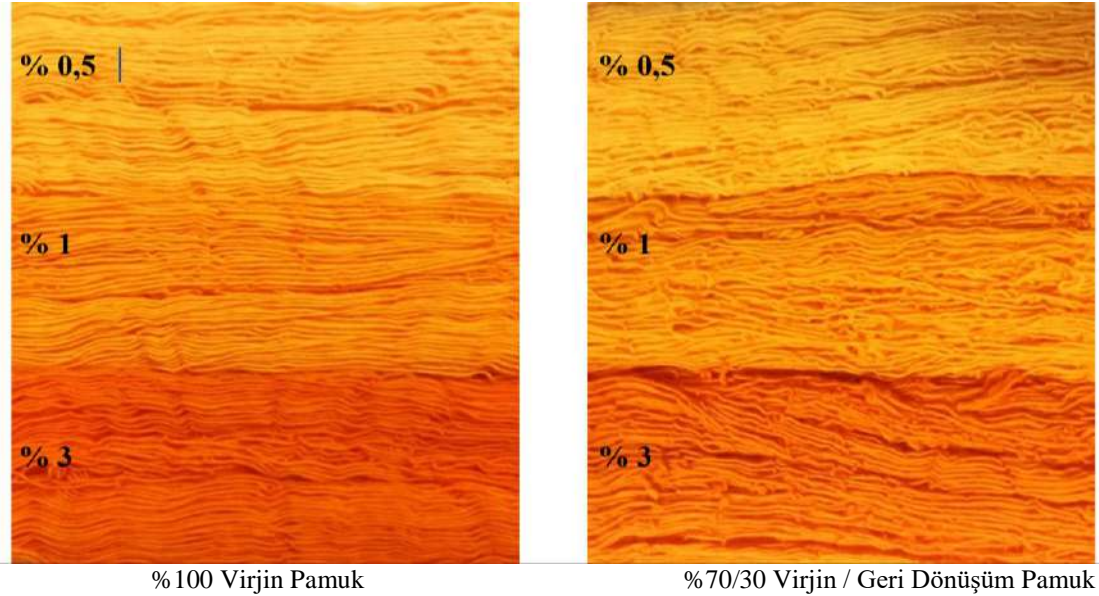
Üretilen iplikler, Mathis Labomat Infraredli laboratuvar tipi boyama makinesinde üç farklı konsantrasyonda (%0.5, %1 ve %3), reaktif boyarmadde (Levafix Amber CA-N) ile boyanmıştır. Ön terbiye ve boyamada uygulanan program grafikleri (şekil 2 ve şekil 3) ile boyalı iplik görüntüleri (şekil 4) aşağıda verilmiştir.



Şekil 2. Ön terbiye grafiği



Şekil 3. Reaktif boyama grafiği



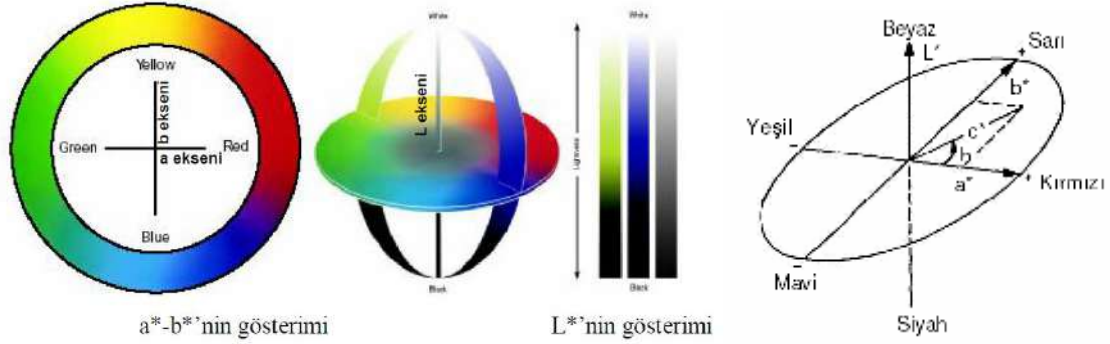
Şekil 4. Boyanmış İplik Görüntüleri

## Renk Ölçümü

Boyanmış ipliklerin renk ölçümleri, Minolta CM 3600 D spektrofotometrede Realcolor 1.3 yazılımı kullanılarak 10°'lik gözlemci açısı ile %100 UV ışık dahil edilerek, D65 gün ışığı altında yapılmış ve L\*, a\*, b\*, C\*, h ve farklı dalga boylarında (400 nm–700 nm) %R (yansıtma) ve K/S (renk kuvveti) değerleri kaydedilmiştir. Ayrıca  $\Delta E^*$  (renk farkı) değerleri de elde edilmiştir. İplikler karton bir zemin üzerine düzgün bir şekilde sarılarak spektrofotometrenin okuyucu kısmına yerleştirilmiş ve her numunedan 10 adet ölçüm yapılmıştır.



CIELAB-renk sistemine göre 3-boyutlu renk koordinatları ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) renk uzayı üzerinde gösterilmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Üç Boyutlu Renk Düzlemi (Balcı, 2008)

### 3.BULGULAR VE TARTIŞMA

Üretilen ipliklerin Uster Tester 4 ve Uster Tensorapid test sonuçlarının ortalama değerleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. İplik test sonuçları

İplik özellikleri	Hammadde	
	%100 pamuk	%70 pamuk - %30 geri dönüşüm pamuk
U %	14,57	17,1
İnce yer (-40)	180	163
İnce yer (-50)	1	1
Kalın yer (+35)	370	972
Kalın yer (+50)	30	251
Neps (200)	10	83
H (tüylülük)	9,15	9,40
Rkm	16,14	15,97
%uzama	8,02	8,01

Çizelge 3'te görüleceği üzere, geri dönüşüm pamuk içeren ipliğin düzgünsüzlüğü, iplik hataları ve tüylülüğü artmıştır.

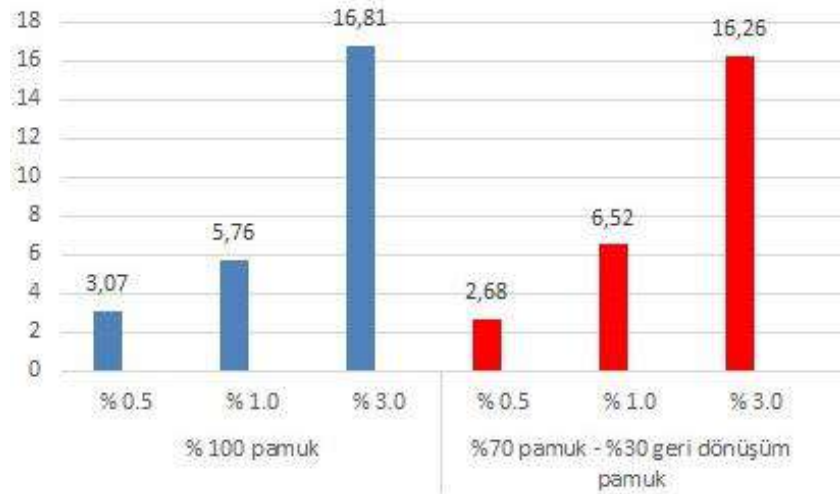
Üretilen ipliklerin boyama sonrası ölçülen CIELAB renk değerleri Çizelge 4'te verilmiştir. Ayrıca boyamalardaki rengin maksimum absorpsiyonunun bulunduğu 430 nm dalga boyundaki yansıtma (%R) değerleri ile renk kuvveti (K/S) değerleri de çizelgede yer almaktadır.

Çizelge 4. Renk ölçümü sonuçları

Renk parametreleri	%100 pamuk			%70 pamuk %30 geri dönüşüm pamuk		
	%0.5	%1	%3	%0.5	%1	%3
$L^*$ (Açıklık-koyuluk)	76,06	71,1	61,97	76,7	70,01	61,78
$a^*$ (kırmızı- yeşil)	24,59	30,59	41,06	22,48	31,63	40,85
$b^*$ (sarı-mavi)	54,68	61,66	69,92	52,21	62,7	68,95
$C^*$ (Croma- Renk doygunluğu)	59,95	68,83	81,08	56,84	70,23	80,14

<b>h</b> (Renk açısı-derece cinsinden)	65,79	63,62	59,57	66,71	63,23	59,35
<b>%R</b> (Reflektans-yansıtma değeri)	12,48	7,44	2,81	13,86	6,68	2,9
<b>K/S</b> (Renk kuvveti)	3,07	5,76	16,81	2,68	6,52	16,26

Ayrıca boyalı ipliklerin K/S değerleri şekil 6'da gösterilmiştir. Literatürde verildiği gibi bu çalışmada da K/S değerleri, boyarmaddenin konsantrasyonu ve renk koyuluğu ile doğru orantılı şekilde değişmektedir (Özdemir ve Oğulata, 2017; Bozok ve Oğulata, 2022). Geri dönüşüm pamuk içeren ipliklerin K/S değerleri, düşük (%0.5) ve yüksek (%3) konsantrasyonlarda bir miktar düşmüştür. Bu durum iplik düzgünsüzlüğü, hataları ve tüylülüğündeki artışla açıklanabilir.



Şekil 6. Boyalı ipliklerin K/S değerleri

%100 pamuk ile %70 pamuk - %30 geri dönüşüm pamuk ipliklerinin renk farkları ( $\Delta E$ ) Çizelge 5'te verilmiştir. Endüstriyel çalışmalarda renk farkının ( $\Delta E^*$ ), kabul veya ret edilmesi her şeyden önce müşteri ile firma arasındaki anlaşmaya bağlı olmakla birlikte genellikle bu değer 1-1,2 seviyelerin altında olması kabul görmektedir. Akademik çalışmalarda ise 0,5-0,6'ya kadar renk farkının olmadığı kabul edilmektedir (Özkan ve ark., 2018; Duran, 2001). Çizelgeye göre iplikte geri dönüşüm pamuk varlığı renk farkına yol açmaktadır. Konsantrasyon arttıkça renk farkının azaldığı görülmüştür.

Çizelge 5. Renk farkları (D65)

Standart	Numune	% Renk	Renk farkı ( $\Delta E^* 1976$ )	Açıklamalar
		%0.5	3,31	Numune daha açık, daha yeşil, daha mavi, daha zayıf
%100 pamuk	%70 pamuk %30 geri dönüşüm pamuk	%1	1,83	Numune daha koyu, daha kırmızı, daha sarı, daha kuvvetli
		%3	1,01	Numune daha koyu, daha yeşil, daha mavi, daha zayıf

#### 4.SONUÇLAR

%100 pamuk ve %70 pamuk-%30 geri dönüşüm pamuk ipliklerinde boyama sonrası renk farklılığı görülmüştür. Bu farkın açık tonlarda daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Yapılan çalışma, geri dönüşüm pamuk kullanımının renk üzerine etkisi olup olmadığı konusundaki ön çalışma niteliğindedir.

Çalışma sonucuna göre, geri dönüşüm pamuk kullanımının özellikle düşük konsantrasyondaki boyamalarda renk üzerine etkisinin daha fazla olduğu yönünde bir tespit yapılmıştır. Bu nedenle aynı

menşeiili geri dönüşüm pamuk içeren ve içermeyen tekstil malzemelerinin özellikle düşük konsantrasyonlardaki boyamalarında dikkatli olunması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu konuda, materyal, boyarmadde, renk ve konsantrasyon çeşitliliğinin artırılması ile yapılacak çalışmalardan daha kapsamlı sonuç alınabileceği kanısına varılmıştır.

## 5.KAYNAKLAR

Ar, A.A., (2011), *Yeşil Pazarlama – Tekstil Sektöründen Örneklerle*. Beta Yayınevi, İstanbul, 230s.

Balcı, O., (2008), *Farklı bitim (apre) işlemlerinin kumaş rengine olan etkisinin incelenmesi ve uygun tahmin modellerinin geliştirilmesi*. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Adana, 268s.

Bozok, S. S., & Oğulata, R. T. (2022),. *Farklı Atkı Sıklıklarına Sahip Denim Kumaşların Aşınma Sonucunda Değişen Optik Özelliklerinin İncelenmesi*. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 37(1), 187-195.

Büyükaslan, E., Jevşnik, S., Kalaoğlu, F., (2015), *A Sustainable Approach to Collect Post-Consumer Textile Waste in Developing Countries*. Marmara Fen Bilimleri Dergisi, 27:107-111.

Cuc, S., and Vidovic, M., (2011), *Environmental Sustainability through Clothing Recycling. Operations and Supply Chain Management*, 4(2/3): 108-115.

Duran, K., (2001), *Tekstilde Renk Ölçümü ve Reçete Çıkarma*. Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezi Yayını, Bornova, İzmir, 308.

Eser, B., Çelik, P., Çay, A., Akgümüş, D., (2016), *Tekstil Sektöründe Sürdürülebilirlik ve Geri Dönüşüm Olanakları*. Tekstil ve Konfeksiyon, 23(101): 43-60.

Esi, B., (2020), *r-PET İpliklerin Şönil Döşemelik Kumaşlarda Kullanılabilirliği Ve Üretim Maliyetinin Optimizasyonu*. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.

Farahani, R.Z., Asgari, N., Davarzani, H., (2009), *Supply Chain and Logistics in National, International and Governmental Environment: Concepts and Models*. Springer Science & Business Media.

Koç, E., (2012), *Tüketici Davranışı ve Pazarlama Stratejileri*. Seçkin Yayıncılık, Ankara, 504s.

Özdemir, H., & Oğulata, R. T. (2017), *Farklı eğirme sistemleriyle üretilmiş bobinlerin renk değerlerinin karşılaştırılması*. Tekstil ve Mühendis, 24(107), 152-160.

Özkan, İ., Baykal, P. D., & Özdemir, H. (2018), *Effects of intermingled yarn surface characteristics on knitted fabric's color parameters*. Tekstil ve Mühendis, 25(112), 327-334.

Türemen, M., Demir, A., Özdoğan, E., (2018), *Tekstil Endüstrisi için Geri Dönüşüm ve Önemi*. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 25(7), 805-809.

Uster HVI 1000, *Best Operating Practices For Lab Technicians/ Operators*, September 2008.csitc.org/sitecontent/instrument\_testing/lab\_info/004\_USTER\_HVI\_1000,\_Best\_operating\_practices\_for\_lab\_technicians,\_2008.pdf

Yavuz, V.A., (2010), *Sürdürülebilirlik Kavramı ve İşletmeler Açısından Sürdürülebilir Üretim Stratejileri*. Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 7(14): 63-86.

# TEKSTİL ATIK SUYUNDAN RENK GİDERİMİNDE GRAFEN UYGULAMALARI

Sude GÖKGÖL, Miraç AHSEN AKSOY, Seniha MORSÜMBÜL, E. Perrin AKÇAKOCA  
KUMBASAR

*Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye*

## ÖZET

Tekstil terbiye işlemlerinde kullanılan boyalar ve kimyasallar çevreye zararlı atık sular oluşturmaktadır. Özellikle bu boya ve kimyasalların toksik ve kanserojen etkileri göz önüne alındığında sorunun büyüklüğü ortaya çıkmaktadır. Çevre bilincinin artmasıyla birlikte, atık sulardan renk giderimi üzerine yapılan araştırmalar daha da önem kazanmıştır. Bu çalışmada, reaktif boyanın indirgenmiş grafen oksit kullanılarak adsorpsiyon ile giderimi incelenmiş ve işlem parametrelerinin (boya konsantrasyonu, adsorban dozu ve sıcaklık) renk giderimi üzerine etkileri değerlendirilmiştir. Yapılan işlemler sonucunda indirgenmiş grafen oksit ile >%80 renk giderimi sağlanmıştır. Adsorban dozu ve sıcaklık artışı ile birlikte renk gideriminin arttığı gözlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Grafen, reaktif boya, adsorpsiyon, renk giderimi.

## APPLICATIONS OF GRAPHENE IN COLOR REMOVAL FROM TEXTILE WASTEWATER

### ABSTRACT

Dyes and chemicals used in textile finishing processes generate environmentally harmful wastewater. The magnitude of the problem becomes evident, particularly considering the toxic and carcinogenic effects of these dyes and chemicals. With the increasing environmental awareness, research on the removal of color from wastewater has gained even more importance. In this study, the removal of reactive dye using reduced graphene oxide via adsorption was investigated, and the effects of process parameters (dye concentration, adsorbent dosage, and temperature) on color removal were evaluated. As a result of the conducted experiments, over 80% color removal was achieved with reduced graphene oxide. It was observed that an increase in adsorbent dosage and temperature led to higher color removal efficiencies.

**Keywords:** Graphene, reactive dye, adsorption, color removal.

### 1. GİRİŞ

Tekstil endüstrisinde; özellikle boyama, baskı, yıkama ve apre gibi işlemlerde kullanılan kimyasal maddeler kolay parçalanamayan, toksik ve işlenmesi zor bileşikler içermektedir. Bu içeriklerinden dolayı tekstil terbiye atık suları çevresel etkileri açısından önemlidir. Atık suların arıtılmasında fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak birçok yöntem kullanılabilir. Bu yöntemler arasında, kolay uygulanabilmesi, ekonomik olması gibi birçok avantajı ile adsorpsiyon yöntemi atık suda renk giderimi için dikkat çekicidir. Son yıllarda önem kazanan grafenin atık suda renk giderimi için kullanımı da dikkate değer bir konudur.

Grafen, grafit tabakasından mekanik ayırma yöntemiyle elde edilen tek tabaka halinde iki boyutlu  $sp^2$  karbon atomlarından oluşan hegzagonal bir yapıdır (Hossain ve ark., 2020). Çok hafif, saydam, yüksek mukavemetli ve termal stabilitesi, elektriksel iletkenliği yüksek olan grafen birçok endüstri için olduğu

gibi tekstil endüstrisi için de ilgi çekici bir malzeme haline gelmiştir (Mbayachi ve ark., 2021). Grafenin yüksek yüzey alanı, düşük ayırma maliyeti ve iyi seçicilik gibi özellikleri bu malzemenin tekstil atık sularında kullanım olanağını yaratmıştır. Atık sularda grafen ile yapılan çalışmalarda grafenin renk giderme, ağır metal ve tuzu uzaklaştırma gibi özellikleri değerlendirilmiştir (Ahmad ve ark., 2022; Madenli ve ark., 2021).

Bu çalışmada, indirgenmiş grafen oksit reaktif boya çözeltisinden renk giderim potansiyelinin ortaya konması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, adsorpsiyon işleminde uygulanan parametrelerin (boya konsantrasyonu, adsorban dozu, sıcaklık) renk giderimi üzerine etkileri değerlendirilmiştir.

## 2. GEREÇ ve YÖNTEM

Çalışma kapsamında renkli atık su eldesi için reaktif boya, soda ve tuz kullanılmıştır. Adsorban madde olarak indirgenmiş grafen oksit ile çalışılmıştır.

Adsorpsiyon işlemi sonrasında çözeltilerde kalan boya miktarlarını hesaplayabilmek için farklı konsantrasyonlarda hazırlanan boya çözeltilerinin adsorpsiyon değerleri UV-Vis spektrofotometre ile ölçülerek kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur.

Kalibrasyon eğrisi denklemi için, reaktif boyanın 400-700 nm arasında spektrumu taranmış ve maksimum adsorpsiyon dalga boyundaki absorbans değerleri esas alınmıştır. Boya konsantrasyonlarına karşı absorbans değerleri grafiğe konularak elde edilen kalibrasyon eğrisi denklemi Eşitlik 1’de verilmiştir.

$$Y=64,253.X \quad r^2=0,9995 \quad (1)$$

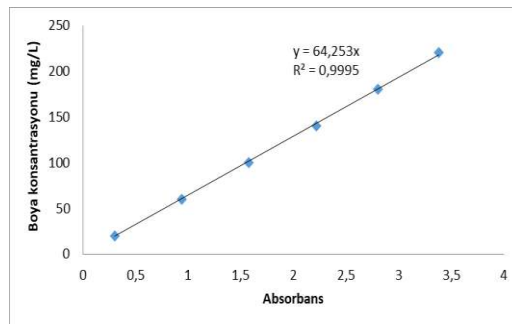
Eşitlik 1’de Y; boya konsantrasyonunu (mg/L), X; maksimum adsorpsiyon dalga boyunda ölçülen absorbans değerini göstermektedir.

Elde edilen doğrusal denklem ile daha sonraki aşamalarda elde edilen atık sularda kalan boya miktarları hesaplanmıştır.

Adsorpsiyon işlemlerinin uygulanması aşamasında reaktif boya (20-200 mg/L) içeren renkli atık su çözeltileri hazırlanmış ve daha sonrasında belirli koşullarda (30-90 °C) bu atık su çözeltileri indirgenmiş grafen oksitle (0,2-2 g/L) işleme sokulmuştur. İndirgenmiş grafen oksit ile işlem görmüş atık su çözeltilerinin adsorpsiyon değeri UV-Vis spektrofotometre ile ölçülmüştür.

## 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışma kapsamında elde edilen kalibrasyon eğrisi Şekil 1’de verilmiştir. Yapılan denemelerde, adsorpsiyon sonrasında kalan çözeltilerin absorbans değeri kalibrasyon eğri denkleminde yerine konularak çözeltide işlem sonucu geriye kalan boya miktarları ve dolayısıyla % renk giderimi hesaplanmıştır.



Şekil 1. Kalibrasyon eğrisi

Yapılan çalışmalarda boya konsantrasyonu artışıyla birlikte renk giderim yüzdesinde azalma gözlenirken adsorban dozu artışıyla birlikte renk giderim oranı artmıştır. İşlem sıcaklığının ise reaktif boya çözeltisinden indirgenmiş grafen oksit ile renk gideriminde olumlu etkisi olduğu gözlenmiştir. Düşük adsorban dozu ve düşük sıcaklıktaki işlemlerde boya adsorpsiyonu ile renk gideriminin %80 oranlara erişebildiği görülmüştür (Şekil 2). Adsorban dozu ve sıcaklık artışıyla ise bu değer daha da yükselbilmektedir.



**Şekil 2.** Reaktif boya çözeltisinin indirgenmiş grafen oksit ile adsorpsiyon işlemi öncesi ve sonrası görüntüleri

#### 4. SONUÇ

Bu çalışmada reaktif boyama sonrası oluşan atık sudaki rengin indirgenmiş grafen oksit kullanılarak adsorpsiyonla giderimi incelenmiş ve işlem parametrelerinin renk giderimi üzerine etkileri değerlendirilmiştir. Yapılan işlemler sonucunda reaktif boyama sonrasında atık sudaki renk gideriminin indirgenmiş grafen oksit ile adsorpsiyon yöntemi kullanılarak yapılabileceği görülmüştür. Adsorban dozu ve sıcaklık artışının renk giderimi için önemli bir parametre olduğu değerlendirilmiştir ve ileri çalışmalar devam etmektedir.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından “2209-B - Üniversite Öğrencileri Sanayiye Yönelik Araştırma Projeleri Desteği” kapsamında desteklenmiştir. Proje kapsamında desteklerinden dolayı sanayi danışmanı Tuğçe Uysal’a teşekkür ederiz.

#### 5. KAYNAKLAR

Ahmad, H., Zahid, M., Rehan, Z. A., Rashid, A., Akram, S., Aljohani, M. M., & Al-Harbi, M. S. (2022). Preparation of polyvinylidene fluoride nano-filtration membranes modified with functionalized graphene oxide for textile dye removal. *Membranes*, 12(2), 1-17.

Hossain, M. F., Akther, N., & Zhou, Y. (2020). Recent advancements in graphene adsorbents for wastewater treatment: Current status and challenges. *Chinese Chemical Letters*, 31(10), 2525-2538.

Madenli, Ö., Deveci, E. U., & Gönen, Ç. (2021). Ağır Metal Gideriminde Grafen Uygulamaları Adsorpsiyon Teknolojisi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 33(1), 151-159.

Mbayachi, V. B., Ndayiragije, E., Sammani, T., Taj, S., & Mbuta, E. R. (2021). Graphene synthesis, characterization and its applications: A review. *Results in Chemistry*, 3, 1-9.

# YALANCI BÜKÜM TEKSTÜRE İPLİK ÜRETİM İŞLETMESİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÇALIŞMASI

Gamze FİLİZ KARALÖK<sup>1,2</sup>, Aydın ÇORAPÇI<sup>1,2</sup>, Cem KAZANASMAZ<sup>1</sup>, Eda ÇORAPÇI<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Polyteks Tekstil Sanayi Araştırma ve Eğitim AŞ, Bursa, Türkiye

<sup>2</sup>Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Bölümü

[gkaralok@tasdelengroup.com](mailto:gkaralok@tasdelengroup.com)

## ÖZET

Avrupa Birliği Yeşil Mutabakatı zorunlu tutması, sanayi ve teknolojinin hızla gelişmesi ile birlikte kaynak kullanımının artması endüstrinin en büyük ihtiyacının enerji olduğunu göstermektedir. Sunulan çalışmada, firmamız enerji performans ölçümleri incelenmiş ve mevcut durum ile değerlendirmeler yapılmıştır. Enerji verimliliğini ve enerji yoğunluğunu içeren enerji performansını arttırmak için firmamızda pilot ölçekli yalancı büküm tekstüre işletmesi seçilmiş ve makine hattında enerji kullanımı detaylı incelenmiştir. Yalancı büküm tekstüre iplik üretim işletmesindeki fizibilite çalışmaları sonucunda en fazla enerji tüketimlerinden biri ipliğe punta verme işleminde kullanılan hava basıncı tarafında gerçekleşmektedir. Çünkü ipliğe hacim kazandırmak ve filamanları bir arada tutmak amacıyla yapılan puntalama işleminde farklı basınçlarda hava kullanılmaktadır. Yalancı büküm tekstüre işletmesinin puntalama işleminde mevcut kullanılan aparat yerine daha az hava tüketen akıllı aparat kullanımıyla, her iplik üretim parametresine bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte, yalancı büküm tekstüre işletmesinde kullanılan enerjide % 30 - % 45 aralığında verimlilik sağlanmıştır. Enerji verimliliği çalışmaları yapılırken iplik kalite standartlarında değişiklik yapılmamıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji verimliliği, Yalancı büküm tekstüre, Sürdürülebilirlik, Poliester iplik, Yeşil mutabakat

## ENERGY EFFICIENCY STUDY IN A FALSE TWIST TEXTURED YARN PRODUCTION PLANT

### ABSTRACT

The European Union's mandatory Green Deal, the rapid development of industry and technology, and the increase in the use of resources show that the biggest need of the industry is energy. In the present study, our company's energy performance measurements were analyzed and evaluations were made with the current situation. In order to increase energy performance including energy efficiency and energy intensity, a pilot scale false twist texturing (DTY) plant was selected in our company and energy use in the machine line was examined in detail. As a result of the feasibility studies in the false twist texturing yarn production facility, one of the highest energy consumption occurs on the air pressure side used in the knot-free air interlacing process of DTY yarn process. Because different pressures of air are used in the knot-free air interlacing process of DTY yarns to add volume to the yarn and to keep the filaments together. With the use of a smart apparatus that consumes less air instead of the current apparatus used in the knot-free air interlacing process of DTY yarns of the false twist texturing mill, although it varies depending on each yarn production parameter, efficiency in the range of 30% - 45% has been achieved in the energy used in the false twist texturing mill. While energy efficiency studies were carried out, yarn quality standards were not changed.

**Keywords:** Energy efficiency, False twist texturing, Green consensus, Polyester yarn, Sustainability

# 1. GİRİŞ

Endüstrilerde, fosil kaynaklı üretilen enerjinin kullanılması çevre sorunlarının en büyük tetikleyicisidir. Tekstil sanayisinde de teknoloji, sermaye, insan gereksinimlerinin yanında en önemli kaynak enerjidir. Günümüzde sürdürülebilir kalkınma bakımından; atıkların azaltılması ve yeniden kullanılması, minimum enerji tüketimi, yeşil enerji kullanımı ve enerji verimliliği öncelikli çalışmalar arasındadır.

Enerji Yönetim Sistemi (EnYS) sanayi kuruluşlarına enerji verimliliği için sürekli iyileşme anlayışıyla daha düzenli bir yaklaşım sunmaktadır. EnYS, satın almadan şirket politikasına kadar tüm faaliyetlerde enerji verimliliği ile hareket edilen bir sistemdir. Sistem içerisindeki tüm çalışanları kapsamaması nedeniyle artan bilinç ve oluşan farkındalığın yanı sıra enerji maliyetlerinde de ciddi tasarruf imkânı sağlamaktadır. Bu sebeplerle son yıllarda, EnYS yaklaşımı ve endüstriyel tesislerde enerjinin önemli bir girdi olarak yönetilmesine yönelik adımlar, gittikçe daha büyük şekilde saygınlık kazanmaktadır (Engin, 2018).

Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı'nda (UEVP) enerji verimliliği önemi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki etkisinin azaltılması, düşük karbonlu ekonomiye giriş ve çevrenin korunması gibi birçok ulusal stratejik hedeflerimize ulaşmanın temel etkeni olarak tanımlanmaktadır (Resmi Gazete, 02.01.2018).

Enerji kaynaklarının tüketimi ve enerjinin kullanımında verimliliğinin artırılmasına dair yönetmelik kapsamında yıllık toplam enerji tüketimi 1000 TEP ve üzerinde olan sanayi kuruluşlarına bazı yükümlülükler verilmiştir. Sanayi kuruluşlarında enerji yöneticisi sertifikasına sahip bir çalışanın enerji yöneticisi olarak görevlendirilmesi bu sorumluluklardan biridir (Resmi Gazete, 27.10.2011).

Sanayi kuruluşları için diğer bazı yükümlülükler ise şöyledir;

- Enerji verimliliğini artıran önlemler almak.
- Enerji tasarrufu etütlerini yapmak.
- Enerji verimliliği planlarını hazırlamak.
- Spesifik enerji tüketimlerini izlemek.
- Fabrikada enerji yönetimi sistemlerini oluşturmak (Engin, 2018).

Enerji yöneticisi: Enerji yönetimi ile ilgili faaliyetleri yerine getirmekle sorumlu ve enerji yöneticisi sertifikasına sahip kişidir (Resmi Gazete, 2011). Bu çalışmada ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi kapsamında yalancı büküm tekstüre makinelerinde kullanılan insörtlerde çalışmalar yapılarak enerji tüketiminin azaltılması hedeflenmiştir.

## 1.1. Tekstüre İplikçiliği

20. yüzyıl ortalarında tekstil sektöründe yeni bir alan olarak gelişen kesiksiz filament tekstüre işleme, o dönemde doğal lifler daha yaygın kullanılmasına rağmen ticari bir başarı olarak ortaya çıkmıştır. Bu dönemlerde bir tekstil ürününde beklenen özellikler dikkat çekici görünümle birlikte iyileştirilmiş termal konfor, elastikiyet ve kullanıcıyı memnun edebilecek kullanım özellikleridir.

Tüm bu beklenen özelliklere yün, pamuk, keten gibi doğal liflerden üretilmiş iplikler yapıları gereği sahiptirler. Fakat görülen şu ki doğal tekstil ipliklerinin bazı özellikleri tekstüre işleminde sentetik lifler ile taklit edilebilmektedir. Tekstüre işleme kısaca, sıkı ve paralel geometride oluşan kesiksiz sentetik filamentlerin hacimli bir yapı haline dönüştürülmesidir. Bu teknik için çeşitli yöntemler uygulansa da ilk amaç sonsuz filamentleri hacimlendirerek ipliği doğal iplik yapısına benzetmektir.

Tekstüre iplik üretiminde kullanılan bazı yöntemler;

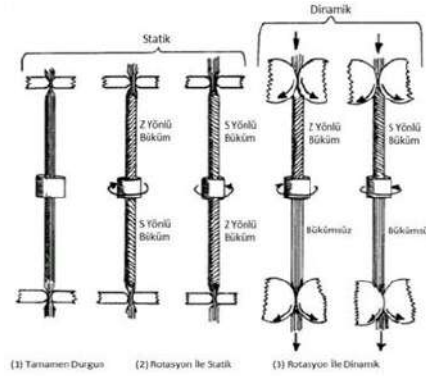
1. Yalancı Büküm Tekstüre Yöntemi



2. Hava Jetli Tekstüre Yöntemi
3. Yığılma Kutusu Tekstüre Yöntemi
4. Örne Sökme Tekstüre Yöntemi (Özat,2019)

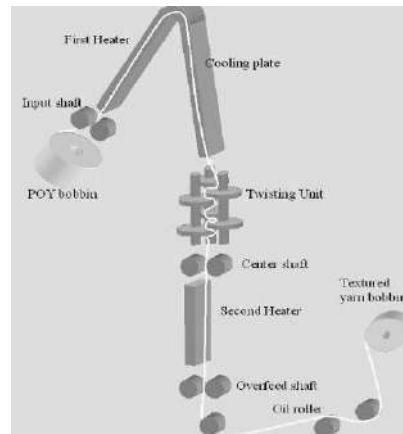
### 1.1.1. Yalancı Büküm Tekstüre Yöntemi

Bu yöntemde iplik sıcaklıkla birlikte çekime uğrar, bükülür daha sonra büküm ortadan kalkar ve bu yüzden iplik helisel sargılı bir yapıya kavuşur. Sonuç olarak sentetik iplik düz geometriden uzaklaşarak kıvrımlı bir yapıya sahip olur. Büküm elemanının bir tarafı 'S' bükümlü, diğer tarafı 'Z' bükümlü olabilir. Büküm elemanı sürekli dönerken, iplik ileri yönde çekildiğinde besleme silindirleri ile büküm elemanı arasında hareket eden iplikte büküm oluşmakta ancak büküm elemanından sonra aksi yöndeki bükümün tersiyle iplik bükümsüz kalmaktadır. Bu nedenle bu metoda yalancı büküm tekstüre metodu denmektedir. Şekil 1.2.'de yalancı büküm oluşum prensibi gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Yalancı büküm oluşum prensibi (Atkinson 2003)

Yalancı büküm tekstüre işleminde ipliğe büküm veren elemanlar iki grupta incelenebilir. Bunlar; büküm iği ve sürtünme (friksiyon) yöntemiyle çalışan elemanlardır. İşlem akışı olarak benzer süreçler gibi görünse de farklı büküm elemanlarıyla üretilen yalancı büküm tekstüre ipliklerin özellikleri ve görünüşleri birbirinden farklı olmaktadır (Özat, 2019).



Şekil 1.3. Yalancı büküm tekstüre işlem akışı (Yildirim ve ark. 2009)

Yalancı büküm tekstüre işleminde öncelikle POY ipliğine ait bobinler tekstüre makinesinin çabuklarına yüklenir. Millerin dönüş hızları ve 1.fırın sıcaklığı POY ipliğindeki yarım kalmış çekim işlemini tamamlayarak iplik tam oryante hale gelir. Yalancı büküm tekstüre işlemi temel proses parametreleri aşağıda başlıklar halinde verilmiştir (Özat , 2019).

### - Çalışma Hızı

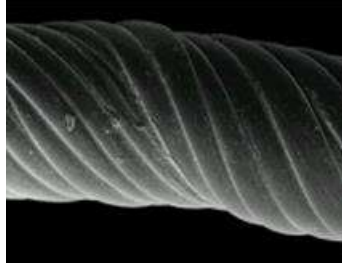
Çalışma hızı, iplik kalitelerine göre farklılık göstermektedir. İpliklerin fırında kalış süreleri ipliğin hacimlenmesi açısından önem arz etmektedir. Yüksek hızlara çıktığında lifler fırın sıcaklığında yeterince kalamazlar ve bükümlü yapısını koruyamazlar. Bu sebeple istene kıvrımlı yapı elde edilemez. Düşük hızlarda çalışıldığında ise ipliğin fırında kalma süresi artar ve lifler çok fazla ısıya maruz kaldıkları için zarar görürler. Bu nedenle her iplik kalitesi için belli bir çalışma hızının oluşturulması gereklidir (Özat, 2019).

### - Çekim Oranı

Çekim oranı, ipliğin giriş mili ile orta mil arasında gerildiği miktardır ve bu iki milin hızlarının birbirine oranı olarak hesaplanır. İpliğin kopma uzaması ve mukavemetine etki eder. Uzama ile birlikte ipliğin boya almasını da etkiler (Atkinson 2003). Çekim oranları, genellikle %22-28 aralığında iplik uzamalarını elde etmek üzere ayarlanır.

### - Birinci Fırın Sıcaklığı

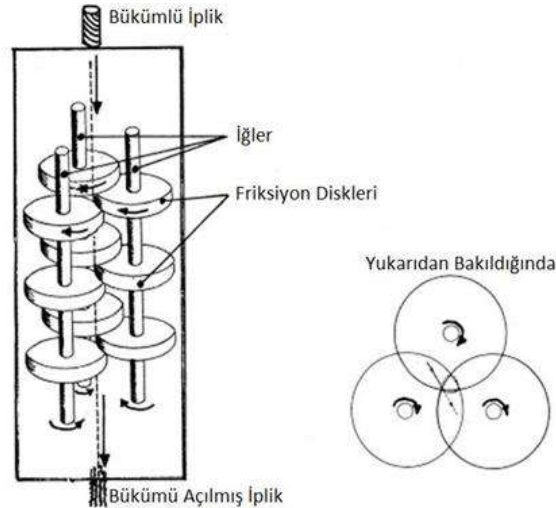
Birinci fırın sıcaklıkları, iplik kıvrımını, iplik boya alımını ve filament kopmalarını etkilemektedir. Çalışma hızında bahsedildiği gibi iplik kalitesi için optimal bir sıcaklık seçilmelidir. Genel olarak temaslı fırınlar 180-230°C aralığında ayarlanmaktadır (Hearle ve ark. 2001).



Şekil 1.4. Birinci fırın çıkışı büküm almış iplik (Hearle ve ark. 2001)

### - Büküm Elemanı

Birinci fırın sonundaki soğutma plakasından geçen iplik büküm almak üzere sürtünme disklerinin bulunduğu Şekil 1.5.'de gösterilen büküm bölgesine gelmektedir. İplik, üç iğ birimi üzerinde bulunan dönen disklerle sürtünme yoluyla temas ederek büküm almaktadır. Friksiyon ünitesinin tasarımı, ipliğin, millerin merkez eksenı boyunca sarmal bir yol boyunca geçmesini sağlayacağı şeklindedir.

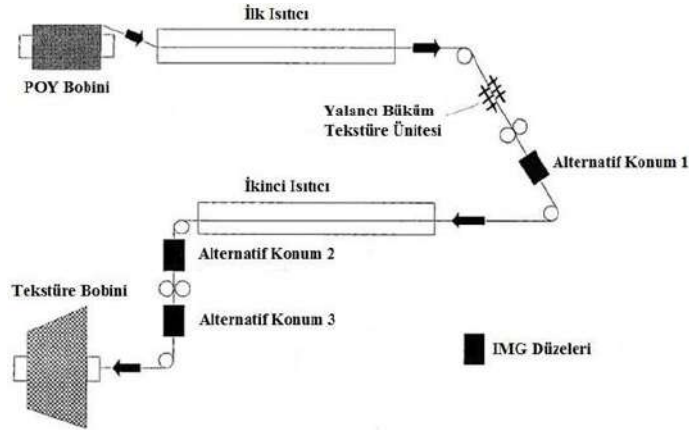


Şekil 1.5. Friksiyon disklerinin yer aldığı büküm bölgesi (Hearle ve ark. 2001)

Friksiyon disklerin üretimi için çeşitli malzemeler kullanılmaktadır. Bu malzemeler içinde ticari olarak yaygın kullanılan malzemeler seramik ve poliüretandır (Özat, 2019).

### 1.1.2. Puntalama İşlemi

İplikte liflerin bir arada durması ve çözgü ipliği gibi gerginlik altında çalışılacak ipliklerde filamentlerin dağılmasını önlemek için ipliğe puntalama işlemi yapılır. Puntasız ipliklerde kullanım yerine göre haşıl ve büküm gibi ek proses gerekebilir. Puntalama işlemi ile özel etkili iplik üretimi yapılabilir. Yalancı büküm tekstüre makinesinde Şekil 1.6.'de gösterildiği gibi farklı konumlara takılabilen intermingling (IMG) düzelerinden çıkan sürekli basınç sayesinde filamentler boğumlanır (Demir 2006).



Şekil 1.6. İmg düzelerinin makine üzerine konumlanması

IMG kalitesini belirleyen faktörler şunlardır;

- Puntalama sıklığı: İpliğin bir metresinden sayılan punta sayısıdır. IMG sayısı belirli sınırlar içerisinde isteğe göre ayarlanabilir. Bu şekilde SOFT IMG - HIGH IMG gibi çeşitli puntalı iplik üretimleri yapılabilir.
- Puntalama düzgünlüğü: Birim uzunluktaki puntalar arası mesafenin eşit ölçüde olmasıdır.
- Punta kalıcılığı: İplik iki ucundan çekildiğinde kabarıklık bölgeleri ve punta aynı hizaya gelir. Gerilim ortadan kaldırıldığında yok olan puntaların tekrar açığa çıkmadığı görülür. Belli bir yük altında iplik üzerinde yok olmadan kalan punta sayısı kalıcı punta sayısını gösterir.

## 2. MATERYAL VE METOT

Çalışma kapsamında yalancı büküm tekstüre iplik makinesinde puntalama işlemi için kullanılan insörtlerin yerine akıllı insört (AP142 ve AP143 insörtleri) kullanımı ile elde edilecek hava verimliliği ve buna bağlı olarak oluşacak enerji tasarrufu hesaplanmıştır.

### 2.1. Materyal

Polyteks firmasında hali hazırda üretilen 50-70-100 denye mikro iplik elastanlı iplik, soft img iplik, img iplik kalitelerinde iplikler seçilmiş olup üretim aşamasında sadece puntalama işleminde kullanılan insörtlerin değişikliği yapılarak numuneler alınmıştır.

#### 2.1.1. Ölçümde Kullanılan İplik Kaliteleri

AFK tipi yalancı büküm tekstüre iplik makinelerinde aşağıdaki kalitelere iplikler üretilmiş olup yeni

insörtlerle deneme üretimleri yapılmıştır.

Dtex55f72 PES Y.MAT INT  
Dtex55f36 PES+ 44EL YMAT IMG  
Dtex55f36 PES + 22EL YMAT IMG  
Dtex76f24 PES YMAT INT  
Dtex83f36 PES YMAT IMG  
Dtex83f72 PES YMAT IMG  
Dtex83f36 PES +44 EL YMAT IMG  
Dtex83f36 PES +22 EL YMAT IMG  
Dtex110f36 PES YMAT IMG

Mevcut kullanılan P203 VE P204 insörtlerinin yerine AP142 ve AP143 insörtleri kullanılmıştır.



Şekil 1.7. İnsörtlerin değişimi ve ölçümü için kullanılan aparat

12 pozisyonlu bir ölçüm sisteminde AP142 insörtünün ölçümleri, P203 insörtünün yanında ve P204 insörtünün yanında ayrı ayrı yapılmıştır. AP142 ve AP143 insertlerinden elimizde 3'er adet numune bulunmaktadır. Bu sebeple öncelikli olarak 12 adet insört çıkışına, elimizde yeterince mevcut bulunan P203 ve P204 insörtler ayrı ayrı takılarak bir insört çıkışındaki hava ölçümü her bir insört tipi için ayrı hesaplanmıştır. Hava ölçümünde debimetreden alınacak ölçümün hatasız ölçüm verebilmesi için 12 pozisyonunda bağlı olması gerektiğinden 9'ar adet P203 / P204 insertlerinin yanında 3'er adet AP142 ve AP143 bağlanarak hesaplamalar yapılmıştır. Ölçümlerde 3 bar ve 4 bar hava basıncı kullanılarak sonuçlar alınmıştır.

Teorik hesaplama yapılırken pe değeri (uygulanan basınç) 3 ve 4 bar olarak alınmıştır.

**Çizelge 1.** P203/P204/AP142/AP143 insertlerinin teorik ve debimetre cihazından alınan pratik hava ölçümleri

JET BASINCI	P203		P204		AP142			AP143			BİRİM
	TEORİK ÖLÇÜM 0.918 (pe+1)	PRATİK ÖLÇÜM	TEORİK ÖLÇÜM 1.189 (pe+1)	PRATİK ÖLÇÜM	TEORİK ÖLÇÜM 0.46 (pe+1)	PRATİK ÖLÇÜM (203 jetlerin yanındaki ölçüm)	PRATİK ÖLÇÜM (204 jetlerin yanındaki ölçüm)	TEORİK ÖLÇÜM 0.61 (pe+1)	PRATİK ÖLÇÜM (203 jetlerin yanındaki ölçüm)	PRATİK ÖLÇÜM (204 jetlerin yanındaki ölçüm)	
3	3,672	4,002	4,756	5,028	1,84	3	3,51	2,44	2,802	3,108	m <sup>3</sup> /saat
4	4,59	5,148	5,945	6,552	2,3	3,948	3,75	3,05	4,152	3,552	m <sup>3</sup> /saat

### Yüzde Fark Formülü

Yüzde farkı, iki değer arasındaki değişimin, başlangıç değerine oranının yüzde olarak ifade edilmesidir.

$$[(\text{SON DEĞER}-\text{İLK DEĞER})/\text{İLK DEĞER}]\times 100$$

(1)

Çizelge 1. deki bilgiler ile yukarıda yazılı olan formül kullanılarak P203 ve P204 jetinin yanında ayrı ayrı AP142 ve AP143 insörtlerinin ölçümleri yapıp bulgular ve tartışma kısmında değinilmiştir.

Çizelge 1. deki verilerle hesaplama yapılırken P203 insörtünün yanında yapılan ölçüm ilk değer, P204

insörtünün yanında yapılan ölçüm son değer olarak alınmıştır. Sonrasında Çizelge 1. deki tabloda verilen değerler 3 kez tekrarlanmış olup ortalama olarak yeni bir tablo (Çizelge 3.) hazırlanmıştır.

### Punta Ölçümü

Punta sayıları fizik laboratuvarında 1 m uzunluktaki iplikten sayılır. Kalıcı punta sayımı ise 1 m uzunluktaki ipliğin ucuna iplik numarası ağırlığı kadar ağırlık takılarak 1 dakika bekletilir. İplik üzerindeki puntalar gözle sayılır. Ölçümler 3 tekrarlı olacak şekilde alınmıştır.

Çizelge 2. Dtex83f72 polyester yarım t IMG iplik kalitesi ile yapılan insört değişimi ölçüm sonucu

	P203 insörtü	AP143 insörtü
<b>Punta (ad/m)</b>	104	143
<b>Kalıcı Punta (ad/m)</b>	100	137

## 3.BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada teorikte ölçülen hava ölçüm sonuçlarına kıyasla pratik ölçümlerde daha da iyi sonuçlar elde edilmiştir. Enerji tüketimi ve maliyet hesaplamasında; 55-78-110 dtex iplik imalatlarının son 1 yıl boyunca toplam üretim miktarları göz önünde bulundurulmuştur.

**AP142 insört ölçümleri**, P203, P204 insörtünün yanında ayrı ayrı yapılmıştır.

204 jetinin yanında yapılan hava ölçümü sonucu 203 jetinin yanında yapılabileceğine göre **%17** daha fazla ölçülmüştür (3 BAR).

204 jetinin yanında yapılan hava ölçümü sonucu 203 jetinin yanında yapılabileceğine göre **%5,01** daha az ölçülmüştür (4 BAR).

**AP143 insört ölçümleri**, P203, P204 insörtünün yanında ayrı ayrı yapılmıştır.

204 jetinin yanında yapılan hava ölçümü sonucu 203 jetinin yanında yapılabileceğine göre **%10,9** daha fazla ölçülmüştür (3 BAR).

204 jetinin yanında yapılan hava ölçümü sonucu 203 jetinin yanında yapılabileceğine göre **%14,45** daha az ölçülmüştür (4 BAR).

Çizelge 3. P203 / P204 / AP142 / AP143 insertlerinin ortalama teorik ve pratik hava ölçümleri

YAPILAN TÜM PRATİK ÖLÇÜMLERİN ORTALAMA SONUÇLARI									
JET BASINCI (BAR)	P203		P204		AP142		AP143		BİRİM
	TEORİK ÖLÇÜM 0.918 (pe+1)	PRATİK ÖLÇÜM	TEORİK ÖLÇÜM 1.189 (pe+1)	PRATİK ÖLÇÜM	TEORİK ÖLÇÜM 0.46 (pe+1)	PRATİK ÖLÇÜM	TEORİK ÖLÇÜM 0.61 (pe+1)	PRATİK ÖLÇÜM	
3	3,672	4,4	4,756	5,45	1,84	3,21	2,44	3,01	m <sup>3</sup> /saat
4	4,59	5,51	5,945	7,3	2,3	3,8	3,05	3,9	m <sup>3</sup> /saat

P203 insert yerine (3 bar):

**AP142** kullanıldığında, pratik olarak saatte **%27,04** daha az hava tüketmektedir.

**AP143** kullanıldığında, pratik olarak saatte **%31,60** daha az hava tüketmektedir.

P203 insert yerine (4 bar):

**AP142** kullanıldığında, pratik olarak saatte **%31,03** daha az hava tüketmektedir.

**AP143** kullanıldığında, pratik olarak saatte **%29,22** daha az hava tüketmektedir.

P204 insert yerine (3 bar):

**AP142** kullanıldığında, teorik olarak saatte **%41,10** daha az hava tüketmektedir.

**AP143** kullanıldığında, teorik olarak saatte **%44,77** daha az hava tüketmektedir.

P204 insert yerine (4 bar);

**AP142** kullanıldığında, teorik olarak saatte **%47,94** daha az hava tüketmektedir.

**AP143** kullanıldığında, teorik olarak saatte **%46,57** daha az hava tüketmektedir.

Yapılan pratik ölçümler sonucunda 3 ve 4 bar ölçümlerinin ortalaması dikkate alındığında;

AP143 insert; P203 kullanımına göre **%31** daha verimli; P204 kullanımına göre ise **%46** daha verimli olduğu gözlemlenmiştir.

AP142 insert; P203 kullanımına göre **%29** daha verimli; P204 kullanımına göre ise **%45** daha verimli olduğu gözlemlenmiştir.

## 4. SONUÇ

Bu çalışma, Polyteks Tekstil Sanayi Araştırma ve Eğitim A.Ş. firmasında bulunan AFK tipi yalancı büküm tekstüre makinelerinde Heberlein insörtler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu bölümde yapılan ön çalışma sonrasında insört değişimi öncesi ve sonrasında hava verimliliği, enerji tasarrufu, maliyet hesaplaması, insörtlerin iplik punta kalitesine etkisi ölçümler ve analizlerle hesaplanmıştır. Pratik ölçümlerde, sırasıyla 55, 78 ve 110 dtex puntalı iplik üretimlerinde kullanılan ortalama basınç parametreleri göz önünde bulundurularak 3 bar ve 4 bar basınç seçilmiş ve hesaplamalar bu basınçlara göre yapılmıştır. Hava sarfiyatının azalması ile birlikte enerji tasarrufunda gözle görülür bir artış gözlemlenmiştir.

Ayrıca, yapılan çalışmaların iplik kalitelerinde sorun yaşanıp yaşanmaması adına bazı müşterilere akıllı insört ile üretilen numune iplikler gönderilerek kalite denemeleri yaptırılmıştır. İplikteki punta karakteri ve kalıcılığı için müşterilerden olumlu geri dönüşler alınmıştır.

## 5. KAYNAKLAR

*Atkinson, C., (2003), Basic Principles Of Texturing.*

*Demir, A., (2006), Sentetik Filament İplik Üretim ve Tekstüre Teknolojileri. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul*

*Engin, P., (2018), Türkiye’de Enerji Yönetim Sistemi Uygulamalarının Sanayi Kuruluşları ve Sanayide Enerji Verimliliği Projeleri Açısından Etkinliklerinin Değerlendirilmesi, Hacettepe Üniversitesi İşletme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara.*

*Hearle, J. W. S., Hollick, L., Wilson, D. K., (2001), Yarn texturing technology, Woodhead Publishing Limited., Cambridge*

*Özat, F., (2019), Polyester Tekstüre İpliklerde Filament Kesit Şeklinin Ve Tekstüre İşlem Parametrelerinin İplik Ve Kumaş Özelliklerine Etkisi, Bursa Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Bursa*

*Özkan, S., (2008), Filament Kesit Şeklinin, Sayısının Ve Lineer Yoğunluğunun Poy ve Tekstüre İplik Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, ÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Adana.*

*Yildirim, K., Ulcay, Y., (2009), Relationship between Yarn Properties and Process Parameters in False-Twist Textured Yarn. Journal of Engineered Fibers and Fabrics,*

(1)[https://vidoport.com/blog/excel-ipuclari-veriler-arasi-yuzde-farki-nasil-hesaplanir#:~:text=Excel'de%20Y%C3%BCzde%20Fark%C4%B1%20Hesaplama%20Ad%C4%B1mlar%C4%B1,%2F%20Eski%20De%C4%9Fer\)%20\\*%20100.](https://vidoport.com/blog/excel-ipuclari-veriler-arasi-yuzde-farki-nasil-hesaplanir#:~:text=Excel'de%20Y%C3%BCzde%20Fark%C4%B1%20Hesaplama%20Ad%C4%B1mlar%C4%B1,%2F%20Eski%20De%C4%9Fer)%20*%20100.) (23.07.2024)

# KADİFE HAVLU ÜRÜNLERİN SÜRDÜRÜLEBİLİR TERBİYE İŞLEMLERİ İÇİN YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR

Perinur KOPTUR TASAN, Mustafa ÇÖREKÇİOĞLU, Sultan ARAS ELİBÜYÜK, Özlem DEMİR GÜNENÇ

*Ozanteks Tekstil San. ve Tic. A.Ş. Denizli, Türkiye  
perinur.koptur@ozanteks.com.tr*

## ÖZET

Tekstil endüstrisi, suyun önemli bir tüketicisi ve kirleticisidir. İşleme, boyama, baskı ve bitim işlemleri gibi tekstil üretiminin çeşitli aşamalarında büyük miktarlarda su kullanır. Su kaynaklarının sınırlı olduğu düşünüldüğünde, tekstil endüstrisinin su tüketimini azaltması ve suyun daha verimli kullanılması önemlidir. Bu çalışmada, pamuk içerikli kadife havluların terbiye işlemlerinde gerçekleştirilen yöntem değişikliği ile sürdürülebilir uygulamaların geliştirilmesine olanak sağlanmıştır. Geleneksel olarak, birçok işletme emdirme yöntemini kullanarak kadife havlu ürünlerin bitim işlemlerini gerçekleştirmektedir. Ancak, bu yöntem pad batch boyama sonrası uzun bekleme sürelerini gerektirmektedir. Kadife havlu ürünlerin terbiye işlemleri, işletme koşullarına göre değişse de genellikle üç gün gibi uzun süreler alır. Bu süreç, termin sürelerinin uzamasına ve günlük üretim miktarlarının azalmasına yol açmaktadır. Ayrıca, emdirme yönteminde yapılan yıkama işlemlerinde çektirme işlemine kıyasla çok daha fazla su kullanılır. Çalışma sonucunda üç günlük proses süreleri bir güne indirilmiştir. Ayrıca, proses değişiklikleriyle su tüketimi %22 azaltılmış, kapasite artışı sağlanmış ve firmanın sürdürülebilirliğine katkıda bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Kadife havlu, Emdirme yöntemi, Çektirme yöntemi, Sürdürülebilirlik.

## INNOVATIVE APPROACHES FOR SUSTAINABLE FINISHING PROCESSES OF VELVET TOWEL PRODUCTS

The textile industry is a significant consumer and polluter of water. Various stages of textile production, such as processing, dyeing, printing, and finishing, utilize large amounts of water. Considering the limited availability of water resources, it is important for the textile industry to reduce its water consumption and use water more efficiently. In this study, sustainable practices were developed by modifying the methods used in the finishing processes of cotton-containing velvet towels. Traditionally, many companies use the padding method for the finishing processes of velvet towel products. However, this method requires long waiting times after pad batch dyeing. Although the finishing processes of velvet towel products vary depending on the operating conditions, they generally take as long as three days. This process prolongs lead times and reduces daily production quantities. Additionally, the padding method uses much more water in the washing processes compared to the exhaustion process. As a result of the study, the three-day process times were reduced to one day. Furthermore, process changes reduced water consumption by 22%, increased capacity, and contributed to the company's sustainability.

**Keywords:** Velvet towel, Impregnation method, Exhaustion method, Sustainability.

## 1.GİRİŞ

Dokuma kumaşlar çok değişik özelliklerde ve çok çeşitli kullanım alanlarında karşımıza çıkarlar. Bu kadar farklı özelliğe ve kullanım alanına hitap eden dokuma kumaşların yapıları da birbirinden farklıdır. Kumaş yapısı, hem kumaşın özelliklerini etkilemesi açısından hem de kumaşın yüzey görünümünü belirlemesi açısından son derece önemlidir (Özdem, 1989). Kadife kumaşlar diğer kumaşlara nazaran üretim tekniği, görselliği, farklılığı, pahalılığı ile ön planda olmuştur. Osmanlı Dönemin’ de saraylara üretilen bu kumaşlar günümüzde hala tercih edilen bir kumaş cinsidir. Eskiden ipek ipliğinden üretilen kadife kumaş üretimin artmasıyla birlikte her kesime hitap etmeye başlanmış ve kalite farkıyla günümüze kadar yerini korumuştur. Birçok tanımı yapılan bu kumaşların diğer kumaşlardan ayıran en önemli özelliği halı gibi havlı bir dokusunun olmasıdır. Kadife kumaşlar görünüm ve tuşeleri ile müşterilerin ilgi odağındadır (Sarıduman, 2005) .

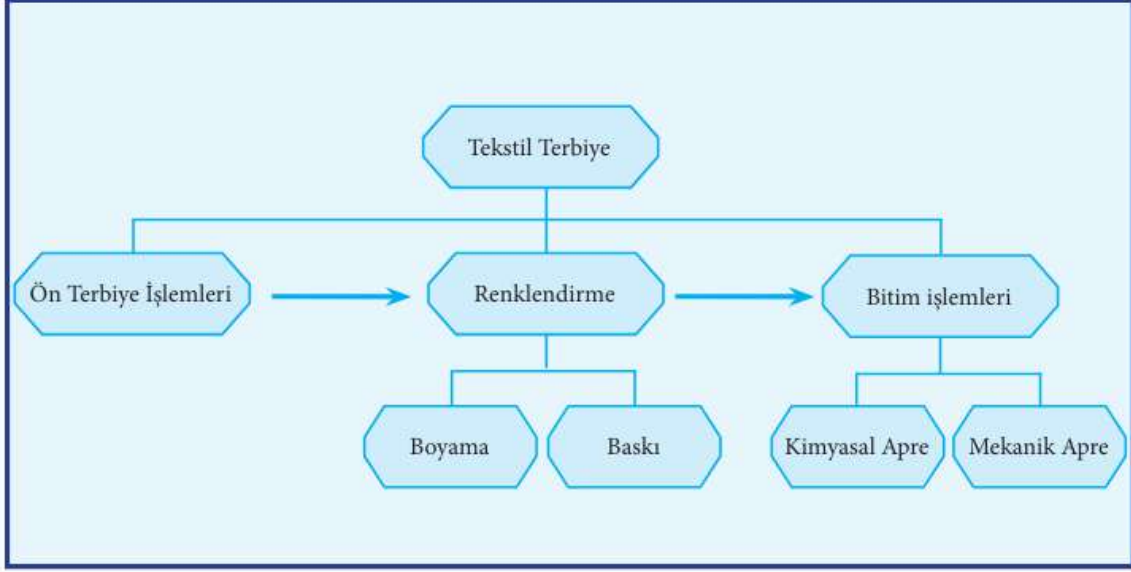
Havlular ilave iplik sistemiyle dokuma veya örme yöntemleri kullanılarak oluşturulan, yüzeyi ilmek formunda havlarla kaplı ürünler olup, söz konusu havların kesilmesiyle ise kadife havlular üretilmektedir. Havlular genel olarak ağırlıklarına, üretim yöntemlerine, gördüğü son işlemlere, yüzeydeki hav durumuna, kullanım yerine ve boyutlarına göre sınıflandırılabilir. Genel olarak kadife havlular bukle havlulara oranla daha yüksek yumuşaklık sağlarken, hidrofiliteleri daha düşük olmaktadır (Kayserili, 2017).

Havlu kumaşların yüksek hidrofilitate, yüksek yaş mukavemet, iyi boyanabilme yeteneği, yüksek renk haslığı, yıkanabilirlik, yumuşak tutum, anti alerjilik gibi özelliklere sahip olması gerekmektedir. Pamuktan üretilmiş iplikler bu özelliklerin tümünü en verimli şekilde sağlayabildiğinden havlu kumaş üretiminde en yaygın kullanılan elyaf pamuktur (Çakır, 1996).

Havlu üretiminde büyük çoğunlukla doğal lifler hammadde olarak kullanıldığından ön terbiye işlemleri oldukça önemli bir proses basamağıdır. Renklendirme aşamasında ise kumaş formunda boyama veya baskı işlemleri uygulanabileceği gibi boyalı ipliklerle de üretim yapılabilmektedir (Atakan, 2019). Havlu kumaşların kullanım yeri nedeniyle yüksek hidrofilitate ve yumuşaklık derecesine, yüksek renk haslıklarına sahip olması gerektiği için bitim işlemlerinde öncelikle bu özellikler göz önünde bulundurularak uygulamalar gerçekleştirilmektedir. En yaygın uygulanan kimyasal apre işlemleri hidrofilleştirme, yumuşatma ve antibakteriyel apre işlemleri, mekanik bitim işlemleri ise turban makinesinde kurutma ve boyut stabilitesi işlemleridir (Yıldırım, 2018).

Kadife havlular, tekstil dünyasında lüks ve konforun sembolü olarak bilinir. Yumuşak dokusu ve üstün su emme kapasitesiyle kadife havlular, hem günlük kullanımda hem de otel, spa ve benzeri hizmet sektörlerinde tercih edilmektedir. Pamuk içerikli bu ürünler, estetik görünümlerinin yanı sıra fonksiyonel özellikleriyle de dikkat çeker.





**Şekil 1.** Tekstil terbiye işlem adımları

Kadife havlu kumaşların tüylülükleri ve tuşeleri kaynaklı olarak uygulanan terbiye prosesleri oldukça önemlidir. Bu ürünlerin terbiye prosesleri birçok işletmede emdirme yöntemi kullanılarak yapılmaktadır. Fakat bu yöntemde boyama sonrası vb rotasyon işlemleri kaynaklı proses süreleri oldukça uzundur. Proses sürelerinin uzun olması günlük üretim miktarının az olmasına, termin sürelerinin uzamasına ve ekstra mesai yapılmasına sebep olmaktadır. Ancak, kadife havlu üretimi su tüketimi ve enerji maliyetleri açısından önemli zorluklar barındırır. Geleneksel terbiye işlemleri, uzun proses süreleri ve yüksek su tüketimi gerektirirken, sürdürülebilir üretim yöntemlerine duyulan ihtiyaç giderek artmaktadır.

Tekstil ürünlerinin terbiye işlemleri sırasında çok sayıda aşamadan geçirilmeleri gerekmektedir. Bu aşamalarda büyük miktarda kimyasal ve su kullanımı olmaktadır. Su kullanım miktarının yüksek olmasının dezavantajları arasında, temiz su kaynaklarının hızla azalması ve kullanılan bu suyun atık su olarak doğaya verilmesidir (Yakartepe,1995). Nüfusun artması, küresel ısınma, su kaynaklarının hızla tükenmesi nedeniyle su kullanımı konusunda kısıtlamalar artmakta, yasalar çıkarılmakta, daha çevreci ve sürdürülebilir üretim prosesleri geliştirilmektedir.

Bu çalışma, tekstil endüstrisinde sürdürülebilirlik ilkelerini teşvik etmek ve kadife ürünlerin üretim süreçlerini daha çevre dostu hale getirmek amacıyla tasarlanmıştır. Geleneksel kadife üretim proses süreleri göz önüne alınarak, sürdürülebilir bir proses değişikliği yapılmıştır.

Çalışma kapsamında, kadife ürünlerin üretim süreçleri analiz edilerek, enerjinin ve proses sürelerinin azaltılması sağlanmıştır. Kadife ürünlerin terbiye prosesleri sadece emdirme yöntemi kullanılarak tamamlanırken, çalışma ile hem emdirme hem de çektirme yönteminin bir arada kullanılması ile istenilen sonuçlara ulaşılmıştır.

## 2.MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

Bu çalışmada; %100 pamuk içerikli kadife havlu ürünler kullanılmıştır. Kullanılan havlular, farklı gramajlarda (300-600 g/m<sup>2</sup>) temin edilmiştir. Kadife havlu üretiminde kullanılan iplikler, OE (Open End) ve Ring iplik teknolojileri ile üretilmiş olup, iplik numaraları Ne 20/2 ve Ne 16/1 olarak seçilmiştir.

## 2.2. Metot

### 2.2.1. Emdirme Yöntemi ile Terbiye İşlemi

Geleneksel emdirme yönteminde, havlu kumaşlar öncelikle ön işleme tabi tutulmuş ve ardından reaktif boyalar kullanılarak boyama işlemi gerçekleştirilmiştir. Boyama işlemi sonrasında, kumaşlar 8-24 saat (renk farklılığına göre süre değişmektedir) süreyle pad-batch yöntemiyle bekletilmiştir. Bu sürecin ardından kumaşlar yıkanmış ve kurutulmuştur.

### 2.2.2.Çektirme Yöntemi ile Terbiye İşlemi

Alternatif olarak çektirme yöntemi kullanılarak yapılan terbiye işlemlerinde, havlu kumaşlar yine ön işleme tabi tutulmuş ve ardından reaktif boyalar kullanılarak çektirme yöntemiyle boyanmıştır. Boyama işlemi, laboratuvar tipi boya makinelerinde, belirlenen sıcaklık ve sürelerde gerçekleştirilmiştir. Boyama sonrası kumaşlar, minimum su tüketimiyle yıkanmış ve kurutulmuştur.

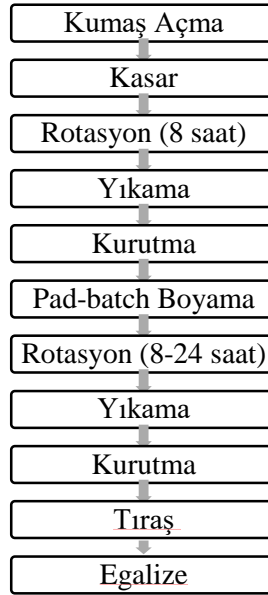
## 2.3.Değerlendirme Yöntemleri

Kadife havlu ürünlerin performans özelliklerinin ve proses değişikliğinin ürünlerin kalite değerlerinde oluşturacağı değişikliklerin belirlenmesi için çeşitli laboratuvar testleri gerçekleştirilmiştir.

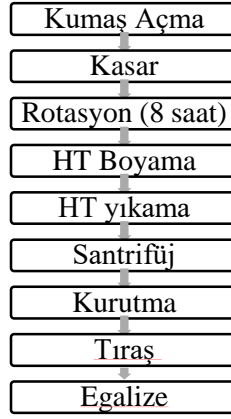
Kadife havlu ürünlerin terbiye işlemlerinde yapılan proses değişikliğinin ürünlerin hidrofilitate değerleri üzerindeki etkisinin gözlemlenmesi için AATCC 79 metodu ile su emiciliği testi, haslık değerleri için de, evsel ve ticari yıkamaya karşı renk haslığı(ISO 105-C06), sürtmeye karşı renk haslığı tayini(TS EN ISO 105-X12) yapılmıştır.

## 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Çalışma sırasında yapılan denemeler sonrasında kadife havlu ürünlerin terbiye proseslerinde yapılan değişiklikler şematik olarak Şekil 2 ve Şekil 3’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Kadife havlu ürünlere uygulanan terbiye proses basamakları (çalışma öncesi)



**Şekil 3.** Kadife havlu ürünlere uygulanan terbiye proses basamakları (çalışma sonrası)

Eski ve yeni proses ile üretilen kadife havlu ürünlere ait testlerin karşılaştırmalı sonuçları aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir (çalışma sırasında farklı renk tonları denenerek analizler yapılmıştır, aşağıda verilen test sonuçları pastel renkli kadife havlu ürüne aittir).

**Çizelge 1.** Yıkama haslığı sonuçları

		<b>Yıkama Haslığı Testi (ISO 105-C06)</b>					
		<b>Yün</b>	<b>Akrilik</b>	<b>Polyester</b>	<b>Naylon</b>	<b>Pamuk</b>	<b>Asetat</b>
<b>1</b>	<b>Eski Proses</b>	5	5	5	5	4-5	5
<b>2</b>	<b>Yeni Proses</b>	5	5	5	5	4-5	5

**Çizelge 2.** Sürtme sonuçları

		<b>Sürtmeye karşı renk haslığı tayini(TS EN ISO 105-X12)</b>		
		<b>Yaş Sürtme Haslığı</b>		<b>Kuru Sürtme Haslığı</b>
<b>1</b>	<b>Eski Proses</b>	4-5		5
<b>2</b>	<b>Yeni Proses</b>	4-5		5

Çizelge 1 ve Çizelge 2’de verilen haslık test sonuçları incelendiğinde, kadife havlu ürünlerin terbiye işlemlerinde yapılan proses değişikliğinin ürünlerin yıkama ve sürtme haslıklarında herhangi bir değişikliğe sebep olmadığı gözlemlenmiştir.

**Çizelge 3.** Hidrofilite sonuçları

		<b>Su emicilik Testi (AATCC 79) sn</b>	
<b>Eski Proses</b>	1	4,15	
	2	4,33	
	3	5,02	
	4	4,25	
	5	4,18	
		<b>ort</b>	<b>4,38</b>
		<b>Su emicilik Testi (AATCC 79) sn</b>	
<b>Yeni Proses</b>	1	4,04	
	2	4,54	
	3	4,30	
	4	4,13	
	5	4,40	
		<b>ort</b>	<b>4,28</b>

Çizelge 3’de verilen hidrofilite değerleri incelendiğinde, eski prosesle ve yeni prosesle gerçekleştirilen üretimlerde kadife havlu ürünlerin test sonuçlarının müşterilerin de istediği hidrofilite kriteri olan 5s’nin altında olduğu ve proseste yapılan değişikliklerin olumsuz sonuçlara sebep olmadığı tespit edilmiştir.

#### 4.SONUÇLAR

Bu çalışma, tekstil endüstrisinde sürdürülebilirlik ilkelerini teşvik etmek ve kadife ürünlerin üretim süreçlerini daha çevre dostu hale getirmek amacıyla tasarlanmıştır. Geleneksel kadife üretim proses süreleri göz önüne alınarak, sürdürülebilir bir proses değişikliği yapılmıştır.

Çalışma kapsamında, kadife ürünlerin üretim süreçleri analiz edilerek, enerjinin ve proses sürelerinin azaltılması sağlanmıştır. Kadife ürünlerin terbiye prosesleri sadece emdirme yöntemi kullanılarak tamamlanırken, çalışma ile hem emdirme hem de çektirme yönteminin bir arada kullanılması ile istenilen sonuçlara ulaşılmıştır.

Çalışma sonucunda, ürünlerin kalite değerleri olumsuz etkilenmeden, kasar işlemi emdirme yöntemi ile yapılırken, boyama ve bitim (apre) işlemleri HT makinelerinde çektirme yöntemi ile yapılarak kadife havlu ürünlerin terbiye işlemleri gerçekleştirilmiştir. Böylece daha önce iki-üç (renk tonuna göre değişmektedir) günü bulan proses süreleri bir güne düşürülmüştür. Proseste yapılan değişiklikler ile su tüketim miktarları % 22, enerji tüketimi %15 azaltılırken kapasite artışı sağlanmıştır.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Ozanteks Tekstil Ar-Ge Merkezi bünyesinde yürütülen 23S01 nolu “Kadife Ürünlerin Terbiye İşlemlerinde Sürdürülebilir Yöntemlerin Geliştirilmesi” başlıklı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

#### KAYNAKLAR

*Atakan, R., Bical, A., Celebi, E., Ozcan, G., Soydan, N., & Sarac, A. S. (2019)., Development of A Flame Retardant Chemical for Finishing of Cotton, Polyester and CO/PET Blends. Journal of Industrial Textiles, 49(2), 141-161.*

*Çakır, U., (1996), Doğal Boyar Maddelerle Pamuklu Dokuma Kumaşların Boyanabilirliği, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.*

*Kayserili, Y. E., (2017), Çift Katlı Çözgü Kadife Kumaşların Üretim Parametrelerinin Kumaş Performansına Etkisi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.*

*Oğuz, S. D., (2019), Reaktif Boyalı Pamuklu Kumaşlarda Kullanılan Fiksator Tipleri Ve Kompozisyonlarının Renk Haslığı Üzerine Etkisi, Bursa Teknik Üniversitesi, Lif ve Polimer Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek lisans tezi.*

*Özdem, M., (1989), Kullanım Amacına Uygun Tasarımda Kullanılacak Bir Bilgisayar Program Paketinin Geliştirilmesi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 1- 9 s.*

*Sarıduman, S. (2005). Endüstriyel Olarak Üretilmekte Olan Çeşitli Atkı Fitilli Kadife Kumaş Özellikleri Üzerine Bir İnceleme, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.*

*Sırlıbaş S., (2005), Birlik Mensucat A.Ş. Kadife İşletmesine Ait Kadife Boya Terbiye ve Kalite Kontrol İşletme Notları, Kayseri*

*Yıldırım, F. F., Gelgeç, E., Deniz, A. C., Çörekciöğlu, M., Palamutçu, S., (2018), The Comparison of Quick Drying Characteristics of Light-Weight Warp Knitted Towels. Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi, 2(26), 45-54.*

*Yakartepe Z., Yakartepe M., (1995), Tekstil Terbiye Teknolojisi Kasar'dan-Apre'ye, Cilt 4, 1. Baskı, 1072-1074 s.*

*Yıldıran, S., (2012), Jakarlı Döşmelik Kadife Kumaşın Tasarımdan İmalata Hazırlanışı ve Testleri, Haliç Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Tekstil ve Moda Tasarımı Anasanat Dalı, Yüksek Lisans Tezi.*

*Zervent, B., (2002). Havlu üretimi ve ürün kalitesine etki eden parametrelerin incelenmesi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.*

# ÇEVRE DOSTU VE SÜRDÜRÜLEBİLİR KAPOK LİFİNİN KISA ELYAF İPLİKÇİLİĞİNE KAZANDIRILMASI

Neslihan OKYAY, Sümeyye KES, Fatih IŞIK  
Karacasu Tekstil Ar-Ge Departmanı, Kahramanmaraş / Türkiye  
[nes@karacasutekstil.com.tr](mailto:nes@karacasutekstil.com.tr)

## ÖZET

Tekstil ve moda alanında tasarımcılar ve üreticiler her zaman daha yüksek performanslı ve ekonomik alternatifler arayışındadır. Günümüzde bununla birlikte, çevre ihmal ve iklim krizi nedeniyle sektöre ekolojik olarak uyumlu malzeme kazandırılması ihtiyaç duyulmaktadır. Tekstil yüzeyi oluşturma anlamında kapok lifleri, hava ile dolu geniş iç boşlukları, pürüzsüz yüzeyleri, düşük selüloz oranları ve düşük mukavemet değerleri nedeniyle eğrilip iplik haline getirebilir tekstil malzemesi olarak görülmemiştir. Ancak çalışma kapsamında, yapısındaki yüksek lignin içeriğiyle antibakteriyel etkinliğe, yumuşak tuşeye, üstün ısı ve ses yalıtımı gibi özelliklere sahip kapok elyafının kısa lif eğirme teknolojisiyle tekstil sektörüne kazandırılması hedeflenmektedir. Bu çalışmada kısa elyaf eğirme teknolojisi kullanılarak, kapok lifinin tencel elyafı ile farklı karışım oranlarında eğirme prosesleri belirlenerek elde edilen ipliklerin mukavemet ve düzgünlük testleri incelenmiştir. İplik performans değerleri mukayeseli olarak değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kapok Lifi, Kısa Elyaf Eğirme Teknolojisi, İpeksi tuşe, Sürdürülebilirlik

## BRINGING ECO-FRIENDLY AND SUSTAINABLE KAPOK FIBER INTO SHORT FIBER SPINNING INDURSTRY

### ABSTRACT

The designers and manufacturers in the field of textile and fashion are always looking for higher performance and economical alternatives. Today, however, due to environmental neglect and climate crisis, there is a need to introduce ecologically compatible materials to the sector. In terms of creating a textile surface, kapok fibers have not been considered as a textile material that can be spun into yarn due to their large air-filled internal spaces, smooth surfaces, low cellulose ratios and low strength values. However, within the scope of the study, it is aimed to introduce kapok fiber, which has features such as antibacterial activity due to its high lignin content in its structure, soft touch, superior heat and sound insulation, to the textile industry with short fiber spinning technology. In this study, the strength and unevenness tests of the resulting yarns were examined by determining the spinning processes of kapok fiber with tencel fiber at different blend ratios using short fiber spinning technology. Yarn performance values were evaluated comparatively.

**Key Words:** Kapok Fiber, Short Fiber Spinning Technology, Silky Handle, Sustainability

### 1.GİRİŞ

Sürdürülebilir teknolojinin gelişmesiyle birlikte yeşil yenilenebilir kaynaklar son yıllarda giderek daha fazla ilgi görmeye başlamıştır. Kapok elyafı, tekstil endüstrisinde nispeten yeni olan birçok benzersiz özelliğe sahip doğal bir selülozik elyaf olup kapok ağacının meyvesi içerisinde bulunan bir tür tohum lifidir(Türkoğlu ve ark.,2019). Kapok ağacı, yüksek bir karbon depolama ve tutma kapasitesine

sahiptir. Tek bir ağaç, üretilen her bir kilo lif için kabaca 5,09/kg karbon absorblamaktadır(Flocus BV). Kapok ağacının başarılı bir şekilde büyümesi için herhangi bir insan müdahalesi gerekmemekle birlikte kapok ağacı herhangi bir kimyasal, gübre veya ilaç kullanmadan sağlıklı bir şekilde büyüebilmektedir. Bu ağaçlar ayrıca toprak erozyonunu azaltarak ve toprak kalitesini iyileştirerek sel ve heyelan önlemede büyük rol oynamaktadır. Ağaç, kirleticileri uzaklaştırarak, yerel hava sıcaklıklarını düşürerek ve oksijen çıkışı sağlayarak hava kalitesine fayda sağlamaktadır(Flocus BV). Kapok lifleri, %35-50 selüloz, %15-22 lignin ve %22-45 oranında hemiselüloz içermektedir(Sinclair, 2014). Kaygan yapısı, kırılabilirliği ve düşük mukavemeti nedeniyle kapok elyafının iplik haline getirilmesi zordur(Gannavarapu ve ark., 2018). Geride hiçbir insan izi bırakmayan en sürdürülebilir hammadde olan kapok elyafı, eğrilebilme zorluğu nedeniyle tekstilde tam anlamıyla yerini alamamıştır. Ancak, kapok elyafının üstün özelliklerini kullanan yüksek performanslı ve çevre dostu ürünlerin geliştirilmesi, Çin'in tekstil işletmelerinin yeniden düzenlenmesinden sonra ucuz işçilikli ürünlerinden yüksek teknolojlü ürünlere dönüşüm konusunda uzun vadeli bir ilgiye sahiptir(Lou ,2012 ).Teknolojinin gelişmesiyle birlikte %100 kapok elyaflarının vatka oluşturma aşamasının ötesinde eğrilemesi mümkün olmamakla birlikte, kapok ipliğinin özelliği ve dokunabilirliği haşıl veya harmanlanmış eğirme yoluyla geliştirilebilmektedir(Yang ve ark., 2008). Literatür çalışmaları incelendiğinde ise, kapok elyafının çoğunlukla pamuk elyafı ile farklı oranlarda karışımlarıyla open-end ve kompakt eğirme yöntemleri kullanılarak ipliklerin elde edildiği sonucuna varılmıştır(Gannavarapu ve ark., 2018, Dauda ve ark.,2003, Sunmonu, 2003). Kapok lifinin eğrilme zorluğunu oluşturan en önemli sebeplerden biri de düşük elyaf inceliği, elyaf uzunluğu ve hafifliğinin getirisi olan tozuma ve nopeleşme eğilimidir. Bu anlamda, kapok elyafını taşıyabilecek sürdürülebilir bir hammadde olan tencel elyafı ile kapok elyaf karışımları yapılarak ipeksi dokunuş ve görünüşe sahip sürdürülebilir ipliklerin çalışma kapsamında geliştirilmesi ve bunların performans testlerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi hedeflenmiştir.

## **2.MATERYAL VE METOD**

### **2.1.Materyal**

Çalışmada kapok lifi ile tencel lifleri karıştırılarak kullanılmıştır. Kapok liflerinin inceliği 1,7 mikron, elyaf uzunluğu 18-20 mm, tencel liflerinin inceliği ise 1,33 dtex, elyaf uzunluğu 38 mm'dir.

### **2.2.Metod**

Bu çalışmada, %80/20 tencel/kapok, %60/40 tencel/kapok ve karşılaştırma için %100 tencel olmak üzere 28/1 Ne inceliğinde ring iplikleri eğrilmiştir. Bu iplikler, 20+/-2 0C sıcaklık 65+/-50C rutubet laboratuvar şartlarında 24 saat kondüsyonlandıktan sonra iplik mukavemet değerleri TS 245 EN ISO 2062 standartlarında Uster Tensojet-4 cihazında, düzgünlük (%Cvm) ve iplik hataları (ince yer (-50%/km), kalın yer (+50%/km) ve neps (+200%/km) ise TS 628 standardı kullanılarak Uster Tester-6 cihazında yapılmıştır.

## **3. ARAŞTIRMA BULGULARI**

Bu ipliklerin düzgünlük ve mukavemet testleri karşılaştırmalı olarak incelenerek kapok elyaf oranının iplik performansına olan etkisi değerlendirilmiştir (Çizelge 1).

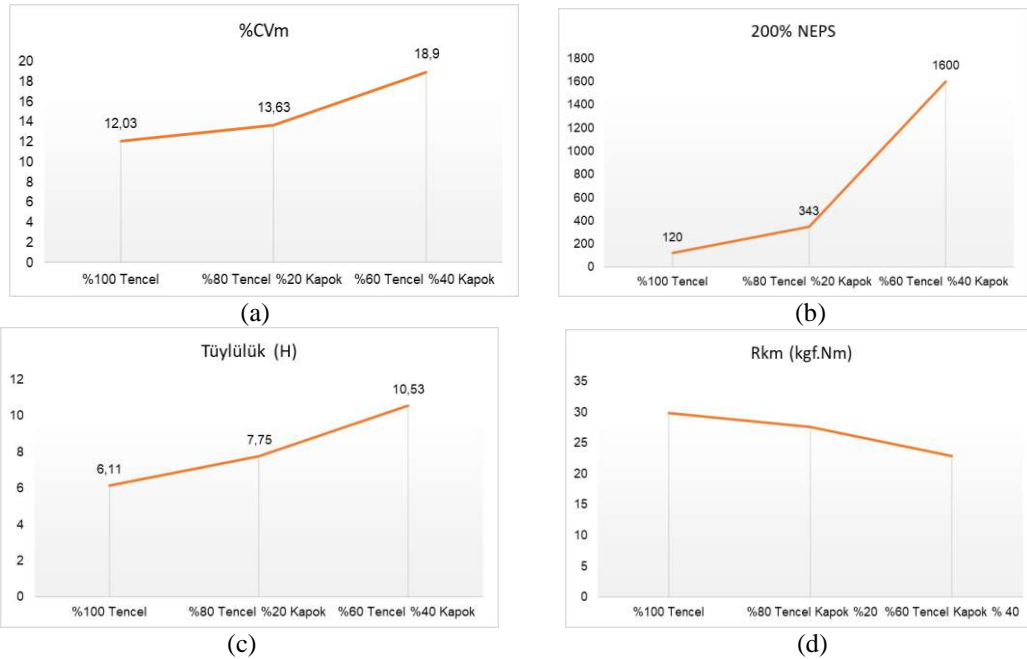
Çizelge 1. %100 Tencel, Tencel/Kapok %80/20 ve Tencel/Kapok %60/40 İpliklerinin Düzgünsüzlük ve Mukavemet Test Sonuçları

Hammadde	%100 Tencel	Tencel/Kapok %80/20	Tencel/Kapok %60/40
%CVm	12,03	13,63	18,90
-50%	0	0	7
+50%	26	139	936
200% NEPS	120	343	1600
Hairness	6,11	7,75	10,53
Rkm (kgf.Nm)	29,75	27,56	22,83
% Uzama	10,56	9,41	8,19
B.Work (N.cm)	18,01	16,72	12,36

Yapılan iplik düzgünsüzlük test sonuçlarına göre, %100 Tencel, Tencel/Kapok %80/20 ve Tencel/Kapok %60/40 ipliklerin %CVm değerlerinin sırasıyla 12,03, 13,63 ve 18,90; %200 neps değerlerinin 120, 343 ve 1600; tüylülüğün ise 6,11, 7,75 ve 10,53 olduğu görülmüştür. İplik mukavemet değerlerinin sırasıyla 29,75, 27,56 ve 22,83 Rkm, uzama değerlerinin %10,56, %9,41 ve %8,19, B.Work değerlerinin ise 18,01, 16,72 ve 12,36 olduğu görülmüştür.

#### 4.SONUÇLAR

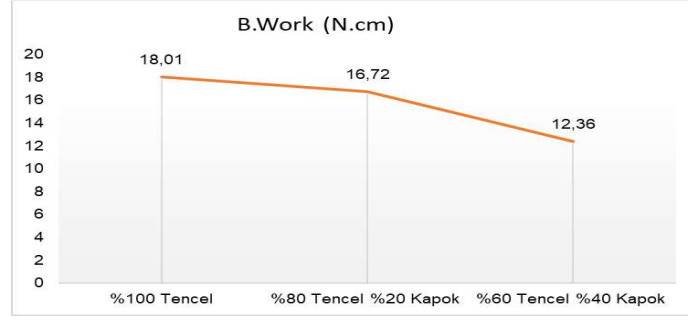
"Düşük karbon" konsepti hakim olduğu için, kapok elyafı, en hafif elyaf ve boşluklu yapısı gibi kendine özgü üstün özellikleri nedeniyle çevre dostu bir tekstil malzemesi olarak ilgi görmeye devam etmektedir. Çalışma kapsamında yapılan ipliklerin test sonuçları yorumlandığında, kapok elyafın %40 oranında kullanıldığı iplikte %CVm, neps ve tüylülük değerlerinin arttığı ve mukavemet değerlerinin düştüğü gözlenmiştir.



Şekil 1. %100 Tencel, Tencel/Kapok %80/20 ve Tencel/Kapok %60/40 İpliklerinin Düzgünsüzlük ve Mukavemet Grafiği (a) %CVm, (b) %200 Neps, (c)Tüylülük, (d) Rkm

Ancak çalışma kapsamında elde edilen B-Work değerleri, kapok elyafının iplikte %40 oranında kullanılmasının tezgah performansları açısından bir problem oluşturmayacağını göstermiştir.





Şekil 2. %100 Tencel, Tencel/Kapok %80/20 ve Tencel/Kapok %60/40 İpliklerinin B-Work Grafiği

Bu anlamda yapılan çalışmayla, kapok elyafının üstün özelliklerinden faydalanmak amacıyla tencel ile karışım halinde iplik performansını optimum seviyede tutarak kapoğun iplik kompozisyonunda %40 gibi yüksek bir orana taşınabileceği ortaya konulmuştur. Bu sayede çevresel kaygıların arttığı günümüz teknolojisine, ekolojik ve doğal bir lif olan kapoğun kazandırılması ile petrol türevi sentetik liflerin kullanımının azaltılması ve ürün çeşitliliğinin ekosisteme zarar verilmeden gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. Yenilikçi ve çevre dostu bu yeşil selüloz elyafına odaklanılarak, kapok elyafının antibakteriyel etkinlik, yumuşak tuşe, üstün ısı ve ses yalıtımı gibi özellikleri bir araya getirilerek uygulama alanlarının genişletilmesine yönelik daha fazla çalışma gerçekleştirilecektir.

## 5.KAYNAKLAR

Dauda B. M. D. and Kolawole E. G., (2003), "Processibility of Nigerian Kapok Fibre," *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, vol. 28, no. 2, pp. 147-149.

Flocus BV, *Natural source for sustainable and regenerative textile solutions*, <https://hollandcircularhotspot.nl/case/focus-kapok-fiber-a-biodegradable-and-circular-fiber/> Erişim Tarihi:28.04.2024

Flocus BV, *Fabric Focus: Kapok*, <https://blog.tentree.com/fabric-focus-kapok/> Erişim Tarihi:21.05.2024

Krishna Prasad G., Mageshwaran V., Guruprasad R., Arputhraj A., Senthilkumar T., Patil P. G. and Jadhav R. K.,(2018), *Mechanical and Chemical Processability of Cotton /Kapok Blends*, *Cotton Research Journal*, Vol. 9, No. 1 & No. 2.

Lou L., (2012), *Study On the Structure and Performances of Kapok Textiles*, *Advanced Materials Research Vols. 573-574*, pp 167-173.

Sinclair R., (2014),*Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology*, Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited.

Sunmonu, O. K. (2003). *Novel sources of cellulosic fibers for the textiles and allied industries [J]. Manmade Textiles in India*, 46, 245–247.

Türkoğlu K., Kalaycı E., Avinç O., Yavaş, (2019), *Oleofilik Buoyans Özellikli Kapok Lifleri ve Yenilikçi Yaklaşımlar*, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7,61-89.

Yang L, Jin HL,(2008), *Analyses of kapok yarn property (in Chinese)*. *Cotton Text Technol* 36:272–274.

# GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ POLİESTER LİFLERİNİN KARIŞIMLI İPLİKLER ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Muhammed İdris AKTAŞ<sup>1</sup>, Behzat YILDIRIM<sup>2</sup>, Dilara MUHACIR<sup>1</sup>, Mustafa Kağan ATCI<sup>1</sup>,  
Mehmet TOPALBEKİROĞLU<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Boyar Kimya San. ve Tic. A. Ş. Gaziantep, Türkiye

<sup>2</sup>Gaziantep University, Textile Engineering Department, Gaziantep, Türkiye  
dilara.muhacir@boyar.com.tr

## ÖZET

Tekstil sektörü her yıl doğaya milyonlarca ton atık bırakarak dünyayı en fazla kirleten endüstriyel sektörler arasında bulunmaktadır. Tekstil sektöründe aşırı miktarda su, hammadde, enerji ve kimyasal kullanılması havayı, suyu ve toprağı kirleterek doğal yaşamı ve insan hayatını ciddi bir şekilde etkilemektedir. Tekstil sektörünün doğaya verdiği zararı en aza indirmek için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalardan bir tanesi de sürdürülebilirlik altında geri dönüşümdür. Tekstil atıklarının toplanarak tekrardan üretim aşamasına kazandırılması ile geri dönüştürülmüş (GD) liflerden iplikler elde üretilmektedir. Bu çalışmada akrilik/GD-PES/poliamid/alpaka: 47/33/10/10, akrilik/GD-PES/yün/poliamid: 50/33/10/7, yün/GD-PES/GD-akrilik/poliamid/alpaka: 36/33/15/10/6 ve akrilik/GD-PES/PES/yün: 45/25/20/10 karışımlarından iplikler üretilmiştir. Bu ipliklerin bükümü, kopma mukavemeti, kopma uzaması (%) ve düzgünlüğü (CVm, kalın yer, ince yer ve neps) analiz edilerek iplik özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sürdürülebilirlik, Geri Dönüşüm, Poliester, İplik Düzgünlüğü

## INVESTIGATION OF THE EFFECT OF RECYCLED POLYESTER FIBERS ON BLENDED YARNS

### ABSTRACT

The textile industry is among the industrial sectors that pollute the world the most, leaving millions of tons of waste to nature every year. The use of excessive amounts of water, raw materials, energy, and chemicals in the textile industry seriously affects natural and human life by polluting the air, water, and soil. Numerous studies are conducted to minimize the damage caused by the textile industry to nature. One of these studies is recycling under sustainability. Yarns are produced from recycled (GD) fibers by collecting textile waste and recycling it into the during production. In this study, yarns were produced from acrylic/GD-PES/polyamide/alpaca: 47/33/10/10, acrylic/GD-PES/wool/polyamide: 50/33/10/7, wool/GD-PES/GD-acrylic/polyamide/alpaca: 36/33/15/10/6 and acrylic/GD-PES/PES/wool: 45/25/20/10 yarns were produced from alpaca: 36/33/15/10/6 and acrylic/GD-PES/PES/wool: 45/25/20/10 mixtures. The twist, breaking strength, breaking elongation (%) and unevenness (CVm, thick place, thin place and neps) of these yarns were analyzed and their effects on the yarn properties were examined.

**Keywords:** Sustainability, Recycling, Polyester, Yarn Unevenness

### 1. GİRİŞ

Son yıllarda dünya nüfusunun hızla artması, çevreye atılan atık miktarının ve doğal kaynakların tüketiminin de artmasına yol açmaktadır. Çevre kirliliğine neden olan başlıca endüstri sektörleri

arasında metal, maden ve tekstil gibi alanlar bulunmaktadır. Metal sektöründen sonra, hammadde, su, kimyasal ve enerji tüketiminde öne çıkan ve doğal ortamı en fazla kirleten endüstri dallarından biri de tekstil sektörüdür (NCTACD, 2019; Shamsuzzaman vd., 2021). Üretimde lif formundan kumaş formuna gelene kadar iplik, örme, dokuma, boyama-bitim ve konfeksiyon gibi birçok işlemde geçmekte ve bu işlemlerde çeşitli atıklar ortaya çıkmaktadır (Türemen vd., 2019). Buradaki atıkların tekrar kullanılması veya bertaraf edilmesi gibi işlemler büyük önem taşımaktadır. Atıkların geri dönüştürülerek tekrar kullanılması, sürdürülebilirlik açısından önemlidir ve bu nedenle geri dönüşüm konusunda birçok araştırma yapılmaktadır. Tekstil atıklarının geri dönüştürülerek tekrar kullanılması, hammadde ithalatını azaltarak ekonomik yönde olumlu katkı sağlamaktadır. Ayrıca, üretim sırasında kullanılan enerji miktarını da azalmış olmaktadır. Geri dönüşüm stratejileri ve uygulanan çevre yasaları sayesinde, son zamanlarda tekstil katı atıklarının geri dönüşümü teşvik edilmektedir (Ersoy ve Zıraplı, 2014; Kuyucak, 2020).

Dünyada üretilen sentetik liflerin büyük bir kısmını poliesterler oluşturmaktadır. Küresel elyaf pazarın 2014 yılı verileri incelendiğinde dünya lif üretiminin %63'ü sentetik lifler ve bunun %82'lik bölümü ise poliester lifleridir (Eser vd., 2016; The Global Fiber Market, 2014). Poliester, 20. yüzyılın ikinci çeyreğinde üretimine başlanan bir malzemedir. Düşük üretim maliyetleri, yüksek mukavemeti, esnekliği, dayanıklılığı, UV ışınlarına karşı direnci ve zararlı organizmalara karşı dayanıklılığı sayesinde geniş bir kullanım alanına sahiptir.

Plastiklerin geri dönüşüm teknolojilerinde yaşanan yenilik ve gelişmeler, fiyat, ekolojik ve sürdürülebilirlik sebebiyle; tekstil sektörü için yeni bir hammadde kaynağı ortaya çıkarmıştır. Bu hammadde kaynağı, Amerika Plastik Konseyi'nin çalışmaları sonucunda geri dönüşüm için en uygun malzeme olarak belirlenen Polietilen tereftalat (PET) şişelerden elde edilen PET polimeridir. PET poliester ailesine ait genel amaçlı kullanılan termoplastik bir polimerdir. Plastik türleri arasında en yüksek tüketime sahip olan PET bazlı ürünlerin %30'unu oluşturan PET şişeler, daha az kompozit malzeme içermeleri nedeniyle daha kolay geri dönüştürülebilir. Bu sayede özelliklerini daha az kaybetmekte ve dönüşüm sonrası daha geniş bir kullanım alanı bulmaktadırlar (Sevencan ve Vaizoğlu, 2007). PET, tekstil sektöründe en yaygın kullanılan polimerlerden biridir. Genellikle su, meşrubat ve yağ gibi sıvı gıdaların ambalajlanması için kullanılan PET şişeleri, geri dönüşüm tesislerinde talaş haline getirilerek yeniden kullanıma kazandırılır. Poliester esaslı geri dönüştürülmüş elyaf, mekanik veya kimyasal geri dönüşüm yöntemleri ile elde edilir. Burada plastik şişelerin lif haline geri dönüştürülmesinde kullanılan yöntemlere esas alınır. PET talaşlarından maddesel/kütlesel ya da kimyasal yöntemlerle lif elde edilebilmektedir (Öktem, 1998; Telli vd., 2012). Ülkemizde bazı firmaların PET talaşlarından lif üretimin yaptığı bilinmektedir. Bu işletmelerde genellikle 3-25 denye lif inceliği ve 25-102 mm lif uzunluğu aralığında kesikli lif üretimi yapılmaktadır (Telli vd., 2012).

Tekstil sektöründe faaliyet gösteren işletmeler, müşterilerine daha hızlı, güvenilir, kaliteli ve uygun fiyatlı hizmet ve ürün sunabilmek için alternatif üretim yöntemleri arayışına girmişlerdir. Bunlardan bir tanesi de ücret ve çevreye olumlu etkilerden dolayı geri dönüşüm hammaddeden iplik üretimine yönelmelerdir. Geri dönüştürülmüş liflerden üretilen ipliklerin özelliklerinin araştırılması önem kazanmıştır.

Bu çalışmada Nm 4 incelikte geri dönüştürülmüş (GD) poliester (PES), akrilik, poliamid, alpaka, yün ve geleneksel PES lif karışımlarından iplikler üretilmiştir. GD-PES karışımı ipliklerin büküm değerleri, kopma mukavemeti ve uzaması, iplik düzgünsüzlüğü, ince yer, kalın yer ve neps gibi hataları analiz edilmiştir.

## **2. MATERYAL VE METOT**

### **2.1. Materyal**

Çalışmada kullanılan akrilik, geri dönüştürülmüş poliester, poliamid, alpaka, yün ve geleneksel PES Boyar Kimya San. ve Tic. A.Ş. tarafından temin edilerek üretimleri yapılmıştır.

## 2.1. Karışım İplik Üretimleri

Çalışma kapsamında, akrilik, geri dönüştürülmüş poliester (GD-PES), poliamid, alpaka, yün ve geleneksel PES olmak üzere farklı karışım liflerden iplikler üretilmiştir. İlk olarak tow halindeki lifler relakse işlemi için sıcak buhardan geçirilmiştir. Ardından bu lifler yeniden kopartma, 1. pasaj cer, 2. pasaj cer, 3. pasaj cer ve finisör makinalarından geçirilerek iplik hazırlık işlemi tamamlanmıştır. Hazırlama makinelerinden geçirildikten sonra ring iplik makinesinde Nm 4 incelikte ve farklı karışım oranında tek katlı iplikler üretilmiştir. Son aşamada ise iplikler, volufil makinesinde 650 m/dak çıkış hızında ve 140 °C fırın sıcaklığında üretilerek elde edilmiştir. Üretilen iplik karışımları Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Üretilen karışım iplikler

Numune Kodu	Numara	Karışımlar ve Oranları
GD33-Alpaka	Nm 4	Akrilik/GD-PES/poliamid/alpaka: 47/33/10/10
GD33-Poliamid	Nm 4	Akrilik/GD-PES/yün/poliamid: 50/33/10/7
GD33-Yün	Nm 4	Yün/GD-PES/GD-akrilik/poliamid/alpaka: 36/33/15/10/6
GD25-PES	Nm 4	Akrilik/GD-PES/PES/yün: 45/25/20/10

## 2.2. Karakterizasyon

İpliklerin büküm değerinin tayini için Prowhite büküm cihazı kullanılmıştır. Büküm değerleri açma yöntemine göre belirlenmiş olup, en az 10 adet ipliğin büküm değeri belirlenmiş ve ortalaması alınmıştır.

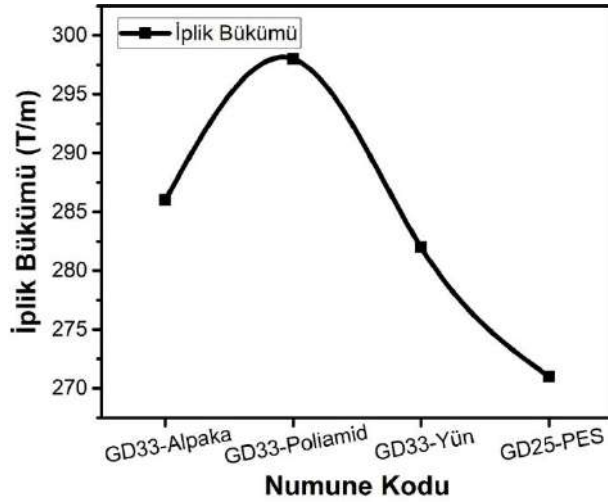
İpliklerin kopma mukavemeti ve kopma uzamaları (%), James Heal Titan Universal Strength Tester cihazında BS 1932 standardına uygun olarak 250 mm/dak test hızı ve 250 mm test uzunluğunda ölçülmüştür. Her bir numune için toplamda 20 ölçüm gerçekleştirilmiş ve bu ölçümlerden alınan ortalamalar değerlendirilmiştir.

İpliklerin düzgünlük değerleri Premier Tester 7000 Device kullanılarak belirlenmiştir. Test standart olarak her numune için 200 m/dak test hızı ve 1000 m test uzunluğunda yapılmıştır. Bu kapsamda numunelerin düzgünlük, kalın yer, ince yer ve neps değerleri ölçülmüştür.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 3.1. İplik Bükümü

Geri dönüştürülmüş PES karışım ipliklerin büküm değeri sonuçları Şekil 1’de verilmiştir.

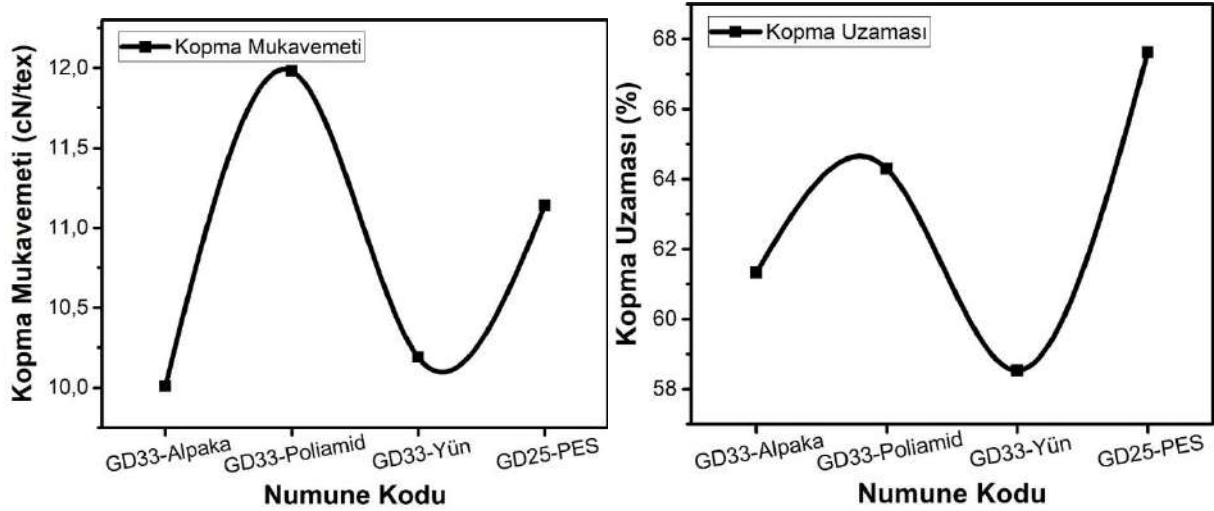


Şekil 1. GD-PES karışımli ipliklerin büküm sonuçları

Tüm ipliklerin incelikleri aynı olmasına rağmen bükümleri farklıdır. GD33-Alpaka ve GD33-Poliamid ipliklerin akrilik oranları birbirine yakın ve GD-PES oranları aynıdır fakat poliamid karışımli ipliğin büküm değeri daha fazladır. Akrilik yerine yün kullanılan iplikte ise büküm değeri daha düşüktür. GD25-PES ipliği ise diğer ipliklere göre en düşük büküme sahiptir.

### 3.2. Kopma Mukavemeti ve Uzaması

Karışımli ipliklerin kopma mukavemeti ve kopma uzaması sonuçları Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Karışımli ipliklerin kopma mukavemeti ve kopma uzaması

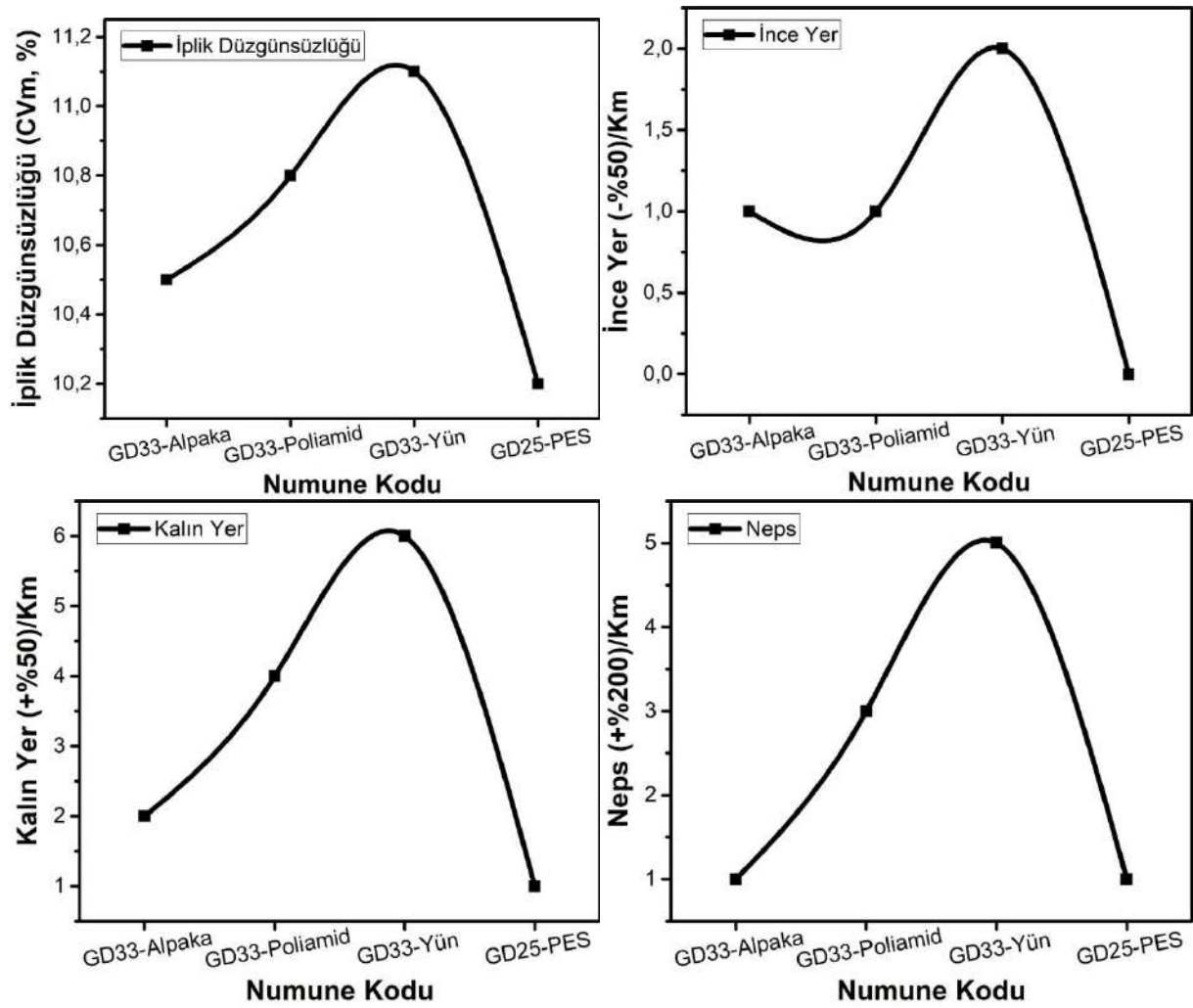
Aynı GD-PES oranına (%33) sahip ipliklerde alpaka ve yün karışımli ipliklerin kopma mukavemeti birbirine yakındır. En yüksek kopma mukavemeti 12 cN/tex ile poliamid karışımli ipliklerde görülmüştür. Geri dönüştürülmüş elyaf karışımı düşük olmasına rağmen PES karışımli ipliğin (GD25-PES) kopma mukavemeti alpaka ve yün karışımli ipliklere göre daha yüksektir. Bu sonuçlar liflerin karakteristik özelliklerini yansıtmaktadır. Alpaka ve yün liflerinin kopma mukavemeti birbirine yakın iken poliamid liflerin ise daha yüksektir. Diğer bir etken ise ipliklerin büküm değeridir. Poliamid karışımli ipliklere verilen büküm değeri diğer ipliklerden yüksek olduğundan daha yüksek kopma mukavemetine ulaşılmıştır. PES lifleri ise poliamid liflerine göre daha düşük kopma mukavemetine sahipken alpaka ve yün gibi doğal liflerden daha yüksek mukavemete sahiptir. PES ipliklerin diğer ipliklerden daha düşük büküm değerine sahip olmasına rağmen doğal elyaf karışımli ipliklere göre daha yüksek kopma mukavemeti görülmesi PES liflerinin yüksek mukavemetinden

kaynaklanmaktadır. Karışım ipliklerin kopma mukavemetinin önemli olduğu durumlarda bu sonuçlar göz önünde bulundurulmalıdır.

Aynı GD-PES oranına sahip numunelerde poliamid karışumlu ipliklerin kopma uzaması alpaka ve yün karışumlu ipliklere göre daha yüksektir. GD-PES oranı daha düşük olan PES karışumlu ipliğin kopma uzaması diğer numunelerden daha yüksektir. Bu iplikte PES oranı diğer ipliklere göre daha düşüktür. Bununla birlikte en düşük büküm değerine sahiptir. Bu iki etken GD25-PES ipliklerinin kopma uzamasının en yüksek değerde çıkmasına sebep olmuştur.

### 3.1. İplik Düzgünlüğü

GD-PES karışumlu ipliklerin iplik düzgünlüğü, ince yer, kalın yer ve neps sonuçları Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Karışım ipliklerin düzgünlükleri: a) CVm, b) ince yer, c) kalın yer, d) neps

Karışım ipliklerin iplik düzgünlükleri ve hataları incelendiğinde iplik düzgünlüğü, ince yer, kalın yer ve neps sonuçlarının birbirine benzer ve tutarlı oldukları görülmüştür. Aynı GD-PES oranına sahip karışım ipliklerde sırasıyla alpaka, poliamid ve yün karışım ipliklerin düzgünlük, ince yer, kalın yer ve neps hatası artmıştır. En düşük iplik düzgünlüğü ve hataları ise en düşük GD-PES karışıma sahip iplikte görülmüştür. Yün lifinin karakteristik özellikleri karışım ipliklerde iplik hatalarındaki artış ile etkisini göstermiştir. Ek olarak karışım iplikte GD-PES oranı azaldıkça hatanın azalması beklenen bir durumdur. Geri dönüştürülmüş lifler geleneksel liflere göre yapısal olarak iplik hatalarına daha çok sebep olmaktadır.

### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada akrilik, geri dönüştürülmüş poliester (GD-PES), poliamid, alpaka, yün ve geleneksel PES liflerinden karışımı iplikler üretilmiştir. GD-PES oranı %33 ile sabit tutulmuş alpaka, poliamid ve yün karışımı iplikler birbiri ile kıyaslanmıştır. Ek olarak %25 GD-PES oranına sahip iplikler üretilmiştir. İpliklerin büküm değerleri kopma mukavemeti ve uzaması, iplik düzgünsüzlüğü, ince yer, kalın yer ve neps gibi hataları analiz edilmiştir.

Aynı GD-PES oranına (%33) sahip ipliklerde alpaka ve yün karışımı ipliklerin kopma mukavemeti birbirine iken poliamid karışımı ipliklerde daha yüksektir. Benzer şekilde aynı GD-PES oranına sahip numunelerde poliamid karışımı ipliklerin kopma uzaması alpaka ve yün karışımı ipliklere göre daha yüksektir. GD-PES oranı daha düşük olan PES karışımı ipliğin kopma uzaması diğer numunelerden daha yüksektir. Karışımı ipliklerin iplik düzgünsüzlüğü, ince yer, kalın yer ve neps sonuçlarının birbirine benzer ve tutarlıdır. Aynı GD-PES oranına sahip karışımı ipliklerde sırasıyla alpaka, poliamid ve yün karışımı ipliklerin düzgünsüzlük, ince yer, kalın yer ve neps hatası artmıştır. En düşük iplik düzgünsüzlüğü ve hataları ise en düşük GD-PES karışıma sahip iplikte görülmüştür.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma BYR-TKS016 numaralı proje ile Boyar Kimya San. ve Tic. A.Ş. tarafından desteklenmiştir.

## KAYNAKÇA

Ersoy, Y. Zıraplı, M., (2014), *Geri dönüşüm iplikçiliğinin Önemi ve İplik Üretim Yöntemleri*, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji dergisi, 2, 425-432.

Eser, B., Çelik, P., Çay, A., Akgümüş, D., (2016), *Tekstil ve Konfeksiyon Sektöründe Sürdürülebilirlik ve Geri Dönüşüm Olanakları Sustainability and Recycling Opportunities in the Textile and Apparel Sector*, *Tekstil ve Mühendis*, 23: 101, 43-60.

Kuyucak, C. N., (2020), *Open End Deri Dönüşüm Akrilik İpliklerden Elde Edilen Kazakların Performans Özelliklerinin PBT ve GİPE İpliklerin İlavesinin Etkisi ile Birlikte İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Uşak Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

NCTACD, (2019), *Environmental Impact of Fashion Industry*, UNCTACD, <https://news.un.org/en/story/2019/03/1035161>, (Erişim Tarihi: 28.05.2024)

Öktem, T., (1998), *Polyester Atıkların Değerlendirilmesi*, *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, 6:396-400

Sevencan, F. ve Vaizoğlu, S., (2007), *Pet ve Geri Dönüşümü*, *TSK Koruyucu Hekim Bülteni*, 6(4):307-312

Shamsuzzaman, M., Kashem, M.A., Sayem, A.S.M., Khan, A.M., Shamsuddin, S.M., Islam, M.M., (2021), *Quantifying Environmental Sustainability of Denim Garments Washing Factories Through Effluent Analysis: A Case Study in Bangladesh*, *Journal of Cleaner Production*, Volume 290, 125740, DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.125740

Telli, A., Özdil, N., Babaarslan, O., (2012), *PET Şişe Atıklarının Tekstil Endüstrisinde Değerlendirilmesi ve Sürdürülebilirliğe Katkısı*, *Tekstil ve Mühendis*, 19: 86, 49-55.

*The Global Fiber Market*, (2014), <http://www.lenzing.com/en/investors/equitystory/global-fiber-market.html>, erişim tarihi: 12.03.2024

Türemen, M., Demir, A., Özdoğan, E., (2019), *Tekstil Endüstrisi için Geri Dönüşüm ve Önemi*, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(7), 805-809.

# BİYOLOJİK OLARAK PARÇALANABİLİR POLYESTER İPLİKLERİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Ayça AYDIN, Deniz SAVCI

*Polyteks Tekstil Sanayi Araştırma ve Eğitim A.Ş ARGE Merkezi, Bursa, Türkiye*

## ÖZET

Dünyada her geçen gün artan tüketimle birlikte sanayinin ve tüketicilerin çevre üzerinde oluşturduğu atık yükü hızla artmaktadır. Tekstil sektörü, çevresel yükün artmasında oldukça yüksek bir paya sahiptir. Bu sorunun önüne geçebilmek adına, doğada uzun yıllar bozulmadan kalabilen ve dünyada kullanılan sentetik liflerin arasında yaklaşık %54 oranında paya sahip olan polyesterin geri dönüştürülmesi ve doğada daha kısa sürelerde bozunması gibi alanlarda çalışmalar yapılmaktadır. Tekstilde çevresel açıdan daha az yük oluşturan malzemelere olan ilgi artsa da, tekstil ürünlerinin uzama, mukavemet gibi fiziksel özelliklerinin iyi olması, konfor ve dayanım testlerinde yüksek performans göstermesi ve depolamaya uygun olması gibi çeşitli beklentiler mevcuttur. Dolayısıyla, sentetik malzemelerin çevre dostu hale getirilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada dünyada en çok kullanılan lif olan polyestere, biyobozunabilme özelliği kazandırılarak farklı iplik kalınlıklarında, ekru ve renkli iplik üretimleri yapılmıştır. Eriyik çekim yöntemi kullanılarak üretilen ipliklerin fiziksel, termal ve biyobozunurluk analizleri tamamlanarak standart polyester ile mukayeseli olarak çalışma sonuçları paylaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Sürdürülebilirlik, Polyester, Biyobozunurluk, Multifilament polyester iplik

## INVESTIGATION OF PHYSICAL PROPERTIES OF BIODEGRADABLE POLYESTER YARNS

### ABSTRACT

As the world's consumption continues to grow, the environmental impact of waste generated by industry and consumers is increasing rapidly. The textile sector is a major contributor to this growing environmental burden. To prevent this, studies are being carried out in areas such as the recycling of polyester, which can remain intact in nature for many years and accounts for approximately 54% of the synthetic fibres used in the world, and its degradation in nature over a shorter period of time. Although there is a growing interest in less environmentally damaging materials in textiles, there are various expectations of textile products, such as good physical properties such as elongation and strength, high performance in comfort and strength tests, and suitability for storage. Therefore, making synthetic materials environmentally friendly is of great importance. In this study, ecru and coloured yarns were produced in different yarn thicknesses by imparting biodegradability to polyester, the most widely used fibre in the world. Physical, thermal and biodegradability analyses of the yarns produced using the melt spinning method were carried out and the study results were compared with standard polyester.

**Keywords:** Sustainability, Polyester, Biodegradability, Multifilament polyester yarn



## 1.GİRİŞ

Tekstil sektörü, dünya üzerindeki üretim ve tüketim miktarları göz önüne alındığında, temel endüstrilerden biridir (Muthu, 2017). Nüfusun her geçen gün artması ve günümüzde hakim olan hızlı moda anlayışının etkileriyle birlikte, tekstildeki tüketim miktarları hızla artmaya devam etmektedir. Birçok hammaddenin ve çeşitli kimyasalların kullanımı, tekstil ürünlerinin üretimi esnasında kullanılan su ve enerjinin çok yüksek olması, nihai ürünlerin kullanıldıktan sonra tekrar döngüye kazandırılmamasıyla oluşan yüksek atık miktarları, tekstilin çevreye ciddi zararlar verdiğini göstermektedir (Chen, Memon, Wang, et al., 2021; Chae, Hinestroza, 2020).

2022 yılında, dünya üzerindeki toplam elyaf üretimi 116 milyon tondur. Textile Exchange tarafından paylaşılan bu verilere göre dünyadaki elyaf üretiminin %54'ünü tek başına oluşturan polyesterin, yaklaşık %15'lik kısmını geri dönüştürülmüş polyester üretimi ve %0,01'lik kısmını ise biyobazlı polietilen tereftalat (PET) oluşturmaktadır (Textile Exchange, Erişim: Mayıs 2024). Petrol kaynaklı bir polimer olan polyester, kolay ulaşılabilir olması, fiziksel ve mekanik özelliklerinin iyi olması, uzun süreler zarar görmeden formunu koruyabilmesi ve düşük maliyet gibi birçok avantaj sayesinde kendisine büyük bir pazar payı oluşturmasını sağlamıştır (Siracusa, 2019). Ancak günümüzde plastiklerin yüksek miktardaki tüketim oranları, plastik atıkların çok uzun sürelerde doğada bozunması ve yaşanan ekolojik kaygılar nedeniyle daha çevre dostu malzemeler için alternatif arayışlara girilmiştir (Lee, 2017). Geri dönüştürülmüş hammaddelerin kullanımına odaklanılarak başlanan çalışmaların ardından, son yıllarda biyobazlı ve biyobozunur malzemelere olan ilgi artmıştır. Biyobazlı ve biyobozunur özelliğine sahip polimerler, bozunamayan polimerlere nazaran çevre üzerinde daha olumlu etkilere sahip olmaları ve atık yönetimi stratejileri açısından önemli bir noktaya gelmiştir. Ancak biyobazlı malzemelerin üretimindeki yüksek maliyet, erişimindeki zorluklar, tekstil üretimi göz önüne alındığında yetersiz kalan hammadde miktarları henüz pazarda çok büyük bir paya sahip olmamasına ve bozunabilir polimerlerin geliştirilmesine yönelik çalışmaların artmasına zemin hazırlamıştır (Siracusa, 2019 ; Samir, Ashour, Hakim, & Bassyouni, 2022).

Tekstil ürünlerinin mekanik ve konfor özelliklerinin iyi olması, ulaşılabilir ve düşük maliyetli olması, depolamaya uygun olması ve uzun yıllar dayanımını yitirmemesi istenmektedir (Kaplan, & Okur, 2008). Ancak, biyobazlı malzemelerden en ön planda olan polilaktasit (PLA) polimeri gelecek için umut verse de, yeterli mekanik performansı göstermemesi, üretimi esnasında yüksek sıcaklıklarda bozunma sorunu, boyama performansının polyestere kıyasla düşük kalması, ulaşılabilirliğinin zor olması ve zaman içerisinde bozunmaya başlaması gibi dezavantajlara sahiptir (Yang, Zhang, Ju, Tam, Hua, Younas, & Hu, 2021). Bunun yanısıra gelecekte kullanılacak elyafların neredeyse tamamının sentetik olacağı yönünde görüşler (Chen, Memon, Wang, et al, 2021; Qin, 2014), polyesterin biyobozunur hale getirilmesini gerekli kılmaktadır. Biyobozunur malzemelerin kullanımı küresel ısınmaya neden olan karbondioksit emisyonlarının azalmasında da oldukça etkilidir (Siracusa, 2019; Bohmann, 2006).

Biyobozunurluk, birçok kaynakta farklı şekillerde tanımlanmaktadır. En genel haliyle, malzemelerin, uygun ortam koşullarında bakteri veya mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılarak su (H<sub>2</sub>O), karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan gibi maddelere dönüştürülmesidir (European Bioplastics, 2024). Biyobozunmanın tanımında da belirtildiği gibi, mikroorganizmalar biyobozunur polimerleri tüketerek H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, metana ve biyokütleyle dönüştürebilmekte ve bu süreç polimerin cinsine, yapısına ve moleküler ağırlığına göre değişkenlik göstermektedir (Huan, 2006). Ayrıca ortamın sıcaklık, pH, nem gibi değerleri biyobozunma sürecini doğrudan etkilemektedir (Siracusa, 2019). Polimerlerin bozunma süreci

oksidasyon, foto-degradasyon ve hidroliz gibi tepkilemelerle başlamaktadır. Ortamdaki mikroorganizmalar, biyobozunur malzemenin yapısındaki uzun zincirleri depolimerize ederek oligomerler oluşturduktan sonra ikinci aşama olan biyomineralizasyon sürecine girmektedir. Polimerde gerçekleşen bozunma, aerobik veya anaerobik bozunma olmaktadır. (Samir, Ashour, Hakim, & Bassyouni, 2022). Çeşitli katkı malzemeleri ile polyester polimerine kazandırılan biyobozunurluk özelliği de bu mekanizma ile çalışmaktadır. Ayrıca bu bozunmalar yalnızca deniz veya okyanus sularında, çöplüklerde ve atık sularda gerçekleştiğinden polyesterin raf ömründe bir kısalmaya neden olmamaktadır (Primaloft, Erişim: Mayıs 2024). Malzemelerin bozunma oranları ASTM standartları kullanılarak ölçülebilmektedir (ASTM Standards, Erişim: Haziran 2024).

Çalışma kapsamında, polyestere biyobozunabilme özelliği kazandırılması hedeflenmiştir. Bu doğrultuda, DTEX55F36, DTEX78F72, DTEX167F48 ve DTEX500F144 olmak üzere dört farklı iplik kalınlığında multifilament polyester ekru iplik üretimi yapılmıştır. Boyarmadde kullanımının biyobozunur polyester ipliklerde mekanik ve biyobozunma davranışına etkisi olup olmadığını görmek için, DTEX167F48 ve DTEX500F144 iplik kalitelerinde cipsten boyalı siyah iplik üretimi yapılmıştır. Biyobozunurluk testlerinde kullanılmak üzere, üretilen ipliklerden uygun görülen iki numune seçilerek teste gönderilmiştir. Eriyik çekim yöntemi ile üretilen kısmi oryante edilmiş ipliklerin (POY) ve yalancı büküm tekstüre yöntemi ile üretilen çekimli tekstüre ipliklerin (DTY) fiziksel, mekaniksel ve biyobozunurluk analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, standart polyester ile karşılaştırılarak çalışma sonuçları paylaşılmıştır.

## **2.MATERYAL VE METOT**

### **2.1.Materyal**

Bu çalışmada, polyester cips SASA Polyester firmasından, polyestere biyobozunur özellik kazandıran granül formundaki katkı PRIMALOFT firmasından, siyah iplik üretimi için kullanılan granül formundaki boyarmadde SETAŞ KİMYA firmasından ve POY iplik üretiminde kullanılan spinfinish yağı ve tekstüre iplik üretiminde kullanılan kone yağı POLYTEKS TEKSTİL SANAYİ ARAŞTIRMA VE EĞİTİM A.Ş firmasından tedarik edilmiştir.

### **2.2.Metot**

Bu çalışma kapsamında, eriyik çekim yöntemi kullanılarak katkılı ve katkısız POY iplik üretimleri gerçekleştirilmiştir. Polyesterin doğada çok daha kısa sürede, su, karbondioksit ve/veya metana dönüşerek bozunmasını sağlayan granüller, ağırlıkça %2 dozajlanarak polyester eriyiğinin içine dahil edilmiştir. Üretilen POY ipliklere yalancı büküm yöntemiyle tekstüre işlemleri yapılarak DTY iplik üretimleri tamamlanmıştır. DTY iplikler ile dokunmuş kumaşlar biyobozunurluk testleri uygulanmıştır. POY ve DTY ipliklerin üretimi ve ipliklerin kopma uzaması, mukavemet, kaynama-çekme gibi tekstil analizleri POLYTEKS TEKSTİL SANAYİ ARAŞTIRMA VE EĞİTİM A.Ş bünyesinde gerçekleştirilmiştir.

#### **2.2.1.Eriyik Çekim Yöntemi**

Çalışma kapsamında eriyikten çekim iplik üretim yöntemi kullanılarak, öncelikle DTEX167F48 ekru ve siyah POY iplik üretimleri gerçekleştirilmiştir. İpliklerin, ekru ve siyah renklerde, hem standart polyester hem de biyobozunur özelliğe sahip polyester olarak üretimleri yapılmıştır. Ardından DTEX78F72 ekru POY iplik ve DTEX55F36 ekru POY iplik olacak şekilde farklı iplik kalınlıklarında biyobozunur özellikli

polyester POY iplikler üretilmiştir. Üretilen POY ipliklerin kodları Çizelge 1’de görüldüğü gibidir.

**Çizelge 1.** POY İpliklerin Numune Kodları

NUMUNE ADI	NUMUNE İPLİK KALİTESİ
<b>A1</b>	DTEX167F48 Ekru polyester POY iplik
<b>B1</b>	DTEX167F48 Ekru biyobozunur polyester POY iplik
<b>C1</b>	DTEX167F48 Siyah biyobozunur polyester POY iplik
<b>D1</b>	DTEX167F48 Siyah polyester POY iplik
<b>E1</b>	DTEX78F72 Ekru biyobozunur polyester POY iplik
<b>F1</b>	DTEX55F36 Ekru biyobozunur polyester POY iplik

### 2.2.2.Yalancı Büküm Tekstüre Yöntemi

Yalancı büküm tekstüre yöntemiyle, DTEX167F48 biyobozunur ve standart polyester, DTEX500F144 biyobozunur ve standart polyester olmak üzere dört farklı ekru DTY iplik üretimleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bu dört ipliğin siyah renkte tekstüre iplik üretimleri yapılmıştır. Çalışmanın devamında, biyobozunurluk davranışının iplik kalınlığına göre değişimini incelemek adına üretilen DTEX78F72 ekru ve DTEX55F36 ekru ipliklerin tekstüreleri yapılmış ve tüm tekstüre ipliklerin kodları Çizelge 2’de verilmiştir.

**Çizelge 2.** Tekstüre (DTY) İpliklerin Numune Kodları

NUMUNE ADI	NUMUNE İPLİK KALİTESİ
<b>A2</b>	DTEX167F48 Ekru polyester tekstüre (DTY) iplik
<b>B2</b>	DTEX167F48 Ekru biyobozunur polyester tekstüre (DTY) iplik
<b>C2</b>	DTEX167F48 Siyah biyobozunur polyester tekstüre (DTY) iplik
<b>D2</b>	DTEX167F48 Siyah polyester tekstüre (DTY) iplik
<b>E2</b>	DTEX78F72 Ekru biyobozunur polyester tekstüre (DTY) iplik
<b>F2</b>	DTEX55F36 Ekru biyobozunur polyester tekstüre (DTY) iplik
<b>A3</b>	DTEX500F144 Ekru polyester tekstüre (DTY) iplik
<b>B3</b>	DTEX500F144 Ekru biyobozunur polyester tekstüre (DTY) iplik
<b>C3</b>	DTEX500F144 Siyah biyobozunur polyester tekstüre (DTY) iplik
<b>D3</b>	DTEX500F144 Siyah polyester tekstüre (DTY) iplik

### 2.2.3.Biyobozunurluk Testi

Çalışma kapsamında üretilen ipliklerden iki tanesi seçilerek biyobozunurluk testine gönderilmiştir. DTEX500F144 ekru ve siyah biyobozunur polyester tekstüre (DTY) ipliklere (*B3 ve C3*), ASTM D5511 standardında, biyobozunma testleri gerçekleştirilmiştir. Biyobozunma testi, anaerobik bir ortam oluşturularak test numunelerinin 52 °C’de en az %20 oranında katı maddeye maruz bırakılmasıyla gerçekleştirilmektedir. Bozunma miktarının hesaplanması, belirli bir süre içerisinde üretilen CO<sub>2</sub>, metan miktarlarından yapılmaktadır.

### 3.BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1.Fiziksel Test Sonuçları

##### 3.1.1.POY İplik Analiz Sonuçları

Eriyikten çekim yöntemi kullanılarak üretilen DTEX167F48 ekru (A1, B1) ve siyah (C1, D1), DTEX78F72 ekru (E1) ve DTEX55F36 ekru (F1) POY ipliklere yapılan fiziksel analiz sonuçları ilgili numune kodlarıyla Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. POY İplik Analiz Sonuçları

NUMUNE ADI	A1	B1	C1	D1	E1	F1
Dtex	269,9	269,7	270	270,1	139,5	91,8
Kopma Uzaması (%)	132,2	135	132,5	133,9	126,8	115,5
Mukavemet (cN/dtex)	2,5	2,4	2,3	2,3	2,5	2,5
Yağ (%)	0,4	0,4	0,41	0,43	0,52	0,68
Kaynama/Çekme (%)	65,1	65,9	54,6	54	61,6	52,6

##### 3.1.2.Tekstüre (DTY) İplik Analiz Sonuçları

Yalancı büküm tekstüre yöntemi ile üretilen DTEX167F48 ekru (A2, B2) ve siyah (C2, D2), DTEX500F144 ekru (A3, B3) ve siyah (C3, D3), DTEX78F72 ekru (E2) ve DTEX55F36 ekru (F2) tekstüre ipliklere yapılan fiziksel analiz sonuçları Çizelge 4 ve Çizelge 5'te paylaşılmıştır.

Çizelge 4. Tekstüre (DTY) İplik Analiz Sonuçları 1

NUMUNE ADI	A2	B2	C2	D2	E2	F2
Dtex	176,1	175,1	176	177	88,3	58,6
Kopma Uzaması (%)	21,9	19,3	20,1	22,4	23,1	18,5
Mukavemet (cN/dtex)	3,2	3	3	3,1	3,9	3,6
EK(%)	12,5	11,6	12	11	21,5	11,33
KK(%)	7	6,6	7	6,8	12	7
KB(%)	65,4	70	59,5	72,3	84,2	77,17
Yağ (%)	2,1	2,3	2,05	2	1,4	1,5
Kaynama/Çekme (%)	6,1	5,8	6	6,5	7,5	4,4

Çizelge 5. Tekstüre (DTY) İplik Analiz Sonuçları 2

NUMUNE ADI	A3	B3	C3	D3
Dtex	510,4	515,1	517,9	510,4
Kopma Uzaması (%)	22,7	22,5	22,3	21,8
Mukavemet (cN/dtex)	3,9	3,7	3,5	3,6
EK(%)	18,5	16,92	15,92	18
KK(%)	10,25	9,83	9,17	10,25
KB(%)	70,5	68,92	67,83	72,75
Yağ (%)	1,23	1,29	1,38	1,3
Kaynama/Çekme (%)	7,6	7,5	8,3	7,1

### 3.2.Biyobozunurluk Testi Sonuçları

Çalışma kapsamında DTEX500F144 ekru ve siyah biyobozunur iplikler teste gönderilmiştir. Biyobozunurluk testi sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Biyobozunurluk Testi Sonuçları

NUMUNE ADI	TEST STANDARDI	TEST SONUCU
B3	ASTM D5511-18 study of 84 days	%6,2
C3	ASTM D5511-18 study of 84 days	%6

### 4.SONUÇLAR

Çalışma kapsamında üretilen farklı iplik kalınlıklarındaki POY ve tekstüre ipliklerin fiziksel ve mekanik analiz sonuçları, standart polyester iplikler ile kıyaslanmıştır. Elde edilen veriler, biyobozunur özellik kazandırılmış polyester ipliklerin, standart polyester ipliklerle benzer özelliklere sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Biyobozunurluk testleri gerçekleştirilen ipliklerin, bozunma oranlarında ciddi bir farklılığa rastlanmamıştır. Dolayısıyla boyarmaddenin biyobozunurluk üzerinde etkisi olmadığı sanucuna varılmıştır.

Dünyada bir çok endüstride kullanılan polyesterin oluşturduğu atık yükü ve doğada uzun yıllarda bozunmasının getirdiği dezavantajlar göz önüne alındığında, biyobozunurluk özelliği kazandırılmış polyester kullanımının yaygınlaşması çevre ve yeni nesil uygulamalarda oldukça önem arz etmektedir. Yapılan bu çalışma sonucunda, biyobozunur özellikli polyester ipliklerin, standart polyester ipliklerin yerine kullanılma potansiyeli umut vadetmektedir. Gelecek çalışmalarda, biyobozunur özellikli polyester ipliklere fonksiyonellik kazandırmaya yönelik araştırma ve gelişmelere odaklanılacaktır.

### 5.KAYNAKÇA

*Bohlmann, G.M., (2006), General Characteristics, Processability, Industrial Applications and Market. Evolution of Biodegradable Polymers. In Handbook of Biodegradable Polymers; Bastioli, C., Ed.; RAPRA Technology Limited:Telford, UK, chapter 6.*

*Chae Y, Hinestroza J (2020) Building circular economy for smart textiles, smart clothing, and future wearables. Mater Circ Econ 2:2. <https://doi.org/10.1007/s42824-020-00002-2>*

*Chen, X., Memon, H.A., Wang, Y. et al., (2021), Circular Economy and Sustainability of the Clothing and Textile Industry. Mater Circ Econ 3, 12. <https://doi.org/10.1007/s42824-021-00026-2>*

<https://www.astm.org/catalogsearch/result/?q=biodegradation>, Erişim: Haziran 2024

<https://textileexchange.org/app/uploads/2023/11/Materials-Market-Report-2023.pdf>, Erişim: Mayıs 2024

<https://primaloft.com/bio/>, Erişim: Mayıs 2024

<https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/>, Erişim: Haziran 2024

*Huang, S.J., (2006), Poly(lactic acid) and Copolyesters. In Handbook of Biodegradable Polymers; Bastioli, C., Ed.; RAPRA Technology Limited: Telford, UK, chapter 9.*

Kaplan, S., & Okur, A. (2008). *The meaning and importance of clothing comfort: A case study for Turkey*. *Journal of Sensory Studies*, 23(5), 688-706.

Lee, K. E. (2017). *Environmental sustainability in the textile industry*. *Sustainability in the textile industry*, 17-55.

Muthu, S.S. (2017). *Introduction*. In: Muthu, S. (eds) *Sustainability in the Textile Industry*. *Textile Science and Clothing Technology*. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-2639-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-981-10-2639-3_1)

Qin Y, (2014) *Global fbres overview, synthetic fbres raw materials committee meeting at apic, pattaya, 16 May 2014*.

Samir, A., Ashour, F. H., Hakim, A. A., & Bassyouni, M. (2022). *Recent advances in biodegradable polymers for sustainable applications*. *Npj Materials Degradation*, 6(1), 68. <https://doi.org/10.1038/s41529-022-00277-7>

Siracusa, V. (2019). *Microbial degradation of synthetic biopolymers waste*. *Polymers*, 11(6), 1066.

Yang, Y., Zhang, M., Ju, Z., Tam, P. Y., Hua, T., Younas, M. W., ... & Hu, H. (2021). *Poly (lactic acid) fibers, yarns and fabrics: Manufacturing, properties and applications*. *Textile Research Journal*, 91(13-14), 1641-1669.

# GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ AKRİLİK LİFLERİNİN FARKLI NUMARADAKİ İPLİKLERİN ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Muhammed İdris AKTAŞ<sup>1</sup>, Behzat YILDIRIM<sup>2</sup>, Dilara MUHACIR<sup>1</sup>, Mustafa Kağan ATCI<sup>1</sup>, Mehmet TOPALBEKİROĞLU<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Boyar Kimya San. ve Tic. A. Ş. Gaziantep, Türkiye

<sup>2</sup>Gaziantep University, Textile Engineering Department, Gaziantep, Türkiye  
dilara.muhacir@boyar.com.tr

## ÖZET

Tekstil sektörü doğal kaynakların ve enerji kullanımının yüksek oranda tüketen endüstriyel sektörlerin başında gelmektedir. Tekstil ürünlerini üretirken kullanılan hammaddeler, su tüketimi, enerji tüketimi gibi kaynakları doğrudan ve dolaylı yollarla aşırı şekilde kullanılması önemli çevresel sorunlara neden olmaktadır. Çevresel sorunları azaltmak için atıkların geri dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, geri dönüştürülmüş (GD) akrilik ve poliamid karışımly elyaflarından üretilen ipliklerin özellikleri incelenmiştir. İplikler Nm 7 (akrilyk/GD akrilyk/poliamid: 63/30/7), Nm 7 (akrilyk/GD-akrilyk/poliamid: 67/27/6), Nm 15/1 (akrilyk/GD-akrilyk/poliamid: 69/25/6) ve Nm 20 (akrilyk/GD-akrilyk/poliamid: 64/30/6) olmak üzere dört farklı iplik numarasında karışımly iplikler üretilmiştir. İpliklerin bükümü, kopma mukavemeti, kopma uzaması (%) ve düzgünsüzlük (CVm, kalın yer, ince yer ve neps) testlerini yapılarak iplik özelliklerin numara üzerine olan etkileri incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sürdürülebilirlik, Geri Dönüşüm, Akrilik, Poliamid, İplik düzgünsüzlüğü

## INVESTIGATION OF THE EFFECT OF RECYCLED ACRYLIC FIBERS ON THE PROPERTIES OF YARNS WITH DIFFERENT COUNTS

### ABSTRACT

The textile sector is one of the industrial sectors that consumes high amounts of natural resources and energy. The excessive direct and indirect use of resources, such as raw materials, water consumption and energy consumption, used in the production of textile products causes important environmental problems. Waste needs to be recycled to reduce environmental problems. In this study, the properties of yarns produced from recycled (GD) acrylic and polyamide blended fibers were examined. Blended yarns were produced in four different yarn counts: Nm 7 (acrylic/GD-acrylic/polyamide: 63/30/7), Nm 7 (acrylic/GD-acrylic/polyamide: 67/27/6), Nm 15 (acrylic/GD-acrylic/polyamide) and Nm 20 (acrylic/GD-acrylic/polyamide: 64/30/6). The effects of yarn properties on the count were examined, including the twist, breaking strength, breaking elongation, and unevenness (CVm, thick place, thin place and neps) of the yarns.

**Keywords:** Sustainability, Recycling, Acrylic, Polyamide, Yarn unevenness

### 1. GİRİŞ

Tekstil alanında geri dönüştürülmüş elyafların kullanımı, çevresel olumsuz etkilerin azaltılması ve sürdürülebilirlik açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Geri dönüşüm elyaf kullanımı, atık miktarını

azaltmakta ve doğal kaynakların korunmasına yardımcı olmaktadır. Sürdürülebilirlik açısından, tekstil elyaflarının geri dönüşümü, çöp sahalarına giden atıkların miktarını azaltarak doğal kaynakların daha verimli kullanılmasına katkı sağlamaktadır. Bu sayede gelecek nesiller için daha yaşanabilir bir dünya bırakmamıza yardımcı olmaktadır. Günümüzde pek çok tüketici, çevre dostu ürünleri tercih etme eğilimindedir. Bu tercih üreticilerin marka imajını güçlendirilmektedir.

Geri dönüşüm üzerine yapılan çalışmalar ve incelemeler tekstil sektöründe doğaya verilen zararı en aza indirerek daha kaliteli ürünlerin ortaya çıkmasına yardımcı olmaktadır (Macit vd., 2019). Geri dönüşüm işlemleriyle beraber enerji tüketiminde azalma meydana gelirken çöplere giden atık miktarı önemli ölçüde azaltılmaktadır. Bu sayede tekstil atıklarının önemli bir kısmı üretim hatlarından geri kazanılarak piyasaya sunulmaktadır (Gül, 2021). Geri dönüşüm işlemiyle birlikte kullanılan hammadde, su enerji ve kimyasal gibi kaynakların kullanımının azalması ekonomi üzerinde olumlu etki yapmaktadır. Bununla birlikte geri dönüşüm yeni iş kolları yaratarak çalışanların istihdamında önemli rol oynamaktadır (Ersoy ve Zıraplı, 2014).

Akrilik elyafı yün hissi vermesinin yanı sıra hacimlilik, buruşmazlık, yumuşak tutum sağlanması ve hava geçirgenliği özelliğinden dolayı sektörde tercih edilen lifler arasındadır. Günümüzde dünyada kullanılan liflerin büyük çoğunluğunu sentetikler oluşturmaktadır (Eser vd., 2016). Akrilik lifi ise dünyada en çok kullanılan sentetik liflerden biridir. Dünyada artan nüfusla birlikte liflere olan ihtiyaç doğru orantılı olarak artmakta, bu da daha fazla elyaf tüketimi anlamına gelmektedir. 2012 yılından beri ülkemizde 340 bin ton akrilik lif üretimi yapılmıştır (Çolak, 2020; Bozduğan ve Karacan, 2000). Akrilik lifine talep arttıkça telef miktarlarında paralel olarak artış göstermektedir.

Tekstil sektörü lif, iplik ve kumaş (örme, dokuma ve dokusuz yüzey) üretimi gibi geniş bir alanı kapsamaktadır. Ayrıca, tekstil sektörü elyafların ipliğe ve kumaşa dönüştürülmesinden ileri teknoloji sentetik iplikler, yün, yatak takımı, endüstriyel filtreler gibi çok çeşitli ürünlerin üretimine kadar önemli sayıda faaliyeti kapsayan çok çeşitli ve heterojen bir sektör olduğu söylenebilir. Geniş üretim yelpazesi ile bu sektör geri dönüşüm için en uygun sektördür (Macit vd., 2019; Özdiç, 2021). Sadece akrilik iplik üretimi sektöründe hazırlık ve iplik üretim makinelerinde atık miktarı %3'ü bulabilmektedir. Akrilik telefler çözücü içerisinde tekrar çözülerek yeniden lifler üretilebilmektedir.

Günümüzde geri dönüştürülmüş ürünler, birçok nedenden dolayı son kullanıcılar tarafından tercih edilmeye başlanmıştır. Bu tercih nedenleri arasında çevre dostu ve sürdürülebilirlik (çevresel bilinç ve karbon ayak izinin azaltılması), kaynakların korunması (hammadde, su ve enerji tasarrufu), atık yönetimi ve azaltılması (atıkların azaltılması ve plastik kirliliğinin azaltılması), tüketici talepleri ve eğilimler (artan talep, pazarlama ve imaj), ekonomik faktörler (maliyet avantajı ve yasal teşvikler) ve sosyal sorumluluk (toplumsal farkındalık ve sosyal etki) gibi maddeler sayılabilmektedir.

Bu çalışmada geri dönüştürülmüş akrilik lifinin karışımı ipliklerde kullanılması amaçlanmaktadır. Çalışma kapsamında dört farklı iplik numaralarında geri dönüşümlü akrilik lif karışımı iplikler geliştirilmiştir. İpliklerdeki karışım oranları müşteri istekleri doğrultusunda optimize edilerek bulunmuştur. İplik içeriğinde geri dönüşümlü akrilik lifi, konvansiyonel akrilik ve poliamid liflerden oluşmaktadır. Numunelerin farklı iplik numaralarda iplik kalitesi üzerindeki etkiler incelenmiştir. Müşteri beklentileri dayanıklılık ve mukavemet, hafiflik ve hacimlilik, sürdürülebilirlik ve çevre dostu üretim olarak ön görülmüştür.

Bu çalışmada, geri dönüştürülmüş (GD) akrilik, geleneksel akrilik ve poliamid karışımı elyaflarından üretilen ipliklerin özellikleri incelenmiştir. Çalışma kapsamında inceliği aynı karışım oranı farklı ve karışım oranı aynı inceliği aynı olan dört farklı iplik üretilmiştir. İpliklerin büküm değeri, kopma mukavemeti, kopma uzaması ve iplik düzgünlükleri (CVm, ince yer, kalın yer ve neps) analiz edilmiştir.



## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

Çalışmada kullanılan 3,3 dtex inceliğindeki poliakrilonitril (akrilik) lifler tow halinde Aksa Akrilik Kimya Sanayii A.Ş.'den temin edilmiştir. İplik üretimleri, Boyar Kimya San. ve Tic. A.Ş.'de yapılmıştır.

### 2.1. Karışım İplik Üretimleri

Çalışma kapsamında, geri dönüştürülmüş akrilik, akrilik ve poliamid karışımlarından oluşan dört farklı iplik üretilmiştir. İlk olarak tow halindeki lifler relakse işlemi için sıcak buhardan geçirilmiştir. Ardından bu lifler yeniden kopartma, 1. pasaj cer, 2. pasaj cer, 3. pasaj cer ve finisör makinalarından geçirilerek iplik hazırlık işlemi tamamlanmıştır. Hazırlama makinelerinden geçirildikten sonra ring iplik makinesinde farklı numarada, bükümde ve karışım oranında tek katlı iplikler üretilmiştir. Verilen numara ve büküm değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Son aşamada ise iplikler, volufil makinesinde 650 m/dak çıkış hızında ve 140 °C fırın sıcaklığında üretilerek elde edilmiştir. Üretilen iplik karışımları aşağıda verilmiştir. Volufil makinasından sonra akrilik iplikleri hacimli bir yapı kazanmıştır.

Çizelge 1. Üretilen karışım iplikler

Numune Kodu	Numara	Büküm (T/m)	Karışımlar ve Oranları
N7-GD30	Nm 7	180	akrilik/GD akrilik/poliamid: 63/30/7
N7-GD27	Nm 7	120	akrilik/GD akrilik/poliamid: 67/27/6
N15-GD25	Nm 15	450	akrilik/GD akrilik/poliamid: 69/25/6
N20-GD30	Nm 20	80	akrilik/GD akrilik/poliamid: 64/30/6

### 2.2. Karakterizasyon

İpliklerin kopma mukavemeti ve kopma uzamaları (%), James Heal Titan Universal Strength Tester cihazında BS 1932 standardına uygun olarak 250 mm/dak test hızı ve 250 mm test uzunluğunda ölçülmüştür. Her bir numune için toplamda 20 ölçüm gerçekleştirilmiş ve bu ölçümlerden alınan ortalamalar değerlendirilmiştir.

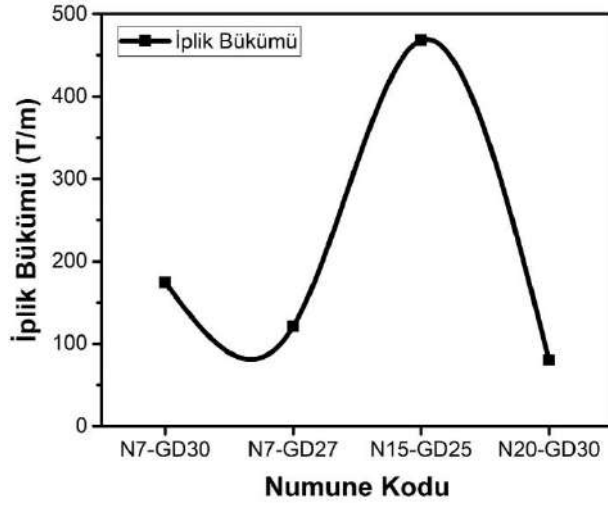
İpliklerin düzgünlük değerleri Premier Tester 7000 Device kullanılarak belirlenmiştir. Test standart olarak her numune için 200 m/dak test hızı ve 1000 m test uzunluğunda yapılmıştır. Bu kapsamda numunelerin düzgünlük, kalın yer, ince yer ve neps değerleri ölçülmüştür.

İpliklerin büküm değerinin tayini için Prowhite büküm cihazı kullanılmıştır. Büküm değerleri açma yöntemine göre belirlenmiş olup, en az 10 adet ipliğin büküm değeri belirlenmiş ve ortalaması alınmıştır.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 3.1. İplik Bükümü

Karışım ipliklerin büküm değeri sonuçları Şekil 1'de verilmiştir.

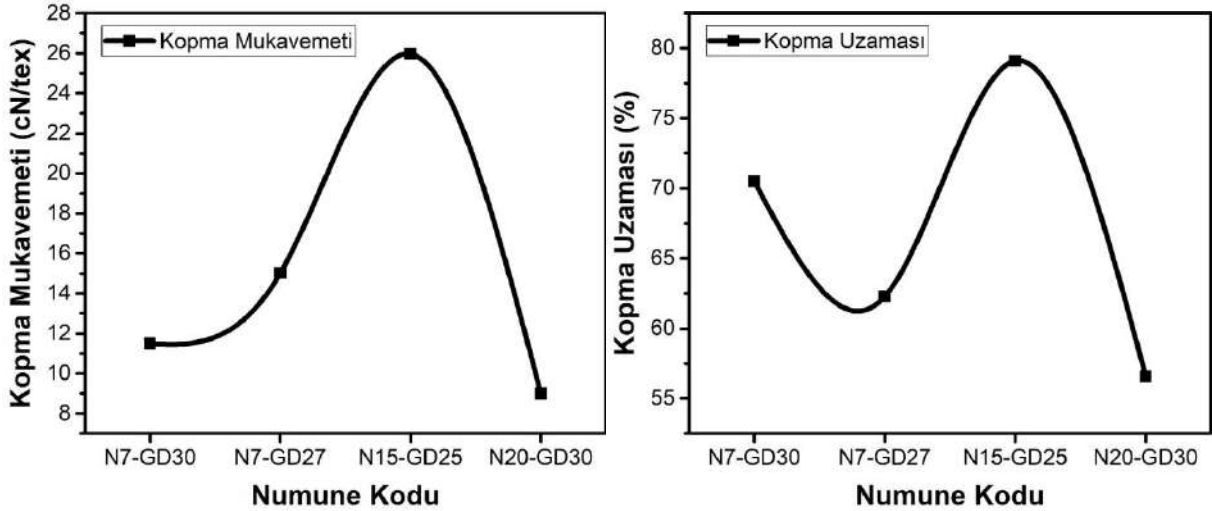


Şekil 1. Karışımli ipliklerin büküm değerleri

İplik bükümleri aynı numaradaki iplikler için (N7-GD30 ve N7-GD27) sonuçlar birbirine yakın olmak ile birlikte geri dönüştürülmüş akrilik oranı daha düşük olan ipliğin bükümü daha düşüktür. En yüksek büküm değeri Nm 15 inceliğindeki iplikte iken Nm 20 inceliğindeki iplikte büküm değeri diğer iplikler ile yakındır.

### 3.2. Kopma Mukavemeti ve Uzaması

Karışımli ipliklerin kopma mukavemeti ve kopma uzaması sonuçları Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Karışımli ipliklerin kopma mukavemeti ve kopma uzaması

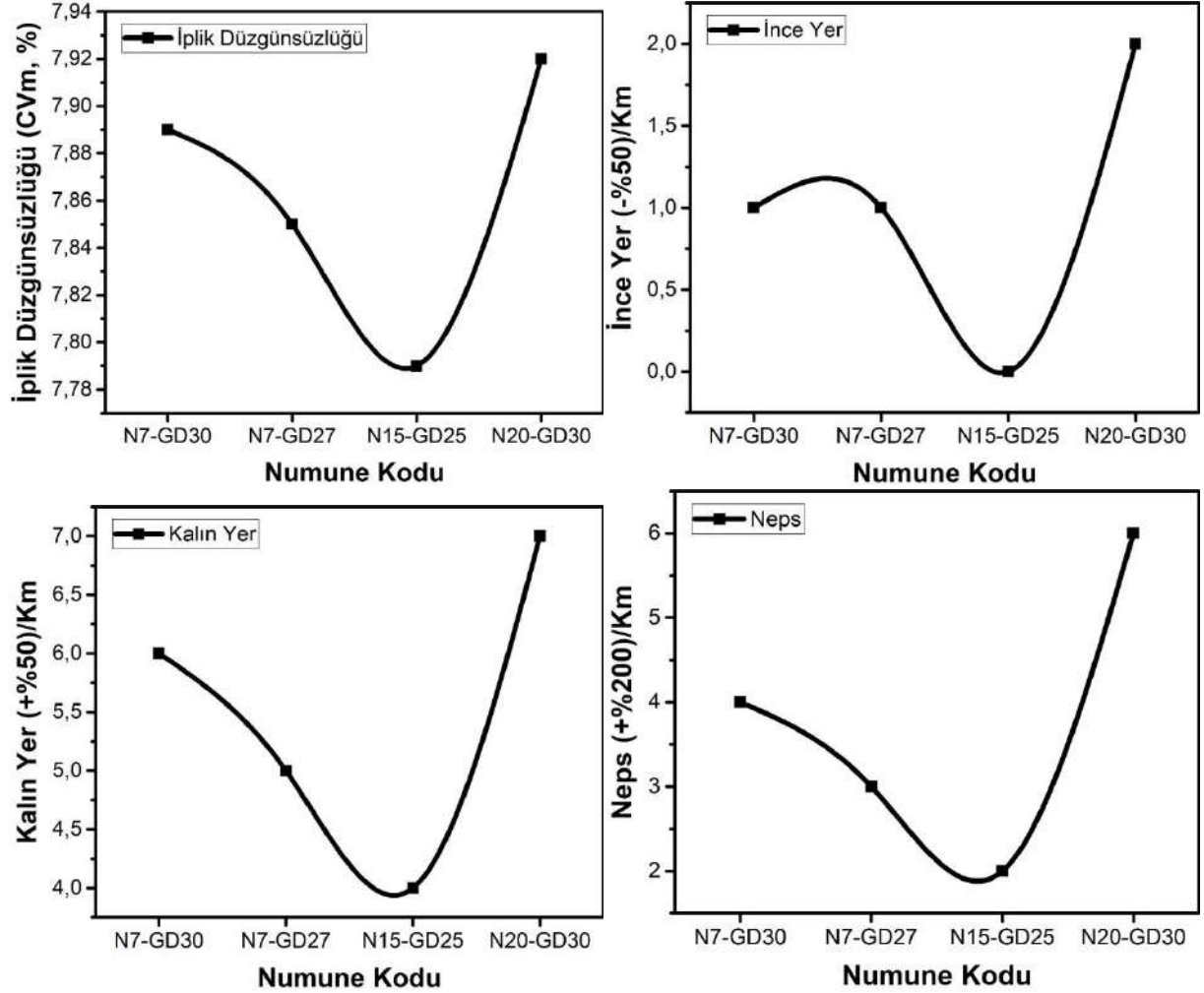
Karışımli ipliklerin kopma mukavemeti aynı numaradaki ipliklerde daha düşük geri dönüştürülmüş akrilik iplikte yüksektir. Geri dönüştürme işlemi ile akrilik iplikte polimer zincirinde kopuşlar ve kısaltmalar gerçekleşmektedir. Polimer zincirindeki bu hasar, ipliğin kopma mukavemetine karşı direncini azaltmaktadır. N15-GD25 numunesinde en yüksek kopma mukavemeti görülmüştür. Kopma mukavemetinin bu kadar yüksek olması ipliğe verilen büküm ile ilişkili olması muhtemeldir. Belirli bir noktaya kadar ipliğe verilen büküm kopma mukavemetini arttırmaktadır. En düşük kopma mukavemeti değeri N20-GD30 numunesinde görülmüştür. Bu numune hem en düşük büküm değerine sahip hem de en yüksek geri dönüştürülmüş akrilik kullanılan ipliklerden biridir. Bu iki etken ipliğin kopma mukavemetinde düşüşe sebep olmaktadır.

Karışımli ipliklerin kopma uzaması aynı numaradaki ipliklerde (Nm 7) GD-Akrilik azaldıkça azalmıştır. Aynı GD-Akrilik oranına sahip (%30) ipliklerde ise iplik incelidikçe kopma uzaması

azalmıştır. Bu sonuçlar iplik büküm sonuçları ile benzerdir. İplik karışımlarında ziyade bükümün kopma uzaması üzerinde daha etkili bir faktör olduğu görülmüştür.

### 3.1. İplik Düzgünsüzlüğü

Karışımli ipliklerin iplik düzgünsüzlüğü, ince yer, kalın yer ve neps sonuçları Şekil 3'te verilmiştir.



**Şekil 3.** Karışımli ipliklerin düzgünsüzlükleri: a) CVm, b) ince yer, c) kalın yer, d) neps

Karışımli ipliklerin iplik düzgünsüzlükleri ve hataları incelendiğinde iplik düzgünsüzlüğü, ince yer, kalın yer ve neps sonuçlarının birbirine benzer ve tutarlı oldukları görülmüştür. Aynı numaradaki ipliklerde geri dönüştürülmüş akrilik oranı azaldıkça düzgünsüzlük, ince yer, kalın yer ve neps hatası azalmıştır. İplik düzgünsüzlüğü ve hataları en düşük N15-GD25 numunesinde görülmüştür. Bu numunede iplik bükümü en yüksek ve ipliğin GD-Akrilik oranı en düşük numunedir. Bu iki parametre iplik hatalarında baskın sonuçlara sebep olmuştur. Büküm iplikteki hataları azaltırken GD-akrilik düzgünsüzlüğü genel olarak arttırmaktadır. En yüksek iplik düzgünsüzlüğü ve hataları N20-GD30 numunesinde görülmüştür. Bu iplik, aynı GD-Akrilik oranına sahip iplikler (GD30) ile kıyaslandığında daha incedir. Benzer şekilde bu ipliğin bükümü diğer ipliklerden daha düşük değere sahiptir. Bu sebeple iplik hatalarının daha yüksek olması muhtemeldir. Bu sonuçlar diğer iplik hataları ile tutarlıdır.

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada geri dönüştürülmüş akrilik, akrilik ve poliamid karışımly elyaflardan üretilen ipliklerin özellikleri incelenmiştir. İplik bükümleri aynı numaradaki ipliklerde için birbirine yakın olmak ile birlikte geri dönüştürülmüş akrilik oranı daha düşük olan ipliğin bükümü daha düşüktür. En yüksek büküm değeri Nm 15 inceliğindeki iplikte olduğu tespit edilmiştir. İpliklerin kopma mukavemeti aynı numaradaki ipliklerden daha düşük geri dönüştürülmüş akrilik oranına sahip iplikte daha yüksektir. En yüksek büküm değerine ve en düşük GD-Akrilik oranına sahip iplikte kopma mukavemeti daha yüksek bulunmuştur. İpliklerin kopma uzaması aynı numaradaki ipliklerde GD-Akrilik azaldıkça azalmıştır. Benzer olarak aynı GD-Akrilik oranına sahip ipliklerde ise iplik incelidikçe kopma uzaması azalmıştır. Aynı numaradaki ipliklerde GD-Akrilik oranı azaldıkça düzgünsüzlük, ince yer, kalın yer ve neps hatası azalmıştır. İplik düzgünsüzlüğü ve hataları en düşük en yüksek bükümlü ve en düşük GD-Akrilik oranına sahip numunede görülmüştür.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışma BYR-TKS016 numaralı proje ile Boyar Kimya San. ve Tic. A.Ş. tarafından desteklenmiştir.

#### KAYNAKÇA

*Bozdoğan, F., Karacan, İ. (2000), Poliakrilonitril (PAN) Kökenli Akrilik Liflerin Yapı ve Özelliklerinin Tanımlanması Üzerine Bir Araştırma. Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma ve Uygulama Merkezi Yayınları, İzmir: 41.*

*Çolak, S. S. (2020), Kesikli Akrilik Lif ve Karışımly İpliklerin Üretim Parametrelerinin İplik ve Kumaş Özelliklerine Etkisi, Doktora Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.*

*Ersoy, Y., Zıraplı, M., (2014), Geri dönüşüm iplikçiliğinin Önemi ve İplik Üretim Yöntemleri, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2, 425-432.*

*Eser, B., Çelik, P., Çay, A., Akgümüş, D., (2016), Tekstil ve Konfeksiyon Sektöründe Sürdürülebilirlik ve Geri Dönüşüm Olanakları (Sustainability and Recycling Opportunities in the Textile and Apparel Sector), Tekstil ve Mühendis, 23: 101, 43-60.*

*Gül, S. E., (2021), Konvansiyonel ve Geri Dönüştürülmüş Kumaşlarda Terbiye Etkinliğinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.*

*Macit, H., Tayyar, A. E., Macit, A. Ş., Alan, G., (2019), Tekstil Sektöründe Geri Dönüşüm Olanakları ve Uşak İli'nde Güncel Durum, Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa Bilimleri Dergisi, 2, 91-102.*

*Özdiñç, Ö., (2021), Tekstil Sektöründe Geri Dönüşüm, UMTEB International Congress on Vocational & Technical Sciences-XI, September 3-5, 291-305, Ankara.*

# DENİM TERBİYE HATTINDA BİRİKEN LİF DÖKÜNTÜLERİNİN BETON TAKVİYESİNDE KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

**Ebru ÇALIŞKAN<sup>1</sup>, Cem GÜNEŞOĞLU<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Baykan Denim Ar-Ge Merkezi, Malatya, Türkiye*

<sup>2</sup> *Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Gaziantep*  
Ebru.Caliskan@baykandenim.com

## ÖZET

Sürdürülebilir üretim anlayışının temelini oluşturan geri kazanım işlemleri kısaca geri dönüşüm (recycle), ileri dönüşüm (upcycle) ve aşağı dönüşüm (downcycle) olarak sınıflanabilmektedir. Atık malzemenin kendisinden daha farklı ve katma değerli bir ürüne dönüştürülmesi olarak tanımlanabilecek upcycle işlemi, yüksek atık yüküne sahip tekstil işletmelerinin değerlendirebileceği bir üretim anlayışıdır. Denim kumaşların konfeksiyon aşamasından sonra uygulanan efekt yıkama işlemleri kurutma prosesleri ile tamamlanmakta ve yüksek parça yıkama kapasitesine sahip bir işletmede kurutma tamburları filtrelerinde günlük 50 kg civarında lif döküntüsü birikebilmektedir. Çalışmada, sürdürülebilir üretim anlayışının bir parçası olan "upcycle işlem" örneği olacak şekilde denim yıkama işlemlerinin farklı istasyonlarındaki kurutma tamburlarının filtrelerinde biriken lif döküntülerinin harç sistemlerinde kullanım olanakları araştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Denim, Sürdürülebilirlik, İleri dönüşüm, Geri dönüşüm

## INVESTIGATION OF THE POSSIBILITIES OF USING THE FIBER WASTE ACCUMULATED IN THE DENIM FINISHING LINE IN CONCRETE REINFORCEMENT

### ABSTRACT

Recovery, which is almost the basis of sustainable production approach, can be classified as recycling, upcycle and downcycle. The upcycle process, which can be defined as the transformation of waste material into a different and increased value-added product, is a production approach that textile industry with high waste would be interested. The effect washing processes applied after the apparel stage of denim fabrics are completed with drying processes, and in a textile mill with a high washing capacity around 50 kg of fiber wastes would be collected in drum dryers. In the study, the possibility of using fiber wastes accumulated in the filters of drum dryers of denim washing lines, as mortar additive is investigated, as an example of "upcycle process".

**Keywords:** Denim, Sustainability, Upcycle, Recycle

## 1. GİRİŞ

Sürdürülebilir üretim anlayışının temelini oluşturan geri kazanım işlemleri kısaca geri dönüşüm (recycle), ileri dönüşüm (upcycle) ve aşağı dönüşüm (downcycle) olarak sınıflanabilmektedir. Geri dönüşüm (recycle), herhangi bir şekilde kullanılmış ve kullanım dışı kalmış atık malzemelerin geri kazanılabilecek nitelikte olanlarının farklı yöntemlerle hammadde olarak yeniden üretim sürecine katılması şeklinde tanımlanabilmektedir. İleri dönüşüm (upcycle), atık malzemeyi eşit veya daha yüksek katma değerli bir ürüne dönüştürülmesi; aşağı dönüşüm (downcycle) ise daha düşük değere dönüştürülmesi olarak ifade edilebilir.

Baykan Denim, yıllık 12 milyon adet parça yıkama kapasitesine sahip büyük bir denim konfeksiyon işletmesi olup bünyesinde toplamda 39 adet tamburlu kurutucu bulunmaktadır. Tekstil tipi tamburlu kurutucular açık çevrimli kurutma prensibe sahip makinelerdir. Kurutma esnasında ısıtılarak bağlı nemi düşürülen sıcak hava kumaş bünyesindeki nemi ısıtarak buharlaşmasını kolaylaştırır; bu esnada yüzeye göç eden su molekülleri kısa lifleri beraberinde yüzeye taşır. Döner tamburun oluşturduğu mekanik çarpma etkisi kısa liflerin kurutma havası içinde karılmasına neden olur. Bu lifler, kurutma havası ile çıkış bacası filtresine ulaşır ve büyük bir kısmı filtre yüzeyinde kalır. Filtrenin temizleme periyodu makine çalışma kapasitesi ve çalışma zamanı parametrelerine bağlıdır. Filtrede biriken lif döküntüleri evsel atık statüsünde işletmeden atılmaktadır. Denim konfeksiyon sürecinin bir parçası olan lif döküntüleri tekstil işletmelerinin diğer süreçlerinde toplanan (örn. iplik fabrikalarının proses havası şartlandırması için görev yapan klima tesisatının filtre ünitelerinde biriken) liflere göre daha uzun ve düzgün boy dağılımına sahiptir; dolayısıyla başka proseslerde değerlendirilmeleri daha kolaydır.

Tekstil yüzeyleri, uzun yıllardır bina ve inşaat tekstillerinde kullanılmaktadır. Mukavemet, elastikiyet, ısı ve ışık dayanımı, hafiflik gibi öne çıkan mekanik özellikleri nedeniyle lifler ve kumaşların binalarda istenen dayanım, su, ısı ve ses izolasyonu, barınma güvenliği gibi beklentileri karşılamak adına kullanıldığına dair akademik ve ticari örnekleri bulmak mümkündür. Bu çalışmalara örnek olarak yorulma dayanımı, kavitasyon (boşluk oluşumu), aşınma dayanımı, çekme dayanımı, çatlama sonrası yük taşıma dayanımı ve süneklilik açısından zayıf performans gösteren, gevrek yapıdaki bir malzeme olanın harcın ve/veya betonun çeşitli lifli malzemelerle güçlendirilmesi verilebilir (Yurtaslan, 2018). Harç ve/veya betondaki su miktarının çimento hidrasyonu ve çevresel etkiler nedeniyle azalması sonucu çimento matrisinde iç gerilmeler oluşur ve beton büzülmeğe karşı zorlanır. Harç ve/veya betonda su kaybının neden olduğu bu hacimsel değişikliğe "Rötre" (büzülme, kılcal çatlak) denir (Cengiz, 2015). Rötre, harç, beton ve betonarme yapılar da çatlaklara yol açtığı için geçirimsizliğinin artmasına yol açarak yapı malzemelerinin dayanıklılığını azalttığı gibi mimari görünüş olarak da yapıyı olumsuz etkiler. Harç ve/veya beton içerisine lifler yerleştirildiğinde lifler çatlakları köprüleyebilen, çekme gerilmesi taşıyabilen ve enerji yutabilen üç boyutta birleştirici ağ oluştururlar. Lif takviyeli harç ve/veya beton, çatlamağa karşı direncinin yanında çekme dayanımı ve enerji yutma kapasitesi de göstermektedir (Dönmez ve Türker, 2017). Lif takviyeli harç ve/veya beton uygulamalarında cam, asbest, polyester, aramid, poliamid gibi sentetik lifler yüksek mukavemeti, yüksek elastisite modülleri, dairesel kesitleri ve hidrofob karakterleri nedeniyle tercih edilirken pamuk, keten, jüt, sisal, hindistan cevizi lifi, yün gibi doğal liflerin de kullanıldığı görülmektedir. Higroskopik karakterde doğal liflerin beton elde edilirken eklenmesi gereken su miktarını arttırması ve liflerin su absorpsiyonu nedeniyle yapı içindeki gözenekliliği arttırdığına dair literatür bulguları (Alomayri ve ark., 2013, Composites: Part B, 1-6) söz konusu lif takviyeli betonun ısı, ses yalıtımı ve yanma esnasında dökülme riskinin azaltılması amacıyla (Hager ve Mroz, 2019, Materials, 12, 3869, 1-20) kullanılabileceği değerlendirmesi yapılmasına neden olmaktadır.

Bu çalışmada, Baykan Denim İşletmelerinde kurutma tamburlarında biriken lif döküntülerinin atık statüsünden çıkartılarak ileri dönüşüm ile değerlendirmesi düşüncesi ile söz konusu lif döküntülerinin; harç sistemlerinde takviye malzemesi olarak kullanım imkanının araştırılması amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

Çalışma kapsamında, Baykan Denim işletmelerinde kurulu bulunan kurutma tamburlarının filtrelerinden lif döküntüleri toplanmış ve öncelikle lif demetlerindeki ponza taşı vb. malzemeler ayıklanmıştır.



**Şekil 1.** Tamburlu Kurutma Makinası Döküntü Haznesi ve Biriken Döküntü Elyaf

### 2.2. Metot

Harç numunelerin üretimi için TS EN 197-1 standardı ile uyumlu CEM I 42,5R Portland çimentosu, ince agrega ve şehir şebekesinden alınacak içme suyu kullanılmıştır. Harç numuneler TS EN 196-1'e uygun olarak çimento / agrega / su karışım ağırlık oranları 1:3:0,5 olacak şekilde üretilmiştir.

Laboratuvar ortamında harç karışımlarına ağırlıkça % 0 (lif içermeyen referans örnek), 0.2, 0.4 ve 0.6 oranında lif döküntüleri eklenmiş; karıştırma sonrası 40×40×160 mm<sup>3</sup> boyutunda prizma ve silindir kalıplarda örnekler hazırlanmıştır. Üretilen örnekler 28 gün 20±2°C sıcaklıkta oda koşullarında su içerisinde kür edilmiştir.

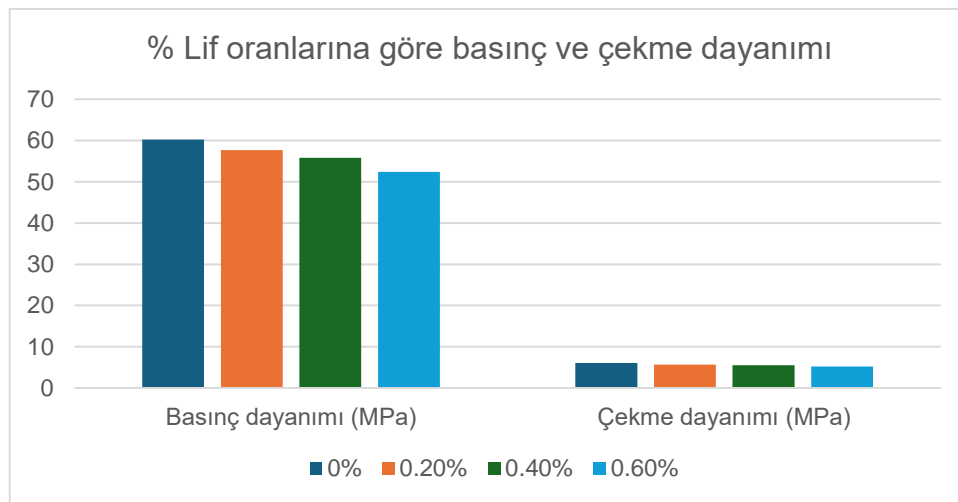
Sertleştirilmiş harç örneklerine TS EN 1015-11'e göre çekme ve basınç dayanımı tayini testleri uygulanmıştır.



Şekil 2. Metod Görüntüsü

### 3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Harç örneklerine ait basınç ve çekme test sonuçları Şekil 3'te görülmektedir.



Şekil 3. % Lif Miktarına Göre Elde Edilen Numunelerin Basınç ve Çekme Dayanımı



Şekil 3'te görülen test sonuçları, kurutma tamburlarından toplanan lif döküntülerinin harç numunelerinin basınç ve çekme dayanımlarında düşüşe neden olduğu ancak bu düşüşün kabul edilebilir sınırlar içinde olduğunu göstermiştir.

#### 4. SONUÇLAR

Lif eklenmesi numunelerin basınç ve çekme dayanımlarında düşüşe neden olsa da bu düşüş kabul edilebilir sınırlardadır. Literatürde yapılan çalışmalarda da harç numunelerine elyaf katılması ilave edilmesi harç numunesinin basınç ve çekme dayanımını düşürmektedir. Harç sistemleri taşıyıcı sistemlerde kullanılmadı için mukavemetteki düşüş sorun oluşturmamaktadır.

#### 5. KAYNAKLAR

*Alomayri, T., Shaikh, F. U. A., Low, I. M. (2013). Characterisation of cotton fibre-reinforced geopolymer composites. Composites Part B: Engineering, 50, 1-6.*

*Cengiz, Ahmet. İnşaat endüstrisine yönelik doğal elyaf katkılı kompozit malzemelerin hazırlanması. Haccettepe Üniversitesi, Kimya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans tezi; 2015*

*Dönmez, E. T., Türker, E. (2017). Tekstil Atıkları İçeren Yüzeylerin Sahip Olduğu Elektromanyetik Kalkanlama, Ses ve Isı İzolasyonu Özellikleriyle İlgili Literatür İncelemesi. Tekstil ve Mühendis, 24(106), 124-135*

*Hager, I., Mróz, K. (2019). Role of polypropylene fibres in concrete spalling risk mitigation in fire and test methods of fibres effectiveness evaluation. Materials, 12(23), 3869.*

*Yurtaslan, Özge. Bir tekstil işletmesinde üretilen tekstil teleflerinin çevreci bir yaklaşımla geri kazanımı. Bursa Teknik Üniversitesi, Lif ve Polimer Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi; 2018*

# SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK YOL HARİTASI – SASA ÖRNEĞİ

**Ayten DÖĞER**

*SASA Polyester San. A.Ş. Seyhan, Adana, Türkiye*

## ÖZET

Sürdürülebilirlik kavramı Çevresel, Sosyal Sürdürülebilirlik ve Kurumsal Yönetişim kavramlarından oluşur. Sürdürülebilirlik organizasyonu, üretim sektöründe sürdürülebilirlik organizasyonu oluşturulması ve komite yapısı ile sağlanır. Bu organizasyon içerisinde çalışma grupları ile süreç yürütülür. Sürdürülebilirlik stratejisinin oluşturulması ve geliştirilmesinde farklı metodlar kullanılabilir. Kullanılan metodlar ile elde edilen veriler Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları ışığında değerlendirilmelidir. Sürdürülebilirlik hedefleri, belirlenen stratejiye uygun olarak Çevresel, Sosyal ve Yönetişim başlıklarında ayrı ayrı hazırlanmalıdır. Sürdürülebilirlik Raporu, Standartlara uygun sürdürülebilirlik raporu hazırlanma aşamaları ile raporun doğrulanmasına ilişkin süreçlerden oluşur. Bu çalışmada bahsedilen konularla ilgili olarak SASA için hazırlanan sürdürülebilirlik raporu detayları anlatılmıştır. Ayrıca ÇSY (Çevresel, Sosyal, Yönetişim) konularındaki Sürdürülebilirlik Derecelendirmesi, hazırlanan raporların uluslararası ölçekte derecelendirilmesi ve derecelendirme süreçlerine ait bilgiler de verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sürdürülebilirlik, Sosyal, Çevresel, Kurumsal, Raporlama

## SUSTAINABILITY ROADMAP – SASA EXAMPLE

### ABSTRACT

The concept of Sustainability consists of the concepts of Environmental, Social Sustainability and Corporate Governance. Sustainability unity, sustainability in production is achieved through sustainability and committee structure. The process is carried out with work pieces within this organization. There are different methods to support and develop sustainability strategies. The data obtained by the methods used should be evaluated according to the United Nations Sustainable Development Goals. The sustainability target should be prepared separately under the headings of Environmental, Social and Governance in accordance with the appropriate strategy. Sustainability Report consists of the stages of preparing a sustainability report in accordance with the standards and the processes of verifying the report. Regarding these distribution issues, the details of the sustainability reports for SASA are explained. In addition, Sustainability (ESG) Rating, international rating of extended reports and information about the ratings are provided.

**Keywords:** Sustainability, Social, Environmental, Corporate, Reporting

### 1.GİRİŞ

Sürdürülebilirlik, doğal kaynakların dengeli ve bilinçli bir şekilde kullanılmasıyla bugünün ihtiyaçları karşılanırken gelecek kuşakların ihtiyaçlarının da göz önünde bulundurulmasıdır. Sürdürülebilirlik süreçlerinde kaynakların verimli kullanımı esas olup çevresel etkilerin en aza indirilmesi ve toplumsal refahın artırılması amaçlanır. Sürdürülebilirlik süreci 3 ana başlıkta yürütülür.

Çevresel Sürdürülebilirlik, iklim krizi ve karbon yönetimi, yeşil tedarik, yenilenebilir enerji, enerji verimliliği, döngüsel ekonomi, sürdürülebilir ürün yönetimi, yaşam döngüsü, sürdürülebilir ürün beyanları, yeşil kimya, çevreye karşı sorumluluk gibi konu başlıklarından oluşur.

Sosyal Sürdürülebilirlik, haklar, eşitlikler, etik, çalışan sirkülasyonu, sağlık ve güvenlik, tedarikçi güvenliği, kurumsal sosyal sorumluluk, işbirlikleri, mesleki eğitim ve gelişim, çeşitlilik, yetenek yönetimi, sosyal sorumluluk projeleri ve sertifikasyonlar gibi konu başlıklarından oluşur.

Kurumsal Yönetişim ise sürdürülebilirlik komitesi ve faaliyetleri, sürdürülebilirlik raporlamaları, ÇSY politikaları, SPK (Serbest Piyasa Kurulu) gereklilikleri, kurumsal yönetim yapısı, yönetim kurulu kadın temsiliyeti, paydaş katılımı, paydaş risk ve fırsatları, yeşil tedarikçi, yeşil satın alma, STK (Sivil Toplum Kuruluşu) işbirlikleri gibi konu başlıklarından oluşur.

Şirketlerin SKH'lerle stratejik uyum yoluyla uzun vadeli yaşayabilirliklerini artırırken sürdürülebilir kalkınmaya önemli ölçüde katkıda bulunma potansiyeline sahip oldukları açıktır. Sürdürülebilirliğe öncelik veren şirketler, uzun vadede finansal açıdan benzerlerinden daha iyi performans gösterme eğilimindedir. Finansal performans ve sürdürülebilir yatırım arasındaki ilişki çok yönlüdür ve sürdürülebilirlik, uzun vadeli değer yaratmanın kilit bir itici gücü olarak giderek daha fazla kabul görmektedir (Academic Journal of Business Administration Law and Social Sciences, Temmuz 2024).

## **2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK YÖNETİMİ**

Şirketlerde Sürdürülebilirlik Yönetimi, genel olarak komite ve çalışma grupları ile yürütülür. Şirket yönetimi tarafından yayınlanan politikalar ve belirlenen stratejiler doğrultusunda sürdürülebilirlik süreçleri şirketin tüm kademelerinde ele alınarak tüm süreçlere entegre edilmelidir.

Şirketin sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılabilmesi için sürdürülebilirlik çalışmalarının, tüm çalışanlar tarafından benimsenmesi, katkıda bulunulması ve bu çalışmaların şirketin üst yönetimi tarafından da desteklenmesi önemlidir.

### **2. 1. Sürdürülebilirlik Komitesi**

#### **2.1.1 Dayanak**

Sermaye Piyasası Kurulu'nun (SPK) Kurumsal Yönetim Tebliğinde 2 Ekim 2020 tarihli değişikliği ile yayımlanan "Sürdürülebilirlik İlkeleri Uyum Çerçevesi" düzenlemesi ve İklim Değişikliği Hareketi kapsamında ülkemiz tarafından da imzalanan Paris Anlaşması çerçevesinde, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları esas alınarak Sasa Polyester Sanayi A.Ş Yönetim Kurulu'nun 13.12.2021 tarih ve 64 sayılı kararı ile Sürdürülebilirlik Komitesi (Komite) kurulmuştur ([www.sasa.com.tr](http://www.sasa.com.tr))

#### **2.1.2 Amaç**

Sürdürülebilirliğin ana başlıkları olan çevresel, sosyal ve kurumsal yönetim süreçleri şirket organizasyonu içerisinde yönetim kuruluna bağlı olarak teşkil edilen ayrı bir yönetim komitesi ile yürütülür. Sürdürülebilirlik komitesi olarak adlandırılan bu oluşum Şirket'in çevresel, sosyal ve kurumsal yönetim alanlarında ürettiği değeri artırarak, sürdürülebilirlik stratejisini oluşturmayı, sürdürülebilirlik alanında politikalarının, bilimsel tabanlı hedeflerini belirlemeyi ve bu kapsamlardaki uygulamalarını yürütmeyi, izlemeyi ve denetlemeyi amaçlamaktadır.

#### **2.1.3. Komite'nin Oluşumu ve Yapısı**

Komite, Yönetim Kurulu'nun onayı ile oluşturulur ve yetkilendirilir. Komite en az 12 (oniki) en fazla 24(yirmidört) üyeden oluşur. En az 1 (bir) yönetim kurulu üyesinin komitede bulunması esastır. İlk komite toplantısında, komite üyeleri tarafından başkan, başkan vekili, çalışma grupları koordinatörü, komite koordinatörü ve bir raportör seçilir. Komite'nin aldığı kararların uygulanmasını Çalışma Grupları gerçekleştirmektedir. Dönem içerisinde Yönetim Kurulu kararı aranmaksızın mevcut komitenin kararıyla komiteye yeni üye alınabilir.

## 2.1.4. Komitenin Görev ve Sorumlulukları

Şirket' in, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları doğrultusunda;

- Sürdürülebilirliğin Şirket yapısına entegre edilmesi amacıyla çalışmalar yürütmek ve projeler geliştirmek,
- Sürdürülebilirlik konusunda ulusal ve uluslararası gelişmeleri takip etmek,
- Sürdürülebilirlik stratejisini, hedeflerini, yol haritalarını ve politikalarını oluşturmak,
- Sosyal, çevresel ve kurumsal yönetim konularında riskleri pro-aktif bir şekilde yöneterek, şirket'in sürdürülebilirlik stratejisi ve politikasına yön vermek,
- İklim değişikliğiyle mücadele kapsamında iş süreçlerinde karbon salımını azaltmaya yönelik projeler geliştirmeyi desteklemek ve hayata geçirilmesini sağlamak,
- Şirketin sürdürülebilirlik ile ilgili yol haritasını ve uygulamalarındaki gelişmeleri takip etmek, hedefler koymak, bu doğrultuda performans ölçütlerini belirlemek, hedefler doğrultusunda performansı denetlemek ve Şirket'in tüm ilgili birimlerinin sürece aktif katılımını sağlamak,
- Çalışmalar kapsamında Şirket bünyesinde oluşturduğu Çalışma Grubunu yetkilendirmek ve koordine etmek,
- Sürdürülebilirlik politikasını, hedeflerini, uygulamalarını, çalışma esaslarını, yönetim sistemlerini düzenli olarak gözden geçirerek yeniden düzenlemek, yürütmek, izlemek ve denetlemek gerekli durumlarda Yönetim Kurulu'nun onayına sunmak,
- Şirket sürdürülebilirlik politikası ve hedefleri doğrultusunda tüm Şirket çalışanlarının bilgilendirilmesini sağlamak ve çalışanların bu politikaları içselleştirmesi yönünde çalışmalar yapmak,
- Şirket sürdürülebilirlik stratejisi, politikası ve uygulamaları hakkında tüm paydaşlar için paydaş katılımının gerçekleştirilmesini sağlamak,
- Çalışma çıktılarının Şirket sürdürülebilirlik politikaları ve Şirket beklentileri ile örtüşmesini sağlamak Komite'nin görev ve sorumlulukları arasında yer alır.
- Komite yılda en az 1(bir) defa faaliyetleri ve çıktıları hakkında Yönetim Kurulu'nu bilgilendirir.
- Şirket komitenin belirlediği sürdürülebilirlik politikası ve hedefleri doğrultusunda tüm paydaşların bilgilendirilmesini sağlar.
- Çalışanların bu politikaları içselleştirmesi hakkında çalışmalar yapar.

## 2.2. Çalışma Gruplarının Oluşumu, Sorumlulukları ve Çalışma Esasları

Çalışma Grupları, komite tarafında sürdürülebilirlik çalışmasını destekleyecek konularda belirlenen hedeflere ait projeleri gerçekleştirmek amacıyla Şirket' in ilgili birimlerinde çalışan kişilerden oluşturulur. Çalışma Gruplarının koordinasyonu Çalışma Grupları Koordinatörü tarafından yürütülür. Çalışma Grupları kendi içlerinde ayrıca toplanır ve toplantıya ait rapor çıktılarını çalışma grupları koordinatörüne sunar. Çalışma Grupları Koordinatörü, toplantı tutanaklarını ve proje rapor çıktılarını komiteye elektronik ortamda sunar.

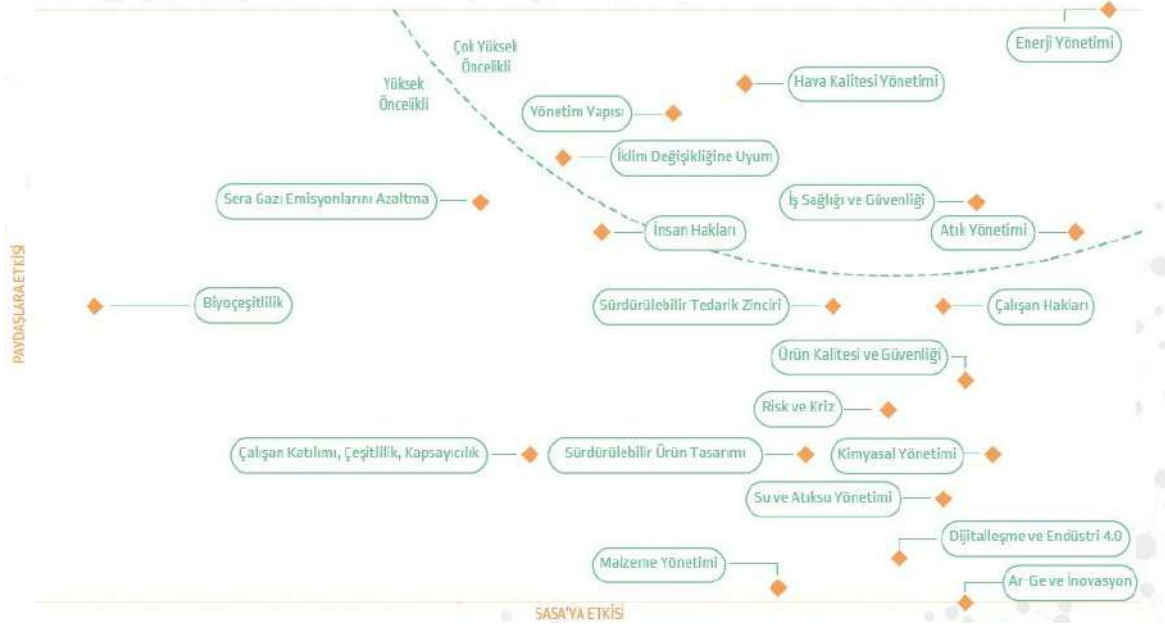
## 3. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK STRATEJİSİNİN OLUŞTURULMASI

### 3.1 Önceliklendirme Matrisi

Paydaş içgörülere alınarak önceliklendirme matrisi oluşturulur. Önceliklendirme matrisindeki "Çok Yüksek" ve "Yüksek" öncelikli konular kurumsal sürdürülebilirlik stratejisini belirlemede önemli bir faktör olarak değerlendirilir.

2022 yılına ait SASA önceliklendirme matrisi aşağıda verilmiştir. (Şekil 1)

Yapılan değerlendirmelerin ve paydaş katılımının sonucu olarak çok yüksek öncelikli ve yüksek öncelikli konuları kapsayan SASA önceliklendirme matrisini oluşturduk. SASA Önceliklendirme Matrisi'nin Y ekseninde öncelikli konuların paydaşlara etkisi; X ekseninde ise SASA'ya etkisi gösterilmektedir. Sürdürülebilirlik hedeflerimizi belirleme ve sürdürülebilirlik stratejimizi geliştirme sürecinde önceliklendirme analizinin sonuçlarından faydalandık.



Şekil 1 SASA Önceliklendirme Matrisi

### 3.2. Öncelikli Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları

Öncelikli sürdürülebilirlik kalkınma amaçları,

- Paydaş içgörülere,
- Sektörel ve global trendler,
- Rakipler,
- Şirketin güçlü yönleri ve geliştirmeye açık alanları dikkate alınarak belirlenir.

Aşağıda 2022 yılına ait SASA için belirlenen öncelikli kalkınma amaçları yer almaktadır. (Şekil 2)

ÖNCELİKLİ SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA AMAÇLARIMIZ			
İlgili SKA veya Hedef	Öncelikli Konumuz	İlgili SKA veya Hedef	Öncelikli Konumuz
<b>3 SAĞLIK VE GÜVENLİK</b> SKA 3: Sağlıklı ve kaliteli yaşamı her yaşta güvence altına almak.	• İş Sağlığı ve Güvenliği	<b>9 SÜRDÜRÜLEBİLİR ÜRETİM</b> SKA 9: Dayanıklı altyapılar tesis etmek, kapsayıcı ve sürdürülebilir sanayileşmeyi desteklemek ve yenilikçiliği güçlendirmek.	• Ar-Ge ve İnovasyon
<b>5 CİNSİYET EŞİTLİĞİ</b> SKA 5: Cinsiyet eşitliğini sağlamak ve tüm kadınlar ile kız çocukların güçlendirmek.	• Çalışan Profelinin Çeşitliliği	<b>12 SÜRDÜRÜLEBİLİR ÜRETİM</b> SKA 12: Sürdürülebilir üretim ve tüketim modellerini sağlamak.	• Atık ve Tehlikeli Madde Yönetimi • Ürün Kalitesi ve Güvenliği • Ürün Tasarımı ve Yaşam Döngüsü Yönetimi • Sürdürülebilir Hammade ve Malzeme Tedarigi
<b>6 TEMİZ SU VE ATIKSU</b> SKA 6: Herkes için erişilebilir su ve atıksu hizmetlerini ve sürdürülebilir su yönetimini güvence altına almak.	• Su ve Atık Su Yönetimi	<b>13 İKLİM ETKİSİ</b> SKA 13: İklim değişikliği ve etkilerini mücadele etmek için acilen harekete geçmek.	• İklim Krizi ve Karbon Emisyonlarını Azaltma • Hava Kalitesi Yönetimi
<b>7 ENERJİ VE TEMİZLENERGİ</b> SKA 7.2: 2030 yılına kadar yenilenebilir enerjinin küresel enerji bileşimindeki payını önemli ölçüde artırmak.	• Enerji Yönetimi	<b>14 SAĞLIKLI DENİZLER VE DENİZ KAYNAKLARI</b> SKA 14: Sürdürülebilir kalkınma için okyanusları, denizleri ve deniz kaynaklarını korumak ve sürdürülebilir kullanmak.	• Atık ve Tehlikeli Madde Yönetimi • Biyoçeşitlilik
<b>8 İNSAN HAKLARI VE ETKİNLİKLER</b> SKA 8: İstihkanı, kapsayıcı ve sürdürülebilir ekonomik büyümeyi, tam ve üretken istihdamı ve herkes için insana yakışır işleri desteklemek.	• İnsan Hakları ve Toplum İlişkileri • Çalışan Hakları • Çalışan Görüşlerinin Alınması	<b>16 BARAJ VEYA DÜĞÜLÜMLER</b> SKA 16.5: Yolsuzluk ve rüşvetin tüm türlerini ciddi miktarda azaltmak. SKA 16.6: Her düzeyde etik, hesap verebilir ve şeffaf kurumlar geliştirmek.	• İş Etiği ve Şeffaflık • Risk Yönetimi • Yasa ve Yönetmeliklere Uyumu Yönetim • Veri Güvenliği

Şekil 2 SASA Öncelikli Kalkınma Amaçları

### 3.3. Sürdürülebilirlik Hedeflerinin Oluşturulması

Sürdürülebilirlik hedeflerimizi Çevresel Sürdürülebilirlik, Sosyal Sürdürülebilirlik ve Kurumsal Yönetişim başlıkları altında ayrı ayrı belirlenmelidir.

Çevresel Sürdürülebilirlik konusunda belirlenen hedefler İklim Krizi ve Karbon Yönetimi, Çevreye Karşı Sorumluluk, Sürdürülebilir Ürün Yönetimi ve Döngüsel Ekonomi,

Sosyal sürdürülebilirlik için belirlenen hedefler Haklar, Eşitlikler & Etik, Kurumsal Sosyal Sorumluluk & İşbirlikleri, Sağlık & Güvenlik,

Kurumsal Yönetişim için belirlenen hedeflere ise Sürdürülebilirlik Yönetişimi, Kurumsal Yönetişim Yapısı ve Paydaş Katılımı başlıklarından oluşmaktadır.

SASA'ya ait öne çıkan hedefler aşağıda özetlenmiştir.

2025 yılına kadar Yönetim Kurulu'ndaki kadın sayısı oranının %25 olması

Öncelikle sürdürülebilirlik iş kolunda olmak üzere STK işbirliklerinin artırılması

Her yıl düzenli olarak sürdürülebilirlik raporlamasının GRI standartlarına uygun olarak yayınlanması, TCFD raporlarının yayınlanması,

CDP su güvenliği ve iklim değişikliği raporlamasının yapılması

Her paydaş için risk ve fırsatların belirlenmesi

Risk & fırsat analizinin her yıl paydaşların görüşleri, sektörel değişimler ve SASA'nın gelişimine bağlı olarak güncellenmesi

2025 yılına kadar, Yeşil Tedarikçi seçimi bakış açısı ile sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik kriterlerinin güncellenmesi ve güncellenen kriterlerin tedarikçi seçiminde göz önünde bulundurulması

Kadın çalışan temsilci sayısının artırılması

Kadın erkek eşitliği konusunda bilinçlendirme çalışmalarının artırılarak, kadın yönetici temsiliyetinin 2025'e kadar en az %20'ye ulaşması ve çalışan sirkülasyonunu her yıl %2 azaltılması ve 2025 yılında %3'ün altına düşürülmesi Döngüsel İK modelinin geliştirilmesi

Önlem ve bilinçlendirme çalışmalarını artırarak iş kazası sayılarının azaltılmasını sağlamak ve LTIR(Kayıp Zaman Yaralanma Oranı)'nın 1'in altına düşürülmesi

Tedarikçi güvenlik prosedürlerinin uygulamasının devam etmesi ve izleme/takip sistemiyle tedarikçi güvenlik programının geliştirilmesi

Toplam elektrik kullanımında yenilenebilir enerji payı hedefimiz:2023 yılı için %2,5, 2024 yılı için %4, 2030 yılı için %50

Karbon yoğunluğumuzu 2019 yılına göre %69 azaltarak 0,21 t-CO<sub>2</sub>e/ton seviyesine düşürmek

2025 yılına kadar aydınlatma kapsamında yapılan enerji verimliliği çalışmalarının geliştirilerek 66.560 kWh elektrik tasarrufu sağlamak

2025 yılına kadar enerji kaynağı tüketimlerimizde; su buharı için 3.704 ton/yıl, doğalgaz için 74.000 sm<sup>3</sup>/yıl, elektrik için 91.100.000 kWh/yıl enerji tasarrufu sağlanması

Yapımı devam eden atıksu arıtma tesisi ve geri kazanım tesisi ile 2025 yılına kadar %55-60 oranında su geri kazanımı

### 4. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK RAPORLAMASI

Şirketler çeşitli stratejik, etik ve operasyonel nedenlerle sürdürülebilirlik raporları yayınlamaktadır. Bu raporlar, bir şirketin ÇSY etkilerini yönetme taahhüdünü yansıtan kurumsal şeffaflık ve sorumluluğun önemli bir bileşenidir. Sürdürülebilirlik raporlaması, paydaşlara bir şirketin ÇSY performansı hakkında içgörü sağlayan kurumsal sorumluluğun önemli bir parçasıdır. Sürdürülebilirlik raporlaması üzerine yapılan bilimsel çalışmalar genellikle bu uygulamanın etkinliği, zorlukları ve etkileri de dahil olmak üzere çeşitli boyutlarını araştırmaktadır.

Son zamanlarda, bazı ülkelerde finansal olmayan bilgiler, bir şirketin faaliyetlerinin, faaliyetlerinin ötesinde toplumda ve çevrede sürdürülebilir kalkınmayı nasıl etkilediğine ilişkin açıklamaları ve

tartışmaları içerecek şekilde genişletilmiştir. Yatırımcılar arasında finansal olmayan bilgilere olan ilgi 1970'lerde cılızdı; ancak o zamandan bu yana düzenleyicileri harekete geçiren ve geniş bir sürdürülebilirlik raporlama ekosistemini ortaya çıkaran dramatik bir artış oldu. Bu dönüşümün nedenleri arasında sürdürülebilir, sorumlu ve etki yatırımlarının büyümesi; büyük çoğunluğu finansal olmayan bilgilerin yatırım kararlarında çok önemli olduğuna inanan yatırımcıların, analistlerin ve portföy yöneticilerinin değişen tutumları; yatırımcılar arasında sosyal ve çevresel bilgi açıklamalarının miktarı ve kalitesinden duyulan önemli memnuniyetsizlik; ve ABD ve AB'deki en büyük halka açık şirketlerin sahipleri olarak uzun vadeli odaklı kurumsal yatırımcıların daha fazla varlığı ve bu yatırımcıların yatırım analizlerine ve sermaye tahsisine ilişkin kararlarına sürdürülebilir, sorumlu ve etki ilkelerini dahil etme konusundaki artan taahhütleri yer almaktadır.

Fransa, 2002 yılından itibaren halka açık şirketlerin çevresel ve/veya sosyal bilgileri içeren raporlar yayınlamasını zorunlu kılan mevzuatı Avrupa'da yürürlüğe koyan ilk ülke olmuştur. Raporlama için gerekli olan şart, borsada işlem gören şirketlerin 40 işgücü ve sosyal kritere ilişkin verileri raporlamasıydı ve daha sonra 2009 yılında yüksek emisyonlu sektörlerde 500'den fazla çalışanı olan şirketlerin sera gazı emisyonlarının yayınlanmasını zorunlu kılacak şekilde şartlar genişletildi. Almanya, halka açık şirketlerin çevresel ve/veya sosyal bilgileri içeren raporlar yayınlamasını zorunlu kılan mevzuatın yürürlüğe girdiği ilk ülkelerden biridir ve AB gereklilikleri Almanya'da Alman KSR (Kurumsal Sürdürülebilirlik Raporlaması) Direktifi Uygulama Yasası aracılığıyla benimsenmiş ve uygulanmıştır.

Zorunlu sürdürülebilirlik raporlama gerekliliklerini (örneğin SEC (Securities and Exchange Commission) İklim Bildirim Kuralı, CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive) ve AB Sürdürülebilir Finans Bildirimleri Yönetmeliği) belirlemek ve uygulamak için hükümet veya düzenleyici kurumlar (ulusal, bölgesel, il ve yerel) tarafından yönetmelikler oluşturulur ve bunlar genellikle GRI (Global Reporting Initiative) ve SASB (Sustainability Accounting Standards Board) standartları ve protokoller kullanılarak karşılanabilir. Örneğin, iklim açıklamaları hem ABD hem de AB düzenlemeleri kapsamında değişen derecelerde zorunludur ve şirketler yükümlülüklerini kısmen TCFD (Task Force on Climate Related Financial Disclosure) tavsiyelerine ve kısmen de ISSB (International Sustainability Standards Board) dayanan IFRS (International Financial Reporting Standards) S1 ve S2 Protokollerini uygulayarak yerine getirebilirler) (Guterman, 2024).

Türkiye Sürdürülebilirlik Raporlama Standartları ve "Uygulama Kapsamına İlişkin Kurul Kararları Resmî Gazete'de yayımlanmış ve belli şartları sağlayan işletmeler için Sürdürülebilirlik Raporlaması zorunlu hale getirilmiştir (Resmi Gazete, 27.12.2023).

Sürdürülebilirlik raporları ayrı olarak hazırlanabileceği gibi finansal raporlar ile entegre olarak da hazırlanabilir.

Entegre rapor, bir kuruluşun stratejisi, yönetimi, performansı ve gelecekte beklenenlerinin kısa, orta ve uzun vadede nasıl değer yarattığını ortaya koyar. Entegre raporlama kuruluşun finansal raporlarında yer alan en önemli bilgileri, sürdürülebilirlik konu başlıkları ile bir araya getirirken bunların birbirleriyle bağlantısını kurar. Şirket, tüm faaliyetlerini bütüncül bir yaklaşımla değerlendirerek raporlama yapar. SASA sürdürülebilirlik raporlarını GRI formatında hazırlamakta ve onaylı olarak yayınlamaktadır. Bunun dışında tüm KPI'larını (Kilit Performans İndikatörleri) bağımsız kuruluşlara doğrularak güvence raporu ile yayınlamaktadır.

## 5. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK DERECELENDİRMELERİ

Şirketler, özellikle kredi kuruluşları, müşteriler, yatırımcılar, vb. paydaşlarına karşı olan sorumluluk bilinci ile sürdürülebilirlik derecelendirmesi yapan kuruluşlardan ÇSY derecelendirme puanlarının belirlenmesi için denetleme hizmeti alabilirler.

Bu kuruluşlardan bazıları ile ilgili genel bilgiler aşağıda paylaşılmıştır.

Karbon Saydamlık Projesi, CDP (Carbon Disclosure Project), büyük şirketlerin karbon salınımları hakkında onlardan bilgi toplamak ve bu bilgilerin sonuçlarını paylaşmak için 2000 yılında İngiltere’de kurulan uluslararası bir organizasyondur. CDP, iklim değişikliği ve küresel ısınmanın en büyük nedeni olan sera gazı salınımlarının büyüklüğünü öğrenip paylaşarak hem şirketlerin salınımları azaltmaları için aracı olur hem de yatırımcıların doğru tercihler yapmaları için onlara faydalı bilgiler sunar. Sustainability: ÇSY performanslarına yönelik uluslararası düzeyde veri ve derecelendirme hizmetleri sunan Sustainability, şirketlerin faaliyet gösterdikleri sektöre özgü hangi ÇSY risklerine maruz kaldığını ve şirketlerin bu riskleri ne kadar iyi yönettiğini ölçmektedir. ÇSY derecelendirme, yatırımcılara, müşterilere ve paydaşlara, şirketlerin sürdürülebilirlik konusunda ne durumda olduğuna dair fikir vermektedir.

ÇSY riskini ölçmeye yönelik çok boyutlu bir yöntem olan Sustainability, bir şirketin kurumsal değerini etkileyebilecek riskleri 5 ana kategoride değerlendirmektedir.

EcoVadis: EcoVadis 2007 yılında kurulan, bugün özel ve kamu şirketlerini sosyal, etik ve çevresel etkileri açısından değerlendiren dünyanın en kapsamlı sürdürülebilirlik derecelendirme araçlarından biridir. Son on yılda, dünya çapında 65.000’den fazla derecelendirilmiş şirketten oluşan bir ağ kurmuştur. EcoVadis değerlendirmesi, kapsamlı dokümantasyon analizine dayalı olarak bir şirketin önemli sürdürülebilirlik etkisini derecelendiren ücretli bir hizmettir. Değerlendirme tüm şirketlere açıktır ve tedarik zinciri boyunca şeffaflığı sağlamak için bir araç olarak kullanılabilir. Şirketler (ya da ‘alıcılar’) tedarikçilerine bir davetiye göndererek EcoVadis değerlendirmesinden geçmelerini talep edebilir, ardından süreç ve sonuçlarla ilgili bildirimler alınmaktadır.

Bunlara ilave olarak Refinitiv tarafından da ÇSY kapsamında derecelendirme yapılmaktadır. Borsa İstanbul, 2014’te BIST Sürdürülebilirlik Endeksi’ni hesaplamaya başlamıştır ve 2021 yılında endeksin metodolojisi değiştirilmiştir. Borsa İstanbul ile küresel veri şirketi Refinitiv arasında yapılan anlaşma kapsamında, endeks hesaplanırken Refinitiv’in sürdürülebilirlik değerlendirme sonuçları kullanılmaktadır. Refinitiv, şirketlerin finansal performanslarının yanı sıra ÇSY alanındaki riskleri ve fırsatları yönetme performanslarını da ölçüp ve değerlendirmektedir.

Türkiye borsasında işlem gören şirketler Refinitiv tarafından belirli dönemlerde kamuya açık verileri üzerinden değerlendirilmekte olup buna göre endekse dahil olup olmayacakları belirlenmektedir.

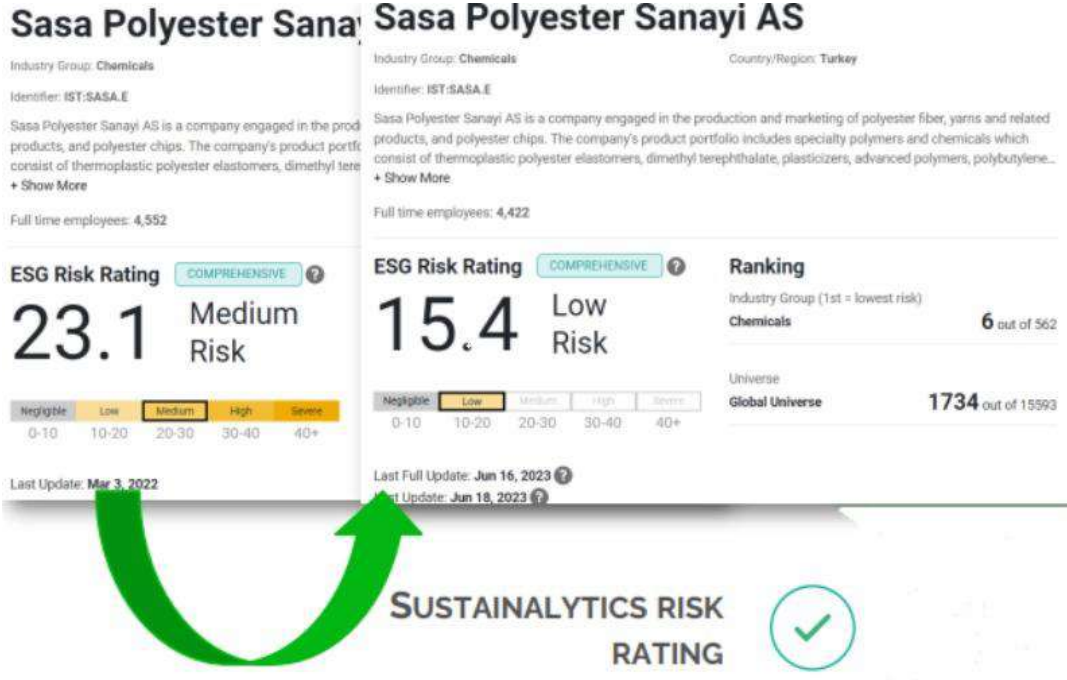
## 6. SONUÇLAR

Bağımsız ÇSY derecelendirme kuruluşu Sustainability 2021 yılından itibaren çevresel, sosyal ve kurumsal sürdürülebilirlik performansımızı değerlendirmektedir.

Kuruluşun 2023 yılında gerçekleştirmiş olduğu son derecelendirme sonucuna göre şirketimizin ÇSY risk puanı «Orta Risk» seviyesinden «Düşük Risk» seviyesine düşmüştür. (Şekil 3)

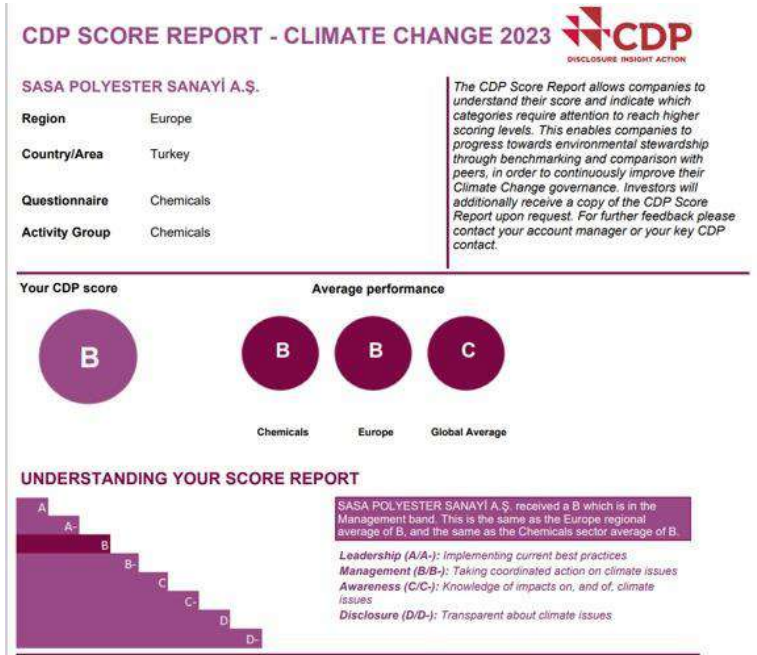
Bu derecelendirme ile global ölçekte kimyasallar sektöründe faaliyet gösteren 561 firma arasında ilk 6. sırada yerimizi aldık. Söz konusu ÇSY Risk skorumuz ile üretim yaptığımız kimyasallar kolunda aralarında Formosa Chemicals ve Hengli Petrokimya şirketlerinin de bulunduğu 275 firma arasında 1. sırada yer almaktayız.





Şekil 3 SASA Sustainalytics ÇSY Risk Puanı

2022 yılından bu yana CDP'ye İklim Değişikliği ve Su Güvenliği Raporlamalarımızı sunuyoruz. 2022 ve 2023 İklim Değişikliği skorlarımız B olarak gerçekleşti. (Şekil 4)



Şekil 4 SASA CDP İklim Değişikliği Skoru

2023 yılında Su Güvenliği skorumuzu da B seviyesine yükselttik.(Şekil 5)

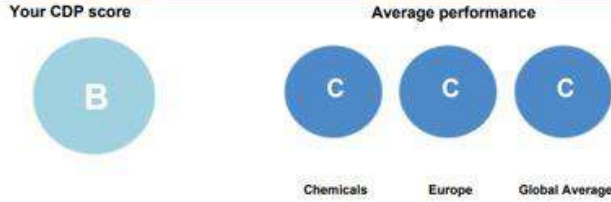
## CDP SCORE REPORT - WATER SECURITY 2023



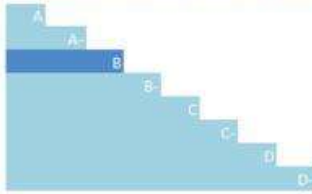
SASA POLYESTER SANAYİ A.Ş.

Region	Europe
Country/Area	Turkey
Questionnaire	Chemicals
Activity Group	Chemicals

The CDP Score Report allows companies to understand their score and indicate which categories require attention to reach higher scoring levels. This enables companies to progress towards environmental stewardship through benchmarking and comparison with peers, in order to continuously improve their Water governance. Investors will additionally receive a copy of the CDP Score Report upon request. For further feedback please contact your account manager or your key CDP contact.



### UNDERSTANDING YOUR SCORE REPORT



SASA POLYESTER SANAYİ A.Ş. received a B which is in the Management band. This is higher than the Europe regional average of C, and higher than the Chemicals sector average of C.

Leadership (A/A-): Implementing current best practices  
Management (B/B-): Taking coordinated action on water issues  
Awareness (C/C-): Knowledge of impacts on, and of, water issues  
Disclosure (D/D-): Transparent about water issues

Şekil 5 SASA CDP Su Güvenliği Skoru

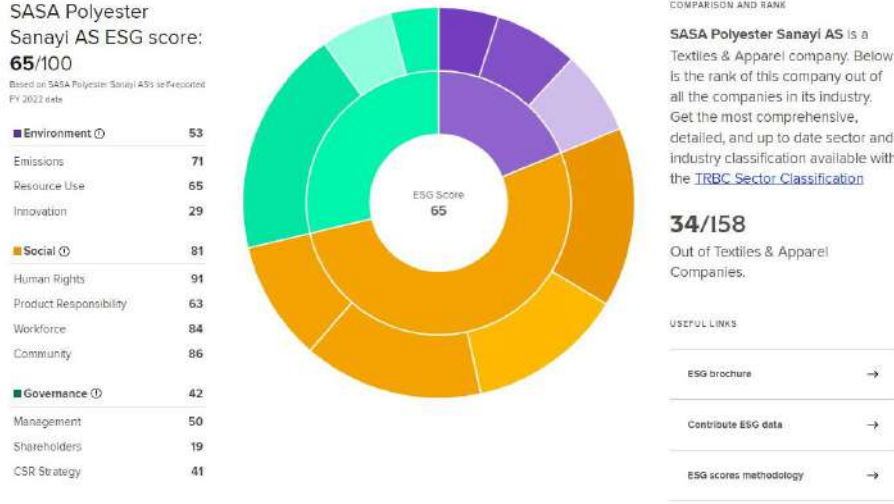
EcoVadis değerlendirmesi; çevre, işçi ve insan hakları, etik ve sürdürülebilir tedarik gibi finansal olmayan alanları içeren bütüncül bir yaklaşımla sunulan sürdürülebilirlik değerlendirmesidir. Ecovadis değerlendirmesi sonucunda gümüş madalya aldık. (Şekil 6)

Özellikle müşterilerimiz için EcoVadis değerlendirmesi önemlidir.



Şekil 6 SASA Ecovadis Derecesi

2022 verilerini esas alan Refinitiv güncel değerlendirme sonucuna göre SASA, BIST sürdürülebilirlik endeksinde yer almaktadır. (Şekil 7)



Şekil 7 SASA Refinitiv Derecesi

## 7. KAYNAKLAR

*Academic Journal of Business Administration Law and Social Sciences, Temmuz 2024*

[www.sasa.com.tr](http://www.sasa.com.tr)

*Gutterman, A. S., 2024, Sustainability Reporting Frameworks, Standards, Instruments, and Regulations,*

*Resmi Gazete, 27.12.2023, Karar no: 75935942-050.01.04 [01/21632]*

# KATYONİK PAMUK KULLANILARAK EKOLOJİK BOYAMA YÖNTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

**Kübra ÖZŞAHİN, Hatice GÜNTÜRK, S. Zilan ERÇOŞMAN, Ahmet ORUÇ**  
*MEM Tekstil, Eyüp Sultan, 25032. Sk. No:14/A, 46080 Dulkadiroğlu/Kahramanmaraş,*  
*kubraozsahin@memtextile.com*

## ÖZET

Reaktif boyama, tekstil endüstrisinde selülozik kumaşların boyanmasında yaygın olarak tercih edilen boyama yöntemidir. Pamuk lifinin boyanması sırasındaki anyonik yapılarında dolayı oluşan itme kuvveti; elyafın boyarmaddeye afinitesini düşürmektedir. Bu etkiyi ortadan kaldırmak için boya banyosuna tuz ilave edilmektedir. Çalışmanın amacı, kumaş boyama sürecinde yüksek miktarda kullanılan tuzun ilave edilmeden boyama yönteminin geliştirilmesidir. Çalışma kapsamında %100 ve farklı oranlarda (%25, %50, %75,) katyonikleştirilmiş elyaf-virgin pamuk elyafı ile elde edilen iplikler ile örülen kumaşların boyama işlemi lacivert renk kombinasyonunda %8 oranında reaktif boyarmadde ile tuz ilave edilmeden gerçekleştirilmiştir. Çalışmada referans kabul edilen %100 standart pamuk konvansiyonel boyama yöntemine göre boyanmış ve renk koyuluğuna (verimliliğine), kalite performansına ve bunların yanı sıra atık su parametrelerine etkisi incelenmiştir. Atık su parametreleri incelendiğinde iletkenlik değeri tuzlu boyamanın 192  $\mu\text{S}/\text{cm}$  iken tuzsuz boyamanın ise 43  $\mu\text{S}/\text{cm}$  tespit edilmiştir. Yapılan çalışma neticesinde katyonikleştirme işlemi ile daha az boyarmadde ile aynı rengin elde edilebildiği ve atık sudaki yükün düşürülebildiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler;** Tuzsuz boyama, Ekolojik boyama, Katyonik elyaf-kumaş

## DEVELOPMENT OF ECOLOGICAL DYEING METHOD USING CATIONIC COTTON

### ABSTRACT

Reactive dyeing is the commonly preferred dyeing method for dyeing cellulosic fabrics in the textile industry. The repulsive force that occurs during the dyeing of cotton fiber due to its anionic structure reduces the affinity of the fiber to the dyestuff. To eliminate this effect, salt is added to the dye bath. The aim of this study is to develop a dyeing method without adding high amounts of salt during the fabric dyeing process. Within the scope of the study, 100% and different ratios (25%, 50%, 75%) yarns were produced using cationized fiber-virgin cotton fiber. Fabrics were knitted with the obtained yarns and the dyeing process was carried out in a dark blue color combination with 8% reactive dye without salt. 100% standard cotton, which is considered the reference in the study, was dyed according to the conventional dyeing method. The effect of the process on color darkness (efficiency), quality performance, as well as wastewater parameters was examined. When the wastewater parameters are analyzed, the conductivity value of salt dyeing is 192  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , while the value of salt-free dyeing is 43  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . As a result of the study, it was determined that with the cationization process, the same color could be obtained with less dyestuff and the load in the wastewater was reduced.

**Key Words;** Salt-free dye, Ecological dye, Cationic fiber- fabric

## 1.GİRİŞ

Günümüzde reaktif boyalarla pamuklu kumaşların boyanması yüksek miktarda enerji ve su kullanımı gerektiren ve önemli ölçüde kirlilik üreten bir prosestir. Pamuk lifleri ve kullanılan boyarmaddeler sulu ortamlarda negatif yüzey yüklerine sahiptirler. Pamuk lifinin boyanması sırasındaki bu anyonik yapılarında dolayı oluşan (boyarmadde-elyaf arasında) itme kuvveti; elyafın boyarmaddeye afinitesini düşürmektedir. Bu etkiyi ortadan kaldırmak için boya banyosuna yüksek miktarlarda elektrolit (tuz) ilave edilmektedir. Boya banyosundaki negatif yükler azaldıkça anyonik esaslı boyarmaddeler ile selüloz arasındaki çekim kuvvetleri artacağından boyarmadde lif yüzeyine daha kolay tutunacak ve boyarmadde alımı artacaktır (Bayraktar, 2011). Çalışma ile %100 pamuk elyaf ve kumaşı katyonizasyon kimyasalları ile yüzey yükünü değiştirilerek pozitif yüklerle yüklenmesi ve boyama sırasında tuz ilavesi olmaksızın boyama işleminin gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Böylelikle, boyama esnasında tuz kullanımının elimine edilmesi, boyarmadden en yüksek verimde faydanılması ve boyahane atık su yükünün azaltılması hedeflenmiştir.

Özdemir yaptığı çalışmada reaktif ve direkt boyar madde ile katyonize işleminden geçirilen pamuk elyafının asit ortamda (Ph=4) tuzsuz ve sodasız boyanmasını ve standart pamuk elyafının bazik ortamda (Ph:10,5) tuz ve soda ilave edilerek boya alımını ve yıkama haslıklarını incelemiştir. Çalışma da katyonik işleminden geçirilmiş pamuğun asidik ortamda boya alımını ve atık su banyo görüntüsünün, konvansiyonel boya banyaosuna göre daha berrak olduğunu belirtmiştir. Düşük yıkama haslıklara sahip direkt boyarmadde ile katyonikleştirilmiş pamuğun boyanması ile yıkama haslıkların yüksek 4/5-5 değerleri arasında görülmüştür. Katyonikleştirilmiş pamuğun boyama işleminde ve sonrasında ard yıkama, kimyasal kullanımında azalma, su ve enerjiden tasarruf sağlanabileceği çalışma kapsamında belirtilmiştir (Özdemir, 2014). Bulut ve ark.; çalışmalarında %100 pamuklu kumaşa katyonikleştirme maddesi emdirme-kurutma-kondenzasyon yöntemi ile gerçekleştirilmiş ve gül posası ekstraktı ile hazırlanan doğal boya ile boyanmıştır. Çalışmada bio-mordan olarak sitrik asit kullanılmıştır ve 5 farklı pH aralığını ayarlamak için sodyum karbonat kullanılmıştır. Çalışma sonucunda katyonize olmuş farklı pH larda boyanan numunelerden elde edilen renk koyuluğu-kuvveti değeri (K/S) birbirine yakın çıktığı görülmüş ve katyonize işlem olmamış numuneye göre 2 katından fazla değerde çıktığını gözlemlemişlerdir. Çalışma sonucunda ışık haslığı değerleri farklı pH'larda yapılan boyamalarda oldukça düşük olduğunu ve katyonik kumaşta ışık haslığı problemi olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca sitrik asitin boyama flottesinde atık su analizlerinde askıda katı madde (AKM), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), SO<sub>4</sub> iletkenlik ve pH değerleri çevresel parametreler açısından reaktif boyarmadde flottesinde ki oranlarına göre oldukça düşük değerde olduğunu gözlemlemişlerdir (Bulut ve ark, 2013). Kalkanlı ve Zervent Ünal; yaptıkları çalışmada farklı gramajlara sahip %100 pamuk ve %100 modal havlu kumaşların ağartma işlemiyle birlikte ve ağartma işlemi olmadan farklı konsantrasyonlarda katyonize işleminin kumaşların yumuşaklık ve hidrofilitate değerini araştırmayı amaçlamışlardır. Çalışma kapsamında kullanılan tüm havlu kumaşların fiziksel özellikleri aynı olup çözgü iplik numarası Ne 16/1, zemin çözgü iplik numarası Ne 20/2, atkı ipliği numarası Ne 12/1 iplik ile gramaj farklılığı sadece atkı sıklığı değiştirilerek kumaşlar üretilmiştir. Çalışmada hem ağartma hem de ağartma işlemi olmadan kumaşlara %3 ve %9 oranında katyonize işlemi uygulanmış ve ağartma işlemi yerine katyonizasyon işleminin havlu kumaşa uygulanmasının yumuşaklık değerini iyileştirdiği ve %3 ve %9'luk katyonizasyon oranının ise yumuşaklık değeri üzerinde herhangi bir etkisi olmadığı gözlemlenmiştir. Ayrıca çalışmada ağartma işlemi yerine katyonizasyon işleminin hidrofilitiye bir miktar düşürdüğünü ancak kullanım yerine göre kabul edilebilir değerlerde olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak %100 pamuklu havlu kumaşlarda ön terbiye ağartma işlemi yerine katyonizasyon işleminin kullanılabileceği fakat ağır gramajlı %100 modal olan numune kumaşlarda hidrofilitate de ki kötüleşme nedeniyle kullanılamayacağını gözlemlenmiştir (Kalkanlı ve Zervent Ünal, 2019).

Literatür çalışmalarını incelediğinde, katyonizasyon işleminin elyaf veya kumaş formunda katyonik kimyasallar ile işleme alındığı gözlemlenmiş ve numunelerin kalite özellikleri incelenmiştir. Bu çalışma ile hem elyafa hem de kumaşa aynı katyonik kimyasalı ile işlem uygulanmasının avantajları dezavantajları karşılaştırılmıştır. Ayrıca farklı oranlarda katyonikleştirilmiş elyaf ve konvansiyonel

pamuk kullanılarak reaktif boyama sonrası melanj efekli kumaş elde edilecek ve melanj iplik üretimi sırasında karşılaşılan bazı problemlerin önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla istenilen melanj efekt vermek için renkli elyaf karışımı işletmede kirlenme meydana getirmekte ve renkli elyaf kullanımı işletmede sıkıntı olmaktadır, proje ile katyonikleştirilmiş elyaf (ekru renk) kullanılmasıyla bu sorun ortadan kalkması amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

Proje iki kısımdan oluşmaktadır. Projenin birinci kısmı; katyonik işlem uygulanmış pamuk elyaf ile uygulanmamış pamuk elyafı %25-%75, %50-%50, %75-%25 oranında ve ayrıca %100 katyonik işlem uygulanmış pamuk elyafı ile kompakt iplik eğirme sisteminde Ne 30/1 iplikler elde edilmiştir.

Projenin ikinci kısmı; konvansiyonel %100 pamuk elyafı ile Ne 30/1 numaralı kompakt iplik üretilmiştir. Üretilen ipliklere ait karışım oranları Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Üretimi Gerçekleştirilen İpliklere Ait Karışım Oranları

Numune kodu	Özelliği
1	Tuzlu boyanmış %100 katyonikleştirme işlemi görmemiş- Konvansiyonel boyama
2	Çektirme yöntemine göre tuzsuz boyanmış %100 katyonik işlem görmüş elyaf
3	Çektirme yöntemine göre tuzsuz boyanmış %75 katyonik işlem görmüş -%25 işlem görmemiş elyaf
4	Çektirme yöntemine göre tuzsuz boyanmış %50 katyonik işlem görmüş -%50 işlem görmemiş elyaf tuzsuz boyanmış
5	Çektirme yöntemine göre tuzsuz boyanmış %25 katyonik işlem görmüş -%75 işlem görmemiş elyaf
6	Tuzsuz boyanmış %100 işlem görmemiş pamuk elyaf
7	Emdirme yöntemine göre tuzsuz boyanmış %100 katyonik işlem görmüş elyaf

### 2.2. Metot

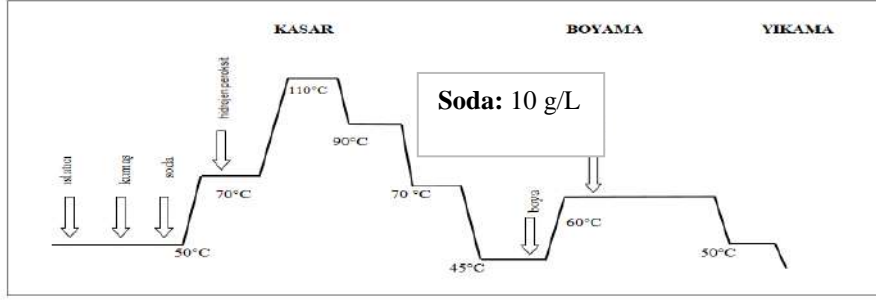
Çalışma kapsamında üretilen ipliklerin; düzgünsüzlüğü ve iplik hataları Uster® Tester 4 cihazı ile her bir iplik tipine ait 5 adet kopstan 500 m/dak. test hızında gerçekleştirilmiştir. Sonrasında ipliğe X-ORELLA makinesinde fikse işlemi olarak da bilinen vakum ortamında buharlama işlemi 48-50°C’de 50 dakika uygulanmıştır. Daha sonra ipliklerin mukavemet ve kopma uzaması özellikleri Uster Tensojet® cihazı ile her bir iplik tipine ait 5 adet bobinden 400 m/dak. test hızında gerçekleştirilmiştir. Üretilen iplikler ile 32 pus/28 fein yuvarlak örgü makinasında süprem kumaş örülmüştür.

#### 2.2.1 Katyonizasyon İşlemi

Çalışma kapsamında %100 pamuklu elyaf ve kumaşa Setaş firmasından temin edilen SETALAN 3BCD adlı katyonik kimyasalı 2 farklı yöntemde uygulanmıştır.

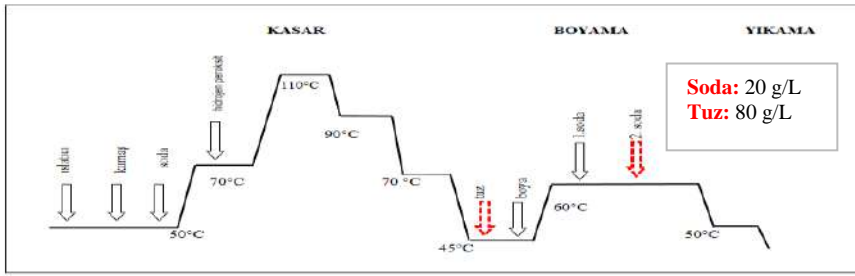
**2.2.1.1. Çektirme Yöntemi** Çektirme yönteminde %100 pamuk elyaf Çapan Tekstil’de HT elyaf ve bobin boyama kazanında 70 °C sıcaklık ve 10-10,5 pH derecesinde katyonik kimyasal ile 60 dakika işlem görmüştür.

**2.2.1.2. Emdirme Yöntemi:** Mem Tekstil boyahane terbiye bölümünde Bruckner marka Ram makinesinde giriş kısmında bulunan tekne (fulard) 100 g/L katyonik kimyasalı ile çözelti hazırlanarak kumaşa kurudan yaş işlem uygulanmış ve sonrasında 140 °C’de kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Numune kumaşlar ram makinesi üretim hızı 22 dv/dk ve kumaş emdirme süresi 2 sn olarak işlem görmüştür.



Şekil 1. Numunelerin reaktif boyarmadde ile tuzsuz boyama eğrisi

Katyonikleştirme işlemi uygulanmış numuneler 1:10 flotte oranında tuz kullanılmadan, soda miktarı 10 g/L (%50 oranında azaltılarak) ve referans numunesi (konvansiyonel pamuklu ) ile aynı reçete boyanmıştır. Şekil 1'de numune kumaşların tuzsuz boyama grafiği verilmiştir.



Şekil 2. Numunelerin reaktif boyarmadde ile tuzlu (konvansiyonel) boyama eğrisi

Katyonikleştirme işlemi uygulanmamış numuneler 1:10 flotte oranında 80g/L NaCl tuzu ve 20g/L soda ilave edilerek boyanmış ve Şekil 2'de boyama grafiği verilmiştir. Kumaşlar daha sonra kalite kontrol laboratuvarında  $20 \pm 2$  °C ve  $\%65 \pm 4$  bağıl nemde 24 saat şartlandırılmıştır. Kumaşlara boyama sonrası renk farklılıklarının tespiti için spektrofotometre cihazı ile renk okutmaları yapılarak 400-700 nm arasında reflaktans değerleri ölçülmüştür. Cisimlere ait reflektans (yansıma) değerleri arasındaki doğrusal bağıntıyı ortaya koyan ve en yaygın olanı Kulbeka-Munk teoremidir.

$$K/S: (1-R)^2/2R$$

K: Işık Absorbsiyon Katsayısı

S: Işık Saçılma Katsayısı

R: Reflektans veya Refleksiyon Faktörü (reflektans değerinin 100'e bölünmesiyle elde edilmektedir.)

K/S denkleminde çıkan sonuç yüksek olursa, renk koyuluğu o kadar fazladır. Böylece boyarmaddenin kumaş yüzeyine absorpsiyonu da fazla olmaktadır. Numunelerin spektrofotometre ile renk ölçümü CIELAB birimleri cinsinden renk farklılıkları, formül yardımıyla hesaplanmaktadır. Burada L\* açıklık/koyuluk, a\* kırmızı/yeşil, b\* sarı/mavi, C\* rengin canlılığını (doygunluğunu), h ton farklılığını ifade eder  $\Delta L^*$ 'nin pozitif çıkması rengin daha açık olduğuna, negatif çıkması rengin daha koyu olduğunu belirtir.  $\Delta a^*$ 'nin pozitif çıkması rengin kırmızıda, negatif çıkması yeşilde olduğunu gösterir.  $\Delta b^*$ 'nin pozitif çıkması rengin sarıda, negatif çıkması ise rengin mavide olduğunu gösterir (Oktav ve ark., 2009). Kumaşlar sonrasında terlemeye karşı asit ve baz renk haslığı ve suya karşı renk haslığı tayini TS EN ISO 105 E01 test edilmiştir. Kumaşların sürtünmeye karşı renk haslığı tayini ise; yaş ve kuru olmak üzere CROKMETER-JAMES HEAL makinesinde TS EN ISO 105-X12 test edilmiştir. Numunelerin patlama mukavemeti hava basınçlı JAMES HEAL-Dijital Truburst cihazında TS EN ISO 13938-2 standartında test edilmiştir. Kumaş numunesinden diyagonal yönde alınan 5 ölçümün ortalaması kPa cinsinden patlama mukavemeti olarak verilmiştir.

### 3.BULGULAR

#### 3.1. İplik Test Sonuçları

### 3.1.1.İplik Düzgünsüzlük ve Mukavemet Test Sonuçları

Bu çalışmada hem %100 pamuk elyafına hem de %100 pamuklu süprem kumaşa katyonikleştirme işlemi emdirme ve çektirme olarak 2 farklı şekilde uygulanarak ve katyonikleştirme işleminin reaktif boyama sonrası kumaş üzerindeki etkisi gözlemlenmiştir. Çalışmada kullanılan ipliklerin düzgünsüzlük, ince-kalın yer, mukavemet ve kopma uzaması özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Numunelerin Uster ve Mukavemet Sonuçları

Numuneler	U%	CVm	İnce - 50%/km	Kalın +50%/km	Neps +200%/km	Tüylülük H	Mukavemet, cN/tex	Kopma uzaması, %
1-6-7	9,03	11,37	0	8	20,5	4,56	21,26	5,2
2	11,42	14,46	5	126,7	60	5,51	15,46	4,73
3	11,24	14,2	2,5	104,2	55,8	5,7	17,2	4,95
4	11,17	14,14	2,5	106,7	50	5,19	18,08	4,96
5	11,02	13,96	3,3	90	63,3	5,42	17,39	4,17

Çizelge 2 incelendiğinde, katyonikleştirme işleminin iplik düzgünsüzlük değerlerinde 2 puan düşüş görülmüş olsada bu değer kabul edilecek sınırlarda olduğu görülmektedir. İplik mukavemet değerleri incelendiğinde en yüksek mukavemetin 21,26 cN/tex değeri ile işlem görmemiş (katyonikleştirilmemiş) iplikte olduğu görülmüş ve en düşük değer 15,46 cN/Tex ile %100 katyonikleştirilmiş elyaftan üretilen iplikte gözlemlenmiştir. Bu değerler incelendiğinde katyonikleştirme işleminin iplik mukavemet değerine etkisi olduğu kanaatine varılmıştır.

### 3.2. Kumaş Test Sonuçları

Test ve ölçümlerden önce tüm kumaş numuneleri TS EN ISO 139’a göre şartlandırılmıştır. Testler, 20±2°C sıcaklık ve %65±4 bağıl nem standart atmosferinde gerçekleştirilmiştir.

#### 3.2.1. Kumaş Yapısal Parametreleri

Kumaş yapısal parametreleri olarak; kumaş gramajı, ilmek yoğunluğu ve ilmek uzunluğu özellikleri sırasıyla TS EN 12127, TS EN 14971 ve TS EN 14970 standartlarına göre belirlenmiş ve Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3. Numunelerin yapısal parametreleri

	Kumaş gramajı, (g/m <sup>2</sup> )	Çubuk sayısı (adet/cm)	İlmeğin sayısı (adet/cm)	İplik ilmek Uzunluğu LFA(mm)	Kalınlık (mm)
1	142	14	20	3	0,39
2	141	14	17	3	0,37
3	140	15	17	3,2	0,39
4	138	14	17	3,2	0,37
5	129	14	17	3,2	0,39
6	140	14	18	3	0,4
7	130	14	17	3,3	0,38

#### 3.2.2. Kumaş Renk Ölçümü

Numunelerin spektrofotometre ile renk ölçümleri CIELAB renk sistemine göre “katyonikleştirme işlemi görmemiş tuzsuz boyalı” kumaş referans alınarak yapılmıştır.

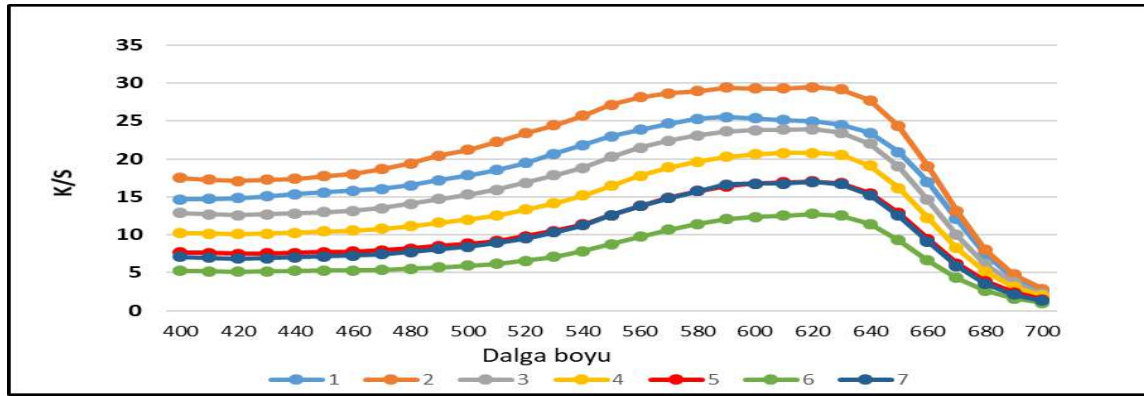
Çizelge 4. Numunelerin CIELAB değerleri

	L*	a*	b*	C*	h*



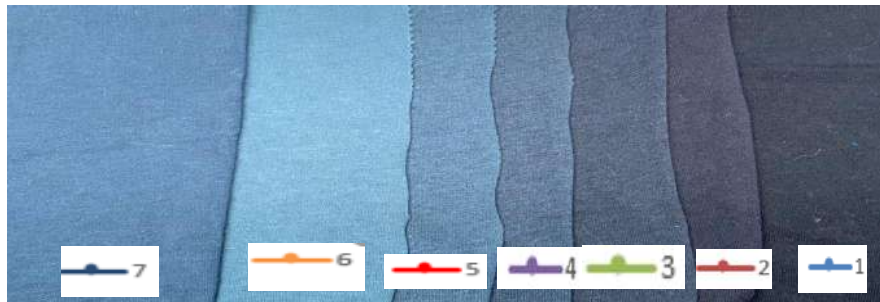
6	27,88	-3,75	-10,39	11,04	250,16
	<b>DL*</b>	<b>Da*</b>	<b>Db*</b>	<b>DC*</b>	<b>Dh*</b>
2	-13,25	4,39	4,53	-5,15	3,64
3	-10,56	3,48	3,48	-4,13	2,68
4	-7,41	2,4	2,27	-2,82	1,73
5	-4,92	1,23	1,4	-1,71	0,74
7	-4,76	1,71	0,14	-0,59	1,61

Çizelge 4 incelendiğinde referans olarak alınan kumaşın L\* (açıklık/koyuluk) değeri 27,88 ölçülerek en açık renk , %100 elyaftan katyonikleştirilmiş kumaşın -13,25 ölçülerek en koyu renk kumaş olduğu görülmüştür. %100 katyonikleştirilmiş elyaf ile tuz ilave edilmeden boyanan numunelerin, işlem görmemiş numunelere göre daha koyu ve kırmızı-mavide kaldığı görülmüştür.



Şekil 3. Boyanmış numunelerin K/S değeri

Şekil 3'te verilen K/S değerleri incelendiğinde en düşük değer katyonikleştirme işlemi yapılmamış tuzsuz boyanmış (6) kumaşın 420 nm dalga boyunda 5,11 değerinde görülmüş ve en açık renk olduğu tespit edilmiştir. Aynı noktada (420 nm) %100 elyaftan katyonikleştirme işlemi yapılan (2) kumaşın K/S değeri 17,09 olduğu görülmüştür. K/S değerinin en yüksek olduğu 620 nm dalga boyunda %100 elyaftan katyonikleştirilmiş kumaşta 29,47 değeri en koyu renk olduğu görülmüştür. Sonuçlar incelendiğinde aynı boya banyosunda işlem görmüş kumaşlar arasında, farklı oranlarda katyonikleştirilmiş elyaf ilaveli kumaşlarda renk farklılıklarının olduğu görülmüştür. Bu renk farklılıklarının katyonikleştirme oranı arttıkça lifte bulunan (+) yüklü grubun sayısına bağlı olarak boyarmaddenin lif absorpsiyonunun artması şeklinde açıklamak mümkündür ve literatür ile örtüşmektedir [6].



Şekil 4. Aynı boya banyosunda boyanan numuneler (1. numunelerin tuzlu konvansiyonel boyama)

Çalışmada farklı oranlarda katyonik işlem görmüş ve görmemiş elyaf harmanlanarak üretilen ipliklerde boyama sonrası katyonik işlem görmüş elyafın boya alımının daha iyi olması sonucunda istenilen melanj efektli kumaş elde edilmiştir. Böylelikle katyonikleştirilmiş elyaf ile istenilen renkte ve miktarda melanj efektli kumaş yapılması ve buna bağlı maliyetlerin azaltılması amaçlanmıştır.

**3.2.3. Haslık:** Numune kumaşların haslık değerleri Çizelge 5'te incelenmiştir.

Çizelge 5. Numune Kumaşların Haslık Değerleri

	1 (%100 TUZLU BOYAMA)						2 (%100 KATYONİK İŞLEM GÖRMÜŞ TUZSUZ BOYAMA)						
	ASİT	ALKALİ	SU	KURU	YAŞ	YIKAMA	ASİT	ALKALİ	SU	KURU	YAŞ	YIKAMA	
YÜN	4/5	4/5	4/5	4/5	3	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	3/4	4/5	
AKRİLİK	4/5	4/5	4/5			4/5	4/5	4/5	4/5			4/5	4/5
POLYESTER	4/5	4/5	4/5			4/5	4/5	4/5	4/5			4/5	4/5
POLİAMİD	4/5	4/5	4/5			4/5	4/5	4/5	3/4			4/5	4/5
COTON	4/5	4/5	4/5			4/5	4/5	4/5	4/5			4/5	4/5
ASETAT	4/5	4/5	4/5			4/5	4/5	4/5	4/5			4/5	4/5
	3 (%75 KATYONİK İŞLEM GÖRMÜŞ TUZSUZ BOYAMA)						4 (%50 KATYONİK İŞLEM GÖRMÜŞ TUZSUZ BOYAMA)						
YÜN	4/5	4/5	4/5	4/5	3	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	3/4	4/5	
AKRİLİK	4/5	4/5	4/5			4/5	4/5	4/5	4/5			4/5	4/5
POLYESTER	4/5	4/5	3/4			4/5	4/5	4/5	4/5			4/5	4/5
POLİAMİD	4/5	4/5	4/5			4/5	4/5	4/5	4/5			4/5	4/5
COTON	4/5	4/5	4/5			4/5	4/5	4/5	4/5			4/5	4/5
ASETAT	4/5	4/5	4/5			4/5	4/5	4/5	4/5			4/5	4/5
	5 (%25 KATYONİK İŞLEM GÖRMÜŞ TUZSUZ BOYAMA)						6 (KATYONİK İŞLEM GÖRMEMİŞ TUZSUZ BOYAMA)						
YÜN	4/5	4/5	4/5	4/5	2/3	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	3	4/5	
AKRİLİK	4/5	4/5	4/5			4/5	4/5	4/5	4/5			4/5	4/5
POLYESTER	4/5	4/5	4/5			4/5	4/5	4/5	4/5			4/5	4/5
POLİAMİD	4/5	4/5	4/5			4/5	4/5	4/5	4/5			4/5	4/5
COTON	4/5	4/5	4/5			4/5	4/5	4/5	4/5			4/5	4/5
ASETAT	4/5	4/5	4/5			4/5	4/5	4/5	4/5			4/5	4/5






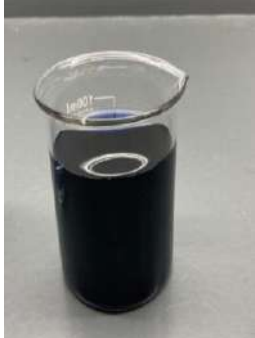


Çizelge 5'in devamı

7 (EMDİRME YÖNTEMİ KATYONİK İŞLEM GÖRMÜŞ TUZSUZ BOYAMA)						
	ASİT	ALKALİ	SU	KURU	YAŞ	YIKAMA
YÜN	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5
AKRİLİK	4/5	4/5	4/5			4/5
POLYESTER	4/5	4/5	4/5			4/5
POLİAMİD	4	4/5	4/5			4/5
COTON	4	4/5	4/5			4/5

Çizelge 5 incelendiğinde referans olarak kabul edilen konvansiyonel boyama ve katyonikleştirilmiş kumaşların yıkama haslık testlerinde herhangi bir değişiklik olmadığı gözlemlenmiş yaş sürtme haslığı %25 katyonikleştirilmiş elyaftan yapılan numune en düşük lekelenme görülmüştür.

### 3.2.4. Atık Suyun Çevresel Değerlendirilmesi

Boyama sonrası flottenin ekolojik açıdan değerlendirilmesi için, 1., 2., 4. ve 6. boya banyosu atık suları görsel olarak incelenmiştir.

Tuzsuz boya banyosu atık suları			
1. banyo atık suyu	2. banyo atık suyu	4. banyo atık suyu	6. banyo atık suyu
			
Tuzlu konvansiyonel boya banyosu atık suları			
1. banyo atık suyu	2. banyo atık suyu	4. banyo atık suyu	6. banyo atık suyu
			

Şekil 5. Numunelerin boya banyosu çıkış suları

Şekil 5 incelendiğinde atık su flottesinde 4. banyoya kadar renk kirliliklerin olduğu, katyonikleştirilmiş numunelerin 6. banyo ve sonrasında daha berrak su oluşturduğu tespit edilmiştir. Bu durum anyonik yapıda ki boyarmaddenin elektrostatik çekim kuvvetiyle katyonik elyafına daha iyi tutunmasıyla açıklanabilir.

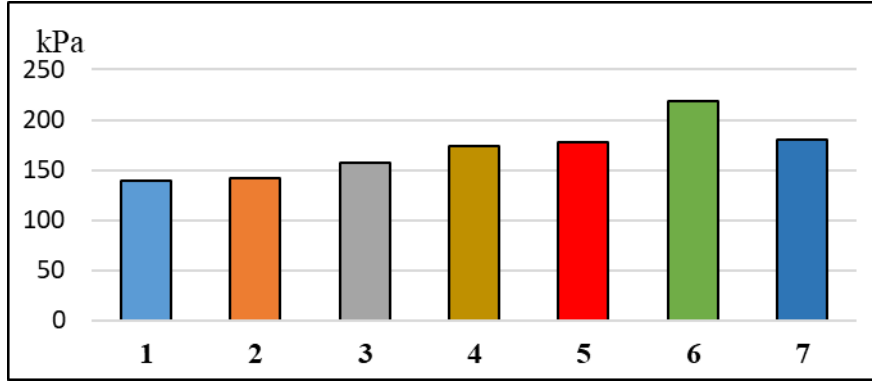
Çizelge 6. Boya banyosu atık suları

	Tuzsuz Boyama	Konvansiyonel Boyama
Renk	0 Pt/Co	481 Pt/Co
İletkenlik	43 $\mu$ S/cm	192 $\mu$ S/cm
Ph	4,8	7,6
Sertlik	0,7	1,65

Çizelge 6'da boya banyosu atık su analiz değerleri verilmiştir. Bu değerler 6. banyo atık suyundan alınmıştır. Sonuç incelendiğinde boyama atık suyunda, iletkenlik ve renk değeri oldukça fazla olduğu görülmüştür.

### 3.3.5. Patlama Mukavemeti

Numunelerin patlama mukavemeti test sonuçları Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Numunelerin patlama mukavemet sonuçları

Şekil 6 incelendiğinde, K/S renk verimliliğinin en düşük olduğu, işlem görmemiş-tuzsuz boyanmış kumaşta patlama mukavemeti en yüksek değerde olduğu görülmüştür. Bu değer iplik mukavemet değerlerine benzer görülmüştür. Katyonikleştirme işlemi kumaşların mukavemet değerleri nispeten düşürmüştür olsada kumaşlar kullanılabilirler olacak sınırlar içerisinde.

## 4. SONUÇLAR

Çalışma kapsamında; katyonikleştirilmiş işlem ile konvansiyonel boyama prosesine göre tuz kullanıma ihtiyaç duyulmadan boyama yapılmış ve boyama verimliliği, art yıkama işlemleri, boya banyosu atık su ölçümleri yapıp karşılaştırılmıştır.

\*Pamuklu kumaşın katyonikleştirme işlem sonrasında kumaşın yüzey yükünün negatif durumdan pozitif duruma gelmesiyle birlikte boyanın kumaşa daha iyi nüfuz etmesini ve böylelikle renk

verimliliği arttırmıştır. Katyonikleştirme işlemi sayesinde kumaşın iyon yükünde ki değişiklik, boyanın kumaşa daha etkili bir şekilde bağlanmasını sağlamıştır.

\*Çalışmada boyama sırasında gerekli olan ve oldukça fazla kullanılan tuzun ilave edilmemesi ve sodanın %50 oranında daha az kullanılması atık su ard işlemlerde azalma söz konusu olmuştur.

\*Çalışmanın önemli noktalarından biri de reaktif boyama sonunda, katyonik kimyasalı ile ön işlem görmüş elyafın 6. boya banyosunda renksiz bir atık su mevcut iken, işlem görmeyen kumaşların boya flottesinde lif tarafından yeterince alınmayan, hidroliz olmuş reaktif boyadan kaynaklanan renkli atık su oluşmuştur.

\*Literatür araştırmalarında katyonikleştirme işleminin dezavantajı olarak “mukavemet değerlerinin düşmesi” probleminde karşı kasar işlemi sırasında kostik-peroksit yerine soda-peroksit kullanılmıştır. Bu durum göz önüne alındığında kumaşlara uygulanan soda-kostik işlemi birlikte katyonikleştirme işlemi bir miktar düşüş gözlemlenmiş olsa da kumaşların mukavemet değerleri herhangi bir sorun oluşturmamıştır.

\*Konvansiyonel boyama proseslerine göre kabul edilebilir sınırlar içinde haslık, patlama mukavemeti ve renk değerleri elde edilmiştir.

\*Proje ile ayrıca melanj iplik üretimi sırasında harman hallaç dairesinde yapılan renkli elyaf karışımı işletmede kirlenme meydana getirmektedir ve renkli elyaf işletmede sıkıntı olmaktadır proje ile katyonikleştirilmiş ham elyaf istenilen oranda ve istenilen renkte boyanabilme özelliği ve dolayısıyla bu sorun ortadan kalmış olacaktır.

## 5. KAYNAKLAR

*Bayraktar, N., (2011), Pamuğun katyonikleştirilmesi ve terbiye işlemleinde sağlayacağı etkilerinin incelenmesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Ün. Fen bilimleri Enstitüsü Y.L, syf 84.*

*Bulut, Oktav, M., Baydar, H., Akar, E., (2013), Katyonikleştirilmiş pamuklu kumaşın gül posası ile doğal boyanması ve haslık özelliklerinin incelenmesi, Erciyes Ün. Fen bilimleri Enstitüsü Dergisi, cilt:29, sayı: 3,*

*Gürsoy, N., Hauser, P., (2010), Yeni Katyonik Ağartma Aktivatörler Kullanılarak Ağartılmış Pamuklu Örne Kumaşların Boyama Özelliklerinin İncelenmesi” Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi 2, 155-161*

*Kalkanlı, E., Zervent, Ünal, B., (2019), Katyonizasyon işleminin havlu kumaş ön terbiyesinde kullanılabilirliğinin ve ürün özelliklerine etkisinin araştırılması, Çukurova Ün. Mühendislik dergisi, cilt 34, sayı 4,39. <https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.702048>*

*Oktav, M., ve Dayıoğlu, H., (2009), Pamuk liflerinin İyonik Modifikasyonu Yardımıyla Boyanabilirlik Özelliklerinin İncelenmesi, Süleyman Demirel Ün. Fen bilimleri Ensütüsü dergisi, 13(3), 277-296*

*Özdemir, H., (2014), Katyonize ve normal pamuğun çeşitli boyarmaddeler ile boyama sonuçlarının karşılaştırılması, Adıyaman Ün. Mühendislik bilimler dergisi, 1 (1) 14-228*

*TS EN ISO 16549:2009 İpliklerin düzgünlük tayini*

*TS EN ISO 2062:2009 Tek ipliğin kopma kuvvetinin ve kopma anındaki uzama tayini*

*TS EN 12127: 1999. Tekstil-Kumaşlar-Küçük Numuneler Kullanarak Birim Alan Başına Kütlenin Tayini*

*TS EN 14971: 2013. Tekstil-Örülmüş Kumaşlar-Birim Uzunluk ve Birim Alan Başına Örgü İlmeği Sayısının Tayini.*

*TS EN 14970: 2006. Tekstil- Örülmüş kumaş- Tek İplikli Örne Kumaşlarda Örgü İlmeği ve İplik Doğrusal Yoğunluğunun Tayini*

*TS EN ISO 105 E01: Tekstil - Renk haslığı deneyleri - Bölüm E01: Suya karşı renk haslığı*

*TS EN ISO 105-X12: Tekstil - Renk haslığı deneyleri Bölüm 12: sürtmeye karşı renk haslığı tayini*

*TS EN ISO 13938-2 : Tekstil-Kumaşların patlama özellikleri - Bölüm 2: Patlama mukavemetinin ve patlama gerilmesinin tayini için pnömatik metot*

*TS EN ISO 12945-2 : Tekstil - Kumaşlarda yüzey boncuklanması, tüylenmesi ve matlaşmasına yatkınlığını - Bölüm 2: Geliştirilmiş Martindale yöntemi*

*TS EN ISO 10523: Su kalitesi Ph tayini*

# FAKTÖRİYEL DİZAYNA DAYALI DENEYSSEL TASARIMDA UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> KULLANIMIYLA TEKSTİL ATIKSUYUNUN ARITIMI: OPTİMİZASYON STRATEJİSİ

Selman TÜRKEŞ<sup>1</sup>, Serin MEZARCIÖZ<sup>2</sup>, Hakan GÜNEY<sup>1</sup>, Bülent SARI<sup>1</sup>, Sait EROL<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye

<sup>2</sup>Çukurova Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye

<sup>3</sup>Oğuz Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş., Adana, Türkiye

## ÖZET

Tekstil endüstrisi, pamuk, polyester, naylon, ve ipek gibi çeşitli hammaddeleri kullanarak geniş bir ürün yelpazesi üretir. Ancak, bu süreçler yoğun su ve kimyasal madde kullanımını gerektirir, bu da önemli miktarda atık suyun oluşmasına neden olur. Atık sular, kimyasallar, boyalar, organik bileşenler ve ağır metaller içerir ve ekolojik sorunlara yol açar. Bu nedenle, atık suyunun etkin arıtılması büyük önem arz etmektedir. Bu çalışma, UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> prosesinin etkinliğini değerlendirmeyi amaçlamıştır. Faktöriyel dizayn yöntemi kullanılarak pH, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dozu, UV lambasının uzaklığı ve ham atıksu konsantrasyonu gibi parametrelerin etkileşimleri incelenmiştir. Deneysel çalışmalar sonucunda, pH 2, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20 mM, UV lambasından uzaklık 2 cm ve ham atıksu konsantrasyonu 500 mg/L koşullarında %95 oranında KOİ giderimi sağlanmıştır. Arıtım şartlarının belirtme katsayısı (R<sup>2</sup>) 0.9972 olarak hesaplanmış ve modelin yüksek doğrulukta tahminler sağladığı ortaya konulmuştur. Bu yenilikçi arıtma yöntemi, temiz üretim uygulamaları kapsamında endüstriyel faaliyetlerin çevresel etkilerini azaltmakla kalmayıp su tüketimini de düşürerek sürdürülebilir üretim modeline geçişi teşvik etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Tekstil Atıksu, UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Faktöriyel Dizayn

## TREATMENT OF TEXTILE WASTEWATER USING UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> IN A FACTORIAL EXPERIMENTAL DESIGN: AN OPTIMIZATION STRATEGY

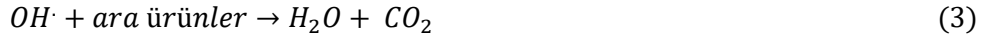
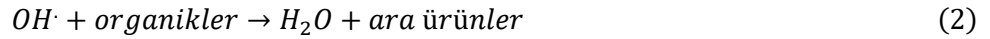
### ABSTRACT

The textile industry produces a wide range of products using various raw materials such as cotton, polyester, nylon, and silk. However, these processes require intensive use of water and chemicals, generating significant amounts of wastewater. Wastewater contains chemicals, dyes, organic compounds, and heavy metals and causes ecological problems. Therefore, effective treatment of sewage is of great importance. This study aimed to evaluate the effectiveness of the UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> process. The factorial design method examined the interactions of parameters such as pH, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dose, distance from the UV lamp, and raw wastewater concentration. As a result of experimental studies, 95% COD removal was achieved under the conditions of pH 2, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20 mM, distance from the UV lamp 2 cm, and raw wastewater concentration 500 mg/L. The coefficient of determination (R<sup>2</sup>) of the treatment conditions was calculated as 0.9972 and it was demonstrated that the model provided high-accuracy predictions. This innovative treatment method reduces the environmental impacts of industrial activities within the scope of clean production practices. It encourages the transition to a sustainable production model by reducing water consumption.

**Key Words:** Textile Wastewater, UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Factorial Design, AOPs

## 1. GİRİŞ

Endüstriyel faaliyetlerin hızla artmasıyla birlikte, çevresel kirlilik ve su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi günümüzün en önemli sorunlarından biri haline gelmiştir. Özellikle tekstil endüstrisi, su kullanımı ve kimyasal maddelerin yoğunluğu nedeniyle büyük miktarda atıksu üretmektedir. Tekstil endüstrisinin atıksuları, içerdiği yoğun renk, yüksek kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) ve toksik bileşikler nedeniyle çevre için önemli bir risk unsuru oluşturmaktadır. Bu bağlamda, tekstil atıksularının etkin ve sürdürülebilir bir şekilde arıtılması, hem çevre sağlığı hem de su kaynaklarının korunması açısından kritik bir önem arz etmektedir (Rossi ve ark., 2017; Yousef ve ark., 2019; Periyasamy ve Periyasami, 2023). Bu bağlamda tekstil atıksularının arıtımı için kullanılan yöntemler arasında fiziksel, kimyasal ve biyolojik prosesler yer almaktadır. Son yıllarda öne çıkan ileri oksidasyon teknolojilerinden biri olan UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> prosesi, bu alandaki en dikkat çekici yöntemlerden biridir. UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> prosesinin işleyiş mekanizması şu şekilde özetlenebilir (Denklem 1-4) (Fard ve ark., 2023).



UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> prosesi, hidrojen peroksitin (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) UV ışığı altında fotoliz yoluyla hidroksil radikalleri (•OH) üretmesi prensibine dayanan ileri oksidasyon teknolojilerinden biridir. İlk aşamada, hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) UV ışığı (hv) tarafından parçalanarak iki adet hidroksil radikali (•OH) oluşturur (Reaksiyon 1). Bu güçlü oksidantlar, organik kirleticilerle reaksiyona girerek su (H<sub>2</sub>O) ve çeşitli ara ürünler oluşturur (Reaksiyon 2). Daha sonra, bu ara ürünler hidroksil radikalleri ile reaksiyona devam ederek tamamen mineralize olabirler ve sonuç olarak su (H<sub>2</sub>O) ve karbondioksit (CO<sub>2</sub>) gibi nihai ürünler meydana gelir (Reaksiyon 3). Ayrıca, hidroperoksil radikalleri (HO<sub>2</sub>•) ile hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) arasındaki reaksiyon, ek hidroksil radikallerinin oluşumunu sağlar, bu da prosesi daha verimli hale getirir ve oksijen (O<sub>2</sub>) oluşumuyla sonuçlanır (Reaksiyon 4). Bu mekanizma, UV ışık yoğunluğu, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyonu ve reaksiyon süresi gibi parametrelerle optimize edilerek, tekstil atıksularındaki zor kirleticilerin etkili bir şekilde oksidasyonunu ve mineralizasyonunu sağlar. UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> prosesinin bu mekanizması, organik kirleticilerin etkili bir şekilde parçalanmasını sağlar. Hidroksil radikalleri (•OH) çok yüksek oksidasyon potansiyeline sahip olduğundan, bu radikaller organik kirleticilerle hızlı ve etkili bir şekilde reaksiyona girer. Bu, özellikle tekstil atıksularında bulunan zorlu kirleticilerin (örneğin, boyalar ve toksik bileşikler) arıtımında çok önemlidir.

UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile yapılan tekstil atıksularının arıtımı için yapılan deneylerde, etkin giderim oranlarını belirlemek amacıyla faktör analizi uygulanmaktadır. Bu süreçte belirli değişkenler sabit tutulurken, diğer değişkenler üzerinde deney yapılması maliyet artışlarına, uzayan sürelerle ve seçilen parametrelerin istatistiksel analizindeki zorluklara yol açmaktadır (Karimifard ve ark., 2018). Bunun için arıtım proseslerinin optimizasyonu, proses verimliliğini artırmak ve maliyetleri düşürmek amacıyla büyük önem taşımaktadır. Faktöriyel dizayna dayalı deneysel tasarım, optimizasyon çalışmalarında kullanılan güçlü bir istatistiksel araçtır. Bu yöntem, deneysel çalışmalarda değişkenlerin ana etkilerini ve bu değişkenler arasındaki etkileşimleri sistematik bir şekilde incelemeyi mümkün kılmaktadır. Faktöriyel dizayn, deney sayısını minimize ederek verilerin güvenilirliğini ve geçerliliğini artırırken, en uygun proses koşullarının belirlenmesini sağlamaktadır (Fard ve ark., 2023).

Bu çalışmanın temel amacı, tekstil atıksularının arıtımında UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> prosesinin etkinliğini optimize ederek çevresel sürdürülebilirliği artırmaktır. Bu kapsamda, faktöriyel dizayna dayalı deneysel tasarım yöntemiyle elde edilen sonuçlar, hem akademik literatüre katkı sağlayacak hem de endüstriyel uygulamalarda yol gösterici olacaktır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Faktöriyel Dizayn ve UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Süreci

Çalışmada pH, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, UV lambasından uzaklık ve ham atıksu konsantrasyonu gibi bağımsız değişkenlerin deney aralıkları ve seviyeleri, Design-Expert-13 yazılım programı kullanılarak belirlenmiştir. Her bir bağımsız değişkenin düşük ve yüksek seviyeleri Tablo-1'de gösterilmiştir. UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> çalışma düzeni için 16 tahmini model deneyi gerçekleştirilmiş olup, bu deneylerde UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> uygulaması, 5 dakika hızlı karıştırma (250 devir/dak), 30 dakika yavaş karıştırma (50 devir/dak) ve 30 dakika çöktürme süreleri kullanılmıştır. Bu deneyler sonucunda bağımlı değişken olan KOİ sonuçları Tablo 2'de elde edilmiş ve ANOVA analizi ile değerlendirilmiştir.

Çizelge 1. Bağımsız değişkenlerinin deney aralıkları ve düzeyleri

Bağımsız Değişkenler	Faktör	Aralık ve Seviye	
	X	Düşük	Yüksek
pH	X <sub>1</sub>	2	7
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (Mm)	X <sub>2</sub>	4	20
UV Lambasından Uzaklık (cm)	X <sub>3</sub>	2	6
Ham Atıksu Konsantrasyonu (mg/L)	X <sub>4</sub>	500	800

Çizelge 2. Faktöriyel dizaynda UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> deney çalışması

Deney Sayısı	Girdiler				Çıkış
	pH	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (mM)	UV Lambasından Uzaklık (cm)	Ham Atıksu Konsantrasyonu (mg/L)	KOİ (mg/L)
1	2	20	2	800	89
2	2	4	2	500	90
3	2	20	6	500	91
4	7	4	2	500	88
5	2	20	6	800	94
6	7	4	2	800	90
7	7	20	6	500	87
8	2	4	2	800	91
9	7	4	6	800	92
10	7	20	6	800	91
11	2	20	2	500	93
12	7	20	2	500	96
13	2	4	6	800	94
14	2	4	6	500	93
15	7	4	6	500	93
16	7	20	2	800	94



### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Model uygunluğu ve ANOVA analizi

ANOVA, gruplar arasındaki ortalamaların istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde farklı olup olmadığını belirlemek için kullanılan bir istatistiksel yöntemdir. Bu yöntemde, gruplar arasındaki varyansın karşılaştırılmasıyla grup içi ve gruplar arası farklılıklar ortaya konur. F-değeri, gruplar arası varyansın grup içi varyansa oranı olarak hesaplanır ve p-değeri ile gruplar arası farkın anlamlılığı değerlendirilir. Alfa düzeyinden küçük olan ( $<0.05$ ) p-değerleri, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu gösterir. Lack of fit değeri ise modelin gözlenen verilere ne kadar iyi uyduğunu değerlendirir; düşük lack of fit ( $<0.05$ ) değerleri modelin verilere iyi uyduğunu gösterirken, yüksek değerler modelin eksik kaldığını işaret eder (Buyukada, 2016). Tablo 3'te ANOVA analizi sonuçlarına göre, model genel olarak yüksek bir  $R^2$  değeri (0.9972) ile veri setindeki varyansın büyük bir kısmını açıklamaktadır, bu da modelin verilere iyi uyduğunu gösterir. Bağımsız değişkenlerin (A-pH, B-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, C-UV Lambasından Uzaklık, D-Ham Atıksu Konsantrasyonu) her biri için hesaplanan F-değerleri 4.00 civarındadır ve ilgili p-değerleri 0.1'in üzerindedir. Bu durum, bağımsız değişkenlerin tek başına modelde anlamlı bir etkisinin olmadığını gösterir. Benzer şekilde, etkileşim terimleri için (AB, AC, AD, BC, BD, CD, ABC, ABD, ACD, BCD) hesaplanan F-değerleri de 1.00 ila 121.00 arasında değişmekte olup, bu terimlerin de genel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir.

Residual değeri çok düşük (0.2500) olduğundan, modelin gözlenen verilere iyi uyduğu ve modelin güvenilir olduğu söylenebilir. Düzeltilmiş  $R^2$  değeri (0.9582), bağımsız değişkenler tarafından açıklanan varyansın %95.82'sini kapsamaktadır, bu da modelin veri setindeki değişkenliğin büyük bir kısmını açıkladığını gösterir. Ancak, tahmin edilen  $R^2$  değeri (0.2869) düşük olduğundan, modelin yeni verilere karşı tahmin yapma gücünün sınırlı olduğu belirtilmelidir.

Genel olarak, ANOVA analizi sonuçları modelin sağlam bir temele dayandığını ve belirli değişkenlerin veya etkileşimlerin modelde anlamlı bir şekilde açıklanmadığını gösterse de, modelin veri setine uygunluğunu ve güvenilirliğini destekleyen önemli bulgular sunmaktadır.

Çizelge 3. KOİ giderimi için ANOVA analizi

Kaynak	Kareler Toplamı	df	Kare Ortalaması	F-değeri	p-değeri	
<b>Model</b>	89.50	14	6.39	25.57	0.1539	Önemli değil
A-pH	1.0000	1	1.0000	4.00	0.2952	
B-H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1.0000	1	1.0000	4.00	0.2952	
C-UV Lambasından Uzaklık	1.0000	1	1.0000	4.00	0.2952	
D-Ham Atıksu Konsantrasyonu	1.0000	1	1.0000	4.00	0.2952	
AB	2.25	1	2.25	9.00	0.2048	
AC	12.25	1	12.25	49.00	0.0903	
AD	0.2500	1	0.2500	1.00	0.5000	
BC	30.25	1	30.25	121.00	0.0577	
BD	0.2500	1	0.2500	1.00	0.5000	
CD	6.25	1	6.25	25.00	0.1257	
ABC	16.00	1	16.00	64.00	0.0792	
ABD	1.0000	1	1.0000	4.00	0.2952	
ACD	1.0000	1	1.0000	4.00	0.2952	
BCD	16.00	1	16.00	64.00	0.0792	
<b>Residual</b>	0.2500	1	0.2500			
<b>Cor Total</b>	89.75	15				
<b>Std. Dev.</b>	0.5000	<b>R<sup>2</sup></b>	0.9972			
<b>Mean</b>	91.63	<b>Düzeltilmiş R<sup>2</sup></b>	0.9582			
<b>C.V. %</b>	0.5457	<b>Tahmin edilen R<sup>2</sup></b>	0.2869			

### 3.2. Modelin KOİ Giderim Etkinliği

Tablo-2 deneysel ve Tablo 3'te ANOVA analizine göre Şekil-1(a)'da ABC (pH/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV Lambasından Uzaklık), Şekil-1(b)'de ABD (pH/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/Ham Atıksu Kons.), Şekil-1(c)'de ACD (pH/UV lambasından Uzaklık/Ham Atıksu Kons.), Şekil-1(d) BCD (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV Lambasından Uzaklık/Ham Atıksu Kons.) 3D küp grafiklerini gösterirken; Şekil-1(e) ise modelin deneysel ve tahmini sonuçların linear sonucunu belirtmektedir. Grafiklerdeki köşeler faktörlerin farklı seviyelerine karşılık gelen KOİ değerlerini sunar. pH faktörü 2 (A-) ve pH 7 (A+). H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyonu 4 mM (B-) ve 20 mM (B+) olarak belirlenmiştir. UV lambasından uzaklık faktörü 2 cm (C-) ve 6 cm (C+) seviyelerinde değerlendirilmiştir Ham atıksu konsantrasyonu ise 500 mg/L (D-) ve 800 mg/L (D+) yükseltmelerinde yapılmıştır.

Yapılan analizlere göre, Şekil-1(a)'da pH değeri 7 (A+) seviyesinde elde edilen KOİ değerleri, pH 2 (A-) seviyesine göre genellikle daha düşük çıkmıştır. Bu durum, daha düşük pH seviyesinin KOİ gideriminde daha etkili olduğunu göstermektedir. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyonu açısından değerlendirildiğinde, 20 mM (B+) seviyesinde elde edilen KOİ değerleri genellikle 4 mM (B-) seviyesine göre daha düşüktür. Bu, daha yüksek H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyonunun KOİ giderim etkinliğini artırabileceğini ortaya koymaktadır. UV lambasından uzaklık faktörü incelendiğinde ise, 6 cm (C+) seviyesinde elde edilen KOİ değerleri genellikle 2 cm (C-) seviyesine göre daha yüksektir. Bu, UV lambasına daha yakın olmanın (daha kısa mesafenin) KOİ gideriminde daha etkili olabileceğini işaret etmektedir. Grafikteki en düşük KOİ değeri (%89.0595), pH 7 (A+), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 4 mM (B-) ve UV uzaklık 2 cm (C-) kombinasyonunda elde edilmiştir. En yüksek KOİ değeri (%94.9405), pH 2 (A-), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20 mM (B+) ve UV uzaklık 6 cm (C+) kombinasyonunda gözlemlenmiştir.

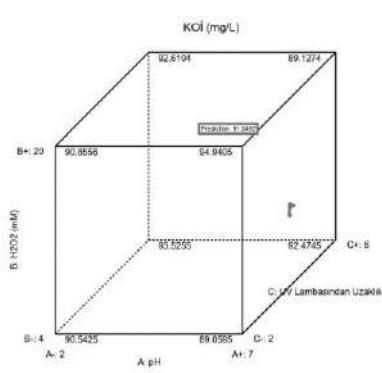
Şekil-1(b)'de analiz edilen sonuçlara göre, pH değeri 7 (A+) seviyesinde KOİ değerleri, pH 2 (A-) seviyesine göre genellikle daha düşük çıkmıştır. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyonu açısından değerlendirildiğinde, 20 mM (B+) seviyesinde elde edilen KOİ değerleri genellikle 4 mM (B-) seviyesine göre daha yüksektir. Ham atıksu konsantrasyonu incelendiğinde ise, 500 mg/L (D-) seviyesinde elde edilen KOİ değerleri genellikle 800 mg/L (D+) seviyesine göre daha yüksektir. Bu grafikteki en düşük KOİ değeri (%88.5402), pH 7 (A+), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 4 mM (B-) ve ham atıksu konsantrasyonu 800 mg/L (D+) kombinasyonunda elde edilmiştir. En yüksek KOİ değeri (%93.2759), pH 2 (A-), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20 mM (B+) ve ham atıksu konsantrasyonu 500 mg/L (D-) kombinasyonunda gözlemlenmiştir.

Şekil-1(c)'de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyonu açısından değerlendirildiğinde, 20 mM (B+) seviyesinde elde edilen KOİ değerleri genellikle 4 mM (B-) seviyesine göre daha yüksektir. UV lambasından uzaklık faktörü incelendiğinde ise, 6 cm (C+) seviyesinde elde edilen KOİ değerleri genellikle 2 cm (C-) seviyesine göre daha yüksektir. Ham atıksu konsantrasyonu incelendiğinde ise, 500 mg/L (D-) seviyesinde elde edilen KOİ değerleri genellikle 800 mg/L (D+) seviyesine göre daha yüksektir. Bu grafikteki en düşük KOİ değeri (%87.7504), UV lambasından uzaklık 6 cm (C+), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20 mM (B+) ve ham atıksu konsantrasyonu 500 mg/L (D-) kombinasyonunda elde edilmiştir. En yüksek KOİ değeri (%95.4164), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20 mM (B+), UV lambasından uzaklık 2 cm (C-) ve ham atıksu konsantrasyonu 500 mg/L (D-) kombinasyonunda gözlemlenmiştir.

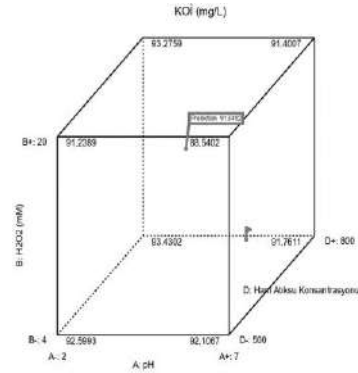
Şekil-1(d)'de, pH değeri 7 (A+) seviyesinde KOİ değerleri, pH 2 (A-) seviyesine göre genellikle daha düşük çıkmıştır. Bu durum, daha yüksek pH seviyesinin KOİ gideriminde daha etkili olduğunu göstermektedir. UV lambasından uzaklık faktörü incelendiğinde ise, 6 cm (C+) seviyesinde elde edilen KOİ değerleri genellikle 2 cm (C-) seviyesine göre daha düşüktür. Bu, UV lambasına daha yakın olmanın (daha kısa mesafenin) KOİ gideriminde daha etkili olabileceğini işaret etmektedir. Ham atıksu konsantrasyonu incelendiğinde ise, 500 mg/L (D-) seviyesinde elde edilen KOİ değerleri

genellikle 800 mg/L (D<sup>+</sup>) seviyesine göre daha yüksektir. Bu grafikteki en düşük KOİ değeri (%91.2389), UV lambasından uzaklık 6 cm (C<sup>+</sup>), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20 mM (B<sup>+</sup>) ve ham atıksu konsantrasyonu 500 mg/L (D<sup>-</sup>) kombinasyonunda elde edilmiştir. En yüksek KOİ değeri (%93.9759), pH 2 (A<sup>-</sup>), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20 mM (B<sup>+</sup>) ve ham atıksu konsantrasyonu 500 mg/L (D<sup>-</sup>) kombinasyonunda gözlemlenmiştir.

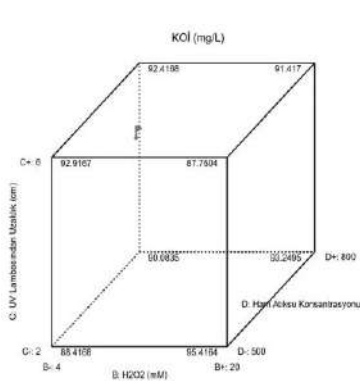
Elde edilen bu analizler sonucunda, optimum KOİ giderimi için pH 7 (A<sup>+</sup>), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 4 mM (B<sup>-</sup>), UV lambasından uzaklık 2 cm (C<sup>-</sup>) ve ham atıksu konsantrasyonu 800 mg/L (D<sup>+</sup>) kombinasyonu en düşük KOİ değerlerini (%87.7504) sağlarken, en yüksek KOİ değeri (%95.4164), pH 2 (A<sup>-</sup>), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20 mM (B<sup>+</sup>), UV lambasından uzaklık 2 cm (C<sup>-</sup>) ve ham atıksu konsantrasyonu 500 mg/L (D<sup>-</sup>) kombinasyonunda elde edilmiştir. Şekil-1 (e)'de deneysel ve tahmin sonuçları verilmiştir.



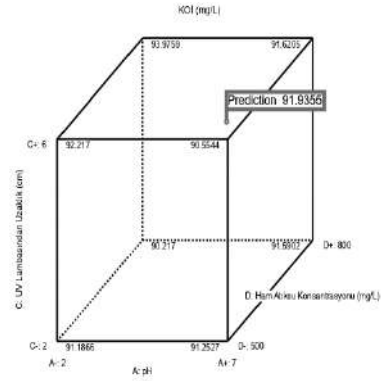
(a)



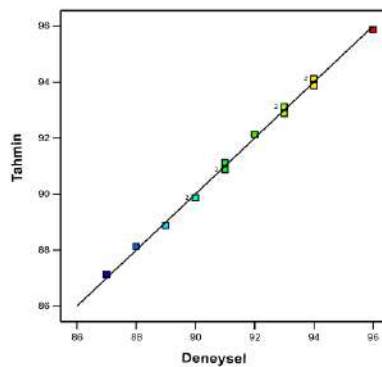
(b)



(c)



(d)



(e)

**Şekil 1:** (a) En düşük KOİ %89.06 ile pH 7, 4 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 6 cm UV; en yüksek %94.94 ile pH 2, 20 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 2 cm UV'de elde edilmiştir; (b) %88.54 ile pH 7, 4 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 800 mg/L atıksuda en düşük; %93.28 ile pH 2, 20 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 500 mg/L atıksuda en yüksek KOİ gözlenmiştir; (c) %87.75 ile 6 cm UV, 20 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 500 mg/L; %95.42 ile 2 cm UV, 20 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 500 mg/L'de en yüksek KOİ belirlenmiştir; (d) %91.24 ile 6 cm UV, 20 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 500 mg/L'de en düşük; %93.98 ile pH 2, 20 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 500 mg/L'de en yüksek KOİ gözlenmiştir; (e) %87.75 ile pH 7, 4 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 6 cm UV, 800 mg/L en düşük; %95.42 ile pH 2, 20 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 2 cm UV, 500 mg/L en yüksek KOİ'dir.

### 3.3. Model Sonuçlarının Literatür Değerlendirmesi

Bu çalışma, UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile ham tekstil atıksularının arıtımında etkinliğini değerlendirirken, literatürdeki diğer çalışmalarla Tablo-4'te karşılaştırılmıştır. İlk olarak, diğer çalışmalar, Asadollahfardi ve ark. (2023), Fard ve ark., (2023), Rosa ve ark., (2020) genellikle sentetik tekstil atıksularının arıtımında UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> prosesini değerlendirirken, bu çalışma ise tekstil ham atıksuyu alanında yapılmıştır. Bu kapsamda çalışmanın, arıtım sürecinin gerçek endüstriyel koşullara daha yakın bir şekilde incelendiğini göstermektedir. Diğer yandan, çalışmada kullanılan faktöriyel dizayn yöntemi, pH, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dozu, UV lambası uzaklığı ve ham atıksu konsantrasyonu gibi faktörlerin etkileşimini ayrıntılı olarak değerlendirmiştir. Bu, optimize edilmiş arıtım koşullarının belirlenmesine ve prosesin etkinliğinin artırılmasına olanak tanımıştır. Örneğin, pH ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dozajının değişimlerinin KOİ giderimi üzerindeki etkileri açık bir şekilde ortaya konmuş ve en uygun koşulların belirlenmesi sağlanmıştır. Diğer çalışmalarda genellikle belirli bir parametre veya bileşik üzerine odaklanılırken, bu çalışma geniş bir yelpazede parametreleri değerlendirmiştir. Son olarak, diğer çalışmalar genellikle belirli koşullar altında sabit değerlerle çalışırken, bu çalışma değişken koşulları ve etkileşimleri inceleyerek daha gerçekçi ve uygulamaya yönelik sonuçlar elde etmeyi amaçlamıştır. Bu, prosesin operasyonel esnekliğini ve optimize edilmiş koşullar altında en yüksek verimi nasıl sağlayabileceğimizi anlamamıza yardımcı olur. Sonuç olarak, bu çalışma diğerlerinden farklı bir yöntemoloji ve kapsam sunarak, UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> prosesinin sentetik ve ham tekstil atıksularının arıtımında nasıl etkili bir seçenek olabileceğini derinlemesine incelemiştir.

**Çizge 4.** UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile yapılan çalışmalar

Çalışma Alanı	Model-Çalışma Yöntemi	Deney Sayısı	Bağımsız Değişkenler	Sonuç	Referans
Tekstil: Sentetik Atıksu	-	-	pH, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , UV, CI, Reaktif Mavi 19 boya	RB19 giderimi: NaOCl ile %64.49, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ile %0.88, UV/NaOCl ile %99.7, UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ile %13.31 oranında.	Asadollahfardi ve ark., 2023
Sanayi: Sentetik Atıksu	UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> : Faktöriyel Dizayn	27	pH, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , Toluene diamin (TDA)	TDA dozajı 37.0365 mg/L, pH 7.04919 ve başlangıç H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> dozajı 44.1792 mM ile giderim %98.5	Fard ve ark., 2023
Tekstil: Sentetik Atıksu	UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	-	UV, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	TDA giderimi %98.5, organik karbon giderimi %93, tuz giderimi %95.	Rosa ve ark., 2020
Tekstil: Ham Atıksu	UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> : Faktöriyel Dizayn	16	pH, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , UV Lambasından Uzaklık (cm), Ham Atıksu Konsantrasyonu (mg/L)	KOİ Giderim:pH 7, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 4 mM, UV lambasından uzaklık 2 cm, Ham atıksu konsantrasyonu 800 mg/L''de en düşük %87. pH 2, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 20 mM, UV lambasından uzaklık 2 cm, Ham atıksu konsantrasyonu 500 mg/L''de en yüksek %95.	Bu Çalışma

#### 4. SONUÇ

Bu çalışma, UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> prosesinin ham tekstil atıksularının arıtımında etkinliğini değerlendirirken, çeşitli arıtım koşullarının ve parametrelerin etkileşimlerini faktöriyel dizayn yöntemiyle sistematik bir şekilde incelemiştir. Elde edilen sonuçlar açısından şu alanlara vurgu yapılmıştır:

- **Yöntem:** Çalışma, UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> prosesinin değerlendirilmesi için literatürde yaygın olarak kullanılan faktöriyel dizayn yöntemini benimsemiştir. Bu yöntem, arıtım koşullarının etkileşimlerini sistemli bir şekilde analiz etmeye ve optimize etmeye olanak tanımıştır. Ayrıca, elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi, prosesin güvenilirliği ve uygulama potansiyeli hakkında daha sağlam bir temel oluşturmuştur.
- **Arıtım Koşulları:** Çalışma, UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> prosesinin ham tekstil atıksularının arıtımında etkinliğini değerlendirmek için çeşitli arıtım koşullarını incelemiştir. pH, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dozu, UV lambasının uzaklığı ve ham atıksu konsantrasyonu gibi faktörlerin etkileşimlerini faktöriyel dizayn yöntemiyle test etmiştir. Özellikle, pH 7, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 4 mM, UV lambasından uzaklık 2 cm ve ham atıksu konsantrasyonu 800 mg/L koşullarında %87, pH 2, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20 mM, UV lambasından uzaklık 2 cm ve ham atıksu konsantrasyonu 500 mg/L koşullarında ise %95 KOİ giderim verimleri elde edilmiştir.
- **İstatistiksel Güvenirlilik:** Çalışma, ANOVA sonuçlarına göre R<sup>2</sup> değeri 0.9972 olarak belirlenmiştir. Bu yüksek R<sup>2</sup> değeri, modelin deneysel verilerle uyumlu olduğunu ve elde edilen sonuçların güvenilir olduğunu göstermektedir. Deneyler istatistiksel olarak tekrarlanabilirlik ve güvenilir sonuçlar elde edilmesi adına dikkatle tasarlanmıştır. Bu sayede, farklı koşullar altında prosesin performansının güvenilir bir şekilde değerlendirilmesi mümkün olmuştur.
- **Özgünlük:** Çalışma, UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> prosesinin ham tekstil atıksularının arıtımında kullanımı üzerine yapılan kapsamlı bir araştırmayı temsil etmektedir. Literatürdeki diğer çalışmalar genellikle sentetik tekstil atıksuları üzerine odaklanırken, bu çalışma özellikle ham atıksuları hedef almasıyla özgündür. Ayrıca, faktöriyel dizayn yöntemiyle yapılan detaylı parametre analizleri, çalışmanın metodolojik özgünlüğünü ve bulgularının genel geçerliliğini artırmıştır.
- **Geleceğe Yönelik:** Çalışma, UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> prosesinin ham tekstil atıksularının arıtımında potansiyelini ortaya koymuş ve gelecekteki araştırmalar için bir temel oluşturmuştur. Özellikle, farklı koşullar altında prosesin optimize edilmiş çalışma şartlarının belirlenmesi ve uygulamaya yönelik çözümler geliştirilmesi önemli bir adımdır. Bu tür çalışmalar, çevresel sürdürülebilirlik ve endüstriyel atıksu yönetimi alanında yeni stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlayabilir.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 2244-119C065 numaralı proje ile ve ayrıca Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (ÇÜ-SRP) tarafından FDK-2021-14237 numaralı proje ile finanse edilmektedir. Yazarlar desteklerinden dolayı TÜBİTAK ve ÇÜ-SRP'ye çok teşekkür ederler.

#### KAYNAKLAR

- Asadollahfardi, G., Hessami, A., Gholizade, A., & Rezaei, R. (2023). Removal of Reactive Blue 19 dye from synthetic wastewater using UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and UV/Cl advanced oxidation processes. *Remediation Journal*, 33(2), 167-176. <https://doi.org/10.1002/rem.21744>
- Buyukada, M. (2016), "Modeling of decolorization of synthetic reactive dyestuff solutions with response surface methodology by a rapid and efficient process of ultrasound-assisted ozone oxidation", *Desalination and Water Treatment*, Vol. 57 No. 32, pp. 14973-14985. <https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1067838>
- Fard, M. S., Ehsani, A., & Soleimani, F. (2023). Optimization of Toluenediamine degradation in synthetic wastewater by a UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> process using full factorial design. *Water Resources and Industry*, 30, 100218. <https://doi.org/10.1016/j.wri.2023.100218>
- Karimifard, S., & Moghaddam, M. R. A. (2018). Application of response surface methodology in physicochemical removal of dyes from wastewater: a critical review. *Science of the Total Environment*, 640, 772-797. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.355>
- Periyasamy, A. P., & Periyasami, S. (2023). Critical review on sustainability in denim: A step toward sustainable production and consumption of denim. *ACS omega*, 8(5), 4472-4490. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c06374>
- Rosa, J. M., Tambourgi, E. B., Vanalle, R. M., Gamarra, F. M. C., Santana, J. C. C., & Araújo, M. C. (2020). Application of continuous H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV advanced oxidative process as an option to reduce the consumption of inputs, costs and environmental impacts of textile effluents. *Journal of Cleaner Production*, 246, 119012. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119012>
- Rossi, T., Silva, P. M. D. S., De Moura, L. F., Araújo, M. D. C., Brito, J. O., & Freeman, H. S. (2017). Waste from eucalyptus wood steaming as a natural dye source for textile fibers. *Journal of cleaner production*, 143, 303-310. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.109>
- Yousef, S., Tatariants, M., Tichonovas, M., Sarwar, Z., Jonuškienė, I., & Kliucininkas, L. (2019). A new strategy for using textile waste as a sustainable source of recovered cotton. *Resources, conservation and recycling*, 145, 359-369. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.02.031>

# ANTEP FISTIĞI KABUKLARININ SELÜLOZİK ESASLI KUMAŞLARIN BOYAMA PROSESLERİNDE KULLANILMASI

**Tülin KAYA NACARKAHYA, Başak GÖKPINAR,**

**Şeyma SATIL**

*Karafiber Tekstil San. ve Tic. A.Ş. AR-GE Merkezi, Gaziantep, TÜRKİYE*

Sorumlu Yazar: arge@karaholding.com

## ÖZET

Tekstil sektöründe kullanılan sentetik boyarmaddelerin insan ve çevre sağlığına olumsuz etkilerinin olduğu bilinmektedir. Son yıllarda ülkeler tarafından artan katı çevre politikaları ve insanların kazandığı çevre bilinci sayesinde doğal ürünlerin kullanılması ve atıkların değerlendirilmesi oldukça önem kazanmıştır. Çevre bilincinin kazandırılmasını sağlayan en büyük etken atıkların değerlendirilmesi olarak göze çarpmaktadır. Bu proje kapsamında, endüstriyel olarak değerlendirilemeyen antep fıstığı (*Pistacia vera*) bitkisinin atıklarının değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Bu kapsamda antep fıstığı kabuğu atığı ile, farklı oran ve mordan tipleri kullanılarak boyama prosesi geliştirilmiştir. Optimum koşullar belirlendikten sonra elde edilen boya farklı örme kumaşların boyanmasında kullanılmış ve kumaşlar üzerinde kalite testleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda en iyi performansı veren kuru kabuk derişiminin 20 g/L, mordan tipinin şap olduğu tespit edilmiştir. Kumaş testleri sonucuna göre ise en iyi performansı vortex eğirme sisteminde üretilen Ecocell™'in verdiği görülmüştür. Bu çalışmanın tekstilde geri dönüşüm konusunda yapılacak çalışmalar için ön veri sağlayarak literatüre katkı sağlayacağını düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** *Pistacia vera*, Doğal boya, Atık geri dönüşüm.

## THE USE OF PISTACHIO HULL IN DYEING PROCESSES OF CELLULOSIC BASED FABRICS

### ABSTRACT

It is known that synthetic dyestuffs used in the textile industry have negative effects on human and environmental health. In recent years, the use of natural products and the utilization of wastes have gained importance thanks to the increasing strict environmental policies of countries and the environmental awareness gained by people. The biggest factor in raising environmental awareness is the utilization of wastes. Within the scope of this project, it is aimed to utilize the wastes of pistachio (*Pistacia vera*) plant, which cannot be utilized industrially. In this context, dyeing process of pistachio shell waste was developed by using different ratio and mordant types. After determining the optimum conditions, the dye obtained was used for dyeing different knitted fabrics and quality tests were performed on these fabrics. As a result of the study, it was determined that the amount of dry crust giving the best performance was 20 g/L and the mordant type was alum. According to the results of fabric tests, it was seen that Ecocell™ produced in vortex spinning system gave the best performance. It is thought that this study will contribute to the literature by providing preliminary data for studies on recycling in textiles.

**Keywords:** *Pistacia vera*, Natural dye, Recycling waste.

## 1.GİRİŞ

Tekstil endüstrisinde sıklıkla kullanılan sentetik boyalar ciddi kirleticiler olarak kabul edilmektedir (Rai vd., 2005). Sentetik boyaların üretimi ve kullanımı sonrasında oluşan atıkların çevre ve insan sağlığı açısından yarattığı sorunlar birçok akademik çalışma ile ortaya konmuştur. Bu sorunlardan en önemlileri ise insanlarda mutajenik ve kanserojenik etki yapabilecek potansiyelde olmasıdır (Senturk, 2010; Vimonses, 2010). Sentetik boyalar, insan hayatını olduğu kadar su kaynaklarındaki balıkları ve diğer su canlılarını da tehdit eden kimyasal ve biyolojik değişikliklere neden olmaktadır. Bunun nedeni bu boyaların parçalanmalarının zor olması ve suda uzun süre kalabilmeleridir (Forgacs vd., 2004; Kant, 2012). Bu sebepten dolayı, sürekli olarak tekstilde yeni ve verimli boyama yöntemleri araştırılmakta ve bu tehlikeli kirletici maddelerden korunmak için çevreye duyarlı prosedürler geliştirilmektedir.

Günümüzde gelişen bu farkındalık sayesinde tekstil ürünlerinde kimyasal boyalar yerine doğa dostu doğal boyaların kullanımı hızla önem kazanmaya başlamıştır. Bu önemle birlikte, geçmişte geleneksel olarak kullanılan doğal renklendiriciler küresel olarak yeniden ortaya çıkmaya başlamıştır ve bunların sentetik boyalara iyi bir alternatif olduğu düşünülmektedir (Karadağ, 2007). Doğal renklendiriciler daha güvenli ve çevre dostudur. Ayrıca yenilenebilir ve biyolojik olarak parçalanabilir niteliktedirler ve bu ürünlerin kullanılması çevre ile uyumluluk konusundaki artan taleplere yanıt vermektedir. Doğal boyalarla renklendirilen tekstiller ağırlıklı olarak çevreye duyarlı tüketiciler tarafından tercih edilmekte ve günümüzde bu tür tekstiller için niş bir pazar bulunmaktadır.

Doğal boyar maddelerin temel kaynağını bitkiler oluşturmaktadır. Doğada yetişen bitkilerin kök, yaprak, çiçek yada tohumlarından yararlanılmakla birlikte atık olarak değerlendirilen kısımları da kullanılmaktadır. Bu atıkların kullanılması sayesinde hem bitkisel atıkların değerlendirilmesi hem de kimyasal atıkların ortadan kaldırılması hedeflenmektedir. Bu bitkisel atıklardan biri de antep fıstığı (*Pistacia vera*) kabuklarıdır. Antep fıstığının kabuk kısmı, fıstık üretiminin yan ürünüdür ve önemli bir endüstriyel uygulaması bulunmamaktadır. Bu nedenle genellikle katı atık alanlarına bırakılarak veya yakılarak bertaraf edilmektedir ve bu atıklar çevreye olumsuz etki yapmaktadır.

Antep fıstığının M.Ö.7000 gibi erken bir tarihte gıda için kullanıldığına dair arkeolojik kanıtlar bulunmaktadır (Kashani Nejad vd., 2003). İlk olarak Etiler zamanında Güney Anadolu'da kültüre alınmış ve MS 1. Yüzyılın başlarında Suriye'den İtalya'ya tanıtılmış olup diğer Akdeniz ülkeleri, ABD, Avustralya ve Çin'e yayılmıştır (Tekin vd., 2001). Günümüzde de gıda olarak kullanımı süregelmektedir. Antep fıstığı perikarp (dış kabuk), endokarp (iç kabuk) ve yenilebilir kısım olan olgunlaşmış ovülden (tohum) oluşmaktadır (Mandalari vd., 2022). Literatür verileri incelendiğinde atık olarak nitelendirilen perikarp ve endokarp kısımlarının değerlendirilmek üzere yapılan doğal boyar madde çalışmaları mevcuttur. Endokarp kısmı Özsoy tarafından ham işlenmemiş deri boyamada kullanılırken başka iki çalışmada biyo-mordan madde olarak kullanılmıştır (Yameen vd., 2022; Nasreen vd., 2023). Perikarp kısmına bakıldığında ise pamuk (Benli, 2024) ve yün (Kiumarsi ve Parvinzadeh Gashti, 2015; Parvinzadeh, 2009) kumaşlarının boyanması ile ilgili çalışmaların olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada, ülkemizin doğal bitki örtüsü içinde yer alan ve özellikle gıda sektöründe çokça kullanılan antep fıstığı bitkisinin meyve kabukları (perikarp) ile doğal bitkisel boyama çalışmaları yapılmıştır. Doğal organik tekstil hammaddesi olarak liyosel, viskon, bambu, modal ve Ecocell™ kumaşlar boyama materyali olarak seçilmiştir. Kurutulmuş antep fıstığı kabukları ile 9 farklı oranda boya çözeltisi oluşturulmuş ve kullanılacak kabuk miktarına karar verilmiştir. Ardından 5 farklı mordan maddesi denenmiş ve belirlenen mordan farklı oran ve pH'da değerlendirilerek geleneksel boyama yöntemlerine göre boyama işlemi yapılmıştır. Tekstil standartlarına uygun olarak yıkama haslıkları ve hava geçirgenliği sonuçları değerlendirilerek bu bitkinin tekstil alanında kullanım durumları yorumlanmıştır.

Ecocell™ elyaflar, doğal kaynaklardan elde edilen selülozik bir elyaf türüdür ve standart liyosel elyafıdır. Ecocell™ iplikler, iyi nem emici özellikleri, yumuşaklık, hafiflik, parlaklık ve emicilik gibi özellikleriyle bilinirler. Kontrollü ve endüstriyel amaçlı olarak kullanılan orman kaynaklarından elde



edilmektedir. NMMO ile çözülen pulp esaslı biyobozunur bir elyaf olan Ecocell™ kapalı döngü çözen tüketimi ile diğer rejenere selülozik liflere kıyasla daha ekolojik bir üretim yöntemine sahiptir.

## **2.MATERYAL VE METOT**

### **2.1.Antep Fıstığı Kabuğu ile Birlikte Kullanılacak Mordan Tipinin Belirlenmesi**

Doğal boyar maddelerin tekstil liflerine ilgisi yok denecek kadar azdır. Boyama verimini artırmak için mordan olarak isimlendirilen maddeler kullanılmaktadır (Ölmez, 2004). Bu maddeler doğal renklendiricileri lif yüzeyine çekmekte ve kompleks oluşturarak boyama verimini artırmaktadır. Bu çalışmada mordan tipinin belirlenmesi için 5 çeşit mordanlı ve bir adet mordansız olmak üzere 6 farklı deneme grubu oluşturulmuştur. Kullanılan mordan maddeleri; beyaz kil, yeşil kil, demir sülfat, tebeşir tozu ve şaptır. Mordanlama işlemi “birlikte mordanlama” olarak gerçekleştirilmiştir. Buna göre, endüstriyel boyama prosesine uygun olarak Ecocell™ kumaşları, %2 oranında mordan maddesi, 20g/L antep fıstığı kabuğu, 1g/L ıslatıcı ve 3g/L kostik ile 90 °C’de 60 dk işleme tabi tutulmuştur. Banyo 70 °C’ye soğutulduktan sonra kumaşa asitleme ve durulama işlemi yapılarak ön terbiye işlemleri tamamlanmıştır. Kullanılan mordan malzemelerinin renklendirme üzerindeki etkisi 400 nm’de K/S ve CIE L\*a\*b\* değerleri incelenerek belirlenmiştir. K/S değeri, Kubelka-Munk değeri olarak da bilinmekte ve bir kumaşın renk verimliliğini veya renk yoğunluğunu ölçmek için kullanılmaktadır (Kubelka, 1948).

### **2.2.Doğal Boya Kaynağının Kullanım Şeklinin Belirlenmesi**

Fıstık kabuklarından doğal boya eldesi için öncelikle oda sıcaklığında ve gölgede kurutulmuş olan fıstık kabuğu (perikarp) alınmış ve elek yardımı ile yabancı maddeler (toprak, böcek vb.) uzaklaştırılmıştır. Temizlenen kabuklar çelik bıçaklı elektrikli öğütücü ile toz haline getirilmiştir. Laboratuvar ortamında 1 g/L, 5 g/L, 10 g/L, 15 g/L, 20 g/L, 30 g/L, 40 g/L, 50 g/L, 100 g/L oranlarında tartılan kabuklar, üzerine 100 °C su eklenerek 2 saat süresince dinlenmeye bırakılmıştır. 2 saat sonunda kuru antep fıstığı kabukları renklerini suya vermiş ve katı maddeler 200 mesh 100 mikron ölçekli bir süzgeç yardımı ile süzölmüştür. Laboratuvar ölçekli ilk deneme aynı kumaş türü olan %100 ring Ecocell™ kumaş üzerine uygulanmıştır.

Bu çalışmadan elde edilen ideal uygulama metodları seçilmiş ve buna uygun mordan, süre ve oran ile işletme ortamında endüstriyel boyama gerçekleştirilmiştir. Boya kazanına boyanacak kumaşlar alındıktan sonra endüstriyel boyama prosesine uygun olarak ön işlem yapılmıştır. Bu denemelerde kullanılan kumaş tipleri; Ne 30/1 iplik numarasında, vortex eğirme sisteminde liyosel/modal/viskon/bambu/Ecocell™ kumaşları ve karşılaştırma yapmak amacıyla ring eğirme sisteminde üretilen Ecocell™ kumaşıdır.

### **2.3.Yıkama Haslığı Testi**

Antep fıstığı kabuğunun boyanın kalıcılığı üzerindeki etkilerinin araştırılmasında ISO 105 C06 standardında yıkama haslığı tespiti yapılmıştır.

### **2.4.Hava Geçirgenliği Testi**

Kumaşın nefes alabilirliğini ve konforunu değerlendirmek için TS391 EN ISO 9237 - 100 Pa standartlarına uygun olarak hava geçirgenliği testi gerçekleştirilmiştir.

## **3.ARAŞTIRMA BULGULARI**

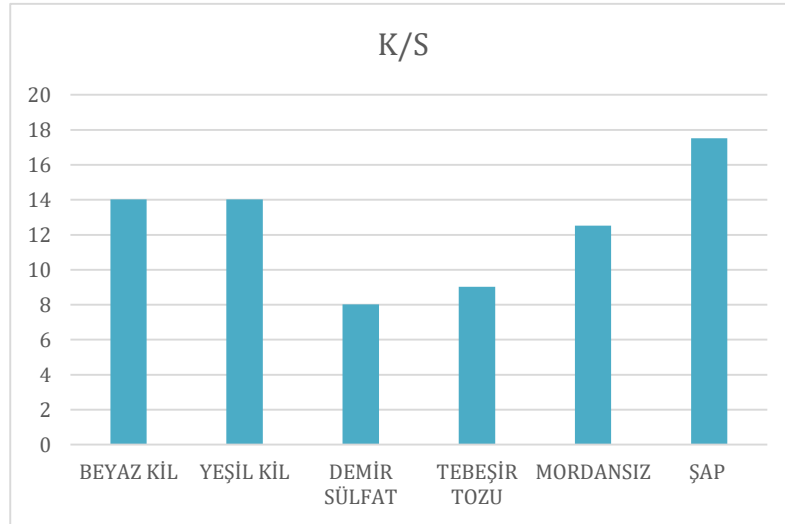
Bilinçli tüketicilerin artmasıyla birlikte çevre yükü azaltılmış ürünlerin tasarımı önem kazanmaktadır. Bu bağlamda, bitkiler gibi yenilenebilir doğal kaynakların renklendirme/desenlendirmede kullanılması,

dahası bitkisel atıkların değerlendirilmesi çevre dostu olması açısından tekstil ve moda sektöründe oldukça ilgi çekici bir yöntemdir.

Tüm dünyada doğal boyaların kullanımlarının yaygınlaştırılması ve yeni kaynakların bulunması konusunda yoğun araştırmalar bulunmaktadır. Ülkemizde de doğal boyarmaddelerin kullanımını desteklemek adına birçok doğal boya projeleri başlamıştır ve sayıları gün geçtikçe artmaktadır (Karadağ, 2007). Biberiye, gül posası, lavanta, mate (Akar ve Bulut, 2012; Karaboyacı, 2014), lavanta, katır tırnağı çiçeği (Karaboyacı ve Uğur, 2014) doğal boyamalarda başarılı bir şekilde kullanılmışlardır. Bitkisel bir atık olarak badem meyvesinin dış yeşil kabuğu (İşmal ve Yıldırım, 2012) portakal kabuğu (Hou vd., 2013), bakla kabuğu ve zeytinyağı üretiminin önemli bir yan ürünü olan prinanın ise (İşmal, 2014), poliamid/elastin kumaşın doğal boyanmasında farklı mordan maddeleri ile birlikte kullanımı ve tekstilde kullanımları değerlendirilmiştir (İşmal ve Yıldırım, 2019). Üzüm çekirdeği posasının doğal boyamada kullanımına ilişkin bir çalışma ise Üner (2017) tarafından başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

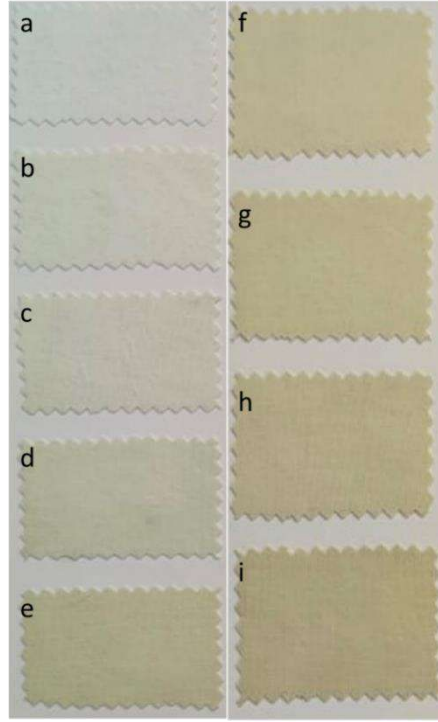
Bu çalışmada rejenere selüloz esaslı çevre dostu kumaşlar üzerinde çalışılarak bitki kabuklarının renklerinin kumaşa aktarılması sağlanmıştır. Sürdürülebilir ve çevre dostu bir yaklaşımla, doğanın dengesini bozmayan doğal malzemelerle yapılan deneysel çalışmalar ışığında elde edilen doğal boyama reçeteleri uygulanarak uygun boyama ve mordanlama prosedürleri çıkarılmıştır.

Hangi mordanın boyama verimini daha çok artırdığı bilgisine Şekil 1'deki K/S değerlerine bakılarak karar verilmiştir ve şapın bu konuda daha üstün özelliklere sahip olduğu görülmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Mordan maddelerinin K/S değerleri

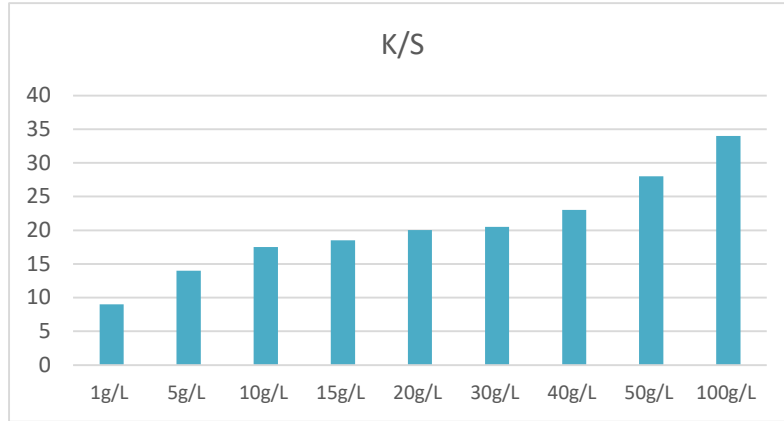
Farklı oranlarda fıstık kabuğu ile boyanan Ecocell™ kumaşlarının görüntüsü Şekil 2'de, pantone değerleri Tablo 1'de, 400 nm'de alınan K/S değerleri Şekil 3'de görülmektedir. Buna göre ilk etapta fıstık kabuğu miktarı arttıkça renk derinliğinin arttığı gözlenirken 30g/L oranından itibaren renk yoğunluğunda belirgin bir farklılık görülmemiştir. Bununla birlikte en ideal fıstık oranının fiyat/performans bakımından değerlendirildiğinde 20g/L olduğuna karar verilmiştir.



Şekil 2. Çeşitli oranlarda fıstık kabuğu-Ecocell™ renk çizelgesi  
(a:1g/L fıstık kabuğu, b:5g/L fıstık kabuğu, c:10g/L fıstık kabuğu, d:15g/L fıstık kabuğu, e:20g/L fıstık kabuğu, f:30g/L fıstık kabuğu, g:40g/L fıstık kabuğu, h:50g/L fıstık kabuğu, i:100g/L fıstık kabuğu)

Tablo 1. Boyanan Kumaşların Pantone Değerleri

<b>Fıstık Kabuğu Miktarı</b>	<b>Pantone Değerleri</b>
1 g/L	11-0602 TCX
5 g/L	11-0701 TCX
10 g/L	12-0404 TCX
15 g/L	12-6204 TCX
20 g/L	14-6308 TCX
30 g/L	13-0613 TCX
40 g/L	13-0915 TCX
50 g/L	13-0919 TCX
100 g/L	14-0925 TCX



Şekil 3. Fıstık kabuğu konsantrasyon-K/S değerleri

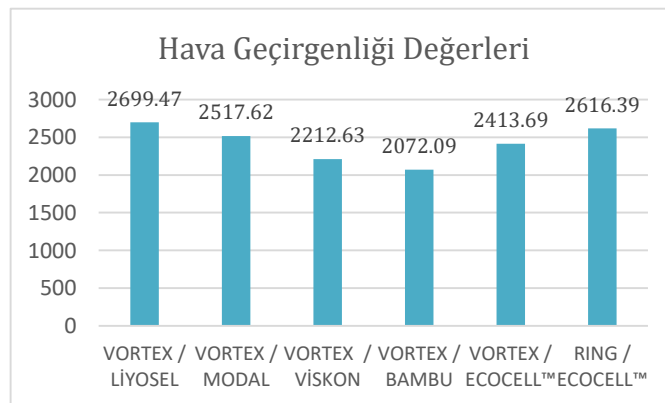
Boyanan farklı eğirme teknolojisi ve çeşitteki kumaşların K/S değerleri incelendiğinde (Tablo 2) en iyi performansı vortex/Ecocell™ ve ring/Ecocell™'in verdiği, en düşük değeri ise vortex/liyosel'in (düşük fibrilleşen) verdiği gözlenmiştir. Ecocell™ gruplarının h değerlerinin (Hue açısı) 90°'ye en yakın olduğu ve bunların en sarı görünen kumaşlar olduğu belirlenmiştir. Boyanan numuneler arasından en iyi renk çıktısını veren numuneyi belirlemek ve hangi elyaf türünün daha koyu boya aldığına karar vermek için CIE değerleri kullanılarak TOPSİS karar mekanizması uygulanmıştır. Bu çoklu karar verme metodolojisi ile birden fazla değişken göz önünde bulundurularak en iyi renk çıktısına karar verilmiştir. Elde edilen çıktılar neticesinde 30/1 vortex %100 Ecocell™ numunesi 0.90 topsis puanı ile en iyi sonucu aldığı görülmüştür. Bu sonuçlar dahilinde Ecocell™ elyafı ve vortex eğirme sistemi ile üretilen kumaşların daha iyi boyanma sonuçları gösterdiği tespit edilmiştir.

Tablo 2. Boyanan numunelerin CIE L\*a\*b\* ve pantone değerleri\*

Kumaş Cinsi	L*	a*	b*	c*	h*	K/S	Pantone (TCX)
30/1 VORTEX %100 LİYOSEL	82,31	1,48	17,65	17,71	85,19	15,02	13-1008
30/1 VORTEX %100 MODAL	81,59	3,13	19,79	20,03	81,01	17,51	12-0709
30/1 VORTEX %100 VİSKON	82,78	1,24	15,84	15,89	85,53	18,01	12-0304
30/1 VORTEX %100 BAMBU	80,01	2,03	18,62	18,73	83,79	17,51	13-4104
30/1 VORTEX %100 ECOCELL™	80,00	1,67	20,52	20,59	85,34	18,51	13-1009
30/1 RING %100 ECOCELL™	80,72	1,72	18,88	18,95	84,79	19,01	13-1006

\*Illuminant D65/10°

Hava geçirgenliği test sonuçları değerlendirildiğinde en yüksek hava geçirgenliği sonucunu 2699,47 değeri ile vortex/liyosel, en düşük sonucu ise 2072,09 ile vortex/bambu kumaşlarının verdiği görülmüştür (Şekil 4). Veriler, liyosel içerikli elyafların ve ring eğirme teknolojisinin hava geçirgenliği artışında olumlu bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.



#### Şekil 4. Kumaşlara ait hava geçirgenliği testi sonuçları

Kumaşların yıkama haslıkları Tablo 3’de verilmiştir. Buna göre tüm kumaşlarda pamuk ve naylonda yıkama haslık değeri 4 olarak görülürken asetat, polyester, akrilik ve yünde 4/5 görülmüştür. Bu da boyanan kumaşların çeşidi farketmeksizin yıkama şartlarına karşı oldukça dayanıklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Tablo 3. Kumaşların yıkama haslığı sonuçları

Kumaş Çeşidi	Asetat	Pamuk	Naylon	Polyester	Akrilik	Yün
VORTEX / LİYOSEL	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5
VORTEX / MODAL	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5
VORTEX / VİSKON	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5
VORTEX / BAMBU	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5
VORTEX / ECOCELL™	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5
RING / ECOCELL™	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5

## 4.SONUÇLAR

Son yıllarda, üretim ve tüketimin artmasıyla birlikte, yenilenebilir ve doğa dostu ürünlerin elde edilmesi için çalışmalar hız kazanmıştır. Bu proje kapsamında, antep fıstığı atıkları ile kumaşlar başarılı bir şekilde boyanarak tekstil sektörüne ekolojik bir katkı sağlanmaya çalışılmıştır. Gelecek kuşaklara daha yaşanabilir bir dünya bırakabilmek için yenilenebilir doğal kaynakların kullanıma alınması ve dünyanın ekolojik dengesini korumak hedeflenmelidir. Bu çalışma sonucunda, 20 g/L antep fıstığı kabuğunun şap ile mordanlama yapılarak çalışılan tüm elyaf tiplerinde ve özellikle Ecocell™ elyafında yeterli boyamayı gerçekleştirdiği ve boyanan kumaşların yüksek yıkama haslığına sahip olduğu tespit edilmiştir. Ancak renk derinliğinin artırılması için bazı ilave çalışmaların yapılmasının gerektiği görüşündeyiz. Sonuçlarımız, tekstil sektörüne çevreci bir yaklaşımda bulunarak bu alandaki çalışmalara ışık tutacak niteliktedir.

Bu çalışmaya ait veriler “Tekstil Ürünlerini Boyamak İçin Doğal Renk Verici Madde Elde Etme ve Uygulama Yöntemi” başlıklı patent ile Karafiber Tekstil olarak korumaya alınmıştır.

## 5.KAYNAKLAR

Akar, E., Bulut, M.O. (2012), *Ecological Dyeing with Some Plant Pulps on Woolen Yarn and Cationized Cotton Fabric*, *Journal of Cleaner Production*, 32, 1-9. doi: 10.1016/j.jclepro.2012.03.010

Benli, H., Bahtiyari, M. İ. (2024), *An approach for the valorization of bio-waste pistachio shells (Pistacia vera L.): Dyeing of cellulose-based fabrics*, *Journal of Cleaner Production*, 445, 141213.

Forgacs, E., Cserhát, T., Oros, G. (2004), *Removal of Synthetic Dyes from Wastewaters: A review*, *Environment International*, 30, 53-971.

Hou, X., Chen, X., Cheng, Y., Xu, H., Chen, L., Yang, Y. (2013), *Dyeing and UV-Protection Properties of Water Extracts from Orange Peel*, *Journal of Cleaner Production*, 52, 410-419. doi: 10.1016/j.jclepro.2013.03.004

İşmal, Ö.E., Yıldırım, L. (2012), *Almond Shell as a Natural Colorant*, *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 37(4), 358-363.

- İşmal, Ö.E. (2014), *A Route from Olive Oil Production to Natural Dyeing: Valorisation of Prina (Crude Olive Cake) as a Novel Dye Source*, *Coloration Technology*, 130(2), 147-153.
- İşmal, Ö.E., Yıldırım, L. (2019), *An Overview of Faba Bean: Utilisation of Husks in Natural Dyeing*, *International Journal of Clothing Science and Technology*, 32(2), 188-196
- Kant, R. (2012), *Textile Dyeing Industry an Environmental Hazard*, *Natural Science*, 4(1), 22- 26. doi:10.4236/ns.2012.41004
- Karaboyacı, M. (2014), *Recycling of Rose Wastes for Use in Natural Plant Dye and Industrial Applications*, *The Journal of The Textile Institute*, 105(11), 1160-1166. doi: 10.1080/00405000.2013.876153
- Karaboyacı, M., Uğur, Ş.S. (2014), *Ecological Wool Dyeing with Pulps of Lavender, Broom, and Red Wine*, *The Journal of The Textile Institute*, 105(8), 821-827. doi: 10.1080/00405000.2013.855379
- Karadağ, R. (2007), *Türk Halı, Kilim ve Kumaşlarında Kullanılan Doğal Boyar Maddeler*, *Quarterly Magazine of Carpet, Weaving & Embroidery Arts*, 1(1), 38.
- Kashani Nejad, M., Tabil, L.G., Mortazavi, A., Kordi, A. (2003), *Effect of Drying Methods on Quality of Pistachio Nuts*, *Drying Technology*, 21 (5), 821–838.
- Kubelka, P. (1948), *New contribution to the optics of intensely light-scattering materials. Part I*, *Journal of the Optical Society of America*, 38, 448–457.
- Kiumarsi A., Parvinzadeh Gashti, M. (2015), *Pistachio hulls, a new source of fruit waste for wool dyeing*, *Journal of Textile Science & Engineering*, 5, 1.
- Mandalari, G., Barreca, D., Gervasi, T., Roussell, M.A., Klein, B., Feeney, M.J., Carughi, A. (2022), *Pistachio Nuts (Pistacia vera L.): Production, Nutrients, Bioactives and Novel Health Effects*, *Plants*, 11, 18. <https://doi.org/10.3390/plants11010018>
- Nasreen, H., Adeel, S., Yameen, M., Amin, N., Özomay, M., Qayyum, M. A. (2023), *Green Application of Ultrasonic Waves for Extraction of Yellow Colorant from Haar Singhar and its Colouring Behaviour in Cotton Dyeing*, *Textile and Leather Review*, 6, 18-36.
- Ölmez, F.N. (2004), *Yün Halı İpliklerinin Çeşitli Karıştırma Metotlarıyla Boyanmasından Elde Edilen Renkler ve Bazı Haslık Dereceleri*, *S.D.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(3), 86-94.
- Özsoy, T. (2019), *Atık Yeniden Kullanımı Kapsamında Farklı Kuruyemiş Kabuklarından Boyar Madde Üretimi*, *Yüksek Lisans Tezi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Parvinzadeh, M. (2009). *Improving Colorant Absorption from Pistachio Hulls on Wool Fiber Using Protease Enzyme*, *Progress in Color, Colorants and Coatings*, 2, 1-6.
- Rai, H.S., Bhattacharyya, M.S., Singh, J., Bansal, T.K., Vats, P., Banerjee, U.C. (2005), *Removal of Dyes from the Effluent of Textile and Dyestuff Manufacturing Industry: a Review of Emerging Techniques with Reference to Biological Treatment*, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 35, 219-238.
- Senturk, H.B., Ozdes, D., Duran C. (2010), *Biosorption of Rhodamine 6G from Aqueous Solutions onto Almond Shell (Prunus dulcis) as a Low Cost Biosorbent*, *Desalination*, 252, 81-87.
- Tekin, H., Arpacı, S., Alti, H.S., Açar, I., Karadağ, S., Yükçeken, Y., Yaman, A. (2001), *Antepfıstığı Yetiştiriciliği*, *Antepfıstığı Araştırma Enstitüsü*, 13, 3–11.

Üner, İ. (2017), *Ekolojik Tekstil Üretiminde Üzüm Çekirdeği Posasının Doğal Boyacılıkta Kullanımı*, II. Uluslararası Akdeniz'de Sanat Sempozyumu, Antalya, Türkiye

Vimonses, V., Jin, B., Chow, C.W.K. (2010), *Insight into Removal Kinetic and Mechanisms of Anionic Dye by Calcined Clay Materials and Lime*, *Journal of Hazardous Materials*, 177, 420-427.

Yameen, M., Adeel, S., Nasreen, H., Fazal-Ur-Rehman, Ghaffar, A., Ahmad, T., Inayat, A. (2022), *Sustainable eco-friendly extraction of yellow natural dye from haar singhar (Nyctanthes arbor-tritis) for bio coloration of cotton fabric*, *Environ Sci Pollut Res Int*, 29(55):83810-83823.

# ŞÖN DENİM

Gözde İNCE, Serdal SIRLIBAŞ

*Bossa Ticaret ve Sanayi İşletmeleri T.A.Ş*

GTuranInce@bossa.com.tr

## ÖZET

Fantezi iplik grubu içerisinde yer alan ve özel bir öneme sahip olan bir iplik türü de şönil ipliklidir. Şönil iplik yumuşak, tüylü ve sıra dışı bir yüzeye sahiptir. Şönil iplikleri, liflerin iki eksenel iplik etrafında helisel düzenlendiği kesik havlı bir yapıdadır. Şönil iplik üretiminde iki tip iplik kullanılmaktadır. Hav ( efekt) ipliği ve kilit ( temel, öz, çekirdek) ipliklidir. Bu ipliğin oluşumunu sağlayan kilit iplik adı verilen 2 adet yüksek bükümlü, ince ve mukavim ipliğin beraberce katlanması ve kesikli liflerden eğrilmiş veya filament yumuşak bükümlü bir ipliğin kesilmesi ile oluşturulan havların, oluşan temel ipliğin verilen bir büküm ile sabitlenmesi esasına dayanmaktadır. Dokuma kumaşlarda havlı yüzeye sahip kumaşlar çeşitli şekillerde elde edilebilir. Bunlar genel olarak kesilmiş ilmekli, kesilmemiş ilmekli (havlu) veya atkı havlı, çözgü havlı olarak ayrılabilirler. Proje, bu iki konuyu birleştirerek denim sektöründe dış giyim görüntüsü elde etmek üzerine doğmuştur.

**Anahtar Kelimeler :**Şönil, Denim, Kadife görünümlü kumaş, yıkama efekti.

## CHENILLE DENİM

### ABSTRACT

A type of yarn that is included in the fancy yarn group and has a special importance is chenille yarn. Chenille yarn is soft, fluffy and has an unusual surface. Chenille yarns have a cut-pile structure in which the fibers are arranged helically around two axial yarns. Two types of yarn are used in chenille yarn production. It is pile (effect) yarn and lock (basic, core, core) yarn. The formation of this yarn is based on the principle of folding together two high-twist, thin and durable yarns called lock yarn and cutting a spun yarn from staple fibers or filament soft twist yarn, and fixing the resulting basic yarn with a given twist. In woven fabrics, fabrics with a pile surface can be obtained in various ways. These can be generally divided into cut loop, uncut loop (towel) or weft pile and warp pile. The project was born to create an outerwear look in the denim industry by combining these two issues.

**Keywords ;** Chenille denim, Velvet look fabric, Washing effect.

## 1.GİRİŞ

Fantezi iplik grubu içerisinde yer alan ve özel bir öneme sahip olan bir iplik türü de şönil ipliklidir. Şönil iplik üretiminde iki tip iplik kullanılmaktadır. Hav (efekt) ipliği ve kilit (temel, öz, çekirdek) ipliklidir. Bu ipliğin oluşumunu sağlayan efekt, kilit iplik adı verilen iki adet yüksek bükümlü, ince ve mukavim ipliğin beraberce katlanması ve kesikli liflerden eğrilmiş veya filament yumuşak bükümlü bir ipliği kesilmesi ile oluşturulan havların, oluşan temel ipliğin uzunluğu boyunca verilen bir büküm ile sabitlenmesi esasına dayanmaktadır.

Dokuma kumaşlarda havlı yüzeye sahip kumaşlar çeşitli şekillerde elde edilebilir. Bunlar genel olarak kesilmiş ilmekli, kesilmemiş ilmekli (havlu) veya atkı havlı, çözgü havlı olarak ayrılabilirler. Fitilli kadife gibi atkı havlı kumaşların havı her zaman kesilir. Düz kadifede ise atkı iplikleri kısa uzunlukta hav iplikleri ile kaplanmıştır. Hav, bulunduğu ipliğe dikey konumdadır. Dolayısıyla hav çözgü ipliğine bağlı ise hav ipliğinin atkı ipliği olması gerekmektedir. Bu durumun tersi de olabilir. Kadifenin diğer kumaşlardan farklı özelliği, yüzeyde dışa doğru çıkıntı oluşturan ilmek veya iplik



demeti yapısıdır. Böylece düzgün zengin yüzey görünüşü yanında, ele hoş bir yumuşaklık hissi veren birbirine çok yakın kesilmiş kısa elyaf demetlerinden oluşmuş bir yüzeye sahiptir. Proje, bu iki konuyu birleştirerek denimde dış giyim görüntüsü elde etmek üzere doğmuştur. Denimin dış giyime yönelik kullanımı, kadife kumaş üretmeden kadife görüntüsü vererek sönül iplik ile proses sayısını kısaltmak ve de yeni kullanım alanları sağlamaktır. (İlhan, 2004), (Turan, 2011).

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1 Materyal

İhtiyaç analizi ve literatür araştırması yapıldıktan sonra öncelikle belirlenen hedefe ulaşılabilmesi için ham madde temini yapıldı.

Şönül iplik hakkında araştırma yapıp iplik temini Adana /Ulusoy Tekstil 'den sağlandı. İplik özelliği aşağıda belirtilen şekildedir.

- Nm 5.8 PES/VİS
- İplik harmanı 86% VIS - 14% PES şeklindedir.

Çözüde open end Ne 8.25 iplik ve tarak numarası sabit tutularak atkıda Çizelge 1 'de görüldüğü gibi atkı raporlu olarak iki iplik kullanılmıştır. Atkıda Ne cinsinden tüm iplikler belirtilmiştir. Satın alınan Nm 5.8 (Ne 3.42) ipliğin yanına atkı dizilimli olarak yakın iplik kalınlığında filament pes, pamuk ve tencel harmanlı iplik ile uygun sıklıkta kullanılarak farklı görüntüler elde edilmiştir.

Deney planı Çizelge 1' de verilmiştir.

O: Open End

K: Karde

T: Lyocell (Tencel)

R: Ring

PE/V: Polyester/Viskon

F: Flament İplik

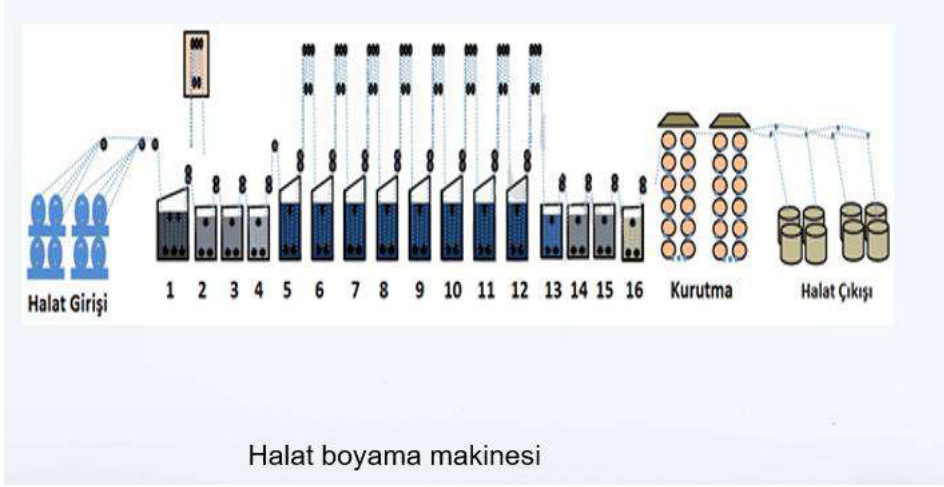
### Çizelge 1. Deney Planı

DEVELOPMENT VERSION	ÇÖZGÜ	ATKI	TARAK NO	TARAK ENİ	ATKI SIKLIK MEKANİK
SUD172-A MOON (atkı 1 a 1b)	O-8.25/1-K-100-NZ-12.93T/ (USA) NOR	R-3.42/1-PE/V-14/86-NZ- SATINALMA N F-300/1-PE(T-400)(17,72NE)PUNTASIZ	48/4	185	18
SUD172-B MOON (atkı 1 a 2b)	O-8.25/1-K-100-NZ-12.93T/ (USA) NOR	R-3.42/1-PE/V-14/86-NZ- SATINALMA N F-300/1-PE(T-400)(17,72NE)PUNTASIZ	48/4	185	20
SUD172-C MOON (atkı 1a 1b)	O-8.25/1-K-100-NZ-12.93T/ (USA) NOR	R-3.42/1-PE/V-14/86-NZ- SATINALMA N R-20/1-T-100-NZ-05 (19.00 T/)	48/4	185	19
SUD172-D MOON (atkı 1 a 1b)	O-8.25/1-K-100-NZ-12.93T/ (USA) NOR	R-3.42/1-PE/V-14/86-NZ- SATINALMA N R-20/1-K-100-NZ-20(19.23 T/)"AL:4.3	48/4	185	19

### 2.2 Metot

Dokuma prosesinden sonra ham bez kontrolü yapılan kumaş boyama için hazır hale gelmiştir. Denim sektöründe halat boya ve Slasher boya olmak üzere iki farklı makine bulunmaktadır. Proje amacında da bahsedildiği üzere efekt alma önemli bir kriter olduğundan halat boya seçilmiştir. Halat boya makinesinde kumaşlar açık en formunda oksidasyona tabi tutularak indigo boyanıp kurutulduktan

sonra boya terbiye işletmesi proseslerine geçilmiştir. Aşağıda halat boya makinesinin şematik gösterimi Şekil 1’de verilmiştir. Sonrasında tüm deneme kumaşların standart kalite kontrol ve mamul kumaş testleri yapılmıştır. Bu testlere ek olarak kadife görünüm ve dış giyim efekti amaçlandığı için aşındırma testi de yapılmıştır.



Şekil 1. Halat Boyama Makinesi Şeması

Mamul kumaş testleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Denemelere Yapılan Testler

KUMAŞ TESTLERİ											
NUMUNE KODU	K.en (cm)	YS En (cm)	Mamul / Yık. Gramaj	Çözgü Çekmesi 90td %	Atkı Çekmesi 90td %	Movement	Çözgü Kopma ASTDM	Çözgü Yırtılma Muk ASTDM	Atkı Kopma Muk ASTDM	Atkı Yırtılma Muk ASTDM	Dikiş Açılması (ç"aa)
SUD 172 A MOON	140	138	448/455	-2,5	-1	-1	75	3700	72	4530	43,96 nf
SUD 172 B MOON	138	135	423/430	-2	-1,5	1,2	80	3372	81	5073	46,77
SUD 172 C MOON	145	142	443/456	-3	-3	-1	70	3675	63	4811	42
SUD 172 D MOON	145	142	435/452	-1	-3	-1	79	3324	42	2193	40

Yapılan test standartları aşağıda sıralanmıştır;

- WEIGHT (DRY) ; ASTMD 3776
- WEIGHT (WASHED) ; ASTMD3776
- SHRINKAGE WARP; ISO6330
- SHRINKAGE WEFT; ISO6330
- TEAR STRENGTH WARP; ASTMD1424
- TEAR STRENGTH WEFT; ASTMD1424
- TENSILE STRENGTH WARP; ASTMD5034
- TENSILE STRENGTH WEFT; ASTMD5034

### 3. BULGULAR VE SONUÇ

Çalışmalar değerlendirildiğinde ürünlerin görünümü, testleri ve yıkama ve giyim performansı açısından en iyi olan numune atkı şönil/tencelli olarak atılan SUD 172-C MOON çalışması olmuştur. Bunun tencel elyafının parlaklığı ve dayanımı kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Çizelge 2’de testleri görülmektedir.

Bu çalışma ile dış giyimde kullanılan yapıları denim ile birleştirerek yıkama efekti ile yeni ürün gamı elde edilmiştir.

Denim sektöründe şık aynı zamanda da spor görünüm ile bir üründe iki farklı tarz elde edilmiş olundu.

Farklı görüntüde indigo boyalı kumaş çeşitlerini arttırmak ve bu sayede denim sektörünün uzun yıllar gündemde ve ayakta kalmasını sağlanmıştır.

Ayrıca benzer görünümlü ürünü daha az proses ile elde ederek sürdürülebilir döngüye ve çevreye de katkı sağlanmıştır.

Bossa bu projeye yeni bir rekabet ortamı başlatarak alışlagelmiş denim ürün sektörüne yeni bir ürün grubu daha eklemiştir.

Sürdürülebilir rekabet ortamı sağlayan farklı görüntüler ile sektörde hareketlilik sağlanmıştır.

Bu çalışma için tasarım tescili de alınmıştır.

#### **4. KAYNAKLAR**

*ASTMD 3776 – Ağırlık Tayini*

*ASTMD1424 – Yırtılma Tayini*

*ASTMD5034 – Kopma Tayini*

*ISO6330 – Çekme Tayini (Çözü çökme, atkı çekme)*

*İlhan, İ., (2004) ;Şönil hav ipliklerinin döşemelik kumaş aşınma direnci üzerindeki etkisi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.*

*Turan. G., (2011) Tekstilde boyama işleminin şönil iplikli dokuma kumaşların performans özelliklerine etkisi, Çukurova Üniversitesi, , Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.*

# HAVLU KUMAŞ ÜRETİMİNDE VORTEX İPLİK KULLANIMININ HAVLU PERFORMANSI ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Navruz ÜDÜRGÜCÜ, Hüseyin AYDIN, Seda ŞERAFETTİNOĞLU

*Sanko Tekstil İşletmeleri Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi (Havlu) Ar-Ge Merkezi, Gaziantep  
Nevruz.Paksoy@sankohavlu.com*

## ÖZET

Havlu kumaş performans özellikleri denildiğinde tuşe ve su emicilik ilk sıralarda yer almaktadır. Kullanılan hav ipliği direkt olarak havlunun performans özelliğini etkilemektedir. Havlu kumaş üretiminde hav ipliği yaygın olarak karde, penye ve open end iplik kullanılmaktadır. Bu çalışmada havlu kumaş üretiminde hav çözgü ipliği olarak vortex iplik kullanımının havlu kumaş performansı üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda hav çözgü ipliği olarak Ne 24/2 pamuk vortex iplik ile farklı hav /zemin oranında (10/50, 10/60, 10/70 cm), farklı atkı sıklıklarında (16, 18, 20 tel/cm) dokuma işlemleri yapılmıştır. Aynı şartlarda hav çözgü ipliği olarak ring-penye iplik kullanılarak havlu kumaş üretimi yapılmış ve vortex iplik denemeleri ile kıyaslanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen numunelere hidrofiliterini değerlendirmek amacıyla absorpsiyon testi (ASTM D-7272) yapılmıştır. Numunelere ayrıca gramaj, çekmezlik, elyaf döküntü tespiti (31059 CPSD-SL) testleri uygulanmıştır. Görüntü ve tuşe için işletmede alanında uzman olan 5 kişi ile kalitatif olarak değerlendirme yapılmıştır.

**Anahtar Kelime:** Vortex iplik, Havlu kumaş, Havlu performans özelliği

## INVESTIGATION OF THE EFFECT OF VORTEX YARN USE IN TOWEL FABRIC PRODUCTION ON TOWEL PERFORMANCE

### ABSTRACT

When it comes to terry cloth performance properties, handle and water absorbency are at the top of the list. The pile yarn used directly affects the performance properties of the towel. In the production of terry cloth, pile yarn, carded, combed and open end yarn are commonly used. In this study, it was aimed to examine the effects of using vortex yarn as pile warp yarn in terry fabric production on terry fabric performance. In this context, weaving processes were carried out with Ne 24/2 cotton vortex yarn as pile warp yarn at different pile / ground ratios (10/50, 10/60, 10/70 cm) and different weft densities (16, 18, 20 wire/cm). Under the same conditions, terry fabric was produced using combed cotton yarn as pile warp yarn and compared with vortex yarn trials. Absorption test (ASTM D-7272) was performed on the samples obtained as a result of the study to evaluate their hydrophilicity. Grammage, shrinkage and fiber waste detection (31059 CPSD-SL) tests were also applied to the samples. A qualitative evaluation was made for the image and touch by 5 people who are experts in the field of the business.

**Keywords:** Vortex yarn, Terry fabric, Towel performance feature

### 1.GİRİŞ

İpliğin dönen hava jeti yardımı ile oluşturulması fikri çok basit görünmesiyle uzun süredir araştırmacıların dikkatini çekmektedir. Bu şekildeki sistemler vortex iplik eğirme sistemleri olarak tanımlanmaktadır. Murata vortex iplik eğirme sistemi hava jetli iplik üretim sisteminin yeni bir

versiyonu ya da yalancı büküm iplik üretimi içerisinde yeni bir gelişme olarak değerlendirilir (Çapraz, 2019).

Lif üretimindeki en büyük payı pamuğun aldığı ABD'de, vortex çok yaygın kullanıma sahiptir. Çünkü %100 pamuk lifinden en iyi iplik üretimi Murata Vortex iplik eğirme sisteminde mümkündür. Yüksek eğirme hızına sahip olmasına nazaran, üretilen ipliğin karakteristik özellikleri ring ipliklerine daha çok benzer. Fakat tüylülük açısından kıyaslandığında vortex iplik ring ipliklere göre daha iyi tüylülüğe sahiptir. Bu da vortex iplik sisteminin en önemli özelliğidir. Vortex ipliklerin yıkanma ve aşınmaya dayanımlarıyla da dikkat çekmektedir. Hava jetli ipliklerin aşınma dirençleri ring ipliklerine göre belirgin biçimde yüksektir. Ayrıca çok su emme ve çabuk kuruma özelliği de vardır (Çapraz, 2019, Uyanık, 2017).

MVS iplik eğirme teknolojisi diğer hava jetli iplik eğirme sistemlerinden farklı olarak Ne 15-70 numara aralığında ve 300-450 m/dk hız aralığında %100 sentetik ve karışım ipliklerinin yanı sıra %100 pamuk ipliği üretimi sağlamaktadır (Çapraz, 2019, Günaydın, 2015).

Vortex ipliklerinin yapısı ring ipliklerine çok benzemektedir. Vortex ipliklerindeki yüksek oranda sargı liflerinin merkezde bulunan bükümsüz lifleri gerçek büküm ile kaplaması, vortex ipliklerinin görünümünün ring iplik görünümüne benzemesini sağlamaktadır. Vortex ipliğinden üretilen giysilerde yıkama ve kurutma sonrası herhangi bir deformasyon görülmez. Vortex iplikleri, nemi emme ve çabuk kuruma özellikleri nedeniyle, özellikle spor giyim ve dış giyim üretiminde tercih edilmektedir (Küçük, 2009, Günaydın, 2014).

Bu çalışmada havlu kumaş üretiminde hav çözümlü ipliği olarak vorteks iplik kullanımının kumaş performans özellikleri üzerine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışma ile vorteks iplik kullanımı ile elde edilen havlunun kullanılabilirliği ortaya konmuş olacaktır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

Çalışma kapsamında zemin çözümlü ipliği olarak Ne 20/2 ring karde (%100 pamuk) ve atkı ipliği olarak Ne 14/1 open end (%100 pamuk) iplik kullanılmıştır. Hav çözümlü ipliği olarak Ne 24/2 ring penye ve vorteks olmak üzere 2 farklı iplik kullanılmıştır. Dokuma işlemi sonrasında yaş işlem olarak ön terbiye işlemi yapılmıştır. Elde edilen havluların yaş işlemlerinde ıslatıcı, kombine ağartma kimyasalı, kostik (48 Be°), hidrojen peroksit (%50), asetik asit (%80), antiperoksit enzim, boyarmadde ve yumuşatıcı kimyasallar kullanılmıştır. Kullanılan kimyasalların tedarik edildiği firmalar Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Kimyasal Tedarik Firmaları

Kimyasal	Tedarik Firması
Islatıcı	Denge Kimya
Kostik	Alde
Hidrojen Peroksit	Alde
Asetik Asit	Alde
Antiper Enzim	Dystar
Boyarmadde	Dystar
Sabun	İsko
Yumuşatıcı	CHT

### 2.2. Metot

#### 2.2.1. Dokuma İşlemi

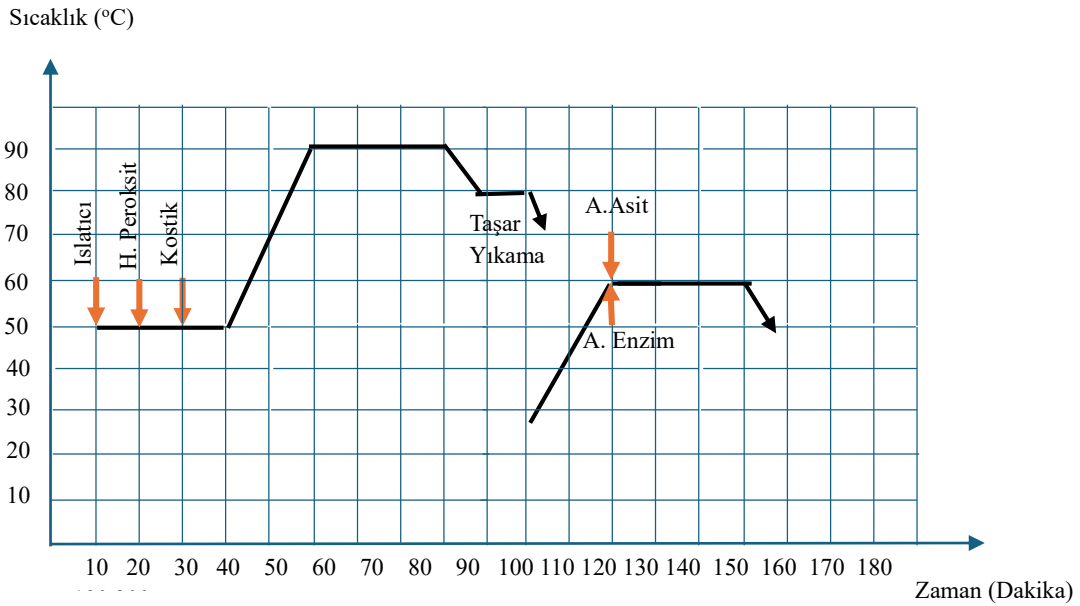
Havlü dokuma işleminde atkı, zemin çözümlü ve hav çözümlü iplikleri kullanılarak havlü dokuma işlemleri yapılmaktadır. Dokuma işlemi 3 atkılı yöntem ile iki yüzü ilmekli olarak gerçekleştirilmiştir. Dokuma işlemi Dornier marka jakarlı dokuma makinesinde gerçekleştirilmiştir. Dokuma işleminde zemin çözümlü ve atkı iplikleri sabit tutularak 18 farklı deneme yapılmıştır. Tüm numunelerin aynı makinada ard arda dokuma işlemi gerçekleştirilmiştir. Dokuma işlem parametreleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Dokuma işlem parametreleri

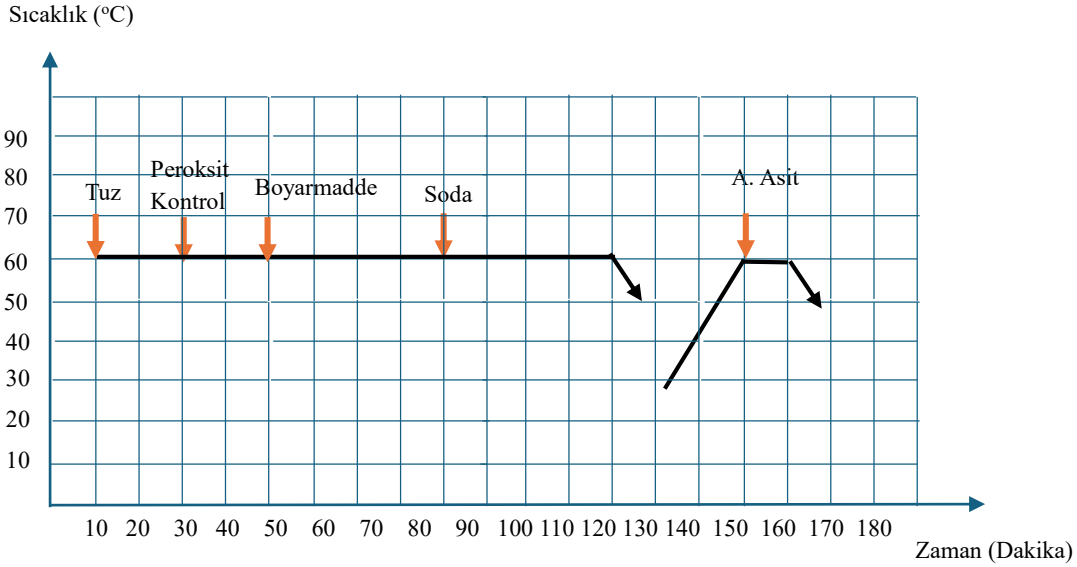
Deney No	Hav İpliği Eğirme Tipi	Hav İpliği Numarası	10 cm deki Hav Boyu (cm)	Atkı Sıklığı
1	Penye	Ne 24/2	10/50	16
2	Penye	Ne 24/2	10/50	18
3	Penye	Ne 24/2	10/50	20
4	Penye	Ne 24/2	10/60	16
5	Penye	Ne 24/2	10/60	18
6	Penye	Ne 24/2	10/60	20
7	Penye	Ne 24/2	10/70	16
8	Penye	Ne 24/2	10/70	18
9	Penye	Ne 24/2	10/70	20
10	Vortex	Ne 24/2	10/50	16
11	Vortex	Ne 24/2	10/50	18
12	Vortex	Ne 24/2	10/50	20
13	Vortex	Ne 24/2	10/60	16
14	Vortex	Ne 24/2	10/60	18
15	Vortex	Ne 24/2	10/60	20
16	Vortex	Ne 24/2	10/70	16
17	Vortex	Ne 24/2	10/70	18
18	Vortex	Ne 24/2	10/70	20

### 2.2.2. Yaş İşlemler

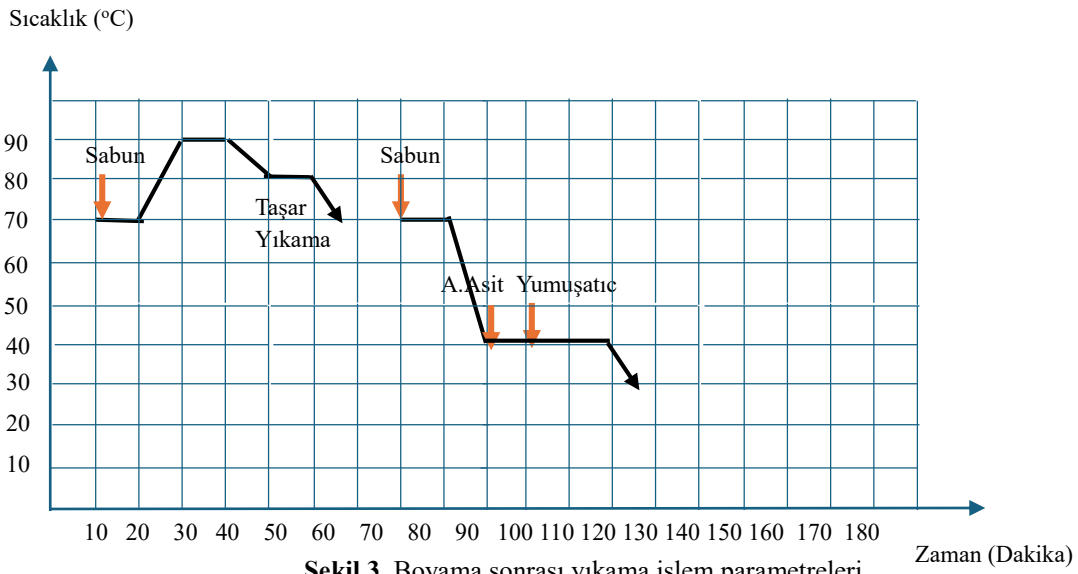
Çalışma kapsamında elde edilen havlu kumaşlara, Çizelge 2, Çizelge 3 ve Çizelge 4’de reçetesi verilen şartlarda MCS Model HT boyama makinasında çektirme yöntemine göre boyama işlemi uygulanmıştır. Bu doğrultuda tüm denemelere aynı proses şartlarında çektirme yönteminde boyama işlemi uygulanmıştır. Gerçekleştirilen ağartma işlem parametreleri Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 1. Standart ağartma işlemi parametreleri



Şekil 2. Boyama grafiği



Şekil 3. Boyama sonrası yıkama işlem parametreleri

Çizelge 3. Standart ağartma işlemi reçetesi

Kimyasal	Reçete
Islatıcı	0,7 g/L
Kostik	%4,5
Hidrojen Peroksit	%11
Asetik Asit	1,2 g/L
Antiper Enzim	0,6 g/L
Flotte Oranı	1/7

Çizelge 4. Boyama işlem reçetesi

Kimyasal	Reçete
Rem Yellow SAM	%0,003
Rem Red SAM	%0,0004
Rem Blue SAM	%0,0009
Tuz	20 g/L
Soda	7 g/L
Asetik Asit	0,6 g/L
Flotte Oranı	1/7

**Çizelge 5. Yıkama işlem reçetesi**

<b>Kimyasal</b>	<b>Reçete</b>
Sabun	% 0,6
Yumuşatıcı	% 1
Asetik Asit	0,6 g/L
Flotte Oranı	1/7

Satın alınan havluların kullanılmadan önce yıkanması tavsiye edildiği için havlulara evde yıkama işlemleri de uygulanmıştır. Yıkama işlemleri ISO 6330:2012 standardına uygun olarak gerçekleştirildi. Havlular ev tipi çamaşır makinesinde (Arçelik) 60 C° sıcaklıkta 15 g/L yıkama maddesi (Ariel) kullanılarak 60 dakika yıkandı ve 60 C° sıcaklıkta kurutma makinesinde (Tolon) 40 dakika kurutuldu.

### **2.3. Araştırma Yöntemleri**

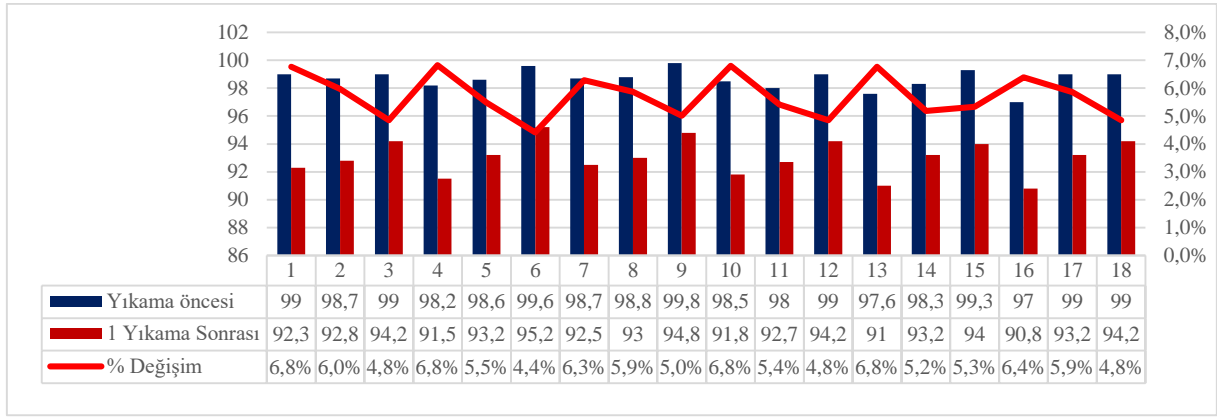
Elde edilen havlu kumaşlara boyutsal değişim, su emicilik testi (ASTM D-4772), elyaf döküntü tespiti (31059 CPSD-SL) testleri ve subjektif tutum (anket çalışması) gerçekleştirilmiştir. Ayrıca niteliksel yüzey değerlendirmeleri yapılmıştır. Su emicilik testi ASTM D4772-97 standardına göre gerçekleştirilmiştir ve havluların insan derisi gibi yüzeylerdeki suyu emme ve tutma yeteneğinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Cruz, 2017). 60 ° açıyla sabitlenmiş bir düzende numune üzerine 0,5 cm yükseklikten 50 ml su dökülerek dipte biriken su miktarı belirlenir. Biriken su miktarı toplam su miktarından çıkarılır. Böylece numunenin emdiği su miktarı yüzdesi çıkarılır. Çekmezlik testi için en ve boydan yıkama sonrası havlu kumaşın ne kadar boyut değiştirdiği tespiti yapılır. Elyaf döküntü tespiti 1m\*1m boyutlarında kumaş kesilerek toplam ağırlığı 250 gr.'dan yüksek kumaş 60 derecede (test yapılacak ürüne göre değişebilir) normal programda (1 saat veya 1 saat 14 dak.'lık) programda yumuşatıcı kullanılmadan yıkanır. Yıkanan kumaş kurutma makinasına alınmak üzere hazırlanır. Kurutma makinesinin toz haznesi kontrol edilir ve hazne temizlendikten sonra yıkanan ürün kurutma makinesinde kuruyana kadar kurutulur. Ürün kuruduktan sonra makinenin toz haznesindeki tozlar alınarak tartılır. Tartım not edilir. Havlu numunelerin tuşe görüntü değerlendirmeleri 5 kişi tarafından yapılmıştır. Sonuçlar 1 ile 5 numara arasında verilmiş olup, 1 puan en kötü 5 puan en iyi sonucu göstermektedir. Anket çalışması sonuçların ortalaması alınarak değerlendirilmiştir.

## **3. SONUÇ**

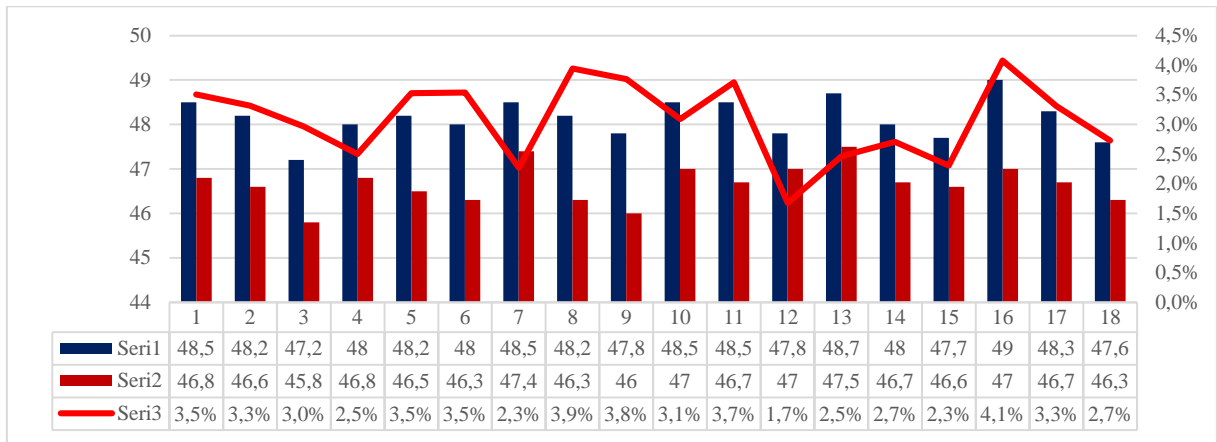
### **3.1. Boyutsal Değişim Sonuçları**

Yıkama işlemi sonrasında havluda atkı ve çözgü boyundaki değişimler Şekil 4'de verilmiştir. ASTM D5433-00'e göre havluların atkı ve çözgü boyunun çekmesi için kabul edilebilir limitler sırasıyla %5 ve %10'dur (Üdürgücü, 2023). Kumaşların boyutsal değişim sonuçlarına odaklanıldığında sonuçların tamamının atkıda %5 ve çözgüde %10'un altında olduğu görülmektedir. Ayrıca sonuçlar arasında çok önemli farklılıklar bulunmadığından hav ipliği özelliklerinin havluların boyutsal değişimine önemli bir etkisinin olmadığı söylenebilir.

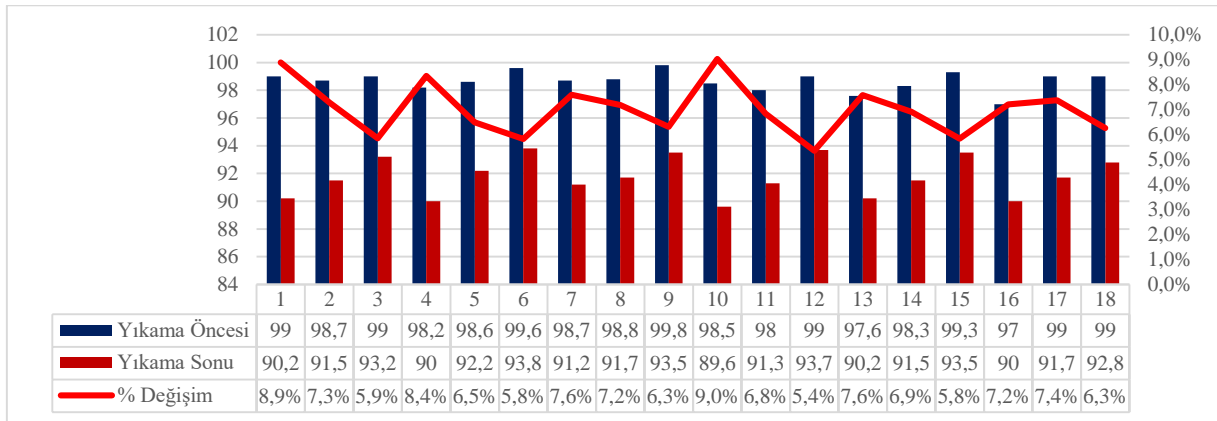




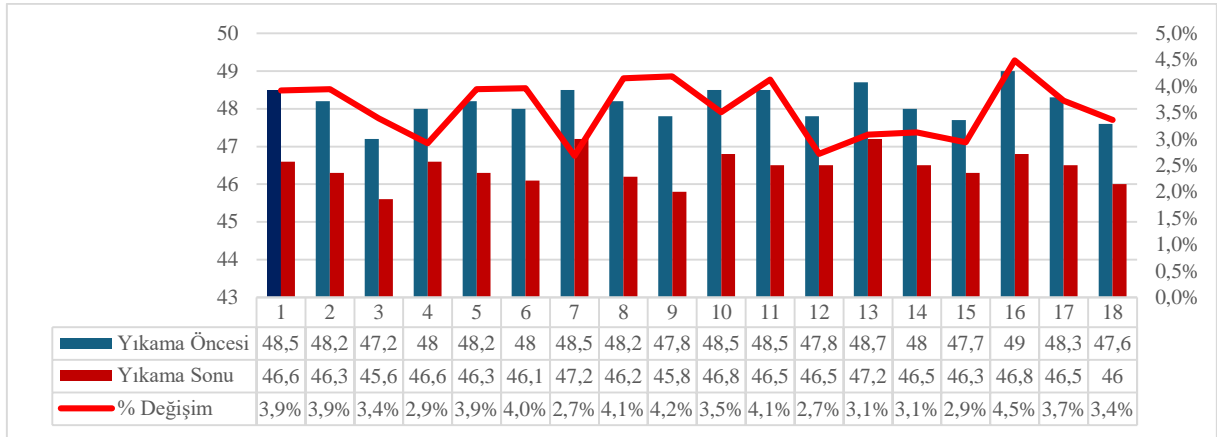
Şekil 4. 1 yıkama sonu boyutsal değişim sonuçları (Boy)



Şekil 5. 1 yıkama sonu boyutsal değişim sonuçları (En)



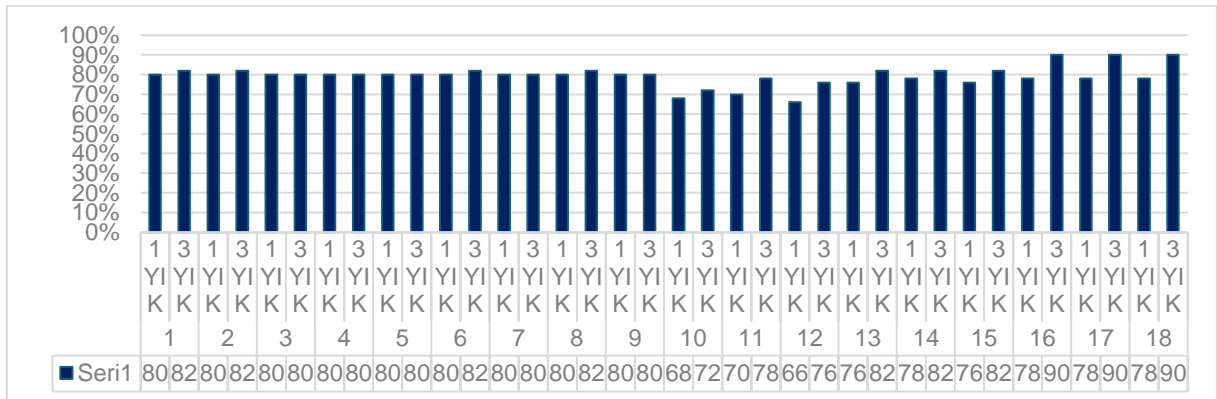
Şekil 6. 3 yıkama sonu boyutsal değişim sonuçları (Boy)



Şekil 7. 3 yıkama sonu boyutsal değişim sonuçları (En)

### 3.2. Su Emicilik Sonuçları

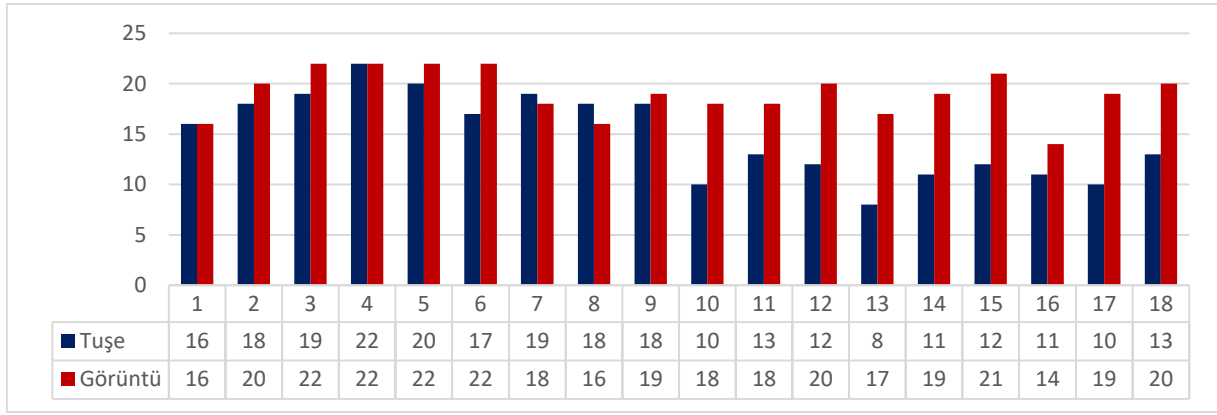
Havluların yıkama işlemleri öncesi ve sonrası emicilik sonuçları Şekil 3'te verilmiştir. Şekil 3'teki sonuçlar yıkama işlemlerinden sonra havluların emiciliğinin arttığını göstermektedir. Vorteks iplik ile elde edilen havlu numunelerinde hav boyu arttıkça su emiciliğinin arttığı görülmektedir. Penye iplikten elde edilen numunelerin 10/50 hav boyunda vorteks iplikten elde edilen numunelere göre su emicilik değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir. Penye iplikten elde edilen numunelerde 10/70 hav boyunda su emicilik oranının vorteks iplik denemelerinden daha düşük olduğu görülmektedir. 10/60 hav boyuna sahip numuneler incelendiğinde birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Hav yüksekliğinin vorteks iplikte su emicilik değerlerinde etkili olduğu görülmektedir. Penye iplikte su emicilik değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir.



Şekil 8. Su emicilik sonuçları

### 3.3. Tuşe Sonuçları

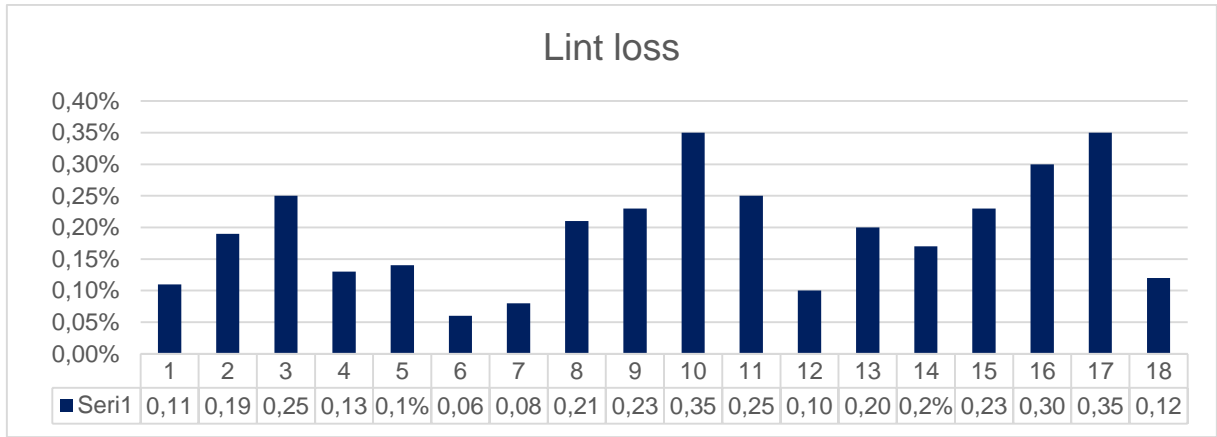
Çalışma sonucunda tuşe ve görüntü değerlendirme testi sonuçları Şekil 9'da verilmiştir. Sonuçlar elde edilirken verilen puanların toplamı alınmıştır. Bu sonuçlar incelendiğinde vorteks iplikler ile elde edilen havluların penye iplikler ile elde edilen numunelere göre tuşe değerlerinin yaklaşık %40 oranında daha düşük olduğu görülmektedir. Görüntü sonuçları ise birbirine daha yakın olduğu tespit edilmiş ve penye iplik ile elde edilen numunelerin görüntülerinin daha düzgün olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 9. Tuşe ve görüntü değerlendirme sonuçları

### 3.4. Elyaf Döküntü Tespiti (Lint Loss)

Çalışma sonucunda 3 yıkama sonu havlu numunelerinin elyaf kayıpları incelendiğinde tüm değerlerin % 0,5 (sınır değer)'in altında olduğu görülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde vorteks iplik kullanılarak elde edilen havlu numunelerinde daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 10. Elyaf döküntü tespiti sonuçları

## 4. DEĞERLENDİRME

Vortex ipliklerinin yapısı ring ipliklerine çok benzemektedir. Vortex ipliklerindeki yüksek oranda sargı liflerinin merkezde bulunan bükümsüz lifleri gerçek büküm ile kaplaması, vortex ipliklerinin görünümünün ring iplik görünümüne benzemesini sağlamaktadır. Bu çalışmada havlu kumaş üretiminde hav ipliği olarak vortex iplik kullanımı ve performans özelliklerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada farklı konstrüksiyon özelliklerinde 18 deneme yapılmış ve sonuçları değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak vorteks iplik kullanımının havluların boyutsal değişimine önemli bir etkisinin olmadığı söylenebilir. Boyutsal değişim sonuçları birbirine yakın olduğu ve limit değerlerin altında kaldığı görülmektedir. Su emicilik değerleri incelendiğinde hem iplik eğirme tipinin hem de konstrüksiyon özelliklerinin sonuçları etkilediği görülmektedir. Hav yüksekliğinin artışı ile vorteks ipliğin su emiciliğinin artması, vorteks ipliklerin su emme kabiliyetlerinin yüksek olması ve bu kabiliyetlerinin hav yüksekliği arttıkça ortaya çıkması olarak değerlendirilebilir. Tuşe sonuçları incelendiğinde vorteks iplikler ile elde edilen havluların tuşe ve görüntü değerlerinin penye ipliklere göre daha geride olduğu görülmektedir.

Vorteks iplikler ile su emme kabiliyetinin artırılması sonucu avantaj olarak görülürken tuşe kaybı vorteks ipliklerin havluda kullanımını dezavantaj olarak etkilemektedir. Tuşe de yaşanan kaybın engellenmesi için araştırmaların yapılması gerekmektedir.

## 5.KAYNAKLAR

Cruz, J., Leit-ao, A., Silveira, D., Pichandi, S., Pinto, M., & Fangueiro, R. (2017). Study of moisture absorption characteristics of cotton terry towel fabrics. *Procedia Engineering*, 200, 389–398. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.055>

Çapraz, K., P., (2019), *Farklı Kalınlık ve Materyallere Sahip Vortex İplikler ve Özellikleri*, Uşak Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Günaydın, G., K., Abdulla, G., (2015), *MVS 810 Vortex İplik Makinasında Üretilen Farklı İncelikteki İpliklerin Düzgünlük, Hata Ve Tüylülük Değerlerinin Karşılaştırılması*, Yekarum e-Dergi, 3:1

Günaydın, G., K., Abdulla, G., (2014), *Dünden Bugüne Kısa Stapel İplik Üretim Teknolojileri*, SDU Teknik Bilimler Dergisi, 4:2, 18-28

Küçük, N., (2009), *Vortex İpliklerinin Ring ve Open-End Rotor İplikleri İle Karşılaştırılması*, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Uyanık, S., (2017), *Vortex Eğirme Sisteminde Pamuk ve Yeni Nesil Lif Karışımlarının Eğrilmesi ve Örmeye Kumaştaki Performanslarının Belirlenmesi*, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi

Üdürgücü, N., Beşen, B., S., Şerafettinoğlu, S., (2023), *Investigation of the effects of some pile yarn parameters on crucial properties of towels*, *The Journal of The Textile Institute*, , DOI: 10.1080/00405000.2023.2193381

# MUZ LİFİ ESASLI GİYSİLİK DOKUMA KUMAŞLARIN PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

**Yasemin DÜLEK<sup>1</sup>, İpek YILDIRAN<sup>1</sup>, Buğçe SEVİNÇ<sup>1</sup>, Esra MERT<sup>1</sup>, Cem GÜNEŞOĞLU<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*S.Y.K. Tekstil San. ve Tic. A.Ş., Ar-Ge Merkezi, Bursa, Türkiye*

<sup>2</sup>*Gaziantep Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Gaziantep, Türkiye*  
yasemindulek@sykteks.com

## ÖZET

Bitkisel bir atık olan muz sapından (yalancı gövde) üretilmiş muz lifi potansiyel çevre dostu tarımsal liflerden biridir. Sürdürülebilir ve biyolojik olarak parçalanabilir özellikte olan muz lifi tek başına kullanımı az olsa da pamuk lifi ile karışım halinde daha çok bulunmaktadır. Çalışmada, muz lifinin yenilikçi çevre dostu, sürdürülebilir elyaf olması sebebiyle üretimi sırasında ekolojik sorunlara sebep olan pamuk lifine alternatif olarak giysilik kumaşlarda değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda, %40 Rayon %36 Muz %24 Pamuk ve %60 Pamuk %40 Rayon olmak üzere iki farklı dokuma kumaş üretilmiştir. Dokunan kumaşlar haşıl sökme işlemlerinden sonra ağartma işlemi uygulanarak iki farklı boyama reçetesi ile boyanmıştır. Kumaşların, fiziksel özellikleri, renk farkı, renk haslığı, su buharı geçirgenliği, ısı iletkenlik ve hidrofilite değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, muz lifi içeren dokuma kumaşın, pamuk lifi içeren dokuma kumaş ile benzer performans özellikleri gösterdiği ve özellikle gelişmiş hidrofilite özelliği sebebiyle pamuk lifi içeren dokuma kumaş yerine alternatif olarak kullanılabilceği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Muz lifi, Sürdürülebilirlik, Isıl iletkenlik, Hidrofilite, Renk farkı

## INVESTIGATION OF PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF CLOTHING WOVEN FABRICS WITH BANANA FIBER

### ABSTRACT

Banana fiber produced from banana stem (pseudo-stem), which is a vegetable waste, is one of the potential environmentally friendly agricultural fibers. Although banana fiber, which is sustainable and biodegradable, is rarely used alone, it is more common in mixtures with cotton fiber. In the study, it was aimed to use banana fiber in clothing fabrics as an alternative to cotton fiber, which causes ecological problems during its production, as it is an innovative, environmentally friendly and sustainable fiber. In this context, two different woven fabrics were produced 40% Rayon, 36% Banana, 24% Cotton and 60% Cotton 40% Rayon. The woven fabrics were dyed by two different dyeing recipes by bleaching after desizing. The physical properties, color difference, color fastness, water vapor permeability, thermal conductivity and hydrophilicity values of the fabrics were compared. As a result of the study, it was determined that the woven fabric containing banana fiber showed similar performance properties to the woven fabric containing cotton fiber and could be used as an alternative to the woven fabric containing cotton fiber, especially due to its improved hydrophilicity.

**Keywords:** Banana fiber, sustainability, thermal conductivity, hydrophilicity, color difference

## 1. GİRİŞ

Dünyada nüfus artışı ile birlikte tüketim ve buna bağlı olarak çevre sorunları gittikçe artmaktadır. Tekstil üretiminde en yoğun kullanılan liflerden birisi pamuktur. Ancak pamuk üretiminde kullanılan kimyasallar ve aşırı su tüketimi ekolojik sorunların da artmasına neden olmuştur. Dünyada kullanılan tarım ilaçlarının önemli bir bölümü pamuk üretiminde kullanılmaktadır ve bu yüzden pamuğa alternatif olarak yenilikçi çevre dostu, sürdürülebilir elyaf araştırmaları devam etmektedir. Bu anlamda çeşitli gövde lifleri ön plana çıkmaktadır. Son yıllarda araştırmalara konu olan yalancı gövde liflerinden bir tanesi de muz lifidir.

Musaceae kökenli muz bitkisi, dünyada tarımı yapılan ilk bitki olma özelliğine sahiptir ve yaygın olarak tropikal ve subtropikal bölge ülkelerinde yetişir. Türkiye’de ise Anamur, Alanya ve Gazipaşa’da tarımı yapılmaktadır. Muz bitkisinin birçok bölümü genellikle tıbbi alanda kullanılırken tekstil ve ambalaj sektöründe de çeşitli ürünlerde kullanımı mevcuttur. Muz bitkisinin yetiştirilmesi sırasında, büyük miktarda biyotatik oluşmaktadır ve toprak üstü bölümde yer alan yalancı gövde, tekstilde kullanılan muz lifinin ana kaynağıdır (Zaimoğlu ve ark., 2017).

Muz lifleri, tekstil ve ambalaj endüstrisi için mükemmel bir hammadde olarak kullanılabilen birçok üstün fiziksel ve kimyasal özelliğe sahip çevre dostu bir lifdir. Muz lifi, yüksek gerilme mukavemeti, iyi nem emilimi, hızlı kuruma özelliği, yüksek nefes alabilirlik ve biyolojik olarak parçalanabilirlik gibi mekanik özelliklere sahiptir (Yadav ve ark., 2015). Muz lifinin tipik inceliği 2400 nm'dir. Muz lifinin kimyasal bileşimi; selüloz (%50-60), hemiselüloz (%25-30), lignin (%12-18), pektin (%3-5), yağ ve vaks (%3-5), suda çözünebilir bileşikler (%2-3) ve kül (%1-1,5)'den oluşur. Muz lifi pamuk lifiyle karşılaştırıldığında %11-15 gibi daha yüksek nem geri kazanım oranına sahiptir. Muz lifleri suyu pamuk, jüt ve ketenden daha iyi emer ve serbest bırakır. Ayrıca lif yapısı daha düşük kristallliğe (%19-24) sahiptir, mikrofibriller ve içi boş yapısı, lifin iyi yalıtım ve nem emici özelliklere sahip olacağını düşündürmektedir (Subagyo ve Chafidz, 2018, Kamel, 2022, Tholkappiyan, 2016). Sürdürülebilir, çevre dostu ve biyolojik olarak parçalanabilir özellikte olan muz lifi tek başına kullanımı az olsa da pamuk lifi ile karışım halinde daha çok bulunmaktadır.

Literatürde muz lifi ile ilgili sınırlı sayıda çalışma yer almaktadır. Çalışmalar, muz lifi takviyeli kompozit ürün özellikleri, muz lifi üretim makinelerinin geliştirilmesi, muz lifinin fiziksel ve kimyasal özellikleri, lif formunda reaktif ve doğal boyama performansı, dokuma kumaş formunda reaktif ve doğal boyama performansı üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bunlardan (Kamel, 2022)'nin çalışmasında, muz/pamuk içerikli dokuma kumaşlar, çeşitli gazlar, argon dielektrik bariyer deşarj ve oksijen dielektrik bariyer deşarj plazması kullanılarak ön işleme tabi tutulmuş ve ardından çeşitli reaktif boyalarla boyanarak uygun boyama prosesi belirlenmeye çalışılmış ve pamuk içerikli kumaşlarla karşılaştırması yapılmıştır. (Kamel ve Amim 2022)'nin çalışmasında, muz-pamuk içerikli dokuma kumaşlar (bezayağı, dimi, saten) zerdeçal doğal boyası ile başarılı bir şekilde boyanmış ve kullanılan mordanın niteliğine bakılmaksızın pamuk içerikli kumaşlara göre daha yüksek K/S ve haslık değerleri elde edilirken boyama esnasında mordanlama sonucu K/S değerleri, kullanılan kumaştan bağımsız olarak ön mordanlamaya göre daha yüksek olduğu görülmüştür. (Sarkar ve ark., 2019)'nin çalışmasında, hazırlanan muz-pamuk içerikli kumaşlardan ceketler tasarlanmış ve katılımcıların tasarım, elyafın giysiye uygunluğu ve giyim tercihlerine ilişkin görüşleri alınması sonucunda muz/pamuk kumaştan yapılmış ceketin en uygun giysi olduğu tespit edilmiştir. (Balakrishnan ve ark., 2019)'nin çalışmasında, muz lifi için uygun bir reaktif boyama prosesi oluşturularak muz liflerinin pamuk lifleri ile boyama davranışları karşılaştırılmıştır. Muz lifleri, her biri dört farklı konsantrasyonda (0.25, %1, %4 ve %6) reaktif boya içeren üç standart renkle (kırmızı, mavi ve sarı) boyanmış ve muz lifinin boyama davranışının pamuk lifine benzer olduğu görülmüştür. (Zaimoğlu ve ark., 2017)'nin çalışmasında, muz liflerinin, kökboya, zerdeçal ve indigo doğal boyalar ile boyama çalışmaları yapılmış, sürtme haslık değerleri incelenmiştir. (Canbolat ve ark., 2015)'nin çalışmasında, muz lifi çeşitli mordanlarla işleminden geçirilmiş, zerdeçal bitkisinden (*Curcuma longa*) elde edilen doğal boya ile ultrasonik ve konvansiyonel yöntemle boyanmış ve numunelerin boya tutma ve haslık özellikleri araştırılmıştır. Görüldüğü üzere, muz lifi içerikli giysilik dokuma kumaşların hidrofilit ve konfor özelliklerinin incelendiği bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmada, literatürden farklı olarak giyim sektörüne uygun çevre dostu sürdürülebilir bir lif olan muz lifi içerikli dokuma kumaşların reaktif boyarmaddelerle boyanması ve renk farkı, haslık, hidrofilit ve konfor özelliklerinin pamuklu kumaşlarla karşılaştırılması amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

Çalışma kapsamında, Ne 40/1 Muz(%60)/Pamuk(%40) ring iplik kullanılmıştır. Karşılaştırma yapabilmek için aynı numarada pamuk iplik ile 40 çözgü/cm sıklıkta 75/24 Denye Viskon çözgüde, 36 atkı/cm atkı sıklığı ve 2/1 dimi örgü raporu ile iki farklı kompozisyonda dokuma kumaş üretilmiştir. Dokuma kumaş örneklerine ait yapısal detaylar Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Kumaş yapısal detayları

Kumaş Özelliği	Numune Kodu	
	Pamuk	Muz/Pamuk
Çözgü İpliği	75/24 Denye Viskon	
Atkı İpliği	Ne 40/1 Pamuk Penye Compact (%100)	Ne 40/1 Muz(%60)/Pamuk(%40) Ring
Çözgü Sıklığı (çözgü/cm)	40	
Atkı Sıklığı (atkı/cm)	36	
Örgü Raporu	Dimi 2/1	
Kompozisyon (%)	%60 Pamuk %40 Rayon	%40 Rayon %36 Muz %24 Pamuk
Birim Alan Kütlesi (g/m <sup>2</sup> )	190	

### 2.2. Yöntem

Dokunan kumaşlar, boyamadan önce işletme ölçeğinde pamuklu kumaşlara uygulanan klasik ön terbiye işlemlerine (haşıl sökme ve ağartma) tabi tutulmuştur. Ön terbiye işlemlerinden sonra müşteriler tarafından en çok talep edilen iki farklı boyama reçetesine (açık gri ve koyu gri) göre boyanmıştır. Boyama reçeteleri, işletmede kullanılan reaktif boyarmaddelerin kombinasyonu ile açık gri renk %0,04 konsantrasyonda, koyu gri renk ise %0,33 konsantrasyonda hazırlanmıştır. Boyama prosesi, AHIBA marka tüp boyama makinesinde 1/10 flottede klasik reaktif boyama prosesine göre yapılmıştır.

Boyalı kumaşların renk ölçümleri Datacolor SF600 Plus-CT spektrofotometre ile ölçülmüştür. Ölçümler CIELab renk uzayına göre D65 gün ışığı altında 6,6 mm açıklıkta 10° standart bir gözlemci kullanılarak yapılmıştır. Yıkamaya karşı renk haslığı testleri James Heal marka Gyrowash cihazında TS EN ISO 105-C06 A1S standardına göre, suya karşı renk haslığı testleri TS EN ISO 105-E01 standardına göre, asit ve alkali tere karşı renk haslığı testleri Wira cihazında TS EN ISO 105 E04 standardına göre, kuru ve ıslak sürtmeye karşı renk haslığı testleri James Heal marka Crockmaster cihazında TS EN ISO 105 X12 standardına göre yapılmıştır (www.intweb.tse.org.tr, 2023). Sonuçlar gri skala ile değerlendirilmiştir.

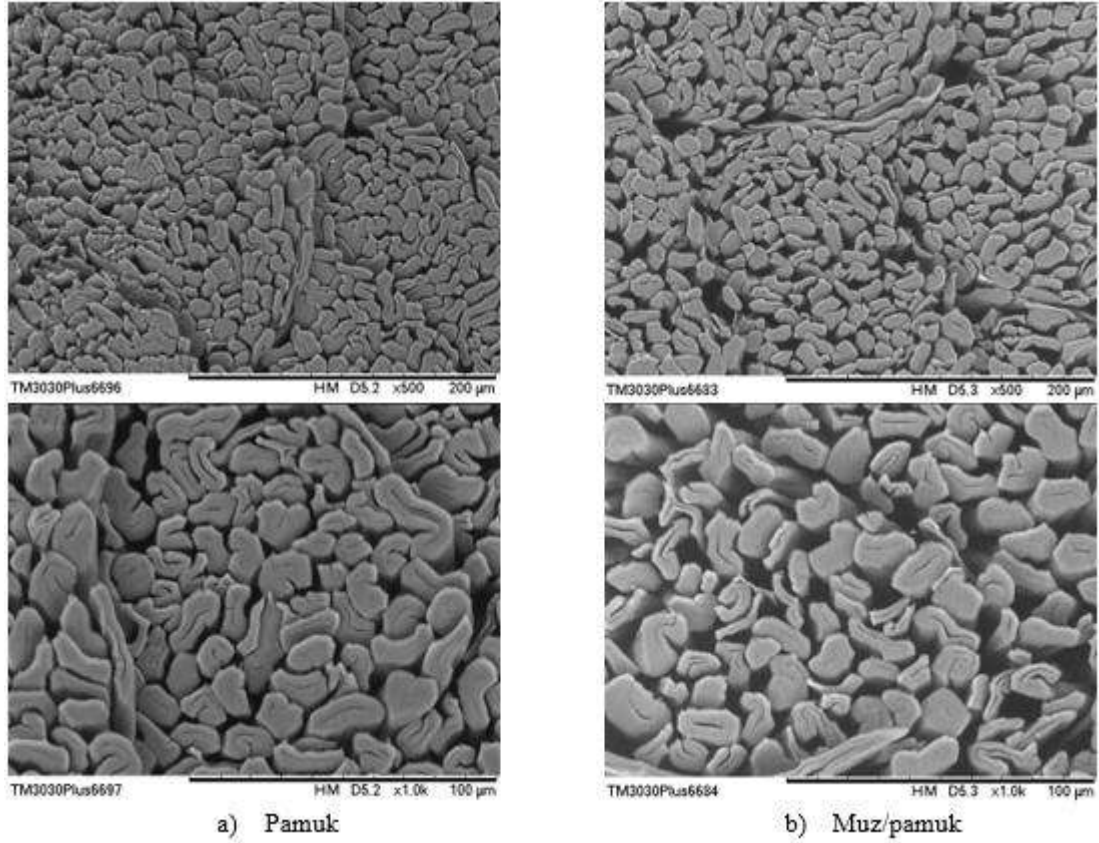
Kumaşların hidrofilit testleri DIN 53 924 standardına göre, su buharı geçirgenliği Permetest cihazında ve ısı iletkenlik testleri Alambeta cihazında ISO 11092’den türetilen cihaz standartlarına göre uygulanmıştır (Uzun, 2012). Ölçümler 5 kez tekrar edilerek ortalaması alınmıştır. Lif iç yapısını değerlendirmek için iplik kesit görüntüleri alınmıştır. Kumaşlara uygulanan testler ve standartlar Çizelge 2’de verilmiştir.

**Çizelge 2.** Uygulanan Test ve Standartlar

Test Adı	Standart Adı	Cihaz Adı
Renk Ölçümü	D65 gün ışığı	Datacolor SF600 Plus-CT spektrofotometre
Yıkamaya Karşı Renk Haslığı	TS EN ISO 105 C06	Gyrowash Cihazı
Suya Karşı Renk Haslığı	TS EN ISO 105 E01	-
Tere Karşı Renk Haslığı	TS EN ISO 105 E04	Wira cihazı
Sürtmeye Karşı Renk Haslığı	TS EN ISO 105 X12	Crockmaster Cihazı
Hidrofilite	DIN 53924	Islanma Yüksekliğinin Belirlenmesi Yöntemi
Su Buharı Geçirgenliği	ISO 11092	Permetest Cihazı
Isıl İletkenlik	ISO 11092	Alambeta Cihazı
İplik Kesit Görüntüleri	X500, X1000 büyüme	Taramalı Elektron Mikroskobu TM3030PLUS6686

### 3.BULGULAR VE TARTIŞMA

Şekil 1’de 40/1 Ne pamuk ve 40/1 Ne muz/pamuk (60/40) ipliklerinden taramalı elektron mikroskobu ile alınan lif kesit görüntüleri verilmiştir. Kesit görüntülerinde muz lifleri, klasik böbrek şeklindeki pamuk lifi enine kesit görüntüsünden farklı kesit ve kesitteki daha geniş lümen boşluklarından ayırt edilebilmektedir.



a) Pamuk

b) Muz/pamuk

**Şekil 1.** Lif Enine Kesit Görüntüleri a) Pamuk b) Muz/pamuk

Çizelge 3’de verilen renk ölçüm sonuçlarına göre, boyarmadde konsantrasyonu yüksek olan koyu gri renk örneklerinde muz/pamuk ile pamuk kodlu referans kumaş arasında kabul edilebilir renk farkı elde edilmiştir. %0,04 boyarmadde konsantrasyonunda boyama yapıldığında ise a\* ekseninde pamuk kumaşa kırmızı nüans kaynaklı yüksek renk farkı elde edildiği görülmüştür. Boyarmadde konsantrasyonu arttıkça renk koordinatları arasında farkların azalması muz ve pamuk liflerinin boyama karakteristiklerinin benzer olduğunu göstermiştir; düşük boyarmadde konsantrasyonunda ölçülen renk farkı ise iki lif tipinin boyarmadde site dağılımlarının farklı olduğunu düşündürmektedir.



**Çizelge 3. Renk Ölçüm Sonuçları**

Renk Adı	Kumaş Kodu	L*	a*	b*	C	h°	ΔE <sub>CMC2:1</sub>
Açık Gri	Muz/Pamuk	78,07	0,02	-0,40	0,40	272,32	1,01
	Pamuk	77,09	0,26	-0,30	0,40	310,23	Standart
Koyu Gri	Muz/Pamuk	59,40	2,18	-9,91	10,15	282,42	0,53
	Pamuk	59,44	2,65	-10,16	10,50	284,63	Standart

Çizelge 4-5’de verilen yıkama, su, ter ve sürtme renk haslığı sonuçları değerlendirildiğinde, açık gri ve koyu gri renklere boyanan kumaşların tüm renk haslık sonuçları 4/5 skoru ile kabul edilebilir aralıkta olarak elde edilmiştir.

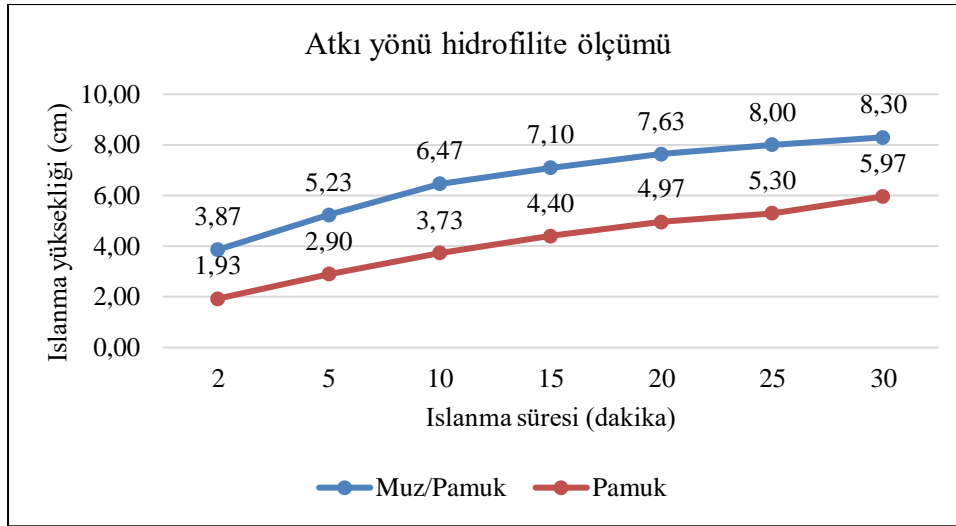
**Çizelge 4. Yıkama ve Suya Karşı Renk Haslığı Ölçüm Sonuçları**

Renk Adı	Kumaş Kodu	Yıkama Renk Haslığı (TS EN ISO 105 C06)						Su Renk Haslığı (TS EN ISO 105 E01)						
		Asetat	Pamuk	Polyamid	Polyester	Akrilik	Yün	Asetat	Pamuk	Polyamid	Polyester	Akrilik	Yün	
Açık Gri	Muz/Pamuk	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Pamuk	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
Koyu Gri	Muz/Pamuk	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Pamuk	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5

**Çizelge 5. Tere ve Sürtmeye Karşı Renk Haslığı Ölçüm Sonuçları**

Renk Adı	Kumaş Kodu	Ter Renk Haslığı (Asit) (TS EN ISO 105 E04)						Ter Renk Haslığı (Alkali) (TS EN ISO 105 E04)						Sürtme Renk Haslığı (TS EN ISO 105 X12)			
		Asetat	Pamuk	Polyamid	Polyester	Akrilik	Yün	Asetat	Pamuk	Polyamid	Polyester	Akrilik	Yün	Islak-Atkı	Islak-Çözgü	Kuru-Atkı	Kuru-Çözgü
Açık Gri	Muz/Pamuk	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Pamuk	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
Koyu Gri	Muz/Pamuk	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
	Pamuk	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5

Şekil 2’de verilen hidrofilite test sonuçlarına göre, atkı yönü ıslanma yüksekliği değerleri 2 dakika sonrasında 1,93 cm (pamuk), 3,87 cm (muz/pamuk) ve 30 dakika sonrasında 5,97 cm (pamuk), 8,30 cm (muz/pamuk) olarak elde edilmiştir. Islanma yüksekliği artış oranları kıyaslandığında 2 dakika sonra muz/pamuk kumaş, pamuk kumaşa göre %100 ve 30 dakika sonrasında %39 daha fazla su çekmiştir. Bu da muz/pamuk kumaşın hidrofilite özelliklerinin daha iyi olduğunu göstermektedir.



**Şekil 2.** Atkı Yönü Hidrofilite Ölçüm Sonuçları

Çizelge 6’da verilen test sonuçları, muz/pamuk kumaş örneğinin daha yüksek su buharı geçirgenliği ve ısı akış yoğunluğu değerleri verdiğini göstermektedir. Hidrofilite sonuçları ile birlikte değerlendirildiğinde bu sonuçlar literatürde ifade edildiği şekliyle muz liflerinin mikrofibriler ve içi boş/kanallı yapısının daha fazla olması ile açıklanabilir (Subagyo ve Chafidz, 2018). Şekil 1’de verilen lif kesit görüntülerinde de muz liflerinde daha geniş lümen kanalı bulunması bu yaklaşımı desteklemektedir. Daha düşük ısı difüzyon ve daha yüksek ısı akış oranı ise kumaşlardaki daha yüksek termal konforun göstergeleridir (Sapancı, 2023). Bu durumda da muz lifi ile dokunan kumaş örneklerinin daha yüksek termal konfor sunduğu söylenebilmektedir.

**Çizelge 6.** Su Buharı Geçirgenliği ve Isıl İletkenlik Ölçüm Sonuçları

Test Adı	Pamuk	Muz/Pamuk
Bağıl su buharı geçirgenliği - %	68,07	68,80
Su buharı direnci - Pa.m <sup>2</sup> .W <sup>-1</sup>	0,667	0,667
Kalınlık - mm	0,243	0,247
Isıl iletkenlik - (W/mK) x 10 <sup>-3</sup>	36,200	36,067
Isıl difüzyon - (m <sup>2</sup> /s) x 10 <sup>-6</sup>	0,028	0,026
Isıl absorpsiyon - (W.s <sup>1/2</sup> /m <sup>2</sup> K)	216,3	222,0
Isıl direnç - (Km <sup>2</sup> /W) x 10 <sup>-3</sup>	6,767	6,867
Isı akış oranı - x 10 <sup>3</sup>	1,340	1,380
Isı akış yoğunluğu - W/m <sup>2</sup>	0,707	0,725

#### 4.SONUÇLAR

Çalışmada, bitkisel bir atık olan muz sapından (yalancı gövde) üretilen ve ekolojik lif örneği olarak tanımlanan muz lifi içerikli ticari iplikler ile giysilik amaçlı dokuma kumaşların geliştirilmesi ve kumaşların çeşitli performans özelliklerinin pamuk kumaşlarla karşılaştırılması yapılmıştır. Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, muz/pamuk kumaşın, pamuk kumaşa benzer performans özellikleri gösterdiği, özellikle gelişmiş hidrofilite istenen durumlarda pamuk lifi yerine alternatif olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Çalışma sayesinde, muz lifinin özellikle Akdeniz bölgesinde yetiştirilmesinin teşvik edilmesiyle uzun vadede toplumsal kalkınmaya katkı sağlanacağı düşünülmektedir. Atığın katma değerli bir ürün haline gelmesi sektörün ve ülkemizin rekabet gücünü arttıracaktır. Özellikle son yıllarda çevre kaygılarının artması ile daha çevre dostu lif kullanım ihtiyacı ve sürdürülebilirliğin sağlanması için atığın değerlendirilmesi önemli bir konudur. Literatürdeki muz lifi ile yapılan diğer çalışmalar dikkate

alındığında bu çalışma ticariye en yakın çalışma olması nedeniyle önemlidir.

## 5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından desteklenen SYK Tekstil Ar-Ge Merkezi bünyesinde AG-03-22-SYK-00 numaralı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

## 6. KAYNAKLAR

- Balakrishnan, S., Wickramasinghe, D., Wijayapala, S., (2019), *Study on Dyeing Behavior of Banana Fiber with Reactive Dyes*, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 14: 1–12, DOI: 10.1177/1558925019884478.
- Canbolat, Ş., Merdan, N., Dayıoğlu, H., Koçak, D., (2015), *Investigation of the Dyeability Behavior of Banana Fibers with Natural Dye Extract Obtained from Turmeric Plants*, *Marmara Journal of Pure and Applied Sciences, Special Issue-1*: 40-44, DOI:10.7240/mufbed.83023.
- Kamel, M., (2022), *Development of Dyeing Reactive Dyes on Blended Banana Fabrics Treated with Plasma Technology*, *International Design Journal*, 13 (1), 207-220.
- Kamel, M., Amaim, Y., (2022), *Eco-friendly Process for Dyeing Banana Fabrics with Curcuma Natural Dyes*, 572-585, DOI: 10.21608/MJAF.2021.61566.2200.
- Oğlakçioğlu, N., Marmaralı, A., (2010), *Thermal Comfort Properties of Cotton Knitted Fabrics in Dry and Wet States*, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 3, 213-217.
- Sapancı, B., (2023), *Isıl Düzenleme Özelliği İyileştirilmiş Örme Yatak Kumaşlarının Geliştirilmesi*, *Erciyes Üniversitesi, Yüksek Lisans Tez Çalışması, Kayseri*, 40-48.
- Sarkar, S.R., Deo, S., Gayatri, M., Kumari, S., (2019). *Eco-friendly Banana/Cotton Union Fabric:Its Preferences and Potentiality*.
- Subagyo, A., Chafidz, A., (2018), *Banana Pseudo-Stem Fiber: Preparation, Characteristics, and Applications*, *Banana Nutrition-Function and Processing Kinetics*, 1-19, DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.82204>.
- Tholkappiyan, E., (2016), *A Preliminary Study for Improving the Banana Fibre Fineness using Various Chemical Treatments*, *Global Journal of Researches in Engineering*, 16 (3), 1-8.
- TS EN ISO 105-C06:2010, *Tekstil - Renk Haslığı Deneyleri - Bölüm C06: Eysel Yıkamaya ve Ticari Müesseselerde Yıkamaya Karşı Renk Haslığı*, <https://intweb.tse.org.tr/Standard>, Erişim: 21.05.2024.
- TS EN ISO 105 E04:2013, *Tekstil - Renk Haslığı Deneyleri - Bölüm E04: Tere Karşı Renk Haslığı*, <https://intweb.tse.org.tr/Standard>, Erişim: 21.05.2024.
- TS EN ISO 105 E01:2013, *Tekstil - Renk Haslığı Deneyleri - Bölüm E01: Suyu Karşı Renk Haslığı*, <https://intweb.tse.org.tr/standard>, Erişim: 21.05.2024.
- TS EN ISO 105 X12:2016, *Tekstil - Renk Haslığı Deneyleri - Bölüm X12: Sürtmeye Karşı Renk Haslığı Tayini*, <https://intweb.tse.org.tr/Standard>, Erişim: 21.05.2024.
- Uzun, M., (2012), *Ultrasonik ve Klasik Yıkama Yöntemlerinin Dokuma Kumaş Termal Özelliklerine Etkilerinin İncelenmesi*. *Tekstil ve Mühendis*, 19(86), 1-6.
- Yadav, S., Gupta, G., Bhatnagar, R.A., (2015), *A Review on Composition and Properties of Bagasse Fibers*, *International Journal of Scientific & Engineering Research*, ISSN 2229-5518, 6 (5), 142-148.
- Zaimoğlu, Ö., Teker, M.S., Erkekli, A., (2017), *Muz Lifinin Doğal Boyalar ile Boyanması ve Sürtünme Haslık Değerleri*. *Kalemisi*, 5 (10), 85-90, DOI: 10.7816/kalemisi-05-10-03.

# RIETER COMPACTdrum KOMPAKTLAMA APARATI İLE ÜRETİLEN İPLİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

İrem ÇELİK<sup>1</sup>, Gizem KARAKAN GÜNAYDIN<sup>2</sup>, Hüseyin Gazi TÜRKSOY<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Uğurlular Tekstil.San. ve Tic. A.Ş., Organize Sanayi Bölgesi, Denizli, Türkiye

<sup>2</sup> Pamukkale Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Tekstil ve Moda Tasarımı Bölümü, Denizli, Türkiye

<sup>3</sup>Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü , Kayseri, Türkiye

## ÖZET

Kompakt iplik eğirme sistemi, liflerin iplik yapısı içerisine daha iyi konumlandırılması, tüylülüğün azaltılması, mukavemet anlamında lif özelliklerinden faydalanma yüzdesinin artırılması için geliştirilmiştir. Çekim sistemi çıkışında oluşan eğirme üçgeninin kısmen veya tamamen ortadan kaldırılması esasına dayanan kompakt iplik eğirme sistemindeki gelişmeler hızla devam etmektedir. Mekanik esaslı ve hava emişi esaslı kompakt sistem ve aparatlarının, farklı makine üreticisi firmalar tarafından iplik işletmelerinin kullanımına sunulduğu görülmektedir. Son olarak piyasaya sunulan Rieter COMPACTdrum kompaktlama aparatı da hava emişi esaslı, kolay takılıp sökülebilen bir sistem olarak dikkat çekmektedir. Bu sistemle üretilen ipliklerin özelliklerinin, kompakt iplik makinesinde üretilen ipliklerle karşılaştırılması çalışmamızın ana hedefidir. Bu amaçla, % 100 pamuk, 3 farklı numarada (Ne 28, Ne 30, Ne 34), iki farklı metotta (COMPACTdrum ve K48 kompakt iplik makinesi) üretilen 6 tip ipliğin özellikleri test edilerek, karşılaştırmalı olarak yorumlanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Kompaktlama aparatı, Tüylülük, Kompakt iplik, Pamuk

## INVESTIGATION OF YARN PROPERTIES PRODUCED WITH RIETER COMPACTdrum COMPACTING APPARATUS

### ABSTRACT

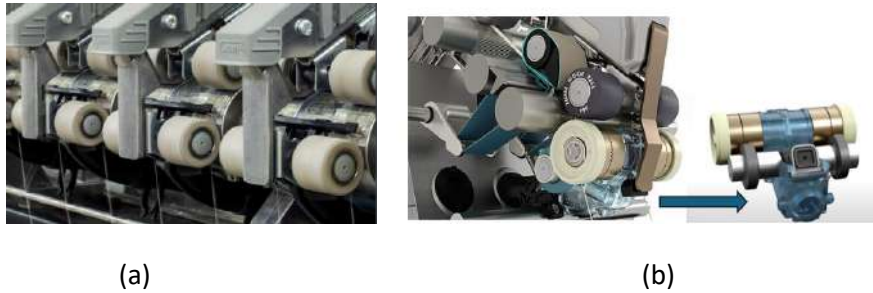
Compact yarn spinning system is developed in order to provide a better fiber alignment with less hairiness and to increase the benefit percentage of yarn tensile. The innovations based on the decreasing or total elimination of spinning triangle at the exit area of drafting units. It is observed that different mechanic or pneumatic compact systems and apparatuses are introduced from the machinery producers. Rieter COMPACTdrum compacting device has attracted attention recently as an air suction-based system that can be easily installed and dismantled. Our study aims to make a comparative system between the yarn properties produced from COMPACTdrum spinning technology and the conventional compact system. Hence six different 100% cotton yarns at three different linear yarn densities (Ne 28/1, Ne 30/1, Ne 34/1) with two different methods (COMPACTdrum and conventional compact spinning) were produced on compact spinning machine and their yarn properties were analysed comparatively.

**Key words:** Compacting unit, Hairiness, Compact yarn, Cotton

## 1. GİRİŞ

Konvansiyonel ring iplik eğirme sistemi, bilinen pek çok avantajı nedeniyle tekstil sektöründe halen en çok kullanılan sistemdir. Ancak, ring iplik yapısındaki yüksek tüylülük miktarı, iplik üretim sistemlerinde yeni arayışların ve gelişmelerin gündeme gelmesine neden olmuştur. Liflerin iplik yapısı içerisine daha iyi konumlandırılması, tüylülüğün azaltılması, mukavemet anlamında lif özelliklerinden faydalanma yüzdesinin artırılması için geliştirilen kompakt iplik eğirme sisteminde pnömatik/mekanik yoğunlaştırma yoluyla eğirme üçgeninin küçültülmesi ve böylece iplik özelliklerinin iyileştirilmesi temel amaçtır. Yoğunlaştırma işlemi sayesinde iplik tüylülüğü azalmaktadır. Bu azalma lif demetinin dış tarafında yer alan çevresel liflerin, iplik gövdesine iyi bir şekilde entegrasyonu ile sağlanır. Kompakt iplik eğirme prensibi ile iplik tüylülük yönetimi beraberinde iplik mukavemetinde de artış olması hedeflenmektedir. Bu özellikler sayesinde elde edilen ipliğin eğirme işlemlerinden sonra göreceği işlem adımları azaltılabilmekte, işlem süreleri ya da maliyetler düşürülebilmektedir (Artzt, 2004; Jackowski vd.,2004; Göktepe vd., 2006; Kumar vd., 2003).

Son yıllarda işletmelerde yeni makine yatırım maliyetlerinin düşürülmesine yönelik olarak mekanik esaslı ya da hava emişi esaslı kompakt sistem ve aparatlarının da farklı makine üreticisi firmalar tarafından iplik işletmelerinin kullanımına sunulduğu görülmektedir (Çelik ve Yılmaz, 2023; Artzt, 2003; Klein, 1993; Krifa vd., 2002). Son olarak piyasaya sunulan Rieter COMPACTdrum kompaktlama aparatı hava emişi esaslı, kolay takılıp sökülebilen bir sistem olarak dikkat çekmektedir. Çalışmamızda Rieter COMPACTdrum kompaktlama aparatının ring iplik makinesinde kullanılarak üretilen iplik özellikleri ile konvansiyonel kompakt iplik makinesinde 3 farklı incelikte (Ne 28/1, Ne 30/1, Ne 34/1 üretilen iplik özelliklerinin karşılaştırılması çalışmamızın ana hedefidir. İplik yapısal özellikleri, hem iplik kalitesini hem de bu ipliklerden üretilen kumaşların görünümünü, tuşesini, ısı yalıtımı, aşınma ve boncuklanma direnci, kopma, yırtılma ve patlama dayanımları gibi kumaş yapısal özelliklerini etkileyen önemli faktörler arasındadır. Bu yapısal özelliklerden biri olan tüylülük, iplik kalitesi ve kumaş yapısal özelliklerinin yanında ipliklerin dokuma ve örme performansı üzerinde de etkili bir parametredir (Soydan vd., 2019; Soydan vd., 2024). Şekil 1.'de kompakt makinesi üzerindeki kompaktlama bölgesi (Şekil 1a), COMPACTdrum aparatı ve kompaktlama bölgesi (Şekil 1b) gösterilmektedir.



**Şekil 1.** (a) Rieter K48 kompakt makinesi üzerinde kompaktlama bölgesi (b) COMPACTdrum aparatı ve kompaktlama bölgesi

## 2. MATERYAL VE METOT

Çalışma kapsamında, konvansiyonel kompakt iplik makinesi (K48) ve COMPACTdrum makineleri kullanılarak Ne 28/1, Ne 30/1 ve Ne 34/1 numaralı iplikler Uğurlular Tekstil A.Ş. (Denizli) iplik üretim hattında üretilmiştir. Kullanılan harmana ait HVI özellikleri Çizelge 1’de gösterilmiştir. Tüm iplik test ölçümleri ISO 139:2005 standardına göre % 65 ± 2 bağıl nem ve 21 ± 1 °C sıcaklıktaki standart test koşullarında gerçekleştirilmiştir. İpliklere ait düzgünsüzlük (CVm), IPI, tüylülük değerleri (h) USTER Tester 6 test cihazı ile, mukavemet ve kopma uzaması (%) değerleri ise USTER TENSORAPID test cihazı ile ölçüm yapılmıştır. Çalışmada, iki farklı eğirme metodu uygulanarak 3 farklı incelikte üretilen iplik numaraları ve büküm değerleri Çizelge 2’ de gösterilmiştir. Bu ipliklere

ait düzgünsüzlük, mukavemet test sonucu değerleri ise Çizelge 3 'de verilmiştir. Test sonuçları ayrıca grafiksel olarak yorumlanmıştır.

**Çizelge 1:** Kullanılan harmana ait HVI özellikleri

Lif inceliği (Mikroner)	Lif Ortalama Uzunluğu, mm	SF (%)	dayanıklılık (g/tex)	uzama (%)	çepel sayısı TR/CNT	Uniformite Oranı(%)	olgunluk
5	30,05	6,2	34,44	7,29	141	84.1	0.88

**Çizelge 2.** İplik özellikleri

Numune kodu	İplik inceliği	İplik eğirme metodu	İplik İnceliği	Nominal Büküm
Y1	Ne 28/1	COMPACTdrum	Ne 28/1	740 T/M
Y2		kompakt	Ne 28/1	740 T/M
Y3	Ne 30/1	COMPACTdrum	Ne 30/1	765 T/M
Y4		kompakt	Ne 30/1	765 T/M
Y5	Ne 34/1	COMPACTdrum	Ne 34/1	815 T/M
Y6		kompakt	Ne 34/1	825 T/M

**Çizelge 3.** İplik kalite özellikleri

Numune kodu	CVm	Tüylülük	IPI	Mukavemet(cN/tex)	Uzama (%)
Y1	10,78	4,21	11,3	18,34	6,84
Y2	10,64	4,27	12,5	18,27	5,37
Y3	11,42	4,02	19,2	17,85	4,97
Y4	11,17	4,10	17,9	18,36	5,16
Y5	11,69	3,97	22,10	18,17	5,2
Y6	11,75	3,71	17,9	18,16	5,42

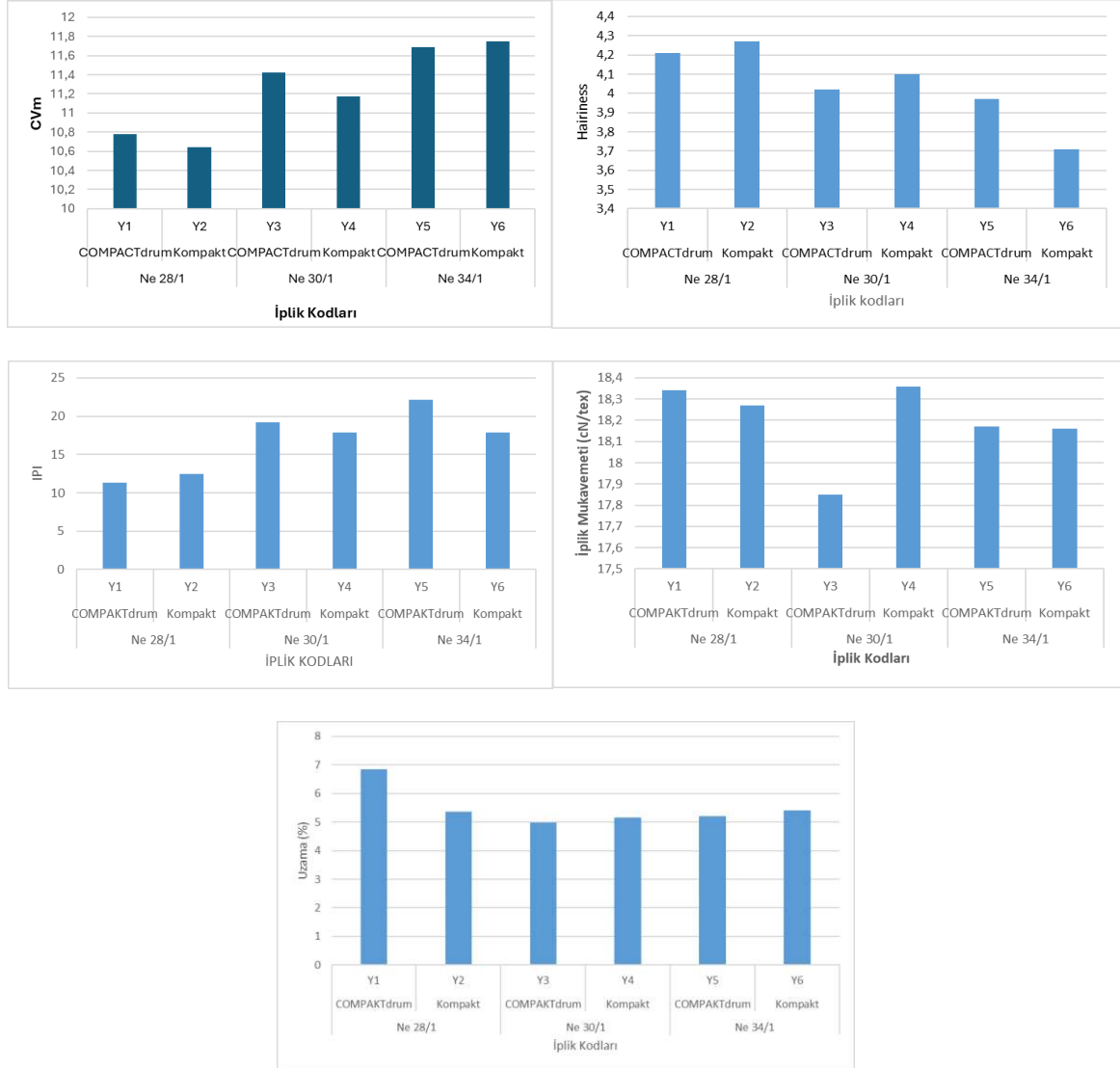
### **İstatiksel Analiz**

Çalışma kapsamında iplik eğirme metodu ve iplik inceliğinin düzgünsüzlük, tüylülük ve mukavemet sonuçlarına anlamlı etkisinin olup olmadığını incelemek için iki yönlü ANOVA testi uygulanmıştır. Ayrıca farklı iplik numaralarına ait iplik düzgünsüzlük, IPI, tüylülük, kopma mukavemeti ve kopma uzaması değerleri ortalamalarının 0.05 anlamlılık düzeyinde karşılaştırılması hedeflenmiş olup sonuçlar SNK tablosunda gösterilmiştir.

### **3. BULGULAR VE TARTIŞMA**

Ne 28/1, Ne 30/1 , Ne 34/1 numaralı ipliklere ait düzgünsüzlük, tüylülük ,kopma mukavemeti ve kopma uzaması sonuçları şekil 2'de grafiksel olarak gösterilmiştir. Düzgünsüzlük sonuçlarına bakıldığında düzgünsüzlük değerlerinin COMPACTdrum metotla üretilen Ne 28/1 ve Ne 30/1 incelikteki ipliklerin düzgünsüzlük değerlerinin aynı incelikte konvensiyonel kompakt metotla üretilenlere göre daha yüksek olduğu anlaşılmıştır. Ancak daha ince numarada tam tersi bir durum gözlemlendiği anlaşılmıştır. Ne 34/1 inceliğinde COMAPCTdrum metotla üretilen ipliklerde düzgünsüzlük değerlerinin konvensiyonel kompakt metotla üretilenden bir miktar daha az olduğu sonucuna varılmıştır. Tüylülük değerlerinde ise Ne 28/1 ve Ne 30/1 inceliklerinde COMPACTdrum metotla üretilen gruba ait tüylülük değerleri daha düşük iken, Ne 34/1 inceliğinde konvensiyonel gruba ait tüylülük değerlerinin daha düşük olduğu anlaşılmıştır. İpliklere ait IPI değerleri incelendiğinde , Ne 30/1 ve Ne 34/1 inceliklerinde COMPACTdrum metot ile üretilen ipliklerin IPI değerleri daha

yüksek iken Ne 28/1 incelikteki grupta bu durumun tam tersi bir eğilim görülmüştür. Şekil 2'deki iplik mukavemeti sonuçlarına bakıldığında Ne 28/1 ve Ne 30/1 incelikteki grupta COMPACTdrum metotla üretilen ipliklere ait mukavemet değerlerinin konvensiyonel metot ile üretilenlere kıyasla daha fazla olduğu anlaşılırken, Ne 30/1 incelikteki ipliklerde COMPACTdrum metodu ile üretilen ipliklerin konvensiyonel kompakt metot ile üretilenlere nazaran daha düşük mukavemet gösterdiği anlaşılmıştır. İplik uzama (%) değerleri incelendiğinde Ne 28/1 incelikte iplik grubunda COMPACTdrum metot ile üretilen ipliklerin konvensiyonel metot ile üretilen ipliklerden daha uzama gösterdikleri anlaşılmıştır. Ne 30/1 ve Ne 34/1 incelikteki iplik gruplarında tam tersi bir durum vardır. Bu incelikteki iplik gruplarında COMPACTdrum metot ile üretilen ipliklere ait uzama değerleri konvensiyonel metot ile üretilen ipliklerden daha düşük uzama değerleri göstermiştir.



Şekil 2. İpliklere ait CVm, tüylülük, IPI, mukavemet ve kopma uzaması (%) değerleri

Çizelge 4. İplik özelliklerine ait ANOVA sonuçları

Ana etken	CVm	IPI	Tüylülük (H)	Sağlamlık (cN/tex)	Kopma uzaması (%)
İplik numarası (Ne)	0,00*	0,00*	0,01*	0,16	0,00*
Eğirme metodu	0,89	0,00*	0,77	0,30	0,00*
İplik numarası *eğirme metodu	0,08	0,00*	0,06	0,58	0,00*

\* \*0.05 önem seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı

**Çizelge 5. İplik özellikleri SNK sonuçları**

İplik numarası (Ne)	CVm	IPI	H	Mukavemet (cN/tex)	Kopma uzaması (%)
Ne 28/1	10,63 a	11,83a	4,24 b	18,68 a	6,21 b
Ne 30/1	11,35b	18,46b	4,12 b	18,08 a	5,04 a
Ne 34/1	11,76c	20,01 c	3,86 a	18,04 a	5,20 a

Farklı harflere (a, b, c) ait sonuçlar 0,05 önem seviyesinde farklılığı ifade etmektedir.

Grafiksel analizlere ilave olarak eğirme metodu ve iplik inceliğinin iplik özelliklerine etkisini inceleyebilmek amacıyla iki faktörlü varyans analizi (ANOVA testi ) uygulanmıştır (Çizelge 4). ANOVA test sonuçlarına göre iplik numarası faktörü, mukavemet değeri hariç , düzgünsüzlük, tüylülük, IPI ve kopma uzaması (%) değerleri üzerinde anlamlı derecede etkilidir ( $p \leq 0.05$ ). Eğirme metodu faktörü ise IPI ve kopma uzaması değerleri üzerinde 0.05 anlamlılık seviyesinde etkili bir faktör iken CVm, tüylülük ve mukavemet değerleri üzerinde anlamlı etkisi görülmemiştir ( $p > 0.05$ ). İplik numarası ve eğirme metodu parametrelerinin kesişim etkisinin 0.05 anlamlılık seviyesinde sadece IPI ve kopma uzaması (%) değerleri üzerinde etkili olduğu anlaşılmıştır. Student-Newman-Keuls (SNK) testi sonuçlarına göre farklı incelikte üretilen ipliklere ait CVm, IPI, tüylülük, mukavemet ve kopma uzaması değerleri ortalamaları Çizelge 5’te verilmiştir. CVm ortalaması değerlerine bakıldığında Ne 28/1 incelikteki ipliklerde en düşük CVm değerleri, Ne 34/1 incelikteki ipliklerde ise en yüksek CVm değeri gözlemlenmiştir. IPI ortalamaları da aynı eğilimdedir. Tüylülük değerlerine bakıldığında ise Ne 34/1 incelikteki ipliklerde en düşük tüylülük değeri elde edilirken Ne 28/1 ve Ne 30/1 incelikteki ipliklerde tüylülük ortalamaları 0.05 anlamlılık düzeyinde eşit seviyede bulunmuştur. Mukavemet değeri ortalamaları her üç incelikteki ipliklerde 0.05 anlamlılık seviyesinde eşit bulunmuştur. En yüksek kopma uzaması (%) değeri Ne 28/1 incelikteki ipliklerde gözlemlenirken, Ne 30/1 ve Ne 34/1 incelikteki ipliklerde 0.05 anlamlılık seviyesinde eşit kopma uzaması değerleri gözlemlenmiştir.

#### 4. SONUÇLAR

Kompakt iplik eğirme sistemlerinde çekim sistemi çıkışında oluşturulan eğirme üçgeninin kısmen ortadan kaldırılmasına yönelik olarak pek çok çalışma geliştirilmiştir. Bunun yanında konvensiyonel sistemlere mekanik ya da pnömotik olarak kompaktlama aparatları da eklenebilmektedir. Çalışmamız kapsamında, RIETER® firmasının hava emiş esasına dayalı yeni geliştirdiği uygulamalardan biri olan COMPACTdrum aparatının kullanılmasıyla üretilen 100% pamuk 3 farklı incelikteki iplikler aynı üretim şartları ile konvensiyonel kompakt iplik makinesinde de üretilmiştir. Sonuçlara bakıldığında COMPACTdrum aparatı kullanılarak üretilen iplik özellikleri kompakt iplik makinesinde üretilen iplik özellikleri ile kıyaslandığında belirgin mukavemet kaybı gözlenmeden tatmin edici düzgünsüzlük ve tüylülük sonuçları elde edilmiştir. Ne 28/1 ve Ne 30/1 inceliklerindeki iplik gruplarında özellikle tüylülük değerlerindeki azalma sağlanmış olmasının iplik üreticileri açısından teşvik edici özellikte olduğu düşünülmektedir.

#### 5. KAYNAKLAR

Artzt, P., Gericke, E., (2004), *Improved characteristics of man-made fibre yarns through compact spinning*, MELLIAND TEXTILBERICHTE INTERNATIONAL TEXTILE REPORTS, 636-641.

Göktepe, F., Yılmaz, D., Göktepe, Ö., (2006), *A Comparison of Compact Yarn Properties Produced on Different Systems*. *Textile Research Journal*, 76(3): 226-234.

Jackowski, T., Cyniak, D., Czekalski, J., (2004), *Compact cotton yarn. Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 12(4), 22-26.

Klein, W., (1993), *Spinning Geometry and its Significance*. *Int. Textile Bull. Yarn Fabric Forming*, 3/93, 22-26.



*Krifa, M., Hequet, E., Ethridge, D., (2002), Compact Spinning: New Potential For Short Staple Cottons. Textile Topics, 2002-2, 2-8.*

*Kumar, A., Ishaque, S. M., Salhotra, K. R., (2003), Compact spinning: a critical review. In ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Vol. 37297, pp. 59-68.*

*Soydan, A. S., Karakan Günaydın, G., Palamutçu, S., (2019), Comparison of fabric properties knitted by pin spacer compact and conventional compact yarns. Journal of the Textile Institute, 110(11), 1519-1528.*

# GÜMÜŞ TEL TAKVİYELİ ÖZGÜN DOKUMA KUMAŞ TASARIM ÇALIŞMASI

Zehra ARSLAN, Ebru ÇORUH

za11019@mail2.gantep.edu.tr ecoruh@gantep.edu.tr

Gaziantep Üniversitesi, Tekstil ve Moda Tasarımı Bölümü, Gaziantep, Türkiye

## ÖZET

Dokuma başlangıçta insanların örtünme ihtiyaçlarını karşılayabilmeleri için ortaya çıkmıştır. Dokuma sanatı zamanla gelişerek başlangıçtaki amacını geliştirerek birçok tekstil ürününü karşılar hale gelmiştir. Bu sanatı icra eden sanatçıların kullandıkları geleneksel malzemelerle farklı ve özgün dokumalar ortaya çıkartmıştır. Dokuma kumaşlar zamanla güç, otorite, sosyal konum ve başarı gösteren ürünler haline gelmiştir. Osmanlı döneminde saray kumaşlarında kullanılan ipekler altın ve gümüş tellerle dokunarak dönemin en kaliteli kumaşları haline gelmiştir. Dokuma sanatına verilen değer dokuma sanatçılarının esnaflar arasında en büyük yerlere sahip olmasından anlaşılmaktaydı. Farklı tasarımların ortaya çıkması gelişen ve değişen teknolojinin doğru kullanılması, malzeme çeşitliliği ve tasarımcının yaratıcı fikri yeni ve özgün tasarımlar ortaya çıkartmaktadır. Özgün dokuma tasarımları sanatçının deneyimleri, becerileri ve malzemeyi kullanma şekli ile saf desen yarattığı sanat haline gelmiştir. Çalışma kapsamında bir tema belirlenmiştir. Bu temaya bağlı olarak özgün bir tasarım 35\*40 cm ölçülerinde dokunmuştur. Dokunan kumaşlar günümüz modasına uygun kıyafetler üzerine giydirme yapılmıştır. Ayrıca dokunan kumaş şapka olarak hayata geçirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Dokuma tasarımı, Tel takviyeli dokumalar, Özgün dokuma

## SILVER WIRE REINFORCED UNIQUE WOVEN FABRIC DESIGN STUDY

### ABSTRACT

Weaving originally appeared so that people could meet their covering needs. The art of weaving has developed over time and has become to meet many textile products by improving its initial purpose. He has created different and original weavings with the traditional materials used by the artists performing this art. Woven fabrics have become products that show power, authority, social position and success over time. The silks used in palace fabrics during the Ottoman period have become the highest quality fabrics of the period by being woven with gold and silver wires. The value given to the art of weaving was Deciphered from the fact that weaving artists had the largest places among the artisans. The emergence of different designs, the correct use of developing and changing technology, the variety of materials and the creative idea of the designer reveal new and original designs. Original weaving designs have become an art in which the artist creates pure patterns with his experiences, skills and the way he uses the material. A theme has been determined within the scope of the study. Depending on this theme, an original design has been woven in 35\*40 dimensions. Woven fabrics have been made to dress on clothes suitable for today's fashion. It has also been brought to life as a woven fabric hat.

**Keywords:** Weaving design, Wire reinforced weaves, Original weaving

## 1.GİRİŞ

İnsanlık tarihinin şüphesiz en eski sanatlarından biri dokuma sanatıdır. Dokumacılık için ilk malzemeler doğadaki bitkiler olmuştur. Hayvan postu yerine dokumanın ortaya çıkışı sağlıklı düşünme ve sanatsal yaratıcılığın temeli sayılmaktadır (Şahin, 2004). İpliğin belirli uygulamalardan geçirilerek günlük ihtiyacımızı karşılayan ürünler haline getirilmesi işlemine dokumacılık denir. İpliğin yeni bir ürüne dönüştürülmesi tamamen insan akıl ve yeteneğine bağlıdır. Bu akıl ve yetenekle ortaya çıkartılan sanat ise dokuma sanatıdır (Kılınç, 2011). Türk milletinin en eski sanatlarından biri olan dokuma sanatı; halı, kilim, çul, çuval, heybe ve torbalarda tarihin en eski çağlarından günümüze kadar kendine has özellikleri ile gelişerek ilerlemektedir. İplik eğrilmesi ve boyanması ile farklı tekniklerle renkler ve motifler arasında uyum-biçim bütünlüğü olması yüzyılların birikim ve becerilerinin kullanılmasını simgelemektedir (Kundak, 1998). Dokuma ve diğer sanatlarda gördüğümüz geleneksel desenler kültürel kimlik açısından önem göstermektedir Motif ve desenler ortaya çıktığı kültürün ve ortaya çıktığı dönemin estetik değerlerini gösterir (Tuğan, 2010). Geleneksel el dokumacılığı eski çağlardan günümüze kadar çok sayıda medeniyete ev sahipliği yapmıştır. Anadolu'da gelişerek ve farklı tekniklerle çalışılarak özgün dokumalar ortaya çıkartılmıştır (Saatçioğlu, 2012). Bir toplumu özgün yapan özelliklerin en başında el sanatları gelmektedir. Başlangıçta ihtiyacı karşılamak için ortaya çıkan ürünlerin zamanla el sanatı haline gelmesi insanın duyu ve düşünce yolu ile geliştirerek estetik anlayış kazandırmasıdır (Atmaca, 2018). Dokuma tekstil tasarımı içinde yer almış ve ihtiyaç sebebi ile ortaya çıktığı andan bugüne yıllar geçtikçe bu sanatı icra eden sanatçıların geleneksel malzemeleri kullanmaması ve geleneksel motiflerden uzaklaşmasıyla farklı malzeme ve özgün teknikler kullanılmaya başlanmıştır. Özgün tasarımın, estetik tasarımı ön plana çıkartması anlamına gelmesiyle, günümüzde kumaş üretiminde kullanılan malzemeler ve farklı tekniklerle her aşamada farklı estetik görünüm elde edilmektedir (Durmaz, 2019). Yapılan bu çalışma da dokuma kumaşlarda gümüş tel ve hav tekniği kullanımıyla oluşturulan dokuma kumaşların giysi üzerinde gösterimine yer verilmiştir. Yapılan bu çalışmada estetik ve özgün çalışma ile tasarım çıkartılmıştır. Dokuma yapılırken atkı ve çözü ipliği aynı kullanılmıştır. Atkı ipliğinde ekstra gümüş tel yüzeyde tıpkı havlu kumaş tekniğinde olduğu gibi gevşek bırakılıp yüzeyde çıkıntı oluşturarak dokumaya boyut kazandırılmıştır. Elde edilen kumaş ile photoshop programında giydirme yapılarak çalışmaya eklenmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOT

Yapılan çalışmada dokumacılık hakkında kapsamlı bir literatür çalışması yapılmıştır. Araştırmada dokumacılık, tel takviyeli ve özgün dokumaların önemi ve gelişimi hakkında bilgiler verilmiştir. Dokuma ve dokumacılık hakkında yazılan tezler ve makalelerden yararlanılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda dokuma da tel kullanımı ve hav tekniği birleştirilerek özgün bir dokuma tasarımı yapılmıştır. Yapılan bu dokuma hav tekniğinden esinlenilerek tasarlanmıştır. İlk aşamada dokuma örgü raporu oluşturulmuştur. Oluşturulan örgü raporumuz bezayağıdır. Dokuma da %100 akrilik beyaz iplik ve gümüş tel kullanılmıştır. Oluşturduğumuz bezayağı raporuna göre çözü iplikleri belirli gerginlikte dokuma tezgahına tek renk beyaz olarak yerleştirilmiştir. Yerleştirilen çözü iplikleri üzerinde atkı ipliği bir dolu bir boş bezayağı raporu çözü ipliğinde kullanılan aynı iplik atkı ipliğinde de kullanılarak dokuma yapılmıştır. Her altı beyaz akrilik iplik dokunduktan sonra gümüş tel rapora uygun şekilde dokunmuştur. İlk altı beyaz iplikten sonra kullanılan gümüş telden sonra ikinci altı beyaz iplik rapora göre dokunmuş olup gümüş tele geldiği zaman sıradaki gümüş tel bir önceki gümüş telin zıttı olacak şekilde ayarlanarak dokuma devam ettirilmiştir. Gümüş tel çözü ipliği üzerinde bir dolu bir boş hareketini alacak şekilde yerleştirildikten sonra teller şişler yardımı ile yüzeyde hav oluşturacak şekilde gevşek bırakılıp tarak hareketi yapılmış ve yüzeyde hav efekti oluşturulmuştur. Çalışma boyu 35\*40 olana kadar aynı işlem basamakları tekrar edilerek çalışma tamamlanmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda geçmişten günümüze değişerek ilerleyen dokuma sanatına özgün deneysel bir tasarım uygulanması yapılmak hedeflenmiş ve hayata geçirilmiştir.

### 3.DOKUMACILIK SANATI

İki ya da daha fazla iplik gruplarının belirli hareketlerle birbirleri arasından geçirilerek birbirlerine kenetlenme işlemine ve bu kenetlenmenin oluşturduğu ürünlere dokuma denilmektedir. Bu kenetlenmeyi oluşturan dikey ipliklere çözgü iplikleri, çözgülerin arasından geçen bedenlerini yatay ipliklere de atkı iplikleri denilmektedir (Alkan, 2021). İnsanların dış etkenlerden koruyabilmeleri ve yaşadıkları çevreyi güzelleştirebilmeleri gibi önemli ihtiyaçlarını karşılayan dokuma sanatı şüphesiz en eski sanattır. Gıda, su ve hava kadar insanların temel ihtiyaçları da giderek artmıştır. Eski çağlarda insanlar soğuk havalara karşı kendilerini bitkilerden yaptıkları giysilerle korurken zamanla bitkilerin yerini işlenmiş hayvan derileri almıştır. Giyinmenin temeli olan dokuma ve dokumacılığın nerede ve nasıl başladığı hakkında kesin bir bilgiye varılmamıştır. Buluntu ve delillerin az olması nedeniyle dokumacılığın doğduğu merkezler sürekli değişim göstermektedir (Kayışoğlu, 2015). Dokuma sanatı bilinen dünya sanatları arasında en önemli en eski sanat olmakla birlikte dokuma sanatı ihtiyaç ile ortaya çıkıp daha sonraları her kesimin refah ve sanat yeteneklerine bağlı olarak gelişerek ilerlemiştir (Nizipli, 2011). Türkler Anadolu ya gittiklerinde kendilerine özgü bu sanatları da yanlarında götürmüşlerdir. Türkler gittikleri topraklarda farklı kültürlerle etkileşimde bulunarak Türk dokumacılığını daha özgün daha gelişmiş bir sanat haline getirmişlerdir (Saatçioğlu, 2012). Dokuma yıllar geçtikçe dokuma sanatı icra eden sanatçıların geleneksel malzeme kullanmayışı özgün teknikler ortaya çıkartmıştır. Dokuma sanatı icra eden tasarımcıların belirli alt yapı ve tekniğe sahip olmaları, sezgileri ile deneysel çalışmalar üreterek farklı örgü ve dokumalar oluşturmaktadır (Durmaz, 2019). Toplumdaki kültürel farklılıklar ve dokuma tasarımcılarının da kültürel farklılıkları ürünlere yansımış olsa da işlevleri hep aynı olmuştur. Dokuma ürünler zamanla otorite, sosyal konum, başarı, itibar ve süs gösterim aracı haline gelmiştir. Farklı kültürlerden alınan örnekler renk ve tasarıma olan ilgiyi ortaya koymaktadır.



Şekil 1: Cülus, 1520 M., y. 18a. Nakkaş A (Atıl, 1986:91).

Şekil 1 de verilen görselde Kanuni Sultan Süleyman'ın üzerinde ki kaftan 16. yüzyılın ortalarında dokunmuş kemha adı verilen bir kaftandır. Altın ve gümüş tellerle dokunan bu kaftan dönemin en pahalı kumaşları arasında yer almaktadır (Tekin, 2012). Dokunan ürünlerin tarihsel süreçleri incelendiğinde dokumanın özgün olması tasarımcının zanaatkâr olması, kullandığı aletler, tekniklerle bilimselleştiğini göstermektedir (Özkan, 2011). Dokuma sanatı hemen hemen tüm teknik ve motiflerle farklılık göstererek özgün ve farklı tasarımlarla gelişerek devam eden tüm dünyada görülen önemli bir sanat dalı olmuştur (Ünal & Uyanık). Dokumacılığı hammaddesine göre arttırmak, çeşitlendirmek mümkündür. El dokumaları her zaman kaliteleri ile ön plana çıkmıştır. Başlangıçta elde eğrilen iplikler küçük dokuma tezgâhların da dokunurken gelişen tekniklerle daha kapsamlı tezgâhlarda özgün, çok çeşitli ve büyük dokumalar gerçekleştirilmektedir (Kılınç, 2011).

#### 3.1 Tel Takviyeli Dokuma Kumaşlar

Türk dokumacılığı Orta Asya'da ki yaşama kadar uzanmaktadır. Anadolu'da Bizans dönemine kadar uzanan dokumacılık o dönemde doğudan ithal olarak getirilen ipek ile dokunan kumaşlar özellikle sarayın ihtiyacını karşılamaktaydı. Devamında Selçuklu döneminde yabancı hükümdarlara hediye

edilmesi için altın telli ipek kumaşlar dokunmuştur. Osmanlı saray süsleme döşemelerinde altın ve gümüş tellerle dokunan kumaşlar saray hayatında önemli bir yere sahip olmuştur. Kumaşlar sadece ihtiyacı karşılamanın yanı sıra maneviyatta imparatorluğu, gücü ve gösterişi simgeler hale gelmiştir. Selçuklu döneminde kumaş sanatının önemini simgeleyen belgelerinden birisi Anadolu'da bulunan Arap gezgini İbni Battuta Lâdik'te çok güzel bordürleri altın tellerle dokunan kaliteli ve sağlam pamuklu kumaşların olduğunu gezgin notlarına yazmasıdır. Ekonomik imparatorluğuna büyük getiriler sağlayan dokuma kumaşların yut dışından beğenilmesine katkı sağlayan ve değerli yapan unsurlar; pahalı hammaddesi ile ipek, altın, gümüş teller, renkler ve desenleri olmuştur (Tuğan, 2010). Osmanlı devleti dokumacılıkta kendinden önceki devletlerin mirasçısı olmuştur. Osmanlı devleti dokumacılıkta birçok devletten etkilenmiş ama en büyük etkiyi Selçuklu devleti ve beyliklerden almıştır. Osmanlı devleti için dokumacılık sosyal, ticari ve ekonomik açıdan oldukça önem taşımaktaydı. Osmanlı'da dokuma saray sanatı kabul edildiği için devlet kontrolündeydi (Atmaca, 2018). Osmanlı imparatorluğunda dokunan kumaşlarda çözgü ipliğinde Bursa, İran ve Trablus ipekleri atkı ipliği olarak da altın ve gümüş teller kullanılmaktaydı. Atkı ipliğinde kullanılan bu teller Şimşekhaneden temin edilmekteydi (Köşklük, 2009). Osmanlı devleti dokumacılığa önem vermekte, dokuma sanatçılarına teşvik etmekte, esnaf arasında en geniş yerleri dokuma sanatçılarına vermiş ve dokumada kullanılan altın ve gümüş telleri sık aralıklarla kontrol etmekteydi. Dokumada kullanılan altın ve gümüş tel israfın önlemek için kanunlar çıkarmış kadifeci, kemhacı gibi hirefler görevlendirilip hileli, kalitesiz kumaşları kaliteli kuşlardan ayırt etmişlerdir. Osmanlı saray kumaşlarının kalitesini kullanılan desen, ipek ve altın teller belirlemektedir (Nizipli, 2011).

### 3.2 Özgün Dokuma Tasarımı

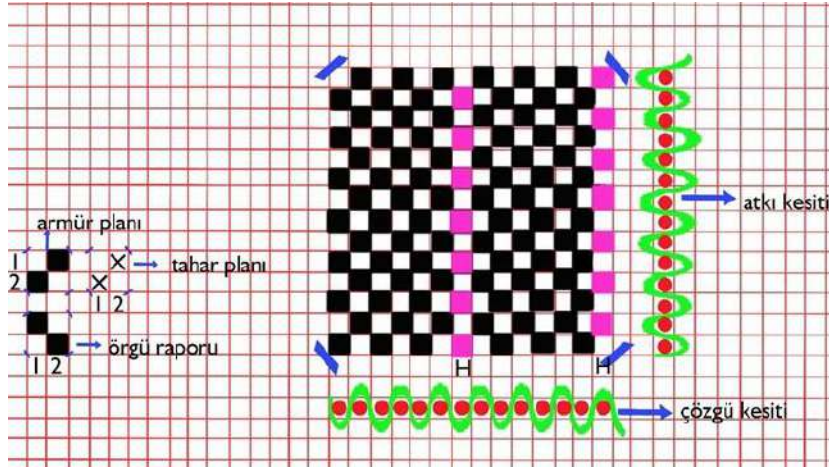
İhtiyaçla ortaya çıkan tekstil tasarımında yer alan dokuma zaman geçtikçe dokuma sanatı ile uğraşan sanatçıların geleneksel malzeme kullanmamaları, farklı malzemelere yönelmeleri özgün tasarımın oluşumunu sağlamıştır (Durmaz, 2019). Özgün dokuma kumaşlar tasarımının temel öğelerini içinde barındıran bir kompozisyon çalışmasıdır. Bu temel öğeler; doku, renk, form ve malzemedir. Temel öğeler içerisinde dokuma ile doğrudan bir arada olan temel öğe dokudur (Özdemir & Kahyeoğlu, 2020). Tarih öncesi çağlarda insanlığın hayatına giren ve vazgeçilmez parça olan dokumacılık gelişen estetik tekniklerle ve en önemlisi özgünlükle ilerlemektedir. Dokuma sanatı denildiğinde akla sadece el sanatları gelmemelidir. Yapılan sanat eserlerinin kime sunulduğu ne tür ihtiyaçları karşıladığı ve topluma kazandırdığı katkıları incelemek önem taşımaktadır (Arabalı Koşar , 2007). Bizans, Selçuklu ve Osmanlı'lar da dokumacılık ileri düzeyde gelişmişti. Bu gelişime paralel olarak kumaş dokumacılığında da değerli eserler ortaya çıkmıştır. Gelişimin ve değişimin çıkış yaptığı bu dönemlerde önemli ölçüde gelişen dokumacılık sanatı ile özgün kumaş tasarımları görülmüştür. Dokunan bu özgün kumaşlar şık ve gösterişli kıyafetler haline gelmiştir (Saatçioğlu, 2012). Dokuma sanatı teknikleri gelişerek farklı kullanım ve ifade şekilleri ile özgün teknikler tekstil alanına yansımıştır. Dokuma sanatçıları teknolojinin gelişimi ve yeni malzeme olanaklarının birleşmesiyle dokumada geleneksel tekniğin dışına çıkılarak estetik biçimde özgün yaratıcılığı deneysel arayışlarla bütünleştirmişlerdir. 20. Yüzyılda tekstil sanatçıları geleneksel kültürel değerlerle yorumladıkları tasarımları evrensel sanat algısıyla özgün tasarlamaya başlamışlardır (Durmaz, 2019). Görsel sanatlar insanlığın gelişimi ile paralel ilerlemektedir. Sanatçıların deneyselliği, temel eğitimi, sanatsal dokumaların ilerlemesinde özgün ve modern ifade edilmesinde etki sağlamıştır. Dokuma yüzeyler geleneksel malzeme ve yöntemler dışına çıkılarak dokuma sanatçısının yaratıcı düşüncesi ve özgünlüğü ile sürekli gelişmekte ve teknolojinin katkılarıyla da sürekli ilerlemektedir (Özkan, 2011). Modern tekstil sanatı özgün dokuma teknikleri ve geleneksel tekniklerle birlikte kullanıldığında da çeşitli materyallerle birleşerek çalışmaya özgünlük katmaktadır. Özgün çalışılan dokumalarda sanatçının deneyim ve becerileri, dokuma tekniğinde malzemeyi kullanımı ile saf desen kalitesini yakaladığı bir sanat haline gelmiştir (Çotaoğlu, 2011).

### 4.TASARIM DENEMELERİ

Dokuma ve dokuma türleri araştırılarak elde edilen bilgiler doğrultusunda özgün bir tasarım fikri oluşturulmuş ve bu fikir hayata geçirilmiştir. Dokuması tamamlanan çalışma Adobe Photoshop programında giydirme yöntemi kullanılarak 1 adet blazer ceket, 1 adet etek, 1 adet trençkot, 1 adet kazak, 1 adet yelek ve 1 adet şapka görsel olarak tasarlanmış ve makaleye konulmuştur. Yapılan

dokuma şapka olarak hayata geçirilmiş ve çalışmaya görseli eklenmiştir. Tasarlanan şapka yumuşak mukavvada ölçülendirilip silikon ile yapıştırılmıştır. Şapka formu verilen mukavva üzerine yapılan dokuma üst kısmı kaplayacak şekilde silikon yardımı ile yapıştırılmıştır. Kalan kısmında dokumada kullanılan tel yine silikon yardımı ile mukavva üzerine yapıştırılmıştır. Şapkanın iç kısmında temiz bir görüntü elde etmek için beyaz saten kumaş mukavva üzerini kaplayacak şekilde yapıştırılarak tasarım elde edilmiş ve görseli eklenmiştir.

#### 4.1 Dokuma Planı



Şekil 1: Dokuma Planı

Yukarı da gördüğümüz Şekil 2 de dokumada kullanılacak bezayağı örgü raporu tahar, armür ve bezayağı örgü raporu şeklinde verilmiştir. 14 çerçeveli örgü raporu çizilip dokuma da 6 tekrardan sonra atkı da kullanılan gümüş tel H (hav) olarak ayrı bir renk ile gösterilmiştir.

#### 4.2 Hikâye ve renk panosu



Şekil 2: Hikâye ve Renk panosu (Zehra Arslan 2023)

Geçmişten günümüze hayatın her alanında önem taşıyan dokuma ve kullanılan malzemeler gün gün değişmektedir. Yapılan bu çalışmada geleneksel malzemelerin kullanımının azalmasıyla ortaya çıkan özgün dokumaların aslında geleneksel malzemeler kullanılarak te özgün dokumalar yapılabileceğini anlatmak için saray kumaşlarında kullanılan altın ve gümüş tellerden esinlenilerek bir özgün kumaş tasarımı yapılmıştır. Hikâye panosunda da gümüş tellere yer verilmiştir. Gümüş tel gösteriş ve şıklığı temsil ederken beyaz renk te asil bir saflığı simgelemektedir. Hikâye panosunda yer verilen moda figürleri ise tasarımın giysiler üzerinde gösterimini ve şapka üzerinde hayat bulacağı anlamına gelmektedir.

#### 4.3 Tasarım giydirme ve şapka uygulaması

Dokuma tasarımı yapılırken iplik seçimi önemli bir faktördür. Kullanılacak ipliklerin mukavemeti likra oranı yapılacak çalışmaya göre seçilmeli. Hayata geçirilen bu tasarım şapkada dokuma işlemi yapılırken iplik tel ile bir araya geldiğinde iplik en az zarar görececek bir yapıda seçilmiştir. Dokuma  $B \frac{1}{1}$  şeklinde yapılmıştır.



Şekil 3: Özgün Tasarım Dokumanın Bitmiş Görsele (Zehra Arslan 2023)

Tel takviyesi atkı ipliği yerine 6 dokuma işlemi sonrasında yapılarak yüzeyde hav görüntüsü verilmiştir. Tel her 6 hareketten sonra bir önceki tel hareketinin tersi olacak şekilde dokunarak işlem kumaş haline gelene kadar tekrarlanarak devam etmiştir.



Şekil 4: Kumaşın Giysi Üzerinde Photoshop Programında Giydirme İşlemi Görüntüleri (Zehra Arslan 2023)

## 5. TASARLANAN ÖZGÜN DOKUMA KUMAŞTAN ŞAPKA YAPIM AŞAMASI



Şekil 5: Kumaşın Şapka Haline Getirilmesi (Zehra Arslan 2023)

Verilen Şekil 6 da 24\*24 cm e bir daire çizilmiştir çizilen dairenin dış kısmından içe doğru 7 cm içeri doğru işaretlenerek yeni bir daire çizilmiş ve bu daire kesilmiştir. Bu dairenin içinden kesilerek çıkartılan parça 56 cm\* 9 cm lik uzun şerite silikon yardımı ile yapıştırılmıştır. Yapıştırılan parça kuruduktan sonra dokuma kumaşın altına astar olacak şekilde silikon yardımı ile yapıştırılmıştır. Yapıştırılan astar kumaşın üzerine yapılan tasarım dokuma kumaş yine silikon yardımı ile astar kumaşa tutturulmuştur. Alt çember yapıştırılan dokuma kumaşa yapıştırılarak kalan boşluklardan iğne yardımı ile siyah silindir parça beyaz iplik ile tamamı kaplanmıştır. Siyah parça üzerini kaplayan bu beyaz ipliklerin altından ve üzerinden yeniden teller geçirilerek şapkaya bütünlük kazandırılmıştır.



Şekil 6: Şapkanın Bitmiş Görselleri (Zehra Arslan 2023)

## 6.SONUÇ VE ÖNERİLER

Dokumanın çıkış ve gelişme süreci incelendiğinde, geçmişten günümüze sürekli olarak gelişen dokuma ve dokumacılık sanatı günümüze kadar gelip ilerleme katetmiştir. Bu ilerleme ile hem ev tekstili hem halı hem de giysilik dokuma kumaşlar gelişmiş insanlar ihtiyaç ile ortaya çıkan dokumacılığı artık daha özgün hale getirip başkalarında olmayı aramaya başlamışlardır. Dokumanın ortaya çıkışından günümüze kadar hayatın her alanında önemli olan dokuma sanatı geleneksel malzeme ve geleneksel teknikleri ardında bırakarak özgün ve estetik bir sanat algısı yaratılmıştır. Dokunan bu özgün kumaşlar şık ve gösterişli kıyafetler haline getirilmiştir. Osmanlı döneminde saray kumaşlarında kullanılan altın ve gümüş teller ekonomik açıdan imparatorluğa yol açmıştır. Osmanlı devletinin dokumacılığa destek vermesi dokuma sanatını önemli bir yere taşımıştır. Yapılan bu çalışma süresince daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde altın ve gümüş tellerle yapılan dokumaların özgün bir tasarım oluşturarak detaylı bir şekilde inceleme yapılmadığına rastlanılmıştır. Osmanlı devletini ekonomik açıdan imparatorluğa çıkartan bu sanatsal dokumaların unutulmaya yüz tutmuş olması günümüz şartlarına özgün tasarımlarla taşınması araştırmanın çıkış noktası olmuştur. Bu çalışma ile dokumacılık tarihimiz hakkında kapsamlı bilgiler sunulmuştur. Sarayın ihtiyacını karşılayan kumaşlara özgü bir özellik olan altın ve gümüş teller dokumaya hem kalite hem de



özgünlük katmaktadır. Dokuma kumaşları değerli kılan bu altın ve gümüş teller dokuma sanatçıların özgün ve estetik tasarımları ile günümüze kadar gelmiştir. İncelenen kumaşlar ve geleneksel malzemelerle yapılan bu çalışmada özgün dokumanın yapılışı gösterilmektedir. Dokunan bu özgün kumaş günümüz modasına uyarlanarak hayata geçirilmiştir. Bu bağlamda yapılan çalışmanın geleneksel malzemeleri günümüz şartlarına uygun olarak sanatsal ve estetik tasarımlarla özgün bir dokuma tasarımına dönüştürülüp tasarlanan bu kumaşın günümüz modasına yaratıcı bir bakış açısı kazandıracağı konusunda bir sonraki nesillere örnek olacağı söylenebilir.

## KAYNAKÇA

*Alkan, M., (2021), Sinop-Boyabat Çevresindeki Çerçeveli Tezgahta Uygulanan Dokumalar, Master's thesis, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.*

*Arabalı Koşar , S. T., (2007), 10.-17. Yüzyıllar Arasında Fransada Tapestry Sanatı ve Gelişim Süreci, Master's thesis.*

*Atmaca, S. (2018). Sivasta Dokumacılık, Master's thesis, Sosyal Bilimler Enstitüsü.*

*Çotaoğlu, C., (2011). Türkiye'de Çağdaş Tekstil Sanatına Kadın Sanatçıların Katkıları, Master's thesis, Güzel Sanatlar Enstitüsü.*

*Durmaz, A., (2019). Dokuma Kumaşlarda Bakır Tel ve Farklı Malzeme Kullanımıyla Oluşturulan Heykelsi Formlarda Tekstil Sanatı Uygulamaları ,Master's thesis, Güzel Sanatlar Enstitüsü.*

*Kayısoğlu, A., (2015). Kayseri Yöresi İpek Halılarının Özellikleri ve Günümüzdeki Durumu, Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Geleneksel Türk El Sanatları Ana Sanat Dalı.*

*Yağci Kiliç, E., (2011). XVIII. yüzyılda (1735-1800) Uşakta Dokumacılık ,Master's thesis, Sosyal Bilimler Enstitüsü.*

*Köşklük, N., (2009). Tarihsel Süreçte Dokumacılık-Mekan İlişkisinin Koruma Amaçlı Değerlendirilmesi: Tire-Kula-Buldan Örneği, Master's thesis.*

*Kundak, F. Y., (1998). İçel Dokumacılığı, Master's thesis.*

*Nızıpli, E., (2011), Eski Türk Kumaş Desenleri ve Son Elli Yılın Uygulamaları, Master's thesis, Sosyal Bilimler Enstitüsü.*

*Kahyeoğlu, G. Ö. T., (2020), Özgün Dokuma Yüzey Tasarımlarının Giysi Üzerine Uygulamaları, İdil Sanat ve Dil Dergisi, 72 , 1259-1269*

*Özkan, Ş.,(2011), Sanatsal Dokumalarda Geleneksel Dokuma Tekniklerinin Kullanımı , Master's thesis.*

*Saatçioğlu, K., (2012), Geleneksel Türk El Dokumalarından Rize Bezinin (Feretiko) Süsleme Teknikleri ile Giysiye Uyarlanması , Master's thesis.*

*Şahin, Z., (2004), Sarız (Kayseri) Yöresi Düz Dokumaları, Kayseri: Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 1(17), 195-212.*

*Tekin, B. B., (2012), Arifi Süleymanâmesi'ndeki Kaftan Tasvirleri: Kanuni Dönemi Dokumaları Hakkında Bir Değerlendirme. Zeitschrift für die Welt der Türken/Journal of World of Turks, 167-191.*

*Tuğan, E. D., (2010), 16.-18. Yüzyıllar Arası Halılarda Görülen Saray Kumaş Desenleri , Master's thesis, Marmara Üniversitesi.*

*Ünal. S., Uyanık Çirkin. N., (2019), GÖller Bölgesi İlkel Dokuma Aletlerinin Seramik Sanatı Açısından İrdelenmesi, Selçuk Zirvesi 1. Uluslararası Sosyal Bilimler Kongresi , 1-19, 7 - 08 Aralık 2019 ,Konya, Turkey.*

# PAMUK VE MODAL İPLİKLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDE LİF TİPİNİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Edanur TURGUT<sup>1</sup>, Furkan KAYABAŞ<sup>1</sup>, Alican AVCI<sup>1</sup>, Cem GÜNEŞOĞLU<sup>2</sup>  
edanur.turgut@outlook.com

<sup>1</sup>Burteks Tekstil San. Ve Tic. A.Ş. Gaziantep, Türkiye

<sup>2</sup>Gaziantep Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Gaziantep, Türkiye

## ÖZET

Giysilik kumaşlarda selülozik liflerin kullanımı giyim konforu bakımından önemli avantaj sunmaktadır. Pamuk, söz konusu lifler arasında en önemli paya sahipken rejenere selüloz lifleri de gerek hidrofil karakterleri gerekse üretim sürecinde pamuk lifine göre düşük su ve kimyasal tüketimi sunması nedeniyle öne çıkmaktadır. Modal, rejenere selüloz lif grubu içinde yüksek nem tutma kabiliyeti ve yüksek ıslak mukavemeti özellikleri sunduğu için tercih edilmektedir ancak söz konusu liflerden kısa lif iplikçilik yöntemlerinde işlenmesi sonrasında ipliklerin düzgünsüzlük, neps, mukavemet gibi mekanik özellikler açısından karşılaştırmalarının yapılması ve sonraki kumaş üretim proseslerine uygunluğu açısından değerlendirilmeleri gerekir. Bu çalışma, benzer uzunluğa sahip liflerden ring iplikçilik sistemiyle aynı numarada üretilmiş %100 modal, %100 pamuk ve 50:50 modal /pamuk karışım iplik örneklerinin mukavemet ve Uster test parametreleri ölçüm sonuçlarını karşılaştırmakta ve özellikle örme kumaş üretimi için uygunluklarını değerlendirmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Modal, pamuk, ring iplik

## THE INVESTIGATION ON THE EFFECT OF FIBER TYPE ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF COTTON AND MODAL YARNS

### ABSTRACT

The use of cellulosic fibers in clothing fabrics gives significant advantage in terms of clothing comfort. While cotton has the most important share among these fibers, regenerated cellulose fibers also preferred thanks to their hydrophilic character and lower water and chemical consumption compared to cotton fiber in the production process. Modal is preferred among the regenerated cellulose fiber group because it offers high moisture retention ability and high wet strength properties, however the yarns produced from these fibers by short fiber spinning methods should be compared in terms of mechanical properties such as unevenness, neps and strength and evaluation in terms of their suitability for following fabric production processes should be done. This study compares the strength and Uster test parameters measurement results of 100% modal, 100% cotton and 50:50 modal/cotton blend yarn samples produced in the same fineness by the ring spinning system from fibers with similar length and evaluates their suitability especially for knitted fabric production

**Keywords:** Modal, cotton, ring spun yarn

### 1.GİRİŞ

Son yıllarda, tekstil endüstrisi sürdürülebilirlik ve çevresel etki konularında büyük bir değişim geçirmektedir. Bu değişim sürecinde, hem doğal hem de yenilikçi liflerin kullanımı önemli bir rol oynamaktadır (Ha-Brookshire & Norum 2011). Pamuk ve selülozik lifler arasında yer alan modal lifi, bu bağlamda öne çıkan lifler arasında yer almaktadır. Pamuk ve modal, tekstil endüstrisinde geniş çapta kullanılan ve farklı avantajlar sunan iki önemli lif türüdür (Özbağcı, 2008). Pamuk iplikler

selüloz bazlı ipliklerin 95%'den fazlasını oluşturduğu bilinmektedir (Yavuz 2016). Pamuk lifi, özellikle ABD'de gibi büyük üretici ülkelerde yetiştirilmekte olup, bu ülkeler dünya pamuk üretiminin büyük bir kısmını karşılamaktadır. Türkiye'de bu ülkeler arasında yer almaktadır (Sabır & Güzel 2010).

Pamuk lif, uzun yıllardır tekstil sektörünün temel lif çeşitlerinden biri olarak bilinmektedir. Pamuk lif doğal hammadde oluşunun yanı sıra, rahatlığı, yüksek konfor özellikleri ve sağlamış olduğu avantajlar ile tanınmaktadır (Basra & Malik, 1984). Pamuk, hem günlük giysilerde hem de ev tekstili ürünlerinde tercih edilmektedir ve dünya genelinde tekstil üretiminin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Ancak, pamuk üretimi esnasında su ve enerji tüketimi açısından çevresel etkiler yaratmaktadır (Yeşil, Dal, Öztürk & Kitiş 2023).

Modal ise sürdürülebilirlik ve performans özellikleri açısından öne çıkmaktadır. Selüloz bazlı rejenere bir lif olan modal, yüksek yumuşaklığı ve dayanıklılığı ile tanınır ve çevre dostu üretim yöntemleriyle dikkat çeker (Güler, 2008). Modal kumaşlar, iç giyimde, spor giysilerinde ve lüks tekstil ürünlerinde geniş bir kullanım alanına sahiptir. Pamukla karşılaştırıldığında, modal üretim süreci daha az su ve enerji tüketimi gerektirir, bu da çevresel etkileri azaltma potansiyelini artırır (Kiliç, 2010). Ayrıca pamuk benzeri doğal elyaflar mikrobiyal saldırılara maruz kalıp sentetik elyaflara göre saldırıya daha duyarlı oldukları bilinmektedir (Orhan, Kut, & Gunesoglu 2009). Modal lifi, yüksek ıslak mukavemetleri ve nem tutma kapasitesi ile karakterize edilir (Kirca, 2012). Bu özellikleri, modal kumaşları hem estetik hem de çevresel açıdan sürdürülebilir bir tercih haline getirir (Özbağcı, 2008).

Bu çalışmada, pamuk ve modal liflerinin bazı mekanik özelliklerinin karşılaştırılması sağlanacaktır. Çalışma kapsamında Ne 30/1 numarada üretilmiş benzer lif uzunluklarına sahip %100 modal, %100 pamuk ve 50:50 modal /pamuk karışım iplik örneklerinin mukavemet ve Uster test parametreleri ölçüm sonuçları karşılaştırılmaktadır ve özellikle örme kumaş üretimi için uygunluklarını değerlendirmektedir.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

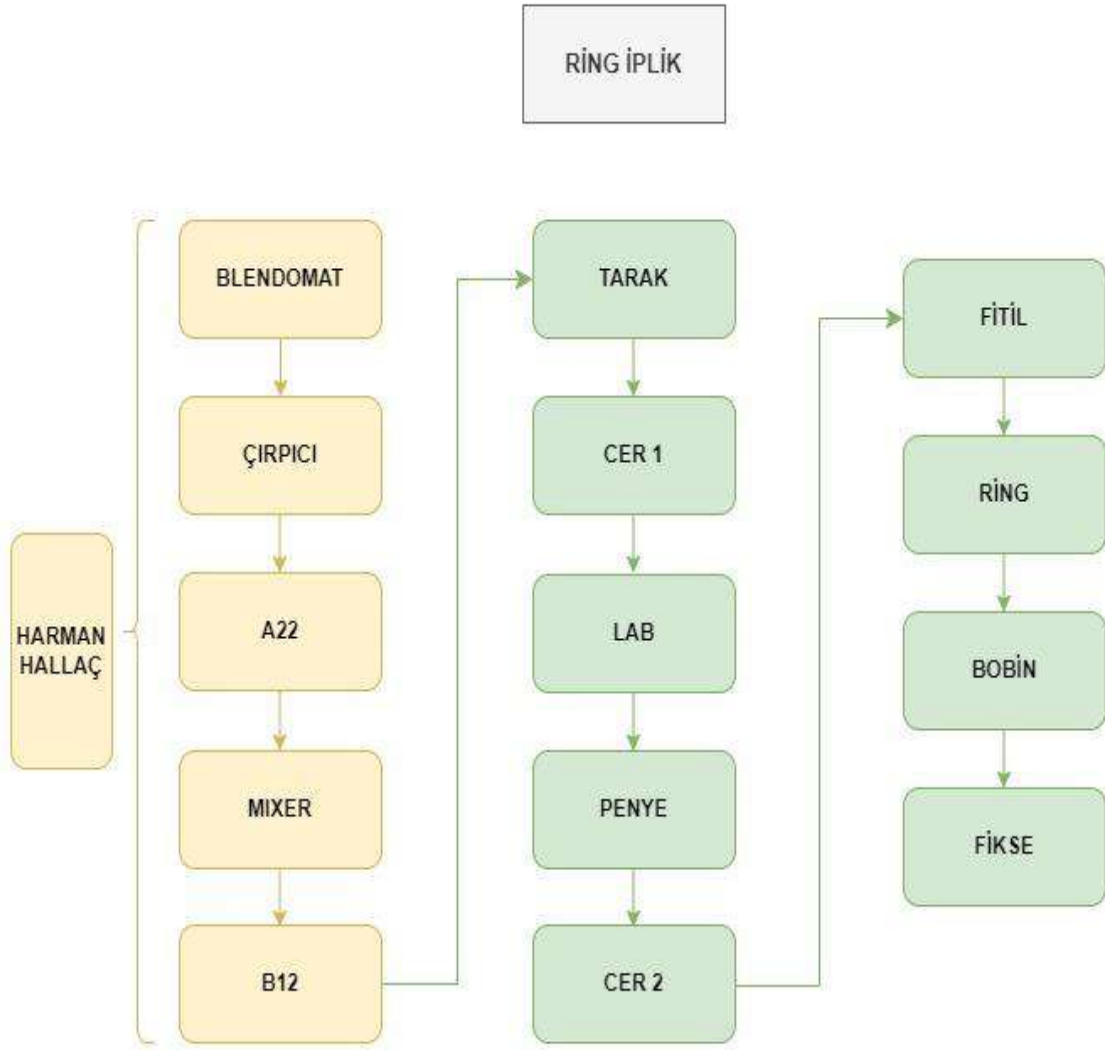
Bu çalışma için üç farklı iplik türü üretilmiştir. Bu iplikler Ne 30/1 numara olarak üretimi gerçekleştirilmiştir. İplikler içerik olarak %100 modal, %100 pamuk ve 50:50 modal /pamuk karışımlarına sahiptir. Üretim gerçekleştirilirken ring iplikçilik sistemi kullanılmıştır. İplik numuneleri aynı ortam koşullarında aynı makinelerde üretilmiş olup üretim parametreleri sabit tutulmuştur. Elde edilen bu 3 numunenin mekanik özellikleri incelenerek değerlendirme yapılmıştır.

Aşağıda yer alan Çizelge 1.'de numune sayısı, iplik numarası ve numune içerikleri gösterilmektedir.

**Çizelge 1** Numune detay ve içerikleri

<i>Numune Sayısı</i>	<i>İplik Numarası</i>	<i>Numune İçerik</i>
1. Numune		%100 pamuk
2. Numune	Ne 30/1	%100 modal
3. Numune		%50 modal -%50 pamuk

Aşağıda yer alan görselde test numunelerinin üretimi yapılırken uygulanan iş akış şeması yer almaktadır. Numuneler ring iplikçilik metoduna göre aşağıdaki prosesdeki şekilde üretimi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1 Ring iplik üretim prosesi

## 2.2. Metot

30/1 Ne numaralı olarak üretilmiş olan numunelerin mukavemet (kopma mukavemeti, kopma uzaması) ve Uster testleri (ince yer, kalın yer, neps, düzgünlük) testleri yapılmıştır.

Testler yapılırken mukavemet testi için USTER TENSORAPID 5 test cihazı kullanılmıştır. Düzgünlük testleri için ise USTER TESTER 6 test cihazı kullanılarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Testler her numune için  $65\pm 4\%$  bağıl nemde,  $21^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta kondisyonlanmış laboratuvarlarda gerçekleştirilmiştir.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Numunelere uygulanmış olan düzgünlük ve mukavemet testlerinin sonuçları aşağıda sırasıyla verilmektedir.

**Çizelge 2** Düzgünsüzlük test sonuçları

	%Um	%CVm	İnce (-50%)	Kalın (50%)	Neps (200%)	Tüylülük (H)
<b>1.Numune</b>	9.36	11.81	0	23	10	5.54
<b>2.Numune</b>	8.21	10.38	0	0	13	5.31
<b>3.Numune</b>	8.62	10.94	0	10	10	5.31

Çizelge 2’de “ %Um, %CVm, ince yer, kalın yer, neps ve tüylülük” değerleri belirtilmektedir. Çizelgeye göre iplik düzgünsüzlüğü test sonuçlarında (%Um ve %CVm) 1.numunede düzgünsüzlüğün diğerlerine göre daha yüksek olduğu gözlemlenmektedir. Aralarında küçük farklılıklarda olsa %100 pamuk elyafından üretilmiş olan ipliğin %100 modal ve %50 modal-%50 pamuk ipliklere göre daha düzgünsüz olduğu elde edilmiştir. Elyaf çeşitliliğinin ince yere bir etkisi olmadığı gözlemlenirken kalın yer sayısının numune 1 (%100 pamuk) ve numune 3 (%50 modal -%50 pamuk) ipliklerinde numune 2’ye (%100 modal) göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Numunelerin neps değerlerinin ise birbirlerine yakın çıktıkları gözlemlenmektedir. Neps sonuçlarında olduğu gibi tüylülük değerlerinin de birbirine yakın olduğu elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre ring iplik örneklerinde modal lifi kullanımının düzgünsüzlük değerlerinde iyileşmeye neden olduğu söylenebilmektedir.

**Çizelge 3** Mukavemet test sonuçları

	Mukavemet (cN)	Kopma Uzaması (%)	Sağlamlık (Rkm)
<b>1.Numune</b>	345.83	5.42	17.92
<b>2.Numune</b>	414.88	9.34	21.49
<b>3.Numune</b>	412.09	5.80	21.35

Çizelge 3.’de “ mukavemet (cN), kopma uzaması (&), sağlamlık (Rkm) ” değerleri belirtilmektedir. Test sonuçlarına göre en yüksek mukavemet, kopma uzaması ve sağlamlığın 2.numunede (%100 modal) olduğu gözlemlenmiştir. Modal lifleri, yüksek kuru ve yaş mukavemeti ile nitelenmektedir; lif mukavemeti etkisini iplik yapısında da göstermiştir. Modal iplik örneğinin daha yüksek kopma uzaması da sergilemesi ipliğin kopuncaya kadar daha yüksek enerji harcadığının, tokluk değerinin daha yüksek olduğunun bir göstergesidir ki bu sonuç kendisini daha yüksek Rkm değeri olarak göstermektedir. 50:50 modal: pamuk karışım iplik örneği de %100 pamuk örnekten daha yüksek mukavemet değerleri vermiştir.

#### **4.SONUÇ**

Yapılan bu çalışmada, örme giysilik kumaşlarda kullanılacağı düşünülen %100 pamuk, %100 modal ve 50:50 modal: pamuk Ne 30 iplik örneklerinin mekanik özellikleri karşılaştırılmıştır. Bulgular ele alındığı zaman %100 pamuk lifinden üretilmiş olan ipliğin düzgünsüzlük, tüylülük ve neps oranının diğer 2 numuneye kıyasla daha kötü sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. İplik içeriğinde pamuk oranı azaldıkça düzgünsüzlük sonuçlarında iyileşme olduğu görülmektedir. Mukavemet test sonuçlarında da modal lif içeren örnekler daha yüksek performans değerleri sunmuştur. Düşük düzgünsüzlük değerlerine sahip ipliklerin kumaşlarda da daha düşük tüylenme / boncuklanma eğilimi, daha iyi aşınma dayanımı; daha yüksek mekanik özellik (mukavemet, tokluk ve sağlamlık) sergileyen ipliklerin kumaşların kullanım esnasında da daha yüksek mekanik performans destek sunacağı göz önüne alındığında modal lif kullanımının örme kumaşlarda pamuk lifine göre daha uygun bir seçenek olduğu söylenebilmektedir. Çalışmanın bir sonraki aşamasında bu iplik örneklerinden üretilmiş örme kumaş yapılarının termal konfor parametreleri ölçülecek ve örme kumaş üretimine uygunluklarına yönelik değerlendirme tamamlanacaktır.

#### **TEŞEKKÜRLER**

Bu çalışma Burtteks Tekstil AR-GE departmanı tarafından yapılmıştır.

## 5.KAYNAKLAR

Basra, A. S. , & Malik, C. P. (1984). *Development of the cotton fiber. In International review of cytology (Vol. 89, pp. 65-113). Academic Press.* Cotton fiber chemistry and technology. CRC Press.

Güler, N. (2008). *Rejenere selüloz liflerinin yüzey özelliklerinin incelenmesi (Master's thesis, Bursa Uludağ University (Turkey))*.

Ha-Brookshire, J. , & Norum, P. (2011). *Cotton and sustainability: Impacting student learning through Sustainable Cotton Summit. International Journal of Sustainability in Higher Education, 12(4), 369-380.*

Kirca, G. Ş. (2012). *Pamuk, rejenere selüloz ve karışımlarından oluşan ORME mamullerin enzimatik modifikasyonu ve optimizasyonu (Master's thesis, Dokuz Eylül Üniversitesi (Turkey))*.

Kiliç, M. (2010). *Karışım ipliklerinde düzensizlik ve tüylülük analizleri (Doctoral dissertation, Dokuz Eylül Üniversitesi (Turkey))*.

Orhan, M., Kut, D., & Gunesoglu, C. (2009). *Improving the antibacterial activity of cotton fabrics finished with triclosan by the use of 1, 2, 3, 4-butanetetracarboxylic acid and citric acid. Journal of Applied Polymer Science, 111(3), 1344-1352.*

Özbağcı, Ö. (2008). *Pamuk Ve Bazı Rejenere Selüloz Esaslı Süprem Orgü Kumaşların Fiziksel ve Boyutsal Özellikleri (Master's thesis, Dokuz Eylül Üniversitesi (Turkey))*.

Sabır, E. C. , & Güzel, G. (2010). *Türkiye'de pamuğun standardizasyonu: genel bakış ve son durum. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 25(1), 1-16.*

Yavuz, S. (2016). *% 100 pamuklu ipliklerin denim sektörü için köpük aplikasyon yöntemi ile renklendirilmesi (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü)*.

Yeşil, E. Ş. , Dal, A. , Öztürk, E. , & Kitiş, M. (2023). *Pamuklu Tekstil Üretiminde Su Ayak İzinin Değerlendirilmesi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 11(3), 1167-1173.*

# KOMPAKT VE KONVANSİYONEL RİNG İPLİK ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNDE ÜRETİLEN POLİAMİD VE VİSKON KARIŞIMLI İPLİKLERİN TÜYLÜLÜK DEĞERLERİNİN İNCELENMESİ

**Kübra BAYKAN ÖZDEN, Ersen ÇATAK, Cansu GENÇ, Çağla Deniz ŞENTÜRK, Esra  
GÜNEŞ, Beyzagül KİRAZ, Özcan UYGUN**

*Sanko Tekstil Ar-Ge Merkezi, Gaziantep, Türkiye*  
kubra.baykan@sanko.com.tr

## ÖZET

Bu çalışmada, %30 poliamid ve %70 viskon karışımından oluşan ipliklerin tüylülük özellikleri incelenmiştir. Bu iplikler, kompakt ve konvansiyonel ring üretim yöntemleri kullanılarak üretilmiştir. İplikler, farklı büküm katsayılarında ( $\alpha$ : 3.3 ve 3.5) ve Ne 30/1 numarasında üretilmiştir. Çalışmada, kompakt ve konvansiyonel ring üretim teknolojilerinin yanı sıra, büküm katsayısındaki değişikliklerin de ipliklerin tüylülük değerleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** tüylülük, poliamid, büküm katsayısı, kompakt, konvansiyonel

## INVESTIGATION OF THE HAIRINESS VALUES OF POLYAMIDE AND VISCOSE BLENDED YARNS PRODUCED IN COMPACT AND CONVENTIONAL RING YARN PRODUCTION TECHNOLOGIES

### ABSTRACT

In this study, the hairiness properties of yarns composed of 30% polyamide and 70% viscose blend were examined. These yarns were produced using compact and conventional ring spinning methods. The yarns were produced at different twist coefficients ( $\alpha$ : 3.3 and 3.5) and at a count of Ne 30/1. The study investigated the effects of compact and conventional ring spinning technologies, as well as the variations in twist coefficients, on the hairiness values of the yarns.

**Keywords:** hairiness, polyamide, twist coefficient, compact, conventional

## 1.GİRİŞ

İplik tüylülük değeri (H), ipliğin 1 cm uzunluğundaki ölçüm alanı içinde, iplik kesitinden dışarı doğru uzanan kılcal liflerin toplam uzunluğunu ifade eder. İplik tüylülüğüne etki eden faktörler arasında lif özellikleri, iplik özellikleri, eğirme prosesindeki parametreler ve eğirme prosesinden sonra gelen işlemler bulunmaktadır.

Konvansiyonel ring iplik ve kompakt ring iplik eğirme yöntemlerinin benzer ve farklı yönleri bulunmaktadır. Temel eğirme prensibi her iki eğirme yönteminde de benzer olup liflerin bükülerek iplik haline getirilmesine dayanır. Hem konvansiyonel ring hem de kompakt ring iplik eğirme yönteminde pamuk, polyester, viskon vb. çeşitli lifler kullanılmaktadır. Her iki yöntemde de benzer makine yapıları kullanılmakta olup kompakt ring iplik eğirme makineleri bazı ek modifikasyonlara sahiptir.

Konvansiyonel ring iplik ve kompakt ring iplik eğirme yöntemlerinin farklılıklarından birisi iplik tüylülük değeridir. Kompakt ring iplik eğirme yöntemi konvansiyonel ring iplik eğirme yöntemine göre daha düşük tüylülük sağlamakta olup, ipliğin yüzeyinin daha düzgün ve pürüzsüz olmasını sağlamaktadır. Bir diğer farklılıklarından birisi ise kompakt ring iplik eğirme yöntemi ile üretilen iplikler konvansiyonel ring iplik eğirme yöntemine göre daha yüksek mukavemet ve uzama değerlerine sahiptir.

“Tekstil sektörü, artan ihtiyaçları ve talepleri karşılayabilmek için, üretim yaparken farklı, ekonomik ve kaliteli ürünler sunmayı amaç haline getirmiş bir sektördür. Bunun için de üretici firmalar ya yeni yöntemler ortaya çıkartmaktadır ya da mevcut yöntemleri modifiye ederek alternatif yöntemler geliştirmeye çalışmaktadır. El eğirmeciliğinden bugünkü modern eğirme teknolojisine kadar, iplik eğirme teknolojisinde en iyi büküm veren mekanizmayı geliştirmek ve iplik kalitesi ve üretim hızını en iyi duruma getirmek için çok büyük bir çaba sarf edilmiştir. 190 yılı aşkın bir süre önce, ring iplik eğirme makinesinin ortaya çıkması ile iplik eğirme teknolojisinde büyük bir gelişme söz konusu olmuştur.

İplik üretimi için geçmişten günümüze geliştirilen birçok eğirme yönteminin tekstil ürünleri üzerindeki yansımalarına bağlı olarak çeşitli kullanım alanlarında yer aldığı söylenebilir. Ring iplik eğirme sistemi, hammadde kullanımındaki ve üretim yapılan iplik numara aralığındaki geniş skalası ve özellikle iplik mukavemeti başta olmak üzere optimum iplik özellikleri ve yapısı sayesinde hala dünyanın genelinde en yaygın kullanılan iplik eğirme sistemidir. Buna rağmen, büküm ve sarım işlemlerinin aynı eleman tarafından yapılması ve artan iş devri ile birlikte oluşan kopça-bilezik sürtünmesi ve dolayısıyla iş devrinin ancak belli bir noktaya kadar artırılabilmesi ring iplik eğirme sistemindeki üretim hızının yeni teknolojilere göre oldukça düşük kalmasına neden olmuştur.” (Buharalı, 2019)

“İki veya daha fazla elyafın karışım yapılarak iplik elde edilmesi ve bu ipliklerden kumaş üretilmesi yaygın olarak uygulanmaktadır. Burada amaç genellikle iki elyafın üstün yönlerinin bir araya getirilerek kalite, fiyat ve performans özelliklerinin optimize edilmesi olarak genelleştirilebilir. İplik kalite parametrelerinin uygun bir şekilde belirlenmesi, üreticiler ve son kullanıcılar için önemli olmaktadır. İpliklerin fiziksel ve mekanik özellikleri, bu ipliklerden üretilecek olan kumaş özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir.” (Demiryürek ve Kılıç, 2016)

“Konvansiyonel ring iplikçiliğinde, paralel durumdaki elyafın büküm yardımıyla ve belirli bir gerginlik altında toplanması ve sarılması, iplik oluşumunun temel prensibini oluşturmaktadır. İpliklerin yapısı yakından incelendiğinde tüm liflerin iplik yapısına katılmadığı, bazı liflerin sadece bir uçları ile iplik gövdesine bağlı olduğu açıkça görülmektedir. İplik tüylülüğü olarak adlandırılan bu durum, iplik yapısını ve iplik kopuşlarını olumsuz etkilediği gibi eğirme ve eğirme sonrası proseslerde de çeşitli problemlere neden olmaktadır. Buradan hareket edilerek yapılan araştırmalarda, bu yapıya çekim sistemindeki ön silindirlerin kıştırma noktasında oluşan eğirme üçgeninin neden olduğu belirlenmiştir. Bu problemlerin giderilmesine yönelik çalışmaların sonucu olarak da kompakt iplik eğirme sistemi geliştirilmiştir.

Kompakt iplik eğirme sistemi ana çekim bölgesinden hemen sonra yoğunlaştırma bölgesi kullanılarak liflerin birbirine daha yakın bir şekilde konumlanmasını sağlamakta ve böylece eğirme üçgeni neredeyse tamamen ortadan kalkmaktadır. Bu sistem sayesinde daha yüksek mukavemete ve daha düşük tüylülüğe sahip ipliklerin üretilmesi hedeflenmektedir. Böylece iplik tüylülüğünden kaynaklanan sorunlar ortadan kaldırılmakta ve daha kaliteli iplikler üretilmektedir. Kompakt iplik üretimi günümüzde farklı yöntemler ile yapılmaktadır. Bunlar içinde en fazla tercih edilen yöntem, hava emiş basıncı kullanarak yapılan yoğunlaştırmadır.” (Kenru ve Duru Baykal, 2014)



“Ring ipliğinin yapısı incelendiğinde tüylülük görülebilir ve yüksek seviyededir. Bu nedenle, iplik tüylülüğü diğer hatalar kadar önemlidir. Lif uzunluğu, lif inceliği ve lif mukavemeti iplik tüylülüğünü etkileyen önemli lif özellikleridir. Harman-hallaç makinalarında yüksek hızda açma ve temizleme işlemi, tarak makinalarında uygun olmayan ayarlar ve cer makinalarında çekim silindirleri arası dar çekim alanı lif kırılmalarına neden olur. Bu nedenle kısa liflerin artmasıyla iplik yüzeyinden dışarı doğru çıkan liflerin sayısı artar. Klima şartları, eğirme elemanları (kopça, bilezik, iplik kılavuzu vs.) ve proses özellikleri (yüksek çekim, kalın fitil numarası, az hüküm vs.) iplik tüylülüğünü olumsuz etkiler. İğ hızındaki artışın iplik tüylülüğü üzerindeki olumsuz etkisi yalnızca sürtünme ve hava direncinin artmasından dolayıdır. Aşırı tüylü iplikler dokuma, örme, bitim işlemleri ve son kullanım alanlarında problemlere yol açabilirler. Bu yüzden iplikleri üretirken birtakım önlemler alarak tüylenmeyi azaltmak gerekir.” (Olcay, 1996)

Bu çalışmada poliamid-viskon karışımı kompakt ve konvansiyonel ring üretim şekilleriyle üretilmiş ipliklerin tüylülük özellikleri incelenmiştir. Farklı büküm katsayılarında ( $\alpha$ : 3.3, 3.5) ve Ne 30/1 olacak şekilde %30/%70 poliamid/viskon karışımı iplikler üretilmiştir. Kompakt ve konvansiyonel ring üretim teknolojilerinin ve büküm katsayısı değişkenliğinin ipliklerin tüylülük değerleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

## 2.MATERYAL VE METOT

İplik tüylülüğü, iplik yapısından dışarı çıkan lifler olarak tanımlanmaktadır. Tüylülük için kullanılan parametrelerden birisi olan ve Uster Tüylülük indeksi olarak bilinen, “H” ile ifade edilen iplik tüylülüğü ise 1 cm uzunluktaki iplikte tespit edilen iplik tüylerinin toplam uzunluğudur.

Bu çalışmada %30 poliamid/%70 viskon karışımı ile Ne 30/1 iplikler üretilmiştir. Saurer ZinserImpact 72XL marka ring iplik eğirme makinelerinde kompakt ve konvansiyonel ipliklerin üretimi gerçekleştirilmiştir. Savio ECO Pulsar makinesinde bobin haline getirilmiştir. Üretilen iplikler USTER Tester 6 cihazı ile test edilip tüylülük (H) değerleri belirlenmiştir.

Çalışmada kullanılan poliamid ve viskon elyaflarının incelik ve uzunluk özellikleri Çizelge 1’de belirtilmiştir.

**Çizelge 1.** Çalışmada kullanılan elyafların özellikleri

Elyaf	İncelik (dtex)	Uzunluk (mm)
Poliamid	1.7	38
Viskon	1.3	38

İplikler detaylarıyla birlikte aşağıdaki Çizelge 2’de verilmiş olup kompakt ve konvansiyonel ring üretim şekilleri ve farklı büküm katsayıları ile denenerek kıyaslanmıştır.

**Çizelge 2.** Çalışmada kullanılan ipliklerin özellikleri

İplik Numarası (Ne)	Üretim şekli	Karışım Oranı	Büküm Katsayısı ( $\alpha$ )
30/1	Kompakt	%30Poliamid /%70Viskon	3,3
30/1	Konvansiyonel	%30Poliamid /%70Viskon	3,3

30/1	Kompakt	%30Poliamid /%70Viskon	3,5
30/1	Konvansiyonel	%30Poliamid /%70Viskon	3,5

### 3.TARTIŞMA

Çizelge 3'te gösterilen büküm katsayısı ( $\alpha$ ) 3,3 olan kompakt ve konvansiyonel ring üretim şekilleriyle üretilen Ne 30/1 ipliklerin tüylülük değeri incelendiğinde kompakt üretim şekline sahip ipliklerin tüylülük (H) değerlerinin daha iyi geldiği görülmüştür.

**Çizelge 3.** Çalışmada kullanılan büküm katsayısı ( $\alpha$ ) 3,3 olan ipliklerin tüylülük değerleri

İplik Numarası (Ne)	Üretim şekli	Tüylülük (H)
30/1	Kompakt	5,07
30/1	Konvansiyonel	7,73

Çizelge 4'te gösterilen büküm katsayısı ( $\alpha$ ) 3,5 olan kompakt ve konvansiyonel ring üretim şekilleriyle üretilen Ne 30/1 ipliklerin tüylülük değeri incelendiğinde kompakt üretim şekline sahip ipliklerin tüylülük (H) değerlerinin daha iyi geldiği görülmüştür.

**Çizelge 4.** Çalışmada kullanılan büküm katsayısı ( $\alpha$ ) 3,5 olan ipliklerin tüylülük değerleri

İplik Numarası (Ne)	Üretim şekli	Tüylülük (H)
30/1	Kompakt	4,57
30/1	Konvansiyonel	6,83

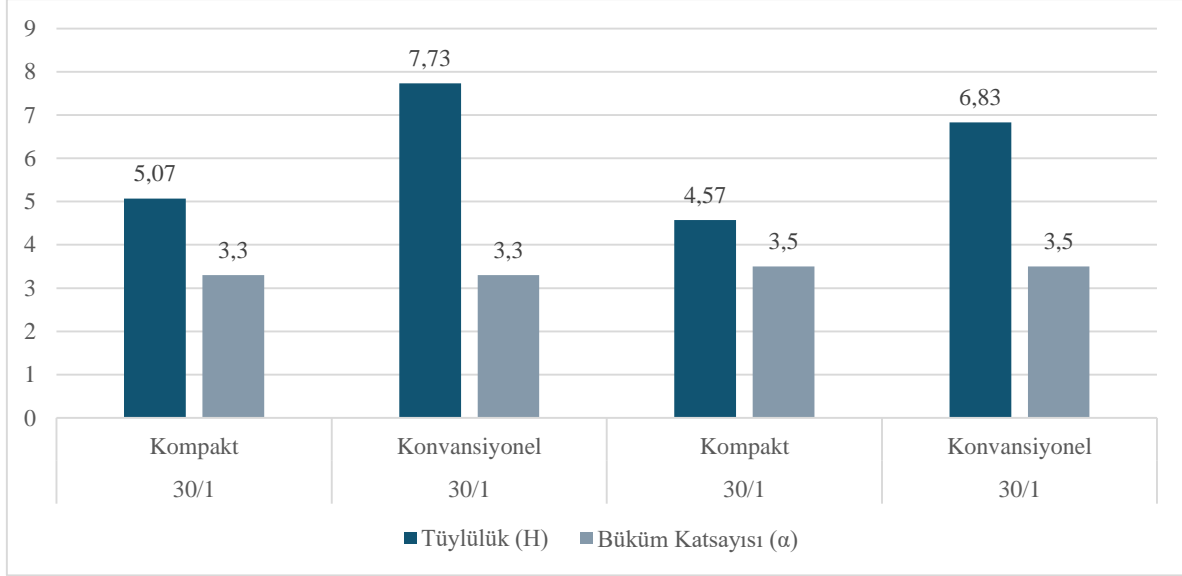
### 4.SONUÇLAR

Kompakt iplik eğirme sisteminde eğirme üçgeninin ortadan kalkmasıyla, ipliğin dış yapısındaki liflerin tamamen iplik yapısına katıldığı ve böylece daha az tüylü iplik oluşumunun gerçekleştiği bilinmektedir.

Bu çalışmada verilen sonuçlar incelendiğinde büküm katsayısı değerinin arttıkça tüylülük değerini iyileştirildiği görülmüştür. Büküm katsayısı arttıkça iplik tüylülük değerinin iyileşmesinin nedenlerinden biri iplik içerisindeki liflerin daha sıkı birbirine tutunması bu sayede liflerin iplik yüzeyinden dışarı çıkmasının zorlaşması olarak ifade edilebilir.

Şekil 1'de belirtilen grafikte büküm katsayısı ( $\alpha$ ) 3,3 olan kompakt ve konvansiyonel ring ipliklerin tüylülük değerleri ile büküm katsayısı ( $\alpha$ ) 3,5 olan kompakt ve konvansiyonel ring iplikleri karşılaştırıldığında kompakt üretim şekliyle üretilen ipliklerde tüylülük değerinin konvansiyonel üretim şekline göre daha iyi geldiği görülmüştür. Bu iyileşme, eğirme üçgeninin kenarında yer alan liflerin iplik yapısına dahil olması ile daha az tüylü iplik oluşumunun gerçekleşmesi şeklinde açıklanabilir.

Şekil 2. Büküm katsayısı ( $\alpha$ ) 3,5 ipliklerin tüylülük değerleri



Kompakt ipliklerle üretilen süprem kumaşların konvansiyonel ipliklerle üretilen süprem kumaşlara göre tüylülük farkından dolayı kumaş görüntüsü daha düzgün gelmiştir.

Bu çalışma Sanko Tekstil Ar-Ge merkezi 23-BSP-002 (Geri Dönüştürülmüş İpliklerden Optimum Kalitede Recycle Ürün Geliştirme Çalışmaları) projesinin bir çıktısı olarak oluşturulmuştur.

## 5.KAYNAKLAR

Buharalı, G., (2019), *Konvansiyonel Ring ve Yeni Bir Modifiye Ring İplik Eğirme Sistemi Kullanılarak Üretilen İplik Ve Kumaşların Bazı Özelliklerinin Karşılaştırılması*, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 3, 24, 163-181.

Demiryürek, Kılıç, O. A., (2016), *Pamuk/Viskon Karışımı Ring İpliklerin Düzgünsüzlük, Tüylülük ve Sürtünme Özelliklerinin İncelenmesi*, *Tekstil ve Mühendis*, 23: 102, 93-99

Kenru, Duru Baykal, Ö. P., (2014), *Ring İplikleri ile RoCos® Kompakt İpliklerinin Tüylülük Özelliği Bakımından Karşılaştırılması*, *Tekstil ve Mühendis*, 93, 21, 1-9.

Olca A., (1996) *Ring Eğirmeciliğinde İplik Tüylülüğü*, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Marmara üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı*

# TÜKETİM ÖNCESİ VE SONRASI İPLİKLER VE REPREVE İPLİĞİ İLE DENİM TASARIMI

İsmet Ege KALKAN<sup>1\*</sup>, Elçin EMEKDAR-KARAMAN<sup>2</sup>, Zuhar KARACAYIR<sup>3</sup>, Gökhan ÜNSAL<sup>4</sup>, Umut Kıvanç ŞAHİN<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Tekstil Teknolojileri ve Tasarımı Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye  
, E-mail: kalkani15@itu.edu.tr

<sup>2</sup> Tekstil Teknolojileri ve Tasarımı Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, E-mail:  
emekdar@itu.edu.tr

<sup>3</sup> DNM Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş, İstanbul, Turkey, , E-mail: zkaracayir@dnmdenim.com

<sup>4</sup> DNM Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş, İstanbul, Turkey, E-mail: gunsal@dnmdenim.com

<sup>5</sup> Tekstil Teknolojileri ve Tasarımı Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye  
E-mail: sahinumut3@itu.edu.tr

## ÖZET

Kullanılmış tekstil ürünleri ve atıklarından elde edilen renkli iplikler ile yine hem tüketim öncesi hem tüketim sonrası geri dönüştürülmüş olan farklı türden iplikler birleştirilerek tamamen geri dönüştürülmüş iplik kullanılarak denim kumaşı tasarlanmıştır. Bu proje, sürdürülebilir üretimden geri dönüşümün önemini ve kullanılabilirliğini göstermek için yapılan bir çalışmadır. Kumaş tasarımında kullanılan iplikler kullanılmış tekstil ürünleri ve atıklarından elde edilmiş ve diğer geri dönüştürülmüş iplik üretimlerinden farklı kimyasal işlem uygulanmamıştır. Ağartma işlemi yapılmadan tekstil ürünün kendi renginde iplik elde edilerek çözüde kullanacağımız ipliği doğal olarak renkli elde edilmiştir ve denim üretiminde yer alan indigo boyama prosesine ihtiyaç duyulmamıştır. Bu şekilde kimyasal, su ve enerji kullanımından tasarruf sağlanarak kaynak ve zaman kazancı elde edilmiştir. Geri dönüştürülmüş pamuk olarak elde ettiğimiz çözgü ipliklerimizi yine plastik şişelerin geri dönüşümünden elde edilen repreve elyafı ile beraber kullanarak mukavemet değerlerinde iyileştirme yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** İplik, Sürdürülebilirlik, Denim, Geri-Dönüşüm, Tasarım

## DENİM DESIGN WITH PRE- AND POST-CONSUMPTION YARNS AND REPREVE YARN

### ABSTRACT

Denim fabric was designed using completely recycled yarn by combining colored yarns obtained from used textile products and wastes with different types of yarns that were recycled both before and after consumption. This project is a study conducted to show the importance and usability of recycling from sustainable production. The yarns used in the fabric design were obtained from used textile products and wastes and no chemical process was applied, unlike other recycled yarn productions. Without bleaching, the yarn in the color of the textile product was obtained and the yarn we will use in the warp was naturally colored and the indigo dyeing process in denim production was not needed. In this way, savings were made in chemical, water and energy usage and resource and time were gained. By using our warp yarns obtained as recycled cotton together with repreve fiber obtained from the recycling of plastic bottles, improvement was made in their strength values.

**Keywords:** Yarn, Sustainability, Denim, Recycling, Design

## 1.GİRİŞ

Günümüzde plastik üretimi ve kullanımındaki hızlı büyümeyle birlikte sınırlı kaynaklar ve plastik atıklarla ilgili endişeler arttı ve geri dönüşümü politik gündemde tuttu. Sonuç, yeni bir işletmenin ortaya çıkmasıydı: plastik geri dönüşüm endüstrisi. Bu sektörün oluşumuna katkıda bulunan birincil faktörler, plastik üretiminin çevre üzerindeki etkileri, plastik atıkların işlenmesi ve neredeyse tüm sentetik polimerlerin biyolojik olarak parçalanmamasıydı. Kullanılmış plastikler birçok ülkede çöplüklerde son buluyor ve genel olarak bilindiği gibi, çöplük alanı sıkıntısı var (Akı, 2021). Bu sorunları ele almak ve malzeme kullanımı için sürdürülebilir kalkınma hedefine ulaşmak için iki strateji olarak demateryalizasyon ve transmateryalizasyon önerildi (Clark, 2008).

Tekstil ve giyim ürünlerinde kullanılan geri dönüştürülmüş malzemeler, tekstil ve giyim tedarik zinciri ve tüketici sonrası toplama yöntemleri boyunca elde edilebilir. Geri dönüştürülmüş ham maddelerin kullanımı, küresel endüstrilerin dairesel ekonomiye (doğrusal ekonomiye karşı) doğru daha büyük hareketleriyle ve kapalı devre üretim döngüsü elde etmek için çalışmayla uyumludur (Leonas, 2017).

Son beş yılda, geri dönüştürülmüş polimerik malzemeler denim işinde giderek daha yaygın hale geldi. Kullanılan birincil bileşenler, biyo-bazlı bir polimer olan geri dönüştürülmüş modifiye selüloz ve sentetik polimerlere örnek olan geri dönüştürülmüş PET ve elastandır. Denim kumaşlar hala emekleme aşamasında olan PLA ve stretch plastikler gibi çok sayıda yeni biyo-bazlı plastik kullanıyor (Akı, 2021).

Repreve® adı verilen geri dönüştürülmüş polyester iplik, okyanustan toplanan kullanılmış plastik şişelerden üretilir. Temizlenip eritildikten sonra şişeler, iplik yapmak için işlenen bir reçine haline gelir. Repreve® ipliği kullanılarak oluşturulan ürün bir çöplüğe atıldıktan sonra geri dönüşüm devam edebilir. Ancak sonunda, örme ayakkabı ürünlerinde geri dönüştürülmüş ve sentetik insan yapımı elyafların kullanımı, çöpe atılmadan önce plastiğin ömrünü uzatmaya yarar (Newman, 2020).

Geri dönüştürülmüş iplikler tüketim sonrası da kullanıldığı için kendi renginde kullanılmış olup kumaş dokunurken ekstra bir boyama işlemine ihtiyaç kalmamıştır. Bu şekilde enerji, su ve zaman kazanılmıştır. Ayrıca Repreve® ipliği ile beraber geri dönüştürülmüş ipliklerin mukavemeti güçlendirilmiştir.

## 2.Materyal ve Metod

### 2.1.Materyal

Kumaş DİYENEM tarafından sağlanmıştır, 3/1 RHT(dim) dokuma olup %80 Geri dönüştürülmüş pamuk %1 elastan %19 geri dönüştürülmüş polyester içeriğine sahiptir. 35 dakika taş yıkama uygulanmıştır.

### 2.2 Metod

Kumaşa boyutsal değişim ISO-6330 standartıyla, yırtılma mukavemeti ASTM D1424 standartıyla ve kopma mukavemeti ASTM D5034 standartıyla yapılmıştır.

## 3.ARAŞTIRMA BULGULARI

Çizelge 1 de test sonuçları yazılmıştır.

**Çizelge 1.** Test Sonuçları

Numune	Boyutsal Değişim (%)		Yırtılma (gm)		Kopma (kg)	
	Çözümlü	Atkı	Çözümlü	Atkı	Çözümlü	Atkı
	-1	-6	4164	3641	72	48

Boyutsal Değişim testine göre kumaş çözgü yönünde %-1 atkı yönünde %-6 sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuçlarla birlikte stabil bir kumaş olduğu anlaşılmaktadır.

Kumaş dayanıklılık testlerinden başarılı bir şekilde geçmiş hem dayanıklı hem de elastik olduğunu göstermiştir.

#### 4. SONUÇLAR

Tasarım projesinin parametreleri dahilinde, taze pamuk veya kimyasal boyalar kullanılmamış, kumaş yapım süreci boyunca su veya kimyasallar kullanılmamıştır. Doğal renkli iplikler kullanıldığından, denim üretirken sıklıkla kullanılan indigo boyama prosedürüne gerek yoktur. Bu, kimyasal kullanımını azaltarak ve daha az su ve enerji tüketerek daha sürdürülebilir bir tasarım yaklaşımına yol açacaktır. Bitmiş tasarım %100 geri dönüştürülmüş boya ve kimyasal tüketimi kullanılarak üretildiğinden dolayı tipik denim yıkama prosedürüne gerek kalmayacağı için önemli bir fayda sağlanacaktır. Bu noktada, giyim üretim sürecinde su, kimyasal ve enerji tasarrufu sağlar ve doğrudan uygulanabilir. Test sonuçları kumaşın stabilitesini ve dayanıklılığını kanıtlamıştır. İlerleyen çalışmalarda benzer ürünlerle karşılaştırma testleri yapılacak ve yapılmış olan testlere ek olarak konfor testleri yapılacaktır.

#### 5.KAYNAKLAR

*Aki, S. U., Candan, C., Nergis, B., & Önder, N. S. (2021). An Evaluation of Recycled Polymeric Materials Usage in Denim with Lifecycle Assessment Methodology. In Waste Material Recycling in the Circular Economy- Challenges and Developments. IntechOpen.*

*Clark J H, Deswarte F E I. The biorefinery concept - an integrated approach. In: Clark JH, Destwarte FEI. Editors. Introduction to chemicals from biomass. Renewable Resources. John Wiley & Sons; 2008. p. 1-20*

*Leonas, K. K. (2017). The use of recycled fibers in fashion and home products. Textiles and clothing sustainability: Recycled and Upcycled textiles and fashion, 55-77.*

*Newman, Z. (2020). A Comparison of Natural and Synthetic Yarns in Common Knit Footwear Structures. North Carolina State University.*

# POLYESTER KUMAŞLARDA DOĞAL KAYA TUZU KULLANIMININ YÜZEY ÖZ DİRENCİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

**Yasemin DÜLEK<sup>1</sup>, İpek YILDIRAN<sup>1</sup>, Buğçe SEVİNÇ<sup>1</sup>, Esra MERT<sup>1</sup>, Burcu  
YILMAZ<sup>2</sup>, Dilek KUT<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>S.Y.K. Tekstil San. ve Tic. A.Ş., Ar-Ge Merkezi, Bursa, Türkiye

<sup>2</sup>Marmara Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

<sup>3</sup>Bursa Uludağ Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye  
yasemindulek@sykteks.com

## ÖZET

Sentetik liflerin giysilik kumaşlarda kullanımının artmasıyla birlikte statik elektriklenme sonucu oluşan giysilerin birbirine yapışması, sık tozlanma, çabuk kirlenme ve deşarj şokları gibi durumlar kişinin konforunu olumsuz etkilemektedir. Bu olumsuzlukların üstesinden gelebilmek için polyester gibi sentetik kumaşlara antistatik apre işlemi uygulanmaktadır. Bu işlem için farklı yapıda antistatik apre kimyasalları kullanılmaktadır. Bu çalışmada, sürdürülebilir antistatik apre prosesinin geliştirilmesi amacıyla doğal kaya tuzunun %100 polyester dokuma kumaşların yüzey öz direnci başta olmak üzere performans özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışmada %100 polyester dokuma kumaşa iki farklı antistatik özellik sağlayan malzeme iki farklı konsantrasyonda uygulanmıştır. Kumaşların yüzey öz direnci, ısı iletkenlik, negatif iyon salınım, renk farkı, renk haslığı değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, kaya tuzunun antistatik apre kimyasalına alternatif olarak doğal sürdürülebilir bir malzeme olarak önerilebileceği tespit edilmiştir. Uygulanan antistatik apre işlemleri sonrası kumaş fiziksel performans özelliklerinde, renk ölçümlerinde ve renk haslığı değerlerinde önemli bir değişim gerçekleşmemiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Polyester, Doğal kaya tuzu, Yüzey öz direnci, Isıl iletkenlik

## INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE USE OF NATURAL ROCK SALT IN POLYESTER FABRICS ON SURFACE RESISTANCE

### ABSTRACT

With the increasing use of synthetic fibers in clothing fabrics, situations such as clothes sticking together as a result of static electricity, frequent dusting, rapid contamination and discharge shocks negatively affect the comfort of the person. In order to overcome these drawbacks, antistatic finishing process is applied to synthetic fabrics such as polyester. Antistatic finishing chemicals of different structures are used for this process. In this study, the effect of natural rock salt on various performance properties of 100% polyester woven fabrics was examined in order to develop a sustainable antistatic finishing process. In the study, two different materials providing antistatic properties were applied to fabric woven samples in two different concentrations. The surface resistivity, thermal conductivity, negative ion emission, color difference, color fastness values of the fabrics were compared. As a result of the study, it was determined that rock salt can be recommended as a natural sustainable material as an alternative to antistatic finishing chemicals. After the applied antistatic finishing processes, there was no significant change in the fabric physical performance properties, color measurements and color fastness values.

**Keywords:** Polyester, natural rock salt, surface resistivity, thermal conductivity

## 1. GİRİŞ

Tüm malzemeler atomun enerjisini dengelemek için pozitif ve negatif yüklü atomlardan oluşur. İki farklı malzeme birbirine sürtüldüğünde, malzeme yüzeyini yüklü hale getiren bir elektron değişimi meydana gelir ve eğer malzemeler iletkense yükler akar ve kendilerini nötr hale getirir. Ancak tekstil malzemeleri, tekstil yüzeyinden statik yüklerin akmasına izin vermeyen yalıtkan malzemelerdir. Herhangi bir yüzeyde bulunan bu statik yükler, elektrikli ve elektronik cihazlara zarar verebilir, kimyasal ortamda patlayabilir ve hatta kullanıcının elektrik çarpmasına neden olabilir. Aynı zamanda giysilerin birbirine yapışmasına, toz çekmesine ve deşarj şoklarına neden olabilir. Bu nedenle iletken ve antistatik tekstil malzemelerinin geliştirilmesi ve uygulanması, statik elektrik oluşumunu veya hızlı dağılımını önlemek için çok önemlidir (Asfand ve Daukantiene, 2023).

Birçok araştırmacı, farklı iletken madde uygulamaları ile antistatik veya iletken tekstil yüzeyleri geliştirmeye çalışmıştır. Literatürde yer alan çalışmalar, elektrostatik özellik gösteren liflere uygulanan antistatik bitim işlemi çalışmaları, farklı kumaş türlerinin elektrostatik özelliklerinin karşılaştırıldığı çalışmalar (Reischl ve Mijovic 2021; Cilveli ve ark. 2020), antistatik özellikte nanolif çalışmaları, antistatik özellikte bikomponent iplik çalışmaları (Hu ve ark. 2018), antistatik özellikte ipliklerle elde edilen kumaş çalışmaları (Asfand ve Daukantiene 2023; Özkan ve Baykan 2016; Varnaite ve ark. 2008), tekstil kumaşlarına yüzey modifikasyonu ve antistatik malzeme kaplama çalışmaları (Wang 2015; Sayed ve Sharma 2015; Kwon ve ark. 2015) olarak sınıflandırılabilir.

Chenurova ve ark. 2020'nin çalışmasında, pamuk-polyester karışımı kumaşa, anti-elektrostatik aktif bileşim (%4'lik bir bağlayıcı madde ile %5'lik dialkildimetilamonyum klorür çözeltisi) uygulanmış ve bir tekstil malzemesinin yüzeyindeki anti-statik işlemin korunmasına uygun, stabil film oluşturucu bir bileşen olduğu tespit edilmiştir. Reischl ve Mijovic 2021'nin çalışmasında, doğal ve sentetik içerikli kumaşlar, aynı sürtünme testi protokolüne tabi tutulmuştur. Yün ve pamuğun en düşük elektrostatik yük oluşturduğunu, polyesterin en yüksek elektrostatik yük oluşturduğunu, sentetik kumaşların doğal liflerden yapılmış kumaşlarla kombinasyonu, sentetik liflerle sürtünmenin yarattığı elektrostatik potansiyeli önemli ölçüde azaltmadığını göstermiştir. Cilveli ve ark. 2020'nin çalışmasında, kumaşlarda sürtünme etkisiyle elektrostatik yük oluşturan bir test mekanizması üretilmiştir ve en yüksek elektrik geriliminin sırasıyla polyester, asetat, yün ve ipek lifinden üretilen kumaşlarda meydana geldiği belirlenmiştir. Hu ve ark. 2018'nin çalışmasında, karbon siyahı/dağıtıcı madde/PBT ve polietilen tereftalat karışımı kullanılarak farklı lif enine kesitine sahip (çekirdek/kılıf ve dilimli pasta kesit olmak üzere) iki bileşenli antistatik lifler kullanılarak dokuma kumaşlar üretilmiş ve antistatik, termal özellik, yıkama dayanımı, kopma mukavemeti ve uzamaları açısından incelenmiştir. Üretilen liflerin arzu edilen iletkenliği sağladığı ve bu kumaşların tekstil endüstrisindeki antistatik uygulamalar için kullanılabilirliği bildirilmiştir.

Yapılan çalışmalara bakıldığında, günlük giyime uygun tekstil kumaşlarının elektriksel özelliklerini geliştirmek üzerine sürdürülebilir malzemelerin araştırılması ve uygulanması ile ilgili araştırma eksikliğinin olduğu tespit edilmiştir. Kaya tuzu, bu alanda kullanılabilen malzemeler arasında görülmektedir. Kaya tuzu, ülkemizde geniş bir alana yayılmış kaynaklardan temin edilebilen mineral ve element deposu kristallerdir. Oral yolla kullanımının bağımsızlık sistemi, insülin direnci, tansiyon, şeker hastalığı üzerine olumlu etkileri bilinirken (Bengü ve ark. 2020) negatif iyon salınımı ve yüksek elektrik iletkenlik özellikleri nedeniyle giysilerde antistatik kimyasal alternatifi olarak kullanım fikri ortaya çıkmıştır. Bu nedenle bu çalışmada, sürdürülebilir malzeme örneği olan kaya tuzunun antistatik bitim işlemi uygulanan %100 polyester giysilik kumaşlarda alternatif aplikasyon kimyasalı olarak kullanım olanağı incelenmiştir. Aplikasyonlar sonrası kumaş performansları klasik antistatik bitim işlemi kimyasalı ile karşılaştırılmıştır.



## 2.MATERYALVEMETOT

### 2.1. Materyal

Çalışma kapsamında, %100 polyester giysilik dokuma kumaş kullanılmıştır. Kumaş yapısal bilgileri Çizelge 2.1'e verilmiştir.

Çizelge 2.1. Kumaş Özellikleri

Dokuma Kumaş Bilgileri	
Çözgü İpliği	65d/50f Polyester İTY 1200 T/m S
Atkı İpliği	50d/96f Polyester Mikro Tekstüre 2000 T/m (S-Z)
Çözgü Sıklığı (çözgü/cm)	60
Atkı Sıklığı (atkı/cm)	45
Örgü Raporu	Saten 4/1
Gramaj (g/m <sup>2</sup> )	105
Mamul Kumaş Eni (cm)	142

Ticari antistatik apre kimyasalı olarak kuaterner amonyum bileşiği içeren katyonik yapıda bir kimyasal (AA) kullanılmıştır. Doğal kaya tuzu (KT) ise Çankırı'dan temin edilmiştir.

### 2.2. Yöntem

Kumaş örnekleri, boyamadan önce işletme ortamında üzerindeki yabancı maddeleri uzaklaştırmak için ön terbiye işlemlerine tabi tutulmuştur. Ön terbiye işlemlerinden sonra dispers boyarmadde kombinasyonu ile hazırlanan %0,59 toplam boyarmadde konsantrasyonu ile boyama işlemi yapılmıştır. Boyama prosesi, işletme ortamında HT Jet Boyama makinesinde 1/10 flotte oranında klasik boyama prosesine göre (dispers boyama + redüktif yıkama) uygulanmıştır. Antistatik apre uygulamaları her kimyasal tipi ve konsantrasyonu için ayrı ayrı olacak şekilde yine işletme ortamında emdirme yöntemine göre uygulanmıştır. Emdirme işlemi, pH 5.5 olacak şekilde 10 ve 30 g/L kimyasal (ticari antistatik apre kimyasalı veya kaya tuzu) içeren banyo ile %70 Af değerinde uygulanmış; 140 °C'de kurutma işlemi yapılmıştır.

Kumaşların renk ölçümleri Datacolor SF600 Plus-CT spektrofotometre ile ölçülmüştür. Ölçümler CIELab renk uzayına göre D65 gün ışığı altında 6,6 mm açıklıkta 10° standart bir gözlemci kullanılarak yapılmıştır.

Yıkamaya karşı renk haslığı testleri James Heal marka Gyrowash cihazında TS EN ISO 105-C06 A1S standardına göre, suya karşı renk haslığı testleri TS EN ISO 105-E01 standardına göre, asit ve alkali tere karşı renk haslığı testleri Wira cihazında TS EN ISO 105 E04 standardına göre, kuru ve ıslak sürtmeye karşı renk haslığı testleri James Heal marka Crockmaster cihazında TS EN ISO 105 X12 standardına göre yapılmıştır (www.intweb.tse.org.tr, 2023). Sonuçlar gri skala ile değerlendirilmiştir.

Kumaşların giysilik olarak kullanım performanslarını karşılaştırmak üzere elektrik iletkenliği / yüzey özdirenci ölçümleri ASTM D 257 standardına göre test fikstürü ile, ısı iletkenlik ölçümleri Alambeta cihazında ISO 11092 standardından türetilen cihaz standardı ile yapılmış ayrıca kapalı sistem negatif iyon ölçümleri alınmıştır. Ölçümler 5 kez tekrar edilerek ortalamaları kayıt edilmiştir.

## 3.BULGULAR VE TARTIŞMA

Çizelge 3.1'de verilen renk ölçüm sonuçlarına göre, ticari antistatik apre kimyasalı ve kaya tuzu aplikasyonları kumaş örneklerinde kabul edilebilir renk farkına neden olmaktadır. Bununla birlikte K/S değerlerine bakıldığında ticari antistatik kimyasalın renk verimini bir miktar artırdığı, kaya tuzunun ise düşürdüğü görülmüştür.

**Çizelge 3.1** Renk Ölçüm Sonuçları

Kumaş örneği	L*	a*	b*	C	h°	$\Delta E_{CMC2:1}$	K/S
Ön İşlem + Boyama	37,24	43,66	-7,59	44,31	350,13	Standart	0,0531
Ön İşlem + Boyama +10 g/L AA	37,74	43,42	-7,48	44,06	350,22	0,29	0,0553
Ön İşlem + Boyama +30 g/L AA	37,14	43,41	-7,22	44,01	350,56	0,23	0,0543
Ön İşlem + Boyama +10 g/L KT	37,87	43,35	-7,65	44,02	349,99	0,36	0,0523
Ön İşlem + Boyama +30 g/L KT	37,59	43,48	-7,62	44,14	350,06	0,20	0,0509

Çizelge 3.2 ve 3.3’de verilen yıkama, su, ter ve sürtme renk haslığı sonuçları değerlendirildiğinde ise tüm renk haslık sonuçlarının 4/5 seviyesinde olduğu görülmektedir.

**Çizelge 3.2.** Yıkama ve Suyu Karşı Renk Haslığı Ölçüm Sonuçları

Kumaş Kodu	Yıkama Renk Haslığı (TS EN ISO 105 C06)						Su Renk Haslığı (TS EN ISO 105 E01)					
	Asetat	Pamuk	Polyamid	Polyester	Akrilik	Yün	Asetat	Pamuk	Polyamid	Polyester	Akrilik	Yün
Ön İşlem + Boyama	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
Ön İşlem + Boyama +10 g/L AA	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
Ön İşlem + Boyama +30 g/L AA	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
Ön İşlem + Boyama +10 g/L KT	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
Ön İşlem + Boyama +30 g/L KT	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5

**Çizelge 3.3.** Tere ve Sürtmeye Karşı Renk Haslığı Ölçüm Sonuçları

Kumaş Kodu	Ter Renk Haslığı (Asit) (TS EN ISO 105 E04)						Ter Renk Haslığı (Alkali) (TS EN ISO 105 E04)						Sürtme Renk Haslığı (TS EN ISO 105 X12)			
	Asetat	Pamuk	Polyamid	Polyester	Akrilik	Yün	Asetat	Pamuk	Polyamid	Polyester	Akrilik	Yün	Islak-Atkı	Islak-Çözgü	Kuru-Atkı	Kuru-Çözgü
Ön İşlem + Boyama	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
Ön İşlem + Boyama +10 g/L AA	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
Ön İşlem + Boyama +30 g/L AA	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
Ön İşlem + Boyama +10 g/L KT	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
Ön İşlem + Boyama +30 g/L KT	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5

Çizelge 3.4’teki elektrik iletkenliği ölçümleri, antistatik kimyasal uygulamalarının kumaşların yüzey özdirenç değerlerini beklendiği şekilde azalttığını göstermiştir. Aynı konsantrasyonda kullanılan kaya tuzu, ticari antistatik apre kimyasalı ile benzer performans sergilemiştir. Negatif iyon salınımı açık bir şekilde kaya tuzu uygulaması yapılan kumaş lehinedir. Çizelge 3.5’te verilen ısı iletkenlik ölçümleri, antistatik bitim işlemlerinin kumaşların ısı akış yoğunluğu değerlerini azalttığını (daha düşük ısı absorblama performansı), kimyasal konsantrasyonu arttıkça ısı absorpsiyon değerinin azaldığını (daha sıcak temas hissi) verdiğini göstermiştir. Genel olarak antistatik bitim işlemleri kumaşların ısı iletkenlik değerlerinde de gerilemeye neden olmaktadır.

**Çizelge 3.4.** Yüze Öz direnci ve Negatif İyon Salınım Testi Ölçüm Sonuçları

Kumaş Adı	Yüze öz direnci (ohm/sq)	Negatif İyon Salınımı (iyon sayısı / cc)
Ön İşlem + Boyama	9,49E+10	0
Ön İşlem + Boyama +10 g/L AA	6,32E+10	0
Ön İşlem + Boyama +30 g/L AA	6,48E+10	5
Ön İşlem + Boyama +10 g/L KT	6,23E+10	59
Ön İşlem + Boyama +30 g/L KT	6,58E+10	98

**Çizelge 3.5.** Isıl İletkenlik Ölçüm Sonuçları

Kumaş Adı	Isıl iletkenlik - (W/mK) x 10 <sup>-3</sup>	Isıl difüzyon - (m <sup>2</sup> /s) x 10 <sup>-6</sup>	Isıl absorpsiyon - (W.s <sup>1/2</sup> /m <sup>2</sup> K)	Isıl direnç - (m <sup>2</sup> K/W) x 10 <sup>-3</sup>	Isı akış yoğunluğu - W/m <sup>2</sup>
Ön İşlem + Boyama	20,63	0,010	209,70	12,57	407,97
Ön İşlem + Boyama +10 g/L AA	19,53	0,009	218,07	12,93	400,70
Ön İşlem + Boyama +30 g/L AA	20,67	0,010	207,47	12,63	405,23
Ön İşlem + Boyama +10 g/L KT	19,77	0,009	211,93	12,60	404,87
Ön İşlem + Boyama +30 g/L KT	19,87	0,012	179,93	12,67	402,27

#### 4.SONUÇLAR

Çalışma sonucunda, kumaş tipine bağlı olarak polyester kumaşlara antistatik özellik kazandırmak için piyasada yaygın kullanılan antistatik kimyasalı yerine doğal bir malzeme olan ve yerli olarak ülkemizde bulunan Çankırı kaya tuzunun alternatif olarak kullanılabilceği gösterilmiştir. Kumaş performans test sonuçlarında olumsuz bir durum tespit edilmemiştir. Kaya tuzu ile çevre dostu sürdürülebilir bir antistatik apre prosesi geliştirilmiştir. İthal ürün yerine yerli kaynaklar kullanılmıştır. Çankırı kaya tuzunun tekstilde kullanım alanı genişletilmiştir. Çalışma sayesinde antistatik apre konusunda bilgi birikimi oluşturulmuş ve kaya tuzunun kullanılabilceği yeni proseslerin araştırılmasına başlanmıştır.

#### 5.TEŞEKKÜR

Bu çalışma, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından desteklenen SYK Tekstil Ar-Ge Merkezi bünyesinde AG-01-22-SYK-00 numaralı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

#### 6.KAYNAKLAR

Asfand, N. ve Daukantiene, V., (2023), *Electrical Properties and Electromagnetic Shielding Effectiveness of Cotton/Antistatic Polyester Knitted Fabrics Treated with Antibacterial Finish*, *Textile Research Journal*, 93(15–16), 3538–3551, DOI: 10.1177/00405175231158820

Bengü, A.Ş., Üstek M.A, İzol, E. (2020), *Piyasadan Temin Edilen Kaya Tuzlarının Mineral İçeriklerinin ICP-MS Tekniği ile Tespit Edilmesi*, *Bingöl Üniversitesi Sağlık Dergisi*, 1(2), 42 – 52.

Chenurova, I.V., Tashpulatov, S.S., Kurenova, S.V. (2020), *Treated Textile Electrostatic Properties Study*, *Materials Science Forum*, ISSN:1662-9752, 992, 439-444 DOI:10.4028/www.scientific.net/MSF.992.439

Cilveli, G., Okur, A., Sülar, V., (2020), *Electrostatic Properties of Clothing Fabrics Suitable for Different End-Uses*, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 28, 1(139):50-57, DOI: 10.5604/01.3001.0013.5858

Hu, C., Chang, S., Liang, N., (2018), *Fabrication of Antistatic Fibers with Core/Sheath and Segmented-*

pie Configurations, *Journal of Industrial Textiles*, 47(5), 569-586, DOI: 10.1177/1528083716665629

Kwon, S.O., Park, C.H., Kim, J., (2015), *Breathable, Antistatic and Superhydrophobic PET/Lyocell Fabric*, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 10(3), 46-56.

Özkan, İ., Baykan, P., (2016), *Halı Üretiminde İletken Filamentlerin Kullanım Olanaklarının Araştırılması*, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 31(2), 317-326.

Reischl, U., Mijovic, B., (2021), *Assessment of Electrostatic Potential Resulting from Friction Between Fabric Samples Made of Natural and Synthetic Fibers*, *14th Textile Bioengineering and Informatics Symposium, Textile Bioengineering and Informatics Society, TBIS 2021*, 340-344.

Sayed, U., Sharma, K., (2015), *Development of Antistatic Finish in Textiles*, *Int. J. Adv. Sci. Eng. ISSN 2349 5359*, 2(2), 69-74.

TS EN ISO 105-C06:2010, *Tekstil - Renk Haslığı Deneyleri - Bölüm C06: Evsel Yıkamaya ve Ticari Müesseselerde Yıkamaya Karşı Renk Haslığı*, <https://intweb.tse.org.tr/Standard>, Erişim: 21.05.2024.

TS EN ISO 105 E04:2013, *Tekstil - Renk Haslığı Deneyleri - Bölüm E04: Tere Karşı Renk Haslığı*, <https://intweb.tse.org.tr/Standard>, Erişim: 21.05.2024.

TS EN ISO 105 E01:2013, *Tekstil - Renk Haslığı Deneyleri - Bölüm E01: Suyu Karşı Renk Haslığı*, <https://intweb.tse.org.tr/standard>, Erişim: 21.05.2024.

TS EN ISO 105 X12:2016, *Tekstil - Renk Haslığı Deneyleri - Bölüm X12: Sürtmeye Karşı Renk Haslığı Tayini*, <https://intweb.tse.org.tr/Standard>, Erişim: 21.05.2024.

Varnaite, S., vitkauskas, A., Abraitiene, A., Rubeziene, V., Valiene, V., (2008), *The Features of Electric Charge Decay in the Polyester Fabric Containing Metal Fibres*, *Materials Science*, ISSN 1392-1320, 14(2), 157-161.

Wang, C.X., Lv, J.C., Ren, Y., Zhi, T., Chen, J.Y., Zhou, Q.Q., Lu, Z.Q., Gao, D.W., Jin, L.M. (2015), *Surface Modification of Polyester Fabric with Plasma Pretreatment and Carbon Nanotube Coating for Antistatic Property Improvement*, *Applied Surface Science*, 359, 196-203, <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsusc.2015.10.060>.

# FARKLI EMDİRME BOYAMA METOTLARI İLE YAPILAN BOYAMALARDA RENK, ENERJİ VE MALİYET PARAMETRELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Abdulkadir ERÇAKALLI<sup>1</sup>, Belkıs ZERVENT ÜNAL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>: Kıvanç Tekstil İşletmeleri, Adana, Türkiye

<sup>2</sup>: Çukurova Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye

## ÖZET

Çalışma kapsamında, emdirme boyama yöntemi olarak en çok tercih edilen pad-batch ve e-kontrol boyama metodlarının her ikisine de uygun boyarmadde ve materyal ile boyamalar yapılarak, boyama aşamasındaki ve sonrasındaki süreçte kullanılan boyarmadde ve kimyasal miktarı, enerji, zaman, işçilik maliyetleri ve boyama sonucunda ortaya çıkan rengin devamlılığı ile materyalin uygunluğu hususlarında karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu amaçla Ne 30/1 pamuk + 78 dtex elastan içeren atkı ipliği, 70/1 denye polyester + 44 dtex elastan içeren çözgü ipliği kullanılarak 240 g/m<sup>2</sup> ağırlığında kumaş üretilmiş ve farklı reçeteler ve boyama metodlarıyla yapılan işlemlerin sonuçları renk, haslıklar ve maliyet açısından karşılaştırılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Emdirme Boyama, Boyarmadde, Renk, Haslık, Maliyet

## COMPARISSION OF COLOR, ENERGY AND COST PARAMETERS IN DYEING WITH DIFFERENT IMPRESURE DYEING METHODS

### ABSTRACT

Within the scope of the study, dyeing was done with dyestuff and material suitable for both pad-batch and e-control dyeing methods, which are the most preferred methods as impregnation dyeing, and comparisons were made in terms of the amount of dyestuff and chemicals used during and after the dyeing stage, energy, time, labor costs, continuity of the color resulting from dyeing, and suitability of the material. For this purpose, a fabric weighing 240 g/m<sup>2</sup> was produced using Ne 30/1 cotton + 78 dtex elastane weft yarn, 70/1 denier polyester + 44 dtex elastane warp yarn, and the results of the processes carried out with different recipes and dyeing methods were compared in terms of color, fastness and cost.

**Keywords:** Impregnation Dyeing, Dye, Color, Fastness, Cost

### 1. GİRİŞ

Günümüzde gerçekleştirilen çalışmalara göre kalitenin üretim aşamasında sağlanabilmesi ve üretim sonrasında kontrol edilmesi yetersiz olduğu için tasarım sürecinde kalitenin sağlanabilmesi ve kontrol edilmesi zorunluluğu oluşmuştur. Yüksek kaliteli ürün üretimi ve ürün kalitesinin geliştirilmesi sağlanırken, tekstil işletmelerinin ürün tasarım aşamasından itibaren ürün kalitesine etki eden parametreleri iyi analiz etmesi ve bu parametrelerin optimum düzeylerde gerçekleştirebilmesi önemlidir (Ercan, 2019).

Soğuk bekletme metoduyla selülozik elyafın boyanması, son yıllarda pamuklu kumaş kullanımının artmasıyla artış göstermiştir. Ancak bu metodun asıl tercih sebepleri, uygulamasının kolay, ekonomik ve esnek olması, iyi renk tekrarlanabilirliği sağlanabilmesidir. Bu yöntemin uygulanabilmesi için çok iyi bir sıkma fularına ve dok sarma tertibatına ihtiyaç vardır. Boyanacak alan kumaşın ön hazırlığının çok iyi yapılmış olması, yüksek emiciliğe sahip olması gerekmektedir (Aroma,1991).

E-Control prosesi Monforts firması tarafından geliştirilmiş, ekonomik, kimyasal kullanımı ile avantajlı, boyama sonrası derhal yıkamaya alınabilen hızlı ve yeni bir prosestir. Aslında E-Control diye bilinen Thermex boyama metodu Pad-Dry metoduna benzer bir metottur. Bu proses Pad-Dry ile Pad-Steam arası bir metottur. %25 rutubetle, 110-130 °C de selüloz boyama, 210 °C' de polyester boyama yapılabilir. Genellikle 90-100 metrelik hot-flue kamera sistemi ile 2-4 dakika arasında fiksasyonla gerçekleşen bir boyama metodudur. Cold-Pad-Batch prosesinden tamamen sürekli prosese geçmek isteyenler için uygun bir prosestir. Özellikle uzun metrajlar için çok uygun bir makinedir (Şahinli, 2024).

Bu çalışmada, emdirme yöntemlerinden olan ve boyama tesislerinde en çok tercih edilen pad-batch boyama ve e-kontrol boyamanın performans, maliyet ve kalite parametreleri karşılaştırılmaya çalışılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

Yapılan deneysel çalışmada Ne 30/1 pamuk + 78 dtex elastan içeren atkı ipliği, 70/1 denye polyester + 44 dtex elastan çözgü ipliği içeren kumaş (Çizelge-1) kullanılmıştır. Bu kumaş iki farklı reçete ve iki farklı boyama metoduyla renklendirilmiştir. Bu reçetelerden A'ya ait e-kontrol (Çizelge-2) ve pad-batch (Çizelge-3), B'ye ait olan e-kontrol (Çizelge-4) ve pad-batch (Çizelge-5) reçeteleri aşağıda belirtilmiştir.

**Çizelge 1.** Numune Kumaş Genel Özellikleri

<b>ÖRGÜ TİPİ</b>	DOUBLE FACE
<b>ATKI İPLİK NUMARASI</b>	NE 30/1 78 DTEX ELASTAN
<b>ÇÖZGÜ İPLİK NUMARASI</b>	70 DENYE PES 44 DTEX ELASTAN
<b>GRAMAJ</b>	240 gr/M <sup>2</sup>

**Çizelge 2.** E-Kontrol Boyama Reçetesine Ait Bilgiler (Reçete A)

Remazol Ultra Yellow RGBN	2 gr/lt
Remazol Ultra Red RGB	11,33 gr/lt
Remazol Navy RGB 01 % 150	29 gr/lt
Serawet CAS	3 gr/lt
Seregal MIP-02	10 gr/lt
Seracon MLU	5 gr/lt
Kostik	13 gr/lt
Soda	20 gr/lt

**Çizelge 3.** Pad-Batch Boyama Reçetesine Ait Bilgiler (Reçete A)

Remazol Ultra Yellow RGBN	2,25 gr/lt
Remazol Ultra Red RGB	12,5 gr/lt
Remazol Navy RGB 01 % 150	31,3 gr/lt
Serawet CAS	3 gr/lt
Kostik	28 gr/lt
Silikat	130 gr/lt

**Çizelge 4. E-Kontrol Boyama Reçetesine Ait Bilgiler (Reçete B)**

Levafix Amber Can	5,35 gr/lt
Levafix Fast Red Ca	3,13 gr/lt
Levafix Blue Ca	1,34 gr/lt
Serawet Cas	3 gr/lt
Seragal Mıp-02	10 gr/lt
Seracon Mlu	5 gr/lt
Kostik	3,3 gr/lt
Soda	20 gr/lt

**Çizelge 5. Pad-Batch Boyama Reçetesine Ait Bilgiler (Reçete B)**

Levafix Amber Can	6,35 gr/lt
Levafix Fast Red Ca	3,8 gr/lt
Levafix Blue Ca	1,54 gr/lt
Serawet Cas (Islatıcı)	3 gr/lt
Kostik	5 gr/lt
Silikat	68 gr/lt

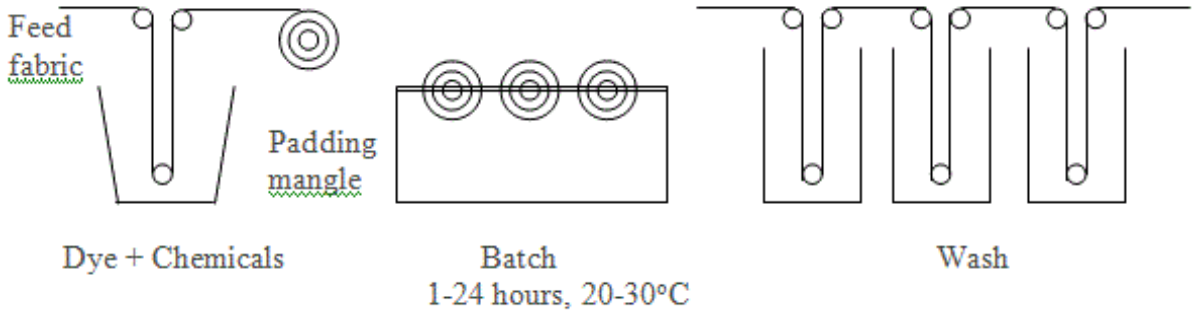
### **Pad Batch Boyama Metodu**

Reaktif boyama, ağırlıklı olarak boyama makinelerinde yapılmaktadır. Soğuk sarıp bekletme metoduyla boyama oranı her geçen gün artmaktadır. Küçük metrajlı boyamalarda bu boyama metodunun tercihi daha uygundur. Ekonomik oluşu, daha az kimyasal kullanımı, boyama yönteminin basitliği, boyamada tuz kullanılmaması tercih sebebidir. Bu prosesle ince ve kalın dokuma kumaşlarla, örgü kumaşların boyanması mümkündür.

Bu prosesle hatasız boyama yapılabilmesi için dikkat edilmesi gereken hususlar:

- Boyanacak kumaşın ön terbiyesi düzgün olmalıdır.
- Dikiş kalın olmamalıdır, aksi halde iz yapabilmektedir.
- Boya seçimine dikkat edilmelidir.
- Kumaşın nem oranı kontrol edilmelidir.
- Dozajlamaya dikkat edilmelidir.
- Kumaşın dalma süresi standart olmalıdır.

Boyama banyosuna girecek kumaş soğuk olmalı, boya banyosunda sıcaklık farkı on dereceyi geçmemelidir. Aksi takdirde baş-son farkı oluşabilmektedir. Doka düzgünce sarılmış kumaş plastik folyo ile iyice sarılıp kenarları hava girmeyecek şekilde bağlanır. Böylece kumaştaki alkalinin havanın içindeki karbondioksit ile etkileşip bölgesel olarak nötralize olması engellenmiş olmaktadır. Bekleme istasyonlarının yeri iyi seçilmelidir. Yüksek ısı farkı oluşursa merserizeli pamuk ve viskon kumaşlarda kenar ve orta farklarına yol açabilmektedir. Boyanan kumaşın bekleme süresi en az 6 saat olmalıdır. Bekleme süresi kullanılan alkali, boyanan makine renk derinliği ve ortam sıcaklığına göre değişebilmektedir. Merserizeli kumaşların fikse süresi daha kısadır (www.teksarge.com,2024).

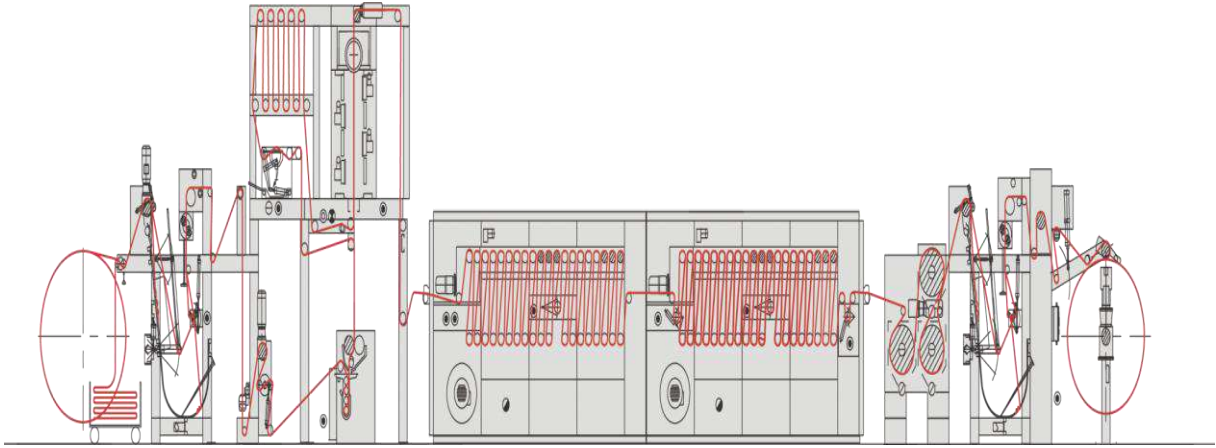


Şekil 1. Pad Batch Boyama

### E Kontrol Boyama Metodu

E-kontrol® polyester/selüloz karışımları için elastan içeren kısımlar da dahil uyumlu Thermex sistem teknolojisi ile tek banyolu bir boyama prosesidir. Boyama yöntemi Monforts E-kontrol® teknolojisine dayanmaktadır, aynı zamanda su, enerji ve kimyasal kullanımından tasarruf ederek sürdürülebilir üretim için önemli ölçüde ekonomik yararlar sağlamaktadır.

Geniş bir renk yelpazesi, mükemmel tekrarlanabilirlik ve iyi bir renk haslığı belirleyici özelliklerdir. Kolay proses akışı: Fularlama, E-kontrol boyama, termosolleme, yıkama. Bunun anlamı pad-dry – termosol – pad-steam (emdirme-fularlama-termosol-emdirme-kurutma) yöntemine göre önemli ölçüde tasarruf demektir (www.neotekstil.com,2024).



Şekil 2. E Kontrol Boyama

### 3.BULGULAR

Çalışma kapsamında, PAM/PES/EA kumaş ve farklı boyarmadde grupları kullanılarak farklı boyama metotlarında boyama çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Boyarmadde grupları aynı olmasına rağmen pad-batch ve e-kontrol boyama metotlarında boyarmadde gramajlarının farklı olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmalardan birinde ortaya çıkan boyarmadde gramaj farklılıkları incelendiğinde pad-batch boyamanın e-kontrol boyamaya göre Levafix Amber Can boyasında %18, Levafix Fast Red Ca boyasında %21, Levafix Blue Ca boyasında ise %15'lik artış olduğu gözlemlenmiştir.



Mevcut bir referans baz alınarak çalışmalar yapılmıştır. Bu kapsamda oluşan reçetelerin maliyetleri ve sonuca etkileri tespit edilmiştir. Farklı boyama metotları kullanılarak aynı renkler elde edilmiş olsa bile uygulama sürecinde ve sonrasında farklılıklar görülmüştür.

E-kontrol boyamada baş-son farkının, pad-batch boyamaya göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Buhar ve enerji maliyetinin de daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca kanatta stabilizasyonun daha az olduğu görülmüştür.

E-kontrol boyama ve Pad-batch boyamalarda çıkan renklerin mevcut referans renk ile karşılaştırması Çizelge 6 ve Çizelge 7’de, yapılan boyamalardaki toplam maliyet ise 2700 mt’lik boyama baz alınarak hesaplanarak Çizelge 8’de, E-kontrol ve Pad-batch haslık karşılaştırılması ise Çizelge 9’da gösterilmiştir.

**Çizelge 6.** Referans Renge Göre E-Kontrol Boyama ve Pad-Batch Boyama Denemelerinin Renklerinin Karşılaştırılması (B Reçetesi)

	<b>DL</b>	<b>Da</b>	<b>Db</b>	<b>DC</b>	<b>DH</b>	<b>DEcmc</b>
<b>Referans</b>	49,47	10,16	23,45	25,56	66,57	
<b>E- Kontrol Boyama</b>	1,30	0,08	0,85	0,81	0,26	0,81
<b>Pad-Batch Boyama</b>	1,11	0,18	0,07	0,04	0,19	0,56

**Çizelge 7.** Referans Renge Göre E-Kontrol Boyama ve Pad-Batch Boyama Denemelerinin Renklerinin Karşılaştırılması (A Reçetesi)

	<b>DL</b>	<b>Da</b>	<b>Db</b>	<b>DC</b>	<b>DH</b>	<b>DEcmc</b>
<b>Referans</b>	17,81	0,09	11,28	11,28	270,45	
<b>E-Kontrol Boyama</b>	0,52	0,01	0,78	0,78	0,01	0,77
<b>Pad-Batch Boyama</b>	0,59	0,03	0,56	0,56	0,04	0,69

**Çizelge 8.** E-Kontrol ve Pad-Batch Boyama Enerji ve Buhar Maliyetleri

<b>Boyama Türü</b>	<b>Enerji Maliyeti</b>	<b>Buhar Maliyeti</b>	<b>Boya-Kimyevi Maliyeti</b>	<b>Toplam Maliyet</b>
<b>E-Kontrol Boyama</b>	40kwh –124 TL	3,75 ton–1612 TL	8140 TL	9876 TL
<b>Pad-Batch Boyama</b>	KULLANIM YOK	KULLANIM YOK	9284 TL	9284 TL

**Çizelge 9. A Reçetesine Ait E-Kontrol ve Pad-Batch Boyamaların Haslık Karşılaştırması**

Boyama Türü	Asetat	Pamuk	Naylon	Polyester	Akrilik	Yün
E-Kontrol Boyama	2/3	3	2	2/3	3/4	2/3
Pad-Batch Boyama	2/3	3	1/2	2	4	2/3

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

İşletmede yapılan bu çalışmalar sonucunda, farklı boyarmadde gruplarına ait reçetelerde PAM/PES/EA kumaşta yapılan denemelerin sonuçları incelenmiştir.

- E-kontrol boyamadaki enerji maliyetinin pad-batch boyamaya göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.
- Pad-batch boyamadaki kanat devamlılığının e-kontrol boyamaya göre daha iyi olduğu tespit edilmiştir.
- Pad-batch boyama ve e-kontrol boyamadaki haslık değerleri arasında büyük fark gözlemlenmemiştir.
- E-kontrol boyamanın süreç içerisinde daha şeffaf olduğu ve anlık müdahaleye müsait olduğu söylenebilmektedir.

Bu çalışma sonucunda, pad-batch boyama ve e-kontrol boyamanın her ikisinin de ayrı ayrı katma değerli olduğu ancak birbirinden ayıran bazı parametrelerden dolayı tercih edilmesi esnasında dikkat edilecek hususlar öneri olarak şu şekilde belirtilmiştir.

- %100 pamuklu kumaşlarda mutlaka pad-batch boyama tercih edilmelidir. E-kontrol boyama esnasındaki kırık, kanat vs... riskler ortadan kaldırılmış olmaktadır.
- Daha homojen kanat çıktısı alabilmek adına pad-batch boyama tercih edilmelidir.
- Hangi boyama metodu seçilmiş olursa olsun boyama şartlarının optimum olması gerekliliği gözlemlenmelidir.
- Önceliğin boyama rahatlığı veya uygunluğu değil, kalite olduğu göz ardı edilmemelidir.

#### 5. KAYNAKLAR

- Aroma N., (1991), *Soğuk Bekletme Metoduyla Selülozik Elyafın Boyanması*, *Tekstil ve Mühendis Dergisi*,5,s:161
- Ercan E., (2019), *Reaktif Boyamada Laboratuvar ve İşletme Renk Farkının Azaltılması: Taguchi Yaklaşımına Dayalı Bir Uygulama*, *Yüksek Lisans Tezi*, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bilim Dalı.
- Şahinli M., (2024), *Kontinü Boyama Prosesleri ve Pad Batch Boyama Prosesi*, [www.muratsahinli.wordpress.com](http://www.muratsahinli.wordpress.com), Haziran [www.neotekstil.com](http://www.neotekstil.com), Thermex-Econtrol T-CA, Erişim tarihi: Haziran 2024
- [www.teksarge.com](http://www.teksarge.com), *Fular Boya/ Pad-Batch Boyama Soğuk Sarıp Bekletme Prosesi*, Erişim tarihi: Haziran 2024

## FLOK DENİM

**A.BURCU ÇAVUŞOĞLU SARİBOĞA, Serdal SIRLIBAŞ**

*Bossa Ticaret ve Sanayi İşletmeleri T.A.Ş*

bcavusoglu@bossa.com.tr ssirlibas@bossa.com.tr

### ÖZET

Denim kumaşların fiziksel özelliklerini geleneksel halinden çıkararak iyileştirmek, yeni katma değerli fonksiyonel özellikler eklemek, trend ve modayı yakından takip etmek için pamuğun yanı sıra farklı lifler de tercih edilmektedir. Denim kumaşlarda çözgü ve atkı iplikleri tercihe bağlı olarak % 100 pamuktan üretilebildiği gibi, farklı lif kompozisyonları da kullanılmaktadır. Bu çalışmada 1960'lardan beri dış giyim, ev tekstillerinde ve temel tekstil ürünlerinde kullanılan flock kumaşın canlı, sıcak görüntülü ve yumuşak tutumunu denim kumaş ile birleştirmek üzere çalışmalar yapılmıştır. Standart flock yöntemi kumaş yüzeyine farklı türlerde kesilmiş atık liflerin yapıştırılması yöntemidir. Bu çalışmada istenilen flock efektinin elde edilebilmesi amacıyla %100 pamuk ve Pamuk/polyester ve de birden çok lif karışımından oluşan kumaşlarda terbiye aşamasında sustainable kimyasal ve boyalar kullanılarak liflerden biri yakılarak, yakılan kısmın şeffaf bir görünüm alabilmesi ve diğer lifin daha dolgun, yumuşak tutumlu kalabilmesi ve standart flock görüntüsünü farklı bir yöntemle denim kumaş üzerinde elde edebilmek amacıyla çalışmalar yapılmıştır. Proje sonucunda PT-2023/008316 başvuru nolu Desenli Tüylü Denim adında patent başvurumuz bulunmaktadır

**Anahtar Kelimeler:** Flock, Denim, Flock Üretimi, Süet, Nubuk

## FLOCK DENİM

### ABSTRACT

To enhance the physical properties of denim fabrics beyond their traditional state, add new value-added functional features, and closely follow trends and fashion, different fibers are preferred in addition to cotton. In denim fabrics, warp and weft yarns can be produced from 100% cotton as well as different fiber compositions, depending on preference. In this study, efforts have been made to combine the vibrant, warm appearance and soft texture of flock fabric, which has been used in outerwear, home textiles, and basic textile products since the 1960s, with denim fabric. The standard flock method involves adhering various types of cut waste fibers to the fabric surface. In this study, in order to achieve the desired flock effect, sustainable chemicals and dyes were used during the finishing stage in fabrics consisting of 100% cotton, cotton/polyester blends, and fabrics composed of multiple fibers, with one of the fibers being burnt to obtain a transparent appearance in the burnt part, allowing the other fiber to remain fuller and softer, and efforts were made to achieve a standard flock appearance on denim fabric through a different method. As a result of the project, we have a patent application named Patterned Flock Denim under application number PT-2023/008316.

**Keywords:** Flock, Denim, Flock Production, Suede, Nubuck

## 1.GİRİŞ

Denim kumaşlarının üretiminde modada öncü olarak çevreye duyarlı, maliyet ve enerji tasarrufu sağlayan klasik denim üretiminden farklılaştırılmış yeni ürünlerin üretilmesi hedeflenmektedir. Klasik denim üretiminde efekt alınabilen boyarmaddeler ile çözgü boyama yöntemi kullanılmaktadır. Çözgü boyama sonrası dokunan kumaşlar garment yapıldıktan sonra yıkama işlemleri yapılarak farklı görseller elde edilmektedir. Flock, 0,3-5 mm uzunluğunda ve 1,2-28 dtex inceliğine sahip olan kesik elyafıdır. Flock, süet kumaş üretiminde, döşemelik kumaş, halı üretimi, giysilik, ayakkabı ve çanta

üretimi, otomotiv sektörü, paketlenme, kâğıt, karton, oyuncak vb. gibi pek çok alanda kullanılmaktadır. Flok üretildikten sonra floklama işlemine geçilir. Floklama işlemi ise, küçük elyaf parçacıklarının yapışkan kaplı yüzeylere saplanması ve sabitlenmesi işlemidir. Bu işlem esnasında nem miktarı, iletkenlik, elektrostatik alandaki uçma süresi ve toprak miktarı gibi proses parametreleri, flok kalitesini etkileyen önemli parametrelerdir. Bu çalışma kapsamında flok üretimi bağlamında ayrıntılı bir literatür çalışması gerçekleştirilmiştir. Flok üretiminde önemli olan parametrelerden bahsedilmiş ve üretim sürecinde sık karşılaşılan problem ve çözüm önerileri sunulmuştur.(Ergin N. Ünal P. 2022),

Giysi konforu insan hayatında önemli olan bir kavramdır. Koruyucu kıyafet, sporcu kıyafetleri gibi birçok alanda kumaşların konfor özellikleri incelenmektedir. Çünkü kişinin bulunduğu çevre ile giydiği kıyafetin kumaş özellikleri arasındaki ilişki insanın psikolojik, fizyolojik ve termofizyolojik konforunu etkilemektedir. Bundan dolayı giysi konforu ile ilgili literatürde farklı yöntemlerin kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmada literatürden farklı olarak giysi konforu alanında flok kaplama yöntemi kullanılmıştır. Flok kaplama yöntemi ile ilgili olarak tıbbi tekstil, döşemelik kumaş ve sıvı emilimine yönelik malzemelerin geliştirilmesi üzerine çalışmalar yapılmıştır. Ancak giysi konforu alanında yapılan çalışmalar son derece kısıtlıdır. Yapılan çalışmada, flok lifleri su bazlı akrilik yapıştırıcı kullanılarak elektrostatik floklama yöntemine göre pamuklu kumaş üzerine kaplanmıştır. Taşıyıcı materyal olarak %100 pamuklu dokuma kumaş; flok lifleri olarak da piyasada yaygın olarak kullanılan farklı uzunluk ve inceliklere sahip polyester, nylon, viskon ve pamuk flok lifleri kullanılmıştır. Floklama süresi 12 saniye olarak sabit tutulmuştur. Flok lif türü, kaplama oranı, flok lif inceliği ve flok lif uzunluğunun konfor özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Üretilen numunelerin gramaj, su buharı geçirgenliği, termal konfor özellikleri ve hava geçirgenliği ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen ölçüm sonuçları SPSS veri analiz programında istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, özellikle flok lif türü, flok incelik ve uzunluğu ile flok kaplama oranının flok kaplanmış yüzeylerin konfor özellikleri üzerinde önemli etkilerinin olduğunu ortaya koymuştur. (Dönmez H.D 2022)

Tekstil endüstrisinde güncel problemlerden biri boyama ve baskı proseslerinin sebep olduğu kirliliktir. Bu sebeple tekstil terbiye işlemlerinde daha ekolojik, etkili ve ekonomik proseslerin geliştirilmesi üzerine yenilikçi çalışmalar yapılmaktadır. Tez çalışmasının amacı ozonlama ile aşındırma baskı yaparak yenilikçi bir yöntem sunmaktır. Çalışma için tasarlanan ozon etkileşim kamerasında üç farklı (% 60-% 40-% 25) nemlendirme oranında, su ve 5 farklı kıvamlaştırıcı (aljinat, etilen glikol, gliserin, keçiyoynuzu unu ve metil selüloz) ile hazırlanmış sulu çözeltiler ile nemlendirilmiş boyalı kumaşlar, desenli şablon yardımı ile iki farklı ozon gaz akış oranı ve süresinde (5 l/dk. ve 5 dk. ve 10 l/dk. ve 10 dk.) doğrudan ozon gazı ile işleme tabi tutularak istenen desen bölgesi aşındırılmıştır. Kumaşların renk değerleri, haslık ve mekanik özellikleri, çevresel etkileri araştırılmış, görsel anlamda değerlendirilmesi yapılmıştır. Ölçümler sonucunda elde edilen veriler ozon gazı kullanarak yapılan aşındırma baskının umut verici olduğunu göstermiştir. (Yiğit İ.Y 2017),

Aşındırma ve rezerve baskı stillerinin selülozik tekstiller üzerindeki görsel etkileri araştırılmıştır. Dünya tekstil baskı ve boyamacılığında uygulanan bu baskı stilleri ‘aşındırma baskı stili’ ‘rezerve baskı stili’ ‘aşındırma/rezerve baskı stili’ ve yakma baskı stili’ başlıkları altında teorik olarak derlenmiştir. Ayrıca bu baskı stilleri kullanılan boyarmaddelere göre sınıflandırılmış olup, uygulamalarının yapılabilmesi için gerekli olan baskı reçeteleri ve baskı süreçleri verilmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda, görsel etkiler oluşturmak amacıyla güncelliğini korumakta olanlar veya henüz araştırma safhasında olduğu halde uygulama olanağı bulunanlar ile örnek çalışmalar yapılmıştır.

İncelemeler sırasında ülkemiz tekstil endüstrisinde koyu zeminler üzerinde açık renkli desenlerin baskısına olanak sağlayan aşındırma ve rezerve baskı stillerinin uygulama alanlarının yeterince yaygın olmadığı, devore baskı stiline ise gittikçe genişleyen bir uygulama alanına sahip olduğu görülmüştür.

Tekstil baskı ve boyamacılığında gün geçtikçe önem kazanan estetik değerlerin ifadesinde bilimsel desteğin önemi ve yaratım sürecindeki baskı tasarımcısının bilimsel gelişmeleri takip etme gerekliliği tespit edilmiştir. (Atılcan E.1999)

Bu çalışmada istenilen flok efektinin elde edilebilmesi amacıyla %100 pamuk ve Pamuk/polyester ve de birden çok lif karışımından oluşan kumaşlarda terbiye aşamasında sustainable kimyasal ve boyalar kullanılarak liflerden biri yakılarak, yakılan kısmın şeffaf bir görünüm alabilmesi ve diğer lifin daha dolgun, yumuşak tutumlu kalabilmesi ve standart flok görüntüsünü farklı bir yöntemle denim kumaş üzerinde elde edebilmek amacıyla çalışmalar yapılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Mevcut kumaşlarımız analiz edilerek üç boyutlu, flok görüntülü kumaşlar elde edilebilmesi için uygun konstrüksiyonlar belirlenmiştir. Belirlenen konstrüksiyonlar ve kodları aşağıdaki Çizelge 1 de verilmiştir. Çalışmalar için öncelikle Non-denim kumaşlar belirlenmiştir.

Çizelge 1. Konstrüksiyon Kodları

KONSTRÜKSİYON KODU	KONSTRÜKSİYON
K1	% 100 Pamuklu
K2	% 99 Pamuk % 1 Polyester
K3	% 90 Pamuk % 10 Polyester
K4	% 67 Pamuk % 30 Polyester ve % 3 Elastan

İhtiyaç analizi ve literatür araştırması yapıldıktan sonra öncelikle kimyasal firmaları ile görüşülüp flok görüntü eldesi için çevre ve insana zararı olmayan ZDHC Level 3 olan kimyasallar belirlenip temini yapılmıştır.

Seçilen konstrüksiyonlara aşağıdaki Çizelge 2 deki 6 reçete 3 boyutlu görüntü elde edilebilmesi için şablon rotasyon baskı yöntemi ile uygulanmıştır.

Çizelge 2 Kimyasal Reçeteleri

KİMYASAL ADI	R1(gr/lt)	R2(gr/lt)	R3(gr/lt)	R4(gr/lt)	R5(gr/lt)	R6(gr/lt)
KIVAMLAŞTIRICI	55	55	55	55	55	55
TRİHİDROKSİ ALKOL	80	80	80	80	80	80
SELÜLOZ ‘u UZAKLAŞTIRAN KİMYASAL	60	80	100	120	150	180
ISLATICI	2	2	2	2	2	2

Pure İndiog 4 farklı konstrüksiyona uygulanan 6 farklı reçete sonucunda standart 4 renk yıkama (Rinse-Enzim-Taş ve Taş+Hypo ) yapılmıştır.

Farklı konstrüksiyonlarda önce laboratuvar ortamında en iyi üç boyutlu görüntünün elde edilmesini sağlayan kimyasal reçetesi belirlenmiştir. Belirlenen reçete ile işletmede flok görüntü elde edilmek amacıyla aynı konstrüksiyonlarda non-denim ve denim kumaşlara Stork baskı makinesinde şablon rotasyon baskı yapılmıştır.

Tüm numunelerin fiziksel testleri, performans testleri giyim denemeleri yapılmıştır. Çalışmalar sonucunda mamul olan flok görüntülü denim kumaşlara testler uygulanmıştır (elastikiyet(%), atkı çekmesi(%), kuru-yaş sürtme haslığı, atkı-çözgü kopma mukavemeti(kg) ve atkı-çözgü yırtılma mukavemet(g) vb.) denim kumaşları ile görsel değerlendirme ve kullanıcı giyim testleri yapılmıştır.

## 3. BULGULAR VE SONUÇ

Flok görüntü elde etmek için kullanılan farklı polyester- pamuk karışımlarına uygulanan baskı çalışmalarında beklenen 3 boyutlu flok görüntünün alınabilmesi için polyester içeriğinin fazla olması gerektiği sonucuna varılmıştır. Belirlenen konstrüksiyonlardan K4 tüm baskı çalışma reçetelerinde en iyi flok etkisini yaratan konstrüksiyon olmuştur. Reçeteler içerisinde ise R6 reçetesi tüm kumaşlarda en iyi 3 boyutlu görüntüyü veren reçete olmuştur. K4 ‘e R6 nın uygulandığı çalışma ise 3 boyutlu flok görüntünün en belirgin gözlemlendiği çalışma olmuştur. Yapılan çalışmalardan bazılarının test sonuçları aşağıdaki Çizelge 3 te verilmiştir.

Çizelge 3 Numune test değerleri

Konstrüksiyon x Reçete	90td Çözgü Çekmesi	90td Atkı Çekmesi	Elastikiyet	Growth%	Movement	Kopma(ç*a)	Yırtılma(ç*a)
K4 X R6	-2	-4,5	25,2	3,2	-2	80*78	4839*3823
K4 X R5	-1	-6,1	23,6	1,6	0,3	84,5*64,6	4551*3837
K3 x R6	0,5	-5,5	27,2	2	1,2	59,3*57	2767*3081
K3 x R5	0,5	-6,5	26	2	-0,7	58*55,7	2818*3106
K2 x R6	-0,7	-2,5	22	4	-0,6	65*42,9	4729*4370
K2 x R5	0,5	-3,7	18	3,2	-1,6	60*43	4360*4248
K1 x R6	-1,5	-5,5	26	2,8	-1,3	48,4*35	2460*2030
K1 x R5	-1	-5,2	24	2,4	-0,6	60*42	4110*3077
K4 x R4	-5	3,5	21	7	-0,2	26*12	2565*1865
K4 x R3	1,5	-5,5	22,8	7,2	-0,2	28*6,5	2977*1302

Flok görüntü elde edebilmek için doğaya ve insana zararı olmayan ZDHC Level 3 olan kimyasallar kullanılmıştır. Farklı oranlarda bulunan selüloz liflerine farklı konsantrasyonda emdirilerek bu liflerin kumaştan uzaklaştırılması ile 3 boyutlu görüntü elde edilmiştir. Karışımda bulunan polyester lifler, yok denilecek kadar az etkilenmişlerdir. Tasarladığımız desen biçiminde kumaşın üzerinden pamuk lifleri uzaklaştığından dolayı desen şeklinde 3 boyutlu flok denim elde edilmiştir. Tedarik zincirinin son halkası olan müşteriler tarafından doğa dostu ve sürdürülebilir ürün talebi artışı dolayısıyla sektörde ilk olan flok görüntülü denim kumaş üretimi sağlanmıştır.

## KAYNAKÇA

Atılgan, E. (1999). *Aşındırma ve Rezerve Baskı Stillilerinin Selülozik Tekstillerdeki Görsel Etkileri (Master's thesis, Marmara Üniversitesi (Turkey))*.

Dönmez, H. D. (2022). *Flokla kaplanmış yüzeylerde konfor özelliklerinin incelenmesi (Master's thesis, Bursa Uludağ University (Turkey))*.

Ergin, N., & Ünal, P. G. (2022). *Flok Üretimi, Karşılaşılan Hatalar ve Çözüm Önerileri. European Journal of Engineering and Applied Sciences, 5(2), 94-99*.

Yiğit, İ. Y. (2017). *Aşındırma baskıda ozon kullanımı (Doctoral dissertation, Bursa Uludağ University (Turkey))*.

# DOĞA DOSTU KUMAŞ RENKLENDİRME

**Kubilay SAZAK<sup>1</sup>, Sanem KESKİN<sup>1</sup>, Güngör DURUR<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Dok-San Denizli Dokuma San. ve Tic. A.Ş. Ar-Ge Merkezi, Denizli, Türkiye,  
e-mail: kaliteyonetim@doksan.com*

<sup>2</sup>*Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Denizli, Türkiye*

## ÖZET

Kumaş boyama işletmeleri, doğal kaynakların yoğun kullanıldığı ve çevre kirliliği sorunlarının ciddi boyutlarda yaşandığı bir sektördür. Sektördeki yenilikler, üretim yöntemlerini daha sürdürülebilir hale getirerek çevresel etkileri en aza indirmeyi hedeflemektedir. Özellikle, proses azaltma yöntemi, kaynak tüketimini en aza indirerek doğal kaynakların korunmasına ve çevre dostu ürünlerin üretilmesine olanak sağlamaktadır. Bu yeni yaklaşımların benimsenmesi, sektörün çevresel etkilerini azaltarak kumaş boyamada sürdürülebilir bir prosesin geliştirilmesi, gelecek için önemli bir adım olacaktır. Proje, tekstil endüstrisindeki doğal kaynakların sınırlı olması ve artan çevre sorunları göz önünde bulundurularak geliştirilen yeni bir süreci incelemektedir. Projenin amacı, boyahane işletmelerinde geleneksel kumaş boyama proseslerinde yaygın olarak kullanılan ağartma adımının kaldırılmasıyla su, enerji, kimyasal kullanımının azaltılması ve çevre dostu bir ürünün oluşturulmasıdır. Bu yaklaşımla birlikte, artan sürdürülebilir ürün talebi doğrultusunda müşteri beklentilerinin karşılanması ve şirketin çevresel etkilerinin azaltılması amaçlanmaktadır. Enerji ve su tasarrufu sağlayan bu yeni süreç, tekstil sektöründe maliyetlerin azaltılması ve rekabet avantajı elde edilmesi için bir fırsat sunmaktadır. Proje Dok-San Ar-Ge Merkezinde gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kumaş Boyama, Sürdürülebilirlik, Ekolojik Boyama, Enerji Tasarrufu

## ECO-FRIENDLY FABRIC DYEING

### ABSTRACT

Fabric dyeing enterprises are a sector where natural resources are used intensively and environmental pollution problems are serious. Innovations in the sector aim to minimize environmental impacts by making production methods more sustainable. In particular, the process reduction method enables the protection of natural resources and the production of environmentally friendly products by minimizing resource consumption. Adopting these new approaches and developing a sustainable process in fabric dyeing by reducing the environmental impacts of the sector will be an important step for the future.

The project examines a new process developed considering the limited natural resources and increasing environmental problems in the textile industry. The aim of the project is to reduce water, energy and chemical usage and create an environmentally friendly product by removing the bleaching step commonly used in traditional fabric dyeing processes. With this approach, it is aimed to meet customer expectations and reduce the company's environmental impact in line with the increasing demand for sustainable products. This new process, which saves energy and water, offers an opportunity to reduce costs and gain competitive advantage in the textile industry. The project was carried out at the Dok-San R&D Centre.

**Keywords:** Fabric Dyeing, Ecological Dyeing, Energy Saving, Sustainability

## 1.GİRİŞ

Küreselleşen dünyada, doğal kaynakların tükenmesi, çevre kirliliği, ormansızlaşma ve iklim değişikliği gibi çevresel sorunlar giderek artmaktadır. Bu sorunlar, özellikle endüstriyel faaliyetlerin etkisiyle hızla yayılarak, çevre üzerinde ciddi bir baskı oluşturmaktadır. Bu nedenle sürdürülebilirliğe odaklanmak ve çevre dostu üretim yöntemleri geliştirmek büyük önem taşıyor. Kumaş boyama endüstrisi, doğal kaynakları yoğun olarak kullanan ve çevre kirliliğine neden olan bir sektördür. Bu konuda yapılan çalışmalar, çevre dostu ve sürdürülebilir süreçlerin geliştirilmesi için umut verici bir yol haritası sunuyor. Bu çalışmanın amacı, kumaş boyamada kasar işlemini ortadan kaldırarak yeni, çevre dostu, ekolojik ve sürdürülebilir bir proses geliştirmek ve yeni ürün platformları oluşturmaktır. Dede (2012), Enzimatik ön işlemlerin kombine olarak gerçekleştirildiklerindeki performansları, ön işlemlerin ve ardından gerçekleştirilen boyamaların tekrarlanabilirliği ve boyanmış tekstil materyallerinin yıkamaya ve sürtünmeye karşı renk haslık özellikleri araştırmıştır.

Yazır (2011), yararlı yüzey katsayısı yüksek olan boyama patronunun kullanımını sırasında oluşan renk farklılığının, yararlı yüzey katsayısı düşük olan mevcut patronunun kullanımına göre daha az olduğu gözlemlemiştir.

Kutgi ve Ünal (2019) yapmış olduğu çalışmada, pamuklu kumaşların ön terbiye prosesinde kasar işlemini yapılmadan diğer ön terbiye aşamaları uygulanarak çevreye ve insan sağlığına duyarlı bir prosesin uygulanabilirliği değerlendirilmektedir. Prosesin kısaltılması, enerji ve zaman tasarrufu sağlanması, atık miktarının azaltılması hedeflenmiştir. Aynı konstrüksiyona sahip kumaşlara kasarlı ve kasarsız ön terbiye prosesi uygulanmış ve kumaş performans özellikleri karşılaştırılarak kasarsız terbiye prosesinin uygulanabilirliği incelenmiştir.

## 2.MATERYAL VE METOT

### 2.1.Materyal

Bu çalışmanın amacı, işletmede halihazırda kullanılan reaktif pamuk kumaş boyama prosesinde işlem basamaklarını azaltarak ekolojik bir ürün oluşturmaktır. Bu amaçla konvansiyonel reaktif pamuk kumaş boyama adımları incelenerek her adımda kullanılan doğal kaynak ve enerji tüketimi gibi değişkenler ayrı ayrı hesaplanmıştır. Ardından, ürünün kalitesinde herhangi bir düşüşe neden olmadan hangi adımların boyama sürecinden çıkarılabileceğini belirlemek için birçok deneme gerçekleştirildi. Denemelerde kullanılan kumaş özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Kullanılan kumaş özellikleri

Elyaf Türü	Atkı iplik numarası (Ne)	Hav iplik numarası (Ne)	Zemin iplik numarası (Ne)	Gramaj (g/m <sup>2</sup> )
Pamuk	16/1	16/1	12/1	300
Pamuk	16/1	16/1	20/2	370
Pamuk	16/1	16/1	10/1	540
Pamuk	16/1	16/1	20/2	350



Çalışma öncesinde kullanılan klasik reaktif pamuk kumaş boyama adımları Çizelge 2'deki gibidir.

**Çizelge 2.** Konvansiyonel Koyu Renk Boyama Prosesi

Numara	Konvansiyonel Koyu Renk Boyama Prosesi
1	Ağartma
2	Yıkama
3	Yıkama
4	Asit+Enzim
5	Boyama
6	Sabun+ Sıcak Yıkama
7	Sabun+ Sıcak Yıkama
8	Yıkama
9	Asit+Enzim
10	Asitleme
11	Yumuşatma

Çalışmada uygulanan süreç aşamaları Çizelge 3'te gösterilmektedir.

**Çizelge 3.** Yeni Proses; Ağartmasız Koyu Renk Boyama Prosesi

NO:	Çalışmada Uygulanan Ağartma Olmayan Koyu Renk Boyama Prosesi
1	Yıkama
2	Boyama
3	Yıkama
4	Yıkama
5	Asitleme
6	Sabun + Sıcak Yıkama
7	Sıcak Yıkama
8	Yumuşatma

Tabloda görüldüğü üzere boyama aşamalarından sırasıyla ağartma, yıkama, asit+enzim ve sıcak yıkama aşamaları çıkarılmıştır. Kumaş boyama öncesinde herhangi bir kimyasala maruz kalmadığı için yıkama işlemi çıkarılmıştır.

## 2.2.Metot

Pamuğun doğal yapısından gelen renk ile birlikte koyu veya pastel renkli kumaşların çektirme yöntemiyle boyanmasında yeni prosesin uygulanabilirliği incelenmiştir. Ham kumaş üzerinde taşıdığı doğal yağlar nedeniyle su emiciliğini hızlandırmak ve doğrudan boyama adımına geçebilmek için kumaşın hidrofilitasını artıran bir banyo ile ön işlem gerçekleştiriliyor. Kumaş ham halinde koyu ve sarımsı renklerde olduğu için koyu tonlarında çalışmalar yapılmıştır. Ağartmanın boyama işlemine etkisi yeni proseste boyama adımında enzimlerle sağlandığından ağartma ve yıkama işlemi çıkarılmıştır. Boyama öncesinde tek yıkama işlemi yapılarak kumaştaki haşıl en aza indirgenmiştir. Laboratuvarında çalışılan renkler genellikle 3'lü boya kombinasyonları ile sağlanır. Pamuk doğal haliyle boyanacağı için kumaş rengi sarı ve çok hafif kırmızıdır. Bu şekilde ağartılmış kumaşa göre kombinasyondaki sarı veya kırmızı renk yüzdeleri laboratuvar çalışmalarına göre düşürülmüş ve boyama aşaması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada önemli olan konu, boyama adımında boyanın kumaşa nüfuzunu artıracak ve fiksasyonunu sağlayacak uygun kimyasal grupların seçilmesidir. Denemeler kumaşın halat formunda boyandığı HT (High Temperature) boyama makinelerinde 60 derece sıcaklıkta reaktif boyarmaddelerle yapılmıştır.

### 3.ARAŞTIRMA BULGULARI

Kumaş boyama aşamasında uzaklaştırılan ağartma işlem basamağı sayesinde kostik, peroksit, stabilizatör ve iyon tutucu gibi çevreye zararlı kimyasalların atık suya karışması engelleniyor. Bu gelişme, atık suyun pH dengesini korumak ve kimyasal oksijen ihtiyacını minimumda tutmak için arıtma tesisleri ve çevre açısından çok değerlidir. Bu çalışmada çevreye verilen zararın en aza indirilmesi ile birlikte üretim kaynaklarının daha az kullanılması ve üretim maliyetlerinin düşürülmesi sağlanmıştır. Dok-San Tekstil boyahane işletmesi genel üretim maliyetleri göz önüne alındığında %30 oranında tasarruf sağlanmıştır. Spektrofotometrede yapılan ölçümlerde, ağartma işlemi yapılan ve yapılmadan boyanan kumaşlar arasındaki renk fark değerleri Çizelge 4’te verilmiştir.

Çizelge 4. Kumaşlar arasındaki renk fark değerleri

	DL	Da	Db	DE
D65 - 10°	0,252	-0,067	-0,125	0,288
TL84 - 10°	0,250	-0,072	-0,137	0,284
U30 - 10°	0,245	-0,076	-0,147	0,280



Şekil 1. Ağartma işlemi görmüş ve hamdan boyanan kumaş numuneleri

### 4. SONUÇLAR

Sonuç olarak kumaş boyamada ağartma işlem adımının ortadan kaldırılması, çevreye verilen zararın en aza indirilmesi ve üretim maliyetlerinin düşürülmesi gibi birçok avantajı beraberinde getirmiştir. Bu adım hem çevre hem de ekonomi için önemli bir ilerleme olarak değerlendirilebilir.

Çizelge 5. Çalışmada uygulanan ağartılmamış koyu boyama prosesinin standart koyu boyama prosesine kıyasla sağladığı tasarruf miktarı

Kaynak	% Tasarruf Miktarı
Buhar	%39
Elektrik	%29
Kimyasal	%26
Personel	%36
Su	%27
Toplam Maliyet	<b>%30</b>

## 5.KAYNAKLAR

- Dede, E., (2012), "Boyanmış Pamuklu Örne Kumaşlarda Yıkama Renk Haslıklarındaki Değişimin Renk Ölçümleri İle Araştırılması, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.*
- Kutgi, M., & Ünal, B., (2019), "Kasarlı ve Kasarsız Terbiye Prosesleri ile Üretilmiş Pamuklu Kumaşların Performanslarının Karşılaştırılması", Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 1, 6-10.*
- Yazır, E., (2011), "Boyama Kalitesinin İyileştirilmesi Yöntemleri". Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.*

# BAKIR VE DEMİR SÜLFAT MORDANLARININ PAMUKLU KUMAŞLARIN AŞINMA DAYANIMINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Merve KARAKAŞ, Sabiha SEZGİN BOZOK, R. Tuğrul OĞULATA  
Çukurova Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana

## ÖZET

Tekstil üretimindeki temel basamaklardan birisi boyama/renklendirme işlemidir. Doğal boyalar ise tarih öncesi çağlardan beri yün, ipek ve pamuk gibi doğal lif içeren tekstil ürünlerini renklendirmek için kullanılan temel malzemelerdendir. Mordanlar doğal boyamada lif ve boyarmadde arasında bağlayıcı görevi gören maddelerdir. Doğal boyamada eskiden beri genel olarak en çok kullanılmakta olan mordanlar ise metal tuzlarıdır. Yün gibi protein bazlı tekstil ürünlerinde olduğu gibi pamuk gibi selülozik lif içeren ürünlerde de doğal boyamada metal tuzu kullanılabilen ve selülozik elyaf-metal iyonu-doğal boya koordinat bağlanma etkileşimi kurulabilmektedir. Metal tuzları, selülozik lif yapısında bulunan –OH (hidroksil) gruplarına bağlanabilmekte ve doğal boya-lif etkileşimini arttırabilmektedir. Bu çalışmada demir ve bakır bazlı mordanların pamuklu kumaşların aşınma dayanımına etkisi incelenmiştir. Üç farklı konsantrasyonda (4, 8, 12 gr/L) sulu çözeltileri hazırlanan bu mordanlar önce kaynayan kadar ısıtıcı üzerinde bekletilmiş, ardından küçük parçalar halinde kesilmiş olan %100 pamuklu dokuma kumaşlar çözeltilere atılmış ve belirli sürede bekletilmiştir. Kurutulduktan sonra numuneler aşınma devri sonrasında kütle kaybı esasına dayanarak cihaz ile teste tabii tutulmuştur. Farklı tipte mordan maddeler ve bunların farklı miktarlarda kullanımının numunelerin kütle kayıplarına (%) etkisi incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Bakır sülfat, demir sülfat, metal tuzu, pamuklu kumaş, aşınma dayanımı

## INVESTIGATION OF THE EFFECT OF COPPER AND IRON SULFATE MORDANTS ON THE ABRASION RESISTANCE OF COTTON FABRICS

### ABSTRACT

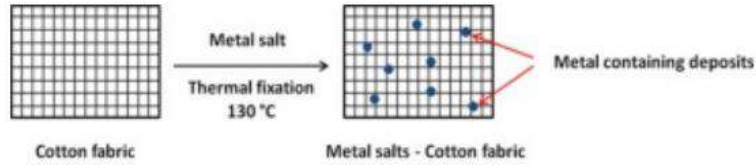
One of the basic steps in textile production is the dyeing/coloring process. Natural dyes are among the basic materials used to color textile products containing natural fibers such as wool, silk and cotton since prehistoric times. Mordants are substances that act as binders between fiber and dyestuff in natural dyeing. The mordants that have been used most in natural dyeing since ancient times are metal salts. Just as in protein-based textile products such as wool, metal salt can be used in natural dyeing in products containing cellulosic fibers such as cotton, and cellulosic fiber-metal ion-natural dye coordinate binding interaction can be established. Metal salts can bind to –OH (hydroxyl) groups in the cellulosic fiber structure and increase the natural dye-fiber interaction. In this study, the effect of iron and copper-based mordants on the abrasion resistance of cotton fabrics was examined. These mordants, aqueous solutions of which were prepared at three different concentrations (4, 8, 12 g/L), were first kept on the heater until they boiled, then 100% cotton woven fabrics cut into small pieces were thrown into the solutions and kept for a certain period of time. After drying, the samples were tested with a device based on mass loss after the wear cycle. The effects of different types of mordant substances and their use in different amounts on the mass loss (%) of the samples were examined and compared.

**Keywords:** Copper sulfate, iron sulfate, metal salt, cotton fabric, abrasion resistance

## 1.GİRİŞ

Günümüzde çevresel sürdürülebilirlik ve sağlıklı yaşam tarzlarına olan ilgi arttıkça, doğal boyalar ve doğal boyama yöntemleri de tekrar popülerlik kazanmıştır. Bitki, hayvan ve mineral gibi kaynaklardan elde edilebilen doğal boyalar yün, pamuk, ipek ve deri içerikli tekstil ürünlerinde çok eski zamanlardan beri kullanılmaktadır. Kimyasal boyaların çevreye ve insan sağlığına zararları göz önüne alındığında maliyetinin düşük ve çevre dostu olması, toksik olmaması gibi birçok avantaja sahiptir (Vankar, 2016). Ancak doğal boyaların tekstil materyallerine tutunması ve kalıcılığı, sentetik boyalar kadar güçlü olmadığından, bu alanda çeşitli tekniklerin geliştirilmesi önem kazanmaktadır. Bu bağlamda, mordan kullanımı, doğal boyaların tekstil yüzeylerinde daha iyi tutunmasını ve renk dayanıklılığını artıran bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Mordan maddeler lif ve boya arasında bağlayıcı görevi görmektedirler (Şekil 1). Doğal boyamada kimyasal mordanların bağlayıcı etkisi kullanılan metal tuzlarına, boyanın yapısına ve tekstil ürününün hammaddesine bağlı olarak değişebilmektedir (Saxena ve Raja, 2014). Metal tuzlar selülozik lif yapısındaki -OH (hidroksil) gruplarına bağlanarak doğal boya ve lif arasında bir etkileşim oluşturabilmektedirler (Vankar ve Shukla, 2011). Doğal boyamada sıklıkla kullanılan metal tuzları alüminyum, demir, bakır bazlı mordanlardır. Tekstil ürünlerine üç farklı mordanlama tekniği uygulanabilmektedir (Vigo, 1994). Bunlar;

- 1) Boyama sonrası mordanlama,
- 2) Boyama öncesi mordanlama,
- 3) Boyama sırasında mordanlama.



Şekil 1. Pamuklu kumaşların metal tuzları ile işlem görmesinin şematik gösterimi (Emam ve Bechtold, 2015)

Metal tuzlarının pamuklu kumaşlar üzerindeki etkisi, kullanılan metal tuzunun türüne, konsantrasyonuna ve uygulama yöntemine bağlı olarak değişebilmektedir. Tekstilde kullanılan mordanlar ürünün rengini etkilediği kadar mekaniksel dayanımını da etkileyebilmektedir. Daha önce yapılmış bir çalışmada selüloz içerikli kumaşları (pamuk, viskon, liyosel) doğal boya ile boyayabilmek için potasyum alüminyum sülfat ve demir (II) sülfat metal tuzları kullanılmıştır (Koçak ve diğerleri, 2022). Boyama işlemlerinin ardından tüm numunelere kopma ve yırtılma mukavemeti testleri uygulanmıştır. Sonuçlara göre boyanmış numunelerin dayanımının boyanmamış referans numuneye göre daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. Başka bir çalışmada pamuklu kumaşların doğal boya ile boyanması için metalik tuzlar ( $FeSO_4$ ,  $CuSO_4$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  ve  $K_2Cr_2O_7$ ) farklı metotlarla numunelere uygulanmıştır (Saikhom ve diğerleri, 2015). Ön mordanlama yöntemi ile metalik tuzlarla işlem gören numunelerin kopma dayanımının işlem görmemiş numunelere göre daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. Metal tuzlarının pamuklu kumaşların aşınma dayanımına etkisi üzerine yeterince çalışma yapılmadığı görülmüştür. Bu çalışmada, daha önce çalışmalarda sıklıkla kullanılan mordanlardan olan bakır ve demir sülfat tuzlarının kumaşlar için önemli bir parametre olan aşınma dayanımına etkisi incelenmek istenmiştir.

## 2.MATERYAL VE METOT

### 2.1.Materyal

Çalışma kapsamında kullanılan ön terbiyeden geçmiş, boyanmamış % 100 pamuklu dokuma kumaşa ait özellikler Çizelge 1'de sunulmuştur.

### Çizelge 1. Kullanılan kumaşın özellikleri

Doku	3/1 Z dimi
Çözü İpliği	Ne16 - Ring İplik
Atkı İpliği	Ne12,5 - Ring İplik
Çözü Sıklığı	44 iplik/cm
Atkı Sıklığı	20 atkı/cm
Gramaj	240,7 g/m <sup>2</sup>
Ön Terbiye İşlemleri	Ağartma, Yıkama, Kurutma, Yakma

Kullanılan mordanlar demir (II) sülfat heptahidrat (FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, Cas No:7782-63-0, Saflık: ≥%99,5) ve bakır(II) sülfat pentahidrat (CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O, Cas No:7758-99-8, Saflık: ≥%99) şeklindedir.

## 2.2. Metot

Demir ve bakır esaslı metal tuzların üç farklı konsantrasyonda (4, 8, 12 gr/L) sulu çözeltileri hazırlanmıştır. Sonra çözeltiler kaynayanaya kadar manyetik karıştırıcı kullanılarak karıştırılmıştır. Kaynama sonrası 10 x 10 cm<sup>2</sup> boyutunda kesilen %100 pamuk içeren numuneler bu çözeltilere atılmış ve bekletilmiştir. Uygulanan işlemlerin ayrıntıları ve numune kodları Çizelge 2’de sunulmuştur. İşlem görmemiş pamuklu numune referans olarak alınmış ve “R” olarak kodlanmıştır.

**Çizelge 2.** Numunelere uygulanan işlemler ve kodları

Numune Kodu	Kullanılan Mordan	Konsantrasyon (gr/L)
Fe 1	FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	4
Fe 2	FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	8
Fe 3	FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	12
Cu 1	CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	4
Cu 2	CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	8
Cu 3	CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	12

Numunelerin işlemler sonrası kütle artışını tespit etmek için hassas terazi ile ağırlıkları ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Mordanlama işlemi sonrası numuneler kurutulduktan sonra ağırlıkları tekrar ölçülmüş ve formül (1) kullanılarak kütle değişimi (%) hesaplanmıştır.

$$\text{Kütle Değişimi (\%)} = [ (\text{Son Ağırlık} - \text{İlk Ağırlık}) / \text{İlk Ağırlık} ] * 100 \quad (1)$$

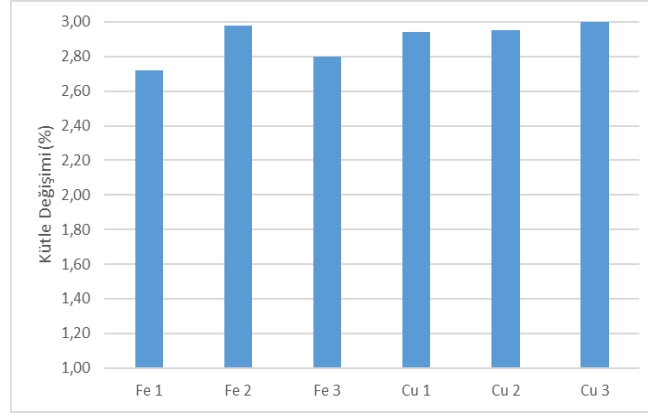
Hazırlanan numuneler standardına göre James Heal- Martindale cihazı kullanılarak aşınma dayanımları ölçülmüştür. Numuneler standarda (ISO 12947-3) uygun kesildikten sonra ağırlıkları ölçülüp kaydedilmiştir. Numunelerin kütle kayıp miktarları için gözlem yapılarak 1000, 3500, 8500, 16000 ve 18500 devirler sonrası (9 kPa basınç altında) ağırlıklarının ölçülmesine karar verilmiştir. Belirlenen her devir sonrası ağırlıkları ölçülmüştür. Numunelerin kütle kayıp (%) değerleri (2) formülüne göre hesaplanmıştır.

$$\text{Kütle Kaybı (\%)} = [ (\text{İlk Ağırlık} - \text{Son Ağırlık}) / \text{İlk Ağırlık} ] * 100 \quad (2)$$

## 4.ARAŞTIRMA BULGULARI

### 4.1. Numunelerin İşlem Sonrası Ağırlık Artışı

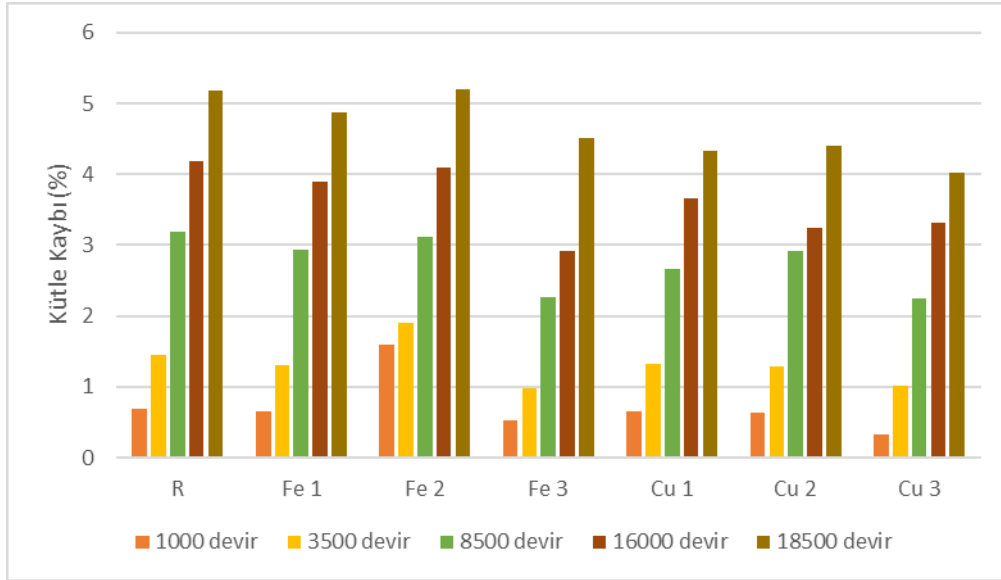
Numunelerin demir ve bakır tuzları ile işlem görmesi sonucu kütle değişimleri Şekil 2’de sunulmuştur. Numunelerin işlem sonrası ağırlık artışlarının %2,60 ile %3 arasında değişmiş olduğu görülmektedir. Bu ağırlık artış değerlerine göre metal tuzlarının numunelerin yapısına dahil olduğu söylenebilmektedir. Demir sülfat mordanların konsantrasyon artışları ile numunelerin ağırlık artışı arasında lineer bir ilişki olmamıştır. Bakır sülfat mordanların konsantrasyon artışının ise numunelerin işlem sonrası ağırlıklarının artışında doğru orantı olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 2. Numunelerin metal tuzları ile işlem sonrası kütle değişimi

#### 4.2. Numunelerin Kütle Kaybı Esasına Göre Aşınma Dayanımı

İşlem görmemiş referans numunenin ve işlem göre numunelerin kütle kaybı esasına göre tespit edilmiş aşınma dayanımları Şekil 3’de verilmiştir. Beklendiği gibi aşınma devir sayısı arttıkça numunelerin kütle kaybı artmıştır. Özellikle 3500 ile 8500 devirleri arasında tüm numunelerde kütle kaybında en yüksek artış oran elde edilmiştir. Referans numune (R) ile işlem gören numuneler kıyaslandığında Fe2 numunesi hariç tüm işlem görmüş numunelerde kütle kaybının azalmış olduğu görülmektedir. Metal tuzu ile uygulanan mordanlama işlemlerinin pamuklu numunelerin aşınma dayanımını artırdığı söylenebilmektedir. Benzer bir çalışmada bu durum metal tuzlarının lif yüzeyi ile etkileşime girip koordinasyon bağ oluşumunu sağlamasıyla açıklanmıştır (Koçak ve diğerleri, 2022). Bakır sülfat ile yapılan işlemlerin demir sülfat kullanımına göre numunelerin aşınma dayanımında daha fazla artış sağladığı tespit edilmiştir. Bakır sülfatın farklı konsantrasyonda kullanımı ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) numunelerin lif/iplik kaybı oranını ortalama %1 oranda azaltmıştır.



Şekil 3. Numunelerin farklı aşınma devirleri sonunda kütle kayıpları (%)

#### 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada demir sülfat ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) ve bakır sülfat ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) mordanlarının pamuklu numunelerin aşınma dayanımına etkisi incelenmiştir. Bu mordanların 4, 8, 12 gr/L şeklinde değişen sulu konsantrasyonlarının pamuklu kumaşların dayanımına etkisinin olup olmadığının incelenmesi amaçlanmıştır. Tüm numunelerin mordan maddeler ile işlem sonrası ağırlıkları artmıştır. İşlem öncesi ilk ağırlıklarına göre numunelerin kütleleri %2,60 ile %3 arasında artış göstermiştir. Demir ve bakır sülfatların ve farklı konsantrasyonlarının kütle artışına etkisinde anlamlı bir farklılık görülmemiştir.

Numunelerin kütle kaybı esasına göre tespit edilen aşınma dayanımı değerleri incelendiğinde uygulanan mordanlama işlemlerinin genel olarak numunelerin aşınma dayanımını bir miktar artırdığı gözlemlenmiştir. Metal tuzlarının konsantrasyonlarındaki artış ile numunelere aşınma dayanımı arasındaki ilişkinin doğrusal olmadığı ortaya çıkmıştır. Bakır sülfatın demir sülfata göre numunelerin aşınma sonucu lif/iplik kaybını daha fazla azalttığı görülmüştür. Sonraki çalışmalarda numunelerin mordanlanmasında farklı metal tuzlarının kullanımının ve farklı konsantrasyonlarının numunelerin aşınma dayanımına etkisinin incelenmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.

## 6.KAYNAKLAR

*Emam, H. E., Bechtold, T., (2015), Cotton fabrics with UV blocking properties through metal salts deposition. Applied Surface Science, 357:1878–1889.*

*Koçak, E. D., Altay, P., Çelikkanat, Ö. T., Ofluoğlu T., (2022), The effect of different mordants on natural dyeing of cotton, viscose and lyocell fabrics with pomegranate bark extracts. Journal of Textile Engineering & Fashion Technology, 8(6): 185-189.*

*Saikhom, S., Potsangbam, K. S., Choudhury, M. D., (2015), Effect of various mordants in Kum dyed cotton, silk and woollen yarns. Indian Journal of Fibre & Textile Research, 40, 184-189.*

*Saxena, S., Raja, A. S. M., (2014), Natural dyes: Sources, chemistry, application and sustainability issues, Textile science and clothing technology book series. Springer Science&Business Media, Hong-Kong.*

*Vankar, P. S., (2016), Handbook on natural dyes for industrial application (extraction of dyestuff from flowers, leaves, vegetables) Niir Project Consultancy Services, India.*

*Vankar, P. S., Shukla, D., (2011), Natural dyeing with anthocyanins from Hibiscus rosa sinensis flowers. Journal of Applied Polymer Science, 122(5), 3361–3368.*

*Vigo, T. L., (1994), Textile Processing and Properties, Preparation, Dyeing, Finishing and Performance. Elsevier, Amsterdam.*



# PAMUKLU KUMAŞLARIN BOYAMA İŞLEMİNDE BOYA KULLANIMININ AZALTILMASI AMACIYLA RENK DERİNLEŞTİRİCİ KULLANIMI

Ezgi SÜKÜTLER<sup>1</sup>, Fulya FURAT<sup>1</sup>, Umut Kıvanç ŞAHİN<sup>1</sup>, Süleyman Şamil ÇELEBİ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*İstanbul Teknik Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye*

<sup>2</sup>*TYH Ar-Ge Merkezi, İstanbul, Türkiye*

*\*sukutler15@itu.edu.tr*

## ÖZET

Pamuklu kumaşların boyama işlemlerinde boyar madde maliyeti en büyük harcama kalemlerinden biridir. Bu çalışmada pamuklu kumaşlara boyama sonrası uygulanan renk derinleştirici ile kullanılan boyar madde miktarının azaltılması amaçlanmıştır. Bu amaçla giysi üretiminde yaygın olarak kullanılan pamuklu örme kumaşa öncelikle işletme koşullarında konvansiyonel ön terbiye işlemi yapılmıştır. Ön terbiye işlemi yapılan kumaşın bir kısmı konvansiyonel boyama işlemine tabii tutulmuştur, diğer kısmı ise konvansiyonel reçetedekinden daha düşük boyar madde konsantrasyonlarında laboratuvar koşullarında boyanmıştır. Farklı boyar madde konsantrasyonlarında laboratuvar koşullarında boyanan kumaşlara renk derinleştirici uygulanarak konvansiyonel boyama yapılan kumaş ile karşılıklı olarak L\*, a\*, b\* değerleri, renk şiddeti (K/S) ve gri skalaya göre renk değerleri karşılaştırılmış, kumaş patlama mukavemeti ve kumaş sertliği testleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre renk derinleştirici uygulamasının kumaşın renk tonu, renk yoğunluğu ve fiziksel özellikleri üzerinde etkili olduğu görülmektedir, ayrıca renk derinleştirici kullanımı sayesinde daha az boyar madde kullanılarak oldukça yakın renk değerlerine ulaşılabildiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Renk derinleştirici, Makro silikon, Pamuklu kumaş, Boyama

## USE OF COLOR DEEPENNER TO REDUCE THE USE OF DYE IN THE DYEING PROCESS OF COTTON FABRICS

### ABSTRACT

The cost of dyestuffs is one of the biggest expenditure items in the dyeing process of cotton fabrics. In this study, it was aimed to reduce the amount of dyestuff used with the color deepener applied to cotton fabrics after dyeing. For this purpose, cotton knitted fabric, which is widely used in clothing production, was firstly subjected to conventional pre-treatment under operating conditions. A part of the pre-treated fabric was subjected to conventional dyeing process, while the other part was dyed under laboratory conditions at lower dye concentrations than in the conventional recipe. By applying a color deepener to the fabrics dyed under laboratory conditions at different dyestuff concentrations, L\*, a\*, b\* values, color strength (K/S) and gray scale values were compared with the conventionally dyed fabric, and fabric bursting strength and pneumatic fabric stiffness tests were performed. According to the results obtained, it is seen that the application of color deepener is effective on the color tone, color intensity and physical properties of the fabric, and thanks to the use of color deepener, very close color values can be achieved by using less dyestuff.

**Keywords:** Color deepening agent, Macro silicone, Cotton fabric, Dyeing

## 1.GİRİŞ

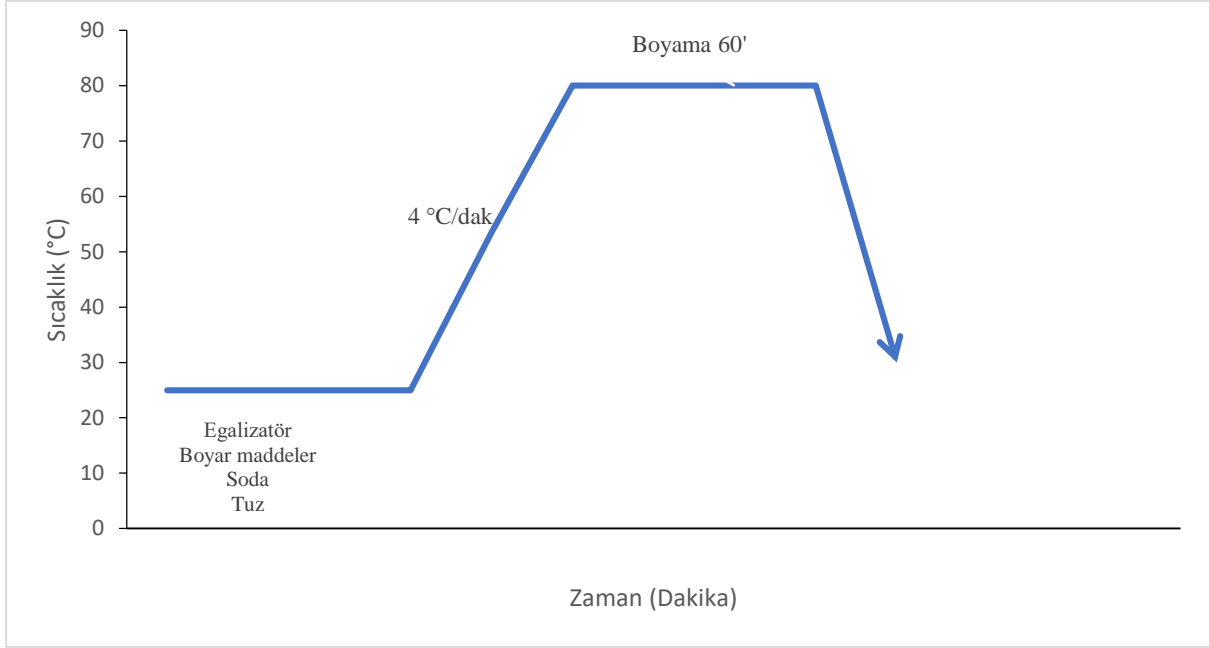
Pamuk, çok yönlü olarak kullanılabilen ve oldukça yaygın doğal bir elyafıdır. Pamuk, kumaş üretimi sırasında birçok aşamadan geçer. Üretilen iplik kumaş haline getirilir, boyama ve terbiye işlemleriyle son halini alır. Boyama sırasında kullanılan boyar maddelerin yüksek maliyet getirisi ve ekolojik etkileri olmak üzere başlıca dezavantajları bulunmaktadır. Boyama reçetelerindeki boyar madde miktarlarının azaltılması renk değişimine sebep olacağından bu tasarruftan kaçınılmaktadır. Bunun yanı sıra pamuklu kumaşlara yaygın olarak yumuşatıcı uygulaması yapılır. Bunun sebebi pamuk kumaş üretimi sırasında doğal mumların ve yağların uzaklaştırılmasıyla doğal yumuşaklığında azalma meydana gelmesidir. Ayrıca, makine sürtünmesi ve diğer apreler de kumaşın yumuşaklığını olumsuz olarak etkiler. Kumaşa en iyi ve eşsiz yumuşaklığı kazandıran silikon bazlı yumuşatıcılar tekstil yumuşatıcı pazarının neredeyse dörtte birini kaplamaktadır (Ul-Islam ve Butola, 2018). Silikon emülsiyonları partikül boyutlarına göre; makro (150-300 nm), yarı makro (80-120 nm), mikro (40 nm'nin altında) ve nano (10 nm'nin altında) olmak üzere kategorilere ayrılır. Makro silikonlar büyük boyutları nedeniyle yüzeyde kalırken nano silikonlar kumaşın derinliklerine nüfuz eder; mikro silikonlar ise ara aşamada kalır (Paul, 2014). Silikon bazlı yumuşatıcıların kumaşın rengine olan etkisi karşılaştırıldığında, en büyük renk değişimi makro silikon ile elde edilir. Bu makro silikonun büyük partikül boyutu nedeniyle kumaş yüzeyinde kalması ve gelen ışığı daha az yansıtmasıyla açıklanır (Beşen, 2019). Endüstriyel olarak, makro silikon emülsiyonu yapısındaki renk derinleştiriciler istenilen rengin elde edilmesinde ve yüzey düzgünlüğü kazandırılmasında tercih edilir. Boyar madde miktarlarının azaltılması ve aynı rengin elde edilmesi renk derinleştirici kullanılması ile mümkündür. Bu çalışmanın amacı, pamuklu kumaşların boyama işleminde boya kullanımını azaltmak amacıyla renk derinleştirici kullanımının kumaşın sertliği ve patlama mukavemeti gibi fiziksel özellikleri ile renk şiddeti (K/S) gibi kolorimetrik özelliklere etkisini belirlemektir. Renk şiddeti, bir boyanın malzemelere renk verme yeteneğinin bir ölçüsüdür ve spektrumun görünür bölgesindeki ışık Emilimi ile değerlendirilir (Shimo ve Smriti, 2015).

## 2.MATERYAL VE METOT

Deneyisel çalışmalarda kullanılan çift toplama pike örme %100 pamuklu kumaş, TYH Tekstil Pazarlama A.Ş. firmasından temin edilmiştir. Standart ön terbiye yapılmış, boyama işlemine hazır hale getirilen kumaş, 215 g/m<sup>2</sup> gramajındadır. Boyama uygulamaları, laboratuvar tipi çektirme yöntemine göre çalışan Termal numune boyama cihazında, her bir boyama işlemi üçer kez tekrar edilerek yapılmıştır. 3 farklı reaktif boyar maddeden oluşan trikromatik boya reçetesi ile turkuaz renkli bir kumaş elde edilmiştir. Uygulamalarda boyanacak kumaş miktarı 5 g, flote oranı 1/12 olarak seçilmiş, ve boyama reçetesi Tablo 1'de verilmiştir. Reçete standart kumaşa aittir. Çalışmanın devamında boyar madde miktarları azaltılarak, bitim işleminde renk derinleştirici uygulanmış ve standart kumaş ile aynı rengin elde edilmesi hedeflenmiştir. Boyama işlemine bütün kimyasallar başlangıçta verilerek başlanmış, ve boyama 80°C sıcaklıkta 60 dakikada gerçekleşmiştir (Şekil 1).

**Çizelge 1.** Pamuklu kumaş boyama reçetesi

Kimyasal adı	Miktar
Egalizatör	1 g/L
Boya çözücü	1 g/L
Euroctive Br. Yellow 3GL	%0,09
Euroctive Turq. Blue 266%	%2,30
Euroctive Brill Blue FTR	%0,10
Soda	20 g/L
Sodyum Sülfat	43,75 g/L



**Şekil 1.** Reaktif boya ile pamuk kumaş boyama grafiği

Boyama sonrasında boyalı kumaşların yıkanması adımına geçilmiştir. Ardından soğuk su ile durulanan kumaşlar laboratuvar şartlarında sererek kurutulmuştur. Kumaşların spektrofotometrik renk ölçümleri ve hesaplamaları Datacolor 650™ spektrofotometresi ve Datacolor Tools yazılımı ile yapılmıştır.

Farklı miktarlarda boyar madde kullanılarak iteratif yaklaşımla 9 farklı alternatif reçete oluşturulmuştur. Boyama işlemlerinden sonra, kumaşlara renk derinleştirici kimyasal uygulanmış ve sonuçlar incelenmiştir. Her kumaş için renk derinleştirici uygulaması 4g/L'dir. Kullanılan renk derinleştirici Rudolf Duraner'e ait Rucofin Moon'dur. Bu çalışma, reçetelerin belirlenmesi amacıyla iki aşamadan oluşmaktadır. Çizelge 2'de yer aldığı üzere, boyar maddelerin öncelikle sadece bir tanesinde %10 azaltma yapılarak 1, 2 ve 3 numaralı reçeteler elde edilmiştir. Daha sonra bir boyar maddenin sabit tutulduğu ve diğer iki boyar maddenin %10 azaltıldığı 4, 5 ve 6 numaralı reçeteler ile boyama yapılmıştır. Ve son olarak her bir boyar maddenin %10 azaltıldığı 7 numaralı boya reçetesi oluşturulmuştur. Bu reçetelerle yapılan boyama işlemlerinin ardından, renk derinleştirici uygulaması yapılmıştır. Spektrofotometre ile yapılan renk ölçümü sonuçları değerlendirildiğinde standart kumaşa en yakın değerlere sahip kumaş reçetesi belirlenip boyar madde miktarlarını daha fazla azaltmak hedefiyle 8 ve 9 numaralı reçeteler oluşturulmuştur. Bu reçeteler ile boyama yapılan kumaşlara da aynı şekilde renk derinleştirici uygulaması yapılarak sonuçlar standart kumaş ile karşılaştırılmıştır.

**Çizelge 2.** Boyar madde azaltma oranları

Numune no	Eur. Turq. Blue	Eur. Brill. Blue FTR	Eur. Br. Yellow 3GL
1	-	%10	-
2	%10	-	-
3	-	-	%10
4	%10	%10	-
5	-	%10	%10
6	%10	-	%10
7	%10	%10	%10
8	%15	%5	%15
9	%20	%10	%20

Renk ölçümü sonuç değerlerine göre en iyi olarak belirlenen reçetedeki kumaş için renk derinleştirici uygulamasının kumaşın fiziksel özellikleri üzerindeki etkisini ortaya koymak üzere patlama mukavemeti testi ve kumaş sertlik testi yapılmıştır. Patlama mukavemeti testleri, TS 393 EN ISO13938-1 Aralık 2012 metoduna göre KK GAUGES SNA52 cihazında yapılmıştır. Kumaş sertlik testleri, ASTM D4032 429494-1 metoduna göre A&T 200/A cihazında yapılmıştır.

### 3.ARAŞTIRMA BULGULARI

#### 3.1. Renk Ölçümü Sonuç Değerleri

Çizelge 3 ve Çizelge 4'te kumaşlara ait renk ölçümü değerleri bulunmaktadır. Çizelge 3'te standart olarak belirlenen kumaşın ölçümleri yer almaktadır. Çizelge 4'te, boyanmış kumaşlar ile renk derinleştirici uygulanmış kumaşların, standart kumaş ile karşılaştırılması yer almaktadır.

**Çizelge 3.** Standart kumaş spektrofotometre değerleri

Işık kaynağı ve ölçüm geometrisi	Std. CIE L	Std. CIE a	Std. CIE b	Std. CIE C	Std. CIE h
D65 10°	48,80	-35,74	-20,46	41,18	209,79

**Çizelge 4.** Boyanmış ve renk derinleştirici uygulanmış kumaşların standart kumaş ile karşılaştırmalı renk değerleri

Kumaş No	CIE DL	CIE Da	CIE Db	CIE DC	CIE DH	CIE DE	Gri Skala	Gri Skala	Delta K/S	Batch K/S
1	-0,75	-0,35	0,34	0,14	-0,47	0,89	5	4,84	0,0473	2,5174
1*	-0,99	-0,73	0,59	0,35	-0,87	1,36	5	4,77	0,1671	2,6373
2	0,19	-0,22	0,94	-0,26	-0,93	0,98	5	4,86	-0,1410	2,3287
2*	-0,41	-0,41	1,15	-0,20	-1,21	1,29	5	4,82	0,0072	2,4774
3	-1,10	0,36	-0,68	0,03	0,77	1,34	5	4,76	0,0715	2,5417
3*	-0,93	0,24	-0,48	0,03	0,53	1,07	5	4,80	0,0831	2,5533
4	0,56	-0,65	1,05	0,06	-1,23	1,35	5	4,80	-0,1860	2,2836
4*	-0,24	-1,27	1,26	0,51	-1,71	1,80	5	4,75	0,0310	2,5011
5	-0,21	0,19	-0,52	0,10	0,55	0,60	5	4,91	-0,0880	2,3813
5*	-1,46	-0,15	-0,40	0,33	0,27	1,52	4-5	4,69	0,2106	2,6808
6	-0,16	0,52	0,06	-0,48	0,21	0,55	5	4,92	-0,1440	2,3260
6*	-0,41	0,04	0,00	-0,03	0,02	0,41	5	4,91	-0,0280	2,4418
7	-0,06	0,10	-0,21	0,02	0,23	0,24	5	4,97	-0,1430	2,3270
7*	-0,55	-0,08	0,24	-0,05	-0,25	0,61	5	4,88	0,0029	2,4731
8	0,45	0,41	-0,12	-0,30	0,31	0,62	5	4,90	-0,2160	2,2534
8*	0,08	-0,04	0,26	-0,09	-0,24	0,27	5	4,96	-0,0860	2,3834
9	1,26	0,28	0,29	-0,39	-0,11	1,32	4-5	4,73	-0,3320	2,1373
9*	0,14	-0,21	0,55	-0,09	-0,58	0,60	5	4,91	-0,0730	2,3966

\* renk derinleştirici uygulanmış olan numuneler

K/S(renk şiddeti) ile boya konsantrasyonu arasındaki ilişki doğrusaldır (Samanta, 2024). Sonuçlar gösteriyor ki boyarmadde miktarı azaltıldıkça kumaş numunelerinin K/S değeri azalmış veya aynı seviyede kabul edilecek bir artış göstermiştir. Renk derinleştirici uygulaması ise her kumaş için K/S değerini geliştirmiştir.

Sonuçlar değerlendirildiğinde standart kumaşa en yakın değerlere sahip olan 8 numaralı reçete seçilmiştir. Bu sonuç, çalışmanın ilk aşamasında boya miktarını azaltmayı sürdürmek amacıyla seçilen kumaşın doğru bir seçim olduğunu göstermektedir. Bu reçete, renk derinleştirici uygulaması ile Euroctive Br. Yellow 3GL, Euroctive Turq. Blue 266% ve Euroctive Brill Blue FTR adlı boyar

maddelerin sırasıyla %15, %15 ve %5 azaltılarak boyar maddeden tasarruf sağlanabileceğini göstermiştir. Sonuç reçetesi Çizelge 5'teki gibidir.

**Çizelge 5.** Pamuklu kumaş yeni boyama reçetesi

<b>Kimyasal adı</b>	<b>Miktar</b>
Egalizatör	1 g/L
Boya çözücü	1 g/L
Euroctive Br. Yellow 3GL	%0,0765
Euroctive Turq. Blue 266%	%1,955
Euroctive Brill Blue FTR	%0,095
Soda	20 g/L
Sodyum Sülfat	43,75 g/L

### 3.2. Kumaş Patlama Mukavemeti ve Kumaş Sertlik Testi Sonuçları

Standart kumaş ile boyar madde miktarları azaltılmış ve renk derinleştirici uygulanmış kumaşın patlama mukavemeti sonuçları Çizelge 6'da olduğu gibidir. Renk derinleştirici uygulanan kumaşın patlama mukavemeti değerlerinde küçük bir artış gözlemlenmektedir. Daha önce makro silikon uygulanmış kumaşlar için patlama mukavemeti testi sonuçları elde edilen çalışmalar ile bu sonuç uyumludur (Chowdhury, 2018). Makro silikon, kumaş lifleri üzerinde bir film tabakası oluşturarak kumaşın gerilime daha fazla dayanmasını sağlar ve patlama mukavemetini artırır. Ancak iki sonuç değerlendirildiğinde standart kumaş ve seçilen kumaş patlama mukavemeti değerleri arasında üretim ve kullanımdaki performansı etkileyecek seviyede anlamlı büyük bir farklılık bulunmamaktadır.

**Çizelge 6.** Kumaş patlama mukavemeti sonuçları

<b>Kumaş No</b>	<b>Patlama mukavemeti (kPa)</b>
Standart Kumaş	1141,49
8 (Seçilen kumaş)	1208,17

Standart kumaş ile boyar madde miktarları azaltılmış ve renk derinleştirici uygulanmış kumaşın sertlik sonuçları Çizelge 7'de olduğu gibidir. Sonuçlara göre kumaş sertliği, renk derinleştirici uygulanması ile birlikte azalmıştır.

**Çizelge 7.** Kumaş sertlik sonuçları

<b>Kumaş No</b>	<b>Kumaş Sertlik (N)</b>
Standart Kumaş	0,7287
8 (Seçilen kumaş)	0,6570

## 4.SONUÇLAR

Çalışmanın başlangıç aşamasında, iteratif bir yaklaşımla, 9 farklı boyama reçetesi oluşturulmuş ve her bir reçete, referans turkuaz rengin en iyi şekilde taklit edilmesi amacıyla farklı numuneler üzerinde uygulanmış ve ardından renk derinleştirici uygulaması yapılmıştır. Her bir numune, L\*, a\*, b\* renk değerleri ile birlikte K/S (renk şiddeti) ve gri skala renk farkı sonuçları bakımından detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Elde edilen numuneler, ayrıntılı spektrofotometrik renk ölçümü analizleri ile değerlendirilmiş ve sonuçlar kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Bu analizler neticesinde, orijinal turkuaz rengin en doğru şekilde elde edilmesine yönelik en iyi sonuçları veren reçete belirlenmiştir. En iyi reçete, L\*, a\*, b\* değerlerinin orijinal turkuaz renge en yakın olduğu, K/S değerleri ile renk yoğunluğunun optimize edildiği ve gri skala renk tonu farkı sonuçlarının üstün bir renk dayanıklılığı gösterdiği 8. reçete olarak belirlenmiştir. Bu reçete, renk derinleştirici uygulaması ile Euroctive Br. Yellow 3GL, Euroctive Turq. Blue 266% ve Euroctive Brill Blue FTR adlı boyar maddelerin sırasıyla %15, %15 ve %5 azaltılmasıyla elde edilmiştir. Bu reçetede görülmektedir ki boyar madde kullanımında önemli bir miktar azaltma sağlayarak boyama işlemlerindeki en büyük harcama kalemi olan boyar madde maliyeti azaltılabilmektedir.

## 5.KAYNAKLAR

*Beşen, B. S., (2019), Farklı Karışım oranlarına sahip mikro/makro silikon yumuşatıcı uygulamasının kumaş performansı üzerindeki etkisi. Tekstil ve Mühendis, 26(116), 365–371.*

*Chowdhury, K.P., (2018), Effect of Special Finishes on the Functional Properties of Cotton Fabrics. Journal of Textile Science and Technology, 4, 49-66.*

*Paul, R., (2014), Functional finishes for textiles: Improving comfort, performance and protection. Woodhead Publishing; In association with The Textile Institute.*

*Samanta, A.K. (Ed.), (2024), Advances in Colorimetry, IntechOpen.*

*Shimo, S.S., & Smriti, S.A., (2015). Color co-ordinated and relative color strength of reactive dye influenced by fabric gsm and dye concentration, International Journal of Research in Engineering and Technology, 04(02), 192–197.*

*Ul-Islam, S., & Butola, B. S., (2018), Advanced Textile Engineering Materials.*

# BOYAMA SONRASI YIKAMA ADIMLARINI AZALTACAK YÖNTEMLERİN GELİŞTİRİLMESİ

**Hatice GÜNTÜRK, Ahmet ORUÇ, Kübra ÖZŞAHİN**  
*MEM Tekstil San. ve Tic. A.Ş., Kahramanmaraş, Türkiye*

## ÖZET

Tekstil endüstrisinde boyahane işletmelerinde su tüketimi ve oluşan atık su fazladır. Pamuklu tekstil uygulamalarında yüksek yıkama ve sürtme haslık değerlerinin sağlanması nedeniyle reaktif boyarmaddeler en çok tercih edilen boyarmaddeler haline gelmişlerdir. Hidrolize uğramış ve life fikse olmamış boyarmaddenin mamulden uzaklaştırılması için yıkama işleminin yapılması gerekir. Yıkama işlemi suyla ya da yardımcı kimyasallar kullanılarak gerçekleştirilebilir. Yıkama maddeleri, yıkama işleminde hidrolize olmuş boyarmaddeleri uzaklaştırarak yüksek yıkama haslığı sağlayan kimyasallardır. Mevcutta uygulanan sabunlu ard yıkama işlemi 10 banyoda ve yüksek sıcaklıklardadır. Bu işlemde su, enerji ve işçilik açısından maliyetlidir. Çalışma kapsamında kimyasal yıkama maddesi olarak yıkama işleminin aktivitesini değiştirmeyen ReactEVO WBS ile ReactEVO TWE kullanılarak ard yıkama işlemi 5 banyoda ve en yüksek 70°C de yapılmıştır. Çalışmada tercih edilen yıkama maddelerinin performansları hâlihazırdaki ard yıkama işlemine tabi tutulan kumaşların değerleriyle karşılaştırılmıştır. Sonuçta 50 kg kapasiteli boya makinesi baz alınarak harcanan enerjiden %87, tüketilen sudan %45 ve zamandan %23 oranlarında tasarruf sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Reaktif boyama, Ard yıkama, Hidroliz, Atık su

## DEVELOPMENT OF METHODS THAT WILL REDUCE WASHING STEPS AFTER DYEING

### ABSTRACT

In the textile industry, water consumption and wastewater generated in dyehouses are high. Reactive dyestuffs have become the most preferred dyestuffs in cotton textile applications due to their high washing and rubbing fastness values. The washing process must be carried out to remove dyestuffs that are hydrolyzed and not fixed to the fiber from the fabric. Washing can be done with water or using auxiliary chemicals. Washing agents are chemicals that provide high washing fastness by removing hydrolyzed dyestuffs during the washing process. The currently applied soap afterwashing process requires 10 steps (bath) and high temperatures. The currently applied soap wash-off process is costly in terms of water, energy and labor. Within the scope of the study, ReactEVO WBS and ReactEVO TWE, which do not change the activity of the washing process, were used as chemical washing agents. In this way, the wash-off process could be done in 5 baths and at a maximum temperature of 70°C. In the study, the performances of new wash-off chemicals were compared with the values of fabrics washed using existing washing soap. As a result, based on a 50 kg capacity exhaust process dye machine, 87% of the energy consumed, 45% of the water consumed and 23% of the time were saved.

**Keywords:** Reactive dyeing, Afterclearing, Hydrolysis, Wastewater

### 1.GİRİŞ

Doğal kaynaklarımız çevre kirliliği, iklim değişikliği ve küresel ısınmanın da etkisiyle giderek azalmaktadır. Gelecekte dünyada yaşanan bu iklim değişikliğinden dolayı özellikle temiz su

kaynaklarına ulaşmak daha da zorlaşacaktır. Su, sadece insanlar için değil doğadaki tüm canlılar için yaşamsal önem arz eden temel bir unsurdur. Doğal su kaynaklarının bilinçsizce kullanılıp azalmasını önleyebilmek için her sektörde olduğu gibi sanayi dalları içerisinde en çok su tüketen tekstil endüstrisinin de alternatif çözümler bulması gerekmektedir. Tekstil boyahane işletmelerinde su, enerji ve kimyasal tüketimleri çok yoğun olmakla birlikte su kaynaklarının azalması, enerji fiyatlarının artması, kimyasal kullanımına bağlı olarak çevre ekosisteminin bozulması ile sürdürülebilir yeni proseslerin uygulanması zorunlu hale gelmiştir. Günümüzde boyama sonrası yıkama işlemi tekstil endüstrisindeki temel yöntemlerden biri olup ürünün nihai performansını etkilemektedir. Yıkama işleminde işlem ve mamul kalitesine etki eden pek çok faktör vardır. Bunlar; yıkama sayısı ve tekrarı, kullanılan suyun özellikleri, kullanılan kimyasal maddelerin miktarı ve kalitesi, yıkama sıcaklığı ve süresi şeklinde sıralanabilir (Can, Y.& Akaydın, Y., 2012). Dünyanın neresinde olursa olsun, tekstil sanayii su problemi ile karşı karşıyadır. Bu problemin tek çözümü su kullanımının daha kontrollü ve verimli yapılabilmesidir (Can, Y., 2014). Mevcut terbiye makinelerinde su tasarrufu için bazı önlemler alınsa da su tüketimi hala çok yüksek seviyelerdedir. Günümüzde suyun nasıl daha verimli kullanılabilmesi üzerine birçok çalışma yapılmaktadır. Tekstil boyahane işletmelerinde su, enerji ve kimyasal tüketimleri çok yoğun olmakla birlikte su kaynaklarının azalması, enerji fiyatlarının artması, kimyasal kullanımına bağlı olarak çevre ekosisteminin bozulması ile sürdürülebilir yeni proseslerin uygulanması zorunlu hale gelmiştir. Reaktif boyarmaddeler, pamuklu tekstil uygulamalarında kullanılan boyarmaddeler olarak bilinmektedirler. Boyarmadde aktif grupları üzerinden selülozik lif ile kimyasal reaksiyona girerek kovalent bağlar oluşturmaktadır. Bu sebeple yıkama ve sürtme renk haslık değerlerinin diğer boyamalara göre değerlendirildiğinde yüksek olması reaktif boyarmaddeleri tekstil endüstrisinde en çok tercih edilen ve sık kullanılan boyarmaddeler haline getirir. Hidrolize uğramış ve fikse olmamış boyarmaddeyi kumaş üzerinden uzaklaştırmak için tekrarlı yıkama işlemi gerekmektedir. Reaktif boyamada boyama işleminden sonra yapılan tekrarlı yıkama işlemi sebebiyle su tüketiminin artması ve çevrenin kirletilmesi gibi olumsuzluklar ortaya çıkmaktadır. İşletmelerde uygulanan yıkama işleminin yüksek oranda su, enerji, zaman ve işçilik tüketimine sebep olması yeni teknikler araştırmayı ve geliştirmeyi gerektirmiştir.

Günümüzde suyun nasıl daha verimli kullanılabilmesi üzerine birçok çalışma yapılmaktadır. Literatürde konu ile ilgili yapılan benzer çalışmalar aşağıda özetlenmiştir:

Kır "tekstil sanayi için ekonomik ve çevreci yıkama maddesi üretimi" adlı çalışmasında; farklı boya kombinasyonları uygulanarak oluşturulan toplam 6 reaktif boyama reçetesi ile yapılan boyama işlemi sonrasında kumaşlara yıkama işlemi uygulanmıştır. Boyalı kumaşlara yıkama işlemini iki farklı şekilde uygulamıştır. Poliakrilat bazlı yıkama maddesi kullanılarak normal işletme prosesine göre ve Oleik asit-DETA Diamid Monopropionat kullanılarak da çevreci yıkama prosesine göre yıkama işlemini gerçekleştirmiştir. Poliakrilat bazlı yıkama maddesi ile 7. yıkama işleminde elde edilen uygun yıkama banyosu, çevreci yıkama maddesi Oleik asit-DETA Diamid Monopropionat ile 4. yıkama adımında elde edilmiştir. Böylece mevcut işletme yıkama prosesine göre toplamda 3 banyo kısaltmıştır. Sonuçta su, enerji, buhar ve zaman açısından tasarruf sağlamıştır (Kır, 2013).

Burkinshaw ve arkadaşları yürüttükleri çalışmalarında, bis(aminoklortriazin) reaktif boyaması ile yapılan normal 6 adımlık yıkama prosesine karşı "poliamidli boncuk yıkama prosesi" ile ilgili çalışmalar yaparak su ve enerji kazancı sağlamayı hedef almışlardır. Denemeleri "Sinner's Döngüsüne" göre incelemişlerdir. Yapılan yıkama işlemlerinin ardından kumaşların haslıklarını spektrofotometrik yöntem kullanılarak banyo suları ile kumaşları test etmişlerdir. İlk yıkamanın 98°C'de yapılması ile büyük oranda hidroliz boya ile birlikte elktroliti de uzaklaştırmasının bir avantaj olduğundan bahsetmişlerdir. Bu işlemlerde kullanılan poliamid boncukların tekrar tekrar hatta yaklaşık 100 defa kadar kullanılabilmesini öngörmüşlerdir. Mekanizma olarak poliamid boncukların yüzeyine hidroliz boyayı adsorbladıklarını belirtmişlerdir (Burkinshaw ve ark. 2010).



Akçakoca ve arkadaşları çalışmalarında, çeşitli yıkama maddelerinin hidrolize boyanın uzaklaştırılmasındaki etkinliklerini spektral olarak değerlendirmişlerdir. Hidrolize boya emdirilmiş kumaş numunelerini, dördü anyonik, biri iyonik olmayan beş farklı yıkama maddesi ile çeşitli yıkama süreleri, flotte oranları ve yıkama maddesi konsantrasyonlarında yıkamışlardır. Yıkanan kumaşlar ve yıkama suları spektral yöntem yardımıyla değerlendirilerek hidrolize boyaların uzaklaştırılmasındaki verimlerini karşılaştırmışlardır. En iyi yıkama sonuçlarını noniyonik yıkama maddeleri ile elde etmişlerdir. Yıkama süresinin uzamasının, yıkama etkisini iyileştirmek yerine enerji tüketimi, su tüketimi ve maliyet artışına neden olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Sıvı oranının, hidrolize boyanın uzaklaştırılmasındaki verimlilik üzerinde baskın bir etkisinin olduğu gözlemlenmiştir. Yıkama süresinde ne kadar artış yapılırsa yapılsın yüksek flotte oranında elde edilen etkiye ulaşmamışlardır. Böylece yıkama süresini uzatmak yerine flotte oranını biraz artırmanın yıkama etkisini daha verimli hale getireceğini ön görmekteyizler (Akçakoca ve ark. 2007).

Kıroğlu ve arkadaşları "reaktif boyama işleminden sonra işletme ve laboratuvar yıkama uygulamalarının renk değişimine etkisinin incelenmesi" adlı çalışmalarında, pamuklu tekstil ürünlerinin reaktif boyarmaddeler ile boyanması sonrasında uygulanan işletme ve laboratuvar tipi yıkama işlemlerinin renk değerlerinde etkisinin olup olmadığını incelemişlerdir. 10 kg'lık jet boyama makinesinde boyanmış kumaşlarda ram ve etüvde kurutulan numunelerin arasında önemli bir renk farklılığı saptamamışlardır. Elde yıkama işlemi uygulanmış numune kumaşları incelediklerinde belirlenen tolerans değerinin aşılmadığını ancak rengin az bir miktar açıldığını gözlemlemişlerdir. Laboratuvarda yağlı-sulu ve IR sistemli cihazlarda rengin koyulaştığını ve yeşile gittiğini gözlemlemişlerdir. IR ısıtma sistemli cihazlarda genellikle belirlenen tolerans sınırlarının üstünde değerlere ulaşılmış, yağlı sulu sistemli cihazlarda genellikle renk değerlerinin standart değerlere göre kabul limitleri içerisinde sapma gösterdiği hesaplanmıştır (Kıroğlu ve ark. 2017).

Islam ve arkadaşları "a new approach for the removal of unfixed dyes from reactive dyed cotton by Fenton oxidation" adlı çalışmalarında fenton reaktifinin yıkamayla ortaya çıkan atık suyu arıtma yeteneğini ve yıkama işleminde yeniden kullanılabilirliğini test etmişlerdir. Reaktif boyamanın sonucunda oluşan atık su ilk olarak fenton oksidasyonu ile arıtılmış daha sonra yaygın olarak kullanılan reaktif boyama işlemi görmüş numunelerin çeşitli yıkama işlemlerinde yeniden kullanılmıştır. Deneysel sonuçlar incelendiğinde, optimize edilmiş miktarlarda  $FeSO_4$  ve  $H_2O_2$  kullanılarak asidik pH'da (3) fenton işleminin 30 dakikalık işlem süresinde renkte önemli bir azalma (%90-95) sağladığını ve tüm boyamaların  $\Delta E^*$  değerlerinin, endüstride ticari olarak kabul edilebilir bir tolerans seviyesi olan 1.0'a yakın olduğunu gözlemlemişlerdir. Mevcut çalışmada aynı zamanda su tasarrufu ve kirlilik yükünün azaltılması açısından da olumlu sonuçlar olduğunu gözlemlemişlerdir. Sonuçta fenton oksidasyonunun, tekstil fabrikalarından gelen kullanılmış sıvı veya atık suyun geri dönüştürülmesinde etkili ve verimli bir yöntem olduğu sonucuna varmışlardır (Islam ve ark. 2019).

Reaktif boyama sonrası kullanılan yıkama maddeleri ile ilgili birçok araştırma yapılmış olup yapılan çalışmalar incelendiğinde, kullanılan yıkama maddelerinde yıkama performanslarının azalması, işlemin yüksek sıcaklıklara ihtiyaç duyması, tekrarlanabilirliği gibi hususlar işletme ölçeklerinde uygulanabilirlik sorunu oluşturmaktadır. Bu çalışma literatürde ki eksikliği gidermek ve bu alandaki soruna dikkat çekmek üzerine yapılmıştır.

Bu çalışma kapsamında, kumaşların reaktif boyarmaddeler ile boyanması sonrasında daha sürdürülebilir ve kaynak tüketiminin azaltılabileceği alternatif bir yöntem olarak yıkama işlemi adımını azaltan ve yıkama işleminin aktivitesini değiştirmeyen bir kimyasal madde uygulama çalışması yapılmıştır. Endüstriyel ölçekte gerçekleştirilen kumaş boyama sonrası uygulanan ard yıkama işleminin kullanılan yeni yardımcı kimyasallar sayesinde banyo sayılarının azaltılması ve işlem sıcaklıklarının düşürülmesine olanak sağlanmış ve bu doğrultuda kullanılan su miktarı, zaman ve enerji sarfiyatından kazanç sağlanmıştır. Yeni yardımcı kimyasallar kullanılarak uygulanan ard

yıkama işleminde mevcutta uygulanan sabunlu ard yıkama işlemine kıyasla daha çevreci, verimli ve tasarruflu sürdürülebilirlik doğrultusunda üretime bir adım daha yaklaşmıştır.

## 2.MATERYAL VE METOT

### 2.1.Materyal

Çalışma kapsamında; %100 pamuk iplik kullanılarak farklı kumaş tipleri ve gramajlarındaki etkisini tespit etmek amacıyla yuvarlak örme makinesinde 32 pus 26 fein süprem, 32 pus 16 fein üç iplik kalitesinde numune kumaşlar örülmüştür. Kumaş yapısal parametreleri olarak; kumaş gramajı, ilmek yoğunluğu ve ilmek iplik uzunluğu özellikleri sırasıyla TS EN 12127, TS EN 14971:2006 ve TS EN 14970 standartlarına göre belirlenmiştir. İlmek sayısı (adet/cm), ilmek yoğunluğu (adet/cm) ve LFA (İlmek iplik uzunluğu, mm) değerleri 5'er tekrarlı olarak test edilmiştir. Makine çapıyla kumaş eni belirlenip, daha sonra çıkan kumaşların uzunlukları metre ile ölçülmüştür. Örme kumaş yapısal özellikleri Çizelge 1 ve Çizelge 2'de gösterilmiştir.

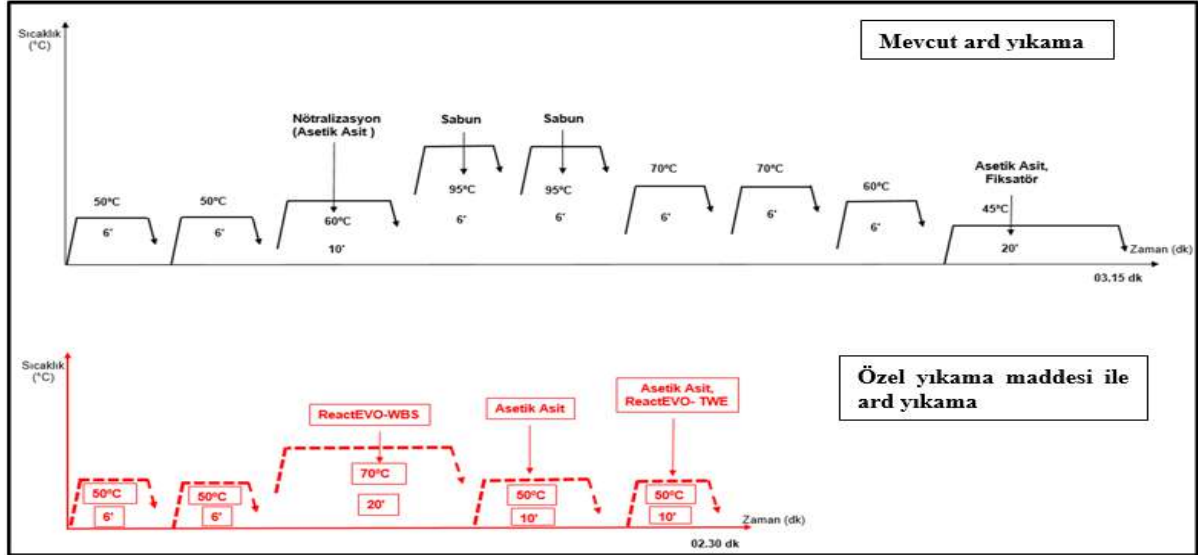
Çizelge 1. Süprem Numune Kumaşların Üretim Parametreleri

Süprem					
Numuneler		İlmek iplik Uzunluğu (mm)	İlmek Sıklığı (adet/cm)	Çubuk Sıklığı (adet/cm)	Kumaş Gramajı (g/m <sup>2</sup> )
ReactEVO WBS- ReactEVO TWE Yıkama Maddesi	Bordo	2,8	25	17	165
	Lacivert	2,3	24	15	225
	Siyah	2,6	29	21	140
Mevcut Yıkama Sabunu	Bordo	2,9	26	14	165
	Lacivert	3,1	35	16	225
	Siyah	2,6	25	18	125

Çizelge 2. Üç İplik Numune Kumaşların Yapısal Parametreleri

Üç İplik							
Numuneler		İlmek iplik Uzunluğu (mm)			İlmek Sıklığı (adet/cm)	Çubuk Sıklığı (adet/cm)	Kumaş Gramajı (g/m <sup>2</sup> )
		Ön	Orta	Arka			
ReactEVO WBS- ReactEVO TWE Yıkama Maddesi	Bordo	4,2	2,8	1,6	21	12	300
	Lacivert	3,2	4,3	2,1	22	9	470
	Siyah	4,4	4,8	2,3	18	10	470
Mevcut Yıkama Sabunu	Bordo	4	2,6	1,3	20	12	300
	Lacivert	4,1	4,4	2,1	18	10	470
	Siyah	4,2	4,3	2,1	19	10	470

Elde edilen kumaşlara boyama sonrası haslık parametresini belirlemek için özellikle koyu renk reaktif boyama (siyah, lacivert, bordo) işlemleri yapılmıştır. Ardından referans kumaşların reaktif boyalı kısmının ard yıkama işlemi mevcut standart yıkama sabunu kullanılarak 9 adımda yüksek sıcaklıklarda ve uzun sürelerde, numune kumaşların yıkama işlemi ise özel yıkama sabunu ve özel fiksator maddesi kullanılarak 5 adımda ve en yüksek 70 °C de iki farklı şekilde gerçekleştirilmiştir. Mevcut yıkama sabunu kullanılarak gerçekleştirilen ard yıkama işlemi siyah renk ile yeni özel yıkama maddesi kullanılarak gerçekleştirilen yıkama işlemi ise kırmızı renk ile çizilmiştir ve Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Yıkama Grafiği

Test ve ölçümlerden önce elde edilen tüm kumaş numuneleri TS EN ISO 139'a göre şartlandırılmıştır ve testler  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  sıcaklık ile  $\%65 \pm 4$  bağıl nem standart atmosferinde gerçekleştirilmiştir. Yıkama işlemi gerçekleştirilen numune kumaşlara performans testleri (haslık, boyutsal dayanım, patlama mukavemeti, boncuklanma dayanımı) uygulanmış ve sonuçları değerlendirilmiştir. Elde edilen numune kumaşların haslık özellikleri ISO105 E04, ISO105 E01, ISO105 X12, ISO105 C06 standartlarına uygun olarak, boyutsal dayanım testi ISO 6330 standardında test edilmiştir. Boncuklanma testi TS EN ISO 12945-2 standartlarına göre 4 kafası bulunan Martindale (SDL Atlas, Martindale M235) test cihazında gerçekleştirilmiştir. 14 mm çapında kesilen numuneler standart keçe ile desteklenerek tutuculara yerleştirilmiştir. Aşındırıcı yüzey olarak her bir numunenin kendisiyle sürtünmesi gerçekleştirilmiş ve örgü kumaşlar için 2000 devirde boncuklanma testleri yapılmıştır. Patlama mukavemeti testi TS EN ISO 13938-2 (2003) standardına göre yapılmış olup kullanılan cihaz hava basınçlı Dijital Truburst patlama mukavemeti test cihazıdır (James Heal/İngiltere). Test esnasında  $50\text{ cm}^2$  test başlığı kullanılmıştır. Patlama süresi  $20 \pm 5$  sn olacak şekilde ayarlanmıştır. Her bir kumaş numunesinden çapraz yönde alınan 5 ölçümün ortalaması patlama anındaki yükseklikleri (mm), patlama basıncı (kPa) ve deney süreleri (saniye) kaydedilmiştir.

### 3.ARAŞTIRMA BULGULARI

#### 3.1 Kumaş performans testleri

##### 3.1.1 Haslık

Yıkama işlemleri gerçekleştirilen bordo, lacivert ve siyah renk süprem ve üç iplik kalitesinde kumaşların haslık test sonuçları sırasıyla Çizelge 3, Çizelge 4 ve Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 3. Bordo Numune Kumaş Haslık Test Değerleri

Bordo								
Yıkama Maddesi	Kumaş Kalitesi	Multifiber	Ter		Su	Sürtme		Yıkama
			Asit	Alkali		Kuru	Yaş	
Mevcut Yıkama Sabunu	Süprem	Yün	4/5	4/5	4/5	4/5	3	4/5
		Akrilik	4/5	4/5	4/5			4/5
		Polyester	4/5	4/5	4/5			4/5
		Naylon	4/5	4/5	4/5			4
		Pamuk	4/5	4/5	4/5			4/5
		Asetat	4/5	4/5	4/5			4/5

	Üç İplik	Yün	4/5	4/5	4/5	4	3	4/5
		Akrilik	4/5	4/5	4/5			4/5
		Polyester	4/5	4/5	4/5			4/5
		Naylon	4/5	4/5	4/5			4/5
		Pamuk	4/5	4/5	4/5			4/5
		Asetat	4/5	4/5	4/5			4/5
REACTEVO WBS- REACTEVO TWE Yıkama Maddesi	Süprem	Yün	4/5	4/5	4/5	4	3/4	4/5
		Akrilik	4/5	4/5	4/5			4/5
		Polyester	4/5	4/5	4/5			4/5
		Naylon	4/5	4/5	4/5			4/5
		Pamuk	4/5	4/5	4/5			4/5
		Asetat	4/5	4/5	4/5			4/5
	Üç İplik	Yün	4/5	4/5	4/5	4/5	3/4	4/5
		Akrilik	4/5	4/5	4/5			4/5
		Polyester	4/5	4	4/5			4/5
		Naylon	3/4	4	4			4
		Pamuk	4	4/5	4			4
		Asetat	4/5	4/5	4/5			4

Ard yıkama işlemi uygulanan bordo renk süprem ve üç iplik kumaşların haslık test sonuçları incelendiği zaman özel yıkama maddesi kullanılarak yapılan yıkama işleminin mevcut yıkama sabunu kullanılarak yapılan yıkama işleminde elde edilen haslık test sonuçlarına göre yaş sürtme haslığında yarım puanlık iyileşme sağladığı gözlemlenmiştir.

**Çizelge 4.** Lacivert Numune Kumaş Haslık Test Değerleri

Lacivert								
Yıkama Maddesi	Kumaş Kalitesi	Multifiber	Ter		Su	Sürtme		Yıkama
			Asit	Alkali		Kuru	Yaş	
Mevcut Yıkama Sabunu	Süprem	Yün	4/5	4/5	4/5	4	3	4/5
		Akrilik	4/5	4/5	4/5			4/5
		Polyester	4/5	4/5	4/5			4/5
		Naylon	3/4	4/5	3/4			4/5
		Pamuk	4	3/4	4			4/5
		Asetat	4/5	4/5	4/5			4/5
	Üç İplik	Yün	4	4	4	4	3	4/5
		Akrilik	4	4	4/5			4/5
		Polyester	4	4	4			4/5
		Naylon	3/4	4	3/4			4/5
		Pamuk	3	3	4			4
		Asetat	4/5	4/5	4/5			4/5
REACTEVO WBS- REACTEVO TWE Yıkama Maddesi	Süprem	Yün	4/5	4/5	4/5	4/5	3/4	4/5
		Akrilik	4/5	4/5	4/5			4/5
		Polyester	4/5	4/5	4/5			4/5
		Naylon	4	4/5	4/5			4/5
		Pamuk	4	4	4/5			4
		Asetat	4/5	4/5	4/5			4/5
	Üç İplik	Yün	4/5	4/5	4/5	4/5	3/4	4/5
		Akrilik	4/5	4/5	4/5			4/5
		Polyester	4/5	4/5	4/5			4/5
		Naylon	4	4/5	4/5			4/5
		Pamuk	4/5	4/5	4/5			4/5
		Asetat	4/5	4/5	4/5			4/5

Ard yıkama işlemi tamamlanan lacivert renk süprem ve üç iplik kumaşlarının haslık test sonuçları incelendiğinde özel yıkama maddesi kullanılarak yapılan yıkama işleminin mevcut yıkama sabunu kullanılarak yapılan yıkama işleminin haslık test sonuçlarına göre kuru sürtme ve yaş sürtme değerlerinde yarım puan ve 1 puanlık iyileşme sağladığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 5. Siyah Numune Kumaş Haslık Test Değerleri

Yıkama Maddesi	Kumaş Kalitesi	Siyah					Sürtme		Yıkama
		Multifiber	Ter		Su	Kuru	Yaş		
			Asit	Alkali					
Mevcut Yıkama Sabunu	Süprem	Yün	4/5	4/5	4/5	4	3	4/5	
		Akrilik	4/5	4/5	4/5			4/5	
		Polyester	4/5	4/5	4/5			4/5	
		Naylon	4	4/5	3/4			4/5	
		Pamuk	4/5	4	4			4/5	
		Asetat	4/5	4/5	4/5			4/5	
	Üç İplik	Yün	4/5	4/5	4/5	4	3/4	4/5	
		Akrilik	4/5	4/5	4/5			4/5	
		Polyester	4/5	4/5	4/5			4/5	
		Naylon	4	4/5	4			4/5	
		Pamuk	4/5	4	4			4/5	
		Asetat	4/5	4/5	4/5			4/5	
REACTEVO WBS- REACTEVO TWE Yıkama Maddesi	Süprem	Yün	4/5	4/5	4/5	4/5	3/4	4/5	
		Akrilik	4/5	4/5	4/5			4/5	
		Polyester	4/5	4/5	4/5			4/5	
		Naylon	4/5	4/5	4/5			4/5	
		Pamuk	4/5	4/5	4/5			4/5	
		Asetat	4/5	4/5	4/5			4/5	
	Üç İplik	Yün	4/5	4/5	4/5	4	3/4	4/5	
		Akrilik	4/5	4/5	4/5			4/5	
		Polyester	4/5	4/5	4/5			4	
		Naylon	4	4/5	4/5			4	
		Pamuk	4/5	4/5	4/5			3/4	
		Asetat	4/5	4/5	4/5			4	

Ard yıkama işlemi uygulanan siyah renk süprem ve üç iplik kumaşın haslık test sonuçları incelendiğinde yeni yıkama maddesi kullanılarak yapılan yıkama işleminin mevcut yıkama sabunu kullanılarak yapılan yıkama işleminin haslık test sonuçlarına göre birbiriyle çok yakın değerlerde olduğu gözlemlenmiştir.

### 3.1.2 Cielab Renk Ölçümü

X-rite 7800 Spektrofotometre cihazı ile kumaşların CIELab renk değerleri ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ); D65/10 altında, spekular bileşen dâhil olacak şekilde ölçülmüş ve değerler sırasıyla Çizelge 6 ve Çizelge 7'de gösterilmiştir.

Çizelge 6. Süprem Kalitesindeki Kumaşlara Ait Renk Ölçüm Değerleri

	Yıkama Maddesi	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta H^*$
Siyah	Mevcut Sabunlu Ard Yıkama	14,96	0,64	-0,44	-	-	-	-
	Yeni Yıkama Maddesi İle Yıkama	-	-	-	- 0,42 daha koyu	0,33 daha kırmızı	- 0,16 daha mavi	0,05 daha kırmızı
Lacivert	Mevcut Sabunlu Ard Yıkama	17,17	1,21	-7,93	-	-	-	-
	Yeni Yıkama Maddesi İle Yıkama	-	-	-	- 0,21 daha koyu	0,21 daha kırmızı	- 1,08 daha mavi	0,05 daha kırmızı
Bordo	Mevcut Sabunlu Ard Yıkama	24,56	31,66	8,43	-	-	-	-
	Yeni Yıkama Maddesi İle Yıkama	-	-	-	- 0,57 daha koyu	0,95 daha kırmızı	3,31 daha sarı	2,87 daha sarı

Çizelge 7. Üç İplik Kalitesindeki Kumaşlara Ait Renk Ölçüm Değeri

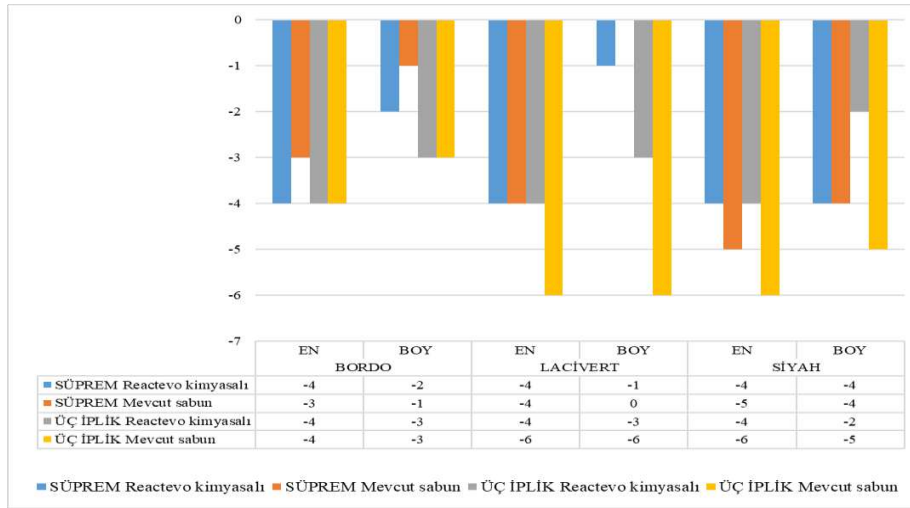
	Yıkama Maddesi	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta H^*$
Siyah	Mevcut Sabunlu Ard Yıkama	14,96	0,53	-1,18	-	-	-	-
	Yeni Yıkama Maddesi İle Yıkama	-	-	-	- 0,86 daha koyu	0,18 daha kırmızı	0,54 daha sarı	0,45 daha kırmızı

Lacivert	Mevcut Sabunlu Ard Yıkama	17,57	-0,13	-6,88	-	-	-	-
	Yeni Yıkama Maddesi İle Yıkama	-	-	-	- 0,58 daha koyu	0,22 daha kırmızı	0,57 daha sarı	0,21 daha kırmızı
Bordo	Mevcut Sabunlu Ard Yıkama	23,14	30,47	8,73	-	-	-	-
	Yeni Yıkama Maddesi İle Yıkama	-	-	-	1,46 daha açık	1,59 daha kırmızı	-0,74 daha mavi	-1,13 daha mavi

Yeni yıkama maddesi kullanılarak gerçekleştirilen kumaş ard yıkama işlemi süprem kalitesinde ve üç iplik kalitesinde kumaşlara uygulanmıştır. Numune kumaşları renk ölçüm değerleri incelendiğinde yeni yıkama maddesi kullanılarak gerçekleştirilen kumaş ard yıkama işleminin değerlerinin mevcut sabunlu ard yıkama prosesinde işlem gören kumaşların değerlerine yakın ve bir miktar daha koyu olduğu gözlemlenmiştir.

### 3.1.2 Boyutsal dayanım

Numunelere ait boyutsal dayanım test sonuçları Şekil 2’de yer alan grafik üzerinde gösterilmiştir.



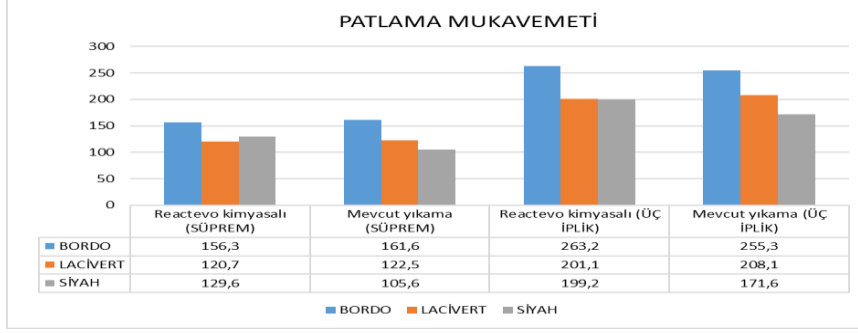
Şekil 2. Boyutsal Dayanım Grafiği

Yıkama işlemi gerçekleştirilen bordo renk süprem ve üç iplik kalitesindeki kumaşların boyutsal dayanım test sonuçları incelendiğinde değerlerde gözle görülebilir bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Lacivert ve siyah renkli süprem kalitesindeki kumaşların boyutsal dayanım test sonuçlarına bakıldığında aynı şekilde sonuçlarda önemsenecek bir fark olmadığı ancak üç iplik kalitesindeki boyutsal dayanım test sonuçlarının en ve boy değerlerinin mevcut sabunlu yıkamaya kıyasla daha iyi olduğu gözlemlenmiştir.

### 3.1.3 Patlama mukavemeti

Yıkama işlemi gerçekleştirilen numune kumaşların patlama mukavemeti(kPa) değerleri Şekil 3’te grafik üzerinde gösterilmiştir.

Özel yıkama maddesi kullanılarak gerçekleştirilen kumaş ard yıkama işleminin mevcut sabun kullanılarak uygulanan ard yıkama işlemine kıyasla patlama mukavemeti değerleri incelendiğinde süprem kalitesindeki kumaşların sonuçlarında gözle görülür bir fark oluşturmadığı sadece siyah renk süprem kalitesindeki kumaşın test sonuçları değerlerinde iyileşme olduğu gözlemlenmiştir. Üç iplik kalitesindeki kumaşların patlama mukavemeti test sonuçları incelendiğinde bordo ve siyah renk kumaşların patlama mukavemeti değerlerinin mevcut sabun kullanılarak uygulanan yıkama işlemine kıyasla biraz daha yüksek değerlerde olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 3. Patlama Mukavemeti Grafiği

### 3.1.4 Boncuklanma dayanımı

Boncuklanma eğilimi ışık kabininde D65 gün ışığı altında görsel olarak değerlendirilmiştir. Numune kumaşlara ait boncuklanma dayanımı değerleri Çizelge 8’de gösterilmiştir.

Çizelge 8. Boncuklanma Dayanımı Test Sonuçları

Yıkama Kimyasalı	Kumaş Kalitesi	Bordo	Lacivert	Siyah
Mevcut Sabunlu Yıkama	Süprem	3	3/4	3/4
	Üç İplik	3/4	4	3
REACTEVO WBS- REACTEVO TWE Yıkama Maddesi	Süprem	3/4	4	3/4
	Üç İplik	4	4	4

Bordo renkli süprem ve üç iplik kalitesindeki kumaşların boncuklanma dayanımı değerleri incelendiğinde özel yıkama maddesi kullanılarak yapılan yıkama işleminin mevcut yıkama sabunu kullanılarak yapılan yıkama işleminin kumaşına kıyasla yarım puanlık iyileşme sağladığı tespit edilmiştir. Lacivert renkli süprem kalitesindeki kumaşın boncuklanma dayanımı değerleri incelendiğinde özel yıkama maddesi kullanılarak yapılan kumaş yıkama işleminin mevcut yıkama sabunu kullanılarak yapılan kumaş yıkama işlemine göre yarım puanlık iyileşme sağladığı ancak üç iplik kalitesindeki boncuklanma dayanımı değerlerinde değişim olmadığı gözlemlenmiştir.

Siyah renk boyalı süprem kalitesindeki kumaşların boncuklanma dayanımı değerleri incelendiğinde özel yıkama maddesi kullanılarak yapılan kumaş yıkama işleminin mevcut yıkama sabunu kullanılarak yapılan kumaş yıkama işlemine göre bir değişim göstermediği ancak siyah renkli üç iplik kalitesindeki kumaşların değerlerinde 1 puanlık iyileşme olduğu gözlemlenmiştir.

### 3.1.4 Tasarruf oranları

Çalışma kapsamında ard yıkama işleminde mevcut yıkama sabunu yerine yeni yıkama maddesi kullanılarak elde edilen tasarruf oranları Çizelge 9, 10 ve 11’de gösterilmiştir.

Çizelge 9. Harcanan Enerji Miktarı

Yıkama Prosesi	Banyo Adım Sayısı	Harcanan Enerji
Mevcut Sabunlu Ard Yıkama Prosesi	9	219.450 kJ
Yeni Yıkama Maddesi İle Ard Yıkama Prosesi	5	29.260 kJ
<b>Fark=</b>		190.190 kJ (%87)

Çizelge 10. Tüketilen Su Miktarı

Yıkama Prosesi	Banyo Adım Sayısı	Tüketilen Su Miktarı
Mevcut Sabunlu Ard Yıkama Prosesi	9	3.150 lt
Yeni Yıkama Maddesi İle Ard Yıkama Prosesi	5	1.750 lt
<b>Fark=</b>		1.400 lt (%45)

Çizelge 11. Harcanan Zaman Miktarı

Yıkama Prosesi	Banyo Adım Sayısı	Harcanan zaman
Mevcut Sabunlu Ard Yıkama Prosesi	9	195 dakika
Yeni Yıkama Maddesi İle Ard Yıkama Prosesi	5	150 dakika
<b>Fark=</b>		45 dakika (%23)

Yeni yıkama maddesi kullanımıyla kumaş performans ve kalite parametrelerinde iyileşmelerin olduğu ilaveten su, enerji, ve zaman tasarruflarının sağlanmasıyla tekstil boya sektöründe ekolojik üretim yöntemleri içerisinde en iyi uygulama yöntemlerinden biri olduğu ön görülmektedir.

#### 4. SONUÇLAR

Yapılan çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir;

MEM Tekstil'in sürdürülebilirlik politikası çerçevesinde geliştirilen Ar-Ge çalışmalarında yeni yıkama maddesi ile mevcut sistemde 9 banyoda, yüksek sıcaklıklarda ve uzun sürelerde gerçekleştirilen reaktif yıkama işlemi 5 adımda ve en yüksek 70°C de gerçekleştirilmiştir. Oluşan atık su miktarları da kullanılan banyo suyu miktarlarında azalma olduğundan daha çevreci bir yaklaşım oluşturmaktadır.

Yıkama işlemi gerçekleştirilen kumaşlara haslık, boyutsal dayanım, patlama mukavemeti ve boncuklanma dayanımı testleri uygulanmıştır. Özel yıkama maddesi kullanılarak yapılan ard yıkama işlemine ait her iki kumaş kalitesin haslık testi sonuçları incelendiğinde mevcut yıkama sabunu kullanılarak yapılan ard yıkama işlemine göre daha iyi yaş ve kuru sürtme haslık sonuçlarına sahip olduğu tespit edilmiştir. Boyutsal dayanım test sonuçları incelendiğinde bordo renkli süprem ve üç iplik kumaş kalitelerinde önemsenecek bir fark saptanmamıştır. Lacivert ve siyah renk boyalı üç iplik kumaş kalitelerinde en ve boyda iyileşme sağladığı gözlemlenmiştir. Patlama mukavemeti testi sonuçlarında süprem kalitesindeki kumaşların değerlerinde özel yıkama maddesi kullanılarak gerçekleştirilen yıkama işleminin mevcut yıkama sabunu kullanılarak yapılan yıkama işlemine göre bir fark oluşturmadığı ancak siyah renkli kumaşın değerinin daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Üç iplik kalitesindeki kumaşların patlama mukavemeti testi sonuçları incelendiğinde bordo ve siyah renk kumaşların değerlerinin mevcut yıkama sabunu kullanılarak gerçekleştirilen yıkama işlemindeki kumaşların değerlerine göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Boncuklanma dayanımı değerleri incelendiğinde bordo renkli süprem ve üç iplik kalitesindeki kumaşlara özel yıkama maddesi kullanılarak uygulanan yıkama işleminin mevcut yıkama sabunu kullanılarak uygulanan yıkama işlemine kıyasla yarım puanlık iyileşme sağladığı gözlemlenmiştir. Lacivert renk süprem kumaşın değerlerinde özel yıkama maddesi uygulamanın yarım puanlık iyileşme sağladığı üç iplik kalitesindeki değerlerde değişim olmadığı tespit edilmiştir. Siyah renk kumaşın boncuklanma dayanımı değerleri incelendiğinde özel yıkama maddesi kullanılarak gerçekleştirilen kumaş yıkama işleminin mevcut yıkama sabunu kullanılarak gerçekleştirilen yıkama işlemine göre üç iplik kalitesinde 1 puanlık iyileşme sağladığı gözlemlenmiştir.

#### 5. KAYNAKLAR

- Akçakoca, E.P., Özgüney, A.T., Atav, R., (2007), *The efficiency of washing agents in the post-dyeing removal of hydrolyzed reactive dye*, *Dyes and Pigments*, Sayı:72, Sayfa: 23-27.
- Burkinshaw, S.M., Kabambe, O., (2011), *Attempts To Reduce Water And Chemical Usage In The Removal Of Bifunctional Reactive Dyes From Cotton: Part 2 Bis(Vinyl Sulfone), Aminochlorotriazine/Vinyl Sulfone And Bis(Aminochlorotriazine/Vinyl Sulfone) Dyes*, *Dyes and Pigments*, Sayı:88, Sayfa: 220-229.
- Can, Y., Akaydın, Y., (2012), *Yıkama İşleminin Pamuklu Bezayağı Kumaşların Boncuklanma Özelliğine Etkileri*, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt 19, Sayı 4, Sayfalar 170-173.
- Can, Y., (2014) *Tekstil Sektöründe Su Kullanımı ve Atık Su Yönetimi*, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt 19, Sayı 4, Sayfa: 170-173.
- Islam, S., Shaikh, I. A., Firdous, N., Ali, A., Sadaf, Y., (2019), *A New Approach For The Removal Of Unfixed Dyes From Reactive Dyed Cotton By Fenton Oxidation*, *Journal of Water Reuse and Desalination*, Cilt 9, Sayı 2, 133-141.
- Kır, Z.N., (2013), *Tekstil Sanayi İçin Ekonomik Ve Çevreci Yıkama Maddesi Üretimi*, *Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Bölümü*.
- Kıroğlu, M., Fettahov, R., Kaplan, M., (2017), *Reaktif Boyama İşleminin Sonra İşletme Ve Laboratuvar Yıkama Uygulamalarının Renk Değişimine Etkisinin İncelenmesi*, *Bartın Üniversitesi Mühendislik ve Teknoloji Bilimleri Dergisi*, Cilt 5, Sayı 1, Sayfa: 35-39.



# PAMUK LİFLERİNİN KATYONİKLEŞTİRME YARDIMIYLA BOYANABİLİRLİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Sultan ARAS ELİBÜYÜK<sup>1</sup>, Mustafa ÇÖREKÇİOĞLU<sup>1</sup>, Fatma Filiz YILDIRIM<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ozanteks Tekstil San. ve Tic. A.Ş. AR-GE Merkezi Denizli/Türkiye

<sup>2</sup>Pamukkale Üniversitesi/Acipayam Meslek Yüksekokulu/Tekstil, Giyim, Ayakkabi ve Deri Bölümü/Ayakkabi Tasarım ve Üretimi Pr.

saras@ozanteks.com.tr

## ÖZET

Tekstil sektöründe en çok boyanan lif türü pamuktur ve reaktif boyarmaddeler ile boyanmaktadır. Pamuk liflerinin boyarmaddelere olan afinitesinin yetersizliği yüksek oranda elektrolit kullanımı sayesinde giderilmekte ve haslıkları iyi çıkmaktadır. Yüksek miktardaki tuz ve bazik madde kullanımı reaktif boyamaların ardından yüksek atık su yükü oluşmasına neden olmaktadır. Pamuk liflerinin boyanma özelliklerini değiştirmek için literatürde üzerinde en fazla çalışılan konulardan biri katyonikleştirme işlemidir. Ozanteks Tekstil için yeni bir süreç olan bu çalışma da, laboratuvar deneyleri Pamuk liflerinin reaktif ve diğer boyarmaddelere olan afinitesini artırmak için uzun süredir kullanılan katyonikleştirme işlemi farklı yöntemlerle denenmiştir. Şartların optimizasyonunun sağlanabilmesi için katyonikleştirme işlemi farklı iplik numaralarında, gramajlarda ve konstrüksiyonlarda kumaşlara uygulanmıştır ve işlem uygulanmış kumaşların performans özellikleri analiz edilmiştir. Bu çalışma ile pamuklu ve seçilen sürdürülebilir liflerin katyonikleştirme işleminin Ne 30/1 kumaşta optimize edilmesi, daha sonra optimizasyon sonucunda elde edilen Katyonikleştirilmiş boyamaların kumaşların fiziksel etkilerinin incelenmesi ve son olarak da, sağladığı boyama tasarruf değerlerinin incelenmesi anlatılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Katyonikleştirme, Pamuk, Ön terbiye, Hidrofilite, Haslık

## INVESTIGATION OF THE DYEABILITY PROPERTIES OF COTTON FIBERS WITH THE ASSISTANCE OF CATIONIFICATION

### ABSTRACT

The most dyed fiber type in the textile industry is cotton, and it is dyed with reactive dyes and auxiliary substances such as soda and salt. The lack of affinity of cotton fibers to dyestuffs is eliminated by the use of high amounts of electrolytes and cotton fabrics with good fastness are produced. However, the use of this high amount of salt and alkaline substances causes a high wastewater load after reactive dyeings. One of the most studied topics in the literature to change the dyeing properties of cotton fibers is cationization. In this study, which is a new process for Ozanteks Tekstil, laboratory experiments carried out the cationization process, which has been used for a long time to increase the affinity of cotton fibers to reactive and other dyestuffs, with different methods. In order to optimize the conditions, the cationization process was applied to fabrics with different yarn counts, weights and constructions, and the performance properties of the treated fabrics were analyzed. In this study, optimizing the cationization process of cotton and selected sustainable fibers, then examining the physical effects of the dyeings obtained as a result of the optimization on the fabrics, and finally, examining the savings values and the gains in wastewater load were evaluated.

**Keywords:** Cationization, Cotton, Pre-treatment, Hydrophilicity, Fastness.

## 1.GİRİŞ

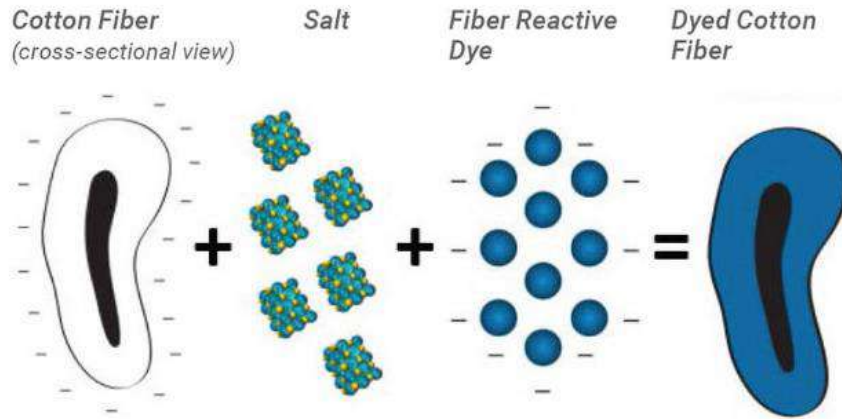
Pamuk tekstilde en çok kullanılan liflerden biridir. Pamuğun boyanabilirlik ve kolay bakım özelliklerinin artırılması amacıyla çalışmalar yapılmıştır (Oktav ve Dayıoğlu 2009). Günümüzde normal pamuğun boyanmasında en çok kullanılan boyarmaddeler olarak reaktif, direkt, küp ve kükürt boyarmaddeler sayılabilir. Bu boyalar ile yapılan boyama işlemi çok enerji ve su tüketen ayrıca ek olarak kirlilik üreten bir prosestir. Bunun nedeni daha çok ticari olarak üretilen mevcut reaktif, direkt, küp ve kükürt boyaların anyonik yüke sahip olmaları ve hafif anyonik yapıya sahip pamuk liflerine karşı sadece orta afiniteye sahip olmalarıdır (Özdemir 2017).

Selülozik malzemelerin reaktif ve direkt boyalarla boyanması ticari olarak çok popüler olmakla birlikte çevre dostu değildir. Öte yandan pigment renkler geleneksel çektirme yöntemleriyle uygulanamamaktadır. Bu problemler selülozik malzemelerin afinitesinin artırılmasıyla çözülebilir veya en aza indirilebilir. Selülozik liflerin katyonizasyonu, reaktif boyalar, direkt boyalar ve anyonik dağıtıcılarla dağılmış pigment renkleri gibi anyonik boyalara karşı afiniteyi artırır (Choudhury 2014).

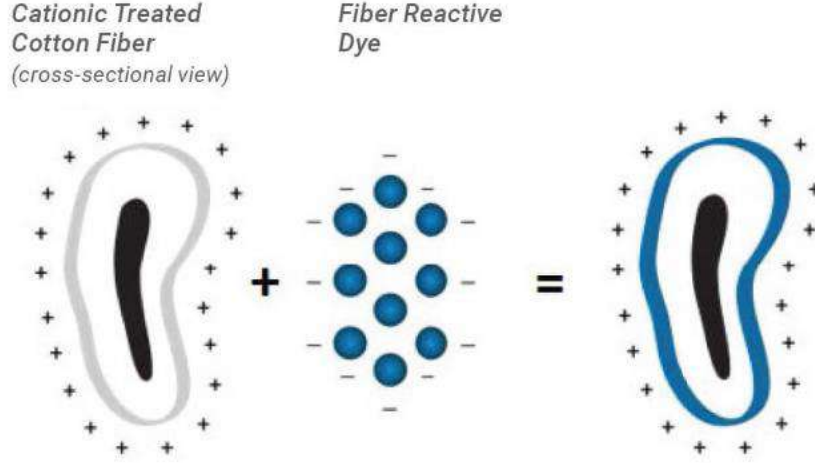
Katyonik pamuk, kalıcı katyonik veya pozitif yüke sahip olacak şekilde kimyasal olarak değiştirilmiş pamuktur. Katyonik işlem görmüş pamuk kavramı uzun yıllardan beri mevcut olmasına rağmen, bu yenilikçi teknolojinin, ürünlerinin geliştirilmesinde su, enerji ve kimyasal tüketimini azaltmanın yollarını arayan ve aynı zamanda yanıt verme hızını artırmanın yollarını arayan şirketler arasında popüleritesi artmaya devam etmiştir.

Pamuk suya batırıldığında doğal olarak nötr veya hafif negatif yüke sahiptir. Pamuk için kullanılan yaygın boyalar da negatif yüke sahiptir. Miknatısların ortak kutupları gibi aynı yükler de birbirini iter. Bu nedenle, tipik pamuğun boyanmasında, boya banyosunda pamuğun pozitif yüke sahip olmasını sağlamak ve boyaların reaksiyona girmesine ve pamuğa bağlanmasına izin vermek için pamuğun yükünü tersine çevirmek üzere tuz ve alkali kullanılır (Şekil 1). Katyonik işlem görmüş pamuk, kalıcı bir katyonik veya pozitif yüke sahip olacak şekilde kimyasal olarak değiştirilerek pamuğu boyamaya "dost" hale getirir ve boya kullanımını artırır (Şekil 2). Bu da daha az su, enerji ve kimyasal kullanan daha kısa ve daha verimli bir boyama işlemi yaratır. Pamuk, elyaf, iplik veya kumaş formunda katyonik işlemle işlenebilir (internet erişimi 1).

Pamuğun katyonikleştirilmesinde pamuk ile reaksiyona girebilen çeşitli reaktif gruplara sahip katyonik maddeler kullanılır. Selüloz, hidroksil grupları sayesinde kuaterner amonyum grupları veya amin grupları ile reaksiyona girerek katyonize edilebilmektedir. Literatürde bu konuda birçok tez çalışması, proje ve yayın bulunmaktadır (Lewis ve Lei 1991, Özdoğan 2003, Erdas ve diğ. 2003, Bozacı 2007, Teng ve diğ. 2010, Kazan 2015).



Şekil 1. Geleneksel pamuk boyama (internet erişimi 1)



**Şekil 2.** Katyonik Pamuk Boyama (internet erişimi 1)

Katyonize pamuğun çok yüksek bir ekolojik etkisi vardır. Pamuklu tekstilleri boyamak için gereken kimyasalların miktarı potansiyel olarak %50'ye kadar azaltılabilir. Daha fazla araştırma ve geliştirme, uygulama sürecini iyileştirmeye ve ürün kalitesini iyileştirmeye devam etmektedir. Katyonize pamuğun tuzsuz boyanması, reaktif grup tipinin katyonize pamukta boya verimini etkilemediğini ve renk haslığının değişmediğini göstermiştir (Choudhury 2014).

Su tasarrufu için değerlendirildiğinde neredeyse %100 boya kullanımı, atık suyu ve sabitlenmemiş boyayı çıkarmak için kumaşın durulanması ihtiyacını önemli ölçüde azaltır. Ayrıca, boya banyosu temiz çıkmaktadır. Rengin kumaşa daha çabuk yapışması sayesinde boyama süresi kısılır, böylece enerji tasarrufu sağlar. Aynı rengi elde etmek için genel olarak daha az boya maddesine ihtiyaç duyulur. Boyama prosesinde tuz ve alkali ihtiyacını ortadan kaldırır. Büyük oranda da kimyasal tasarrufu sağlar (internet erişimi 1).

Bu çalışma ile pamuklu ve seçilen sürdürülebilir liflerin katyonikleştirme işleminin Ne 30/1 kumaşta optimize edilmesi, daha sonra optimizasyon sonucunda elde edilen katyonikli boyamaların kumaşların fiziksel etkilerinin incelenmesi ile boyama verimliliği sağladığı kazanımlar değerlendirilmiştir.

## 2.MATERYAL VE METOT

Çalışma kapsamında birçok deneme yapılmıştır. Bu çalışma genelinde laboratuvar çalışması olan emdirme denemesini değerlendireceğiz. Numune kumaş için Ne 30/1 poplin bez kumaş kullanılmıştır. Farklı kimyasalıcılardan 3 farklı katyonik maddesi seçilmiştir. Farklı reçeteler oluşturulmuştur. Fakat reçeteler ve kimyasal isimleri şirket prosedürü olduğu için çalışmada verilememektedir.

Pad-batch yönteminde işlem, soğukta yapılmaktadır. İşletme sıcaklığında yaklaşık 20 °C olarak uygulanır. Fular teknesindeki flottenin sıcaklığı emdirme işlemi boyunca yükselmemelidir. Sıcaklık artışı özellikle boyamada önemli sorunlara neden olur (renk tutmaması, abraj, boya kusması vb.). Emdirme-soğukta bekletme ile boyamada reaktif boyar maddeler çok kullanılır. Bu boyar maddelerin hidroliz olma tehlikesi flottenin sıcaklığı yükseldikçe artarak hatalı boyamalara ve boyar madde kaybına neden olur.

Kumaşlar ilk olarak kasarılama işlemine tabi tutulmaktadır. Kasarılama yapılan kumaşlara katyonik maddeler verilmektedir. Islatıcı ile birlikte katyonikleştirme işlemi yapılan kumaşlar için boya teknesi hazırlanmaktadır. Boyama için koyu tonlarda olması, karşılaştırma ve istatistiksel analiz açısından bize yol göstermesi için Red HF6BN seçilmiştir. 20\*30 cm boyutunda kesilen kasarılama işlemi yapılmış daha sonra katyonikleştirilmiş kumaşlar hazırlanmıştır. Kumaşlar ıslatılmıştır. Tekneye dökülen boyarmaddenin içerisinden geçirilen kumaşlar sıkma silindirlere de geçirilerek borulara sarılır ve beklemesiz ve belirli saat aralıkları ile beklemeli olarak deneme yapılmıştır (Şekil 3). Ard işlem olarak ise, 1 soğuk durulama 5 dakika, 1 sıcak durulama (90° C) 5 dakika ve kurutma yapılmıştır.



**Şekil 3.** Fular ve sıkma silindirlerinden kumaş geçirme (internet erişimi 2).

### 3.ARAŞTIRMA BULGULARI

Kumaşlar kurumasının ardından haslık testlerine tabi tutulmuştur. Yıkamaya karşı renk haslığı tayini: Boyanmış numunelerin yıkama haslığı tayini TS-7584'e (ISO-105 C06) göre yapılmıştır. Yıkama haslığı tayini için 40°C'da 30 dakika süreyle 4 g/L'lik deterjan (ECE) çözeltisiyle işleme tabi tutulmuştur. Numuneler durulanıp kurutulduktan sonra değerler gri skala ile (1-5 arası) değerlendirilmiştir.

Sürtünmeye karşı renk haslığı tayini: Numunelerin sürtünmeye karşı renk haslığı tayini TS-717'ye (ISO 105-X12) göre sürtünme test cihazı (crockmeter) ile kuru ve yaş olarak yapılmış ve gri skala ile (1-5 arası) değerlendirilmiştir. Bu çalışmada beklemez olarak denemeleri yapılan numunelerin sonuçları paylaşılmıştır. Değerler sunum esnasında tablo halinde verilecektir.

Yıkama haslıkları çok iyi sonuç verirken sürtme haslık değerleri beklenilenin altında çıkmıştır. Yaş sürtme haslıkları için iyileştirme alternatifleri düşülmesi gerekmektedir. Boyaması yapılan numunelerin Spektrofotometre ile renk verimi (K/S) ve CIE L\*a\*b\* değerleri ölçülmüştür. Renk ölçümü: Kumaşların renk değerlerinin ölçümleri spektrofotometresi kullanılarak D65 gün ışığı altında, 10° gözlem açısı altında yapılmıştır. Spektral fotometre ile numunelerin ayrıca CIE L\*a\*b\* değerleri de ölçülmüştür. K/S; L\*: Açıklık/koyuluk değeri (+ daha açık, - daha koyu), a\*: Kırmızılık/yeşillik değeri (+ daha kırmızı, - daha yeşil), b\*: Sarılık/mavilik değeri (+ daha sarı, - daha mavi), dE\* (toplam renk farkı) değerlerini göstermektedir.

Kontrol kumaşa göre katyonik madde verilerek boyanmış kumaşların renk verimi (K/S) değerleri incelendiğinde değerlerin 7 ye yakın olduğu görülmektedir. En yüksek renk verimi değerine katyonikleştirme işlemi uygulanmış kumaşlarda rastlanmıştır. Çünkü Katyonikleştirilmiş tekstil materyallerinde kumaş yüzeyinde bulunan bağ sayısı artmasından dolayı boyarmadde daha iyi bağlanmaktadır. Bu bakımdan renk verimi değeri daha yüksektir.

Katyonikleştirme işlemi uygulanmış ve uygulanmamış kontrol kumaşı arasında çok büyük farklılık görünmesine rağmen, katyonikleştirme işlemi uygulanmış kumaşlar katyonikleştirme işlemi uygulanmamış kontrol kumaşına göre daha koyu renk değerleri sergilemektedir. Bu nedenle açıklık koyuluk- kroma grafiğinde katyonikleştirilmemiş kumaşa göre daha yukarıda bir değer sergilemiştir. Bu da katyonikleştirilmiş kumaşların daha koyu renk değerler sağladığını göstermektedir.

### 4. SONUÇLAR

Çevre ile ilgili artan bilinç ve iklim değişikliği sürdürülebilir üretimi artık gerekli kılmaktadır. Bu nedenle firmalar su tüketimi çok yüksek olan tekstil sektöründe insanlara ve çevreye zararlı yöntemler yerine alternatif teknolojiler ve maddeler aramaktadır. Katyonik maddeler de bu alternatiflerden biridir. Sürdürülebilir, doğal kaynaklı ve çevreye zarar vermeyen katyonik maddelerin tekstil yüzeylerine uygulanması ile ilgili literatürde çok çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmada ise farklı kimyasalardan alınmış çevreye zararlı olmayan katyonik maddeleri pad batch laboratuvarında denenmiştir. Katyonik madde verilmeden işletme şartlarında boyanan kontrol numunesi belirlenmiştir. Numune kumaşların renk haslığı, yıkama haslığı ve sürtme haslığı değerlerinin karşılaştırılarak, kumaş üzerine etkileri incelenmiştir.

Katyonikleştirme işlemi uygulanmış kumaşların ve uygulanmamış kumaşın renk ve haslık değerleri karşılaştırılmıştır. Katyonikleştirme işlemi uygulanmış pamuklu kumaşların katyonikleştirme işlemi

uygulanmamış kontrol kumaşlara göre daha koyu renk değerleri sergilediği görülmüştür. Bununla yıkama haslığı değerleri ticari olarak kabul edilebilir, fakat sürtme haslığı değerleri kabul edilemez değerlerde çıkmaktadır. Çalışmanın devamında pad batch beklemeli numuneler de tamamlanıp haslık değerleri tekrar gözden geçirilecektir.

## 5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Ozanteks Tekstil Ar-Ge merkezi tarafından, 22S002 özkaynak proje numarası ile desteklenmiştir. Ayrıca, bu çalışma, 119C070 nolu TÜBİTAK 2244 Sanayi Doktora Programı Projesi kapsamında sürdürülebilir ürünler geliştirilmesine destek vermektedir.

## 6.KAYNAKLAR

Bozacı E., 2007, "Yeni Tip Kimyasal Maddelerin Kullanımı ile Pamuk Liflerinin Katyonikleştirilerek Boyanma Özelliklerinin Geliştirilmesi". Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Choudhury AKR., 2014, Katyonize Selülozik Liflerin Renklendirilmesi – Bir İnceleme. AATCC Araştırma Dergisi . 2014;1(3):11-19. doi: [10.14504/ajr.1.3.2](https://doi.org/10.14504/ajr.1.3.2).

Erdas Y, Phillips DAS, Scotney J, Taylor JA, Gordon R., 2003, "Pretreatment of Cotton with Polymeric Cationic Agents Before Dyeing with Reactive Dye. Part 1: Quantitative Estimation of Selected Cationic Agents Using Congo Red", Color Technol, 119: 307-309.

İnternet erişimi 1: "Cationic Cotton", Cotton Works, <https://cottonworks.com/en/topics/sourcing-manufacturing/dyeing/cationic-cotton/> tarih: 21.06.2024

İnternet erişimi 2: "Boyama teknolojileri, Boyar maddenin kumaşa aktarılması", [https://burcuunducubalkan.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/05/emdirme\\_yc3b6ntemleri-1\\_plan-8.pdf](https://burcuunducubalkan.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/05/emdirme_yc3b6ntemleri-1_plan-8.pdf), tarih: 22.06.2024

Kazan C. Ş., 2015, "Liflerin Kimyasal Modifikasyonu Yoluyla Poliester/Pamuk Karışımlarının Tek Banyoda Boyanabilirliğini Sağlayacak Yeni Bir Yöntem Geliştirilmesi". Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

Lei X. P., Lewis, D. M., 1991, "The dyeing behaviour of cotton modified with chloropropionyl chloride and related compounds". Dyes and Pigments, 16(4), 273-289.

Oktav, M., Dayıoğlu, H., 2008, "Pamuklu Mamullerin İyonik Modifikasyon Yardımıyla Kolay Bakım Özelliklerinin İncelenmesi". Tekstil ve Mühendis, 70-71, 17-31.

Özdemir, H., 2014, "Katyonize ve normal pamuğun çeşitli boyarmaddeler ile boyama sonuçlarının karşılaştırılması", Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 1(1), 14-22.

Özdoğan, E., 2003, "Selüloz Esaslı Liflerin Katyonize edilerek Boyanma ve Baskı Özelliklerinin Geliştirilmesi", Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 169 s.

Teng X., Ma W., Zhang S., 2010, "Application of Tertiary Amine Cationic Polyacrylamide with High Cationic Degree in Salt-free Dyeing of Reactive Dyes". Chinese Journal of Chemical Engineering, 18 (6): 1023-1028.

# KONVANSİYONEL POMZA TAŞINA MUADİL ENZİMATİK TAŞ YIKAMA EFEKTİ GELİŞTİRİLMESİ

**İsmail İVEDİ, Bahadır GÜNEŞOĞLU**  
*Roteks Tekstil İhr. San. ve Tic. A.Ş., İzmir*  
*ismailivedi@roteks.com.tr*

## ÖZET

Denim giysiler estetik bir görünüme, sağlam bir yapıya ve rahat giyim olanağına sahip olduğu için günlük kıyafet olarak sıklıkla tercih edilmektedir. Ürün üzerinde eskitilmiş görünüm elde etmek için konvansiyonel denim yıkama işlemlerinde pomza taşı yoğunlukla kullanılır. Bu çalışmada, konvansiyonel pomza taşı kullanılarak uygulanan taş yıkama yöntemine alternatif olarak, selülaz enzimleriyle taş yıkama efekti çalışmaları yapılmıştır. Enzimlerle uygulanan yıkama proseslerinin eskitme etkisi, konvansiyonel pomza taş yıkama yöntemiyle karşılaştırılmıştır. Aynı zamanda ön yıkama işlemleri ve farklı kompozisyondaki kumaş çeşitleri ile enzimlerin ilişkisi incelenmiştir. Geliştirilen ürünler birbiri arasında, elastikiyet (TS EN 14704-1), yırtılma mukavemeti (ISO 13937-2), kuru ve yaş haslık analiz sonuçlarına göre değerlendirilmiştir. ISO 3664:2009 standardına göre ışık kabininde efekt değerlendirilmesi yapılmıştır. Pomza taşının tambur içerisinde kapladığı fiziksel alanın azaltılmasıyla birlikte konvansiyonel yöntemle kıyasla, üretim kapasitesi %40 artırılmıştır. Deneme çalışmaları sonucunda pomza taşına muadil eskitme efekti oluşturulabilen, yırtılma mukavemeti daha yüksek, benzer sürtme haslık değerlerine sahip enzimlerle reçeteler geliştirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Denim, Ağartma, Taş Yıkama, Enzim

## DEVELOPMENT OF ENZYMATIC STONE WASHING EFFECT EQUIVALENT TO CONVENTIONAL PUMICE STONE

### ABSTRACT

Denim clothes are often preferred for daily wear, as they have an aesthetic appearance, a solid structure, and comfortable to wear. In order to give the desired aging effect, various washing processes such as laser, stone wash, and bleaching processes are applied to the garments. In this study, it was developed a more sustainable bleaching method by using waste fabrics and ozone gas as an alternative to the conventional bleaching method applied using a swab or towel with conventional sodium hypochlorite. Waste fabrics generated when developing a prototype for tensile testing, fit, or effect fastening was used in the ozone bleaching process. The waste fabrics were being turned into pieces in 48 cm<sup>2</sup> and 336 cm<sup>2</sup> elliptical and rectangular pouches, respectively. The bleaching effect of the garments applied by waste fabrics was compared with that of the conventional bleaching process. After the waste fabrics were wetted, they were taken to the ozone device by applying three different spin cycles. The interaction of waste fabrics with different moisture content with ozone gas in the bleaching of denim garments was investigated. The developed products were evaluated according to the elasticity results (TS EN 14704-1), tear strength (ISO 13937-2), and dry & wet fastness analysis. Light cabinet analysis to evaluate the aging effect according to ISO 3664:2009 standard. When the results are examined, it is seen that the tear strength increases as the squeezing speed increases. It was observed that the spin cycle did not have a significant effect on the elasticity, recovery, and fastness properties of the developed products. As trial studies have led to the development of recipes that utilize enzymes to simulate an aging effect comparable to that of pumice stone. Additionally, these recipes have demonstrated improved tear strength and comparable rubbing fastness values.

**Keywords:** denim, Bleaching, Ozone, Sustainability

## 1. GİRİŞ

Küresel ısınma gibi tüm ekosistemi etkileyebilecek tehlikeler düşünüldüğünde sürdürülebilirlik, ürün yaşam döngüsü ve ekolojik üretim kavramları giderek daha fazla önem kazanmıştır. Bu nedenle tüketiciler ve markalar her geçen gün daha bilinçli hale gelmektedir. Dünya bankası tarafından yayınlanan bir rapora göre, tekstil ve hazır giyim endüstrisi gezegeni en çok kirleten ikinci endüstri olmakla beraber, tüketilen suyun %20'sinden sorumludur (Kant, 2012).

Sera gazı emisyonları ve su kıtlığı riskinin artmasıyla birlikte dünya genelinde birçok ülke, şirket ve kurum, daha az su ve kimyasal kullanarak çevresel etkilerini azaltacak yenilikçi girişimler ve teknolojiler uygulamaya başlamıştır (Pekin vd., 2006).

Denim giysiler düzensiz eskitilmiş görüntüsüyle, moda yolu açan temel unsur haline gelen antik görünüme ve rahat bir dokuya sahiptir (Li vd., 2020). Denim giysilerin üretiminde istenilen eskitme etkisini elde etmek için bıyık, lazer, taş yıkama, sprey, ağartma gibi kuru ve yaş işlemler olarak adlandırılan prosesler uygulanmaktadır (Arjun vd., 2013).

Alperen vd. 2023, yaptıkları çalışmada asidik, inorganik ve oksidan özelliğe sahip selüloz enzimleri kullanarak, farklı oranlarda (1/8 ve 1/16) yıkama reçeteleri oluşturulmuş ve bu reçetelerle çeşitli yıkama denemeleri gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalar sonucunda enzim kullanımının konvansiyonel pomza taşına alternatif olabileceği sonucuna varılmıştır.

Ben vd. 2016, yaptıkları çalışmada, konvansiyonel eskitme yöntemlerine alternatif bir yöntem geliştirmek amacıyla, denim kumaşlara ozonun farklı konsantrasyon değerlerinde, nem içeriğinde ve ozona maruz kalma sürelerinde işlem uygulanmıştır. İncelenen çeşitli faktörlerin artmasıyla eskitme derecesi artmıştır. Ozonun indigo üzerindeki oksidasyonunun kalıntı ürünleri, kumaşın yüzeyinde gözlemlenen sararmaya neden olan etkenler, spektrofotometrik ölçümler, pH değişiklikleri ve FTIR analizi ile belirlenmiştir. Ayrıca, ozonun kumaşın mekanik özellikleri üzerindeki etkisi son çekme dayanımının ölçümüyle araştırılmıştır.

Sarker vd. 2021, yaptıkları çalışmada ozon partikülleri ile denim kumaşının işlenmesinin geleneksel yöntemlere göre daha az işleme süresi ve daha az su ve kimyasal madde gerektirdiğini gözlemiştir. Ayrıca, az miktarda kimyasal ve su kullanımı nedeniyle ozon bazlı işlem, sonuç olarak atık suyun miktarını minimal seviyeye indirir ve bu da çevre üzerinde konvansiyonel denim yıkama yönteminden daha az etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, ozon bazlı işlem geleneksel yöntemlere göre iki kat daha fazla üretim verimliliğine sahip olduğu belirtilmiştir. Farklı yıkama aşamalarının değerlendirilmesiyle, ozon bazlı eskitme yönteminin denim ürünler için umut verici bir son işleme yöntemi olduğunu sonuçlandırmıştır.

Tufan vd. 2021, yaptıkları çalışmada, denim üretiminin önemli adımlarından biri olan taş yıkama işlemine alternatif olarak susuz enzim yıkama yöntemi geliştirilmiştir. Bu kapsamda, üç farklı kumaş bileşimi ve dört farklı susuz enzim yıkama kullanılmıştır. Yıkama sonrası elde edilen ürünlerin görsel görünümü ve dayanıklılığı geleneksel taş yıkama yöntemleri ile karşılaştırılmıştır. Fiziksel performans ve görsel testlerin sonuçları, geliştirilen susuz enzimin eskitme işlemi için pomza taşına alternatif bir potansiyel olduğu belirtilmiştir.

Türkoğlu vd. 2023, yaptıkları çalışmada, oksit aşındırıcı sınıfına giren alüminyum oksit malzemesi kullanılarak, sıvı parafin ve uyumlaştırıcı ajan olarak TEA'nın farklı oranlarda eklenmesiyle aşınma bulamaçları üretilerek bu bulamaçların denim ürünler üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma, alüminyum oksit içindeki partikül boyutunun,  $\alpha$ -alüminyum oksit oranının, spesifik yüzey alanının (BET) ve alüminyum oksit içindeki safsızlıkların etkileri araştırılmıştır.

Yıkama etkisi elde etmek için pomza taşı ve potasyum permanganat kullanımına alternatif olarak, mikro boyutta saf alüminyum oksit tozları pomza taşının yerine kullanılmıştır. Alüminyum oksit tozları pomza taşının elde ettiği aşındırma etkisini tam olarak sağlamasa da, geri dönüşümlü olmaları avantaj olarak belirtilmiştir.

Bu çalışmada, konvansiyonel pomza taşı kullanılarak uygulanan taş yıkama yöntemine alternatif olarak, selülaz enzimleriyle taş yıkama efekti çalışmaları yapılmıştır. Enzimlerle uygulanan yıkama proseslerinin eskitme etkisi, konvansiyonel pomza taş yıkama yöntemiyle karşılaştırılmıştır. Aynı zamanda ön yıkama işlemleri ve farklı kompozisyondaki kumaş çeşitleri ile enzimlerin ilişkisi incelenmiştir.

Geliştirilen ürünler birbiri arasında, elastikiyet (TS EN 14704-1) ve yırtılma mukavemeti (ISO 13937-2), analiz sonuçlarına göre değerlendirilmiştir. ISO 3664:2009 standardına göre ışık kabiniinde efekt değerlendirilmesi yapılmıştır. Sürtmeye karşı kuru ve yaş renk haslık değerleri ISO 105-X16:2016 standardına göre değerlendirilmiştir.

## 2. MATERYAL

İndigo boyalı çözgü ipliklerine sahip denim kumaşların özellikleri Çizelge 1’de yer almaktadır. Haşıl sökme işlemi için amilaz enzimi ve dispers ajanı, Dystar, Singapur’dan sağlanmıştır. Dispers ajanı, yıkama işlemleri esnasında banyoda bulunan serbest indigo boyarmaddelerinin geri boyamasını önlemek için kullanılmaktadır. Denim kumaş üretimi esnasında çözgü ipliklerine haşıl prosesi uygulanır. Haşıl maddesi olarak çoğunlukla nişasta kullanılır. Kumaşın yapısında bulunan bu nişastayı sökmek için amilaz enzimi kullanılmaktadır. Ağartma işlemi için sodyum hipoklorit Rubin Kimya A.Ş., Türkiye’den satın alınmıştır. Sodyum hipoklorit indigo boyarmaddesinin pigmentasyonunu kaybederek renk açılmasını sağlar. Taş yıkama işlemi için pomza taşı Kastone LTD., Türkiye’den tedarik edilmiştir. Selülaz enzimi Dystar, Near Chimica, Asutex firmalarından tedarik edilmiştir. Selülaz enzimi lif ile boyarmadde arasındaki bağı kopararak, boyarmaddeyi uzaklaştırır. Sodyum hipoklorit, pH değeri 13-13,5 civarında olan kuvvetli bir bazdır. Ağartma işlemi sonrasında ürünlerin nötralize edilmesi gerekmektedir. Nötralizasyon için kullanılan sodyum metabisülfid Akkim Kimya A.Ş., Türkiye’den satın alınmıştır. Ön yıkama işlemleri için Tolkar’ın 1658 litrelik model endüstriyel yıkama makinesi kullanılmıştır (Şekil 1).

Çizelge 1. Kumaş özellikleri

Kumaş Kodu	Dokuma Cinsi	Gramaj (oz/yd <sup>2</sup> )	Kompozisyon (%)
K1 slouchy24	3/1 Z Dimi	10,5	100 ORG* CO
K2 bregla	3/1 Z Dimi	12	100 CO
K3 hunter	3/1 Z Dimi	10,5	99 CO 1 EL
K4 slouchy	3/1 Z Dimi	10,5	98 CO 2 EL

\*: organik





Şekil 1. Yaş işlem makinesi

### 3. METOT

Denim giysiler, kesim ve dikim işlemlerinin ardından çeşitli işlemlere tabi tutularak yarı mamul haline getirilir. Bu işlemler arasında haşıl sökme, geleneksel taş yıkama, enzimatik taş efekti uygulamaları ve ek işlemler yer almaktadır. Bu çalışmada, kumaş kompozisyonu, ön işlem adımları, kullanılan selüloz enzim çeşitleri ve geleneksel pomza taşı gibi faktörlerin denim giysiler üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Deney planı detayları Çizelge 2'de sunulmuştur. Bu bağlamda, uygulanan işlemlerin giysilerin eskitme etkisi, proses maliyeti ve fiziksel özellikleri üzerindeki etkileri kapsamlı bir şekilde analiz edilmiştir.

Çizelge 2. Deney planı

Kumaş Kodu	Ön İşlem	Efektlendirme Malzemesi	Süre (dk)	Ard İşlem
K1-1 slouchy24	Rinse, 40°C, 5 dk - 55°C durulama, 3 dk	%5 Setenizm Spl	60	1 gr/lit dispergator 40°C, 3 dk - 3 dk soğuk durulama
K1-2	Rinse, 40°C, 5 dk - 20°C durulama, 5 dk	Pomza taşı	30	3 dk soğuk durulama
K1-3	Rinse, 40°C, 5 dk - 55°C durulama, 3 dk	%5 Asucel WF	60	1 gr/lit dispergator 40°C, 3 dk - 3 dk soğuk durulama
K2-1 bregla	Rinse, 40°C, 5 dk - 20°C durulama, 5 dk	Pomza taşı	30	3 dk soğuk durulama
K2-2	Rinse, 40°C, 5 dk - 20°C durulama, 5 dk	%2 Asucel WF	60	1 gr/lit dispergator 40°C, 3 dk - 3 dk soğuk durulama
K2-3	Rinse, 40°C, 5 dk - 20°C durulama, 5 dk	%2 Setenizm Spl	60	1 gr/lit dispergator 40°C, 3 dk - 3 dk soğuk durulama
K2-4	Rinse, 40°C, 5 dk - 20°C durulama, 5 dk	%2 Nearstone Zero	60	1 gr/lit dispergator 40°C, 3 dk - 3 dk soğuk durulama
K3-1 hunter	Rinse, 40°C, 5 dk - 20°C durulama, 5 dk	Pomza taşı	30	3 dk soğuk durulama
K3-2	Rinse, 40°C, 5 dk - 55°C durulama, 3 dk	%2 Asucel WF	60	1 gr/lit dispergator 40°C, 3 dk - 3 dk soğuk durulama
K3-3	Rinse, 40°C, 5 dk - 55°C durulama, 3 dk	%1 Aqualless Edge	30	1 gr/lit dispergator 40°C, 3 dk - 3 dk soğuk durulama

K3-4	Rinse, 40°C, 5 dk - 55°C durulama, 3 dk	%5 Lavacell NSY	30	1 gr/lt dispergator 40°C, 3 dk – 3 dk soğuk durulama
K4-1 9736	Rinse, 40°C, 5 dk - 20°C durulama, 5 dk	Pomza taşı	30	3 dk soğuk durulama
K4-2	Rinse, 40°C, 5 dk - 55°C durulama, 3 dk	%5 Asucel WF	60	1 gr/lt dispergator 40°C, 3 dk – 3 dk soğuk durulama
K4-3	Rinse, 40°C, 5 dk - 55°C durulama, 3 dk	%5 Rezyme ARP	60	1 gr/lt dispergator 40°C, 3 dk – 3 dk soğuk durulama
K4-4	Rinse, 40°C, 5 dk - 55°C durulama, 3 dk	%2,5 Lavacell NSY	30	1 gr/lt dispergator 40°C, 3 dk – 3 dk soğuk durulama

Haşıl sökme prosesinde 2 g/l dispergator, 2 g/l amilaz enzimi kullanılmıştır. Konvansiyonel taş yıkama prosesi 40°C’de, enzim miktarı 5 g/l eklenerek, giysi/taş oranı 1/2 oranında işlem gerçekleştirilmiştir.

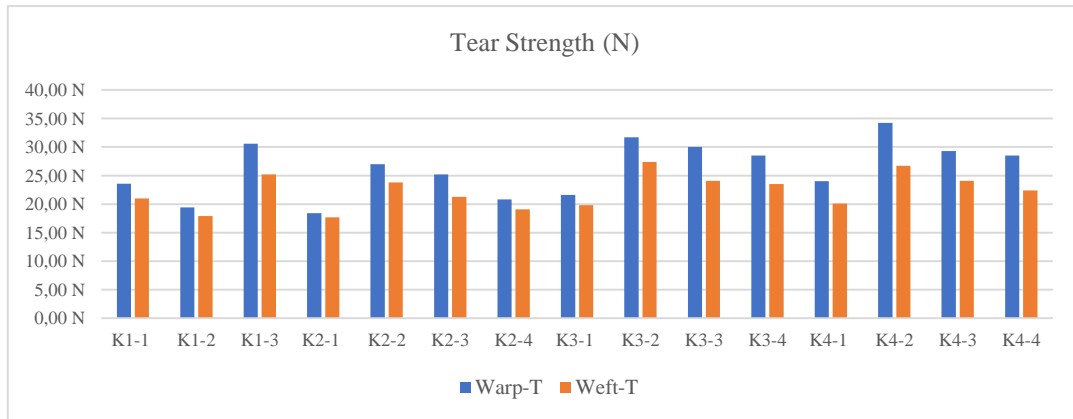
Yaş işlemler ardından uygulanan testler aşağıdaki gibidir;

- ASTM D3107-07 standardına göre yırtılma, elastikiyet ve geri toplama analizi
- ISO 13937-2:2000 standardına göre yırtılma mukavemeti analizi
- ISO 3664:2009 standardına göre ışıklı kabin de efekt analizi
- ISO 105-X16:2016 standardına göre kuru ve yaş sürtme haslık analizi

## 4. BULGULAR

### 4.1. Fiziksel analiz sonuçları

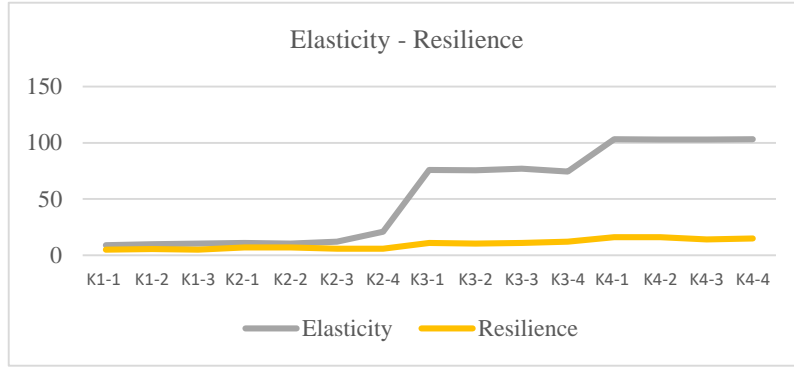
Şekil 2’de yırtılma mukavemeti analiz sonuçları yer almaktadır.



Şekil 2. Yırtılma mukavemeti analiz sonuçları

Yırtılma mukavemeti analiz sonuçları incelendiğinde kumaş kompozisyonundan bağımsız olarak pomza taşı denemelerinin hem çözgü hem de atkı yönünde daha düşük yırtılma mukavemetine sahip olduğu gözlenmiştir. Bu durum pomza taşının fiziksel olarak giysilere çarpması yoluyla eskitme efekti oluşturulması fenomeninden kaynaklandığı düşünülmektedir. Elastikiyet oranı arttıkça, yırtılma mukavemetinin arttığı görülmüştür. Organik pamuk ile virgin pamuk karşılaştırıldığında, anlamlı bir fark gözlenmemiştir.

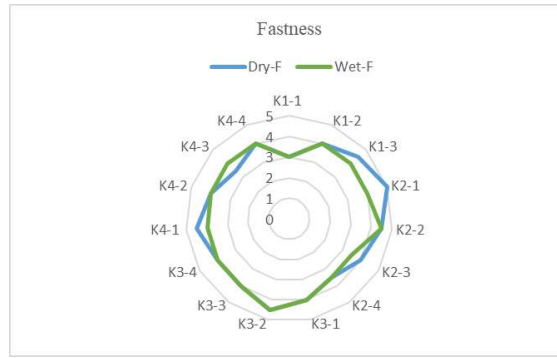
Şekil 3'te elastikiyet ve geri toplama analiz sonuçları yer almaktadır.



Şekil 3. Elastikiyet ve geri toplama analiz sonuçları

Kumaş içeriğinde yer alan elastan miktarı arttıkça, beklenildiği gibi elastikiyet ve geri toplama özelliğinin arttığı görülmüştür. Yaş işlemlerin elastikiyet ve geri toplama özelliğine anlamlı bir değişiklik yaptığı gözlenmemiştir.

Sürtme haslık analiz sonuçları Şekil 4'te yer almaktadır.



Şekil 4. Sürtme haslık analiz sonuçları

Sürtme haslığı sonuçları incelendiğinde Asucel WF enzimiyle pomza taşına muadil sonuçlar elde edilmiştir. Kumaş kompozisyonunun sürtme haslığına anlamlı bir etkisi gözlenmemiştir.

#### 4.2. Efekt analizi

Belirlenen deney planına göre işlem gören kumaşların, ISO 3664:2009 standardına göre ışık kabinde efekt analizi yapılmıştır. Şekil 5'te geliştirilen ürünlerin görselleri yer almaktadır.



**Şekil 5.** Deneme çalışmalarının ışık kabiniinde efekt analizleri

Işık kabiniinde ürünlerin eskitme efekti incelendiğinde, Asucel WF enzimiyle kumaş kompozisyonundan bağımsız olarak pomza taşına muadil eskitme efekti elde edildiği gözlenmiştir. Lava Cell ve Near Stone Zero efekt olarak pomza taşına kıyasla daha koyu tonda kalmışlardır. Setenizm Spl enzimi ile istenilen eskitme efekti elde edilememiştir. Aqualess Edge enziminin haslık sonuçları Asucel WF enzime kıyasla daha düşük olmasına karşın, pomza taşına muadil eskitme efekti elde edilebilmiştir.

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, konvansiyonel pomza taşı kullanılarak uygulanan taş yıkama yöntemine alternatif olarak, selülaz enzimleriyle taş yıkama efekti çalışmaları yapılmıştır. Enzimlerle uygulanan yıkama proseslerinin eskitme etkisi, konvansiyonel pomza taş yıkama yöntemiyle karşılaştırılmıştır. Aynı zamanda ön yıkama işlemleri ve farklı kompozisyondaki kumaş çeşitleri ile enzimlerin ilişkisi incelenmiştir.

Geliştirilen ürünler birbiri arasında, elastikiyet (TS EN 14704-1), yırtılma mukavemeti (ISO 13937-2), kuru ve yaş haslık analiz sonuçlarına göre değerlendirilmiştir. ISO 3664:2009 standardına göre ışık kabiniinde efekt değerlendirilmesi yapılmıştır. Pomza taşının tambur içerisinde kapladığı fiziksel alanın azaltılmasıyla birlikte konvansiyonel yöntemle kıyasla, üretim kapasitesi %40 artırılmıştır.

Deneme çalışmaları sonucunda pomza taşına muadil eskitme efekti oluşturulabilen, yırtılma mukavemeti daha yüksek, benzer sürtme haslık değerlerine sahip enzimlerle reçeteler geliştirilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Alperen, C., Aslan, F., & Cinperi, N. Denim Ürünlerde Permanganatsız ve Taşsız Ekolojik Kar Yıkama Proses Optimizasyonu ve Atık Su Üzerine Etkilerinin İncelenmesi. 2023.*
- Arjun, D., vd., Technology of industrial denim washing, In: International Journal of Industrial Engineering & Technology, 2013, 3.4: 25-34*
- Ben H, Sarra, L, N., Study of parameters affecting dry and wet ozone bleaching of denim fabric. Ozone: Science & Engineering, 2016, 38.3: 175-180.*
- Kant, R., Textile Dyeing Industry an Environmental Hazard, In: Natural Science, 2012, 4, 1*
- Li, S., vd., Optimization of Chlorine Bleaching Parameters for Indigo Denim Textile Based on the Model of Response Surface Model and Genetic Algorithm, In: Journal of Physics: Conference Series, IOP Publishing, 2020, 012: 026*
- Pekin, M., Soruşbay, C., Greenhouse Gas Emissions Produced By Transportation Sector, In: Thesis (M.Sc.), İstanbul Technical University, Institute of Science and Technology, 2006*
- Sarker, U. K., Kawser, M. N., Rahim, A., Al Parvez, A., & Shahid, M. I., Superiority of Sustainable Ozone Wash Over Conventional Denim Washing Technique. International Journal of Current Engineering and Technology, 2021, 11-5*
- Tufan, H. A., Emekdar, E., Şahin, U. K., Şensoy, M., Tunalı, Y., & Güngör, H. Effects of Anhydrous Enzymes Usage in Denim Washing on Fabric Tear Strength. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (32), 2021, 1203-1206.*
- Türkoğlu, S., Ceyhan, G., Güneşoğlu, C., Asiltürk, E. T., & Esen, A. Development Of Permanganate Alternative Effect Washing Chemicals In Denim Washing Processes. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 26(3), 2023, 573-579.*

# FARKLI KATYONİK YAPIDAKİ FİKSATÖRLERİN ÖRME PAMUK KUMAŞ RENK HASLIKLARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Zeynep Nihan KIR, Ayşe MARTİN, Nalan BENLİ, Ayşe Betül AKINCI  
*Eksoy Kimya A.Ş., Ar-Ge Bölümü, Adana, Türkiye*

## ÖZET

Çalışmanın amacı, reaktif boyarmaddelerle boyanmış pamuklu örme kumaşlarda farklı fiksator tiplerinin haslık değerleri üzerine etkisini araştırmaktır. Çalışmada, kırmızı ve yeşil olmak üzere iki farklı renkte %100 pamuklu örme kumaşlar kullanılmıştır. Kumaşlar, formaldehit, poliamin ve polidatmak bazlı olarak üç farklı fiksatorle ardışık işlemlere tabi tutulmuştur. Banyo konsantrasyonu 2,5 g/l, 5 g/l ve 10 g/l düzeylerinde ayarlanmış, pH değeri 5-5,5 aralığında tutulmuş ve kumaşın çözelti alma oranı %85 olarak sabitlenmiştir. İşlem sonrasında kumaşlar 110°C sıcaklıkta kurutulmuştur. Her renk için, işlem görmemiş ve işlem görmüş kumaş örneklerine yönelik haslık testleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, hem subjektif gözlem yöntemi hem de spektrofotometre cihazıyla objektif olarak değerlendirilmiştir. Farklı renklerdeki işlem görmüş kumaşlarda, poliamin bazlı fiksator ve fiksator karışımlarının yıkamaya karşı renk haslığı değerlerinde belirgin bir artış gözlemlenmiştir. Fiksatorler arasında yapılan karşılaştırmada, formaldehit içeren fiksatorün en düşük performansa sahip olduğu belirlenmiştir. Formaldehitin çevresel etkileri göz önüne alındığında, farklı yapıdaki poliamin ve polidatmak bazlı fiksatorlerin tercih edilmesi önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Formaldehit, Polidatmak, Poliamin, Fiksator, Haslık

## INVESTIGATION OF THE EFFECT OF FIXATORS WITH DIFFERENT CATIONIC STRUCTURES ON THE COLOR FASTNESS OF KNITTED COTTON FABRIC

### ABSTRACT

The aim of the study is to investigate the effect of fixative types on the colorfastness properties of cotton knitted fabrics dyed with reactive dyes. Two different colors, red and green, of 100% cotton knitted fabrics were utilized in our research. These fabrics were subjected to post-treatment with three different fixatives: formaldehyde-based, polyamine-based, and polydadmac-based. The bath concentrations were set at 2.5, 5, and 10 g/l, with a pH range of 5-5.5, and a fabric liquor uptake of 85% was maintained. After the fixation process, the treated fabrics were dried at 110°C. Unfixed and treated fabrics for each color underwent colorfastness tests. The results were evaluated subjectively by visual assessment and objectively using a spectrophotometer device. It was observed that the colorfastness values against washing significantly improved for fabrics treated with polyamine-based fixatives and their mixtures for both colors. When comparing the fixatives, the formaldehyde-based fixative exhibited the lowest performance. Considering the environmental hazards associated with formaldehyde, the use of fixatives based on different structures such as polyamine and polydadmac is recommended.

**Keywords:** Formaldehyde, Polydadmac, Polyamine, Fixative, Fastness

### 1.GİRİŞ

Selülozik elyafların boyanmasında kullanılan reaktif boyarmaddelerin reaksiyon veriminin %100 olmaması bir dezavantajdır. Boyama banyosunda, boyarmaddeler sadece lif ile değil aynı zamanda

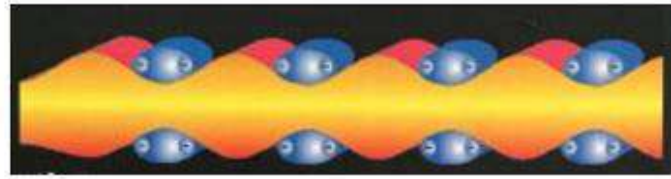
sudaki hidroksil iyonları ile de reaksiyona girebilir. Bu sebeple haslık özelliklerinin geliştirilmesi için fiksator ajanlar kullanılmalıdır (Hunter, 1999).

Yıkama işlemlerinin yetersiz olması sonucunda, ortamda fikse olmamış/hidrolize olmuş boyarmadde moleküllerinin varlığı ve lif-boyarmadde arasındaki bağın kırılmasından dolayı, hem lif yüzeyinde hem de lif içerisinde serbest halde boyarmadde molekülleri bulunmaktadır. Bu durumlarda yapılan bitim işlemleri yaş haslıkların güvenilir sonuçlar vermesine imkan sağlamaktadır (Hunter, 1999).

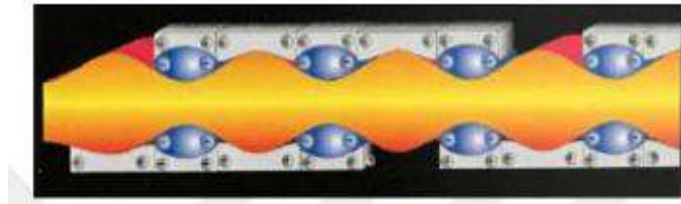
Selülozun negatif yüklü yüzeyi, pozitif yüklü fiksator ajanlarını çekme eğilimindedir. Yeterli miktarda ajan adsorpsiyonu, negatif yüklü selüloz yüzeyinin nötr hale gelmesine ve sonuç olarak pozitif bir zeta potansiyeli kazanmasına neden olur. Ancak pozitif yüzey, hızlı bir şekilde ajanların iticiliğine yol açabileceğinden, lif yüzeyine yalnızca belirli miktarda katyonik fiksator ajanı adsorplanabilir (Hunter, 1999). Katyonik ajanlar, tek bir molekülünün birden fazla boyarmadde ile bağ yapabilme özelliğine sahiptir (Kır, 2018). Boyarmadde moleküllerinin lif yüzeyine tutunması ve katyonik ajanların bağlanması süreçleri Şekil 1 ve Şekil 2'de sırası ile verilmiştir.

Önemli bitim ajanları, hem katyonik hem de polimerik yapıya sahip olma gibi özellikleri içerir. Bu ajanlar, iyonik bağlar kurmanın yanı sıra, boyarmadde molekülleri ile reaksiyona girebilme yeteneğine sahiptir ve bu özellikleriyle yaş haslığın gelişmesinde kritik bir rol oynarlar (Hunter,1999). Bu katyonik ajanlar, yüksek molekül ağırlığına sahip olup, su içinde düşük çözünürlük gösterirler.

Anyonik özellikteki boyarmaddeler ile katyonik ajanlar arasındaki etkileşim, 140-250 kcal/mol enerji seviyelerinde elektrostatik bir etkileşimi içerir. Bu tür etkileşimler, çözünmeyen polimer tuzlarının oluşmasına yol açabilir.



Şekil 1. Lif yüzeyine tutunmuş boyar madde molekülleri



Şekil 2. Katyonik ajanların bağlanma şekli

Bu tip ürünlerde, anyonik sülfonik asit gruplarının çözüldürücü etkisini nötrleştirme işlemi, boya moleküllerinin moleküler boyutunda belirgin bir artışa yol açar. Bu faktörler, dayanıklılığın gelişimine katkıda bulunmaktadır. Ancak elektrostatik kuvvetlere ek olarak, diğer etkileşimler de boyarmadde (ve selüloz) ile katyonik polimer arasındaki bağa katkı sağlamaktadır. Katyonik ajan ile anyonik boyarmadde arasında hidrojen bağları, van der Waals etkileşimleri, hidrofobik etkileşimler ve kovalent bağlar gibi çeşitli etkileşimler meydana gelir (Hunter, 1999). İyi bir fiksator ajanı; çapraz bağlayıcı ajanlarla etkili bir şekilde bağlanma yeteneğine, yüksek bir afinite davranışına ve tüm renk dayanıklılığı özelliklerini geliştirme kapasitesine sahip olmalıdır (Naresh, 2015).

### 1.1.Eski nesil boya fiksatorleri

Genel olarak eski nesil boya fiksatorleri iki sınıftan oluşmaktadır.

#### a) Özel fiksatorler

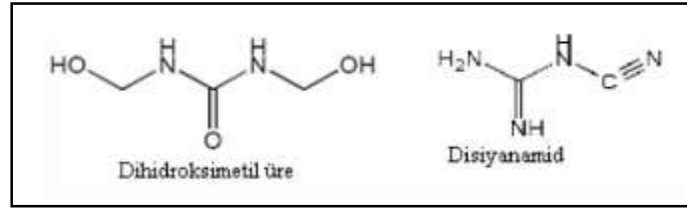
## b) Çapraz bağlı polimerler veya reçineler

Birinci sınıfın temsilcileri, yüksek bir substantiviteye sahip olan veya belirli bir boyaya özgü olan maddelerdir. Bu maddeler, boyarmadde molekülünün boyutunu artırarak veya boyarmaddenin çözünürlüğünü azaltarak işlev görmek üzere agregatlar (yığılmalar) oluşturabilirler. Reçineler, üre veya amin türevlerinin formaldehit ile reaksiyonuna dayalıdır. Ancak reçinelerin kullanımı, formaldehit salınımının çevresel etkileri ve bakır tuzlarının çevreye zararı nedeniyle azalmıştır. Bu tür maddelerin kullanımına ilişkin diğer zorluklar, boyarmadde işlevsel grupları ile reaksiyona girebilen veya kompleksler oluşturan yapısı nedeniyle fotokararlılığı azaltma eğilimi ve renk değişiklikleri meydana getirme eğilimidir.

İlk sınıfın temsilcileri, boyaya karşı substantivitesi yüksek veya boyaya özeldiler. Bunlar agregat (yığılma) oluşturarak, boyarmadde molekülünün büyüklüğünü artırarak veya boyarmadde çözünürlüğünü azaltarak fonksiyon göstermektedirler.

Reçineler, üre veya amin türevlerinin formaldehit ile reaksiyona girmesi temeline dayanmaktadır. Reçinelerin kullanımı, formaldehit açığa çıkması ve bakır tuzlarının kullanımının çevreye verdiği zarar nedeniyle ve toksikoloji açısından yarattığı sorunlardan dolayı azalmıştır.

Bunların kullanımında ortaya çıkan diğer sorunlar, boyarmadde fonksiyonel grupları ile reaksiyona giren veya kompleks oluşturan yapısı nedeni ile fotokararsızlığını artırma eğilimi ve renk değişikliği meydana getirmeleridir.



Şekil 3. Şekil ilk nesil boya fiksatörleri yapılarına örnekler (Seventekin, 2007).

Daha sonra bu fiksatörlerin yerini katyonik ve reaktif fiksatörler almıştır (Seventekin, 2007).

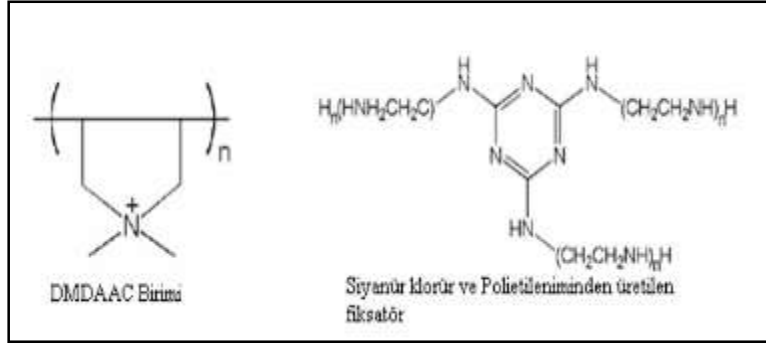
### 2.1.Katyonik fiksatörler

Genel olarak katyonik fiksatörler, ya yapısal olarak katyoniktir ya da katyonik yük oluşturabilen moleküllerdir. Temel anlamda bu fiksatörler, boyarmaddedeki sülfonik asitleri ile kompleks meydana getirip fiksaj işleminin oluşmasını sağlarlar.

Tipik katyonik polimerler dialildimetil amonyum klorürün (DMDAAC) akrilamid veya diğer bazı seyrelticiler ile vinil polivinil veya basit MenN<sup>+</sup> grupları içeren basit katyonik polietilen imin polimerleri veya siyanür klorür veya gliserin diklorhidrinler gibi halojenlenmiş hidrokarbonlar ile çapraz bağlı bileşiklerdir.

Boyarmadde ve kumaş arasında “çok-noktadan” yakınlık oluşturabilen katyonik fiksatörlerin geliştirilmesi ile haslıklar iyileştirilmiştir.





Şekil 4. Katyonik polimer yapılarına örnekler (Bozacı, 2007)

Bununla birlikte, özellikle polisakaritleri esas alan daha ekolojik katyonik fiksatorler, yüksek sıcaklıklarda birkaç yıkamadan sonra uzaklaşabilmektedir (Bozacı, 2007).

## 2.2.Reaktif fiksatorler

Çevresel ve ekolojik nedenlerle, reaktif boyarmaddelerin kuru ve yaş haslıklarının yükseltilmesi amacıyla bu fiksatorler alanında çeşitli gelişmeler olmuştur. Reaktif fiksatorler ayrıca direkt olarak boyaların fiksajı içinde kullanılabilir. Selüloz elyafı işleme tabi tutulduğunda reaktif fiksator, uygulanan boyarmadde ile reaksiyona girmek için selülozun kendi sahip olduğu hidroksil gruplardan daha nükleofil gruplara sahip olabilmektedir. Klorhidrin temeline dayanan ek nükleofil gruplar içeren Glytac, basit reaktif katyonik fiksatorlere bir örnektir.



Şekil 5. Reaktif fiksator yapılarına örnekler (Bozacı, 2007)

Bu fiksatorler, hem boya molekülleri ile hem de kumaşla çapraz bağ oluşturmakta ve böylelikle daha iyi yıkama haslık sonuçları elde edilmektedir. Ancak katyonik fiksatorlerden daha farklı işlem şartlarına (sıcaklık/pH) ihtiyaç duyulmaktadır (Bozacı, 2007).

## 2.MATERYAL VE METOD

### 2.1.Materyal

Çalışmada, % 100 pamuk içeren suprem örme kumaşlar kullanılmış olup, bu kumaşlar kırmızı ve yeşil olmak üzere iki farklı renkte boyanmıştır. Boyama işleminde reaktif boyalar kullanılmış olup, boyamaya yardımcı kimyasal olarak sodyum sülfat ve soda kullanılmıştır. Boyama reçetesi Çizelge 3'te verilmiştir.

Bu kumaşlar, formaldehit, poliamin ve polidadmak bazlı olmak üzere üç farklı fiksator ile ardışık işlemlere tabi tutulmuştur. Kullanılan fiksatorlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri hakkındaki ayrıntılar Çizelge 1'de sunulmaktadır.

Çizelge 1. Kullanılan Fiksatorlerin Özellikleri

FİKSATÖR	NUMUNE 1	NUMUNE 2	NUMUNE 3
GÖRÜNTÜ	Renksiz, sıvı	Sarı renkli, sıvı	Kahverengi, sıvı
PH	3-5	7-8	7-8
YAPISI	Formaldehit içerikli	Poliamin	Polidadmak

<b>İYONİK YAPISI</b>	Zayıf katyonik	Zayıf katyonik	Zayıf katyonik
----------------------	----------------	----------------	----------------

## 2.2. Metot

Çalışma kapsamında 30/1 penye suprem % 100 pamuklu ön terbiyesi yapılmış kumaş kullanılmıştır. Kumaşlara ilk olarak boyama işlemi daha sonra fiksatörlerin aplikasyonu yapılmıştır. Fiksatörlü kumaşlara yıkama işlemi yapılmış ve daha sonra bu kumaşlara haslık testi ve renk ölçümü yapılmıştır. Haslık testleri 3 tekrarlı olarak incelenmiştir. Çalışma deney planı Çizelge 2’de verilmiştir.

**Çizelge 2.** Deney planı

NUMUNE KODU	BOYAMA REÇETESİ	FİKSATÖR İÇERİĞİ	FİKSATÖR MİKTARI (g/L)
YEŞİL REF.		-	-
Y1	YELLOW HF-4GL % 150: %2,56 RUBİNE WFF: %0,31 NAVY FSL: %1,21 SODYUM SÜLFAT: 80 g/L SODA: 20 g/L	FORMALDEHİT BAZLI	2,5
Y2		FORMALDEHİT BAZLI	5
Y3		POLİAMİN BAZLI	2,5
Y4		POLİAMİN BAZLI	5
Y5		POLİDADMAK BAZLI	2,5
Y6		POLİDADMAK BAZLI	5
KIRMIZI REF			-
K1	SCARLET KS-R: %0,88 RAPEKO RED: %0,63 RED SHADE 3B: %1,06 SODA: 60 g/L SÜLFAT: 18 g/L	FORMALDEHİT BAZLI	5
K2		FORMALDEHİT BAZLI	10
K3		POLİAMİN BAZLI	5
K4		POLİAMİN BAZLI	10
K5		POLİDADMAK BAZLI	5
K6		POLİDADMAK BAZLI	10

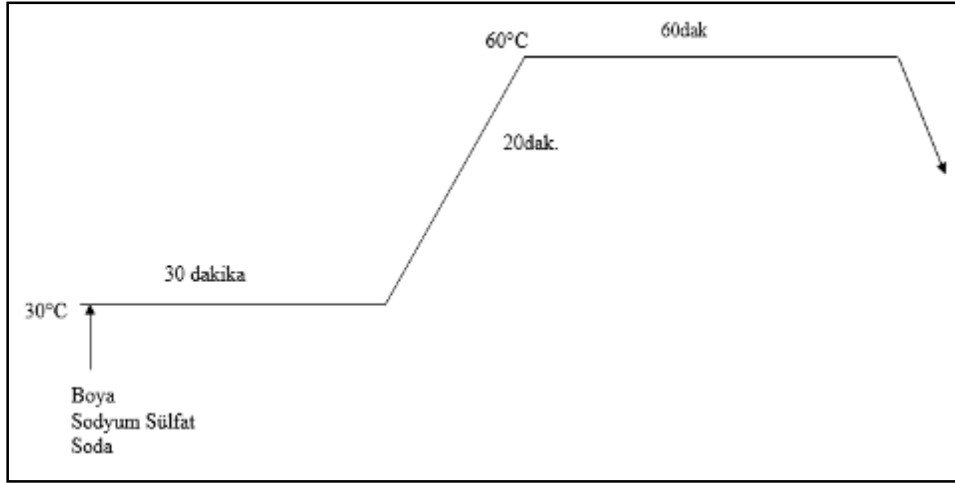
### 2.2.1. Reaktif boyama

Çalışma kapsamında renklere göre kullanılan boyama reçeteleri aşağıdaki Çizelge 3’te verilmiştir. Boyama işlemi, çektirme yöntemine göre Forlab boyama makinesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Boyama işleminde flotte 1/10 olarak gerçekleştirilmiştir.

**Çizelge 3.** Kullanılan boyama reçeteleri

RENK	BOYAR MADDELER	MİKTAR
YEŞİL	YELLOW HF-4GL % 150	2,56 %
	RUBİNE WFF	0,31 %
	NAVY FSL	1,21 %
	SODYUM SÜLFAT	80 g/L
	SODA	20 g/L
KIRMIZI	SCARLET KS-R	0,88 %
	RAPEKO RED	0,63 %
	RED SHADE 3B	1,06 %
	SODYUM SÜLFAT	60 g/L
	SODA	18 g/L

Boyama işlemi 60°C gerçekleştirilmiştir. Boyama prosedürü Şekil 6.'da gösterilmiştir.



Şekil 6. Reaktif boyama grafiği

Yapılan boyamalar sonrası kumaş numuneleri;

- Soğuk taşar (10 dk) 0
- Sıcak yıkama (70 C'de 10 dk)
- Kaynar yıkama (95 C'de 20 dk)
- Sıcak yıkama (80 C'de 10 dk)
- Nötralizasyon (1g/l asetik asit ile 60 C'de 10 dk)
- Soğuk taşar şeklinde yıkama işlemlerine tabi tutulmuştur.

Yıkama sonrası kurutma işlemi Forlab kurutma makinesinde 110°C'de yapılmıştır.

### 2.2.2. Fiksatorlerin Kumaşa Uygulanması

Bu çalışma kapsamında, formaldehit, poliamin ve polidadmak bazlı olmak üzere üç farklı fiksator ile ardışık işlemlere tabi tutulan kumaşlar incelenmiştir. Uygulama işlemi sırasında, fiksatorlerin saf halleri kullanılmıştır. Banyo konsantrasyonları yeşil kumaşlar için 2,5 g/l ve 5 g/l iken kırmızı kumaşlarda 5 g/l ve 10 g/l olarak ayarlanmıştır. Kırmızı boyalı kumaşların haslık değerleri daha kötü olduğundan, iyi bir haslık elde edebilmek için daha yüksek konsantrasyonda fiksator kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple çalışmada, kırmızı boyalı kumaşlara daha fazla fiksator uygulanmıştır. pH değeri 5-5,5 aralığında tutulmuş ve kumaşın çözeltiyi alma oranı %85 olarak belirlenmiştir. Fiksatorlerin kumaşa uygulanmasında Forlab markalı laboratuvar tipi yatay fular cihazı kullanılarak emdirme yöntemi uygulanmıştır. Basınç 2,4 bar, hız 1,0 m/dk olarak ayarlanmıştır. Emdirme yöntemi sonrasında işlemde geçirilen kumaşlar, 110°C sıcaklıkta FORLAB kurutma makinesinde kurutulmuştur.

### 2.2.3. Fiksator İşlemi Sonrası Yıkamaya Karşı Renk Haslığı (Eksoy İn-house Metot)

Fiksator işlemi sonrası kurutulan kumaşlara Eksoy in-house test metodu kullanılarak yıkamaya karşı renk haslığı işlemi yapılmıştır. Bu işlemde, boyama yapılmayan boş kumaş ile fiksator işlemi uygulanan kumaş birlikte yıkanarak boş kumaşı ne kadar kirlettiği incelenir. Yıkama işleminde 4 g/L Ece deterjanı ve 1 g/L sodyum perborat kullanılmıştır. Flotte 1/10 ayarlanmıştır. Yıkama işlemi Forlab markalı makinede 50°C'de 30 dakika olarak uygulanmıştır. Oda sıcaklığında kurutulmuştur.

### 2.2.4. Haslık Testleri ve Renk Ölçümü

Yıkama işlemi yapılan fiksatorlü kumaşlara daha sonra haslık testleri 3 tekrarlı olarak uygulanmıştır. Her bir renk için, işlem görmemiş ve işlem görmüş kumaş örneklerine Yıkamaya Karşı Renk Haslığı (Eksoy İn-house Metot), Işık Haslığı (ISO 105 B02), Terli Işık Haslığı (ISO 105 B07), Hava Şartlarına Karşı Renk Haslığı (ISO 105 B04) ve Oksidatif Ağartıcı (C10A) ile yıkama dayanıklılığı testleri yapılmıştır. Test sonuçları, hem görsel olarak subjektif değerlendirme hem de Datacolor spektrofotometre cihazı kullanılarak objektif bir şekilde analiz edilmiştir.

### 3.BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada kumaşlara ilk olarak kırmızı ve yeşil renkte boyama işlemi yapılmıştır. Boyama işlemi sonrası fikse işlemi yapılmıştır ve haslık testleri uygulanmıştır.

#### 3.1.Haslık Sonuçları

İşlemlenmiş kumaşların ve işlemlenmemiş kumaşların yıkamaya karşı renk haslığı testi yapılmıştır. Spektrometre Datacolor cihazı ile kumaşların % kuvvet değerleri ölçülmüştür. Ölçüm işleminde ard işlemlenmemiş kumaş referans alınmıştır. Çizelge 4’te sonuçlar verilmiştir.

**Çizelge 4.** Yıkamaya Karşı Renk Haslığı ve Renk Değişimi

RENK	NUMUNE KODU	% KUVVET	YIKAMAYA KARŞI RENK HASLIĞI
YEŞİL	REF.		1/2
YEŞİL	Y1	91,30	1/2
YEŞİL	Y2	88,05	1/2
YEŞİL	Y3	84,46	3
YEŞİL	Y4	70,87	3+
YEŞİL	Y5	92,51	1/2
YEŞİL	Y6	79,10	2/3
KIRMIZI	REF.		1/2
KIRMIZI	K1	96,78	2
KIRMIZI	K2	102,70	2
KIRMIZI	K3	69,02	3
KIRMIZI	K4	42,76	4
KIRMIZI	K5	88,91	2/3
KIRMIZI	K6	68,98	2/3

Yeşil kumaşların yıkamaya karşı renk haslığı test sonuçları incelendiğinde poliamin bazlı fiksatorde oldukça iyi gelişme gözlenmiştir. Formaldehit bazlı fiksatorde ise artan konsantrasyona rağmen herhangi bir değişim gözlenmemiştir.

Kırmızı kumaşların yıkamaya karşı renk haslığı test sonuçları incelendiğinde yeşil kumaşta olduğu gibi poliamin bazlı fiksatorde oldukça iyi gelişme gözlenmiştir. Formaldehit bazlı fiksatorde 0,5 puanlık küçük bir artış görülmüştür.

Yeşil kumaşların % renk kuvvetleri incelendiğinde; işlemlenmemiş kumaşa göre en iyi performansı Y4 ve Y6 göstermiştir. Yani formaldehitsiz fiksatorler formaldehitli fiksatorde göre daha iyi performans göstermiştir. Ayrıca artan konsantrasyon miktarlarına göre fikse performansında da artış gözlenmiştir.

Kırmızı kumaşların % renk kuvvetleri incelendiğinde ise; işlemsiz kumaşa göre en iyi performansı K3 ve K4 göstermiştir. Formaldehitsiz fiksatorler formaldehitli fiksator'e göre daha iyi performans göstermiştir. Ayrıca artan konsantrasyon miktarlarına göre fikse performansında da artış gözlenmiştir.

Yapılan diğer haslık sonuçları ise Çizelge 5'te verilmiştir.

**Çizelge 5. Diğer Haslık Sonuçları**

NUMUNE KODU	IŞIK HASLIĞI	TERLİ IŞIK HASLIĞI		HAVA ŞART. KARŞI RENK HASLIĞI	OKSİDATİF BEYAZLATMA
		ASİT	ALKALİ		
İŞLEMSİZ	3	3	2/3+	2/3	2/3
Y1	3/4	3/4	3/4	2/3+	3/4
Y2	3/4	3/4	3/4	2/3	3/4
Y3	3/4	3/4	3/4	2/3	3/4
Y4	3/4	3/4	3/4	2/3	3/4+
Y5	3	3	2/3+	2/3	2/3
Y6	3	3	2/3+	2/3	4
İŞLEMSİZ	4/5	4/5	4/5	3	2/3
K1	4/5	4+	4+	2	4/5
K2	4/5	4+	4+	2/3	4/5
K3	4/5	4+	4+	2/3	4/5
K4	4/5	4/5	4/5	3	4/5
K5	4/5	4/5	4/5	3	4
K6	4/5	4/5	4/5	3	3

Yeşil renkli kumaşlara yapılan haslık sonuçları incelendiğinde, işlemsiz kumaşa göre haslıklarda genel olarak bir miktar iyileşme gözlenmiştir. Ayrıca artan konsantrasyon miktarlarının haslık sonuçlarına pek etkisinin olmadığı gözlenmiştir.

Kırmızı renkli kumaşların haslık sonuçları incelendiğinde yeşile oranla konsantrasyon miktarı daha fazla olduğu için haslık performansları genel olarak iyi sonuç göstermiştir. İşlemsiz kumaşa göre kıyaslama yaptığımızda fiksator kullanımı sonucu hava haslığı ve oksidatif beyazlatma haslıklarında iyileşme görülmüştür. Formaldehitli fiksator diğer fiksatorlere göre en düşük performansı göstermiştir.

#### 4.SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, %100 pamuklu örme kumaşlarda kırmızı ve yeşil olmak üzere iki farklı renkte formaldehit, poliamin ve polidadmak bazlı fiksatorlerin etkisi incelenmiştir. Fiksatorlerin kumaşlardaki yıkamaya karşı renk haslığı, hava şartlarına karşı renk haslığı, ışık haslığı, terli ışık haslığı ve oksidatif ağartıcı ile yıkama haslığına karşı renk haslık değerleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

İşlem görmüş kumaşlara ait yıkamaya karşı renk haslığı değerlerinde, poliamin bazlı fiksatorün önemli bir gelişme sağladığı gözlenmiştir. Formaldehit bazlı fiksatorün etkisi, hem yeşil hem de kırmızı kumaşlar için ard işlem öncesi değerlere göre belirgin bir şekilde fark edilememiştir.

Işık haslığı ve terli ışık haslığı değerlendirmelerinde, işlem öncesi kumaşların zaten yüksek haslık değerlerine sahip olmasından dolayı fiksatorlerin etkisi sınırlı kalmıştır. Hava şartlarına karşı renk haslığı testlerinde ise, fiksatorlerin belirgin bir etkisi gözlenmemiştir.

Oksidatif ağartmaya karşı renk haslık değerlendirmelerinde, tüm kumaşların ard işlem öncesi haslık değerlerinin 2/3 iken, fiksator uygulamaları sonrası özellikle kırmızı kumaşlarda 4/5 gibi yüksek değerlere ulaştığı gözlenmiştir.

Fiksator uygulamaları sonrası kumaşlardaki renk değişim değerlerine odaklanıldığında, her bir fiksatorün farklı bir etkisi olduğu görülmüştür. Genel olarak bakıldığında, formaldehit bazlı fiksatorün haslıklara olan etkisinin en düşük olduğu görülmüştür.

Formaldehit ve bakır tuzlarının çevresel zararı ve toksikolojik etkileri nedeniyle kullanımının sınırlı olduğu unutulmamalıdır. Bunların kullanımında ortaya çıkan diğer sorunlar ise, boyarmadde fonksiyonel grupları ile reaksiyona girebilen veya kompleks oluşturan yapıları nedeniyle fotokararsızlığı artırma eğilimi ve renk değişikliği meydana getirmeleridir (Aracı, 2016).

Sonuç olarak, formaldehitin neden olduğu sorunlar ve haslık performansında poliamin ve polidamk bazlı fiksatörlere göre düşük performansı nedeniyle, farklı yapıdaki bu iki fiksatörün kullanımı önerilmektedir.

## 5.KAYNAKLAR

Aracı S., (2016), *Formaldehyde-Free Crosslinker Synthesis In Waterborne Binder Dispersions For Textile Industry*, Boğaziçi University, Graduate Studies in Science and Engineering.

Bozacı, E., (2007), *Yeni Tip Kimyasal Maddelerin Kullanımı ile Pamuk Liflerini Katyonikleştirilerek Boyanma Özelliklerinin Geliştirilmesi*. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Hunter, A., Renfrew, M., (1999), *Reactive Dyes for Textile Fibres*, Society of Dyers and Colourists, Manchester.

Jamadar, R., Daberao, A. M., Nadiger, V. G., Chandrakar, K., (2017), *Effect of Dyeing of Cotton Fabric by Using Dye Fixing Agent*, *International Journal on Textile Engineering and Processes*, 3 (1), 51-53.

Kır, Z.N., Benli N., (2018), *Reaktif Boyamalar için Formaldehidsiz Fiksator Kullanılarak Pamuklu Kumaşa Haslıkların İncelenmesi*, *Tekstil ve Mühendis*, 25, 112, 319-236.

Oğuz, S., (2019), *Reaktif Boyalı Pamuklu Kumaşlarda Kullanılan Fiksator Tipleri ve Kompozisyonlarının Renk Haslığı Üzerine Etkisi*, *Bursa Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Özkan, P., (2019), *Fiksator Malzemelerin Denim Kumaşların Haslık ve Mukavemet Değerlerine Etkilerinin İncelenmesi*, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Saraf, N.M. *Fix the Dye Fixing Problem*, <https://tr.scribd.com/document/352385349/Dye-Fixing-Problems> Erişim: 08 Kasım 2018.

Schindler, W. D., Hauser, P. J., (2004), *Chemical Finishing of Textile*, Elsevier, Almanya.

Seventekin, N., Özdoğan, E., Bozacı, E., (2007), *Renkli Çamaşırların Yıkanmasında Solma ve Akmanın Önlenmesi Konusunda Görüşler*, III.Ulusal Tekstil Boya ve Kimyasalları Kongresi, 7-8 Aralık 2006, Çorlu.

Yu, Y., Zhang, Y., (2009), *Review of Study on Resin Dye-Fixatives on Cotton Fabrics*, *Modern Applied Science*, 3 (10), 9-14.

# GERİ DÖNÜŞÜM FİLAMENT İPLİKLERDEN ÜRETİLMİŞ, FARKLI DOKU YAPILARINDAKİ ÖRME KUMAŞLARIN DİJİTAL BASKI HASLIKLARININ KARŞILAŞTIRMALI OLARAK İNCELENMESİ

**Muhammed Feyruz CANER**

*Kadifeteks Mensucat San. A.Ş. Kuzuluk Şubesi AR-GE Merkezi, Sakarya, Türkiye  
feyruz.caner@kadifeteks.com*

## ÖZET

Bu araştırmada, çevresel etkileri azaltmak amacıyla geri dönüşüm ipliklerinin tekstil endüstrisindeki önemi incelenmiştir. Günümüzde çevre kirliliği ve doğal kaynakların azalması gibi sorunlar, endüstriyel faaliyetlerin artmasıyla birlikte derinleşmektedir. Bu çalışmada, geri dönüşüm poliester ipliklerden elde edilen kumaşların katyonik poliester ipliklere göre performansları değerlendirilmiştir. Farklı çözünürlüklerde ve üretim metotlarında yapılan dijital baskılar üzerinde yapılan testlerle, kumaşların sürtünme, ışık, hava şartları, yıkama ve abrasyon gibi renk haslığı ve dayanıklılık özellikleri incelenmiştir. Elde edilen bulgular, geri dönüşüm ipliklerin tekstil endüstrisinde kullanımının, çevresel etkileri azaltmada ve ekonomik tasarruflar sağlamada önemli potansiyel sunduğunu ortaya koymaktadır. Bu çalışma, sürdürülebilir tekstil üretimi için önemli bir adım olarak değerlendirilebilir.

**Anahtar kelimeler:** geri dönüşüm iplikler, dijital baskı, sürdürülebilirlik, polyester iplik, haslık testleri

## COMPARATIVE EXAMINATION OF DIGITAL PRINT FASTNESS OF KNITTED FABRICS WITH DIFFERENT TEXTURE STRUCTURES PRODUCED FROM RECYCLED FILAMENT YARNS

### ABSTRACT

In this research, the importance of recycled yarns in the textile industry to reduce environmental impacts has been examined. Today, issues such as environmental pollution and depletion of natural resources are exacerbated by increased industrial activities. This study evaluates the performance of fabrics made from recycled polyester yarns compared to cationic polyester yarns. Tests conducted on digital prints produced with different resolutions and production methods examined color fastness and durability properties of fabrics, including friction, light, weather conditions, washing, and abrasion. The findings highlight the significant potential of using recycled yarns in the textile industry to reduce environmental impacts and achieve economic savings. This study can be considered an important step towards sustainable textile production.

**Keywords:** recycled yarns, digital printing, sustainability, polyester yarn, durability tests

## 1. GİRİŞ

Günümüz şartlarında, doğal kaynaklarımız tükenme noktasına gelmiştir. Çevre kirliliği artmıştır ve bunun sonucunda hava, su ve toprak kirliliği yaşanmaktadır. Sanayiden çıkan karbon salınımı yüzünden hava kirliliği oldukça artmış durumdadır. Ormanlarımızın sanayide kullanılmak üzere olan kısmı oldukça artmıştır ve selüloz ihtiyacı yüzünden ormanlarımız azalmaktadır. Bu durumu daha aza indirmek için geri dönüşüm özendirilmeli ve uygulanmalıdır (Üstün, 2010).

Geri dönüşüm, doğal kaynaklarımızın azalma hızı yavaşlayacak ve ekonomik açıdan tasarruf sağlayabilecek bir işlemdir. Çevre kirliliğini azaltmak adına yeni ürün için hammadde arayışı azaltılabilecektir. Petrol ve kimyasalların çevreyi kirletmesi azaltılabilecektir. Gelişmiş ülkelerde geri dönüşüm özendirilerek geri kazanım hedeflenmiştir. Bu durumun uygulanması sonucunda çevre kirliliği, hammadde sarfiyatı, maliyet ve karbon salınımı azalmıştır.

Bu araştırmada ise geri dönüşüm poliester ipliklerden elde edilen kumaşların katyonik poliester ipliklere göre haslık performansını incelenecektir. Bu sayede geri dönüşüm ipliklerin performansının altta kalır yanı olmadığını ispatlanması hedeflenmektedir. Bunun sonucunda ise poliester elde edilmesinde kullanılan etilen glikol ve tereftalik asidin kullanılmasının (Yıldırım, 2017) en aza indirgenmesi hedeflenmektedir. Bu sayede petrokimyasal hammaddelerin kullanımı azalmış olacaktır.

## 2. MATERYAL VE METOD

Tekstilin bir dalı olan dijital baskıda yaptığımız bu araştırmamızı Kadifeteks Mensucat San. A.Ş.'nin laboratuvarlarında tamamlamış bulunmaktayız. Araştırmamızda katyonik poliester iplik ile geri dönüşüm poliester iplik kullanılmıştır ve bu ipliklerden elde edilen kumaşlar farklı doku yapılarındadır (Yurdakul, 2006). Üç farklı çözünürlükte baskı yapılmıştır ve iki farklı üretim metodu denenmiştir. Bu baskıların çözünürlükleri ise 600 DPI, 1200 DPI ve 2400 DPI'dır (Ujiie, 2006). Üretim metodu olarak ise direkt kumaşa baskı ve kağıt transfer baskı kullanılmıştır. Süblime dispers mürekkep kullanılan bu proseslerde ekru boyasız kumaşlara baskı yapılmıştır. 10 kamaralı monforts ram makinesinde fikse işlemleri yapılmıştır.

Araştırmamızda kullanılan kumaşlar için çözgümlü örme ve atkılı örme teknikleri kullanılmıştır. Çözgümlü örme kumaşlar 4 taraklı örme makinesinde üretilmiştir, biri yüzey diğer 3 iplik ise zemindir. Diğer atkılı örme kumaşlar ise biri kapitone olmak üzere diğeri peluşlu kumaştır (Babaoğol, 2010).

Haslık testleri olarak ise laboratuvar çalışmalarında yaptığımız testler şunlardır:

- Sürtünmeye karşı kuru ve yaş renk haslığı testi
- Işığa karşı renk haslığı testi
- Hava şartlarına karşı renk haslığı testi
- Yıkamaya karşı renk haslığı testi
- Martindale aşınma testi
- Tere karşı renk haslığı

Baskısı yapılacak kumaşların 10 kamaralı monforts ram makinesinde kumaş cinslerine göre fiksesi yapılmıştır.

- Çözgümlü örme geri dönüşüm (E kumaşı) ve katyonik (F kumaşı) kumaşlar 220 °C'de 20 m/dk hızla
- Kapitone geri dönüşüm (C kumaşı) ve katyonik (D kumaşı) kumaşlar 160 °C'de 25 m/dk hızla
- Peluşlu geri dönüşüm (A kumaşı) ve katyonik (B kumaşı) kumaşlar ise 180 °C'de 30 m/dk hızla işlem görmüştür.



Araştırmamızda TIFF formatında fotoğraflar baskı kalitesi adına tercih edilmiştir. Dijital baskıda kullanılan renk sayısı Adobe Photoshop programında  $256^3$  adettir yani RGB gamutu kullanılmaktadır. Her rengin 256 adet tonu vardır ve red, green ve blue renklerinin birleşmesiyle bu renkler oluşur. Panellerde ve ekranda kullanılan 16 milyon renk dijital baskı sırasında 1 milyon renk indirgenir. Bu renk gamutu ise baskı işlemi ve boyahanelerde kullanılan renk adedidir. Cyan, magenta, yellow ve key (Siyah) renklerinden oluşan bu gamut mürekkeplerin, boyaların ve renklendirme işlemi yapılan materyallerin renklerini oluşturmak için kullanılır. Bu gamuta ise CMYK gamutu denir. CMYK gamutunda 1003 adet renk vardır ve her rengin siyah renk yardımıyla 100 adet tonu olduğu gamuta ve spektrofotometreye göre kabul edilir (Kim, 2020).

Bu araştırma kapsamında dijital baskı işlemlerinde kullandığımız baskı kafaları ise şunlardır:

- Direkt baskı işleminde, Japon menşeli Kyocera KJ4B baskı kafası
- Kağıt transfer baskı işleminde ise, Japon menşeli Epson I3200 baskı kafası

Söz konusu baskı kafalarının özelliklerine değinecek olursak aralarında oldukça farklı özellikler bulunmaktadır. Kyocera baskı kafalarının kullanımında her baskı kafası bir renk ile çalışır ve en küçük prototip makine için en az 4 adet baskı kafası lazımdır. Bunun sebebi ise CMYK (Prangoski, 2022) renk gamutunu oluşturan 4 renk olduğu içindir. Diğer yardımcı renklere ihtiyaç duyulmadığı sürece 4 adet baskı kafası ile CMYK gamutuna göre 1 milyon renk oluşturabiliriz (Ujiie, 2006).

Kağıt transfer dijital baskı makinesinde ise Epson I3200 baskı kafaları ile çalışan makinenin her bir baskı kafasına CMYK gamutunun her rengi de gider ve baskı rengi baskı kafalarında oluşur. Cyan (camgöbeği), magenta (eflatun), yellow (sarı) ve key (siyah) renkler baskı kafalarında 1 milyon rengi oluşturabilir (Tsatsaroni, 2011).

Dijital baskı işlemleri iki farklı yöntemle oluşturulmuş ve bu işlemler (Ujiie, 2006);

- Direkt kumaşa dijital baskı
- Kağıt transfer dijital baskı işlemidir.

Direkt kumaşa baskı işleminde, reggiani marka renoir pro 180 model makine ile Kyocera baskı kafaları ile baskısı yapılan kumaşlar  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  ve üzeri (Archroma, 2024) (Sensient, 2018) sıcaklık aktive olan mürekkeplerle doğalgazlı fikse/kurutma fırınında fikse işlemi yapılır. Müşteri haslık taleplerine göre bu sıcaklık arttırılabilir (Erkan, 2023). Yaptığımız çalışmalarda ise  $210\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de dijital baskılı kumaşlar fikse edilmiştir.

Kağıt transfer dijital baskı işleminde ise transfer kağıdına baskı işlemi yapılan baskılı kağıtlar kalender makinesine benzer kağıt transfer makinesinde  $230\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de ve 3,5 m/dk hızla transfer edilmiştir (Özomay, 2021).

Baskısı yapılan kumaşlarda süblime dispers mürekkep kullanıldığı için kumaş fiksesi dışında herhangi bir ön işleme ihtiyaç duyulmamıştır. Dijital baskısı yapılan kumaşlar, baskı işleminden sonra haslık testleri için laboratuvara alınmıştır.

Araştırmamızda kullanılan geri dönüşüm, katyonik ve diğer iplikler ise (Hu, 2020).

- Geri dönüşüm iplik olarak 150 denye 144 filament Çin menşeli Jangsu Reborn marka iplik kullanılmıştır
- Katyonik iplik olarak 150 denye 144 filament Çin menşeli Gouwang marka iplik kullanılmıştır.

- Çözümlü örme kumaş üretiminde kumaş arka yüzeyi oluşturan iplik kullanılması gerektiğinden, zemin ipliği olarak ise 50 denye 24 filament FDY PET iplik kullanılmıştır.
- Peluşlu örme kumaşta peluş ipliği olarak 150 denye 96 filament tekstüre Türk menşei Pekar Tekstil marka PET iplik kullanılmıştır.
- Kapitone örme kumaşta dolgu ipliği olarak 600 denye 144 filament tekstüre Türk menşei Pekar Tekstil marka PET iplik kullanılmıştır.

Ayrıca kumaşların doku yapısı şu şekildedir.

- A Kumaş: Yuvarlak örme tekniği – tek iplikli örme, baskı yüzeyini oluşturan zemin ipliği olarak geri dönüşüm iplik peluş ipliği olarak tekstüre iplik, peluşlu örme ve geri dönüşüm iplik
- B Kumaş: Yuvarlak örme tekniği – tek iplikli örme baskı yüzeyini oluşturan zemin ipliği olarak katyonik iplik, peluş ipliği olarak tekstüre iplik, peluşlu örme ve katyonik iplik
- C Kumaş: Yuvarlak örme tekniği – tek iplikli dolgulu örme, baskı yüzeyini oluşturan zemin ipliği olarak geri dönüşüm iplik, dolgu ipliği olarak tekstüre iplik Kapitone örme Geri dönüşüm iplik
- D Kumaş: Yuvarlak örme tekniği – tek iplikli dolgulu örme, baskı yüzeyini oluşturan zemin ipliği olarak katyonik iplik, dolgu ipliği olarak tekstüre iplik, kapitone örme ve katyonik iplik
- E Kumaş: Çözümlü örme tekniği – 4 taraklı örme, baskı yüzeyini oluşturan efekt ipliği olarak geri dönüşüm iplik, zemin ipliği olarak FDY iplik çözümlü örmeve geri dönüşüm iplik
- F Kumaş: Çözümlü örme tekniği – 4 taraklı örme, baskı yüzeyini oluşturan efekt ipliği olarak katyonik iplik, zemin ipliği olarak FDY iplik, çözümlü örme ve katyonik iplik

Çalışmalarda 3 farklı üretim tekniği ile üretilen 3 tip kumaş ve 2 farklı iplik çeşidi kullanılmıştır. İki farklı iplikten biri geri dönüşüm diğer iplik ise katyonik iplikdir. Kumaş tiplerinin ilki ise Karl Mayer çözümlü örme makinesinde üretilen kumaştır. Bu kumaşın özellikleri ise dört taraklı makinede hav ipliği 150 denye 144 filamenttir ve zemin ipliği olarak da 50 denye 24 filament üç zemin ipliği ile üretilmiştir. Her birinden katyonik ve geri dönüşüm iplik kullanılmıştır.

C ve D kumaşları için Monarch marka yuvarlak örme makinesi kullanılmıştır. 20 fayn, 38 pus, sistem sayısı 84 ve 4832 iğneden oluşan bir makinedir. İplik numarası 150 denye 144 filamenttir ve dolgu ipliği ise 600 denye 144 filamenttir. 240 cm eninde üretilen kumaşlar poliester dolguludur.

A ve B kumaşları için Hongji marka Çin malı yuvarlak örme makinesi kullanılmıştır ve 150 denye 144 filament ipliklerle üretilmiştir ve 150 denye 96 filament tekstüre peluş ipliği kullanılmıştır. Makine 60 sistem'dir üretilen kumaş 200 gr/metrekaredir.

Çözümlü örme kumaşları, Karl Mayer marka, HKS 4EL model 2017 model yılı makinede üretilmiştir. Makine 4 iplik yatırma raylarına sahip ve 6100 iğne raylıdır 40 levent kullanılarak kumaş üretimi yapılmıştır. Bu leventlerden 30 tanesi kumaş arka yüzeyini oluşturan iplikleri beslerken, 10 tanesi kumaş üst yüzeyi oluşturan iplikleri beslemiştir. Baskı işlemi kumaş üst yüzeye yapılmıştır. Makinede Groz Beckert marka iğne kullanılmıştır. Makine 1500 devir/dk'da çalışmakta ve saatte 42 m/tül kumaş üretebilmektedir.

Peluşlu kumaşların üretildiği bu makine Çin menşelidir. 60 sistemi bulunmaktadır, bir inçte 20 adet iğne bulunmaktadır ve 30 inç uzunluğundadır. 2386 iğne kullanılmaktadır ve Groz Beckert marka iğne bulunmaktadır. 86 m/saat hızla çalışmaktadır.

Kapitone kumaşların üretildiği makine İngiliz – Japon ortaklığıdır. Bir inçte 20 adet iğne bulunmaktadır, 38 inç uzunluğunda ve 84 adet sistem sayısına sahiptir. Önde 2416 iğne ve arkada 2416 iğnesi olmakla beraber 4832 iğneye sahiptir.

### 3. BULGULAR VE SONUÇ

Araştırma kapsamında, 2 farklı dijital baskı üretim metodu, geri dönüşüm iplik ve katyonik iplikten elde edilen 3 farklı doku yapısındaki kumaşa, 3 farklı çözünürlükte uygulanmıştır (Bueno, 2022).

Çalışmalarda, sürtünmeye karşı kuru ve yaş renk haslığı testi, ışığa karşı renk haslığı testi, hava şartlarına karşı renk haslığı testi, yıkamaya karşı renk haslığı testi, martindale (abrasyon) aşınma testi, tere karşı renk haslığı gibi haslık testleri 6 farklı kumaşa uygulanmıştır (Ramugade, 2023).

Saitu ve Reggiani marka 2 farklı tip makine ile çalışma yapılmıştır. Bu makineler kağıt transfer dijital baskı ve direkt dijital baskı metotlarını içermektedir. Bu metotlar birbirinden farklı şekilde baskı işlemi yapmaya yarar, farklı sıcaklıklar ve mürekkeplerle kumaşa baskı işlemini oluşturur. Bu sebeple kullanılan farklı 2 mürekkep farklı 2 deneysel veriyi oluşturmaktadır.

Saitu ve Reggiani makinesinde dijital baskısı yapılan kumaşların haslık değerleri farklı çıkmıştır. Bunun sebebi deneylerde kullanılan Sun Chemical ve Papijet marka süblime dispers mürekkeplerin kimyasal yapılarının farklı olması ve önerilen fikse sıcaklıklarının farklı olmasıdır.

Farklı Doku yapıları da bazı deneylerde üretim şartları aynı olmasına karşın, sabit deneylerde farklı sonuçlar çıkarmıştır. Örneğin, E ve F kumaşları abrasyon, kuru sürtme ve yaş sürtme haslık testlerinde diğer kumaşlara göre daha yüksek performans değerleri çıkartmıştır. Bunun sebebi ise yapısı nedeniyle daha kaygan bir yüzeye sahip olup bu deneylerdeki şartlardan daha az etkilenmişlerdir.

Çözünürlük açısından deneyleri incelersek, 2400 DPI çözünürlükte dijital baskısı yapılan kumaşların yaş ve kuru sürtme haslık testlerinde daha düşük performans çıkarttığı gözlemlenmiştir. Fakat yaş ve kuru sürtme haslığı testlerinde ise geri dönüşüm kumaşların performansı daha yüksek çıktığı gözlemlenmiştir.

Abrasyon testlerinde geri dönüşüm ipliklerden elde edilen kumaşların performansı katyonik ipliklerden elde edilen kumaşlara göre daha düşük çıktığı genel olarak gözlemlenmiştir. Fakat çözgülü örmeye üretilen E ve F kumaşlarının abrasyon testlerinin diğer kumaşlara göre daha yüksek performansta olduğu söylenebilir.

Asidik ve alkali ter haslığı testlerinde ise Reggiani dijital baskı makinesinde dijital baskısı yapılan kumaşlardan A, B, C ve D kumaşlarının geri dönüşüm ipliklerden elde edilen performansları daha yüksek çıkmaktadır. E ve F kumaşlarında ise bu durum aynı performans gözlemlenmiştir. Saitu dijital baskı makinesinde ise ter haslığı testlerinin herhangi bir performans farkı yoktur.

Işık haslığı testlerinde ise Reggiani dijital baskı makinesinde dijital baskısı yapılan kumaşlarda ise katyonik kumaşlarda daha yüksek bir performans değeri gözlemlenmiştir. Bunun sebebi ise katyonik ipliğin daha düşük sıcaklıkta boyanabilmesine bağlanabilir. Saitu dijital baskı makinesinde dijital baskısı yapılan kumaşların ise geri dönüşüm ipliklerden elde edilen performansları daha yüksektir. Bunun sebebi ise farklı mürekkep kullanıldığı için bu durum ortaya çıkmış olabilir. Yani Papijet mürekkeplerin ışık haslığı değerleri Sun Chemical mürekkeplere göre daha yüksektir.

Hava şartlarına göre renk haslığı testlerine göre renk haslığı testinde ise farklı durumlar ortaya çıkmıştır. Reggiani dijital baskı makinesinde dijital baskısı yapılan kumaşların ise C ve D kumaşlarında geri dönüşüm kumaşların performansı daha yüksektir. E ve F kumaşlarında katyonik kumaşların performansı daha yüksektir. A ve B kumaşlarında ise fark yoktur. Saitu dijital baskı makinesinde dijital baskısı yapılan kumaşlarda ise A ve B kumaşlarının geri dönüşüm ipliklerden elde edilen kumaşlarının performansı daha yüksektir. C ve D kumaşlarında ise katyonik ipliklerin performansı ön plana çıkmaktadır. E ve F kumaşlarında ise herhangi bir fark yoktur.

Yıkama haslığı testlerine değinilecek olunursa bütün haslık testleri 5 çıkmıştır ve değerler aynıdır yani geri dönüşüm iplik ile katyonik iplik arasında herhangi bir fark yoktur.

Sonuç olarak belirgin farklara değinilecek olunursa abrasyon, kuru ve yaş sürtme haslığı ve ter haslığı testlerinde geri dönüşüm ipliklerden elde edilen kumaşlarda bu performans değerleri daha yüksektir. Işık haslığı testlerinde Saitu dijital baskı makinesinin performansı reggiani makinesinde basılan

değerlere göre geri dönüşüm kumaşların performansı daha yüksektir ve Sun Chemical mürekkebin katyonik iplik performansı daha yüksektir.

Bu sonuçlara dayanarak geri dönüşüm ipliklerden elde edilen kumaşların performansları küçümsenmeyecek derecede üstündür ve geri dönüşüm ve geri kazanım için bu çalışmanın sonuçlarına faydalı olacağı belirlenmektedir.

#### 4. KAYNAKLAR

*Archroma MSDS. (2024). Malzeme Güvenliği Bilgi Formu. Archroma Turkey, Kocaeli, Türkiye.*

*Babaoğol, M. (2010). Tekstil Lifleri, Temel Özellikler, Kullanım ve Bakım. Gazi Kitabevi, Ankara, Türkiye.*

*Bueno, A. M. (2022). Optimal process conditions to recycled polyester dyeing using natural annatto dye. Journal of Cleaner Production. Regional University of Blumenau (FURB), Postgraduate Program in Chemical Engineering, Blumenau, SC, Brazil.*

*Erkan, G. (2023). Tekstil Endüstrisinde Kullanılan Inkjet Baskı Mürekkepleri. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Türkiye.*

*Hu, Y. (2020). Regenerated cationic dyeable polyester deriving from poly(ethyleneterephthalate) waste. Polymer Degradation and Stability. National Engineering Lab for Textiles Fiber Materials & Processing Technology (Zhejiang), Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou, 310018, PR China.*

*Jang, S. K. (2020). Review of digital printing technologies for electronic materials. Flexible and Printed Electronics. School of Electronics and Electrical Engineering, Dankook University, Yongin, 16890, Republic of Korea.*

*Özomay, Z. (2021). The effect of Temperature and Time Variables on Printing Quality in Sublimation Transfer Printing on Nylon and Polyester Fabric. Textile and Manuscripts Conservation and Restoration Research and Development Laboratory, Marmara University, Istanbul, Turkey.*

*Prangoski, B. (2022). Textile Sublimation Printing: Impact of Total Ink Limiting Level and Sublimation Transfer Paper on Black Print Quality. Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, Faculty of Mechanical Engineering, Karpos II bb, 1000 Skopje, North Macedonia.*

*Ramugade, S. (2023). Silicone nanomicelle dyeing method on polyester fibre: Comparative evaluation of chemical properties, fastness properties, and DFT. Journal of the Indian Chemical Society. Department of Dyestuff Technology, Institute of Chemical Technology, Matunga, Mumbai, 400 019, India.*

*Sensient MSDS. (2018). Malzeme Güvenliği Bilgi Formu. Morges İsviçre.*

*Tsatsaroni. (2011). Preparation of disperse inkjet inks, properties and application to polyester fibers. Coloration Technology. Aristotle University of Thessaloniki, Greece.*

*Ujiie, H. (2006). Digital Printing of Textiles. Woodhead Publishing Limited, Abington Hall, Abington, Cambridge CB1 6AH, England.*

*Üstün, S. (2010). Geri Kazanılmış PET'in Kullanımı. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Denizli, Türkiye.*

*Yıldırım, K. (2017). Polimerik Malzemeler – Ders Notları. Bursa Teknik Üniversitesi, Lif ve Polimer Mühendisliği Bölümü, Bursa.*

*Yurdakul, A. (2006). Boya – Baskı Esasları. Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma – Uygulama Merkezi Yayını, İzmir, Türkiye.*

# ZAMANSIZ PÖTİKARE KUMAŞ TASARIMLARI

Veli KAYA<sup>1</sup>, Leyla UCA<sup>1</sup>, Aynur ŞAHİN<sup>1</sup>, Rasim ÇIRAK<sup>1</sup>, Burcu YILMAZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Almodo Altunlar Tekstil Tasarım Merkezi, Tekirdağ, Türkiye

<sup>2</sup>Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

[rasim.cirak@almodo.com.tr](mailto:rasim.cirak@almodo.com.tr)

## ÖZET

Pötikare ya da küçük kareli kumaş, boyanmış ipliklerin çözgüde ve atkıda sabit aralıklarla dokunmasıyla blok veya ekose efekti karakterize edilen kumaşlara verilen isimdir. Sanayi Devrimi'nin ardından özellikle kadınların giyim konfor beklentileri ve alışkanlıkları değişmeye başlamıştır. Bu beklentileri karşılayan pötikare kumaşlar farklı aralıklarla trend olmuştur. Pötikare tarzı, kendi tarihsel sürecinde zarif kadınların cesur, özgür ve zamansız modasını oluşturmuştur. Bu çalışmada zamansız pötikareyi, kendi tarihsel sürecinden ilham alarak yeniden yorumlayıp özgün dokuma kumaşların tasarlanması amaçlanmıştır. Tasarımlarda istikrarın simgesi mavi, güvenin simgesi kahverengi, sevincin simgesi sarı ve gücün simgesi kırmızı renkler kullanılmıştır. Kırmızı rengin ağırlıkta olduğu tasarımlarda sevgi ve şefkatin simgesi pembe ile bilgelik ve güvenin simgesi siyah renklerle tasarım niteliği desteklenmiştir. Nihai kumaşların renk haslıkları ( $\frac{3}{4}+$ ), yırtılma mukavemetleri (kabul edilebilir) ve boncuklanma eğilimleri (3+) test edilmiştir. Çalışmayla zamansız modayı destekleyen firma imajı korunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Pötikare Kumaş, Dokuma Kumaş Tasarımı, Zamansız Moda

## TIMELESS GINGHAM FABRIC DESIGNS

### ABSTRACT

Gingham or small checkered fabric is the name given to fabrics characterized by a block or plaid effect by weaving dyed threads at fixed intervals in the warp and weft. After the Industrial Revolution, women's clothing comfort expectations and habits began to change. Gingham fabrics that meet these expectations have been trending at different intervals. Gingham style has created the bold, free and timeless fashion of elegant women throughout its historical process. In this study, it is aimed to reinterpret gingham, one of the timeless woven fabric patterns, by taking inspiration from its own historical process and design original woven fabrics. The colors chosen in the design represent; blue-stability, brown-trust, yellow-joy, red- power, pink- love, compassion and black- wisdom, trust. The fabrics are tested for color fastness ( $\frac{3}{4}+$ ), tear strength (acceptable) and pilling tendencies (3+). With this work, the image of the company supporting timeless fashion has been preserved.

**Keywords:** Gingham, Weaving Fabric Design, Timeless Fashion

### 1.GİRİŞ

Tasarım kavramı yapıya, tekniğe ve estetiğe yönelik geniş bir alanı kapsamaktadır. Estetiğe yönelik tasarımların sınıflandırılmasında ise tekstil ve moda tasarımı önemli bir yer tutmaktadır. Tarihsel süreçte insanların sosyo-ekonomik ve kültürel hayatlarındaki değişiklikler yaşam alışkanlıklarına etki etmiştir. Bu durum tekstil ve moda tasarımında estetikle beraber giysi konfor beklentilerini de değiştirmiştir. İngiltere'de başlayan I. Sanayi Devrimi (1760-1830)'yle beraber üretim, el ve beden emeğinden makine gücüne doğru geçmiş, bu süreçte kadınlar da iş hayatında yer almaya başlamışlardır. Bu durum kadınların sosyal, kültürel ve ekonomik hayata katılmalarını sağlarken giyim alışkanlıklarını değiştirmeye başlamıştır. Bu noktada, boyanmış ipliklerin çözgüde ve dolguda

sabit aralıklarla dokunmasıyla blok veya ekose efekti karakterize edilen, pötikare olarak adlandırılan kumaşların giysi tasarımlarında yaygın olarak kullanımı göze çarpmaktadır (Gooch, 2011).

Sanayi Devrimi'ni takip eden süreçte, III. Napolyon Dönemi (1848-1852)'nde pötikare kumaşlardan giysiler bu kez zarif kadınlar tarafından tercih edilerek elegant moda yaklaşımına yön veren parametrik tasarımlar olarak karşımıza çıkmaktadır. 1911-1916 yılları arasında Nelly Don, Amerika'da, Kansas City'de, başta pembe pötikareli olmak üzere önlük ve kıyafet tasarımları yapmıştır. Şık, pratik ve ekonomik bulunan pembe pötikare kumaştan tasarımlar hem ev hem de çalışan elbisesi olarak kadınlar tarafından ilgi görmüştür. Modaya uygun tasarım öğelerini erişilebilir fiyatlı ev elbisesine entegre etmek aynı zamanda Amerikalı ev hanımlarının toplumda değişen rolünü örneklemiştir (Whang vd., 2014). 20. Yüzyılda, 1939 yılı Amerikan yapımı fantastik müzikal filmi olan Oz Büyücü'nin başrol oyuncusu Judy Garland'ın üzerindeki ikonik mavi elbiseyle pötikare tasarımlar yeniden moda yön vererek geniş kitleler tarafından tercih edilmiştir. Şekil 1'de Oz Büyücüsü film afişi, Şekil 2'de filmle ön plana çıkan ikonik mavi pötikare elbise görülmektedir.



Şekil 1. Oz Büyücüsü Film Afişi

(<https://www.themoviedb.org/movie/630-the-wizard-of-oz?language=tr-TR>)



Şekil 2. Filmle Ön Plana Çıkan Mavi Pötikare Elbise

([https://www.upi.com/Top\\_News/US/2022/04/22/Judy-Garland-dress-Wizard-Oz/1911650635862/](https://www.upi.com/Top_News/US/2022/04/22/Judy-Garland-dress-Wizard-Oz/1911650635862/))

1940 yılı yine Amerikan yapımı romantik komedi filmi Philadelphia Hikayesi'nde Tracy Lord rolündeki Katharine Hepburn pötikare eteğiyle ve gömlek detayıyla dikkat çekmektedir. Böylece pötikare kumaş ve giysi tasarımları 1940'larda Hollywood'da yaz gardırobu klasiği olmuştur. Şekil 3'de söz konusu filmin afişine ve Şekil 4'de Katharine Hepburn'ün kostümünün ön planda olduğu görsele yer verilmiştir.



**Şekil 3.** Philadelphia Hikayesi Film Afışı  
(<http://back-to-golden-days.blogspot.com/2015/02/film-friday-philadelphia-story.html>)



**Şekil 4.** Katharine Hepburn'ün Kostümünün Ön Planda Olduğu Bir Görsel  
(<http://back-to-golden-days.blogspot.com/2015/02/film-friday-philadelphia-story.html>)

1950'lere gelindiğinde ise ünlü Fransız oyuncu Brigitte Bardot (BB), beyazperdeye iz bırakan kıyafetler arasında her şeye uyum sağlayacak basit bir desene sahip pötikare eteği yazdırmıştır. Bardo, 1959 yılında Fransız aktör Jacques Charrier ile evlenirken kendisi için özel tasarlanmış olan pembe pötikare kumaştan bir gelinlik giyerek Fransa'da pötikare kumaş kıtlığına yol açacak bir trendin başlamasına neden olmuştur. Şekil 5'de BB pötikare eteğiyle, Şekil 6'da ise pötikare gelinliğiyle yer almaktadır.



**Şekil 5.** BB Pötikare Eteğiyle  
(<https://www.vogue.fr/fashion-culture/article/iconic-gingham-moments-big-screen>)



**Şekil 6.** BB Pötikare Gelinliğiyle  
<https://www.vogue.fr/fashion-culture/article/iconic-gingham-moments-big-screen>

Zamansız pötikare kumaşlara, günümüzde de farklı alanlarda tasarımlarda yer verilmektedir. Son on yıllık süreç incelendiğinde ünlü Amerikan moda tasarımcısı Michael Kors'un 2015 İlkbahar Koleksiyonu'nda pötikare kumaşlardan giysi ve aksesuar tasarımlarına yer verdiği görülmektedir (<https://wwd.com/fashion-news/shows-reviews/gallery/michael-kors-rtw-spring-2015/michael-kors-rtw-spring-2015-7896212-portrait/>). Son yıllarda, ünlü İtalyan markası Fendi'nin çanta ve astar tasarımlarında pötikare yorumları ön plana çıkmıştır (<https://www.fashionphile.com/p/fendi-vitello-century-gingham-nano-baguette-charm-rosewood-mustard-868759>). Marka renginin kahverengi olmasından dolayı bu rengin ön planda olduğu pötikare kumaşının daha ağırlıkta çalışıldığı göze

çarpmaktadır. Fendi 2022 Sonbahar-Kış Koleksiyonunda pötikare pantolon tasarımlarını moda takipçilerinin beğenisine sunmuştur. Yakın zamanlı olarak Dior ve Chanel gibi modanın öncüsü markalarda da pötikare tasarımlara farklı yaklaşımlar görülmektedir ([https://www.dior.com/en\\_int/fashion/products/344R10AM532\\_X9330-short-flared-dress-gray-and-black-check-n-dior-knit](https://www.dior.com/en_int/fashion/products/344R10AM532_X9330-short-flared-dress-gray-and-black-check-n-dior-knit), <https://www.farfetech.com/sa/shopping/women/chanel-pre-owned-2010-2011-gingham-check-canvas-tote-bag-item-21304969.aspx>). Pötikare sadece giyim ve aksesuar tasarımlarında değil, ev tekstilinde de yer bulmuştur. Dokuma dışında baskı yoluyla da farklı pötikare tasarımlar ortaya konabilir. Günümüzde feminen desenleriyle zamansız bir klasik haline gelen bu kumaş türü her sezon yeniden keşfedilmekte ve her stile uyarlanabilmektedir (<https://ginghampalace.com/pages/gingham-or-vichy>).

Bu çalışmada ise, zamansız dokuma kumaş desenlerinden biri olan pötikareyi, kendi tarihsel sürecinden ilham alarak yeniden yorumlayıp özgün dokuma kumaşların tasarlanması amaçlanmıştır. İlgi çekecek canlı renklerle ve tonlarla, kişisel ifadeleri özgürleştirebilecek, zamanın ötesine geçebilen, farklı örgü tiplerinin ve iplik numaralarının beraberce kullanımıyla 2 boyutlu görünüm ve tutum özelliklerine sahip tasarımlarla özgün ve belirgin stillerin oluşmasına katkı sağlanacaktır.

## **2.MATERYAL VE METOT**

### **2.1.Materyal**

Tasarımların dokunmasında %100 pamuklu 30/1 ve 10/1 Ne iplikler kullanılmıştır. Tüm tasarımlar JC7 ekranlı rapier jakarlı dokuma makinasında üretilmiştir. Kumaşların gramajları ise 140, 145, 150 ve 160 g/m<sup>2</sup>'dir.

### **2.2.Metot**

Metot, dokuma kumaşların tasarım süreci ve tasarımların dokunma süreci olmak üzere iki bölümde ele alınmıştır. Dokuma Kumaşların Tasarım Süreci'nde, ilk olarak nitel araştırma metotlarından tarama modeli uygulanarak tarihsel süreçte pötikare kumaş tasarım yorumları incelenmiştir. Ardından görsellerden esinlenilerek beyin fırtınası metoduyla pötikare yeniden günümüz moda anlayışına göre yorumlanmıştır. Tema 'İki Boyutlu Kabartmalar' olarak belirlenmiş ve bu tema kapsamında hikaye oluşturma ve hikaye panosu hazırlama çalışmalarına geçilmiştir. Hikaye olarak pötikarenin tarihsel süreci genel olarak ele alınmış ve trende yön veren Brigitte Bardot'nun gelinliği özeline yoğunlaşmıştır. Tarama modeline göre belirlenen hikayeye uygun elde edilen tarihsel süreçteki pötikare tasarımları tasnif edilmiş ve ardından tasarım çizim çalışmalarına geçilmiştir. Eş zamanlı olarak renk seçimleri yapılmıştır. Renklerde tutarlılık ve tekrarlanabilirlik sağlayabilmek için PANTONE Kataloğundan 18-1340, 16-1315, 18-1550, 18-1630, 17-4041, 14-4122, 17-0738 ve 11-0608 olmak üzere sekiz renk seçilmiştir. Renkler belirlenmesinde mavinin istikrarın, kahverenginin güvenin, sarının sevincin, kırmızının gücün simgesi olması tercih sebebi olmuştur. Kırmızı rengin ağırlıkta olduğu tasarımlarda, sevgi ve şefkatin simgesi olan pembe ile bilgelik ve güvenin simgesi olan siyah renklerle tasarım niteliği desteklenmiştir. İstikrar, güven, sevinç, güç, sevgi, şefkat ve bilgelik tasarımların zamansızlığını destekleyecek evrensel kavramlar olacaktır. Tasarımlarda kullanılmak üzere belirlenen iplikler uluslararası standartlara göre kalite kontrol testlerine tabi tutularak hedef kalite parametrelerine uygunlukları test edilmiştir. Kumaşların tasarım sürecinde Adobe Photoshop piksel tabanlı görüntü, resim ve fotoğraf düzenleme sayısal fotoğraf işleme yazılımı kullanılarak sekiz farklı kumaş tasarım çalışması yapılmıştır. Tasarımların Dokunması Süreci'nde, kumaşlar dokunurken bezayağı, dimi, pike ve saten örgüleri beraberce kullanılarak 2 boyutlu ve farklı tutum özelliklerine sahip tasarımlar ortaya konmuştur. Tüm kumaş tasarımları numune olarak JC7 ekranlı rapier jakarlı dokuma makinasında üretilmiştir. Maliyet ve üretim detayları çıkarıldıktan sonra gerekli tasarım revizyon çalışmaları yapılarak tasarımlara nihai halleri verilmiştir.



### 3.ARAŞTIRMA BULGULARI

Tasarlanan sekiz adet pötikare kumaşa ait numune üretim görselleri Şekil 7-14 arasında sunulmuştur. Şekil 7 ve 8'de sunulmuş olan Tasarım 1 ve 2'de iki farklı tonda mavi ile beyaz renkler kullanılmıştır. Kumaş gramajları  $145 \text{ g/m}^2$ 'dir. Kumaşlar hem atkı hem çözgü yönlerinde 30/1 Ne pamuklu ipliklerle dokunmuştur. Tasarım 1'de zeminde bezayağı büyük kare motifler çalışılırken, zeminin üzerinde dimi örgüsüyle karo motiflerine yer verilmiştir. Dimi örgü tasarımın geneline daha tok ve hareketli bir görünüm verirken, bezayağı örgü ile düz görüntü korunmuştur. Tasarım 2'de ise pike örgüyle büyük kare motifler oluşturulmuş, bu karelerin orta kısımlarına saten örgüsüyle küçük kare motifler eklenmiştir. Böylece tasarımın genelinde 2 boyutlu görünümle beraber tutum farklılığı sağlanmıştır. Bu durum tasarıma doku ve görsel yönlerden farklılık sağlamıştır.

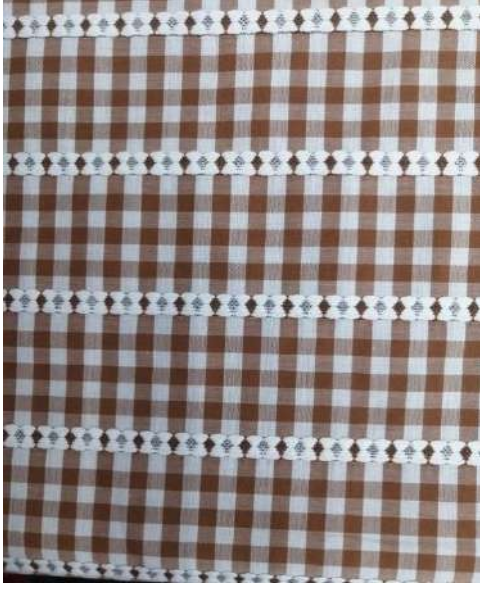


Şekil 7. Tasarım 1



Şekil 8. Tasarım 2

Şekil 9 ve 10'da yer alan Tasarım 3 ve 4'de yine iki farklı tonda kahverengi ve beyaz renkler kullanılmıştır. Kumaş gramajları  $160 \text{ g/m}^2$ 'dir. Kumaşlar hem atkı hem çözgü yönlerinde 30/1 Ne pamuklu ipliklerle dokunmuştur. Bu esnada atkı yönüne 10/1 Ne pamuklu iplikler de eklenerek tasarımdaki 2 boyutlu çiçek motifleri elde edilmiştir. Ayrıca çiçek motiflerinin 2 boyutlu olarak eldesi ve pötikare desen ile aynı boyutta olabilmesi için regülatör tekniğinden faydalanılmıştır. Regülatör tekniği farklı sıklıklarda dokunmuş farklı kalınlıktaki ipliklerden orantılı motiflerin eldesini sağlar. Tasarım 3'de pötikare desen regülatör tekniği yardımıyla elde edilen 2 boyutlu çiçek motifleriyle desteklenmişken Tasarım 4'de buna ek olarak pötikare desen düz fakat pötikare ile orantılı boyuna çizgilerle yeniden yorumlanıp tasarıma geometrik silüet kazandırılmıştır.

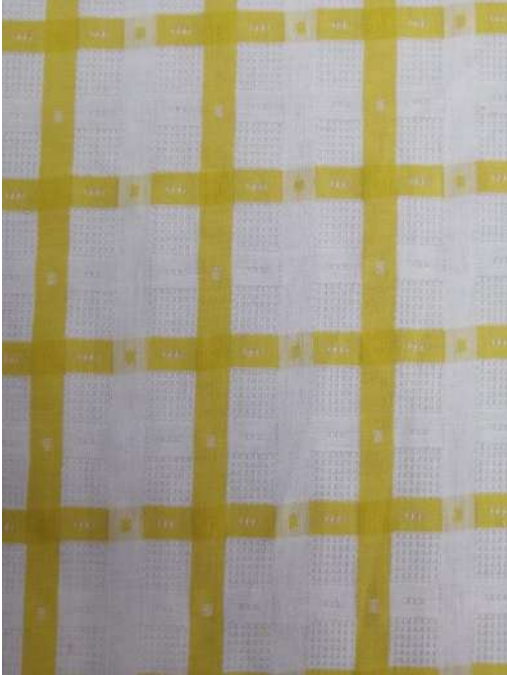


Şekil 9. Tasarım 3



Şekil 10. Tasarım 4

Şekil 11 ve 12’de görülen Tasarım 5 ve 6 sarı ve beyaz renklerle tasarlanmıştır. Kumaş gramajları sırasıyla 140-150 g/m<sup>2</sup>’dir. Kumaşlar hem atkı hem çözgü yönlerinde 30/1 Ne pamuklu ipliklerle dokunmuştur. Tasarımlarda bezayağı, pike ve saten örgü yapıları beraberce kullanılarak 2 boyutlu tasarımlar ortaya konmuştur. Tasarım 5’de tasarımın zemini bezayağı örgü iken, pike ve saten örgünün belirli aralıklarla tekrarıyla pürüzlü ve pürüzsüz kumaş yüzey geçişleri (kontrast) sağlanmıştır. Saten örgü aynı zamanda kumaşa bölgesel parlaklık sağlamıştır. Yüzeyde oluşturulan kontrast tasarımın iki boyutlu görünümü desteklemiştir. Tasarım 6’da ise farklı olarak geometrik çizgiler simetrik kullanılıp geleneksel görünümün dışında desen ve renk birlikleriyle bütünlük sağlanmış yenilikçi bir tasarım oluşturulmuştur.



Şekil 11. Tasarım 5

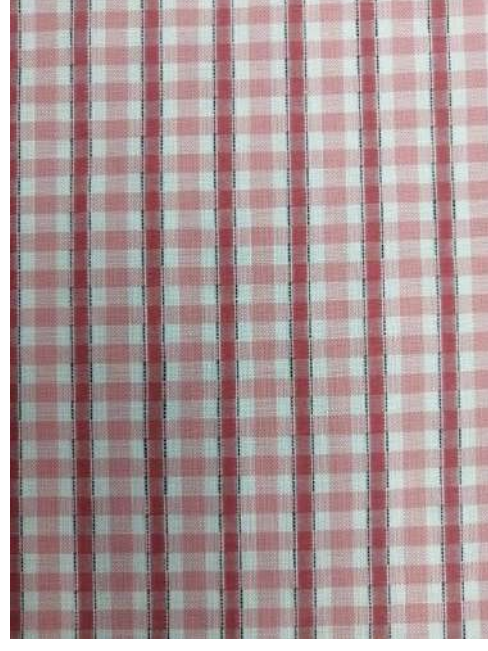


Şekil 12. Tasarım 6

Şekil 13 ve 14’de yer almakta olan Tasarım 7 ve 8 kırmızı ve beyaz renklerle tasarlanmıştır. Söz konusu tasarımlar pembe ve siyah renkli ipliklerle desteklenmiştir. Kumaş gramajları her iki tasarım için 140 g/m<sup>2</sup>’dir. Kumaşlar hem atkı hem çözgü yönlerinde 30/1 Ne pamuklu ipliklerle dokunmuştur. Tasarım 7’de siyah iplik hem atkı hem çözgü yönlerinde kullanılmıştır. Söz konusu siyah iplikler tasarıma 2 boyutlu görünüm kazandırırken sert ve yumuşak kumaş yüzey geçişleri (kontrast) sağlanarak 2 boyutlu görünüm desteklenmiştir. Tasarım 8’de ise siyah iplikler sadece çözgü yönünde kullanılmıştır. Tek yönde siyah iplik kullanımı da kumaş yüzeyinde belirli oranda 2 boyutlu görünüm sağlamada etkili olmuştur. Yine orta-sert ve yumuşak kumaş yüzey geçişleri (kontrast) söz konusu 2 boyutlu görünümü destekler nitelikte olmuştur.



Şekil 13. Tasarım 7



Şekil 14. Tasarım 8

Tüm tasarımlara ISO 105-C06 (A2S-40 °C) standardına göre Yıkamaya Karşı Renk Haslığı, ISO 105-X12 standardına göre Sürtmeye Karşı Renk Haslığı, ISO 105-E04 standardına göre Tere Karşı Renk Haslığı, EN-ISO 13934-1 standardına göre Uzama, EN-ISO 13937-2 standardına göre Yırtılma Mukavemeti ve BS EN ISO 12945-2 Martindale Boncuklanma Eğilimi testleri uygulanmıştır. Test sonuçları Çizelge 1 ve 2’de özetlenmiştir.

Çizelge 1. Renk Haslık Test Sonuçları

Tasarımlar	Yıkama Haslığı		Sürtme Haslığı		Ter Haslığı			
	Lekeleme (Pamuk)	Solma	Kuru	Yaş	Lekeleme (Pamuk)		Solma	
					Asit	Alkali	Asit	Alkali
Tasarım 1	4	4	4	3/4	4	4	4	4
Tasarım 2	4	4	4	3/4	4	4	4	4
Tasarım 3	4	4	4	3/4	4	4	4	4
Tasarım 4	4	4	4/5	4	4	4	4	4
Tasarım 5	3/4	4	3/4	4	4/5	4/5	4/5	4/5
Tasarım 6	4	4	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5
Tasarım 7	4	4	4	4	3/4	4	3/4	4
Tasarım 8	4	4	4	4	4	4	4	4

Çizelge 1’de tasarım pötikare kumaşlara uygulanan yıkamaya, sürtmeye ve tere karşı tüm renk haslık test sonuçları, Çizelge 2’de yine tasarım pötikare kumaşlara uygulanan % uzama, yırtılma mukavemeti ve 2000 devire karşı boncuklanma eğilimi test sonuçları yer almaktadır. Renk haslık test sonuçları,

alkali ter haslığı hariç, genel olarak değerlendirildiklerinde 3/4 gri skala değerinin üzerinde bulunmuştur. Alkali tere karşı renk haslığı test sonuçlarının ise 4/5 gri skala değerinin üzerinde olduğu görülmüştür. Çizelge 2’de sunulmuş olan atkı ve çözgü yönündeki uzama (%) ve yırtılma mukavemeti değerleri üst giyim olarak kullanılacak dokuma kumaşlar için kabul edilebilir düzeyde bulunmuştur. Tasarımların 2000 devirde boncuklanma eğilimleri ise 3’ün üzerinde bulunmuştur. Bu sonuçlarında yine üst giyim olarak kullanılacak dokuma kumaşlar için yeterli seviyede olduğu değerlendirilmiştir.

**Çizelge 2.** Fiziksel Test Sonuçları

Tasarımlar	Uzama (%)		Yırtılma Mukavemeti (kgf)		Boncuklanma Eğilimi (2000 Devir)
	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı	
Tasarım 1	40,10	30,19	3,97	4,20	3/4
Tasarım 2	26,16	29,70	0,67	0,90	4
Tasarım 3	41,16	37,10	3,96	4,16	4/5
Tasarım 4	50,00	50,00	4,70	5,90	4/5
Tasarım 5	36,39	38,11	3,18	2,94	3/4
Tasarım 6	45,70	36,40	3,75	4,96	3
Tasarım 7	44,10	39,00	5,97	6,70	3
Tasarım 8	30,16	29,61	4,90	5,80	3

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada geçmişle gelecek arasında köprü kurmanın sağladığı çeşitlilikle zamansız sekiz özgün iki boyutlu görünümüne sahip ve farklı tutum özelliklerinde üst giyime yönelik pötikare kumaş tasarlanmıştır. Tasarlanan tüm kumaşların renk haslıkları ve fiziksel test sonuçları genel olarak kabul edilebilir değerlerdedir. Söz konusu sekiz kumaş birbirleriyle karşılaştırıldıklarında ise, 2000 devirde en iyi boncuklanma eğilimleri (4/5 +) Tasarım 2,3 ve 4’de görülmüştür. Bu tasarımların % uzama ve yırtılma mukavemetleri de yüksektir. Tasarım 2,3 ve 4’ün lekelemeye karşı yıkama ve ter haslık sonuçları da diğer tasarımlara kıyasla yüksek olduğundan kumaşların beyaz kısımlarının lekelemeyeceği açıktır.

Bu tasarımlar Almodo Altunlar Tekstil Tasarım Merkezi 22-23 Kodlu ‘Nostaljik Turta’ isimli öz kaynak projesinin çıktılarıdır. Dolayısıyla tasarımların nihai kullanıcılarla buluşması ve ticari olarak değerlendirilmesi sağlanabilmiştir. Tasarımlarının tümünün ticarileşmiş olması, moda takipçisi hedef kitlenin değişiklik arayışı ve farklı görünme isteklerinin söz konusu zamansız tasarımlarla karşılanmış olduğunun göstergesi olarak kabul edilmiştir. Bu durum Almodo Altunlar Tekstil’in modaya yön veren marka imajının devamlılığına, bir başka deyişle sürdürülebilirliğine katkı sağlamıştır. Tasarım süreçleri ve tasarımlar Almodo Altunlar Tekstil Tasarım Merkezi tasarımcılarına know-how kazandırmış, tasarım niteliği yüksek yeni kumaş tasarımı projelerinin başlatılmasına etken olmuştur.

#### 5.KAYNAKLAR

- Gooch, J.W., (2011), *Gingham, Encyclopedic Dictionary of Polymers, Springer, Almanya, 340.*
- Whang, M., Haar, S., (2014), *Nelly Don’s 1916 Pink Gingham Apron Frock: An Illustration of The Middle-Class American Housewife’s Shifting Role From Producer to Consumer, Fashion and Textiles, 1(1), 1-17.*
- <http://back-to-golden-days.blogspot.com/2015/02/film-friday-philadelphia-story.html>, Erişim Tarihi: 23.06.2024
- [https://www.dior.com/en\\_int/fashion/products/344R10AM532\\_X9330-short-flared-dress-gray-and-black-check-n-dior-knit](https://www.dior.com/en_int/fashion/products/344R10AM532_X9330-short-flared-dress-gray-and-black-check-n-dior-knit), Erişim Tarihi: 23.06.2024
- <https://www.farfetch.com/sa/shopping/women/chanel-pre-owned-2010-2011-gingham-check-canvas-tote-bag-item-21304969.aspx>, Erişim Tarihi: 23.06.2024
- <https://www.fashionphile.com/p/fendi-vitello-century-gingham-nano-baguette-charm-rosewood-mustard-868759>, Erişim Tarihi: 23.06.2024
- <https://ginghampalace.com/pages/gingham-or-vichy>, Erişim Tarihi: 23.06.2024
- <https://www.themoviedb.org/movie/630-the-wizard-of-oz?language=tr-TR>, Erişim Tarihi: 23.06.2024

[https://www.upi.com/Top\\_News/US/2022/04/22/Judy-Garland-dress-Wizard-Oz/1911650635862/](https://www.upi.com/Top_News/US/2022/04/22/Judy-Garland-dress-Wizard-Oz/1911650635862/),  
Erişim Tarihi: 23.06.2024

<https://www.vogue.fr/fashion-culture/article/iconic-gingham-moments-big-screen>, Erişim Tarihi:  
23.06.2024

<https://wwd.com/fashion-news/shows-reviews/gallery/michael-kors-rtw-spring-2015/michael-kors-rtw-spring-2015-7896212-portrait/>, Erişim Tarihi: 23.06.2024

# DEGRADE BOYALI PAMUK İPLİKLERİ İLE TASARLANAN MAKİNE HALILARI

Betül TURAN<sup>1</sup>, Gülbin FİDAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Dokuteks Tekstil (Koza Halı Tasarım Merkezi), Gaziantep, Türkiye*

<sup>2</sup>*Gaziantep Üniversitesi, Naci Topçuoğlu MYO, Gaziantep, Türkiye*

*betul.turan@kozahali.com.tr*

## ÖZET

Küresel ısınma ve iklim değişikliği sürdürülebilirlik kavramının önemini ortaya koymuş ve Avrupa Yeşil Mutabakatı ile sürdürülebilirlik yaklaşımı bir zorunluluk haline gelmiştir. Sürdürülebilir liflerin kullanımı tekstil sektörü için gün geçtikçe daha fazla önem arz etmektedir. Türkiye, makine halıcılığı üretiminde dünyanın öncü ülkelerinden biridir ve Gaziantep, Türkiye genelindeki makine halı ihracatının yaklaşık %90'ını gerçekleştirmektedir. Makine halıcılığında çoğunlukla akrilik, polipropilen, polyester, poliamid gibi sentetik lifler kullanılmaktadır. Sürdürülebilir bir lif olan pamuk lifinin hav ipliği olarak kullanımı mümkün olmadığından, bu çalışmada hav yüzeyi olmadan, doğa dostu olarak vurgulayabileceğimiz halı üretimleri gerçekleştirilmiştir. Hav ipliğinin kullanılmaması sayesinde sentetik lifler yerine recycle pamuk kullanımı mümkün hale gelmiştir. Halı üretimleri, atkı ve çözgü yönünde degrade boyanmış recycle pamuk iplikleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Degrade boyanmış ipliklerde farklı renklerin aynı iplik üzerinde farklı dağılımlarda bulunması ve bu ipliklerin atkı ve çözgü yönlerinde birlikte kullanılması sayesinde özgün ve renkli tasarımlar meydana getirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Halı, recycle, pamuk, degrade boya

## MACHINE MADE CARPETS DESIGNED WITH DEGRADE DYED COTTON YARNS

### ABSTRACT

Global warming and climate change have revealed the importance of sustainability and with the European Green Deal, sustainability notion has become a necessity. The usage of sustainable fibers is becoming more and more important for textile industry. Turkey is one of the world's leading countries in machine-made carpet production and Gaziantep realizes approximately 90% of machine-made carpet exports throughout Turkey. Synthetic fibers such as acrylic, polypropylene, polyester and polyamide are mostly used in machine-made carpet production. Cotton fiber, which is a sustainable fiber, is not possible to use as pile yarn in machine made carpet industry. In this study, cotton fiber was used to produce environmentally friendly carpets, and carpet production was carried out without a pile surface. Thus, by not using pile yarn, it has become possible to use recycled cotton instead of synthetic fibers. Original and colourful designs have been created thanks to the presence of different colours in different placements on the same yarn by using degrade dyed yarns on the weft and warp directions.

**Key Words:** Carpet, recycle, cotton, degrade dyed

## 1.GİRİŞ

Makine halıcılığı üretiminde çoğunlukla akrilik, polipropilen, polyester, poliamid gibi sentetik lifler; jüt, yün ve pamuk gibi doğal lifler kullanılmaktadır. 3 boyutlu bir kumaş yapısına sahip olan halıların üst yüzeyleri hav ipliklerinden meydana gelir. Dolayısıyla, hav yüzeyini oluşturan liflerden, iyi bir rezilyans performansına sahip olmaları beklenmektedir. Bu açıdan yün lifi, çok iyi bir rezilyans davranışına sahip olsa da fiyatının çok yüksek olması, yün lifinin daha çok el halıcılığında kullanımına neden olmuştur. Makine halıcılığında ise yün yerine akrilik, polipropilen, poliamid, polyester gibi sentetik liflerin kullanımının gerekliliği ortaya çıkmıştır. Akrilik ve polipropilen lifleri makine halıcılığında en çok kullanılan liflerdir. Akrilik lifinde yaşanan tüylenme, alerji gibi problemler, polipropilen lifini düşük maliyeti, düşük yoğunluğu, güvelenmeye karşı dayanımı gibi özellikleriyle ön plana çıkarmıştır (Crawshaw, 2002; Gong, 2011; Goswami, 2009).

Küresel ısınma ve iklim değişikliği sürdürülebilirlik kavramının önemini ortaya koymuştur. Avrupa Yeşil Mutabakatı ile sürdürülebilirlik yaklaşımı bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu nedenle üretimde kullanılacak ipliklerin sürdürülebilir olması oldukça önem arz etmektedir. Gaziantep, Türkiye genelindeki makine halı ihracatının %90'ını gerçekleştirmektedir ve dünya halı üretiminde öncü şehirlerden birisidir (Gaib, 2024). Doğal ve sürdürülebilir bir lif olan pamuk lifi, hav ipliğinde olması gereken rezilyans özelliğini sağlayamadığından hav ipliği olarak kullanılamamaktadır. Ancak kendisine atkı ipliği olarak kullanım alanı bulmuştur. Makine halıcılığına atkı ipliği olarak uzun yıllardır jüt elyafı kullanılmaktadır. Anavatamı Hindistan olan jütün dünya üretiminin %80'i Hindistan, Pakistan ve Bangladeş tarafından karşılanmaktadır (Başer, 2002). Jüt elyafının ülkemizde yetiştirilememesi, jütün sadece ithal edilmesi ve fiyatının son yıllarda çok yükselmesi, halı üreticilerinin jüte alternatif olabilecek farklı elyaf arayışlarına neden olmuştur. Makine halısı üreticileri tarafından yapılan araştırmalar sonunda kalın numarada ve katlanarak üretilen pamuk iplikleri, atkı ipliği olarak jüt ipliklere alternatif kullanılmaya başlanmıştır.

Halı ürünleri 3 boyutlu olup hav yüzeylerinin gerekli olan rezilyans özelliğini gösterebilmesi açısından, daha çok sentetik lifler kullanılarak üretilmektedir. Bu çalışmanın en önemi amacı, sürdürülebilir elyaf kullanımı ile doğa dostu olarak nitelenebilecek bir halı koleksiyon ortaya çıkarmaktır. Bu nedenle rezilyans özelliğinin ön planda olmadığı, hav yüzeyi bulunmayan, 2 boyutlu dokuma halılar üretilmiştir. Böylelikle, 3 boyutlu halılarda hav ipliği olarak kullanılamayan, ancak sürdürülebilir ve doğal bir lif olan pamuk lifinin atkı ve çözgü ipliği olarak kullanımı mümkün hale gelmiştir. Bu çalışmada kullanılan recycle pamuk iplikleri, degrade boyama yöntemi kullanılarak boyanmıştır. Ayrıca degrade boyanmış recycle pamuk ipliklerde farklı renklerin aynı iplik üzerinde, farklı dağılımlarda bulunması ve bu ipliklerin atkı ve çözgü yönlerinde birlikte kullanılması sayesinde oldukça farklı görünüm özelliklerine sahip farklı tasarımlar meydana getirilmiştir.

## 2.MATERYAL METOD

Degrade boyama, iplik veya kumaş üzerinde farklı renklerin birbiri üzerinde geçişleri ile elde edilen ve kullanılan tekstil ürününe estetik bir derinlik ve zenginlik kazandıran bir boyama yöntemidir. Bu yöntemde, tekstil ürününün bir ucundan diğer ucuna doğru yumuşak bir renk geçişi oluşturmak için farklı tonlar ve renkler kullanılır. Degrade boyama yöntemi, tek bir tekstil ürünü üzerine belirli aralıklar ile farklı renklerin belirli bir desene göre basılması olarak da tanımlanabilmektedir. Bu boyama çeşidinde, bir gradient etkisi yaratmak için bir renk paleti içinde benzer tonlarda renkler kullanılmaktadır. Efekt tıpkı baskı yönteminde olduğu gibi elde edilir, fakat baskı yönteminden farklı, bu efektin boyama işlemi ile elde edilmesidir. Degrade boyama yöntemi kullanılarak üretilen tekstil ürünü kumaş, bobin, çile, iplik, bant olabilir ve üretilen degrade boyalı tekstil ürünü, örme, dokuma ya da dekoratif amaçlı kullanılabilmesi gibi direkt olarak desen elde edilmesi amacıyla da kullanılabilir.

Bu çalışmada, degrade boyama yöntemi kullanılarak iplik üzerine belirli periyotlarda farklı renklerin uygulanması suretiyle boyama işlemi gerçekleştirilmiştir. Böylelikle birden fazla rengin, farklı dağılımlarla iplik yüzeyine aktarılması sağlanmıştır. Degrade boyama yöntemi, tek bir işlemle farklı renklerin iplik bünyesine entegre edilebildiği ve geleneksel boyama yöntemlerinden oldukça farklı olan bir yöntemdir. Bu yöntem sayesinde rengarenk iplikler üretilip atkı ve çözgü yönlerinde kullanılarak, görsel olarak albenisi yüksek ürünlerin dokunması mümkün hale gelmiştir. Bu çalışmada da, OE recycle pamuk iplikleri degrade boyama yöntemi ile boyanmış ve Şekil 1’de görülen degrade boyalı recycle pamuk iplikleri üretilmiştir.



Şekil 1. Degrade boyalı recycle pamuk iplikleri

### 3.BULGULAR VE SONUÇ

Makine halıcılığında halı yüzeyini oluşturan hav iplikleri çoğunlukla sentetik liflerden üretilmektedir. Pamuk lifi konvansiyonel tekstil endüstrisinde en çok kullanılan doğal lif olmakla birlikte yetersiz rezilyans özelliği nedeniyle halı endüstrisinde hav ipliği olarak kullanılamamaktadır. Bu çalışmada ile sürdürülebilir bir lif olan ancak yüz yüze wilton dokuma tekniğinde, hav ipliğinde kullanımının mümkün olmadığı pamuk lifinin kullanılabilmesi için bir tasarım geliştirilmiş olacaktır. Böylece çevre dostu, sürdürülebilir, geleneksellikten uzak, oldukça farklı görünümde, çok renkli ürünler tasarlanabilecektir. Bu durumun yanında geleneksel yüz yüze dokuma halılar, yüksek gramajları nedeniyle bazı müşteriler tarafından yaz mevsiminde tercih edilmemektedir. Bu çalışmada dokunacak halıların 2 boyutlu yapıları sayesinde, geleneksel halılara göre daha hafif olmaları da farklı sezonlarda kullanılacak yeni bir tasarım imkanı doğurmuş olmaktadır.

Bu çalışmada pamuk lifinin atkı ve çözgü yönünde kullanılabilmesi adına tasarımlar 2 boyutlu kumaş yapıları şeklinde yapılmıştır. Geleneksel boyama yöntemleri ile boyanan iplikler ile yapılabilecek tasarımlar sınırlı olduğundan degrade boyama ile boyanmış iplikler kullanılarak bir halı koleksiyonu hazırlanmıştır. Şekil 2 ve Şekil 3’te degrade boyalı recycle pamuk ipliklerinin farklı örgülerle, atkı ve çözgü yönlerinde kullanılmasıyla tasarlanan halı örnekleri görülmektedir.





**Şekil 2.** Degrade boyalı recycle pamuk ipliklerinin atkı ve çözüğü yönlerinde kullanılmasıyla tasarlanan halı



**Şekil 3.** Degrade boyalı recycle pamuk ipliklerinin farklı örgüler kullanılmasıyla tasarlanan halı örnekleri

Küresel ısınma nedeniyle doğa dostu ürünler, sürdürülebilirlik, recycle gibi kavramlar her geçen gün daha fazla ön plana çıkmaktadır. Sürdürülebilir ürün tasarımlarının artırılması için yapılan bu çalışmanın temelini pamuk lifinin kullanımı oluşturmaktadır. Bu çalışma ile sadece atkı ipliği veya çözüğü ipliği olarak kullanılabilen, ancak hav ipliği olarak kullanımı mümkün olmayan pamuk lifi ile farklı tasarımların yapılması mümkün hale gelmiştir. Recycle pamuk iplikleri degrade boyama yöntemi ile boyanarak farklı renk efektlerinin aynı iplikte görülmesi sağlanmıştır. Böylelikle hav yüzeyi bulunmayan 2 boyutlu ve doğa dostu halılar elde edilmiştir. Bu halıların tamamen pamuktan yapılması ve dokuma halılar kadar ağır olmaması müşteri taleplerine daha fazla ulaşılabilmesine katkı sağlamış olacaktır.

Bu çalışma kapsamında farklı halı tasarımları sadece degrade boyalı atkı ve çözüğü ipliklerinin kullanımını ile değil, farklı örgü tipleri kullanılması suretiyle de gerçekleştirilmiştir. Böylelikle geri dönüşümü mümkün ve sürdürülebilir bir lif olan pamuk lifi kullanılarak farklı örgü tiplerinde, rengarenk halıların üretimi mümkün hale gelmiştir.

#### **4. KAYNAKLAR**

*Başer, İ., (2002), Elyaf Bilgisi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.*

*Crawshaw, GH., (2002), Carpet Manufacture, Woodhead Publishing Limited, United Kingdom.*

*Gong, RH., (2011), Specialist Yarn and Fabric Structures Developments and Applications, Woodhead Publishing Limited, United Kingdom.*

*Goswami, KK., (2009), Advances in Carpet Manufacture, Woodhead Publishing Limited, United Kingdom.*

<https://www.gaib.org.tr>, 16.05.2024.

# MODİFİYE BCF POLİPROPİLEN İPLİK KULLANIMI İLE JÜT GÖRÜNÜMLÜ SISAL KİLİM ÜRETİMİ

**Betül TURAN<sup>1</sup>, Gülbin FİDAN<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Dokuteks Tekstil (Koza Halı Tasarım Merkezi), Gaziantep, Türkiye*

<sup>2</sup>*Gaziantep Üniversitesi, Naci Topçuoğlu MYO, Gaziantep, Türkiye*  
*betul.turan@kozahali.com.tr*

## ÖZET

Makine halısı sektöründe sisal kilimler, yapısında hav yüzeyi bulunmayan halılara verilen genel bir isim olarak tanımlanabilmektedir. Sisal kilimler genellikle jüt ipliklerin atkı ve çözgü yönünde kullanılmasıyla üretilmektedir. Ancak jüt ipliğinin ithal edilmesi nedeniyle yurtdışına olan bağımlılık, sisal kilimlerde jüte alternatif bir elyaf arayışına neden olmuştur. Bu çalışmada, özel olarak üretilen modifiye BCF polipropilen iplikler atkı ve çözgü yönünde kullanılarak jüt görünümlü sisal kilimler üretilmiştir. Modifiye BCF polipropilen iplikler, tricolor şeklinde üretildikten sonra, tüylendirme makinesinde ipliğin tiftitilerek tüylü bir yapıya sahip olması sağlanmaktadır. Bu tüylü görünüm sayesinde BCF polipropilen iplikler jüt ve yün gibi doğal ipliklere benzemektedir. Modifiye BCF polipropilen ipliklerin kullanılması ile dokunan sisal kilimler oldukça doğal bir görünüme sahip olmaktadır. Ayrıca, polipropilen lifinin kullanımı sayesinde, hafiflik, yüksek aşınma direnci, UV ve renk haslığı gibi üstün özelliklere sahip sisal kilimlerin üretilmesi mümkün olmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Sisal kilim, JÜt, BCF, Polipropilen

## JUTE APPEARANCE SISAL RUG PRODUCTION WITH THE USE OF MODIFIED BCF POLYPROPYLENE YARN

### ABSTRACT

In machine-made carpet industry, sisal rugs can be defined as a general name given to carpets that do not have a pile surface in their structure. Sisal rugs are generally manufactured by using jute yarns in weft and warp directions. However, the dependence on abroad due to the import of jute yarn has led the carpet manufacturers to search for an alternative fiber to jute in sisal rugs. In this study, modified BCF polypropylene yarns were used in weft and warp directions to produce jute appearance sisal rugs. Modified BCF polypropylene yarns were produced in tricolor form and these yarns were napped in a special machine to give yarn a hairy structure. Thanks to this hairy structure, BCF polypropylene yarns has a similar sight to natural yarns such as jute and wool. Sisal rugs woven by using modified BCF polypropylene yarns have a very natural texture. Besides, through the using of polypropylene fiber in rug manufacturing, it is possible to produce sisal rugs with superior features such as lightness, high abrasion resistance, UV and colour fastness.

**Key Words:** Sisal rug, Jute, BCF, Polypropylene

## 1.GİRİŞ

Makine halıcılığında, hav ipliği üretiminde akrilik, polipropilen, poliamid, polyester gibi sentetik lifler kullanılmaktadır ve akrilik, polipropilen, hav iplik üretiminde en yaygın kullanılan liflerdir. Akrilik lifinde yaşanan tüylenme, alerji gibi problemler, polipropilen lifini düşük maliyeti, düşük yoğunluğu, güvelenmeye karşı dayanımı gibi özellikleriyle ön plana çıkarmıştır. Polyester elyafı ise, tekstil endüstrisinde en çok kullanılan liftir ve makine halısı endüstrisinde hav ipliği üretiminde kullanımı gittikçe yaygınlaşmaya başlamıştır (Crawshaw, 2002; Gong, 2011; Goswami, 2009).

Makine halıcılığında atkı ipliğinde en yaygın kullanılan elyaf jüttür. Jüt elyafı pamuktan sonra dünyada en fazla üretilen bitkisel liftir. Anavatanı Hindistan olan jütün dünya üretiminin %80'i Hindistan, Pakistan ve Bangladeş tarafından karşılanmaktadır (Başer, 2002). Jüt bitkisinde havuzlamadan sonra elde edilen lif demetlerinin tek tek liflere ayrılması oldukça zor olduğundan jüt elyafı ile ince iplik üretimi mümkün değildir. Bu durum jüt elyafının, halı gibi üç boyutlu tekstil yapılarının zemin yapısında kullanımının önemli bir nedenidir. Kopma mukavemeti çok iyi olan jütün esnekliği çok düşüktür. Ancak en önemli dezavantajı nem ve ısı etkisiyle lifin çürümesidir. Jüt elyafı, doğada %100 bozunabilir olduğu için geri dönüşümü mümkün olan bir elyafıdır. Türkiye'de Antalya, Adana, Hatay ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde jüt bitkisi yetiştirilebilir fakat ekim işlemlerinin zorluğu ve işçilik ücretlerinin yüksek olması nedeni ile ülkemizde kullanılan jütün tamamı ithal edilmektedir. İthal edilen jütlerin büyük çoğunluğu halı ipliği ve çuval üretiminde kullanılmaktadır (Mutlu, 2011).

Gaziantep, Türkiye genelindeki makine halı ihracatının %90'ını gerçekleştirmektedir ve dünya halı üretiminde öncü şehirlerden birisidir (Gaib, 2024). Halı üretiminde jütün çok kullanılması ve jüt için yurtdışına olan bağımlılık, halı firmalarını atkı ipliği için jüte alternatif elyaf arayışına yönlendirmiştir. Uzun yıllardır hav ipliği olarak kullanılan polipropilen, yüksek dayanımı, yüksek sürtünme direnci ve düşük yoğunluğu gibi sahip olduğu üstün özellikler nedeniyle tercih edilmektedir. Yüksek mukavemeti sayesinde halı yüzeylerindeki aşınma performansı yüksektir ve böylelikle polipropilen halılar yoğun yürüme trafikli alanlarda bile dayanıklılığını korumaktadır. Bu durum ayrıca halının kullanım ömrünü uzatmaktadır. Renk ve UV dayanımları yüksek olan polipropilen halılar güneş ışığına maruz kaldıklarında renklerini koruyarak görünümlerini uzun süre muhafaza etmektedir. Bu nedenle indoor ve outdoor halı tasarımlarında özellikle tercih edilmektedirler. Polipropilen halıların alerjik reaksiyonlara neden olmaması da özellikle ihracat ürünü olarak tercih edilmelerine olanak sağlamaktadır. Sonuç olarak dayanıklılık, kolay bakım, hafiflik, yüksek UV ve renk haslıkları gibi avantajlarıyla polipropilen, halı sektöründe uzun yıllardır kullanılmaktadır ve yapılan modifiye üretimlerle bu sektörde kullanımını uzun süre devam ettirecek liflerden birisidir.

Sisal kilimler, yapısında hav yüzeyi bulunmayan ve genellikle jüt elyafının atkı ve çözgü yönünde kullanılması ile üretilen halılara verilen genel bir isim olarak tanımlanabilmektedir. Sisal kilimler geleneksel halılara göre daha hafif bir yapıdadır. Hem hammadde maliyetinin düşürülmesi, hem yurtdışına olan bağımlılığın azaltılabilmesi, hem de hafif olmasının ürüne sağlayacağı fayda nedeniyle jüt lifi yerine polipropilen elyafının kullanılarak sisal kilim üretimleri yapılabilmektedir. Üretiminde jüt lifinin kullanıldığı sisal kilimler, jüt lifinin yapısal özelliklerinden kaynaklanan tüylü ve tok bir tuşeye sahiptir. Ancak polipropilen iplikler kullanılarak üretilen sisal kilimlerde bu görüntü elde edilememektedir. Bu çalışmada konvansiyonel BCF (Hacimli Sonsuz Filament) polipropilen iplikler yerine, modifiye edilerek üretilen jüt iplik görünümlü BCF polipropilen iplikler atkı ve çözgü yönünde kullanılarak outdoor kullanım amaçlı ve ihracata yönelik sisal kilimler üretilmiştir.

## 2.MATERYAL METOD

Bu çalışmada jüt elyafı yerine modifiye BCF polipropilen iplikler atkı ve çözgü yönünde kullanılarak sisal kilimler üretilmiştir. Modifiye BCF polipropilen iplikler, tricolor (üç renk) olarak üretilmişlerdir. Tricolor BCF iplikler, üç farklı ekstrüderden beslenen farklı renklerdeki polimer eriyiklerinin yan yana konumlanmış düzelerle beslenmesi ve akabinde filament üretimi şeklinde gerçekleşmektedir (Yaz, 2024). Bu çalışmada kullanılan modifiye BCF polipropilen iplikleri tricolor şeklinde üretildikten

sonra, tüylendirme makinesine belirli bir tansiyonda beslenmektedir. Akabinde ipliklerin tiftitilerek tüylü bir yapıya sahip olması sağlanmaktadır. Şekil 1’de BCF ipliklerin tylendirildiği makine görülmektedir.



Şekil 1. BCF ipliklerin tiftitilerek tylendirilmesi

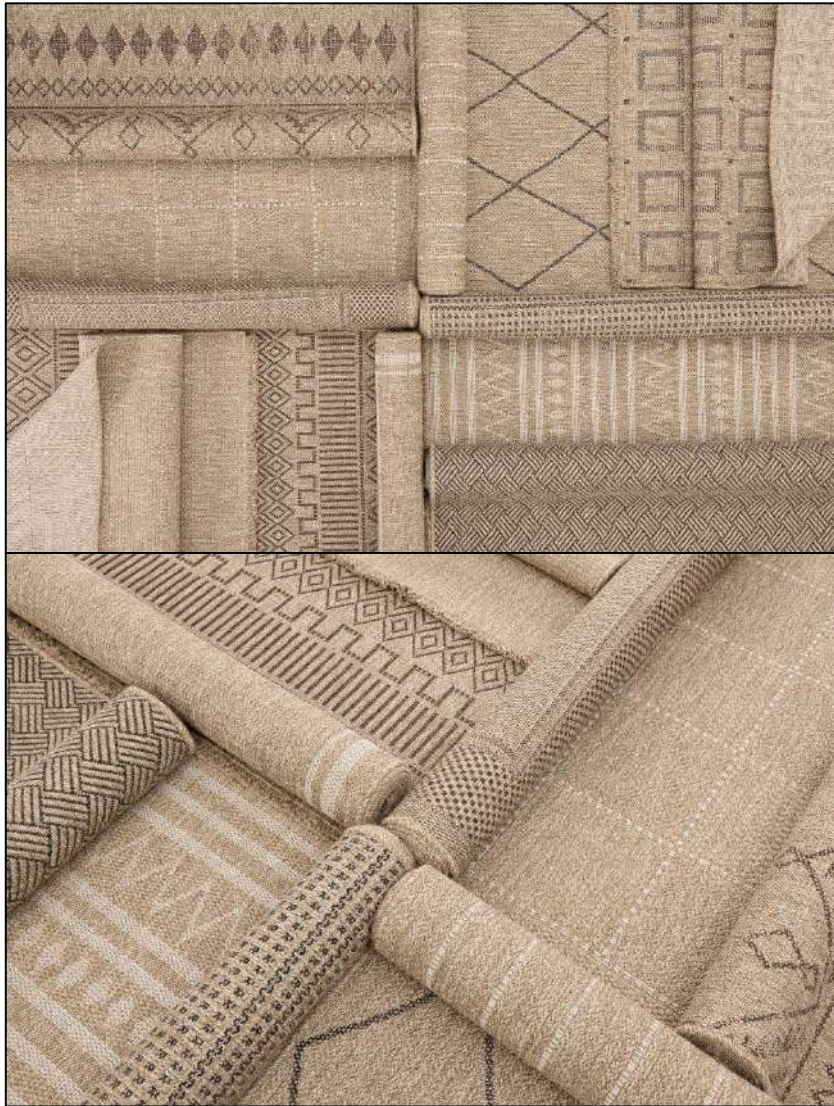
BCF iplikler tylendirildikten sonra Şekil 2’de grldği gibi, jt ve yn gibi doğal ipliklere çok yakın bir görünüme sahip olmaktadır.



Şekil 2. Modifiye BCF polipropilen iplik

### 3.BULGULAR VE SONUÇ

Outdoor halı ürünlerinde dayanıklılık, yüksek renk ve UV haslıkları gerekmektedir. Makine halıcılığı sektöründe sisal kilimler özellikle ihracat siparişleri için outdoor ürün olarak üretilmektedir. Jüt, sisal, yün gibi doğal lifler kullanılarak üretilen sisal kilimler, hem ürün ömrünün az olması hem de maliyetinin çok yüksek olması gibi dezavantajlara sahiptir. Bu nedenle, outdoor sisal kilim üretiminde polipropilen gibi sentetik ipliklerin kullanılması, doğal ipliklerin kullanılmasına göre daha avantajlıdır. Bu çalışmada üretimi gerçekleştirilen sisal kilimler, konvansiyonel polipropilen iplikler yerine, modifiye BCF polipropilen ipliklerin atkı ve çözgü yönünde kullanılması ile ortaya çıkarılmıştır. Atkı ve çözgü ipliği olarak polipropilen kullanılması sayesinde yüksek mukavemetli, anti-alerjik, yüksek renk ve UV haslığına sahip, en önemlisi de düşük lif yoğunluğu sayesinde outdoor ürünler için önemli bir parametre olan hafif kilimlerin üretilmesi mümkün hale gelmiştir. Bu çalışmada üretilen sisal kilimlerin diğer sisal kilimlerden en önemli farkı, kullanılan modifiye BCF polipropilen iplikler sayesinde jüt ve yün görünümlü sisal kilimlerin üretilmesidir. Şekil 3'te modifiye BCF polipropilen ipliklerin atkı ve çözgü yönünde kullanılması ile üretilen sisal kilimler görülmektedir.



Şekil 3. Modifiye BCF polipropilen ipliklerin atkı ve çözgü yönünde kullanılması ile üretilen sisal kilimler

Jüt veya yün ipliklerin kullanıldığı kilimlerin pazar payı, yüksek maliyetleri nedeniyle çok fazla olmamaktadır. Ayrıca outdoor ürünler gibi dış ortamlarda kullanıldıklarında ürün dayanıklılığı açısından da ciddi problemler oluşabilmektedir. Bu gibi nedenlerden dolayı sisal kilimler gibi outdoor ürünlerde sentetik ipliklerin kullanılması, ürünün hem ekonomik hem de dayanıklı olması açısından

tercih edilmektedir. Bu çalışmada kullanılan modifiye BCF polipropilen iplikler, tricolor şeklinde üretildikten sonra ayrı bir prosesten geçirilerek tüylü bir yapıya sahip olmaları sağlanmaktadır. Bu proses sonunda üretilen polipropilen iplikler, jüt ve yün gibi doğal ipliklere benzer yünsü bir görünüme sahip olmaktadır. Bu ipliklerin atkı ve çözgü yönünde kullanılmasıyla üretilen sisal kilimler oldukça doğal bir görünüme kavuşmaktadırlar. Ayrıca polipropilenin kilime kazandırdığı özellikler sayesinde ekonomik, hafif, dayanıklı, renk ve UV haslığı gibi üstün özelliklere sahip kilimlerin üretilmesi mümkün hale gelmektedir.

Sonuç olarak bu çalışmada, modifiye edilmiş BCF polipropilen iplikleri kullanılarak hafif, aşınmaya karşı dayanıklı, UV ve renk haslığı iyi, ekonomik, aynı zamanda jüt-yün görünümlü sisal kilimler üretilmiştir. Bu durum sayesinde, makine halıcılığı sektörüne yeni bir tasarım kazandırılarak hem doğal ipliklerden üretilen kilimlere göre ürün maliyeti açısından avantajlı bir durum yakalanmış hem de jüt gibi yurtdışına bağlı olduğumuz bir lif kullanımını yerine ülkemiz öz kaynakları tarafından geliştirilen bir ipliğin kullanımı sağlanmıştır.

#### 4. KAYNAKLAR

*Başer, İ., (2002), Elyaf Bilgisi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.*

*Crawshaw, GH., (2002), Carpet Manufacture, Woodhead Publishing Limited, United Kingdom.*

*Gong, RH., (2011), Specialist Yarn and Fabric Structures Developments and Applications, Woodhead Publishing Limited, United Kingdom.*

*Goswami, KK., (2009), Advances in Carpet Manufacture, Woodhead Publishing Limited, United Kingdom.*

<https://www.gaib.org.tr>, 16.05.2024.

*Mutlu, S., (2011), Jüt Lifi ve Tekstil - Hazır Giyim Sektöründe Kullanım Alanları, Akdeniz Sanat, 4, 8, 103-105.*

*Yaz, CE., (2024), Tekstil Bilimleri ve Teknolojileri Alanında Araştırmalar ve Değerlendirmeler, Gece Kitaplığı, Ankara.*

# PAMUK İPLİKÇİLİĞİNDE DEĞİŞKEN FİTİL NUMARASININ İPLİK KALİTESİNE ETKİSİ

Gökhan TANDOĞAN<sup>1,2</sup>, Uğur GÜNDOĞAN<sup>2</sup>, Kıymet Kübra DENGİ<sup>2</sup>, Sami GİZİR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bursa Uludağ Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Doktora Öğrencisi, Bursa, Türkiye

<sup>2</sup>Kipaş Mensucat İşletmeleri A.Ş. Ar-Ge Merkezi, Kahramanmaraş, Türkiye

Sorumlu yazar eposta: [gstandogan@kipas.com.tr](mailto:gstandogan@kipas.com.tr)

## ÖZET

Pamuk iplikçiliğinde iplik kalitesine etki eden faktörlerin başında hammadde menşei, iplik hazırlık prosesleri, işletme şartları, eğirme işlemlerinde kullanılan elemanlar, büküm miktarı, cer ve fitil inceliği gibi parametreler ipliklerin ve bunlardan üretilen son mamullerin kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Çalışmada pamuk iplikçiliğinde değişken fitil numarasının iplik kalitesine etkisini araştırmak için sabit yöre harmanı kullanılarak karde ve penye proseslerinde Ne 0.4, Ne 0.5, 0.6 Ne 0.6, Ne 0.7, Ne 0.8 Ne inceliklerinde farklı fitil numaralarından, sabit devirde Ne 10 ve Ne iplik üretimleri yapılmış, iplik numara farklılıklarından dolayı eğirme işlemine uygun kopça ve klipsler kullanılmıştır. İplik üretimleri sabit bükümde 4,2 alfa değerinde üretilmiştir. Üretilen karde ve penye Ne 10 ve Ne 20 ipliklerin %U, %CV neps, ince yer, kalın yer, mukavemet, elastikiyet değerleri ve değişken fitil lineer yoğunluğunun iplik düzgünlüklerine etkileri incelenmiştir. Uster kalite parametrelerine göre; fitil numarası incelendiğinde ve iplik numarası kalınlaştığında ipliğin IPI değerlerinde iyileşme, mukavemet ve elastikiyet değerlerinde yükselme gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İplik Düzgünlüğü Şerit İnceliği, Fitol İnceliği, Ring Eğirme

## THE EFFECT OF VARIABLE ROVING NUMBER ON YARN QUALITY IN COTTON SPINNING

### ABSTRACT

Among the factors affecting yarn quality in cotton spinning, parameters such as raw material origin, yarn preparation processes, operating conditions, elements used in spinning processes, twist amount, draw frame and roving fineness have a significant impact on the quality of yarns and the final products produced from them. In the study, to investigate the effect of variable roving number on yarn quality in cotton spinning, Ne 10 and Ne 20 yarns were produced from different roving numbers in Ne 0.4, Ne 0.5, 0.6, Ne 0.6, Ne 0.7, Ne 0.8 Ne fineness in carded and combed processes by using a constant regional blend, at constant speed. were produced, and due to yarn count differences, travelers and clips suitable for the spinning process were used. Yarn production was produced at a constant twist of 4.2 alpha. The effects of %U, %CV neps, thin place, thick place, strength, elasticity values and variable roving linear density of the produced carded and combed Ne 10 and Ne 20 yarns on yarn irregularities were examined. According to Uster quality parameters; When the roving count became thinner and the yarn count became thicker, an improvement in the IPI values of the yarn and an increase in the strength and elasticity values were observed.

**Keywords:** Yarn Evenness, Sliver Fineness, Roving Fineness, Ring Spinning



## 1.GİRİŞ

Düzensüzlük, iplik üretiminde iplik kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. İplikteki düzensüzlükler iplik mukavemetinin düşmesine ince ya da kalın noktaların oluşmasına ve beraberinde kumaş yüzeyinde bozuk bir görüntüye sebebiyet vermektedir.

Pamuk iplikçiliğinde bir ipliğin kusursuz olabilmesi için hiçbir yabancı madde içermemesi, bükümün iplik boyunca düzgün dağılması, istenen büyüklük ve düzgünlükte mukavemete sahip olması, tüylülüğün istenen düzeyde ve üniform olması gerekir. Ancak son derece gelişmiş makinalara ve modern elektronik ve mekanik test aletlerine sahip olmasına rağmen, lif özelliklerinin değişimi ve liflerin iplik üretimi sırasındaki tesadüfi hareketleri nedeniyle hatasız iplik yapmak olası değildir. Üretilen iplikte mutlaka değişik tip ve büyüklükte hatalar ortaya çıkmaktadır.

Kısa lif iplikçiliğinde temelde ring, open end rotor ve hava jetli iplik eğirme olmak üzere üç ana iplik sistemi bulunmaktadır. Kesikli (ştapel) liflerden iplik üretimi, birçok bireysel lifin çeşitli prosesler yardımıyla eğilerek iplik elde edilmesine dayanır. Proseslerin yapısından kaynaklanan nedenlerden dolayı elde edilen ipliklerin lineer ağırlığı homojen olmayabilmektedir. Başka bir ifadeyle ipliğin birim uzunluğundaki kütlesi değişebilmektedir. İplik içerisinde bulunan liflerin değişimine bağlı olarak ipliğin birim kütlesinde oluşan varyasyona düzensüzlük (irregularity) denilmektedir (Derya, 2013)

Farber C, (1996) çalışmasında farklı numaralardaki pamuk iplikleri ile yaptığı araştırmada iplikteki neps hatalarının iplik numarası ile fitildeki partikül boyut dağılımına bağlı olduğu sonucunu ortaya koymuştur. Deneysel çalışma sonucunda her bir farklı iplik numarası için bir kritik partikül boyutunun belirlenebileceği, bu değerden daha büyük boyuttaki partiküllerin iplik düzensüzlüğü ölçümünde neps hatası olarak sayıldığı belirtilmiştir (Farber, 1996).

Gemci R, Onur B, (2003) çalışmasında değişik bilezik çaplarının ring iplik kalite özellikleri üzerine etkilerini bilezik çapı formu dışındaki parametreler sabit tutularak iplikte ki tüylülük değerleri, ince-kalın yerler, kopma uzaması ve mukavemet değerlerini incelemiştir (Gemci, Bıçkı, 2003).

Tanır, 2007 çalışmasında iplik tüylülüğü ve tüylülük ölçüm metotları açıklamış ve tüylülüğe etki eden faktörler ayrıntılı olarak incelemiştir. Deneysel çalışmada farklı karışım oranlarında farklı ağırlıkta kopçalar kullanılarak Ne16/1 numarada PES/CO iplikler üretmiştir. İplik üretiminde kopça ağırlıklarının değişmesi ve ipliğin kops formundan bobin formuna aktarılması sırasında iplik tüylülüğündeki ve diğer iplik özelliklerindeki değişimi incelemiştir (Tanır, 2007).

Kılıç (2010), ring, kompakt ve vorteks eğirme sistemlerinde rejenere selülozik liflerden olan tencel, modal ve promodal'ın pamukla karışımı sonucunda elde edilen ipliklerin düzensüzlük ve tüylülük özelliklerini incelemiştir. Sonuçlar incelendiğinde, ring ipliklerinin tüylülük değerlerinin en yüksek, vorteks ipliklerinin en düşük olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, vorteks ipliklerinin düzensüzlük değerleri en yüksek, kompakt ipliklerin ise düzensüzlük değerleri en düşüktür. Karışımındaki rejenere selülozik lif oranının artması sonucunda düzensüzlük, IPI, çap ve pürüzlülük değerleri azalmakta, diğer yandan kopma mukavemeti, kopma uzaması, yoğunluk ve yuvarlaklık değerleri ise artmaktadır (Kılıç, 2010).

Regar ve Majad (2017), 4,2 mikron inceliğinde, 30 mm uzunluğunda %100 pamuk lifinden farklı Kompakt (Suessen) ve Ring (Lakshmi) iplik eğirme sistemlerinde, boya oranları %30- %60 ve 3-3,5 mm bilezik aralık açıklığı olacak şekilde farklı iplikler üretilmişlerdir. Boyalı elyaf, ham elyaf ile %30-70 ve %60-40 oranlarında karıştırılarak melanj iplikler oluşturulmuştur. Melanj faktörünün farklı eğirme teknikleri, boyama oranı ve bilezik aralık açıklığına bağlı olarak etkilendiği görülmüştür. Buna göre; boyalı elyaf oranı (30-%60) ve bilezik açıklığı (3-3,5 mm) arttıkça düzensüzlük, hata indeksi, tüylülük ve IPI değerlerinde artış, mukavemet ve iplik uzama değerlerinde ise azalma olmuştur. Boyalı

elyaf oranında %50 azalma olması durumunda, düzgünsüzlük değerinin %30 arttığı görülmüştür (Regar, Amjad, 2017).

O.Yayla ve arkadaşları, (2018), üç farklı iplik eğirme sistemine göre iplik düzgünsüzlük ve tüylülük değerlerini incelemiş %100 pamuk, %100 poliester ve %50/50 ekru ve melanj ipliklerin tümünde, rotor ipliklerde en düşük değerler görülürken, vorteks ipliklerde ise düzgünsüzlük değerlerinin, ring ve rotor ipliklere kıyasla daha iyi olduğunu gözlemlemişlerdir (Yayla, Kaya, Kaynak, 2018).

Çalışmada pamuk iplikçiliğinde değişken fitil numarasının ring iplik kalitesine etkisi araştırılırken literatür çalışmalarından farklı olarak pamuklu ring iplik eğirme proseslerinde karde ve penye fitillerin farklı iplik lineer yoğunluğu, iplik performansları ölçülmüş ve değerlendirilmiştir.

## 2.MATERYAL VE METOT

### 2.1.Materyal

Çalışma kapsamında üretim değişkenlikleri göz önüne alınarak harmanda kullanılan pamuk özellikleri çizelge 1, klips ve kopça modelleri ise çizelge 2.de verilmiştir.

Çizelge 1.Harmanda kullanılan pamuk elyaflarının özellikleri

Harman	Karışım Oranı (%)	Microner	Lif Uzunluğu (mm)	Elastikiyet %	Uniformite	Rd (Lif parlaklığı)	+b (Lif Sarılığı)
A (Rollergin)	34,1	5	30,55	6,4	84	74,8	8,8
B (Rollergin)	31,8	4,86	30,55	6,0	83,7	74,06	8,6
C (Rollergin)	33,7	5,13	30,89	5,86	84,70	72,16	9,56

Çizelge 2.Ring eğirme de kullanılan kopça ve klips modelleri

Kopça	Klips
H2DR-80	Kırmızı 4,0
H2DR-160	Gri 5,5

### 2.2.Metot

Çalışmalarda kullanılan harmanların HVI analizleri Uster HVI 1000 cihazında ölçülmüştür.Hazırlanan pamuk harmanlarından karde ve penye olarak hazırlanan iki farklı şeritlerden farklı numaralarda Ne 0.4, Ne 0.5, Ne 0.6, Ne 0.7 ve Ne 0.8 fitiller üretilmiştir. İplik üretim parametreleri çizelge 3.te verilmiştir.

**Çizelge 3.İplik Üretim Parametreleri**

Eğirme Prosesi	Fitil Ne	İplik Ne	Büküm	Klips	Kopça	Makine devri
Karde	0,4	20	739	Kırmızı 4,0	H2DR-80	10000
Penye						
Karde	0,4	10	523	Gri 5,5	H2DR-160	10000
Penye						
Karde	0,5	20	739	Kırmızı 4,0	H2DR-80	10000
Penye						
Karde	0,5	10	523	Gri 5,5	H2DR-160	10000
Penye						
Karde	0,6	20	739	Kırmızı 4,0	H2DR-80	10000
Penye						
Karde	0,6	10	523	Gri 5,5	H2DR-160	10000
Penye						
Karde	0,7	20	739	Kırmızı 4,0	H2DR-80	10000
Penye						
Karde	0,7	10	523	Gri 5,5	H2DR-160	10000
Penye						
Karde	0,8	20	739	Kırmızı 4,0	H2DR-80	10000
Penye						
Penye	0,8	10	523	Gri 5,5	H2DR-160	10000
Karde						

### 3.BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında üretilen ipliklerin uster test sonuçları çizelge 4. ve çizelge 5’te verilmiştir. Ring eğirme iplik üretiminde; harman hallaç, tarak makinesi, 1.pasaj cer, 2.pasaj cer, fitil, ring iplik eğirme ve bobin makinelerinin kullanıldığı işlem adımları gerçekleştirilmiştir.Fitil numaraları Ne 0.4, Ne 0.5, Ne 0.6, Ne 0.7, Ne 0.8 hazırlanmış ve Ne 10 ve Ne 20 sabit 10000 rpm/iğ devrinde kırmızı ve gri klipsler kullanılarak iki farklı kopçada iplik üretimleri gerçekleştirilmiştir.

**Çizelge 4. Karde Fitillerin Iplik Uster Test Sonuçları**

Fitil Ne	İplik Ne	Büküm	Um	Cvm	İnce -30%	İnce -50%	Kalın +35%	Kalın +50%	Neps +140	Neps 200%	H	B-Force	Elg	Rkm
0,4	10	523	9,92	12,49	632	0	395	35	43	6	7,56	1029	6,15	17,42
	20	739	11,85	15,15	1897	2	1146	226	354	48	7,22	476	5,28	16,13
0,5	10	523	9,51	12,04	476	0	311	28	33	2	8,67	1046	6,00	17,72
	20	739	11,40	14,53	1526	2	902	156	311	41	6,96	479	5,21	16,20

0,6	10	523	9,21	11,63	383	0	238	11	39	3	8,46	1056	6,05	17,89
	20	739	11,19	14,30	1450	0	891	153	334	43	6,84	484	5,13	16,38
0,7	10	523	9,16	11,54	385	0	211	10	12	1	7,65	1081	6,16	18,31
	20	739	10,96	13,90	1278	0	764	100	171	13	6,80	490	5,01	16,59
0,8	10	523	8,82	11,12	301	0	151	8	15	1	8,37	1093	6,80	18,50
	20	739	10,97	13,95	1389	0	753	113	202	17	6,77	496	5,23	16,79

Pamuk karde fitiller ile iplik inceliği arasında ki ilişki incelendiğinde; iplik düzgünsüzlüğü ve mukavemet değerleri açısından Ne 10 ve Ne 20 için Ne 0.8 fitil numarası ile yapılan çalışmalarda en iyi değerler görülmüştür. Fitil Ne kalınlaştıkça iplik düzgünsüzlük ve mukavemet değerleri geriye gitmektedir.

Ring eğirme iplik üretiminde; harman hallaç, tarak makinesi, 1.pasaj cer, penye hazırlama ve penyöz, 2.pasaj cer, fitil, ring iplik eğirme ve bobin makinelerinin kullanıldığı işlem adımları gerçekleşmiştir. Aynı şekilde fitil numaraları Ne 0.4, Ne 0.5, Ne 0.6, Ne 0.7, Ne 0.8 hazırlanmış ve Ne 10 ve Ne 20, sabit 10000 rpm/iğ devrinde kırmızı ve gri klipsler kullanılarak iki farklı kopçada iplik üretimleri gerçekleştirilmiştir.

**Çizelge 5.**Penye Fitillerin Iplik Uster Test Sonuçları

Fitil Ne	İplik Ne	Büküm	Um	Cvm	İnce -30%	İnce -50%	Kalın +35%	Kalın +50%	Neps +140	Neps 200%	H	B-Force	Elg	Rkm
0,4	10	523	6,41	8,04	13	0	4	0	2	0	6,55	1182	6,26	20,01
	20	739	7,65	9,66	107	0	40	3	8	2	6,70	555	5,48	18,80
0,5	10	523	6,19	7,78	6	0	4	0	1	0	7,67	1203	6,34	20,37
	20	739	7,63	9,58	97	0	35	3	6	1	5,82	570	5,62	19,31
0,6	10	523	6,13	7,71	7	0	4	1	2	1	7,57	1219	6,30	20,64
	20	739	7,52	9,47	95	0	28	1	9	2	5,86	567	5,57	19,22
0,7	10	523	6,17	7,75	10	0	1	0	1	0	6,67	1229	6,42	20,81
	20	739	7,48	9,42	91	0	28	2	5	1	5,81	590	5,51	19,97
0,8	10	523	6,15	7,72	6	0	1	0	0	0	7,41	1277	7,00	21,62
	20	739	7,57	9,55	116	0	27	1	5	1	5,80	577	5,61	19,55

Pamuk penye fitiller ile iplik inceliği arasında ki ilişki incelendiğinde; iplik düzgünsüzlüğü ve mukavemet değerleri açısından iplik olarak Ne 10 için Ne 0.8, Ne 20 için ise Ne 0.7 fitil numarası ile yapılan çalışmalarda en iyi değerler görülmüştür. Fitil numaralarında bu Ne'den daha ince ve daha kalın olması ipliğin düzgünsüzlüğünü ve kalitesini geriye götürmektedir. Bu durum Ne 10 ve Ne 20 için optimum bir fitil iplik lineer yoğunluğunun yeterli olduğunu göstermektedir.

İplik üretiminde Ne 10 ve Ne 20 için uygulanan büküm farklarının da iplik tüylülüğünü etkilediği göz önüne alınırsa büküm arttıkça ve iplik numarası incelidikçe tüylülük azalmıştır.

#### 4.SONUÇLAR

İplik düzgünsüzlüğünde tüylülük değerleri, ipliğin kumaş formuna dönüşümünde kullanım performansını doğrudan etkileyen önemli bir parametredir. Hammaddenin özelliği ve iplik üretim proseslerinden kaynaklı kumaş yüzeyinde istenmeyen nepsli görüntüler tüketici gözü ile istenmeyen bir sorundur.

Bu çalışmada üretilen karde, penye Ne 10 ve Ne 20 ipliklerin %U, %CV neps, ince yer, kalın yer, mukavemet, elastikiyet değerleri ve değişken fitil Ne'sinin iplik düzgünsüzlüklerine etkileri incelenmiştir. Bu üretimlerde kullanılan özellikleri farklı klips ve kopçaların iplik üretimine belirgin bir etkisi olmamakla birlikte hedef üretilecek İplik inceliğine göre optimum fitil iplik lineer yoğunluğunun hazırlanması ve buna göre de doğru iplik prosesinin belirlenmesinin gerekliliği ortaya konmuştur.

#### 5.KAYNAKLAR

*Derya, U. (2013), Viloft/Pamuk ve Viloft/Polyester Karışımı İplik Özelliklerinin ve Örne Kumaş Termofizyolojik Konfor Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, S. 85-174.*

*Farber, C. (1996), Unfluence of AFIS Nep and Particle Count in Determining Imperfection Levels of Cotton Ring and Rotor Yarns, Melliand Textilberichte, 77, S.652-655.*

*Gemci, R., Bıçkı, O., (2003), Ring İplikçiliğinde Bilezik Çapı Değişiminin İplik Kalitesine Etkileri, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 8, S.39-44.*

*Kılıç, M., (2010), Karışım İpliklerinde Düzgünsüzlük Ve Tüylülük Analizleri, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, S. 270.*

*Regar, M. L., Amjad, A. I., Aikat, N., (2017), Studies On The Properties Of Ring And Compact Spun Melange Yarn, International Journal Of Advance Research And Innovative Ideas In Education, 3(2), S.476-483.*

*Tanır, S. K., (2007), Karışım Ring İpliklerinde Karışım Oranlarına Bağlı Olarak Tüylülük ve Çeşitli İplik Özelliklerinin İncelenmesi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, S.131.*

*Yayla, O., Kaya, G., Kaynak, H. K., (2018), Farklı İplik Eğirme Sistemleri Kullanılarak Üretilen Melanj İplik Özelliklerinin Karşılaştırılması, 3rd International Mediterranean Science and Engineering Congress, Adana, Turkey, S.825-832.*

# ECOCELL VE PAMUK KARIŞIMI İLE OLUŞTURULAN SÜRDÜRÜLEBİLİR GİYİM TASARIMI

İsmet Ege KALKAN<sup>\*1</sup>, Elçin EMEKDAR-KARAMAN<sup>2</sup>, Tayfun GÜVEN<sup>3</sup>, Bahar DEMİRCİ AKARSU<sup>4</sup>, Rahime GÜLER<sup>5</sup>, Şeyma SATIL<sup>6</sup>, Tulin KAYA NACARCAHYA<sup>7</sup>, Umut Kıvanç ŞAHİN<sup>8</sup>

<sup>1</sup> *Tekstil Teknolojileri ve Tasarımı Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, e-mail: [kalkani15@itu.edu.tr](mailto:kalkani15@itu.edu.tr)*

<sup>2</sup> *Tekstil Teknolojileri ve Tasarımı Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, e-mail: [emekdar@itu.edu.tr](mailto:emekdar@itu.edu.tr)*

<sup>3</sup> *Gelisim Tekstil Tasarım Merkezi, İstanbul, Türkiye, e-mail: [tayfun.guven@gelisimtekstil.com.tr](mailto:tayfun.guven@gelisimtekstil.com.tr)*

<sup>4</sup> *Gelisim Tekstil Tasarım Merkezi,, İstanbul, Türkiye, e-mail: [bahar.akarsu@gelisimtekstil.com.tr](mailto:bahar.akarsu@gelisimtekstil.com.tr)*

<sup>5</sup> *Gelisim Tekstil Tasarım Merkezi,, İstanbul, Türkiye, e-mail: [rahime.guler@gelisimtekstil.com.tr](mailto:rahime.guler@gelisimtekstil.com.tr)*

<sup>6</sup> *Karafiber Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş. Gaziantep, Türkiye, e-mail: [seyma.satil@karaholding.com](mailto:seyma.satil@karaholding.com)*

<sup>7</sup> *Karafiber Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş. Gaziantep, Türkiye, e-mail: [tulin.kaya@karaholding.com](mailto:tulin.kaya@karaholding.com)*

<sup>8</sup> *Tekstil Teknolojileri ve Tasarımı Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye  
E-mail: [sahinumut3@itu.edu.tr](mailto:sahinumut3@itu.edu.tr)*

## ÖZET

Sürdürülebilirlik ve fonksiyonelliğin kesiştiği noktada, Ecocell ve pamuğun harmanlanmasıyla doğan yeni bir koleksiyon tasarlanmıştır. Ecocell lifler, sürdürülebilir ormancılık ilkelerine göre üretilmiş ağaçlardan elde edilen selüloz bazlı bir lif türüdür. Doğaya saygılı bir üretim süreciyle hem çevreye katkıda bulunmakta hem de uzun ömürlü ürünler sunmaktadır. Bu elyaf hayatımızın her yerinde kullanılıp ayrıca aktif bir yaşam biçimi süren insanlara da hitap etmesi üzerine tasarlanmıştır. Ecocell'in yumuşak dokusunu ve nefes alabilen yapısını pamuğun sağlamlığıyla birleştirerek hareket kabiliyetini kısıtlamadan, her koşulda rahatlık ve performans sağlayan dayanıklı ürünler tasarlanmıştır. Parçaların birbiriyle kolayca kombinlenebilmesine ve farklı işlevlerde kullanılabilmesine imkân tanıyan modüler giyim konsepti ile her maceraya uyum sağlayabilen, az sayıda parçayla çok sayıda kombin yaratabilme fikri üstünde durulmuştur. Bu proje kapsamında üretilen Ecocell – pamuk karışımı kumaşlara ön terbiye ve boyama işlemleri uygulanmış, boyama sonrası kumaşların mukavemet ve renk haslığı performansları incelenmiştir. Elde edilen kumaşların hem sportif faaliyetlerde hem de ofis alanlarında kullanıma uygun giysilerin tasarımında kullanılması mümkündür.

**Anahtar Kelimeler:** Ecocell, İplik, Tasarım, Doğal Elyaf, Sportif Tekstiller

## SUSTAINABLE CLOTHING DESIGN WITH ECOCELL AND COTTON BLEND

### ABSTRACT

At the intersection of sustainability and functionality, a new collection has been designed by blending Ecocell and cotton. Ecocell fabrics are a type of cellulose-based fiber obtained from trees produced according to sustainable forestry principles. With a production process that respects nature, it both contributes to the environment and offers long-lasting products. This design is designed to be used everywhere in our lives and also appeal to people who lead an active lifestyle. By combining the soft texture and breathable structure of Ecocell with the durability of cotton, durable products have been designed that provide comfort and performance in all conditions without restricting mobility. The modular clothing concept, which allows the pieces to be easily combined with each other and used in different functions, emphasizes the idea of creating many combinations with a small number of pieces that can adapt to every adventure. The products resulting from this project are designed to be used in both sports activities and office areas.

**Keywords:** Ecocell, Yarn, Design, Natural Fiber, Sport Textiles

## 1.GİRİŞ

Selüloz ve protein gibi sürdürülebilir ve yenilenebilir malzemeler; bol miktarda bulunmaları, çevre dostu olmaları ve biyolojik olarak parçalanabilir olmaları nedeniyle dikkat çekmektedir (Sen, 2022). Selüloz dünyada en bol bulunan polimerdir. Yüksek miktarda hidrojen bağı ve suda çözülmesinin zorluğu gibi birçok dezavantajı olmasına rağmen polimerik kompozitler, biyomedikal uygulamalar, petrol sondaj endüstrisi, kağıt-ambalaj endüstrisi, elektronik endüstrisi ve ayrıca rejenerasyon selüloz elyaf eğirme gibi birçok alanda kullanılmaktadırlar (Sharma vd., 2019; Liu vd., 2021). Rejenere selüloz lifleri, insan müdahalesi ile doğal kaynaktan üretilen lifler olarak tanımlanabilir (Ramamoorthy vd., 2014). Selüloz, büyük ölçekli endüstriyel işleme ile rejenere selülozik malzemelere dönüştürülmektedir. Kimyasallarda kolayca erimeyen yapısı ve çözülmesinin zorluğu nedeniyle selülozun kimyasallar vasıtasıyla işlenmesi zordur (Fink vd., 2001). Ancak selülozun çözülmesini sağlamak için farklı çözücülerle birçok deneme yapılmıştır.

Ecocell elyafı, solventlerin yeniden kullanılmasını ve böylece atıkların ve çevreye verilen zararın azaltılmasını sağlayan kapalı döngü bir süreç kullanılarak üretilmektedir (Küçükali, 2023). Lifler sürdürülebilir şekilde yetiştirilen odundan elde edilir. Ecocell lifleri, kendine has fiziksel özelliklerinden dolayı ciltte hoş ve hassas bir his uyandırır, yüksek mukavemete ve üstün nem yönetimi performansına sahiptir (<https://www.karafiber.com/ecocelabout.html>).

Bu çalışmada 2 farklı örgü tipi kullanılarak elde edilen kumaşlar, boyutsal değişim, mukavemet ve renk haslığı testlerine tabi tutulmuştur. Bitmiş ürünün, çok fonksiyonlu yapısı sayesinde, hem spor faaliyetleri sırasında hem de ofis alanlarında kullanıma uygun olması amaçlanmaktadır.

## 2.MATERYAL VE TEST

### 2.1.Materyal

Çalışma kapsamında Gelişim Tekstil tarafından üretilen %50 Ecocell - %50 pamuk süprem ve ribana kumaşların imalatında kullanılan 36/1 ring iplikler Karafiber tarafından sağlanmıştır.

### 2.2 Metot

Örme kumaşlara uygulanan ön terbiye ve boyama adımlarında ise yüzde yüz pamuklular için daha önceki çalışmalarımızda da kullanılmış olan reçeteye uygun kasar, reaktif boyama, yıkama ve durulama işlemleri takip edilmiştir. 98°C sıcaklıkta 4g/L H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (%37) kullanılarak 1/10 flotte oranında yapılan ağartmanın ardından %1 (kumaş ağırlığına göre) Reactive Yellow 145 (C.I.Y.145) kullanılarak 1 saat süreyle 1/10 flotte oranında boyama ve takiben sıcak sabunlama, sıcak durulama ve soğuk durulama yapılmıştır. Hem ağartma hem de boyama işlemleri için laboratuvar tipi (çektirme) boyama makinesi kullanılmıştır.

Kumaşlara boyutsal değişim (ISO 5077), sürtmeye karşı renk haslığı (ISO 105-X12), yıkamaya karşı renk haslığı (ISO 105-C06) ve patlama mukavemeti (ISO 13938-1) testleri belirtilen standartlarla yapılmıştır.

## 4.ARAŞTIRMA BULGULARI

Boyutsal değişim test sonuçları Çizelge 1 de verilmiştir.

Çizelge 1. Boyutsal Değişim Test Sonuçları

Kumaş	Boyutsal Değişim (%)	
	En	Boy
Süprem	-4	-10
Ribana	-5	-9

Test sonucunda iki tip kumaşta da benzer sonuçlar çıkmıştır, boyutsal değişim boy tarafında yüksek olsa da kumaşımızın esnek yapıda olduğunu göstermektedir. Projenin devam eden aşamasında doğal malzemeler kullanılarak boyutsal değişimde iyileşme sağlanması için çalışılacaktır. Patlama mukavemeti ve sürtmeye karşı renk haslığı sonuçları Çizelge 2 de verilmiştir.

**Çizelge 2. Patlama Mukavemeti ve Sürtmeye Karşı Renk Haslığı Sonuçları**

Kumaş	Patlama (kPA)	Sürtme Haslığı	
		Kuru	Yaş
Süprem	150.52	4/5	4/5
Ribana	370.9	4/5	4/5

Patlama mukavemeti için Ribana kumaşımız süprem kumaşa kıyasla çok daha üstün bir performans göstermiştir. Projenin devam eden aşamasında doğal malzemeler kullanılarak kumaşların mukavemet özelliklerinin geliştirilmesi için çalışılacaktır.

Sürtmeye karşı renk haslığın sonuçlarında kumaşlarımız neredeyse tam not olarak 4/5 almıştır. Bu boyama ve sonrası yaş işlemlerin başarılı şekilde gerçekleştirildiğini göstermektedir.

Yıkamaya karşı renk haslığı sonuçları Çizelge 3 te verilmiştir.

**Çizelge 3. Yıkamaya Karşı Renk Haslığı Sonuçları**

Kumaş	Yıkamaya Karşı Renk Haslığı					
	Yün	Akrilik	Polyester	Naylon	Pamuk	Asetat
Süprem	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
Ribana	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5

Test sonuçları kumaşlarımızın yıkamaya karşı 4/5 sonuç almış olup, yine sürtme haslığı testinde olduğu gibi neredeyse tam not almıştır. Bu boyama işleminin başarılı şekilde gerçekleştirildiğini göstermektedir. Hem sürtme hem de yıkama haslıkları sonuçları beraberce incelendiğinde; yüzde yüz pamuklular için kullanılan boyama reçetesinin hem süprem hem de ribana örgülü Ecocell – pamuk karışımı kumaşlar için kullanımının uygun olduğu gösterilmiştir.

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, sürdürülebilirlik ve fonksiyonelliğin keşittiği noktada, Ecocell ve pamuğun harmanlanmasıyla elde edilen kumaşların performans özelliklerinin, yeni koleksiyonların tasarlanması için kullanıma uygun olduğu gösterilmiştir. Yüzde yüz pamuklular için kullanılan boyama reçetesinin hem süprem hem de ribana örgülü Ecocell – pamuk karışımı kumaşlar için kullanımının uygun olduğu gösterilmiştir.

Bu kumaşlar kullanılarak geliştirilen yeni koleksiyon ile macera tutkunu aktif giyim severlere her tarza hitap eden modüler tasarımlar sunulmak istenmektedir. Ecocell elyaf, sürdürülebilir ormancılık ilkelerine göre üretilmiş ağaçlardan elde edilen selüloz bazlı bir lif türüdür. Doğaya saygılı bir üretim süreciyle hem çevreye katkıda bulunmakta hem de uzun ömürlü ürünler sunmaktadır. Ecocell'in yumuşak dokusunu ve nefes alabilen yapısını pamuğun sağlamlığıyla birleştirerek, hem konforlu hem de dayanıklı ürünler tasarlanması amaçlanmaktadır. Hareket kabiliyetini kısıtlamadan, her koşulda rahatlık ve performans, ergonomik kalıplar, fonksiyonel detaylar ve dayanıklı kumaşlar sunulması mümkündür. Proje sonucunda ortaya çıkan giyim ürünleri, farklı alanlarda kullanıma uygun olacak şekilde tasarlanacaktır.

Projenin devam eden aşamasında doğal malzemeler kullanılarak boyutsal değişimde ve mukavemette iyileşme sağlanması için çalışılacaktır. Ayrıca, konfor testleri yapılarak çalışma kapsamında üretilen kumaşların giyim konforu üzerine etkileri incelenecektir. İlave olarak, iplik kompozisyonları, farklı örgü türleri ve boya – terbiye işlemlerinin çalışmaya dahil edilmesi ile çalışma kapsamı genişletilecektir.

## 6.KAYNAKLAR



Fink, H.P., Weigel, P., Purz, H.J. & Ganster, J. (2001). Structure formation of regenerated cellulose materials from NMMO-solutions. *Progress in Polymer Science*. 26(9), 1473-1524.

<https://www.karafiber.com/ecocelabout.html>

Kucukali-Ozturk, M. (2023). Comparative Analysis of Different Lyocell Types: Structural, Physical, Mechanical, and Moisture-Related Comfort Properties in Single Jersey Fabrics. *Fibers and Polymers*, 24(12), 4429-4439.

Liu, K., Du, H., Zheng, T. et al. (2021). Recent advances in cellulose and its derivatives for oilfield applications. *Carbohydrate Polymers*. 259, 117740.

Ramamoorthy, S.K., Skrifvars, M. & Persson, A. (2014). A Review of Natural Fibers Used in Biocomposites: Plant, Animal and Regenerated Cellulose Fibers, *Polymer Reviews*. 55(1). 107-162.

Şen, K., Kaya, A., Ozdemir, H. N., & Seki, Y. (2022). Investigation on the fastness and dimensional stability of the knitted fabrics made of the new generation regenerated cellulose fibers. *The European Journal of Research and Development*, 2(4), 135-146.

Sharma, A., Thakur, M., Bhattacharya, M. et al. (2019). Commercial application of cellulose nanocomposites –A review. *Biotechnology Reports*. 21, e00316.

# HORLAMA AZALTICI YASTIK PROTOTİP TASARIMI

**Serap Gamze SERDAR, Züleyha DEĞİRMENÇİ, Mehmet TOPALBEKİROĞLU**  
*Gaziantep Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Gaziantep, Türkiye*

## ÖZET

Zihin ve bedenın sağlıklı çalışması için uyku şarttır. Sağlıklı bir uyku hem asgari bir süre hem de bölünmeyen uyku evreleri ile ifade edilir. Uyku bölünmeleri, uykunun kalitesini düşürür, bedenın ve zihnin çalışmasını/onarımını sekteye uğratır. Uyku bölünmeleri, bedensel ya da çevresel etmenlerden kaynaklanabilir. Çevresel etmenlerden birisi gürültüdür ve en yaygın gürültü kaynağı horlamadır. Horlama, nefes yolunun daralması sonucu hava geçişi esnasındaki titreşimlerden kaynaklı ses olarak tanımlanır. Horlama hem kişiinin kendisi hem de uyku partneri için uyku kalitesini düşürür. Horlama, bazı hastalıkların belirtisi olabileceği gibi tamamen sağlıklı bireylerde yer çekimi ve uyku pozisyonu kaynaklı da olabilir. Bu çalışmada yer çekimi kaynaklı horlamaların azaltılması için küçük ölçekli bir yastık tasarımı yapılmıştır. Horlamanın tespit edilebilmesi için TINN (Tiny Neural Network – Küçük sinir ağı) modeli kullanılarak bir algoritma geliştirilmiştir. Yastık zerine yerleştirilen mikrofon ile horlama sesinin tespiti ve yastık üzerinde baş pozisyonunun değiştirilmesi için deneysel çalışmalar yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Horlama tespiti, yastık tasarımı, uyku kalitesi

## DESIGN OF ANTI-SNORING PILLOW PROTOTYPE

### ABSTRACT

For optimal cognitive and physiological functioning, sleep is vital. A healthy sleep is characterized by both a minimal duration and uninterrupted sleep cycles. Sleep interruptions not only compromise the quality of sleep but also hinder the recovering processes of both the body and the mind. Such interruptions may arise from various sources, including physiological or environmental factors. Among environmental factors, noise pollution is notable, especially due to snoring. Snoring, defined as the audible outcome of vibrations occurring during restricted airflow through constricted air passages, not only undermines the sleep quality of the individual but also disrupts the sleep of their bed partner. Snoring may indicate medical issues or simply be due to gravity and sleeping position. In this research, a specialized pillow design to reduce snoring caused by gravity was developed. We used the TINN (Tiny Neural Network) model to create an algorithm that detects snoring. Experimental studies have been conducted to detect snoring sounds using a microphone placed on the pillow and to change the head position on the pillow.

**Keywords:** Snoring detection, pillow design, sleep quality

### 1. GİRİŞ

Uyku, fiziksel ve psikolojik yorgunluktan kurtulmak ve vücudun işlevlerini sürdürebilmesi için enerjiyi yeniden kazanmak açısından hayati öneme sahiptir (Lan vd., 2017; Troynikov vd., 2018). Hem uyku miktarı hem de kalitesi önemlidir. Uyku, hızlı göz hareketlerinin eşlik etmediği NREM (Non-Rapid Eye Movement) fazı ile hızlı göz hareketlerinin eşlik ettiği REM (Rapid Eye Movement) fazının birbirini takip ettiği döngüsel bir yapıdır (Şahin ve Aşioğlu, 2013). Her bir döngü yaklaşık 90-120 dakika sürmektedir (Bora ve Bican, 2007). Uykusuzluk, hafızaya ve beyin bilgi işleme yeteneğine zarar vererek uzun vadede psikiyatrik bozukluklara neden olabilir (Rosenberg, 2019), bağışıklık

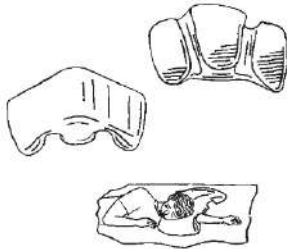
sistemini zayıflatıp solunum problemlerine yol açabilir (NPTI, 2022). Ayrıca, uyku yoksunluğunun etkileri motor işlevlerden ziyade bilişsel fonksiyonlarda daha belirgin gözlenmektedir (Pilcher ve Huffcutt, 1996).

Uyku bozukluklarının tespitinde objektif ve sübjektif yöntemler kullanılmaktadır. Objektif yöntemler çeşitli sensörlerin uyku esnasında kişinin vücuduna yerleştirilmesi ile veri toplarken, sübjektif yöntemler anketler ve günlükler vasıtasıyla kişinin uykuya dair tespitlerini toplar. Objektif yöntemler tanı koymak için gereklidir (Yi vd., 2006) ancak kişi laboratuvar ortamında sensörler ile izlendiğinden gerçek uyku ortamından uzaktır (Laurino vd., 2020; Yi vd., 2006). Sübjektif yöntemler ise uykunun yapısal parametreleri hakkında bilgi vermezler (Yi vd., 2006).

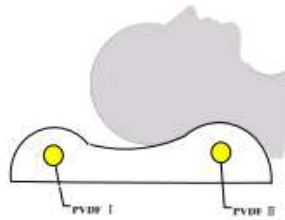
Günümüzde uykunun önemi anlaşıldıkça ve akıllı cihazlar hayatımıza yerleştikçe uyku takip sistemleri de gittikçe yaygınlaşmaktadır. Bu sistemlerden bazıları kullandığımız akıllı telefonların içindeki sensörleri kullanarak veri toplayıp analiz eden sistemler, bazıları akıllı saat, akıllı bileklik gibi taşıdığımız cihazlar üzerindeki verileri toplayıp analiz eden sistemler, bazıları ise sadece uyku için geliştirilmiş uyku takip cihazları olarak sınıflandırılabilir. Bu uyku takip sistemleri yatak içerisine yerleştirilebilir ya da yatak kenarında konumlandırılabilir. Tüm bu takip sistemlerinin temel amacı uykunun seyretmesi gereken normal döngüde olup olmadığının tespitidir. Eğer uyku döngüsü bozuluyorsa, bozan etkenlerin tespit edilip, önlenmesi kişinin hem uyku hem de yaşam kalitesini artıracaktır. Çoğumuzun bedensel faaliyetler yerine bilişsel faaliyetler göstererek çalıştığımız modern dünyada uykunun etkileri ve verimli bir uykunun avantajları önemlidir.

Horlama, nefes alırken hava yolu duvarlarının titreşimiyle oluşan bir solunum sesidir. Genel nüfusun en az %20'sinin ve 50 yaş üzeri erkeklerin %50'sinin horladığı belirtilmektedir (Wei, Kim vd, 2010). Horlama, bazı uyku bozuklukları ile ilişkili olsa da her zaman bir bozukluk belirtisi değildir. Bununla birlikte, uzun süreli horlama ve üst solunum yollarındaki horlamaya bağlı titreşimler obstrüktif uyku apnesi (OSA) gelişimine neden olabilir. Horlama genellikle her iki cinsiyette de yaşla birlikte artmaktadır (Cazan vd, 2017). Horlama, uykunun yapısını etkilemese bile, uyku verimliliğini ve uyanıklık süresini etkiler (Hoffstein vd, 1991). Horlama esnasında solunum yolu daralmıştır ve nefes almak zorlaşır. Bu durum, nefesi düzenlemek için kısa uyanmalara neden olur. Bu kısa-uyanmalar sık sık tekrar eder ve uyku döngülerini kesintiye uğratar (ResMed, 2022).

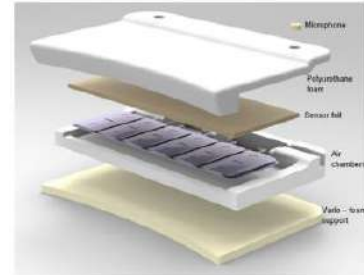
Yerçekiminin horlama üzerinde etkisi olduğu bilinmektedir (Elliott vd., 2001; Zuberi vd., 2004). Zuberi ve arkadaşları (2004) yerçekiminin etkisini azaltmak amacıyla tasarladıkları yastık, uyuyan kişinin yüzüstü yatmasını sağlamaktadır. Böylece yerçekimine başlı üst solunum yolu daralması azalmıştır. Wei ve arkadaşları (2010), bir yastığa entegre edilmiş mikrofonlarla horlama tespiti yaparak, horlama başladığında boyun bölgesini yükseltmiş ve bu yastık tasarımı ile horlamanın önemli ölçüde azaldığını belirtmiştir (Wei, Li vd., 2010). Cazan ve arkadaşları (2017), geliştirdikleri Sissel® yastığında entegre edilmiş mikrofonlar ve hava keseleri ile baş pozisyonunu ayarlayarak horlamayı azaltmayı amaçlamışlardır. Yastık üzerine yerleştirilen sensörler yastık pozisyonunu belirlemekte ve horlama anında başı yan pozisyona çevirmektedir. Klinik deneylerde katılımcıların %70'inin en az %10 daha az horladı belirtilmiştir (Cazan vd., 2017). Baş ve boyun yükselten ya da baş pozisyonunu değiştiren yastıklarla yapılan klinik çalışmalar, bu yastıkların hafif uyku apnesi ve horlama tedavisinde etkili olduğunu göstermektedir (Lee vd., 2023). Ancak pozisyon değişiminin ileri düzey obstrüktif uyku apnesinin tedavisinde önemli bir etki göstermediği raporlanmıştır (Moffa vd., 2024).



SONA yastık (Zuberi vd., 2004)



Horlama önleyici yastık (Wei, Li, vd. 2010)



Sissel® yastık (Cazan vd., 2017)

**Şekil 1.** Çeşitli horlama önleyici yastık tasarımları

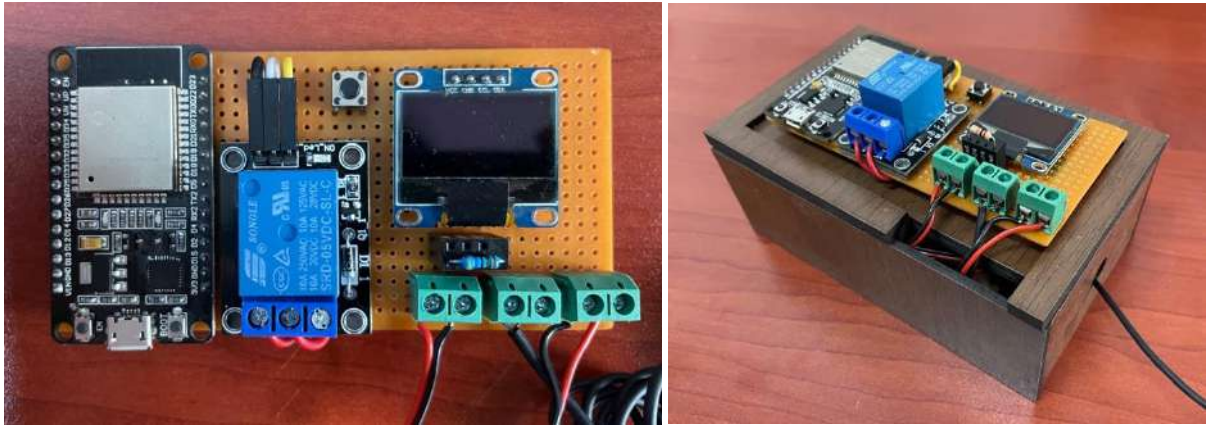
Horlama hem kişinin kendisi hem de yanındaki kişi için uyku konforunu azaltır. Yatak partnerlerinin %55'i horlamadan rahatsız olduğunu ifade etmektedir. Bu partnerlerin %40'ı sık sık farklı bir odada uyuduklarını bildirmiştir. %26'sı ise kulak tıkacı gibi yardımcıları kullandıklarını belirtmiştir (Cazan vd, 2017). Uyku pozisyonu ile horlama arasında bir ilişki vardır. Önceki çalışmalar, yan pozisyonda uyuyanların daha az horladığını bildirmiştir (Cazan vd, 2017; Nakano vd, 2003; Oksenberg, 1997). Horlamayı önlemek için hem cerrahi hem de cerrahi olmayan yöntemler kullanılır. En yaygın cerrahi olmayan yöntem, sırt üstü pozisyonda uyumaktan kaçınmaktır (Cazan vd, 2017). Uyku pozisyonunun obstrüktif apneyi etkilediği iyi belgelenmiştir (Zuberi vd, 2004). Cazan (2017), sadece başı yan pozisyona çevirmekle horlamanın azaltılabileceğini iddia etmiştir (Cazan vd, 2017). Wei ve diğerleri (2010), çeneyi göğüsten uzaklaştırarak boynun yükseltilmesinin horlayan kişi için hava yolunu açabileceğini ve horlamayı azalttığını ileri sürmüştür (Wei, Li vd, 2010). Kişinin uyku esnasında horladığı pozisyonun değiştirilmesi esasına dayalı pozisyonel terapi, hem etkili hem de düşük maliyetli bir seçenek olmaktadır (Lee, 2023). Bu çalışmada yer çekimi kaynaklı horlamaların azaltılması için küçük ölçekli bir yastık tasarımı yapılmıştır. Yapılan yastık tasarımında Wei ve diğerlerinin (2010) çalışmalarından yola çıkarak horlama tespit edildiğinde boyun bölgesinin yükseltilmesi amaçlanmıştır. Literatürdeki tasarımlardan farklı olarak basit ve ekonomik bir model benimsenmiştir. Horlamanın tespit edilebilmesi için TINN (Tiny Neural Network – Küçük sinir ağı) modeli kullanılarak bir algoritma geliştirilmiştir. Yastık üzerine yerleştirilen mikrofon ile horlama sesinin tespiti ve yastık üzerinde baş pozisyonunun değiştirilmesi için deneysel çalışmalar yapılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Elektronik Devre

Horlamanın tespiti için yapay sinir ağı yaklaşımı kullanılmıştır. Mikroişlemci olarak ESP32-WROOM-32 kartı, programlama aşamalarını izleyebilmek için 0.96 inç OLED ekran, programı eğitmek ve horlama sesini alabilmek için yaka tipi çok yönlü analog mikrofon (Boya mikrofon) kullanılmıştır. Elektronik devre, Şekil 2'de verilmiştir. Kullanılan elektroniklerin teknik özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.



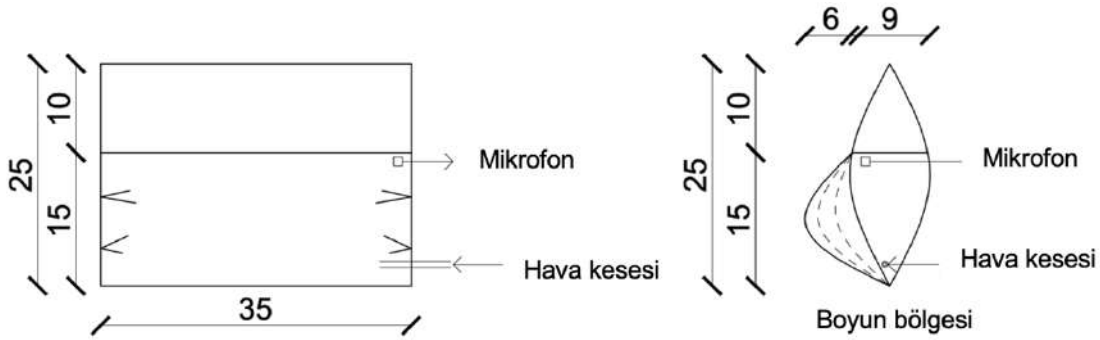
Şekil 1. Elektronik devre

Çizelge 1. Devrede kullanılan elektronikler ve teknik özellikleri

Kullanılan elektronikler	Teknik özellikleri
Mikro-denetleyici	ESP32-WROOM-32, 4 MB SPIFFS, 25 dijital giriş/çıkış, 6 analog giriş, 2 analog çıkış, 4 MB hafıza, Wi-Fi ve Bluetooth bağlantısı
Mikrofon	Boya mikrofon, 35 Hz – 18 kHz, 30 dB ± 3
OLED ekran	0,96 inç, 128 x 64 çözünürlük, 20 mA, 4 pin bağlantı
Mini hava pompası	12V hava pompası

### 2.1.2. Yastık Tasarımı

Cazan ve diğerleri (2017), horlama sırasında baş pozisyonunu değiştirmenin horlamayı azaltmada etkili olduğunu belirtmiştir (Cazan vd, 2017). Miao ve diğerleri (2018), Koç (2016) ve Ünal (2010) yastığı yükselterek horlamayı azaltmayı amaçlamışlardır. Ancak, yalnızca yastık yüksekliğini artırmanın horlamayı azaltmada yeterli olduğunu kanıtlayan klinik çalışmalara rastlanmamıştır. Wei ve diğerleri (2010), yastığın tamamını değil sadece boyun bölgesini yükseltmenin horlamayı azaltmada etkili olduğunu göstermiştir (Serdar vd, 2022). Literatürdeki çalışmalar analiz edilerek bir yastık tasarımı yapılmıştır. Tasarımın temel amaçlarından biri karmaşıklığı ve maliyeti en aza indirmektir. Bu nedenle, yastık tasarımı için boyun bölgesini yükseltme seçilmiştir. Ayrıca, yastık için mikro polyester elyaf dolgu kullanılmıştır. Elyaf dolgu yastık hem daha yaygın bir yastık formudur hem de içindeki elyaf malzemesi deforme olduğunda değiştirilebilir. Böylelikle maliyet düşürülebilir ayrıca temizlik de kolaylaşır. Yastık dolgu değiştirilerek yastığın ömrünü uzatılabilir. Şekil 3'te önerilen yastık tasarımının şematik görünümü verilmiştir.



Şekil 3. Yastık tasarımı – şematik gösterim

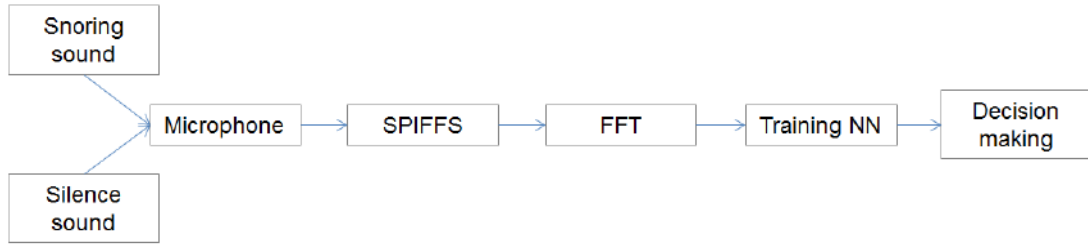
Hava kesesi, yastığın alt kısmında boyun bölgesine yerleştirilmiştir. Hava kesesi olarak 10x30 cm ebatlarında polietilen torba kullanılmıştır. Hava kesesi programlama ile iki aşamada şişirilmekte ve üzerinde herhangi bir baskı olmadan toplamda 6 cm yükselme sağlamaktadır. Yastık prototipi 1:2 oranında hazırlanmıştır. Yastık için %100 pamuklu dokuma kumaş kullanılmıştır. Horlama tespit edildiğinde, ESP32 mikroişlemci tarafından tetiklenen mini hava pompası, hava kesesini şişirmektedir.

## 2.2. Metot

### 2.2.1. Horlama Tespit Algoritması

Horlama tespiti ile ilgili geniş bir literatür bulunmaktadır. Çok çeşitli yöntemler kullanılmış ve verimlilikleri test edilmiştir. Üst solunum yolundaki tıkanıklığına veya farklı uyku pozisyonlarına bağlı olarak horlama frekansları birbirinden farklıdır ve hastadan hastaya değişir (Subramaniam, 2020). Bu nedenle, eşik frekanslarına dayalı horlama tespiti verimli bir yöntem değildir (Subramaniam, 2020). Çalışmanın ana odak noktası, algoritmaların verimliliğini değerlendirmekten ziyade horlamayı azaltacak uygun yastık tasarımıdır. Bu nedenle, sistemin gereksinimlerini dikkate alarak, sinir ağı yaklaşımının yeterince etkin bir sonuç verdiği görülmüş ve kullanılması kararlaştırılmıştır. Çalışmada, Arduino IDE kütüphanesi ile programlanabildiğinden, düşük bellek ve düşük işlem gücü ile çalışabildiğinden TINN (Tiny Neural Network) modeli kullanılmıştır. TINN modelinde, sinir ağını eğitmek için Düzleştirilmiş Doğrusal Birim (Rectified Linear Unit – ReLU) aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır (Subramaniam, 2020). Kaydedilen sinyal iki gruba ayrılmıştır: aktif ve pasif. Aktif grup horlamayı, pasif grup ise sessizlik ve diğer sesleri ifade etmektedir. Sinir Ağı modelleri, verileri eğitmek ve verilerin ilişkilerini belirlemek için bir veri setine ihtiyaç duyar (Subramaniam, 2020). Verilerin ilişkisini analiz ederek, algoritma yeni bilgileri işler ve bunun horlama olup olmadığına karar verir. Bu nedenle, bu veri toplama aşaması için bir algoritma geliştirilmiş; sessizlik ve horlama sesleri 3 saniyelik periyotlar halinde kaydedilmiştir. Veri seti için 20 horlama sesi ve 20 sessizlik sesi kaydedilmiştir. Her ses kaydı, her biri 16 frekans bandına sahip 10 spektrumdan ve toplamda 160 spektrumdan oluşur. Böylece veri seti, algoritmayı eğitmek için 420 örnek (3400 ses

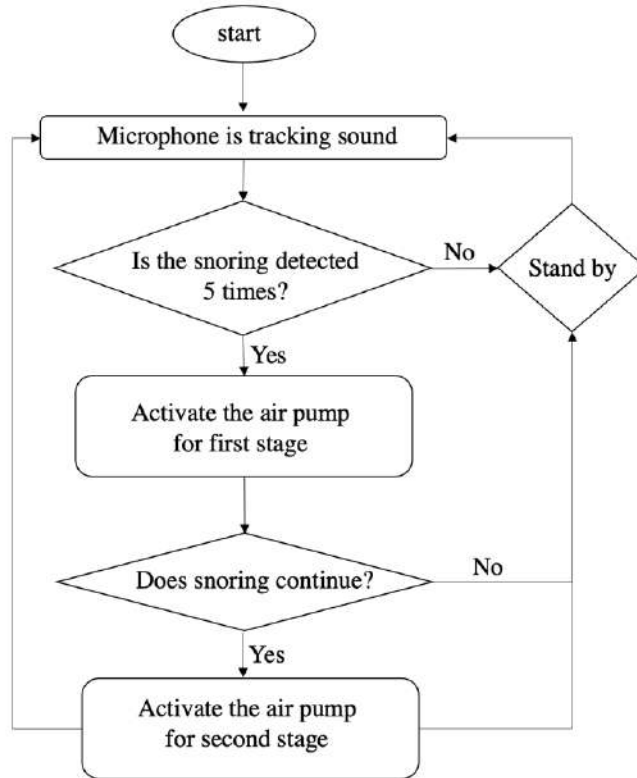
verisi) içermektedir. Girdi sinyallerinin frekans bileşenlerini elde etmek için Hızlı Fourier Dönüşümü (FFT) uygulanmıştır (Subramaniam, 2020). Ses alımlarında olduğu gibi, FFT frekans bantları da 16 olarak seçilmiştir. Horlama tespit algoritmasının çalışma prensibi Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Horlama tespit algoritması

Sinir ağlarının üç katmanı vardır: (i) giriş katmanı, (ii) gizli katman/lar, (iii) çıkış katmanı. Giriş katmanı, veri toplama aşamasından gelen giriş nöronlarını içerir. Her nöron bir çıktı üretir (aktivasyon olarak adlandırılır) ve çıktıyı gizli katmandaki çoklu nöronlara aktarır (Subramaniam, 2020). Gizli katmanlar, bir veya birden fazla katmandan oluşabilir (Singh, 2021). Gizli katmanlar, ağ için ilişkisel ve karar matrisini oluştururlar ve çıktı katmanı için veri üretmek üzere eğitilirler. Bu aşamada, farklı ağırlıklar atanmış bir grup nöron, aktivasyon fonksiyonları kullanarak bir sonraki katmanlar için çıktı üretir (Subramaniam, 2020). Son yanıt ise çıkış katmanında üretilir (Singh, 2021).

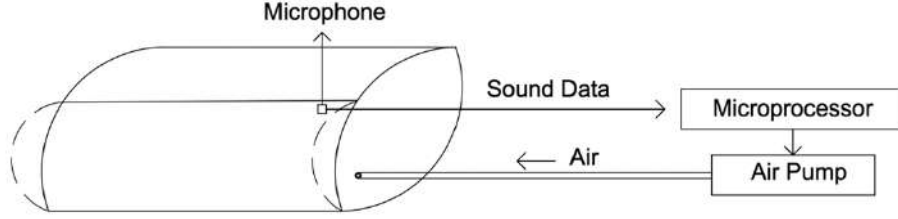
Çalışmada kullanılan sinir ağı algoritmasında, ses toplama ve hızlı Fourier dönüşümü (FFT) 16 frekans bandı kullanılarak yapılmıştır. Bu nedenle, giriş katmanında 16 giriş noktası vardır. Algoritma, 40 gizli katmandan oluşmaktadır. Gizli katman sayısını artırmak, algoritmanın etkinliğini artırır ancak bellek ve işlem kapasitesine ihtiyacı da artırır. Bu sebeple optimum bir aralıkta tutulmalıdır. Çıkış katmanı, verinin horlama olup olmadığına karar veren katmandır. Önceki katmanlardan sağlanan verilere göre, çıkış katmanı 0 ile 1 arasında bir değer üretir. Bu üretilen değer eşik değerle karşılaştırılır ve eğer eşik değerinin üzerindeyse horlama olarak etiketlenir. Algoritmanın eşik değeri 0,95 olarak ayarlanmıştır. Horlama tespit algoritmasının çalışma prensibi Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Horlama tespit algoritması çalışma prensibi

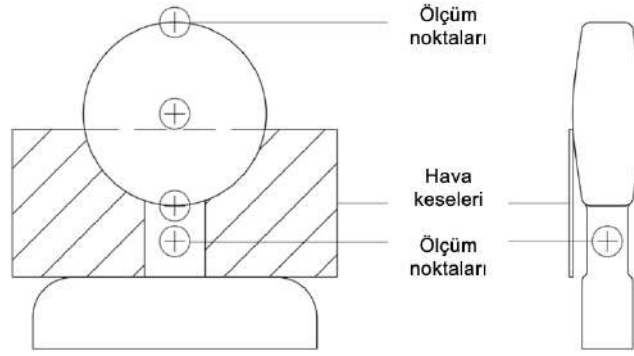
## 2.2.2. Horlama Azaltıcı Yastık Sistemi

Mikro-işlemci ve hava pompası yastıktan uzak konumlandırılmıştır. Mikrofon, 130 cm uzunluğunda bir kablo ile mikro-işlemciye bağlanmış ve hava kesesi de 70 cm uzunluğunda ince bir hortum ile hava pompasına bağlanmıştır. Yastık yerleşimi Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Yastık yerleşimi

Yastığın test edildiği deneylerde, başın ağırlığını simüle etmek için bir ağırlık hazırlanmıştır. Ortalama bir başın ağırlığı yaklaşık olarak 5 kg'dır (GW Osteopathy, 2022). Yastık 1:2 ölçekte tasarlandığından, baş, boyun ve omuz şeklinde ve 2,5 kg ağırlığında bir blok hazırlanmıştır (Şekil 7). Bloğun esnek hareket edebilmesi için kumaş kullanılmıştır.



Şekil 7. Ağırlık bloğu ve yükseklik ölçüm noktaları

Yastığın yükselme performansı önce düz bir yüzeyde test edilmiştir. Sonraki deneylerde kullanılacak ağırlık bloğunun üzerinde 5 ölçüm noktası işaretlenmiştir. 5 kez ölçüm yapılmış ve belirlenen noktalardaki yer değişikliği kaydedilmiştir. Bu aşamadan sonra, hava kesesinin yastık üzerindeki konumu belirlenmiştir. Yastığın farklı yerlerindeki ölçüm noktalarının yer değişikliği kaydedilmiştir. Bu sonuçlara göre, yastık tasarımı nihai haline getirilmiştir. Sistem, son olarak horlama sesi ile test edilmiştir.

## 3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

### 3.1. Horlama Tespit Algoritması

Algoritmanın eğitilmesi için bir dizi deneme kaydı ve testi yapılarak kullanılacak veri seti kararlaştırılmıştır. Buna göre 20 horlama sesi, 20 sessizlik kaydedilmiştir. Her kayıt 10 ses kaydetmektedir. Her ses 17 girdi içermektedir. Sonuç olarak 7140 frekans verisi kaydedilmiştir. Eşik değeri 0,95 olarak seçilmiş ve algoritma eğitilmiştir. Eğitim sonunda algoritma %3,6 toplam hata oranı ile çalışmıştır. Ayrıca eğitilen algoritma 2 farklı horlama sesi, sessizlik ve horlama olmayan sesler (televizyon, konuşma, köpek havlaması, müzik) kullanılarak test edilmiştir. Test sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

**Çizelge 2.** Algoritmanın farklı seslerle yapılan test sonuçları

<b>Doğru pozitif – horlama sesleri</b> Beklenen: 450 Tespit edilen: 432 <b>%96 doğruluk</b>	<b>Yanlış pozitif – horlama olmayan sesler</b> Beklenen: 0 of 450 Tespit edilen: 72 <b>16% hata oranı</b>
<b>Yanlış pozitif – horlama sesleri</b> Beklenen: 0 Tespit edilen: 18 <b>%4 hata oranı</b>	<b>Doğru pozitif – horlama olmayan sesler</b> Beklenen: 450 of 450 Tespit edilen: 378 of 450 <b>84% doğruluk</b>

Çizelge 2’de görüldüğü üzere algoritma, horlama seslerinin tespitinde %96 doğruluk oranıyla çalışmaktadır. Horlama olmayan seslerde ise %84 doğruluk oranı görülmüştür. Bu çalışmanın temel odağı yastık tasarımı olduğu için bu algoritmanın yeterince etkili sonuç vereceğine karar verilmiştir.

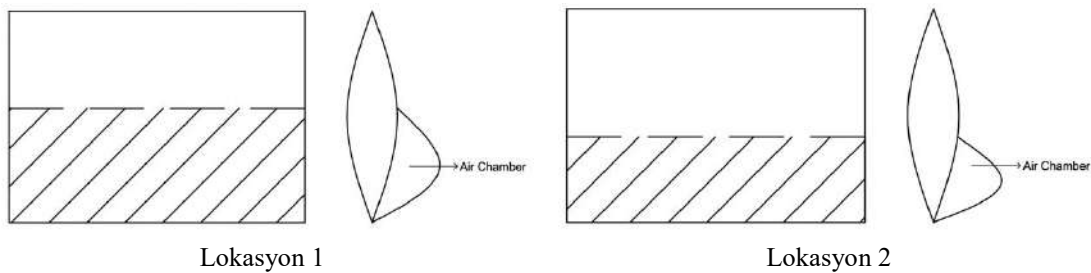
### 3.2. Horlama Azaltıcı Yastık Yerleşimi

Ölçüm noktaları, başın üst tarafı, ortası ve alt tarafı ile boyun bölgesinin ortası ve üst tarafı olarak belirlenmiştir (Şekil 7). Bu noktalar ağırlık bloğunda işaretlenmiştir. Hava kesesi, düz bir yüzeyde mini hava pompası aracılığıyla şişirilmiştir ve ağırlık bloğundaki ölçüm noktalarının konum değişiklikleri kaydedilmiştir. Hava kesesinin tamamen şişmesi 60 saniye sürmektedir. 60 saniyelik 5 ölçüm yapılmıştır. Ölçümler Çizelge 3’te verilmiştir.

**Çizelge 3.** Ağırlık bloğunun yer değiştirmesi

Ölçüm noktalarının yer değiştirmesi (cm)	1	2	3	4	5
Test 1	-1	+2.2	+3.9	+3.5	+3.5
Test 2	-0.8	+2.2	+3.9	+3	+3
Test 3	-0.7	+2.7	+4.4	+3.8	+3.8
Test 4	-0.7	+2.2	+3.6	+3.2	+3.2
Test 5	-0.9	+2.1	+3.8	+2.8	+2.8
<b>Ortalama</b>	<b>-0.82</b>	<b>2.3</b>	<b>3.9</b>	<b>3.3</b>	<b>3.3</b>

Çene bölgesinin göğüsten uzaklaştırılması için 1.5-2 cm yüksekliğin yeterlidir. Hava kesesi, 60 saniyede ağırlık bloğunu 3.9 cm yüksekliğe çıkarabilmiştir. Bu ölçüm düz yüzey üzerinde alınmıştır. Bu aşamadan sonra hava kesesinin yastık üzerindeki optimum yerinin belirlenmesi amacıyla iki pozisyonda hava kesesi şişirilmiştir ve yükselme miktarları ölçülmüştür. Belirlenen pozisyonlar Şekil 8’de verilmiştir.



**Şekil 8.** Hava kesesi pozisyonları

Her konumda ağırlık bloğunun yükselme miktarları 5 kez ölçülmüştür. Bu ölçümlerin sonuçları Çizelge 4’te verilmiştir.



**Çizelge 4.** Ağırlık bloğunun yer değiştirmesi

	Lokasyon 1					Lokasyon 2				
Ölçüm noktalarının yer değiştirmesi (cm)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5 ölçümün ortalaması	+0.9	+0.5	+2.8	+1.9	+2.4	+0.6	+0.3	+1	+1.9	+1.1

Tasarımda amaçlanan çene boyun bölgesinin (ölçüm noktası 3, 4, 5) 1,5-2 cm yükseltilmesi için Lokasyon 2'nin daha uygun olduğu tespit edilmiştir.

### 3.3. Horlama Azaltıcı Yastık Prototipi

Algoritma ve yastık tasarımı tamamlandıktan sonra sistem bütün olarak test edilmiştir. Bu aşamada, elektronik elemanlar yastık üzerine yerleştirilmiştir. Yastığın son şekli Şekil 9'da verilmiştir.



**Şekil 9.** Yastık prototipi

Sistem, hata oranını azaltmak için horlama 5 kez tespit edildiğinde motor aktive olacak şekilde programlanmıştır. Horlama tespit edildiğinde hava motoru aktive edilmekte ve hava kesesi şişirilmektedir. Hazırlanan prototip tasarım, horlama sesi ile test edilmiştir. Horlamayı azaltan yastık tasarımı horlama anında çalışmış ve Şekil 10'da görüldüğü gibi ağırlık bloğunun yükseltilmesini sağlamıştır. Sistemin efektif çalıştığı görülmüştür.



**Şekil 10.** Normal (sol) ve yükseltilmiş (sağ) yastık pozisyonları

#### 4. SONUÇLAR

Uyku, sağlıklı bir yaşam için temel bir gerekliliktir. Uykunun kesintiye uğraması biyolojik ve çevresel faktörlerden kaynaklanabilir ve bu durum uyku kalitesini azaltabilir. Horlama kişinin hem kendisi hem de uyku partneri için uyku kalitesini düşüren bir faktördür. Bilinçli veya bilinçsiz uyku kesintilerini önlemek için öncelikli hedef, uyku takibi ve analizi yaparak bu kesintilere neden olan faktörleri ortadan kaldırmak veya azaltmaktır.

Bu çalışma, uyku kesintilerini azaltmak amacıyla horlamayı azaltmaya yardımcı bir yastık tasarımı geliştirmeyi hedeflemiştir. Tasarlanan yastık sistemi, içerisinde bulunan mikrofon ve mikro-denetleyici ile horlama sesini tespit edebilmekte ve yastık içerisine yerleştirilen hava kesesi ve mini hava pompası ile boyun bölgesini yükseltmektedir. Yapay sinir ağı algoritması kullanılan sistem, horlamayı diğer seslerden%84-96 doğrulukla ayırt edebilmektedir. Deneyler, tasarımın başarıyla çalıştığını ve boyun bölgesi için gerekli yükseltmeyi sağlamakta etkili olduğunu göstermiştir.

#### 5. KAYNAKLAR

Bora, İ. H., Bican, A. (2007). *Uyku Fizyolojisi. Türkiye Klinikleri J Surg Med Sci*, 3(23), 1–6.

Boya Mic. (2022). <https://boyamikrofon.com/urun/boya-vidali-cok-yonlu-yaka-mikrofonu/>, 10.11.2022.

Cazan, D., Mehrmann, U., Wenzel, A., Maurer, J. T. (2017). *The effect on snoring of using a pillow to change the head position. Sleep and Breathing*, 21(3), 615–621.

Elliott, A. R., Shea, S. A., Dijk, D. J., Wyatt, J. K., Riel, E., Neri, D. F., Czeisler, C. A., West, J. B., Prisk, G. K. (2001). *Microgravity reduces sleep-disordered breathing in humans. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 164(3), 478–485.

GW Osteopathy. (2022). *How Much Does Your Head Weigh? - GW Osteopathy.* <https://www.gwesteopathy.co.uk/much-head-weigh/>, 17.11.2022.

Hoffstein, V., Mateika, J. H., Mateika, S. (1991). *Snoring and sleep architecture. American Review of Respiratory Disease*, 143(1), 92–96.

Koç, M. S. (2016). *Uyku Kalitesini Arttırmak İçin Bir Medikal Cihaz Tasarımı, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.*

Lan, L., Tsuzuki, K., Liu, Y. F., Lian, Z. W. (2017). *Thermal environment and sleep quality: A review. Energy and Buildings*, 149, 101–113.

Laurino, M., Arcarisi, L., Carbonaro, N., Gemignani, A., Menicucci, D., Tognetti, A. (2020). *A Smart Bed for Non-Obtrusive Sleep Analysis in Real World Context. IEEE Access*, 8, 45664–45673.

Lee, K. I., & Choi, J. H. (2023). *Positional Therapy for Obstructive Sleep Apnea: Therapeutic Modalities and Clinical Effects. Sleep Medicine Research*, 14(3), 129-134.

Nakano, H., Ikeda, T., Hayashi, M., Ohshima, E., Onizuka, A. (2003). *Effects of Body Position on Snoring in Apneic and Nonapneic Snorers. Sleep*, 26(2), 169–172.

NPTI. (2022). *The Dangers of Sleep Deprivation.* <https://i.pinimg.com/originals/47/39/9d/47399dec79988ef958ebd398afd9ca58.jpg> 1.11.2022.

Moffa, A., Giorgi, L., Nardelli, D., Iafrati, F., Iannella, G., Magliulo, G., ... & Casale, M. (2024). *The Potential Effect of Changing Patient Position on Snoring: A Systematic Review. Journal of Personalized Medicine*, 14(7), 715.

Miao, Y., Zhang, Z., Jia, F., Dai, M. (2018). *Treatment Pillow for Relieving Snoring Symptoms Based on Snore Recognition*. 25th International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice, 1–5.

Oksenberg, A. (1997). *Positional vs Nonpositional Obstructive Sleep Apnea Patients*. *Chest*, 112(3), 629–639.

Pilcher, J. J., Huffcutt, A. I. (1996). *Effects of Sleep Deprivation on Performance: A Meta-Analysis*. *Sleep*, 19(4), 318–326.

ResMed. (2022). *Understanding Sleep Disordered Breathing- YouTube*. <https://www.youtube.com/watch?v=-gie2dhqP2c&t=6s>, 26.11.2022.

Rosenberg, Dr. C. (2019). *Sleep Deprivation: 10 Long-Term Effects | Blog | Sleep Health*. <https://www.sleephealthsolutionsohio.com/blog/10-effects-of-long-term-sleep-deprivation/>. 22.10.2019

Serdar, S. G., Değirmenci, Z., Topalbekiroğlu, M. (2022). *Snoring Detection Systems for Smart Bed Applications*. In M. Kotuk (Ed.), *7th International Zeugma Conference on Scientific Researches*, 569–575, 21-23 Ocak 2022, Gaziantep.

Singh, H. (2021). *Neural Network. Deep Learning 101: Beginners Guide to Neural Network*. <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/03/basics-of-neural-network/>. 10.11.2021.

Subramaniam, A. (2020). *A Smart Supine Avoidance Alarm Device for the Treatment of Supine Predominant Obstructive Sleep Apnoea*, Flinders University, College of Science and Engineering, Doktora Tezi.

Şahin, L., & Aşçıoğlu, M. (2013). *Uyku ve Uygunun Düzenlenmesi*. *Sağlık Bilimleri Dergisi*, 22(1), 93–98.

Troynikov, O., Watson, C. G., Nawaz, N. (2018). *Sleep environments and sleep physiology: A review*. In *Journal of Thermal Biology*, 78, 192–203.

Ünal, M. (2010). *Horlama Yastığı*. Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.

Wei, R., Kim, H. S., Li, X., Im, J. J., Kim, H. J. (2010). *A development of pillow for detection and restraining of snoring*. *Proceedings - 2010 3rd International Conference on Biomedical Engineering and Informatics*, 16-18 Ekim 2010, Yantai, Çin.

Wei, R., Li, X., Kim, H. S., Im, J. J., Kim, H. J. (2010). *A development of mechanism for reducing snoring*. *ICEIE 2010 - 2010 International Conference on Electronics and Information Engineering, Proceedings*, 242–245, 16-18 Ekim 2010, Yantai, Çin.

Yi, H., Shin, K., Shin, C. (2006). *Development of the Sleep Quality Scale*. *Journal of Sleep Research*, 15(3), 309–316.

Zuberi, N. A., Rekab, K., Nguyen, H. V. (2004). *Sleep apnea avoidance pillow effects on obstructive sleep apnea syndrome and snoring*. *Sleep and Breathing*, 8(4), 201–207.

# VİSKON KUMAŞLARDA POLİDOPAMİN NANOKAPLAMANIN SPEKTROFOTOMETRİK OLARAK İNCELENMESİ

**Abdurrahman TELLİ, Safiye ARABACI**  
*Çukurova Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana*  
[atelli@cu.edu.tr](mailto:atelli@cu.edu.tr)

## ÖZET

Polidopamin, dopaminin oksidatif kendiliğinden polimerleşmesi ile sentezlenmektedir. PDA tabakası, kimyasal bağlar ve diğer fiziksel bağlar vasıtasıyla tekstil yüzeyine fonksiyonel molekülleri sabitlemek için bir yapışkan ara yüzey olarak kullanılabilir. Polidopaminin tekstil sektöründe kullanımı ile ilgili literatürdeki çalışmaların büyük çoğunluğu pamuklu kumaşlara aittir. Yün, polyester, akrilik ve polipropilen ile ilgili az sayıda çalışma bulunmaktadır. Daha önceki çalışmalar incelendiğinde, viskon liflerinden üretilmiş kumaşlarda polidopamin nanokaplamanın incelenmediği görülmüştür. Bu çalışmada, dopaminin oksidatif kendiliğinden polimerizasyonu ile viskon kumaş üzerinde, altı farklı sürede nano kaplamalar gerçekleştirilmiştir. Bu kaplamalarda spektrofotometrik renk ölçümleri yapılmıştır. Açıklık-koyuluk ( $L^*$ ) ve renk kuvveti (K/S) değerleri belirlenmiştir. Yıkama işlemi sonrası kumaşlarda en düşük  $L^*$  ve en yüksek K/S değeri 32 saatlik kaplamada ölçülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** viskon, kumaş, polidopamin, polimerizasyon, renk ölçümü

## SPECTROPHOTOMETRIC INVESTIGATION OF POLYDOPAMINE NANOCOATING ON VISCOSE FABRICS

### ABSTRACT

Polydopamine is synthesized by the oxidative self-polymerization of dopamine. The PDA layer can be used as an adhesive interface to anchor functional molecules to the textile surface through chemical bonds and other physical bonds. The majority of studies on the use of polydopamine in the textile industry are related to cotton fabrics. There are few studies on wool, polyester, acrylic and polypropylene. When previous studies were examined, it was seen that polydopamine nanocoating was not examined in fabrics produced from viscose fibers. In this study, nano coatings were applied on viscose fabric at six different times by oxidative self-polymerization of dopamine. Spectrophotometric color measurements were carried out on these coatings. Lightness ( $L^*$ ) and color strength (K/S) values were determined. After the washing process, the lowest  $L^*$  and highest K/S values in the fabrics were measured on 32 hours of coating.

**Keywords:** viscose, fabric, polydopamine, polymerization, color measurement

### 1. GİRİŞ

Polidopamin, dopaminin oksidatif kendiliğinden polimerleşmesi ile sentezlenen bir biyopolimerdir. İlerleyen yıllarda polidopamin (PDA) tabakası ile fonksiyonelleştirilen yüzeylerin geniş bir kullanım alanı olacağı tahmin edilmektedir (Aripzhanova, 2018). PDA tabakası, kimyasal bağlar ve diğer fiziksel bağlar vasıtasıyla tekstil yüzeyine fonksiyonel molekülleri sabitlemek için bir yapışkan ara yüzey olarak kullanılabilir (Telli ve Taş, 2022).

Polidopaminin tekstil sektöründe kullanımı ile ilgili literatürdeki çalışmaların büyük çoğunluğu pamuklu kumaşlara aittir. Cheng et al. (2018) pamuklu kumaş üzerinde titanyumdioksit ( $TiO_2$ )

nanopartiküllerini sabitlemek için polidopamin ara katmanını kullanmıştır. Reaksiyon indirgenme yoluyla gerçekleştirilmiştir. Yaptıkları karakterizasyon testlerinde anataz TiO<sub>2</sub> nanopartiküllerinin pamuk kumaş yüzeyinde homojen bir şekilde dağıldığını göstermişlerdir. Gerçekleştirilen fotokataliz deneyi sonuçları, kaplanmış pamuk kumaşın UV ışık altında metilen mavisi çözeltisinin yaklaşık %90'ının bozunmasını sağladığı görülmüştür. Elde edilen yüksek UV koruma faktörünün beş yıkama sonunda önemli oranda değişmediği tespit edilmiştir. Li et al. (2018) siklotrifosfazen/polidopamin/gümüş nanopartikül şeklinde bir hibrit kaplamayı pamuklu kumaşa uygulamışlardır. Gümüş nitratın, harici bir indirgeyici malzeme kullanılmadan polidopamin sayesinde gümüş nanopartiküllere indirgenebildiği belirtilmiştir. Bu üçlü kaplamanın pamuklu kumaşa 30 yıkamaya kadar güç tutuşur ve antibakteriyel bir yapı kazandırdığı raporlanmıştır. Wang et al. (2019) ise polietilenimin (PEI), amonyum polifosfat (APP) ve polidopamin (PDA) 'ini birlikte kullandıkları çalışmada pamuklu kumaşa süperhidrofob ve güç tutuşur bir yapı kazandırmışlardır. Li et al. (2022) fotokatalizör olarak kullandıkları gümüş/kadmiyum sülfür (Ag/CdS)'ün pamuk kumaş üzerinde biriktirilmesinde polidopaminden yararlanmışlardır. 90 normal ev yıkama döngüsüne eşit olarak belirttikleri 18 hızlandırılmış yıkama döngüsü sonunda kumaşın süperhidrofob, fotokatalitik ve iletken özelliğini yitirmediğine dikkat çekilmiştir. Pamuklu kumaşlarda polidopamin kullanımına dair örnekler artırılabilir (Sun vd., 2023; Zhong ve Guo, 2023; Gu vd., 2023). Polipropilen, polyester, akrilik ve yün gibi pamuk dışındaki diğer lifler ile ilgili az sayıda çalışma bulunmaktadır. Liu et al. (2019) polipropilen kumaşı gümüş ile kapladıkları yöntemlerine, polidopamini entegre ederek daha fazla elektromanyetik kalkanlama ve antibakteriyel aktivitesi sağladıklarını belirtmişlerdir. Xu et al. (2013) polyester kumaşa gümüş nanopartiküllerini sabitleyebilmek için dopaminin oksidatif polimerizasyonundan yararlanmışlardır. Telli ve Taş (2022) polyester kumaşa anilin kaplama ile elektriksel iletkenlik kazandırdıkları tekniklerinde, polidopamin ara katmanı kullandıklarında daha başarılı sonuçlar elde etmişlerdir. Allehyani et al. (2023) akrilik kumaşa antimikrobiyal ve antioksidan özellik sağlamak için gümüş iyonlarını kullandıkları çalışmalarında, kumaş üzerinde gümüş iyonunu sabitleyebilmek için polidopaminden yararlanmışlardır. Huang et al. (2023) takım elbiselik yünlü kumaşlarda polidopamini renklendirme ve UV koruma amaçlı olarak kullanmışlardır. Ayrıca polidopaminin oksidatif polimerizasyonunu artırmak için sodyum periyodat'ı çözeltiye eklemişlerdir. Mordan kullanmadan nötral ortamda verimli bir boyama gerçekleştirilmiş, PDA seviyesi arttıkça UV koruma faktöründe önemli düzeyde artış tespit edilmiştir.

Daha önceki çalışmalar incelendiğinde, viskon liflerinden üretilmiş kumaşlarda polidopamin nanokaplamanın kullanılmadığı görülmüştür. Bu çalışmada, dopaminin oksidatif kendiliğinden polimerizasyonu ile viskon kumaş üzerinde, altı farklı sürede nano kaplamalar gerçekleştirilmiştir. Bu kaplamalarda spektrofotometrik renk ölçümleri yapılmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, bölgesel bir üretici firmadan temin edilen %100 viskon kumaş kullanılmıştır. Kullanmadan önce, üzerinde herhangi bir kontaminasyonun kalmadığından emin olmak için 40 °C'de yıkanmışlardır. Çalışmada Dopamin hidroklorür (99 wt.%) ve Tris (hidroksimetil)-metilamin (99 wt.%) kullanılmıştır. Kimyasallar Sigma Aldrich (Almanya) firmasından satın alınmıştır ve ekstra bir saflaştırma yapılmadan kullanılmıştır.

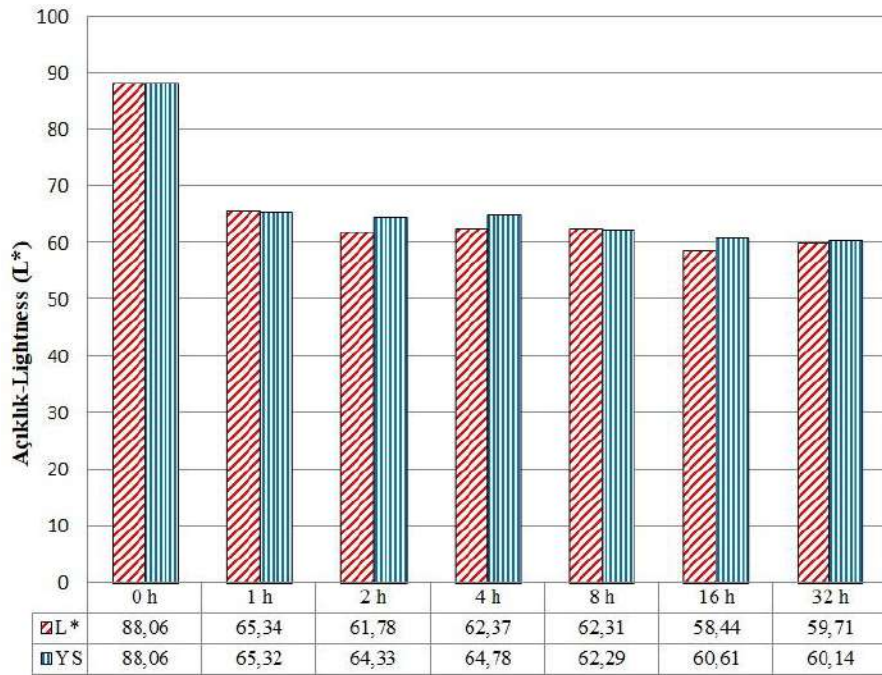
Çalışmada polidopamin sentezinde Tris pH sabitleyici olarak kullanılmıştır. Dopamin hidroklorür, monomer olarak kullanılmıştır. 1,2 mg/ml Tris suda çözündürülmüştür. Bu çözelti üzerine monomer olarak dopamin hidroklorür 2 mg/ml konsantrasyonda eklenmiştir ve hızlıca karıştırılmıştır (Aripzhanova, 2018; Telli ve Taş, 2022). Çözelti hazırlama işlemi sonrası, çözeltiye 10cmx10cm viskon kumaş eklenmiştir. Çözelti, Nuve SL 350 shaker kullanılarak yatay yönde sürekli bir harekete tabi tutulmuştur. Bu şekilde alkali şartlarda (pH=8,5), atmosferik oksijen varlığında polimerizasyon gerçekleşmeye başlamıştır. Altı farklı sürede (2<sup>0</sup>=1, 2<sup>1</sup>=2, 2<sup>2</sup>=4, 2<sup>3</sup>=8, 2<sup>4</sup>=16, 2<sup>5</sup>=32 saat) nano kaplama gerçekleştirilmiştir. İlk başta renksiz ve şeffaf olan çözelti, çözelti hazırlanması sırasında soluk sarı renge, reaksiyon süresi arttıkça ise polimerleşmenin etkisiyle koyu kahverengiye doğru bir renk değişimi sergilemiştir. Elde edilen kaplamalı numuneler, soğuk su ile durulanmıştır. Daha sonra standart atmosfer koşullarında serbest halde kurutulmuşlardır. Yapılan kaplamanın kalıcılığı

belirlemek için, TS EN ISO 105-C06'ya göre numuneler yıkamaya tabi tutulmuşlardır. Deney şartları için A2S yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde göre 40 °C'de 30 dak sürede sodyum perborat kullanılarak 1 yıkama gerçekleştirilmiştir.

Koyuluğun en fazla olduğu durumda, polimerizasyonun en başarılı olacağı fikrinden hareketle (Telli ve Taş, 2022, Huang vd., 2023), tüm numunelerin spektrofotometrik renk ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kumaşların standart D65 ışık altında açıklık-koyuluk ( $L^*$ ) ve renk kuvveti değerleri (K/S) belirlenmiştir. Kaplamasız kontrol numuneleri, kaplanmış numuneler ve yıkama sonrası (YS) elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Altı farklı sürede kaplama uygulanan kumaşların yıkama öncesi ve sonrası  $L^*$  değerleri Şekil 1'de sunulmaktadır. Şekil 2'de ise K/S değerleri verilmektedir.

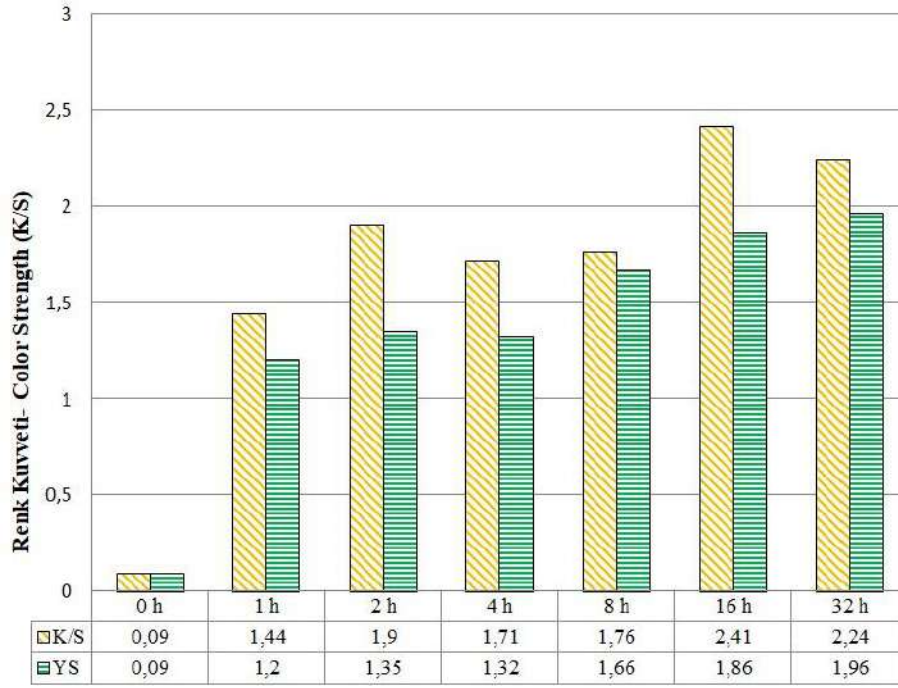


Şekil 1. Yıkama öncesi ve sonrası farklı polimerizasyon sürelerindeki  $L^*$  değerleri

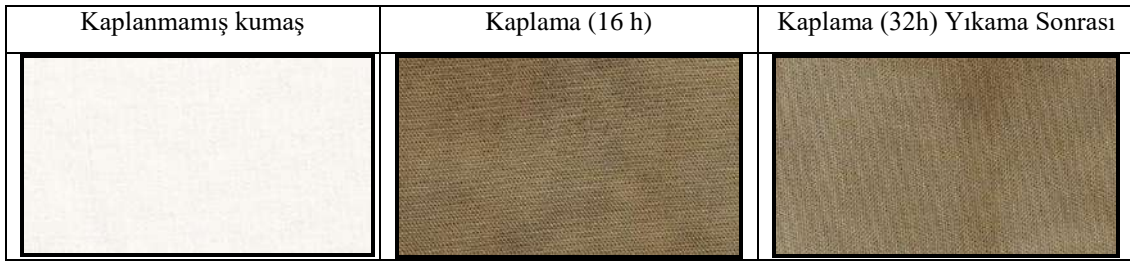
Açıklık-koyuluk ( $L^*$ ) değerleri incelendiğinde, kaplanmamış kumaşta ölçülen  $L^*=88,06$  değerinin reaksiyon süresi ilerledikçe düşüş göstermeye başladığı görülmektedir. En düşük açıklık değeri 16 saat yapılan kaplamada  $L^*=58,44$  olarak bulunmuştur. Yıkama işlemi sonrası, en düşük açıklık değeri 32 saat yapılan kaplamada  $L^*=60,14$  olarak gerçekleşmiştir.

1 saat yapılan kaplamadaki açıklık değeri, kaplamasız numuneye göre belirgin bir düşüş göstermiştir. 2 saat sonunda düşüş devam etmiş, 4 ve 8 saat sonunda bir miktar artış ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. 16 saatlik kaplamada  $L^*$  değerinde önemli bir düşüş gözlemlenmiş ve bu  $L^*$  değeri elde edilen en düşük değer olmuştur, en koyu görüntü elde edilmiştir. Şekil 3'de 16 saatlik kaplama sonrası kumaşta elde edilen görüntü sunulmaktadır. Kaplama süresi 32 saate çıktığında ise, açıklık değeri bir miktar artış göstermiştir.

Yıkama sonrası  $L^*$  değerleri incelendiğinde, açıklık değerleri açısından 1 saatlik ve 8 saatlik kaplamalarda önemli bir farklılık olmamıştır. 2, 4, 16 ve 32 saatlik kaplamalarda yıkama sonrası açıklık değerleri artış göstermiştir. Yıkama sonrası kumaş renklerinde bir miktar açılma söz konusudur. Yıkama sonrası, en düşük açıklık değeri ve en koyu görüntü 32 saatlik kaplamada ölçülmüştür (Şekil 3).



Şekil 2. Yıkama öncesi ve sonrası farklı polimerizasyon sürelerindeki K/S değerleri



Şekil 3. Kaplama sonrası ve yıkama sonrası elde edilen en koyu görüntüler

Renk kuvveti (K/S) değerleri incelendiğinde, L\* değerleri ile paralel sonuçlar elde edilmiştir. 1 saatlik kaplamada, kaplanmamış numuneye göre belirgin bir artış gözlenmiştir. 2 saat sonunda artış devam etmiş, 4 ve 8 saat sonunda bir miktar azalma olmuştur. 16 saatlik kaplamada en yüksek K/S değeri elde edilirken, kaplama süresi 32 saate çıktığında bir miktar düşüş göstererek K/S değeri 2,24'e ulaşmıştır. Yıkama sonrası K/S değerleri, kaplama yapılan tüm süreler için yıkama öncesine göre azalma göstermiştir. Yıkama sonrası, en yüksek K/S değeri 32 saatlik kaplamada ölçülmüştür.

Aripzhanova (2018) silika yüzey üzerinde yaptığı PDA kaplamada, polimerleşmenin 4 saatte tamamlandığı daha sonra dopamin-melanin agregalarının farklı kısımlarda tabaka oluşturmaya başladığını belirtmiş, 12-24 saatlik kaplamalar arasında önemli bir farklılık tespit edemediğini vurgulamıştır. Telli ve Tas (2022) polyester kumaş üzerine yaptıkları kaplamada, benzer şekilde 12 saatlik kaplama sonrası L\* değerlerinde önemli bir düşüş olduğunu gözlemlemişlerdir. Ancak en düşük L\* değerini 24 saat sonunda elde etmişlerdir. Kaplanmamış kumaşta 82 olarak ölçülen L\* değeri, 24 saatlik kaplama sonrası yapılan ölçümde 47'ye kadar düşmüştür. Bu çalışmada ise yıkama sonrası en düşük değer viskon kumaş için 32 saat sonunda 60,14 olarak bulunmuştur. Daha önceki çalışmalarda, protein esaslı kumaşlarda yapılan kaplamalarda, özellikle ek bir oksitleyici ajan kullanılan durumlarda daha kısa sürede daha düşük L\* değerleri raporlanmıştır. İpek kumaşlarda 30, oksitleyici kullanıldığı durumlarda yün kumaşta 13'e kadar L\* değerleri elde edilmiştir (Huang vd., 2023). Önceki çalışmalar incelendiğinde, viskon kumaşlarda, L\* değeri verilmemiş fakat görsel olarak değerlendirilmesi yapılmış pamuklu kumaşlara yakın görüntüler elde edilirken (Cheng vd., 2018), diğer polipropilen, akrilik vb. kumaşlar ile karşılaştırıldığında daha açık renkte görüntü elde edildiği söylenebilmektedir (Liu vd, 2019; Gu vd., 2023).

#### 4. SONUÇ

Bu çalışmada, dopaminin oksidatif kendiliğinden polimerizasyonu ile viskon kumaş üzerinde, altı farklı sürede nano kaplamalar gerçekleştirilmiştir. Bu kaplamalarda, koyuluğun en fazla olduğu durumda polimerizasyonun en başarılı olacağı fikrinden hareketle, spektrofotometrik renk ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Açıklık-koyuluk ( $L^*$ ) ve renk kuvveti (K/S) değerleri belirlenmiştir. Kaplanmamış kumaşa ölçülen  $L^*=88,06$  değeri reaksiyon süresi ilerledikçe düşüş göstermiştir. En düşük açıklık değeri 16 saat yapılan kaplamada  $L^*=58,44$  olarak bulunmuştur. Yıkama işlemi sonrası, en düşük açıklık değeri 32 saat yapılan kaplamada  $L^*=60,14$  olarak bulunmuştur. Renk kuvveti (K/S) değerleri incelendiğinde,  $L^*$  değerleri ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen veriler, yıkama sonrası kaplamaların bir miktar uzaklaştığını göstermektedir. Daha önceki çalışmalar ile birlikte değerlendirildiğinde, viskon kumaşa pamuk kumaşlara yakın fonksiyonelleştirme için yeterli seviyede bir kaplama gerçekleştiği ancak diğer kumaşlara özellikle protein esaslı kumaşlara göre polimerizasyonun daha az gerçekleştiği söylenebilmektedir. Daha sonraki çalışmalarda, 12-32 saatlik kaplama sürelerine odaklanılması ve oksidasyonu artırıcı çeşitli kimyasalların kullanımının viskon kumaşların PDA ile muamelesinde yararlı olabileceği düşünülmektedir.

#### Teşekkür

Bu bildiri, 2209-A - Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında yapılan çalışmalardan türetilmiştir. Yazarlar desteği için TÜBİTAK'a teşekkür eder.

#### KAYNAKLAR

Allehyani, E. S., Almulaiky, Y. Q., Al-Harbi, S. A., & El-Shishtawy, R. M. (2023). Polydopamine-AgNPs coated acrylic fabric for antimicrobial and antioxidant textiles. *Journal of Coatings Technology and Research*, 20(3), 1133-1143.

Aripzhanova, O. (2018). *Synthesis and Characterization of Biomimetic Nanofilms*. M. Sc. Thesis, Gazi University Graduate School Of Natural And Applied Sciences, Ankara.

Cheng, D., He, M., Ran, J., Cai, G., Wu, J., & Wang, X. (2018). In situ reduction of TiO<sub>2</sub> nanoparticles on cotton fabrics through polydopamine templates for photocatalysis and UV rotection. *Cellulose*, 25, 1413-1424.

Gu, J., Yan, X., Qi, D., Xie, R., Yang, X., Li, Y., & Li, J. (2023). Fabrication of durable coatings for cotton fabrics with flame retardant, antibacterial, Fluorine-free Superhydrophobic and self-cleaning properties. *Cellulose*, 30(1), 591-610.

Huang, H., Zhang, W., Han, X., Han, Z., Song, D., Li, W., & Xu, W. (2023). Effect of polydopamine deposition on wool fibers on the construction of melanin. *Journal of Applied Polymer Science*, 140(5), e53396.

Li, Y., Wang, B., Sui, X., Xie, R., Xu, H., Zhang, L., & Mao, Z. (2018). Durable flame retardant and antibacterial finishing on cotton fabrics with cyclotriphosphazene/polydopamine/silver nanoparticles hybrid coatings. *Applied Surface Science*, 435, 1337-1343.

Li, H., Tang, S., Chen, W., Yang, X., Dong, S., Xing, T., & Chen, G. (2022). Robust multifunctional superhydrophobic, photocatalytic and conductive fabrics with electro-/photo-thermal self-healing ability. *Journal of Colloid and Interface Science*, 614, 1-11.

Liu, C., Liu, J., Ning, X., Chen, S., Liu, Z., Jiang, S., & Miao, D. (2019). The effect of polydopamine on an Ag-coated polypropylene nonwoven fabric. *Polymers*, 11(4), 627.

Sun, S., Xu, P., Chen, Z. H., Xiao, Q. R., Qiang, X. L., & Shi, X. L. (2023). "One Stone Three Birds": A multifunctional cotton fabric with favorable self-cleaning, photothermal effect and Joule heating



properties. *Applied Surface Science*, 623, 156961.

Telli, A., & Taş, M. (2022). The use of mussel-inspired polydopamine interlayer for high-efficiency surface functionalization of PET fabrics. *Journal of Polymer Research*, 29(4), 1-9.

Wang, S., Du, X., Deng, S., Fu, X., Du, Z., Cheng, X., & Wang, H. (2019). A polydopamine-bridged hierarchical design for fabricating flame-retarded, superhydrophobic, and durable cotton fabric. *Cellulose*, 26, 7009-7023.

Xu, H., Shi, X., Lv, Y., & Mao, Z. (2013). The preparation and antibacterial activity of polyester fabric loaded with silver nanoparticles. *Textile Research Journal*, 83(3), 321-326.

Zhong, X., & Guo, Z. (2023). Simple and Ultrahigh Efficient Superhydrophilic Polydopamine-coated TiO<sub>2</sub> Cotton for Oil-water Separation. *Journal of Bionic Engineering*, 20(3), 900-909.

# FARKLI LAMİNASYON MALZEMELERİNİN DÖŞEMELİK KUMAŞLARIN AKUSTİK PERFORMANSINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Oğuz Kağan ÜNLÜ, Elif KOYUNCU, Mahir TORSUN  
*Kadifeteks Mensucat Sanayi A.Ş.*  
[mtorsun@kadifeteks.com](mailto:mtorsun@kadifeteks.com)

## ÖZET

Gürültü, hem fizyolojik hem de psikolojik olarak insanları olumsuz etkileyerek, verimliliği düşürmektedir. İş verimliliği açısından, ofis çalışanlarında %60' a, beden işçilerinde ise %35'e kadar verim düşüklüğü ve hatalı imalatlar gürültü nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, gürültü kirliliği ile ilgili yönetmeliklerin yanı sıra, artan konfor talepleri ve sesin kontrol edilmesi ihtiyacı, akustik elemanların kullanımını ve yeni malzemelerin tasarımını önemli hale getirmiştir. Döşemelik kumaşlar, iç mekan ses kalitesi açısından son derece kritik bir rol oynamaktadır. Bu çalışma, döşemelik kumaşların akustik performansını kapsamlı bir şekilde değerlendirmeyi ve özellikle hot-melt laminasyon metodu ile uygulanmış farklı lamine materyallerinin (sünger, dokusuz yüzey vs.) ses yalıtım performansına olan etkisini araştırmayı amaçlamaktadır. Yapılan çalışmalarda, farklı gramaj ve iplik numaralarına sahip kumaşların arka yüzeyine uygulanan farklı kalınlığa sahip süngerlerin, döşemelik kumaşların akustik özelliklerine etkisinin yanı sıra, kumaş arkasına farklı gramajlarda dokusuz yüzey (keçe) de lamine edilerek bu malzemelerin akustik özellikleri incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Akustik, laminasyon, döşemelik kumaş

## EXAMINING THE IMPACT OF DIFFERENT LAMINATION MATERIALS ON THE ACOUSTIC PERFORMANCE OF UPHOLSTERY FABRICS.

### ABSTRACT

Noise negatively affects people both physiologically and psychologically, reducing productivity. In terms of work efficiency, noise can cause productivity decreases of up to 60% in office workers and 35% in manual laborers, along with increased errors in manufacturing. Therefore, in addition to regulations concerning noise pollution, the growing demand for comfort and the need for sound control have made the use of acoustic elements and the design of new materials crucial. Upholstery fabrics play a critical role in indoor sound quality. This study aims to comprehensively evaluate the acoustic performance of upholstery fabrics and specifically investigate the effect of different laminating materials (such as sponge, textureless surface, etc.) applied with the hot-melt lamination method on sound insulation performance. The impact of sponges of different thicknesses applied to the back surface of fabrics with different weights and thickness, the acoustic properties of these materials by laminating textureless surfaces of varying weights onto the back of the fabric have been examined, in this research.

**Keywords:** Acoustic, lamination, upholstery fabric

### 1.GİRİŞ

Ses, enerji türlerinden biridir ve dalgalar biçiminde bir ortamda ilerler. Titreşen bir kaynaktan gelen, geçtiği ortamda sıkışma ve gevşeme noktaları oluşturarak ilerleyen dalgalara ses dalgaları denir (Demirkale, 2007). Ses dalgalarının yayılması için bir maddesel ortam gereklidir. Ses dalgasının her

bir tam çevriminde sıkışma ve gevşeme bölgeleri oluşur, bu da ortam parçacıklarının ileri geri hareket etmesine neden olur. Dalga ilerlerken, her parçacık kaynağın frekansına bağlı olarak denge konumu etrafında salınım yapar ve bu hareketi komşu parçacıklara iletir (Dinçer, 2002). Dalga hareketinde ilerleyen parçacıklar değil, enerjidir. Parçacıklar geçici olarak sıkışır ve gevşer (Şekil 1).



Şekil 1. Ortamı oluşturan parçacıkların geçici sıkışma ve seyrelmesi

Ses dalgaları ortamda yayılırken; ortamın parçacıkları, dalganın hareket doğrultusu boyunca yoğunluk ve hacim değişiklikleri üreterek ileri geri hareket ederler. Bu değişiklikler yüksek ve alçak basınç bölgelerinin oluşumuna yol açar (Serway, 2000). Duyduğumuz bir ses, kaynağında oluşan mekanik bir titreşimin, kaynağı saran esnek ortam boyunca ortamın özelliklerine bağlı olan bir hızla, boyuna dalga halinde yayılarak kulağımıza gelmesi ve beyinde algılanması ile ortaya çıkar. Normal bir insan kulağı, frekansı 20 Hz ile 20000 Hz arasındaki mekanik titreşimleri insan kulağının duyarlılık sınırları içinde olduğu için ses olarak algılayabilir (Serway, 2000). İşitilebilir mertebenin altındaki frekanslarda olan mekanik titreşimlere ses-altı (infrasonik) denir ve yer altı hareketleriyle oluşan dalgalar buna örnektir. İşitilebilir üst sınırından daha yüksek frekanslarda olan mekanik titreşimlere de ses-üstü (ultrasonik) denir (Dinçer, 2002). Gürültü, genellikle istenmeyen bir ses veya insanları olumsuz etkileyebilecek ses kombinasyonu olarak tanımlanır. Gürültü, fizyolojik hasar veya psikolojik zarar şeklinde kendini gösterebilir. İş verimliliği açısından, ofis çalışanlarında %60' a, beden işçilerinde ise %35'e kadar verim düşüklüğü ve hatalı imalatlar gürültü nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Gürültü kirliliği, dış mekan ve iç mekan olarak sınıflandırılabilir. Dış mekan gürültü kirliliği, ulaşım sistemleri, makineler ve inşaat çalışmaları nedeniyle çevrede oluşurken, iç mekan gürültü kirliliği ise iç mekan faaliyetleri, konserler veya motorlu ekipmanların çalışması nedeniyle oluşabilir. Hem dış mekan hem de iç mekan gürültü kirlilikleri, insanlar ve hayvanlar için zararlıdır. Kötü şehir planlaması, hem dış mekan hem de iç mekan gürültü kirliliğine yol açabilir (Koçer, 2016).

### 1.1 Ses Yutucu Malzemeler

Gürültü emici veya gürültü yalıtıcı özelliklere sahip malzemeler, son yıllarda hızla gelişmektedir. Bir yanda, gürültünün ve akustik konfor eksikliğinin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri konusunda artan bir farkındalık bulunmaktadır. Diğer yanda ise, daha sofistike üretim tekniklerinin, hesaplama yöntemlerinin ve yeni malzemelerin kullanılabilirliği, araştırmacıları ve giderek daha yoğun bir şekilde sanayiye, gelişmiş özelliklere sahip malzemeler geliştirmeye teşvik etmektedir (Koçer,2016). Akustik panellerin çok katmanlı yapısındaki temel sorun, dış tabakanın ses dalgasının iç tabakaya geçişini önemli ölçüde engellememesini sağlamaktır. Odaların ses emilim özelliklerini iyileştirmek için kullanılan tekstil malzemelerinin yanı sıra, geleneksel olarak köpükler de kullanılır; bu genellikle poliüretan köpüklerdir ve tekstil malzemesi, karbon nanotüpler veya grafit ile birleştirilir (Witczak, 2021). Hacimli, lifli-gözenekli ses yutucular olarak cam yünü, mineral yünü, bunun yanında iğneleme yoluyla fikse edilmiş, reçine ya da sıcaklık ile liflerin birbirine bağlandığı gözenekli-lifli tekstil yapıları (dokusuz yüzeyler) iyi bilinen lifli-gözenekli ses yutuculardır (Coates, 2002). Bu malzemelerin (cam yünü, taş yünü, hacimli dokusuz yüzeyler) ses yutuculuğu çoğunlukla gözenekleri üzerine dayanır. Sesin yutulması birbirine bağlı gözenekler vasıtasıyla, ortam parçacıklarının liflerle etkileşime girmesi sonucu genellikle akustik enerjinin ısı enerjisi olarak harcanması sonucu gerçekleşir (Zent, 2007). Yukarıda açıklanan durumlar sebebiyle klasik gözenekli lifli malzemeler sesin bir miktarını yutarlar. Plastik köpükler de gözenekli malzeme olduğundan gözenekli-lifli malzemeler gibi, ses yutucu olarak kullanılmaktadırlar (Wang, 2001). Fakat köpüklerin gözenekleri arasında hava geçiş kanalları bulunmaması ses yutuculuk değerlerinin lifli malzemelerden daha düşük olmasına sebep olur. Akustik enerjinin zayıflayabilmesi için havanın gözenekli malzeme içinde hareketi gereklidir. Köpükler için, gözenekler arasında bir şekilde bağlantı sağlanması durumunda ise boşluklara giren havanın titreşimlerinin, sürtünmeyle azaltılması sağlanabilecektir (Na, 2007).



Şekil 2. Taş yünü

Yine de lifli-gözenekli malzemelerin ses yutma kabiliyetlerinin daha iyi olmasını, sürtünme kaybıyla akustik enerjinin azalmasının yanında, liflerin kendisinin de titreşimi ve enerji kaybına katkı sağladığı açıklayabilmektedir. Tuğla, beton, taş gibi sert yüzeylere sahip malzemeler ses enerjisinin ancak %5'ini yutarak, 0,05'lik bir ses yutuculuk katsayısına sahiptirler (Demirkale, 2007). Gözenekli lifli malzemelerin ses yutuculuk özellikleri yüksek frekans değerlerinde çok iyidir (Ryu, 2002). Düşük frekanslarda ise, gözenekli-lifli malzemelerin ses yutuculuğu daha azdır ve özellikle yapının kalınlığının artırılması ile bu düşük frekanslarda da ses yutuculuk artırılabilir.

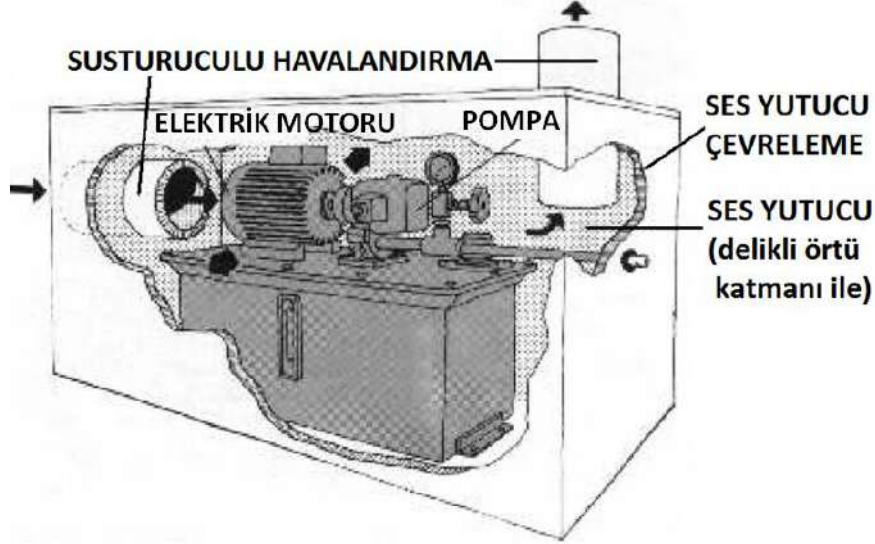
Her bir otomobilde ortalama 15-20 kg tekstil malzemesi, konfor, termal yalıtım, dizayn, araç güvenliği, akustik amaçlarla kullanılmaktadır. Otomobillerde kullanılacak ses yutucu elemanlar için gerekli hacim miktarı kısıtlıdır, bunun yanında kullanılan malzemenin hafif oluşu otomobilin yol almak için harcadığı enerjiyi de düşürecektir. Akustik materyal olarak kumaşların kullanımı artmakta ve araç içinde, kapı panelleri, tavan bölgesi, direk-destek bölgeleri, zemin döşeme yapılarında, kaput altında, bagaj bölümünde kullanılmaktadır (Vasile, 2004). Araçlarda yalıtım amaçlı olarak kaput kapağı altında sıkıştırılmış, şekil verilmiş cam lifi ya da keçe kullanılmaktadır. Bu malzemelerde, şekil verilme ve işleme esnasında zehirli gazlar açığa çıkmaktadır, termoset malzeme olmasından dolayı tekrar kullanımı mevcut değildir. Fakat yapılan çalışmalarda 1mm inceliğinde 300 g/m<sup>2</sup> ağırlığında özel olarak tasarlanmış bir dokusuz yüzey ile yapılan kaplamada, kullanılan cam lifi malzemelerine göre yaklaşık iki kat ses yutuculuğu sağlanmıştır. (Coates, 2002).



Şekil 3. Kaput izolasyon bölgesi

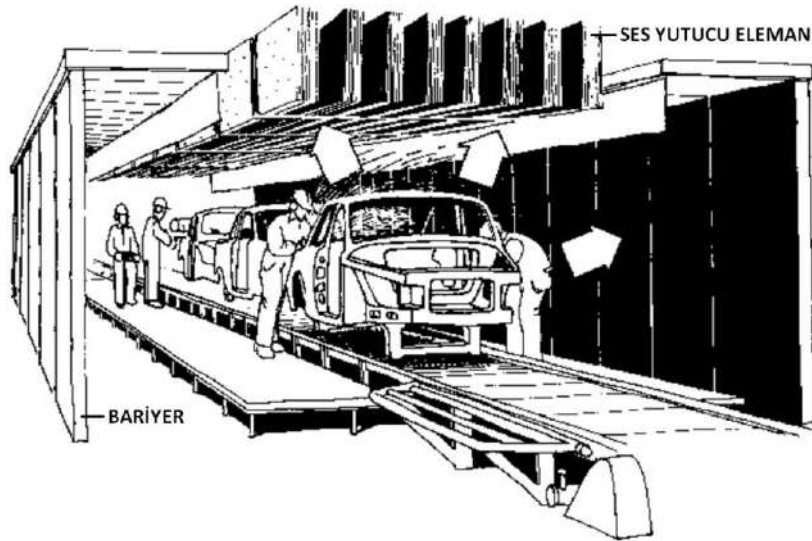
Gürültü kaynaklarının başında gelen makineler, hareketli elemanlardan oluşur. Bu elemanların her biri çalışırken ses üretir. Sürtünmelerden dolayı buldukları ortama az ya da çok gürültü yayarlar. Bu gürültünün etrafı rahatsız etmeyecek şekilde en aza indirilmesi o makinenin tasarım aşamasında ele

alınması gereken önemli bir husustur (Ryu, 1998). Akla gelen ilk çözüm gürültü üreten elemanla ortam arasına bariyer malzeme yerleştirilmesidir. Bariyer malzemeler rijit yapılarıyla sesin birçoğunu geri yansıtırlar, dolayısıyla üretilen gürültüde aslında bir kayıp olmaz fakat gürültünün bariyer arkasına geçmesi bariyer malzemenin özelliğine, ağırlığına ve kalınlığına bağlı olarak engellenir. Bunun yanında makine bölgesinde var olan ses seviyesi, yansıtıcı yüzeyden geri yansıyan ses dalgasıyla üretilen ses dalgasının çakışma etkisi nedeniyle normalden daha üst seviyelere çıkar. Bu durumu engellemenin yolu iç yüzeyde ses yutucu malzeme kullanılmasıdır (Şekil 4).



Şekil 4. Etrafı ses yutucu ve bariyer malzeme ile çevrelenmiş bir makine (Witt 1980)

Sanayi tesislerinin içerisinde gürültü üreten bazı ortamların, diğer ortamlarda çalışanları etkilememesi için, bariyerler ile bu gürültünün engellenmesi gerekebilir. Bunun yanında gürültünün engellendiği ortamda çalışanlar, bariyer malzemelerin kullanılmasıyla birlikte daha yüksek gürültülere maruz kalırlar. Bu durumda hem diğer ortamlara giden gürültü seviyesinin azalması, hem de gürültülü ortamda çalışanların daha az sese maruz kalmaları için tek çözüm gürültülü ortam içinde ses yutucu malzemelerin kullanılmasıdır. Şekil 5’deki gibi bir üretim hattında ses yutucu elemanların kullanılması yukarıda bahsedilen anlatıma bir örnek olabilir.



Şekil 5. Üretim hattında ses yutucu elemanların örnek kullanımı (Witt 1980)

Ders, seminer verilen büyük salonlar, tiyatrolar, konser salonları ve geniş ofis gibi yerlerde en uygun dinleme, duyma ortamının sağlanabilmesi ve gürültü seviyesinin aşağılara çekilebilmesi için yüksek derecede ses yutucu özelliği olan yüzeylerin kullanılması gereklidir.

Bir malzemenin ses yutuculuğu, her bir frekans için ayrı ölçülen, ses yutuculuk katsayısı ile değerlendirilir. Bir malzemenin ses yutuculuk katsayısı, o malzemeye gelen ses enerjisinin yutulan yada yansıtılmayan oranıdır ve  $\alpha$  ile gösterilir. Bu değer; 0 ile 1 arasında değişebilir. Örneğin akustik bir malzemenin, 1000 Hz'de üzerine gelen ses enerjisinin % 60'ının yutup, % 40'ını yansıtması, o malzemenin 1000 Hz frekans değerindeki ses yutuculuk katsayısının 0,60 olduğunu gösterir.

Ses yutuculuk katsayısı değeri, ses dalgasının malzemeye geliş açısı (Demirkale, 2007) ve frekansına göre değişiklik gösterebilir (Aso, 1963). Literatürde tekstil malzemelerinin akustik özelliklerinin ölçülmesi amacıyla üç farklı yöntem kullanılmıştır. Bunlar empedans tüp (impedance tube) metodu, yankılanma odası (reverberant room) metodu ve durgun hal (steady state) metodudur. Empedans tüp metodu için ayrıca iki teknik vardır. Bunlardan biri hareket edebilen mikrofonun kullanıldığı teknik, diğeri ise iki sabit mikrofonlu empedans tüp tekniği yada transfer fonksiyon tekniğidir. Tüm ses ölçüm metodlarının temel prensibi, önceden bilinen bir ses ortamı yaratmak ve ardından malzemenin varlığının bu ses ortamına etkisini ölçmektir (Ryu, 2002).

## **2.MATERYAL VE METOT**

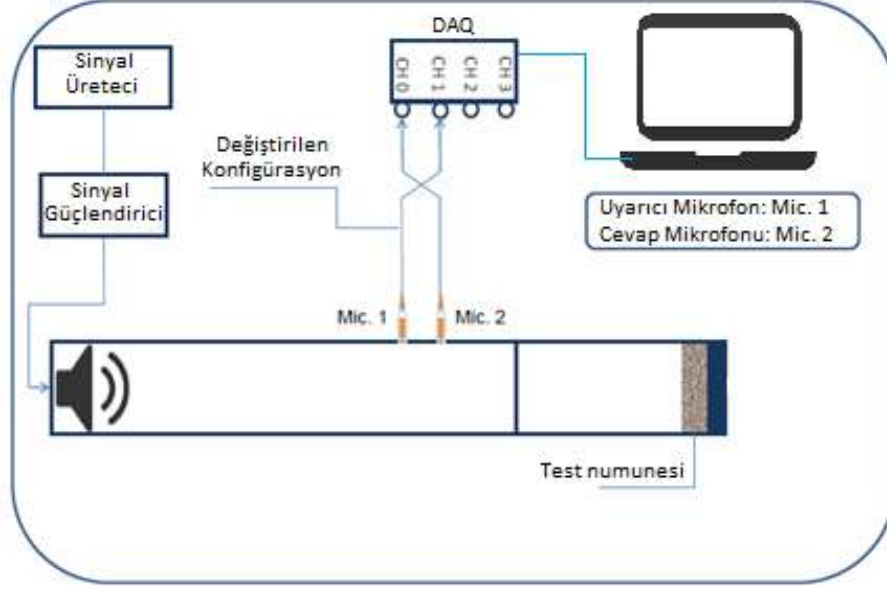
### **2.1.Materyal**

Bu çalışmada kullanılan döşemelik kumaş (DK) polyester ve (DK-2) polipropilen bazlıdır. DK için 350 ve 750 denye polyester kullanılmıştır. DK-2 için 1200 ve 2000 denye PP iplik kullanılmıştır. Kumaşların atkı sıklığı 12 olup bezayağı tipi örgüdür. Farklı malzemelerin ses yutuculuk davranışına etkisini görmek amacıyla kumaşlardan birinin arkasına farklı kalınlıkta polyester sünger diğेरinin arkasına keçe lamine edilmiştir. Laminasyon için hot-melt laminasyon yöntemi uygulanmıştır. Hot-melt laminasyonda yapıştırıcı ara faz poliüretan kullanılmıştır.

### **2.2 Metot**

Dornier marka dokuma makinesinde dokunan %100 polyester kumaşlar daha sonra hot-melt laminasyon makinesinin bulunduğu apre biriminde işleme tabi tutulmuştur. İlk olarak sünger, DK-1 kumaşına lamine edilmiştir. Lamine edilen süngerler 3 ve 5 mm kalınlığında ve 22 ve 26 g/cm<sup>3</sup> yoğunluğundadır Daha sonra 20, 120 ve 150 gr/cm<sup>2</sup> ağırlığında keçe DK-2 kumaşına uygulanmıştır ve kendi içinde incelenmiştir.

Ses yutuculuk performansı ASTM 1050E'ye göre incelenmiştir.



Şekil 6. Ses yutuculuk test şeması

Empedans tüpü: “Standing Wave Apparatus (Durağan dalga aparatı)” olarak adlandırılan bu deney düzeneği, bir hoparlör, frekansa bağlı iki farklı deney tüpü ve iki adet mikrofonu sahip bir düzendir. Tüp üzerinde farklı iki aksel uzaklıkta bulunan mikrofonlar buldukları konumların ses basınçlarını algılayarak elektrik sinyaline dönüştüren sistemdir. Bir sinyal jeneratörü tarafından üretilerek bir hoparlör ile, bir tüp içerisine gönderilen A genliğine sahip bir ses basınç dalgası, tüpün diğer bir ucuna bağlanmış olan numune malzemeye çarpar, enerjisinin bir bölümünü kaybeder ve B genliğine sahip olarak tüp içerisine dönerek gelen dalga ile bir girişim oluşturur. Oluşan bu durağan dalganın maksimum değeri  $A+B$ , ve minimum değeri  $A-B$  olarak ölçülür. Ses yutma katsayısı, gelen dalganın enerjisi ile yansıyan dalganın enerjisi arasındaki ilişki ile tanımlandığından, katsayı ses basınç genliklerinin kareleri ile orantılıdır. Deneyde akustik ölçümünde;

- Empedans tüpü,
- İki adet mikrofon,
- Sinyal güçlendirici,
- Sinyal üretici,
- DAQ (veri toplama kartı),
- Bilgisayar

kullanılmıştır.

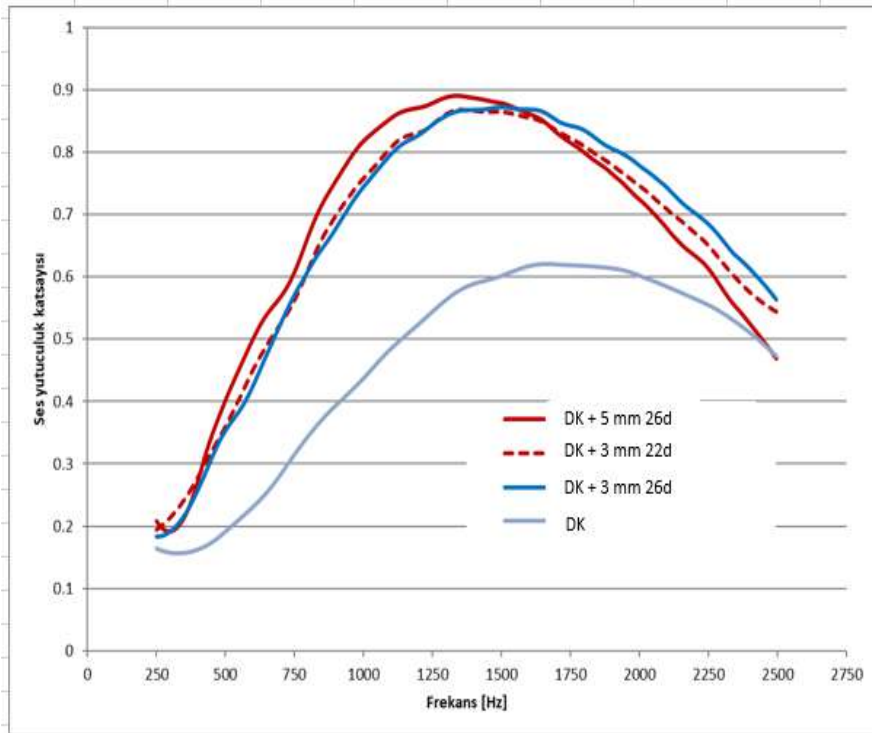


Şekil 7. Empedans Tüpü

#### 4.ARAŞTIRMA BULGULARI

##### 4.1 Sünger Laminasyonunun Ses Yutuculuk Performansına Etkisi

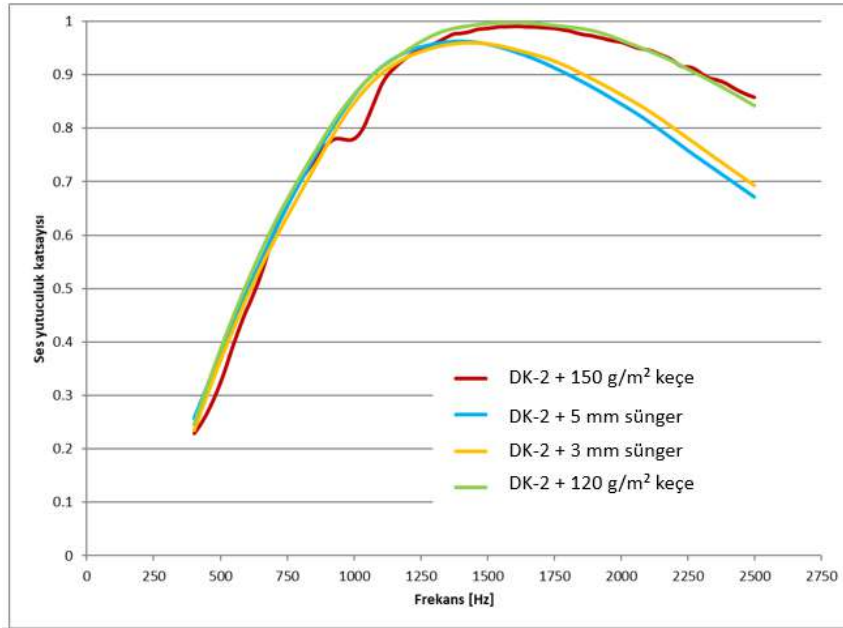
Frekans aralığı 250 Hz'den 2750 Hz'e kadar uzanmaktadır. Yatay eksen ses frekansını temsil etmektedir. Frekans, sesin periyodik hareketinin saniyedeki titreşim sayısıdır ve Hertz (Hz) cinsinden ölçülür. Dikey eksen, ses yutuculuk katsayısını göstermektedir. Bu katsayı, malzemenin ses enerjisini ne kadar iyi emdiğini belirtmektedir. 0 ile 1 arasında bir değerdir; 0 yutuculuk olmadığını, 1 ise tüm sesin yutulduğunu gösterir. Tüm eğriler benzer bir eğri izler ve 1000-1500 Hz civarında zirve yapar, ardından düşüşe geçer. Ses yutuculuk katsayısı belirli bir frekansa kadar artar ve sonra azalır. DK en düşük ses yutuculuğuna sahiptir. Pik noktası 1600 Hz civarındadır ve ses yutuculuk katsayısı 0,64'tür. Kalınlığı aynı fakat yoğunluğu farklı süngerlerin lamine edildiği kumaşlarda yüksek frekanslarda yoğun sünger daha fazla yutuculuğa sahiptir. Düşük frekanslarda ise sünger kalınlığıyla doğru orantılı olarak ses yutuculuğunun arttığı gözlenmiştir.



Şekil 8. Farklı kalınlık ve yoğunluktaki lamine edilmiş süngerlerin ses yutuculuk performansı



## 4.2 Dokusuz Yüzey Laminasyonun Ses Yutuculuk Performansına Etkisi



Şekil 9. Farklı kalınlıktaki lamine edilmiş süngerlerin ve farklı gramajdaki keçelerin ses yutuculuk performansı

Kumaş arkasına dokusuz yüzey yapılar lamine edilerek akustik performansları incelenmiştir. Kalınlıkları ve gramajları farklı olan malzemeler ile yapılan çalışmaların, ASTM E1050 standardında ses yutuculuk testleri yapılmıştır. Şekil 9'daki grafikte görüldüğü gibi keçe çalışmaları sünger çalışmalarına kıyasla daha başarılıdır. Düşük frekanslarda aynı sonuçlar gelirken, frekans yükseldikçe keçe çalışmalarının ses yutuculuk değerleri daha yüksektir.

## 5. SONUÇLAR

Döşemelik kumaşların ses yutuculuk performansının artırılması için 2 farklı çalışma yapılmıştır. Birinci çalışmada polyester ipliklerden oluşan kumaşın yüzeyine farklı kalınlıkta ve yoğunlukta polyester süngerler hot melt laminasyon yöntemiyle lamine edilmiştir. Birinci çalışmanın sonuçlarına göre, kalınlığı sabit olan süngerlerin ses yutuculuk performansı, yoğunlukları farklı olduğunda değişkenlik gösterir. Yoğunluğu daha fazla olan süngerler, yüksek frekanslarda daha etkili ses yutuculuğu sağlar. Yoğun süngerler, yüksek frekanslı ses dalgalarını daha iyi emerek yansıma yerine malzeme içinde dağıtır. Bu, ses dalgalarının daha fazla enerji kaybetmesine ve dolayısıyla daha iyi ses yutulmasına neden olur. Düşük frekanslarda (250 Hz ile 1000 Hz arası) lifli malzemeler genellikle etkili değildir çünkü düşük frekanslı ses dalgaları uzun dalga boylarına sahiptir ve bu dalgalar, lifli yapıların gözeneklerinden kolayca geçebilir. Süngerlerin kullanılması, bu düşük frekanslı ses dalgalarının daha iyi emilmesini sağlar. Süngerin yoğun yapısı, ses dalgalarını malzeme içinde daha etkili bir şekilde dağıtarak emilimi artırır. Keçeler, yüksek frekanslarda (1000 Hz ve üzeri) daha etkili ses yutuculuğuna sahiptir. Bu, lifli yapısının ses dalgalarını malzeme içinde daha etkili bir şekilde dağıtmasından kaynaklanır. Keçenin yapısındaki lifler, ses enerjisinin daha fazla emilmesine olanak sağlar. 1000 Hz'den sonra keçe malzemelerin ses yutuculuk katsayısı hızla artarak yüksek değerlere ulaşır ve bu, yüksek frekanslı ses dalgalarının keçeyle daha etkili bir şekilde absorbe edildiğini gösterir. Kumaş arkasına lamine edilen keçe malzemeler, yüksek frekanslarda daha yüksek ses yutuculuk değerlerine sahip olup, sünger malzemelere kıyasla daha başarılı bir performans sergilemektedir. Düşük frekanslarda keçe ve

süngerler benzer sonuçlar verirken, frekans arttıkça keçenin ses yutuculuk katsayısı daha yüksek değerlere ulaşır.

## 6.KAYNAKLAR

Aso, S., Kinoshita, R., (1963), *Absorption of Sound Wave by Fabrics Part 1: Absorption Mechanism. Journal of The Textile Machinery Society of Japan, January*.pp. 32-39.

Coates, M., ve Kierzkowski, M. (2002), *Acoustic textiles - Lighter, thinner and more sound-absorbent. Technical Textiles International, 11(7), 15–18.*

Demirkale, S. Y. (2007), *Çevre ve Yapı Akustiği Mimarlar ve Mühendisler İçin El Kitabı, Birsen Yayınevi, İstanbul.*

Dinçer, S., Yalçın, S., (2002). *Akustik ve Optik. Bursa: Uludağ Üniversitesi Basımevi.*

Koçer S., (2016) *Büro Ortamlarının Çalışana Etkisi Üzerine Bir Araştırma: Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Örneği, Gümüşhane Üniversitesi İletişim Fakültesi Elektronik Dergisi, Gümüşhane*

Na, Y., Lancaster, J., Casali, J., Cho, G., (2007), *Sound Absorption Coefficients of Micro-fiber Fabrics by Reverberation Room Method. Textile Research Journal, 77(5), pp. 330-335.*

Ryu, Y., (2002), *The Acoustic Impedance Measurement System Using Two Microphones, Denmark: BRUEL, KJAER SOUND, VIBRATION MEASUREMENT A/S.*

Serway, R. A., Beichner, R. J., (2000), *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics. s.l. Saunders College Publishing.*

Zent, A., Long, J. T., (2007), *Automotive Sound Absorbing Material Survey Results. SAE International.*

Vasile, S., Langenhove, L. V., (2004), *Automotive Industry a high potential market for nonwovens sound insulation. Journal of Textile and Apparel, Technology and Management, Winter, 3(4), pp. 1-5.*

Witczak E., et al., (2021), *The influence of structural parameters of acoustic panels textile fronts on their sound absorption properties. Lukaszewicz Research Network Textile Research Institute, Łódź, Poland*

Witt, M., (1980), *Noise Control A Guide for Workers and Employers, s.l.: U.S. Department of Labor Occupational Safety and Health Administration.*

Wang, C. N., Torng, J. H., (2001), *Experimental study of the absorption characteristics of some porous fibrous materials. Applied Acoustics, Cilt 62, pp. 447-459.*

# MİKRODALGA ENERJİSİ ESASLI BİR YAKLAŞIM İLE ELYAF TAKVİYELİ POLİMERİK KOMPOZİTLERE YÖNELİK FONKSİYONEL TEKSTİLLERİN HAZIRLANMASI VE KARAKTERİZASYONU

Selçuk POYRAZ

*Adıyaman Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adıyaman, Türkiye*

## ÖZET

Yüzeylerinde büyütülen ormansız bir görünüme sahip çok duvarlı karbon nanotüpler (ÇDKNT) ile hiyerarşik olarak yapılandırılmış olan ve karbon lifi (KL) ve cam lifi (CL) kumaşlardan oluşan fonksiyonel tekstiller, mikrodalga (MD) enerji esaslı patlamış tüp adlı bir yaklaşımla elde edilmiştir. Söz konusu fonksiyonel tekstillerin hem morfolojik hem de yapısal özellikleri, elektron mikroskobu ve elementer analiz teknikleri kullanılarak ayrıntılı bir şekilde test edilmiştir. Elde edilen test sonuçları ve bu yaklaşımın çok yönlü ve kolay kontrol edilebilir çalışma prensibi, lif takviyeli polimerik kompozit yapıların üretiminde lifli takviye bileşeni olarak etkin bir biçimde kullanılacak bu tip fonksiyonel tekstillerin hazırlanmasındaki umut vadedilen başarısını güçlü bir şekilde desteklemektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Cam lifi, fonksiyonel tekstil, iletken polimer, karbon lifi, mikrodalga enerjisi.

## PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF FUNCTIONAL TEXTILES FOR FIBER REINFORCED POLYMERIC COMPOSITES WITH A MICROWAVE ENERGY-BASED APPROACH

### ABSTRACT

Functional textiles consisting of carbon fiber (CF) and glass fiber (GF) fabrics, which are hierarchically structured with surface grown multi-walled carbon nanotubes (MWCNTs) with a forest-like appearance, were obtained via microwave (MW) energy-based approach called Poptube. Both morphological and structural properties of these functional textiles were tested in detail by using electron microscopy and elemental analysis techniques. The as-obtained test results and the versatile and easily controllable working principle of this approach strongly support its promising success in the preparation of such functional textiles that can be effectively used as a fibrous reinforcement component in the production of fiber-reinforced polymeric composite structures.

**Keywords:** Carbon/glass fiber, carbon nanotube, conducting polymer, functional textile, microwave energy

### 1. GİRİŞ

Karbon lifi (KL)'nin mükemmel mekanik mukavemeti, termal ve elektriksel iletkenliği ile hafifliği ve işlenebilirliği onu havacılık/uzay gemileri, iletişim uyduları, uçaklar, hibrit araçlar, rüzgâr türbini kanatları, spor malzemeleri, protez uzuvlar vb. dahil olmak üzere çok çeşitli ileri mühendislik sistemleri için değerli bir yapı malzemesi haline getirmiştir (Chand,2000). Her ne kadar ısı ve elektriksel iletkenlik özellikleri aksi yönde olsa da cam lifi (CL), söz konusu uygulamaların çoğunda KL'ye mükemmel bir alternatif olarak değerlendirilmektedir. Termoset/termoplastik polimerlerden, metallerden veya betondan oluşan ve yığın halinde üretimi yapılan birçok kompozit yapı içerisinde, KL

ve CL, söz konusu üstün doğal özellikleri nedeniyle sıklıkla takviye bileşeni olarak kullanılırlar (Moniruzzaman,2006, Thostenson,2001).

Şimdiye kadar hem KL'lerinin hem de CL'lerinin takviye performansını artırmaya yönelik araştırma çabaları; faz ayrışma sorunlarını ele almayı, kesme direncini iyileştirmeyi, mukavemeti arttırmayı, ağırlığı azaltmayı, dayanıklılığı arttırmayı, yüksek performansa ulaşmayı ve çeşitli mühendislik uygulamalarında KL/CL takviyeli kompozitlerin kullanımını mümkün kılmayı amaçlamıştır (Delamar,1997, Xu,2006, Yu,2014, Yuan,2012). Bu çabalar, gerçek hayattaki çeşitli uygulamalar için güç, ağırlıktan kazanç ve dayanıklılık arasında bir denge sunan gelişmiş malzemelerin geliştirilmesine katkıda bulunur. KL/CL'lerinin yüzeyinde karbon nanotüp (KNT)'lerin büyütülmesi, lifle güçlendirilmiş polimerik kompozit yapıların (LGPK) üretimindeki zorluk ve gereksinimlere yönelik umut verici bir çözüm sunduğundan, son yıllarda gerçekten de önemli bir ilgi kazanmıştır (Chen,2010, Gojny,2005, Lin,2009). Yüzeyinde büyütülmüş KNT'ler olan lifler, yapısına eklendiği polimerik matris malzemesinin yapışkanlığını artırmanın yanı sıra genel yüzey alanı ve sabitleme noktalarının sayısı ile kompozitin gücünü ve dayanıklılığını da artırır, hafif profilini korur ve yüksek performanslı mühendislik uygulama olanakları bulmasını sağlar (Garcia,2008, Samsur,2013, Thostenson,2002, Zhang,2009, Zhao,2005, Zhu,2003). Bu alandaki araştırmalar ilerlemeye devam ettikçe, yüzeyinde büyütülmüş KNT'ler bulunan KL/CL ile güçlendirilmiş kompozitlerin gerçek hayattaki çeşitli mühendislik uygulamalarında yaygın olarak benimsendiğini görme olasılığı daha da artacaktır. Bunun temel nedeni; olağanüstü mekanik, termal ve elektriksel özelliklere sahip olan KNT'lerin, genellikle güçlendirici liflerden/tekstillere, bir polimerik matristen ve ara yüz bileşeninden oluşan LGPK'lerde kullanımları için ideal adaylar haline getirmesidir (Phillips,2007). Bu nedenle, KNT takviyesi, diğer geleneksel malzeme takviyelerine göre çok daha güçlü ve daha tok kompozit yapılar elde etme konusunda umut verici bir potansiyele sahiptir (Moniruzzaman,2006, Thostenson,2001, Poyraz,2015). Ayrıca, KNT'lerin söz konusu özgün yanları, takviye edildiği yapıya kendi kendine algılama yeteneği ile alevlenmeye karşı geciktiricilik, uzun süreli aşınma direnci, elektriksel ve termal iletkenlik, elektromanyetik parazit (EMP) kalkanlama ve gelişmiş ısıl kararlılık dahil üzere birçok işlevsel avantaj sağlar (Xie,2014). Yüzeyde büyütülmüş KNT'ler ve lifler arasında gözlenen yoğun arayüzey etkileşimleri sayesinde daha yüksek enine ve kayma direnci değerlerine sahip olmaları, elde edilen KL/CL hiyerarşik kompozitlerinin diğer olumlu yanlarıdır (Garcia,2008, Samsur,2013, Thostenson,2002, Zhang,2009).

Genel olarak, herhangi bir mühendislik malzemesi üzerinde KNT'lerin büyütülmesi, kimyasal buhar biriktirme (CVD) gibi aşağıdan yukarıya bir yöntemle veya litografi gibi yukarıdan aşağıya bir yöntemle gerçekleştirilir (Zhang,2009, Zhao,2005, Zhu,2003, Zhang,2012, Zhang,2006). Bu hususta, her yöntemin kendine özgü avantajları ve sınırlamaları vardır ve yöntem seçimi; istenen KNT özellikleri, maliyet unsuru ve uygulama gereksinimleri gibi faktörlere bağlı olarak yapılır. Söz konusu yöntemler son derece hassas bir şekilde tek tip KNT'ler sağlayabilseler de genellikle karmaşık üretim süreçleri ile yüksek vakum/basınç, yüksek sıcaklık ve tehlikeli kimyasalların kullanımı gibi zorlu işlem koşullarına ihtiyaç duymalarından dolayı sıkıntı çekerler. Ayrıca bu yöntemlerin üretim süreçleri kolaylıkla ölçeklendirilemez ve genellikle çok zaman alıcıdır (Zhang,2009, Zhao,2005, Zhu,2003, Zhang,2012, Zhang,2006). Dolayısıyla, elde edilecek KNT miktarları sınırlı olabilir ki bu durum, bu tür yöntemlerin endüstriyel düzeydeki uygulamalar için yaygın kullanımını da kısıtlar.

Hem bu yaygın sorunların üstesinden gelmek hem de büyütülen KNT'lerle katkılanmış olan KL/CL takviyeli kompozitlerin hazırlanmasına yönelik pratik bir uygulamayı hayata geçirmek için bu çalışmada, iyi kurgulanmış MD enerjisi esaslı bir üretim yaklaşımı olan patlamış tüp aracılığıyla KL/CL yüzeylerinde hızlı bir şekilde ormanı görünümde çok duvarlı karbon nanotüp (ÇDKNT)'lerin büyütülebileceği öne sürülmüştür (Liu,2011, Liu,2014). Bu yaklaşımın belli ayrıntılarının ve özelliklerinin, onun tescilli ve araştırmaya dayalı metodolojisine bağlı olduğunu belirtmenin yanı sıra, yaklaşımın, KNT'lerin yukarıda belirtilen özellikleri ile yüzeylerinde büyütülen KNT'ler ile dekore edilmiş tekstilleri hızlı ve uygun maliyetli bir şekilde üretmek için MD enerjisi esaslı büyümenin verimliliğinden yararlandığının da üzerinde durulmalıdır (Poyraz,2015, Poyraz,2013). Bununla birlikte, KNT'lerin LGPK'lere uygulanması aşağıdaki üç yaygın sorun nedeniyle engellenmektedir ki bunlar; (i) bu tür nano ölçekli katkı maddelerinin polimerik matris içerisinde homojen dağılmaması, (ii) laboratuvar koşullarında/ölçeğinde elde edilen sonuçların endüstriyel koşullara/ölçeğe

uygulanmasındaki tutarsızlık ve (iii) maliyet/fayda oranının düşürülememesidir (Liu,2011, Liu,2014, Poyraz,2013). Bu çalışmada, tüm bu sorunlara patlamış tüp yaklaşımıyla çözüm getirmeyi amaçlanmaktadır. CVD gibi diğer benzer mevcut yöntemlerin aksine, patlamış tüp yaklaşımı, ısı kaynağı olarak MD enerjisini, karbon ve metal katalizör kaynağı olarak bir metalosen öncü kimyasalını, ör. ferrosen ve lifli tekstil malzemesinin yüzeyindeki etkin MD enerjisi soğurma katmanı olarak iletken polimer, ör. polipirol (PPy) kaplamasını kullanır (Liu,2011, Liu,2014, Poyraz,2013). Ancak bu yaklaşımın başarısının, başta malzeme seçimi, kullanılan belirli koşullar ve istenen/beklenen sonuç gibi sürecin belli ayrıntılarına bağlı olduğu dikkate alınmalıdır (Poyraz,2015, Xie,2014, Zhang,2012, Zhang,2006, Liu,2011, Liu,2014, Poyraz,2013). Ayrıca, KNT üretimine ilişkin araştırma alanı sürekli gelişmekte olup, belirli uygulama alanları ve onların ihtiyaçlarını karşılamak için yeni yöntemler ve varyasyonlar, ör. patlamış tüp, düzenli olarak geliştirilmektedir. Böylece, LGPK'lerde takviye maddesi olarak kullanılacak KL ve/veya CL kumaş gibi lifli tekstil bileşenlerinin yüzeyinde ormansı görünümde KNT'lerin büyütülmesi mümkün hale gelir. Bu nedenle, bu çalışmanın temel amacı, yalnızca yüksek enerji ve maliyet verimliliği ile KNT'leri büyütme için en hızlı yöntemlerden biri olarak kabul edilebilecek bir nano mühendislik tekniği, ör. MD enerjisi esaslı patlamış tüp yaklaşımını açıklamak değil, aynı zamanda çeşitli ileri teknoloji endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılan LGPK'lerin yüksek hacimli üretimleri için kolaylıkla ölçeklenebilir bir alternatif ortaya koymaktır.

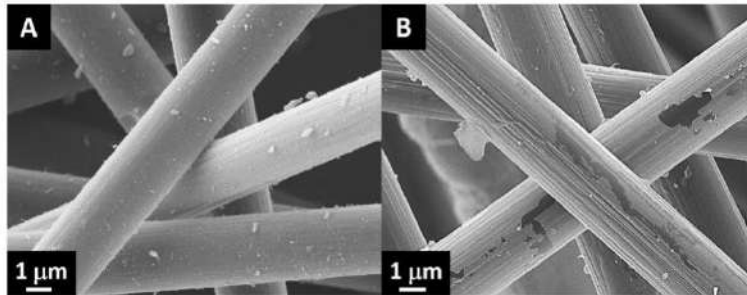
## 2.MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

Bezayağı dokunmuş KL (200 g/m<sup>2</sup>, 5/atkı-çözücü, 200 tex) ve Dimi dokunmuş CL (300 g/m<sup>2</sup>, 5/atkı-çözücü, 300 tex) kumaş (Carbomid), aseton (JT Baker), tolüen (JT Baker), pirol, amonyum peroksi disülfat (APS), hidroklorik asit (HCl) ve ferrosen (Alfa Aesar), aksi belirtilmediği sürece daha fazla saflaştırılmadan, satın alındığı haliyle kullanılmıştır.

### 2.2. KL kumaş numunelerinin MD enerjisi ile ön terbiyesi ve hazırlanması

MD enerjisi esaslı patlamış tüp yaklaşımının uygulanmasından önce, önceden emprenye edilmiş 1"×1" boyuttaki birkaç KL kumaş numunesi, mutfak tipi bir MD fırında tam güçte (1250 W) 60 sn boyunca ısıtılarak; (i) koruyucu ince haşıl katmanını kaldırılması ve (ii) takip eden işlem adımları için CF kumaş yüzeylerinde mümkün olduğunca çok sayıda reaktif bölgeyi ortaya çıkarılması sağlanır (Şekil 1).



Şekil 1. KL kumaş numunelerindeki liflerin MD enerjisi ile ön terbiyesinden; a) önceki ve b) sonraki taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri

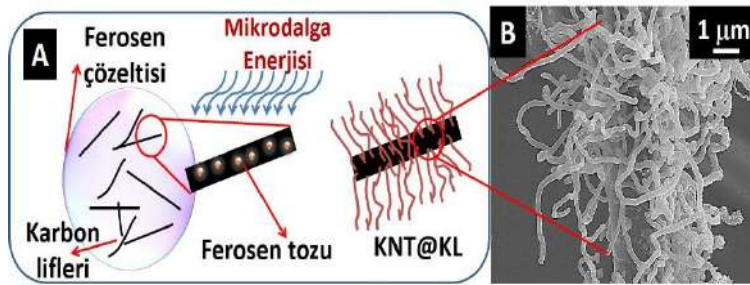
### 2.3. CL kumaş numunelerinin iletken polimer (PPy) ile kaplanarak hazırlanması

CL kumaş yalıtkan olduğu için, öncelikle pirolün eşanlı (in situ) polimerizasyon reaksiyonu sırasında numune kumaş yüzeyi ince bir PPy katmanı ile kaplanır. Burada, önce, bir beher çeperine 1"×1" CL kumaş numunesi bantlanır ve ardından bu beher 50 mL 1 M aq. HCl ile doldurulur. Daha sonra, hem homojen bir şekilde dağılmasını hem de CL kumaş numunesi ile daha iyi etkileşimini sağlamak için manyetik karıştırma altında behere 1 mL pirol monomeri damlalar halinde eklenir. Ortam koşullarında devam eden 10 dk'lık manyetik karıştırmanın ardından, polimerizasyon reaksiyonunu başlatmak için oksidatif ajan olarak behere 1,15 g APS eklenir. Bu arada beher içerisinde, pirol monomerlerinin PPy'ye

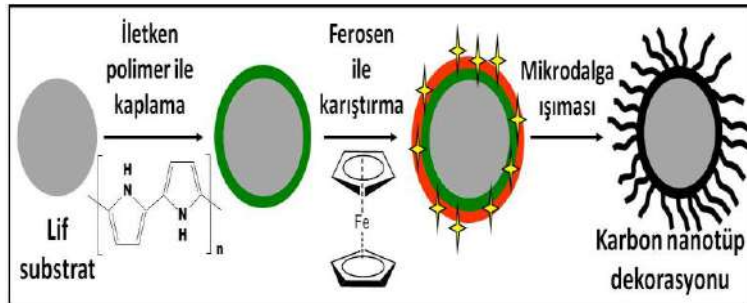
dönüştüğünü gösteren, bulanıktan şeffaftan siyaha doğru hızlı bir renk değişimi gözlenir. Polimerizasyon reaksiyonundan (4 sa) sonra beher içindeki koyu renkli çökelti filtrelenir ve ardından kaplanmış GF kumaş numunesi le birlikte sırasıyla bol miktarda HCl ve asetonla yıkanır ve durularak işlem tamamlanır.

#### 2.4. MD ile işlem görmüş KL ve PPy/CL kumaş numunelerinin patlamış tüp yaklaşımı için hazırlanması

Burada, öncelikle, karbon ve katalizör kaynağı olan öncü kimyasalın hem işlemde görmüş KL kumaş hem de PPy/CL kumaş numuneleri üzerinde homojen bir şekilde birikmesi için 0,11 mol ferrosenin 550 mL tolüen içerisinde çözündürülmesiyle 0,2 M ferrosen çözeltisi hazırlanır. Bundan sonra tüm numuneler tek tek bu çözeltiliye daldırılır ve 10 dk boyunca sürekli hafif çalkalama altında bu şekilde tutulurlar. Son olarak, patlamış tüp yaklaşımının uygulanmasından önce kumaş numuneleri bir Naylon ip üzerine bırakılıp, damla damla kurutulmuştur (Şekil 2 ve 3).



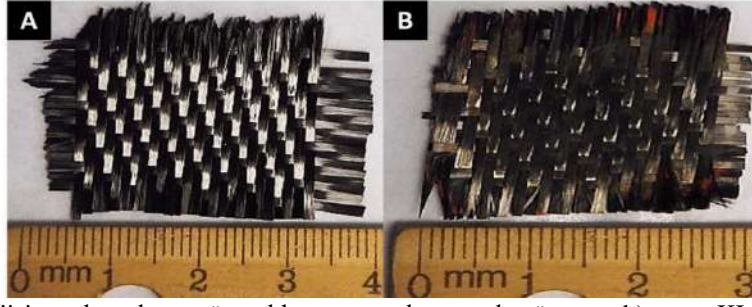
Şekil 2. A. KL kumaş numunesi üzerinde yapılan hazırlık ve MD enerjisi esaslı patlamış tüp yaklaşımı uygulamasının şematik gösterimi, B. Yüzeyinde büyütülmüş KNT'ler tarafından kaplanmış tek bir KL'nin SEM görüntüsü



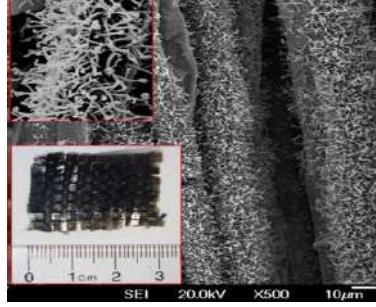
Şekil 3. CL kumaş numuneleri üzerinde yapılan hazırlık ve MD enerjisi esaslı patlamış tüp yaklaşımı uygulamasının şematik gösterimi

#### 2.5. MD enerjisi esaslı patlamış tüp yaklaşımının uygulanması

Hazırlanan KL veya CL kumaş numunesi, el yapımı bir PVC destek üzerinde bulunan bir çift cam çubuğun arasına dikey olarak sıkıştırılır ve daha sonra cam fırın tepsisinin üzerine yerleştirilir. Burada, turuncu renk tonuna sahip kumaşlar üzerinde eşit şekilde çökelmiş ince ferrosen tozu tabakası açıkça görülmektedir. Üzerindeki numune ile birlikte cam tepsi daha sonra fırın haznesine yerleştirilir. PVC destek üzerindeki kumaş numunesi maksimum (1250 W) MD enerjisi ile ısıtılırken, hazne içerisinde kıvılcım, alev ve yoğun kimyasal buhar emisyonundan oluşan şiddetli reaksiyonlar gözlenir. MD enerjisine 30 s maruz kaldıktan sonra, yüzeyinde büyümüş KNT dekorasyonu bulunan kumaş numunesi haznedan çıkarılır ve ardından her türlü safsızlığı ve reaksiyona girmemiş kimyasalları üzerinden uzaklaştırmak için asetonla hafifçe durulanır (Şekil 4 ve 5).



**Şekil 4.** a) MD enerjisi esaslı patlamış tüp yaklaşımı uygulamasından önce ve b) sonra KL kumaş numunesinin dijital görüntüleri



**Şekil 5.** Yüzeyinde büyütülmüş olan KNT'lerle dekore edilmiş CL'lerinin SEM görüntüsü (İçindekiler: (üstte) büyütülmüş KNT'lerin yakınlaştırılmış görünümü, (altta) MD enerjisi esaslı patlamış tüp yaklaşımı uygulandıktan sonra 1"×1" PPY/CL kumaşın dijital görüntüsü)

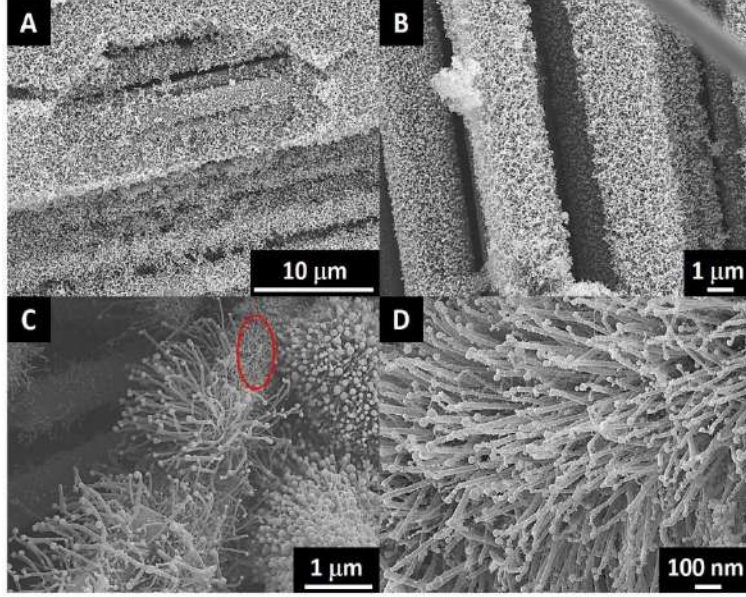
Patlamış tüp yaklaşımının uygulanması sırasında, ilk olarak, CL kumaş yüzeyindeki PPy yüzey kaplaması veya KL kumaşın kendisi, MD enerjisini etkin bir şekilde soğurur, hızla karbonize olur ve aynı anda çok yüksek miktarda ısı açığa çıkarır. Bunun sonucunda, kumaş yüzeyindeki ferroseni bozundurup, demir (Fe) ve siklopentadienil bileşenlerine ayrıştırarak şekilde sıcaklık aniden yükselir. Burada, ortaya çıkan Fe katalizör görevi görürken, siklopentadienil grupları da aşağıdan yukarıya KNT büyümesini gerçekleştirmek için gereken karbonu sağlar (Poyraz,2015, Xie,2014, Zhang,2012, Zhang,2006, Liu,2011, Liu,2014, Poyraz,2013). Söz konusu prosesin şematik gösterimleri Şekil 2 ve 3'te gösterilmektedir.

## 2.6. Hazırlanan fonksiyonel tekstillerin karakterizasyonu

Hazırlanan fonksiyonel tekstillerin morfolojik ve elementer analizleri, enerji dağıtıcı bir X-ışını detektörü (EDX) ile donatılmış olan JEOL JSM-7000F SEM kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizlerinden önce, karbon bant monteli numune tutuculara sabitlenmiş kumaş numune yüzeylerinin Au ile kaplanması için bir EMS 550X otomatik püskürtmeli kaplama cihazı kullanılmıştır. Hazırlanan numunelerin morfolojik özelliklerinin derinlemesine analizi, 200 kV'de çalıştırılan bir JEOL 2100F geçirimli elektron mikroskobu (TEM) üzerinde gerçekleştirilmiştir. Burada, işlenmiş kumaş örneğinden elde edilen KL şeritleri dikkatlice çıkarılıp, yüzeyinde büyütülmüş olan KNT'lerden ayırmak için 10 dk boyunca ultrasonikasyon yoluyla etil alkol içerisinde dağıtılmıştır. Ardından, süpernatant yüzeyinden ~5 µL'lik damlacıklar bir pipetle emilip, karbon kaplı bakır bir Formvar ızgaranın üzerine aktararak TEM görüntülemesinden önce ortam koşullarında kurumaya bırakılır.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Patlamış tüp yaklaşımının uygulanması ile ormansı görünüme sahip KNT'ler hem PPY/CL hem de KL kumaş yüzeylerinde büyütülmüş ve Şekil 5 ve 6'daki görüntülerden de görülebileceği üzere, lif yüzeylerinin çoğunu radyal olarak hizalanmış ve dolaşık bir şekilde bir araya getirilmiş bir görünümde kaplamıştır.

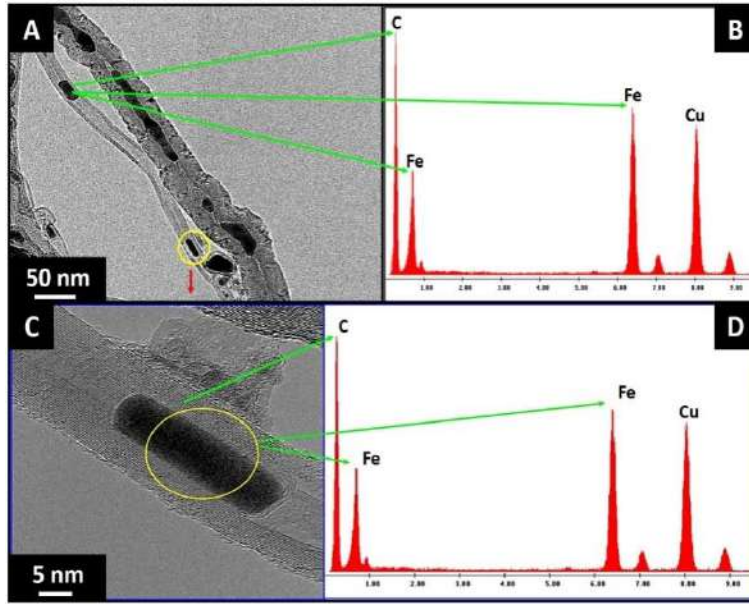


**Şekil 6.** a-b) hiyerarşik olarak yapılandırılmış KNT/KL kumaş numunesindeki liflerin, c) yüzeylerinde büyütülmüş KNT'ler tarafından kaplanmış KL'lerinin, d) KL yüzeyinde büyütülmüş KNT'lerin yakınlaştırılmış SEM görüntüleri

Büyütülen KNT'lerin her iki kumaş yüzeyindeki kaplama alanı yüksektir, çünkü büyümenin tüm lif eksenini uzunluğu boyunca yayıldığı gözlemlenir. Burada, numune kumaşların üzerinde hem uzun sarmal hem de kısa sert görünümlü KNT'ler büyütülmüş olup, bu durum, MD enerjisinin neden olduğu katalitik büyüme sürecinin heterojen doğasını yansıtmaktadır (Garcia,2008, Samsur,2013, Thostenson,2002, Zhang,2009, Zhao,2005, Zhu,2003, Poyraz,2015, Xie,2014, Zhang,2012, Zhang,2006, Liu,2011, Liu,2014, Poyraz,2013). Söz konusu görüntülerden alınan ölçümlere göre, bu KNT'lerin ortalama çapı ~50 nm olup, uzunlukları birkaç µm'ye kadar ulaşabilmektedir. Büyütülen KNT'lerin yüksek en-boy oranı, yeni ara yüz oluşumu yoluyla, hem LGPK'de daha fazla ara yüzey etkileşimlerine hem de çok ölçekli farklı işlevlere olanak sağlayan ultra yüksek bir yüzey alanı sağlar (Garcia,2008, Samsur,2013, Thostenson,2002, Zhang,2009, Zhao,2005, Zhu,2003). Önceki literatür verileriyle de uyumlu olarak, aşağıdan yukarı doğru gerçekleşen bir büyüme mekanizmasının eş zamanlı olarak büyümüş olan bu KNT'ler üzerinde de etkili olduğu söylenebilir (Poyraz,2015, Xie,2014, Zhang,2012, Zhang,2006, Liu,2011, Liu,2014, Poyraz,2013). Bu durum, aynı zamanda, söz konusu KNT'lerin Şekil 6'da gözlenen oksitlenmiş Fe nanopartikül (NP) uca sahip, içi boş ve çok duvarlı gövdelerden oluşan tipik kibritle çöpü benzeri morfolojileri tarafından da desteklenmektedir.

SEM görüntüleme yoluyla patlamış tüp yaklaşımının KNT/KL-CL hiyerarşik yapılarını oluşturmadaki başarısı kanıtlandıktan sonra, büyütülen KNT'lerin morfolojik ve temel özellikleri, TEM mikroskopisi ve EDX analizi kullanılarak derinlemesine karakterize edilmiş olup, bu analizlerden elde edilen sonuçlar Şekil 7'de gösterilmiştir.





**Şekil 7.** a) büyütülmüş KNT'lerin içine hapsolmuş katalizör Fe NP'lerinin TEM görüntüsü, b) büyütülmüş ÇDKNT ve içerisindeki Fe NP katalizörünün EDX kırınım grafiği, c) Şekil 7a'daki işaretli alanın HR-TEM görüntüsü, d) Şekil 7c'deki işaretli alanın EDX kırınım grafiği

Burada, Şekil 7a'daki TEM görüntüsü, katalizör Fe NP'lerini hapsetmiş içi boş gövdelerini göstererek, büyütülmüş olan KNT'ler hakkında daha ayrıntılı bilgi sağlar. Bu morfolojik yapı, yukarıda bahsedilen uçtan büyüme süreci sırasında elde edilir. Şekil 7c'deki HR-TEM görüntüsünde de görülebileceği üzere, ~25 nm×5 nm boyuttaki tek bir katalizör Fe NP, büyütülen ÇDKNT'nin ultra ince grafen katmanlarından oluşan, duvarlarının içine hapsolmuştur (Poyraz,2015, Xie,2014, Zhang,2012, Zhang,2006, Liu,2011, Liu,2014, Poyraz,2013). Hem büyütülmüş ÇDKNT'lerin hem de onların içerisine hapsolmuş katalizör Fe NP'lerinin EDX analiz sonuçları sırasıyla Şekil 7b ve 7d'de gösterilmiştir. Bu kırınım grafikleri hem büyümüş ÇDKNT'lerin hem de bunların içindeki (C ve Fe elementlerinden oluşan) Fe NP'lerin varlığını açıkça kanıtlamaktadır. Ek olarak, bu kırınım grafiklerinde görülen Cu göstergeli iki sivri pik, TEM görüntüleme işlemi için numune tutucu olarak kullanılan Cu Formvar ızgarasından kaynaklanmıştır.

#### 4.SONUÇ

Hiyerarşik yapıya sahip fonksiyonel tekstiller, dikey olarak hizalanmış nano/mikro ara yüzeylere sahip olacak şekilde MD enerjisi esaslı patlamış tüp yaklaşımı uygulanarak çok kısa zaman aralıklarında hazırlanmıştır. Bu şekilde hem KL hem de PPy/CL kumaş yüzeylerinde yüksek verim, yüksek en-boy oranı ve yüksek kaplama yoğunluklarına sahip ve homojen bir şekilde büyüyüp, ormansı bir görünüm kazanmış olan KNT'ler elde edilmiştir. Üretilen fonksiyonel tekstiller, LGPK hazırlama için umut vadeden bir potansiyele sahiptir. Bu çalışma kapsamında önerilen yüksek verimli ve uygun maliyetli patlamış tüp yaklaşımının, bu tür kompozitlerin endüstriyel ölçekte ve yüksek kalitede üretilmesini de güvence altına alması öngörülmektedir.

#### 5.KAYNAKLAR

CHAND, S., (2000), *Carbon fibers for composites*, *Journal of Materials Science*, 35, 6, 1303-1313.

CHEN, H., ROY, A., BAEK, J.B., ZHU, L., QU, J., DAI, L., (2010), *Controlled growth and modification of vertically-aligned carbon nanotubes for multifunctional applications*, *Materials Science & Engineering R-Reports*, 70, 63-91.

DELAMAR, M., DESARMOT, G., FAGEBAUME, O., HITMI, R., PINSONC, J., SAVEANT, J.M., (1997), *Modification of carbon fiber surfaces by electrochemical reduction of aryl diazonium salts: Application to carbon epoxy composites*, *Carbon*, 35, 6, 801-807.

GARCIA, E.J., WARDLE, B.L., HART, A.J., YAMAMOTO, N., (2008), *Fabrication and multifunctional*

*properties of a hybrid laminate with aligned carbon nanotubes grown In Situ, Composites Science and Technology, 68, 2034-2041.*

*GOJNY, F.H., WICHMANN, M.H.G., FIEDLER, B., BAUHOFFER, W., SCHULTE, K., (2005), Influence of nano-modification on the mechanical and electrical properties of conventional fibre-reinforced composites, Composites Part A-Applied Science and Manufacturing, 36, 1525-1535.*

*LIN, Y.R., EHLERT, G., SODANO, H.A., (2009), Increased interface strength in carbon fiber composites through a ZnO nanowire interphase, Advanced Functional Materials, 19, 2654-2660.*

*LIU, Z., WANG, J.L., KUSHVAHA, V., POYRAZ, S., TIPPUR, H., PARK, S., KIM, M., LIU, Y., BAR, J., CHEN, H., ZHANG, X.Y., (2011), Poptube approach for ultrafast carbon nanotube growth, Chemical Communications, 47, 9912-9914.*

*LIU, Z., ZHANG, L., POYRAZ, S., SMITH, J., KUSHVAHA, V., TIPPUR, H., ZHANG, X.Y., (2014), An ultrafast microwave approach towards multicomponent and multi-dimensional nanomaterials, Rsc Advances, 4, 9308-9313.*

*MONIRUZZAMAN, M., WINEY, K.I., (2006), Polymer nanocomposites containing carbon nanotubes, Macromolecules, 39, 5194-5205.*

*PHILLIPS, J., LESEMAN, Z.C., CORDARO, J., LUHRS, C., AL-HAIK, M., (2007), Novel graphitic structures by design, Proceedings of ASME IMECE. 42977-42979, Seattle, WA, USA.*

*POYRAZ, S., LIU, Z., LIU, Y., ZHANG, X.Y., (2013), Devulcanization of scrap ground tire rubber and successive carbon nanotube growth by microwave irradiation, Current Organic Chemistry, 17, 2243-2248.*

*POYRAZ, S., ZHANG, L., SCHRODER, A., ZHANG, X.Y., (2015), Ultrafast microwave welding/reinforcing approach at the interface of thermoplastic materials, ACS Applied Materials and Interfaces, 7, 22469-22477.*

*SAMSUR, R., RANGARI, V.K., JEELANI, S., ZHANG, L., CHENG, Z.Y., (2013), Fabrication of carbon nanotubes grown woven carbon fiber/epoxy composites and their electrical and mechanical properties, Journal of Applied Physics, 113, 21, 214903-214908.*

*THOSTENSON, E.T., LI, W.Z., WANG, D.Z., REN, Z.F., CHOU, T.W., (2002), Carbon nanotube/carbon fiber hybrid multiscale composites, Journal of Applied Physics, 91, 9, 6034-6037.*

*THOSTENSON, E.T., REN, Z., CHOU, T., (2001), Advances in the science and technology of carbon nanotubes and their composites: a review, Composites Science and Technology, 61, 13, 1899-1912.*

*XIE, H., POYRAZ, S., THU, M., LIU, Y., SNYDER, E.Y., SMITH, J.W., ZHANG, X.Y., (2014), Microwave-assisted fabrication of carbon nanotubes decorated polymeric nano-medical platforms for simultaneous drug delivery and magnetic resonance imaging, Rsc Advances, 4, 5649-5652.*

*XU, B., WANG, X., LU, Y., (2006), Surface modification of polyacrylonitrile-based carbon fiber and its interaction with imide, Applied Surface Science, 253, 5, 2695-2701.*

*YU, B., JIANG, Z., TANG, X.Z., YUE, C.Y., YANG, J., (2014), Enhanced interphase between epoxy matrix and carbon fiber with carbon nanotube-modified silane coating, Composites Science and Technology, 99, 131-140.*

*YUAN, H., WANG, C., ZHANG, S., LIN, X., (2012), Effect of surface modification on carbon fiber and its*

*reinforced phenolic matrix composite, Applied Surface Science, 259, 288-293.*

*ZHANG, Q.H., LIU, J.W., SAGER, R., DAI, L.M., BAUR, J., (2009), Hierarchical composites of carbon nanotubes on carbon fiber: influence of growth condition on fiber tensile properties, Composites Science and Technology, 69, 594-601.*

*ZHANG, X.Y., LIU, Z., (2012), Recent advances in microwave-initiated synthesis of nanocarbon materials, Nanoscale, 4, 707-714.*

*ZHANG, X.Y., MANOHAR, S.K., (2006), Microwave synthesis of nanocarbons from conducting polymers, Chemical Communications, 23, 2477-2479.*

*ZHAO, Z.G., CI, L.J., CHENG, H.M., BAI, J.B., (2005), The growth of multi-walled carbon nanotubes with different morphologies on carbon fibers, Carbon, 43, 651-673.*

*ZHU, S., SU, C.H., LEHOCZKY, S.L., MUNTELE, I., ILA, D., (2003), Carbon nanotube growth on carbon fibers, Diamond and Related Materials, 12, 1825-1828.*

# AROMATİK YAĞLARIN KULLANIMI İLE TIBBİ TEKSTİL ÜRÜNLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Merih SARIŞIK<sup>1</sup>, Sinem Yaprak KARAVANA<sup>2</sup>, Mustafa ÇÖREKCİOĞLU<sup>3</sup>, Perinur KOPTUR TASAN<sup>3</sup>, Fatma Filiz YILDIRIM<sup>4</sup>, Sultan ARAS ELİBÜYÜK<sup>3</sup>, Özlem DEMİR GÜNENÇ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

<sup>2</sup>Ege Üniversitesi/ Eczacılık Fakültesi, İzmir, Türkiye

<sup>3</sup>Ozanteks Tekstil San. ve Tic. A.Ş. Denizli, Türkiye

<sup>4</sup>Pamukkale Üniversitesi, Acıpayam Meslek Yüksekokulu Tekstil, Giyim, Ayakkabı ve Deri Bölümü, Denizli, Türkiye  
perinur.koptur@ozanteks.com.tr

## ÖZET

Ağrı, sıkça karşılaşılan bir şikayettir ve vücudun herhangi bir bölgesinde başlayarak, organik veya organik olmayan nedenlere bağlı olarak görülen bir uyarandır. Migren, kronik baş ağrılarının en yaygın türlerinden biridir. Özellikle kronik ağrı yaşayan bireyler için destekleyici tedavilerin büyük önemi vardır. İlaç tedavisine ek olarak, yıllardır araştırılan ve denenmiş olan etkili destekleyici tedavi yöntemleri bulunmaktadır. Son yıllarda ise mikrokapsül teknolojisinin ilerlemesiyle, çeşitli aromatik yağlar mikrokapsüller içine hapsedilmiş ve bu mikrokapsüller kumaşlara aktararak tedaviyi destekleyici ürünler geliştirilmiştir. Bu çalışmada, papatya ve kenevir gibi doğal yağların kompleks koaservasyon metodu ile kapsüllemesi ve çektirme yöntemi kullanılarak dikişsiz (seamless) ürünlere aktarılması sağlanmıştır. Bu yöntemle tekstil ürünlerinin fonksiyonelliği artırılmış ve ağrı kesici özelliklerin tekstil ürünlerine entegre edilmesi amaçlanmıştır. Bu ürünlerin kullanımıyla, ağrı yaşayan bireylerin yaşam kalitesinin artırılması ve tedaviye destek sağlanması hedeflenmektedir. Bu çalışma ile genellikle piyasada bulunan ancak ithal edilen destekleyici ağrı kesici medikal ürünlere alternatif ürünlerin geliştirilmesi sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Tıbbi tekstil, mikrokapsül, kompleks koaservasyon, papatya ve kenevir yağı, ağrı kesici.

## DEVELOPMENT OF MEDICAL TEXTILE PRODUCTS WITH THE USE OF AROMATIC OILS

### ABSTRACT

Pain is a common complaint, starting in any part of the body and causing an unpleasant sensation in individuals due to organic or non-organic reasons. Migraine is one of the most common types of chronic headaches. Supportive treatments are of great importance, especially for individuals experiencing chronic pain. In addition to medication, there are effective supportive treatment methods that have been researched and tried for years. In recent years, with the advancement of microcapsule technology, various aromatic oils have been encapsulated within microcapsules, and these microcapsules have been applied to fabrics to develop supportive products. In this study, the encapsulation of natural oils such as chamomile and hemp using the complex coacervation method and their transfer to seamless fabrics using the coating method have been achieved. With this method, the functionality of textile products has been enhanced, and the analgesic properties have been integrated into textile products. The aim is to increase the quality of life of individuals experiencing pain and provide support for treatment through the use of these products. This study has led to the development of alternative products to commonly available but imported supportive analgesic medical products in the market.

**Keywords:** Medical Textile, microcapsule, complex coacervation, chamomile and hemp oil, painkiller.

## 1.GİRİŞ

Ağrı oldukça sık rastlanan ve kişiye rahatsızlık veren bir uyarıcı olarak tanımlanmaktadır. Ağrılar başlama sürelerine göre değerlendirilecek olunursa akut ve kronik ağrılar olarak ikiye ayrılır (Aydın, 2002). Kronik ağrılar 6 ay veya daha uzun süren ve tedavilere cevap vermeyen, sürekli tedavi gerektiren ve en önemlisi bireyin yaşam kalitesini olumsuz yönde etkileyen ağrılardır. Kronik ağrılar kişileri sadece fiziksel olarak değil ruhsal olarak da çok yıpratır. Kişinin psikolojisini ve yaşam kalitesini de düşürmektedirler (Aydın, 2002; Sertel ve Bahadır, 2007). Toplumda en sık karşılaşılan somatik yakınmalar arasında baş ağrısı gelmektedir. Baş ağrısı bir semptomdur ve çeşitli hastalıklar sonrası görülebileceği gibi primer olarak da görülebilir. Migren ve gerilim tipi baş ağrısı primer baş ağrıları arasında en sık karşılaşılan ağrı tipleridir. Migren, otonom sinir sisteminde görülen ve birkaç belirtiyi bağlantılı, tekrar eden, orta şiddette ve şiddetli baş ağrısı olarak karakterize edilen kronik bir hastalıktır. Migren birden fazla genetik ve evrensel faktörün birlikte rol oynadığı bir hastalıktır ve kadın popülasyonunda yaklaşık 2-3 kat daha sık görülür. Normalde baş ağrısı doğası gereği 2 ile 72 saat arasında sürer ve belirtiler yanında bulantı, kusma ve fotofobi bulunabilir (Köseler, 2017). Kronik ağrının tedavisinde amaç ağrıyı azaltmak ve kişinin normal aktivitelerine geri dönmesini sağlamaktır. Ağrının kontrolünde genellikle farmakolojik yöntemlerden olan ilaçlar kullanılmaktadır. Bunun için ilaç tedavisinin yanında birçok destekleyici yöntem kullanılmaktadır. Destekleyici yöntemlerin birey tarafından kolayca uygulanabilir olması, ilaçlar gibi yan etkilerinin olmaması ve ayrıca ekonomik yönden yük getirmemesi önemlidir.

Yapılan birçok çalışma farmakolojik olmayan yöntemlerin gerek yalnız başlarına gerekse farmakolojik yöntemlerle beraber uygulanmasının ağrının giderilmesinde ya da şiddetinin azaltılmasında etkili olduğunu göstermiştir. Ağrıyı azaltmada kullanılan yöntemler, periferik teknikler, bilişsel-davranışsal teknikler ve iki yöntem dışında kalan akupunktur, cerrahi tedavi gibi yöntemler olarak sınıflandırılabilir (Özveren, 2011). Periferik teknikler, ağrıyı azaltmada kullanılan deri uyarım girişimlerini içerir. Sıcak soğuk uygulama, deriye mentol uygulama, vibrasyon, masaj ve dokunma deri uyarımı diğer periferik tekniklerdir. Piyasada medikal olarak nitelendirilebilecek ağrı kesici birçok ürün bulunmaktadır. Bunların bir bölümü ısıtma ve soğutma sağlayıcı maddeler içermekte ve bu sayede ağrıyı kestiklerini iddia etmektedirler. Diğer ürünlerin de içerdikleri FIR (uzak infrared ışın) veya manyetik alan oluşturma özelliğine sahip iplikleri kullanarak ağrı kesici özellik sağladıkları belirtilmektedir. Benzer biçimde bazı ürünler de hem iplik özellikleri hem de ağrı kesici özelliklere sahip mikrokapsülleri içeren bir yapıya sahiptir.

Kullanıcının konforunu olumlu yönde etkileyen fonksiyonel ve katma değeri yüksek tekstil ürünlerine olan ilgi gittikçe artmaktadır. Bunlara bir örnek de kapsül içerikli ürünlerdir. Ancak Türkiye'de tekstil ürünlerine applike edilecek mikrokapsül üretimi ticari boyutta ne yazık ki gerçekleştirilememekte, yurtdışından ithal edilerek ülkemizde ambalajlanmakta ve pazarlanmaktadır.

Tekstil endüstrisinde kapsülasyon uygulaması çok az ticari ürünle 90'lı yılların başında başlamıştır. Bununla birlikte, 21. yüzyılın başlarında, uygulamaların sayısı özellikle Japonya, Kuzey Amerika ve Batı Avrupa ülkelerinde gözle görülür bir büyüme göstermiştir. Mikrokapsülasyon, farklı aktif maddelerin tekstil ürünlerine dahil edilmesine izin vermekte ve böylece katma değerlerini artırmaktadır.

Tekstil alanında kapsülasyon teknolojisi ile elde edilen uygulamalara örnek olarak hoş ve dayanıklı koku içeren tekstiller, aromaterapi tekstilleri, kozmetik tekstiller, haşere kovucu tekstiller, renk değiştiren tekstiller, faz değiştiren tekstiller, ilaç salımı yapan tekstiller verilebilir. Kapsülasyon teknolojisi koku veren maddelerin tekstil malzemelerinden uzun süre salımına ve yüksek sayıda yıkama dayanımına olanak sağlamaktadır. Aromaterapotik tekstiller bitkilerden elde edilen yağların mutluluk, rahatlatma, heyecan veya esenlik gibi belirli duyguları tetikleyebilen tekstillerdir. Aromaterapi için tasarlanmış kumaşlara lavanta, narenciye, vanilya ve gül gibi çok sayıda uçucu yağ

uygulanmasıyla her uçucu yağın belirli bir duyguyu başlattığı ve iyileştirici bir unsur olarak hareket ettiği belirtilmektedir. Kozmetotekstiller ise cilt ile doğrudan temas edecek şekilde tasarlanmış ve cilt yumuşatıcılar, inceltici maddeler, nemlendiriciler, selülit önleyici, UV koruyucu ve yaşlanma önleyici maddeler gibi kişisel bakım aktif maddeleri içeren tekstil ürünlerine verilen bir terimdir. Bu aktif maddeler mikrokapsülasyon teknikleri ile bir çeper içerisine hapsedilir, kumaşlara entegre edilir ve sürtünme, aşınma gibi mekanik yollarla cilt üzerinde serbestleşir (Sharkawy, 2016).

Bu çalışmada, en sık rastlanan ağrılardan biri olan migren ağrılarını gidermede tedaviyi destekleyici olarak kullanılmak üzere mikrokapsül içeren ağrı kesici özellikli tekstil ürünleri (seamless baş bandı) geliştirilmiştir. Ağrı kesici özelliği çeşitli kaynaklarla kanıtlanmış papatya yağı ve kenevir yağının doğal ajanlar olarak seçilerek kapsüllemesi ve bu kapsüllerin tekstil ürünlerine çektirme yöntemi kullanılarak applike edilmesi sağlanmıştır.

Papatya yağı, papatya bitkisinden elde edilen uçucu bir yağdır. Stres, anksiyete ve uyku sorunlarını gidermek için aromaterapide sıkça kullanılır. Ayrıca kas ağrılarını, baş ağrılarını ve artrit ağrılarını hafifletmeye yardımcı olmaktadır (Zargaran, 2018). Kenevir tohumu yağı, kenevir bitkisinin (*Cannabis sativa*) tohumlarından soğuk pres yöntemiyle elde edilen bir yağdır. Bu yağ, zengin besin içeriği ve çeşitli sağlık faydaları ile bilinir. Kenevir tohumu yağı, iltihaplanmayı azaltmaya yardımcı olan gamma-linolenik asit (GLA) içerir. Bu nedenle artrit gibi inflamatuvar hastalıklarda rahatlama sağlayabilir (Russo, 2001).

## **2.MATERYAL VE METOT**

### **2.1. Materyal**

Bu çalışmada; mikrokapsül üretimi için, biyopolimer olarak tip A jelatin (SelJel) ve arap zıncı (Sigma-Aldrich), çapraz bağlayıcı olarak glutaraldehit (Merck) ve ortam pH'sını ayarlamak için de sitrik asit (Sigma-Aldrich), yüzey aktif madde olarak sodyum lauril sülfat, çekirdek malzeme olarak da papatya ve kenevir tohumu yağı kullanılmıştır. Mikrokapsüllerin uygulaması için %86 poliamid/ %14 elastan içerikli düz ve lastik örgü yapısında dikişsiz (seamless) ürünler tercih edilmiştir.

### **2.2. Metot**

#### **2.1.1. Mikrokapsül Üretimi**

Yöntem olarak kompleks koaservasyon kullanılmıştır. Koaservasyon, bir sıvı fazın polimerce zengin bir faza (koaservat) ve polimerden fakir bir faza faz ayrımını ifade eden bir terimdir. Kompleks koaservasyon ise; iki veya daha fazla zıt yüklü polimerin dahil olduğu bir işlem olarak tanımlanabilir. Koaservasyon işlemi; gıda, tekstil, tarım, kozmetik ve ilaç endüstrilerinde biyoaktif içerikleri kapsüllemek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Mikrokapsüllerin üretilmesi için; biyopolimer olarak tip A jelatin ve arap zıncı, çapraz bağlayıcı olarak glutaraldehit ve ortam pH'sını ayarlamak için sitrik asit kullanılmıştır. Mikrokapsüllerin hazırlanması işlemine 3 farklı emülsiyonun ayrı ayrı hazırlanması ile başlanmıştır.

1. Emülsiyon: 3 g jelatin Tip A 50 mL distile su içinde 50°C'de 400 rpm'de 45 dakika boyunca mekanik karıştırıcı (IKA-Werke Eurostar) ile karıştırılmıştır.
2. Emülsiyon: 0.3 g sodyum lauril sülfat 50 mL distile su içinde 50°C'de 400 rpm'de 10 dakika boyunca karıştırılmıştır. Daha sonra 5 mL kenevir yağı damla damla oldukça yavaş şekilde çözeltiye eklenmiş ve çözelti toplamda 45 dakika boyunca mekanik karıştırıcı ile karıştırılmıştır.
3. Emülsiyon: Oda sıcaklığında 100 mL distile su 500 rpm'de karıştırılırken 3 g Arap zıncı yavaş yavaş eklenmiş ve çözelti 45 dakika boyunca mekanik karıştırıcı ile karıştırılmıştır.
2. Emülsiyon 550–600 rpm' de karıştırılırken üstüne damla damla oldukça yavaş şekilde 1. emülsiyon eklenmiştir. Elde edilen çözelti tamamen çözünene kadar yaklaşık 30 dakika boyunca karıştırılmıştır. Daha sonra 3. emülsiyon elde edilen çözeltiye yine damla damla olacak şekilde eklenmiş ve karıştırma işlemine 30 dakika boyunca devam edilmiştir. Karıştırma işlemi tamamlanınca elde edilen çözeltinin pH'sı sitrik asit çözeltisi (3 g /50 mL) ile pH 4'e ayarlanmış ve daha sonra 90 dakika boyunca 550–

600 rpm' de karıştırılmıştır. Final çözelti buzdolabında 1.5 saat boyunca bekletilmiştir. Daha sonra pH'sı 8-9'a NaOH (1g/50 mL) kullanılarak ayarlanmıştır. Elde edilen çözeltiye %50 glutaraldehit çözeltisinden 1 g damla damla ilave edilmiştir.

Aynı işlem adımları çekirdek malzeme olarak kullanılan kenevir yağı yerine papatya yağının kullanılması ile tekrarlanmıştır.

### 2.1.1. Mikrokapsüllerin Dikişsiz (Seamless) Ürünlere Aktarılması

Üretilen mikrokapsüller çektirme yöntemine göre poliamid ürünlere aktarılmıştır. Aktarma işlemi Çizelge 1'de verilen reçete uygulanarak gerçekleştirilmiştir.

**Çizelge 1.** Mikrokapsüllerin seamless kumaşlara aktarma reçetesi (çektirme yöntemi)

<b>Kumaş Miktarı</b>	10 gram
<b>Bağlayıcı Miktarı</b>	%8 sitrik asit
<b>Kapsül Çözelti Miktarı</b>	200 ml
<b>Flotte Oranı</b>	1/20
<b>Aktarma Sıcaklığı</b>	50°C
<b>Aktarma Süresi</b>	30 dakika
<b>Kurutma Sıcaklığı</b>	80°C
<b>Kurutma Süresi</b>	5 dakika
<b>Fiksaj Sıcaklığı</b>	100°C
<b>Fiksaj Süresi</b>	10 dakika

### 2.3. Değerlendirme Yöntemleri

Üretilen mikrokapsüllerin karakterizasyonu ve mikrokapsül applike edilmiş kumaşların performans özelliklerinin belirlenmesi için çeşitli laboratuvar testleri gerçekleştirilmiştir.

FT-IR Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrofotometre (FT-IR) analizi KBr tekniği kullanılarak yapılmıştır. Mikrokapsül çözeltilerinin ve mikrokapsül çözeltisi applike edilmiş poliamid kumaşların bağ ve yapılarının incelenmesi amacıyla yapılmıştır.

Partikül büyüklüğü ve dağılımı Malvern Zetasizer cihazı ile ölçülmüştür.

Poliamid esaslı ürünler üzerinde kapsül morfolojisinin incelenmesi amacıyla Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) kullanılmıştır.

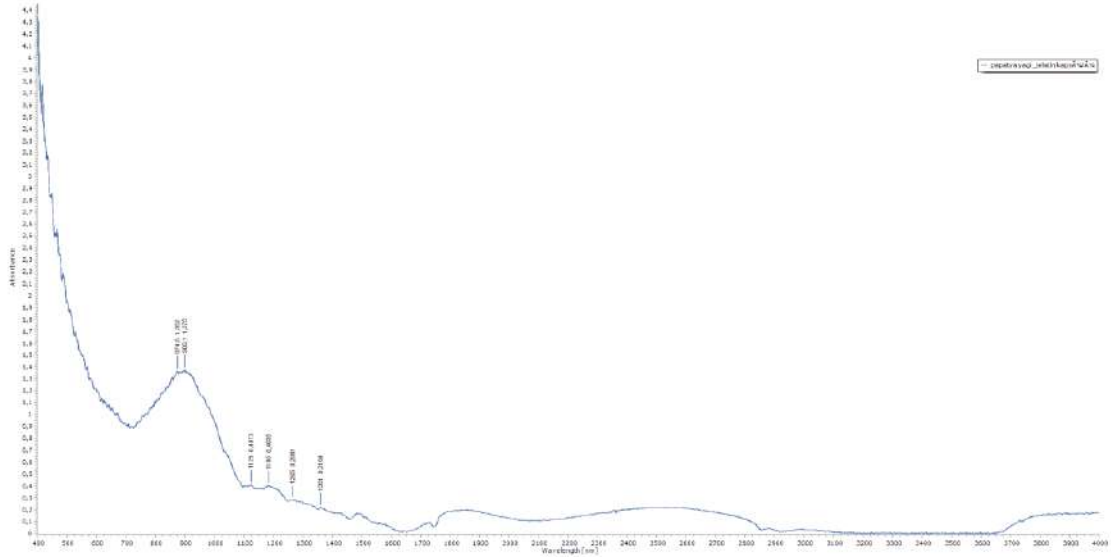
İşlem görmemiş ve kapsül aktarılmış ürünlerin patlama mukavemeti ölçümlerinde ASTM D3787 metodu kullanılmıştır.

Su emicilik testi AATCC 79-2007 test standardına göre gerçekleştirilmiştir. FFTA-FA -004 standardına göre tekstil ürünlerinin nem transferi ve hızlı kuruma özellikleri analiz edilmiştir. Test kapsamında 1 damla su 5x5 cm kesilmiş ürünlerin üzerine damlatılmış ve 10 dakika aralıklarla numunelerin ağırlıkları ölçülmüştür. Kapsül aktarılan ürünlerin yıkama öncesi ve sonrası etken maddenin varlığının tespiti için gaz kromatografisi-kütle spektroskopisi cihazı (GC-MS) kullanılmıştır. Bu cihaz ile gaz fazında bulunabilen veya gazlaştırılabilen numunelerin içerikleri, kütleli olarak ayrıştırılarak tayin edilebilmektedir.

## 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

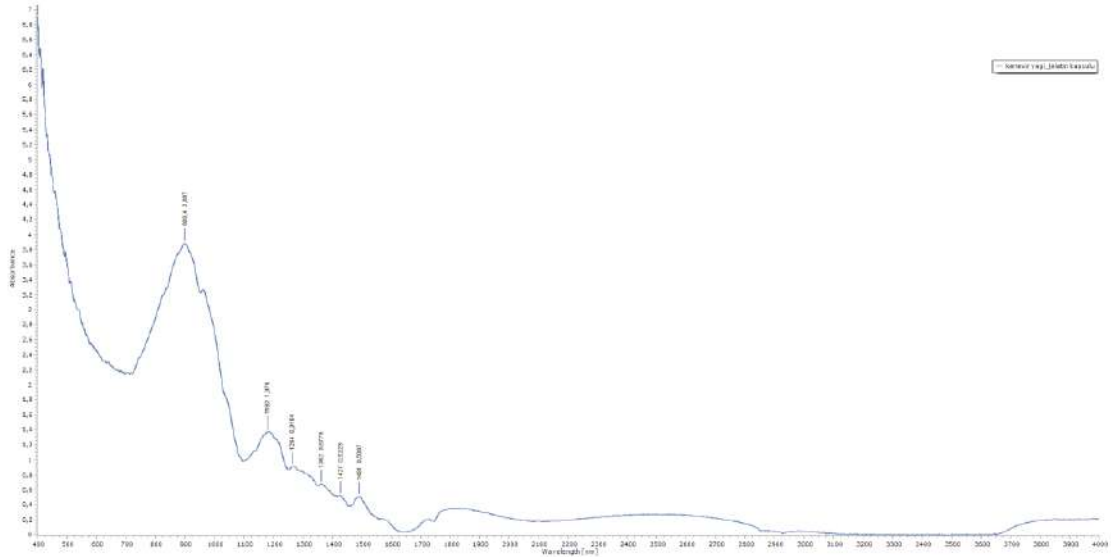
Bu bölümde çalışma kapsamında mikrokapsül çözeltilerine ve mikrokapsül applike edilen seamless ürünlere yapılan çeşitli analiz ve performans testlerinin sonuçları değerlendirilmiştir.

Papatya ve kenevir yağı içeren mikrokapsül çözeltilerine ait FT-IR spektrumları Şekil 1 ve 2'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Papatya yağı içeren kapsüllere ait FT-IR spekturumu

FT-IR spektrumlarında  $1770\text{ cm}^{-1}$  ile  $1720\text{ cm}^{-1}$  dalga boyları arasında görünen ve yoğunluğu orta ile güçlü arasında değişen pik varlığının papatya yağının karakteristiği olduğu belirtilmektedir (Ciko, 2016). Kapsüllere ait FT-IR spektrumu incelendiğinde, papatya yağının polimer matris yapı içinde dağıldığı görülmekte ve papatya yağının homojen bir şekilde kapşüllendiği düşünülmektedir.



Şekil 2. Kenevir yağı içeren kapsüllere ait FT-IR spekturumu

Kenevir yağının FT-IR spektrumunda, belirli fonksiyonel grupların titreşim modlarına bağlı olarak çeşitli dalga boylarında pikler gözlenir.  $1650\text{ cm}^{-1}$  ile  $1740\text{ cm}^{-1}$  dalga boyları arasında görünen pik varlığının kenevir yağının karakteristiği olduğu belirtilmektedir (Smith, 2020). Kenevir yağı içeren kapsüllerin FT-IR spektrumları incelendiğinde; polimer matrisinde moleküler bir dağılım olarak kenevir yağı varlığı görülmektedir. Bu nedenle, kenevir yağının başarılı bir şekilde kapşüllenebildiği düşünülmektedir.

Papatya ve kenevir yağı içeren mikrokapsül çözeltilerine ait parçacık boyut analizi sonuçları Çizelge 2 ve 3'de verilmiştir.



Çizelge 2. Papatya yağı mikrokapsüllerinin partikül boyutu değerleri

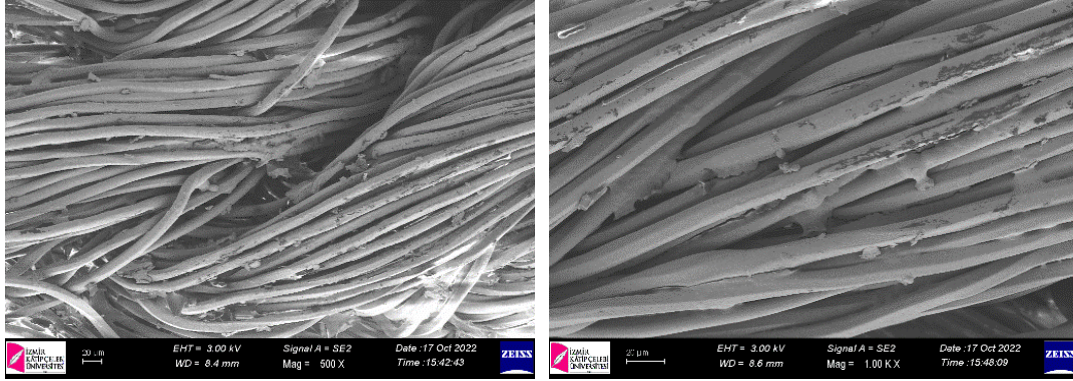
Formülasyon	Dx (10) µm	Dx (50) µm	Dx (90) µm
Papatya yağı içeren kapsüller	15,9 µm	41,7 µm	102 µm

Çizelge 3. Kenevir yağı mikrokapsüllerinin partikül boyutu değerleri

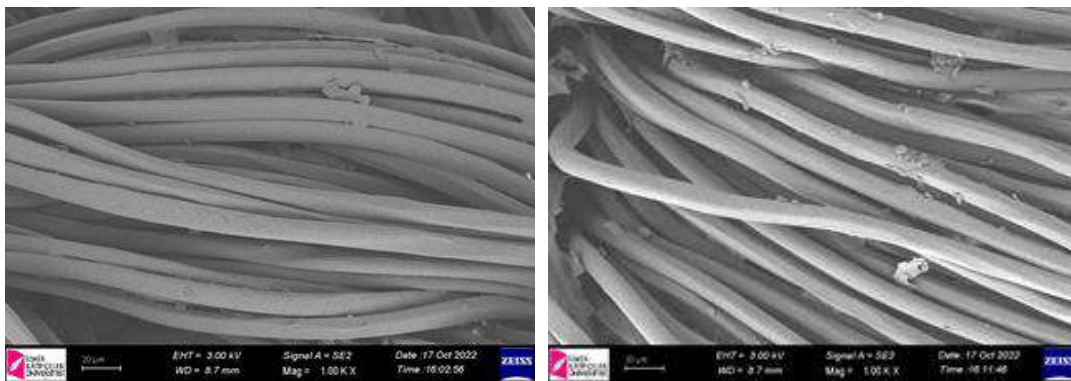
Formülasyon	Dx (10) µm	Dx (50) µm	Dx (90) µm
Kenevir yağı içeren kapsüller	12,3 µm	31,5 µm	78 µm

Farklı çekirdek madde içeren mikrokapsüllerin partikül boyut değerleri birbirlerine oldukça benzerdir. Bu sonucun nedeni olarak kullanılan çekirdek maddelerin viskozitelerinin birbirlerine yakın olduğu düşünülmektedir (Meng, 2017).

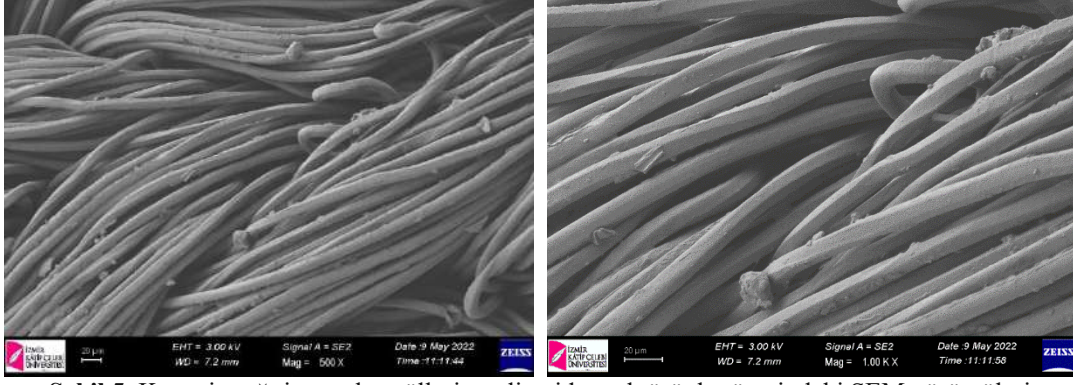
Poliamid ürünler üzerinde mikrokapsül morfolojisinin incelenmesi ve mikrokapsüllerin yıkama dayanımlarının gözlemlenmesi için; mikrokapsül applike edilen yıkanmış ve yıkanmamış kumaşların SEM analizi görüntülemeleri Şekil 3-6'da gösterilmiştir.



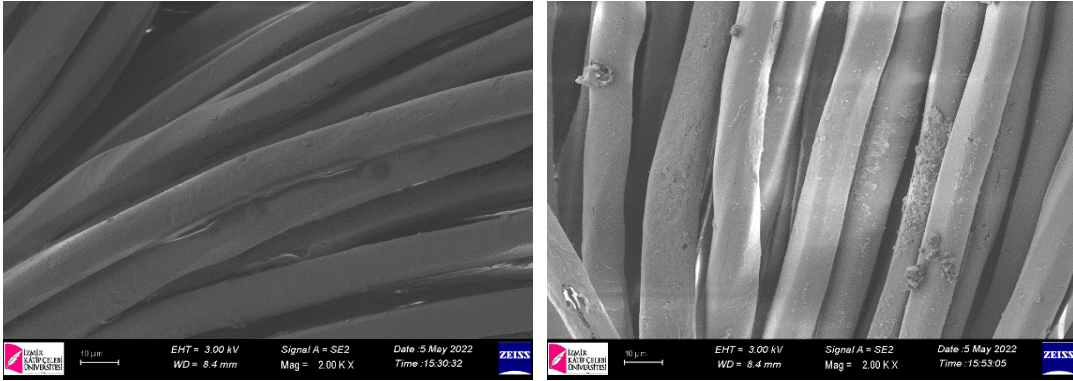
Şekil 3. Papatya yağı içeren kapsüllerin poliamid esaslı ürünler üzerindeki SEM görüntüleri



Şekil 4. Papatya yağı içeren kapsül aktarılan poliamid esaslı ürünlerin 1 yıkama (solda) ve 5 yıkama (sağda) sonrası SEM görüntüleri



Şekil 5. Kenevir yağı içeren kapsüllerin poliamid esaslı ürünler üzerindeki SEM görüntüleri



Şekil 6. Kenevir yağı içeren kapsül aktarılan poliamid esaslı ürünlerin 1 yıkama (solda) ve 5 yıkama (sağda) sonrası SEM görüntüleri

SEM görüntüleri incelendiğinde; her iki çekirdek malzeme ile üretilen kapsüllerin kumaşlar üzerinde varlığı gözlemlenmiştir. Ayrıca kumaşlara yapılan çoklu yıkamalar sonrasında (5 yıkama) hala kumaş yapısında kapsüllerin bulunduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4. Poliamid kumaşların patlama mukavemeti test sonuçları

Numune Adı	Patlama Mukavemeti (N) Düz Örgü	Patlama Mukavemeti (N) Lastik Örgü
Poliamid Kumaş - Ham	494,71	180,99
Poliamid Kumaş - Boyalı	532,6	197,43
Poliamid Kumaş - Kenevir yağı kapsüllü	502,48	194,77
Poliamid Kumaş - Papatya yağı kapsüllü	547,51	198,90

Patlama mukavemeti sonuçları incelendiğinde kenevir ve papatya yağı içeren kapsüllerin aktarılmasıyla kumaşların patlama mukavemetlerinde herhangi bir olumsuz etkiye sebep olmadığı, sonuçların birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir.

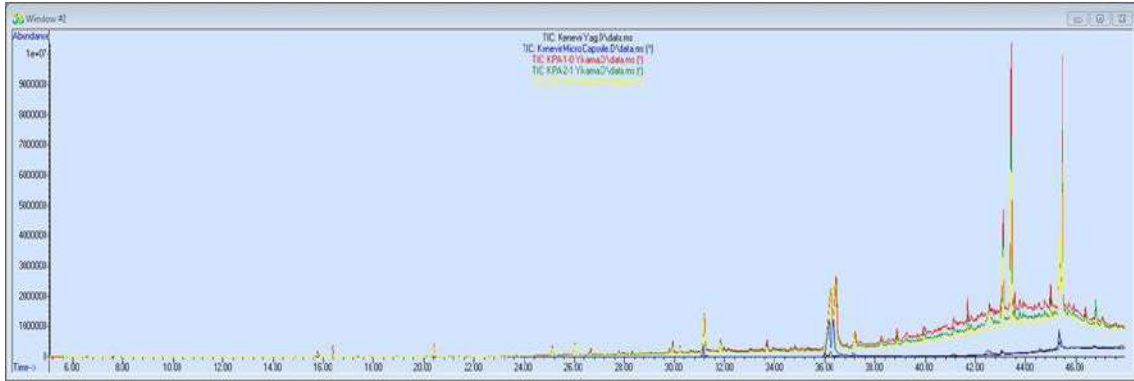
Çizelge 5. Poliamid kumaşların hidrofilite ve hızlı kuruma değerleri

Numune Adı	Hidrofilite (sn)	40 dakika sonra kuruma %'si
Poliamid Düz Örgü Kumaş - Ham	2,05	96,2
Poliamid Düz Örgü Kumaş - Boyalı	14,74	92,0
Poliamid Düz Örgü Kumaş - Kenevir	29,12	92,5
Poliamid Düz Örgü Kumaş - Papatya	2,19	87,6
Poliamid Lastik Örgü Kumaş - Ham	2,16	93,3
Poliamid Lastik Örgü Kumaş - Boyalı	18,08	89,0
Poliamid Lastik Örgü Kumaş - Kenevir	16,06	91,3
Poliamid Lastik Örgü Kumaş - Papatya	3,02	88,0

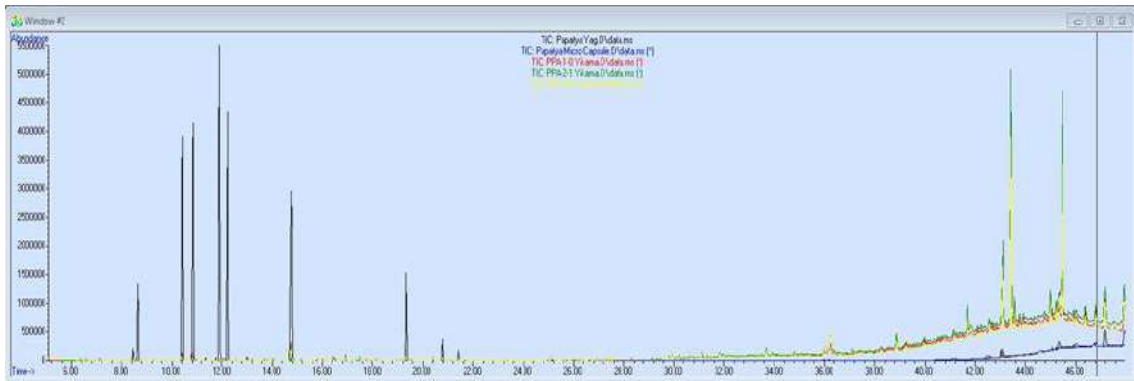
Ürünlerin hidrofilite değerlerinin 5s'nin altında olması istenmektedir (Elibüyük, 2022). Poliamid kumaşların hidrofilite sonuçları incelendiğinde; kenevir yağı içeren mikrokapsül applike edilen kumaşların hidrofilite değerlerinin düşük olduğu, papatya yağı içeren mikrokapsül applike edilmiş kumaşların hidrofilite değerlerinin ise istenilen değer aralığında olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 5 incelendiğinde; kenevir yağı içerikli ürünlerin papatya yağı içeren ürünlere oranla hızlı kuruma değerlerinin daha iyi olduğu görülmektedir.

Mikrokapsül aplikasyonu sonrası poliamid ürünlerde etken maddenin varlığının tespiti için yapılan GC-MS sonuçları Şekil 7 ve 8'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Kenevir yağı, kenevir yağı içeren mikrokapsül çözeltisi, mikrokapsül applike edilmiş poliamid yıkamasız kumaş, 1 yıkama ve 5 yıkama sonrası kumaşların GC-MS sonuçları



Şekil 8. Papatya yağı, papatya yağı içeren mikrokapsül çözeltisi, mikrokapsül applike edilmiş poliamid yıkamasız kumaş, 1 yıkama ve 5 yıkama sonrası kumaşların GC-MS sonuçları

Kromatogramların incelenmesi sonucunda papatya yağı ve kenevir yağı içeren poliamid ürünlerin 5 yıkama sonrasında da ürünlerde yağların bulunduğu göze çarpmaktadır.

#### 4.SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında, kompleks koaservasyon yöntemi kullanılarak papatya ve kenevir yağlarının mikrokapsülasyonu başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Mikrokapsüller çektirme yöntemi kullanılarak iki farklı örgü yapıda poliamid kumaşlara applike edilmiştir. Özellikle SEM görüntüleme ve GC-MS analizleri ile kumaş içeriğindeki mikrokapsüllerin varlığı gösterilmiştir. Ayrıca çoklu yıkamalar yapılan tekstil ürünlerinde 5 yıkama sonrasında da mikrokapsül varlığı gözlemlenmiştir. Bu ürünlerin kullanımıyla, ağrı yaşayan bireylerin yaşam kalitesinin artırılması ve tedaviye destek sağlanması hedeflenmektedir. Bu çalışma ile genellikle piyasada bulunan ancak ithal edilen destekleyici ağrı kesici medikal ürünlere alternatif ürünlerin geliştirilmesi sağlanmıştır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 5210007 numaralı proje ile desteklenmiştir. Projeye verdiği desteklerden ötürü TÜBİTAK'a teşekkürlerimizi sunarız.

## KAYNAKLAR

Aksoy K. ve Alkan C, (2014), *Teknoloji, V. U. P. B. V. Kongresi Bildiri Özetleri*.

Aydın, O. N., (2002), *Ağrı ve Ağrı Mekanizmalarına Güncel Bakış*.

Bayryamov, S. G., (2020), *Microencapsulation of Natural Oils by A Coacervation Technique Using Gelatin As Shell Material. Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 55(6), 1985-1989.*

Bezerra, F. M., Carmona, O. G., Carmona, C. G., Lis, M. J., & de Moraes, F. F., (2016), *Controlled Release of Microencapsulated Citronella Essential Oil on Cotton and Polyester Matrices. Cellulose, 23(2), 1459-1470.*

Cheng, S. Y., (2011), *Development of Cosmetic Textiles for Body Care with Biological Benefits.*

Ciko, L., Andoni, A., Ylli, F., Plaku, E., Taraj, KA., (2016), *Study on Oil Extraction from Albanian Chamomile and Characterization by IR Spectroscopy. J. Int. Environ. Appl. Sci. 11 (2), 154-158.*

Desai, K. G. H., & Jin Park, H., (2005), *Recent Developments in Microencapsulation of Food Ingredients, Drying Technology, 23(7), 1361-1394.*

Elibüyük, S. A., Yumru, Ş., & Çörekciöğlü, M., (2022), *Bir Tekstil İşletmesinin Boyahane Bölümlerinde Yapılan Verimlilik Çalışmalarının İncelenmesi, Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları Ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi, 5(2), 138-150.*

Göde, F., Kebapçı, K., (2013), *Gül Kokusu İçeren Mikrokapsüller, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. Isparta. Sayı 17 (2), s.32-35.*

Kayahan, E., Aksoy, K., & Önem, E., (2013), *Microencapsulation of Peppermint Oil by the Complex Coacervation of Chitosan and Sodium Alginate for Antibacterial Applications, In 13th Autex World Textile Conference. Germany (pp. 1-5).*

Kesici Ş., (2020), *“Sinek ve Haşere Kovucu Citrus Aurantium Yağı Eldesi, Mikrokapsülasyonu ve Kumaşlara Aplikasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Uşak Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Uşak.*

Köksal, E., & Fethiye, G. Ö. D. E. (2017). *Kompleks Koaservasyon Yöntemi ile E Vitamini İçeren Mikrokapsül Üretimi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi, 12(1), 1-14.*

Köseler, E., (2017), *Migren ve Beslenme. Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi-BÜSBİD, 2(2).*

Lv, Y., Zhang, X., Zhang, H., Abbas, S., & Karangwa, E., (2013), *The Study of Ph-Dependent Complexation Between Gelatin and Gum Arabic by Morphology Evolution and Conformational Transition, Food Hydrocolloids, 30(1), 323-332.*

Meng, F., Wang, S., Liu, H., Xu, X., Ma, H. 2017. *Microencapsulation of Oxalic Acid (OA) Via Coacervation Induced by Polydimethylsiloxane (PDMS) for the Sustained Release Performance, Materials & Design.*

Özveren H., (2011), *Ağrı Kontrolünde Farmakolojik Olmayan Yöntemler, Sağlık Bilimleri Fakültesi*

*Hemşirelik Dergisi.*

Russo, E., (2001), *Hemp For Headache: An In-Depth Historical and Scientific Review of Cannabis in Migraine Treatment*, *Journal of cannabis therapeutics*, 1(2), 21-92.

Sertel Berk, H. Ö., & Bahadır, G., (2007), *Kronik Ağrı Yaşantısı ve Ağrı İnançları*, *Ağrı Dergisi*, 19(4), 5-15.

Smith, J., & Doe, A. (2020). *Characterization of Cannabis sativa L. Seed Oil by Spectroscopic Methods*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.

Srivastava, M., & Vema, K., (2018), *Development of Clove Oil Microcapsules by Process Optimization, Man-Made Textiles in India*, 46(3).

Şahbaz, D. A., (2021), *Kompleks Koaservasyon Yöntemi ile Gül (Rosaceae Centifolia) Yağının Jelatin ve Aljinat ile Mikroenkapsülasyonu*, *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(1), 193-202.

Timilsena, Y. P., Akanbi, T. O., Khalid, N., Adhikari, B., & Barrow, C. J., (2019), *Complex Coacervation: Principles, Mechanisms and Applications in Microencapsulation*. *International Journal Of Biological Macromolecules*, 121, 1276-1286.

Türkoğlu, G. C., Saruışık, A. M., Erkan, G., Kayalar, H., Kontart, O., & Öztuna, S., (2017), *Determination Of Antioxidant Capacity of Capsule Loaded Textiles*, *Indian Journal of Fibre & Textile Research (IJFTR)*, 42(2), 189-195.

Türkoğlu, G. C., Saruışık, A. M., Erkan, G., Yıkılmaz, M. S., & Kontart, O., (2020), *Micro-And Nano-Encapsulation of Limonene and Permethrin for Mosquito Repellent Finishing of Cotton Textiles*. *Iranian Polymer Journal*, 29(4), 321-329.

Valle, J. A. B., Valle, R. D. C. S. C., Bierhalz, A. C. K., Bezerra, F. M., Hernandez, A. L., & Lis Arias, M. J., (2021), *Chitosan Microcapsules: Methods of The Production and Use in The Textile Finishing*, *Journal of Applied Polymer Science*, 138(21), 50482.

Wang, B., Adhikari, B., & Barrow, C. J., (2014), *Optimisation of The Microencapsulation of Tuna Oil in Gelatin–Sodium Hexametaphosphate Using Complex Coacervation*, *Food chemistry*, 158, 358-365.

Zargarani, A., Borhani-Haghighi, A., Salehi-Marzijarani, M., Faridi, P., Daneshamouz, S., Azadi, A., Mohagheghzadeh, A. (2018), *Evaluation of The Effect of Topical Chamomile (Matricaria Chamomilla L.) Oleogel As Pain Relief in Migraine Without Aura: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled, Crossover Study*, *Neurological Sciences*, 39, 1345-1353.

# İĞNESİZ ELEKTRO ÇEKİM TEKNİĞİ İLE ÜRETİLEN NANOLİFLERİN MORFOLOJİK ANALİZİ

Behzat YILDIRIM<sup>1</sup>, Halil İbrahim İÇÖĞLU<sup>1</sup>, Ali KILIÇ<sup>2</sup>, Mehmet TOPALBEKİROĞLU<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Gaziantep Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Gaziantep

<sup>2</sup>Gaziantep Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Gaziantep

[behzatyildirim@gantep.edu.tr](mailto:behzatyildirim@gantep.edu.tr)

## ÖZET

Elektro çekim ile nanolif üretimi iğneli ve iğnesiz yöntemler olmak üzere ikiye ayrılabilir. İğneli elektro çekim yönteminde görülen iğne ucunda tıkanma, yetersiz üretim gibi problemler iğnesiz elektro çekim yöntemlerinde görülmemektedir. Araştırmacılar tarafından disk, silindir, spiral yay, koni, piramit, tel gibi sistemler kullanılmıştır. İğnesiz elektro çekim sistemlerinde nanolif üretimi, iğneli elektro çekim sistemlerine göre oldukça yüksektir. Bu çalışmada iğnesiz elektro çekim tekniğinde besleme sistemi olarak düz disk, açılı disk ve helezon ile nanolifler üretilmiş ve morfolojik analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada polimer olarak poliakrilonitril, çözücü olarak dimetil formamid kullanılmıştır. Nanoliflerin morfolojileri için SEM görüntüleri incelenmiştir. Ortalama nanolif çapları, düz disk için  $138 \pm 17$  nm, açılı disk için  $170 \pm 15$  nm ve helezon için  $190 \pm 24$  nm olarak ölçülmüştür. Nanolif yüzeylerde boncuk oluşumu görülmemiştir. Analizler sonucunda nanoliflerin üniform yapıda olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** İğnesiz Elektro Çekim, PAN, Nanolif, Morfolojik Analiz

## MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF NANOFIBERS PRODUCED BY NEEDLELESS ELECTROSPINNING

### ABSTRACT

Nanofiber production by electrospinning can be divided into two categories: needle and needleless methods. The needle electrospinning method is susceptible to issues such as clogging at the needle tip and insufficient production. However, these problems are not observed in needleless electrospinning methods. Researchers have employed a variety of apparatus, including disks, cylinders, spiral springs, cones, pyramids, and wires, in their investigations. The production of nanofibres in needleless electrospinning systems is considerably higher than in needle electrospinning systems. In this study, nanofibres were produced using flat disc, angled disc and spiral as feeding systems in the needleless electrospinning technique, and their morphological analyses were carried out. In the study, polyacrylonitrile used as the polymer, while dimethyl formamide used as the solvent. The SEM images were examined to ascertain the morphology of the nanofibres. The average nanofiber diameter was determined to be  $138 \pm 17$  nm for the flat disk,  $170 \pm 15$  nm for the angled disk, and  $190 \pm 24$  nm for the helical spinneret. No bead formation was observed on the nanofiber webs. The analysis showed that the nanofibres had a uniform structure.

**Keywords:** Needleless Electrospinning, PAN, Nanofiber, Morphological Analysis

## 1. GİRİŞ

Nanolifler, mikrondan daha düşük çapa sahip lifler olarak tanımlanmaktadır (Greiner ve Wendorff 2007). Yüksek yüzey alanına ve küçük gözeneklere sahip olması nanoliflerin önemini giderek arttırmaktadır. Bu nedenle nanolifler birçok uygulama alanına sahiptirler. Nanoliflerin üretimi için çekim, şablon sentezi (Ondarçuhu ve Joachim, 1998), faz ayırma (Ma ve Zhang, 1999), kendiliğinden düzenleme (Liu vd., 1999), elektro çekim (Simm vd., 1979) gibi birçok yöntem vardır. Bu yöntemler arasında elektro çekim tekniği özellikle son yıllarda çalışmaların artış gösterdiği polimer esaslı nanolif üretimi için en etkili yöntemler arasında yer almaktadır. Elektro çekim yöntemi ile nanolif üretimi, sistemin basit kurulumu, düşük maliyetli olması, üretilen nanolif miktarının verimliliği ve tekrarlanabilirliği nedeniyle birçok avantaja sahiptir (Baumgarten vd., 1970).

Elektro çekim ile nanolif üretimi iğneli ve iğnesiz yöntemler olmak üzere ikiye ayrılabilir. Basit bir iğneli elektro çekim yöntemi için gerekli deney düzeneği temelde, çözeltiyi besleyen düze, elektrik alan oluşumunu sağlayan yüksek voltaj güç kaynağı ve toplayıcı olmak üzere önemli üç ana parçadan oluşmaktadır. İğneli elektro çekim yönteminde kullanılan iğne ucunda tıkanma, yetersiz üretim gibi problemlerinin önüne geçmek için iğnesiz elektro çekim yöntemi tasarlanmıştır (Jirsak vd., 2005; Dosunmu vd., 2006; Wang vd., 2012a). İlk iğnesiz elektro çekim sistemi Simm vd. (1979) tarafından tasarlanmış ve patenti alınmıştır. İğne yerine bir döner disk kullanılarak nanolif üretimi gerçekleştirilmiştir. Yarin ve Zussman (2004) çalışmalarında koni kullanarak iğnesiz bir elektro çekim yöntemi tasarlamışlardır. Bu araştırmalar dışında besleme tipi olarak silindir (Jirsak vd., 2005; Dosunmu vd., 2006; Kostokova vd., 2009; Petrik ve Maly, 2010; Keirouz vd., 2019; Wei vd., 2018; Xiong vd., 2020; Ahmedi vd., 2020; Kundrat vd., 2021), disk (Wang vd., 2012a; Forward ve Rutledge, 2012; Wei vd., 2016), tel (Holopainen vd., 2014; Bhattacharya vd., 2015), spiral (Lu vd., 2014), koni (Wang vd., 2009; Lu vd., 2010), piramit (Jiang vd., 2013; Jiang vd., 2014) gibi sistemler kullanılmıştır. İğnesiz elektro çekim sistemlerinde nanolif üretimi, iğneli elektro çekim sistemlerine göre oldukça yüksektir (Dosunmu vd. 2006, Wu vd. 2010, Lu vd. 2010, Thoppey vd. 2011, Wei vd. 2018).

İğnesiz yöntemler arasında rotating spinnerets en yaygın kullanılan sistemlerdir. Döner sistemler arasında silindir (Niu vd., 2009; Niu vd., 2012; Lin vd., 2014), disk (Niu vd., 2009; Niu vd., 2012; Wang vd., 2012a; Lin vd., 2014; Usman vd., 2017; Ahmad vd., 2019), yay (Wang vd., 2012b; Wang vd., 2013; Wang vd., 2014; Lin vd., 2014; Niu vd., 2018) ve helezonlar (Liu vd., 2013b; Lu vd., 2016) kullanılmaktadır. Bu sistemlerde üretkenlik ve nanolif morfolojisi en önemli parametreler arasındadır. Yapılan çalışmalarda spinneret çapı arttıkça nanolif çapı, silindiri ve diskli sistemlerde artmıştır (Niu vd., 2012). Spinneret hatve boyu arttıkça yaylı sistemlerde nanolif çapı önce artmış sonra azalmıştır. Spinneret kalınlığı arttıkça nanolif çapı, yaylı sistemlerde azaldığı (Lin vd., 2014), önce azalır sonra arttığı (Wang vd., 2012b), diskli sistemlerde ise arttığı yönünde çalışmalar vardır. Uygulanan voltaj arttıkça nanolif çapı, yay ve diskte azalmış (Niu vd., 2009; Wang vd., 2009; Wang vd., 2012b; Niu vd., 2012; Wang vd., 2013; Wang vd., 2014; Lin vd., 2014; Lin vd., 2014; Niu vd., 2018; Ahmad vd., 2019), silindirde artmış (Lin vd., 2014), helezonda ise önce azalmış sonra artmıştır (Liu vd., 2013b). TCD arttıkça nanolif çapı, helezon ve disklerde azalmış (Lu vd., 2016; Ahmad vd., 2019) ve yayda ise artmıştır (Wang vd., 2013; Lin vd., 2014). Çözelti konsantrasyonu arttıkça nanolif çapı, silindiri, diskli ve yaylı çalışmalarda artmıştır (Niu vd., 2009; Wang vd., 2012b, Wang vd., 2013; Lin vd., 2014; Usman vd., 2017; Ahmad vd., 2019).

Bu çalışmada iğnesiz elektro çekim tekniğinde besleme sistemi olarak düz disk, açılı disk ve helezon ile nanolifler üretilmiş ve morfolojik analizleri gerçekleştirilmiştir. Üretilen nanoliflerin morfolojisi SEM görüntüleri ile incelenmiştir. Farklı iğnesiz elektro çekim tekniklerine göre üretilen nanoliflerin çapları incelenmiştir.

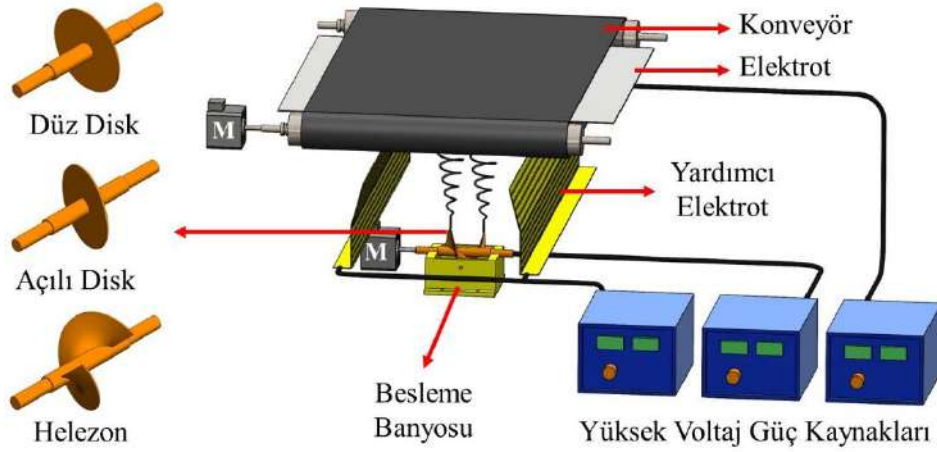
## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

Çalışmada kullanılan poliakrilonitril polimeri (PAN, Mw: 150.000 g/mol) AKSA Akrilik firmasından temin edilmiştir. Elektro çekim çözeltisinin hazırlanmasında çözücü olarak kullanılan dimetilformamit (DMF) Sigma Aldrich firmasından satın alınmıştır.

## 2.2. Elektro Çekim Sisteminin Kurulumu ve Nanolif Üretimi

İğnesiz elektro çekim sisteminin şematik gösterimi Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. İğnesiz Elektro Çekim Sisteminin Şematik Gösterimi

Çalışmada toplayıcı olarak konveyör kullanılmıştır. Konveyör içerisinde alüminyum plaka yerleştirilmiş ve -8 kV yüksek voltaj uygulanmıştır. TCD 18 cm olarak sabit tutulmuştur. Yardımcı elektrot olarak alüminyum elektrotlar kullanılmış ve +22 kV yüksek voltaj uygulanmıştır. İğnesiz besleme aparatı olarak düz disk, açılı disk ve helezon kullanılmıştır. İğnesiz besleme aparatlarının çapları 50 mm ve üst kalınlıkları 1 mm, helezon hatvesi uzunluğu ise 40 mm’dir. İğnesiz besleme aparatları alüminyumdan imal edilmiş olup içerisinde çözelti bulunan teflon bir banyoya yerleştirilmiş ve +50 kV yüksek voltaj uygulanmıştır. İğnesiz besleme aparatları bir motor ile 9 rpm hızda sürekli döndürülmüştür. Çalışmalar nem  $50 \pm 5$  ve sıcaklık  $25 \pm 2$  °C çevre koşullarında yapılmıştır. PAN/DMF çözeltisi ağırlıkça %12’lik konsantrasyonda, 80 °C’de ve 4 saat boyunca manyetik karıştırıcıda karıştırılarak hazırlanmıştır. Daha sonra çözelti banyolara aktarılarak nanolif üretimleri gerçekleştirilmiştir.

## 2.3. Karakterizasyon

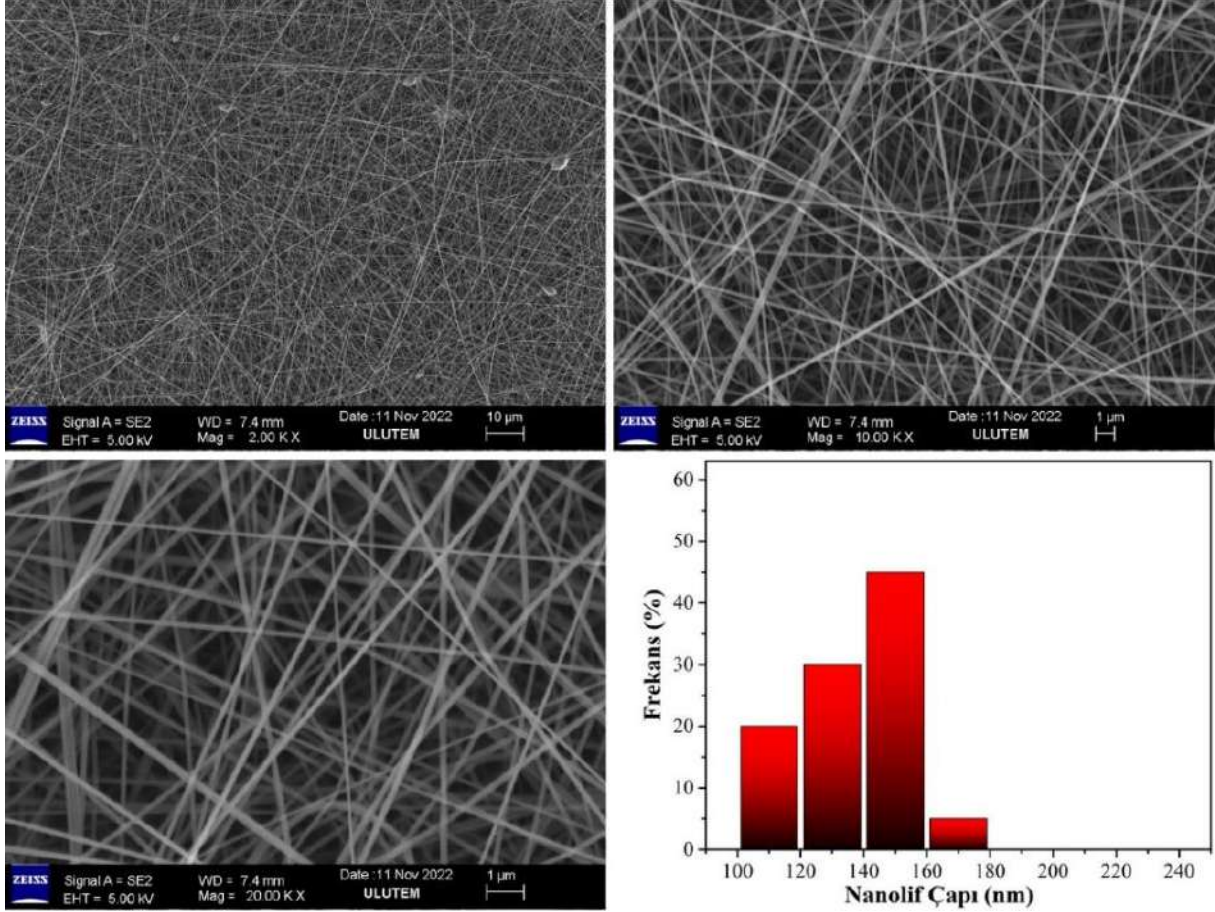
Çalışmada kullanılan PAN çözeltisinin viskozitesi Brookfield DV-III Ultra reometre, yüzey gerilimi Attention Theta optik tensiyometre ve elektriksel iletkenliği Orion 4 Star Plus iletkenlik ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Ölçümler,  $25 \pm 2$  °C sıcaklık ve  $45 \pm 5$  bağıl nem ortam şartlarında yapılmıştır.

Nanoliflerin taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri FE-SEM, ZEISS-Gemini SEM 300 cihazında alınmıştır. SEM görüntüleri için alüminyum folyo konveyör üzerine yerleştirilmiş ve üzerine toplanan nanolifler değerlendirilmiştir. Nanoliflerin SEM görüntüleri 2 kX, 10 kX ve 20 kX büyütme oranlarında alınmıştır. Ortalama nanolif çapları ImageJ programı ile 20 ölçümün ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

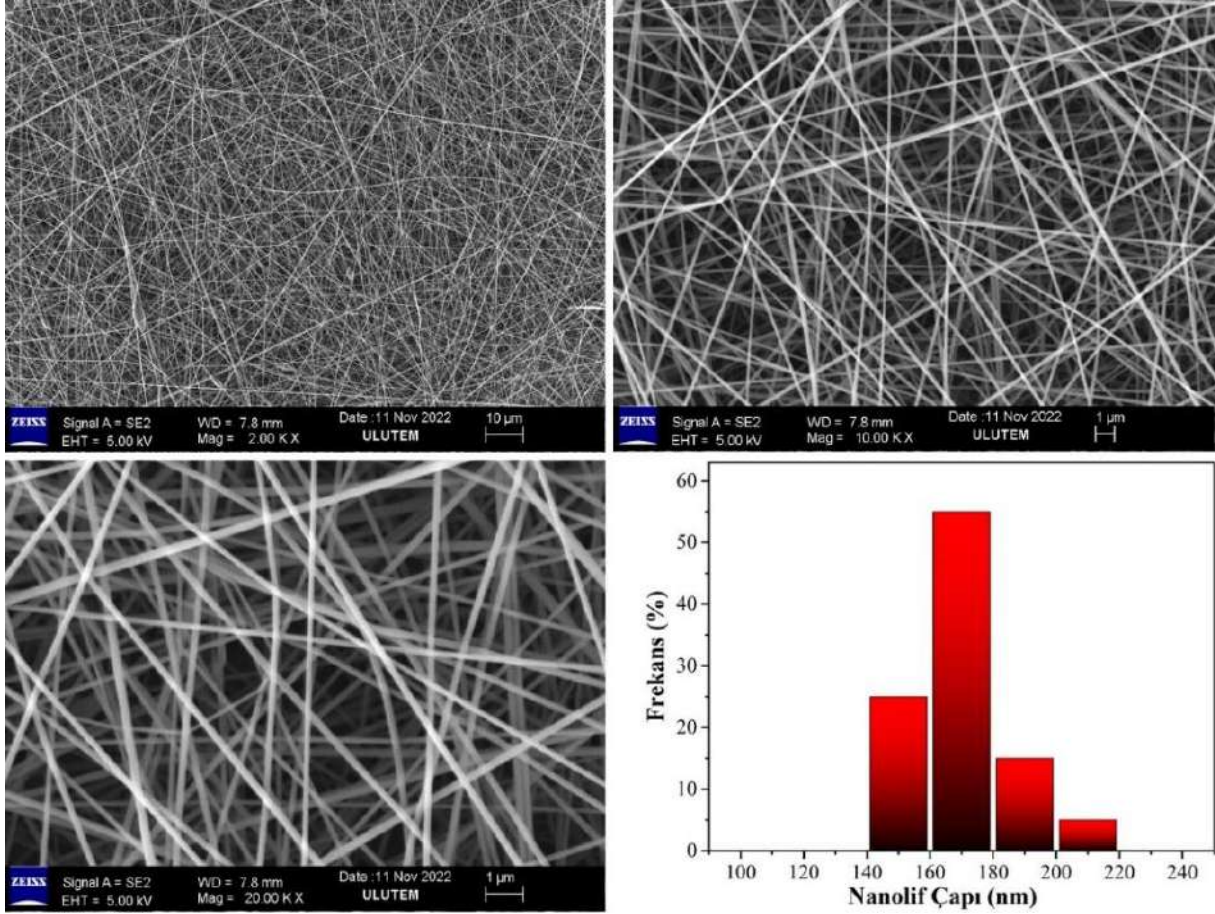
PAN/DMF çözeltisinin yüzey gerilimi 33,97 mN/m, viskozitesi 984 cP ve iletkenliği 84  $\mu$ S/cm olarak ölçülmüştür. Düz disk ile üretilen nanoliflerin SEM görüntüleri ve çap histogramları Şekil 2’de verilmiştir.





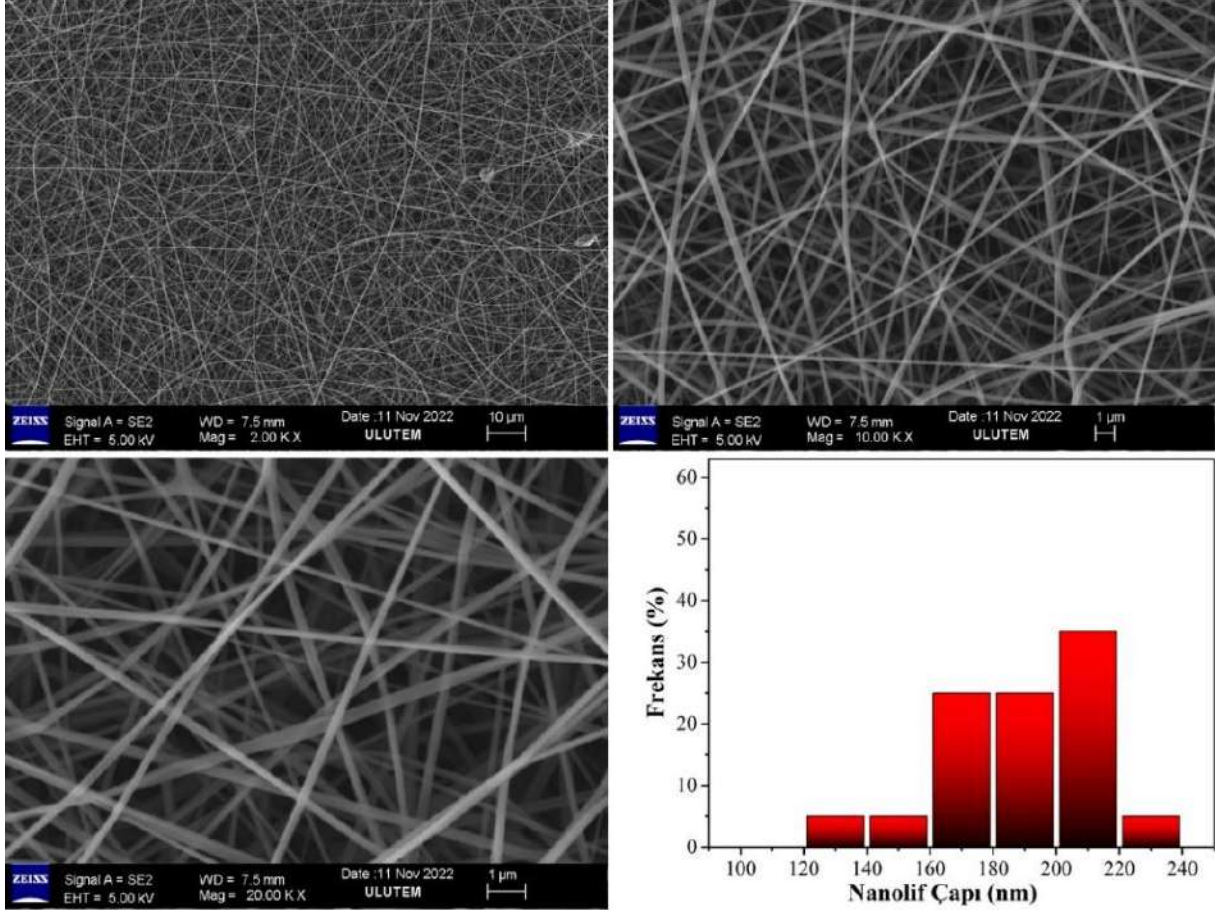
Şekil 2. Düz disk ile üretilen nanoliflerin SEM görüntüleri ve çap histogramları: a) 2 kX büyütme, b) 10 kX büyütme, c) 20 kX büyütme, d) nanolif çapı histogramı

SEM görüntüleri incelendiğinde nanoliflerin genel olarak dairesel ve üniform olduğu görülmüştür. Az miktarda boncuk oluşumu (bead formation) görülmektedir (Şekil 2a). Nanolif çapları histogram grafiğinde ise çaplar 110-170 nm aralığında dağılmıştır. Genel bir yığılma 150 nm’de görülmektedir (Şekil 2d). Ayrıca, histogram grafiklerinde nanoliflerin dar bir aralıkta yayıldığı, dolayısıyla standart sapmanın düşük olduğu söylenebilir. Ortalama nanolif çapı, düz disk için  $138 \pm 17$  nm olarak tespit edilmiştir. Açılı disk ile üretilen nanoliflerin SEM görüntüleri ve çap histogramları Şekil 3’te verilmiştir.



Şekil 3. Açılı disk ile üretilen nanoliflerin SEM görüntüleri ve çap histogramları: a) 2 kX büyütme, b) 10 kX büyütme, c) 20 kX büyütme, d) nanolif çapı histogramı

SEM görüntüleri incelendiğinde nanoliflerin genel olarak dairesel ve üniform olduğu görülmüştür. Nanolif yüzeyde boncuk oluşumu yok denilecek kadar azdır (Şekil 3a). Nanolif çapları histogram grafiğinde ise çaplar 150-210 nm aralığında dağılmıştır. Genel bir yığılma 170 nm'de görülmektedir. Ayrıca, histogram grafiklerinde nanoliflerin dar bir aralıkta yayıldığı, dolayısıyla standart sapmanın düşük olduğu söylenebilir (Şekil 3d). Ortalama nanolif çapı, açılı disk için  $170 \pm 15$  nm olarak tespit edilmiştir. Helezon ile üretilen nanoliflerin SEM görüntüleri ve çap histogramları Şekil 4'te verilmiştir.



**Şekil 4.** Helezon ile üretilen nanoliflerin SEM görüntüleri ve çap histogramları: a) 2 kX büyütme, b) 10 kX büyütme, c) 20 kX büyütme, d) nanolif çapı histogramı

SEM görüntüleri incelendiğinde helezon ile üretilen nanoliflerin genel olarak dairesel ve üniform olduğu görülmüştür. Nanolif yüzeyde açılı diske olduğu gibi boncuk oluşumu yok denilecek kadar azdır (Şekil 3a). Nanolif çapları histogram grafiğinde ise çaplar 130-230 nm aralığında dağılmıştır (Şekil 4d). Histogram grafiklerinde nanolif çaplarının disk ile üretilenlere göre daha geniş bir alana yayıldığı ve bu sebeple standart sapmanın yüksek olduğu söylenebilir (Şekil 2d, Şekil 3d ve Şekil 4d). Ortalama nanolif çapı, helezon için  $190 \pm 24$  nm olarak tespit edilmiştir.

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada iğnesiz elektro çekim tekniği ile nanolifler üretilmiş ve morfolojisi incelenmiştir. İğnesiz elektro çekim besleme sistemi olarak disk, açılı disk ve helezon kullanılmıştır. Çalışmada iğnesiz tekniklerde üretilen tüm nanoliflerin düzgün, üniform yapıda olduğu görülmüştür. Açılı disk ve helezonda boncuk oluşumu düz diske göre daha düşüktür. Nanolif çapı dağılımı ise helezonda yüksek iken disklerde daha düşüktür. Ortalama nanolif çapları, düz disk için  $138 \pm 17$  nm, açılı disk için  $170 \pm 15$  nm ve helezon için  $190 \pm 24$  nm olarak tespit edilmiştir. İğnesiz elektro çekim teknikleri, üretkenlik açısından iğneli tekniklere göre daha yüksek olduğundan ve iğneli tekniklerde görülen tıkanma gibi problemler olmadığından endüstriyel açıdan önemlidir. Bu tekniklerin geliştirilirken nanolif kalitesi ve morfolojisi göz önüne alınarak ilerleme sağlanmalıdır.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 119M342 nolu proje kapsamında desteklenmektedir. Desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkürlerimizi sunarız.

## KAYNAKÇA

- Ahmad, A., Ali, U., Nazir, A., Shahzad, A., Khaliq, Z., Qadir, M. B., Mushtaq, B. (2019). *Toothed wheel needleless electrospinning: A versatile way to fabricate uniform and finer nanomembrane. Journal of Materials Science*, 54(21), 13834-13847.
- Ahmadi, Z., Ravandi, S. A. H., Haghghat, F., Dabirian, F. (2020). *Enhancement of the mechanical properties of PAN nanofiber/carbon nanotube composite mats produced via needleless electrospinning system. Fibers and Polymers*, 21, 1200-1211.
- Ali, U., Niu, H., Aslam, S., Jabbar, A., Rajput, A. W., Lin, T. (2017). *Needleless electrospinning using sprocket wheel disk spinneret. Journal of materials science*, 52, 7567-7577.
- Baumgarten, P. K. (1971). *Electrostatic spinning of acrylic microfibers. Journal of colloid and interface science*, 36(1), 71-79.
- Bhattacharjee, P., Kundu, B., Naskar, D., Maiti, T. K., Bhattacharya, D., Kundu, S. C. (2015). *Nanofibrous nonmulberry silk/PVA scaffold for osteoinduction and osseointegration. Biopolymers*, 103(5), 271-284.
- Dosunmu, O. O., Chase, G. G., Varabhas, J. S., Kataphinan, W., Reneker, D. H. (2006). *Polymer nanofibers from multiple jets produced on a porous surface by electrospinning. Nanotechnology*, 17(4), 1123-1127.
- Forward, K. M., Rutledge, G. C. (2012). *Free surface electrospinning from a wire electrode. Chemical Engineering Journal*, 183, 492-503.
- Greiner, A., Wendorff, J. H. (2007). *Electrospinning: a fascinating method for the preparation of ultrathin fibers. Angewandte Chemie International Edition*, 46(30), 5670-5703.
- Holopainen, J., Penttinen, T., Santala, E., Ritala, M. (2014). *Needleless electrospinning with twisted wire spinneret. Nanotechnology*, 26(2), 025301.
- Jiang, G., Qin, X. (2014). *An improved free surface electrospinning for high throughput manufacturing of core-shell nanofibers. Materials Letters*, 128, 259-262.
- Jiang, G., Zhang, S., Qin, X. (2013). *High throughput of quality nanofibers via one stepped pyramid-shaped spinneret. Materials Letters*, 106, 56-58.
- Jirsák, O., Sanetrník, F., Lukáš, D., Kotek, V., Martinová, L., Chaloupek, J. (2005). *Patent CZ 294 274, 14.09. 2004. WO/2005/024101, 17.03.*
- Keirouz, A., Fortunato, G., Zhang, M., Callanan, A., Radacsi, N. (2019). *Nozzle-free electrospinning of Polyvinylpyrrolidone/Poly (glycerol sebacate) fibrous scaffolds for skin tissue engineering applications. Medical Engineering & Physics*, 71, 56-67.
- Kostakova, E., Meszaros, L., Gregr, J. (2009). *Composite nanofibers produced by modified needleless electrospinning. Materials Letters*, 63(28), 2419-2422.
- Kundrat, V., Vykoukal, V., Moravec, Z., Simonikova, L., Novotny, K., Pinkas, J. (2022). *Preparation of polycrystalline tungsten nanofibers by needleless electrospinning. Journal of Alloys and Compounds*, 900, 163542.
- Lin, T., Wang, X., Wang, X., Niu, H. (2014). *Electrostatic spinning assembly. WO, 43002.*
- Liu, W. J., Huang, C., Jin, X. Y. (2013b). *Improvement of uniformity of needleless electrospun nanofibers. In Advanced Materials Research (Vol. 821, pp. 200-203). Trans Tech Publications Ltd.*
- Liu, W. J., Zhang, H. F., Li, D. W., Huang, C., Jin, X. Y. (2013). *Study on needle and needleless electrospinning for nanofibers. In Advanced Materials Research (Vol. 750, pp. 276-279). Trans Tech Publications Ltd.*
- Lu, B., Wang, Y., Liu, Y., Duan, H., Zhou, J., Zhang, Z., Xie, E. (2010). *Superhigh-throughput needleless electrospinning using a rotary cone as spinneret. small*, 6(15), 1612-1616.

- Lu, W., Ma, M., Xu, H., Zhang, B., Cao, X., Guo, Y. (2015). Gelatin nanofibers prepared by spiral-electrospinning and cross-linked by vapor and liquid-phase glutaraldehyde. *Materials Letters*, 140, 1-4.
- Lu, W., Xu, H., Zhang, B., Ma, M., Guo, Y. (2016). The preparation of chitosan oligosaccharide/alginate sodium/gelatin nanofibers by spiral-electrospinning. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 16(3), 2360-2364.
- Ma, P. X., Zhang, R. (1999). Synthetic nano-scale fibrous extracellular matrix. *Journal of Biomedical Materials Research: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials*, 46(1), 60-72.
- Martin, C. R. (1996). Membrane-based synthesis of nanomaterials. *Chemistry of materials*, 8(8), 1739-1746
- Niu, H., Gao, W., Lin, T., Wang, X., Kong, L. (2014). Composite yarns fabricated from continuous needleless electrospun nanofibers. *Polymer Engineering & Science*, 54(7), 1495-1502.
- Niu, H., Lin, T., Wang, X. (2009). Needleless electrospinning. I. A comparison of cylinder and disk nozzles. *Journal of applied polymer science*, 114(6), 3524-3530.
- Niu, H., Wang, X., Lin, T. (2012). Needleless electrospinning: influences of fibre generator geometry. *Journal of the Textile Institute*, 103(7), 787-794.
- Niu, H., Zhou, H., Yan, G., Wang, H., Fu, S., Zhao, X., Lin, T. (2018). Enhancement of coil electrospinning using two-level coil structure. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 57(45), 15473-15478.
- Ondarçuhu, T., Joachim, C. (1998). Drawing a single nanofibre over hundreds of microns. *EPL (Europhysics Letters)*, 42(2), 215.
- Petrik, S., Maly, M. (2009). Production nozzle-less electrospinning nanofiber technology. *MRS Online Proceedings Library (OPL)*, 1240.
- Simm, W., Gosling, C., Bonart, R., Falkai, B. V. (1979). U.S. Patent No. 4,143,196. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Thoppey, N. M., Bochinski, J. R., Clarke, L. I., Gorga, R. E. (2011). Edge electrospinning for high throughput production of quality nanofibers. *Nanotechnology*, 22(34), 345301.
- Wang, X., Lin, T., Wang, X. (2014). Scaling up the production rate of nanofibers by needleless electrospinning from multiple ring. *Fibers and Polymers*, 15, 961-965.
- Wang, X., Niu, H., Lin, T., Wang, X. (2009). Needleless electrospinning of nanofibers with a conical wire coil. *Polymer Engineering & Science*, 49(8), 1582-1586.
- Wang, X., Niu, H., Wang, X., Lin, T. (2012b). Needleless electrospinning of uniform nanofibers using spiral coil spinnerets. *Journal of Nanomaterials*, 2012.
- Wang, X., Wang, X. G. (2013). Mass production of nanofibers from a spiral coil. In *Advanced Materials Research (Vol. 821, pp. 36-40)*. Trans Tech Publications Ltd.
- Wang, X., Wang, X., Lin, T. (2012). Electric field analysis of spinneret design for needleless electrospinning of nanofibers. *Journal of Materials Research*, 27(23), 3013-3019.
- Wang, X., Wang, X., Lin, T. (2012a). Electric field analysis of spinneret design for needleless electrospinning of nanofibers. *Journal of Materials Research*, 27(23), 3013-3019.
- Wei, L., Sun, R., Liu, C., Xiong, J., & Qin, X. (2019). Mass production of nanofibers from needleless electrospinning by a novel annular spinneret. *Materials & Design*, 179, 107885.
- Wei, L., Yu, H., Jia, L., Qin, X. (2018). High-throughput nanofiber produced by needleless electrospinning using a metal dish as the spinneret. *Textile Research Journal*, 88(1), 80-88.

Wu, D., Huang, X., Lai, X., Sun, D., Lin, L. (2010). High throughput tip-less electrospinning via a circular cylindrical electrode. *Journal of Nanoscience and nanotechnology*, 10(7), 4221-4226.

Xiong, J., Liu, Y., Li, A., Wei, L., Wang, L., Qin, X., Yu, J. (2021). Mass production of high-quality nanofibers via constructing pre-Taylor cones with high curvature on needleless electrospinning. *Materials & Design*, 197, 109247.

Yarin, A. L., Zussman, E. (2004). Upward needleless electrospinning of multiple nanofibers. *Polymer*, 45(9), 2977-2980.

# TEKSTİL UYGULAMALARI İÇİN POLİÜRETAN DİSPERSİYONLARININ SENTEZİ

**Canberk YÜKSEL, Ezgi TOPCU GÜRBÜZ, Canan ÖZTÜRK, Emre KALAYCIOĞLU**  
*Akkim Kimya San. Ve Tic. A.Ş., Tekstil Ar-Ge Bölümü, Yalova, Türkiye*  
*Canberk.Yuksel@Akkim.com.tr*

## ÖZET

Bu çalışma, tekstil endüstrisinde su bazlı poliüretan dispersiyonları (PUD) üzerine odaklanmaktadır. Araştırmada, İzoforon diizosiyanat (IPDI), Hidrojenize MDI (H<sub>12</sub>MDI), Heksametilen diizosiyanat (HDI), Trimetilheksametilen diizosiyanat (TMDI) ve Tetrametilksilen diizosiyanat (TMXDI) kullanılarak su bazlı poliüretan dispersiyonları sentezlenmiştir. Bu diizosiyanatların dispersiyonların özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Karakterizasyon, aktif madde içeriği, iyonik değerler, partikül boyutları ve zeta potansiyelleri ile yapılmıştır. Polimerlerin termal özellikleri ise Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) ve Termogravimetrik Analiz (TGA) ile araştırılmıştır. Denim ve dokuma pamuk üzerindeki etkiler, çekme mukavemeti ve sürtünme haslığı gibi testlerle değerlendirilmiştir. Sonuçlar, diizosiyanat türünün PUD'ların performansında belirleyici olduğunu göstermiştir. Bu bulgular, tekstil endüstrisinde su bazlı poliüretanların potansiyel uygulamalarını ve özellik optimizasyonu için diizosiyanat seçiminin önemini ortaya koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Poliüretan, Diizosiyanat, Dispersiyon, Tekstil

## SYNTHESIS OF POLYURETHANE DISPERSIONS FOR TEXTILE APPLICATIONS

### ABSTRACT

This study focuses on the development and utilization of waterborne polyurethane dispersions (PUDs) within the textile industry. In the research, waterborne polyurethane dispersions were synthesized using various diisocyanates: Isophorone diisocyanate (IPDI), Hydrogenated MDI (H<sub>12</sub>MDI), Hexamethylene diisocyanate (HDI), Trimethylhexamethylene diisocyanate (TMDI), and Tetramethylxylylene diisocyanate (TMXDI). The impact of these diisocyanates on the properties of the dispersions was thoroughly investigated. Characterization was conducted by analyzing the active substance content, ionic values, particle sizes, and zeta potentials. Additionally, the thermal properties of the polymers were studied using Differential Scanning Calorimetry (DSC) and Thermogravimetric Analysis (TGA). The effects on denim and woven cotton were evaluated through various standard tests, such as tensile strength and rubbing fastness. The results demonstrate that the type of diisocyanate is a critical determinant in the performance of PUDs. These findings underline the significance of diisocyanate selection for optimizing properties and suggest potential applications of waterborne polyurethanes in the textile industry.

**Keywords:** Polyurethane, Diisocyanate, Dispersion, Textile

### 1.GİRİŞ

Poliüretanlar (PU), Otto Bayer tarafından 1937 yılında naylon'a bir alternatif bulma amacıyla keşfedilmiştir. "Poliüretan" terimi, "çok" anlamına gelen Yunanca "poly" kelimesi ile, bu malzemenin belirleyici özelliklerinden biri olan üretan veya karbamat ester bağıını ifade eden "üretan" kelimesinin birleşiminden oluşur (Szycher, 1999). Yaklaşık 80 yıl boyunca, poliüretanlar endüstride en yaygın

kullanılan polimerlerden biri haline gelmiştir. Çok yönlülükleri, köpükler, elastomerler, termoplastikler, termosetler, yapıştırıcılar, lifler ve kaplamalar gibi geniş uygulama yelpazelerinde yansıtılmıştır. Bu polimerler, yataklar ve minderler gibi günlük eşyalarda kullanıldığı gibi, otomotiv, havacılık, ayakkabıcılık, elektronik ve tekstil endüstrilerinde kritik roller oynamaktadır (Ionescu, 2016). Tekstil alanında, poliüretanlar kumaşlara esneklik ve dayanıklılık sağlama yetenekleri nedeniyle değerlidir, bu da onları performans ve moda giysileri için ideal kılmaktadır. Benzersiz özellikleri, sağlam ve dayanıklı malzemeler gerektiren alanlarda yenilik ve verimlilik sağlamak için olanaklar sunar. Poliüretanlar genellikle bir izosiyanat ile bir poliollerin reaksiyonu sonucu sentezlenir; bu süreç bir katalizör yardımıyla veya ultraviyole ışık ile etkinleştirilerek gerçekleştirilebilir (Buist, 1965). Gerekli olan izosiyanat ve poliollerin molekülleri, sırasıyla en az iki izosiyanat grubu ve hidroksil grubu içermelidir.

Poliüretanların elde edilmek istenilen özellikleri, kullanılan polioller ve izosiyanat türlerine önemli ölçüde bağlıdır. Genellikle, esnek, uzun segmentlere sahip polioller kullanılarak yumuşak, elastik polimerler üretilirken, daha yüksek derecede çapraz bağlama ile sert ve dayanıklı polimerler elde edilir (Akindoyo, 2016). Su bazlı poliüretanlar, çoğunlukla WPU's olarak bilinen, ağırlıklı olarak çözücü olarak suyu kullanan kaplama ve yapıştırıcılar kategorisindedir. Bu ürünlerden uçucu organik bileşenlerin ve diğer tehlikeli hava kirleticilerin salınımı sıkı düzenlemelerle kontrol edilmektedir (Ghazal, 2024). Poliüretanın hidrofobik özellikleri nedeniyle, kimyasal değişiklikler yapılmadıkça yüksek karıştırma hızı ve harici emülgatörler kullanılarak yalnızca su içinde etkin bir şekilde dağıtılamaz. Bu değişiklikler genellikle, PU yapısına hidrofilik gruplar veya iyonik merkezler entegrasyonunu içerir ve bu gruplar, stabil bir dağılımı kolaylaştırmak için gereklidir. Yapısal olarak, PU bir iyonik grubu içeren sert bir segment ve hidrofobik uç noktası olarak poliollerden oluşan yumuşak bir segment içerir. Bu hidrofilik segmentler genellikle emülgatörler olarak adlandırılır ve polimer matrisine dahil edilmelerine bağlı olarak iç ve dış emülgatörler olarak ayrı ayrı sınıflandırılır (Pandya, 2020). Poliüretan sentezinde iç emülgatörlerin kullanılması önemli avantajlar sunar; zira PU'yu neredeyse kendi kendine dağılılabile hale getirir ve mükemmel dağılım stabilitesi sağlamak için sadece minimal karıştırma hızı gerektirir. Ayrıca, bu yaklaşım dispersiyonda ince parçacık boyutu gibi diğer arzu edilen özelliklere de katkıda bulunur. Su buharlaştıktan sonra film duyarlılığını ve bütünlüğünü artırarak çeşitli uygulamalarda performansı iyileştirir (Kim, 1996). İyonik merkezler içeren ön-polimerler, aniyonik veya katyonik olmalarına bağlı olarak sırasıyla aniyonomerler ve katyonomerler olarak adlandırılır. Aniyonik poliüretan dispersiyonları, geniş uygulama yelpazeleri nedeniyle en kapsamlı araştırılan poliüretan dispersiyon türüdür.

Dimetilolpropiyonik asit (DMPA), su bazlı poliüretan dispersiyonlarının sentezinde en yaygın kullanılan reaktiftir. DMPA'daki sterik olarak engellenmiş karboksilik asit grubu, diizosiyanat grubuyla olan reaktivitesini azaltarak onu anyonomer olarak ideal bir seçim haline getirir (Szycher, 1999). Su bazlı poliüretan dispersiyonlarının üretimi genellikle dört adımlı bir metodoloji izler. İlk olarak, terminal NCO (izosiyanat) gruplarına sahip bir ön-polimer, orta ila düşük moleküler ağırlıkla sentezlenir. Daha sonra, moleküler ağırlığı artırmak için bir zincir uzatma işlemi gerçekleştirilir ve yüksek moleküler ağırlıklı bir polimer elde edilir. Üçüncü aşamada, PU içindeki eklenmiş iyonik grupların nötralizasyonu yapılır ve polimere hidrofiliklik kazandıran kuaterner tuzlar oluşturulur. Son aşama, nötralize edilmiş PU'nun yüksek hızlarda su içinde dispersiyonudur ve su bazlı poliüretan oluşumuyla sonuçlanır (Honarkar, 2018). Su bazlı poliüretan dispersiyonlarının sentezinde iki baskın sentez yöntemi kullanılır: Aseton prosesi ve Ön-polimer Karıştırma prosesi. Bu ana yöntemler, Eritme Dispersiyonu tekniği ve Ketimin ve Ketazin prosesleriyle yakından tamamlanır; bu teknikler, polimer sentezi ve uygulamasının çeşitli özel gereksinimlerini karşılamada önemli roller oynar (Pandya, 2020). Su bazlı poliüretan dispersiyonlarının sentezinde kullanılan Ön-polimer Karıştırma yaklaşımında, hidrofobik olarak modifiye edilmiş bir ön-polimer başlangıçta su ile karıştırılır. Bu karışımın viskozitesi aşırı yüksekse, dispersiyon işleminden önce küçük bir miktar çözücü eklenir. Dipropilen glikol dimetil eter yaygın olarak kullanılan çözücü olarak karşımıza çıkmaktadır. Zincir uzatma aşaması, diaminlerin ön-polimerin sulu dispersiyonuna eklenmesiyle gerçekleştirilir (Barni, 2003). Küresel tekstil talebi istikrarlı bir şekilde artmakta ve bu eğilimin devam etmesi beklenmektedir. Bu eğilim, nüfus ve ekonomi genişledikçe sürecektir. Kumaş yapısına yapışan katmanlar ekleyen tekstil kaplamaları, endüstride çok önemli bir rol oynamaktadır. Kaplanmış tekstiller, geniş çeşitlilikteki faydalı uygulamaları nedeniyle özellikle değerlidir (Billah, 2019). Modern tekstil endüstrisi



uygulamalarında, çözücü teknolojisine dayalı kaplamalar, aseton, N, N-dimetil formamid (DMF), metil etil keton (MEK) ve toluen gibi organik solventlerin yoğun kullanımını içerir. Şu anda bu çözücüler tamamen geri kazanılmamaktadır, bu da hem işçi sağlığı hem de çevre için riskler oluşturmaktadır. Su bazlı poliüretanlar, çevreye salınan çözücü emisyonlarını azaltma ve maliyet etkinliği gibi avantajlar sunarak, çeşitli uygulamalar için uygun hale gelmektedir (Ghonia, 2024).

## 2.MATERYAL VE METOT

### 2.1.Materyal

Makroglikol olarak lineer polipropilen eter poliöl (Mw=2000) (Covestro tarafından temin edilmiştir) kullanılmıştır. İzoforon diizosiyanat (IPDI), Hidrojene MDI (H12MDI), Heksametilen diizosiyanat (HDI) (Covestro tarafından temin edilmiştir), Trimethylhexamethylene diisocyanate (TMDI) (Evonik tarafından temin edilmiştir) ve Tetrametilksilen diizosiyanat (TMXDI) (Allnex tarafından temin edilmiştir) diizosiyanat olarak kullanılmıştır. Dimetilolpropiyonik asit (DMPA) ve polietilen glikol monometil eter (Perstorp tarafından temin edilmiştir) dispersiyon özelliklerini artırmak için kullanılmıştır. Zincir uzatıcı olarak sikloalfatik bis(ikincil amin) kullanılmıştır (Huntsman tarafından temin edilmiştir).

### 2.2.Su Bazlı Poliüretan Dispersiyonların Sentezi

Su bazlı poliüretan dispersiyonlarının sentezi, beş farklı diizosiyanat kullanılarak ön-polimer karıştırma yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. NCO/OH oranı 2 olarak korunmuş ve reaksiyon parametreleri sadece diizosiyanat türü değiştirilerek ayarlanmıştır. 1 litrelik cam bir reaktörde, polioller, katalizör ve diizosiyanat tartılmıştır. Reaksiyon, kapalı bir azot atmosferinde, sıcaklık 80°C'ye yükseltilerek ve karıştırma hızı 600 rpm olarak ayarlanarak gerçekleştirilmiştir. Teorik olarak beklenen serbest NCO değerine ulaşıldığında, sıcaklık 40°C'ye düşürülmüş ve DMPA miktarının %85'ine eşdeğer trietilamin (TEA) kullanılarak kısmi nötralizasyon yapılmıştır. Nötralizasyon tamamlandıktan sonra, ön-polimeri seyreltmek için deiyonize su cam reaktöre eklenir ve karıştırma hızı 1000 rpm'ye artırılır. Son adım olarak, kalan tüm serbest NCO grupları ile reaksiyona girmesi için zincir uzatıcı olarak diamine eklenir. Karışımın iyice dağılması için bir saat boyunca yüksek hızda karıştırılır.

### 2.3.Karakterizasyon

Sentezlenen beş farklı su bazlı poliüretan dispersiyonu, aktif madde içerikleri Sartorius MA 35 kullanılarak, iyoniklik değerleri BTG Mutek PCD-T3 ile ve parçacık boyutları ve zeta potansiyelleri Malvern Zetasizer Pro ile analiz edilmiştir. Polimer özelliklerini daha ayrıntılı karakterize etmek için, Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC) analizi TA Instruments DSC 25 kullanılarak, Termogravimetrik Analiz (TGA) PerkinElmer TGA 4000 ile gerçekleştirilmiş ve ortalama moleküler ağırlıklar Sartorius MA 35 cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

## 3.ARAŞTIRMA BULGULARI

Sentezlenen anyonik poliüretan dispersiyonlarının karakterizasyon sonuçları incelenmiştir. Aktif madde içeriği, parçacık boyutu ve iyoniklik değerlerinin birbirine yakınlığı, deneyde belirli bir dispersiyon standardının elde edildiğini göstermektedir. Zeta potansiyel sonuçları ile birlikte dispersiyonların stabilitesi hakkında bilgi elde edilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Poliüretan dispersiyonların karakterizasyon sonuçları

PUD	Aktif Madde (%)	İyoniklik (eq/g)	Parçacık Boyutu (nm)	Zeta Potansiyeli (mV)
PUD-IPDI	32,16	-0,130	63,08	-15,91
PUD-TMXDI	34,55	-0,114	51,77	-16,50
PUD- H <sub>12</sub> MDI	33,53	-0,111	71,10	-32,73
PUD-TMDI	34,22	-0,164	50,45	-17,41
PUD-HDI	32,91	-0,114	69,97	-26,60

Dispersiyonların özelliklerini incelemenin yanı sıra, sentezlenen poliüretanların polimerik özelliklerinin karakterizasyonu da araştırılmıştır. Ortalama moleküler ağırlıklar, camsı geçiş sıcaklıkları ve bozunma sıcaklıkları Çizelge 2'de bulunabilir.

**Çizelge 2.** Poliüretan dispersiyonların karakterizasyon sonuçları

PUD	Ortalama Molekül Ağırlığı (Mw)	Tg <sub>1</sub> (°C)	Tg <sub>2</sub> (°C)	Bozunma Sıcaklığı (°C)
PUD-IPDI	20675	-53,15	48,83	225
PUD-TMXDI	22517	-54,47	50,63	200
PUD- H <sub>12</sub> MDI	22595	-53,67	52,83	235
PUD-TMDI	20718	-53,66	42,04	210
PUD-HDI	20265	-55,55	47,23	235

Poliüretan dispersiyonlarının 100 g/L konsantrasyonunda denim ve dokuma pamuk üzerine uygulanmasıyla yapılan çekme dayanımı testi, işlem görmemiş denim ve dokuma pamuk ile karşılaştırılmıştır. Test, EN ISO 13934-1:2013 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir ve sonuçlar Şekil 1'de gösterilmektedir.



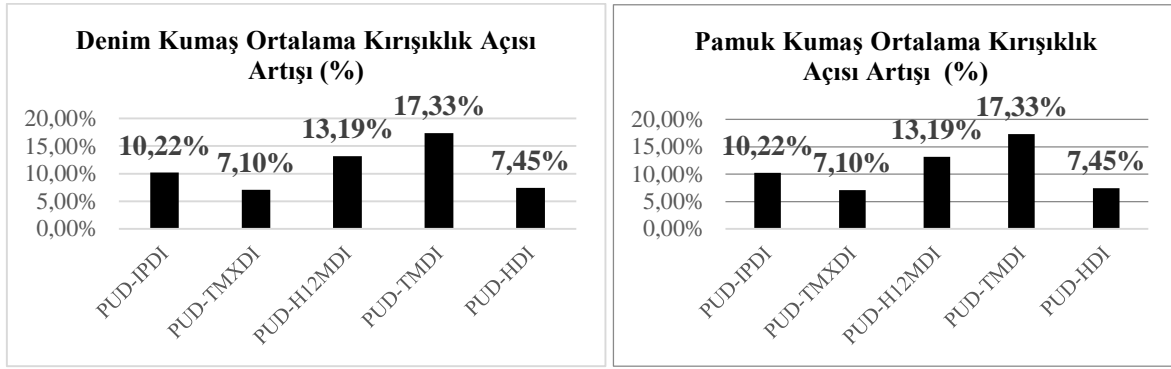
**Şekil 1.** Çekme dayanımındaki ortalama yüzde artış.

Poliüretan dispersiyonları (PUD'ler) kullanılarak tekstillerdeki boyalar ve iplikler üzerinde fiziksel sürtünmenin etkilerinin iyileştirilmesi, sürtme haslığı ve boncuklanma testleri ile değerlendirildi. Islak ve kuru sürtme haslığı testleri, 100 g/L'de işlenmiş denimler kullanılarak EN ISO 105-A03 yöntemine göre gerçekleştirildi. Tüylene testi ise 50 g/L'de işlenmiş örme pamuk kumaşlar kullanılarak ASTM D 4970 standardına göre yapıldı. Sonuçlar Çizelge 3'te bulunabilir. Test sonuçları ISO EN 105-X12 yöntemine göre değerlendirildi.

**Çizelge 3.** Sürtünme testlerinin sonuçları, ISO EN 105-X12 değerlendirme yöntemi kullanılarak elde edilmiştir.

PUD	Kuru Sürtme Haslığı	Yaş Sürme Haslığı	Boncuklanma
Uygulama Yapılmamış Kumaş	4	1	1-2
PUD-IPDI	5	3	4
PUD-TMXDI	5	2-3	3-4
PUD- H <sub>12</sub> MDI	4-5	2	4
PUD-TMDI	4-5	2	3-4
PUD-HDI	5	2-3	3-4

Poliüretan dispersiyonlarının denim ve dokuma pamuk kumaşlara uygulanmasının kırışıklık geri kazanım açısına etkileri, ISO 2313-1 standardı kullanılarak ölçülmüştür. İşlem görmemiş örneklerle karşılaştırıldığında açıda meydana gelen artışın sonuçları Şekil 2'de görülebilir.



Şekil 2. Kırışıklık geri kazanım açısından ortalama yüzde artış sonuçları.

Poliüretan dispersiyonlarının mukavemet artışı üzerindeki etkisinin yanı sıra, işlem görmüş denim kumaşlarda su geçirme direnci özellikleri üzerindeki etkisi de EN 20811 standardı kullanılarak incelenmiştir. Gözlemlenen artış değerleri Çizelge 4'te sunulmaktadır.

Çizelge 4. PUD ile işlem görmüş denim kumaşların su geçirme sonuçları.

PUD	cm w.c.	kPa
Uygulama Yapılmamış Kumaş	16,7	1,647
PUD-IPDI	22,9	2,245
PUD-TMXDI	17,6	1,725
PUD- H <sub>12</sub> MDI	24,6	2,412
PUD-TMDI	19,6	1,922
PUD-HDI	26	2,549

#### 4.SONUÇLAR

Elde edilen sonuçlara göre, seçilen kumaşlar üzerinde poliüretan dispersiyonlarının uygulanması, kumaş özellikleri üzerinde iyileştirici bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Diizosiyanatlar arasındaki fark uygulama sonuçlarını açıkça etkilerken, tek bir diizosiyanatın tüm sonuçlarda öne çıkmasından ziyade, istenen özelliğe bağlı olarak farklı diizosiyanatların seçilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Çekme dayanımı testinde TMXDI, H<sub>12</sub>MDI ve TMDI daha başarılı olurken, sürtme haslığı ve tüylenme testlerinde IPDI ve HDI iyi performans göstermiştir. Kırışıklık geri kazanım açısı testinde TMDI öne çıkarken, su geçirme direncinde HDI önde bulunmuştur.

#### 5.KAYNAKLAR

Akindoyo JO, Beg MDH, Ghazali S, Islam MR, Jeyaratnam N, Yuvaraj AR (2016) Polyurethane types, synthesis and applications – a review. RSC Adv 6:114453

Barni A, Levi M (2003) Aqueous Polyurethane Dispersions: A Comparative Study of Polymerization Processes. Wiley InterScience.

Billah SMR (2019) Textile Coatings. In: Jafar Mazumder M, Sheardown H, Al-Ahmed A (eds) Functional Polymers, Polymers and Polymeric Composites: A Reference Series. Springer

Buist JM, Lowe A (1965) The Chemistry of Polyurethanes and Their Applications. The Annals of Occupational Hygiene 8(2):143-162

Ghazal H, Saad F, Hegazy BM, Sedik A, Hassabo AG (2024) Polyurethane and its Application in Textile Industry. Review 13(1):8

*Ghonia JR, Savani NG, Prajapati V, et al. (2024) A review on polyurethane based multifunctional materials synthesis for advancement in textile coating applications. J Polym Res 31:95.*

*Honarkar H (2018) Waterborne polyurethanes: A review. J Dispersion Sci Technol 39(4):507–516*

*Ionescu M (2016) Chemistry and Technology of Polyols for Polyurethanes, 2nd edn, Vol 1. Smithers Rapra Technology Ltd.*

*Kim BK (1996) Aqueous polyurethane dispersions. Colloid Polym Sci 274:599–611.*

*M. (Michael) Szycher (1999), Szycher's Handbook of Polyurethanes*

*Pandya H, Mahanwar P (2020) Fundamental Insight into Anionic Aqueous Polyurethane Dispersions. Adv Ind Eng Polym Res.*

# TİTANDİOKSİT KATKISININ LİYOSSEL ELYAFIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Züleyha DEĞİRMENCİ, Neşe KORKMAZ

nesegormez21@gmail.com

*Gaziantep Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Gaziantep, Türkiye*

## ÖZET

Bu araştırma, titan dioksit (TiO<sub>2</sub>) katkısının liyosel elyafın fiziksel özellikleri üzerindeki etkisini değerlendirmektedir. TiO<sub>2</sub> içeren ve normal liyosel elyafların fiziksel özellikleri detaylı olarak incelenmiştir. Bununla birlikte, TiO<sub>2</sub> konsantrasyonunun etkisi incelenmiş ve TiO<sub>2</sub> konsantrasyon artışının nem emme kapasitesini azalttığı görülmüştür. Mukavemet, kopma dayanımı, uzama ve spin finish yağ içeriği etkileri karşılaştırılmıştır. Son olarak beyazlık derecesi ve mikroskop görüntüleri ile iç yapısı kıyaslanmıştır. Sonuçlar TiO<sub>2</sub> katkısının liyosel elyaf üretimi yapılırken kontrol edilmesi gereken önemli bir faktör olduğunu vurgulamaktadır. Bu araştırma, liyosel elyaf endüstrisinde ürün kalitesini artırmak ve üretim süreçlerini optimize etmek için değerli bir katkı sağlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Liyosel elyaf, titandioksit, rejenere selülozik elyaf

## THE EFFECT OF TITANIUM DIOXIDE ADDITIVE ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF LYOCELL FIBER

### ABSTRACT

This research evaluates the effect of titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) addition on the physical properties of lyocell fiber. The physical properties of lyocell fibers with TiO<sub>2</sub> and normal lyocell fibers have been examined in detail. Additionally, the effect of TiO<sub>2</sub> concentration was investigated, and it was observed that an increase in TiO<sub>2</sub> concentration decreases the moisture absorption capacity. The effects on strength, breaking resistance, elongation, and spin finish oil content were compared. Finally, whiteness degree and internal structure through microscopic images were compared. The results emphasize that TiO<sub>2</sub> addition is an important factor to be controlled during lyocell fiber production. This research provides valuable insights to enhance product quality and optimize production processes in the lyocell fiber industry.

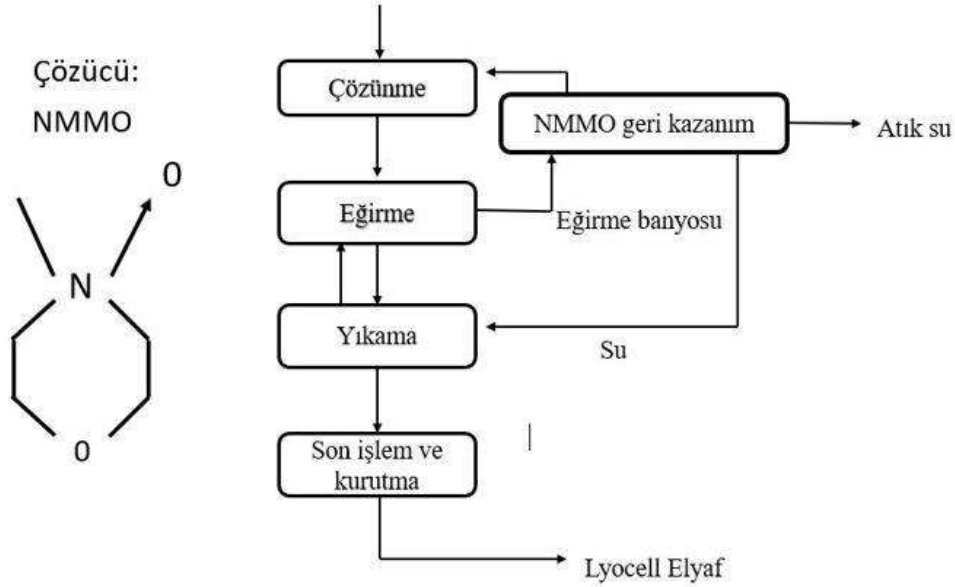
**Keywords:** Lyocell fiber, titandioxide, regenerated cellulosic fiber

### 1.GİRİŞ

Son yıllarda, sürdürülebilir ve çevre dostu malzemelerin geliştirilmesi, tekstil endüstrisinde öncelikli bir konu haline gelmiştir. Bu bağlamda, liyosel elyaflar yenilenebilir kaynaklardan elde edilen ve biyolojik olarak parçalanabilen doğal bir selüloz bazlı malzeme olarak öne çıkmaktadır. Liyosel, son yıllarda kullanım alanı olarak hızla artış gösteren bir rejenere selülozik elyaftır. Yumuşaklık, rahatlık ve nefes alabilirlik gibi çeşitli avantajlara sahip oldukları için giyim, yatak takımı, mobilya ve birçok endüstriyel alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Liyosel'in hammaddesi selüloz, biyolojik olarak çözünebilir, karbondioksitten nötralize olmuş, neredeyse sınırsız oranlarda temin edilebilir bir maddedir. Huş ağacı, okaliptüs gibi ağaçlardan elde edilir. Liyosel elyaf yoğun mekanik işlemlere karşı yüksek bir dayanıma ve nefes alabilir özelliğe sahiptir, nemi çok iyi transfer eder ve vücudun

terlemesi durumunda nem ve ıslaklığı bünyesinde tutar. [Akbulut, Doba Kadem, Oğulata, 2023] Yüksek renk haslığına sahiptir.

Liyosel lifi, ağacın odun hamurundan çıkarılan selüloz hammaddesinin, %99,5 geri kazanılabilen NMMO (N-metil morfolin – N-oksit) çözücüsünün çözücü olarak kullanıldığı kuru ve ıslak eğirme sistemi kullanılarak üretilmektedir [Öğüt, Özden, Çelikten, 2022]. Şekil 1’de üretim aşamaları verilmiştir.



**Şekil.1** Liyosel elyaf üretim aşamaları [Schuster, Rohrer, Eichinger, Schmidtbauer, Aldred, Firgo 2004]

Şekil 1’deki gibi;

- Selüloz pulp hammaddesinden odun hamuru elde edilir,
- Çözücü, su ve hamurdan çözelti oluşturulur,
- Çözeltiden sonsuz lif çekimi sağlanır, kesilir,
- Çözücüyü uzaklaştırmak için lif yıkanır ve kurutma işlemi yapılır. [4]

Liyosel elyafların performansını artırmak ve özel uygulamalar için uygun hale getirmek amacıyla, çeşitli katkı maddeleri ile modifikasyonları araştırmak gerekmektedir. Bu çalışmanın odak noktası, özellikle hijyen sektöründe nonwoven ürünlerine beyaz ve doğal bir görünüm kazandırmak, bağlayıcı özellikleri ve UV koruması sağlama potansiyeli nedeniyle tekstil endüstrisinde büyük ilgi gören titandioksit (TiO<sub>2</sub>) katkılı liyocel elyafların incelenmesidir. TiO<sub>2</sub>, güneş koruyucu kremlerden boyalara, gıda ambalajlarından su arıtma sistemlerine kadar geniş bir yelpazede kullanılan bir malzemedir. TiO<sub>2</sub>’nin liyosel elyaflara entegrasyonunun, elyafların mekanik ve fiziksel özelliklerine etkilerini anlamak, bu malzemenin potansiyel uygulamalarını genişletebilir ve tekstil endüstrisindeki yenilikçi çözümlere katkıda bulunabilir.

Bu çalışmada, TiO<sub>2</sub> katkılı ve normal liyosel elyafların performans karşılaştırması yapılarak, katkı maddesinin elyafın fiziksel özellikleri üzerindeki etkileri incelenecektir.

## 2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada aynı lif inceliğinde ve uzunluğunda titandioksitli liyosel lifi ile normal liyosel lifleri kullanılmıştır ve her iki lif de 38 mm uzunluğundadır.

Çalışmada kullanılan incelik, uzama ve mukavemet ölçüm analizleri Lenzing Vibrodyn 500 ve Lenzing Vibroskop 500 tek lif ölçüm cihazlarında yapılmıştır. Tek lif mukavemet, uzama ve incelik testi 30'ar adet liflerin ölçüm sonuçlarının ortalaması alınarak sonuçlandırılmıştır.

Beyazlık ölçüm analizi ise Datacolor Elrepho cihazında yapılmıştır. 10'ar gr titandioksitli ve normal liyosel elyaflar taranarak farklı bölgelerden 3'er ölçüm yapıp ortalama sonuçları karşılaştırılmıştır.

Elyaf üzerindeki % spin finish içeriği için 2'şer gr alınan elyaflar 50 °C etüvde 1 saat kurutulmuştur. Ardından iklimlendirme kabininde  $20 \pm 2$  °C'de ve  $65 \pm 2\%$  bağıl nemde en az 2 saat boyunca şartlandırılmıştır. Lifler boş bir enjektör içerisine yerleştirilmiş ve  $80 \pm 1$  °C manyetik karıştırıcı üzerine kıskaçlarla tutturulmuştur. Üzerine 10 ml metanol eklendikten sonra enjektörler içerisindeki metanolün damla damla alüminyum tartım kaplarına akıp bitmesi beklenmiştir. Metanol + spin finish karışımı süzülen alüminyum tartım kapları 105 °C'de 30 dk etüvde kurutulmuş ve formülasyonda yüzde finiş içeriği bulunmuştur.

Titandioksitli ve normal elyafların yüzey morfolojisini incelemek için Kern marka optik mikroskopta 60X'te görüntüler alınmıştır. Mikroskopta görüntü almak için her iki elyaftan boyuna yönde numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler optik mikroskop altına yerleştirilmiştir. Görüntü için fotoğraflar çekilmiştir.

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Mukavemet, incelik ve uzama analizlerinin ortalama değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Analizler	Normal Liyosel Elyaf	Titandioksitli Liyosel Elyaf
Denye (dtex)	1,70 (CV 5,60)	1,96 (CV 34,10)
Kopma Dayanımı (cN/ dtex)	43,64 (CV 9,64)	35,64 (CV 9,95)
Uzama (%)	12,64 (CV 10,86)	10,30 (CV 15,79)
Beyazlık Derecesi (L)	82,51	80,12
Spin Finish İçeriği (%)	0,30 (STD 0,02)	0,14 (STD 0,01)

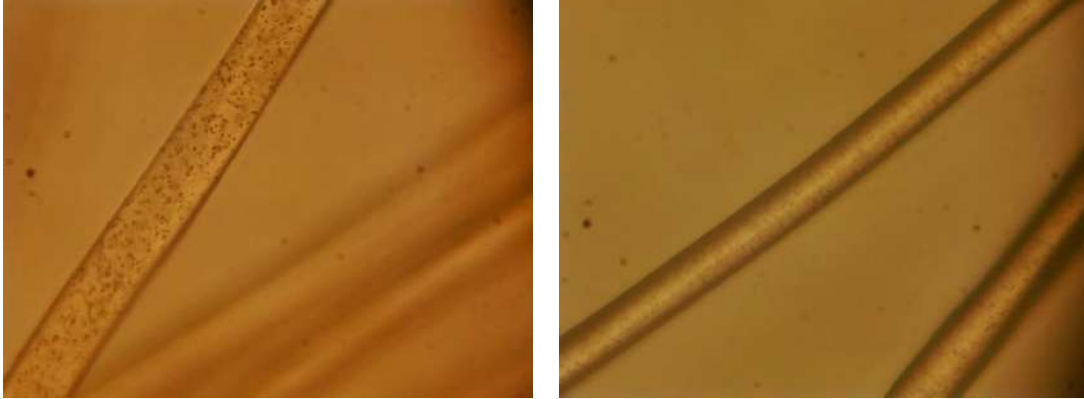
Çizelge 1. Elyaf numunelerinin fiziksel analiz sonuçları

Her iki liflerin analiz sonuçları kıyaslandığında  $TiO_2$ 'li elyafın inceliği normal elyafa oranla daha fazladır. Titandioksitli elyafın mukavemet ve uzama yüzde sonucu normal liyosel elyafa göre düşük geldiği görülmektedir. titandioksit kimyasalının elyaf yapısına tutunduğundan kopma dayanımını olumsuz etkilediği bilinmektedir. Ayrıca daha kırılğan bir yapıya sahip olduğu da çıkarım yapılabilir.  $TiO_2$ 'li elyaf ve normal elyafın beyazlık ölçümü yapıldığında ise her iki elyafın sonuçları birbirine yakın değerlerdedir. Mevcut koşullarda matlık ölçüm cihazı bulunmadığından Şekil 2'de çalışmada kullanılan elyaflar görülmektedir.



**Şekil 2.** (a) Normal liyosel elyaf (b)  $TiO_2$ 'li liyosel elyaf

İşlemsiz Liyosel elyafın spin finish içeriği  $TiO_2$ 'li elyafta düşük geldiği görülmektedir.  $TiO_2$ 'li elyaf, spin finish kimyasalını yapısında tutamamasının sebebi  $TiO_2$  kimyasalının matlığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Normal Liyosel elyaf spin finish içeriği standart değerler dahilindedir. Çalışmada incelenen normal Liyosel ve  $TiO_2$ 'li Liyosel elyafların mikroskop incelenmesi sonucunda X60'te alınan görüntüler Şekil 3 ve Şekil 4'te verilmektedir.



**Şekil 3.**  $TiO_2$ 'li Liyosel elyafın optik mikroskoptaki boyuna kesit görüntüleri (X60)



**Şekil 4.** Normal Liyosel elyafın optik mikroskoptaki boyuna kesit görüntüleri (X60)



Liflerin mikroskopik analizinde görüldüğü gibi normal liyosel liflerine göre TiO<sub>2</sub>'li mat elyafta liflerin yapısında titandioksit kimyasalı bulunmaktadır.

#### 4. SONUÇ

Sonuç olarak, titandioksit'li liyosel elyaf ile normal liyosel elyafların fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması, her iki elyaf arasında belirgin farklar olduğunu ortaya koymuştur. Yapılan mikroskopik incelemeler ve fiziksel testler sonucunda, titandioksit katkısının liyosel elyafının yüzey morfolojisi ve mekanik özellikleri üzerinde etkili olduğu gözlemlenmiştir. Bu bulgular, titandioksit katkısının liyosel elyafının performans ve uygulama alanlarına göre özelleştirilmesinde önemli bir rol oynayabileceğini göstermektedir. Sonuç olarak, her iki elyaf da belirli kullanım alanları için avantajlar sunup, seçilecek elyafın nihai ürünün gereksinimlerine göre belirlenmesi gerekmektedir.

#### 5. TEŞEKKÜR

Çalışmanın hazırlanması için destek veren Karafiber Tekstil Arge Merkezi çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

#### 6. KAYNAKLAR

AKBULUT, M., DOBA KADEM, Füsün., OĞULATA, T., (2023), *Tencel Kumaşa Uygulanan Farklı Boyama Yöntemlerinin Seçilmiş Kumaş Performans Özelliklerine Etkisinin Değerlendirilmesi*, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 38(4), 1107-1115

Schuster, K.C., Rohrer, C., Eichinger, D., Schmidbauer, J., Aldred, P., Firgo, H. (2004), *Environmentally Friendly Lyocell Fibers, Natural Fibers, Plastics and Composites*, 123-146

Öğüt, T., Kaya Nacarkahya, T., Özden, K., Çelikten, E., 2022. *Farklı Derişimlerdeki NaOH Çözeltisi ile Muamele Edilmiş Ecocell® (Liyosel) Örme Kumaşların Doğal Boyama Efektinin İncelenmesi*. Ulusal Çukurova Tekstil Kongresi-UÇTEK 2022 Bildiri Kitabı, 353-359, Adana, Türkiye

<https://tekstilbilgi.net/tencel-nedir.html>

# LİYOSEL ELYAF ÜRETİMİ VE UYGULAMA ALANLARI ÜZERİNE İNCELEME

**Nalan YAHŞİ, Mehmet TOPALBEKİROĞLU**  
*Gaziantep Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Gaziantep, Türkiye*  
*nalanyahsi@gmail.com*

## ÖZET

Liyosel elyaf, doğal kaynaklardan elde edilen ve tekstil endüstrisinde çeşitli uygulamalara sahip olan bir selüloz elyaf türüdür. Bu makalede, liyosel elyafın hammaddesi olan selülozun çözünmesi, filament haline getirilmesi ve çeşitli işlemlerle lif haline dönüştürülmesi süreçlerini açıklanmaktadır. Ayrıca, liyosel elyafın tekstil sektöründeki kullanım alanları incelenmiştir. Bu alanlar arasında giyim, ev tekstili, medikal tekstiller ve teknik tekstiller bulunmaktadır. Her uygulama alanı, liyosel elyafın özellikleri ve avantajları açısından incelenmiş ve endüstriyel taleplerle nasıl uyumlu olduğu ele alınmıştır. Son olarak, makale, liyosel elyafın sürdürülebilirlik açısından da önemini vurgulamaktadır. Doğal kaynaklardan elde edilmesi ve çevresel etkilerinin azaltılmasıyla, liyosel elyafın modern tekstil endüstrisindeki önemi ve gelecekteki potansiyeli üzerinde durulmaktadır. Bu derleme makale, liyosel elyaf üretimi ve çeşitli uygulama alanları üzerine yapılan çalışmaların anlaşılmasına katkıda bulunmak amacıyla hazırlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Liyosel, Selüloz, Rejenere elyaf

## A REVIEW ON LYOCELL FIBER PRODUCTION AND APPLICATION AREAS

### ABSTRACT

Lyocell fiber is a type of cellulose fiber obtained from natural sources and has various applications in the textile industry. This article explains the processes of dissolving cellulose, the raw material of lyocell fiber, turning it into filament and converting it into fiber through various processes. Additionally, the usage areas of lyocell fiber in the textile industry were examined. These areas include clothing, home textiles, medical textiles and technical textiles. Each application area is examined in terms of the properties and advantages of lyocell fiber and how it is compatible with industrial demands is discussed. Finally, the article also highlights the importance of lyocell fiber in terms of sustainability. The importance and future potential of lyocell fiber in the modern textile industry is emphasized, as it is obtained from natural resources and reduces its environmental impact. This review article has been prepared to contribute to the understanding of studies on lyocell fiber production and various application areas.

**Keywords:** lyocell, Cellulose, Regenerated fiber

### 1. GİRİŞ

Geleneksel olarak, Amerika Birleşik Devletleri'nde selüloz lifleri genellikle viskoz süreçle endüstriyel ölçekte üretilmiştir. Bu süreçte, selüloz hamurunun selülozun çözülüp yeniden oluşturulması için türetilmesi gerekmektedir. Ancak viskoz süreci verimli değildi, enerji yoğun ve karbon disülfid gibi çevresel açıdan zararlı kimyasalların kullanımını gerektiriyordu.

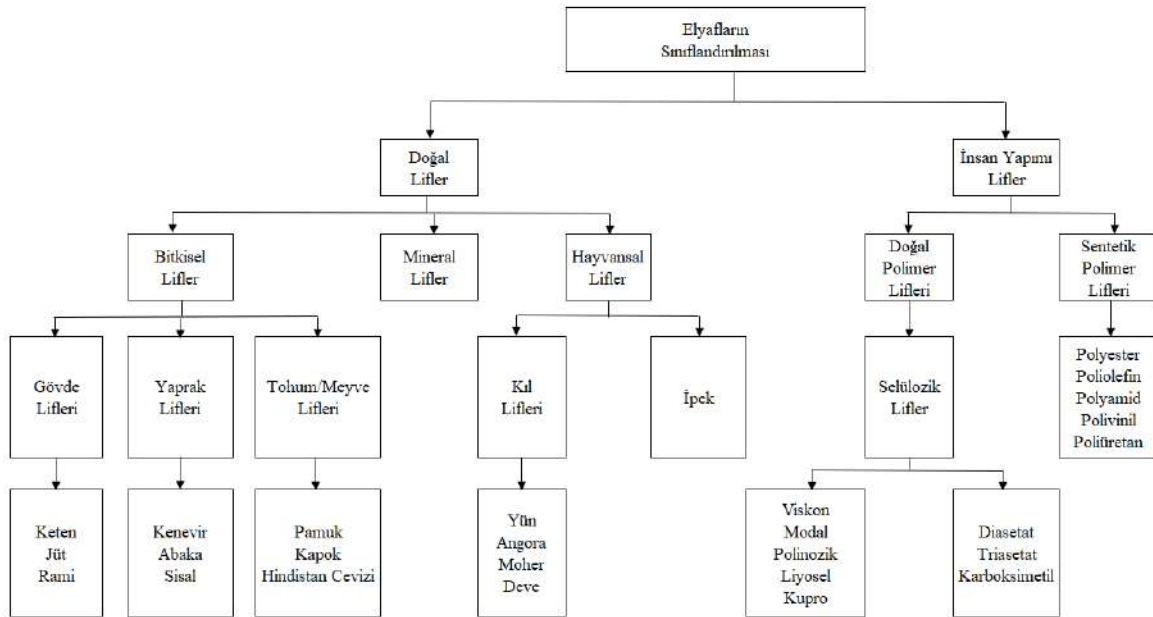
Son birkaç on yılda, viskoz sürecine daha çevre dostu bir alternatif olarak yenilikçi bir teknoloji ortaya çıkmıştır. Bu yenilikçi teknoloji, selülozun türevlendirilmesine gerek olmadan doğrudan su ile karıştırılmış, toksik olmayan, biyobozunur amine oksit NMMO (N-metilmorfolin-N-oksit) ile çözünmesini sağlamaktadır. Ayrıca, amine oksit neredeyse tamamen geri kazanılabilir ve geri dönüştürülebilir. 1980'lerde birkaç şirket bu yöntemi araştırmış ve ürünlerine marka adları vermiştir. Bu yöntemi kullanan ürünlerden biri Lyocell® markasını benimsemiştir. Bugün "lyocell" terimi, sadece süreci değil, aynı zamanda bu süreçle üretilen selüloz liflerini ve NMMO ve selüloz karışımlarını da ifade etmektedir.

Avrupa, Asya ve Amerika Birleşik Devletleri'nde birçok pilot ve tam ölçekli üretim tesisi, selüloz lifleri üretmek için liyosel sürecini kullanmaktadır. Bu yöntem, geleneksel selüloz lifi üretim yöntemlerine kıyasla daha sürdürülebilir bir seçenek sunarak tekstil endüstrisinde önemli bir ilerleme sağlamaktadır. (Tierney, 2005)

Tekstil endüstrisi, sürekli olarak yenilikçi malzemeler ve üretim yöntemleri arayışında olmuştur. Bu arayış, sürdürülebilirlik, dayanıklılık ve konfor gibi faktörlerin dengelenmesiyle şekillenmektedir. Son yıllarda, bu gereksinimleri karşılamak için Liyosel elyafı önemli bir çözüm olarak ortaya çıkmıştır.

Liyosel elyafı, doğal kaynaklardan elde edilen bir selüloz lifi türüdür. Odun hamurunun bir çözücü ile işlemden geçirilmesiyle elde edilen bu lifler, çeşitli tekstil ürünlerinin üretiminde kullanılmaktadır. Liyosel elyafının özellikleri, yumuşaklığı, esnekliği ve nefes alabilirliği gibi, geleneksel tekstil liflerine benzerken aynı zamanda çevresel dostu olmasıyla da dikkat çekmektedir.

Liyosel elyafı rejenere (suni) selülozik elyaf grubuna dahildir. Aşağıda, elyafların sınıflandırılması ile ilgili tablo verilmektedir.



Şekil 1. Elyafların Sınıflandırılması

Bu bildiri, Liyosel elyafın üretim süreci, özellikleri ve kullanım alanları hakkında derinlemesine bir inceleme sunarken, liyosel elyafının tekstil endüstrisindeki önemini vurgulayarak, sürdürülebilir ve yenilikçi malzemelerin önemini altını çizmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca bu önemli lif türünün, endüstriyel uygulamalardan moda tasarımına kadar geniş bir yelpazede kullanımına dair bilgilere yer verilmiştir.

Bildiride ilk olarak, Liyosel elyafının üretim süreci ve çevresel etkileri ele alınacaktır. Ardından, liyosel elyafın benzersiz özellikleri ve tekstil endüstrisindeki kullanım potansiyeli üzerinde durulacaktır. Son olarak, bu yenilikçi malzemenin gelecekteki yönelimleri ve endüstriye olan etkisi tartışılacaktır. (Jiang, Bai, Chen, Liu 2020)

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1 Selülozik Elyaf Üretimi İçin Hammadde

Rejenere selülozik elyaf hammaddesi çözünen kağıt hamuru olarak tanımlanır. Kimyasal arıtma/saflaştırma işlemiyle elde edilen, yüksek selüloz içeriği ve düşük kimyasal içerikli bir tür elyaf hamurudur.

Çözünen kağıt hamurunun hammaddesi esas olarak ahşap ve pamuk linteridir. Odun bazlı çözünen kağıt hamuru esas olarak orman kaynakları açısından zengin Avrupa, ABD, Brezilya ve Güney Afrika gibi ülkelerden gelmektedir. Çin'de çözünen hamurların çoğu pamuk linterinden üretilmektedir.

Rejenere selüloz elyafının üretim prosesi, yüksek alfa selüloz ve polimerizasyon derecesi ve düşük metal iyonu ve kül, dikkate değer reaktivite (veya çözünürlük) özellikleri de dahil olmak üzere kağıt hamurunun çözünmesi için belirli özellikler ve koşullar gerektirmektedir. (Jiang, Bai, Chen, Liu 2020)

### 2.2 Liyosel Elyaf Üretimi

NMMO/H<sub>2</sub>O çözünme sistemi üzerine araştırmalar 1940'larda başladı. Ancak endüstriyel ve ticari ölçek 1980 yılından sonra kurulmuştur Günümüzde,

Liyosel elyafın endüstriyel üretim süreci ön-muamele, çözünme, filtrasyon, eğirme ve son-muamele olmak üzere beş aşamadan oluşmaktadır. (Jiang, Bai, Chen, Liu 2020)

#### 2.2.1 Ön Muamele

Selüloz çözünme verimliliğini arttırmak, çözünme sıcaklığını ve alıkonma süresini azaltmak için kağıt hamurunun ön muamelesi gerekmektedir.

Yüksek ve düşük viskoziteli hamurların karıştırılması, selüloz aktivasyonu, presleme ve parçalama sonrasında, işlenmiş pulp premix elde etmek üzere, NMMO sulu çözeltisi, stabilizatör ve antioksidan ile karıştırılır. (Jiang, Bai, Chen, Liu 2020)

#### 2.2.2 Dope Oluşumu

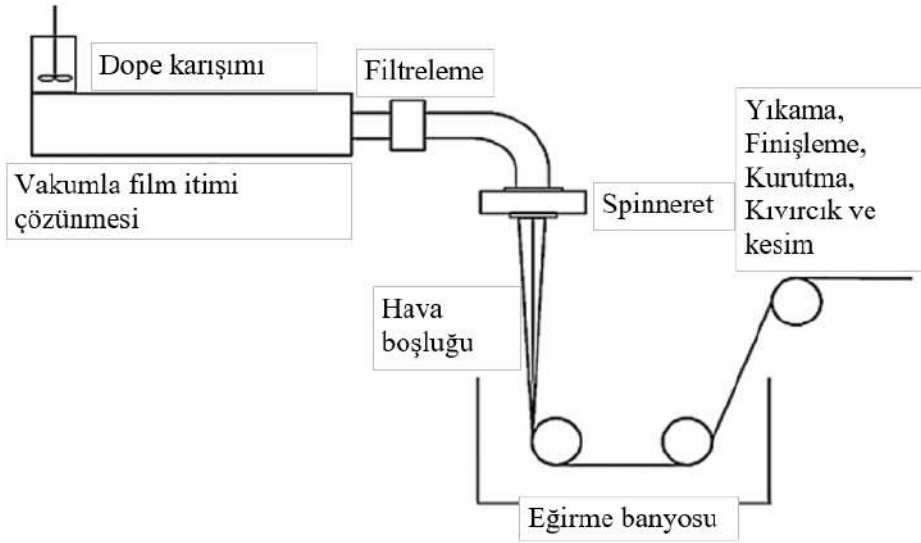
N—O bağının yüksek polaritesi nedeniyle NMMO'nun suda son derece yüksek bir çözme kapasitesi ve belirgin bir hidrojen bağları oluşturma eğilimi vardır. Sıcaklık belirli bir dereceye ulaştığında NMMO selülozun hidrojen bağ ağını bozabilir ve NMMO arasında yeni hidrojen bağları kurarak hem kristal hem de amorf bölgelerdeki selüloz solvent kompleksleri oluşturabilir. Böylece, selülozun çözünmesine yol açan yeni yapısal bir hidrojen bağı kurulur.

NMMO/H<sub>2</sub>O için makul bir selüloz çözünme prosedürü şu şekildedir. İlk adım şişme için ön karışımdır. Tipik koşullar %50-%60 NMMO, %20-%30 su ve %10-%15 selülozdur. Bir sonraki adım distilasyondur. İstenilen NMMO/su/selüloz oranı 76:10:14' tür. Son olarak, selüloz yüksek viskoziteli bir dope oluşturmak için 90-120 °C' de yaklaşık 15-30 dakika boyunca karıştırılarak NMMO sulu çözeltisinde çözülür.

Yüksek sıcaklıkta NMMO bozunmasını önlemek için çözünme esnasında izopropil galat gibi stabilizatörler eklenebilir. (Jiang, Bai, Chen, Liu 2020)

### 2.2.3 Eğirme

Lyocell elyafları, Şekil 2' de gösterildiği gibi bir "organik solvent kuru jet ıslak eğirme" işlemiyle üretilir. Eğirme dolgusu bir blok düzeden ekstrüzyonla çıkarılır. Düzenin gözenek çapı yaklaşık 4–100  $\mu\text{m}$ 'dir ve kılcal boru 200–800  $\mu\text{m}$  uzunluğundadır. Liyosel lifinin mukavemet özellikleri ve eğirme işleminin stabilitesini belirleyen Eğirme dopunun yüksek konsantrasyonu ve viskozitesi için tasarlanmıştır. Düzeden dışarı atılan filamentler bir hava boşluğundan geçer ve daha sonra eğirme veya pıhtılaşma banyosuna çekilir.



Şekil 2. Liyosel Prosesindeki Kuru Jet Islak Eğirme

Eğirme işlemini etkileyen parametreler hava boşluğu uzunluğu, pıhtılaşma sıcaklığı, konsantrasyon, eğirme hızı ve çekme oranını içerir. Kritik bir faktör olan hava boşluğu uzunluğu liyosel lifinin yönlendirmesini belirler. Uzun bir hava boşluğu, selüloz makromoleküllerinin oryantasyonu için yeterli süreye izin verir. Bu yüksek düzeyde yönlendirilmiş yapı, normal olarak sulu çöktürme banyosuna giriş ile sabitlenir ve dolayısıyla beklenen bir güç elde edilecektir. Eğirme uçları doğrudan sulu pıhtılaşmaya girerse banyoda lifin özellikleri genellikle viskona göre daha düşük olacaktır. Bununla birlikte, aşırı uzun bir hava boşluğu oryantasyonda bir azalmaya ve bazı beklenmedik fibrilasyona yol açacaktır.

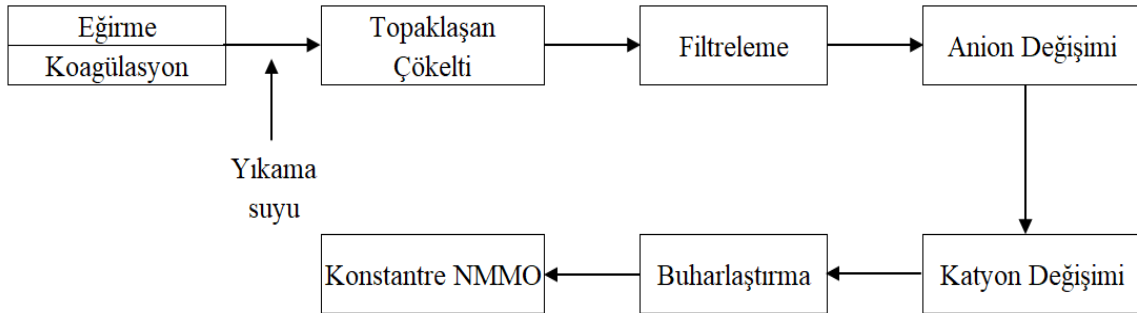
Pıhtılaşma derecesi ve hızı, pıhtılaşma banyosundaki NMMO konsantrasyonuna bağlıdır. Yüzde 10 tatmin edici konsantrasyondur. Konsantrasyon yüksek olduğunda, yetersiz pıhtılaşmaya sahip dönen uçlar, esneme durumu altında kırılacaktır. Ters durumda ise liyosel lifinin mukavemet özellikleri azalacaktır. Pıhtılaşma sıcaklığı aynı zamanda önemli bir faktördür. Sabit bir dönme hızı altında, liyosel lifinin kristallliği, çift kırılması ve yönelimi sıcaklık arttıkça azalmaktadır. Pıhtılaşma sıcaklığı genel olarak 0 ila 25° arasındadır. Ayrıca eğirme hızı ve çekim oranı aynı zamanda liyosel lifinin kristallliğini, çift kırılmasını ve yönelimini de etkileyecektir. Eğirme aşamasında tipik parametreler şu şekildedir: 24–40 m/dak eğirme hızı; 80–120 °C eğirme dope8 sıcaklığı; 10–50 mm hava boşluğu uzunluğu; 15–25 °C pıhtılaşma sıcaklığı; %10–%25 pıhtılaşma konsantrasyonu (NMMO); ve 2–6 kat çekme oranı. (Jiang, Bai, Chen, Liu 2020)

### 2.2.3 NMMO' nun Rejenerasyonu (Yenilenmesi)

NMMO toksik değildir ancak pahalıdır. Geri kazanım sistemi sanayileşme için bir diğer kilit noktadır. NMMO' nun ve sistemin özellikleri göz önünde bulundurulduğunda geri dönüşüm zordur. Liyosel üretiminde, çeşitli yan reaksiyonlar ve yan ürünler sistemde oluşacaktır, örneğin hemiselülozlar, selülozun çözünmesinden kaynaklanan silikat, N-metimorfolin (NMM), NMMO' nun deoksijenasyonu ve bozunması sırasında morfolin ve metanal, tat lifleri ve NMMO' nun bozunması sırasında üretilen koloidal partiküller, eğirme, hammaddeler ve üretim ekipmanlarından kaynaklanan metal iyonları, inorganik ve organik anyonlar gibi. Bu safsızlıklar, selülozun hayal kırıklığı yaratan çözünmesi, belirgin NMMO'nun bozulması, lif performansının düşmesi, kimyasal tüketiminin artması gibi zararlı etkilere neden olabilir. Sonuç olarak, safsızlıkların giderilmesi gerekmektedir. Yan reaksiyonların oluşumunu azaltmak için antioksidan, örneğin izopropil gallat eklenebilir.

NMMO'nun geri dönüşümü iki aşamadan oluşmaktadır: saflaştırma ve buharlaştırma. Saflaştırma, filtrelemeyi, adsorpsiyonu, oksidasyonu ve iyon değiştirme yöntemini içerir. Bu birden fazla yöntemin birlikte kullanılması, daha iyi saflaştırma verimliliği sağlayabilir. Şekil 6 NMMO' nun geri kazanımı için yeni bir süreci göstermektedir.

Çözünmemiş, koloidal veya atık lif yabancı maddeleri, flokülasyon çökeltmesi ve filtreleme yoluyla uzaklaştırılır. Metal iyonları, organik anyonlar, NMMO yan ürünleri ve diğer safsızlıklar katyon ve anyon değişim reçineleri ile giderilebilir. Safsızlıkların giderilmesinden sonra NMMO sulu çözeltisinin konsantrasyonu düşüktür ve gerekli konsantrasyonun elde edilmesi için bunun buharlaştırılması gerekir. Tüm süreç NMMO' nun geri dönüşüm sistemini oluşturur. Saflaştırma ve buharlaştırma sonrasında, geri kazanım %99' a kadar çıkabilir.



Şekil 3. NMMO Geri Kazanım Sisteminin Endüstriyel Üretim Prosesi

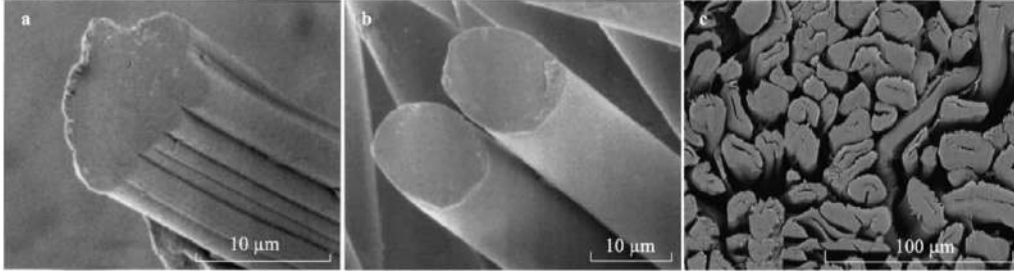
### 2.2.4 Son İşlem

Eğirme işleminden sonra elyaflar son işleme tabi tutulacaktır. Farklı düzelerden gelen elyaf filamentleri, çoklu karşı akım şeklinde deiyonize su sıcak su ile birlikte yıkanır. Yıkama sisteminden çıkan harcanan sıvı pıhtılaşma banyosuna ve NMMO geri kazanım sistemine gider. Daha sonra yıkanan elyaf, örneğin, yumuşak, antistatik ve beyazlatıcı apre gibi özellikleri veya özel gereksinimleri karşılamak üzere farklı şekillerde işlenir. (Jiang, Bai, Chen, Liu 2020)

### 2.3 Liyosel Elyaf Özellikleri

Liyosel elyafı, doğal ve yapay elyaflara göre çeşitli avantajlar sağlar. Liyosel elyaf üretiminde kullanılan organik solventin %99' dan fazlası geri dönüştürülebildiğinden ve pıhtılaşma banyosunda herhangi bir asit veya alkaliye ihtiyaç duymadan kullanılan tek madde su olduğundan, liyosel elyafı toksikolojik ve dermatolojik olarak zararsız olarak kabul edilebilir. (Helmy, Othman, Hassabo 2024)

Liyosel elyafı yapı olarak viskon elyafından ve doğal pamuk elyafından oldukça farklıdır. Kesitleri kabaca Şekil 4' de gösterildiği gibi viskon için dantel şekilli, liyosel için dairesel ve pamuk için düz şekillidir.



Şekil 4. Viskon, liyosel ve pamuk lif kesitleri: (a) viskon, (b) liyosel, (c) pamuk.

Liyosel lifleri yüksek kristalinite derecesine sahiptirler. Bu liflerin elementer fibrilleri yüksek oryante olmuş amorf bölgeler sayesinde yönlendirilmiş lif ekseninde ayrılmıştır ve bu fibriller yüksek ıslak ve kuru dayanıma izin vermektedirler. Bu yüzden Lyocell lifleri su ile yıkanabilirler. Dahası bu lifler su ile ıslatıldığında ve kuru haldeyken pamuk ve viskoz rayon gibi diğer selülozik esaslı liflerden daha az çekme gerilimi gösterirlerken, ıslak halde mekanik gerilmeler altında fibrilleşme eğilimlerinden dolayı da farklılık göstermektedirler. Lyocell liflerinin yapısı üzerine yapılan araştırmalar göstermişlerdir ki, Lyocell lifleri modal ve viskoz liflerinininkinden daha zayıf kristalitler arası yanal bağlara sahiptirler. Lif oluşumunun bir aşaması olan çekim prosesi ise yüksek oryante olmuş kristalin bölgelerde büyük kırılmalar oluşumuna neden olmaktadır. Lyocell liflerinin diğer avantajları arasında yumuşaklığı, iyi örtücülük yeteneği, diğer materyaller ile kolay karıştırılabilmesi ve biyolojik olarak parçalanabilme yeteneği sayılabilir. Lyocell liflerinin parlaklık, boya alabilme yeteneği, boyut stabilitesi ve görünüm gibi bazı özelliklerini geliştirmek için merserizasyon işlemi gereklidir. Sulu NaOH içinde selülozun şişmesinden dolayı, moleküller içi ve moleküller arası hidrojen bağlarının kopmasının sonucunda selülozik yapının etkilediği bilinmektedir. Ancak buna ilave olarak selüloz hamur tipinin, hem lif şişme derecesine hem de ağırlık kaybına etkisi tam olarak açıklanamamaktadır. Ekolojik bakımdan Lyocell lifleri, çok ilginç yeni selülozik lifler olup doğada yetişen hammaddeden yapılmaktadır. Bu liflerden meydana gelen mamuller tekrar kullanılabilirler, yani geri kazanımları mümkündür. Çöp olarak yakılıp yok edildiğinde bile atık suda tamamen parçalanabilmektedirler. Yanma esnasında ortalama 15kj/g'lık su açığa çıkar. 8 gün sürede anaerobik bakteriler özelliklerini kaybederler. Aerobik bakteriler ile de 4 hafta sonra özelliklerinde azalma meydana gelir ve bunu karbondioksit-su halinde tamamen parçalanma izler. (Jiang, Bai, Chen, Liu 2020)

## 2.4 Liyosel Elyaf Kullanım Alanları

Doğal özellikleri sayesinde liyosel elyaflar, tekstil ürünleri, ve çeşitli tüketici ve endüstriyel ürünlerini içeren birçok uygulamada kullanılmaktadır. (Zhang ve ark. 2018)

Aşağıda lyocell liflerinden üretilmiş ürünlere çeşitli kullanım alanlarına yönelik bazı örnekler verilmiştir.

- Elbise, manto, kazak, çorap, spor giyim ürünleri, erkek veya bayan iç giyim ürünleri,
- Yatak takımlarında yastık, örtü, perde, paketleme malzemesi, hijyenik ürünler,
- Güneş şemsiyesi, yağmur şemsiyesi, çadır bezi,
- Halı, halı tabanı, yataklarda dolgu maddesi, temizlik bezleri
- Teknik kullanım alanlarında; otomobil sanayi, elektrik ve kahve filtresi, transport bantları, filtreler için iğneli keçe, sanayi için temizlik kâğıtları, kâğıt hamuru (Okur 2006)

### 3. SONUÇLAR

Liyosel elyaf, çevre dostu üretim süreci ve üstün performans özellikleri ile tekstil endüstrisinde giderek daha fazla tercih edilen bir malzeme haline gelmiştir. Bu gözden geçirme makalesinde, liyosel elyafın üretim süreçleri, özellikleri ve çeşitli uygulama alanları detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Öncelikle, liyosel elyafın sürdürülebilir kaynaklardan elde edilen selüloz hammaddesi ile çevresel etkileri minimize eden kapalı döngü üretim teknolojisi sayesinde, tekstil endüstrisinde ekolojik bir alternatif sunduğu belirtilmiştir. Bu elyafın yüksek mukavemet, nem emilimi, biyolojik olarak parçalanabilirlik gibi üstün fiziksel ve kimyasal özellikleri, onu farklı uygulama alanlarında cazip hale getirmektedir.

Tekstil ürünleri, tıbbi malzemeler, endüstriyel uygulamalar ve kompozit malzemeler gibi çeşitli sektörlerde liyosel elyafın kullanımının artması, sürdürülebilir ve yüksek performanslı ürünlere olan talebin bir göstergesidir. Özellikle moda ve giyim sektöründe, tüketicilerin çevre bilincinin artmasıyla birlikte, liyosel elyaf içeren ürünlere olan ilgi hızla artmaktadır.

Sonuç olarak, liyosel elyafın gelecekte daha geniş bir yelpazede ve daha yenilikçi uygulamalarda kullanılma potansiyeli oldukça yüksektir. Araştırma ve geliştirme çalışmaları ile üretim süreçlerinin daha da iyileştirilmesi ve maliyetlerin düşürülmesi, bu elyafın yaygınlığını artıracaktır. Liyosel elyaf, sürdürülebilir tekstil üretimi ve çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada önemli bir rol oynayacaktır.

### TEŞEKKÜR

Çalışmanın hazırlanması için destek veren Karafiber Tekstil Arge Merkezi çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

### 4. KAYNAKLAR

Ardıç, Y., (2007), *Selülozik Liflerin Farklı Şartlarda Fibrilleşme ve Yorulma Davranışlarının İncelenmesi*,

[https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=Eh2xHQIrg04UVolyaPKtLg&no=9DkCuc21TFECmhLZM0f\\_4g](https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=Eh2xHQIrg04UVolyaPKtLg&no=9DkCuc21TFECmhLZM0f_4g), 20.05.2024.

Borbély, É., (2008), *Lyocell, The New Generation of Regenerated Cellulose*, *Acta Polytechnica Hungarica*, 5(3), 11-18.

Bozdoğan, F., Tiyek, İ., Kayseri, G. Ö., (2010), *Farklı Fiziksel Özelliklere Sahip Lyocell Liflerinde İçyapı Değişimleri ile Lif Fiziksel Özellikleri Arasındaki İlişkinin Araştırılması Üzerine Bir Çalışma*, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 2, 87-92.

Chavan, R. B., Patra, A. K., (2004), *Development and Processing of Lyocell*, *Indian Journal of Fiber&Textile Research*, 29, 483-492.

Helmy, Nadeen K., Othman, Hanan A., Hassabo, Ahmed G., (2024), *Manufacturing and Usage of Lyocell Fabric*, *Egyptian Journal of Chemistry*, 67, 151-157.

Jiang, X., Bai, Yuanyuan, C., Xuefeng C, Liu, W., (2020), *A review on raw materials, commercial production and properties of lyocell fiber*, *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 5, 1, 16-25.

Kihlman, M., (2012), *Dissolution of Cellulose for Textile Fibre Application*, *Karlstad University Studies*, 16, 100-104.



Männer, J., Ivanoff, D., Morley, R. J., Jary, S., (2011), *New Cellulose Fibers for Carpets*, *Lenzinger Berichte* 89, 155, 60-71.

Okur, N., (2006), *Bambu Lif ve İplik Özelliklerinin Diğer Lif ve İpliklerin Performans Özellikleri İle Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi*, <https://polen.itu.edu.tr/items/1ef11786-c098-4e64-861c-5a7f735bb54d>, 20.05.2024.

Özgüney, A. T., Körlü, A. E., Bahtiyari, M. İ., Bahar, M., (2006), *Viskon Liflerinin Fiziksel Özellikleri ve Makromolekülerüstü Yapısı*, *Textile and Apparel*, 16 (2), 100-104.

Sayyeda, A., Guptab, D., Deshmukhb, N. A., Mohitec, L. A., Pinjarid, D. V., (2020), *Influence of intensified cellulose dissolution process on spinning and properties of lyocell fibres*, *Chemical Engineering & Processing: Process Intensification*, 155, 1-14.

Tierney, J. W., (2005), *Kinetics of Cellulose Dissolution in N-Methyl Morpholine-N-Oxide and Evaporative Processes of Similar Solutions*, [https://trace.tennessee.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3796&context=utk\\_gradthes](https://trace.tennessee.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3796&context=utk_gradthes), 20.05.2024.

Woodings, C., (2000), *Regenerated Cellulose Fibers, North and South America* by CRC Press LLC, Boca Raton FL 33431, USA.

Zhang,S., Chen, C., Duan, C., Hu, H., Li, H., Li, J., Liu, Y., Ma, X., Stavik, J., Ni, Y., (2018), *Regenerated cellulose by the lyocell process a brief review of the process and properties*, *bioresources.com*, 13(2), 4577-4592.

# POLYESTER ELYAF ÜRETİMİ, KULLANIM ALANLARI VE PAZAR BİLGİSİ

Ömer ÇETİN, Sercan ÖZTAŞ  
SASA Polyester Sanayi AŞ, Adana, Türkiye

## ÖZET

İlgili yazıda ham maddeden başlayarak polyester elyafın üretim süreci anlatılmıştır. Hangi hammaddelerin ne oranlarında kullanıldığı ve bunun sonucunda hangi kimyasal ve fiziksel olaylardan sonra polyester elyafın üretildiği belirtilmiştir. Bunu takiben polyester elyafın kullanım alanları ve elyafını iplik veya kumaşa çevrilirken hangi teknolojilerin kullanıldığı belirtilmektedir. Son bölümde ise polyester elyaf ile ilgili küresel ve yerel Pazar bilgileri, üretim ve tüketim miktarları ile ülke bazlı ithalat ihracat miktarlarından bahsedilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Polyester Elyaf, PTA, MEG, Polyester Polimer, Üretim Kapasitesi

## POLYESTER FIBER PRODUCTION, USAGE AREAS AND MARKET INFORMATION

### ABSTRACT

On related study starting from raw material Production process of polyester staple fiber has been explained with all details. Which raw materials is being used on which percentage and after that which chemical and physical applications is being implemented on Production process has been summarized. After Production consumption fields of polyester fiber and Technologies which is being used while converting fiber to yarn and fabric have been implemented. Lastly, market data, Production data, import and export data of polyester fiber based on countries have been explained.

**Key Words:** Polyester Staple Fiber, PTA, MEG, Polyester Polymer, Production Capacity

### 1. ELYAF ÜRETME

#### 1.1 Üretim İşlemi

Polyester eriyik halde üretilerek lif şekline dönüştürülür. Klasik bir proseste, polimer önce cips olarak katılaştırılır ve bu cips %0.005 oranından daha az nem ihtiva etmek üzere kurutulur, bir ekstruder makinesinde veya üretim başlığında tekrar ergitilir veya ergimiş haldeki polimer doğrudan polimer pompası ve vidalı pompa yardımıyla uygun bir dağıtma sisteminden sevk edilerek düze deliklerinden fişkırtılır.

Üretim sistemi, polimerin başlıklara ve paketlere eşit bir dağılım ve süre içerisinde gelip sıcaklıktan dolayı fazla bozulmayı önleyecek tarzda yapılmıştır. Nihai mamulün tipi ve kullanım yerine göre üretim sırasında fitile belli bir oryantasyon verilir.

Fitilde oryantasyon seviyesini etkileyen üretim şartları veya değişkenleri şunlardır:

- Polimer viskozitesi,
- Eriyik sıcaklığı,
- Soğutma havası debisi, şartları
- Üretim sarım hızı.

Oryantasyonu olumlu ve olumsuz etkileyen üretim değişkenlerinin özeti ise şu şekildedir:

- Fitol Oryantasyonu (Viskozitede artış) +
- Polimer sıcaklığında artış -
- Verimde artış -
- Soğutma havası debisinde artış +
- Sarım hızında artış +
- Düze delik çapında artış +

### 1.2 Polimer Dozaj Pompası

Belirlenen fitil denyesini temin etmek için bir dişli pompa vasıtasıyla polimer akışı ayarlanır. Pompa içerisinde polimere yapılan işlen sıcaklığını artırır; polimer katmanlarında sıcaklık farkı oluştursa üretilecek ipliğin özellikleri farklı olabilir. Pompanın çıkış kapasitesi büyük tutulmak suretiyle sıcaklık farkı azaltılabilir.

### 1.3 Polimer Viskozitesi

İpliğin eşit özellikte olması için ön şart polimer IV sinin değişmemesidir. IV deki küçük bir değişme polimer sıcaklığında bir fark yaratır; zira sıcaklık eriyik viskozitesi ile orantılıdır.

### 1.4 Üretim Sıcaklığı

En uygun üretim sıcaklığının tespiti iplik tipine, polimer özelliklerine, polimer filtresi, manifold, üretim blokları, polimer dozaj pompaları, paket filtrasyon sistemi ve düze delik çapları gibi parametrelere bağlıdır. Genelde, polimerin üretim sıcaklığı (Düzeden çıkış sıcaklığı) polimer ergime sıcaklığından yaklaşık 30°C daha yüksek tutulur.

### 1.5 Paket

Üretim paketi genellikle filtrasyon düzeni, dağıtım plakası ve düzeden oluşmuştur. Polimer bir dişli dozaj pompası yardımıyla pakete iletilir. Paketin görevi polimerde ergimemiş haldeki safsızlıkları filitrelemek ve artan polimer sıcaklığını alacak bir ortam oluşturmaktır. Paketteki basınç polimerin verimi, Viskozitesi ve filtrasyon düzeni ile doğru orantılıdır. Uygulamada kum, metal filtre, metal kum, sinterlenmiş metal kumla kullanılır. Paketin görevi sadece polimeri filtre etmek olmayıp aynı zamanda polimerin düzeye homojen olarak dağılmasının sağlamaktır.

### 1.6. Düze

Düze deliği çapı iplik özelliklerinin ve iplik oryantasyonunun belirlenmesinde önemli bir rol oynar. Delik çapı genellikle 0,009- 0,020 inch arasında; delik kanalı uzunluğunun delik çapına oranı L/D, 1,3-4,0 arasında seçilir. Polimer delikten akarken bir miktar basıncını kaybeder ve sıcaklığı yükselir. Artan ısı delik çeperinden paket kovanına geçer ve kaybolur. Delik çapı çok büyük seçilirse çıkan polimer deliğin hemen etrafında yayılarak yapışmasına ve damlamalara neden olabilir. En uygun delik çapı delikten 10 m/dak. Fışkırma hızı verebilecek çaptır.

### 1.7. Soğutma

Fitil nitelik ve özelliklerini belirleyecek olan en kesin ve hassas unsur soğutmadır. Düzeden çıkan filament düze ile katılma bölgesi arasındaki plastik bölgede soğutulup, fitil denyesine inceltir.

## 2. ELYAF ÇEKME İŞLEMİ

### 2.1 Çekme İşlemi

Düzlerden geçen ve katılan amorf polyester liflerinin içindeki makro moleküller oldukça düzensiz bir yerleşme sahiptirler. Ancak lif çekim hızı arttıkça, daha tam katılmamış (visko elastik durumdaki) liflerdeki gerilim de artmakta, bunun sonucu olarak ta (liflerin boyu uzamakta (çapları küçülmekte) ve makro moleküllerin yönlendirilmiş yerleşimi (oryantasyon) başlamaktadır. Bir lif içindeki makro moleküllerin yerleşimi ve lif eksenine paralel şekilde yönlendirilmesi ne kadar düzgünleşirse, kristalin

bölgelerin oranı da o ölçüde artmaktadır. Bunların sonucu olarak da, liflerin kopma dayanımı yükselmekte ve kopma anındaki uzama yüzdesi düşmektedir.

Kuru ve amorf polyester liflerinde germe (çekim) sağlayabilmek için gerekli gerilimin, germe anındaki lif sıcaklığına bağlı olarak değişimi belirtilmiştir. Lif sıcaklığı yükseldikçe gerekli gerilim azalmakta ve bu azalma 70°C`in üzerinde çok daha belirgin olmaktadır. Polyester liflerinin birinci camlaşma noktası 70-75°C civarında olduğundan, bu değişimin camlaşma noktasıyla, yani 70-75°C`in üzerindeki sıcaklıklarda makro molekül bölümlerinin hareketlilik kazanmasıyla yakından ilgili olduğu ortaya çıkmaktadır.

Sıcaklığın polyester lifleri üzerindeki etkisi ve buna bağlı olarak doğru germe sıcaklığının seçimi konusunun anlaşılabilmesi için, şu konuların bilinmesinde yarar vardır.

Polyester liflerinin, birinci camlaşma noktasının (70-75°C`nin) üzerindeki sıcaklıklarda, makro moleküllerdeki alifatik bölümlerin (özellikle etilen gruplarının) titreşim enerjilerinin makro moleüller arası bağları koparabilecek bir düzeye ulaşması sonucu, makro moleüllerin hareketliliği artmaktadır. Böylece daha gerilmemiş durumdaki tamamen amorf yapıya sahip liflerdeki makro moleüller enerji bakımından daha uygun bir yerleşim kazanmaya başlamaktadır. Bu şekilde oluşan yeni yerleşim ise, liflerin gerdirilme yeteneklerini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle, gerdirme sıcaklığının birinci camlaşma noktasına mümkün derece yaklaşması, fakat kesinlikle geçmemesi (75°C`i aşmaması) gerekmektedir. Ancak camlaşma noktasının üzerindeki sıcaklıklarda yeni yerleşimin meydana gelmesi zamana bağlı bir olay olduğundan bu sınırlama kesin olmayıp ısıtma hızı ısı ve camlaşma noktası üzerindeki sıcaklıkta kalma süresine bağlı olarak oynayabilmektedir.

Aynı kimyasal yapıya sahip polimerden elde edilmiş liflerin camlaşma noktası hep aynı olmayıp, makro moleüllerin polimerizasyon derecesi, yönlenmiş yerleşme ve kristalizasyon durumu gibi faktörlere bağlı olarak 5-20°C`lik bir farklılık gösterebilmektedir. Dolayısıyla en uygun germe sıcaklığının kaç derece olması gerektiği, lifin oluşturduğu polimerin polimerleşme derecesi (viskozitesi) ve daha gerilmemiş lifte makro moleüllerin ön-oryantasyon durumuyla yakından ilgilidir. Ön oryantasyon, lif üretme hızına bağlı olduğundan belirli bir polimerleşme derecesine sahip ve belirli bir oranda gerilecek lifler için optimum germe sıcaklığı, birinci derecede lif çekim hızı tarafından belirlenmektedir.

Polyester liflerinde, normal üretme hızında çekilmiş ve tamamen amorf yapıdaki, yüksek iç gerimli lifler gerdirildiklerinde, artan oryantasyona paralel olarak kristalizasyonda başlamakta ve artmaktadır. Özellikle germenin, 1. camlaşma noktası civarındaki sıcaklıklarda yapılması durumunda, makro moleüllerin titreşim enerjileri nedeniyle, gerimli bağların kopması da kolaylaştığından, liflerin daha iyi bir oryantasyon ve kristalizasyon derecesi kazanması ve dolayısıyla liflerdeki iç gerilmelerin azalması önemli ölçüde sağlanabilmektedir.

## 2.2 Kıvrıklaştırma İşlemi

Kesikli liflerin kıvrıklaştırma işleminden geçirilmesinin nedenleri iki grupta toplanabilir. Birincisi, daha hacimli, daha iyi örtebilen, daha kibar görünümde, daha iyi ısı tutma ve nem alabilme yeteneğinde tekstil mamulleri elde edilmesini sağlamak, yani liflerin ve dolayısıyla bunlardan üretilecek tekstil mamullerinin giyim-fizyolojik özelliklerini geliştirmektir. İkincisi ise, lif/lif sürtünmesini (tutunmasını) artırarak, saf polyester veya karışım iplik üretimi sırasındaki işlemleri kolaylaştırmak ve elde edilen ipliğin kopma dayanımlarının daha yüksek olmasını sağlamaktır.

Başlangıçta kıvrıklaştırmadan esas amaç birinci madde de belirtilen konu olup, lif/lif sürtünmesinin (tutunmasının) artırılması son finiş aplikasyonu ile sağlanmaya çalışılmaktaydı. İplik üretiminin çeşitli adımlarında (harman hallaçtan başlayarak, büküme kadar) özellikle lif/lif sürtünmesi bakımından birbiriyle çelişkili istekler, finiş konusunda anlatılmıştır. Taraklarda (vatkada, tülbentte), cerlerde ve büküm makinelerinde (fitil ve ipliklerde) liflerin birbiriyle tutunmasını artırmak için, statik lif/lif sürtünmesini artırıcı finiş aplikasyonu yerine, liflerin daha iyi bir kıvrıklığa sahip olması çok daha etkilidir.

Polyester liflerin kıvrıklaştırılması, ya liflerin içyapılarındaki farklılıklardan veya dış mekaniksel etkiler yardımıyla sağlanabilmektedir. Dış mekanik etkiler yardımı ile kıvrıklaştırma, polyester kesikli lif üretimi sırasında, lif kablolarına dış mekaniksel etki ve ısının birlikte uygulanması sonucu, liflerde sağlanan deformasyon yoluyla kıvrıklaştırma, liflerin içyapılarındaki farklılıklardan yararlanarak yapılan kıvrıklaştırma kıyasla daha geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bu şekilde sağlanan kıvrıklaştırma iki boyutlu olup, geometrisi nedeniyle testere dişlisi kıvrıklığı olarak

nitelendirilmelidir. Kıvrıcık makinesinde kıvrıcıklaştırma, polyester lif demetlerinin kıvrıcıklaştırılmasında en fazla uygulanan bu yöntemin esasını basıncı ayarlanabilen ve tahrik edilen bir çift silindir yardımıyla çekilen lif demetlerinin çıkış tarafında bulunan bir sıkıştırma kanalı (kıvrıcık kutusu) içine istiflenmesi yöntemidir. Kıvrıcık kutusu ise çıkış tarafı kısıtlanmış, menteşe ve/veya pistonlar (hava basıncı uygulanan) yardımıyla farklı basınçlar uygulanabilen dikdörtgenler prizması şeklindedir. Uygulanan finiş maddesinin de kıvrım boyu üzerinde bir etkisi olduğu bilinmektedir. Uygulanan finiş nedeniyle lif/metal sürtünmesi artarsa fitil bandı ile kıvrıcık kutu civarları arasındaki sürtünme kuvveti de artacağından, toplam sıkıştırma kuvveti artmakta, kıvrım boyu kısalmaktadır. Lif/lif sürtünmesinin artması ise, gerçek (efektif) atalet momentinin artmasına neden olacağından, kıvrım boyunun uzaması sonucunu doğurmaktadır. Bu etkilere ek olarak, bazı finiş maddeleri liflerin içerisine difüze ederek, liflerin yumuşamasını yani elastikiyet modüllerinin düşmesini sağlamaktadırlar ki, bu etkide kendini kıvrım boylarının kısılması (kıvrıcık sayısının artması) şeklinde kendini belli etmektedir.

### 2.3 Sabitleme İşlemi

Sabitleme (termo fiksaj) çekim işlemi (germe) uygulanmış fakat fikse edilmemiş polyester liflerinin dayanım ve elastikiyetleri, tekstil teknolojisi açısından yeterli olmakla beraber, lifler bu halleriyle ısı etkisine karşı bir şekil dayanıklılığına sahip olmadıklarından, böyle bir etkiyle karşılaştıklarında, elde edilmiş yöntemlerine bağlı olarak az veya çok çekmekte (büzülmekte) ve deforme olmaktadır. Kesikli lif üretiminde, kıvrıcıklaştırmadan geçirilmiş fakat fikse edilmemiş liflerin, kıvrıcıkları da ısı etkisine karşı dayanıksızdır. Bunun yanında, fikse edilmemiş liflerden yapılan ipliklerin bükümlerinin kolaylıkla gevşemesi ve bunlardan elde edilen tekstil yüzeylerinin buruşmalarının fazla olması gibi sakıncalarda ortaya çıktığından, ister sürekli (filament iplikler) ister kesikli lif üretimi olsun, lifler bir fiksaj işleminden geçirilmektedir. Bilinçli bir fiksaj işlemi sayesinde, liflerin kuvvet-uzama değerleri, elastikiyet ve tutum gibi özellikleri de önemli ölçüde yönlendirilmektedir.

Lif üretimi sırasında yapılan fiksaj amacı, lif üretimi, çekim işlemi ve yapılmışsa kıvrıcıklaştırma sırasında oluşan iç gerilimleri, kontrollü termik veya hidrotermik etki yardımıyla azaltmaya dayanmaktadır.

Liflerdeki iç gerilimin ortadan kaldırılabilmesi için, liflere verilecek enerji sayesinde makro molekül bölümlerinin hareketliliğinin artırılması ve böylece enerji yüklü makro molekül bölümleri arasında yer değiştirmelerin ve gerilimsiz yeni bağların oluşmasının sağlanması gerekmektedir. Gerçekte bu şekilde sağlanacak yeni durumda kalıcı (stabil) değildir. Ancak, makro molekül bölümleri arasındaki bu yer değiştirmelerin bir sonucu olarak, lifin kristalin ve amorf matrikside değişikliğe uğramaktadır. Fiksajdan önce amorf ve kristalin bölgeler lif içerisinde istatistiksel bir dağılım gösterirken ve kristalin lif elementleri küçük iken, fiksaj sırasında amorf-kristalin fazları ayrışmaya uğramakta ve böylece hem daha büyük kristalin lif elementleri oluşmakta, hem de lifteki kristalin bölge miktarı artmaktadır. Bu ise, liflerin enerji bakımından en düşük bir yapı kazanmaları demek olduğundan, liflerin fiksajı da sağlanmış olmaktadır.

Tavlama işleminin esasını, nihai çekim çıkışında bulunan bir seri sevk silindirlerinin ısıtılması oluşturmaktadır. Nihai çekim işleminden çıkan lifler, ısıtılmış tavlama silindirlerinden geçerken 180-220°C'a kadar ısınmakta ve bunun sonucu olarak, liflerdeki makro molekül bölümleri hareketlilik kazanmakta, küçük kristalitler erimekte, daha büyük kristalitler oluşmakta ve liflerin kristalin bölge miktarı artmaktadır. Ancak bütün bu olaylar oluşurken, liflerin boyları sabit tutulduğundan (büzüşmeye izin verilmediğinden) ve belli bir gergi uygulandığından daha yüksek düzenlilik ve kristalizasyonun sonucu olarak liflerin kopma dayanımları ve özellikle modülleri artmakta, esneme (uzama) yetenekleri ise düşmektedir. Sağlanan bu özelliklerin kalıcı olabilmesi için, liflerin sıcaklığı 100°C'in altına düşüncüye kadar, liflerin gergin vaziyette kalmaları da büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle tavlama bandına su püskürtmesi yapılmaktadır.

### 2.4 Finiş İşlemi

Finiş maddelerinin liflere uygulanmasından amaç, yapay liflerin üretimi ile bu liflerden iplik ve tekstil yüzeyi elde edebilmesi sırasındaki işlemleri kolaylaştırmak ve desteklemektir. Doğru ve düzgün bir finiş uygulaması yapılmadığı sürece, kaliteli bir fitil üretiminden söz edilemez. Finiş maddelerinden beklenenler şu şekilde sıralanabilir.

- Lif üretme ve kovalara doldurma sırasında; liflerin bir arada bulunmaları (kohezyonu) iyi olmalı, lifler geçtiği döner makara ve silindirlere yapışmamalı; Statik elektriklenme önlenmelidir.
- Çekim sırasında; lif metal sürtünmesi çok yüksek olmamalı (liflerde kopmalar olabilir); Lif tutunmasında düşük olmalıdır.
- Isıl işlem iyi olmalı, degridasyona karşı dayanıklı olmalıdır.
- Kıvırcıklaştırma sırasında; lif/metal sürtünmesi düşük olmalıdır ki, lif deformasyonu ve kıvırcıklık farkları minimum olsun. Aynı nedenler lif/lif tutunmasının da çok yüksek olmaması gereklidir.
- Kesme sırasında; Liflerin iyi bir şekilde açılması için lif/lif tutunması yüksek olmamalıdır.
- Batör de; esasında iyi bir açılma için lif/lif tutunmasının düşük olması gerekmektedir.
- Tarakta, Tülbentde liflerin bir arada bulunması için lif/lif tutunması yüksek; iyi bir açılma sağlayarak neps oluşmasını önlemek için de lif/lif tutunması düşük olmalıdır. Lif kümesini iyi açabilmek için, garnitürlerin lifleri iyi bir şekilde kavraması (yüksek lif/metal sürtünmesi); garnitür tellerine lifin sarılmaması için de hafif bir şekilde kavraması (düşük lif/metal sürtünmesi) gerekmektedir. Statik elektriklenmenin önlenmesi şarttır.
- Cerlerde; Neps ve düzgünsüz band oluşmaması için, liflerin birbirine göre kayabilmesi (düşük lif/lif tutunması), bandların kopmadan belirli derecede çekebilmesi ve kondenserlere yapışması içinde iyi bir lif/lif tutunması gereklidir. Statik elektriklenme önlenmelidir.
- Fital makinalarında; Bandların çekilebilmesi için lif/lif tutunmasının düşük, fitillerin kopmaması içinde lif/lif tutunmasının yüksek olması gerekmektedir.
- İplik eğrime makinalarında; fitillerdeki liflerin iyi ve düzgün bir şekilde yayarak büküm kazanabilmesi için lif/lif tutunmasının düşük iyi bir iplik mukavemeti ve kopmanın olmaması için lif/lif tutunmasının yüksek olması gerekmektedir. Lif/metal sürtünmesinin yüksek olmaması ve antistatik özelliğin iyi olmasının yanında finiş maddesinin tozarmayı ve makinada döküntü oluşmasını önlemesi de istenir.

Finiş maddelerinin görevlerini üç grupta toplayabiliriz.

- a. Kayganlık ve yumuşaklık sağlanması (yağlama etkisi)
- b. Statik elektriklenmenin önlenmesi
- c. Liflerin bir arada bulunmasının (kohezyon) desteklenmesi

### 3. POLYESTER ELYAF HAKKINDA KÜRESEL PAZAR BİLGİSİ

Bu başlığı dört farklı kısımda inceleyeceğiz. Öncelikle Dünya'daki polyester elyaf üretim miktarlarından bahsedeceğiz, daha sonrasında ülke bazlı ithalat ve ihracat miktarlarından bahsedeceğiz. Üçüncü kısımda ise küreselden yerele odaklanıp, Türkiye Polyester elyaf pazarından bahsedeceğiz. Ülkemizde polyester elyaf dünyasının dinamikleri nelerdir, Pazar hacmi nedir gibi sorulara daha detaylı cevaplar vereceğiz. Son olarak ise kısa gelecekte polyester elyaf dünyasını neler beklemektedir, piyasa oyuncularının beklentileri nedir, Polyester elyaf piyasasına dair tehditler nelerdir gibi sorulara cevaplar vereceğiz.

İlk kısım ile hemen başlamadan önce Dünya'da kullanılan polyester ve diğer elyaf türlerine ait toplam taleple alakalı bazı değerleri sizlerle paylaşmak isteriz. Wood Mackenzi sitesinin 2023 verilerine göre Dünya'da 107,8 milyon ton elyaf yani lif tekstil endüstrisinde kullanılmıştır. Bu kullanımın yaklaşık 1 milyon tonu yündür. 23,7 milyon tonu pamuktur ve 83 milyon tonu “manmade fiber” diye tabir edilen suni liflerdir. 83 milyon ton “manmade” liflerin 6,9 milyon tonu selülozik (kesikli elyaf ve filament) , 20,8 milyon tonu sentetik kesikli elyaf (polyester, polipropilen, nylon ve akrilik) 55,2 milyon tonu da sentetik filamenttir. Verilen bu değerler, ilgili ürün gruplarıyla alakalı kurulu kapasiteler değil toplam talep edilen miktardır. Öngöreceğiniz üzere kurulu kapasiteler bu miktarların üzerindedir.

Wood Mackenzi firmasının yayınlamış olduğu raporlara göre 2023 yılı baz alındığından Dünya'daki kurulu polyester elyaf kapasitesi yaklaşık 25,4 milyon tondur. Daha doğru bir ifadeyle polyester filament ve elyaf kapasitesi toplam 88,1 milyon ton iken bunun 25,4 milyon tonu kesikli elyaf 62,7 milyon tonu ise polyester filamenttir. Daha önce belirttiğimi üzere bu çalışmada, kesikli elyaf diye tabir ettiğimiz ve literatürde “staple fiber” olarak bilinen ürüne odaklanacağız.

Tekstil endüstrisinin hemen hemen tüm alt gruplarında olduğu gibi Polyester elyaf da Tahmin edeceğimiz üzere kurulu dünya kapasitesinin çok önemli bir kısmı Asya Pasifik bölgesindedir. Asya'ya

Avrupa ve Kuzey Amerika takip etmektedir. Kurulu kapasitenin 22 milyon tonu Asya bölgesindedir. İkinci sıradaki Avrupa'nın miktarı 1,5 milyon tondur. Türkiye verileri Avrupa içerisinde değerlendirilmektedir. Üçüncü sıradaki Kuzey Amerika'daki kurulu kapasite 806 bin tondur. Gördüğümüz gibi üretim miktarı konusunda Asya yanına bile yaklaşamayacak duruma gelmiştir. Konuyu yüzdesel olarak irdelediğimizde kapasitenin %86,8'i Asya'da iken %6 civarı Avrupa'da ve %3 civarı da Kuzey Amerika'dadır. Ülke bazlı konuya baktığımızda ise yine sanıyorum ki hiç birimize sürpriz olmayacak şekilde Çin'in ağırlığını göreceğiz. Asya'da bulunan 22milyon ton/yıl kapasitenin 13,6 milyon tonu Çin'dedir. Çin'i 2,6 milyon ton ile Hindistan, 1,1 milyon ton ile Tayvan, 1 milyon ton yıl ile Güney Kore, 880 kton ile de Vietnam izlemektedir. Dünya Kurulu kapasitesinin %86'sını kapsayan Asya ve %53,8'ini kapsayan Çin doğal olarak polyester elyaf dünyasının kiblesi, karar vericisi haline gelmiştir.

Asya'da Çin'in ağırlığının benzerinin Avrupa için Türkiye'de olduğunu söyleyebiliriz. 1,5 milyon ton /yıllık kurulu kapasitenin 814 bin tonu ülkemizdedir. Ülkemizi 136 bin ton ile Almanya ve 105 bin ton ile Belarus izlemektedir.

Kuzey Amerika'da tüm kurulu kapasite Birleşik devletlerdedir ve yaklaşık 806 bin tondur.

İkinci kısmında ülke bazlı ithalat ve ihracat rakamlarına değineceğiz. Yukardaki veriler ışığında ülke bölge bazlı pazar büyüklüklerine rahatlıkla ulaşacağız. Dünya'da polyester elyaf ihracat değerlerini mercak altına almadan önce sanırım bir önceki bölümde bahsettiğimiz üretim verilerinden yola çıkarak bazı tahminlerde bulunabiliriz.

Trademap sitesi verilerine göre 2023 yılında toplam 3,7 milyon ton polyester elyaf ihraç edilmiştir. En büyük ihracatçı ülke aynı zamanda en büyük üretici ülke olan Çin'dir. Çin 2023 yılında yaklaşık 1,2 milyon ton polyester elyaf ihraç etmiştir. İkinci sırada ise 652 bin ton ile G. Kore en büyük ihracatçı ülke olmuştur. 3. sırada 651 bin ton ile Tayland ve 4. sırada 367 bin ton ile Endonezya vardır. Tayvan 232 bin ton, Vietnam 222 bin ton Hindistan ise 207 bin ton polyester elyaf ihraç etmiştir.

Asya dışı en büyük ihracatçı ülke ise ülkemizdir. Türkiye 2023 yılında 122 bin ton polyester elyaf ihraç etmiştir. Bu miktarların parasal karşılığına da değinmek gerekirse, toplam ihracatın değeri 4 milyar 200 milyon Amerikan doları olmuştur. En büyük ihracatçı Çin'in yaptığı ciro 1 milyar 200 milyon dolar olmuştur, G. Kore 774 milyon dolar, Tayland 381 milyon dolar, Tayvan 272 milyon dolar, Endonezya 236 milyon dolar ve Hindistan 229 milyon dolar ciro yapmıştır. Ülkemizin yaptığı ciro ise 145 milyon dolar olmuştur.

Aynı yıla ait ithalat verilerine baktığımızda ise toplam miktarı 3,5 milyon ton olarak görüyoruz. İthalat ve ihracat arasındaki 0,2 milyon tonluk fark muhtemelen trademap sitesi tarafından doğrulanamayan veridir. İlginç bir şekilde Dünya'nın en büyük polyester elyaf ithalatçısı ABD olarak görünmektedir. Amerika Birleşik Devletleri 2023 yılı içerisinde 447 bin ton ithalat yapmıştır. Birleşik Devletleri 380 bin ton toplam ithalat miktarı ile Vietnam takip etmektedir. Üçüncü sırada 240 bin ton ile ülkemiz izlemiştir. Ülkemizi 163 bin ton ile Almanya ve 138 bin ton ile Bangladeş takip etmektedir. Bu bağlamda en dikkat çekici nokta en yüksek ithalatı yapan bölgelerin Kuzey Amerika ve Avrupa olmasıdır. Avrupa ülkelerini baz aldığımızda, Avrupa bölgesinin toplam polyester elyaf ithalatı 2023 yılında 655 bin tondur. Konuyu bir önceki paragrafla birleştirdiğimizde Asya ülkelerinin polyester elyaf konusunda net ihracatçı olduğunu bununla beraber Dünya'nın daha gelişmiş kısımlarının, kişi başı milli geliri daha yüksek ülkelerinin ise net ithalatçı olduğu görülmektedir. Ülkelerin bu ithalatlar için yaptıkları harcamalara bakacak olursak, ABD 2023 yılında yaklaşık 576 milyon dolar harcamışken Vietnam 400 dolar ve Türkiye ise 281 milyon dolar harcamıştır. Bizi 241 milyon dolar ile Almanya takip etmektedir. İthalat için toplam harcanan para ise 4 milyar 300 milyon dolar civarında olmuştur.

Kurulu kapasite ve ithalat ihracat değerleri sonrası ülkelerin polyester elyaf pazar hacminden de bahsedebiliriz. Daha öncede Dünya'da ortalama polyester elyaf talebinin 18 milyon ton civarı olduğunu söylemiştik, bununla beraber yine kurulu üretim kapasitesinin de yaklaşık 25 milyon ton olduğunu söylemiştik. Buradan açıkça görülmektedir ki polyester elyaf dünyasında normal şartlar altında kapasite kullanım oranı %72-%75 civarındadır. Bir başka ifadeyle polyester elyaf endüstrisi arz fazlası verir durumdadır. Kapasite azaltmalar, planlı duruşlar gibi arz kısıcıcı faaliyetlerle piyasa dengelenmektedir. Oldukça yüksek üretim kapasitesi ile hepimizin öngöreceği şekilde en yüksek pazar büyüklüğü yaklaşık 8,6 milyon ton ile Çin'dedir. Hindistan 1.56 milyon ton pazar büyüklüğü ile ikinci sıradadır. ABD ise 1,2 milyon ton pazar büyüklüğü ile üçüncü sıradadır. Üretim miktarında başat olan bazı ülkelerin iç tüketimi oldukça zayıf olması sebebiyle bu ülkelerin pazar büyüklüğü oldukça sınırlıdır. Örneğin G. Kore pazar büyüklüğü yaklaşık 135 bin tondur. Kurulu kapasitenin 1 milyon ton olduğunu düşünürsek

G. Kore'nin ne kadar ihracat odaklı olduğunu daha net anlayabilmekteyiz. Çin ve Hindistan'dan sonra üçüncü büyük pazar 734 bin ton ile Endonezya'dır. Türkiye'nin de 700 bin ton üzeri pazar büyüklüğü ile aslında bu endüstri için ne kadar önemli olduğunu oldukça net bir şekilde görebilmekteyiz. Bölgesel olarak baktığımızda en yüksek pazar hacminin 15,3 milyon tonla Asya Pasifikte olduğunu görmekteyiz ki bu toplam pazarın %83üne tekabül etmektedir. Avrupa pazar büyüklüğü 1,1 milyon ton (Türkiye hariç) iken Türkiye ile bu miktar 1,85 milyon tonlara çıkmaktadır. Kuzey Amerika pazar büyüklüğü yaklaşık 1.4 milyon ton iken Kuzey Afrika pazar hacmi 0,1 milyon ton, Ortadoğu pazar hacmi 0,25 milyon ton ve orta ve G. Amerika pazar büyüklüğü ise 0,4 milyon ton yıldır.

Çalışmanın başında küreselden yerele doğru incecimizi belirtmiştik. Dünya polyester elyaf piyasası ile alakalı bu kadar detaya sahip olduktan sonra şimdi biraz Türkiye'ye odaklanalım. Üretim ve ithalat verilerinde de altını birkaç defa çizdiğimiz üzere Türkiye polyester elyaf konusunda oldukça önemli bir yere sahiptir. Şirketimiz SASA'nın 2016 yılından beri yaptığı yatırımların etkisiyle ülkemizde şuan kurulu polyester elyaf üretim kapasitesi yaklaşık 814 bin ton yıldır. Bu kurulu kapasitenin yaklaşık 520 bin ton yılı SASA'ya aittir. 2025'in ilk ayları ile beraber SASA'nın kurulu kapasitesi yaklaşık 870 bin ton olurken, Türkiye'nin kurulu kapasitesi ise 1.150 bin ton olacaktır. Peki, son 5 yılda Türkiye pazarının seyri nasıl olmuştur bunu inceleyelim. 2019 ve 2023 yılları arasında Türkiye'nin polyester elyaf üretimi sırasıyla 545 bin ton- 566 bin ton – 740 bin ton – 785 bin ton ve 600 bin ton olmuştur. Aynı dönemde elyaf ithalatı 217 bin ton – 183 bin ton – 218 bin ton- 205 bin ton ve 237 bin ton olmuştur. Bu yıllarda ihracatımız yine sırasıyla 45 bin ton – 104 bin ton – 162 bin ton – 157 bin ton ve 121 bin ton olmuştur. Tüm bu verilerin ışığında son 5 yıl Türkiye Pazar polyester elyaf pazar büyüklüğü 715 bin ton – 645 bin ton – 796 bin ton – 833 bin ton ve 716 bin ton olmuştur. Bu bilgilerden rahatlıkla anlaşılacağı üzere, ülkemiz hala oldukça ciddi polyester elyaf ithalatçısıdır. Bu bağlamda Türkiye elyaf ithalatını biraz daha yakından inceleyelim. 2023 yılında ülkemizin yaptığı yaklaşık 240 bin ton elyaf ithalatının 67 bin tonu Çin'den yapılmıştır. Çin'i 59 bin ton ile serbest ticaret antlaşmamızın olduğu Malezya takip etmiştir. Kore 34 bin ton ile üçüncü olurken, Mısır 24 bin ton ve Hindistan da 20 bin ton ile dördüncü ve beşinci sıradadır. Aynı yıl ülkemiz yaklaşık 123 bin ton polyester elyaf ihraç ederken bunun 27 bin tonu İspanya'ya 16 bin tonu Almanya'ya 14 bin tonu İtalya'ya ve 13 bin tonu Slovenya'ya yapılmıştır. İhracat listemizde beşinci sırada ise 6 bin ton ile Rusya bulunmaktadır. Görüldüğü üzere en yüksek ihracat rakamları Avrupa ve yakın coğrafyamız ile yapılmıştır.

Yazının son bölümünde polyester elyaf pazarının kısa geleceği üzerine birkaç cümle söylemek ile özetleyelim. Artan nüfusla birlikte polyester ürünlere olan talebin artacağı aşikârdır. Tahmin edileceği üzere tekstil ürünlerine talebin doğal olarak nüfusla ilişkisi bulunmaktadır ve artan nüfus her daim artan talep anlamına gelmektedir. Bu bağlamda polyestere olan talebin her geçen gün artacağını söylemek çok zor olmasa gerek. Buna ek olarak pek tabii ki polyesterin muadili ürünlere olan talepte polyestere olan talep üzerinde belirleyici olacaktır. Her iki ürünün de üretim şartlarının nispeten daha zor olması ve özellikle pamuk yetiştiriciliğinde ekili dikili alanların boyutu vb. sebeplerden dolayı muadil ürünlerden de polyestere bir talep kayması olabileceğini öngörebiliriz.

Bu belirtilenlere ek olarak yakın gelecekte polyester elyaf endüstrisini zorlayacak en önemli konulardan birinin sürdürülebilirlik olacağı aşikârdır. İngiltere başta olmak üzere bir takım ülkeler tek kullanımlık plastikleri yasaklamaya başlamıştır ve yapısı gereği özellikle polyesterden üretilmiş bazı dokusuz kumaş ürünleri de bu kapsamda değerlendirilmektedir. Örneğin polyester içerikli ıslak mendiller bu ülkelerde kullanılmamaya başlanmıştır. Kural koyucular doğaya karışabilmesi sebebiyle PET içerikli ıslak mendiller yerine %100 doğal veya selülozik lifler içeren ürünlere müsaade etmektedir. Bu bağlamda SASA dahil birçok sektör oyuncusu doğada çözünebilir bilinen ismiyle “biodegradable” polyester üretiminin çalışmaları içindedir.

Sürdürülebilirlik konusunda değinilmesi gereken bir diğer nokta ise piyasada rejenere elyaf olarak da bilinen geri dönüştürülmüş ürünlerdir. Son yıllarda çok büyük ve ünlü markaların da teşvikiyle rejenere elyaf konusu oldukça revaçtadır. Fakat bu endüstrinin de kendi çapında ciddi engelleri bulunmaktadır. Öncelikle bildiğiniz üzere rejenere elyaf pet şişelerin toplanıp, kırılıp eritilmesi ile elde edilen polimerin elyaf formuna getirilmesi ile elde edilmektedir. Toplanan pet şişelerin her daim aynı kalite standartlarında olmaması, mevsimine coğrafyasına göre farklılıklar gösteriyor olması polyester elyafın muadillerine göre sahip olduğu en önemli karşılaştırmalı üstünlüğü olan kalite standardını kaybettirmektedir. Bir başka ifadeyle saf polyester elyafın en önemli özelliği, bir petrokimya ürünü olması sebebiyle ürünün fiziksel ve kimyasal özellikleri yıllar boyunca aynı standartlarda kalabilmektedir. Örneğin SASA'nın A işletmesinde 10 yıl önce üretilen 1,2 denye ekru ürünler dün



üretileen aynı kalite parametrelerine sahiptir. Rejenere elyaf konusunda ise hammadde kalitesinde bir standart olmadığı için farklı dönemlerde yapılan üretimler ayrışabilmektedir. Yine bu sebepten dolayı ince denye rejenere elyaf üretebilmek oldukça yönetilmesi zor bir süreçtir, bu sebepten dolayı rejenere elyaf üreticileri mütemadiyen kalın elyaf ( 3denye ve üstü) üretmek istemektedirler. Bunlara ek olarak rejenere elyaf üretiminde kullanılan atıkların toplanması çözülmesi gereken başka bir konudur. Dünya'da birkaç ülke hariç rejenere atıkların muntazam ve kayıt altında toplanması organize edilememektedir. Türkiye'de örneğin bu atıkların nasıl toplandığına hepimiz şahidiz. Son olarak çalışmanın önceki kısımlarında da bahsettiğim üzere mevcutta yıllık 18-19 milyon ton yıl polyester elyaf talebi küresel anlamda vardır ve bunun tamamının rejenere üretim haline gelmesi imkânsızdır. Sürdürülebilirlik konusunda en büyük beklentimiz polyesterin hammadde üreticilerinin bu konuya bir çözüm getirmesidir. Bu olası durum tüm endüstri için daha iyi olacaktır.

Son olarak, ticaret savaşlarına biraz değinmemiz gerekiyor ki bu durumun endüstrimiz üzerinde etkileri olacağı kaçınılmazdır. Daha önce belirttiğimiz üzere Polyester dünyanın belirleyicisi Asya Pasifik ülkeleri ve özellikle de Çin'dir. Arz fazlası durumunda olan bu endüstri de üreticiler pazar bulabilmek için ticari anlamda çok saldırgan olabilmekteler ve farklı coğrafyalarda anti dumping, koruma önlemi adında ek vergilerle karşılaşabilmekteler. Üreticilerin bu saldırgan durumuna ek olarak ABD-Çin örneğinde olduğu gibi siyasi gerilimler de ticaret bariyerlerini arttırmaktadır. Bu durum polyester elyaf kullanıcılarının her daim alternatif tedarikçiyi canlı tutmalarına sebebiyet vermektedir. Dünya'nın en büyük iki polyester elyaf ithalatçısı pazarı olan Avrupa ve ABD, Çin'e sırtını dönmesi endüstri ile alakalı tüm tedarik silsilesini etkileyecektir. Bununla beraber sürekli dalgalanan ve adeta buluttan nem kapan lojistik maliyetleri de tüm kullanıcıları yakın coğrafyalarından ürün tedarik etmeye muhtaç bırakabilecektir.

## **KAYNAKLAR**

*ICIS haftalık raporlar: <https://www.icis.com>*

*SASA Polyester Sanayi AŞ Arşivleri, üretim sunumları*

*TÜİK ithalat ihracat verileri: Aralık 2023 <https://www.tuik.gov.tr/>*

*Woodmackenzie Sitesi Aylık ve Yıllık Raporları: Aralık 2023, <https://www.woodmac.com>*

# ANTİBAKTERİYEL ÖZELLİĞE SAHİP LİFLERLE KARIŞIM İPLİKLERİN ÜRETİMİ VE ELDE EDİLEN ÖZELLİKLERİN İNCELENMESİ

Gonca YILDIZ PABUŞÇU<sup>1</sup>, Ayşe TÜRKTAŞ ALI<sup>1</sup>, Timur ATİK<sup>1</sup>, Fatma GÖKTEPE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gülle Entegre Tekstil İşletmeleri Eml. Dan. San. ve Tic. A.Ş., Tekirdağ.

<sup>2</sup> Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ.

## ÖZET

Tekstil ürünlerine antibakteriyel özellik, genellikle boya-terbiye aşamasında uygulanan bitim Tekstil ürünlerine antibakteriyel özellik, genellikle boya-terbiye aşamasında uygulanan bitim işlemleri ile sağlanmaktadır. Ancak, bu ürünlerde yıkama sonrasında antibakteriyel özelliğin kalıcılığında problem yaşanmaktadır. Bu bağlamda sunulan çalışmanın temel amacı antibakteriyel etkinin daha uzun süreli kullanımına duyulan ihtiyaç doğrultusunda iplikten itibaren nihai ürüne antibakteriyel özellik kazandırmaktır. Antibakteriyel aktivite sağlayan lifler araştırıldığında yoğun olarak kullanılan elyaf türlerinin gümüş vb. lifler olduğu görülmekte, ayrıca son yıllarda %100 gümüş elyaf yerine gümüş kaplı lifler de kullanılmaktadır. Bu amaçla çalışma kapsamında gümüş lifi ve gümüş kaplı poliamid 6,6 lifi pamuk elyafı ile karıştırılarak kullanılmıştır. Kısa şapeli iplik üretim hattında %95 pamuk, %5 gümüş elyaf ve %95 pamuk, %5 gümüş kaplı poliamid 6,6 elyaf karışımına sahip olacak şekilde aynı koşullarda Ne 30/1 numaraya sahip iplikler üretilmiştir. Daha sonra bu ipliklerden numune örme kumaşlar üretilerek antibakteriyel özellikleri karşılaştırılmıştır. AATCC 100 standardına göre yapılan antibakteriyel test sonuçları incelendiğinde gümüş elyaf içeren numunenin *Staphylococcus aureus* ATCC 6588 Gram (+) etkinliğinin %97,59; *Esherichia coli* ATCC 25922 Gram (-) etkinliğinin %98,72 olduğunu; gümüş kaplı poliamid 6,6 elyaf içeren numunenin ise *Staphylococcus aureus* ATCC 6588 Gram (+) etkinliğinin %99,89; *Esherichia coli* ATCC 25922 Gram (-) etkinliğinin %99,64 olduğu görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Antibakteriyel İplik; Gümüş Lifi; Gümüş Kaplı Poliamid 6,6 Lifi

## PRODUCTION OF BLENDED YARNS WITH ANTIBACTERIAL FIBERS AND ANALYSIS OF THE OBTAINED PROPERTIES

### ABSTRACT

Antibacterial properties in textiles are usually achieved through finishing treatments applied during dyeing and finishing stages. However, a common issue with these products is maintaining antibacterial effectiveness after washing. This study aims to impart antibacterial properties from the yarn to the final product for extended periods. Research into fibers with antibacterial activity reveals that commonly used types include silver fibers. Recently, silver-coated fibers have also been used instead of 100% silver fibers. In this study, 100% silver fibers and silver-coated polyamide 6.6 fibers were blended with cotton fibers. Yarn samples (Ne 30/1) with blends of 95% cotton and 5% silver fibers and 95% cotton and 5% silver-coated polyamide 6.6 fibers were produced under the same conditions. Then, fabrics were knitted from these yarns to compare their antibacterial properties. According to AATCC 100 antibacterial test, the sample containing silver fibers showed 97.59% efficacy against *Staphylococcus aureus* ATCC 6588 Gram (+) and 98.72% efficacy against *Esherichia coli* ATCC 25922 Gram (-) while the sample with silver-coated nylon fibers exhibited 99.89% efficacy against *Staphylococcus aureus* ATCC 6588 Gram (+) and 99.64% efficacy against *Esherichia coli* ATCC 25922 Gram (-).

**Keywords:** Antibacterial Yarn; Silver Fiber; Silver Coated Polyamide 6.6 Fiber

## 1. GİRİŞ

Tekstil yüzeylerine antibakteriyel özellik, kumaş veya liflere özel bitim işlemleri uygulanarak ya da kendi doğal yapısında antibakteriyel özelliğe sahip olan liflerin kullanılması ile kazandırılmaktadır. Geleneksel olarak antibakteriyel etkiler daha çok boya-terbiye aşamasında uygulanan bitim işlemleriyle elde edilmektedir. Ancak bu yöntemin en önemli sorunlarından birisi antibakteriyel özelliklerin yıkama sonrası kalıcı olup olmamasıdır. Bu problem, tekstil ürünlerinin etkin bir şekilde kullanımı ve uzun vadeli performansı açısından kısıtlayıcı bir unsur teşkil etmektedir. Bu bağlamda, antibakteriyel özelliğe sahip liflerin kullanımı ön plana çıkmakta olup, liflerin kullanılacağı alana göre farklı antibakteriyel aktivite kazandırma yöntemleri mevcuttur (Altınok, 2008):

a) Antibakteriyel Ajanların Elyaf Bünyesine Yerleştirilmesi: Bu yöntem sentetik filamentlerde uygulanmaktadır. Lif çekimi esnasında ajanlar polimer içerisine yerleştirilir. Böylelikle lif aşınmalarında dahi antibakteriyel özellik tutumu devam etmektedir.

b) Yüzey Uygulamaları: Bu teknik tüm liflere uygulanabilmekte olup, lif aşınmalarında antibakteriyel özellik kısmen ya da bütünüyle yok olabilmektedir.

c) Kimyasal Birleşme: Dayanıklılığı sağlamanın en iyi yolu olarak belirtilmekle birlikte doğal ya da sentetik tekstil yüzeylerinde uygun reaktif grupların bulunması gerekmektedir. Bu tekstil yüzeylerinde bulunan amorf boşlukların, kation ( $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^+$ ,  $Mg^+$  vb.) ve su molekülleri tarafından doldurulmuş olması gerekmektedir. Bu kationlar antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu bilinen  $Ag^+$ ,  $Cu^{+2}$ ,  $Zn^{+2}$  gibi metal kationlarıyla kolaylıkla yer değiştirebilmektedir. Böylelikle antibakteriyel aktivite sağlayan metal iyonları lif bünyesine yerleştirilmektedir.

Antibakteriyel özelliğe sahip elyaf üretiminde en çok kullanılan maddeler ise triklosan, chitosan ve başta gümüş olmak üzere çeşitli metal iyonlarıdır. Gümüş iyonunun, çok eski çağlardan beri kullanıldığı bilinmektedir ve çeşitli hastalıklara sebep olan 650'den fazla mikroorganizmaya karşı etkili olduğu klinik deneylerle kanıtlanmıştır (Altınok, 2008; Süpüren ve ark., 2006). Bu lifler eğrilip iplik haline getirilerek dokuma ve örme yüzeylerin elde edilmesinde kullanılabilir (Kaynar Taşçı ve Çelik, 2018). Literatürde bu alanda çok sayıda araştırma mevcut olup, Cr ve Cu içeren metalik boyarmaddeler ile antimikrobiyel aktiviteye sahip ipek lifleri elde etmek üzere boyanmasına yönelik çalışmalar (Tsukada ve ark. 2002); farklı reaksiyon başlatıcılar eşliğinde içeride ya da lif yüzeyinde etkili radikal polimerizasyonlar gerçekleştirerek antibakteriyel etki sağlanmasına yönelik çalışmalar (Sun ve Sun, 2002); bambu liflerinin antibakteriyel özelliklerinin viskon ve polyester lifleri ile karşılaştırmalı incelenmesi ve aleovera mikro kapsül içeren chitosan solüsyonu ile muamele edilen kumaşların antibakteriyel özelliklerine yönelik çalışmalar (Altınok, 2008) örnek olarak verilebilir.

Bu çalışmada ise antibakteriyel etkinin daha uzun süreli kullanımına yönelik bir çözüm arayışı ile gümüş elyaf ile gümüş kaplı poliamid (nylon) elyafın antibakteriyel etkisinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu lifleri içeren iplikler, pamuk ve söz konusu antibakteriyel liflerin karışımı ile üretilmiş olup, bu ipliklerle elde edilen örme kumaşların antibakteriyel performansları incelenmiştir.

## 2. MATERYAL ve METOT

Çalışma kapsamında üretilecek antibakteriyel özelliğe sahip iplikler için gümüş ve gümüş kaplı poliamid 6,6 elyafı kullanılmıştır (Çizelge 1).

Gümüş Elyaf: Gümüş içerikli lifler, yüksek antibakteriyel aktivite sağlamak amacıyla kullanılmıştır. Gümüşün doğal antibakteriyel özellikleri, mikroorganizmaların büyümesini engellemede etkili bir çözüm sunmaktadır.

Gümüş Kaplı Poliamid 6,6 Elyafı: Bu lifler, hem dayanıklılığı artırmak hem de antibakteriyel etkinliği sürdürülebilir bir şekilde sağlamak için tercih edilmiştir.

Pamuk Elyafı: Pamuk elyafı, iplik karışımında temel malzeme olarak kullanılmıştır.

Kullanılan antibakteriyel özelliğe sahip liflerin temel özellikleri ile elyaf numunelerine ait görüntüler ise Şekil 1'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Elyaf inceliği ve uzunluğu

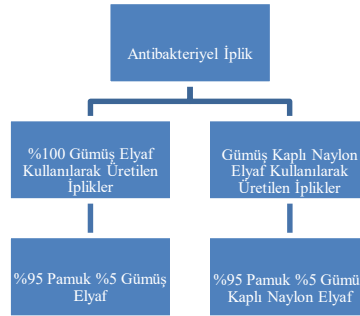
Lifler	Elyaf inceliği	Elyaf ştapel uzunluğu
Gümüş elyafı	1,8 dtex	38 mm
Gümüş kaplı poliamid 6,6 elyafı	1,7 dtex	40 mm



**Şekil 1.** Gümüş elyafı (a) ve gümüş kaplı poliamid 6,6 elyafı (b)

Çalışmada antibakteriyel özellikleri değerlendirmek amacıyla iki farklı iplik türü üretilmiştir. Ştapel iplik üretiminde %100 gümüş elyafı kullanımının zor olduğu bilinmektedir. Ayrıca bu tür ipliklerden elde edilecek kumaşlar yüksek sertliğe sahip olup, son kullanım için uygun değildir. Dolayısıyla gümüş lifler ile üretilen hibrit iplikler, sentetik veya doğal liflerle karışım halinde tercih edilmektedir (Özkan İ., (2019)). Bu liflerle ilgili maliyet de diğer bir önemli unsurdur. Bu nedenle çalışmada ilk olarak, gümüş elyaf kullanılarak iplikler hazırlanmış olup, bu iplikler, %95 pamuk ve %5 gümüş elyaf içerecek şekilde ring iplik eğirme makinasında üretilmiştir. İkinci olarak ise antibakteriyel performansını incelemek için gümüş kaplı poliamid 6,6 elyaf kullanılmıştır. Bu iplikler %95 pamuk ve %5 gümüş kaplı poliamid 6,6 karışım oranında üretilmiştir (Çizelge 2).

**Çizelge 2.** Üretilen iplikler



Söz konusu ipliklerin üretiminde kullanılan temel üretim parametreleri ise Çizelge 3’de yer almaktadır.

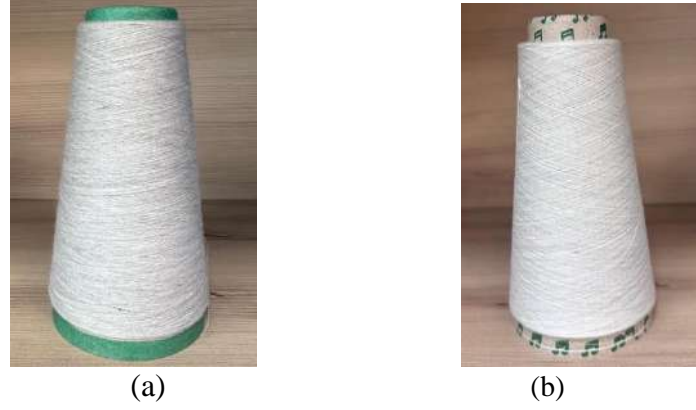
**Çizelge 3.** İplik Üretim Parametreleri

Cer işlemleri	Cer şeridi Ne 110; 6 dublaj
Fital işlemleri	Fital numarası Ne 73 Nominal fital büküm: 42 t/m Kırıcı (ön) çekim: 1,07 Ekartman: Ön 50 Arka: 70
Ring iplik eğirme işlemleri	İplik numarası Ne 30 Nominal iplik bükümü: 900 t/m Kırıcı (ön) çekim: 1,14 Toplam çekim: 43

İplik üretimini takiben elde edilen iplikler numune örme makinasında kumaş yüzeylere dönüştürülerek antibakteriyel testlere tabi tutulmuştur.

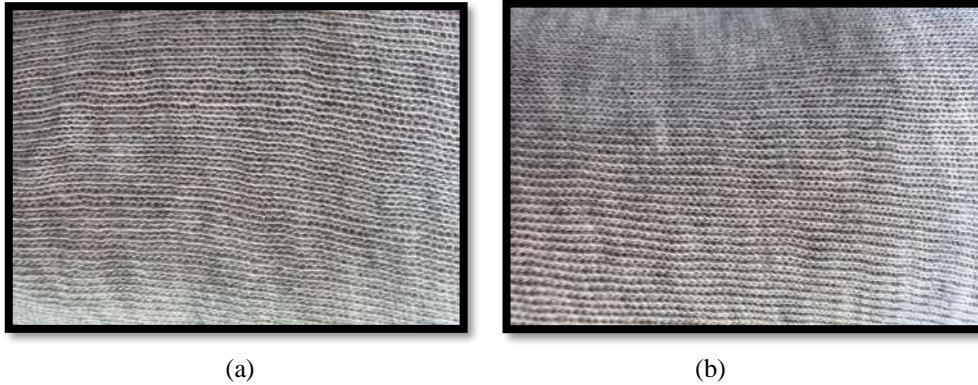
#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Elde edilen her iki iplik numunesine ait görüntüler Şekil 3’de verilmiştir.



**Şekil 3.** %95/5 pamuk/gümüş elyaf içeren iplik numunesi (a) ve %95/5 pamuk/gümüş kaplı poliamid 6,6 elyaf içeren iplik numunesi (b)

İplik üretimi tamamlandıktan sonra elde edilen örme kumaşların görselleri ise Şekil 4’te sunulmaktadır.



**Şekil 4.** %95/5 pamuk/gümüş elyaf içeren örme kumaş numunesi (a) ve %95/5 pamuk/gümüş kaplı poliamid 6,6 elyaf içeren örme kumaş numunesi (b)

Söz konusu örme kumaş yüzeylerde antibakteriyel aktivite tayini için AATCC 100 standardına göre *Staphylococcus aureus* ATCC 6588 Gram (+) ve *Esherichia coli* ATCC 25922 Gram (-) suşları kullanılarak uygulanan test sonuçları ise Tablo 4’de verilmiştir.

**Çizelge 4.** Antibakteriyel Aktivite Test Sonuçları

Numune	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538 (Gram (+))	<i>Esherichia coli</i> ATCC 25922 Gram (-)
%95/5 Pamuk/gümüş kaplı poliamid 6,6 elyaf içeren kumaş	%99,89 Etkili	%99,64 Etkili
%95/5 Pamuk/gümüş elyaf içeren kumaş	%97,59 Etkili	%98,72 Etkili

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada, tekstil ürünlerine uzun süreli antibakteriyel özellik kazandırmak amacıyla iplik üretim aşamasında antibakteriyel liflerin kullanımı incelenmiş ve geleneksel bitim işlemlerine alternatif olarak iplik aşamasında antibakteriyel özelliklerin sağlanması hedeflenmiştir. Çalışma kapsamında, gümüş elyaf ve gümüş kaplı poliamid 6,6 elyaf kullanılarak pamuk elyafı ile karıştırılmış iplikler (%95/5 pamuk/gümüş; %95/5 pamuk/gümüş kaplı poliamid 6,6) üretilmiştir. İpliklerin antibakteriyel etkinlikleri, AATCC 100 standardına göre test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, her iki tür antibakteriyel özelliğe sahip lifin %5 oranında kullanılması durumunda yüksek etkinlik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bunun yanında gümüş kaplı naylon elyaf içeren ipliklerin de gümüş elyafı ile aynı karışım oranında kullanılması durumunda iyi bir antibakteriyel performans sergilediği görülmektedir. Böylelikle gümüş kaplı naylon lifi kullanarak gümüş lif kullanılan ipliklere göre daha uygun maliyetle benzer antibakteriyel performans elde edilebilmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

*Altınok U. B. (2008). Tekstil Yüzeylerinin Antibakteriyel Özelliklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği A.B.D., 2008, Isparta.*

*Özkan İ., (2019), Investigation on antimicrobial activity and electromagnetic shielding effectiveness of metal composite single jersey fabrics, Journal of Engineered Fibers and Fabrics Vol. 14: 1–11*

*Kaynar Taşcı, Z., & Çelik, N. (2018). Pamuk ve Gümüş Elyafı Üretilen İpliklerin Bazı Kalite Parametrelerinin İncelenmesi. Dünya Multidisipliner Araştırmalar Dergisi, 2018(2), 62-71.*

*Sun, Y., and Sun, G. (2002). Durable and Regenerable Antimicrobial Textile Materials Prepared by a Continuous Grafting Process, Journal of Applied Polymer Science, Vol. 84, 1592-1599.*

*Süpüren G., Kanat Z. E., Çay A., Kırıcı T., Gülümser T., Tarakçıoğlu I. (2007). Nano Lifler. <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/218015> (Erişim tarihi, 14.06.2018).*

*Tsukada, M., Katoh, H., Wilson, D., Shin, B., Arai, T., Murakami, R., and Freddi, G. (2002). Production of Antimicrobially Active Silk Proteins by Use of Metal-Containing Dye-stuffs, Journal of Applied Polymer Science, Vol. 86, 1181-1188.*

# OTOMOTİV TEKSTİLLERİNDE ELYAF KESİDİNİN MUKAVEMET ÖZELLİKLERE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

**Zeliha ÇAVUŞ, Gökhan GÜNEY**

*Şiteks Şişmanlar Tekstil Ar-Ge Merkezi, Tekirdağ, Türkiye*

[zeliha.cavus@siteks.com.tr](mailto:zeliha.cavus@siteks.com.tr)

## ÖZET

Araç içi akustik konfor günümüz tüketicilerin araç seçimlerinde oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Tüm otomotiv ana ve yan sanayi üreticileri bu beklentiye yönelik yeni çözümler üreterek müşterilerine sunmaya çalışmaktadır. Günümüzün değişen ihtiyaçları ve otomotiv firmaları arasındaki süregelen rekabet akustik yalıtım malzemelerinin de sürekli olarak gelişim içerisinde olmasını gerektirmektedir. Üreticiler tarafından; motor, yol ve yapısal kaynaklı gürültülerin, sürücü ve yolcuları en az seviyede etkilemesi için akustik performansı yüksek, maliyeti düşük akustik malzemelerin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Özellikle elektrikli araçların yaygınlaşması ile birlikte akustik çözümlere olan ihtiyaçlar daha da artmaktadır. Bu çalışma kapsamında araç dış trim parçalarında akustik çözümlerde kullanılmak üzere geliştirilen dokusuz yüzey tekstil malzemelerinde polyester elyaf kesit alanının ürünün mekanik performansına etkisi incelenecektir.

**Anahtar kelimeler:** Dokusuz yüzey, Elyaf Kesit Alanı, Mukavemet

## INVESTIGATION OF FIBER SECTION EFFECT ON STRENGTH PROPERTIES IN AUTOMOTIVE TEXTILES

### ABSTRACT

Acoustic comfort has a very important place in the vehicle choices of today's consumers. All automotive main and sub-industry manufacturers are trying to produce new solutions for this expectation and offer them to their customers. Today's changing needs and the ongoing competition between automotive companies require the continuous development of acoustic insulation materials. Manufacturers aim to develop acoustic materials with high acoustic performance and low cost in order to minimise the impact of engine, road and structural noise on drivers and passengers. Especially with the widespread use of electric vehicles, the need for acoustic solutions is increasing even more. In this study, the effect of polyester fiber cross-sectional area on the mechanical performance of the product in nonwoven surface textile materials developed for use in acoustic solutions in vehicle exterior trim parts will be examined.

**Keywords:** Nonwoven, Fiber Cross Sectional Area, Tensile Strength

### 1.GİRİŞ

Günümüzde otomotiv sektöründe dış trim parçalarında malzeme olarak ağırlıklı plastik malzemeler ve/veya tekstil takviyeli kompozit malzemeler kullanılmaktadır. Dış trim akustik malzemelerden, dış ortam kaynaklı seslerin sürüş konforunu etkilemeyecek şekilde akustik performans özelliklerine sahip, uzun ömürlü, dış ortama etkilerine dayanıklı ve geri dönüştürülebilir olmaları beklenmektedir. Tekstil takviyeli kompozit yapılar bu ihtiyaçlara cevap veren ve günümüzde kullanımı hızla artmaya başlayan ürünlerdir.

Akustik amaçlı kullanılacak malzemelerin seçiminde ses kaynağı ve kullanım yerine bağlı olarak malzeme içeriği, kalınlık, ağırlık, gözeneklilik gibi faktörler incelenmektedir. Zent ve arkadaşları çalışmalarında otomotiv sektöründe kullanılan çeşitli izolasyon malzemelerinin ses yutum özelliklerine malzemelerin kalınlık, yoğunluk ve hava akış direncinin etkisini incelemişlerdir. Akustik izolasyon malzemelerinde genellikle farklı geri dönüşüm malzemelerden elde edilmiş keçe yapılar, mikrofiber ürünler ve çeşitli katmanlı yapılar kullanım imkanı bulmaktadır. Yapılan çalışma sonucunda malzeme kalınlığı ve hava akış direncinin ses yutum performansı üzerinde önemli etkileri olduğu görülmüştür (Zent,2007). Vidinlimen çalışmasında akustik amaçlı kullanılan gözenekli malzemelerin ses yutum özelliklerinin tespitinde modelleme yöntemlerinin kullanımını incelemiştir. Akustik özellikleri hem deneysel olarak hem de akış direnci , gözeneklilik, kalınlık gibi özellikleri dikkate alınarak yapılan modelleme yöntemleri ile incelemiştir. Malzeme özellikleri doğru belirlendiğinde ve uygun modelleme yöntemleri seçildiğinde malzeme geliştirme çalışmalarında modelleme yöntemlerinden yararlanılabileceği görülmüştür ( Vidinlimen, 2010).

Elektrikli araç kullanımının hızla artması ve değişen müşteri beklentileri sebebiyle motor ve aktarma organları yerine yol ve lastik sesi gibi dış kaynaklı seslerin önlenmesi otomotiv sektörü için oldukça önemli hale gelmektedir. Bu alanda kullanılacak olan malzemelerin performanslarının artırılması , çevresel etkiler açısından hafif ve sürdürülebilir olmaları istenmektedir. Wyerman ve arkadaşları lastik sesini önlemek amaçlı kullanılan çamurluk parçalarında plastik parçalar ile polyester elyaftan üretilmiş nonwoven malzemeden üretilen parçaların performanslarını karşılaştırdıkları çalışmada plastik malzemeye alternatif olarak kullanılan nonwoven malzemeler ile %48 oranında ağırlık azaltması sağlandığını belirlemiştir. Çalışmanın bir diğer önemli sonucu ise taş ve çakıl seslerinde nonwoven yapı malzemelerin performanslarının plastik parçalara göre daha iyi performans gösterdiğinin belirlenmesidir(Wyerman,2010). Oltean ve arkadaşları çalışmalarında ses yutum performansı iyi olan nonwoven parçaların ses iletim kaybı fonksiyonunda başarılı olan plastik parçaları ile birlikte kullanıldığı hibrit yapıların her iki beklentiyi de karşılayabilecek yüksek performanslı malzemeler elde edilmesinde daha iyi bir performans sağlayacağını belirlemiştir (Oltean,2017).

Nonwoven malzemelerde kullanılan elyaf inceliği, elyaf kesidi ve elyaf uzunluğu gibi elyaf özellikleri akustik performans üzerinde oldukça etkilidirler. Ramamoorthy ve arkadaşları çalışmalarında 2 farklı elyaf inceliği ve 4 farklı elyaf kesidi ile hazırladıkları numunelerde ses yutum performansına etkisini gözlemlemiştir. . Daha ince ve yüzey alanı geniş elyaf kullanımı ile daha yüksek ses yutum katsayısı performansının yakalanabildiğini tespit etmişlerdir (Ramamoorthy,2019). Elyaf kesidinin akustik performans özellikleri dışında malzemelerin aşınma dayanımı performansı üzerinde de etkisi bulunmaktadır. Dairesel elyaf kesidine sahip elyaf kullanımı hexaflower elyaf kullanımına göre Taber aşındırmasında daha iyi performans göstermektedir (Parlak,2019). Çalışmamızda ise round, trilobal ve hollow congugated elyaf kesitlerinin 800-1000-1200 gr/m<sup>2</sup> ürün ağırlıklarında malzemenin mekanik özellikleri üzerine etkisi incelenecektir.

## **2. MATERYAL VE METOD**

### **2.1 Materyal**

Bu çalışma kapsamında otomotiv teknik tekstillerinde yoğun olarak tercih edilen iğneleme yöntemi kullanılarak 9 farklı nonwoven malzeme hazırlanmıştır. Numune harmanında taşıyıcı elyaf olarak farklı kesit alanlarının etkisini inceleyebilmek için 3 farklı kesit alanına sahip polyester elyaf (Round, Trilobal, Hollow Congugated) ve bağlayıcı elyaf olarak dairesel kesit alanına sahip PET /CoPET Low Melt polyester elyaf kullanılmıştır. Tüm taşıyıcı elyaf çeşitleri 6,7 dtex elyaf inceliğine ve 64 mm elyaf uzunluğuna sahiptir. Low Melt bağlayıcı elyaf ise 4,4 dtex elyaf inceliği ve 51 mm elyaf uzunluğuna sahiptir. Tüm numuneler için %70 taşıyıcı elyaf ve %30 bağlayıcı elyaf içeren harman karışımları kullanıldı. Numuneler 3 farklı gramaj (800 gr/m<sup>2</sup> / 1000 gr/m<sup>2</sup> / 1200 gr/m<sup>2</sup>) aralığında elde edilmiştir.

İğneleme yönteminde ilk olarak homojen bir şekilde karışımı sağlanan elyaf içerikleri tarak ünitesinde taranarak tülbent haline getirilmiştir. Daha sonra elde edilen tülbent yüzeyler çapraz serme ünitesinde çalışılacak gramaja uygun olarak üst üste getirilerek ürün gramajı ayarlanmıştır. İstenilen gramaja



sahip tül bent yüzeyler iğneleme prosesinde bir tabla üzerine yerleştirilmiş çentikli iğneler kullanılarak mekanik olarak birbirlerine bağlanmıştır.

**Çizelge 1.** Numune Harman İçerikleri

No	Harman	Gramaj
N-1	%70 6,7 dtex 64 mm Trilobal PES %30 4,4 dtex 51 mm Low Melt PES	800
N-2	%70 6,7 dtex 64 mm Trilobal PES %30 4,4 dtex 51 mm Low Melt PES	1000
N-3	%70 6,7 dtex 64 mm Trilobal PES %30 4,4 dtex 51 mm Low Melt PES	1200
N-4	%70 6,7 dtex 64 mm Hollow Congugated PES %30 4,4 dtex 51 mm Low Melt PES	800
N-5	%70 6,7 dtex 64 mm Hollow Congugated PES %30 4,4 dtex 51 mm Low Melt PES	1000
N-6	%70 6,7 dtex 64 mm Hollow Congugated PES %30 4,4 dtex 51 mm Low Melt PES	1200
N-7	%70 6,7 dtex 64 mm Round PES %30 4,4 dtex 51 mm Low Melt PES	800
N-8	%70 6,7 dtex 64 mm Round PES %30 4,4 dtex 51 mm Low Melt PES	1000
N-9	%70 6,7 dtex 64 mm Round PES %30 4,4 dtex 51 mm Low Melt PES	1200



**Şekil 1. a** Trilobal



**b** Hollow Congugated



**c** Round

## 2.2 Metod

### 2.2.1 Mukavemet ve Uzama

Çalışma kapsamında elde edilen numunelerin mukavemet özellikleri UVE marka Universal Test Cihazı ile “TS EN 29073-3 Kopma mukavemeti ve Uzama Tayini” test yöntemine göre ölçülmüştür. Numune üretiminin başında, ortasında ve sonunda mekanik mukavemet testleri için numuneler alınmış olup her numune grubu bir set içerisinde üretim eninde 5 adet ve üretim boyunda 5 adet test numunesi bulunacak şekilde 3 set halinde test edilmiştir.

### 2.2.2 İstatiksel Analiz

Mukavemet ve uzama sonuçlarının istatistiksel analizini değerlendirmek amacıyla için Minitab 21 yazılım programı kullanılmıştır. Değerlendirme yöntemi olarak Varyans Analizi (General Linear Model) uygulanmıştır. Çalışma kapsamında değerlendirilen faktörler ve seviyeleri Çizelge 2’de belirtilmiştir. Varyans analizi sonucunda elde edilen önem dereceleri (p),  $\alpha=0.05$  önem seviyesi ile karşılaştırılmıştır. Önem seviyeleri 0,05 değerinden küçük olan gruplar arasında farklılık istatistiksel olarak önemli şeklinde yorumlanmıştır.

**Çizelge 2. Faktör ve Seviyeler**

BAĞIMSIZ DEĞİŞKENLER	SEVİYELER		
	1	2	3
<b>Elyaf Kesit Tipi (Trilobal/Hollow Congugated /Round)</b>	%70 Trilobal %30 Low Melt	%70 Hollow Congugated %30 Low Melt	%70 Dairesel %30 Low Melt
<b>Ürün Gramajı (gr/m2)</b>	800	1000	1200
<b>Numune Bölgesi</b>	Üretim Başı	Üretim Ortası	Üretim Sonu

### 3. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

#### 3.1 Mukavemet ve Uzama Test Sonuçları

TS EN 29073-3 test standardına göre yapılan kopma mukavemeti ve uzama sonuçları Çizelge 3'te verilmektedir. Her bir numune grubu için 5 adet numune setinin ortalama değerleri tabloda belirtilmiştir. Test sonuçları değerlendirilirken hem elyaf kesidinin hem de gramajın etkisi incelenmiştir. Hem elyaf kesidinin hem de gramajın kopma mukavemetinde belirgin bir etkiye sahip olduğu, numune bölgesinin ise ihmal edilebilir bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Uzama değerlerinde ise elyaf kesidinin daha belirgin bir etkiye sahip olduğu görülmüştür.

**Çizelge 3. Mukavemet Sonuçları**

Ürün Kodu	Elyaf Kesit Tipi	Gramaj	Kopma Mukavemeti (N)		Uzama (%)	
			En	Boy	En	Boy
N1B	Trilobal Üretim Başı	800	1523,564	1083,62	76,46	73,806
N1O	Trilobal Üretim Ortası	800	1417,57	918,448	75,466	76,052
N1S	Trilobal Üretim Sonu	800	1265,844	912,832	76,964	75,98
N2B	Trilobal Üretim Başı	1000	1840,638	1222,462	77,404	72,886
N2O	Trilobal Üretim Ortası	1000	1962,48	1243,112	74,874	71,656
N2S	Trilobal Üretim Sonu	1000	2258,96	1160,416	73,092	74,794
N3B	Trilobal Üretim Başı	1200	2456,888	1469,432	72,792	69,814
N3O	Trilobal Üretim Ortası	1200	2586,21	1530,174	70,412	71,252
N3S	Trilobal Üretim Sonu	1200	2362,552	1462,19	71,884	67,81
N4B	Hollow Congugated Üretim Başı	800	1674,032	1141,912	73,382	70,382
N4O	Hollow Congugated Üretim Ortası	800	1585,452	1066,4	72,478	71,608
N4S	Hollow Congugated Üretim Sonu	800	1457,292	996,736	77,95	75,212
N5B	Hollow Congugated Üretim Başı	1000	2041,148	1448,26	72,264	70,178
N5O	Hollow Congugated Üretim Ortası	1000	1983,348	1394,03	69,788	69,512
N5S	Hollow Congugated Üretim Sonu	1000	2000,366	1304,132	67,53	73,392
N6B	Hollow Congugated Üretim Başı	1200	2533,166	1742,622	72,666	70,922
N6O	Hollow Congugated Üretim Ortası	1200	2542,496	1647,514	69,266	72,742

N6S	Hollow Congugated Üretim Sonu	1200	2419,396	1669,416	68,85	68,602
N7B	Round Üretim Başı	800	1750,312	978,608	91,51	90,32
N7O	Round Üretim Ortası	800	1710,98	1085,938	94,064	89,592
N7S	Round Üretim Sonu	800	1800,496	985,424	94,07	87,938
N8B	Round Üretim Başı	1000	2225,106	1447,898	99,57	89,754
N8O	Round Üretim Ortası	1000	2195,302	1428,834	94,552	82,756
N8S	Round Üretim Sonu	1000	2406,902	1489,94	92,46	84,368
N9B	Round Üretim Başı	1200	2855,43	1712,632	93,754	67,222
N9O	Round Üretim Ortası	1200	2759,548	1739,602	92,342	86,644
N9S	Round Üretim Sonu	1200	2924,522	1739,508	92,554	87,198

### 3.2 İstatiksel Analiz Test Sonuçları

Çizelge 4 ve Çizelge 5’de kopma mukavemetinin en ve boy yönünde varyans analiz sonuçları paylaşılmaktadır. Sonuçlar değerlendirildiğinde her iki yönde de kesit ve gramaj faktörleri için p değeri 0,05 değerinden küçük çıkmıştır. Her iki faktörün etkisi de istatistiksel olarak anlamlıdır. Üretim bölgesi faktörü için ise en yönünde istatistiksel olarak anlamlı bir etki bulunmamakla birlikte boy yönünde bir etkisi olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.** Kopma Mukavemeti Sonuçları (En Yönü) Varyans Analizi Sonuçları

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F - Value	P - Value
Kesit	2	2488176	1244088	77,38	0,000
Gramaj	2	22774161	11387080	708,26	0,000
Numune Bölgesi	2	34745	17372	1,08	0,342
Error	128	2057922	16078		
Lack Of Fit	20	1121533	56077	6,47	0,000
Pure Error	108	936389	8670		
Total	134	27355003			

**Çizelge 5.** Kopma Mukavemeti Sonuçları (Boy Yönü) Varyans Analizi Sonuçları

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F - Value	P - Value
Kesit	2	851968	425984	65,34	0,000
Gramaj	2	8549668	4274834	655,74	0,000
Numune Bölgesi	2	78920	39460	6,05	0,003
Error	128	834439	6519		
Lack Of Fit	20	431235	21562	5,78	0,000
Pure Error	108	403204	3733		
Total	134	10314996			

Çizelge 6 ve Çizelge 7’de uzama değerlerini en ve boy yönünde varyans analiz sonuçları paylaşılmaktadır. Sonuçlar değerlendirildiğinde her iki yönde de kesit ve gramaj faktörleri için p değeri 0,05 değerinden küçük çıkmıştır. Her iki faktörün etkisi de istatistiksel olarak anlamlıdır. Üretim bölgesi faktörü için ise boy yönünde istatistiksel olarak anlamlı bir etki bulunmamakla birlikte en yönünde bir etkisi olduğu görülmektedir.

**Çizelge 6.** Uzama Sonuçları (En Yönü) Varyans Analizi Sonuçları

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F - Value	P - Value
Kesit	2	13282,4	6641,21	553,78	0,000
Gramaj	2	218,6	109,31	9,11	0,000
Numune Bölgesi	2	90,3	45,13	3,76	0,026
Error	128	1535	11,99		
Lack Of Fit	20	546,6	27,33	2,99	0,000
Pure Error	108	988,4	9,15		
Total	134	15126,3			

**Çizelge 7.** Uzama Sonuçları (Boy Yönü) Varyans Analizi Sonuçları

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F - Value	P - Value
Kesit	2	6836,03	3418,01	174,38	0,000
Gramaj	2	276,01	138	7,04	0,001
Numune Bölgesi	2	3,39	1,7	0,09	0,917
Error	128	2508,93	19,6		
Lack Of Fit	20	480,37	24,02	1,28	0,209
Pure Error	108	2028,56	18,78		
Total	134	9624,35			

#### 4. SONUÇLAR

Çalışma kapsamında otomotiv dış trim parçalarında akustik amaçlı kullanılan dokusuz yüzeyle polyester elyafın farklı elyaf kesitlerin (Round, Trilobal, Hollow Congugated) farklı gramaj değerlerinde (800,1000,1200) ürünün kopma mukavemeti ve uzama değerlerine etkisi incelenmiştir. Test sonuçları ve istatistiksel sonuçlar değerlendirildiğinde elyaf kesitlerinden dairesel elyafın diğer kesit alanlarına göre daha iyi performans gösterdiği belirlenmiştir. Gramaj değerleri arttıkça mekanik mukavemet sonuçlarının da arttığı görülmüştür. Elde edilen sonuçlar ışığında genel olarak sektörde de yoğun kullanımı bulunan dairesel elyaf hem fiyat avantajı sağlaması hem de daha iyi mekanik performans göstermesi sebebi ile iyi bir seçenek olduğu görülmektedir.

#### 5. KAYNAKLAR

*Oltean, A., Diaconescu, C., Tabacu, Ş., (2017), Wheel Liner Design for Improved Sound and Structural Performances, IOP Conferences Series: Material Science and Engineering, 252 012042, Romania.*

*Parlak, H., Kayaoğlu, B., (2019), Effect of Production Parameters on Acoustic and Abrasion Resistance Properties of Needle-punched Nonwovens, International Congress of Innovative Textiles, 303-311, Nisan 2019, Tekirdağ*

*Ramamoorthy, M., Rengasamy, R., (2019), Study on the effects of denier and shapes of polyester fibres on acoustic performance of needle-punched nonwovens with air-gap: comparison of artificial neural network and regression modelling approaches to predict the sound absorption coefficient of nonwovens, The Journal of The Textile Institute, 110:5, 715-723*

*TS EN 29073-3. Tekstil-Dokunmamış (nonwoven) mamuller için deney metotları kısım 3: Kopma mukavemeti ve uzama tayini*

*Vidinlimen G., (2010), Otomotiv Endüstrisinde Kullanılan Gözenekli Malzemelerin Akustik Özellikleri ve Analizi” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.*

*Wyerman, B., Jay, G.C., (2007), Tire Noise Reduction with Fiber Exterior Wheel Arch Liners, Noise and Vibration Conference and Exhibition.*

*Zent, A., John, T.L., (2007), Automotive Sound Absorbing Material Survey Results, Noise and Vibration Conference and Exhibition.*

# ZİRAİ TEKNİK TEKSTİLLERE GENEL BİR BAKIŞ

Gökhan GÜNEY<sup>1\*</sup>, Zeliha ÇAVUŞ<sup>1</sup>, Rıza ATAV<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Siteks Şişmanlar Tekstil A.Ş., Tekirdağ-Türkiye

<sup>2</sup>Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ-Türkiye

\*gokhan.guney@siteks.com.tr

## ÖZET

Zirai tekstiller öncelikle teknik performans ve özellikleri nedeniyle üretilen teknik materyaller ve ürünlerin bir koludur ve bahçecilik, ormancılık, hayvancılık, çit yapımı vb. zirai alanda kullanılan teknik tekstiller olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmada zirai tekstillerin kullanım alanları olan zararlı otlar mücadelesi kumaşları, gölgeleme fileleri, dolu/rüzgâr/kuşan koruyucu fileler ve balıkçılık tekstilleri hakkında bilgi verilmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Zirai, tarım, bahçecilik, balıkçılık, teknik tekstiller

## AN OVERVIEW OF AGRICULTURAL TECHNICAL TEXTILES

### ABSTRACT

Agrotech is a branch of technical materials and products manufactured primarily for their technical performance and functional properties rather than their aesthetic or decorative and defined “the fabrics used in agricultural applications such as horticulture, forestry, animal husbandry, fencing, landscaping”. In this study, information is given about the usage areas of agricultural textiles, such as weed control fabrics, shading nets, hail/wind/bird protective nets and fishing textiles.

**Key words:** Agricultural, horticulture, fishery, technical textiles

### 1. GİRİŞ

Textile Institute yayınlarından “Tekstil Terimleri ve Anlamları”nda, eski endüstriyel tekstil teriminin tanımı şöyledir; “Koruyucu amaçlı olmayan giysi, ev tekstil ürünü, döşemelik ve zemin kaplaması dışında kullanım alanına sahip tekstil malzemesi ve ürünleri”. Bu tanım, her ne kadar bu ürünlerin ne olduğunu değil de ne olmadığını açıklıyorsa da en azından bir fikir verme özelliğine sahiptir. Teknik tekstillerin daha yeni olan tanımı: “Estetik veya dekoratif özelliklerinden ziyade, öncelikle teknik performansları ve fonksiyonel özellikleri için üretilen tekstil malzemesi ve ürünleri” şeklindedir (Özdemir, 2006). Dünya teknik tekstil üretimi ve tüketiminin büyük çoğunluğu Kuzey Amerika, Batı Avrupa ve Japonya’da gerçekleştirilmektedir. Japonya teknik tekstillerin toplam tekstil üretimi içerisindeki payı bakımından dünya lideri konumundadır. Teknik tekstil ürünleri kendi içerisinde katma değeri yüksek ve gelecek vaat eden ürün gruplarının yanında çadır ve yelken bezi gibi katma değeri düşük, pazar payı belli bir doygunluğa ulaşmış ve pazar değeri sınırlı oranda artması beklenen alt sektörleri de içermektedir. Jeo-tekstiller, taşımacılık tekstilleri, hijyen ve tıbbi teknik tekstilleri, tekstil takviyeli kompozitler, yüksek performanslı lifler, akıllı tekstiller, koruyucu giysiler, bina ve inşaat teknik tekstilleri ve tarım teknik tekstilleri yüksek büyüme beklenen ürün gruplarıdır (www.corlutso.org.tr, 2024).

### 2. ZİRAİ TEKNİK TEKSTİLLERİN KULLANIM ALANLARI

Zirai tekstillerin kullanım amaçlarından bazıları şunlardır:

a) Erozyonun önlenmesi ve ağaçlandırmanın önünün açılması

- b) Sera örtüsünde ve balık ağlarında
- c) Tarlalarda katman ayrımı için
- d) Bitki ağlarında, köksüz bitkilerde ve çimenlik alanların korunmasında
- e) Güneş perdeleri ve rüzgâr kalkanları olarak
- f) Ambalaj malzemesi olarak ve kuvvetli çim torbalarında
- g) Örme ağlarda esnemenin kontrol edilmesi
- h) Havzalar için korumalar
- i) Kuş önleyici ağlar vb. (Tarafer, 2019).

Tarım tekstillerinin kendi içindeki pazar payı dağılımı konusunda düzenli istatistik verilere ulaşmak güçtür. Her ne kadar ülkelere göre değişim gösterse de, toplam tüketim içindeki payı en fazla olan tarım tekstili ürününün balık ağları olduğu söylenebilir. Onun ardından sırasıyla yer örtüleri, gölgeleme fileleri ve dolu/kuş fileleri gelmektedir (İlhan, 2015). Teknik tekstiller, tarım ve bahçecilikte örtme, koruma ve ambalajlama uygulamalarında daima geniş çaplı olarak kullanılmışlardır. Hafif gramajlı “spunbonded” tülbentler gölgelik, termal yalıtım malzemesi ve yabancı ot önleyici olarak kullanılmaktadır. Ağır nonwoven, örme ve dokuma konstrüksiyonlar rüzgâr ve doludan koruma amaçlı olarak görev yapmaktadır. Fibrile ve ekstrude edilmiş ağlar modern yuvarlak balyaların sarılması için geleneksel balya sicimlerinin yerini almaktadır. Kılcal nonwoven hasırlar nemin büyümekte olan bitkilere dağıtılması için bahçecilikte kullanılmaktadır. Tohumlar gerekli olan gıda maddeleri ve pestisitlerle birlikte bu hasırların içine konulabilmektedir. Gübrelerin ve tarımsal ürünlerin hacimli bir şekilde depolanması ve transportu artan bir şekilde jüt, kâğıt veya plastik torbalar yerine, dokunmuş polipropilen kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Çizelge 1’de tarım teknik tekstillerinin fonksiyonları ve kullanım alanları verilmektedir (Horrocks ve Anand, 2000).

**Çizelge 1.** Tarım teknik tekstillerinin fonksiyonları ve kullanım alanları (Horrocks ve Anand, 2000)

Bölümler	Fonksiyon			
	Koruma	Taşıma	Filtrasyon	Absorpsiyon
<b>Ziraat</b>	Rüzgâra, fırtınaya ve donmaya karşı koruma	Torbalar, çuvallar, Balya ve sicimler	Drenaj	Nem tutma
<b>Bahçecilik</b>	Güneşe karşı koruma	Meyva toplama ağları		Kılcal hasırlar

Sentetik lifler, yüksek mukavemetleri, dayanıklılıkları ve tarımsal uygulamalara uygun diğer özellikleri nedeniyle tarımsal ürünlerde doğal liflere kıyasla tercih edilmektedir. Öte yandan, doğal lif bazlı tarımsal tekstiller sadece belirli bir amaca hizmet etmekle kalmıyor, aynı zamanda biyolojik olarak parçalanabilen malzemeler olarak birkaç yıl sonra doğal gübre görevi de görüyor. Lif türlerindeki farklı varyasyonlar ve bunların tarımsal tekstil üretimindeki kullanımları, tarımsal tekstil üretim süreçlerinde lif seçimi seçeneklerini zenginleştirmiştir. Normalde kullanılan lifler naylon, poliester, polipropilen, polietilen, jüt, yün, hindistan cevizi lifi, sisal, keten, kenevir vb.’dir. Her ne kadar tarımsal tekstiller için sentetik lifler, esas olarak uygun fiyat-performans oranı, yüksek dayanıma sahip düşük ağırlık ve uzun servis ömründen dolayı doğal liflere göre tercih edilse de, doğal lifler yüksek nem tutma, yaş mukavemet ve biyolojik olarak parçalanabilirlik gibi özelliklerin etkili bir şekilde kullanıldığı belirli alanlarda tarımsal tekstillerde kullanılabilir (Tarafer, 2019).

## 2.1 Zararlı Otların Mücadele Kumaşları

Malçlama en kısa tanımıyla toprak yüzeyinin ışık geçirmeyen bir materyalle örtülmesidir. Bundaki amaç yabancı otların gelişmesini önlemektir. Tanımından da anlaşılacağı üzere, toprak yüzeyi ışık geçirmeyen bir materyalle örtülü olduğu için yabancı ot tohumları çimlenip toprak yüzeyine çıksa dahi fotosentez yapamadıkları için yaşamlarını devam ettirememektedirler. Bu bakımdan malçlama, ilaç kullanılmadan gerçekleştirilen en başarılı yabancı ot kontrol yöntemlerinden biridir (Kitiş, 2011). Toprağın malçlanması; meyve üretiminde topraktaki yumuşaklığı ve verimliliği korumak, toprak besinleri ve su için yabancı ot rekabetini azaltmak, toprak sıcaklığı ve nem aşırılıklarını ılımlı hale

getirmek, yararlı eklem bacaklılar için bir yaşam alanı sağlamak ve toprak erozyonunu en aza indirmek için önemlidir (Kadınkız, Uzun ve Çil, 2021). Bugüne kadar malçlama üzerine yapılmış çalışmalarda daha çok polietilen örtüler (beyaz ve siyah) ve organik malçlar (saman, bitki artıkları v.b) kullanılmıştır. Ancak, yurt dışında malç materyali olarak kullanımı son dönemde artan ve başarıyla uygulanan, ülkemiz için yeni jeotekstil malç materyali de vardır (Kolören ve Uygur, 2015). Malçlama amacıyla siyah ya da koyu renkli polietilen (PE) örtüler kullanılabilir. Ancak PE örtülerin su ve havayı geçirmemesi, delinme ve yırtılmaya karşı mukavemetinin az olması, meyve bahçeleri gibi çok yıllık kültürlerde uzun süreli kullanılmasını sınırlamaktadır. Bunun yerine son yıllarda pek çok alanda hayatımıza giren teknik tekstillerin bir çeşidi olan malç tekstilleri konvansiyonel PE malç örtülerine önemli bir alternatiftir. Malç tekstilleri gözenekli olmaları nedeniyle su ve havanın giriş çıkışına izin vermeleri, dayanımının yüksek olması, arazide uygulanması ve toplanmasının daha kolay olması gibi avantajlara sahiptir. Özellikle PE örtülere göre daha dayanıklı olmaları nedeniyle meyve bahçelerinde değiştirilmeden uzun süre kullanılabilir (Kitiş, Kolören ve Uygur, 2017). Zararlı ot kontrol kumaşları hızlı bitki büyümesini desteklemekte ve daha yüksek toprak sıcaklıklarını korumaktadır. Zararlı ot kontrol kumaşları, hava, su ve besin maddelerinin bitkilere geçmesine izin verirken toprak nemini korumakta ve bitkinin büyümesini engelleyen yabancı otları kontrol altına almaktadır (Tarafder, 2019). Bu tür kumaşlar toprakta doğal olarak büyüyen zararlı otların yetişmesini önlemek için kullanılmaktadır (Şekil 1). Bunlar genellikle iğneleme tekniği ile üretilmiş dokusuz yüzey kumaşlardır. Bu kumaşlar, uzun zincirli poliolefin liflerinden üretilmektedir. Uygulamada çoğunlukla, koyu renkli (siyah, kahverengi, yeşil), UV ışınlarına dayanıklı (%70, 500 saat) ve fotosentezi engellemek amacıyla güneş ışını geçirgenliği azaltılacak şekilde tasarlanmış dokusuz yüzey kumaşlar tercih edilmektedir. Ağırlıklı olarak bahçecilikte ve seracılıkta uygulama alanı bulmaktadır. Başka bir uygulama şekli de içine ilaç katılmış dokusuz yüzey kumaş kullanarak, yürüyen parazit böceklerin fidelere ve bitkilere yaklaşmasının engellenmesidir (İlhan, 2015). Örtücü bitki ve malç uygulamalarının toprak ekolojisini iyileştirdiği, toprağı koruduğu, büyük agro-ekolojik potansiyel sunduğu, ürün verimini artırdığı ve çevrenin korunmasını da sağladığı bildirilmiştir (Temel, Torun ve Tangolar, 2019).



**Şekil 1.** İstenmeyen otlarla mücadele için kumaş kullanımına örnekler (İlhan, 2015)

## 2.2 Gölgeleme Fileleri

Günümüzde yaşanan iklim değişiklikleri tarım sektörünü olumsuz etkilemekte olup, meyvelerde yetersiz renklenme, güneş yanıklığı, dolu zararı, kuş zararı ve mekanik zarar gibi sorunlarla daha sıklıkla karşılaşılmaktadır. Dış kaliteyi arttırmaya yönelik olarak dünyada ve Türkiye’de bazı uygulamalar yapılmaktadır. Bu amaca yönelik olarak gölgeleme filelerinin (örtülerinin) kullanımı, dünya genelinde kabul edilen ve kullanılan yeni teknoloji ürünlerinden birisidir (Dayıoğlu ve Hepaksoy, 2019). Son yıllarda, ürünleri güneşin yakıcı etkisinden korumak için gölgeleme materyallerinden yararlanılmaktadır. Değişik yoğunlukta gölgeleme oranına sahip olan file veya ağ



denilen örtüler asma fidanı yetiştiriciliğinde ve bağlarda kullanım alanı bulmuştur (Cangi, Kesgin ve Yağcı, 2011). Farklı gölgeleme ağları ve örtü malzemeleri tarımda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bağcılıkta örtü malzemeleri; erken veya geç hasat etmek; yağmur, dolu, kar ve fırtınaya karşı korumak, hastalık ve zararlıların olumsuz etkilerinden kaçınmak amacıyla Japonya, Tayland, Brezilya, Avustralya, Şili, ABD ve Türkiye gibi birçok ülkede pratik olarak kullanılmaktadır (Şen ve Kesgin, 2013). Örtü materyalinden sera içerisine giren solar radyasyon seralarda ısı kazancının ana kaynağıdır. Gölgelemedenin amacı, arzu edilmeyen güneş ışınlarının sera içine girmesini engelleyerek sera içindeki hava sıcaklığının düşürülmesidir (Boyacı ve ark., 2017). Işık şiddetinin yoğun olduğu yaz aylarında gölgeleme uygulamaları verim başta olmak üzere meyve kalitesini ve bitkinin ömrünü direkt etkileyen kültürel işlemlerden bir tanesidir. Yüksek ışık, ışık absorpsiyonunu artırdığı ve klorofillerin parçalanmasını hızlandırdığı için bitkinin fotosentez yapma kabiliyetini düşürmektedir. Bu nedenle, güneş ışınlarının dik geldiği yaz aylarında gölgeleme yapmak bitkinin yeşil kalma süresini uzatmakta ve verimliliğini artırmaktadır (Kırbay ve Özer, 2015).



Şekil 2. Gölgeleme filelerinin uygulanmasına bir örnek (İlhan, 2015; www.intfarming.com, 2024)

## 2.3 Koruyucu Fileler

### 2.3.1 Dolu Fileleri

**Dolu ağları** sağlam, UV ışınlarına dayanıklı, hafif bir ağ olup dokuma ve örme yapılarda polipropilen monofilamentten yapılmaktadır. Dolu ağları meyve, bitki ve sebze mahsullerini korumak için kullanılır. Dolu hasarını azaltmak ve mahsul verimini artırmak için hafif, yüksek yoğunluklu polipropilen ipliklerden yapılır. **Dolu koruma kumaşları** ise yüksek yoğunluklu polietilen ipliklerden yapılır. Kapalı delik, mahsullerin küçük pirinç dolularından korunmasına yardımcı olur ve kablo ve kordonun daha kolay yerleştirilmesini sağlayan yerleşik göz deliklerine sahiptir. **Meyve bahçesi dolu koruma ağları** polietilenden yapılmaktadır. UV ışınlarına ve yırtılmaya karşı dayanıklıdır, bu da dolunun meyvelere ve bitkilere zarar vermesini önler. **Bağ dolu koruma ağları** bol miktarda güneş ışığına izin verirken doluyu hapseden küçük deliklere sahiptir. Serttir, yırtılmaya karşı ve UV ışınlarına karşı oldukça dayanıklıdır. **Sera örtüleri** yırtılmaya ve UV ışınlarına karşı oldukça dayanıklı ve su geçirmez özelliktedir ve fidanlıklarda, sebze yetiştiriciliğinde ve gölgeyi seven bitkileri doludan korumak için çok kullanışlıdır (Tarafer, 2019).



Şekil 3. Dolu filelerinin kullanımına ait örnekler (www.grosteck.com, 2024)

### 2.3.2 Rüzgâr Fileleri

**Rüzgâr kontrol kumaşları** rüzgârı bloke ederek rüzgâr hızını azaltır ve meyve bahçesi sıcaklığını artırır. Rüzgâr kontrol kumaşları mahsulün rüzgâra karşı korunmasını sağlar ve aşınmaya ve UV ışınlarına dayanıklıdır. Bunlar dokuma ve örme polietilen mono filamentten yapılmaktadır. **Meyve bahçesi rüzgâr kontrol kumaşları** bahçeyi rüzgârın, buharlaşmanın, meyve zedelenmelerinin, çiçek ve yaprak zararlarının zararlı etkilerinden korur. **Tarla bitkileri rüzgâr kontrol kumaşları** tarla mahsullerini rüzgârın zararlı etkilerinden korur ve mahsulün sulama verimliliğini artırır, buharlaşma oranlarını düşürür ve toprak kaybını azaltır. UV ışınlarına dayanıklı ve güçlendirilmiş dikişlere sahip sağlam polietilenden yapılmaktadır. **Sera yan duvar perdeleri** seranın mikro iklimini ve ısıtma maliyetlerini iyileştirir, mahsulleri soğuk rüzgarlardan ve yağmurlardan korur. Sağlam, güneşe ve UV ışınlarına dayanıklı kumaşlardır. **Ağaç barınakları** ise genç ağaçları hayvanların vereceği zarardan, rüzgârdan, yaprak dökümünden ve kavurucu sıcaklardan korumak için kullanılır. Buharlaşmayı azaltarak ağaçların su tutma oranını artırır (Tarafer, 2019).



Şekil 4. Rüzgâr kırıcı filelerinin kullanımına ait örnekler (golgelikfile.com, 2024; İlhan, 2015)

### 2.3.3 Kuş Fileleri

Kuş fileleri, monofilament örgü ağlardır; tohumları, mahsulleri ve meyveleri, kuşların ve çeşitli zararlıların neden olduğu zararlara karşı korur. Bu ağlar, kuşları uzaklaştıracak şekilde bitkilerin üzerine kolaylıkla dönebilir. Bunlar oldukça mukavim malzemelerden, minimum gölgeleme yapan açık yapıya sahip, kuşların mahsullere zarar vermesine izin vermeyecek kadar küçük açıklıklardan yapılmış olup aynı zamanda güneşe, rüzgâra ve yağmura dayanıklıdır (Tarafer, 2019).



Şekil 5. Kuş önleyici filelerinin kullanımına ait örnekler (ovaciftlik.com, 2024)

## 2.4 Balıkçılık Tekstilleri

Tarım, ağaçlandırma ve balıkçılık sektörlerinde koruma, toplama ve saklama için artık daha fazla teknik tekstil ürününe ihtiyaç duyulmaktadır. Tarım tekstilleri kategorisinde özellikle balık çiftliği malzemeleri ve tarım uygulamaları için geliştirilen nonwovenların tüketimi hızla artmaktadır (www.hightex.com.tr, 2024). Modern malzemeler, konstrüksiyonlar ve özellikle non-wovenlar, klasik ürünlerin dayanımını, hafifliğini ve sağlamlığını sağlamak ve aynı zamanda yeni uygulamaları başlatmak için kullanılmaktadır (Ekmen, 2005). Balıkçılık endüstrisinde kullanılan teknik tekstillere çok çok düşük ağırlıkta balıkçı ağıları, halat ve misinalar örnek gösterilebilir. Deniz balıkçılığı, özel ağıları ve diğer tekstil ürünlerini kullanan büyüyen bir endüstridir. HMPE (örneğin Dyneema ve Spectra) gibi yüksek performanslı lifler, hafif ve çok yüksek mukavemetli misinaların ve ağıların imalatı için balıkçılık endüstrisine giren bir ürün çeşididir (Horrocks ve Anand, 2000). Tekstil esaslı ağ materyalinde kullanılan örgü tipleri ise örme ve düğümlenmedir. Genelde yaygın olarak iki tip düğümsüz ağ kullanılır: Bunlar, Japon sarması ve Raschel olarak isimlendirilir. Bunlardan Raschel tipinde ekleme ve onarım daha kolay olduğu için tüm dünyada daha yaygın kullanılmaktadır (Şen, 2019). Sentetik lifli ağlar 1970'ler boyunca pamuk ipli materyalin yerine kullanılan bir materyal haline gelmiştir. Bu yıllardan sonra, sentetik lifler dünyada hızlı bir şekilde yayıldı ve günümüzde balıkçılık teknolojisinde önemli bir materyal hâline geldi (Ateşşahin ve Dartay, 2010). Bu sektörde kullanılan tekstillerde halat, ağ ve sicim gibi nispeten olgunlaşmış uygulamalarda doğal lifler (jüt, sisal, vb.) ve monofilament ürünler ağırlıklı olarak kullanılmaktadır. Bu olgunluk ve bu malzemelerin yerini daha hafif, daha yüksek performanslı tekstil ürünlerinin alması nedeniyle, hacmin artış oranı nispeten düşük olarak gözükmemektedir. Bununla birlikte balık çiftliği ekipmanı için üretilen non-wovenlar dikkate değer büyüme potansiyeline sahiptir (Ekmen, 2005).



Şekil 6. Balıkçılık tekstillerinin kullanımına ait örnekler (dokuzadabirdeniz.com, 2024)

#### 4. SONUÇ

Katma değeri düşük basit sıradan mallar ile rekabet etmenin zorlaştığı günümüz koşullarında know-how gerektiren bilgi yoğun tekstillere yönelmenin önemi iyice artmıştır. Bu alanda teknik tekstiller önemli bir alt gruptur. Teknik tekstillerin içerisinde çok geniş uygulama alanlarına sahip dallardan birisi de zirai teknik tekstillerdir. Bugün zirai tekstillerin başlıca uygulama alanları zararlı otları mücadele kumaşları, gölgeleme fileleri, dolu/rüzgâr/kuştan koruyucu fileler ve balıkçılık tekstilleri olduğu söylenebilir. Özellikle dokusuz yüzeylerden üretilmiş ürünlerin bu alanlardaki uygulamaları dikkat çekicidir. Düşük gramajlı tülbent yüzeyler gölgelik, yabancı ot önleyici vb. olarak kullanılırken, yüksek gramajlı dokusuz yüzeylerin rüzgâr ve doludan koruma vb. amaçlarla kullanımları vardır. Tarım teknik tekstillerinin de yüksek büyüme beklenen ürün gruplarında yer alıyor olması bu konunun önemini daha iyi ortaya koymaktadır.

#### 5. KAYNAKLAR

Ateşşahin, T., Dartay, M. (2010). Ağ İpliklerinin Yapımında Kullanılan Materyaller ve Kopma Dayanımına Olan Etkileri, *Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi*, 8(2): 70-75.

Boyacı, S., Akyüz, A., Üstün, S., Baytorun, A., Güğercin, Ö. (2017). Seralarda Yüksek Sıcaklıkların Azaltılmasında Kullanılan Yöntemler, *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi - Turkish Journal of Agricultural Research*, 4(1): 89-95.

Cangi, R., Kesgin, M., Yağcı, A. (2011). Sofralık Amaçlı Sultani Çekirdeksiz Üzüm Yetiştiriciliğinde Gölgeleme ve Örtü Materyali Uygulamalarının Ekonomik Analizi, *GOÜ, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2): 9-19.

Çorlu Ticaret ve Sanayi Odası Teknik Tekstil Sektör Raporu, [https://www.corlutso.org.tr/uploads/docs/teknik\\_tekstiller\\_sektoru.pdf](https://www.corlutso.org.tr/uploads/docs/teknik_tekstiller_sektoru.pdf), 30.04.2024

Dayıoğlu, A., Hepaksoy, S. (2019). Determination of the Effect of Shading Nets on Apple Fruit Quality, *Ege Univ. Ziraat Fak. Derg.*, 56(2):163-168.

Ekmen, Ö. (2005). Hortumlarda Kullanılan Teknik Tekstil Yapıları Hakkında Bazı Çalışmalar, *Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir*

Horrocks, A.R., Anand, S.C. (2000). *Teknik Tekstiller El Kitabı, Türk Tekstil Vakfı*

-<https://ankaragolgelikfile.com/ruzgar-filesi-ruzgar-onleme-filesi-ruzgar-kesen-file-istanbul.php>, 10.05.2024

<https://dokuzadabirdeniz.com/?p=3929>, 05.05.2024

<https://www.hightex.com.tr/urun-gruplari/>, 18.04.2024

<https://ovaciftlik.com/urun/kus-filesii/>, 10.05.2024

<https://www.intfarming.com/yesil-sera-golgelik-filesii-75-siklik-8-metre/>, 10.05.2024

<http://www.grostechn.com.tr/dolu-filesii/>, 08.05.2024

İlhan, İ. (2015). Tarımsal Uygulamalarda Kullanılan Tekstil Ürünleri, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 30(1): 183-196.

Kadınkız, N., Uzun, M., Çil, Z. (2021). Atık Esaslı Fibriller Biyoçözünür Toprak Örtüsü, *Journal of Agriculture*, 4(2): 130-142.

Kırbay, E., Özer, H. (2015). Farklı Gölgeleme Uygulamalarının Örtüaltında Organik Olarak Yetiştirilen Hıyarın (*Cucumis sativus L.*) Verim ve Kalite Üzerine Etkisi, *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 1(1): 7-14.

Kitiş, Y.E. (2011). Yabancı Ot Mücadelesinde Malç ve Solarizasyon Uygulamaları, GAP VI. Tarım Kongresi, 9-12 Mayıs, Şanlıurfa-Türkiye

Kitiş, Y.E., Kolören, O., Uygur, F.N. (2017). Yeni Tesis Mandalina Bahçesinde Malç Tekstili Uygulamasının Yabancı Ot Kontrolü ve Mandalina Gelişimine Etkileri, *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(6): 568-580.

Kolören, O., Uygur, F.N. (2015). Cansız Malçlama Yöntemlerinin Mandalina Bahçesinde Yabancı Otlama Üzerine Olan Etkisi, *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(12): 920-925.

Özdemir, D. (2006). Kemiksi Dokuların Polimer Yöntemiyle Üretilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta

Tarafder, N. (2019). Prospects of Agrotextiles as Technical Textiles in the World Market, *Journal of Remote Sensing, Environmental Science & Geotechnical Engineering*, 4(2): 26-38.

Şen, F., Keşgin, M. (2013). Farklı Gölgeleme Oranları ve Örtü Materyallerinin Sofralık Sultani Çekirdeksiz Üzümün Depolama Ömrüne ve Kalitesine Etkileri, *Ege Univ. Ziraat Fak. Derg.*, 50 (2): 119-127.

Şen, K. (2019). Farklı Hammaddelerden Üretilmiş Balık Ağlarına Uygulanan Kirlenmeyi Önleyici İşlemlerin Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir

Temel, N., Torun, H., Tangolar, S. (2019). Farklı Sulama Suyu Seviyeleri ve Malç Materyallerinin Bağda Yabancı Ot Yoğunluğuna Etkisi, *YYÜ Tar Bil Derg.*, 29(1): 69-75.

# TEKSTİL PROSESLERİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ÇALIŞMALARI

**Merve YARALI KINLI<sup>1</sup>, Serdar KAYMAKÇI<sup>1</sup>, Serkan ALSAN<sup>2</sup>, Ceren GÖDE<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup>Menderes Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş. Ar-Ge Merkezi, Türkiye Denizli*

*<sup>2</sup>Menderes Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş. Tasarım Merkezi, Türkiye Denizli*

*<sup>3</sup>Pamukkale Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü,  
Türkiye Denizli*

*merveyaralikinli@arge.menderes.com*

## ÖZET

Günümüzdeki ekolojik ve ekonomik olumsuzlukların giderek artması ile tüm alanlarda olduğu gibi tekstil sektöründe de alternatif yöntemler üzerine çalışmaya gidilmiştir. Tekstil üretiminde çevreye verilen hasarın azaltılarak çevre dostu teknolojiler ile üretim yöntemleri giderek artmaktadır. Doğal kaynak kullanımının, maliyetlerin ve çevresel olumsuz etkilerin azaltıldığı alternatif yöntemler ile tekstil üretimi ön plana çıkmıştır. Maddenin dördüncü hali olan plazma işlemi, otomotiv, tekstil, gıda ve tıp gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Yapmış olduğumuz çalışmada tekstil üretiminde plazma teknolojisi kullanılmıştır. Plazma teknolojisi ile tekstil üretimindeki terbiye işlemlerinde en fazla suyun kullanıldığı ön hazırlık işlemlerinden olan kasar (ağartma) ve/veya merserize adımı yerine plazma teknolojisi kullanarak su, kimyasal ve enerji kullanımının minimum düzeye düşürmek. Yeni teknolojimiz ile tekstil üretiminin çevre üzerindeki etkisini minimize edilerek çevresel üretimin sağlanması.

**Anahtar Kelimeler:** Plazma, Plazma Teknolojisi, Tekstil, Terbiye, Ön Hazırlık

## SUSTAINABILITY STUDIES IN TEXTILE PROCESSES

### ABSTRACT

With the increasing ecological and economic negativities today, alternative methods have been studied in the textile sector, as in all fields. In textile production, environmentally friendly technologies and production methods are increasingly increasing by reducing the damage to the environment. Textile production has come to the fore with alternative methods that reduce the use of natural resources, costs and negative environmental impacts. Plasma process, the fourth state of matter, is used in many areas such as automotive, textile, food and medicine. In our study, plasma technology was used in textile production. Plasma technology aims to minimize the use of water, chemicals and energy by eliminating the bleaching and/or desizing process, which is one of the preliminary preparation processes in which the most water is used in the finishing processes in textile production. Ensuring environmental production by minimizing the impact of textile production on the environment with our new technology.

**Keywords:** Plasma, Plasma Technology, Textile, Finishing, Preliminary Preparation

### 1. GİRİŞ

Farklı alanlarda yeni ortaya çıkan teknolojilerin geliştirilmesi, günümüzde dünyadaki yaşam kalitesinin iyileştirilmesindeki temel zorluklardan biridir. Sürdürülebilirliği sağlamak için elbette çevre dostu ve enerji tasarrufu sağlayan teknolojiler olmaları gerekiyor (Juan, 2010)

Bir gaz (soy gaz, saf oksijen veya hava), uygun basınçta (düşük, atmosferik veya yüksek basınç), yüksek enerji verildiğinde (ısı, doğru akım veya alternatif akım kaynağı elektrik, elektromanyetik alan, radyo frekans dalgaları vs.) gaz molekülleri kinetik enerji kazanarak birbirleriyle çarpışmaya başlar. Bu çarpışmalar sonucunda elektronlar moleküllerden kopmaya başlar ve sürekli hareket halinde olan pozitif yüklü iyonların ve elektronların oluşturduğu bir sistem haline gelir. Maddenin bu durumuna plazma adı verilir (Ayas,2021).

Plazma işleminin tekstil endüstrisinde yeni bir teknoloji olarak kullanılması ve çevre dostu bir işlem olması uygun bir yöntemdir. Günümüzde plazma, malzemelerin ve tekstillerin yüzey modifikasyonunda kullanılmaktadır. Plazma tekstil endüstrisinde çok önemlidir, çünkü tüm tekstil terbiye işlemleri kuru ortamda ve zararlı kimyasallara gerek kalmadan kısa sürede gerçekleştirilebilmektedir ve plazma işlemi ile tekstil yüzeylerinin geleneksel işlemlerle elde edilemeyen özellikleri iyileştirilmektedir (Mihailovic,2010; Shishoo,2007)

Tekstil malzemelerinin kimyasal işlemlerinin kontrolünde yüksek kısıtlamalar nedeniyle yeni ve yenilikçi tekstil işlemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda, plazma teknolojisi çevre dostu olması ve daha iyi arıtma sonuçları nedeniyle belirgin avantajlar göstermektedir. Bu teknolojinin keşfedilebileceği çeşitli dönemler, tekstillerin ön işlemlerini ve diğer ıslak işlemlerini içerir. Plazma, tekstil malzemelerinin yüzey özelliklerini değiştirebilir, işlevsellik kazandırmak için kimyasal malzemeleri biriktirebilir (plazma polimerizasyonu) veya tekstil malzemelerinden maddeleri çıkarabilir (plazma aşındırma) ve yenilikçi fonksiyonel tekstiller üretmek için kullanılabilir (Shah, 2013)

Plazma teknolojisi, tekstil malzemelerinin hem yüzey hem de hacimsel özelliklerini geliştirmek için kullanılmış, bu da geleneksel kumaşlardan gelişmiş kompozitlere kadar çeşitli tekstil ürünlerinde iyileştirmelere yol açmıştır.

Tekstil söz konusu olduğunda bu teknolojinin polimerlerin boyama oranlarını arttırdığı, kumaşların renk haslığını ve yıkama direncini arttırdığı gösterilmiştir. Araştırmalar, çeşitli termoplastik elyafların bir plazma atmosferine tabi tutulmasıyla sağlamlık, dayanıklılık ve büzülme direncinde iyileştirmeler sağlanabileceğini göstermiştir.

Hem doğal hem sentetik elyaflara hem de dokunmamış kumaşlara, iç yapılarına herhangi bir olumsuz etki yaratmadan uygulanabildiği gözlemlenmiştir.

Tekstil malzemelerinin plazma işlemindeki son gelişmeler, maliyet tasarrufu, su tasarrufu ve çevre dostu olması nedeniyle tekstil işleme için alternatif bir teknoloji olarak muazzam potansiyelini ortaya çıkarmıştır. Kumaşların temizleme, haşıl sökme, ağartma, boyama/baskı ve terbiye gibi ıslak işlemleri çok büyük miktarlarda su tüketir, atık sular yoluyla kirlilik üretir ve büyük miktarda enerji tüketir. Sonuç olarak 'yeşil süreçler' aramak zorunlu hale geldi. Plazma teknolojisi, etkili bir şekilde kullanıldığında, kuru bir süreç olması, enerji açısından verimli olması, minimum miktarda kimyasala ihtiyaç duyması ve aşağı yönlü kirlilik olmaması nedeniyle 'daha yeşil' olanaklar sunabilir. (Shahidi,2014)

Çalışmamızın amacı, tekstilde boyama işleminden önce yapılan ön terbiye işlemindeki kasar (ağartma) ve/veya merserize adımı yerine plazma teknolojisinin kullanılması. Plazma teknolojisi sayesinde daha az su, enerji ve kimyasal kullanımı gerçekleştirecek ve çevreci bir üretime geçilmesi planlanmaktadır.

## 2.MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

Çalışmamızda kullanılmak üzere ham numune dokuma kumaş üretilmiştir. Aşağıdaki Çizelge1 de belirtilen konstrüksiyon özelliği ile numune dokuma kumaşımız RS250 kodu ile üretilmiştir.

Çizelge1. Ham Numune Dokuma Kumaş Konstrüksiyon Bilgileri

KOD NO	ÇÖZGÜ			ATKI				
RS250	Ne 30/1 O.E. %100 Pamuk			Ne 30/1 O.E. %100 Pamuk				
Sıklık (tel/cm)	Çözü Tarak Sıklığı	Çözü Hambez Sıklığı	Çözü Mamul Sıklığı	Atkı Tezgah Sıklığı	Atkı Hambez Sıklığı		Atkı Mamül Sıklığı	
	26	27,4	30,7	26,5	27		27	
Hambez Gramajı	Çözü İplik Gramajı	Haşıl Gramajı	Haşılı Çözü Gramajı	Atkı İplik Gramajı	Hambez (m/tül)	Hambez (m <sup>2</sup> )	Mamül (m/tül)	Mamül (m <sup>2</sup> )
	163 gr	13% 21 gr	184 gr	156 gr	340 gr	122 gr	293 gr	118 gr
İplik Büzülmesi (%)	Çözü	Atkı	Çözü Tel Adedi	Zemin	Kenar		Toplam	
	9%	5,4%		7618	0		7618	
Örgü Tipi	Zemin	Kenar	Tarak	No	Tarak Eni			
	1/1	1/1		130 / 2	293,0 cm			
Dokunacağı Tezgah	Tipi	Eni	Bez Eni	Ham En	Mamül En		Ham'dan Mamül'e Büzülme (%)	
	OMP-340	340 cm		278 cm	248 cm		12,1 %	

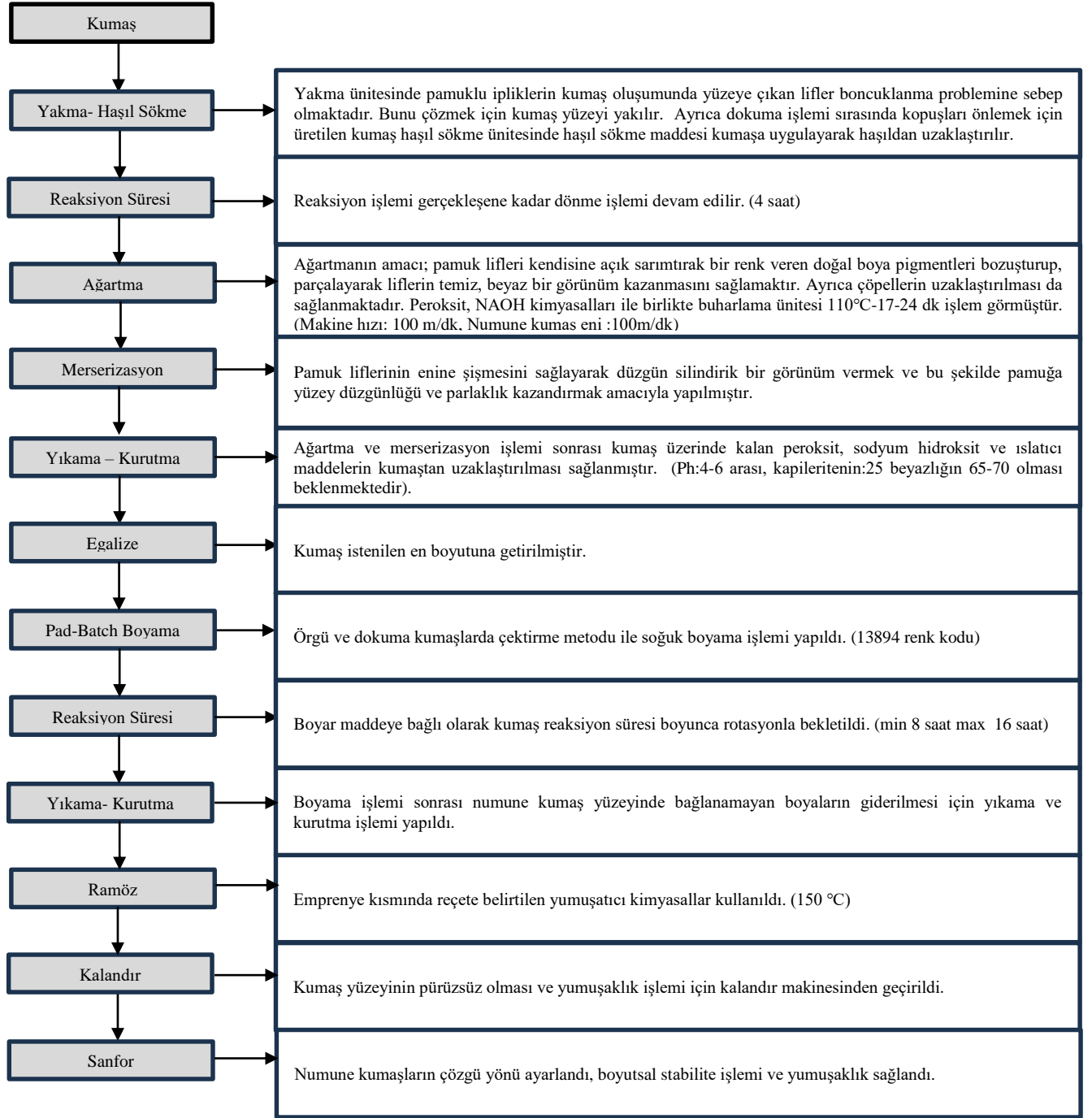
Üretilen numune kumaşımız padbatch boyama öncesi ön terbiye aşamasında; merserizeli, merserizesiz ve üç farklı yeni teknoloji olan plazma teknolojisi olmak üzere toplamda 5 proses uygulanmıştır.

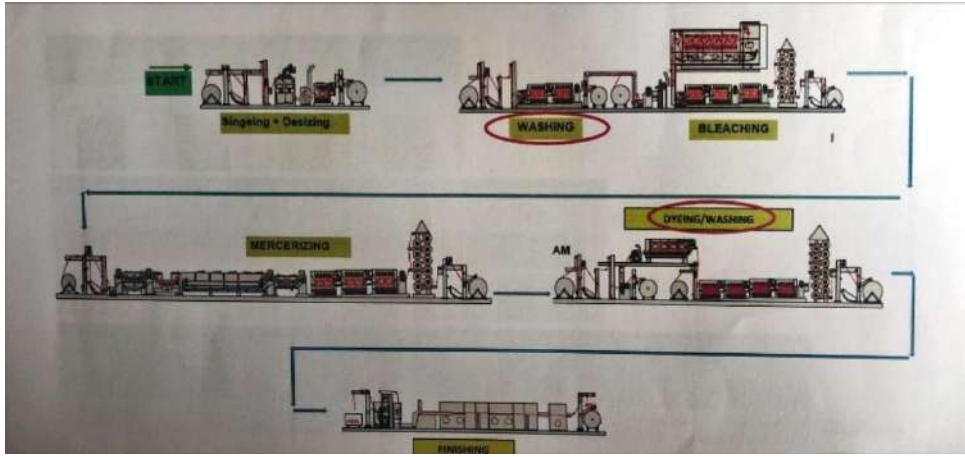
Her proses sonrası padbatch boyama işlemi yapılmıştır. Tüm proses numune kumaşlarında yarı mamulde kapilarite, beyazlık, haşıl değerlerine, mamulde çözü çekmezliği, yaş sürtme haslıkları ve tuşelerine bakılarak yorumlanmıştır.

Çalışmamızın asıl amacı yeni teknoloji olan plazma teknolojisi kullanılarak ağartma ve/veya merserizasyon işlemi olmadan üç farklı proses adımı geliştirildi. Bu geliştirilen 3 farklı plazma proseslerden hangisinin standart prosesle aynı sonuçları verdiği araştırıldı.



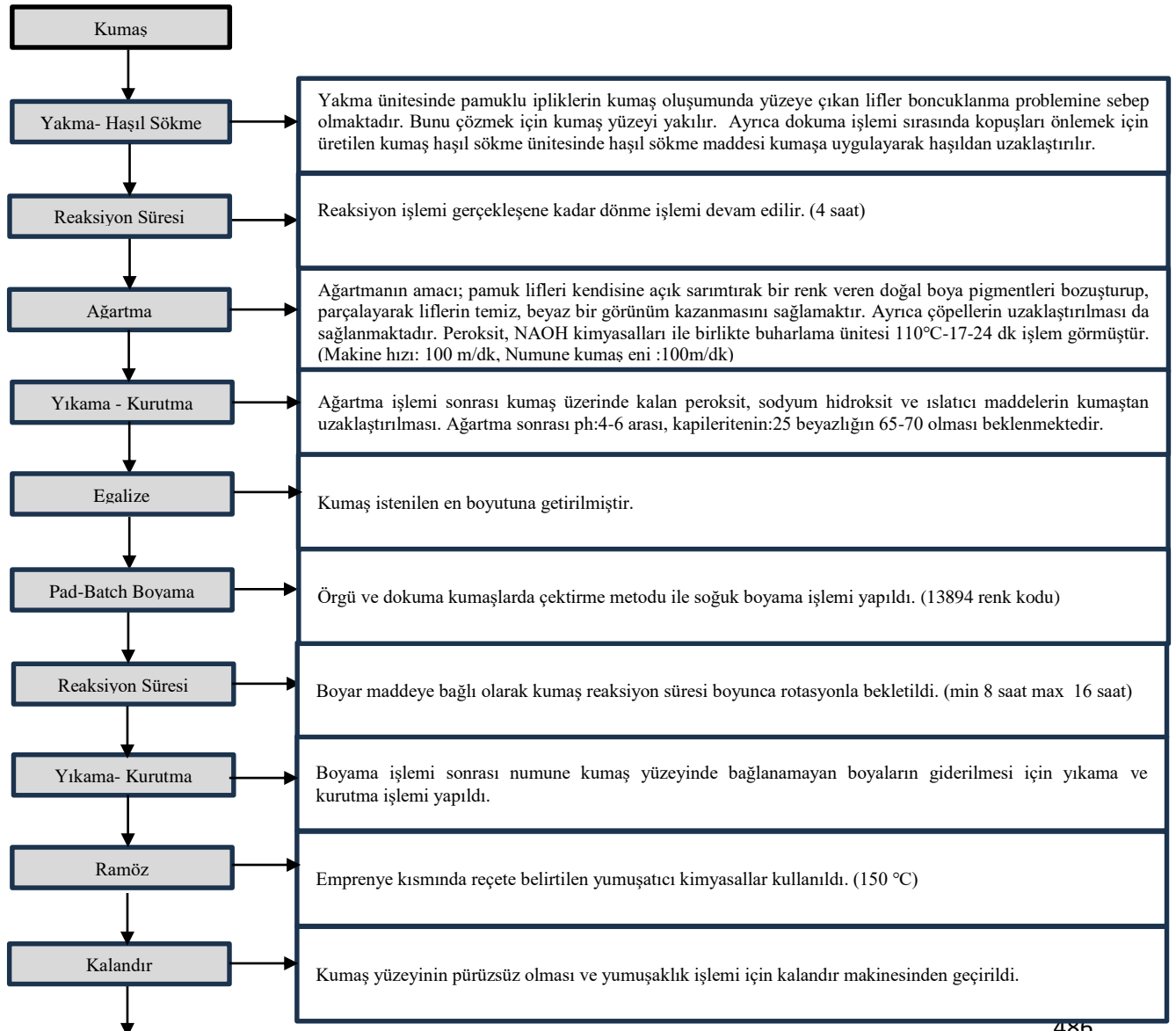
## Merserizeli Proses Adımı

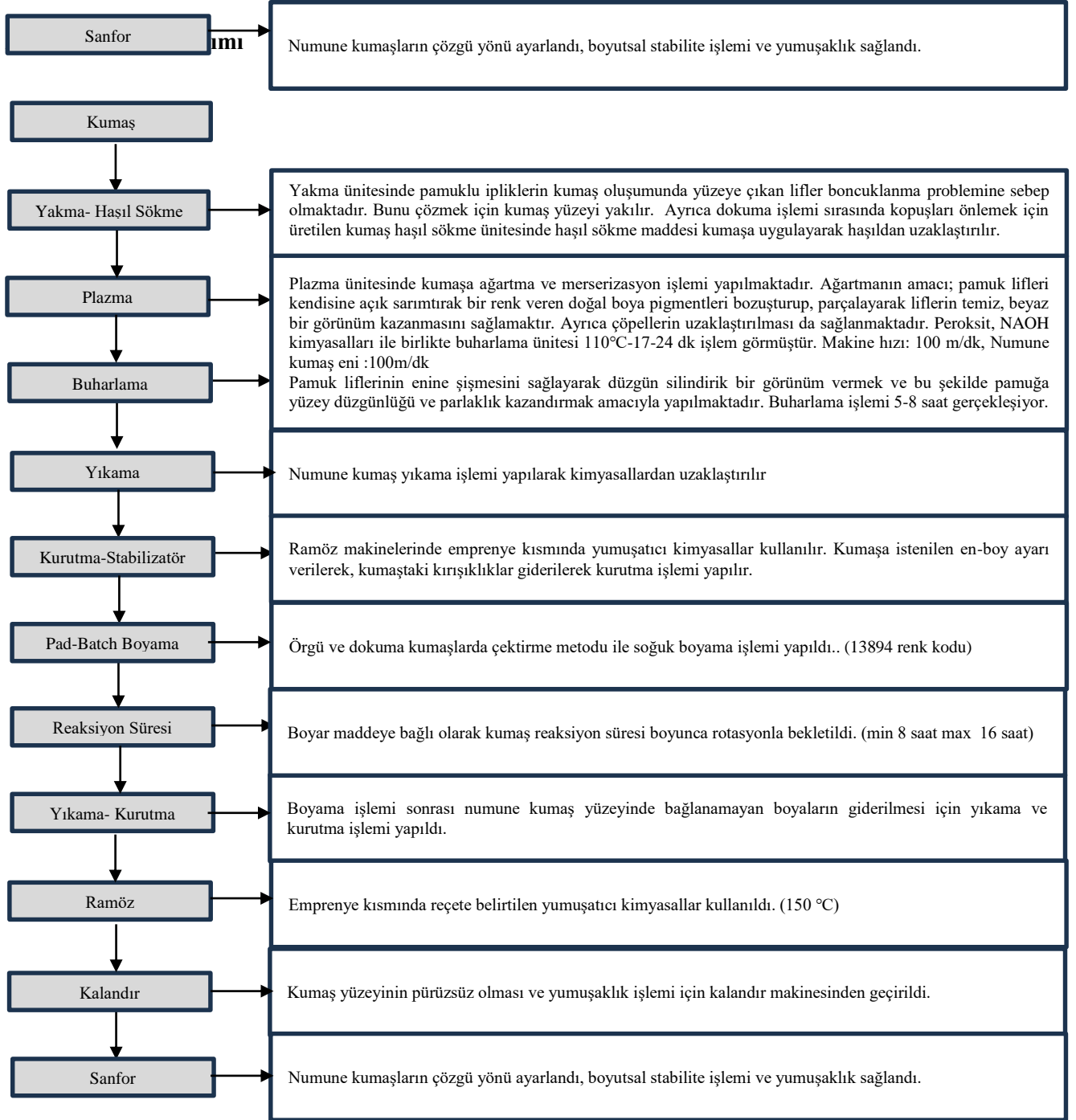


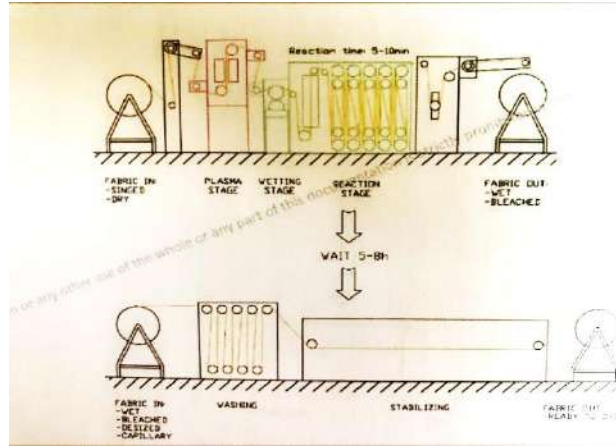


Şekil 1. Merserizeli Proses Adımı Şeması

### Merserizesiz Proses Adımı

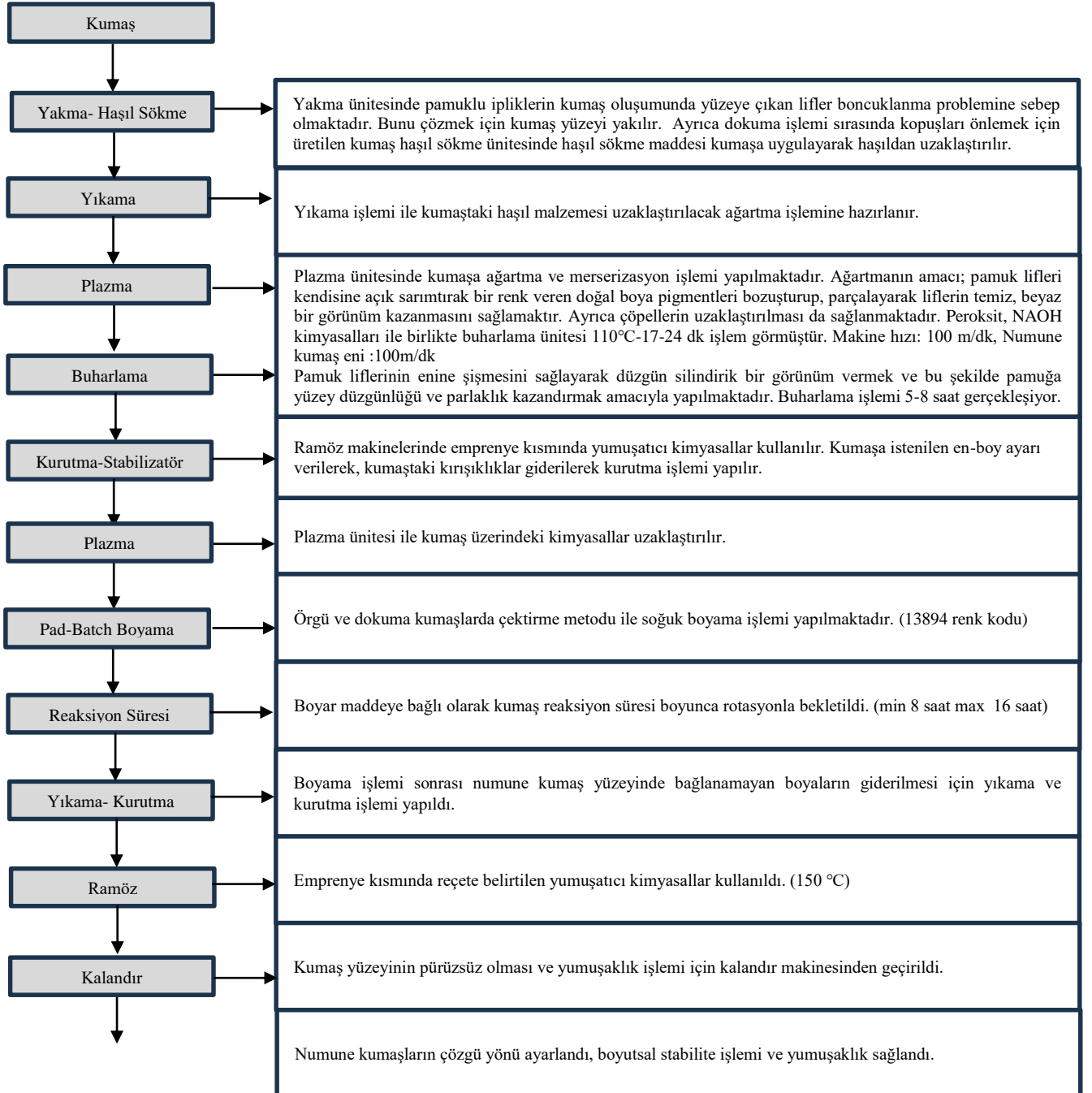




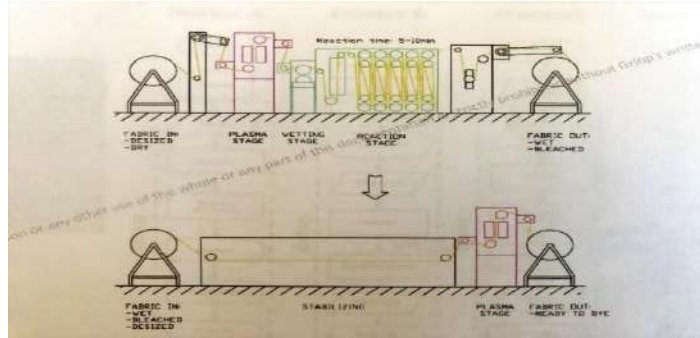


Şekil 2. A Plazma Proses Adımı

## B Plazma Proses Adımı

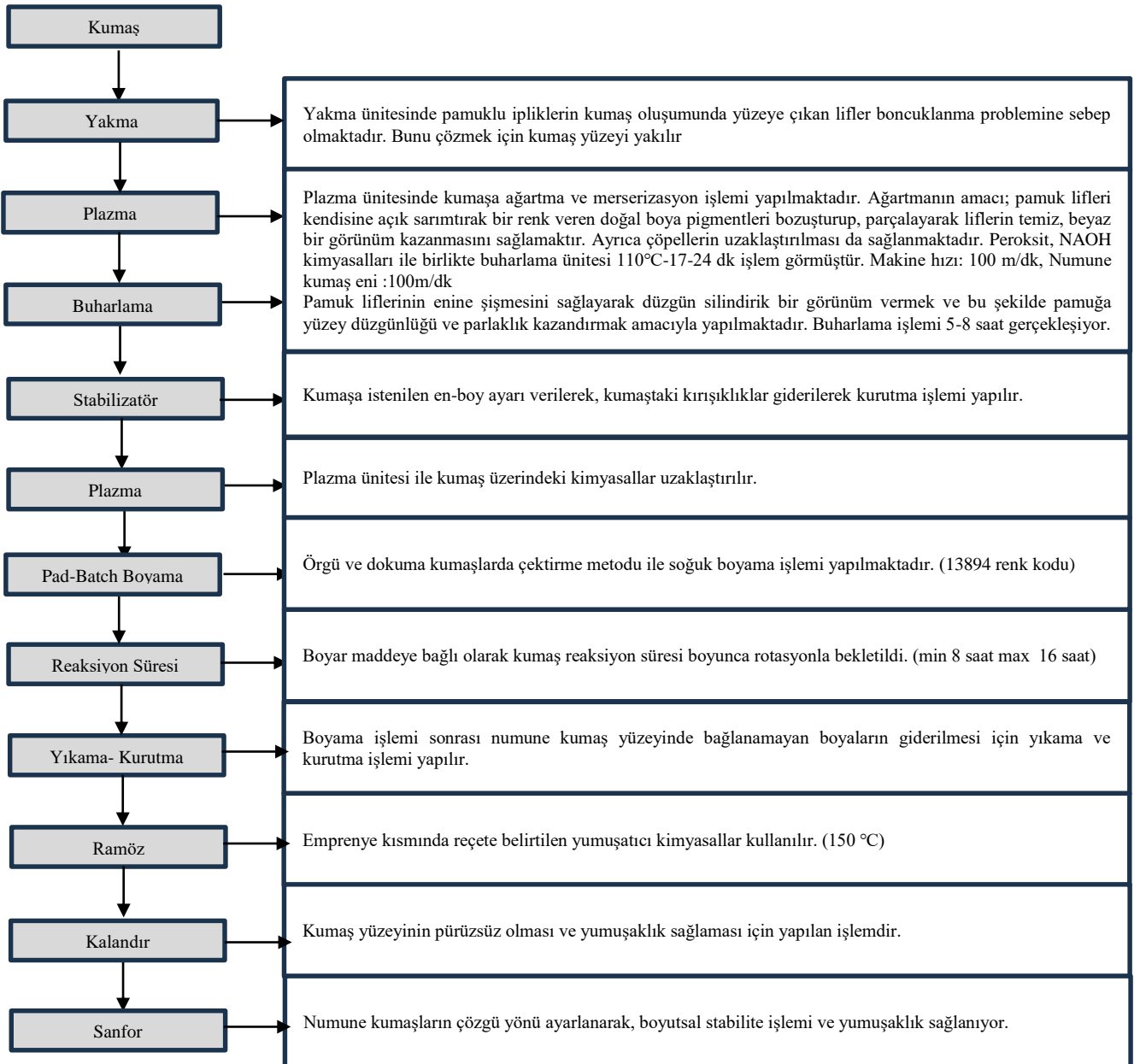


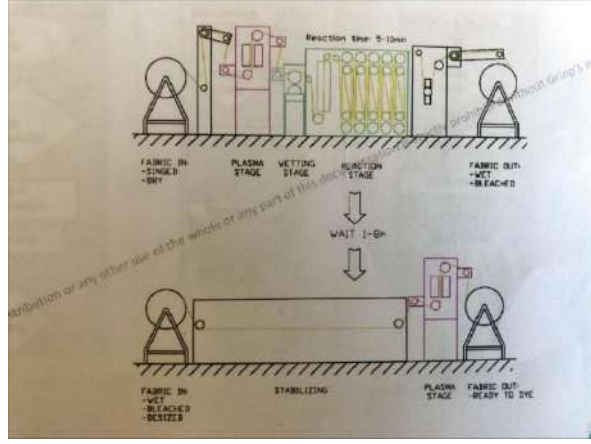
Sanfor



Şekil 3. B Plazma Proses Adım

### C Plazma Proses Adımı





Şekil 4. C Plazma Proses Adımı

### 3.BULGULAR VE TARTIŞMA/DEĞERLENDİRME

Çizelge2. Numune kumaşların test sonuçları

	Berger Ölçümü (70-75 )	Kapilarite (Min. 45 s)	pH (4 - 6)	Haşıl Sökme Değeri (1-9) (Min. 6)	Renk Değeri %	Yorumlar
Merserizeli	71,6	15 s	5,5	7	100	İstenilen tüm değerler sağlanmıştır.
Merserizesiz	71	18 s	6,5	6	63,6	Merserize kumaşa göre %40 daha düşük boya verimine neden olur. Boyama tüketimi artar.
A Plazma	68.4	35 s	5	9	71.99	Merserize kumaşa göre %30 daha düşük boya verimine neden olur. Boyama tüketimi artar.
B Plazma	71	23 s	4.5	9	68.79	Merserize kumaşa göre %32 daha düşük boya verimine neden olur. Boyama tüketimi artar.
C Plazma	69.7	75 s	4.5	9	65.48	Merserize kumaşa göre %35 daha düşük boya verimine neden olur. Boyama tüketimi artar. düşük kılcallık



Şekil 5. 5 farklı prosesin mamül numune görüntüleri

Çizelge3. Merserizeli proses adımları kapsamında doğal kaynakların tüketim değerleri

	Merserizeli Proses Adımları	Su (m <sup>3</sup> /Kg kumaş)	Elektrik (kW/Kg kumaş)	Doğal Gaz (M3/Kg kumaş)	CO <sub>2</sub> / kg tekstil	Atıklar(tekstil, su,enerji )/ kg tekstil	Kullanılan Kimyasalların İsimleri	Kullanılan Kimyasalların Miktarları (Kg/m <sup>2</sup> kumaş)
1	Yakma-Haşıl Sökme	0,00312639	0,02344791	0,06409094	0,13130827	0,00046896	Caustic Soda Rucowet DWA	0,003968kg/m <sup>2</sup> 0,0001488kg/m <sup>2</sup>
2	Reaksiyon Süresi	*	0,003126387	*	0,0156319	*	*	*
3	Ağartma	0,02770213	0,031963996	*	0,01385106	0,02354681	Coreoxide R-MEN Caustic Soda Rucowet DWA	0,002728kg/m <sup>2</sup> 0,000502kg/m <sup>2</sup> 0,000124kg/m <sup>2</sup>
4	Merserizasyon	0,035294118	0,176470588	0,002823529	0,50352941	0,03176471	Caustic Soda Acetic Acid (pH 6-8)	0,0496kg/m <sup>2</sup> 0,000124kg/m <sup>2</sup>
5	Yıkama	0,03152	0,24	0,02	3,128	0,144	Acetic Acid (pH 6-8)	0,000124kg/m <sup>2</sup>
6	Kurutma	0,000533015	0,03553433	0,002665075	0,41930509	0,00045306	*	*
7	Egalize	0,000857633	0,154373928	0,14922813	0,34819897	0,00072899	*	*
8	Pad-Batch Boyama	0,003484321	0,034843206	*	0,01393728	0,00296167	Caustic Soda Sodium Silicade Albaflow FFC Remazol Yellow GL Remazol Dark Blue SLT Remazol Black RL	0,004464kg/m <sup>2</sup> 0,01507kg/m <sup>2</sup> 0,0001984kg/m <sup>2</sup> 0,0006746kg/m <sup>2</sup> 0,002638kg/m <sup>2</sup> 0,003303kg/m <sup>2</sup>
9	Reaksiyon Süresi	*	0,006968641	*	0,00348432	*	*	*
10	Yıkama	0,16	0,24	0,02	3,128	0,144	Acetic Acid (pH 6-8)	0,000124kg/m <sup>2</sup>
11	kurutma	0,000533015	0,03553433	0,002665075	0,41930509	0,00045306	*	*
12	Ramöz	0,000857198	0,154295589	0,149152403	0,34802227	0,00060004	Adalin DE Rucofin GWY	0,00248kg/m <sup>2</sup> 0,003472kg/m <sup>2</sup>
13	Kalandır	*	0,057748057	-	0,02598663	*	*	*
14	Sanfor	*	0,014696157	0,000734808	0,11756926	0,01249173	*	*

Çizelge4. 5 farklı proses adımları kapsamında doğal kaynakların tüketim değerleri

Prosesle göre toplam tüketim	Su (m <sup>3</sup> /Kg kumaş)	Elektrik (kW/Kg kumaş)	Doğal Gaz (M3/Kg kumaş)	CO <sub>2</sub> / kg tekstil	Atıklar(tekstil, su,enerji )/ kg tekstil	Kullanılan Kimyasalların Miktarları (Kg/m <sup>2</sup> kumaş)
Merserizeli Proses Adımı	0,263907818	1,209003118	0,41135996	8,61612955	0,36146903	0,0897428
Merserizesiz Proses Adımı	0,228613701	1,03253253	0,408536431	8,11260014	0,32970432	0,0400188
A Plazma Proses Adımı	0,200911571	0,997442147	0,408536431	8,08311718	0,30615751	0,0366648
B Plazma Proses Adımı	0,200911571	0,997442147	0,408536431	8,08311718	0,30615751	0,0366648
C Plazma Proses Adımı	0,200911571	0,997442147	0,408536431	8,08311718	0,30615751	0,0366648

#### 4.SONUÇLAR

Merserizeli, merserizesiz, A-B-C Plazma prosesleri ile üretilen numune kumaşlara pad-batch boyama işlemi yapılmıştır. Merserizeli proses aşaması ile üretilen numune kumaşımız tüm istenilen standartları sağlayan örnek numune olarak kabul edilmiştir. 5 farklı proses sonucu elde edilen mamül numune kumaşların görüntüleri Şekil 5’ de görülmektedir.

Beş farklı numune kumaş çalışmaları TS EN ISO 3071 standart kapsamında pH değerine, DIN 53924 standart kapsamında kapilarite, haşıl sökme testleri yapılmıştır. Yapılan testler sonucunda kumaşların Çizelge2’de boya alım % si belirlenmiştir. Ayrıca 5 farklı proses metodu ile üretilen numune kumaşlarında (0,124 kg/m<sup>2</sup>) harcadıkları su, elektrik ve doğal gaz miktarları ölçülmüştür (Çizelge3).

- Şekil 5 incelendiğinde Pad-batch boyamamızda standart üretim metodumuz olan merserizeli metodumuza en uygun B plazma metodunun yakın olduğu gözlemlenmiştir.
- Çizelge2 incelendiğinde merserizeli proses metodumuz test sonuçlarına en yakın B plazma metodunun olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuca göre boya alım oranının %68,79 olması ile açık renkli boyamalarda bir sorun teşkil etmeyeceğini fakat koyu renkli boyamalarda daha çok boya sarfiyatına sebep olacağından ileriki çalışmalarımızda geliştirileceğimiz bir bulgu olduğu kararına varılmıştır.
- Pad-batch boyamamızda standart üretim metodumuz olan merserizeli proses 13 adımda gerçekleştirilmektedir. Standart üretim metodumuza boyama ve test sonuçları kapsamında en uygun olan B plazma metodunun da prosesi de 13 adımdır. A- C plazma metodunun proses adımına göre daha uzun olması ve standart metodumuza göre aynı olması daha sonraki çalışmalarda geliştirilmesi gereken bir bulgu olduğu kararına varılmıştır.
- Çizelge3’ merserizeli 0,124 kg/m<sup>2</sup> lik kumaş üretiminde su, elektrik, doğal gaz ve kimyasal tüketim değerleri yer almaktadır.
- Çizelge 4 incelendiğinde 0,124 kg/m<sup>2</sup> lik kumaş üretiminde 5 farklı proses kapsamında tüketilen doğal kaynakların ve kimyasalların toplam değerleri gözlemlenmiştir. Bu değerler kapsamında A-B-C plazma proseslerinde tüketim değerlerin aynı olduğu görülmektedir. Pad-batch boyamamızda standart üretim metodumuz olan merserizeli proses metodu yerine B plazma metodu kullanıldığından %2 lik bir tasarruf sağlanacağı gözlemlenmiştir.
- Yapılmış olan çalışma sonucunda plazma teknolojinin daha az kimyasal, su, elektrik, doğal gaz ve kimyasal tüketiminden ve daha az atık çıktığından çevre dostu bir üretim metodu olduğuna karar verilmiştir. Standart üretim metodumuz yerine plazma teknolojinin geçebilmemiz için geliştirilecek bazı noktalar olduğu gözlemlenmiş ve çalışmalar hala devam etmektedir.
- Yabancı firma ile birlikte ortak iş birlikli yürütmüş olduğumuz bu çalışmamız hala devam ederken müşterilerimize yaptığımız ilk deneme sonuçlarımızı göstererek desteklerini alarak plazma teknolojinin gelişmesine yardımcı olmaktayız.

#### 5.KAYNAKLAR

- Ayas, K., Kaplan, Ö., ve Çavdar, K., (2021), *Atmosferik Basıncılı Plazma Uygulaması ile Polipropilen Malzemelerde Yüzey İşlemleri*, Bursa Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 3,26,1179-1190
- Juan, A., (2010), *High-power ultrasonic processing: recent developments and prospective advances*, Physics Procedia. 35-47, Spain.
- Mihailović, D., Saponjić, Z., Radoicic, M., Radetic, T., Jovncic, P., Nedeljkovic, M., J., and Radetic, M., (2010), *Functionalization of polyester fabrics with alginates and TiO<sub>2</sub> nanoparticles*, Carbohydrate Polymers. 79, (3), 526–532,
- Shah, J., N., Shah, S., R., (2013), *Innovative Plasma Technology in Textile Processing: A Step towards Green Environment*, Research Journal of Engineering Sciences.34-39, INDIA.
- Shahidi, S., Ghoranneviss, M., and Moazzenchi, B., (2014), *New Advances in Plasma Technology for Textile*, Journal of Fusion Energy .97-102, NewYork.
- Shishoo, R., (2007), *Plasma Technologies for textiles.*, Woodhead Yayıncılık, Sweden.



# ADAPTİF ELYAF KULLANARAK KONFOR ÖZELLİKLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

İsmet Ege KALKAN<sup>1\*</sup>, Elçin EMEKDAR KARAMAN<sup>1</sup>, Zuhul KARACAYIR<sup>2</sup>, Gökhan ÜNSAL<sup>2</sup>, Umut Kıvanç ŞAHİN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Tekstil Teknolojileri ve Tasarımı Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, E-mail: kalkani15@itu.edu.tr*

<sup>2</sup> *Tekstil Teknolojileri ve Tasarımı Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, E-mail: emekdar@itu.edu.tr*

<sup>3</sup> *DNM Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş., İstanbul, Turkey, E-mail: zkaracayir@dnmdenim.com*

<sup>4</sup> *DNM Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş., İstanbul, Turkey, E-mail: gunsal@dnmdenim.com*

<sup>5</sup> *Tekstil Teknolojileri ve Tasarımı Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye E-mail: sahinumut3@itu.edu.tr*

## ÖZET

Adaptif elyaf kullanılarak daha çok erkek giyimine yönelik günlük kullanım kolaylığı sağlayan ve giyim sonrası oluşan deformasyonları minimuma indirecek kumaş tasarımı yapmak projenin konusunu oluşturulmuştur. Erkek vücut yapısına uygun denim kumaşı olması, bu nedenle uzun süreli kullanımlarda ve fazla hareket gerektiren aktivitelerde denim pantolon kullanımının tercih edilmemesinin yanısıra moda ve giyim sektöründeki trendlere uygun ürünler, erkek giyimindeki kullanıcı ihtiyaçlarına yanıt verecek bir kumaş tasarımı geliştirme ve sunma ihtiyacı oluşmaktadır. Adaptif elyafın kullanılabilirliğinin ve performansının artmasıyla birlikte, bu teknolojik gelişmeleri kullanarak yenilikçi ve özgün bir kumaş tasarımı yapma amacıyla proje fikri oluşturulmuştur. Ayrıca, proje ile erkek giyim sektöründe adaptif elyafa dayalı yenilikçi ve pratik kumaşlara olan talep karşılanmış olacaktır. Adaptif elyafın özelliklerini kullanarak 30-50 elastikiyet aralığındaki kumaşlarda daha yüksek giyim konforu sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Adaptif Elyaf, Elastomer, Denim, Kumaş, Tasarım

## INCREASING THE COMFORT PROPERTIES WITH ADAPTIVE FIBER

### ABSTRACT

The subject of the project is to design fabrics that provide daily ease of use and minimize deformations after wearing, using adaptive fibers. Since it is a denim fabric suitable for the male body structure, denim trousers are not preferred for long-term use and activities that require a lot of movement, as well as the need to develop a fabric design that will meet the user needs in men's clothing, products that are suitable for the trends in the fashion and clothing sector. With the increase in the usability and performance of adaptive fibers, the project idea was created to meet the need for an innovative and original fabric design using these technological developments. In addition, with the increasing demand for innovative and practical fabrics based on adaptive fibers in the men's clothing sector, this demand will be met with the project. Higher clothing comfort has been provided in fabrics with an elasticity range of 30-50 by using the properties of adaptive fibers.

**Keywords:** Adaptive Fiber, Elastomer, Denim, Fabric, Design

## 1.GİRİŞ

Çok çeşitli kullanım olanakları nedeniyle elastik özlü iplikler tekstil endüstrisini tamamen değiştirmiştir (Uddin, 2024). Öz malzemenin esneme ve toparlanma özelliklerini dış kılıfın amaçlanan estetiğiyle birleştirmek için, üretim sürecinde elastomerik bir öz filament, öncelikle pamuk olmak üzere, elyaf elyaf kılıfına sarılır (Rahim,2023,Erbil, 2022). Bu iplikler, kullanıcıların, birkaç yıkamadan sonra bile iyi oturan ve vücudun rahatça hareket etmesini sağlayan giysiler konusundaki beklentilerini karşılar (Islam, 2020). Özellikle moda sektöründe, vücuda oturan kot pantolonlar gibi streç denim giysiler yaratmak için seçilmektedirler. Elastik özlü iplikler, çok boyutlu genişleme gerektiren çift eksenli ve üç eksenli auxetik dokuma kumaşlar üretmek için moda alanının dışında da uygulanmıştır (Mushtaq, 2022).

Dayanıklı kullanım özelliklerine sahip esnek malzemelere olan artan ihtiyaç, üreticileri ve bilim insanlarını yeni esnek iplikler yaratmaya yöneltmiştir (Dunja, 2008). Esnek iplikler, giyim endüstrisinde denim, spor giyim, günlük giyim, çorap, iç çamaşırı ve mayo için kullanılmaktadır (Dunja, 2011). Denim ipliği, pamuğun yumuşaklığını ve uzun süreli elastikiyetini ve toparlanmasını birleştirerek mükemmel stili korurken uzuvlara özgürce hareket etme özgürlüğü vermektedir. Esnek iplikler yaratmanın bir yöntemi, özün esnek elastan filamentinden yapılabileceği özlü iplik eğirme olarak adlandırılmaktadır (Mohsen, 2012).

Bu çalışmada, Du Pont firmasının Lycra markasının adaptif elyafını kullanarak erkek giyimine yönelik daha rahat, dayanıklı ve deformasyonu minimuma indiren bir kumaş tasarımı geliştirmek hedeflenmektedir. Bu sayede, kullanıcıların giyim konforu artırılırken üretici açısından da rekabet gücünü ve müşteri tatminini artırma potansiyeline sahip yüksek katma değerli ürün geliştirilmesi sağlanacaktır. Proje çıktısı, yenilikçi bir kumaş tasarımı sunarak şirketin pazardaki rekabet gücünü artıracak potansiyele sahiptir. Ticarileşme potansiyeli yüksektir, işletmeye ticari kazançlar sağlayarak yeni tasarım projeleri için bir temel oluşturması beklenmektedir. Proje sonucunda elde edilen teknik bilgi birikimi, tasarım merkezi bünyesinde saklanarak toplam bilgi, beceri ve kabiliyet artışı sağlanmış olacaktır.

## 2.MATERYAL VE TESTLER

### 2.1. Materyal

Kumaş DİYENEM tarafından sağlanmış olup 3/1 RHT dokuma kumaştır. Kumaş içeriği %77 CO(pamuk) %3 EL(elastan) %16 CLY(Iyocell) %4 EME(elastomultiester) dir. Ayrıca kumaş 35 dakika taşla yıkanmıştır.

### 2.2 Metot

Kumaşa boyutsal değişim ISO-6330 standartıyla, yırtılma mukavemeti ASTM D1424 standartıyla ve kopma mukavemeti ASTM D5034 standartıyla yapılmıştır.

### 3.ARAŞTIRMA BULGULARI

Çizelge'1 de test sonuçları yazılmıştır.

**Çizelge 1.** Test Sonuçları

Numune	Boyutsal Değişim (%)		Yırtılma (gm)		Kopma (kg)	
	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı
	-1,0	-10,0	4300	3300	65	40

Boyutsal değişim testinde çözgü de iyi bir sonuç vermiş ancak atkı da %10 çekmiştir. Bu kumaşımızın elastik özelliğinin yüksek olduğunu ancak yıkama sonrasında çok fazla esnediğini göstermektedir.

Yırtılma testinde kumaş genel denim kumaşlara göre yüksek performans göstermiş ve dayanıklı, yine elastik özelliğinin yüksek olduğunu kanıtlamıştır.

Kopma testinde dayanıklı olduğunu göstermiştir, iyileştirmeye açıktır.

### 4. SONUÇLAR

Projenin amacı, günlük hayatta kullanımı kolay ve giyildikten sonra deformasyonu en aza indiren kumaşlar üretmek için adaptif elyaf kullanmaktır, özellikle de erkek kıyafetleri için. Kot pantolonlar uzun süreli kullanım veya çok fazla hareket gerektiren aktiviteler için önerilmemektedir, çünkü kot malzemesi erkek vücut yapısına uygundur. Ayrıca, erkek kıyafetleri için kumaş tasarımları kullanıcı ihtiyaçlarını karşılayacak ve moda ve giyim endüstrisi trendleriyle uyumlu olacak şekilde geliştirilmelidir. Proje fikri, adaptif elyafın artan kullanılabilirliği ve performansı göz önüne alındığında, bu teknolojik gelişmelerden yararlanan yaratıcı ve benzersiz bir kumaş tasarımına duyulan gereksinime yanıt olarak geliştirilmiştir.

Test sonuçları ile birlikte elastikiyet konusunda başarılı olunmuş ancak dayanıklılık konusunda iyileştirilme yapılması gerekebileceği öngörülmüştür. İlerleyen çalışmalarda benzer ürünlerle karşılaştırma testleri yapılacak ve yapılmış olan testlere ek olarak konfor testleri yapılacaktır.

### 5.KAYNAKLAR

B. Mushtaq, A. Ahmad, Z. Ali, M.B. Qadir, Z. Khaliq, M. Irfan, M.W. Iqbal, A. Jabbar, A. Zulifqar, A. Shahzad, Core spun based helical auxetic yarn: a novel structure for wearable protective textiles, *J. Nat. Fibers* 19 (16) (2022) 15058–15070, <https://doi.org/10.1080/15440478.2022.2070322>.

M.A. Rahim, S. Rahman, A.J. Uddin, Low-bagging (growth) stretch denim yarn production by spinning optimization of cotton-wrapped dual-core elastane and T400 multifilament, *Heliyon* 9 (3) (2023), <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13639>.

S. Islam, S.M.M. Alam, S. Akter, Influence of thermal conduction on the stretching behavior of core spandex cellulosic fabrics, *Mater. Today: Proc.* 38 (2021) 2563–2571, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.07.682>.

S. Mohsen, H. Hasani, F.Y. Manesh, Investigation into the fatigue behavior of core-spun yarns under cyclic tensile loading, *J. Eng. Fibers Fabr.* 7, 95 (2012)

S.G. Dunja, M. Bizjak, The influence of constructional parameters on deformability of elastic cotton fabrics, *J. Eng. Fibers Fabr.* 9, 38 (2011)

S.G. Dunja, V. Bukosek, The behaviour of fabric with elastane yarn during stretching, *Fibres Text. East Eur.* 16, 68 (2008)

Uddin, A. J., & Rahman, M. (2024). Sustainable and cleaner production of elastic core-spun yarns for stretch denim with maximal utilization of recycled cotton extracted from pre-consumer fabric waste. *Heliyon*, 10(4).

*Y. Erbil, O. Babaarslan, M.R. Islam, S. Sirlibas, Performance of core & dual-core cotton yarn structures on denim fabrics, J. Nat. Fibers 19 (14) (2022) 9500–9513, <https://doi.org/10.1080/15440478.2021.1982837>.*

# YÜKSEK ESNEME VE GERİ TOPLAMA KABİLİYETİNE SAHİP KUMAŞLARIN KONFOR ÖZELLİKLERİNE YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA

**Sinem BİRSEN, Canan SARIÇAM**

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye*  
[birsen15@itu.edu.tr](mailto:birsen15@itu.edu.tr)

## ÖZET

Tüketici araştırmaları, bireylerin giysilerinden konfor, çok yönlülük, kapsayıcılık ve fonksiyonellik beklediklerini göstermektedir. Bu talepler üzerine, giyicinin işlevsel gereksinimlerini karşılamak için adapte olabilen tekstiller geliştirilmiştir. Bu da giysinin, giyiciye ideal bir şekilde uyum sağlamasını, şeklini korumasını ve kontrolünü sağlamaktadır. Bu tekstil ürünleri, vücut ve beden boyutlarına yönelik kapsayıcılık, konforlu şekil alma, ikinci bir cilt etkisi yaratma, çok yönlülük ve daha iyi yerinde kalma performansı gibi çeşitli faydalar sunmaktadır. Ancak, adapte olabilen kumaşların konfor özellikleri hakkında hala bazı sorular bulunmaktadır. Bu nedenle, özellikle de LYCRA® ADAPTIV (LA) içeren tekstil malzemelerinin konfor özelliklerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, LA, elastan ve poliamid (PA) içeren farklı kompozisyonlardaki numuneler ile tamamen aynı kompozisyona sahip ancak LA olmadan üretilen numuneler hava geçirgenliği, su ve su buharı geçirgenliği, transfer ıslanma, su emiciliği, kuruma, kumaş sertliği ve elastikiyet kazanımı özellikleri gibi konfor özellikleri açısından karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar sonucunda, adapte olabilen malzemelerin giyimde kullanılmasının sunduğu avantajlar için uygun olduğunu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Vücut ve Beden Boyutlarına Yönelik Kapsayıcılık, Adapte Olabilen Tekstiller, Konfor Özellikleri

## A RESEARCH ON THE COMFORT PROPERTIES OF FABRICS WITH HIGH STRETCH AND RECOVERY ABILITY

### ABSTRACT

Consumer research indicates that individuals expect comfort, versatility, inclusive sizing, and functionality from their clothing. In response to these demands, adaptive textiles have been developed to meet the wearer's functional requirements, ensuring proper fit, shape, and control. These textiles offer various benefits, including body and size inclusivity, comfortable shaping, a second-skin effect, versatility, and improved stay-in-place performance. However, questions still persist regarding the comfort properties of adaptive textiles. Therefore, it was aimed to investigate the comfort properties of textiles containing adaptive materials, specifically LYCRA® ADAPTIV (LA). For this purpose, the specimens containing different composition of LA, elastane and polyamide (PA), and the ones containing exactly the same composition but produced without LA were compared in terms of comfort properties focusing on air permeability, absorption, drying, vertical wicking, transfer wicking, water and water vapor permeability, rigidity and elastic recovery properties. According to comparisons, it is noted that the utilization of adaptive materials in clothing are quite convenient for offered benefits.

**Key words:** Inclusivity for Body and Body Sizes, Adaptive Textiles, Comfort Properties

### 1. GİRİŞ

Hazır giyim sektöründe, tüketici talepleri sürekli değişen bir dinamizme sahiptir. Tüketicilerin ürünlerdeki ihtiyaçlarını ve beklentilerini anlamak ve bu ihtiyaçları karşılayabilmek, özellikle tekstil ve hazır giyim endüstrisi gibi rekabetçi ortamlarda şirketlerin uzun süreli hayatta kalması için giderek

daha önemli hale gelmektedir. Yapılan araştırmalara göre, hazır giyim endüstrisindeki ana dinamikler, kapsayıcı ve basitleştirilmiş bedenler, çok yönlülük, uyarlanabilirlik, basitleştirilmiş giysi desenleri ve işlevsellik olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu dinamiklere uyum sağlayabilmek ve tüketici taleplerini karşılayabilmek adına Lycra tarafından, vücuda uyum sağlayan kumaşlar anlamına gelen adapte olabilen kumaş tasarımında kullanılmak üzere Lycra® Adaptiv lifi geliştirilmiştir.

Kullanıcıların işlevsel hibrit ihtiyaçlarını karşılamak üzere tasarlanan polimer bazlı Lycra® Adaptiv lifi, Lycra şirketi ve anlaşmalı oldukları araştırma merkezi tarafından, standart Spandex lifi içeren konfeksiyon ürünleri karşılaştırılmalı olarak test edilmiştir (Lila & Fabric, 2021). Elde edilen sonuçlara göre, Spandex lifi içeren kumaşlarda dağılma ve düzleşme görölürken, Lycra® Adaptiv lifi içeren ürünlerde daha iyi vücut uyumu gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra, kullanıcılarla yapılan hareket testleri sonucunda, Spandex ile kıyaslandığında Lycra® Adaptiv lifi içeren ürünlerde kullanıcı üzerinde daha iyi kalma, kullanıcıyla hareket etme ve giyim konforu sağladığı belirtilmiştir. Aktif hareket ve dinlenme halinde yapılan testlerde ise, Lycra® Adaptiv lifi içeren ürünlerde kullanıcıya dinlenme halinde daha düşük statik basınç uyguladığı, hareket halinde ise daha sabit basınç uygulayarak hareket sonrasında dinlenme halindeki değerine döndüğü tespit edilmiştir (Lila & Fabric, 2021).

Bu bağlamda, Lycra® Adaptiv içeren adapte olabilen kumaşlar, giyiciye dinlenme halindeyken ideal bir uyum sağlama, şeklini koruma ve uygun toplama kuvvetini sağlama gibi avantajları gösterecektir. Bu tür ürünlerin, giyiciye hareket halindeyken de rahatlık sağlaması, kolayca giyilip çıkarılması ve aynı zamanda giyiciye ikinci bir cilt hissi vererek konfor sağlaması beklenmektedir. Ayrıca, adapte olabilen kumaşlar kendine özgün özellikleri sayesinde, daha geniş ve basitleştirilmiş beden seçenekleri sunarak stok tutumunu azaltma potansiyeline sahip görölürmektedir (Lycra® adaptiv fiber offerings).

Son zamanlarda, tüketicilerin de giysilerde sadece estetik değil aynı zamanda konfora da büyük önem verdikleri görölmüştür (Kilinc-Balci, 2011). Konfor hem öznel hem de karmaşık bir yapıya sahip olup kişilerin hem fiziksel hem de psikolojik durumlarından etkilenmektedir (Song, 2011). Bununla birlikte, tüketicilerin tercihlerinin mevsim, çevre, yaş ve yaptıkları aktivite tipi ile de değişmesi mümkündür (Kamalha vd., 2013). Giysilerin tüketicilere en yakın çevresel faktör olduğu düşünöldüğünde giysilerin konfor açısından önemli bir yere sahip olduğu görölebilmektedir (Song, 2011). Bu nedenle, adapte olabilen kumaşların hazır giyim ürünlerinde kullanılması kararı, tüketici ihtiyaçlarının karşılanması açısından detaylıca değerlendirilmelidir. Çünkü bu karar, firmaların pazar payını da etkilemektedir.

Konfor algısı ve giyim konulu araştırmalar geniş bir literatüre sahip olmasına rağmen, kumaş ve kıyafet tasarımlarıyla ilgili bazı soru işaretlere hala mevcuttur. Bu çalışmada, özellikle LA içeren tekstil malzemelerinin konfor özellikleri, adapte olabilen kumaşların iddia edilen avantajlarını sağlayıp sağlamadığı tespitini yapmak açısından incelenmiştir. Bu amaçla, farklı kompozisyonlardaki numuneler elde edilmiş olup, bunlar, içerik açısından muadil ancak PA içermeyen nem yönetimi gibi konfor özellikleri açısından karşılaştırılmıştır.

## **2. MATERYAL VE METOT**

### **2.1. Materyal**

Bu çalışmada, Aydın Örne Sanayi ve Ticaret A.ř. tarafından üretilen, LA içerkli ve farklı kompozisyonlardaki dört farklı numune kullanılmıştır. Numuneler, içeriğinde farklı oranlarda Poliamid ve Elastan bulunduracak şekilde düzenlenmiş olup, bazı numunelerde LA bulunurken, karşılaştırma amacıyla diğer numuneler LA içermemektedir. Kullanılan numunelere ait özellikler Çizelge 1'de detaylı olarak sunulmuştur.

**Çizelge 1.** Numunelere Ait Kumaş Özellikleri

Kumaş No	İçerik	Kumaş Tipi	May X Sıra (adet/cm)	Kumaş Ağırlığı (gr/m <sup>2</sup> )	Kumaş Kalınlığı (mm)
1	55%PA-45%EL LYCRA® ADAPTIV	ADAPTIV	26 x 29	191,0	0,56
2	56%PA-44%EL	ADAPTIV İÇERMEYEN	26 x 33	199,4	0,51
3	71%PA-29%EL LYCRA® ADAPTIV	ADAPTIV	20 x 30	227,9	0,65
4	71%PA-29%EL	ADAPTIV İÇERMEYEN	23 x 32	245,1	0,65

## 2.2. Metot

Çalışmada, numunelerin hava geçirgenliği, su emiciliği, kuruma, transfer ıslanma, su ve su buharı geçirgenliği, kumaş sertliği ve elastikiyet kazanımı özellikleri ölçülmüş ve analiz edilmiştir. Testler gerçekleştirilmeden önce numunelerin kondisyonlanması sağlanmış, sonrasında testler standart atmosfer koşulları olan  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  ve  $\%65 \pm 5$  bağıl nem altında gerçekleştirilmiştir.

Bu noktada, hava geçirgenliği kumaşın konfor özelliklerini etkilemesi bakımından önemlidir. Bunun sebebi ise hava geçirgenliğinin dolaylı olarak buhar ve sıvı geçirgenliği ile de ilişkili olmasıdır. Bu noktada, havayı iyi geçiren kumaşların, buhar ve sıvı fazındaki suyu da geçirebileceği düşünülmektedir (Mavruz vd., 2009). Bu çalışma içerisinde de numunelerin hava geçirgenliği, EN ISO 9237 standardı ile hava geçirgenliği cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (EN ISO 9237, 1995). Hava geçirgenliği sonuçları numunelerde karşılaştırmalı olarak kontrol edilmiştir.

Su buharı geçirgenliği testi ise TS EN ISO 15496 standardı kullanılarak, su buharı geçirgenliği cihazı üzerinde gerçekleştirilmiştir (TS EN ISO 15496, 2018). Bu teste göre, numuneler saf su içeren konteynırların boyutunda kesilmiş ve ölçümler, test öncesi ve test sonrası olacak şekilde iki aşamada alınmıştır. Alınan ölçümlerde, saf su içeren konteynırın ağırlığı, numune ağırlığı ve numunenin saf su içeren konteynıra hava geçirmeyen bantlarla sabitlendiği durumdaki toplam ağırlığı şeklinde belirlenmiştir. Bu noktada numunelerin su buharı geçirgenliklerinin tayin edilebilmesi için cihazda 5 saat beklemesi sağlanmıştır.

Numunelerin su geçirgenliği testi, TS EN ISO 811 standardı kullanılarak, su geçirgenliği cihazında yapılmıştır (TS EN ISO 811, 2018). Bu standarda göre, numuneler kumaş yüzeyi yukarı bakacak şekilde saf su içeren konteynırın üzerine düz bir şekilde yerleştirilmiştir. Numune, mengene ile konteynır üzerine sabitlendikten sonra basınçlı saf su numune altından verilerek, numunenin su geçirgenliği özellikleri mm su sütunu cinsinden ölçülmüştür.

Transfer ıslanma özellikleri, Zhuang ve diğerlerinin çalışmasında kullanılan metoda göre ölçülmüştür. Bu metoda göre, numuneler eşler halinde hazırlanmış olup, birisi saf suda bekletilirken diğeri kuru bırakılmıştır. Numunelerin hazırlanması sırasında gramaj aleti kullanılarak, numunelerin 74.5 mm çapa sahip olması sağlanmış ve eşler halinde hazırlanan numunelerden biri saf suda bekletilmiştir. Daha sonra, numune saf sudan çıkarılarak kurutma kâğıdı üzerine yerleştirilmiş ve fazla suyun alınması sağlanmıştır. Islak olan numunenin fazla suyu yeterince alındıktan sonra, eşleşmiş numunelerden ıslak olanı altta, kuru olanı üstte olacak şekilde iki plakanın arasına yerleştirilmiştir. Üstte kalan plakanın  $15,6 \text{ kg/m}^2$  ağırlığında olmasına dikkat edilmiştir. Ardından, numuneler 30 dakika boyunca 5 dakikalık aralıklarla tartılıp ölçümler kayıt altına alınmıştır (Zhuang vd., 2002).

Konfor testlerinden su emiciliği testi de numunelere uygulanmış ve uygulama metodu olarak Mukhopadhyay ve diğerlerinin çalışması standart alınmıştır. Buna göre numuneler 74.5 mm'lik çaplarda kesilmiş ve 30 dakika boyunca saf su içerisinde bekletilmişlerdir. Saf sudan çıkarılan

numuneler iki sünger arasına yerleştirilerek fazla suyun alınması sağlanmıştır. Sonraki aşamada numunelerin ağırlıkları ölçülmüş ve Eşitlik (1) kullanılarak, numunelerin su emicilik değerleri hesaplanmıştır (Mukhopadhyay vd., 2011).

$$\text{Su Emiciliği (\%)} = \frac{W2 - W1}{W1} \times 100 \quad (1)$$

Numunelerin kuruma davranışlarını tayini, Coplan, Fourt ve diğerlerinin çalışmasında uygulanan metoda göre gerçekleştirilmiştir. Bu metoda göre, numuneler 40 mm x 40 mm boyutlarında kesilmiş ve 30 dakika boyunca saf suda bekletilmiştir. Saf suda bekletilen numuneler, her iki yüzeyi de ikişer dakika olacak şekilde kurutma kâğıdı üzerinde bekletilmiş ve numunelerin ağırlıkları, kuru ağırlıklarının %105'ine ulaşıncaya kadar 30 dakika aralıklarla tartılmıştır (Coplan, 1953), (Fourt vd.,1951).

Numunelerdeki kumaş sertliği, ASTM D4032-8 standardı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (ASTM D4032-8, 2016). Bu teste göre, numuneler may ve sıra yönünde kesildikten sonra cihaza yerleştirilmiş ve cihazın kumaşı basınç ile küçük bir delikten iterek düşürmesi sağlanmıştır. Testin sonucunda, kumaş sertliği kgf cinsinden ölçülmüş ve sonuçlar may ve sıra ortalaması alınarak değerlendirilmiştir.

Numuneler üzerinde gerçekleştirilen bir diğer önemli test ise elastikiyet kazanımı testidir. Bu test, ISO 20932-1: 2018 standardına göre gerçekleştirilmiş olup, numuneler 100 mm uzunluğunda may ve sıra yönünde kesildikten sonra cihazda iki çene arasına yerleştirilmiş ve numunelerin içerdiği Elastan oranına göre farklı yüklerde 5 kez tekrar çekme-bırakma hareketi ile esnetilmiş, son çekme sırasında da 1 dakika boyunca yükte bırakılmıştır (ISO 20932-1: 2018, 2018). Numunelerin maruz bırakılması gereken yük miktarı, %20'den fazla Elastan içeren numuneler için 7N olarak belirlendiğinden, bu çalışmadaki numuneler için de 7N kullanılmıştır. Çekme işlemi bittikten sonra, numune düz bir yüzeyde 1 dakika serbest halde bırakılmış ve bir dakika sonunda numunenin boyu cetvel yardımı ile ölçülmüştür. Bu işlem sonucunda, numunenin kalıcı deformasyon yüzdesi ölçülmüş ve ölçülen değer 100'den çıkarılarak kumaşın deforme olmadan elastikiyetini kazanabileceği esneme yüzdesi hesaplanmıştır.

Son olarak, kumaş kalınlıklarının ölçümü, TS 7128 EN ISO 5084 standardı ile kumaş kalınlığı mm cinsinden ifade edilecek şekilde yapılmıştır (TS 7128 EN ISO 5084, 1998).

Tüm ölçümler alındıktan sonra verilerin ortalama değerleri hesaplanmış ve sonuçlar LA içeren ve içermeyen numuneler arasında karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

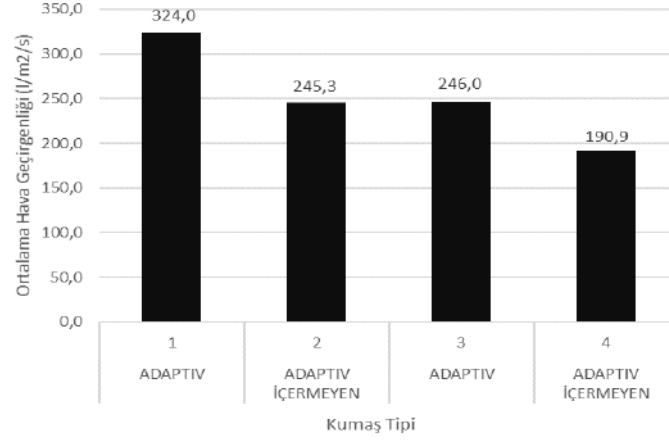
### 3. BULGULAR & TARTIŞMA

Giysi konforu konusunda geniş bir literatür mevcut olmasına karşın, adapte olabilen kumaşlarda LA lifinin kullanımını ele alan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle, bu çalışmada, farklı kompozisyonlardaki numunelerin LA içerip içermeme durumları arasında hava geçirgenliği, su buharı geçirgenliği, su geçirgenliği, transfer ıslanma, su emiciliği, kuruma, kumaş sertliği ve elastikiyet kazanımı özelliklerinde önemli farklılıklar gözlemlenmiştir. Çizelge 1'de görülen kumaşlardan birbiri ardına olan LA içeren ve içermeyen kumaş eşleri birbirleri ile kıyaslanmıştır. Örneğin, LA içeren kumaşlardan Kumaş 1, LA içermeyen Kumaş 2 ile test sonuçları bakımından kıyaslanmıştır.

Kumaşların hava geçirgenliğine ait sonuçlar Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 1'de görüldüğü üzere LA içeren kumaşlar (Kumaş 1 & 3), içermeyen kumaşlara (Kumaş 2 & 4) göre daha fazla hava geçirgenliği göstermektedir. Hava geçirgenliği, kumaşlardaki gözenekli yapı ile ilgili olduğundan, kumaş üzerindeki gözenekler arttıkça kumaşın hava geçirmesi kolaylaşacağından hava geçirgenliği değerinin artması beklenmektedir. Oğulata'nın çalışmasında (2006), kumaş yapısındaki gözenek oranının kumaşın hava geçirgenliğini artırdığı tespit edilmiştir. Kumaşların hava geçirgenliğinin

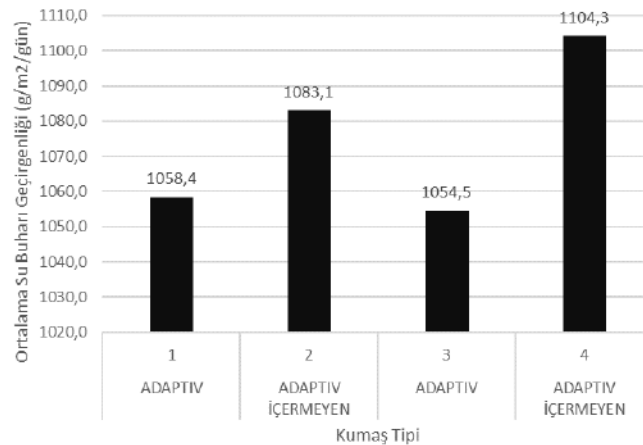


yüksek olması, kumaşın rahat nefes alması anlamına geldiğinden giyicinin konforunu artırmaktadır. Gokarneshan ise çalışmasında kumaşların hava geçirgenliği özelliğinden, genel giyim konforuna büyük katkı sağlaması nedeniyle oldukça önemli özelliklerinden birisi olarak bahsetmiştir. (2019). Bu çalışma kapsamında, kumaş sıklıklarının LA içermeyen kumaşlarda daha fazla olması sebebiyle beklendiği şekilde LA içeren kumaşların daha yüksek hava geçirgenliklerine sahip olmasına neden olmuştur. Benzer şekilde, Oğulata'nın çalışmasında (2006), dokuma kumaşlarda hem atkı hem de çözgü yönündeki iplik sıklığının artması durumunda her iki yönde de hava geçirgenliğinde azalma olduğu görülmüştür (2006).



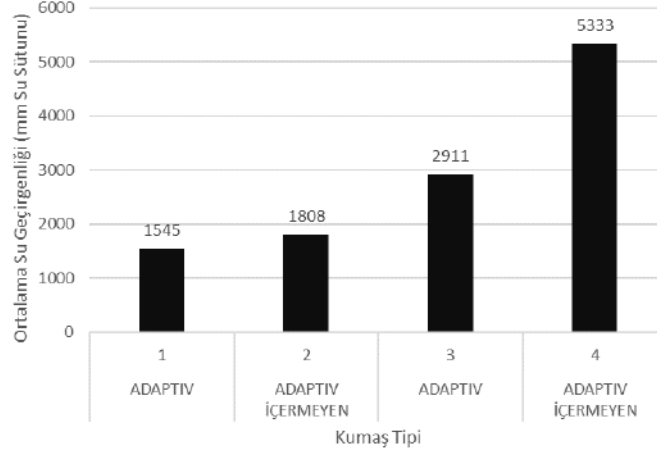
**Şekil 1.** LA İçeren ve İçermeyen Kumaşlarda Hava Geçirgenliği Kıyaslaması

Kumaşların su buharı geçirgenlik sonuçları Şekil 2'de sunulmuştur. Şekil 2'de de görüldüğü üzere, hava geçirgenliğinin aksine, LA içermeyen kumaşlarda (Kumaş 2 ve 4) su buharı geçirgenliği daha yüksek bulunmuştur. Genel olarak, kumaşların su buharı geçirgenliği gibi özelliklerinin hava geçirgenliği özellikleriyle paralel olması beklenir. Bu durum, hava geçirgenliği yüksek olan kumaşların gözenekli yapılarının fazla olması nedeniyle su buharının da aynı gözenekli yapıdan kolaylıkla geçebileceği varsayımına dayanmaktadır. Ancak, su buharı ve su geçirgenliği gibi özellikler, kumaşın gözenekli yapısının yanı sıra, liflerin nem tutma özelliğine, kumaş ağırlığı ve kalınlığına da bağlıdır. Benzer şekilde, Üte ve Ertekin çalışmalarında kumaşların su buharı geçirgenliğini, liflerin nem tutma özelliği ile yani lif ve kumaş yapısına bağlamışlardır (2023). Mukhopadhyaya ve diğerlerinin çalışmasında ise su buharı geçirgenliği, birim kalınlıktaki malzemenin birim alanı boyunca su buharı iletiminin zaman oranı olarak tanımlanmıştır (2007). LA içeren (Kumaş 1 ve 3) ve içermeyen (Kumaş 2 ve 4) kumaş çiftlerinde kumaş kalınlıklarının benzer olduğu, ancak LA içermeyen kumaşların (Kumaş 2 ve 4) daha yüksek ağırlığa sahip olduğu görülmüştür. Dolayısıyla, kumaşların aynı kalınlıkta daha fazla malzeme içerdiği göz önüne alındığında, LA içermeyen kumaşlarda (Kumaş 2 ve 4) su buharı geçirgenliğinin yüksek olmasının liflerin nem tutma özelliğinin daha fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



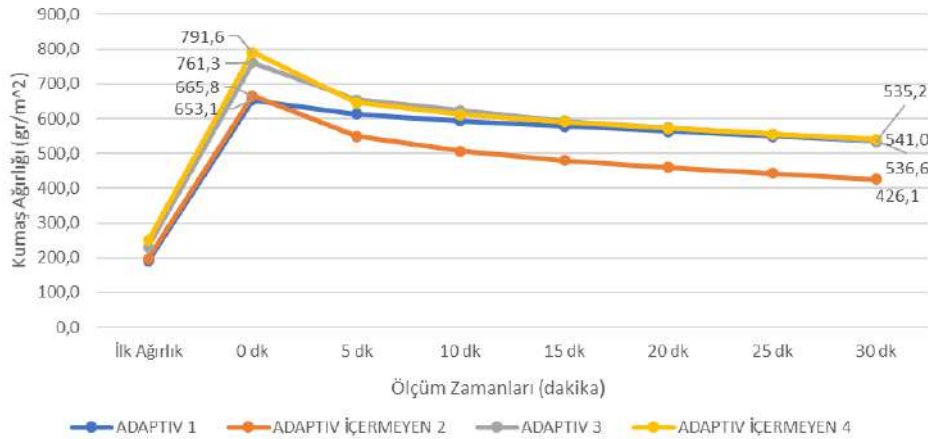
## Şekil 2. LA İçeren ve İçermeyen Kumaşlarda Su Buharı Geçirgenliği Kıyaslaması

Kumaşlara ait su geçirgenliği sonuçları Şekil 3'te verilmiştir. Görüldüğü üzere LA içermeyen kumaşlar (Kumaş 2 ve 4), LA içeren kumaşlara göre daha fazla su geçirgenliği göstermektedir. Kumaşların su buharı geçirgenliği ve su geçirgenliği özelliklerinin birbirleri ile paralel olması beklenmektedir. Bu durumun da su buharı geçirgenliği ile benzer olarak LA liflerinin daha fazla nem tutma özelliğinden kaynaklanması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.



## Şekil 3. LA İçeren ve İçermeyen Kumaşlarda Su Geçirgenliği Kıyaslaması

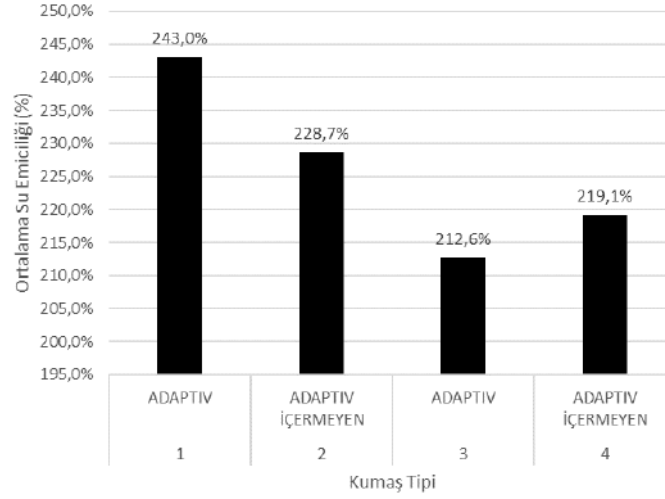
Kumaşlara ait transfer ıslanma sonuçları Şekil 4'te gösterilmiştir. LA içermeyen kumaşlarda (Kumaş 2 & 4), LA içeren muadillerine göre (Kumaş 1 & 3) daha fazla transfer ıslanma görülmüştür. Kumaş 2 ve 4'te ilk aşamada alınan su ağırlığının yaklaşık %36 ve %32'sinin transfer edildiği görülürken, Kumaş 1 ve 3'te ilk aşamada alınan su ağırlığının yaklaşık %17 ve %30'u şeklinde bir transfer tespit edilmiştir. Bu durumun da LA liflerinin daha fazla nem tutma kabiliyetine sahip olması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.



## Şekil 4. LA İçeren ve İçermeyen Kumaşlarda Transfer ıslanma Kıyaslaması

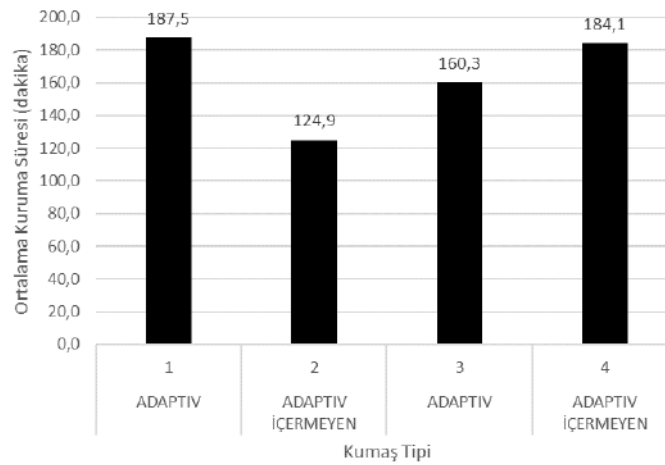
Kumaşlara ait su emiciliği sonuçları Şekil 5'te gösterilmiştir. Görüldüğü üzere LA içeren (Kumaş 1 & 3) ve içermeyen (Kumaş 2 & 4) arasında çelişkili sonuçlar görülmüştür. Buna göre LA içeren Kumaş 1'in su emiciliği, LA içermeyen muadiline göre (Kumaş 2) fazlayken; LA içeren Kumaş 3'ün su emiciliği, LA içermeyen muadiline göre (Kumaş 4) daha azdır. Kumaşların su emiciliğinin de hem

kumaşların yapısından hem de lif yapı ve özelliklerinden etkilenebileceğini söylemek mümkündür. Van ve diğerleri de çalışmalarında, kumaşların emicilik kapasiteleri liflerin kimyasal ve morfolojik özellikleri, kumaş kalınlığı ve yapısı, kumaş ve liflerin yüzey özellikleri gibi parametrelerden etkilenebildiğini belirtmişlerdir (2014). LA içeren Kumaş 1'in su emiciliğinin fazla olmasının su geçirgenliğinin az olması ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Buna göre, kumaş suyu az geçirdiğinden yapısında daha fazla su tutmaya yatkındır. Bunun sebebi ise yaklaşık olarak yakın kumaş kalınlıklarına sahip olmalarına rağmen Kumaş 1'in daha az kumaş ağırlığına sahip olup belirli bir alanda daha az malzeme bulundurması, yani daha boş alana sahip olup suyu bu boşluklarda tutabilmesidir. Öte yandan LA içermeyen Kumaş 4'ün ise su geçirgenliğinin fazla olmasına rağmen, daha fazla su emmesinin sebebinin ise kumaş gramajına daha yüksek olmasına bağlı olduğu düşünülmektedir.



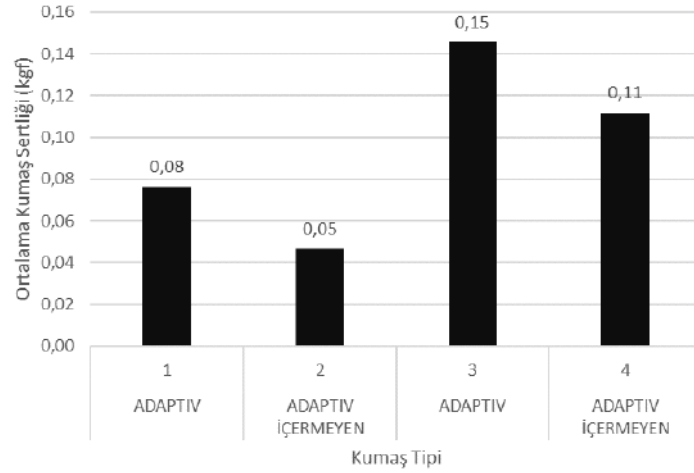
**Şekil 5.** LA İçeren ve İçermeyen Kumaşlarda Su Emiciliği Kıyaslaması

Şekil 6'da kumaşlara ait kuruma özellikleri gösterilmiştir. Şekil 6 incelendiğinde, Şekil 5 ile aralarında eşleşme olduğu görülmektedir. LA içeren Kumaş 1, LA içermeyen muadiline göre (Kumaş 2) daha uzun sürede kururken; LA içeren Kumaş 3, LA içermeyen muadiline göre daha kısa sürede kurumaktadır. Bu durum da Kumaş 1 ve Kumaş 4'ün daha fazla su emiciliği göstermesinden kaynaklı olarak, yapısındaki suyu atmak için de daha fazla zamana ihtiyaç duymasıyla açıklanabilmektedir.



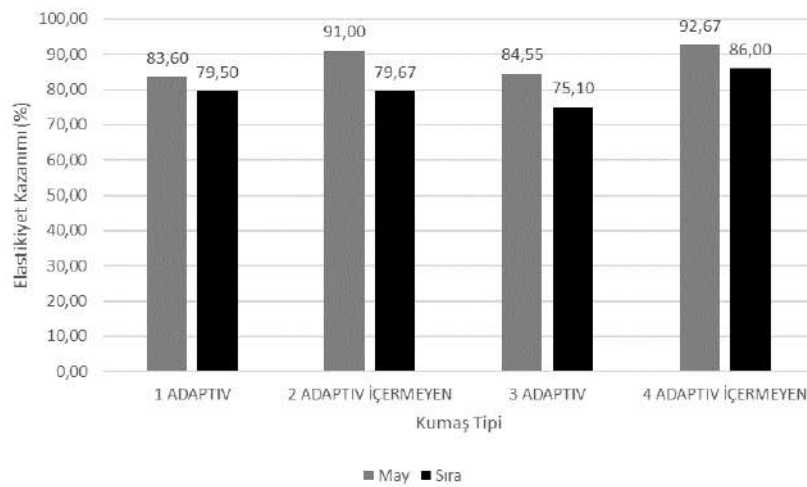
**Şekil 6.** LA İçeren ve İçermeyen Kumaşlarda Kuruma Süresi Kıyaslaması

Kumaş sertliğine yönelik sonuçlar Şekil 7’de gösterilmiştir. Şekil 7 incelendiğinde de LA içeren kumaşların (Kumaş 1 & 3), LA içermeyen muadillerine (Kumaş 2 ve 4) daha fazla sertlik gösterdiği görülmektedir. Kumaşlarda sertliğin fazla olması kumaşların daha sarıcı bir etki göstermesine olanak sağlamaktadır. Bu durumda kumaşlar giyici üzerinde dökümlü olmaktan ziyade daha toplu duracaklardır. Adapte olabilen kumaşların ideal bir uyum sağlama, şeklini koruma ve uygun toplama kuvvetini sağlama gibi tüketiciye sunduğu özellikleri düşünüldüğünde de vücut üzerinde dökümlü kalmaktan ziyade giyiciye toplayıcı bir özellik göstermesi beklenen bir sonuçtur.



Şekil 7. LA İçeren ve İçermeyen Kumaşlarda Sertlik Kıyaslaması

Kumaşların elastikiyet kazanımına yönelik sonuçlar Şekil 8’de verilmiştir. Şekil 8 incelendiğinde, LA içermeyen kumaşların (Kumaş 2 & 4), LA içeren muadillerine (Kumaş 1 & 3) göre elastikiyet kazanımı açısından oldukça yakın olduğu ama ufak farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. LA içermeyen kumaşlar (Kumaş 2 & 4), LA içeren muadillerine (Kumaş 1 & 3) göre daha fazla elastikiyet kazanımı göstermiştir. Kumaşlardaki elastikiyet kazanımı, kumaşların esnedikten sonra geri toplama ve eski halini alma özelliği ile ilgilidir bu sebeple LA içeren kumaşlarda fazla elastikiyet kazanımı olmaması beklenen bir sonuçtur. Zira adapte olabilen kumaşların üretim amacı olarak tüm bedenlere uyabilirlilik amacı taşımaktadır. Bu noktada elastikiyet kazanımının düşük olması, belirli bir bedende üretilen ürünün farklı bedenlerdeki giyicilere uygun olmasını sağlamakla beraber, stok tutumunu da azaltacak bir etkiye sahip olacaktır.



Şekil 8. LA İçeren ve İçermeyen Kumaşlarda Elastikiyet Kazanımı Kıyaslaması

#### 4. SONUÇLAR

Estetik, teknolojik ve performans özelliklerinin yanı sıra giyim konforu da önem taşımaktadır. Tüketiciler, giysilerinin kullanım amaçlarına yönelik olarak kullanım sırasında onları desteklemelerini beklemektedir (Classen, 2017). Bu noktada, adapte olabilen kumaşlar giyiciye farklı açılardan avantaj sağlamak için tasarlanmıştır. Ancak, giysi konforu açısından geniş bir literatür olmasına rağmen adapte olabilen kumaşlarda LA lifinin kullanıldığı bir çalışma tespit edilmemiştir. Bu nedenle, bu çalışmada LA liflerinin adapte olabilen kumaşlarda kullanıldığı durumda konfor özelliklerinin incelenmesi sağlanmıştır.

Kumaşların konfor özelliklerini değerlendirebilmek amacıyla, hava geçirgenliği, su geçirgenliği, su buharı geçirgenliği, transfer ıslanma, su emiciliği, kuruma, kumaş sertliği ve elastikiyet kazanımı testleri kumaşlar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Yapılan incelemelere göre hava geçirgenliği ve kumaş sertliğinin adapte olabilen kumaşlarda daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu noktada, hava geçirgenliğinin fazla olması kumaşın nefes alabilirliğini sağlarken, kumaş sertliğinin fazla olmasıyla da kumaştaki dökümlülüğü azaltıp giyiciye toplayıcı bir etki yaratılmasını sağlamaktadır. Elastikiyet kazanımı ise iki kumaş tipinde de yakın olsa da adapte olma özelliği bulunmayan kumaşlarda ufak bir farkla daha yüksek çıkmıştır.

Adapte olabilme özelliği bulunmayan kumaşlarda transfer ıslanma, su buharı geçirgenliği ve su geçirgenliği daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun LA liflerinin nem tutma özelliğini daha yüksek olması ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Diğer taraftan, su emiciliği ve kuruma özellikleri incelendiğinde bir kumaş çifti için LA içeren kumaşın daha düşük su emiciliği ve daha kısa kuruma süresine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu durum kumaş gramajlarındaki farklılık ile açıklanmıştır. Dolayısıyla konfor özelliklerinin lif yapısı ve kumaş konstrüksiyonu ile ilişkili olduğu ortaya konulmuştur.

Bu çalışma sırasında adapte olabilen kumaşların konfor özellikleri detaylıca incelenmiş olup, kumaşların konfor özelliklerinin geliştirilmesi için bir başlangıç noktası oluşturulmuştur. Genel olarak bakıldığında hava geçirgenliği ve kumaş sertliği ve elastikiyet kazanımı yönünden adapte olabilen kumaşlar avantajlı görülmektedir. Ancak, transfer ıslanma, su buharı geçirgenliği ve su geçirgenliği bakımından adapte olma özelliği bulunmayan kumaşların biraz daha iyi sonuç gösterdiği görülmüştür. Bununla birlikte su emiciliği ve kuruma süresi özelliklerinin kumaş konstrüksiyonundan da önemli ölçüde etkilendiği görülmüştür. Dolayısıyla, bu çalışma sonucunda görüldüğü üzere adapte olabilen kumaşların konfor özelliklerinin doğru konstrüksiyon ve lif seçimi ile sağlanabilecektir.

Konfor özelliklerinde iyileştirme gereksinimine rağmen, adapte olabilen kumaşların kullanımı hem tüketiciye sunduğu avantajlar hem de daha az stok tutmayı sağlayacağından avantajlıdır. Diğer taraftan bu çalışmanın kapsamı objektif ölçümlerle sınırlandırıldığı için giyicinin değerlendirmesinin de alındığı öznel bir ölçüm yapılması da gereklidir.

#### 5. KAYNAKLAR

ASTM D4032-08. (2016). *Standard test method for stiffness of fabric by the circular bend procedure*. <https://doi.org/10.1520/D4032-08R16>

Classen, E. (2017). *Comfort testing of textiles*. In *Advanced Characterization and Testing of Textiles* (pp. 59–69). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100453-1.00004-0>

Coplan, M. J. (1953.). *Some Moisture Relations of Wool and Several Synthetic Fibers and Blends* \*.

EN ISO 9237, (1995) *Textiles – Determination of Permeability of Fabrics to Air*.

Fourt, L., Sookne, A. M., Frishman, D., & Harris, M. (1951). *INDUSTRIAL SECTION The Rate of Drying of Fabrics\**.

Gokarneshan, N. (2019). *Comfort Properties of Textiles: A Review of Some Breakthroughs in Recent Research*. *Juniper Online Journal Material Science*, 5(3). <https://doi.org/10.19080/jojms.2018.05.555662>

ISO 20932-1:2018. (2018). *Textiles Determination of the elasticity of fabrics, Part 1*.

Kamalha, E., Zeng, Y., Mwasiagi, J. I., & Kyatuheire, S. (2013). *The Comfort Dimension; a Review of Perception in Clothing*. *Journal of Sensory Studies*, 28(6), 423–444. <https://doi.org/10.1111/joss.12070>

Kilinc-Balci, F. S. (2011). *Testing, analyzing and predicting the comfort properties of textiles. Improving Comfort in Clothing*, 138–162. <https://doi.org/10.1533/9780857090645.1.138>

Lila, & Fabric. (2021, December 1). *Lycra® adaptiv by Lila*. *Linkedin.com*. <https://www.linkedin.com/pulse/lycra-adaptiv-lila-lila-lace-fabric/>

*Lycra® adaptiv fiber offerings. LYCRA® ADAPTIV fiber adds a customized fit to garments | LYCRA® brand*. (n.d.). <https://www.lycra.com/en/business/search-technologies/lycra-adaptiv-fiber>

Mavruz, S., Tekstil, Ç. Ü., & Bölümü, M. (2009). *Pamuklu Örme Kumaşlarda Hava Geçirgenliğinin İncelenmesi Ve İstatistiksel Olarak Tahminlenmesi Investigation And Statistical Prediction Of Air Permeability Of Cotton Knitted Fabrics*. In *Tekstil Ve Konfeksiyon (Vol. 1)*.

Mukhopadhyay, A., Ishtiaque, S. M., & Uttam, D. (2011). *Impact of structural variations in hollow yarn on heat and moisture transport properties of fabrics*. *Journal of the Textile Institute*, 102(8), 700–712. <https://doi.org/10.1080/00405000.2010.515104>

Mukhopadhyaya, P., Kumaran, K., Lackey, J., Van Reenen, D., Mukhopadhyaya, P., Kumaran, M., & Dean, S. W. (2007). *Water Vapor Transmission Measurement and Significance of Corrections*. *Journal of ASTM International*, 4(8), 100621. <https://doi.org/10.1520/jai100621>

Oğulata, R. (2006). *Air Permeability of Woven Fabrics*. <https://avesis.cu.edu.tr/yayin/7fc692a9-f963-4447-b6f5-a7aa59322cb7/air-permeability-of-woven-fabrics>

Song, G. (2011). *Improving comfort in clothing*. In *Woodhead Publishing Limited eBooks*. <https://doi.org/10.1533/9780857090645>

TS 7128 EN ISO 5084. (1998). *Textiles-Determination of thickness of textiles and textile products*.

TS EN ISO 15496. (2018). *Textiles - Measurement of water vapour permeability of textiles for the purpose of quality control*.

TS EN ISO 811. (2018). *Textiles - Determination of resistance to water penetration - Hydrostatic pressure test*.

Üte, T. B., & Ertekin, G. (2023). *Investigation on Thermal Comfort Characteristics of Newly Engineered Yarn Umorfil® Knitted Fabrics*. *Tekstil Ve Konfeksiyon Dergisi*. <https://doi.org/10.32710/tekstilvekonfeksiyon.1215253>

Van Amber, R. R., Wilson, C. A., Laing, R. M., Lowe, B. J., & Niven, B. E. (2014). *Thermal and moisture transfer properties of sock fabrics differing in fiber type, yarn, and fabric structure*. *Textile Research Journal*, 85(12), 1269–1280. <https://doi.org/10.1177/0040517514561926>

Zhuang, Q., Harlock, S. C., & Brook, D. B. (2002). *Transfer Wicking Mechanisms of Knitted Fabrics Used as Undergarments for Outdoor Activities*.

# YÜKSEK ELASTİKİYETLİ KUMAŞLARDA HİÇBİR KİMYASAL KULLANMADAN TUŞE İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI

**Kübra SABANCI KAPUKAYA**

*Maritaş Denim Ar-Ge Merkezi, Kahramanmaraş, Türkiye  
ksabanci@maritasdenim.com*

## ÖZET

Bu çalışmada özellikle elastan içeriği yüksek (power stretch) denim kumaş kalitelerine sanfor öncesi ilave bir mekanik bitim işlemi uygulanarak tuşe iyileştirme sağlanması, bu kumaşlar için ram makinesinde verilecek yumuşatıcı işlem adımının elimine edilerek proses maliyetinde tasarruf edilmesi ve konfeksiyonda istenmeyen atkı yönüne yüksek kumaş çekmesi sorununun çözülmesi hedeflenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Denim kumaş, tuşe, mekanik işlem

## STUDY ON HANDLE IMPROVEMENT OF FABRICS WITH HIGH ELASTANE CONTENT WITHOUT USING ANY CHEMICAL

### ABSTRACT

This study is on handle improvement of denim fabrics with high elastane content (power stretch) with an additional mechanical process, saving process cost through eliminating the softening chemical application step before the stenter and solving the problem of high shrinkage in weft direction.

**Keywords:** Denim fabric, touch, mechanical processing

### 1.GİRİŞ

Klasik anlamda genel özellikleri sıralanan denim kumaşlar, gelişen ve büyüyen moda akımı ve yenilikçi prosesler sayesinde artık bilinen üretim yöntemleri ya da alışlageldik boyama-kimyasal uygulama yöntemleri çerçevesinden çıkmaya başlamıştır. Denim kumaşlar, artık sadece pamuk lifinden değil, kumaşa giyim konforu sağlayan ve müşterinin daha çok beğenisini kazanmasını sağlayan birçok farklı sentetik lif karışımı ile de üretilmektedir. Bu durum, denim kumaşların fiziksel özelliklerini de değiştirmekte ve konvensiyonel denim kumaş çerçevesinden çıkarmaktadır. Belirtildiği gibi gelişen moda akımları ve müşterilerin ihtiyaçları doğrultusunda, denim kumaşlara farklı birtakım özellikler katabilmek için pamuk dışında da bazı lifler kullanılmaya başlanmıştır. Bunların en önemlisi elastan lifleridir. Elastan lifleri, denim kumaşın sert yapısını gevşeterek giyim konforu açısından büyük rahatlık kazandırmaktadır (Konal, 2020).

Klasik denim kumaş üretim akışı çözümlü boyama sonrası levent hazırlama ve haşılama, dokuma, yakma / haşıl sökme, yıkama (padsteam), merserizasyon, son terbiye / kurutma (ram) ve sanfor işlemlerden oluşmaktadır. Son terbiye aşamasında yaygın olarak kimyasal yumuşatıcılar kullanılmakta ve yüksek gramajlı denim kumaşlarda tuşe iyileştirme yapılmaktadır. Denim kumaşlarda mekanik konfor kazandırma amacıyla kullanılan elastan iplikler sanfor sonrasında çekme problemi

oluşturabilmektedir. Elastan içeriği yüksek (power stretch) denim kumaşlarda görülen yüksek çekme problemi konfeksiyon aşamasında önemli düzeyde kalite kaybı ve ilave işçilik ile sonuçlanabilmektedir. Diğer taraftan denim kumaş, diğer pamuklu kumaşlara göre çok daha yüksek su, kimyasal ve enerji tüketimi ile tamamlanır. Sürdürülebilirlik çalışmalarının uygulandığı günümüz tekstil işletmelerinde denim üretim aşamalarında su ve kimyasal tasarrufu yapılmasına yönelik çalışmalar büyük ilgi görmektedir.

Maritaş Denim işletmelerinde kimyasal tasarrufu hedefi ile alternatif bir üretim aşaması belirlenmiştir. Söz konusu üretim aşaması kumaşların pad-steam makinesinde yıkanması ve mekanik işlem görmek üzere Pentek makinesine (Şekil 1) yönlendirilmesinden oluşmuştur. Pentek, kumaşların ıslak halde mekanik çırpma hareketine maruz bırakılarak üzerindeki gerilimden kurtulmasına, bu sayede sanfordaki çekmezlik değerlerinin sağlanmasına ve daha yumuşak bir tuşe elde edilmesine neden olunan terbiye makinesinin ticari ismidir. Teorik olarak Pentek makinesinde işlem gören denim kumaşlar, ram önü fulardda yumuşatıcı kimyasal aplikasyonu yapılmadan ve sanforda boyutsal stabilite işlemi görmeden terbiye dairesini terk edebilir; bu sayede ram ve sanfor makinelerinde tüketilen enerji ve kimyasallardan tasarruf edilebilir. Ancak tuşe kazanılması yanında denim kumaşların diğer mekanik özellikleri ile renk haslık değerlerinin kabul edilebilir seviyelerde olduğunun gösterilmesi gerekir.



**Şekil 1.** Pentek makinesi

Bu çalışmada Pentek makinesi kullanımının özellikle yüksek elastan içerikli denim kumaş üretimine uygunluğunun değerlendirilmesi amacıyla standart üretim aşaması (ram + sanfor) ve alternatif aşama (padsteam + Pentek) uygulanmış özdeş denim kumaş örneklerinin bazı mekanik özellikleri karşılaştırılmıştır.

## **2.MATERYAL VE METOT**

### **2.1.Materyal**

Çalışmada kullanılan denim kumaş örneklerinin yapısal detayları Çizelge 1’de görülmektedir.



### Çizelge 1. Denim kumaş örneklerinin konstrüksiyon bilgileri

Özellik	Kumaş örneği
Lif içeriği	%92 COTTON , %5 RCY COTTON , %3 EA
Sıklık (Çözü x atkı)	28*18
Örgü	D 3/1 Z
Gramaj	11 onz

Standart üretim ve alternatif üretim aşamaları uygulanmış kumaş örneklerinden ASTM D 3776, ASTM D 3776, ASTM D 3774, ASTM D 3774, AATCC 135, AATCC 135, ASTM D 3882, ASTM D 1424, ASTM D 1424, ASTM D 5034, ASTM D 5034, ASTM D 4032, ASTM D 3107-07, ASTM D 3107-07, ISO 3071 standartlarına göre gramaj, kopma ve yırtılma mukavemeti, kuru ve yaş sürtme haslığı, atkı ve çözgü yönünde çekme, elastikiyet, growth ölçümleri yapılmıştır.

### 5. SONUÇLAR

Kumaş örneklerine ait ölçüm sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir.

### Çizelge 2. Pentek uygulanan kumaş ve uygulanmayan kumaş test kıyasları

Tip Kodu	En	Çözgü Çekmesi	Atkı Çekmesi	Elastikiyet	Growth(Geri Toplama)	Ağırlık (Yık.ön)	Ağırlık (Yık. So.)
DP 5581 P20	125	-3,6	-11,6	72	8	10,1	11,5
DP 5581 H60	145	-2	-24	70	6	9,1	11,3

Tip Kodu	Yırtılma (Kgf) Standart Değer		Yırtılma (Kgf)		Yırtılma (Grf) Standart Değer		Yırtılma (Grf)		Haslık Değerleri		Tuşe Değeri (Kgf)
	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı	Kuru	Yaş	
Dp 5581 P20	40	20	93,07	24,99	3000	1800	6777	2910	4	2	0,739
Dp 5581 H60	40	20	84,54	26,52	3000	1800	7098	4419	3	1.2	0,832

Aynı konstrüksiyon detaylarına sahip kumaş örneklerinin Pentek ile alternatif işlem uygulandığı durumda growth değerinin daha düşük, elastikiyetinin daha yüksek olduğu, daha iyi haslık değerleri verdiği görülmüştür. Ancak Pentek işlemi atkı ve çözgü yönünde daha yüksek çekme değerleri sunmuştur.

### 6. REFERANSLAR

Konal, (2020), Streç Denim Kumaşların Elastikiyet Ve Geri Toplama Özelliklerine Dokuma Kumaş Parametrelerinin Etkisinin İncelenmesi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 1-93

# SOYA VE VİSKON KARIŞIMLI ÖRME KUMAŞLARIN ISIL VE NEM KONFOR ÖZELLİKLERİ

G. Banu GÖKGÖNÜL<sup>1</sup> Emel Ceyhan SABİR<sup>1</sup> Mehmet KERTMEN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Adana

<sup>2</sup> İskur Holding Kahramanmaraş

[bgokgonul@gmail.com](mailto:bgokgonul@gmail.com)

## ÖZET

Tekstil ürünlerinde konfor, kullanıcının kendisini rahat hissetmesidir. Termofizyolojik konfor, kumaşlarda sıcaklık soğukluk hissi, ısı ve kütle transferi, su buharı geçirgenliği ve ısı direnç testleri ile tespit edilir. Harmanı oluşturan lifler ve karışım oranları değiştirilerek istenen konfor özellikleri elde edilebilir. Bu çalışmada, yenilikçi bir lif olan rejenere bitkisel bir protein soya lifi ile rejenere selüloz viskon lifi karışımı ipliklerden mamul örme kumaşların seçilmiş konfor parametreleri karşılaştırılmıştır. Ring eğirme sistemiyle %20/80 Soya/r Pet, %20/80 Soya/PES, %20/80 Viscon/r Pet, %20/80 Viscon/PES harmanlardan süprem örme kumaşlar üretilmiştir. Kumaşlara PERMETEST-TSE EN ISO 11092, bağıl su buharı geçirgenliği (%) ve ısı direnç (m<sup>2</sup> K/W) testleri uygulanmıştır. Araştırmada yapılan testlerin sonuçları yorumlandığında, lif cinsinin değişmesine bağlı olarak bağıl su buharı geçirgenlik değerinin değiştiği görülmüştür. Soya karışımı kumaşın bağıl su buharı geçirgenlik değerinin viskona göre yüksek olduğu, soya lifinin, örme kumaşların ısı direnç değerlerini arttırdığı, dolayısı ile soyanın ısı iletkenliğinin daha düşük olduğu görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Giyim konforu, Termofizyolojik konfor, Soya, Viskon, Örme

## THERMAL AND HUMIDITY COMFORT PROPERTIES OF SOYBEAN AND VISCOSE BLENDED KNITTED FABRIC

### ABSTRACT

Comfort in textile products means making the user feel comfortable. Thermophysiological comfort is determined by tests on fabrics for hot and cold sensation, heat and mass transfer, water vapor permeability and thermal resistance. The desired comfort properties can be achieved by changing the fibers and blend ratios that make up the blend. In this study, selected comfort parameters of knitted fabrics made of regenerated vegetable protein soybean fiber, an innovative fiber, and regenerated cellulose viscose fiber blended yarns were compared. Single jersey knitted fabrics were produced from 20/80% Soybean/r PET, 20/80% Soybean/PES, 20/80% Viscon/r Pet, 20/80% Viscon/PES blends with the ring spinning system. PERMETEST-TSE EN ISO 11092, relative water vapor permeability (%) and thermal resistance (m<sup>2</sup> K/W) tests were applied to the fabrics. When the results of the tests conducted in the research were interpreted, it was seen that the relative water vapor permeability value changed depending on the change in fiber type. It has been observed that the relative water vapor permeability value of soybean blended fabric is higher than viscose, soybean fiber increases the thermal resistance values of knitted fabrics, therefore the thermal conductivity of soybean is lower.

**Key words:** Clothing comfort, thermophysiological comfort, soybean, viscose, knitted

## 1. GİRİŞ

Günümüzde spor ve rahat giyime olan eğilim artmaktadır. Kullanıcılar, kendilerini rahat hissettikleri, kullanım ve bakımı kolay olan giysileri tercih etmektedir. Değişen beklenti profili, tekstil ve lif piyasasında büyük rekabetle beraber yeni, cazip, beklentileri karşılayacak ürünlere yönelik araştırmaları hızlandırmıştır. Konfor, bu araştırma alanlarından birisidir. Bir kumaşın, giysi olabilmesi için giysi fonksiyonları ve insan duyuları açısından gerekli konfora sahip olması gerekir.

Giysi açısından konfor, giydiğimiz giysiden psikolojik ve fizyolojik olarak etkilenmemek, içinde kendimizi rahat hissetmektir. Psikolojik olarak insan, deri sıcaklığı 33°C ile 35°C arasında olduğu, deri üzerinde terin birikmediği, vücutlarına fazla yük binmediği durumda kendisini konforlu ve rahat hisseder; giysilerin de bu şartları sağlaması beklenir. Vücut (deri) üzerinde terin birikmesi ve yetersiz buharlaşma ısı kaybı ise konforsuzluk hissi verir. Çizelge 1’de çeşitli tekstil liflerinin termal iletkenlik değerleri verilmiştir. Lifin termal iletkenliği ne kadar fazlaysa kumaşın termal iletkenliği de o denli yüksek olacaktır. Tekstil liflerinin termal iletkenliği, genel olarak nem içeriği arttıkça yükselir. Nem içeriği yanında bir lifin dolayısıyla kumaşın termal iletkenliğini belirleyen başka faktörler de vardır. Vücuttan giysiye olan ısı iletimini moleküler etkileşimlerden dolayı termal enerjinin transferi olmaktadır. Buna göre tekstil kumaşının termal iletkenliği yüksekse iletilen ısı miktarı, dolayısıyla vücuttan transfer edilen ve giysi tarafından absorbe edilen termal enerji miktarı fazla olacaktır(Güneşoğlu, 2005).

**Çizelge 1.** Tekstil Liflerinin, Suyun ve Havanın Termal İletkenlik Değerleri(Güneşoğlu, 2005)

Malzeme Tipi	Termal İletkenlik(W/Mk)
Hava	0.026
Polipropilen	0.117
Poliüretan	0.126
Aramid	0.130
Polyester	0.141
Polivinilklorid	0.167
Yün	0.193
Poliakrilonitril	0.200
Poliamid 6, 6.6	0.250
Viskoz rayon	0.289
Pamuk	0.461
Su	0.600

Giysiler, insanın farklı atmosfer koşullarında vücut ısını korumak için tampon görevi görür. Kumaşın kendisi, hava etrafını sarar ve yüzeyindeki durgun hava yalıtkan görevi görerek iletim ve ışınım yoluyla ısı transferi sağlar(Marmaralı, 2007). Kumaşın emdiği nem, mümkün olduğu kadar hızlı bir şekilde dış katmana aktarılır ve spor kıyafetlerin vazgeçilmez özelliklerinden biridir(Onofrei, 2011). Marmaralı ve ark. soya fasulyesi karışımı örme kumaşların konfor özellikleri termal özellikleri üzerine yaptıkları çalışmada, soya fasulyesi lifi karışımı arttıkça nem absorblamanın arttığı, yumuşaklık hissi, antimikrobiyal olma gibi avantajları olduğu anlaşılmıştır. Soya fasulyesinin ısı direnci ve daha yüksek nem emiciliği, daha ince ve esnek yapısı, soya fasulyesinin dikkate alınması gereken temel faktörlerdir. Boyutsal ve nem yönetimi özelliklerinin araştırılması sonucu, soya ile üretilen örme kumaşların bu özelliklerin kumaşın giyim konforunu etkiler(Marmaralı, 2009). Farklı lif karışımlarda ve farklı örme yapılarında yapılan araştırmalar analiz edildiğinde, termal özellik ve su buharı geçirgenliği, hem hammadde türünden hem de örme kumaş yapısından etkilenir. Kumaş ağırlığı artışının kontrolü – vücut tarafından üretilen nemin emilmesi kumaş ağırlığını artırır, rahatsız edici hale getirir ve performansı olumsuz etkiler. Nem yönetimi bu etkiyi önler. Pamuk gibi doğal lifler hidrofildir, yani yüzeyleri su molekülleri için bağlanma bölgelerine sahiptir. Bu nedenle su, nem taşıma ve salımı zayıf olan hidrofilik liflerde tutulma eğilimindedir. Öte yandan, polyester gibi sentetik elyaflar hidrofobiktir; bu da yüzeylerinin su molekülleri için çok az bağlanma bölgesine sahip olduğu anlamına gelir. Bu nedenle kuru kalma eğilimindedirler ve iyi nem taşıma ve salımına sahiptirler. Bağlı su buharı geçirgenliği, buharın vücuttan iletilme yeteneğidir.( Tekstil tabakasından su buharı geçtiğinde iki süreç söz konusudur: difüzyon ve absorpsiyon-desorpsiyon. Su buharı bir tekstil yapısından iki şekilde yayılır; lifler ve iplikler arasındaki hava boşluklarından ve lifin kendisi boyunca basit difüzyon. Belirli bir konsantrasyon gradyanında, tekstil malzemesi boyunca difüzyon hızı, malzemenin gözenekliliğine ve ayrıca elyafların su buharı difüzyonuna bağlıdır. Nemin geri kazanılmasının artmasıyla malzemenin yayılabilirliği artar. Aynı şekilde malzemenin higroskopikliği arttıkça, absorpsiyon-desorpsiyon işlemiyle nem taşınımı da artacaktır (Onofrei, 2011). Kertmen yaptığı çalışmada, kumaşın içeriğinde bulunan lif cinsinin

değişmesine bağlı olarak su buharı geçirgenlik değerinin de değiştiğini, kumaşın yoğunluğu arttıkça su buharı geçirgenliği azaldığını göstermiştir (Kertmen, 2022). Selüloz esaslı kumaşların termal iletkenlik değerleri, protein esaslı kumaşlara göre daha yüksek bulunmuştur(Yıldız, 2019).

Örme kumaşların ısı konforunu analiz etmek için, ısı iletkenlik ve ısı direnç kavramlarını şöyle açıklanabilir;

#### Isıl iletkenlik ( $\lambda$ )

Bir materyalden, birim kalınlıkta, 1°K sıcaklık farklılığında geçen ısı miktarının ölçüsüdür. Malzemenin iki yüzeyi birim sıcaklık farkına maruz kaldığında gerçekleşmektedir.

Isıl iletkenlik;  $\lambda = q \cdot h / \Delta T$  (W/m K) formülü ile gösterilir.

Formülde, q = ısı akış miktarı (W / m<sup>2</sup>)

$\Delta T$  = sıcaklık farkı (K)

h = kalınlık (m)'tir.

#### Isıl direnç (R) (Stabil durumda)

Materyalin ısı akışına dayanımıdır.

$R = h / \lambda$  ( m<sup>2</sup> K/W) formülü ile gösterilir.

Formülde,

h = kalınlık (mm)

$\lambda$  = ısı iletkenlik (W/m K )'tir (Marmaralı, 2006).

Isıl direnç ile ısı iletkenlik, formülden de görüldüğü gibi ters orantılıdır(Marmaralı, 2006)

Çalışmada, örme kumaşların ısı direnç ve bağıl su buharı geçirgenliği değerleri Permetest test cihazında test edilerek ısı konfor özellikleri analiz edilmiştir.

## **2. MATERYAL VE METOT**

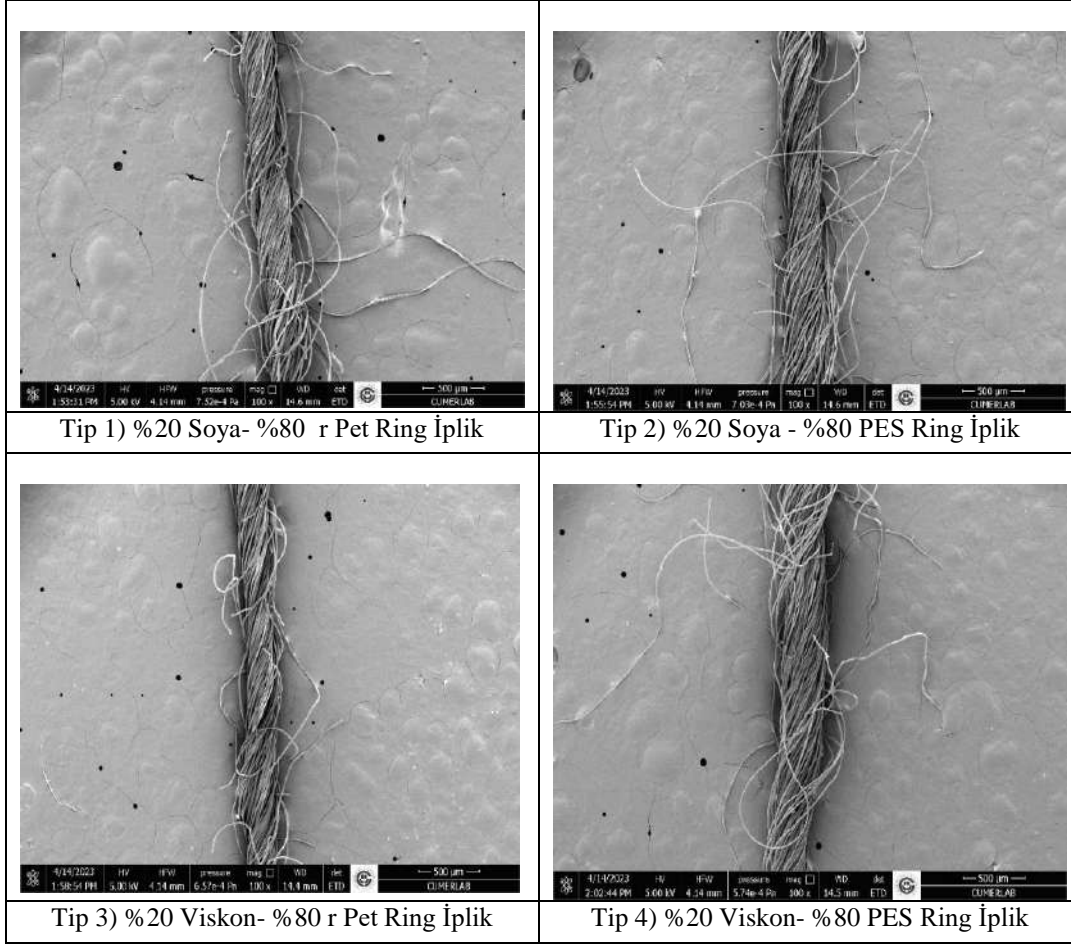
### **2.1. Materyal**

Çalışmada materyal olarak, %100 konvansiyonel poliester, geri dönüşümlü ve konvansiyonel poliester ile soya karışımı iplik, geri dönüşümlü ve konvansiyonel poliester ile viskon karışımı iplik kullanarak 4 ayrı kumaş dokunmuştur. Kullanılan tüm iplikler ring eğirme teknolojisi ile üretilmiştir. Örgü kumaşlarda kontrüksiyon, 4 tip için de aynı olup, süprem örgüdür. Elyaf oranları Tip1 için (%20 soya, %80 rPET) ve Tip 2 için (%20 soya, %80 PES) tir. Tip 3 (%20 viskon, %80 rPET) ve Tip 4 için (%20 viskon, %80 PES) tir. Çalışmada kullanılan Ne 28 numara ipliklerin harman karışım oranları Çizelge 2'de yer almaktadır.

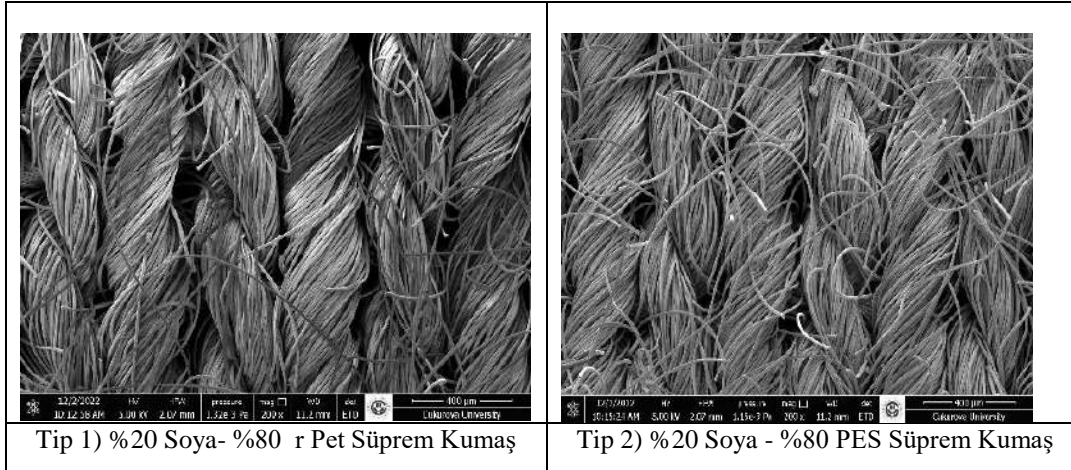
**Çizelge 2.** Kumaşların İplik İçerikleri

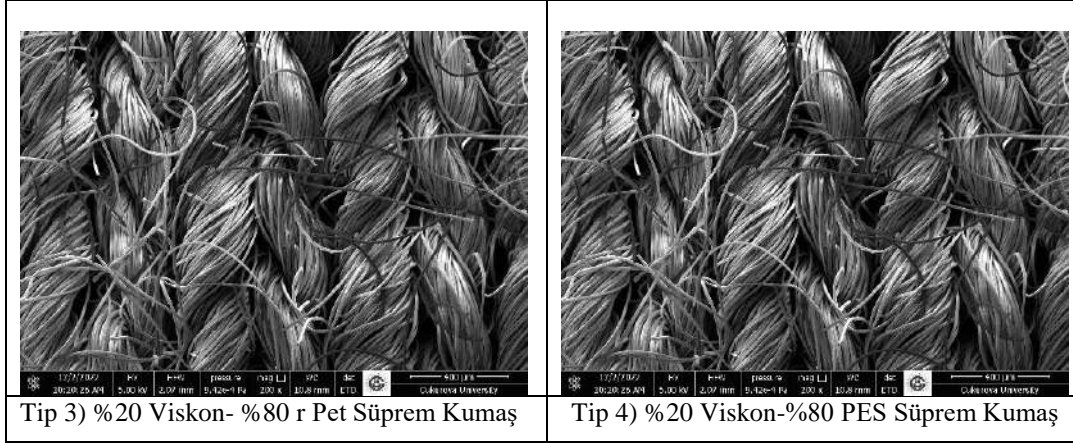
No	Numune Adı
Tip 1	%20 SOYA - %80 rPET
Tip 2	%20 SOYA - %80 PES
Tip 4	%20 VİSKON- %80 rPET
Tip 5	%20 VİSKON- %80 PES

Üretilen Soya ve Viskon karışımı Ring ipliklerin 100X SEM görüntüleri Şekil 1'de görülmektedir. Karışımı iplikler ile örülen süprem kumaşların 200X görüntüleri ise Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 1. Ring İpliklerin SEM Görüntüleri





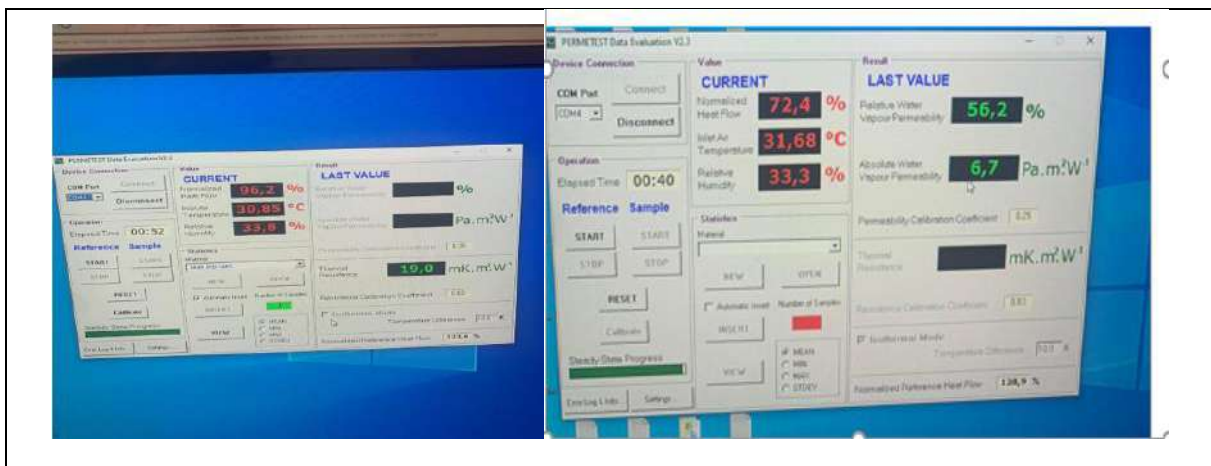
Şekil 2. Ring İplikle Üretilen Süprem Örne Kumaşların SEM Görüntüleri

## 2.2. Metot

Örme kumaşlardaki bağıl su buharı geçirgenliği ve ısıl direnç ölçümleri, Şekil 3’te görülen Permetest test cihazında yapılmıştır. Permetest test cihazında, örme kumaşların ısıl konfor özelliklerinin belirlenmesi amacıyla bağıl su buharı geçirgenliği (%) ve ısıl direnç ( $m^2 K/W$ ) değerleri ölçülmüştür. Numune kumaşların su buharı geçirgenlik değerleri TS EN ISO11092; ısıl direnç özellikleri ise ALAMBETASensora standartlarına göre ölçülmüştür. Cihaza bağlı bilgisayar ekranındaki ölçüm sonuçları, Permetest Data Evaluation V.2.3 progra,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,mında, ısıl direnç ve bağıl su buharı geçirgenliği için Şekil 4’te görülmektedir.



Şekil 3. Permetest Test Cihazı



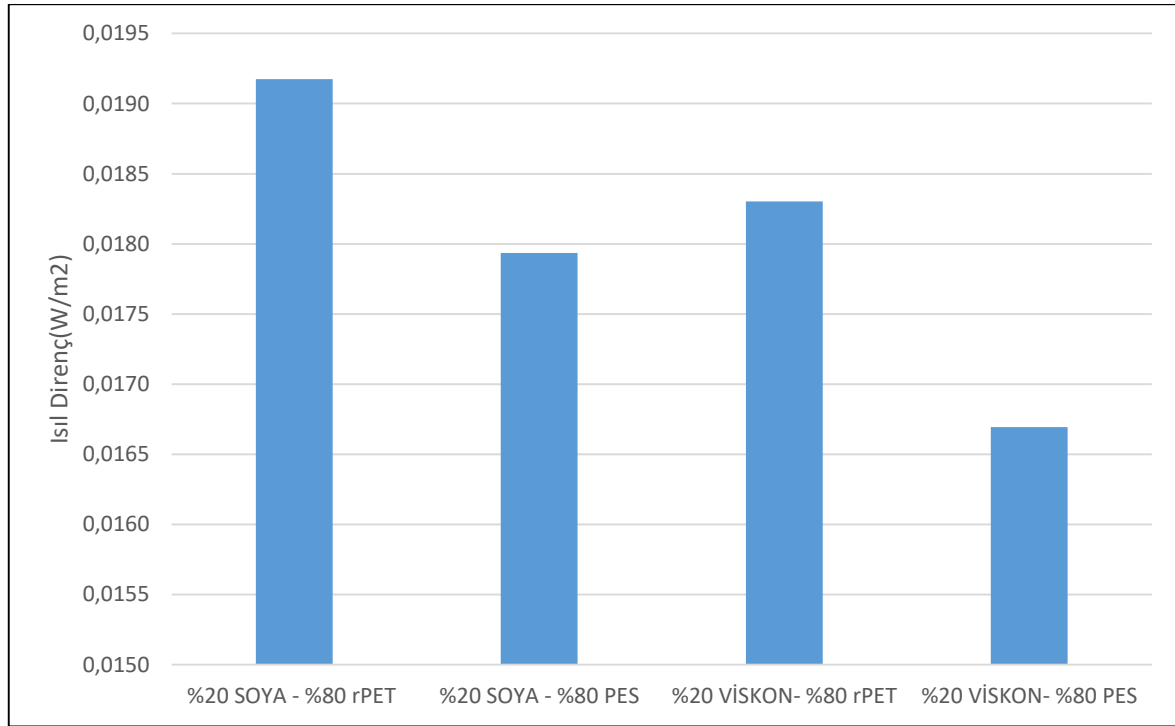
Şekil 4. Permetest Ölçüm Cihazı Isıl Direnç ve Bağıl Su Buharı Geçirgenliği Ölçüm Sonucu Ekran Görüntüsü

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Örme kumaşların ısı konfor özelliklerinin araştırılması amacıyla uygulanan ısı direnç ve su buharı geçirgenliği Permesest Test Cihazı ölçümleri, Çizelge 3 ve Çizelge 4'te bulunmaktadır. Kumaşların ısı direnç grafiği ise Şkil 5'te bulunmaktadır.

**Çizelge 3.** Kumaşların Isıl Dirençleri(W/m2)

Numune No	Numune Adı	Isıl Direnç(W/m2 )
Tip 1	%20 SOYA - %80 rPET	0,0192
Tip 2	%20 SOYA - %80 PES	0,0179
Tip 3	%20 VİSKON- %80 rPET	0,0183
Tip 4	%20 VİSKON- %80 PES	0,0167



**Şkil 5.** Kumaşların Isıl Direnç Grafiği(W/m2)

Yapılan testlerin sonucuna göre, r Pet karışımı kumaşların ısı direnç değerlerinin, PES karışımı kumaşlara göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durumun, r Pet in, PES'e kıyasla düşük ısı iletkenlik değerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Isıl direnç, ısı iletkenlik değeri ile ters orantılıdır. Soya karışımı kumaşların ısı direnç değerleri de, viskon karışımı kumaşlara göre yüksek bulunmuştur. Buradan, soyanın ısı iletkenliğinin viskondan düşük olduğu ortaya çıkmaktadır. Elyaf cinsinin, ısı direnci etkilediği, dolayısı ile termal konforu etkilediği anlaşılmıştır. Termal iletkenlik açısından, soya-r Pet karışımı örme kumaşların daha sıcak tuttuğu söylenebilir.

Su buharı geçirgenliği, bir metre kareden, bir saatte ve bir paskal basınç altında geçen, gram cinsinden su buharı miktarıdır( $g / m^2 h Pa$ ). Bağlı su buharı geçirgenliğini ölçmek için, Hes tarafından geliştirilen Permetest test cihazı bu deneyde kullanılmıştır. Deri modeli (skin model) olarak isimlendirilen bu cihaz, ısı hissetme vasıtasıyla kuru ve yaş insan derisini temsil etmektedir ve kumaşların su buharı ve ısı direncinin belirlenmesini sağlamaktadır(Gülen Y., 2019).

Bağıl su buharı geçirgenliği aşağıda gösterildiği şekilde hesaplanmaktadır.

$$\% p = 100 \times q_s / q_o \text{ (Hes, 2004)}$$

qs: Numune ile ısı akış değeri (W/ m<sup>2</sup>)

qo: Numunesiz ısı akış değeri (W/ m<sup>2</sup>)

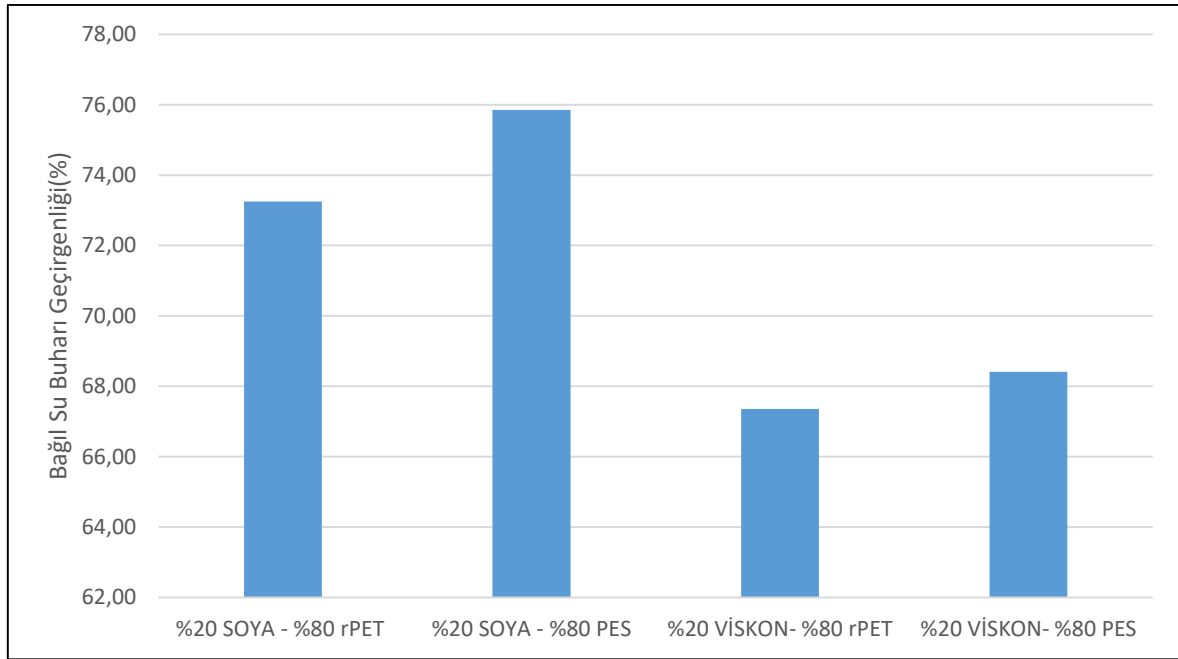
p: Bağıl su buharı geçirgenlik değeri (%)

Numunelerin bağıl geçirgenliği ölçümler sonucunda gelen değerler gözlemlendiğinde, sıralama; Tip2 > Tip1 > Tip4 > Tip3 şeklindedir. Protein esaslı soya lifin bağıl geçirgenliği viskon lifinden yüksektir. Nem iletiminin gerekli olduğu yerlerde kullanım için soya lifi uygun olarak değerlendirilebilir.

**Çizelge 4.** Kumaşların Bağıl Su Buharı Geçirgenlik Oranı(%)

Numune No	Numune Adı	Bağıl Su Buharı Geçirgenliği (%)
Tip 1	%20 SOYA - %80 rPET	73,25
Tip 2	%20 SOYA - %80 PES	75,85
Tip 3	%20 VİSKON- %80 rPET	67,35
Tip 4	%20 VİSKON- %80 PES	68,41

Permetest sonuçlarına göre (Şekil 6), soya karışımı örme kumaşların daha yüksek bağıl su buharı geçirgenliğine sahiptir.



**Şekil 6.** Kumaşların Bağıl Su Buharı Geçirgenlik Oranı(%)

#### 4. SONUÇ

Çalışmanın amacı, örme kumaşlarda elyaf değişiminin, kumaşın konfor özelliklerini etkileyip etkilemediğinin tespitidir. Araştırmada yapılan testlerin sonuçları yorumlandığında, iplik cinsine göre bağıl su buharı geçirgenlik değerinin değiştiği görülmüştür. Kumaşın içeriğinde bulunan lif cinsinin değişmesine bağlı olarak, su buharı geçirgenlik değeri de değişmektedir. Test sonuçlarına göre, soya karışımı kumaşın bağıl su buharı geçirgenlik değerinin viskona göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu da, soya lifinin viskona göre yüksek nem çekme özelliği olmasından kaynaklanmaktadır. Liflerin nem çekme özelliğinin, ısıl iletkenlik değerleri ile orantılı olduğu da tespit edilmiştir. Isıl direnç



değerleri sonuçları incelendiğinde ise, soya lifinin, örme kumaşların ısı direnç değerlerini arttırdığı, dolayısı ile soyanın ısı iletkenliğinin daha düşük olduğu görülmüştür.

Yapılan çalışma ve testler sonucunda, elyaf değişiminin konfora etkisi olduğu, soya liflerinin bağıl su buharı geçirgenlik oranının, viskon karışımına göre daha iyi olduğu, soyanın ısı iletkenliğinin ise viskondan düşük olduğu ortaya çıkmıştır.

## TEŞEKKÜR

Bu araştırma, Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Birimi tarafından desteklenmektedir(FDK-2022-14473). PERMETEST cihazı kullanımı için İskur Tekstil İşletmesi/ Kahramanmaraş'a teşekkür ederiz.

## 5. KAYNAKLAR

*Aydın S., Kertmen M., Marmaralı A., (2017), Evaluating The Effect Of Spinning Systems On Thermal Comfort Properties of Modal Fabrics, 17th World Textile Conference Autex Publishing 254 182011 doi:10.1088/1757-899X/254/18/182011*

*Güneşoğlu S.(2005), Sportif Amaçlı Giysilerin Konfor Özellikleri, Uludağ Üniversitesi Doktora Tezi'*

*Kertmen N., (2022), Farklı Karışım Oranlarında Kenevir Lifi Kullanımının ve İplik Numarasının İplik ve Kumaş Özelliklerine Etkisi, DEÜ FMD 24(72), 763-772*

*Marmaralı, A., Özdil, N., Dönmez, Kretschmar, S., Gülsevin, Oğlakcıoğlu, N., (2006), Giysilerde Isıl Konforu Etkileyen Parametreler”, Tekstil ve Konfeksiyon, 4, s. 241-246.*

*Marmaralı A., Blaga M., Ute T.B., Damci G., (2009), Thermal Comfort Properties of Blended Yarns Knitted Fabrics, Intelligent Textiles and Mass Customisation International Conference , 12-14 November, Casablanca, Morocco*

*Onofrei E., att all , (2011), The Influence Of Knitted Fabrics Structure on The Thermal and Moisture Management Properties, Journal of Engineered Fibers and Fabrics Volume 6, Issue*

*Yıldız, G., (2019), Protein, Pamuk, Viskon ve Polyester Esaslı Örme Kumaş Özelliklerinin Karşılaştırılması, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 74s, Bursa.*

# OTOMATİK REGÜLE MASASININ GELİŞTİRMESİ

Özge İNŞAATÇI, Aşlı BALIKÇI

Emirali Tekstil Konfeksiyon Tic. ve San. A.Ş. Osmangazi/Bursa

[özgeinsaatici@emirali.com.tr](mailto:özgeinsaatici@emirali.com.tr)

## ÖZET

İlk aşamada, geleneksel el ile kesim yöntemi ve makine ile kesim yöntemi arasındaki farkları belirlemek için literatür taraması yapılmıştır. Ardından, mevcut regüle işleminin analizi için prova yapılmıştır. Bu süreçte, işlem sırasında kullanılan ekipmanlar gözlemlenmiş ve işlem adımları detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu çalışmada hazır giyim sektörüne, kesim aşamasında kolaylık sağlaması açısından yenilikçi sisteme uygun bir otomatik regüle kesim makinesi geliştirmek amaçlanmıştır. Bu hedef ışığında provalar yapılarak ve iş etütleri alınarak geliştirilen makinenin uygunluğu ve kullanılabilirliği test edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Regüle masası, Verimlilik, Maliyet tasarrufu, Kalite kontrol

## DEVELOPMENT OF AUTOMATIC REGULATING TABLE

### ABSTRACT

In the first stage, a literature review was conducted to determine the differences between the traditional manual cutting method and the machine cutting method. Then, a rehearsal was made to analyze the current regulation process. In this process, the equipment used during the process was observed and the process steps were examined in detail. In this study, it is aimed to develop an automatic leveling cutting machine suitable for the innovative system in order to provide convenience in the cutting phase for the ready-made clothing industry. Considering this goal, the suitability and usability of the developed machine was tested by making rehearsals and taking work studies.

**Keywords:** Regulate table, Productivity, Quality control, Cost saving

### 1. GİRİŞ

Regüle işlemi, kumaşların çeşitli aşamalarda düzenlenmesi, kontrol edilmesi ve iyileştirilmesi sürecini ifade eder. Bu işlem, genellikle kumaşların kalite kontrolü, kusurların giderilmesi, ölçülendirme ve düzgün bir şekilde kesilmesi adımlarından meydana gelmektedir. Regüle işlemi, kumaşların nihai ürün haline getirilmeden önce, kalite ve standartlara uygun olmasını sağlamak için kritik bir adımdır (Nil, 2022). Tekstil malzemelerinin bıçakla kesilmesinde üç yöntem yaygındır; bıçakla kesme, makasla kesme ve testereler ile kesme. Günümüzde kesme işlemi için sadece bıçaklar kullanılmamakta, gelişen teknolojinin etkisi ile mekanik kesme işleminden farklı yöntemlerle de kesme işlemi yapılabilmektedir (Gülhan, Gabil, 2015)

Kumaşlar üzerinde regüle işlemini ortaya koymak adına, regülasyon masaları (regüle masaları) bulunmaktadır. Regüle masaları öncesinde manuel kontrol ile kullanıma haizken, gelişen teknoloji çatısında otomatik olarak kontrole haiz hale de getirilmiştir.

Günümüzde kullanılan regüle masalarında özellikle otomatik ve devamlı olarak kumaş beslemesi, belirlenen ve istenilen ölçülerde kumaş kesiminin yapılması, ölçülendirme ve kesim işlemlerinin tolerans değeri aralıklarında sağlanması mümkünse "0" tolerans değeri ile işlem yapılması ve farklı kumaş yapıları üzerinde programlanabilir özelliklere haiz olması istenmektedir.

Bahsedilen olgular eşliğinde söz konusu proje, hazır giyim sektöründe mevcut regüle işleminin durum analizinin yapılması, işlem sürecinde yenilikçi yaklaşımlara yer verilmesi, verimliliğin artırılması regüle işleminin kalitesini artırılması için en iyi uygulamaların belirlenmesi adımlarını takip ederek geliştirilen makine yapısını ifade etmektedir.

## 2. MATERYAL VE METOT

Tekstil sektöründe kumaş parçaları üzerinde uygulanan kesim işlemlerini manuel ve otomatik olarak iki farklı metot ile gerçekleştirmektedir. Manuel regülasyon işlemi operatörün el ve göz becerisinin birer ürünü olarak ortaya çıkmakta olup; otomatik regülasyon işlemi ise operatörden bağımsız olarak bilgisayar sistemlerinin yardımı aracılığı ile gerçekleştirilen kesim işlemleridir.

Günümüzde nadiren de olsa kullanımı devam eden manuel regülasyon işlemleri operatör inisiyatifine bağlı olduğundan dolayı istenilen tolerans değerlerini sağlamakta yetersiz kalmaktadır. Ürünlerin istenilen tolerans değer aralıkları içerisinde olsa dahi, seri üretimde ve/veya çoklu ürün kesimlerinde operatörün fiziksel ve/veya zihinsel yorgunluğundan dolayı hata payı olmakta ve şirketler bünyesinde atık oluşumuna, maddi ve manevi kayıplara zemin hazırlamaktadır.

Günümüzde kullanımı yaygınlaşmaya devam eden ve teknolojik şartlar ile paralel olarak sürekli geliştirilmeye devam eden otomatik regülasyon işlemlerinde ise manuel regülasyon işleminden farklı olarak kesim işlemleri operatörün inisiyatifine bırakılmamaktadır. Bilgisayar sistemleri ve teknolojik gelişmelerin beslediği, sürekli olarak güncellenmeye devam eden alt yapıları aracılığı özellikle de seri ve/veya çoklu üretimlerde 0 tolerans aralıkların çerçevesinde işlem sürdürme özelliklerine sahiptir.

### 2.1. Metotlar

Yapılan literatür araştırmaları ve sektör içerisinde yapılan gezi ve bilgi edinim toplantıları neticesinde kumaş kesim işlemlerinin manuel ve otomatik olarak iki farklı metot ile uygulandığı tespit edilmiştir. Söz konusu işlemlerden daha ilkel olanı ve yavaş yavaş kullanımı son bulanı manuel regülasyon işlemleri iken; gelecekte hemen hemen her alanda daha geniş kullanım yelpazesine ulaşacak olanı ise otomatik regülasyon işlemleridir.

#### 2.1.1. Manuel regüle işlemi

Kesim işlemine tabi olacak olan konfeksiyon ürünü, işaretleme/referanslandırma yapmak üzere cansız manken üzerine giydirilmektedir. Giydirmeye işlemine müteakiben cansız manken üzerinde bulunan konfeksiyon ürününün etek ucuna işaretleme yapılmaktadır. Bahsedilen işaretleme/referanslandırma işlemi ısı iletimi sağlayarak ile uçan konfeksiyon kalemleriyle yapılabildiği gibi, formu daha düzgün tutmak adına pudralama yöntemi ile de yapılabilmektedir. İşaretleme işleminin yapılmasında en çok dikkat edilmesi gereken durumlardan bir tanesi ise kesim işleminin sona ermesine müteakiben, konfeksiyon ürününün üzerinde herhangi bir iz ve/veya işaret simgesi kalmamasıdır. Herhangi bir işaret ve/veya izin konfeksiyon ürününün üzerinde kalması durumunda ürün kullanılamaz olacak ve atık niteliği kazanacaktır. Bu bağlamda manuel regülasyon işlemlerinde uçan mürekkep (uçan konfeksiyon kalemi) tercih edilmektedir. Ancak bahsedilen işlemlerde mürekkebin konfeksiyon ürünü üzerinde kalıcılığı mürekkep türüne göre belirli zaman ile kısıtlıdır. Söz konusu durumdan dolayı, konfeksiyon kalemi kullanmak yerine daha manuel regülasyon işlemlerinde alternatif bir uygulama olarak pudralama işlemi geliştirilmiştir.

Pudralama işlemini gerçekleştirmek için ekipmanın kapağı açılarak içerisinde pudra konur ve bağlı olan püskürtme pompası sıkılarak ekipmanın ucundan, işaretlenmesi istenilen bölgeye doğru malzeme çıkışı sağlanmaktadır. Konfeksiyon ürününün giydirildiği manken bu esnada kendi etrafında döndürülerek eşit hızda işaretleme yapılması sağlanmaktadır.

Ancak yapılan gözlemler neticesinde pudralama yönteminin kullanılmasının kesim ve referanslandırma hatalarına doğrudan çözüm olmadığı anlaşılmıştır. Pudralama işleminin gerçekleştirilmesi esnasında birincil öncelik konfeksiyon ürününün üzerinde iz bırakmamak olsa dahi aslolan regülasyon işlemi boyunca kumaşın mümkün olduğunca 0 tolerans değerinde en kötü ihtimalle de belirlene tolerans değer aralıkları içerisinde gerçekleşmesidir. Pudralama yönteminin manuel regülasyon işlemlerinde kullanılmasında kesim aşaması için ürün mankenden çıkartılıp masaya alınırken işaretin silindiği gözlemlenmiştir. Referanslandırma işleminin istenilen seviyede yapılamamasında dolayı kesim işlemlerinde kaymalar meydana gelmektedir. Kaymaların sonucunda da kumaş parçaların kullanılamaz duruma gelmekte diğer bir deyişle atık niteliğe kazanmaktadır. Atık

niteliğinde olan ürünler şirketler için maddi ve manevi kayıplara yol açarken; doğal yaşam dengesi için bir tehdit unsuru olarak dikkat çekmektedir.

Şekil 1 'de gösterildiği üzere giydirilen mankenin kendi etrafında döndürülmesi gerekmektedir. Bahsedilen işlemin gerçekleştirilmesi amacıyla da ek personel ihtiyacı olmaktadır. Bu durum hem işaret alırken mankenin ekseninde açılı döndürülme riskini doğurmakta hem de ikinci bir iş gücü gerektirdiğinden dolayı seri üretimlerde hata ve atık oluşum riskini artırmaktadır.



Şekil 1. Manuel regülasyon işlemi

### 2.1.2. Otomatik regüle işlemi (Regüle masası kullanımı)

Hazır giyim sektöründe mevcut regüle işleminin durum analizinin yapılması, işlem sürecinde yenilikçi yaklaşımlara yer verilmesi, verimliliği artırmak için Ar-Ge stratejilerinin geliştirilmesi, regüle işleminin kalitesini artırmak için en iyi uygulamaların belirlenmesi gibi adımları takip ederek geliştirilen makina, son halini almış ve otomatik ayar sistemleri, sayaçlar ve kesim bölgesi için yüksekliği ayarlanabilir etek ucu kavrayıcı ile desteklenmektedir.

Şekil 2'de gösterildiği üzere otomatik regülasyon işlemleri, manuel regülasyon işlemlerinin aksine sürecin personel inisiyatifinden alınarak sadece kontrolüne bırakılması ile gerçekleştirilmektedir. Otomatik regülasyon işlemlerinde esas olan kesim işlemlerinin belirlenen tolerans aralıkları çerçevesinde yardımcı cihaz aracılığı ile gerçekleştirilmesi esasına dayanmaktadır.

Otomatik regülasyon işlemleri incelendiğinde karşılaşılan en büyük zorluklar çok dar çalışma alanlarında ince işçilik konusunda yetersiz kalınmasıdır. Kesici takımların zar alanlara nüfuz edememesi, dar alanlarda gerçekleştirilmesi gereken hareket kabiliyetlerinin yetersiz olmasından kaynaklı olarak otomatik regülasyon işlemlerinde geliştirilmelerin yapılması bilinen ve kullanılan teknikte zorunluluk olarak göz batmaktadır.

Yapılan uygulamalar kontrol edildiğinde kesici takımların nüfuz edemedikleri alanlarda kumaş yapıları regülasyon masasından alınmakta, operatör aracılığı ile dar alanlarda gereken işçilik işlemleri gerçekleştirilmekte ve akabinde tekrar regülasyon masalarına irtibatlandırılarak süreçler kaldığı yerden devam ettirilmektedir. Ancak ne kadar kusursuza yakın olursa olsun, kesme işlemlerinin otomatik regülasyon masaları ile gerçekleştirilmesi ile dar alanlarda kesim işlemlerinin manuel olarak gerçekleştirilmesi birbiri ile benzer olmamaktadır. Manuel olarak gerçekleştirilen kesimler doğrudan ve/veya dolaylı olarak dikkat çekmektedir. Belirli uzunlukta ve geometrideki kumaş yapılarından birbirinden farklı türde kesim işlemlerinin dikkat çekmesi ise son kullanıcı açısından kötü bir izlenim oluşturmakta ve ürünlerin tercih edilmemesine neden olmaktadır. Bahsedilen durumlar eşliğinde şirketler prestij kaybına ve dolayısı ile maddi ve manevi zararlara uğramaktadır.

Tüm bu durumlar eşliğinde günümüzde halen daha aktif olarak kullanılan otomatik işlem yapma yeteneğine haiz olan regülasyon masalarının geliştirilme ve özellikle dar alanlarda ince işçilik gerçekleştirme konusunda çalışma yeteneğine sahip olması gerekmektedir.



Şekil 2. Otomatik regülasyon işlemi

## 2.2. Materyaller

Manuel regüle işlemlerinde temel unsurlardan bir tanesi insan gücü, kesici aletler ve kumaş yapılarıdır. Kesim işlemleri kesici aletler ile gerçekleştirilir. Kesim öncesinde ölçülendirme ve toleranslandırma işlemleri cetvel, açı ölçer, gönnye vb. uzunluk, alan ve açı hesabı yapılan materyaller ile insan gücüyle gerçekleştirilmektedir (Serkan, Mehmet, 2014). Bahsedilen durumlara bağlı olarak gerek hesaplama cihazlarında olabilecek bozukluklar gerekse de operatörlerin yanlıgısından dolayı kumaş regüle işlemlerinde hata payı büyük olmakta verimlilik düşmektedir.

Otomatik regüle işlemlerinde ise (otomatik regüle masasında) temel işleyiş, kontrolü elinde bulunduran bir sistem, toleranslandırma ölçülendirme işlemlerinin önceden belirlenmesine müteakiben ölçü alan ve işaretleyen destekleyici sistem, kesici takımlar ve kumaş yapılarından oluşmaktadır.

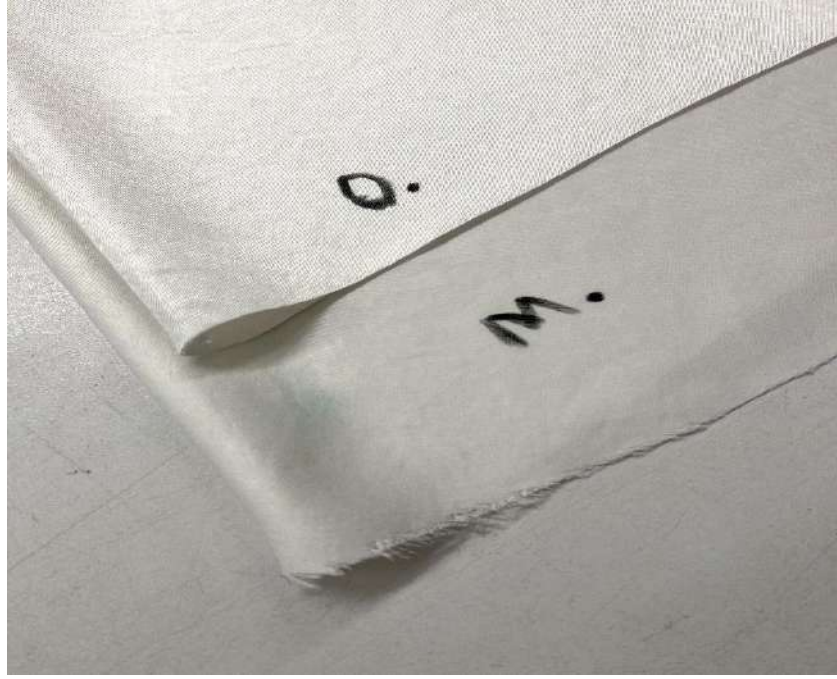
Manuel sistemden farklı olarak gerek hizalama gerek ölçülendirme gerekse de kesme işlemleri operatörden bağımsız olarak kesici takımların sistem üzerinde belirlenen koordinatlarda hareket etmesi ile gerçekleştirilmektedir. Burada operatöre düşen en büyük görev kesici takımların keskinliğini takip etmek ve olası sistemsel hatalar ve elektrik kesintisi gibi durumlarda kesici bıçakları takip etmesidir.

Bahsedilen durumdan da anlaşılacağı üzere otomatik regüle masası aracılığı ile operatörlerin iş yükü azaltılmakta, böylece takip ve dikkat mekanizmaları sağlanmakta ve regülasyon işlemlerinde ve özellikle seri üretim safhalarında hata payları minimize edilerek, iç verim etüdü sağlanmaktadır.

## 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Regüle işlemi sırasında yapılan ayarlamalar kişinin el ve göz inisiyatifinde olduğu için yanlış yapılması veya hatalı değerlendirilmesi söz konusu olabilir. Bu durum ürün kalitesini olumsuz etkileyebilir. Şekil 3'te otomatik ve manuel olarak gerçekleştirilen regülasyon işlemlerine yer verilmiştir. İlgili şekilden de anlaşılacağı üzere manuel olarak gerçekleştirilen bir işlem sonucunda kumaş parçasının dış yüzeyinde girinti-çıkıntı ve pürüzlülükler meydana gelirken; otomatik olarak gerçekleştirilen bir kesim işleminin akabinde yüzey netliği pürüzlülüğü çok daha az seviyededir.

Burada en temel unsurlardan bir tanesi kesici takımların maksimum keskinlik yüzeyine sahip olmasıdır. Ancak yapılan araştırmalar ve incelemeler sonucunda otomatik regülasyon işleminde yer alan bıçağın sahip olduğu keskinlikte bir bıçağın, manuel regülasyon işleminde kullanılması durumunda operatörün gerek kumaş yapılanmasına gerekse de kendisine zarar verdiği tespit edilmiştir. Bahsedilen durumun neticesinde manuel regülasyon işlemlerinde kullanılacak kesici takımların istenilen keskinlik seviyesinden sürekli uzak tutuldukları ve kesim işlemini gerçekleştiren operatörün el ve göz koordinasyonunun üst seviyede olsa dahi kesici takımların maksimum keskinlikte kullanılmadığından dolayı sıfır tolerans değerinden uzak kesim gerçekleştirdikleri dikkat çekmektedir.



Şekil 3. Manuel ve otomatik regülasyon farkı

### 3.1. Zamansal Karşılaştırma

Manuel kesim işlemleri, regüle kesim makinelerine daha uzun süreli ve daha çok dikkat gerektiren işlemlerdir. Kesim işlemlerinin uygulanmasında operatörün, kesici takımları, kumaş parçalarının, tolerans değerlerinin ayarlaması ve her parçadan sonra tekrar tekrar bahsedilen işlemleri uygulaması gerekmektedir. Kesim esnasında hızlı olmaktan daha ziyade, dikkatli olmak ve tolerans değer aralıklarının dışına çıkmamalıdır.

Bahsedilen tüm durumların yerine getirildiği ve manuel kesim işlemlerinin daha “0” hata payıyla yapıldığını kabul ettiğimiz takdirde dahi, birim zaman bazında kesim işleminin makineler aracılığı çok daha fazla sayıda yapıldığı dikkat çekmektedir. Söz konusu durum nezdinde regüle masalarının, manuel kesimler üzerinde tercih edilme sebebi dikkat çekmektedir.

Çizelge 1. Manuel ve otomatik regülasyon zaman farkı (saniye bazında)

	İşgücü ile Kesim	Makine ile Kesim
Hazırlık aşaması	58	13
İşlem süresi	52	11
Bitim aşaması	17	07
Toplam süre	124	31

Manuel regülasyon işlemleri ile otomatik regülasyon işleminin temel farklılıklarından bir tanesi de gerçekleştirilen işlem süreleridir. Yukarıda verilen çizelge 1’de otomatik regülasyon işlemi ile manuel regülasyon işlemi arasındaki zamansal farklılıklar yer almaktadır. Bahsedilen işlem süreleri uygulama regülasyon işlemlerinin uygulanması esnasında yapılan analiz sonuçlarının ortalaması olarak kabul edilmiştir.

Manuel regülasyon işleminin uygulanması esnasında alanında uzman olarak görev yapan 5 farklı personelin işlem süreleri ölçülmüştür. Bahsedilen işlem sürelerini içeren çizelge aşağıda yer almakta olup, işlem sürelerinin ortalaması alınarak manuel regülasyon işleminin ortalama süreyle ne kadar zaman aralığında gerçekleştirildiği saptanmıştır.

**Çizelge 2.** Kullanıcıların manuel regülasyon işlem süresi (saniye bazında)

	<b>Hazırlık aşaması</b>	<b>İşlem süresi</b>	<b>Bitim aşaması</b>
<b>Birinci gün</b>	8	7	4
<b>İkinci gün</b>	10	9	6
<b>Üçüncü gün</b>	12	10	7
<b>Dördüncü gün</b>	15	13	8
<b>Beşinci gün</b>	20	16	10
<b>Ortalama işlem süresi</b>	13	11	07

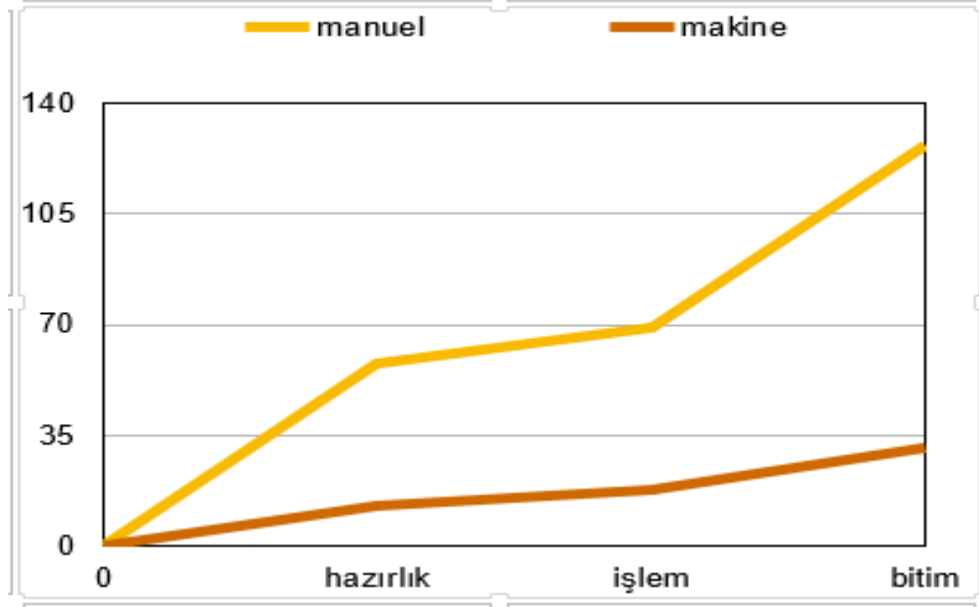
Yukarıda yer alan manuel regülasyon işlem süreleri kullanıcıların birbirinden habersiz bir anında ölçülmüştür. Böylelikle kullanıcıların birbiri arasında bir rekabet ortamı oluşturmayarak günlük rutinlerinin dışına çıkması engellenmiştir. Kullanıcılara işlem sürelerinin hesabının yapıldığı bilgisi verilmemiştir. Böylece kullanıcıların herhangi bir hesap yapıldığının farkına varmasını engelleyerek ekstra olarak bir efor harcamalarının, böylece yanıtıcı sonuçların çıkmasının, önüne geçilmiştir. Kullanıcıların günlük rutinlerinde hangi şartta çalıştıkları takip edilmiş olup, elde sonuçların böylelikle daha doğru olacağı tespit edilmiştir. Yine aşağıda regülasyon işleminin otomatik olarak gerçekleştirilmesi durumunda elde edilen işlem süreleri yer almaktadır.

**Çizelge 3.** Otomatik regülasyon işlemi süreleri ortalaması (saniye bazında)

	<b>Hazırlık aşaması</b>	<b>İşlem süresi</b>	<b>Bitim aşaması</b>
<b>Kullanıcı 1</b>	59	51	19
<b>Kullanıcı 2</b>	55	51	16
<b>Kullanıcı 3</b>	55	55	15
<b>Kullanıcı 4</b>	60	54	16
<b>Kullanıcı 5</b>	61	49	14
<b>Ortalama işlem süresi</b>	58	52	17

Yukarıda yer alan çizelge 3’te otomatik regülasyon işlemini gerçekleştirilen bir makine üzerinde ölçümler gerçekleştirilmiştir. İlgili makinenin tüm bakımları ve temizliği işlemler başlamadan önce tam olarak gerçekleştirilmiş ve kullanıma hazır hale getirilmiştir. Akabinde her gün sabah 08.00’de başlamak üzere makine üzerinde regülasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. Regülasyon işlemlerinin tamamlanmasına müteakiben makinelerin bakımları yapılmamış olup, temizlik ve bakım işlemleri gerçekleştirilmeyen makinelerin hem birbirine takip eden günlerdeki performansı tespit edilmiş olup hem de bu sayede bakımları yapılması dahi ortalama işlem süresi hesaplanmıştır. Çizelge 3’ten de anlaşılacağı üzere makine bakımları yapılması dahi otomatik regülasyon işlemleri manuel regülasyon işlemlerine yaklaşık 3/3.5 katlık bir işlem süresi kazanımı sağlamaktadır.

Aşağıda yer alan grafik 1'den de anlaşılacağı üzere regüle masası aracılığı ile gerçekleştirilen işlemlerin uygulanma süresi ile manuel olarak gerçekleştirilen işlemlerin uygulamalar süresi/süreleri arasında zaman kazanımı vardır.



Şekil 4. Otomatik ve manuel regülasyon işlem süresi verimlilik analizi

Yukarıda yer alan çizelge 1, çizelge 2 ve çizelge 3'te bahsedilen işlem süreleri aynı miktarda işin gerçekleştirilmesi esnasında ortaya çıkan zaman süreleridir. Verimlilik hesabında verimin, birim zamanda gerçekleştirilen iş miktarı ile doğrudan ilişkisi olduğu bilinmektedir. Söz konusu prosese dayanarak ve grafik 1'de de gösterildiği üzere otomatik regülasyon masaları ile gerçekleştirilen işlemlerin manuel regülasyon işlemlerine kıyasla çok daha verimli olduğu anlaşılmaktadır.

#### 4. LİTERATÜR TARAMASI ve TARTIŞMA

Balcı "Bilgisayar Destekli Yüksek Katlı Kumaş Kesici Sistemin Analizi ve Kesim Unsurlarının İyileştirilmesi" konu başlıklı yazısında hazır giyim ürünlerinin imalat süreçlerinden ve malzeme kullanımından bahsetmiştir. Balcı'ya göre hammadde temini yapmak ve depolama alanı kurmak konfeksiyon üretim aşamasında en önemli kriterdir. Yine Balcı'ya göre üretilecek ürünlerin tasarımına uygun olacak kumaş ve diğer malzemelerin satın alınması, kaydedilmesi ve depolanması işlemlerinden oluşur (Sezgin, 2022).

Ancak konfeksiyon üretim aşamalarında Balcı'nın bahsettiği üzere birincil özellik, hammadde temini depolama faaliyetleri değildir. Teslimat ağının iyi olduğu bir işletmede depolama faaliyetinin olması birincil öncelik değildir. Konfeksiyon firmalarında hammadde ihtiyacının günlük olarak sağlanması da mümkündür. Bir firmanın çalışma saatleri içerisindeki üretim kapasitesini belirlemek zor değildir. Üretim kapasitesinin belirlenmesinin akabinde depolama ihtiyacı olmaksızın hammadde temini firmalara günlük olarak sağlanabilmektedir. Ancak bir konfeksiyon firmasında nitelikli çalışan ihtiyacı ve konfeksiyon ürünlerinin elde edilmesinde kullanılan teçhizat ihtiyacı elzem durumdadır. Nitelikli çalışanın bulunmadığı veya nitelikli personellerin kullanabileceği teçhizatların olmadığı durumlarda üretim gerçekleşmesi mümkün değildir. Veya gerçekleşen üretimlerin gerekli talepleri karşılaması mümkün değildir.

Boz ve Küçük kaleme aldıkları yazılarında hazır giyim üretiminde kesim işlemlerinde kullanılan cihazların üzerinde durmuşlardır. Boz ve Küçük 'ün yazısında klasik kesim makinelerine yer



vermiştir. Bıçak, falçata, elektromakas ve dik bıçak aracılığı ile kesim işlemlerinin gerçekleştirileceğinden bahsetmişlerdir. Ek olarak bant testeresinden, kalıplı kesme makinesinden, lazerli veya su jetli kesicilerden bahsetmişlerdir (Serkan, Mehmet, 2014). Boz ve Küçük 'ün bahsettiği çalışma yöntemi ve cihazları, teknikte var olan ve geliştirilmesi zorunlu olan işlemlerdir. Manuel gerçekleştirilen kesim işlemlerinde kumaşlarda kesim esnasında göz önüne alınan tolerans değer aralıkları zarar görmektedir. İlgili yazıya konu olan otomatik regüle masasında ise asıl hedef regülasyon işlemlerinin belirlenen tolerans aralıkları çerçevesinde gerçekleştirilmesi. Toleranslandırma kesim ve ölçülendirme işlemlerinde en önemli faktörlerden bir tanesidir. Kesim işlemleri içerisinde tolerans değerlerinin dışarısına çıkılması durumunda kumaş/konfeksiyon ürünü kullanılamaz duruma gelip, atık niteliğine sahip olacaktır. Bahsedilen durumların önüne geçmek adına süreçlerin operatör inisiyatifinden alınarak, kontrolüne bırakılması mutlak önem taşımaktadır.

Çelik vd. yazısında X ve Y düzleminde üzerinde çalışma özelliğine haiz olan kumaş kesme makinesini ele almıştır. İlgili makinenin çalışma performansının kendisine yüklenen yazılımda yer alan hata limitlerinin içerisinde çalışması durumunda hatasız olarak kabul edileceği belirtilmiştir (Abdurrahman vd. 2020, 5-2, 173-177).

Halbuki konfeksiyon üretimlerinde birincil esas tolerans aralıklarının 0'a inirdemektir. Toleransın/hata payının olmadığı işlemlerde sürdürülebilirliğinin sağlanması mümkündür.

Junior vd. tekstil materyallerinde var olan/olabilecek olan yuvalama hatalarına çözüm bulmak adına çalışmışlardır. Yuvalama hatalarının çözümleri esnasında yazılım optimizasyonlarını kullanmışlardır (Bonfim vd. 2013, 46-24, 15-20).

Ancak sadece yazılım optimizasyonu ile tekstil/konfeksiyon ürünleri üzerindeki regülasyon işlemlerinin devamlılığının sağlanması çok güçtür. Junior vd. ağırlık olarak tekstil ürünlerinde olan yuvalama hatalarını gidermek üzere çalışmalarını yerine getirmişken; ilgili yazıda bahsedilen çözüm ile hedeflenen kapsamdan daha geniş durumdadır.

Keskin çalışmasında tek boyutta gerçekleştirilen kesim problemlerinin üzerinde durmuştur. Sezgin bahsettiği problemi gidermek amacıyla iki aşamalı bir kesim işleminin uygulanmasını önermiştir. Buna göre ilk aşama kesim şekillerinin belirlenmesi esasına dayanmaktadır. İkinci aşama ise belirlenen kesim şekillerinin tam sayılı doğrusal programlama modeline aktarılmaktadır. Modelleme yeteneği aracılığı ile de kesim işlemleri analiz edilmek, kesime uygun hammadde ihtiyacı belirlenmektedir.

Küçük ve Birol çalışmalarında firmalarda yaşanan simetri ve ölçülendirme problemlerine çözüm bulduklarından bahsetmişlerdir. Küçük ve Birol'un geliştirdiği algoritmaya göre konfeksiyon üretiminde her adımda kumaş yapısı ölçüm yapılması sağlanmaktadır. Her adımdan sonra yapılan ölçümler eşliğinde süre gelen bir hatanın diğer adımlara aktarılması engellenmektedir. Hata tespit edilmemesi durumunda sürecin devamlılığı sağlanmaktadır (Mehmet, Şafak, 2023).

Ancak Küçük ve Birol'un çalışması ağırlıklı olarak tek parça üretim yapan sistemlerde kullanılmaya uygundur. Seri üretimin esas olduğu durumlar her konfeksiyon ürünün üretim şartları içerisinde her adımda ölçülmesi çok güçtür. Bahsedilen işlemler zaman kaybı yaşamaya ve seri üretiminin gerçekleşmemesine neden olmaktadır.

## 5. SONUÇ

Regülasyon işlemleri konfeksiyon ve tekstil atölyelerinde ve/veya firmalarında sıklıkla uygulanan ve her geçen gün geliştirmeye açık olan bir işlemdir. Regülasyon işlemlerinde esas olan birim zamanda yapılan kesim miktarının artırılması ve kesim kalitesinde en iyiye ulaşarak kesim hatalarından meydana gelen atık oluşumlarının engellenmesidir.

Regülasyon işlemlerini gerçekleştirilmesi adına yapılan deney ve analiz sonuçları incelendiğinde manuel olarak gerçekleştirilen regülasyon işlemlerinin, otomatik olarak gerçekleştirilen regülasyon işlemlerine kıyasla daha kötü sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Manuel regülasyon işlemlerinde öncelikli olarak süreç operatörün/kullanıcının kontrolünde olmakta ve kullanıcının el ve göz becerisine işlemler gerçekleştirilmektedir. Yapılan incelemelerde kullanıcıların günün farklı saatlerinde gerçekleştirdiği işlemler incelenmiştir. Hemen hemen her kullanıcının günün sabah öğlen saatlerinde daha başarılı olduğu (kesim yüzey kalitesini ve işlem süresinin) daha verimli çalıştığı saptanmıştır.

Akşam iş çıkış saatlerine yakın zamanlarda en çok hatanın meydana geldiği ve atık oluşumunun en yoğun olduğu zaman dilimi olarak dikkat çekmektedir. Ayrıca yine yapılan tespitlerde kullanıcıların

ruh hallerinin de yapılan işe yansıdığı herhangi bir neden ile moral-motivasyonu düşük olan bir kullanıcının çalışma veriminin düşük olduğu tespit edilmiştir. Otomatik olarak regülasyon işlemlerinin gerçekleştirilmesini sağlayan makinelerde, kontrol kullanıcı ve/veya operatörde değildir. Kullanıcılar sadece makinenin takibini yapmak ile mükellef olup, yaşanası elektrik kesinti, voltaj düşüklüğü vb. bir durum karşısında makineyi kapatmayı ve özellikle de kesici takımları kontrol etmesi gerekmektedir.

Otomatik regülasyon masalarında gerçekleştirilen işlemler incelendiği takdirde günün saatlerinden bağımsız olarak bakım ve kontrol işlemlerinin gerçekleştirilmesine göre işlem verimliliği değişmektedir. Bakımları tam olarak günlük gerçekleştirilen bir makine ile günler bakımı yapılmamış bir makine arasında gerek işlemlerin uygulama süresi olarak gerekse de kesilen kumaş parçalarının kesim yüzey kalitesi olarak farklılıklar bulunmaktadır. Bahsedilen tüm durumlardan anlaşılacağı üzere otomatik regülasyon işlemi, manuel regülasyon işlemine kıyasla daha verimlidir. Regülasyon işlemlerinin otomatik olarak gerçekleştirilmesi başta kesim yüzeylerinin kalitesine akabinde birim zamanda gerçekleştirilen işlem süresine bağlı olarak ve akabinde ise ortalama bir günde gerçekleştirilen regülasyon işlemine bakıldığında manuel regülasyon işlemlerinden verimli olduğu anlaşılmaktadır.

Sonuç olarak, belirtilen tüm olgu, deney ve analiz sonuçlarına ve literatürde yapılan taramalara göre ilgili makale ile benzer niteliklerde bir ürünün olmadığı tespit edilmiştir. Makaleye konu olan ve detaylı olarak anlatılan ürünün literatüre yenilik katacağı bilincine varılmış olup, bahsedilen durumun devamlılığını sağlamak amacıyla ilgili ürün ile nazarında FSMH başvurusunda bulunulmuştur.

## 6. KAYNAKLAR

Balci, S. (2022). *Bilgisayar Destekli Yüksek Katlı Kumaş Kesici Sistemin Analizi ve Kesim Unsurlarının İyileştirilmesi* (Master's thesis, Marmara Üniversitesi (Turkey)).

Boz S. ve Küçük M. *Hazır giyim üretiminde kesim işlemleri ve kesimhanede kullanılan makineler*, <https://iksadyayinevi.com/wp-content/uploads/2021/12/HAZIR-GIYIM-URETIMINDE-KESIM-ISLEMLERI-VE-KESIMHANEDE-KULLANILAN-MAKINELER.pdf>,. 2014,

Çelik, Ş. A., Kayacan, M. C., Aydoğan, T., & Çakır, A. (2002). *BİLGİSAYAR KONTROLLÜ KUMAŞ KESME MAKİNASI TASARIMI VE İMALATI*. *Politeknik Dergisi*, 5(2), 173-177.

Gökkaya, A. G. (2008). *Faaliyet alanı bayan iç giyim üretimi olan hazır giyim işletmelerinde kullanılan kalite kontrol parametreleri ve üretim sürecinde kalite kontrol*.

Junior, B. A., Pinheiro, P. R., & Saraiva, R. D. (2013). *A hybrid methodology for nesting irregular shapes: Case study on a textile industry*. *IFAC Proceedings Volumes*, 46(24), 15-20.

Keskin, F. D. (2015). *TEK BOYUTLU KESME PROBLEMİ: BİR İŞLETME UYGULAMASI*. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 17(1), 180-196.

Küçük, M., & Birol, Ş. (2023). *Hazır Giyim Üretiminde Karşılaşılan Ölçü ve Simetri Hatalarının Önlenmesi*. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 27(3), 434-440.

Pınarlık, G., & Abdulla, G. (2015). *Kesme yöntemleri*. *Yekarum*, 3(1).

Yerlikaya N. S., *Tekstil sektöründe sürdürülebilirlik*, <https://escarus.com/tekstil-sektorunde-surdurulebilirlik-1/2022>

# AKTİF İŞGÜCÜ PİYASASI PROGRAMLARI ARACILIĞYLA NE EĞİTİMDE NE İSTİHDAMDA (NEET) OLAN GENÇLERİN KONFEKSİYON SEKTÖRÜNDE İSTİHDAM EDİLEBİLİRLİĞİNİN ARTTIRILMASI

**Gamze OKYAY SEZER<sup>1</sup>, Münevver ERTEK AVCI<sup>2</sup>, Hilal BİLGİÇ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Yeşilyurt MYO, Tasarım Bölümü, Malatya, Türkiye

<sup>2</sup>Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Yeşilyurt MYO, Tekstil, Giyim, Ayakkabı ve Deri Bölümü, Malatya, Türkiye

hilal.bilgic@ozal.edu.tr

## ÖZET

Dünyanın farklı yerlerinde değişik terimlere sahip olan NEET kavramı son zamanlarda çokça rastlanan bir yaşam şekli olarak karşımıza çıkıyor. “Ne eğitimde ne istihdamda” (Not in Education, Employment, or Training) ifadesinin kısaltması olan NEET, işsiz olan ve eğitim veya mesleki eğitim almayı istemeyen kişileri ifade ediyor. NEET’leri motive etmek istihdam edilebilirliğini arttırmak amacı ile birçok proje yürütülüyor. Bizim de faydalanıcısı olduğumuz Ne Eğitimde Ne İstihdamda Olan Gençlere Yönelik İşgücü Piyasası Destek Programı Operasyonu (NEETPRO), Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti’nin ortak finansmanı ile hayata geçirilen Türkiye İş Kurumunun Operasyon faydalanıcısı olduğu bir hibe projesidir. Bu bağlamda, bu çalışmada, toplumsal cinsiyet eşitliği odağında, mevcut işgücü piyasası ihtiyaçlarını göz önünde bulundurarak konfeksiyon sektöründe işgücünde, eğitimde veya öğretimde olmayan gençlerin (NEET’lerin) istihdamını arttırmak için yaptığımız çalışmalar anlatılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Genç istihdamı, konfeksiyon eğitimi, mesleki beceri.

## INCREASING THE EMPLOYABILITY OF YOUNG PEOPLE WHO ARE NEITHER IN EDUCATION NOR IN EMPLOYMENT (NEET) IN THE CONFECTION SECTOR THROUGH ACTIVE LABOUR MARKET PROGRAMMES

### ABSTRACT

The concept of NEET, which has different terms in different parts of the world, has recently emerged as a common way of life. NEET, which is the abbreviation of "Not in Education, Employment, or Training", refers to people who are unemployed and do not want to receive education or vocational training. Many projects are carried out in order to motivate NEETs and increase their employability. The Labour Market Support Programme Operation for Young People Neither in Education nor in Employment (NEETPRO), of which we are also a beneficiary, is a grant project implemented with the co-financing of the European Union and the Republic of Turkey, of which the Turkish Employment Agency is the Operation beneficiary. In this context, this study describes our efforts to increase the employment of young people who are not in the labour force, education or training (NEETs) in the garment sector by taking into account the current labour market needs with a focus on gender equality.

**Keywords:** Youth employment, garment training, vocational skills.

## 1.GİRİŞ

Dünyanın farklı yerlerinde değişik terimlere sahip olan NEET kavramı son zamanlarda çokça rastlanan bir yaşam şekli olarak karşımıza çıkıyor. “Ne eğitimde ne istihdamda” (Not in Education, Employment, or Training) ifadesinin kısaltması olan NEET, işsiz olan ve eğitim veya mesleki eğitim almayı istemeyen kişileri ifade ediyor. Daha çok 16-24 yaşlarındaki gençleri kapsayan bu kavram, ilk olarak işsizlik oranları hakkında araştırmalar yapılırken İngiltere’de ortaya çıkmış olsa da diğer ülkelere de sıçrayarak zamanla farklı terimlerin türemesine sebep olmuş durumdadır. Neet gençlerinin yaygın olarak görüldüğü ülkelerden biri olan Türkiye’de ise “ev genci” olarak adlandırılıyor. Eğitimini tamamlamış olmasına rağmen iş bulamayan gençler bu kategoriye giriyor. OECD (Ekonomik Kalkınma ve İş birliği Örgütü)’nin yaptığı araştırmalar sonucunda NEET oranında en çok gelişme kaydeden 2. ülke Türkiye olduğunu belirtiyor. Yine de araştırmada yer alan ülkeler arasında Türkiye’deki NEET olan genç nüfusu diğer ülkelerinkinden iki kat daha fazla. Bu oranlara bakıldığında ülkemizde ciddi derecede iş ve eğitim alanında motivasyon isteksizliği olduğunu söyleyebiliriz.

2009 ekonomik krizi ve covid-19 pandemisi ile birlikte işsizlik ve özellikle genç işsizliğindeki artış araştırmacıların yoğun çalışma alanı haline gelmiştir. Gençler, iş deneyimleri, geçici sözleşmeler ve öncelikle deneyimli çalışanları koruma eğilimi nedeniyle işgücü piyasasının en savunmasız kesimini oluşturmaktadır (De Luca vd., 2019:154). Genç işsizliği kavramının gençlerin işgücü piyasasına geçişte yaşadığı sorunları açıklamada yetersiz kalması, hem iş hem de eğitimden ayrılan ve yüksek oranda sosyal dışlanma riski barındıran gençler için alternatif kavram veya göstergelere olan ihtiyacı ortaya çıkarmıştır (Eurofound, 2012). Gençler üzerine yapılan çalışmaların bir diğer odağı okuldan işe geçiş çalışmalarıdır. Bu kavram son sınıfa gelen gençlerin ilk iş sözleşmesine kadar yaşadığı süreci ve zorlukları ifade etmek için kullanılmaktadır. Diploma başarılarının ardından özellikle gençler hızlıca işgücü piyasasına girmek istemekte ve bu doğrultuda özgeçmişlerini güçlendirmek için tedbirler almaktadır. Ancak eğitim kendi başına işgücü piyasasında başarıyı garanti edemez. İşgücü arzına karşılık talep gerekmede ve sorunun çözümüne yönelik politikaların uygulanması da niteliğinin ortaya çıkarılmasına ihtiyaç duymaktadır. İşsiz veya iş arayanların yaş, eğitim, cinsiyet, işsizlik süreleri dikkate alınarak alt gruplara ayrılarak incelenmesi işsizliğin niteliklerini ortaya koymakta ve çözüm önerileri üretilmesini kolaylaştırmaktadır. İşsizliğin bu şekilde incelenmesi hangi kesimin daha yüksek oranda bir işsizlik riski ile karşı karşıya kaldığını göstereceği için sorunun çözümüne olanak sağlayacaktır (Aydın ve Dayıoğlu, 2020:3963).

NEET kavramına ilk olarak İngiltere’de işsizlik ödeneğine hak kazanma düzenlemelerinde yapılan değişiklikler sonucu (Furlong, 2006:553) gençlerde sosyal dışlanmanın önlenmesine ilişkin çalışmalar esnasında Birleşik Krallık hükümetinin Sosyal Dışlanma Birimince 1999’da hazırlanan bir raporda değinilmiştir (Genda, 2007:25).

Bu çalışma da T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Dış İlişkiler ve Avrupa Birliği Genel Müdürlüğü "Ne Eğitimde Ne İstihdamda Olan Gençlere Yönelik İşgücü Piyasası Destek Programı" kapsamında kabul edilen, 01.08.2023-31.07.2024 tarihleri arasında yürütülen, 54 numaralı "Empowerment Can Begin With Skills" isimli projenin konfeksiyon programı kursiyerlerinin istihdam edilebilirliklerine yapılan katkılar sunulmuştur.

Bu proje sözleşmesinde, bu programda istihdam koşulu olmadığından, herhangi bir istihdam garantisi verilmemiştir. Programın asıl amacı NEET’lerin istihdam edilebilirliklerine katkı sağlamaktır. Bu amaçla NEET’lere verilecek dersler sanayide en çok ihtiyaç duyulan konular gözönüne alınarak belirlenmiştir.

Empowerment Can Begin With Skills” projesinde hem konfeksiyon grubu hem de makine grubu bulunmaktadır. Her iki grupla ilgili çalışmalar karma şekilde, daha önce EYFOR-15 Uluslararası Eğitim Forumu’nda da sunulmuştur.

## 2.MATERYAL VE METOT

### 2.1.Materyal

Bu çalışma 40 adet NEET'le yapılmıştır. Projeye katılan NEET'ler 18 ila 29 yaşları arasındadır. Farklı yaşlardaki NEET'lerin içerisinde lise, ön lisans ve lisans mezunları mevcuttur. NEET'lere 6 farklı ders, toplam 240 saat verilmiştir. Bu dersler ve süresi Malatya Turgut Özal Üniversitesi Sürekli Eğitim Merkezi tarafından alanında uzman akademisyenlerce belirlenmiştir.

### 2.2. Metot

Çalışma kapsamında NEET'lerin eğitim programları sonucu gelişimlerinin tespit edilebilmesi için 40 katılımcıya eğitimin başlangıcında ön test ve sonunda son test uygulanmıştır. Ardından elde edilen veriler IBM® SPSS 26 istatistiksel paket programı kullanılarak tekrarlı ölçüm t-testi analizlerine tabi tutulmuş ve eğitimin etkinlik değerlendirmesi ders bazında yapılmıştır. Konfeksiyon grubundaki NEET'lere verilen dersler ve T-Testi sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Eğitimde Verilen Derslerin Toplu T-Testi Sonuçları.

Ders	Ön Test	Son Test	Fark	Significance	T-Testi
	Başarı (%)	Başarı (%)	(%)	Anamlılık	Açıklama
Bilgisayar destekli kalıp tasarımı	41,67	88,17	46,50	0,000	Test sonuçları anlamlı farklılık göstermektedir.
Konfeksiyon Atölyesi	27,23	69,77	42,54	0,000	Test sonuçları anlamlı farklılık göstermektedir.
Mesleki İngilizce	47,00	81,24	34,24	0,000	Test sonuçları anlamlı farklılık göstermektedir.
Toplam kalite yönetimi	58,56	70,38	11,83	0,000	Test sonuçları anlamlı farklılık göstermektedir.
Konfeksiyon üretim teknolojileri	47,59	59,05	11,47	0,000	Test sonuçları anlamlı farklılık göstermektedir.
İş sağlığı ve güvenliği	56,73	63,13	6,40	0,000	Test sonuçları anlamlı farklılık göstermektedir.
<b>Genel ortalama</b>	<b>46,46</b>	<b>71,96</b>	<b>25,50</b>	<b>0,000</b>	

## 3.ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu bölümde sırasıyla, bilgisayar destekli kalıp tasarımı, konfeksiyon atölyesi, bilgisayar destekli makine elemanları tasarımı, mesleki İngilizce, makine üretim teknolojileri, bilgi ve iletişim teknikleri, toplam kalite yönetimi, konfeksiyon üretim teknolojileri ve iş sağlığı ve güvenliği derslerine ait ön test ve son test sonuçları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. "Empowerment Can Begin With Skills" projesinde hem konfeksiyon grubu hem de makine grubu bulunmaktadır. Her iki gruba ilgili çalışmalar karma şekilde, daha önce EYFOR-15 Uluslararası Eğitim Forumu'nda da sunulmuştur (Bilgiç ve diğerleri, 2024). Bu kısımda sadece Konfeksiyon grubunun verileri paylaşılmıştır.

### *Bilgisayar destekli kalıp tasarımı*

Bilgisayar destekli kalıp tasarımı dersinin ön test ve son test sonuçları arasında anlamlı farklılık ( $p<0.05$ ) vardır.

**Çizelge 2.** Bilgisayar Destekli Kalıp Tasarım Dersine Ait Tanımlayıcı İstatistikler.

<b>Descriptive Statistics</b>			
	Mean	Std. Deviation	N
Ön Test	39,6591	13,13273	35
Son Test	86,6814	13,58934	35

**Çizelge 3.** Bilgisayar Destekli Kalıp Tasarım Dersine Ait Çok Değişkenli Analizler.

<b>Multivariate Tests<sup>a</sup></b>							
Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	Partial Eta Squared
Testler	Pillai's Trace	,869	225,128 <sup>b</sup>	1,000	34,000	,000	,869
	Wilks' Lambda	,131	225,128 <sup>b</sup>	1,000	34,000	,000	,869
	Hotelling's Trace	6,621	225,128 <sup>b</sup>	1,000	34,000	,000	,869
	Roy's Largest Root	6,621	225,128 <sup>b</sup>	1,000	34,000	,000	,869

a. Design: Intercept Within Subjects Design: Testler, b. Exact statistic

### ***Konfeksiyon Atölyesi***

Konfeksiyon atölyesi dersinin ön test ve son test sonuçları arasında anlamlı farklılık ( $p < 0.05$ ) vardır.

**Çizelge 4.** Konfeksiyon Atölyesi Dersine Ait Tanımlayıcı İstatistikler.

<b>Descriptive Statistics</b>			
	Mean	Std. Deviation	N
Ön Test	36,7778	12,49711	36
Son Test	98,0000	3,88403	36

**Çizelge 5.** Konfeksiyon Atölyesi Dersine Ait Çok Değişkenli Analizler.

<b>Multivariate Tests<sup>a</sup></b>							
Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	Partial Eta Squared
Testler	Pillai's Trace	,958	798,530 <sup>b</sup>	1,000	35,000	,000	,958
	Wilks' Lambda	,042	798,530 <sup>b</sup>	1,000	35,000	,000	,958
	Hotelling's Trace	22,815	798,530 <sup>b</sup>	1,000	35,000	,000	,958
	Roy's Largest Root	22,815	798,530 <sup>b</sup>	1,000	35,000	,000	,958

a. Design: Intercept Within Subjects Design: Testler, b. Exact statistic

## Mesleki İngilizce

Mesleki İngilizce dersinin ön test ve son test sonuçları sonuçları arasında anlamlı farklılık ( $p<0.05$ ) vardır.

**Çizelge 6.** Mesleki İngilizce Dersine Ait Tanımlayıcı İstatistikler.

Descriptive Statistics			
	Mean	Std. Deviation	N
Ön Test	46,5682	20,45574	44
Son Test	81,6364	17,78959	44

**Çizelge 7.** Mesleki İngilizce Dersine Ait Çok Değişkenli Analizler.

Multivariate Tests <sup>a</sup>							
Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	Partial Eta Squared
Testler	Pillai's Trace	,793	165,078 <sup>b</sup>	1,000	43,000	,000	,793
	Wilks' Lambda	,207	165,078 <sup>b</sup>	1,000	43,000	,000	,793
	Hotelling's Trace	3,839	165,078 <sup>b</sup>	1,000	43,000	,000	,793
	Roy's Largest Root	3,839	165,078 <sup>b</sup>	1,000	43,000	,000	,793

a. Design: Intercept Within Subjects Design: Testler, b. Exact statistic

## Toplam Kalite Yönetimi

Toplam kalite yönetimi dersinin ön test ve son test sonuçları arasında anlamlı farklılık ( $p<0.05$ ) vardır.

**Çizelge 8.** Toplam Kalite Yönetimi Dersine Ait Tanımlayıcı İstatistikler.

Descriptive Statistics			
	Mean	Std. Deviation	N
Ön Test	60,8889	14,78209	45
Son Test	79,2222	14,69213	45

**Çizelge 9.** Toplam Kalite Yönetimi Dersine Ait Çok Değişkenli Analizler.

Multivariate Tests <sup>a</sup>							
Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	Partial Eta Squared
Testler	Pillai's Trace	,613	69,686 <sup>b</sup>	1,000	44,000	,000	,613
	Wilks' Lambda	,387	69,686 <sup>b</sup>	1,000	44,000	,000	,613
	Hotelling's Trace	1,584	69,686 <sup>b</sup>	1,000	44,000	,000	,613
	Roy's Largest Root	1,584	69,686 <sup>b</sup>	1,000	44,000	,000	,613

a. Design: Intercept Within Subjects Design: Testler, b. Exact statistic

## Konfeksiyon Üretim Teknolojileri

Konfeksiyon üretim teknolojileri dersinin ön test ve son test sonuçları arasında anlamlı farklılık ( $p<0.05$ ) vardır.

**Çizelge 10.** Konfeksiyon Üretim Teknolojileri Dersine Ait Tanımlayıcı İstatistikler.

Descriptive Statistics			
	Mean	Std. Deviation	N
Ön Test	48,2757	13,69156	35
Son Test	65,9109	14,06384	35

**Çizelge 11.** Konfeksiyon Üretim Teknolojileri Dersine Ait Çok Değişkenli Analizler.

Multivariate Tests <sup>a</sup>							
Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	Partial Eta Squared
Testler	Pillai's Trace	,534	39,022 <sup>b</sup>	1,000	34,000	,000	,534
	Wilks' Lambda	,466	39,022 <sup>b</sup>	1,000	34,000	,000	,534
	Hotelling's Trace	1,148	39,022 <sup>b</sup>	1,000	34,000	,000	,534
	Roy's Largest Root	1,148	39,022 <sup>b</sup>	1,000	34,000	,000	,534

a. Design: Intercept Within Subjects Design: Testler, b. Exact statistic

## İş Sağlığı ve Güvenliği

İş sağlığı ve güvenliği dersinin ön test ve son test sonuçları arasında anlamlı farklılık ( $p<0.05$ ) vardır.

**Çizelge 12.** İş Sağlığı Ve Güvenliği Dersine Ait Tanımlayıcı İstatistikler.

Descriptive Statistics			
	Mean	Std. Deviation	N
Ön Test	56,9570	10,05731	46
Son Test	68,6230	14,71637	46

**Çizelge 13.** İş Sağlığı Ve Güvenliği Dersine Ait Çok Değişkenli Analizler.

Multivariate Tests <sup>a</sup>							
Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	Partial Eta Squared
Testler	Pillai's Trace	,452	37,099 <sup>b</sup>	1,000	45,000	,000	,452
	Wilks' Lambda	,548	37,099 <sup>b</sup>	1,000	45,000	,000	,452
	Hotelling's Trace	,824	37,099 <sup>b</sup>	1,000	45,000	,000	,452
	Roy's Largest Root	,824	37,099 <sup>b</sup>	1,000	45,000	,000	,452

a. Design: Intercept Within Subjects Design: Testler, b. Exact statistic



#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, farklı alanlarda mezuniyeti olan, Konfeksiyon teknolojisi eğitimi verilmek üzere 40 kişilik NEET grubu belirlenmiştir. NEET'lere eğitimin başlangıcında ön test ve eğitimin sonunda son test uygulanarak elde edilen veriler IBM® SPSS 26 istatistiksel paket programı kullanılarak tekrarlı ölçüm analizlerine tabi tutulmuş ve eğitimin etkinlik değerlendirmesi ders bazında yapılarak sonuçları özetlenmiştir: Proje başında hedeflenen, NEET gelişimleri üzerinde eğitim programlarının NEET'lerin yetkinliklerine ders bazında etkisi: bilgisayar destekli kalıp tasarımı (%46,50), konfeksiyon atölyesi (%42,54), mesleki İngilizce (%34,24), toplam kalite yönetimi (%11,83), konfeksiyon üretim teknolojileri (%11,47) ve iş sağlığı ve güvenliği (%6,40) oranlarda etkide bulunduğu görülmüştür. Eğitim etkinliğinin ders bazında %6,40 ila %46,50 arasında değişkenlik göstermesinin sebebi olarak derslerin kapsamları ve yatay/düşey uzmanlıkları ile ilintili olması şeklinde yorumlanmıştır.

Projenin 12. Ayı itibarı ile 40 NEET'in 8'i (%20'si) istihdam edilmiştir. İlerleyen zamanlarda daha fazla NEET'in istihdam edilmesi beklenmektedir.

Sonuç olarak katılımcıların büyük bir oranının mesleki, genel ve sosyal konularda beceri kazandığı tespit edilmiştir. Ayrıca, eğitimin sonunda katılımcıların işgücüne entegrasyonunun sağlanmasıyla, aktif işgücü piyasası programlarıyla insana yakışır işlerde istihdam edilebilirliğinin kolaylaştığı ve programın sürekliliği ile de ülkemizin potansiyel işgücünün ortaya çıkarılabileceği söylenebilir.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışma AB katılım Öncesi Mali Yardım Aracı kapsamında Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmiştir. Programın operasyon faydalanıcısı Türkiye İş Kurumu'dur. Çalışmanın gerçekleştirilmesinde finansal destek sağlayan Türkiye Cumhuriyeti ve Avrupa Birliğine ve NEET'lere ulaşılmasında ve bireysel eylem planının hazırlanmasına katkı sağlayan İŞKUR'a teşekkür ederiz.

**Not:** Bu yayın Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti'nin maddi desteği ile hazırlanmıştır. İçerik tamamıyla Malatya Turgut Özal Üniversitesi sorumluluğu altındadır ve Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyetinin görüşlerini yansıtmak zorunda değildir.

#### 5.KAYNAKLAR

Aydın, Y. ve Dayıoğlu T.(2020). "İşsizlik olgusuna kavramsal bakış ve Türkiye'de genç işsizliği sorunu", *Turkish Studies*, 15(8), ss.3961- 3978.

Bilgiç, H., Okyay Sezer, G., Ertek Avcı, M., Bekdaş, M. (2024). "Aktif İşgücü Piyasası Programları Aracılığıyla Ne Eğitimde Ne İstihdamda Olan Gençlerin İşgücüne Entegrasyonunun Sağlanması", *EYFOR 15 Uluslararası Eğitim Yönetimi Forumu, Antalya*.

De Luca, G., Mazzocchi, P., Quintano, C. ve Rocca, A.,(2019). "Italian NEETs in 2005–2016: have the Recent Labour Market Reforms Produced Any Effect?", *CESifo Economic Studies*, 65(2), ss.154–176.

Eurofound. (2012). *NEETS – Young People Not in Employment, Education or Training: Characteristics, Costs and Policy Responses in Europe, Luxembourg: Publications Office of the European Union*.

Furlong, A. (2006). "Not a very NEET solution: Representing problematic labour market transitions among early school-leavers", *Work, Employment and Society*, c.20, ss.553–569.

Genda, Y. (2007). "Jobless Youths and the NEET Problem in Japan", *Social Science Japan Journal*, 10(1), ss.23–40.

# TEKSTİL İŞLETME ATIĞI KLİMA TOZLARINDAN GELİŞTİRİLEN KOMPOZİT YALITIM MALZEMELERİNE GÜÇ TUTUŞURLUK ÖZELLİĞİ KAZANDIRILMASI

Elif Burcu ÖZKAN BUZĞAN<sup>1</sup>, Gaye KAYA<sup>2</sup>, Mehmet KERTMEN<sup>3</sup>, Hüseyin Gazi  
TÜRKSOY<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Erciyes Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Kayseri

<sup>2</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş

<sup>3</sup>İSKUR Grup A.Ş., Ar-Ge Merkezi, Kahramanmaraş

[burcuelifozkan@gmail.com](mailto:burcuelifozkan@gmail.com)

## ÖZET

Günümüzde tekstil atıkları farklı yöntemler ile değerlendirilmektedir. Üretim sektörleri yeni malzeme ve enerji tüketimini, hava ve su kirliliğini ve hatta sera gazı emisyonlarını azaltmak için atıklardan yararlanarak yeni ürünler üretmektedir. Yaratıcı yeniden kullanımda (upcycle) atık malzeme yararlı ve yeni bir ürün olarak sunulmaktadır ve atık miktarı azaltılmaktadır. Çalışma kapsamında, mevcutta kısa elyaf iplik işletmelerinin belediyelerin belirlediği alanlara dökme ve/veya yakma yöntemiyle uzaklaştırdıkları klima atık tozları değerlendirilerek, çevresel yükün azaltılması ve klima tozu atıklarının ekonomik faydaya dönüştürülmesi amaçlanmıştır. Yalıtım özelliği olan bu malzemelerin (termal yalıtım değeri 0,035 W/mK ve gürültü azaltma katsayısı değeri 0,400 dB olan) içerisine mikro-silika, karbon elyaf tozu ve brom esaslı yanmazlık maddeleri eklenerek güç tutuşurluk özelliği kazandırılmıştır. Farklı oranlarda güç tutuşurluk maddeleri eklenen yalıtım özelliği olan kompozitlere güç tutuşurluk testi yapılmıştır. Yapılan testler sonucunda %10 oranında silika içeren klima atık toz katkılı numunenin güç tutuşurluk özelliğinin en iyi olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Sürdürülebilirlik, Yaratıcı yeniden kullanım, Atık klima tozu, Poliüretan köpük kompozit, Güç tutuşurluk, Yalıtım.

## DEVELOPMENT OF FLAMMABLE COMPOSITE INSULATION MATERIAL FROM TEXTILE AIR CONDITIONER WASTE DUSTFILLED POLYURETHANE RIGID FOAM COMPOSITES

### ABSTRACT

Nowadays, textile wastes are evaluated with different methods. Manufacturing sectors produce new products using new materials and waste to reduce energy consumption, air and water pollution and even greenhouse gas emissions. In upcycling, waste material is presented as a useful and new product and the amount of waste is reduced. Within the scope of the study, it is aimed to reduce the environmental burden and transform air conditioning dust waste into economic benefit by evaluating the air conditioning waste dust that is currently removed by dumping and/or incineration by short fiber yarn enterprises to areas determined by municipalities. These insulating materials (with a thermal insulation value of 0.035 W/mK and a noise reduction coefficient of 0.400 dB) have been given flame retardant properties by adding micro-silica, carbon fiber powder and bromine-based fire retardant materials. Flame retardancy tests were carried out on composites with insulation properties to which different amounts of flame retardant substances were added. As a result of the tests, it was seen that the sample containing air conditioning waste dust containing 10% silica had the best flame retardant feature.

**Key Words:** Sustainability, upcycle, textile air conditioner waste dust, polyurethane rigid foam composites, flame retardant, insulation.

## 1. GİRİŞ

Tekstil sektöründen kaynaklanan atıkların önlenemediği ya da azaltılmadığı durumlarda, oluşan atıkların özelliklerine uygun bir teknoloji ile tercihen geri kazanılması ya da geri kazanım, ön işlem, yakma ve düzenli depolama işlemleri ile bertaraf edilmesi gerekmektedir. Tekstil sektörünün en büyük sorunlarından biri olan atık oluşumunu azaltmak için günümüzde pek çok uygulama bulunmaktadır. Ülkemizde tekstil atıkları yakma ve gömme işlemleri ile bertaraf edilmeye çalışılmaktadır. Uygulanan bu yöntemler çevre kirliliğine sebep olmakta ve çevresel problem yaratmaktadır. Tekstil sektöründe temiz üretim ilkeleri çerçevesinde sıfır atığa ulaşmak adına atıkların geri kazanım oranının en üst seviyeye çıkarılması için atık yönetimi alanındaki çalışmalar sektörde yer alan firmaların rekabet edilebilirliklerini artırmaktadır [7]. Etkin ve sürdürülebilir bir atık yönetiminin oluşması noktasında atık yönetim maliyetlerinin en aza indirgenmesi büyük önem arz etmektedir. Atık yönetim maliyetlerinin en aza indirilmesi için yapılması gerekenlerin başında, oluşan atığın kaynağında önlenmesi, başka bir şekilde ifade etmek gerekirse atık oluşumunun önlenmesi, bu durumun mümkün olmadığı noktalarda da oluşan atığın azaltılması, tekrar kullanım, geri dönüşüm/kazanım gibi işlemlerle nihai olarak bertaraf edilmesi gereken atık miktarının azaltılması önemli unsurlardır[2,9]. Üretim sırasında oluşan klima atık tozlarını dünyada ve ülkemizde üretim yapan iplik işletmeleri açısından önemli bir sorun oluşturmaktadır. Yaratıcı yeniden kullanımda (upcycle) atık malzeme yararlı ve yeni bir ürün olarak sunulmaktadır ve atık miktarı azaltılmaktadır [2,9]. Çalışma kapsamında mevcutta kısa elyaf iplik işletmelerinin belediyelerin belirlediği alanlara dökme ve/veya yakma yöntemiyle uzaklaştırdıkları klima atık tozları değerlendirilerek, çevresel yükün azaltılması ve klima tozu atıklarının ekonomik faydaya dönüştürülmesi amaçlanmıştır. Çalışmada tekstil fabrikalarındaki klima atık tozlarının yeniden kazanımla katma değeri yüksek ürün olarak kullanılması araştırılmıştır. Bu çalışmada, tekstil klima atık tozları ile takviye edilen ses ve termal yalıtım özelliklerine sahip poliüretan (PU) sert köpük kompozit malzeme geliştirilmiş ve yalıtım özelliği olan bu kompozitlerin içerisine çeşitli oranlarda mikro-silika, karbon elyaf tozu ve brom esaslı yanmazlık maddeleri eklenerek güç tutuşurluk özelliği kazandırılmış ve güç tutuşur malzemelerin yanmazlık özellikleri karşılaştırılmıştır.

## 2.MATERYAL VE METOT

Çalışmada kullanılan atık klima tozları İskur Tekstil işletmesinden temin edilmiştir. Şekil 1de klima atık tozları görülmektedir.

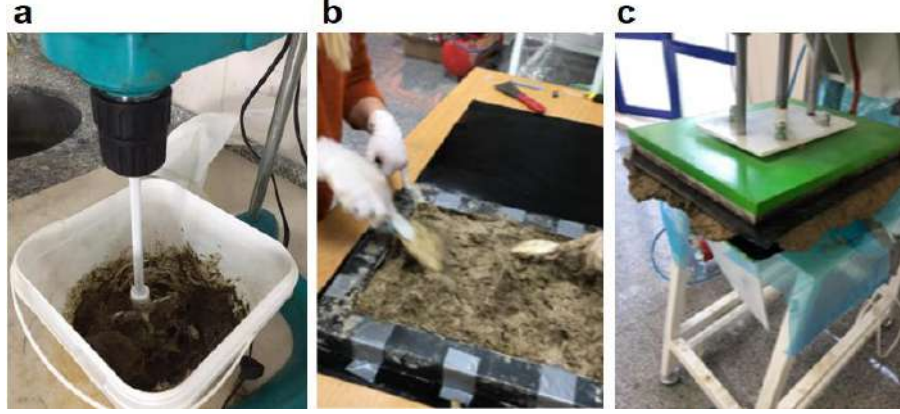


Şekil 1. Tekstil işletmelerindeki klima sistemi (a) ve toplanan klima tozları (b) [6].

### 2.1. Tekstil Klima Atık Toz Katkılı Güç Tutuşur PU Kompozitlerin Üretilmesi

Polyol (Plusol PD-327, Pluskim, Türkiye) ve izosiyanat (Plusnate 200, (Pluskim, Türkiye) bileşiklerinin ağırlıkça 1-1,20 oranında karıştırılmasıyla üretilen PU rijit köpük kompozitler, önce mekanik olarak polyol bileşeni ile karıştırıldı. Tozun homojen bir şekilde dağılmasını sağlamak için 550 devir/dakikada 15 dakika mekanik karıştırıcı ile karıştırıldıktan sonra bu karışıma izosiyanat ilave

edilip tekrar karıştırılarak poliüretan köpük oluşturuldu. PU sert köpük kompozitler alüminyum kalıplar kullanılarak 400 × 500 mm boyutlarında üretildi. Numunelerin kalıba yapışmaması için Teflon® film kullanıldı. Karışım kalıba dökülerek prese (Wermac® H501, Türkiye) yerleştirildi. Kalıplama, oda sıcaklığında, 45 dakika süreyle 6 bar basınç kullanılarak gerçekleştirildi. İstenen kalınlıklarda numune elde etmek için pres kullanılmıştır. Şekil 2’de imalat aşamaları ve üretilen PU sert köpük kompozitler görülmektedir. Kompozit kalınlığı ile belirtilen değer üretim kalınlığıdır.



**Şekil 2.** Rijit PU köpük kompozit üretim aşamaları polyol, toz ve güç tutuşur malzemenin karıştırılması (a), PU köpüğün kalıplanması (b, c).

Properties of textile air conditioner waste dust-filled polyurethane rigid foam composites [6] isimli makalede yayınlanan özellikler değerlendirilerek optimum termal ve yalıtım özelliği olduğu tespit edilen %25 tekstil klima tozu içeren 3 cm kalınlığındaki kompozit yapılar güç tutuşurluk maddeleri eklenmiş ve elde edilen kompozitlere güç tutuşurluk testi yapılmıştır. Güç tutuşurluk malzemesi olarak mikrosilika (Dost Kimya, Türkiye), 100-400 mikron boyutundaki karbon elyaf tozu (Dost Kimya, Türkiye) ve brom esaslı (FR-1410, ICL Endüstriyel Ürünler) güç tutuşurluk malzemeleri eklenerek üretilen kompozit numunelerine ait üretim planı Tablo 1 de gösterilmektedir. Üretilen güç tutuşur numunelere ait fotoğraflar şekil 3’te gösterilmektedir.

**Tablo 1.** PU sert köpük kompozitlerin güç tutuşurluk özelliğinin geliştirilmesi amacıyla uygulanan deneysel plan.

Numune kodları	Klima tozu oranı (Ağırlıkça, %)	Güç tutuşurluk maddesi	Güç tutuşurluk maddesi oranı (Ağırlıkça, %)
PU	0	-	0
PU-25	25	-	0
PU-25-5S	25	%5 Silika	5
PU-25-5FR	25	%5 FR	5
PU-25-5C	25	%5 Karbon	5
PU-25-1S	25	%1 Silika	1
PU-25-1FR	25	%1 FR	1
PU-25-1C	25	%1 Karbon	1
PU-25-10S	25	%10 Silika	10
PU-1S	0	%1 Silika	1
PU-5S	0	%5 Silika	5
PU-10S	0	%10 Silika	10
PU-5FR	0	%5 FR	5
PU-25-10FR	25	%10 FR	10

Tablo 1 de yer alan deney planına göre üretilen güç tutuşur özellikli kompozit numunelerin güç tutuşurluk analizleri yapılmıştır.



Şekil 3. Üretilen rijit güç tutuşur PU köpük kompozitler.

## 2.2.Güç Tutuşurluk Testi

Tablo 1 de yer alan üretim planına göre üretilen 3 cm kalınlığındaki kompozit numuneler TS EN ISO 15025 test standardına uygun olarak test edilmiştir.

## 3.BULGULAR VE TARTIŞMA

TS EN ISO 15025 test standardına uygun olarak yapılan güç tutuşurluk testi sonuçları Tablo 2 de gösterilmektedir. Tablo 2 incelendiğinde PU-25-10S kodlu ağırlıkça %10 silika ve %25 klima atık tozu içeren numunenin en iyi güç tutuşurluk özelliği gösterdiği görülmüştür. Kül boyunun ve alev süresinin en düşük olduğu numune olması bu numunenin en iyi sonucu veren numune olduğunu göstermektedir. İkinci olarak %5 brom esaslı yanmazlık maddesi içeren PU-5FR kodlu numune iyi güç tutuşur özellik göstermiştir.

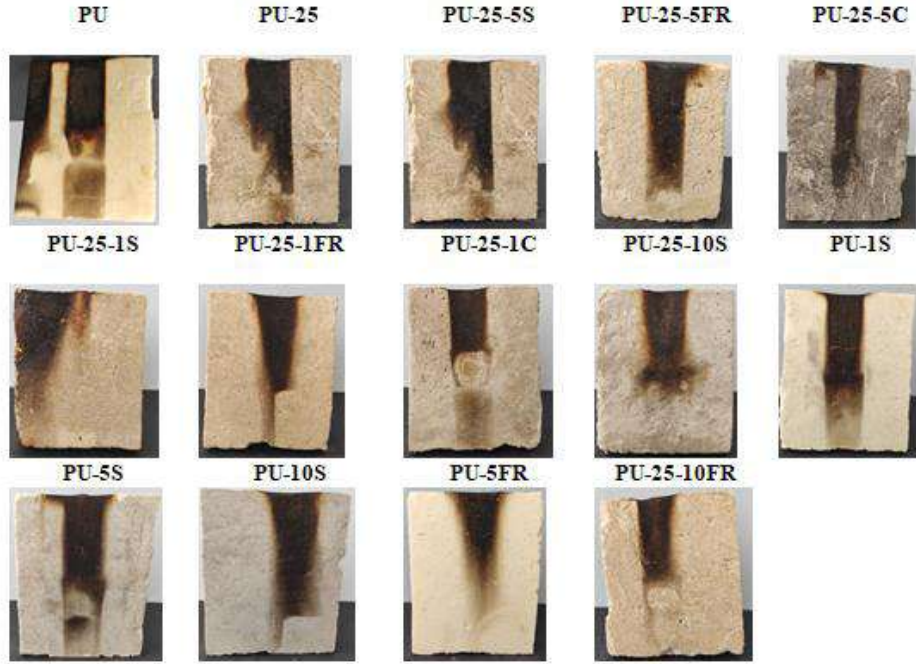
Poliüretan köpük kompozitlerin mükemmel ısı yalıtım performansına sahip olması ve mekanik özelliklerinin iyi olması nedeniyle birçok alanda başta bina inşaatlarında ısı yalıtım malzemesi olarak kullanımında yaygın olarak kullanılmaktadır [3,4,5,8,10]. En kötü güç tutuşurluk özelliğini içerisinde katkı maddesi bulunmayan PU nun gösterdiği görülmüştür. İçerisine atık klima tozu katılan PU-25 kodlu numunenin güç tutuşurluğunda herhangi bir iyileşme görülmemiştir. Poliüretan köpük kompozitlerin yanıcılık özelliğinin kötü olması nedeniyle kullanım alanı kısıtlanmaktadır. Bu nedenle poliüretan köpük kompozitlere güç tutuşurluk özelliği kazandırılmak istenmektedir. Eklenen klima atık tozlarının selülozik olması nedeniyle güç tutuşurluk özelliği üzerinde olumlu etki göstermediği düşünülmektedir [1].

Ağırlıkça %1 güç tutuşurluk malzemesi ve %25 klima atık tozu içeren numuneler güç tutuşurluk yönünden değerlendirildiğinde sırasıyla silika, brom esaslı yanmazlık maddesi ve karbon içeren kompozitler güç tutuşma özelliği göstermektedir.

Ağırlıkça %5 güç tutuşurluk malzemesi ve %25 klima atık tozu içeren numuneler güç tutuşurluk yönünden değerlendirildiğinde sırasıyla karbon, brom esaslı yanmazlık maddesi ve silika içeren kompozitler güç tutuşma özelliği göstermektedir.

**Tablo 2.** Kompozitlerin Güç Tutuşurluk Test Sonuçları.

Ürün Kodları	Alev Süresi (saniye)	Kül Boyu (mm)	Alev Boyu (mm)
PU-0	20	95	200
PU-25	30	100	130
PU-25-5S	15	100	155
PU-25-5FR	11	90	130
PU-25-5C	5	100	155
PU-25-1S	5	60	100
PU-25-1FR	7	60	120
PU-25-1C	12	60	80
PU-25-10S	2	60	120
PU-1S	10	60	140
PU-5S	5	60	150
PU-10S	8	60	140
PU-5FR	3	60	115
PU-25-10FR	2,5	75	100



**Şekil 4.** Güç tutuşurluk testi sonucu kompozit numuneler

Şekil 4 de yapılan güç tutuşurluk testi sonucunda numunelerin fotoğrafları gösterilmektedir.

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, klima atık tozları ile takviye edilen güç tutuşur poliüretan (PU) sert köpük kompozitler geliştirilmiştir. Geliştirilen güç tutuşur kompozitlere farklı oranlarda eklenen güç tutuşurluk maddesinin güç tutuşurluk özelliği üzerindeki etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar şunlardır:

Poliüretan köpük kompozitlere eklenen güç tutuşurluk maddelerinin kompozitlere güç tutuşurluk özelliği kazandırdığı görülmüştür. İçerisinde %10 oranında silika içeren klima atık toz katkılı numunenin güç tutuşurluk özelliğinin en iyi olduğu görülmüştür. Klima atık toz katkılı numunelere %1 oranında güç tutuşurluk malzemesi eklendiğinde en iyi sonucu silika eklenen numunenin verdiği, %5 oranında güç tutuşurluk malzemesi eklendiğinde en iyi sonucu karbon eklenen numunenin verdiği görülmüştür.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK Tarafından Teknoloji ve Yenilik Destek Programı kapsamında 5200008 kodlu proje ile desteklenmiştir. Klima atık toz temininde desteklerini esirgemeyen İSKUR Tekstil A.Ş. ye teşekkürlerimizi sunarız.

#### 5. KAYNAKLAR

Bhoyate S., Ionescu M, Kahol PK, Gupta RK.,(2018), *Castor-oil derived nonhalogenated reactive flame-retardant-based polyurethane foams with significant reduced heat release rate.*, *J Appl Polym Sci*,29(1),47276.

<https://www.enicbmed.eu/sites/default/files/202301/A%20Study%20on%20technologies%20for%20recycling%20and%20reuse%20of%20textile%20scraps%20-%20TMA%20WP6.pdf>

Gao L., Zheng G., Zhou Y., Hu L., Feng G., (2015), *Improved mechanical property, thermal performance, flame retardancy and fire behavior of lignin-based rigid polyurethane foam nanocomposite*, *J Therm.Anal Calorim*,120(2):1311–25.

Hejna A, Kosmela P, Kirpluks M, Cabulis U, Klein M, Haponiuk J, Piszczyk Ł., (2017), *Structure, mechanical, thermal and fire behavior assessments of environmentally friendly crude glycerol-based rigid polyisocyanurate foams*, *J Polym Environ.*,26(5),1854–68.

Li LJ, Chen YJ, Qian LJ, Xu B, Xi W., (2018), *Addition flame-retardant effect of nonreactive phosphonate and expandable graphite in rigid polyurethane foams*, *J Appl Polym Sci*, 135(10), 45960.

Özkan Buzğan, E. B., Kaya, G., Kertmen, M., Türksoy, H. G., (2022), *Properties of textile air conditioner waste dust-filled polyurethane rigid foam composites*, *Plastics, Rubber and Composites*, 51(7), 352-362. DOI: 10.1080/14658011.2021.1993677.

Retail forum for sustainability Issue Paper No: 11 August 2013  
[https://ec.europa.eu/environment/industry/retail/index\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/industry/retail/index_en.htm)

Tang, G., Zhou, L., Zhang, P. et al., (2020), *Effect of aluminum diethylphosphinate on flame retardant and thermal properties of rigid polyurethane foam composites*, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 140, 625–636. <https://doi.org/10.1007/s10973-019-08897-z>

USTER Sürdürülebilirlik Bülteni Uygulama Raporu No. Geri dönüştürülmüş malzeme için tanımlar, standartlar ve tekstil bilgisi 1 Haziran 2023

Wang C, Wu YC, Li YC, Shao Q, Yan XR, Han C, Wang Z, Liu Z, Guo ZH., (2017), *Flame-retardant rigid polyurethane foam with a phosphorus-nitrogen single intumescent flame retardant*, *Polym Adv Technol*, 29(1),668–76.

Zammarano, M., Krämer, R. Jr, R. , Ohlemiller, T., Shields, J., Rahatekar, S., Lacerda, S., Gilman, J.,(2008), *Flammability reduction of flexible polyurethane foams via carbon nanofiber network formation*. *Polymers for Advanced Technologies*, 19,. 588 - 595.

# UHMWPE VE KARBON DOKUMA KUMAŞ TAKVİYELİ HİBRİT KOMPOZİT YAPILARIN TASARIMI

**R. Befru BÜYÜKBAYRAKTAR<sup>1</sup>, Yusuf ARMAN<sup>2</sup>, Rabia AVCI<sup>1</sup>, Kemal RECEPOĞLU<sup>1</sup>,  
Özgür CIVLAN<sup>2</sup>, Ruşen Alim UĞURLUEL<sup>2</sup>, Ozan Naci GÜRCAN<sup>2</sup>, Kemal Furkan  
ANDAÇ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Dokuz Eylül Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye*

<sup>2</sup>*Dokuz Eylül Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye*  
*befru.buyukbayraktar@deu.edu.tr*

## ÖZET

Son yıllarda sağladıkları üstün özelliklerden dolayı kompozit malzemelerin kullanım alanı artmış, kompozit tasarımı ile ilgili çalışmalar da hız kazanmıştır. Kompozit malzemelerde kullanılan takviye elamanları, yapının mekanik ve dinamik özelliklerini belirleyen ana etmendir. Bu çalışmada öncelikle ultra yüksek molekül ağırlıklı (UHMWPE) ipliklerle tek katlı ve çok katlı dokuma kumaş yapıları üretilmiştir. Üretilen tek ve çok katlı dokuma kumaşların bazı mekanik özellikleri ile hava geçirgenliği özelliği test edilmiştir. Daha sonra UHMWPE ve karbon dokuma kumaşlar ile iki farklı hibrit kompozit yapı tasarlanarak vakum infüzyon yöntemi ile üretimleri gerçekleştirilmiştir. Tasarımların ilkinde takviye malzemesi olarak çok katlı UHMWPE dokuma kumaş ile karbon dokuma kumaş, ikincisinde tek katlı UHMWPE dokuma kumaş ile karbon dokuma kumaş kullanılmıştır. Çalışmada hibrit kompozit üretiminde kullanılan tek katlı ve çok katlı UHMWPE dokuma kumaş yapılarının tasarlanan hibrit kompozit malzemelerin performans özelliklerine etkisinin incelenmesi ve karşılaştırılması amaçlanmıştır. UHMWP ve karbon dokuma kumaş takviyeli hibrit kompozit yapıların, mekanik performanslarının belirlenebilmesi için malzeme çekme testi, basma testi, üç nokta eğilme testi ve quasi-statik testi yapılmış ve hibrit kompozit yapıların test sonuçları karşılaştırılmıştır. Çok katlı UHMWPE dokuma kumaş ile üretilen hibrit kompozit yapının genel olarak daha iyi mekanik sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** UHMWPE, karbon, çok katlı dokuma kumaş, hibrit kompozit

## DESIGN OF UHMWPE AND CARBON WOVEN FABRIC REINFORCED HYBRID COMPOSITE STRUCTURES

### ABSTRACT

In recent years, the use of composite materials has increased due to the superior properties they provide, and researches about composite design have also gained momentum. The reinforcement elements used in composite materials are the main factor that determines the mechanical and dynamic properties of the structure. In this study, firstly single-layer and multi-layer woven fabric structures were produced with ultra-high molecular weight polyethylene (UHMWPE) yarns. The mechanical and air permeability properties of the produced single and multi-layer woven fabrics were tested. Then, two different hybrid composite structures were designed with UHMWPE and carbon woven fabrics and produced using the vacuum infusion method. In the first design, multi-layer UHMWPE woven fabric and carbon woven fabric were used as reinforcement materials, and in the second, single-layer UHMWPE woven fabric and carbon woven fabric were used. The aim of the study is to examine and compare the effects of single-layer and multi-layer UHMWPE woven fabric structures used in hybrid composite production on the performance properties of designed hybrid composite materials. In order to determine the mechanical performances of UHMWPE and carbon woven fabric reinforced hybrid



composite structures, tensile test, compression test, three-point bending test and quasi-static test were performed and the test results of the hybrid composite structures were compared. It has been observed that the hybrid composite structure produced with multi-layered UHMWPE woven fabric generally gives better mechanical results.

**Keywords:** UHMWPE, carbon, multilayer woven fabric, hybrid composite

## 1.GİRİŞ

Kompozit malzemeler sağladıkları üstün mekanik özelliklerden dolayı günümüzde savunma sanayii, uzay ve havacılık, otomotiv ve inşaat sektörü gibi pek çok farklı alanda kullanılmaktadır. Tekstil esaslı kompozitler, düşük ağırlıkları, kolay form alabilmeleri ve üretim maliyetlerinin düşük olması sebepleri ile tercih edilmektedir. Karbon, cam, aramid ve yüksek performanslı polietilen gibi lifler kompozit malzeme üretiminde tercih edilmektedir. Bu liflerle üretilen dokuma kumaşların kompozit malzemede takviye malzemesi olarak kullanılması dokuma kumaşın yönlendirilmiş yapısından dolayı ayrıca avantajlar sağlamaktadır.

Ultra yüksek molekül ağırlıklı polietilen (UHMWPE) iplikleri gibi özel geliştirilmiş lifler sağladıkları yüksek performans özellikleri ile başta darbe direncinin önemli olduğu uygulamalar olmak üzere, biyomedikal uygulamalar, akustik uygulamalar gibi farklı alanlarda da kompozit üretiminde tercih edilmektedir (Hearl, 2001, Khan ve ark., 2021). UHMWPE liflerin sahip olduğu son derece yüksek tokluk ve uzunlamasına modül ile düşük hacimsel kütle yoğunluğu bu lifleri yüksek darbeye karşı dirençli hale getirmektedir. Aramid lifler balistik uygulamalarda daha fazla kullanılmasına rağmen UHMWPE lifler benzer ağırlıkta aramidlerden daha yüksek mukavemete (%40) sahiptir (Wang ve ark., 2021). Bu özelliklerinden dolayı UHMWPE lifler ile üretilen kompozit çalışmaları farklı araştırmalara konu olmuştur.

UHMWPE ile Kevlar, karbon ve cam lif takviyeli kompozitlerin karşılaştırıldığı çalışmada, UHMPE liflerin özellikle yüksek enerji emme yeteneğinden dolayı karbon veya cam lif ile birlikte kullanıldığında hibrit kompozit malzemelerin mekanik özelliklerinin gelişmesinde katkı sağladığı gözlenmiştir (Ladizesky ve Ward, 1985). Başka bir çalışmada polietilen dokuma kumaş ve dokusuz yüzey kumaş ile oluşturulan hibrit yapının balistik sınırlama ve enerji emilimi açısından her iki kumaşın ayrı ayrı enerji emilim değerlerinin toplamından daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. (Hergueta ve ark., 2018). Aramid ve UHMWPE oluşturulan hibrit kompozit yapıların balistik darbe davranışı lif tipi, kumaş yapısı, kumaş katlarının yönü ve kalınlık gibi parametrelerin etkileri açısından incelendiğinde, kompozit kalınlığının etkili olduğu, ayrıca tek yönlü kumaşlarla güçlendirilmiş kompozitlerin daha iyi balistik özellikler gösterdiği gözlemlenmiştir (Karahan ve Jabbar , 2015). UHMWPE dokuma kumaşlar ve tek yönlü liflerden oluşan kompozitlerin yüksek hızlı balistik etki altındaki davranışlarını inceleyen başka bir çalışmada da geçiş noktalarının olmamasından dolayı tek yönlü malzemeler ile üretilen kompozitlerde balistik etkinin daha küçük bir kompozit alanına ulaştığı gözlenmiş ve dokuma kumaşlara göre daha iyi balistik performans gösterdikleri belirtilmiştir (Dimeski ve ark., 2011). UHMWPE liflerinin karbon liflerle birlikte kullanılması ile oluşturulan kompozit malzemelerin basınç ve eğilme davranışları incelendiğinde; UHMPE lif takviyeli bir kompozite orta miktarda karbon elyafın eklenmesinin basınç dayanımını, bükülme modülünü ve bükülme dayanımını büyük ölçüde arttırdığı, ancak karbon elyaf takviyeli bir kompozite az miktarda UHMPE lifin eklenmesinin dayanıklılığı önemli ölçüde artırırken basınç dayanımında küçük bir azalmaya neden olduğu belirtilmiştir (Li ve ark.,1999). Farklı metre kare ağırlıklarına sahip UHMWPE bezayağı dokuma kumaşlarla 1, 2 ve 3 katlı farklı kompozit yapılar oluşturularak yapıların su emme ve aşınma testleri yapılmış ve metre kare ağırlığı fazla olan kumaş ile yapılan kompozit su emme oranı daha fazla bulunmuş, aşınma değerinde ise sadece uygulanan yükün etkisi önemli bulunmuştur (Prasad ve ark., 2020).

Bu çalışmada amaçlanan, tek katlı ve çok katlı UHMWPE dokuma kumaşlar ile karbon dokuma kumaşları kullanılarak oluşturulan hibrit kompozit yapıların tasarımda tek katlı

kumaş yapısı veya çok katlı dokuma kumaş yapısı kullanmanın hibrit kompozit yapının mekanik özelliklerine etkisinin incelenmesi ve karşılaştırılmasıdır.

## 2.MATERYAL VE METOT

### 2.1.Materyal

Bu çalışmada 200 denye ultra yüksek molekül ağırlıklı polietilen (UHMWPE) iplik ile tek katlı ve üç katlı dokuma kumaşların üretimi gerçekleştirilmiştir. Kumaşların atkı ve çözgü yönünde aynı iplik kullanılmıştır. Ticari olarak temin edilen karbon dokuma kumaş 12K iplik numarasına sahip 300 g/m<sup>2</sup> ağırlıkta bezayağı dokuma kumaştır. Karbon dokuma kumaşın çözgü ve atkı yönünde sıklığı 2.5 tel/cm'dir.

Kompozit üretiminde matris malzemesi olarak Fibermak F-1564 epoksi reçine ve Fibermak F-3487 reçine sertleştirici kullanılmıştır.

### 2.1. Metot

#### 2.1.1. Dokuma kumaş tasarımları

Çalışmada üretimi gerçekleştirilen tek katlı kumaş bezayağı dokuma kumaş olarak tasarlanmış ve tezgah sıklığı çözgü ve atkı yönünde 10 tel/cm olacak şekilde üretilmiştir. Çok katlı dokuma kumaş ise, her kat bezayağı örgü tipine sahip üç katlı dokuma kumaş olarak tasarlanmıştır. Üç katlı dokuma kumaş kendinden bağlama tekniği ile oluşturulmuş, bağlantı noktaları çözgü bağlantısı olarak tasarlanmıştır. Tezgah sıklığı çözgü ve atkı yönünde her kat için 10 tel/cm olacak şekilde üretilmiştir. Şekil 1'de üç katlı yapının örgü planı verilmektedir. Örgü planında Y yüz, O orta ve A arka kat ipliklerini göstermektedir. Dokuma işlemleri Dokuz Eylül Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü dokuma atölyesinde bulunan CCI marka numune dokuma tezgahında gerçekleştirilmiştir.

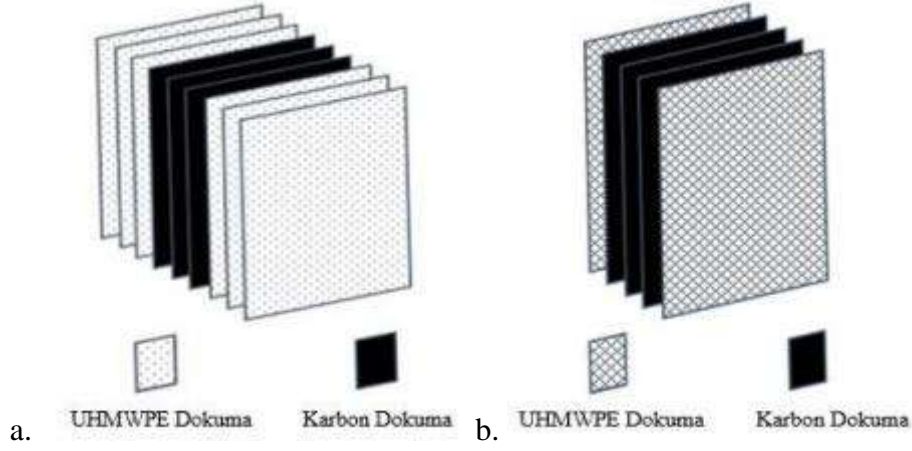
	1	2	3	4	5	6
A	I \			I \	v	
O	/			/	z	
Y				x		
A	I \	v		I \		
O	/	z		/		•
Y	x					
A	I \			I \	v	
O	/			/	z	
Y				x		
A	I \	v		I \		
O	/	z		/		
Y	x	•				
	Y		Y			
		O		O		
		A		A		

Şekil 1. Üç katlı kumaşın örgü planı

#### 2.1.2. Hibrit Kompozit tasarımı ve üretimi

Kompozit malzeme üretiminde vakum infüzyon yöntemi kullanılmış, üretimler Dokuz Eylül Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Kompozit laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Kompozit malzeme üretiminde UHMWPE dokuma kumaşlar ve karbon dokuma kumaş kullanılarak hibrit kompozit malzeme üretimi gerçekleştirilmiştir. Hibrit kompozit malzeme için iki farklı yapı tasarlanmıştır. Birinci tasarımda takviye malzemesi olarak 6 adet tek katlı yüksek mukavemetli UHMWPE kumaş ve üç kat karbon dokuma kumaş kullanılmıştır. Şekil 2a'da gösterildiği gibi 3 kat karbon kumaş ortada, üçer kat tek katlı bezayağı UHMWPE dokuma kumaş üst ve altta kalacak şekilde hibrit yapı tasarlanmıştır. İkinci tasarımda ise 2 adet kendinden bağlamalı üç katlı UHMWPE dokuma kumaş ve üç kat karbon dokuma kumaş kullanılmıştır. Şekil 2b'te görüldüğü gibi 3 kat karbon

kumaş kendinden bağlamalı üç katlı UHMWPE dokuma kumaşların arasına yerleştirilerek hibrit kompozit yapı tasarlanmıştır. Çizelge 1’de hibrit kompozit yapıların tasarım özellikleri özetlenmektedir.



Şekil 2. Hibrit yapı tasarımları: a. Kompozit 1, b. Kompozit 2

Kompozit 1 ve Kompozit 2 için kompozit üretimi reçine infüzyon yöntemine göre yapılmıştır. Reçine olarak düşük viskoziteye sahip ve vakum kuvveti sayesinde liflerin arasına nüfuz ederek yayılabilen epoksi reçine (F-1564) tercih edilmiştir. Epoksi reçine infüzyon sürecinde kolayca akabilir ve homojen bir şekilde yayılabilir. F-3487 sertleştirici reçinenin kürleme sırasında hızlı bir şekilde sertleşmesini sağlamaktadır. Reçine infüzyon işlemi ardından kürleme işlemi 80° C’de 8 saat boyunca gerçekleştirilmiştir. Kürleme işleminin ilk aşaması olan katılaşma ilk 1 saatte gerçekleşmektedir. Daha sonra kompozit yapı oda sıcaklığında soğumaya bırakılarak kürleme işlemi son bulmuş ve hibrit kompozit yapılar oluşmuştur.

Çizelge 1. Hibrit kompozitlerin tasarım özellikleri

Tasarım No	Hammadde	Kumaş Konstrüksiyon	Kompozit Yapıda Kullanılan Kat Sayısı
Kompozit 1	Karbon	Tek katlı bezayağı	3
	UHMWPE	Tek katlı bezayağı	6
Kompozit 2	Karbon	Tek katlı bezayağı	3
	UHMWPE	Kendinden bağlamalı üç katlı bezayağı	2

### 2.1.3. Kumaş ve kompozit malzemeye uygulanan testler

Üretimi gerçekleştirilen tek katlı ve kendinden bağlamalı üç katlı UHMWPE dokuma kumaş yapılarının yapısal özellikleri belirlenerek bazı ve performans özellikleri test edilmiştir. Kumaş metre kare ağırlığı TS 251 standardına göre yapılmıştır. Kumaş kalınlığı James Heal RxB kumaş kalınlık ölçeri ile 5 gf/cm<sup>2</sup> basınç altında TS 7128 EN ISO 5084 standardına göre belirlenmiştir. Üretilen dokuma kumaşların hava geçirgenliği TS 391 EN ISO 9237 standardına göre Textest FX3300 hava geçirgenliği test cihazında 100 Pa test basıncında ölçülmüştür. UHMWPE ipliğin iplik mukavemeti testi yapılmıştır. Kumaşların çözümlü ve atkı yönü için kopma mukavemeti testleri sökülmüş şerit yöntemine göre TS EN ISO 13934-1 standardına göre Instron 4411 test cihazında beş tekrarlı olarak yapılmıştır. Kumaşların patlama mukavemeti ise ASTM D 6797-15 standardına göre Instron test cihazında bilyalı patlama mukavemeti testi ile yapılmıştır.

Üretilen hibrit kompozit yapılar sırasıyla Quasi-Static test, üç nokta eğme testi, çekme testi ve basma testleri uygulanmıştır. Shimadzu AG-X 100 kN test cihazı kullanılmıştır. Quasi-Static test yapının darbeli yüklemeler altında nasıl davrandığını belirlemek ve darbeli yüklemeyi simüle etmek için için

yapılan bir yarı statik testtir. Yapının üzerine sabit bir yük uygulanarak bu yük, zamanla, yavaş oranlarda artırılır ve yapının davranışı, yapıda oluşan deformasyon miktarı ölçülür. Deney başladıktan sonra numune kırılıncaya kadar kuvvet-uzama verileri kaydedilmektedir. Üç nokta eğilme testi, malzeme karakterizasyonunda yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Malzemenin eğilmedeki mukavemet özelliklerini, elastik sınırlarını, elastik olmayan davranışını ve kırılma noktalarının belirlenebilmesi için bilgi sağlamaktadır. Çekme testi, kompozit malzemenin gerilme ve şekil değiştirme özelliklerini değerlendirmek için kullanılmıştır. Basma testi kompozit malzemenin bası dayanımını değerlendirebilmek için kullanılmıştır. Test sırasında numuneye artan kuvvet uygulanarak kuvvet ve numune şekil değişimi arasındaki ilişki kuvvet-şekil değişimi grafiği ile elde edilmiştir.

#### 4.ARAŞTIRMA BULGULARI

##### 4.1. UHMWPE dokuma kumaşların yapısal analiz sonuçları

Üretilen dokuma kumaşların yapısal analiz sonuçları Çizelge 2’de özetlenmektedir. Kumaş dokunurken tezgah sıklığı çözgü ve atkı yönünde tek kat için 10 tel/cm olacak şekilde planlanmıştır. Dokuma sonrası kumaş sıklıklarında her iki yönde artış gözlenmiştir. Kumaş metre kare ağırlığı üç katlı kumaş için tek katlı kumaşın yaklaşık üç katıdır.

Çizelge 2. Dokunan UHMWPE dokuma kumaşların yapısal özellikleri

Kumaş Tipi	Çözgü Sıklığı (tel/cm)	Atkı Sıklığı (tek/cm)	Metre Kare Ağırlığı (g/m <sup>2</sup> )	Kumaş Kalınlığı (mm)
Tek Katlı	14	11	58	0,16
Üç katlı	30	38	171	0,44

##### 4.2. UHMWPE dokuma kumaşların hava geçirgenliği test sonuçları

Tek katlı bezayağı UHMWPE dokuma kumaşın ortalama hava geçirgenliği 489 l/m<sup>2</sup>/s; kendinden bağlamalı üç katlı UHMWPE dokuma kumaşın ortalama hava geçirgenliği 88 l/m<sup>2</sup>/s olarak bulunmuştur. Üç katlı yapıda bağlantı noktalarından dolayı birim hacimdeki iplik miktarı artmış dolayısı ile hava geçişine karşı koyan katı hacim artarak hava geçirgenliğini daha çok azaltmıştır.

##### 4.3. UHMWPE dokuma kumaşların kopma ve patlama mukavemeti test sonuçları

UHMWPE ipliğin iplik mukavemeti testi sonucunda maksimum yük ortalama değeri 4 N ve uzama değeri %112 olarak bulunmuştur. Çizelge 2’de UHMWPE dokuma kumaşlar için kopma ve patlama mukavemeti test sonuçları ortalama değerleri özetlenmektedir. Numunenin kopma mukavemeti testi öncesi ve sonrası durumu Şekil 3’de gösterilmiştir. Kumaşların atkı yönünde ortalama maksimum yük sonuçları daha yüksek bulunmuştur. Dokuma sırasında fazla gerilmeye maruz kalarak deforme olan UHMWPE ipliğin, dokuma kumaşların çözgü yönünde mukavemetin azalmasına neden olduğu düşünülmektedir. Şekil 4’te tek katlı ve kendinden bağlamalı üç katlı kumaşların kopma mukavemeti grafik sonuçları verilmektedir.

Bilyalı patlama mukavemeti testinde ise tek katlı ve üç katlı kumaşlarda patlama gerçekleşmemiştir. Özellikle tek katlı yapılar daha seyrek yapıda olduğundan ve iplik özelliklerinden dolayı ipliklerde kayma gerçekleşerek deformasyon olmuştur. Çizelge 2’de bilyalı patlama mukavemeti testi sırasında kaydedilen maksimum yük ve maksimum yükteki yer değiştirme sonuçları ortalama değerleri verilmektedir.

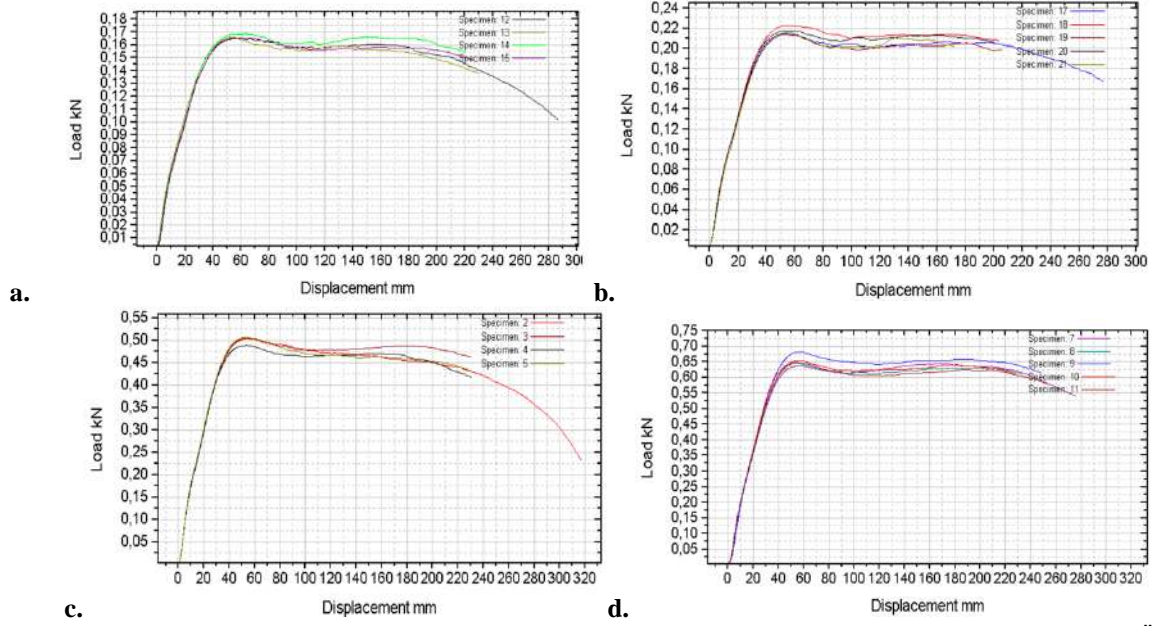
Çizelge 2. UHMWPE dokuma kumaşların kopma mukavemeti test sonuçları

Kumaş	Çözgü Yönü Kopma Mukavemeti	Atkı yönü Kopma Mukavemeti	Patlama Mukavemeti
-------	-----------------------------	----------------------------	--------------------

Tipi	Yük (N)	Uzama (%)	Yük (N)	Uzama (%)	Yük (N)	Yer değistirme (mm)
Tek Katlı	167	28	217	27	134	19
Üç katlı	502	27	658	28	562	21



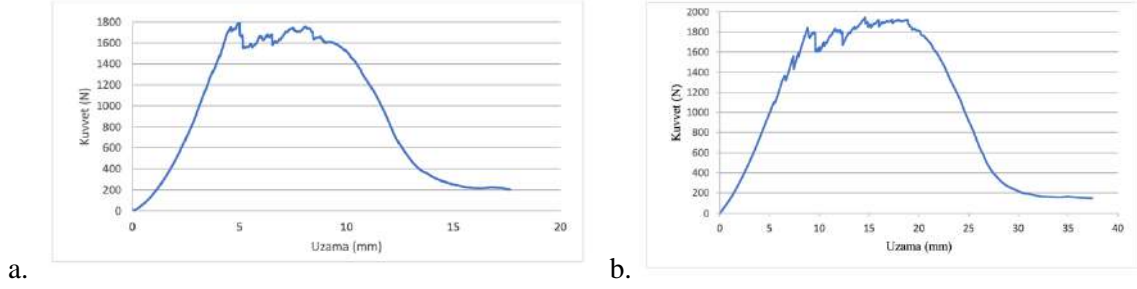
Şekil 3. Numune kopma mukavemeti testi başlangıç ve bitiş görüntüsü



Şekil 4. Kopma mukavemeti yük-yer değistirme grafikleri. A. Tek katlı çözümler yönü, b. Tek katlı atkı yönü, c. Üç katlı çözümler yönü, d. Üç katlı atkı yönü

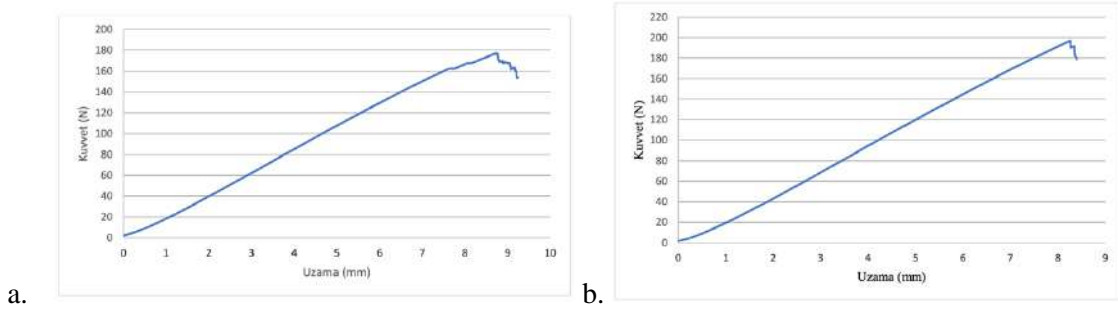
#### 4.4. Hibrit kompozitlerin test sonuçları

Quasi-Static testinin sonuçları incelendiğinde, Kompozit 2, yani kendinden bağlamalı üç katlı UHMWPE dokuma kumaş ile üretilen hibrit kompozitin Kompozit 1'e göre daha iyi dayanım gösteren malzeme olduğu görülmektedir. Tek katlı UHMWPE dokuma kumaş seyrek bir yapıya sahiptir. Ayrıca iplik özelliklerinden de dolayı üst üste konulan tek katlı kumaş katları arasında kompozit üretimi sırasında kayma gözlenmiştir. Kendinden bağlamalı üç katlı yapı ise daha stabildir. Üç kat yatırılan tek katlı kumaş ile kendinden bağlamalı üç katlı kumaşın birim alandaki iplik sayıları yaklaşık aynıdır, ancak bağlantı noktalarından dolayı birim hacimdeki iplik yoğunluğu kendinden bağlamalı üç katlı kumaşta daha fazladır. Kendinden bağlamalı üç katlı UHMWPE dokuma kumaşta bağlantı noktalarının düzleme dik yönde gelen kuvvete karşı mukavemeti arttırdığı düşünülmektedir. Şekil 5'te Kompozit 1 ve Kompozit 2 Quasi-Static test yük- uzama grafikleri verilmektedir.



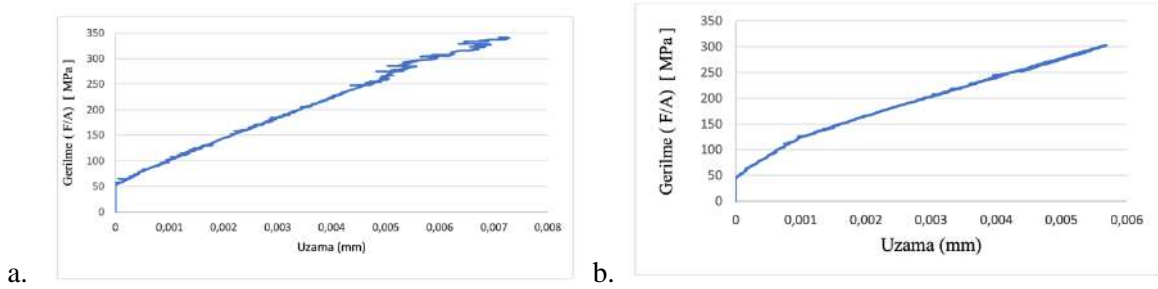
Şekil 5. Quasi-Static testi yük-uzama eğrisi, a. Kompozit 1, b. Kompozit 2

Üç nokta eğme testi sonuçları incelendiğinde kendinden bağlamalı üç katlı UHMWPE dokuma kumaş ile üretilen hibrit kompozitin (Kompozit 2) tek katlı UHMWPE dokuma kumaş ile üretilen hibrit kompozite (Kompozit 1) göre sürekli kuvvete karşı daha iyi dayanım gösterdiği görülmüştür. Bu durumun özellikle kendinden bağlamalı üç katlı dokuma kumaşın kalınlığının üç adet tek katlı dokuma kumaşın kalınlığından daha fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca kendinden bağlamalı üç katlı UHMWPE dokuma kumaşın tek katlı bezayağı kumaşa göre daha stabil olan yapısı da üç nokta eğme testi sonuçlarına katkı sağlamıştır. Şekil 6'da üç nokta eğme testi için yük-uzama grafikleri verilmektedir.



Şekil 6. Üç nokta eğme testi yük-uzama eğrisi, a. Kompozit 1, b. Kompozit 2

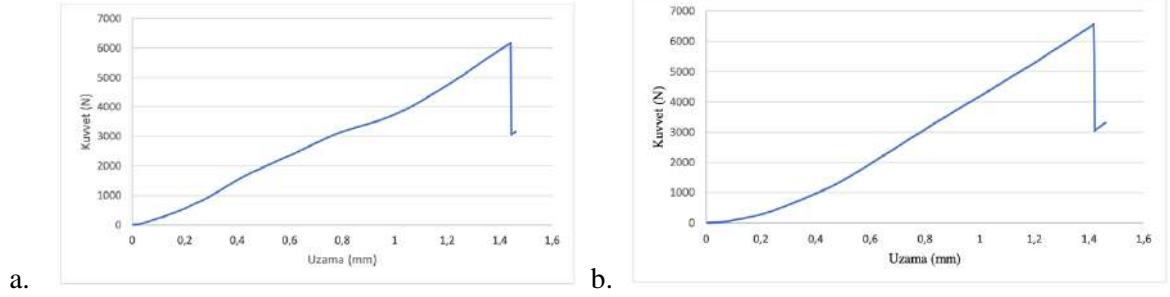
Hibrit kompozit yapılara uygulanan çekme testi sonuçları incelendiğinde, Kompozit 2'nin Kompozit 1'e göre kopma mukavemet değerinin daha düşük olduğu görülmüştür. Düzleme dik olarak uygulanan yüklerden farklı olarak düzlemsel olarak uygulanan çekme yükünde bu sonucun, kendinden bağlamalı üç katlı kumaşlarda kumaş düzlemine dik doğrultuda bağlantı noktaları oluşturan ipliklerde kıvrım oranlarından artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bağlantı noktaları oluşturan ipliğin kıvrım oranının fazla olması, ipliklerin kuvvet ekseninden uzaklaşmasına sebep olmaktadır. Dolayısı ile tek katlı yapıların üst üste kullanıldığı hibrit kompozitlere elde edilen çekme yükü değeri daha fazladır. Şekil 7'de çekme testi için gerilme-uzama grafikleri verilmektedir.



Şekil 7. Çekme testi gerilme-uzama eğrisi, a. Kompozit 1, b. Kompozit 2

Kompozitlere uygulanan basma testleri sonuçları incelendiğinde, iki kompozit tasarımı için de yakın değerler elde edilmiştir. Kompozit 2 yani kendinden bağlamalı üç katlı UHMWPE dokuma kumaş ile

üretilen hibrit kompozitin basma dayanımı değeri Kompozit 1 yani üç adet tek katlı UHMWPE dokuma kumaş ile üretilen hibrit kompozite göre biraz daha yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni kendinden bağlamalı üç katlı yapıda kalınlığın daha fazla olması ve yapının daha stabil bir yapı oluşturması olarak değerlendirilebilir. Şekil 8’de basma testi kuvvet-uzama grafikleri verilmektedir.



Şekil 8. Basma testi yük-uzama eğrisi, a. Kompozit 1, b. Kompozit 2

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada öncelikle tek katlı bezayağı ve kendinden bağlamalı üç katlı bezayağı UHMWPE dokuma kumaşlar tasarlanıp üretilerek yapısal ve mekanik özellikleri incelenmiş; daha sonra bu kumaşlar ve ticari olarak temin edilen bezayağı karbon dokuma kumaşlar ile hibrit kompozit yapılar tasarlanarak vakum infüzyon yöntemi ile üretimleri gerçekleştirilmiş ve hibrit kompozitlerin mekanik özellikleri incelenmiştir. Farklı hibrit kompozit tasarımların test sonuçları karşılaştırıldığında genel olarak birbirine yakın değerler görülmüştür. Ancak Kompozit 2, yani kendinden bağlamalı üç katlı UHMWPE ile üretilen hibrit kompozit yapının quasi-statik testi, üç nokta eğilme testi ve basma testi sonuçları daha yüksek çıkmıştır. Tek katlı bezayağı ile üretilen Kompozit 1 ise çekme testinde daha yüksek değer göstermiştir. Kendinden bağlamalı üç katlı kumaş tek katlı yapıya göre daha stabil bir yapı oluşturmaktadır. Bunun yanında üç katlı yapıda bağlantı noktaları düzleme dik yönde etki eden kuvvetlere karşı katkı sağlarken, kıvrım oranlarının artmasından dolayı düzlemsel yönde uygulanan kuvvetlere karşı daha olumsuz davranış göstermektedir. Ayrıca gerek tek tek katların serilmesi sırasında işçilik ve zaman kayıplarını azaltması açısından gerekse kompozit üretim sürecinde vakum infüzyon işlemi sırasında oluşabilecek katların kayması problemini ortadan kaldırdığı için kendinden bağlamalı çok katlı yapılar avantaj oluşturmaktadır. Bu nedenle kompozit üretiminde üst üste serilen tek katlı yapılar yerine aynı iplik yoğunluğunu sağlayan çok katlı yapıların kompozit üretiminde kullanılması önerilmektedir.

## 6.KAYNAKLAR

ASTM D6797-15, *Kumaş patlama mukavemeti için standart test yöntemi-Sabit uzama hızı, Bilyalı patlama testi*, 2015.

Hearle, J.W.S, (2001), *High-performance fibres*, Woodhead Publishing.

Hergueta, F., Ridruejo, A., Gonzalez, C.,Llorca, J., (2018), *Ballistic performance of hybrid nonwoven/woven polyethylene fabric shields*, *International Journal of Impact Engineering*, 111, 55-65.

Karahan, M., Jabbar, A., Karahan, N., (2015), *Ballistic impact behavior of the aramid and ultra-high molecular weight polyethylene composites*. *Journal of Reinforced Plastics & Composites*, 34, 37-48.

Khan, A.N., Gupta, M., Mahajan, P., Das, A., Alagirusamy, R., (2021), *UHMWPE textiles and composites*, *Textile Progress*, 53, 4, 183-335.

Ladizesky, N., Ward, I., (1985), *Ultra high modulus polyethylene composites*, *Pure & Appl. Chem*, 57, 1641-1649.

Li, Y. Xian, X. Choy, C. Guo, M. Zhang, Z. (1999). *Compressive and flexural behavior of ultra-high-modulus polyethylene fiber and carbon fiber hybrid composites*, *Composites Science and Technology*, 59, 13-18.

Prasad, P.R., Prakash, J.N., Manjunath, L.H., Reddy, P. V., *Physical and wear properties of UHMWPE reinforced epoxy composites*, *International journal of automotive and mechanical engineering*, 12, 1, 7577-7586.

Wang, H., Weerasinghe, D., Mohotti, D.; Hazel, P.J., Shim, V.P.W., Shankar, K., Morozov, E.V., *On the impact response of UHMWPE woven fabrics: Experiments and simulations*, *International Journal of Mechanical Sciences*, 204, 106574, 1-15.

TS 251, *Dokunmuş kumaşlar, birim uzunluk ve birim alan kütlesi tayini*, 2019.

TS 7128 EN ISO 5084, *Tekstil ve tekstil mamullerinin kalınlık tayini*, 1998.

TS 391 EN ISO 9237, *Kumaşlarda hava geçirgenliği tayini*, 1999.

TS EN ISO 13934-1, *Kumaşların gerilme özellikleri- Bölüm 1: En büyük kuvvetin ve en büyük kuvvet altında boyca uzamanın tayini-Şerit metodu*, 2013.



# GELİŞMİŞ (YAPAY ZEKA) AI TABANLI KİŞİSEL STİL ASİSTANI

**Murat DEMİR<sup>1,2</sup>, Ahmet Can DİKER<sup>2</sup>, Alper VAHAPLAR<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Dokuz Eylül Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği, İzmir – TÜRKİYE*

<sup>2</sup>*Moda App Dijital Pazarlama ve Yazılım A.Ş., İzmir – TÜRKİYE*

<sup>3</sup>*NETAŞ Telekomünikasyon A.Ş., İstanbul – TÜRKİYE*

## ÖZET

Gelişen yapay zeka (AI) teknolojileri, özellikle sohbet botları aracılığıyla günlük hayatta, bankacılık, alışveriş, seyahat ve yatırım gibi çeşitli sektörlerde kullanıcıların taleplerini karşılamak için dil modellerini entegre etmektedir. Bu çalışmada dil modeli kullanarak kişiselleştirilmiş giysi önerileri sunan bir sistem geliştirilmesini ele almaktadır. Geliştirilen sistem kullanıcıların yaş, cinsiyet ve konum gibi günlük kıyafet seçimini etkileyen parametrelerle oluşturulan profiller üzerinden kişiselleştirilmiş giysi önerileri sunmaktadır. Kullanıcılar, etkinlikleri ve tercih ettikleri kombin önerilerini sohbet kısmında belirtir ve sistem bu bilgileri analiz ederek uygun giysi ve stil önerileri sunmaktadır. Sistem ön yüz tasarımından alınan kullanıcı talepleri, API (Application Programming Interface)'lar aracılığı ile çalıştırılan önceden eğitilmiş (pre-trained) dil modelinin (gpt-3.5) cevabını kullanıcıya aktarmaktadır. Görsel veriler vektörize edilerek sunucudaki veri tabanında barındırılır ve. Kullanıcı talebi, LLM modeli ile değerlendirilip, hava durumu, lokasyon, cinsiyet ve yaş bilgileri gibi verileri kullanarak uygun önerileri belirler. Bu öneriler arasında kullanıcıların daha önceki alışverişlerini de dikkate alarak, daha kişiselleştirilmiş öneriler sunulur. Bu modelin, kullanıcıların kendi kıyafetleri arasından AI ile stil oluşturmasını ve online alışveriş sitelerine entegre edilerek alışveriş önerisi sunmasını sağlayacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Yapay zeka, Giysi stili, Online alışveriş, Sanal stil asistanı

## ADVANCED (ARTIFICIAL INTELLIGENCE) AI-BASED PERSONAL STYLE ASSISTANT

### ABSTRACT

The advancement of artificial intelligence (AI) technologies, especially through chatbots, integrates language models to meet user demands in various sectors such as banking, shopping, travel, and investment. This study focuses on developing a system that offers personalized clothing recommendations using a language model. The developed system provides personalized clothing suggestions based on profiles created with parameters affecting daily clothing choices, such as age, gender, and location. Users specify their activities and preferred combinations in the chat section, and the system analyzes this information to offer appropriate clothing and style recommendations. User requests gathered from the front-end design are transmitted to the user through pre-trained language models (GPT-3.5) operated via Application Programming Interfaces (APIs). Visual data is vectorized and stored in the database on the server. The user request is evaluated by the Large Language Model (LLM), which utilizes data such as weather conditions, location, gender, and age to determine suitable recommendations. These suggestions also consider the users' previous purchases to provide more personalized recommendations. This model is expected to enable users to create styles from their own wardrobe with AI and to offer shopping suggestions when integrated into online shopping sites.

**Keywords:** Artificial Intelligence, clothing style, online shopping, virtual shopping assistant

## 1.GİRİŞ

Yapay zeka teknolojisi, makinelerin veya insanların beyinleri gibi düşünmesini ve spesifik amaçlar için insan gibi tepki vermesini sağlayan bir teknolojidir (Thilagavathy ve Kumar; 2021). Yapay zeka, özellikle son yıllarda devrim yaratan teknolojiler arasında en etkili olanlardan biri haline gelmiştir ve yüksek teknolojiden sağlık sektörüne kadar birçok alanda kullanım alanı bulmaktadır (Raben, 2019). Bu sektörler arasında yer alan dijital pazarlama, son yıllarda yapay zeka araçlarını yoğun bir şekilde kullanan ve bu alanda hızla gelişen sektörlerin başında gelmektedir. Hedef müşteri belirleme, pazarlama araçlarının optimizasyonu ve görünürlüğü artırma gibi dijital pazarlamanın birçok alanında kullanılan yapay zeka teknolojileri, kullanıcıların aradığı yüksek kişiselleştirilmiş alışveriş deneyimini (Erragcha ve Romdhane, 2014) geliştirmede oldukça önemlidir.

Moda endüstrisi ve dijital inovasyonların hızlı gelişimi ile birlikte bu teknolojileri kullanacak potansiyel müşterilerin adaptasyon sürecini anlamak oldukça önemlidir. Mevcut olarak moda endüstrisinde, akıllı mağaza içi teknoloji, kişiselleştirilmiş alışveriş deneyimi, artırılmış gerçeklik, sanal deneme ve sanal kişisel asistanlar kullanılmaktadır (Liang vd., 2020). Yapay zeka teknolojilerinin hızlı, düşük maliyetli ve esnek çalışma modeli, moda endüstrisinde kullanımını daha da önemli hale getirmiştir . Moda alanında pek çok farklı örnek (McKinsey and Company, 2018) tarafından özetlenmiştir. Alman e-ticaret firması Otto, kullanıcıların hareketlerini yapay zeka ile analiz ederek, gelecek 30 gün içinde satılacak ürünleri %90 doğrulukla tahminlemiştir. Ayrıca, birçok firma mevcut dizayn ve görüntüleri işleyerek makine öğrenmesi yöntemiyle yeni tasarımlar geliştirmiştir. Bunun yanı sıra, kullanıcıların stillerine göre satın alabilecekleri ürünleri listeleyen yapay zeka araçları da bulunmaktadır.

Moda endüstrisinde kullanılan yapay zeka araçlarından karar destek sistemleri, müşteri ihtiyaç ve tercihlerine uyacak şekilde kişiselleştirilmiş kararlar almalarını sağlayabilir (Pereira vd. 2022) ve böylelikle kullanıcıların satın alma süreçlerine olumlu yönde destek verebilir. Bu çalışma kapsamında, kullanıcıların sohbet ederek alışveriş sürecindeki ürün bulma süreçlerine katkı verecek ve satın alma deneyimini iyileştirecek yapay zeka destekli sanal stil asistanı uygulaması verilmektedir.

## 2.MATERYAL VE METOT

### 2.1.Materyal

Bu çalışmada veriler kişiselleştirilmiş alışveriş deneyimi sunan sosyal paylaşım platformu “Moda App” uygulamasından alınmıştır. Giysi ve stil önerilerini sunan yapay zeka destekli bu uygulamada, kullanıcıların günlük kıyafet seçimini etkileyen yaş, cinsiyet, konum vb. profil bilgileri yer almaktadır. Ayrıca, kullanıcıların kendi stil ve önerilerini yansıtabilmek amacıyla stil önerilerini içeren paylaşımları bulunmaktadır. Kullanıcılar bu paylaşımları yaparken giydikleri kıyafetleri bir kombin şeklinde fotoğraflar aracılığıyla sunabilmekte, bu kombine yer alan giysilerin özelliklerini tanıtmakta ve kullanım performansını değerlendirmektedir (Şekil 2.1). Buna ek olarak; bu giysilerin giyilebileceği mevsim, ortam ve stilini tanımlayan etiketler (sistem tarafından önceden belirlenmiş etiketler) paylaşımlarda yer almaktadır.



Şekil 2.1 Uygulamada yapılan paylaşımlara ait örnek ekran görüntüsü

Çalışmada bir sonraki kısımda ele alınacak modele girdi olarak; Moda App uygulamasında yer alan kullanıcılara ait profil bilgilerinden yaş ve cinsiyet; bu kullanıcıların paylaşımlarına ait yüklenmiş giysi kombin fotoğrafları ve bu paylaşımlarına ait etiketler girdi olarak kullanılmıştır. Aynı zamanda kullanıcılara kendi bedenlerine en benzer kişilerin paylaşımları da gösterilmektedir.

## 2.2. Metot

### 2.2.1 Büyük Dil Modelleri (Large Language Models - LLM)

Büyük dil modelleri (LLM'ler), model boyutu, ön eğitim verisi ve hesaplama gücü ölçeklendirilerek elde edilen özel bir sınıf ön eğitilmiş dil modelleridir (Pre-trained Language Models - PLM'ler). LLM'ler, büyük boyutları ve büyük hacimlerdeki metin verileriyle ön eğitim yapılmış olmaları nedeniyle, birçok doğal dil işleme görevinde görev spesifik eğitime ihtiyaç duymadan olağanüstü performanslar sergilemelerini sağlayan özel yeteneklere sahiptir. LLM'lerin dönemi, OpenAI'nin GPT-3 (Generative Pre-trained Transformer) modeliyle başlamış ve ChatGPT ve GPT-4 gibi modellerin tanıtılmasıyla LLM'lerin popülaritesi katlanarak artmıştır. Bu modeller, temelde derin öğrenme modelleridir ve özellikle büyük hacimlerdeki metin verileri üzerinde ön eğitim yapılmış, transformer tabanlı modellerdir. Daha sonra meta-eğitim kullanılarak insan tercihleriyle hizalanırlar. Ön eğitim, modele evrensel dil bilgisi sağlar, meta-eğitim ise modeli kullanıcının niyetlerine göre hareket edecek şekilde düzenler. Büyük dil modelleri, model boyutu, ön eğitim verisi ve hesaplama gücü ölçeklendirilerek elde edilen özel bir sınıf ön eğitilmiş dil modelleridir.

2015 yılında kurulan bir yapay zeka şirketi olan OpenAI, üretici modeller geliştirmeye odaklanmıştır. OpenAI araştırmacıları başlangıçta üretici dil modelleri geliştirmek için Recurrent Neural Network (RNN)'leri incelemiştir. Transformer modelinin büyük başarısı ve uzun vadeli bağımlılıkları yakalama yeteneğinden ilham alarak, OpenAI araştırmacıları GPT-1'i (117M parametre) inşa etmek için transformer kod çözücüsünü kullanmıştır, bu da ilk defa dönüştürücü (transformer) tabanlı ön eğitilmiş

dil modeli olmuştur. GPT-1, alt görev modellerini etkili bir şekilde geliştirmek için yeni bir paradigma olan "ön eğitim ve ince ayar"ı (pretrain and fine-tune) tanıtmıştır.

GPT-3 modelleri doğal dili anlama ve üretme yeteneğine sahipken, GPT-3.5 modelleri hem doğal dili hem de kodu anlama ve üretme yeteneğine sahiptir. Ancak, hem GPT-3 hem de GPT-3.5 modelleri sohbet için optimize edilmemiştir. Bu eksiklik, ChatGPT (GPT-3.5-turbo) ve GPT-4 (OpenAI, 2023) modelleriyle giderilmiştir. OpenAI, ChatGPT'yi Kasım 2022'de tanıtmıştır. (Kalyan, 2023)

### 2.2.2 GPT-3.5 Modeli ve Parametreleri

GPT-3.5, bir dönüştürücü tabanlı sinir ağı mimarisi kullanır. Dönüştürücüler, metin dizilerindeki uzun vadeli bağımlılıkları öğrenmede oldukça etkilidir ve bu da GPT-3.5'e metin üretme, çeviri yapma ve farklı türde yaratıcı içerikler oluşturma gibi görevlerde üstün performans sağlar. GPT-3.5, 175 milyar parametreye sahiptir. Bu, modelin karmaşık dil kalıplarını öğrenmesine ve insan kalitesinde metin üretmesine olanak tanır. Parametre sayısı, bir dil modelinin kapasitesinin önemli bir ölçüsüdür ve GPT-3.5'i, benzerlerinden ayıran en önemli özelliklerinden biridir (Kalota, 2024).

GPT-3.5, çeşitli NLP görevlerinde kullanılabilir, bunlar arasında:

- Metin üretme
- Metin çevirisi
- Özetleme
- Soru cevaplama
- Farklı türde yaratıcı içerikler oluşturma yer almaktadır.

Model kullanımında en önemli iki parametre "temperature" ve "topP" değerleridir. Temperature parametresi modelin ne kadar yaratıcı ve orijinal metin üreteceğini kontrol eder. 0 ile 1 arasında değer alan bu parametrenin düşük değerleri modelin eğitildiği metne benzer metinler üretmesini, yüksek değerler ise daha yaratıcı metinler üretmesini sağlar. Temperature parametresinin değerini çok yükseltmek, modelin anlamsız veya tutarsız metinler üretmesine neden olabilir. topP parametresi, modelin kelime seçimlerinde ne kadar çeşitli olacağını kontrol eder. Düşük bir topP değeri, modelin daha yaygın kelimeler kullanmasını sağlar. Yüksek bir topP değeri ise modele daha nadir ve ilginç kelimeler kullanma özgürlüğü verir. Bu parametrenin yüksek değerleri modelin tekrarlayan kelimeler kullanmasına veya anlaşılması zor metinler üretmesine neden olabilir.

Uygulamada, gpt-3.5-turbo modeline OpenAI API' si aracılığı ile istek gönderilmiş, temperature ve top\_p parametrelerinin farklı değerleri denenmiş ve en uygun kombinasyon kullanılmıştır (temperature= 0.1, topP = 0.9).

### 2.3 Yapay Zeka ve Veritabanı Uygulaması

Geliştirilen web uygulamasında, model, bir prompt ile kullanıcıdan "etkinlik", "konum" ve "zaman" bilgisini alarak, verilen etiket listesine bağlı kalacak şekilde en uygun kombin etiketlerini belirler. Bu etiket listesi, doğal dil formatına dönüştürülerek kullanıcıya aktarılır.

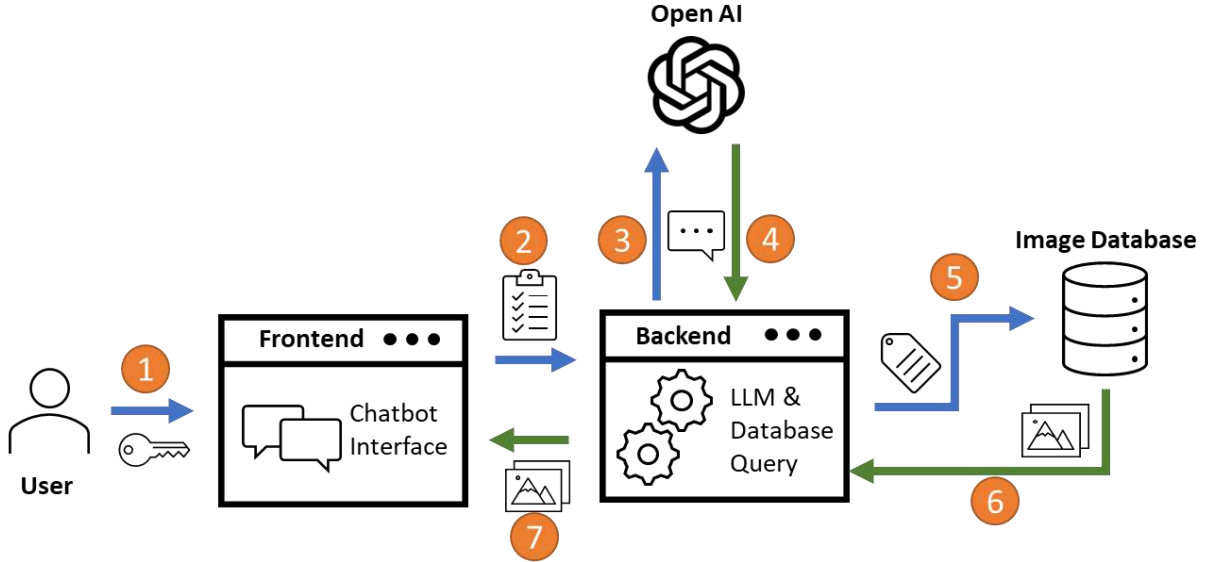
Modelin belirlediği etiket listesi, veritabanından sorgulanarak bu etiketlere uyan görselleri kullanıcıya sunulur. Model, zaman zaman mevcut etiket listesinden farklı etiketler de üretebilmektedir. Bu durumda yine dil modeli aracılığı ile, bu yeni etikete en yakın etiketli görseller seçilir.

Uygulamada, Moda App Mobil uygulamasını kullanan ve etiketli giysi kombini görselleri yükleyen kullanıcıların resimleri anonim olarak kullanılmıştır.

## 2.4. Sistem Mimarisi

Geliştirilen uygulamada, sisteme giriş yapan kullanıcıdan sohbet içerisinde alınan konum, zaman ve etkinlik bilgileri arka uçta Open AI API'leri kullanılarak gpt-3.5-turbo modeline prompt ve sorgu olarak gönderilir. Gelen cevap, etiket listesi formatına dönüştürülerek ilgili etiketleri taşıyan görsellerin sorgulanması gerçekleştirilir. Sorgu sonucu yine LLM modeli ile konuşma metnine dönüştürülerek kullanıcıya bildirim yapılır ve görseller sunulur. Sohbet ilerledikçe, kullanıcının isteğine uygun kombin görselleri yeniden sorgulanarak ya da mevcutlar içerisinde filtrelenerek gösterilir.

Sistemin taslak mimarisi Şekil 4.1'de gösterilmektedir.



Şekil 4.1 Sistem Taslak Mimari Şeması

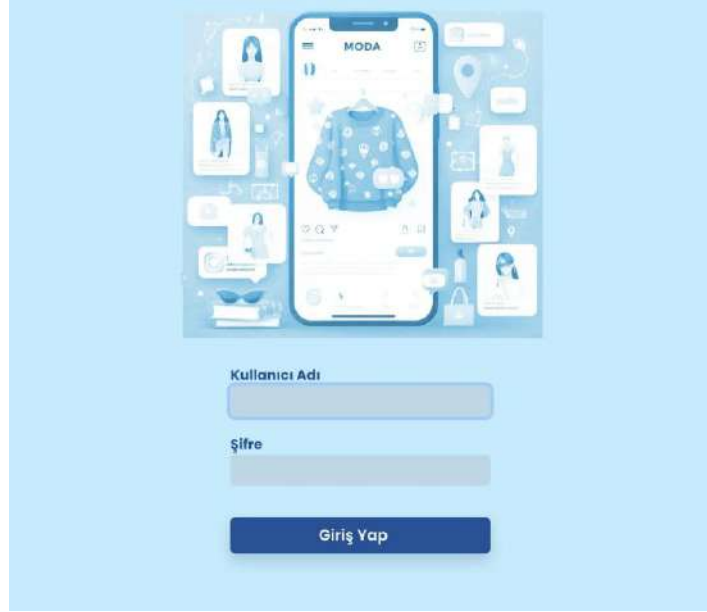
Buna göre:

1. Kullanıcı, kendi kullanıcı bilgileri ile sisteme giriş yapar ve sohbeti başlatır.
2. Kullanıcının girdiği metinlerden konum, yer ve etkinlik bilgisi tespit edilir.
3. Belirtilen değişkenlere göre LLM modeli API'ler aracılığı ile çalıştırılır.
4. Modelin cevabı alınır ve uygun kombin için geçerli olan etiket listesi oluşturulur.
5. Bu etiketlere sahip görsellerin bulunması için SQL sorgusu gerçekleştirilir.
6. İlgili görsellerin bilgileri (dosya yolu, kullanıcı yorumları, vs.) alınır.
7. Görseller ve gerekli bilgiler kullanıcıya sunulur.

## 4.SANAL STİL ASİSTANI WEB UYGULAMASI

- Önerilen görseller, uygulamada kullanılan etiketlere göre seçilmekte olup, LLM modelinin ilgili kavramı anlayıp veritabanındaki ilişkili etiketli görsellerden seçilerek getirilmektedir.
- Uygulamada olmayan etiketler de yapay zeka modeli tarafından üretilerek veritabanındaki ilgili görsellerin etiketlenmesi için de kullanılmıştır.

Metot kısmında ele alınan modelin somut çıktılarını görebilmek amacıyla React teknolojisi ile bir web uygulaması geliştirilmiştir. Bu uygulama "Oturma" ve "Giysi Stil Öneri" ekranları tasarlanmıştır. Oturma ekranında kullanıcı Moda App uygulamasına giriş yaptığı kullanıcı adı ve şifresi ile giriş yapabilmekte ve bu sayede bu kullanıcıya ait bilgiler de uygulama veritabanı üzerinden elde edilebilmektedir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Oturum ekranına ait görüntü

Giysi Stil Öneri ekranında kullanıcıya bir sohbet ekranı tasarlanmıştır. Tasarlanan bu ekranda kullanıcıya ait bilgiler ile yapay zeka destekli sanal stil asistanının kullanıcı ile sohbetini içeren sohbet kısmı yer almaktadır (Şekil 4.3). Bu sohbet alanında, sanal stil asistanı aldığı bilgiler ve etkileşimli bir şekilde kıyafet önerisi sunabilmek amacıyla sorduğu farklı sorular ile kullanıcının kıyafeti hangi etkinlikte ve ne zaman giyeceğini öğrenmeye çalışır. Kullanıcının verdiği cevaplara göre etkinliğin türünü, zamanını ve konumunu göz önünde bulundurarak ona en uygun stil önerilerini, etiketler ve Moda App uygulamasında kullanıcıların eklediği resimler ile sunar.

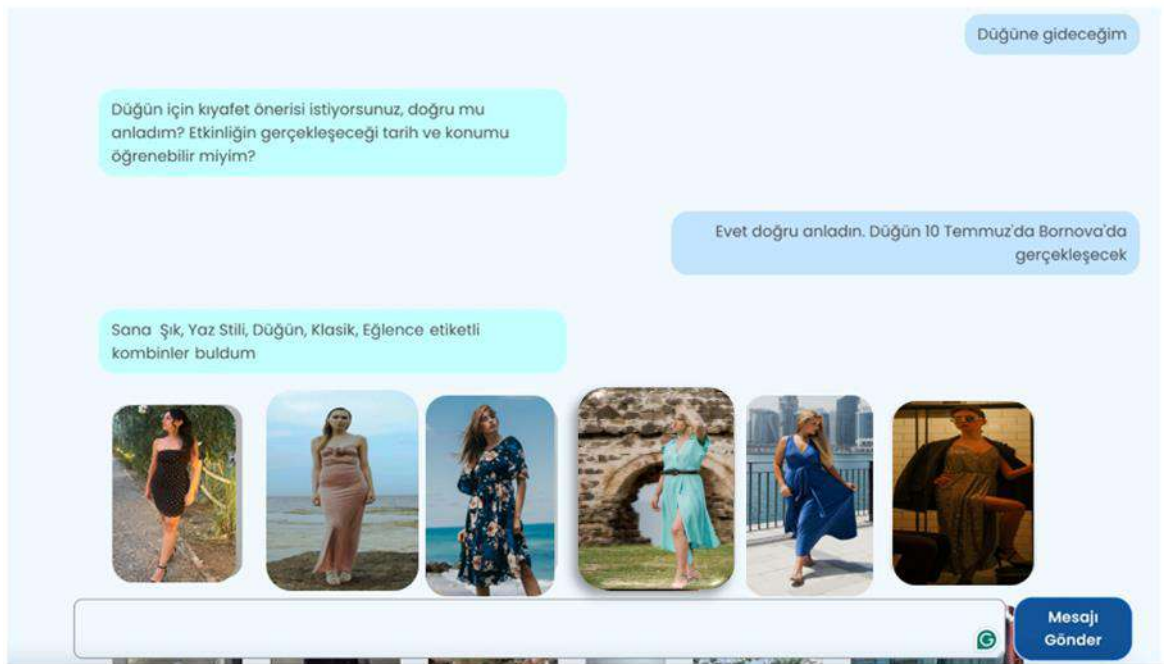


Şekil 4.3 Giysi stil öneri ekranına ait görüntü

Sohbet kısmının arka planında gpt-3.5-turbo-0125 modeli farklı temperature ve topP parametreleri ile çalıştırılmıştır. Modele prompt verilerek sadece sanal stil asistanı olarak cevap vermesi sağlanmış ve ayrıca; kullanıcıdan yeterli bilgileri aldıktan sonra Moda App uygulaması içinde yer alan etiketlerden seçim yapması ve ek etiket önerileri de sunması istenmiştir. Sohbet ekranında sanal stil asistanının önerdiği etiketlerle ilişkili olan kullanıcıların paylaşımlarına ait kıyafet resimleri de Moda App veritabanından ve resim depo alanından sorgulanarak çıktı olarak kullanıcıya sunulmuştur. Bu sayede kullanıcıların aldığı kıyafet önerisini görsel olarak görebilmesi sağlanmıştır.

Sanal stil asistanının oluşturan modelin temperature ve topP parametrelerini değiştirerek daha tutarlı cevaplar verecek şekilde optimal bir ayarlama yapılması sağlanmıştır. Bu ayarlamaların yapılması esnasında temperature parametresinin 1'e yaklaştığı durumlarda sanal stil asistanının daha üretken cevaplar vererek gerekli olan soruları sormaktan uzaklaştığı ya da çıktı için sunduğu etiketlerde fazlaca üretken davranarak prompt da verilen etiketler haricinde konudan bağımsız etiket önerileri de sunduğu görülmüştür. Bu etiketler de veritabanındaki mevcut etiketlerden en uygun olanına atanarak seçim yapılmış, bazı baskın etiket önerileri ise görsellere işlenerek sistemin dinamikliği sağlanmıştır. Yapılan farklı denemeler ile temperature değerinin 0,1 ve topP değerinin de 0,9 olması durumunda sanal stil asistanının daha tutarlı cevaplar verdiği, soruları konudan uzaklaşmadan sorarak gerekli bilgileri topladığı, prompt içinde verilen etiketleri seçerek önerdiği ve yeni etiket önerilerinde de daha tutarlı olduğu görülmüştür.

Şekil 4.4'te yer alan örnekte, kullanıcı ile sanal stil asistanı arasındaki sohbet için ekran görüntüsü verilmiştir. Kullanıcı sanal asistandan gideceği etkinliğe dair kıyafet önerileri istemiş ve sanal stil asistanının verdiği sorulara cevap vermiştir. Web uygulamasının arka planında girdi olarak alınan veriler ve kullanıcının sohbette verdiği cevaplar doğrultusunda sanal stil asistanı önceden etiketlendirilmiş kullanıcı paylaşımlarını önermiştir. Ayrıca; "Düğün" etiketi Moda App uygulamasında önceden belirlenen bir etiket olmamasına karşın sanal stil asistanı tarafından önerilmiş ve önerilen tüm resimlerin ait oldukları paylaşımlara bu etiket eklenmiştir. Sanal stil asistanı yaptığı etiket seçimi ve verdiği yeni etiket önerileri ile uygulamada belirlenen etiketlere katkı sağlamıştır.



Şekil 4.4 Sanal stil asistanının kullanıcı ile sohbeti ve önerilerine ilişkin ekran görüntüsü \*

Şekil 2.1'de verilen örnek ekran görüntüsünde yer alan paylaşıma ait fotoğrafın Şekil 4.3'te de öneri olarak sunulduğu görülmektedir. Şekil 2.1'de yer alan etiketlerin içinde yer almayan ve Şekil 4.4'teki örnekte önerilen "Düğün" ve "Eğlence" etiketleri sanal stil asistanının kullanıcıya ait bilgiler ve kullanıcıdan aldığı cevaplara göre tutarlı etiket önerileri sunabileceğini göstermektedir.

## 5. SONUÇLAR

Yapay zekanın farklı alanlara uygulanmasına bir örnek olarak yer alabilecek bu çalışmada, gpt-3.5-turbo-0125 modeli kullanılarak kullanıcılara giysi önerisi veren bir stil asistanı ele alınmıştır. Çalışma kapsamında Moda App uygulamasına ait veriler kullanılarak sunulan sanal asistan, mevcut veriler haricinde ürettiği yeni veriler ile bu uygulamaya ek bilgiler sağlayarak uygulamayı geliştirmiş ve

uygulamayı sürüdürülebilir hale getirmiştir. Literatürde ve ticari uygulamalarda kıyafet resimleri üzerinde görsel işleme ile yapılan etiketleme işlemlerinden farklı olarak mevcut etiketler ve bilgiler ışığında LLM ile konu bağlamına uygun etiketlemeler yaparak farklı bir bakış açısı sunmaktadır.

Uygulamanın ilerleyen aşamalarında görüntü işleme ve görseller üzerinde yapay zeka teknikleri ile geliştirmeler yapılması planlanmaktadır. Etiketsiz görsellerin etiketlenmesi ve görsel üretilmesi gibi fonksiyonların da eklenebileceği uygulama, birçok alanda da kullanılabilir şekilde esnek olarak tasarlanmıştır.

## 6.KAYNAKLAR

*Erragcha, N., & Romdhane, R. (2014). New Faces of Marketing In The Era of The Web. Journal of Research in Marketing, 2(2), 137–142. <https://doi.org/10.17722/jorm.v2i2.46.g20>*

*Kalota, Faisal. (2024). A Primer on Generative Artificial Intelligence. Education Sciences. 14. 172. 10.3390/educsci14020172.*

*Kalyan, K.S., (2024), A survey of GPT-3 family large language models including ChatGPT and GPT-4, Natural Language Processing Journal, Volume 6, 100048, ISSN 2949-7191, <https://doi.org/10.1016/j.nlp.2023.100048>.*

*Liang, Y., Lee, S. H., & Workman, J. E. (2020). Implementation of artificial intelligence in fashion: are consumers ready?. Clothing and Textiles Research Journal, 38(1), 3-18.*

*McKinsey & Company. (2018). The state of fashion 2018. Retrieved from [https://cdn.businessoffashion.com/reports/The\\_State\\_of\\_Fashion\\_2018\\_v2.pdf](https://cdn.businessoffashion.com/reports/The_State_of_Fashion_2018_v2.pdf)*

*Pereira, A. M., Moura, J. A. B., Costa, E. D. B., Vieira, T., Landim, A. R., Bazaki, E., & Wanick, V. (2022). Customer models for artificial intelligence-based decision support in fashion online retail supply chains. Decision Support Systems, 158, 113795.*

*Raben, N. (2019). Artificial Intelligence: The next disrupting technology of Online Marketing (Bachelor's thesis, University of Twente).*

*Thilagavathy, N., & Kumar, E. P. (2021). Artificial intelligence on digital marketing-An overview. Nveo-Natural Volatiles & Essential Oils Journal| NVEO, 9895-9908.*



# KUMAŞ HATALARININ DERİN ÖĞRENME YÖNTEMLERİYLE BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR İNCELEME

Sinem BİRSEN, Canan SARIÇAM

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye  
birsen15@itu.edu.tr*

## ÖZET

Tekstil ve hazır giyim endüstrisi, mevcut kurulu kapasitesinin büyüklüğü ve yüksek ihracat rakamları sayesinde ülke istihdamı ve ekonomisi için önemli bir sektördür. Sektörün büyüme ve karlılığının devamı için bir taraftan hatasız ürün üretiminin ve kalite kontrol doğruluğunun artırılması; diğer taraftan ise katma değer yaratmayan kalite kontrol sürelerinin azaltılması gerekmektedir. Son yıllarda, sağladığı çeşitli avantajlardan dolayı yapay zekâ ve spesifik olarak da derin öğrenmenin kumaş hata belirlenmesinde kullanımına yönelik çalışmalara ağırlık verilmiştir. Bu nedenle bu çalışmada, kumaş hatalarının tespitinde derin öğrenme kullanılan çalışmalara odaklanılmış ve derin öğrenme metodlarından birisi olan evrişimli sinir ağlarının kumaş hatalarının belirlenmesindeki potansiyelinin incelenmesi amaçlanmıştır. Yapılan taramalar sonucunda elde edilen çalışmalar, kullanılan yöntemler, derin öğrenme mimarileri, veri kümeleri, performans değerlendirme ölçütleri ve karşılaştırma yapılan yöntemler gibi metrikler dikkate alınarak incelenmiştir. Çalışmaların %80’inde evrişimli sinir ağlarının kullanıldığı ortaya konulmuş, ancak uygulamada farklı mimarilerin, veri kümelerinin kullanıldığı sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kumaş Hatası Tespiti, Kumaş Hatası Sınıflandırma, Derin Öğrenme, Evrişimli Sinir Ağları

## A STUDY ON DETECTION OF FABRIC DEFECTS USING DEEP LEARNING METHODS

### ABSTRACT

The textile and ready-wear clothing industry is an important sector for the country's employment and economy, thanks to the size of its current installed capacity and high export figures. To sustain the growth and profitability of the sector, it is essential to increase error-free product production and enhance quality control accuracy. Additionally, reducing the duration of quality control processes that do not add value is necessary. In recent years, due to the various advantages it offers, there has been an increased focus on the use of artificial intelligence, and specifically deep learning, for fabric defect detection. Therefore, this study focuses on the use of deep learning in fabric fault detection and aims to investigate the potential of convolutional neural networks, one of the deep learning methods, in identifying fabric defects. The studies obtained from the literature review were analyzed in terms of metrics such as the methods used, deep learning architectures, data sets, performance evaluation criteria, and comparison methods. It was put forward that the convolutional neural networks were used in 80% of the cases but the studies differed in terms of architectures and the data sets used.

**Key words:** Fabric Defect Detection, Fabric Defect Classification, Deep Learning, Convolutional Neural Networks

## 1. GİRİŞ

Tekstil ve hazır giyim endüstrisi, mevcut kurulu kapasitesi ve yüksek ihracat rakamları ile ülke istihdamı ve ekonomisi üzerinde önemli bir etkiye sahip bir sektör olarak öne çıkmaktadır ve sektördeki büyüme ve karlılığın devam edebilmesi için hatasız ürün üretimi ve katma değer sağlamayan kalite kontrol süreçlerinin sürelerinin kısaltılması gerekmektedir. Hazır giyim endüstrisinde ürün kalitesini etkileyen temel faktörlerin başında kumaş hataları gelmektedir. Bu hatalar, kumaş üretimi sırasında malzeme kalitesi, makine arızaları, dikkatsizlik veya üretim süreçlerinden kaynaklanabilmektedir. Bazı makine ve makine parçası kaynaklı hatalar kumaş üretimi sırasında otomatik olarak tespit edilip makine durdurulabilmektedir. Ancak çoğu hatada, işlemi geri almak ya da ileriye yönelik önlem almak suretiyle hatalı üretimi önlemek mümkün olmamaktadır.

Kumaşlarda satış öncesinde ve hazır giyim üretimi öncesinde kalite kontrol işlemi gerçekleştirilmektedir. Geleneksel kalite kontrol işlemleri sırasında, kumaşların yaklaşık %10'u ışıklı, eğimli kalite kontrol masalarında gözle manuel olarak incelenmektedir. Ancak manuel olarak yapılan bu kontrol işlemi zaman aldığından dolayı tüm kumaşların kontrolü sağlanamamaktadır. Bu nedenle, bazı kesilmiş beden parçalarında da kumaş hatalarına rastlanmaktadır. Geleneksel kalite kontrol yöntemleri %60-%75 oranında doğruluk sağlamakta (Almeida vd., 2021) ve kontrol sırasında görülmeyen hatalar kumaşların satış fiyatının %45-%65 arasında azalmasına neden olmaktadır (Kumar, 2008). Kumaş hatalarının otomatik tespiti, makine tarafından belirlenemeyen hataların da tespitini mümkün kılarak hatalı üretimin önüne geçebilecek ve zaman açısından da önemli bir tasarruf sağlanacaktır.

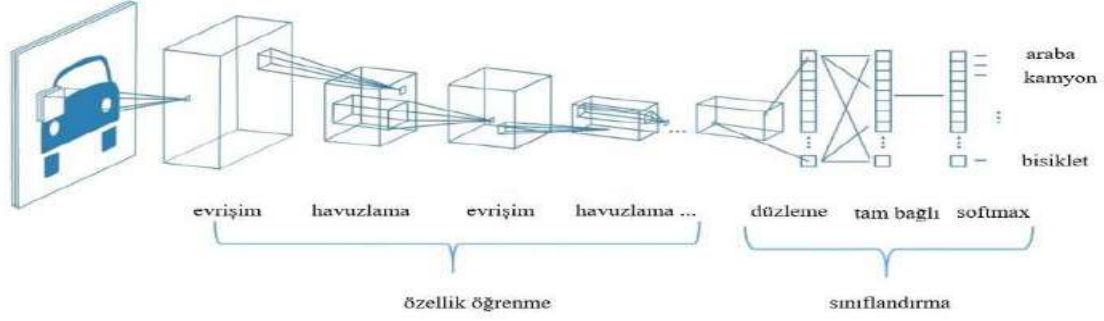
Kumaş hatalarının otomatik olarak tespiti konusunda literatürde yapılmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Sağladığı çeşitli avantajlardan dolayı, yapay zekâ ve özellikle de derin öğrenmenin kumaş hatalarının otomatik olarak tespitinde kullanımı üzerine son yıllarda yoğunlaşmıştır. Bu nedenle bu çalışmada, derin öğrenme metodlarına odaklanılmış ve özellikle de bunlardan biri olan evrişimli sinir ağlarının (CNN) kumaş hatası tespiti alanındaki potansiyeli incelenmiştir. İnceleme sırasında literatürdeki çalışmalar, kullanılan yöntemler, derin öğrenme mimarileri, veri kümeleri, performans değerlendirme ölçütleri ve karşılaştırma yapılan yöntemler gibi açılardan ele alınmıştır.

## 2. LİTERATÜR

Derin öğrenme terimi ilk olarak Aizenberg tarafından öne sürülmüş (Aizenberg vd., 2000) ve Hinton çok katmanlı ileri beslemeli sinir ağının her bir iterasyonda bir katmanın etkin bir şekilde eğitilmesi ve denetimli geri besleme yöntemi ile ince ayar verilmesi üzerine önemli gelişmeler kaydetmiştir. Araştırmacılar, farklı görevler için çeşitli derin öğrenme mimarileri geliştirmiştir. Bu mimariler arasında en yaygın olanlar; CNN, RNN, LSTM, jeneratif modeller, kısıtlayıcı Boltzmann makineleri ve derin inanç ağlarıdır. Derin öğrenme modellerinin başta görüntü analizi olmak üzere tekstil endüstrisinin çeşitli alanlarında kullanıldığı bilinmektedir (Deng, 2011). Kumaş hata tespit ve sınıflandırmasında kullanılan başlıca mimariler özelleştirilmiş derin CNN, uzun kısa süreli hafıza, jeneratif çekişmeli modeller ve otokodlayıcılarıdır.

CNN, yapı olarak sırasıyla giriş katmanı, konvolüsyon (evrişim) katmanı, havuzlama katmanı (ortaklama katmanını), düzleştirme katmanı, tam bağlantı katmanı ve çıktı katmanı olmak üzere altı katmandan oluşmaktadır. Giriş katmanı, CNN'nin ilk katmanı olup, bu katmana girdi olarak veri sunumu olmaktadır. Giriş katmanından sonra gelen konvolüsyon (evrişim) katmanı, CNN'nin en temel bileşenidir ve öznelik çıkarımı için bir dizi filtrenin giriş verisi üzerinde kaydırılması konseptine dayanmaktadır. Filtrenin kaydırılması sırasında noktasal çarpımlar yapılarak özellik haritaları çıkarılmakta ve bu haritalarla giriş verisi üzerindeki hangi noktaların önem taşıdığı anlaşılmaktadır (CS231n, 2022) Havuzlama katmanında (ortaklama katmanı) görüntüler çok büyük olduğunda parametre sayısını azaltılarak görüntü küçültülmektedir. Havuzlama katmanından sonra düzleştirme katmanı gelmektedir. Düzleştirme katmanı, havuzlama katmanından çıkan çok boyutlu parametreleri tek boyutlu bir vektör haline getirerek tam bağlantı katmanında kullanılmak üzere hazırlanmaktadır (Jin vd., 2014). Bir önceki katmandan alınan nöronlar, tam bağlantı katmanı içerisindeki her bir nörona

bağlanmaktadır. En genel tanımıyla tam bağlantı katmanları, kendisinden bir önceki katmandan aldığı özellikler ile çıktı özelliğinin hesaplanmasını sağlamaktadır (Amidi ve Amidi, 2018). Çıktı katmanı ise tam bağlantı katmanından sonra gelmektedir. Bu katman sınıflandırma görevleri için, çıktıların iyi uygulanmış bir olasılık dağılımını üretmektedir (Guo vd., 2017). Aynı zamanda, girdi olarak alınan verilerin konvolüsyonel sinir ağında öğrenildikten sonra çıktı olarak dış dünyaya sunulduğu katman olarak tanımlanmaktadır (Arunava, 2018). Genel bir CNN modeline ait bir görsel Şekil 1.'de verilmiştir.



Şekil 1. Genel bir CNN yapısı (Dölek & Kurt, 2023)

CNN'nin avantajları arasında; kalite ve sağlamlık açısından önemli ölçüde daha iyi performans gösterme; daha doğru sonuç verme, daha iyi gerçek-zamanlılık, daha iyi hata lokalizasyonu ve algılama yeteneği, küçük numuneler için son derece gelişmiş ince detaylı yapı (şantuk (slub), leke, kopma...) segmentasyonu yer almaktadır. CNN başarım ve performans bakımından diğer mimarilere kıyasla daha üstün özelliklere sahip olması sebebiyle tekstil yapılarında hata tespit ve sınıflandırmasında kullanılmaktadır.

### 3. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada mevcut literatürü sistematik olarak taramak amacıyla, temel veri tabanlarından olan Web of Science (WoS) veri tabanı kullanılmıştır. Literatür taraması için bir yayımlanma yılı sınırlaması getirilmemiş olup, arama stratejisi olarak 'Kumaş Hata Tespiti', 'Kumaş Hata Sınıflandırma', 'Derin Öğrenme' ve 'Bilgisayarla Görme' gibi anahtar kelimeler ve bunların kombinasyonları kullanılmıştır.

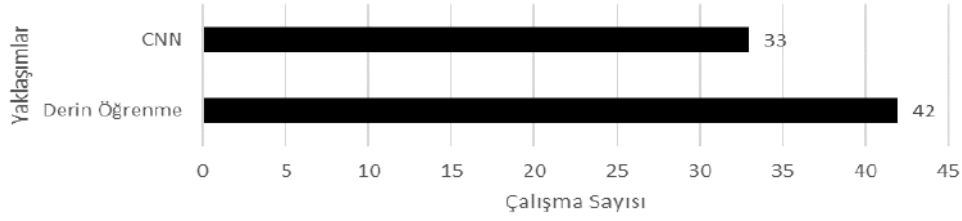
Tarama sonucunda elde edilen makalelerden şu kriterlere uymayanlar değerlendirmeye alınmamıştır:

- Makine öğrenmesi ile ilgili olup derin öğrenme kapsamında olmayanlar.
- İngilizce veya Türkçe dışındaki dillerde yayımlanmış makaleler.

Toplanan makalelerin incelemesi iki aşamada yapılmıştır. İlk aşamada, makale başlıkları ve özetleri incelenerek kriterlere uymayan çalışmalar elenmiştir. İkinci aşamada tam metin incelemesi yapılmıştır. Çalışmaların tam metinlerinde özellikle materyal ve metot ile sonuç kısımları detaylı olarak incelenmiştir. İnceleme sırasında, çalışmalarda kullanılan yöntemler, derin öğrenme mimarileri, veri kümeleri, performans değerlendirme ölçütleri ve karşılaştırma yapılan yöntemler değerlendirilmiştir.

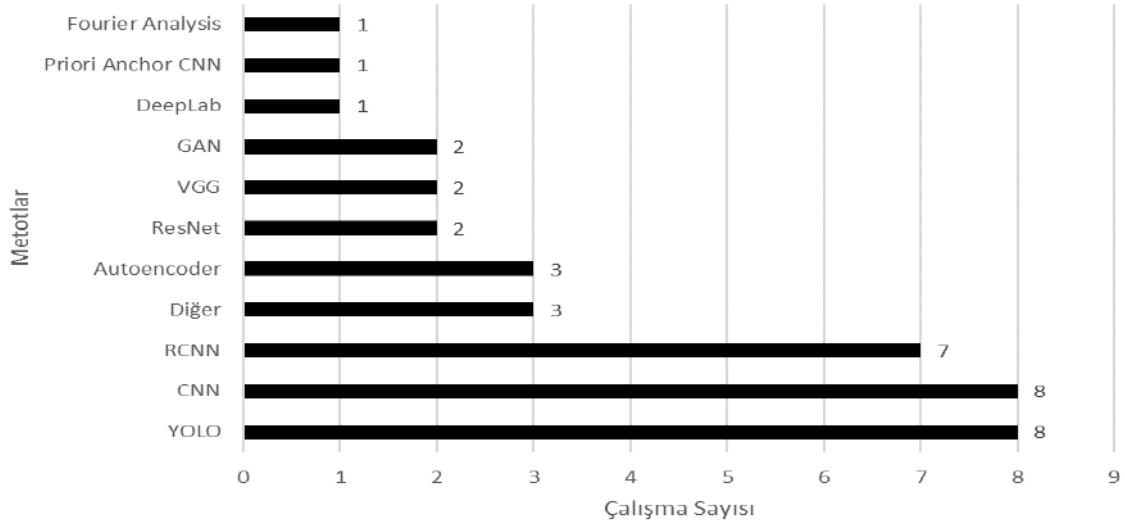
### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, kumaş hata tespitinde derin öğrenme yöntemlerinin kullanımını inceleyen mevcut literatür WoS veri tabanı üzerinden sistematik olarak değerlendirilmiştir. Yapılan literatür taraması sonucunda, CNN tabanlı yaklaşımların bu alanda yaygın olarak kullanıldığı ve başarılı sonuçlar elde ettikleri tespit edilmiştir. Bu noktada, kumaş hatalarının derin öğrenme yöntemleri ile tespiti konusunda yapılan taramada, Şekil 2'de görüldüğü üzere WoS veri tabanında 42 çalışmanın tespit edildiği ve bunların 33'ünün CNN tabanlı olduğu görülmüştür.



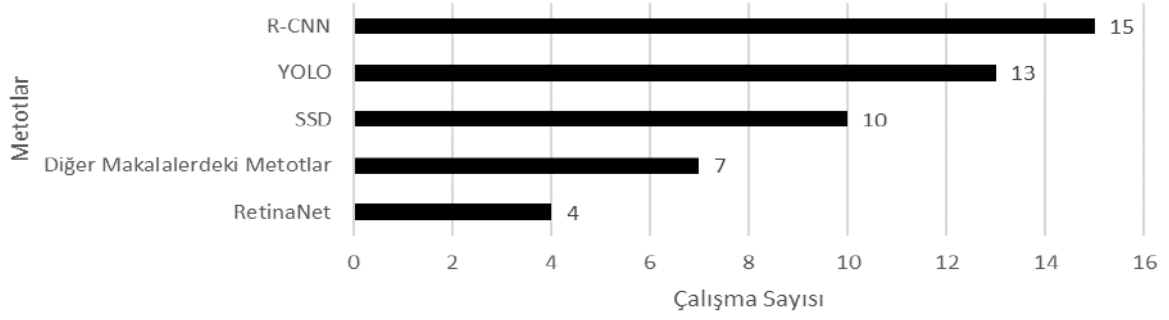
Şekil 2. Derin Öğrenme Tabanlı Çalışmalarda CNN Kullanılan Çalışmaların Yeri

Bu çalışmalarda hangi metotların daha sık kullanıldığını belirlemek amacıyla Şekil 3 oluşturulmuştur. WoS üzerinden taranan çalışmalar, kullanılan metotlar ve mimariler açısından incelendiğinde, çeşitli CNN yapılarına başvurulduğu tespit edilmiştir. İlgili incelemeler sonucunda, veri tabanında yer alan çalışmalarda kullanılan metotlar genel olarak 11 başlık altında toplanabilmektedir. Belirlenen bu 11 başlıktan 9'u kumaş hatalarının otomatik tespitinde kullanılan metotları ifade ederken, kalan iki başlık "Diğer" çalışmalar ve genel olarak "CNN" mimarisi şeklinde ifade edilen çalışmaları içermektedir. Çalışmalarda, birden fazla metodun birlikte kullanıldığı görülmekle birlikte literatürde kumaş hatalarının otomatik tespitinde en sık kullanılan yöntemin YOLO (You Only Look Once) mimarisi ve varyasyonları olduğu belirlenmiştir. Sık kullanılan yöntemler arasında RCNN (Region-based Convolutional Neural Networks) mimarisi ve varyasyonları da yer almaktadır. Bu iki metodun yanı sıra genel anlamda CNN olarak ifade edilen modeller de en sık kullanılan metotlar arasında ikinci sırada yer almaktadır.



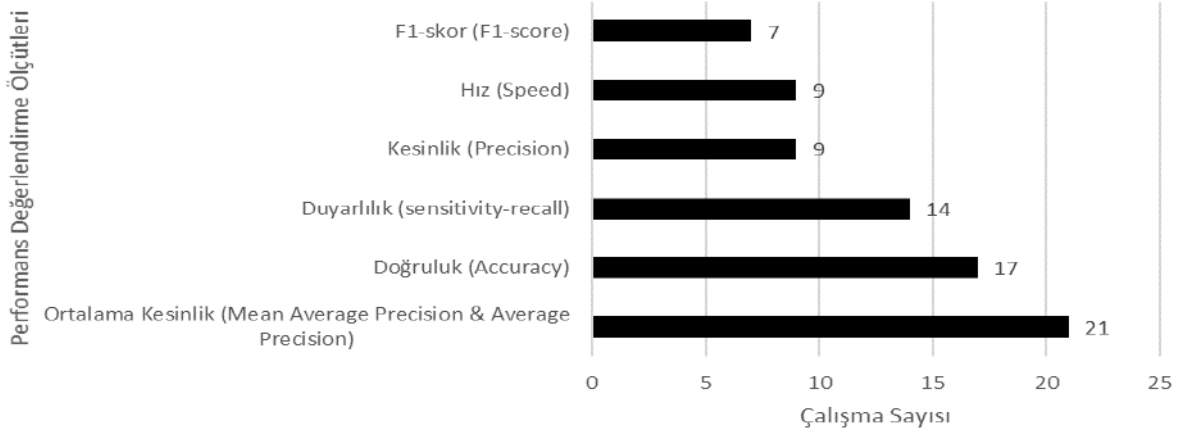
Şekil 3. CNN Tabanlı Yaklaşımların Literatürdeki Dağılımı

Hangi modellerin karşılaştırma için daha sık kullanıldıklarını tespit etmek amacıyla karşılaştırma için kullanılan metotların ve mimarilerin dağılımı Şekil 4'te gösterilmiştir. İncelenen çalışmalarda, yazarların kendi uyguladıkları metotların ve mimarilerin performanslarını farklı metot ve mimarilerin performansları ile karşılaştırdıkları tespit edilmiştir. Görüldüğü üzere R-CNN ve YOLO mimarileri ve varyasyonları sıkça performans karşılaştırması yapmak amacıyla kullanılmaktadır. Şekil 3'de de literatürde kullanılan metotlar incelendiğinde, bu iki metodun sıkça kullanılanlar arasında olmasından dolayı karşılaştırma amacıyla kullanılmaları da beklenen sonuçlar arasındadır. Bunun yanı sıra, araştırmacıların literatürdeki diğer çalışmalarda yer alan metotları da birebir kullanarak karşılaştırma yaptıkları görülmüştür. İncelenen çalışmalar arasında daha spesifik olan metotlar da bulunmaktadır. Ancak, sayıca az kullanıldıklarından dolayı şekle dahil edilmemişlerdir.



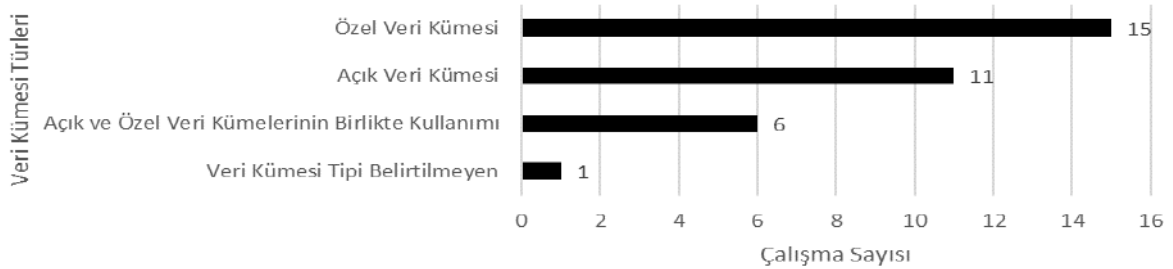
**Şekil 4.** Çalışmalarda Karşılaştırma Amacıyla Kullanılan Metotların Detaylı Dağılımı

Çalışmalarda kullanılan performans ölçütlerini ve bu ölçütlerin kullanım sıklığını göstermek amacıyla Şekil 5 oluşturulmuştur. Şekil 5'te görüldüğü üzere, en sık kullanılan performans ölçütü 'Ortalama Kesinlik (Mean Average Precision / Average Precision)' olmuştur. Diğer sık kullanılan performans ölçütü ise 'Doğruluk (Accuracy)' ve 'Duyarlılık (Sensitivity-Recall)' olmuştur. Kalan ölçütlerin daha az sıklıkta kullanıldığı tespit edilmiş olup, şekil içerisine dahil edilmemiştir. Belirtilen performans değerlendirme ölçütleri her ne kadar tek başlarına ele alınmış olsa da çalışmalarda genellikle birden fazla ölçüt aynı anda kullanılmış, metotların ve mimarilerin performansları birden fazla performans değerlendirme ölçütü ile değerlendirilmiştir.



**Şekil 5.** Çalışmalarda Kullanılan Performans Ölçütlerinin Detaylı Dağılımı

Veri kümesi türlerinin dağılımı Şekil 6'da detaylı olarak verilmiştir. WoS veri tabanındaki çalışmalar, kullanılan veri kümesi türleri bakımından incelendiğinde, çalışmaların çoğunda özel veri kümelerinin kullanıldığı tespit edilmiştir. Özel veri kümelerini, açık veri kümeleri takip etmektedir. Bunun yanında, bazı çalışmalarda açık ve özel veri kümelerinin birlikte kullanıldığı belirlenmiştir.



**Şekil 6.** Kumaş Hatası Tespitinde Kullanılan Veri Kümesi Türlerinin Dağılımı

Veri kümeleri içerisinde yer alan kumaş hata tipleri incelendiğinde ise yazarların benzer kumaş hatalarını farklı şekillerde isimlendirme yoluna gittikleri görülmüştür. Ayrıca, bazı kumaş hatalarının isimlendirmelerinde anlam belirsizliği de bulunmaktadır. Ancak, literatürdeki kumaş hataları genel olarak 5 sınıfta toplanabilmektedir. Bu sınıflar ‘İplik Hataları’, ‘Renk ve Leke Hataları’, ‘Delik ve Kesik Hataları’, ‘Kumaş Üzerinde Yabancı Cisim Hataları’, ve ‘Hatasız’ olarak belirlenmiştir.

## 5. SONUÇLAR

Ülke ekonomisi için önemli bir yere sahip olan tekstil ve hazır giyim endüstrisinde karlılığın devamı için hatasız üretim oldukça önem taşımaktadır. Manuel olarak gerçekleştirilen kalite kontrol sistemi ise insan faktörüne bağlılığından dolayı hem zaman hem de hataya yatkınlık bakımından dezavantajlar taşımaktadır. Bu dezavantajların giderilmesi amacıyla kumaş hatalarının otomatik tespitine yönelik birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Sağladığı avantajlar sayesinde yapay zekâ uygulamaları ve özellikle de derin öğrenme, kumaş hatalarının otomatik tespitinde önem kazanmıştır. Bu nedenle bu çalışmada kumaş hata tespitinde derin öğrenme kullanımına odaklanılmış ve derin öğrenme metodlarından biri olan CNN’in kumaş hatası tespiti alanındaki potansiyeli incelenmiştir.

WoS veri tabanında yer alan çalışmalardan elde edilen bulgular incelendiğinde, derin öğrenme ile ilgili çalışmaların yaklaşık %80’inin CNN ile ilgili olduğu görülmüştür. CNN içerikli çalışmalarda ise YOLO ve RCNN metodunun ve mimarilerinin kullanıldığı çalışmaların daha yaygın olduğu tespit edilmiştir. Çalışmalarda kullanılan metodların performans değerlendirmesi ise çoğunlukla ortalama kesinlik, doğruluk ve duyarlılık performans ölçütleri ile yapılmaktadır. Araştırmacılar ayrıca metodlarının performanslarını değerlendirdikten sonra verimliliklerini diğer metodlarla kıyaslayarak ispatlamışlardır. Bu noktada, tercih edilen karşılaştırma metodları RCNN, YOLO ve SSD olmuştur. Diğer taraftan kumaş hataları genel olarak iplik hatası, renk ve leke hatası, delik ve kesik hataları, kumaş üzerinde yabancı cisim ve hatasız olarak beş başlıkta sınıflandırılmış ve kumaş hatası tespiti için gerekli olan veri kümeleri, çalışmaların çoğunda özel veri kümelerinden temin edilmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışma, CNN modelini kullanarak hatasız üretimi arttırmaya ve katma değer yaratmayan kalite kontrol sürelerini azaltmaya yönelik yapılan çalışmaları incelemiş olup, gelecek araştırmalar için bir başlangıç noktası sağlamıştır.

## 6. KAYNAKLAR

Aizenberg, I. N., Aizenberg, N. N., ve Vandewalle, J. (2000). *Multi-Valued and Universal Binary Neurons. In Multi-Valued and Universal Binary Neurons. Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-3115-6*

Almeida, T., Moutinho, F., & Matos-Carvalho, J. P. (2021). *Fabric Defect Detection with Deep Learning and False Negative Reduction. IEEE Access. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3086028*

A. Amidi ve S. Amidi, «Evrışimli Sinir Ağları el kitabı» [Çevrimiçi]. Available: <https://stanford.edu/~shervine/l/tr/teaching/cs-230/cheatsheet-convolutional-neuralnetworks>. [Erişildi: 19.02.2022].

Arunava, 2018. Erişim Tarihi: 16.08.2021. <https://towardsdatascience.com/convolutional-neural-network-17fb77e76c05>

CS231n. (2022). *CS231n Convolutional Neural Networks for Visual Recognition. Stanford. https://cs231n.github.io/convolutional-networks/#conv*

Deng, L., 2011. *An overview of deep-structured learning for information processing. In Proc. Asian-Pacific Signal, Information Proc. Annual Summit Conference (APSIPA-ASC), 1-14.*

*Dölek, İ., & Kurt, A. (2023). Ottoman Optical Character Recognition with deep neural networks. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 38(4), 2579–2593. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.1062596>*

*Guo, T., Dong, J., Li, H., Gao, Y. (2017). Simple convolutional neural network on image classification, 2017 IEEE 2nd International Conference on Big Data Analysis, pp. 721-724.*

*Jin, J., Dundar, A., ve Culurciello, E. (2014). Flattened Convolutional Neural Networks for Feedforward Acceleration. <http://arxiv.org/abs/1412.5474>*

*Kumar, A. (2008). Computer-Vision-Based Fabric Defect Detection: A Survey. IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, 55(1). <https://doi.org/10.1109/TIE.2007.896476>*

# DAĞINIK VERİLERİN YAPAY ZEKA VE MAKİNE ÖĞRENMESİ TEKNOLOJİLERİ KULLANILARAK PAMUK FİYATLARININ ÖNCE DEN TAHMİN EDİLMESİ

Sevtap KARTAL<sup>1</sup>, Abdurrahman ALPTEKİN<sup>1</sup>, Büşra SEVEN<sup>2</sup>, Mehmet Emin KILIÇ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Nazar Tekstil San. ve Tic. A.Ş. Ar-Ge Merkezi, Kahramanmaraş, Türkiye

<sup>2</sup>Hey Teknoloji Yazılım, Danışmanlık, San. ve Tic. LTD.ŞTİ. Ar-Ge Merkezi, Kahramanmaraş, Türkiye

## ÖZET

Emtia ürünlerinin fiyatının tahmin edilmesi hem araştırmacılar hem de uygulayıcılar için en zorlu alanlardan biridir. Bir emtia ürünü olan pamuğun fiyatının tahmin edilmesinin, pek çok ekonomik, politik ve psikolojik faktörden etkilenebildiği düşünüldüğünde, karmaşık bir sistem olduğunu söylemek çok da yanlış olmayacaktır. Emtia ürünlerinin başarılı bir şekilde fiyatlandırılması ve ticareti; çeşitli ekonomik, politik faktörler ve piyasalarda faaliyet gösteren katılımcıların duyguları, spekülörlerin müdahaleleri, finansal enstrümanların sürekli fiyat oynaklığı gibi faktörler nedeniyle zorlaşmaktadır. Gerçekleştirilen çalışmamızda ileri teknolojiler (big data, veri madenciliği, yapay zeka) kullanılarak, pamuk fiyatını önceden tahmin edebilecek gelişmiş bir uygulama ortaya çıkarılmıştır. Çalışmamızda pamuk fiyatının belirlenmesinde kullanılan tüm veri tabanlarını analiz edilerek yüksek doğrulukta 'pamuk fiyatı tahminlemesi' gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda fiyata etki eden parametrelerin tamamına yakını kapsanarak bir model oluşturulmuştur. Oluşturulan model ile yapılan tahminlemeler gerçekleşen piyasa verileri ile karşılaştırılmış, modelin %1'e yakın düşük bir hata payıyla çalıştığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Emtia fiyatları, yapay zeka, fiyat tahminleme, büyük veri.

## PREDICTING COTTON PRICES BY USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MACHINE LEARNING TECHNOLOGIES FROM SCATTERED DATA

### ABSTRACT

Predicting the price of commodity products is one of the most challenging areas for both researchers and practitioners. Considering that the price of cotton, a commodity product, can be affected by many economic, political and psychological factors, it would not be wrong to say that it is a complex system. Successful pricing and trading of commodity products; it becomes difficult due to various economic and political factors and factors such as the emotions of participants operating in the markets, interventions of speculators, and constant price volatility of financial instruments. In our study, an advanced application that can predict the cotton price was created by using advanced technologies (big data, data mining, artificial intelligence). In our study, it was aimed to achieve high accuracy 'cotton price prediction' by analyzing all databases used to determine the cotton price. In this regard, a model was created by covering almost all of the parameters affecting the price. The predictions made with the created model were compared with the actual market data, and it was determined that the model worked with a very high accuracy rate.

**Keywords:** Commodity prices, artificial intelligence, price forecasting, big data.



## 1.GİRİŞ

Günümüz koşullarında tarım ürünlerinin fiyatlarındaki sürekli değişim; hükümeti, çiftçileri ve tarım ürünleri ile ilgilenen büyük/küçük ölçekli şirketleri etkilemektedir. Tarım ile uğraşan ülkelerde piyasaya sunulan ürünlerin fiyat tahmininin doğru veya gerçekçi yapılabilmesi alıcılar, satıcılar ve tüketiciler açısından oldukça önem arz etmektedir (RL ve Mishra, 2021).

Bir ürünün ileri dönem satış fiyat tahmininin en iyi şekilde yapılabilmesi, alıcı ve satıcının kar ve zarar pozisyonlarının tahmin edilebilmesi, için ürünün geçmişteki fiyat verilerinden faydalanılmaktadır. Bu sayede ürünün geçmiş piyasa fiyat verileri denetimli öğrenme problemi şeklinde tasarlanabilmektedir (Fischer ve Krauss, 2018; Långkvist, Karlsson ve Loutfi, 2014). Geçmiş zaman verilerine dayanan veri modelleri zaman serileri olarak tanımlanmaktadır (Sezer, Gudelek ve Ozbayoglu, 2020).

Zaman serisi problemleri, modellenmesi en zor olan veri türü olarak yaygın bir kabul görmektedir. Zaman serisi problemlerinin tahminlerin daha isabetli olarak gerçekleştirilebilmesi için uzmanlar, lineer olmayan veriler üzerinden geleneksel yöntemlere göre daha başarılı sonuçlar ürettiği rapor edilen makine öğrenmesi tekniklerini önermektedir. Bu nedenle popülerleşmeye başlayan makine öğrenmesinin de alt dalları geliştirilmeye başlanmış ve esnek hesaplama modellerine dayalı tahmin uygulamaları kullanılabilir hale gelmiştir (Sezer, Gudelek ve Ozbayoglu, 2020).

Zaman serileri, daha önce de belirtildiği üzere geçmiş gerçek değerlerden alınan örneklemelerden oluşmaktadır. Zaman serilerinin diğer veri yapılarından farklı olmasını sağlayan özelliğe sahiptir. Bunlardan ilki; zaman serilerinde örnek olarak alınan verilerde çok fazla gürültünün olmasıdır. Fazla olan gürültüden kurtulmak için gürültünün belli bir oranı ortadan kaldırılır. Bir diğer özellik ise verilerin çok fazla öznitelikçe sahip olmasından dolayı yüksek boyutlu olmasıdır. Problem uzayına karşılık gelen öznitelik boyutunu ise, temel bileşen analizi vb. yöntemler ile boyut indirgenmeye çalışılmaktadır (Långkvist, Karlsson ve Loutfi, 2014). Bu sayede, veri setinde bulunan öznitelik sayısı azaltılmaktadır. Bu durumun avantajı olduğu kadar dezavantajı da bulunmaktadır. Boyut indirgemeye giderken model için gerekli olan özellikler de çıkarılabilmektedir. Yukarıdaki iki çözümün yanı sıra dalgacık analizi ve filtreleme işlemleriyle de problemin üstesinden gelmeye çalışılmaktadır. Ancak bu iki çözüm uzmanlık gerektirmektedir (RL ve Mishra, 2021; Långkvist, Karlsson ve Loutfi, 2014).

Zaman serilerinin büyük bir kısmı durağan olmadığı için girdilerin frekans, varyans, ortalama gibi özellikleri sürekli olarak değişebilmektedir. Bu yüzden üzerinde çalışılan problem için ilgili özellik alanında çalışmak yerine zaman alanında çalışmak daha fazla fayda sağlamaktadır (Långkvist, Karlsson ve Loutfi, 2014).

Uzun-kısa süreli bellek (LSTM), 1997 yılında Hochreiter ve Schmidhuber tarafından kullanılmış, en az bir döngü içeren yapay bir sinir ağı modelidir. RNN (Yinelemeli sinir ağı - Recurrent Neural Network)'lerde karşılaşılan problemler incelenerek daha iyi bir sonuç elde etmek için geliştirilmiştir. Diğer makine öğrenmesi algoritmalarından farklı olarak 3 kapısı bulunmaktadır. Bunlar: verilen girdilerle hangi bilgilerin unutulacağını veya tutulacağını, sigmoid fonksiyonu sayesinde karar veren unutmama kapısı; kullanılan sigmoid fonksiyonunun sonucuna göre güncelleme olup olmayacağına karar veren ve bilgiyi önemsiz ise 0, önemli ise 1 olarak kategorileştiren giriş kapısı; son olarak hücrelerden hangi bilgilerin çıkış olarak verileceğini gösteren çıkış kapısıdır. Bu özellikler sayesinde 3 kapı filtreleme görevi görmektedir (RL ve Mishra, 2021; Fischer ve Krauss, 2018). LSTM, bahsedilen özellikleri sayesinde; finans sektöründe, borsada, ürün fiyatı tahmininde, ürünlerin bozulma tarihinin tahmininde, ses sinyallerindeki değişimlerin izlenmesinde ve hastalıkların yayılma süreçlerinin izlenmesinde kullanılır. Diğer makine öğrenmesi metotlarına göre daha yüksek başarı sağlamaktadır (RL ve Mishra, 2021; Fischer ve Krauss, 2018; Långkvist, Karlsson ve Loutfi, 2014).

LSTM, RNN yapısının optimize edilmiş ve eksikleri giderilmiş versiyonudur. Bu optimizasyon işlemi, zaman serisi problemleri odak alınarak yapılmıştır. Geçmiş fiyatlar incelenerek gelecek fiyatların tahmin edilmesi, bir zaman serisi problemi olduğundan; LSTM, bu tarz problemlerde yüksek doğruluk oranında tahmin yapabilmektedir. Ayrıca LSTM, kısa süreli hafızaya sahip olduğundan; fiyat tahmini problemlerinde, diğer zaman serisi problemlerine göre daha etkili çalışmaktadır. Bu yüzden pamuk fiyatlarının tahmin edilmesi konusunda en başarılı algoritma LSTM olmuştur.

## 2.MATERYAL VE METOT

## 2.1. Materyal

Geliştirilen projede pamuk fiyatının tahmin edilebilmesi için derin öğrenme yaklaşımlarından biri olan LSTM modeli kullanılmıştır. Gerçekleştirilen zaman serisi analizinde 05-08-2011 ile 15-11-2021 tarihleri arasındaki günlük pamuk fiyatları kullanılmıştır.

Hedeflenen hata düzeyini yakalayabilmek için LSTM yapılarının uzman tarafından belirlenmesi gereken hiperparametreler için çoklu bir kombinasyon seti ortaya konulmuş ve en düşük hata oranını veren yapılar tercih edilmiştir. Bu sayede projede fiyat durumunu daha iyi tahmin edebilmek için LSTM mimari için özel tasarım araştırma süreci yürütülmüştür.

Tasarlanan model ile geçmişteki fiyat verileri baz alınarak gelecekteki pamuk satış fiyat tahmini yapılmıştır. Tahmin modeli veri setine göre değişiklik gösteren parametreler içermektedir. Bu parametreler, hiperparametre olarak adlandırılmaktadır. Geliştirilen sistemin, sistem parametrelerinin belirlenebilmesi için önceden belirlenen setler test edilmiştir. Yapılan çalışmanın birinci aşamasında öznitelik olarak sadece geçmiş fiyat bilgisi kullanılmış, farklı hiperparametre setleri ve derinlik değerleri kullanılarak LSTM modeli eğitilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre daha iyi bir başarı oranı yakalamak için EPOCH sayısı artırılmış, optimizasyon algoritması değiştirilmiş, veri setinin test-eğitim olarak bölünme oranı değiştirilmiş, aşırı öğrenmeyi engelleyen DROPOUT değeri azaltılmış veya artırılmış, özellik ölçekleme işleminde MinMax Scaler-Standard Scaler-Robust Scaler çeşitleri kullanılmış, BATCH\_SIZE değiştirilmiş ve LSTM'in yapısına yeni katmanlar eklenmiş veya katman sayısında azalmaya gidilmiştir. Bu aşamada elde edilen en iyi sonuçları veren hiperparametre setleri bir sonraki aşamada kullanılmak üzere kayıt altına alınmıştır.

## 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Çizelge 1. Geliştirilen tahmin modelinin Parametre seti

Parametre Adı	Değerler
Katman yapısı ve nöron sayısı	1.Katman : LSTM (256 nöron) 2.Katman : LSTM (128 nöron) 3.Katman : LSTM (64 nöron) 4.Katman : LSTM (32 nöron) 5.Katman : Dense (1 nöron)
Optimizasyon algoritması	adam
Epoch sayısı	1000
Batch size	16
Scaler	Robust Scaler
Dropout	0.1

Derinlik: Bir sonraki değeri tahmin etmek için zaman serisinde geriye doğru bakılacak zaman adımı sayısını ifade etmektedir. Çeşitli denemeler sonucu 3 günlük derinlik değerinin en iyi sonuçları verdiği gözlemlenmiştir.

EPOCH: Model eğitilirken, kullanılan iterasyonu ifade eder. Bu değerın çok küçük olması verinin iyi öğrenilememesine, çok büyük olması da aşırı işlem yükü maliyetine sebep olabilmektedir. 1000 EPOCH değerinin en iyi sonuçları verdiği gözlemlenmiştir.

DROPOUT: LSTM modelinde aşırı öğrenmenin önüne geçmek için kullanılan başka bir hiperparametredir. 0.1 eğrinin en iyi sonuçları verdiği gözlemlenmiştir.

Scaler: LSTM modelinde performansı arttırmak ve işlem gücü maliyetini azaltmak için ölçeklenmiş veri kullanımı tercih edilir. Robust Scaler ile ölçekleme yapmanın en iyi sonuçları verdiği gözlemlenmiştir.

BATCH\_SIZE: Optimizasyon sürecinde hesaplama maliyetinin düşürülmesi için kullanılan parametredir. 32 değerinin en iyi sonuçları verdiği gözlemlenmiştir.

Öznelik olarak sadece geçmiş fiyat bilgisi kullanılarak eğitilen modelin en iyi sonuç verdiği 3 hiperparametre seti çizelge 2’de gösterilmiştir.

**Çizelge 2.** Hiperparametre Setleri

Hiperparametre Adı	Hiperparametre Seti 1	Hiperparametre Seti 2	Hiperparametre Seti 3
Epoch Sayısı	1000	1000	1000
Veri Eğitim-Test Oranı	%80 - %20	%80 - %20	%80 - %20
Derinlik	3	3	3
Optimizasyon Algoritması	Adam	rmsprop	rmsprop
Dropout	0.1	0.1	0.1
Batch Size	16	16	16
LSTM 1. Katman Nöron Sayısı	256	256	128
LSTM 2. Katman Nöron Sayısı	128	128	64
LSTM 3. Katman Nöron Sayısı	64	64	32
LSTM 4. Katman Nöron Sayısı	32	32	16
Dense	1	1	1

Çizelge 2’de verilen hiperparametre setleri ile eğitilmiş LSTM modellerinin fiyat tahmin performansları Çizelge 3’de gösterilmiştir.

**Çizelge 3.** Hiperparametre Setleri Fiyat Tahmin Performansları

Hiperparametre seti	Gerçek Fiyat Ortalaması (USD)	Tahmin Edilen Fiyatın Ortalaması (USD)	Ortalama Hata	Ortalama Hata Oranı (%)
1	81,40883	81,27507	0,13378	1,15105
2	81,48716	81,31599	0,17116	1,15682
3	81,74944	81,59245	0,15698	1,15812

Bu aşamada öncelikle, Base Modelin tahmin performansını korumak ve iyileştirmek için, zamana bağlı olarak güncellenen veri ile model yeniden eğitilmiştir. Bunun sonucunda base modelde %1,177 olan hata oranı %1,166’ya inmiştir. Rusya - Ukrayna savaşının piyasalarda oluşturduğu etkiyi modele yansıtmak için model savaş zamanı verisiyle retrain edilip tahminlerin iyileşmesi hedeflenmiştir. Bu yöntem piyasaların dalgalı seyrettiği savaş döneminde modelin başarılı performans göstermesine sağlasa da, piyasalardaki dalgalanma normale döndükçe modelin performansı azalmaya başlamıştır.

Yeni baz modelin hata oranı bu durumda %1,166'dan bir miktar yükselişle %1,759'a çıktığı görülmüştür.

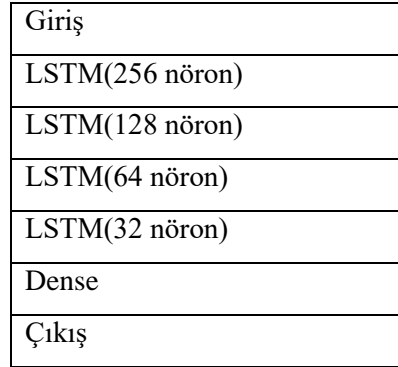
Birinci aşamada elde edilen en iyi parametre seti kullanılarak ikinci aşamaya geçilmiştir. Bu aşamada geçmiş fiyat bilgisinin yanında pamuk fiyatına etki eden ikinci bir öznitelik eklenmiştir (Cotlook A index). Piyasa uzmanlarına anket yapılmış ve alınan görüşler doğrultusunda modele olumlu etki sağlayabilecek verilerden olan Cotlook A-Index verisi elde edilip modelin eğitiminde kullanılmış ve elde edilen tahmin sonuçlar kayıt altına alınmıştır.

Sonrasında "U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE" tarafından yayınlanan WASDE Raporundaki belirlenen değerler modele öznitelik olarak eklenip model performansı arttırılmaya çalışılmıştır. Bu aşamada da LSTM modeli farklı öznitelik ve derinlik kombinasyonları ile eğitilmiş ve elde edilen tahmin sonuçlar kayıt yine altına alınmıştır.

**Çizelge 4.** Eğitilen modellerin hata oranları

Model Adı	Veri Zaman Aralığı	Hata Oranı
Yeni Baz Model	01.08.2011-20.05.2022	% 1,166
Yeni Baz model + Cotlook A index	01.08.2011-20.05.2022	% 1,163
Yeni Baz Model + Cotlook A index + WASDE model	01.08.2011-20.05.2022	% 1,084

Görülebileceği üzere veri setine eklenerek yeniden eğitilen modelde tahminleme performansı iyileşebilmektedir. Bazı durumlarda da Ukrayna savaşı örneğinde olduğu gibi olağanüstü dönemden olağan döneme geçişte modelin performansı gerileyebilmektedir. Bu noktada modeli eğitmek için uygun veri kaynaklarının seçiminin önemli olduğu görülmektedir.



**Şekil 1.** Hiperparametre Seti 1 için LSTM Modeli blok şeması

Aşağıdaki tahmin sonuç grafiğinde de görüleceği üzere gerçekleşen veriler ile modelin tahmin ettiği veriler olağanüstü dalgalanmanın olmadığı dönemlerde hatasızca yakın doğrulukta sonuç vermektedir. Keskin fiyat değişimlerinde ise tahmin ile gerçekleşen arasındaki fark açılmakta, izleyen dönemde fark kapanarak hata oranları düşmektedir.



Şekil 2. Tahmin sonuç grafiği

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, pamuk fiyatlarının tahmin edilmesinde yapay zeka ve makine öğrenimi teknikleri kullanılmıştır. Geliştirilen LSTM modelleri ile geçmiş fiyat verilerinden yola çıkarak gelecekteki fiyatların tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Çeşitli hiperparametre setleri kullanılarak modeller eğitilmiş ve performansları karşılaştırılmıştır. Ayrıca, LSTM katman derinliği ve nöron sayılarının da fiyat tahmini performansında önemli bir rol oynadığı gözlemlenmiştir.

Elde edilen sonuçlar, geliştirilen modelin pamuk fiyat tahminlerinde yüksek doğruluk oranları ile çalıştığını göstermektedir. Bu, tarım ürünleri piyasasında alıcılar ve satıcılar için önemli bir avantaj sağlayabilir. Özellikle, fiyat tahminlerinin doğruluğu alıcı ve satıcıların kar ve zarar pozisyonlarını daha iyi yönetmelerine olanak tanır.

#### 5.KAYNAKLAR

- Fischer, T. & Krauss, C., (2017), *Deep learning with long short-term memory networks for financial market predictions*, *European Journal of Operational Research*, 270, 2, 654-669.
- Långkvist, M., Karlsson, L., & Loutfi, A. (2014), *A review of unsupervised feature learning and deep learning for time-series modelling*, *Pattern Recognition Letters*, 42, 11-24.
- R L, M. & Mishra AK., (2021), *Forecasting spot prices of agricultural commodities in India: Application of deep-learning models*, *Intell Sys Acc Fin Mgmt*, 28: 72-83.
- Sezer, Ö., Gudelek, U., & Ozbayoglu, M., (2020), *Financial time series forecasting with deep learning : A systematic literature review: 2005-2019*, *Applied Soft Computing*, 90, Article 106181.

# TEKSTİL FABRİKALARINDA İŞ GÜVENLİĞİ SÜREÇLERİNDE DİJİTALLEŞME

*Kübra YILMAZ, Duygu Durdu KOÇ, Arif ŞENER, Tuğçe DEMİRDELEN<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Ulusoy Tekstil Arge Merkezi*

<sup>2</sup>*Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi*

## ÖZET

Tekstil sanayisi, dünya çapında milyonlarca insanı istihdam eden ve özellikle Asya, Afrika ve Güney Amerika'daki gelişmekte olan ülkelerde ekonomik büyümenin ve istikrarın temel direklerinden biri olan bir sektördür. Ancak, sektörün yoğun işgücü ve ince işçilik gerektiren yapısı, çalışanlar için zorlu ve riskli çalışma koşulları yaratmaktadır. Bu çalışma, tekstil fabrikalarında iş kazalarını önlemek ve iş güvenliği süreçlerini daha etkin hale getirmek amacıyla dijitalleşmeye odaklanmaktadır. IT birimi tarafından geliştirilen BPM (Business Process Management) programı sayesinde, iş kazaları sistematik olarak kaydedilmekte, kaza nedenleri analiz edilmekte ve sonuçlar ilgili yöneticilere anında iletilmektedir. Oluşturulan dashboard, kazaların tarihleri, nedenleri ve gerçekleştiği bölümlere dair ayrıntılı veriler sunarak, kaza dağılımlarının kapsamlı bir şekilde analiz edilmesini ve bu veriler ışığında önleyici tedbirlerin hızla alınmasını sağlamaktadır. Dijitalleşen bu süreçler, yalnızca iş kazalarının tespiti ve önlenmesinde ilerleme kaydetmekle kalmamış, aynı zamanda fabrikanın genel iş sağlığı ve güvenliği standartlarını da önemli ölçüde yükseltmiştir. Bu sayede, tekstil fabrikalarında daha güvenli bir çalışma ortamı sağlanmış ve iş kazalarının en aza indirilmesi hedeflenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Tekstil, İş Kazaları, Dijitalleşme, İş Süreç Yönetimi

## DIGITIZATION IN OCCUPATIONAL SAFETY PROCESSES IN TEXTILE FACTORIES

### ABSTRACT

The textile industry is a sector that employs millions of people worldwide and serves as a cornerstone for economic growth and stability, particularly in developing countries in Asia, Africa, and South America. However, the industry's reliance on intensive labor and meticulous craftsmanship results in challenging and hazardous working conditions. This study focuses on leveraging digital solutions to prevent workplace accidents and enhance occupational safety processes in textile factories. Through a Business Process Management (BPM) program developed by the IT department, workplace accidents are systematically recorded, the causes of accidents are analyzed, and results are promptly communicated to relevant managers. A dashboard has been created to provide detailed information on accident dates, causes, and the departments where they occurred, facilitating comprehensive analysis of accident distributions and enabling swift implementation of preventive measures. These digital processes have not only advanced the detection and prevention of workplace accidents but have also significantly improved the overall occupational health and safety standards within the factory. Consequently, a safer working environment has been established in textile factories, with the goal of minimizing workplace accidents.

**Keywords:** Textile, Work Accidents, Digitization, Business Process Management

# 1. GİRİŞ

Tekstil sektörü, dünyanın en eski ve en geniş endüstrilerinden biridir. Modern çağda, bu sektörün verimliliği ve üretkenliği arttırmak için teknolojiye olan bağımlılığı giderek artmaktadır. Tekstil fabrikalarında iş güvenliği, hem çalışanların sağlığını korumak hem de üretim süreçlerinin kesintisiz ve verimli bir şekilde devam etmesini sağlamak açısından kritik bir öneme sahiptir. Son yıllarda, dijitalleşmenin iş güvenliği süreçlerine entegrasyonu, tekstil fabrikalarında önemli bir değişim sağlamıştır.

Dijitalleşme, iş güvenliği süreçlerinde büyük avantajlar sunmaktadır. Bu avantajlar arasında gerçek zamanlı veri izleme, anlık müdahale ve risklerin önceden tahmin edilmesi gibi unsurlar bulunmaktadır. İş güvenliği yönetim sistemlerinin dijital platformlara taşınması, geleneksel yöntemlerin sınırlamalarını aşarak daha etkin ve kapsamlı bir güvenlik yönetimi sunmaktadır. Özellikle büyük ölçekli üretim tesislerinde, dijitalleşme sayesinde iş güvenliği süreçlerinin entegrasyonu ve koordinasyonu daha kolay hale gelmiştir.

Dijitalleşmenin iş güvenliği süreçlerine entegrasyonu, çeşitli teknolojilerin kullanımıyla gerçekleşmektedir. Bu teknolojiler arasında sensörler, IoT (Nesnelerin İnterneti) cihazları, yapay zeka ve veri analitiği önemli bir yer tutmaktadır. Sensörler ve IoT cihazları, fabrikadaki makinelerin ve çalışma ortamının sürekli izlenmesini sağlar. Örneğin, makine arızalarını veya çevresel riskleri tespit eden sensörler, olası tehlikeleri anında bildirerek hızlı müdahale edilmesini sağlar. Yapay zeka ve veri analitiği ise, toplanan verilerin analiz edilerek risk faktörlerinin belirlenmesine ve proaktif önlemler alınmasına yardımcı olur.

Tekstil fabrikalarında iş güvenliği süreçlerinde dijitalleşmenin bir diğer önemli avantajı, eğitim ve bilgilendirme süreçlerinin iyileştirilmesidir. Dijital platformlar üzerinden verilen eğitimler, çalışanların iş güvenliği konusunda sürekli olarak güncel bilgiye erişimini sağlar. Ayrıca, sanal gerçeklik (VR) ve artırılmış gerçeklik (AR) gibi teknolojiler kullanılarak yapılan simülasyonlar, çalışanların gerçekçi ve pratik bir şekilde eğitim almalarını mümkün kılar.

Sonuç olarak, dijitalleşme, tekstil fabrikalarında iş güvenliği süreçlerinin etkinliğini ve verimliliğini artırmakta önemli bir rol oynamaktadır. Bu dönüşüm, hem çalışanların sağlığını koruma hem de üretim süreçlerinin kesintisiz devam etmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. Dijital teknolojilerin iş güvenliği süreçlerine entegrasyonu, gelecekte de tekstil sektöründe önemli bir trend olmaya devam edecek ve iş güvenliği standartlarını daha da yükseltecektir.

## 2.BİLİMSEL YAZIN TARAMASI

Cengiz, Akşit ve Özbakır (2024), Türkiye'deki tekstil sektöründe iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarını ele almakta ve bu sektörde karşılaşılan çeşitli riskleri kapsamlı bir şekilde değerlendirmektedir. 2008-2021 yılları arasında tekstil imalat sektöründe kaydedilen 172.445 iş kazası ve tüm sektörlerdeki iş kazalarının %5'inin bu sektörde gerçekleşmiş olması, iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerinin önemini vurgulamaktadır. Çalışmada, sektöre özgü materyallerin ve işlemlerin kullanımıyla öne çıkan ergonomik, fiziksel, kimyasal, biyolojik ve psikososyal riskler detaylı olarak incelenmekte ve bu risklere karşı alınması gereken önlemler açıklanmaktadır. Makalenin özgün yanı, tekstil atölyelerinde nitel araştırma metodu kullanarak, iş sağlığı ve güvenliği risklerini bütüncül bir yaklaşımla ele alması ve sektörde daha bilinçli bir güvenlik kültürünün teşvik edilmesine yönelik öneriler sunmasıdır.

Divrik (2022), Türk tekstil ve konfeksiyon ihracatçısı küçük ve orta ölçekli işletmelerin (KOBİ) uluslararasılaşma süreçlerinde dijitalleşmenin etkileri ve örgütsel öğrenme odaklı bir model önerisi incelenmiştir. Dijital teknolojilerin hızlı büyümesi, KOBİ'lerin uluslararası pazarlara erişimini kolaylaştırmış ve bu süreçte örgütsel öğrenmenin kritik bir rol oynadığı saptanmıştır. Karma araştırma yöntemi kullanılarak, hem nicel hem de nitel veriler toplanmış ve analiz edilmiştir. Araştırma sonuçları, örgütsel öğrenmenin dijitalleşme süreçleri üzerinde olumlu etkiler yarattığını ve dijitalleşmenin de KOBİ'lerin uluslararasılaşmasını desteklediğini göstermektedir. Bu çalışma, Türk tekstil ve konfeksiyon sektöründeki KOBİ'ler için bu ilişkileri derinlemesine inceleyen ilk araştırma olma özelliği taşımasıyla özgünlük taşımaktadır.

Koçak, Yıldız (2022), hazır giyim sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın üretim süreçlerinin dijital ikiz teknolojisi kullanılarak nasıl geliştirilebileceğini araştırmaktadır. Dijital ikiz, fiziksel üretim süreçlerinin sanal bir kopyasını oluşturarak, verilerin sensörler ve arayüzler aracılığıyla toplanması, işlenmesi ve analiz edilmesini sağlar. Bu çalışma kapsamında, üretim süreçlerinin süreç haritaları oluşturulmuş, veriler veri tabanında toplanmış ve çeşitli regresyon algoritmaları kullanılarak üretim süresi tahmin edilmiştir. Özellikle rassal orman regresyon modeli en yüksek doğruluk oranıyla öne çıkmıştır. Makalenin özgün yanı, dijital ikiz teknolojisinin hazır giyim sektöründe uygulanabilirliğini detaylı bir şekilde ele alarak, süreç optimizasyonu ve verimlilik artırma üzerine somut öneriler sunmasıdır.

Özışık (2022), Endüstri 4.0 teknolojilerinin işgücü piyasası ve işin geleceğine etkileri incelenmiştir. Dijital dönüşümün iş modellerini ve iş yapış süreçlerini nasıl değiştirdiği, iş hayatında gerekli nitelikler ve mesleklerdeki dönüşüm ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır. Endüstri 4.0 ile birlikte üç boyutlu yazıcılar, nesnelerin interneti, akıllı fabrikalar, siber fiziksel sistemler, büyük veri, otonom robotlar, simülasyon, bulut bilişim sistemleri, artırılmış gerçeklik ve yapay zeka gibi yenilikçi teknolojiler iş hayatımıza girmiştir. Bu teknolojilerin üretim süreçlerini ve iş gücü yapısını nasıl dönüştürdüğü tartışılmış, dijitalleşmenin işsizlik oranlarını nasıl etkileyebileceği ve yeni mesleklerin ortaya çıkışı gibi konular değerlendirilmiştir. Makalenin özgün yanı, Endüstri 4.0'ın işgücü üzerindeki etkilerini geniş bir yelpazede ele alarak, geleceğin iş dünyasına yönelik kapsamlı bir perspektif sunmasıdır.

Çapan (2019), yaptığı çalışmada akıllı iş güvenliği sistemlerinde yangın önleme ve erken müdahale sistemlerinin analizini kapsamaktadır. Çalışmada, Endüstri 4.0'ın bileşenlerinden olan siber-fiziksel sistemler, nesnelerin interneti ve büyük veri teknolojilerinin iş sağlığı ve güvenliği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yangınların büyük oranda bireysel hatalardan kaynaklandığı, bu nedenle dijital teknolojilerin yangınların önlenmesinde ve erken müdahalede önemli bir rol oynayabileceği vurgulanmaktadır. Akıllı sistemlerin kullanımıyla, yangın algılama ve müdahale süreçlerinin daha etkin ve verimli hale getirilebileceği belirtilmiştir. Makalenin özgün yanı, dijitalleşmenin iş sağlığı ve güvenliği alanındaki uygulamalarını detaylı bir şekilde ele alarak, yangın güvenliği sistemlerinin entegrasyonunda yenilikçi çözümler sunmasıdır.

Şimşek, Aydoğdu (2020), bu çalışmada endüstriyel işlerde yangın sistemlerinin iş sağlığı ve güvenliği üzerindeki etkilerini incelemektedir. Ülkemizde endüstriyel alanlarda meydana gelen büyük çaplı yangınlar, hem maddi hem de manevi olarak uzun süreli etkiler yaratmakta ve iş kazalarının başlıca nedenlerinden biri olmaktadır. Bu nedenle, endüstriyel tesislerin kurulmasından önce yangın önleme ve etkilerini azaltma çalışmaları yapılmalı, yangın söndürme sistemlerinin düzenli bakımları sağlanmalı ve personelin yangın konusunda eğitilmesi gerekmektedir. Çalışmada, yangınların sınıflandırılması ve her yangın türüne uygun söndürme maddelerinin kullanılması gerektiği vurgulanmıştır. Makalenin özgün yanı, endüstriyel yangınların çıkış sebeplerine ve yangın söndürme sistemlerinin etkinliğine dair kapsamlı bir analiz sunarak, bu sistemlerin işletmelerin güvenliği üzerindeki kritik rolünü ortaya koymasındadır.

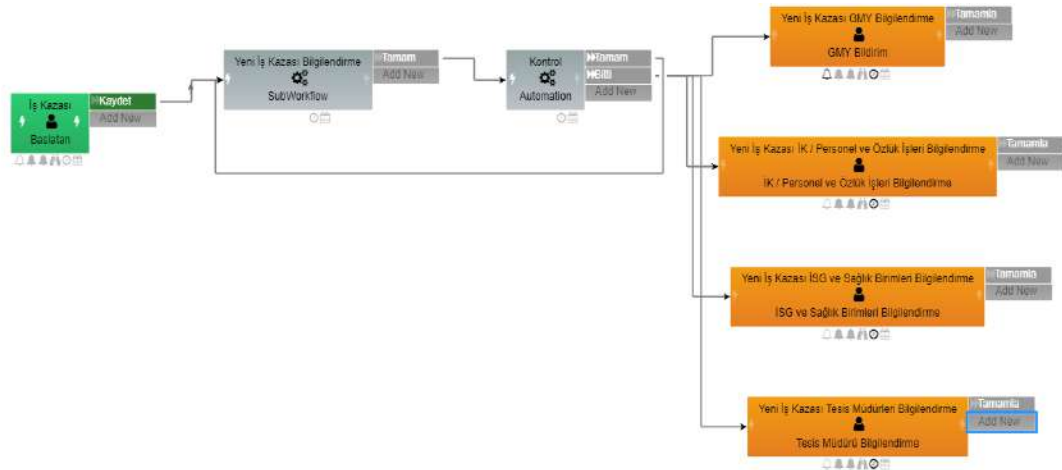


### 3.MATERYAL VE METOT

İş kazaları, hem işverenler hem de çalışanlar için büyük maliyetlere ve risklere yol açan ciddi olaylardır. Bu kazaların önlenmesi, iş güvenliği ve sağlığı (İSG) politikalarının temel hedefidir. Son yıllarda dijitalleşmenin getirdiği yenilikler, İSG uygulamalarında devrim yaratmaktadır. Akıllı sensörler, büyük veri analitiği, yapay zeka (AI) ve nesnelerin interneti (IoT) gibi teknolojiler, iş kazalarının tahmin edilmesi ve önlenmesinde kritik bir rol oynamaktadır. İş kazalarının işletmelerde doğru bir şekilde bilinmesi, çalışanların güvenliği ve işletme performansı açısından büyük önem taşır. Bu bilgi, iş yerinde güvenliği sağlamak için alınacak önlemlerin temelidir. İş kazalarının raporlanması, yöneticilere hızlı müdahale imkanı tanır ve benzer olayların tekrarını önler.

Ayrıca, doğru kaydedilen kazaların analizi, işletmelerin risklerini belirlemesine ve iş güvenliği politikalarını iyileştirmesine olanak sağlar. Bu süreç, çalışanların güvenlik bilincini artırır ve iş yerinde güvenlik kültürünün oluşmasına katkıda bulunur. Sonuç olarak, iş kazalarının işletmelerde bilinmesi, hem hukuki hem de operasyonel açıdan işletmelerin sağlam bir temelde yönetilmesine yardımcı olur. Ulusoy Tekstil, yoğun iş gücü gerektiren ve ince işçilikle çalışan bir fabrikadır.

Çalışma kapsamında fabrika yönetimi, İSG (İş Sağlığı ve Güvenliği) birimi, IT birimi ve ilgili bölümlerde görev alan çalışanlar araştırmaya dahil edilmiştir. İş kazalarının izlenmesi ve yönetilmesi amacıyla, Ulusoy Tekstilde IT birimi tarafından BPM programında özel bir süreç geliştirilmiştir. Bu süreç, iş kazalarının meydana gelmesi durumunda izlenecek adımları ve ilgili bildirim mekanizmalarını içermektedir. İş Süreçleri Yönetimi (BPM), organizasyonların süreçlerini analiz etmek, modellemek, optimize etmek ve izlemek için kullanılan bir yönetim yaklaşımıdır. BPM programı, iş süreçlerini daha etkin hale getirmek ve süreçlerin dijitalleşmesini sağlamak amacıyla kullanılır. Bu çalışmada, BPM programı iş kazası süreçlerinin dijitalleştirilmesi ve yönetilmesi için uygulanmıştır. İlk olarak işletme ile ilgili bir akış diyagramı kurulmuştur.



Şekil 1. Akış Diyagramı

İş kazalarını sisteme kimlerin girebileceği başlangıçta belirlenmiştir. Bu süreçte, sistem kendi kontrol mekanizmaları ile girişleri denetler. İSG (İş Sağlığı ve Güvenliği) ve sağlık birimleri, iş kazalarını sisteme girebilmektedir.

Giriş ekranında, kaza tarihi ve çalışan bilgileri girildikten sonra, çalışanın diğer bilgileri otomatik olarak ekrana yansır. Ayrıca kaza nedeni, kayıp gün sayısı ve kazanın detaylı açıklaması gibi bilgiler de girilebilir.

Şekil 2 de, sağlık ve İSG birimlerinin iş kazası geçiren çalışanların bilgilerini girdiği ekranı görebilirsiniz.

The screenshot shows a web-based form for reporting accidents. At the top, there are several dropdown menus for 'Kaza Tarihi', 'Ad Soyad', 'Görev', 'Şube', 'Amir', 'Cinsiyet', and 'Yaka Tipi'. Below these, the 'Kaza Bilgileri' section contains a dropdown for 'Kazanın Gerçekleştiği Şube', a text input for 'Kaza Nedeni', and a rich text editor for 'Kaza Açıklama'. The 'Kaza Bildirim Durumu' section includes dropdowns for 'Kaza Bildirim Durumu', 'Kayıp Gün Tipi', and 'Kaza Sonrası Eğitim Durumu', along with a date input for 'Kayıp Gün' and a date input for 'İşe Dönüş Tarihi'. A blue button labeled 'Acil Now' is located at the bottom left of the form.

Şekil 2. Giriş Ekranı Görseli

İş kazası bildirim sonrasında, tesislerin işletme müdürlerine, İK birimine ve genel müdür yardımcısına uygulama üzerinden anında bildirim gönderilerek farkındalık artırılır. Bu sayede kazaların raporlanması hızlanır, yöneticiler hızlı müdahalede bulunabilir ve benzer olayların tekrarı önlenir.

İş kazalarının nedenlerinin belirlenmesi, işyerinde güvenli bir çalışma ortamı yaratmanın ve sürdürülebilir güvenlik kültürünü sağlamanın temel taşlarından biridir. Her iş kazası, yalnızca o anki bir olayın ötesinde, daha derin ve sistematik sorunların habercisi olabilir. Bu nedenle, kazaların nedenlerinin dikkatli bir şekilde incelenmesi ve raporlanması, hem çalışanların sağlığını koruma hem de iş süreçlerinin güvenliğini artırma açısından büyük önem taşır. İş kazalarının ardındaki nedenleri doğru bir şekilde belirlemek, gelecekte benzer olayların tekrarını önlemek, etkili önleyici tedbirler geliştirmek ve işyerinde genel verimliliği artırmak için kritik bir adımdır. Bu süreç, sadece yasal gereklilikleri yerine getirmekle kalmaz, aynı zamanda çalışanların güvenlik farkındalığını yükseltir ve işletmenin maliyetlerini de azaltır. Ulusoy Tekstil olarak kaza nedenlerini kategorize eden bir ekranımız da mevcuttur. Birkaç tanesinin örnek görselleri Şekil 3 de yer almaktadır.

Aşırı Sıcak Nesne ile Temas	
Basınçlı Hava	
Düşen Malzeme	
El Aleti Kullanımı	
Elektrik Akımına Maruz Kalma	
Ezilme / Burkulma	
Forklift Kazası	
Göze Yabancı Cisim Kaçması	
İki Cisim Arasında Sıkışma	
Kaldırma / Taşıma Aktiviteleri	
Kanca Kesilgi	
Kayma / Takılma / Düşme	
Kesilme ( Cam, Bıçak, Makas, vb..)	

**Şekil 3. Kaza Nedenleri**

İş kazası bildirimleri, İSG (İş Sağlığı ve Güvenliği) ve sağlık birimleri tarafından titizlikle sisteme girilir ve bu süreçte çeşitli kritik bilgiler kaydedilir. Bu bilgilere, kazanın gerçekleştiği tarih, çalışanların adı ve soyadı, pozisyonları, çalıştıkları tesis gibi temel bilgiler dahildir. Ayrıca, kazanın nedeni, olayın nasıl ve neden gerçekleştiği gibi ayrıntılar da önemle vurgulanır. Kazanın bildirildiği tarih, kazadan sonra kaybedilen gün sayısı ve bu kayıp günlerin hangi tür izinlerle (örneğin, hastalık izni veya iş göremezlik izni) değerlendirildiği de sistemde yer alır.

Bu detaylar, sadece kayıt tutma amacıyla değil, aynı zamanda iş yerindeki güvenlik yönetiminin etkinliğini artırmak ve benzer olayların tekrarlanmasını önlemek için hayati önem taşır. Bu bilgilerin doğru ve eksiksiz bir şekilde kaydedilmesi, kazaların daha iyi anlaşılmasını ve analiz edilmesini sağlar, böylece işletme genelinde güvenlik kültürünün güçlenmesine katkıda bulunur. Bu titiz kayıt süreci, yöneticilere ve çalışanlara güvenlik konusunda daha yüksek bir farkındalık kazandırarak, iş yerinde sürekli iyileştirmeye yönelik bir temel oluşturmuş olacaktır.

No	Kaza Tarihi	Ad Soyad	Pozisyon	Cinsiyeti	Kazanın Gerçekleştiği Şube	Kaza Nedeni	Kaza Bildirim Durumu	Kayıp Gün Tipi	Kayıp Gün	Kaza Sonrası Eğitim
11090	24.06.2024			K		Goze Yabancı Cisim Kaçması	Bildirildi.	Rapor	3	Eğitim Verilmedi.
11092	22.06.2024			K		Kayma / Takılma / Düşme	Bildirildi.	Rapor	3	Eğitim Verilmedi.
11094	21.06.2024			K		Düşen Malzeme	Bildirildi.	Ücretli İzin	1	Eğitim Verilmedi.
10523	13.06.2024			K		Kanca Kesliği	Müdahale gerekmiyor.		0	Eğitim Verilmedi.
10474	12.06.2024			E		Sivri Cisim Batması	Revirde ilkyardım müdahalesi yapıldı.		0	Eğitim Verilmedi.
10638	07.06.2024			K		Kesilme ( Cam, Bıçak, Makas, vb.)	Bildirildi.	Ücretli İzin	0	Eğitim Verilmedi.
10255	05.06.2024			K		Ezilme / Burkulma	Bildirildi.	Ücretli İzin	0	Eğitim Verilmedi.
10210	03.06.2024			K		Sivri Cisim Batması	Revirde ilkyardım müdahalesi yapıldı.		0	Eğitim Verilmedi.
10204	02.06.2024			K		Sabit Bir Nesneye Çarpma	Revirde ilkyardım müdahalesi yapıldı.		0	Eğitim Verilmedi.
9984	30.05.2024			K		Kayma / Takılma / Düşme	Bildirildi.	Rapor	3	Eğitim Verilmedi.
9967	29.05.2024			K		Sabit Bir Nesneye Çarpma	Revirde ilkyardım müdahalesi yapıldı.		0	Eğitim Verilmedi.
9993	29.05.2024			K		Kanca Kesliği	Bildirildi.	Rapor	2	Eğitim Verilmedi.

Şekil 4. İş Kazaları

## 4. SONUÇLAR

Dijitalleşme, iş kazalarının önlenmesinde devrim niteliğinde çözümler sunmaktadır. Akıllı sensörler, büyük veri analitiği, yapay zeka ve sanal gerçeklik gibi teknolojiler, iş güvenliğini artırarak kazaların önlenmesine yardımcı olur. Ancak, bu teknolojilerin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için doğru planlama, yatırım ve eğitim gereklidir. Gelecekte, dijitalleşmenin getirdiği yeniliklerle iş kazalarının daha da azalması ve iş yerlerinin daha güvenli hale gelmesi beklenmektedir.

İş kazası verilerinin ayrıntılı ve doğru bir şekilde kaydedilmesi, işletmelerin güvenlik yönetimi stratejilerinde hayati bir bileşen olarak öne çıkar. İSG ve sağlık birimlerinin dikkatli çalışmaları sonucunda, kaza tarihinden çalışanın kimlik bilgilerine, kazanın nedenlerinden kayıp gün sayısına kadar geniş bir yelpazede toplanan bu bilgiler, bir işletmenin güvenlik performansını izlemek ve değerlendirmek için temel verileri oluşturur.

Bu verilerin analizi, birkaç önemli stratejik fayda sağlar. Öncelikle, iş kazalarının nedenlerinin derinlemesine anlaşılması, kök neden analizi (Root Cause Analysis) yapılarak benzer olayların tekrarının önlenmesine yardımcı olur. Kök nedenlerin belirlenmesi, sistematik sorunların tanımlanmasını ve bu sorunların giderilmesi için etkili önleyici tedbirlerin geliştirilmesini sağlar. Örneğin, belirli bir makinenin arızası sık sık kazalara yol açıyorsa, bu makinenin bakımı veya değiştirilmesi yoluyla riskler minimize edilebilir.

Ayrıca, detaylı iş kazası kayıtları, yasal uyumluluğun sağlanmasında kritik bir rol oynar. İş sağlığı ve güvenliği yönetmelikleri, kazaların doğru ve eksiksiz bir şekilde raporlanmasını gerektirir. Bu raporlar, hem çalışanların hem de işverenlerin yasal hak ve sorumluluklarının korunmasını sağlar. Bunun yanı sıra, sigorta taleplerinin doğru bir şekilde değerlendirilmesi ve iş kazalarından kaynaklanan maliyetlerin yönetilmesi için de bu veriler büyük önem taşır.

Güvenlik kültürünün geliştirilmesi açısından, iş kazası verilerinin analizi, işletmenin eğitim ihtiyaçlarını belirlemeye ve çalışanların güvenlik farkındalığını artırmaya yardımcı olur. Çalışanlar, iş kazalarının nedenleri hakkında bilgilendirildiğinde, kendi iş güvenliği uygulamalarını daha bilinçli bir şekilde gözden geçirirler ve bu da işyerinde genel güvenliği artırır.

Son olarak, iş kazalarının nedenlerinin ve etkilerinin doğru bir şekilde raporlanması, işletmelerin sürekli iyileştirme süreçlerini destekler. Veriler, performans göstergeleri (KPI'lar) oluşturmak ve bunları izlemek için kullanılabilir. Bu, işletmenin güvenlik performansını objektif bir şekilde değerlendirmesine ve gerekli iyileştirmeleri yapmasına olanak tanır. Ayrıca, kazaların maliyetlerinin ve işin sürekliliği üzerindeki etkilerinin anlaşılması, işletmenin operasyonel verimliliğini artırmaya yönelik stratejilerin geliştirilmesine katkıda bulunur.

Sonuç olarak, iş kazası verilerinin titiz bir şekilde toplanması ve analiz edilmesi, sadece iş güvenliğini sağlamakla kalmaz, aynı zamanda işletmelerin operasyonel performansını ve sürdürülebilirliğini artıran önemli bir süreçtir. Bu nedenle, iş kazalarının nedenlerini belirlemek ve bu verileri etkili bir şekilde kullanmak, güvenli, verimli ve uyumlu bir çalışma ortamı oluşturmanın anahtarıdır.

## **TEŞEKKÜR**

Bu çalışma Ulusoy Tekstil San. ve Tic. A.Ş. Arge Merkezi projesi olup, gerekli çalışmaların yürütülmesinde emeği geçen proje personellerine, verilerinden faydalandığımız için Ulusoy Tekstil San. ve Tic. A.Ş. ne teşekkür ederiz.

## **ÇIKAR ÇATIŞMASI**

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

## **YAZARIN KATKILARI**

Tüm yazarların eşit bir şekilde katkısı bulunmaktadır.

## **5. KAYNAKLAR**

*Baykal, E. (2022) Türk Tekstil ve Konfeksiyon İhracatçısı Küçük ve Orta Ölçekli İşletmelerde Uluslararasılaşma Sürecinde Dijitalleşme Etkileri ve Örgütsel Öğrenme Odaklı Bir Model Önerisi. İstanbul Medipol Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü , Doktora Tezi.*

*Cengiz,Ö., Akşit, İ., Özbakır,O. (2024). Tekstil Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği Kapsamında Alınması Gereken Tedbirler.VI. International Conference On Global Practice Of Multidisciplinary Scientific Studies, April 09-16,2024/Lisbon, Portugal.*

*Çapan, E., M., (2019) Akıllı İş Güvenliği Sistemlerinde Yangın Önleme/Erken Müdahale Sistemlerinin Analizi. İstanbul Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi.*

*Koçak, A., Yıldız, A., (2022) Using Digital Twin Technology in Production Planning and Control Process:An Application in Textile Industry. Journal of Science PART C: DESIGN AND TECHNOLOGY 10(4): 711-732.*

*Özışık, T., Şahin, E.,B. (2022) Endüstri 4.0 Teknolojilerinin İşgücü ve İşin Geleceğine Etkileri.. Journal of Life Economics. 9(2): 81-96, DOI: 10.15637/jl econ.9.2.03.*

*Şimşek, H., Aydoğdu, M. (2020) Endüstriyel İşlerde Yangın Sistemlerinin İş Sağlığı ve Güvenliğinde Etkileri.İSG Akademik (OHS Academic) Cilt: 2 Sayı: 1, 2020 (35-45)*

# 6 ŞUBAT 2023 KAHRAMANMARAŞ MERKEZLİ DEPREMLERİN KAHRAMANMARAŞ İLİ TEKSTİL SEKTÖRÜNE OLAN ETKİLERİ

Yasemin KORKMAZ, Çiğdem KUTLUKAYA

*Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye,  
kutlukayacigdem@gmail.com*

## ÖZET

Bu çalışma kapsamında 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen ve 11 ilimizi etkileyen Kahramanmaraş merkezli depremlerin ardından Kahramanmaraş'ta faaliyet gösteren tekstil firmalarının üretim, istihdam ve ihracat açısından ne derece etkilendiği detaylı bir şekilde analiz edilecektir. Tekstil sektörü Türkiye'de ülke ekonomisine büyük katkı sağlayan sektörlerin başında gelmektedir. 2022 yılı ihracat verileri Türkiye genelinde incelendiğinde tekstil sektörü ihracatta aldığı %3,6'lık pay ile ülke sıralamasında 5. konumdadır. İlimiz Kahramanmaraş 2022 yılı itibarıyla Türkiye'nin tekstilde 4. büyük şehri konumundaydı. Türkiye'deki iplik üretiminin %36'sı Kahramanmaraş'tan karşılanmaktaydı. Kahramanmaraş'taki toplam ihracatın %60,5'ini tekstil ve hazır giyim ürünleri oluşturmaktaydı. Ayrıca tekstil ve özellikle hazır giyim sektörü insan gücünün yoğun olduğu sektörler olması dolayısıyla istihdama katkısı da araştırıldı. Deprem felaketinin ardından Kahramanmaraş ili içerisinde tekstil ve hazır giyim sektöründe olumlu ya da olumsuz ne gibi değişikliklerin olduğu bu çalışma kapsamında ortaya konmaya çalışıldı.

**Anahtar Kelimeler:** Kahramanmaraş, Tekstil, Deprem Etkileri, İhracat, Üretim

## THE EFFECTS OF 6 FEBRUARY 2023 KAHRAMANMARAŞ CENTRAL EARTHQUAKES ON THE TEXTILE INDUSTRY OF KAHRAMANMARAŞ PROVINCE

### ABSTRACT

This study aims to comprehensively analyze the impact of the Kahramanmaraş-centered earthquakes that occurred on February 6, 2023, and affected 11 provinces, on the production, employment, and export performance of textile companies operating in Kahramanmaraş. The textile sector is one of the key contributors to the Turkish economy. In 2022, the textile sector accounted for 3.6% of Turkey's total exports, positioning it as the 5th largest sector in the country. As of 2022, Kahramanmaraş was the 4th largest city in Turkey's textile industry. The city supplies 36% of Turkey's total yarn production, and textile and ready-to-wear products constitute 60.5% of the region's total exports. Furthermore, given that the textile and especially the ready-to-wear sectors are labor-intensive, their contribution to employment is also examined. This study seeks to identify and detail both the positive and negative changes in the textile and ready-to-wear sectors within Kahramanmaraş following the earthquake disaster.

**Keywords:** Kahramanmaraş, textile, earthquake effects, export, production

### 1. GİRİŞ

6 Şubat 2023'te saat 04.17'de yaşadığımız Kahramanmaraş merkezli 7,7 büyüklüğündeki depremin ardından saat 13.24'te 7,6 büyüklüğünde ikinci deprem gerçekleşti. Bu depremlerinin üzerinden bir yıl geçti. Yaklaşık 15 milyon nüfusa sahip 11 ilimizde (Kahramanmaraş, Hatay, Gaziantep, Adıyaman, Malatya, Kilis, Şanlıurfa, Adana, Osmaniye, Diyarbakır, Elâzığ) meydana gelen büyük yıkım ve can kayıpları, on binlerce insanın ölümüne neden olmuş, milyonlarca kişiyi olumsuz etkilemiştir. Bu depremlerin bugüne kadar sebep olduğu yıkımlar ve kayıplar açısından değerlendirildiğinde

Cumhuriyet döneminde yaşadığımız en büyük deprem olarak kayıtlara geçmiştir. Bu kadar geniş bir bölgeyi etkileyen depremlerin ardından ilk olarak bölgede olağanüstü hâl ilan edilmiş, ardından birçok kamu kurum ve kuruluşları tarafından bir dizi önleyici ve iyileştirici tedbirler uygulamaya alınmıştır. Çizelge 1’de depremin ardından alınan iyileştirici ve önleyici kararlar özet halinde verilmiştir (Şen, 2023). Afet bölgesinde reel sektör faaliyetlerinin devamlılığını sağlamak açısından alınan bu kararlar büyük önem taşımaktaydı. Nitekim depremlerin ardından reel sektör faaliyetleri uzun bir süre kesintiye uğramıştır. Örneğin, Kahramanmaraş ilinde bu kesinti süresi yaklaşık 1,5-2 ay olarak gerçekleşmiştir.

**Çizelge.1. Deprem Sonrası Yapılan Düzenlemeler**

<b>Düzenleme Tarihi</b>	<b>Düzenleme Konusu</b>	<b>Düzenlemeyi Yapan Kurum</b>
6.02.2023	Kredi Taksit Erteleme	Türkiye Bankalar Birliği
	Deprem Bölgesindeki 8 Şirketin İşlem Sırasının Askıya Alınması	Borsa İstanbul A.Ş.
	Pay Piyasasına İlişkin Değişiklikler	Sermaye Piyasası Kurulu
7.02.2023	Kredi Azami Vadesi ve Kredi Kartı Taksit Sınırı	Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu
8.02.2023	Vergi Beyannameleri	Hazine ve Maliye Bakanlığı
	Pay ve Pay Endeksi Türev Pazarlarının İşleme Kapatılması	Borsa İstanbul A.Ş.
	TEFAS ve BEFAS İşlemlerinin Durdurulması	Sermaye Piyasası Kurulu
9.02.2023	Şirketlerin Yapabilecekleri Bağış Miktarı	Sermaye Piyasası Kurulu
10.02.2023	Kredi Taksit Erteleme, Kredi Kartı Azami Limit ve Asgari Ödeme Tutarı	Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu
13.02.2023	Temassız Ödeme	Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu
14.02.2023	Kredi Taksit Erteleme, Borç Silme, Ücretler	Türkiye Bankalar Birliği
	Pay Piyasasına İlişkin Değişiklikler	Borsa İstanbul A.Ş.
	Pay Geri Alımı ve Kredili İşlemler	Sermaye Piyasası Kurulu
	Prefabrik Yapı ve Konteynerlerde KDV Düzenlemesi	Hazine ve Maliye Bakanlığı
	Prefabrik Yapı ve Konteynerlerde İhracat Yasağı	Ticaret Bakanlığı
	Şirketlerin Hisse Geri Alımında Uygulanan Stopaj Vergisi Oranı	Hazine ve Maliye Bakanlığı
	Esnaf ve Sanatkârlar Kredi ve Kefalet Kooperatifleri Kredilerinin Ertenilmesi	Hazine ve Maliye Bakanlığı
15.02.2023	Bireysel Emeklilik Sistemi Devlet Katkısı Portföyü	Sigortacılık ve Özel Emeklilik Düzenleme ve Denetleme Kurumu
16.02.2023	Finansal Raporların Açıklanması	Sermaye Piyasası Kurulu
17.02.2023	Bankacılık Kanunu Bağış Sınırı	Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu
	Elektrik ve Doğalgaz Güvence Bedeli	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
	Tarım ve Hayvancılık Destekleri	Tarım ve Orman Bakanlığı
22.02.2023	Tarım Kredilerinin Ertenilmesi	Tarım ve Orman Bakanlığı
	İşten Çıkarma, Kısa Çalışma ve İşsizlik Ödeneği	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
23.02.2023	Prefabrik Yapı ve Konteynerlerde KDV Düzenlemesi Uygulama genişletildi.)	Hazine ve Maliye Bakanlığı



Kahramanmaraş ilimiz, tekstil ve hazır giyim sektörlerinde üretim, ihracat ve istihdam açısından Türkiye genelinde 4. sırada yer almaktadır. Özellikle iplik üretiminde, dünya tekstil pazarlarıyla rekabet edebilecek seviyelere ulaşmıştır. Deprem etkilediği Akdeniz, Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu bölgeleri, Türkiye'nin tekstil ve hazır giyim üretiminin önemli bir kısmını barındırmaktadır. Bu bölgelerde, diğer sektörlerde olduğu gibi tekstil ve hazır giyim sektörü de ciddi zararlara uğramış ve yaklaşık iki aylık bir süre boyunca üretim faaliyetlerine ara vermek zorunda kalmıştır. Bu çalışmada, Kahramanmaraş ilindeki tekstil sektörünün depremler öncesi ve sonrası durumları analiz edilmektedir.

### **1.1. Deprem Öncesi Durum**

2022 yılında Kahramanmaraş, Türkiye'nin tekstil sektörü açısından stratejik bir öneme sahip bir şehir olarak öne çıkmıştır. Kentte en büyük endüstri konumunda bulunan tekstil sektöründe 2022 yılı itibariyle yaklaşık 359 bin ton iplik, 138 milyon metre dokuma kumaş, 49 milyon metre denim, 122 milyon metre örme kumaş, 22,7 milyon adet hazır giyim üretimi yapılmaktadır. Ayrıca 191 bin ton boya ve kasar işleme yapılmaktadır (<https://www.kmtso.org.tr/wp-content/uploads/2023/01>) (Çizelge2). Ülke genelinde Kahramanmaraş, Türkiye'nin toplam iplik üretiminin yaklaşık %36'sını karşılamaktadır. Bu oran, şehrin iplik üretimindeki liderliğini ve sektördeki güçlü konumunu ortaya koymaktadır. Aşağıdaki Çizelge 2'de 2022 yılı itibariyle Kahramanmaraş tekstil sektörünün üretim kapasiteleri verilmiştir.

**Çizelge.2. Kahramanmaraş 2022 Yılı Tekstil Sektörü Üretim Kapasiteleri**

Çirçir İşletmeleri	27.000 ton
İplik Fabrikaları	Ring İplik: 124.750 ton
	Open-End İplik: 175.010 ton
Dokuma Fabrikaları	Kumaş:138.960.070 metre
	Denim: 49.012.580 metre
Örgü Kumaş Fabrikaları	122.500 ton
Boya-Kasar Fabrikası	İplik Boya: 21.127 ton
	Elyaf Boya: 5.418 ton
	Örgü Boya: 82.642 ton
	Kumaş Boya: 99.622 ton
	Örgü Baskı: 17.613 ton
	Kumaş Baskı: 6.588 ton
	Örgü Kasar: 68.361 ton
	Kumaş Kasar: 59.809 ton
	Hidrolik Pamuk: 1.176.000 ton
Konfeksiyon Fabrikası	Tshirt: 18.873.000 adet
	Pantolon: 6.213.000 adet
	Ceket: 732.000 adet
	Etek: 300.000 adet
	Takım: 180.000 adet
	İş Elbisesi: 23.160 adet
	Gömlek: 1.200.000 adet
	Eşofman: 300.000 adet
	İç Çamaşırı:1.050.000 adet

\*Kaynak: KMTSO verileri ile yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

Kahramanmaraş'taki tekstil firmaları tekstil ve hazır giyim ürünlerinin ihracatında da önemli bir paya sahiptir. 2022 yılı sonunda, Kahramanmaraş'ın çeşitli sanayi sektörlerinin ihracat değerleri ve bu verilerin sektörlerin toplam ihracat içindeki paylarını incelediğimizde, tekstil ve hazır giyim sektörleri öne çıkan iki ana kalem olarak karşımıza çıkmaktadır (Çizelge 3). Tekstil ve hammaddeleri ihracatı 867.394,96 dolar ile toplam ihracatın %59,31'ini oluşturmaktadır. Konfeksiyon ise 126.320,33 dolar ile toplam ihracatın %8,64'lük bir paya sahiptir. Tekstil ve hammaddelerinin ve hazır giyim ve konfeksiyon sektörünün %67,95'lik ihracattaki yüksek payı, bu iki sektörün şehrin ve ülke ekonomisinde ne kadar önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

**Çizelge.3.** Kahramanmaraş İline ait 2022 Yılı Sektör Bazında İhracat Verileri

Sektör	İhracat Değeri (1000 USD)	Toplam İhracat Payı (%)
<b>Tekstil ve Hammaddeleri</b>	<b>867.394,96</b>	<b>59,31</b>
<b>Hazır Giyim ve Konfeksiyon</b>	<b>126.320,33</b>	<b>8,64</b>
Halı	600,56	0,04
Kimyevi Maddeler ve Mamulleri	16.186,85	1,11
Çelik	2.093,33	0,14
Çimento, Cam, Seramik ve Toprak Ürünleri	29.220,05	2
Demir ve Demir Dışı Metaller	216.934,64	14,84
Deri ve Deri Mamulleri	205,76	0,01
Diğer Sanayi Ürünleri	39,82	0
Elektrik ve Elektronik	3.210,57	0,22
Fındık ve Mamulleri	192,00	0,01
Gemi, Yat ve Hizmetleri	0,08	0
Hububat, Bakliyat, Yağlı Tohumlar ve Mamulleri	37.847,17	2,59
İklimlendirme Sanayii	17.365,63	1,19
Kuru Meyve ve Mamulleri	611,20	0,04
Madencilik Ürünleri	1.156,88	0,08
Makine ve Aksamları	20.964,05	1,43
Meyve Sebze Mamulleri	2.315,12	0,16
Mobilya, Kâğıt ve Orman Ürünleri	116.500,98	7,96
Mücevher	261,95	0,02
Otomotiv Endüstrisi	1.796,03	0,12
Su Ürünleri ve Hayvansal Mamuller	891,59	0,06
Süs Bitkileri ve Mamulleri	2,32	0
Yaş Meyve ve Sebze	367,80	0,03
Zeytin ve Zeytinyağı	0,55	0
<b>TOPLAM</b>	<b>1.462.480,24</b>	<b>100</b>

\*Kaynak: KMTSO Aylık Ekonomi Bülteni

**Çizelge. 4.** Kahramanmaraş 2022-2023 Yıllarına ait Aylık İhracat Verilerinin Karşılaştırılması (1000 USD)

Aylar	2022 İhracat (1000 USD)	2023 İhracat (1000 USD)	Değişim (%)
Ocak	120.741,51	113.835,57	-5,72
Şubat	130.264,01	51.480,47	-60,48
Mart	149.919,35	73.119,70	-51,23
Nisan	132.849,77	80.288,39	-39,56
Mayıs	104.389,84	99.863,55	-4,34
Haziran	137.294,75	78.697,56	-42,68
Temmuz	95.919,71	67.625,82	-29,50
Ağustos	124.094,93	83.770,80	-32,49
Eylül	121.569,98	92.280,90	-24,09
Ekim	113.815,74	99.694,72	-12,41
Kasım	119.794,55	94.445,30	-21,16
Aralık	113.647,79	95.250,32	-16,19
<b>Toplam</b>	<b>1.464.301,93</b>	<b>1.030.353,10</b>	<b>-29,64</b>

\*Kaynak: KMTSO Aylık Ekonomi Bülteni

## 2. METOT

Yapılan çalışmada Kahramanmaraş ili içerisinde tekstil ve hazır giyim sektöründe faaliyet gösteren firmalarla yapılan yüz yüze görüşmeler ve Kahramanmaraş Ticaret ve Sanayi Odasının istatistikî verilerinden faydalanılarak anket ve veri analizi yöntemleri kullanılarak özelden genele deprem öncesi ve sonrası üretim, istihdam ve ihracat durumları tespit edilmiştir.

## 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Kahramanmaraş'ın lokomotif sektörü olan tekstilde insan gücü çok önem arz etmektedir. Üretimi gerçekleştiren insan gücünün depremlerde hayatını kaybetmesi ya da göç etmesi üretime ciddi sekte vurmuştur (Özsalman ve Yıldırım, 2024). Tekstilde faaliyet gösteren firmalar bazında istihdamın 2023 yılı itibariyle durumu aşağıdaki gibi tespit edilmiştir.

**Çizelge. 5.** 2022 ve 2023 yıllarına ait Kahramanmaraş Tekstil Sektörü İstihdam Durumu

Firma Türü	2022 Firma sayısı	2022 İstihdam durumu	2023 Firma sayısı	2023 İstihdam durumu
İplik Fabrikaları	101	17.328	100	13.862
Dokuma Fabrikaları	30	3.586	30	2.869
Örgü Kumaş Fabrikaları	52	1.821	50	1.457
Çırçır	50	1200	45	960
Boya-Kasar Fabrikası	22	5.475	22	4.380
Hidrolik Pamuk	2	81	2	64,8
Konfeksiyon Fabrikası	30	4.380	27	3.504
<b>Toplam</b>	<b>287</b>	<b>33.871</b>	<b>276</b>	<b>27.097</b>

\*Kaynak: SGK verileri ile yazarlar tarafından oluşturulmuştur

Çizelge 5'de incelendiğinde, deprem sonrası işgücünde 25'lik bir kayıp olduğu görülmektedir. İşgücü kayıplarının yanı sıra birçok fabrikalarda maddi hasarların olması (fabrika binalarının hasar

alması, makine ve ekipmanlardaki hasarlar) üretime ve ihracata büyük sekte vurmuştur. Özellikle istihdama büyük katkısı olan tekstil ve hazır giyim sektörü 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş merkezli deprem sonucunda istihdamdaki büyük kayıplar ve buna bağlı olarak üretime ara verilmesi sonucu ihracatta büyük kayıplar yaşadığı istatistiki olarak tespit edilmiştir. İl olarak on binlerce insanımızı kaybettiğimiz bu depremlerde insan gücünün yoğun olduğu tekstil sektöründe istihdamda yaşanan bu büyük kayıplar neticesinde öncelikli olarak üretim ve üretimin uzun süreler durması sonucunda da ihracatta gerçekleşen 30'luk kayıp İlimizin ekonomisi açısından ciddi bir sıkıntıdır (Çizelge 6).

**Çizelge.6.** Sektörlere Göre Kahramanmaraş İhracatı (1000 USD)

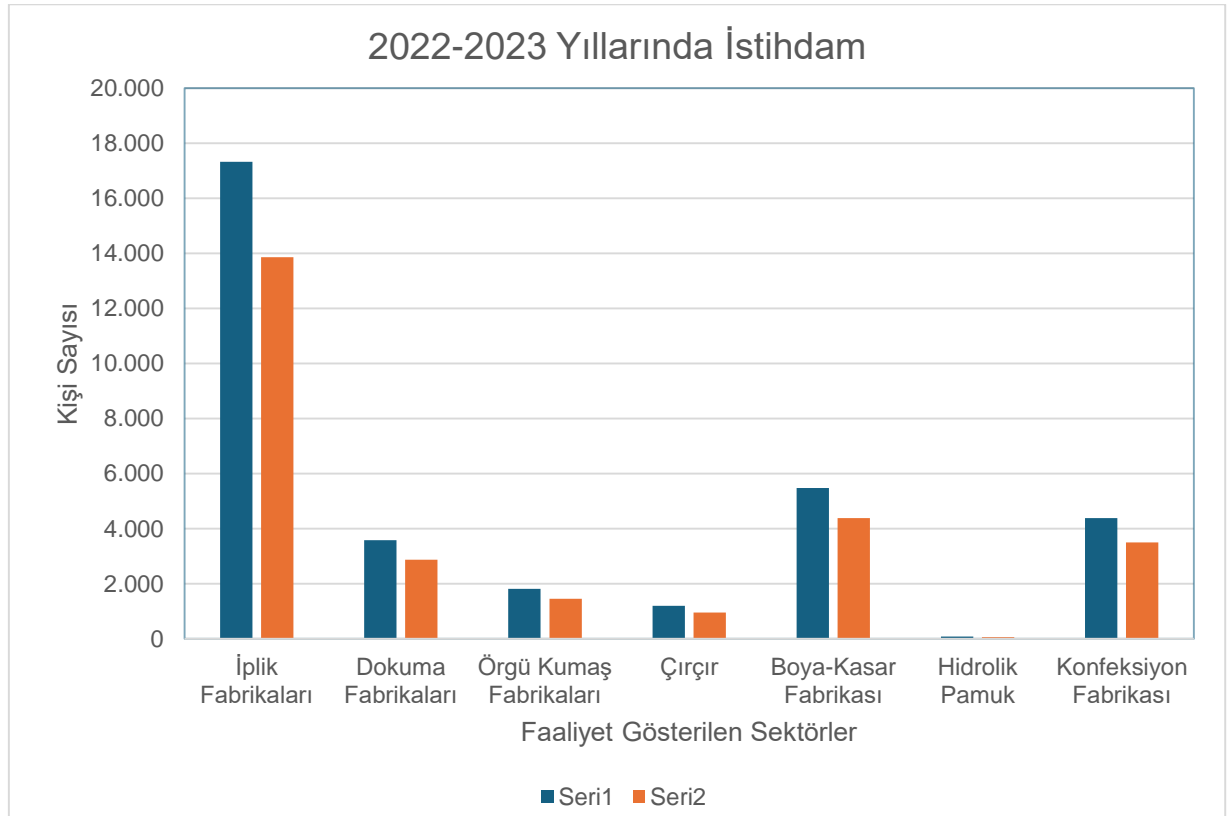
Sektör	2022	2023	Değişim (%)
<b>Tekstil ve Hammaddeleri</b>	<b>867.394,96</b>	<b>612.473,03</b>	<b>-29,4</b>
<b>Hazır giyim ve Konfeksiyon</b>	<b>126.320,33</b>	<b>78.722,66</b>	<b>-37,7</b>
Halı	600,56	302,00	-49,7
Kimyevi Maddeler ve Mamulleri	16.186,85	12.761,28	-21,2
Çelik	2.093,33	3.385,64	61,7
Çimento Cam Seramik ve Toprak Ürünleri	29.220,05	10.556,93	-63,9
Demir ve Demir Dışı Metaller	216.934,64	157.986,12	-27,2
Deri ve Deri Mamulleri	205,76	54,62	-73,5
Elektrik ve Elektronik	3.210,57	3.432,71	6,9
Fındık ve Mamulleri	192,00	12,90	-93,3
Gemi, Yat ve Hizmetleri	0,08	1,15	1411,6
Hububat, Bakliyat, Yağlı Tohumlar ve Mamulleri	37.847,17	32.585,50	-13,9
İklimlendirme Sanayii	17.365,63	23.854,23	37,4
Kuru Meyve ve Mamulleri	611,20	1.460,83	139,0
Madencilik Ürünleri	1.156,88	856,28	-26,0
Makine ve Aksamları	20.964,05	14.133,88	-32,6
Meyve Sebze Mamulleri	2.315,12	2.034,40	-12,1
Mobilya, Kağıt ve Orman Ürünleri	116.500,98	59.852,77	-48,6
Mücevher	261,95	1.011,81	286,3
Otomotiv Endüstrisi	1.796,03	3.858,77	114,9
Su Ürünleri ve Hayvansal Mamuller	891,59	598,87	-32,8
Süs Bitkileri ve Mamulleri	2,32	4,52	94,5
Yaş Meyve ve Sebze	367,80	205,28	-44,2
Zeytin ve Zeytinyağı	0,55	26,10	4605,1
<b>Toplam</b>	<b>1.462.480,24</b>	<b>1.020.172,28</b>	<b>-30,2</b>

\*Kaynak: Türkiye İhracatçılar Meclisi verileri ile yazarlar tarafından oluşturulmuştur

Çizelge incelendiğinde deprem öncesinde 2022 yılı tekstil ve hammaddeleri ihracatı depremin etkisiyle 2023'te %29,4'lük ciddi bir düşüş yaşanmıştır.

#### 4. SONUÇLAR

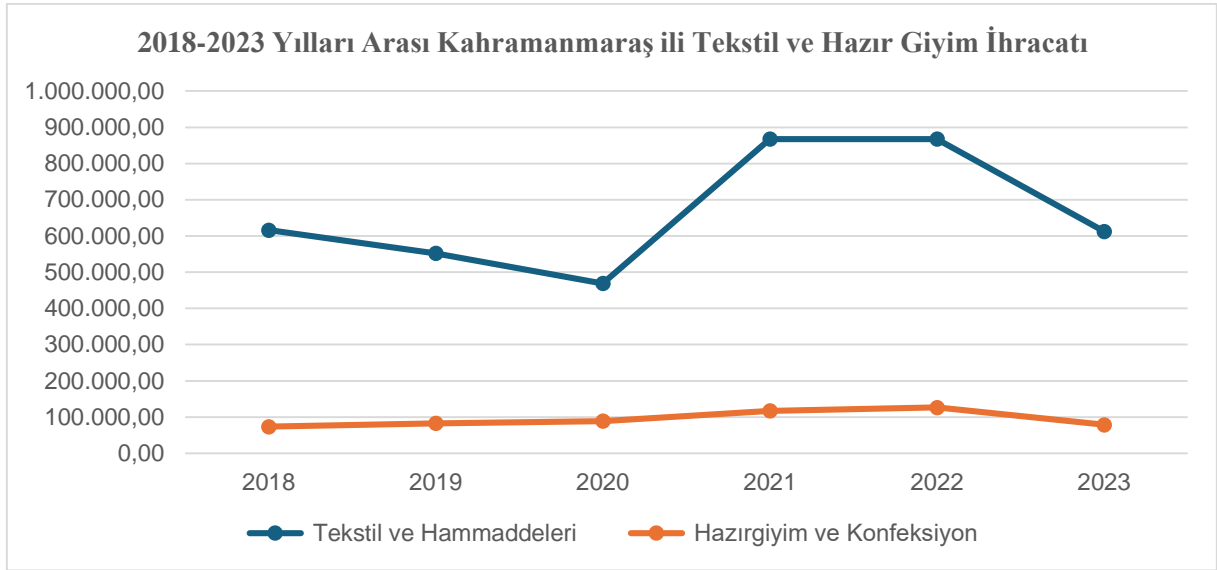
Sonuç olarak Kahramanmaraş ili ekonomisinde ilk sırada yer alan tekstil sektörü 6 Şubat 2023 tarihinde yaşanan ve cumhuriyet tarihinin en büyük deprem felaketi olarak kabul edilen depremlerin ardından çok büyük kayıplar yaşamıştır. Kahramanmaraş ili içerisinde faaliyet gösteren tekstil ve hazır giyim sektöründe toplamda işgücünde 25'lik bir kayıp söz konusudur. Bu çalışmada insan kaynağında ölümler, sakatlıklar ve göç nedeniyle yaşanan kayıpların üretime ve ihracata olan etkileri ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Depremin en büyük etkisinin can kayıpları nedeniyle istihdam üzerinde olduğu aşikârdır. Deprem sonrası işgücü kaybı nedeniyle günümüzde de devam eden bir nitelikli eleman sorunu yaşanmaktadır.



**Şekil 1.** Kahramanmaraş Tekstil Sektörü İstihdam Durumu Grafiği

İl olarak on binlerce insanımızı kaybettiğimiz bu depremlerde insan gücünün yoğun olduğu tekstil sektöründe istihdamda yaşanan bu büyük kayıplar neticesinde öncelikli olarak üretim ve üretimin uzun süreler durması sonucunda da ihracatta gerçekleşen %30'luk kayıp İlimizin ekonomisi açısından ciddi bir sıkıntıdır.

Aşağıda 2018-2023 yılları arasında Kahramanmaraş ili tekstil ve hazır giyim ihracatının durumu grafiksel olarak ifade edilmiştir.



**Şekil 2.** Kahramanmaraş Tekstil Sektörü İhracat Durumu Grafikselsel Anlatım

Grafik incelendiğinde deprem öncesinde yani 2018-2022 yılları arasında tekstil ve hammaddeleri ihracatında 2021 yılında güçlü bir artışın ardından depremin etkisiyle 2023'te ciddi bir düşüş yaşanmıştır. Hazır giyimde ise deprem öncesi 2018-2022 yılları arasında genel bir sabit çizgi söz konusu iken depremin etkisiyle yaşanan düşüş 2023'te hissedilir derecede olmuştur.

## 5. KAYNAKLAR

Akgeçici, A. (2023). Kahramanmaraş Merkezli Depremlerin Firmaların Finansal Performansı Üzerindeki Etkisi: İnşaat Sektöründe Bir Uygulama. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 13(2), 47-60.

Bardağcı, H. ve Demirtaş, F. (2023). Doğal Afetlerin Dış Ticarete Etkisi: 2023 Türkiye Depremleri ve Sonuçlarının Değerlendirilmesi. Avrasya Dosyası Dergisi Cilt 14 (Sayı 1): 183-204, İstanbul.

Karatay, Z. D., & Çilmi, M. Deprem Sonrası Yaşanan Zorunlu Göç ve İstihdam Problemi. Akademik Yaklaşımlar Dergisi, 15(1-Deprem Özel Sayısı-), 314-333.

Marangoz, M., & Çağrı, İ. Z. C. İ. (2023). Doğal Afetlerin Ekonomik, Sosyal ve Çevresel Etkilerinin 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Merkezli Depremler Bağlamında Girişimciler Açısından Değerlendirilmesi. Sosyal ve Beşerî Bilimler Araştırmaları Dergisi, 24(52), 1-30.

Özsalman, E., & Yıldırım, U. T. (2024). 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremlerinin Dış Ticaret Üzerindeki Etkileri: 11 İl Örneği. Akademik Yaklaşımlar Dergisi, 15(1-Deprem Özel Sayısı-), 598-617.

Selçuk, Ş. E. N. (2023). Kahramanmaraş Depremlerinin Ekonomiye Etkisi. Diplomasi ve Strateji Dergisi, 4(1), 1-55.

Sabırsız, E., & Şöhret, M. 6 Şubat Depremlerinin Türkiye Ekonomisi Üzerindeki Makroekonomik, Sosyal ve Çevresel Etkileri. Akademik Yaklaşımlar Dergisi, 15(1-Deprem Özel Sayısı-), 571-597.

Tetik, N., & Akbulut, İ. İ. (2023). 6 Şubat 2023'te Yaşanan Depremin Ekonomik ve Finansal Etkileri: İhracat Üzerinden Bir İnceleme. Kahramanmaraş Merkezli Depremler Sonrası için Akademik Öneriler (93-103), Özgür Yayınları, Gaziantep.

Akkış, E., KMTSO- Aylık – Ekonomi – Bülteni – 2022. Pdf <https://www.kmtso.org.tr/wp-content/uploads/2023/01> Erişim: 01.01.2023

Akkış, E., KMTSO – Aylık – Ekonomi – Bulteni – 2023. pdf <https://www.kmtso.org.tr/wp-content/uploads/2023/12/11> Erişim: 11.12.2023

KTM-Kahramanmaraş'ta Tekstil Sektörü Yazısı <https://ktmfair.com/TR/page/3/kahramanmarasda-tekstil-sektoru> Erişim:11.11.2024

Türkiye İhracatçılar Meclisi 'İller ve Sektörel Bazda İhracat Verileri', <https://tim.org.tr/tr/ihracat-rakamlari> Erişim: 28.05.2024

Türkiye İstatistik Kurumu. 2022. "İl Bazında Gayrisafi Yurt İçi Hâsıla, 2021." <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Il-Bazinda-GayrisafiYurt-Ici-Hasila-2021-45619> Erişim: 20.02.2023

Mendeş, M., 2022 Yılı İşgücü Piyasası Araştırmaları Kahramanmaraş Çalışma ve İş Kurumu İl Müdürlüğü, <https://media.iskur.gov.tr/66898/kahramanmaras.pdf> Erişim: 27.05.2024



# ECOCELL VE EVERFRESH AKRİLİK ELYAFLARINDAN ELDE EDİLEN KUMAŞLARIN HAVA GEÇİRGENLİĞİ VE BONCUKLANMA ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Şeyma SATIL, Başak GÖKPINAR, Tülin KAYA NACARKAHYA, Asaf ÖZMEN

Karafiber Tekstil San. ve Tic. A.Ş. AR-GE Merkezi, Gaziantep, TÜRKİYE  
[seyma.satil@karaholding.com](mailto:seyma.satil@karaholding.com)

## ÖZET

Spor giyim ve ev tekstili gibi ürünlerde, antimikrobiyal, sürdürülebilir, çevre dostu, insan sağlığına zararsız, konfor ve dayanıklılık gibi özelliklere sahip ürünlere olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Tekstil sektöründeki bu talebi karşılamak amacıyla yeni elyaflar üretilmiş ve bu elyafların kombinasyonu ile yeni ürünler üretilmeye başlanmıştır. Everfresh akrilik elyafının içerisinde yer alan çinko iyonunun kazandırdığı antimikrobiyal özellik sayesinde tüketicilerin hijyen ihtiyacı karşılanırken, Ecocell elyafının sahip olduğu iyi nem yönetimi özelliği sayesinde vücut ısısının düzenlenmesi ise kullanım konforunu artırmaktadır. Bu kapsamda, Ecocell marka lyocell ile relax özellikteki Everfresh Akrilik, iki farklı iplik numarasında, %100 Ecocell, %100 Everfresh Akrilik, %50 Ecocell %50 Everfresh Akrilik olmak üzere farklı oranlarda ring eğirme teknolojisi kullanılarak iplikler üretilmiştir. Bu ipliklerden 16 farklı örgü kumaş üretilerek hava geçirgenliği ve boncuklanma özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. %50 Ecocell %50 Everfresh Akrilik numunelerinin daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir. Bu çalışmanın literature ve daha sonra yapılacak olan çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Ecocell, Everfresh Akrilik, Antimikrobiyal, Boncuklanma, Hava Geçirgenliği

## ABSTRACT

In products such as sportswear and home textiles, the demand for products with features such as antimicrobial, sustainable, environmentally friendly, harmless to human health, comfort and durability is increasing day by day. In the textile industry, new fibers have been produced to meet this demand and new products have started to be produced with the combination of these fibers. Thanks to the antimicrobial feature provided by the zinc ion contained in Everfresh acrylic fiber, the hygiene needs of consumers are met, while the regulation of body temperature increases the comfort of use thanks to the good moisture management feature of Ecocell fiber. In this context, yarns were produced from Ecocell brand lyocell fiber and relaxed Everfresh acrylic fiber in two different yarn counts, 100% Ecocell, 100% Everfresh Acrylic, 50% Ecocell and 50% Everfresh Acrylic, using ring spinning technology in different ratios. The effect on air permeability and pilling properties were examined by producing 16 different knitted fabrics from these yarns. It was determined that 50% Ecocell 50% Everfresh Acrylic samples performed better. This study is thought to contribute to the literature and future studies.

**Keywords:** Ecocell, Everfresh Acrylic, Antimicrobial, Pilling, Air Permeability

## 1. GİRİŞ

Türkiye ve dünya pazarında önemli bir yere sahip olan tekstil sektöründe rekabet gün geçtikçe artmaktadır. Yaşam standartlarının sürekli yükselmesiyle birlikte, tüketicilerin farklı talepleri ve artan bilinç düzeyi sektöre yön vermektedir. Tüketiciler, antimikrobiyal, sürdürülebilir, çevre dostu, insan sağlığına zararsız, konfor ve dayanıklılık gibi özelliklere sahip ürünler talep etmektedir. Bu durum, tekstil sektörünün yenilikçi ürünler geliştirmesini ve rekabet avantajını sürdürmesini zorunlu kılmaktadır.

Ayrıca, doğal hammadde kaynaklarının hızla tükenmesi, sektörü yeni hammadde ve üretim yöntemleri arayışına itmiştir (Okur, 2006). Tekstil lifleri, tekstil sektöründe giysi ve kumaş yapımında binlerce yıldır kullanılmaktadır ve günümüzde üretilen çeşitli lifler, oldukça geniş kullanım alanlarına sahiptir. Everfresh akrilik ve Ecocell lyocell elyafları, bu alanda öne çıkan önemli materyaller arasında yer almaktadır.

Everfresh akrilik, içerisindeki çinko iyonları sayesinde antimikrobiyal özellik kazanmış bir elyafır. Bu özelliği sayesinde tüketicilerin hijyen ihtiyaçlarını karşılamakta ve mikroorganizma kaynaklı kötü kokuların önüne geçmektedir. Öte yandan, Ecocell marka lyocell elyafı, doğal selüloz bazlı yapısı ve üstün nem yönetimi kabiliyeti ile dikkat çekmektedir. Ecocell, vücut ısısının düzenlenmesine katkıda bulunarak kullanım konforunu artırmaktadır. Boncuklanma ve hava geçirgenliği özellikleri kumaşın konforunu ve performansını etkilemektedir.

Boncuklanma, kumaşlarda aşınma ve sürtünme sonucu lif uçlarının yüzeye çıkarak küçük topar oluşturmasıdır. Bu durum, örme kumaşlarda dokuma kumaşlara göre daha fazla görülür ve lif tipi, incelik, uzunluk, kopma mukavemeti, uzama, eğilme rijitliği ve lif şekli gibi faktörlerden etkilenir. (Özdil, 2003). İplik tüylülük değerinin az olması boncuklanma eğilimini azaltmaktadır. Kumaş yapısı, dokusu, örgü tipi, sıklığı ve gramajı da boncuklanma özelliklerini etkiler; gevşek dokunmuş kumaşlar daha yüksek boncuklanma eğilimi gösterirken, sıkı dokunmuş kumaşlarda bu daha eğilim düşüktür (Özdil, 2003).

Hava geçirgenliği, kumaşın içinden geçen hava miktarını ifade eder ve konfor özelliklerini önemli ölçüde etkiler. Bu özellik, manometrede 10 mm'lik bir yükseklik farkına neden olan basınç altında, 100 mm<sup>2</sup>'lik bir yüzey alanından bir saniyede geçen hava hacmi ile ölçülür (Uyanık, 2022). Hava Geçirgenliği, elyaf cinsi, iplik numarası ve iplik tüylülüğü gibi iplik özellikleri gibi faktörlerden etkilenmektedir. Bu faktörler, kumaşın termofizyolojik konforunu doğrudan etkileyerek, ısı ve nem iletimini kontrol ederler. Elyaf seçimi, iplik ve kumaşın genel özelliklerini belirler. İplik numarası ve tüylülüğü ise, kumaşın yüzey özellikleri ve nem transferi üzerinde etkilidir. (Kılıç, 2022).

Hava geçirgenliği ve boncuklanma eğilimi, özellikle kumaşın konfor özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu çalışmada, Ecocell marka lyocell ve Everfresh akrilik elyaflarından üretilen kumaşların hava geçirgenliği ve boncuklanma eğilimi incelenecektir. Ecocell ile relax özellikteki Everfresh akrilik kullanılarak, iki farklı iplik numarasında, %100 Ecocell, %100 Everfresh akrilik ve %50 Ecocell %50 Everfresh akrilik oranlarında iplikler ring eğirme teknolojisi ile üretilmiştir. Daha sonra, bu iplikler kullanılarak farklı örgü tipinde farklı örgü kumaşlar üretilmiş ve bu kumaşların performans özellikleri incelenmiştir.

Bu çalışma kapsamında, tekstil sektöründe antimikrobiyal ve konfor özelliklerine sahip, çevre dostu ve sürdürülebilir ürünlere olan talebi karşılamak amacıyla geliştirilen akrilik ve lyocell elyaf karışımlarının potansiyelinin ortaya koyması hedeflenmektedir. Yeni elyaf türleri ve kombinasyonları, hem çevresel hem de performans kriterlerini karşılayan yenilikçi çözümler sunmaktadır. Bu nedenle, Ecocell ve Everfresh akrilik elyafları kullanılarak iplikler üretilmiş daha sonra kumaş üretimleri gerçekleştirilerek ve bu kumaşların hava geçirgenliği ve boncuklanma eğilimleri incelenmiştir. Elde edilen bulguların literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çerçevede, tekstil ürünlerinin performansını ve tüketici memnuniyetini artırmayı amaçlayan yeni malzemelerin geliştirilmesine yönelik araştırmalar için önemli bir referans noktası sunulması amaçlanmaktadır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, sürdürülebilir Ecocell marka lyocell ile antibakteriyel özellikteki Everfresh akrilik elyaflarından Ne 30/1 ve Ne 40/1 iplik numarasında, %100 ve 50:50 karışım oranlarında ring iplik eğirme sisteminde iplikler üretilmiştir. Çalışma kapsamında üretilen iplikler test edilmeden önce, 20±2 °C sıcaklıkta ve 65±4% bağıl nemde 24 saat kondisyonlanmıştır. Testler test standartlarına uygun bir şekilde iplik düzgünsüzlüğü, iplik tüylülüğü ve iplik hataları Uster® Tester 5 (TS 12863) cihazında, iplik

mukavemeti ve uzama ölçüleri ise Uster® Tensojet (TS EN ISO 2062) test cihazında gerçekleştirilmiş ve incelenmiştir.

Çalışma kapsamında üretilen Ecocell ve Everfresh ipliklerinden yuvarlak örme makinesinde, 3 iplik, likralı süprem, süprem, vanize süprem, tek toplama lakost ve çift plaka lakost olmak üzere 5 farklı örgü tipinde toplamda 16 adet numune kumaş üretilmiştir. Bu kumaşlara ait üretim parametreleri **Çizelge 1**'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Kumaş Üretim Parametreleri

N. No	Örgü Tipi	İplik cinsi			Pus (")	Fein (E)
		1.İplik bilgileri	2.İplik Bilgileri	3.İplik Bilgileri		
1	3 İplik	Ne 40/1 Ring %50 Ecocell/%50 Everfresh	70 Denye Texturize Pes	Ne 40/1 Ring %50 Ecocell/%50 Everfresh	32	20
2	3 İplik	Ne 40/1 Ring %50 Ecocell/%50 Everfresh	40 Denye Texturize Pes	Ne 40/1 Ring %50 Ecocell/%50 Everfresh	32	20
3	3 İplik	Ne 30/1 Ring %50 Ecocell/%50 Everfresh	70 Denye Texturize Pes	Ne 30/1 Ring %50 Ecocell/%50 Everfresh	32	20
4	3 İplik	Ne 30/1 Ring %50 Ecocell/%50 Everfresh	30 Denye Texturize Pes	Ne 30/1 Ring %50 Ecocell/%50 Everfresh	32	20
5	3 İplik	Ne 40/1 Ring %100 Ecocell	40 Denye Texturize Pes	Ne 40/1 Ring %100 Everfresh	32	20
6	Süprem	Ne 40/1 Ring %50 Ecocell/%50 Everfresh	-	-	32	28
7	Süprem	Ne 30/1 Ring %50 Ecocell/%50 Everfresh	-	-	32	28
8	Süprem	Ne 40/1 Ring %100 Everfresh	-	-	32	28
9	Süprem	Ne 40/1 Ring %100 Ecocell	-	-	32	28
10	Vanize Süprem	Ne 40/1 Ring %50 Ecocell/%50 Everfresh	PES	-	32	28
11	Vanize Süprem	30/1 Ring %50 Ecocell / %50 Everfresh	PES	-	32	28
12	Tek Toplama Lakost	Ne 40/2 Ring %50 Ecocell/%50 Everfresh	-	-	32	32
13	Tek Toplama Lakost	Ne 30/2 Ring %50 Ecocell/%50 Everfresh	-	-	32	32
14	Çift Plaka Lakost	40/1 Ring %100 Ecocell	40/1 Ring %100 Everfresh	-	30	18
15	Çift Plaka Lakost	40/1 Ring %50 Ecocell /%50 Everfresh	40/1 Ring %50Ecocell /%50 Everfresh	-	30	18
16	Çift Plaka Lakost	30/1 ring %50 Ecocell/%50 Everfresh	30/1 Ring %50Ecocell/%50 Everfresh	-	30	18

Beş farklı örgü tipinde üretilen bu kumaşların hava geçirgenliği ve boncuklanma eğilimi özelliklerinin incelenmesi için testler yapılmıştır. Hava geçirgenliği testi Prowhite Air Tester II test cihazında, "TS 391 En ISO 9237" standardına göre, 100 Pa basınçta 20 cm<sup>2</sup>'lik alan üzerinde gerçekleştirilmiştir. Boncuklanma testi SDL ATLAS Martindale test cihazında, "TS EN ISO 12945-2" standardına göre, 2000 devirde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca kumaşların kalınlık ölçümleri Check-Line Europe® test cihazında "TS 7128 EN ISO 5084" standardına göre gerçekleştirilmiştir. Bu kumaşlar test edilmeden önce, 20±2 °C sıcaklıkta ve 65±4% bağıl nemde 24 saat kondisyonlanmıştır.

### 3. ARAŞTIRMA VE BULGULARI

#### 3.1. İplik Test Sonuçları

Üretilen ipliklere ait iplik mukavemeti, iplik uzaması, düzgünsüzlük değerleri ve tüylülük değerleri **Çizelge 2**'te verilmiştir. İplik kopma mukavemeti ve kopma uzaması değerlerine ait grafik **Şekil 1**'de verilmiştir. İplik mukavemetinin ve uzama değerlerinin elyaf cinsi ile doğrudan ilişkili olduğu bilinmektedir (Öğüt, 2020).

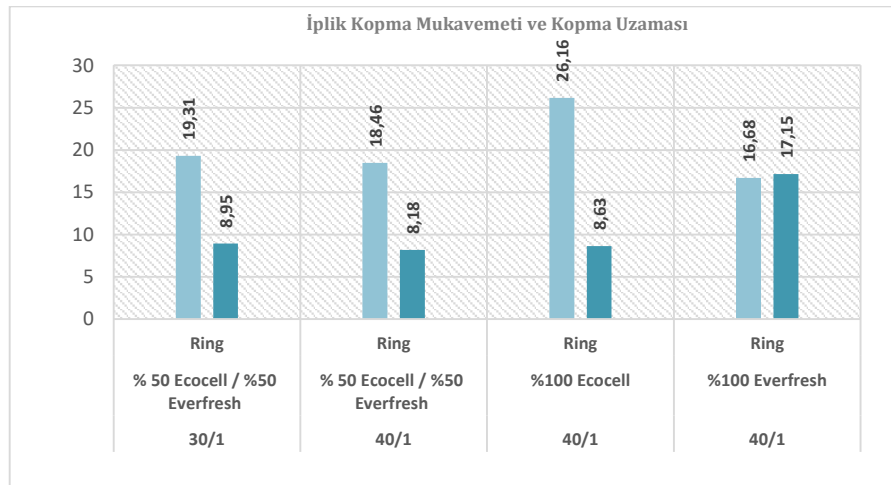
**Not:** Grafiklerde ve çizelgelerde elyaf isimleri için kısaltma kullanılacaktır. (Ecocell: EC - Everfresh: EF)

**Çizelge 2.** İplik Özellikleri

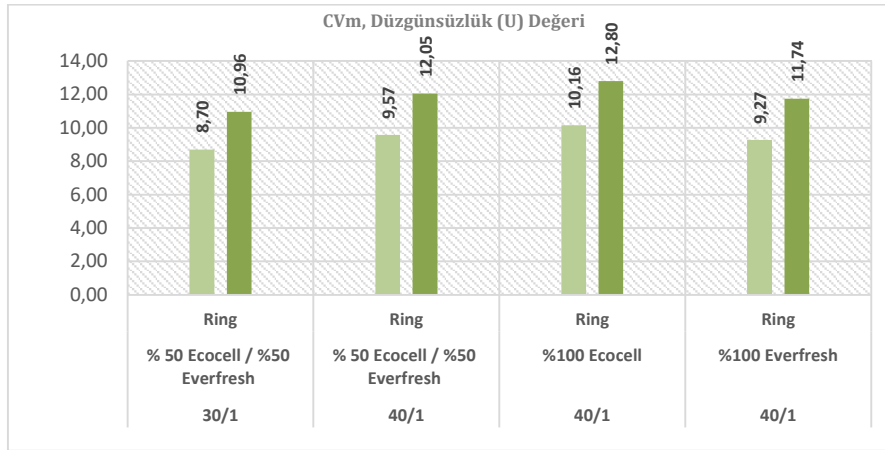
İplik Ne	İplik Cinsi	Kopma Mukavemeti (RKM)	Kopma Uzaması (%)	CVm	U (%)	İnce Yer (-50%/km)	Kalın Yer (+50%/km)	Neps (+200%/km)	İnce Yer (-40%/km)	Kalın Yer (+35%/km)	H
30/1	%50-50 EC-EF	19,31	8,95	10,96	8,70	0,00	3,80	7,50	3,80	33,80	4,75
40/1	%50-50 EC-EF	18,46	8,18	12,05	9,57	0,00	10,00	25,00	25,00	148,80	3,87
40/1	%100 EC	26,16	8,63	12,80	10,16	0,00	21,30	118,80	62,50	208,80	6,40
40/1	%100 EF	16,68	17,15	11,74	9,27	0,00	17,50	11,30	25,00	135,00	4,38

Yapılan test sonuçlarına göre Ne 40/1 %100 Ecocell ipliği, en yüksek kopma mukavemeti değerine (26.16 RKM) sahip olup, dayanıklılık açısından üstün performans sergilemiştir. Ecocell yüksek kopma mukavemeti değerine sahip olduğundan, diğer elyaflarla karışımı olarak kullanıldığında ipliğin mukavemetini arttırmaktadır. Dolayısıyla Everfresh ile Ecocell elyaflarının 50:50 karışım oranında kullanılması ipliğin mukavemetini arttırmıştır. Uzama değerleri göz önünde bulundurulduğunda, en yüksek elastikiyet değerine sahip olan ipliğin Ne 40/1 %100 Everfresh akrilik olduğu gözlemlenmiştir. Ecocell elyafının yüksek mukavemeti nedeniyle daha rijit bir yapıya sahip olduğu, bu nedenle Ecocell ipliğinin, Everfresh ipliğinden daha düşük uzama değerine sahip olduğu düşünülmektedir.

Test sonuçlarında düzgünsüzlük değerinin yüksek olması istenmeyen bir durumdur. Rejenere selülozik elyaflar içerisinde %100 Ecocell ipliklerin daha düşük düzgünsüzlük değerine sahip olduğu bilinmektedir (Öğüt, 2020). 50:50 karışım oranında üretilen Ne 30/1 ve Ne 40/1 iplik numarasındaki Ecocell / Everfresh akrilik ipliklerinin düzgünsüzlük değerlerinin daha düşük olduğu Ne 40/1 %100 Ecocell ve Ne 40/1 %100 Everfresh ipliğinden daha iyi düzgünsüzlük değerine sahip olduğu gözlemlenmiştir Ne 40/1 %100 Everfresh ipliği daha düşük düzgünsüzlük (U%) ve varyasyon katsayısı (CVm) değerlerine sahip olup, daha homojen bir yapı sergilediği sonucuna ulaşılmıştır.



**Şekil 1.** İplik kopma mukavemeti ve kopma uzaması grafiği



Şekil 2. İplik düzgünsüzlük değeri grafiği

### 3.2. Kumaş Test Sonuçları

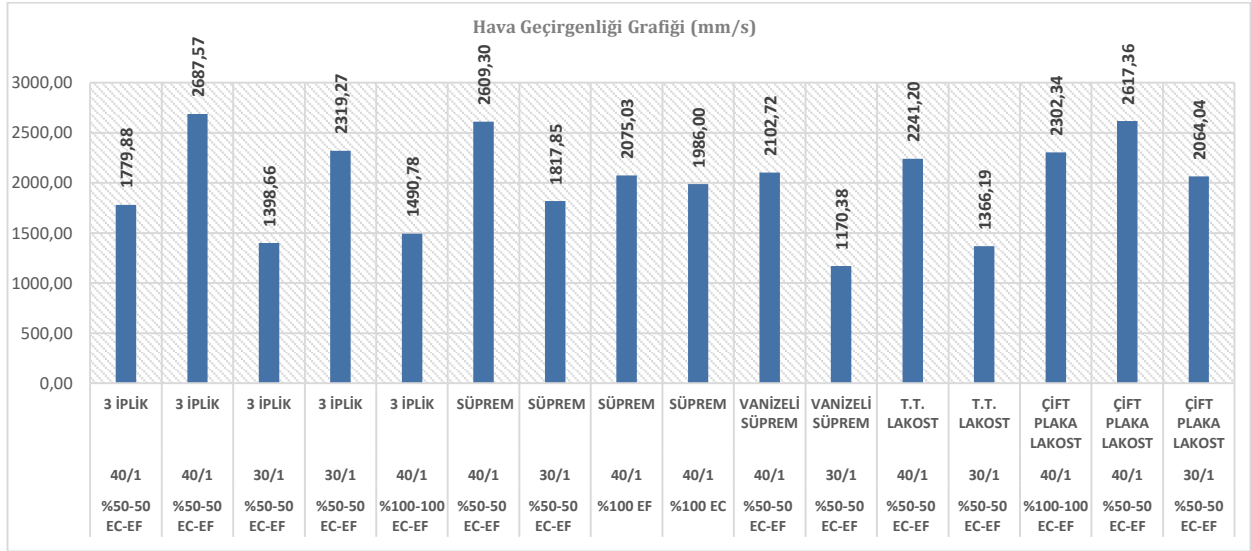
Üretilen kumaşlara hava geçirgenliği ve boncuklanma eğilimi testi yapılmıştır. Bu kapsamda sonuçlar iplik numarasının etkisi, örgü tipinin etkisi ve karışım oranının etkisi kapsamında incelenmiştir. Bu testlere ait veriler Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Hava geçirgenliği ve boncuklanma testi sonuçları

Numune No	Örgü Tipi	İplik Numarası	İplik Bilgisi	Hava Geçirgenliği (mm/s)	Boncuklanma	Kalınlık (mm)
1	3 İplik	40/70/40	% 50-50 EC-EF	1799,88	3-4	1,04
2	3 İplik	40/40/40	% 50-50 EC-EF	2687,57	4-5	0,99
3	3 İplik	30/70/30	% 50-50 EC-EF	1398,66	3	1,17
4	3 İplik	30/30/30	% 50-50 EC-EF	2319,27	3-4	1,20
5	3 İplik	40/40/40	% 100-100 EC-EF	1490,78	3-4	1,08
6	Süprem	40/1	% 50-50 EC-EF	2609,30	2-3	0,64
7	Süprem	30/1	% 50-50 EC-EF	1817,85	3-4	0,69
8	Süprem	40/1	% 100 EF	2075,03	2-3	0,50
9	Süprem	40/1	% 100 EC	1986,00	3-4	0,53
10	Vanize Süprem	40/70	% 50-50 EC-EF	2102,72	4-5	0,74
11	Vanize Süprem	40/70	% 50-50 EC-EF	1170,38	4-5	0,87
12	T.T. Lakost	40/2	% 50-50 EC-EF	2241,20	4-5	1,09
13	T.T. Lakost	30/2	% 50-50 EC-EF	1366,19	4-5	1,16
14	Çift Plaka Lakost	40/40	% 100-100 EC-EF	2302,34	3-4	1,00
15	Çift Plaka Lakost	40/40	% 50-50 EC-EF	2617,36	3-4	1,07
16	Çift Plaka Lakost	30/30	% 50-50 EC-EF	2064,04	3-4	1,15

#### 3.2.1. Hava Geçirgenliği

Hava Geçirgenliği, kumaş konfor özelliği açısından oldukça önemli bir faktördür. Hava geçirgenliği, elyaf cinsi, iplik numarası ve örgü tipi gibi faktörlerden etkilenmektedir. Bu çalışmada kumaşların hava geçirgenliği özelliği test edilmiştir. Bu kapsamda, elyaf cinsinin, iplik numarasının ve örgü tipinin hava geçirgenliği üzerindeki etkisi incelenmiştir. (Şekil 3.)



Şekil 3. Hava geçirgenliği grafiği

### 3.2.1.1. İplik Numarasının Hava Geçirgenliği Üzerindeki Etkisi

İnce iplikler, daha az lif yoğunluğuna sahiptir ve bu da ipliklerin daha hafif ve daha az hacimli olmasını sağlar. Bu özellik, kumaşın dokusunu daha gözenekli hale getirir ve hava moleküllerinin kumaşın içinden geçmesini kolaylaştırır.

Hava geçirgenliği grafiği incelendiğinde Ne 40/1 iplik numarasına sahip ipliklerin genel olarak daha yüksek hava geçirgenliği değerine sahip olduğu görülmektedir. %50 Ecocell %50 Everfresh akrilik karışımli iplikler göz önünde bulundurulduğunda Ne 30/1 iplik numarasındaki ipliklerden üretilen kumaşların en yüksek hava geçirgenliği değeri 1817,85 mm/s, Ne 40/1 iplik numarasındaki ipliklerden üretilen kumaşların en yüksek hava geçirgenliği değeri 2609,30 mm/s olarak ölçülmüştür. Bu durum Ne 40/1 iplik numarasının ince yapısı nedeniyle kumaşın daha fazla hava geçişine izin verdiğini göstermektedir.

### 3.2.1.2. Örgü Tipinin Hava Geçirgenliği Üzerindeki Etkisi

Örgü tipleri, kumaşın esnekliğini, gözenekliliğini, kalınlığını ve yüzey yapısını etkiler. Bu özellikler, kumaşın hava geçirgenliği üzerinde doğrudan etkilidir. Bu doğrultuda örgü tipinin hava geçirgenliği üzerindeki etkisi incelenmiştir.

3 İplik örgü tipi, hava geçirgenliği değerlerinde çeşitlilik göstermektedir. En düşük değer 1398,66 mm/s, en yüksek değer ise 2319,27 mm/s olarak kaydedilmiştir. 3 iplik örgü kumaş tipinin hava geçirgenliği, iplik numarası ve karışım oranına göre değişkenlik gösterdiği gözlemlenmiştir. Süprem kumaşlar arasında en yüksek değer Ne 40/1 %50 Ecocell %50 Everfresh akrilik likralı süprem kumaşına ait olduğu görülmüş ve ölçüm sonucu 2609,30 mm/s olarak kaydedilmiştir. Buna ek olarak Ne 40/1 %100 Ecocell hava geçirgenliği 2075,03 m/s, Ne 40/1 %100 Everfresh akriliğin hava geçirgenliği ise 1986,00 mm/s olarak ölçülmüştür. Bu iki kumaş arasında belirgin bir fark olmadığı gözlemlenmiştir. Ne 40/1 iplik numarası ile örülmüş kumaşların, Ne 30/1 iplik numarasına sahip iplikler ile üretilen kumaşlara kıyasla daha yüksek hava geçirgenliği değerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Lakost kumaşlar arasında en yüksek hava geçirgenliği değerinin çift plaka lakost örgü tipine ait olduğu görülmüş ve en yüksek hava geçirgenliği değeri 2617,36 mm/s olarak ölçülmüştür. Tek toplama lakost kumaşlarda iplik numarasının hava geçirgenliği üzerinde etkili olduğu gözlemlenmiştir.

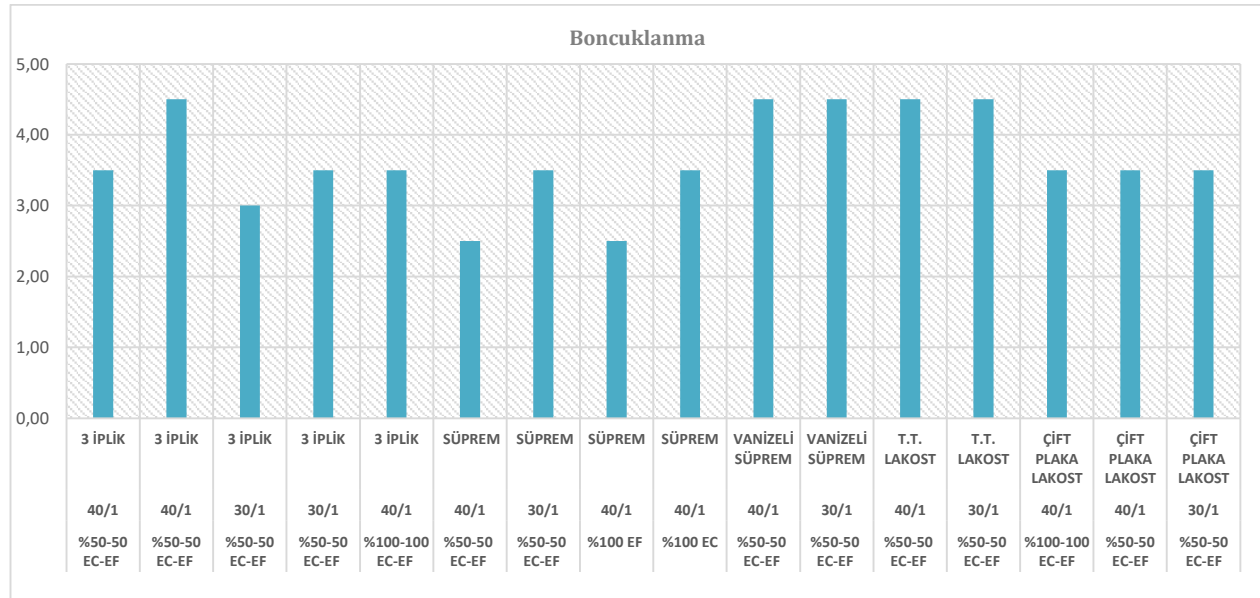
### 3.2.2. Boncuklanma

Boncuklanma iplik tüylülüğü, elyaf cinsi, iplik numarası, örgü tipi ve karışım oranı gibi faktörlerden etkilenmektedir. Çalışma kapsamında üretilen kumaşların boncuklanma eğilimi test edilmiştir. Kumaşlara ait pilling sonuçları Çizelge 3'te paylaşılmıştır.

3 iplik örgü tipinde üretilen kumaşların boncuklanma değerleri 3 ile 4-5 değerleri arasında değişkenlik göstermektedir. En iyi boncuklanma değeri Ne 40/1 %50 Ecocell %50 Everfresh akrilik kumaşına ait olup, boncuklanma eğilimi 4-5 aralığında değerlendirilmiştir.

Çizelge 4. Boncuklanma değerlendirme skala tablosu

Derece	Değerlendirme	Tanımı
5	En İyi	Değişme yok
4	İyi	Hafif bir tüylenme
3	Orta	Orta düzeyde tüylenme
2	Kötü	Belirgin bir tüylenme
1	Çok Kötü	Yoğun yüzey tüylenmesi



Şekil 4. Boncuklanma ortalama değer grafiği

Süprem kumaşlar kendi arasında kıyaslandığında, vanize süprem kumaşın en iyi boncuklanma (4-5) değerine sahip olduğu görülmüştür. Tek toplama lakost kumaşların boncuklanma derecesi 4-5 olarak, çift plaka lakost kumaşların boncuklanma derecesi ise 3-4 olarak değerlendirilmiştir. Bu kapsamda kumaşların boncuklanma eğilimleri değerlendirildiğinde; vanize süprem, Tek toplama lakost ve çift plaka lakost örgü tipleri en iyi boncuklanma seviyesine sahip olduğu görülmüştür.

## 4. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında, Ecocell lyocell ve Everfresh akrilik elyaflarından, iki farklı iplik numarası ve karışım oranında iplikler üretilmiş ve bu ipliklerle 3 iplik, süprem, likralı süprem, vanize süprem, tek toplama lakost ve çift plaka lakost olmak üzere 5 farklı kumaş üretilmiştir.

Yapılan incelemeler sonucunda, iplik numarası ve örgü tipinin kumaşın hava geçirgenliği üzerinde önemli etkileri olduğu belirlenmiştir. İnce ipliklerin daha yüksek hava geçirgenliği sağladığı görülmüş ve

Ne 40/1 iplik numarasına sahip kumaşların Ne 30/1 iplik numarasına sahip kumaşlardan daha yüksek hava geçirgenliği değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Örgü tipleri arasında, Ne 40/1 %50 Ecocell %50 Everfresh akrilik likralı süprem kumaş en yüksek hava geçirgenliğine (2609, 30 mm/s) sahipken, çift plaka lakost örgü tipinde en yüksek hava geçirgenliği (2617, 36 mm/s) elde edilmiştir.

Kumaşların boncuklanma eğilimleri değerlendirildiğinde, en iyi boncuklanma değerleri Ne 40/1 %50 Ecocell %50 Everfresh akrilik kumaşında (4/5) ve vanize süprem kumaşta (4/5) gözlemlenmiştir. Tek toplama lakost kumaşların boncuklanma derecesi 4/5, çift plaka lakost kumaşların ise 3-4 olarak belirlenmiştir. Bu kapsamda vanize süprem, tek toplama lakost ve çift plaka lakost örgü tipleri en iyi boncuklanma seviyesine sahiptir.

Sonuçlar Rstudio kullanılarak analiz edilmiş ve TOPSIS karar verme metodu uygulanmıştır. Yapılan analizde hava geçirgenliği ve boncuklanma değer katsayıları 1 olarak belirlenmiş ve her iki sonuca ait en yüksek değer belirlenmiştir. Bu değerlendirme sonucunda, 2 nolu numune (Ne 40/1 %50 Ecocell 50 Everfresh) 3 iplik kumaş için TOPSIS skoru 1 ile en yüksek hava geçirgenliğine ve boncuklanma dayanımına sahip olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışma ile birlikte tekstil sektöründe antimikrobiyal ve konfor özelliklerine sahip, çevre dostu ve sürdürülebilir ürünlere olan talebi karşılamaya yönelik geliştirilen akrilik ve lyocell elyaf karışımlarının potansiyelini ortaya koymayı amaçlanmıştır. Bu doğrultuda Ecocell ve Everfresh arasında bariz fark bulunmadığı, karışımli olarak kullanıldığında kumaş performanslarının oldukça iyi olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmanın bulguları, tekstil literatürüne katkı sağlamakla kalmayıp, gelecekte yapılacak araştırmalar için de bir temel oluşturacaktır. Bu doğrultuda, tekstil ürünlerinin performansını ve tüketici memnuniyetini artırmak amacıyla yeni malzemelerin geliştirilmesine yönelik araştırmalara önemli bir referans noktası sunulması hedeflenmektedir. Bir sonraki çalışmalarda farklı oranların denenmesi planlanmaktadır.

## 5. KAYNAKÇA

Akkis, B., (2009). *Farklı İplik Numaralarından Örülmüş Değişik Örgü Tiplerinin Kumaşın Fiziksel Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,*

Ala M.D., Bakici G. G., Abdulvahitoglu, A., (2017) *Süprem Örme Kumaşlarda Kalınlık, Hava Geçirgenliği Ve Boncuklanma Özelliklerinin İncelenmesi, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 32(3): 103-109.*

Özgüney, A.T., Taskın, C., Dönmez, S., Özerdem, A., Gürkan, P., Özcelik, G. ve Baykaldı, (2004) *Kompakt ve konvansiyonel ring ipliklerden dokunan ve örülen kumaşların boyabaskı işlemleri öncesi ve sonrası özelliklerinin karşılaştırılması, Tübitak TAM 2003-04 projesi, 110.*

Basit, A., Latif, W., Ashraf, M, Rehman, A., Iqbal, K., Maqsood, S. H., Jabbar A., Baig, A.S., (2019) *Comparison of Mechanical and Thermal Comfort Properties of Tencel Blended With Regenerated Fibers and Cotton Woven Fabrics, Autex ResEFrch Journal, Vol. 19, (1):80-85.*

Demiryürek, O. ve Uysaltürk, D. (2016) *Viloft/Polyester karışımli örme kumaşların patlama mukavemeti ve boncuklanma özelliklerinin araştırılması, Tekstil ve Mühendis, 23(102), 105-112. Doi: 10.7216/1300759920162310204.*

Dirgar, E., (2017) *The Performance Properties of The Fabrics Produced from Cupro and Some Other Regenerated Cellulose Fibers, Tekstil ve Konfeksiyon 27(2):139-144.*



Doba Kadem, F. ve Oğulata, R.T. (2014) İpliği boyalı pamuklu kumaşlarda kumaş konstrüksiyonunun boncuklanma ve aşınmaya etkisinin araştırılması, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 29(1), 89-97. Doi: 10.21605/cukurovaummfd. 242851.

Ertekin, G., Marmaralı, A., (2011). Askı ve Atlamanın Düz Örgü Kumaşların Isıl Konfor Özelliklerine Etkileri. *Tekst. ve Muhendis*, 18(83), 21-26.

Gonca Balcı Kılıç (2022): Süprem Örne Kumaşların Transfer, Geçirgenlik Ve Gözeneklilik Özelliklerinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi, *Tekstil ve Mühendis*, 29:128, 238-248.

Mavruz, S. ve Oğulata, R. (2009) Biyoparlatma uygulanmış örme kumaşlara tekrarlı (çoklu) yıkamaların etkisinin incelenmesi, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 3(19), 224-230.

Özgül, N. (2003) Kumaşlarda fiziksel kalite kontrol yöntemleri, E.Ü. *Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezi Yayını*, Yayın No: 21, İzmir.

TS 391 EN ISO 9237, 1999. *Tekstil kumaşlarda Hava GeçirgenliğininTayini*.

Oğüt T., Nacarkahya T., Çelikten E., Özden K., (2020) Sürdürülebilir Liflerden Elde Edilen Örne Kumaşların Hava Geçirgenlik Ve Boncuklanma Özelliklerinin İncelenmesi. *The International Conference of Materials and Engineering Technology (TICMET)*

Turan, R.B., Okur, A. (2015). Kumaşlarda Hava Geçirgenliği. *UCTEF Chamber of Textile Engineers. The Journal of Textiles and Engineers*, 72:17-25.

Ukponmwan, J.O., Mukhopadhyay, A. ve Chatterjee, K. N. (1998) Pilling, *Textile Progress*, 28(3), 16-42. Doi: 10.1080/00405169808688874.

Uyanık, S., Merkepçi, M., (2022). Çeşitli Örne Kumaşlarda Farklı Tekniklerle Gözenekliliğin Belirlenmesi ve Hava Geçirgenliği için Optimum Tekniğin Tespiti Üzerine Bir Çalışma. *Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 37(1), 13-22.

Yavaşcaoğlu, A., Eren R., Süle G., %100 Akrilik, Pes/Akrilik Ve Pamuk/Akrilik Karişimli Dokuma Kumaşların Boncuklanma Özelliklerinin İncelenmesi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Cilt 24, Sayı 2.

# ÖN YIKAMA MAKİNESİ TASARIMI

Ceylin ALPEREN, Özgür AVCU

*DMS Dilmenler Makine ve Tekstil Ar-Ge Merkezi, Tekirdağ, Türkiye*

## ÖZET

Tekstil ürünleri üretim sürecinde çeşitli terbiye işlemlerine tabi tutulmaktadır. Bunlar ön yıkama, boyama, kurutma, baskı, buharlama vb. işlemleridir. Ön yıkama tekstil terbiye işlemleri arasında önemli bir işlem basamağıdır. Bu çalışmada arge departmanında tasarladığımız ön yıkama makinesi, çekmeye karşı en hassas olan ve en yüksek yağ içeriğine sahip sentetik elyaf veya elastomerden yapılmış örme veya dokuma kumaşların terbiyesi için geliştirilmiştir. Örmeden ve dokumadan dolayı ürünler bünyelerinde birçok yabancı madde içerirler. Ön yıkama makinesi ile kumaş üzerinde bulunan yabancı maddelerin (yağ, parafin, mum vb.) daldırma ve püskürtme yöntemiyle temizlenmesi amaçlanmaktadır. Makinemiz, yağ sökücü ile hazırlanmış karışımın sirkülasyon pompaları yardımıyla istenilen sıcaklıkta nozullar ile kumaş yüzeyine püskürtme yapılarak kumaşın temizlenmesini sağlamaktadır. Yıkama esnasında kumaş üzerinden banyoya geçen yağlar ayrı bir bölmede toplanır. Bu sayede çevreye duyarlı bir üretim elde edilir. Ön yıkama makinesi su, buhar tasarrufu ve baca gazı salınımı minimuma indirilerek doğa dostu üretim sağlar.

**Anahtar Kelimeler:** Ön yıkama, Tekstil terbiyesi, Ramöz makinesi

## PRE-WASHING MACHINE DESIGN

### ABSTRACT

Textile products are subjected to various finishing processes in the production process. These are pre-washing, dyeing, drying, printing, steaming, etc. operations. Pre-washing is an important processing step between textile finishing processes. In this study, the pre-washing machine we designed within the R&D department was developed for the finishing of knitted or woven fabrics made of synthetic fiber or elastomer, which are the most sensitive to pulling and have the highest oil content. Due to knitting and weaving, products contain many foreign substances in their bodies. Foreign substances found on the fabric with the pre-washing machine (oil, paraffin, wax, etc.) it is intended to be cleaned by immersion and spraying method. Our machine provides cleaning of the fabric by spraying the mixture prepared with an oil remover to the fabric surface with nozzles at the desired temperature with the help of circulation pumps. The oils that pass through the fabric to the bathroom during washing are collected in a separate compartment. In this way, an environmentally sensitive production is achieved. The pre-washing machine provides environmentally friendly production by saving water, steam and reducing flue gas emission to a minimum.

**Keywords:** Pre-washing, Textile finishing, Ramoz machine

Tekstil mamullerinin görünümünü (boyama, basma vs.); tutumunu (yumuşatma, sertleştirme vs.); kullanım özelliklerini (su iticilik, güç tutuşurluk, kolay ütüleme vs.) geliştirmek amacıyla yapılan işlemlere terbiye işlemleri denilmektedir. Bu terbiye işlemleri tekstil üretiminin çeşitli safhalarında (elyaf, iplik, kumaş, örme veya konfeksiyon) uygulanabilmektedir (Yurdakul,2004). Terbiye işlemleri mekanik ve kimyasal olarak iki gruba ayrılmaktadır. Tekstil ürününün bir flotte içerisinde geçirilmesi ya da bir süre muamele edilmesiyle apre maddesinin ürüne aktarılmasına kimyasal terbiye işlemi denilmektedir. Mekanik etkilerle, materyalin kullanım özelliklerini geliştiren apre işlemleri ise mekanik apre olarak adlandırılmaktadır (Parlakıyığıt, 2022). Terbiye işlemleri birçok işlem adımını içermektedir. Terbiye işlemleri hem ıslak hem de kuru olarak uygulanır. Pamuk liflerinin ön terbiye işlemleri; yıkama, haşıl sökme, yıkama, merserizasyon, hidrofilleştirme, ağartma, yünün ön terbiye işlemleri; karbonizasyon, yıkama, ağartma gibi işlemler, sentetik liflerin ön terbiye işlemleri; yıkama, termofiksaj gibi farklı prosesleri kapsayabilmektedir. Alt sektörde boyama işlemlerinden sonraki adım son terbiye-bitim işlemleridir. Bu işlemler yıkama, kurutma, apre gibi süreçleri kapsamaktadır. Bitim işlemi tekstil materyaline istenilen özellikleri kazandırmak amacı ile yapılmaktadır. Bu özellikler genel olarak tutuşmazlık, görünüm efekti, su geçirmezlik gibi özelliklerdir (Dağlı ve ark.2018). Ön yıkama tekstil terbiye işlemleri arasında önemli işlem basamağıdır. Lif yüzeyinde bulunan yapağı, pislikler, ter, yağ, madensel tuzlar gibi lifin yapısında mevcut veya boyarmadde artıkları ve haşıl maddeleri gibi yabancı maddeleri uzaklaştırmak için yapılan işleme ön yıkama denir. Yıkamada uzaklaştırılan yabancı maddeler; kimyasal (asit, baz, tuz, ağartma maddeleri), kolloid (nişasta vb.) ve pigment gibi çeşitli olabilir (Acargil, 2003). Basitleştirilmiş olarak terbiye dairesinde yapılan yıkamalar üç gruba ayrılabilirler:

**Ecza maddelerinin yıkanması:** Tekstil mamulü üzerindeki asit, baz, tuz, kasar maddeleri, fikse olmamış suda çözülebilen boyarmaddeler gibi her türlü suda çözülen kimyasal ecza maddesinin uzaklaştırılması.

**Kolloid yıkama:** Tekstil mamulü üzerindeki haşıl artıkları, patlar, sıvı ve katı yağlar, mumlar gibi suda çözülmeyen fakat kolloid olarak dağılabilen maddelerin uzaklaştırılması.

**Pigment yıkama:** Tekstil mamulü üzerindeki her türlü suda çözülmeyen organik ve anorganik pigmentlerin uzaklaştırılması.

Yıkamanın basitleştirilmiş olarak şu adımlardan oluştuğu kabul edilebilir:

- 1) Suda çözülmeyen yabancı maddelerin de tekstil liflerinden uzaklaşacak hale gelmesi
- 2) Yabancı maddelerin yıkama flottesine geçmesi
- 3) Suda çözülmeyen yabancı maddelerin koloid, emülsiyon veya dispersiyon halinde yıkama flottesinde tutulması tekrar mamulün üzerine geçmesinin önlenmesi
- 4) Yıkama flottesine geçmiş yabancı maddelerin mamulden uzaklaştırılması, taşınması.

Bu hususlardan, suda çözülmeyen yabancı maddelerin tekstil liflerinden uzaklaşacak hale getirilmesi ve yıkama flottesinde kolloid, emülsiyon veya dispersiyon halinde tutulması, yıkama flottesine konulan yıkama maddelerine göredir (Tarakçıoğlu,1979). Bu çalışmada arge bünyesinde tasarladığımız ön yıkama makinesi, çekmeye karşı en hassas olan ve en yüksek yağ içeriğine sahip sentetik elyaf veya elastomerden yapılmış örme veya dokuma kumaşların terbiyesi için geliştirilmiştir. Örmeden ve dokumadan dolayı ürünler bünyelerinde birçok yabancı madde içerirler. Ön yıkama makinesi ile kumaş üzerinde bulunan yabancı maddeleri batırma ve püskürtme yöntemiyle temizlenmesi amaçlanmaktadır. Makinemiz, yağ sökücü ile hazırlanmış karışımın sirkülasyon pompaları yardımıyla istenilen sıcaklıkta nozullar ile kumaş yüzeyine püskürtme yapılarak kumaşın temizlenmesini sağlamaktadır. Yıkama esnasında kumaş üzerinden banyoya geçen yağlar ayrı bir bölmede toplanır. Bu sayede çevreye duyarlı bir üretim elde edilir. Ön yıkama makinesi bir ramöz makinesinin önüne monte edilir ve geleneksel bir sıkma fular ile birleştirildiğinde, hat içi hazırlığa izin verir. Bu sayede boya makinesinde ön yıkamaya ihtiyaç duymayacak şekilde üretilir. Tekstil sanayisinde su ve enerji yoğun olarak kullanılır. Yıkama, boyama, durulama, haşıl sökme ve ağartma

gibi yaş tekstil işlemlerinin büyük dezavantajı çok yüksek miktarda enerji ve su tüketmeleridir (Duran ve ark. 2007). Ön yıkama makinesi yağ sökümü sayesinde baca gazı salınımı minimuma indirilerek doğa dostu üretim sağlamaktadır.

## 2.MATERYAL ve METOT

Çalışma kapsamında, kumaşın yıkama kabinlerine girmeden önce sağa ve sola kaymadan, merkezi noktada kalması için kumaş merkezleme ünitesi tasarlanmıştır. Yıkama tankı içindeki su tüketimi sadece kumaşların emilimi ile sağlanır. Makinemiz, yağ sökücü ile hazırlanmış karışımın sirkülasyon pompaları yardımıyla istenilen sıcaklıkta nozzullar ile kumaş yüzeyine püskürtme yapılarak kumaşın temizlenmesini sağlar. Kabinler içindeki karışım, döner filtrelerle ulaşır ve elyaftan arındırılır, ardından sirkülasyon pompaları ile nozzullara iletilir. 3 adet döner filtre ünitesi ile elyafları eleklerine hapseder. Nozzullar ile belli aralıklar yıkama yaparak elyafları eleklerden boşaltma haznesine alır. Bu bölümden sonra elyaflar boşaltma kanalına veya başka ortamlara alınır. Silindir yüzeyleri kauçuk ile kaplanır. Hava regülatörü ile ayarlanan 2 bar basınç altında sıkma gerçekleşir. Silindirin hızı inverter ile kontrol edilir. Ram kurutma makinesi ile senkronize çalışabilir. Ön yıkama makinesi bir ramözün önüne monte edilir ve geleneksel bir sıkma fular ile birleştirildiğinde, sürekli hat içi hazırlığa izin verir. Kumaşlar boyamadan önce yıkamaya ihtiyaç duymayacak şekilde üretilir. Ön yıkama makinesini kullanarak, ramözün girişinde ve çıkışında duman oluşmaz. Yağların temizlenmesi için, özel olarak geliştirilmiş, doğal suda çözünür bileşik, temizleme maddesi, dağıtıcı madde ve son olarak bir tutucu madde içeren özel bir kimyasal ürün kullanılır. Prototip ön yıkama makinesi üretilip saha denemeleri yapılmaktadır. Yıkama işlemi gerçekleştirilen kumaşın fiziksel test sonucu Çizelge 1’de verilmiştir. Organik solventte çözünen madde miktarı tayini Çizelge 2-3’ te verilmiştir. Ön yıkama makinesinin teknik özellikleri Çizelge 4’ te verilmiştir. Ön yıkama makinesinin görseli Şekil 1’de ve yerleşim plan görseli Şekil 2’ de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Yıkama İşlemi Sonrası Kumaşın Fiziksel Test Sonucu

No	Basınç (kPa)	Şişme(mm)	Zaman(s)	Patlama
1	332.8	48.5	18.9	Yok
2	333.8	49.7	18.9	Yok
3	324.3	49.4	18.5	Yok
4	336.9	49.2	19.1	Yok
5	314.3	47.7	18.0	Yok
Ortalama	328.5	48.9	18.7	
STD	9.1	0.7	0.4	
CV	2.79%	1.59%	2.3%	

**Çizelge 2.** Organik Solventte Çözünen Madde Miktarı Tayini

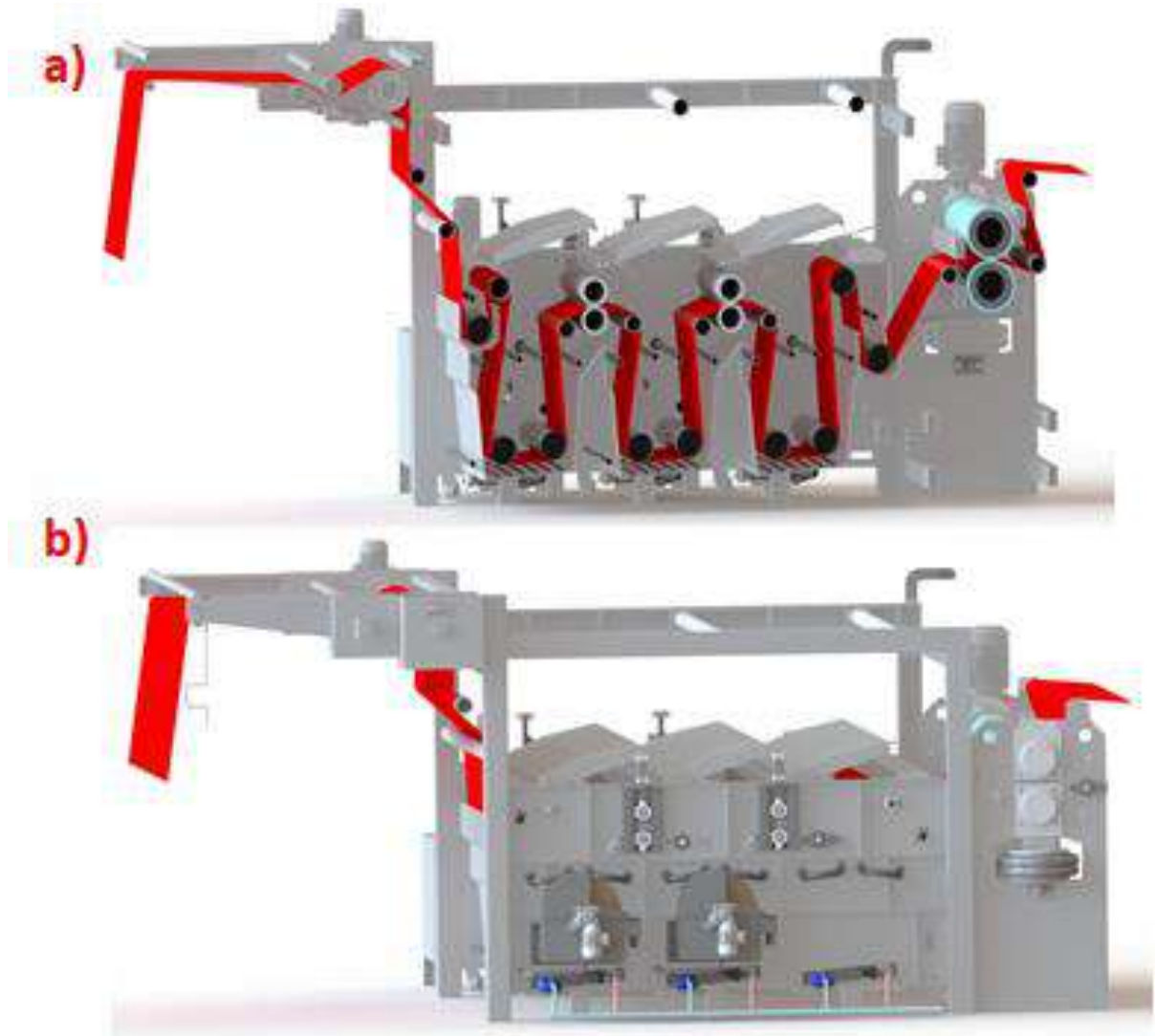
Numune	Çözücü: Petroleteri
Ham Örme Kumaş	%2.47
Yıkama + Flar Örme Kumaş	%0.42
Yıkama Flar + Ram Örme Kumaş	%0.03
Yıkama Örme Kumaş	%8.33

**Çizelge 3.** Organik Solventte Çözünen Madde Miktarı Tayini

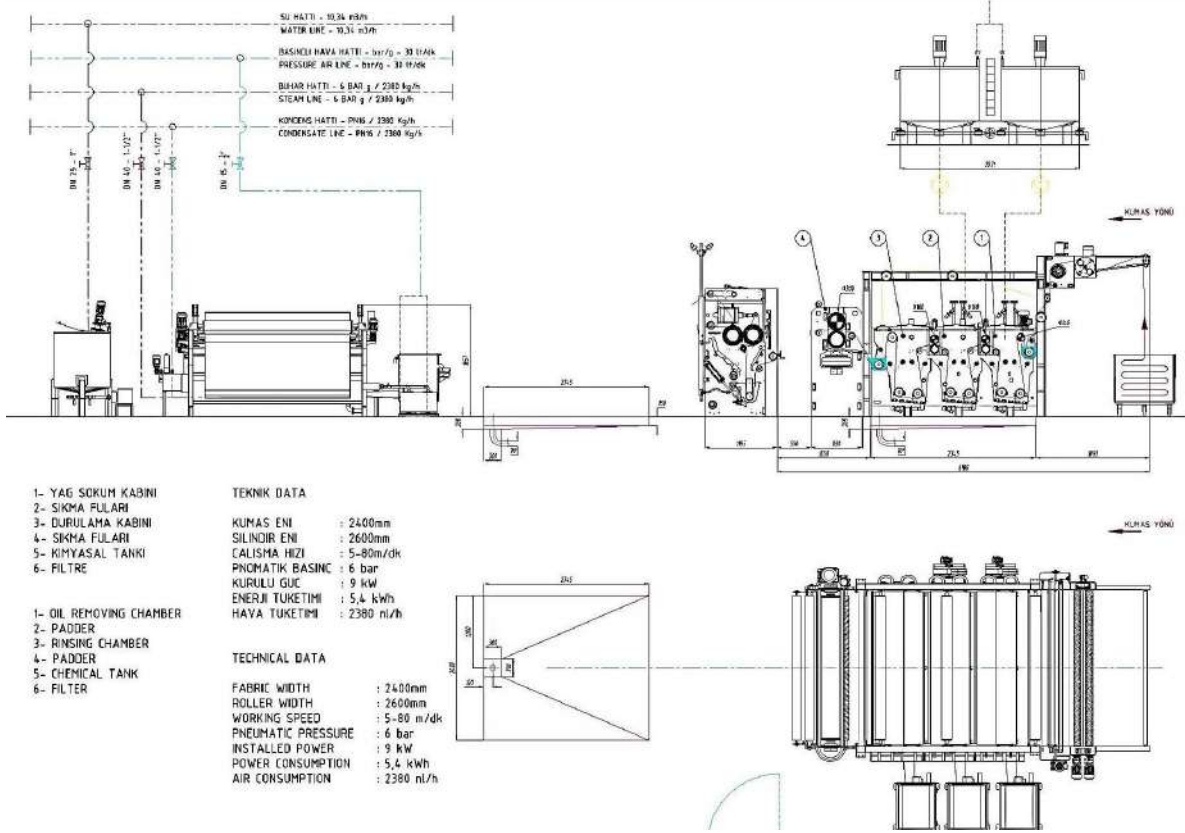
Numune	Çözücü: Petroleteri
Ham PES Örgü Kumaş	%2.43
Yıkamalı Serbest Kurutma PES Örgü Kumaş	%0.17
Yıkamalı Ram PES Örgü Kumaş	%0.1

**Çizelge 4.** Ön Yıkama Makinesinin Teknik Özellikleri

Çalışma Eni	1800-3400 mm
Silindir Eni	2000 – 3600 mm
Çalışma Hızı	5 – 100 m/m
Uzunluk	1.775 mm
Genişlik	4.890 mm
Yükseklik	1.560 mm
Kurulu Güç	8 kW
Hava Tüketimi	0,5 Nm <sup>3</sup> /min
Buhar Tüketimi	315 Kg/h
Püskürtme Sistem Akışı	100-200 l/m
Servis Tankları Kapasitesi	600 lt
Yıkama Tankları Kapasitesi	500 lt
Yağ Separatöründe Max. Ekstraksiyon Yağı	4 l/h



**Şekil 1.** Ön Yıkama Makinesinin Görseli  
a) Makinenin iç görseli  
b) Makinenin dış görseli



Şekil 2. Ön Yıkama Makinesinin Yerleşim Planı

### 3. TARTIŞMA ve SONUÇ

- Fiksasyon amaçlı kullanılan ram makinelerinde baca gazı salınımı minimuma indirilerek doğa dostu üretim sağlanmaktadır.
- Yıkama esnasında kumaş üzerinden banyoya geçen yağlar ayrı bir bölmede toplanır. Bu sayede çevreye duyarlı bir üretim elde edilir.
- Ön yıkama makinesi sayesinde su ve buhar tasarrufu sağlanır.
- Fiksaj öncesi örgü gerginliklerini alarak kumaşta reaksiyon sağlar.
- Polyester pamuk likra içeren kumaşların örmeden kaynaklanan yağların sökümünü sağlar. Bu sayede boya makinesinde ön işlem yapmaya gerek kalmaz.
- Ön yıkama yapılan kumaşlarda fikse sararması problemini ortadan kaldırır.
- Proses aşamalarında baca gazı emisyon ölçümleri yapıp çıkan değerler karşılaştırılacaktır.

### 4.KAYNAKLAR

Acargil, F., *Tekstil Terbiye İşlemlerinde Meydana Gelen Hataların Belirlenmesi Nedenleri ve Çözüm Önerileri. Yüksek Lisans Tezi/ Çukurova Üniversitesi, 2003.*

*Dağlı, S., Duhbacı, T., Şık, E., UyuŐur, B., Raptal, R., 2018. Tekstil Ürünlerinin Bitirilmesi, Sanayide Kaynak Verimliliği Rehberi,e-7, 23.*

*Duran, K., Perincek, S., Körlü, A. E., Bahtiyari, M. İ. 2007. Ultrason teknolojisinin tekstilde kullanılan olanakları. Tekstil ve Konfeksiyon, 3: 162-166.*

*Parlakyiğit, P., 2022. Tekstilde İstatistiksel Proses Kontrol Uygulaması Örneği-Terbiye İŞletmesi. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 37(4), 911-923.*

*Tarakçioğlu, I., (1978). Tekstil Terbiyesi ve Makinaları, Ege Üniversitesi Matbaası, İzmir.*

*Yurdakul A., Atav R., 2004. Genel Terbiye Teknolojisi, Ege Üniversitesi, Emel Akın M.Y.O. İzmir, 60.*

# TRİKO-DOKUMA SEKTÖRÜNE YÖNELİK POLYOLEFİN İPLİK GELİŞTİRİLMESİ

*Fatma TEKELİER<sup>1</sup>, Kübra YILMAZ<sup>1</sup>, Arif ŞENER<sup>1</sup>, Tuğçe Demirdelen<sup>2</sup>, Yusuf Azrail USKANER<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>Ulusoy Tekstil Arge Merkezi*

*<sup>2</sup>Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi*

*<sup>3</sup>Uslan Arge Merkezi*

## ÖZET

Tekstil sektöründe iplik üretim teknolojilerinin yenilikçi yaklaşımlarla geliştirilmesi, ürün kalitesini ve pazar rekabetçiliğini doğrudan etkilemektedir. Lifler, temel olarak doğal ve sentetik olmak üzere iki ana kategoriye ayrılır. Doğal lifler, bitkisel veya hayvansal kaynaklardan elde edilip çevre dostu ve biyolojik olarak parçalanabilir özelliklere sahiptir. Sentetik lifler ise kimyasal süreçlerle üretilen, dayanıklılığı ve maliyet avantajları ile öne çıkan, petrokimyasal bazlı malzemelerden oluşur. Bu lifler, tekstil teknolojisindeki yeniliklerle birlikte polyester, poliamid, polipropilen ve akrilik gibi çeşitlere ayrılarak yüksek mukavemet, kimyasal direnç ve adaptasyon kabiliyetleri sayesinde geniş bir uygulama yelpazesi sunar. Uslan Arge ve Ulusoy Tekstil Arge Merkezi'nin işbirliğiyle, TÜBİTAK 1707 projesi kapsamında mevcut iplik üretim makinelerinin yeniden tasarlandığı bu çalışmada, triko ve dokuma pazarları için yeni iplik türleri geliştirilmiştir. Bu yenilik, Ulusoy Tekstil'in ev tekstilinden öteye geçmesini sağlayarak, firmanın rekabet gücünü ve ürün çeşitliliğini artırmış, yeni istihdam fırsatları yaratarak sürdürülebilir büyümeye katkı sunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Tekstil, İplik Tasarımı, Makina Tasarımı, Sürdürülebilirlik, Polyolefin, CF iplik

## DEVELOPMENT OF POLYOLEFIN YARN FOR THE KNITWEAR-WEARING SECTOR

### ABSTRACT

The development of yarn production technologies in the textile sector through innovative approaches directly impacts product quality and market competitiveness. Fibers are primarily categorized into natural and synthetic types. Natural fibers, derived from plant or animal sources, are environmentally friendly and biodegradable. In contrast, synthetic fibers are produced through chemical processes and are characterized by their durability and cost-effectiveness, originating from petrochemical-based materials. These fibers, enhanced through advancements in textile technology, include varieties such as polyester, polyamide, polypropylene, and acrylic, offering high strength, chemical resistance, and adaptability, thus serving a broad range of applications. In this study, the collaboration between Uslan Arge and Ulusoy Tekstil Arge Center under the TÜBİTAK 1707 project led to the redesign of existing yarn production machines, resulting in the development of new yarn types for the knitwear and woven markets. This innovation enabled Ulusoy Tekstil to expand beyond home textiles, enhancing the company's competitiveness, diversifying its product range, creating new employment opportunities, and contributing to sustainable growth.

**Keywords:** Textile, Yarn Design, Machine Design, Sustainability, Polyolefin, CF Yarn



# 1.GİRİŞ

Tekstil sektörü, hızla gelişen teknoloji ve değişen tüketici talepleri doğrultusunda sürekli olarak yenilik ve iyileştirmelere ihtiyaç duymaktadır. Bu bağlamda, "Triko-Dokuma Sektörüne Yönelik Poliolefin İplik Geliştirilmesi" başlıklı proje, Uslan AR-GE ve Ulusoy Tekstil işbirliğiyle siparişe dayalı bir AR-GE projesi olarak hayata geçirilmiştir. Proje, triko alanına yönelik yeni bir iplik türü geliştirme ve bu ipliğin üretimini gerçekleştirecek bir makine tasarımını hedeflemektedir. Bu yenilikçi yaklaşım, tekstil sektöründe önemli bir boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır.

Poliolefin ipliklerin geliştirilmesi, özellikle triko-dokuma sektöründe önemli avantajlar sunmaktadır. Poliolefin, düşük yoğunluk, yüksek dayanıklılık ve iyi kimyasal direnç gibi özellikleri ile bilinen bir polimer türüdür. Bu özellikler, poliolefin ipliklerin tekstil ürünlerinde geniş bir kullanım yelpazesi sunulmasını sağlar. Proje kapsamında geliştirilecek olan poliolefin iplik, triko üretiminde kullanılacak olup, mevcut triko ipliklerine kıyasla daha hafif, dayanıklı ve maliyet etkin olması hedeflenmektedir.

Projenin bir diğer önemli bileşeni ise, bu yeni iplik türünün üretimini gerçekleştirecek özel bir makinenin tasarımıdır. Mevcut durumda, halı ve ev tekstili ipliklerinin üretiminde kullanılan makineler, proje kapsamında triko ipliği üretimine adapte edilecektir. Bu adaptasyon süreci, makine tasarımında önemli yenilikler ve iyileştirmeler gerekmektedir. Tasarlanacak yeni makine, poliolefin ipliğin triko sektörüne uygun özelliklerde üretilmesini sağlayacak ve üretim süreçlerinde verimlilik artışı sağlayacaktır.

Tekstil sektörü sahip olduğu üretim kapasitesi ve istihdam olanakları ile ülkemizde büyük önem arz eden bir endüstridir. Bu nedenle hem ulusal hem de uluslararası platformlarda artan rekabet söz konusudur. Ulusoy Tekstil olarak sahip olduğumuz rekabet gücümüzü arttırmak ve katma değeri yüksek ürünler üreterek ülke ekonomisine fayda sağlamak için yeni iplik üretim faaliyetlerine öncelik vermektedir. Bu hedefle üreteceğimiz her yeni iplik türü hem yeni üretim alanları oluşturacak hem de istihdam sahaları geliştirecektir. Bu hedefle üretim gerçekleştirdiğimiz dokuma sektöründe ipliğin hem hafif hem de hacimli olması büyük önem taşımaktadır. Bu ihtiyaç doğrultusunda yüksek performanslı yeni bir iplik tasarımı ve üretimi gerçekleştirmek gerekli hale gelmiştir.

Projenin amacı tekstil sektöründe triko, halı ve ev tekstil gibi pek çok pazara hitap edebilecek dokuma alanında hafif ve hacimli iplik ihtiyacını karşılayacak ürün ortaya çıkarmaktır. Bu doğrultuda eriyikten polyolefin iplik üretimi gerçekleştirilecektir. Proje bütçesinin makul oranlarda kalması adına yeni bir makine ortaya koymak yerine mevcutta kullanılan CF iplik makinelerinin üretime etki eden parçaları yeniden tasarlanacak ve imal edilecektir. Bu parçalar başta eritilme işlemi gerçekleştirildikten sonra mamule iplik şeklini veren düze sisteminin yeniden tasarlanması ile başlayacaktır. Tasarımı gerçekleşen düze sistemi eriği ortası boşluk olacak şekilde akıtacak, eş zamanlı gerçekleşen soğutma sistemi ile iplik ortası boşluklu bir yapı halinde filament olarak düzeden çıkmış olacaktır. Ardından gerçekleşen filamentleri yağlama ve godetlerden geçirerek ısıtma işlemi için yeni bir yağ tankı tasarımı yapılacaktır. Buradan çıkan filamentler puntalanarak sarılacak ve iplik nihai halini alacaktır.

Türkiye'nin iplik ihracatının %50,1'inin gerçekleştirildiği Avrupa Birliği ülkelerine 2021 yılı Ocak-Haziran döneminde ihracat %94,7 artarak 642 milyon dolar değerinde gerçekleşmiştir. 2021 yılı Ocak-Haziran dönemi alt ürün grupları bazında iplik ihracatı incelendiğinde, en önemli alt ürün grubunun 484 milyon dolar ihracat değeri ile sentetik-suni filament liflerden iplikler olduğu gözlemlenmektedir. Bahse konu ürün grubunun toplam iplik ihracatındaki payı %37,8'dir. Ayrıca 2021 yılı Ocak-Haziran ayında sentetik-suni filament liflerden iplik ihracatı %85,4 oranında artmıştır. Bu çağrı kapsamında Ulusoy Tekstil olarak işbirliği içine girdiğimiz Uslan Arge ile yeni bir ürün olarak polyolefin iplik geliştirilecektir. Geliştirilen bu iplik daha hafif ve hacimli sentetik-suni filament liflerden üretilen iplik olma özelliği ile iplik ihracatında en büyük paya sahip olan sentetik-suni filament liflerinden üretilen iplikler içinde büyük avantaja sahip olacaktır. Sahip olduğu bu özellik ile ihracattaki payı pozitif yönde artmaya devam edecektir.

Ulusoy Tekstil ve Uslan Ar-Ge firmaları olarak geliştirilecek makine ve bu makine ile elde edilecek polyolefin iplik tekstil sektöründe yer alan ve polipropilen hammaddesinden üretilen ve belirli pazarlara satışa sunulan diğer iplik kalitelerine oranla daha hafif ve daha hacimli olacaktır. Bu özelliği ile triko ve dokuma sektörü olmak üzere farklı alanlara üretimi gerçekleştirecektir. Ulusoy Tekstil olarak halı, ev tekstili, el örgü ve triko olmak üzere dört farklı pazara üretim yapmakta olup yıllık 3000 tonun üzerinde iplik satışı gerçekleştirmekteyiz. Sadece triko pazarına ise aylık 100 ton satış yapmakta olup geliştireceğimiz yeni polyolefin iplik ile bu satışımızı ve pazar hacmimizi %10-20 oranında artırmayı hedeflemekteyiz. Yeni iplik kalitesi ile geliştireceğimiz ürün skalamız ve pazar ağıımız ile doğru orantılı olarak rekabet gücümüz de artacaktır.

Proje kapsamında tasarımı gerçekleştirilen yeni makine parçaları sayesinde yeni bir polyolefin iplik üretimi gerçekleştirilecektir. Bu iplik pazara sunulan ve ihraç edilen ipliklere göre çok daha hacimli ve hafif olacağından katma değeri yüksek bir ürün olarak firmamıza ve ülke ekonomisine büyük katkı sağlayacaktır. Bu özellikleri göz önüne alındığında öncelikle yeni üretilen polyolefin ipliğin satışa sunulacağı pazar belirlenecektir. Ardından yapılacak "Pazarlama Karması Toplantıları" ile ürünün doğru ve etkili bir şekilde satışının gerçekleştirilmesi için pazarlama ekibimiz ile stratejiler geliştirilecektir. Bu pazar/pazarlardaki müşteriler yeni ürün hakkında bilgilendirilecek ve hazırlanan numune kartelaları sayesinde üretilecek tüm renk seçeneklerini somut bir şekilde görülebilecektir. Ayrıca yeni üretilen polyolefin iplik sunulacağı pazarlarda daha iyi tanınması için ulusal ve uluslararası fuarlarda tanıtılarak müşteri portföyü ve satış ağı genişletmektedir.

Sonuç olarak, "Triko-Dokuma Sektörüne Yönelik Poliölefin İplik Geliştirilmesi" projesi, tekstil sektöründe önemli bir yenilik ve gelişim potansiyeli taşımaktadır. Uslan AR-GE ve Ulusoy Tekstil'in işbirliğiyle yürütülen bu proje, müşteri odaklı AR-GE çalışmalarının önemini ve sektörün ihtiyaçlarına yönelik çözümler sunmanın değerini bir kez daha ortaya koymaktadır. Projenin çıktıları, tekstil sektöründe sürdürülebilir üretim ve inovasyon hedeflerine ulaşmada önemli katkılar sağlayacaktır.

## 2.BİLİMSEL YAZIN TARAMASI

Füzyonla filament üretimi (FFF) yöntemiyle kısa karbon fiber takviyeli polimer kompozitinin işlem-yapı-özellik analizi, bu çalışma, kısa karbon fiber takviyeli Naylon-6 kompozitlerin eritilmiş filament üretimi (FFF) üzerki işlem koşullarının doğal değişkenliklere etkis araştırmakta ve belirsizlik kaynakları ve mikro yapılarında ve Young'ın modülünde olumsuz etkileri nicelendirmektedir. İlk olarak, elaf hacim fraksiyonu, boşluk fraksiyonu ve bunların uzaysal dağılımları mikroyapısal özellikler görüntü tabanlı veri analitiği yoluyla çıkarılır ve ardından varyans analizi ile belirsizlik nitelendirilir. Mikro düzeyden (mikroyapılar) makro düzeye (mekanik özellik) belirsizlik yayılmasını analiz etmek için Monte Carlo örnekleme yöntemi tanıtılır. Elyaf ve boşluk dağılımlarının dikkate alındığı modifiye Halpin-Tsai modeli geliştirilerek Young'ın modülündeki yayılan belirsizliklerin nitelendirilmesi sağlanır; bu daha sonra yavaş hızda gerilme testleri ile doğrulanır. Bu çalışma FFF numunelerinin işlem-yapı-özellik ilişkisini inceledi ve hem mikro hem de makro düzeydeki altta yatan varyonları nitelendirdi.

Sonuçlar, iş koşullarının FFF k karbon fiber takviyeli Naylon-6 kompozitlerin mikro yapısını ve mekanik özelliklerini önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. Önerilen yöntemoloji, işlem koşulları belirsizliklerin malzeme mikroyapısı üzerinden mekanik özellikleri nasıl etkilediğinin kapsamlı bir anlayışını sunmaktadır; bu da FFF imalatının kalite kontrolü için esastır. Bu çalışma, değişkenliğin kaynaklarına sağladığı anlayışla katkıda bulunarak malzeme performansına olan etkilerini ortaya koymalıdır; sonuçta daha güvenilir ve tahmin edilebilir.

Füzyonla biriktirme modelleme (FDM), karmaşık geometrilere sahip fonksiyonel paralar inşa etme yeteneği nedeniyle elyaf takviyeli kompozitlerin imalatı için geleneksel işlemlerinatifi olan umut vadeden bir katmanlı üretim teknolojisi ve bir alternatiftir. Sürekli elyaf takviyeli termoplastik kompozitler (CFRTPC'ler mükemmel mekanik performans, geri dönüşüm ve potansiyel hif yapılar gibi doğuştan avantajları nedeniyle endüstriyel uygulamalarda giderek daha önemli hale gelmektedir. Bununla birlikte, 3 Baskı yapılmış kompozitlerin etkili kullanımını etkileyen önemli bir endişe, konvansiyonel pre-prepreg kompozitler göre yapısal bütünlük üzerindeki darbe

hasarının etkisidir. Bu çalışmanın amacı, FDM tekniği ile üretilen sürekli karbon, cam ve Kevlar® lifleri takviyeli naylon kompozitlerin yapısı üzerinde inşa yönelimi, katman kalınlığı ve lif hacmi içeriğinin darbe performansına etkisini değerlendirmektir. Darbe mukavemetini belirlemek için Charpy darbe testleri yapılır. Kırık yüzeylerin taramalı elektron mikroskop (SEM) görüntüleri farklı konfigürasyonların başarısızlık mekaniğini değerlendirmek içindir.

Naylon örneklerinin katman kalınlığının düzgün ve kenar örnekleri üzerinde darbe performansına etkisinin farklı olduğu gözlemlenmiştir. Katman kalınlığı düzgün örneklerde arttıkça darbe dayanımının arttığı ancak tersine olarak kenar örnekleri azaldığı; daha kırılma sergilediği görülür. Ayrıca sonuçlar çoğu durumda lif hacmi içeriği tıkcı darbe dayanımının arttığını göstermektedir. Cam elyaf takviye edilmiş örnekler en yüksek darbe dayanımını sergilerken karbon elyaf takviye edilmiş örnekler en düşük dayanım sergiler ve naylon performansına benzerdir. Ayrıca kenara yerleştirilmiş takviye numune dümdüz yerleştirilmiş numunelerden daha yüksek değerlere sahiptir.(Pei, 2021)

Dokuma kumaşların desenleri genellikle 2 boyutlu düzlemde geometrik kurallara göre tasarlanır ve üretilir. Fiziksel tabanlı renderlama (PBR), doku etkisini daha da optimize edebilir ve zenginleştirebilir, ancak daha karmaşık 3 boyutlu yapılar için uygulaması sınırlı kalmıştır. Bu çalışma, PBR ve parametrik modelleme kullanarak santimetre ve milimetre seviyesinde 3D yapıya sahip dokuma desenli malzemeler oluşturmak için bir yöntem sunmaktadır. Yöntem, çeşitli dokuma kumaşların yapılarını tasarlayabilmek, kumaş yapısı detaylarını analiz etme ihtiyacını ortadan kaldırmakta ve kumaş tasarımının doğasında bulunan tekrarlı işi dijital alana aktarmaktadır. Tasarım doğrudan farklı uygulamalarda sanal sunumlara yönelik yaygın olarak kullanılan 3D modelleme yazılımlarına uygulanabilir, böylece dokuma kumaş tasarımının verimliliğini artırabilir ve sanal olarak sunulan kumaş materyallerinin sadakatini artırabilir.(Deng,2024)

Fused Deposition Modelling (FDM), karmaşık geometrilere sahip fonksiyonel parçalar üretebilme yeteneği nedeniyle fiber takviyeli kompozitlerin üretiminde umut verici bir katmanlı imalat teknolojisidir. Sürekli elyaf takviyeli termoplastik kompozitler (CFRTPC'ler), mükemmel mekanik performans, geri dönüşüm ve hafif yapı avantajları nedeniyle endüstride giderek daha önemli hale gelmektedir. Ancak, 3D baskı kompozitlerin darbe hasarının yapısal bütünlüğe etkisi büyük bir sorundur.Bu çalışmada, FDM ile üretilen sürekli karbon, cam ve Kevlar® elyaf takviyeli naylon kompozitlerin darbe performansı üzerine üretim yönelimi, katman kalınlığı ve elyaf hacim içeriğinin etkisi değerlendirilmiştir. Charpy darbe testleri yapılmış ve kırılma mekaniği SEM görüntüleriyle incelenmiştir.

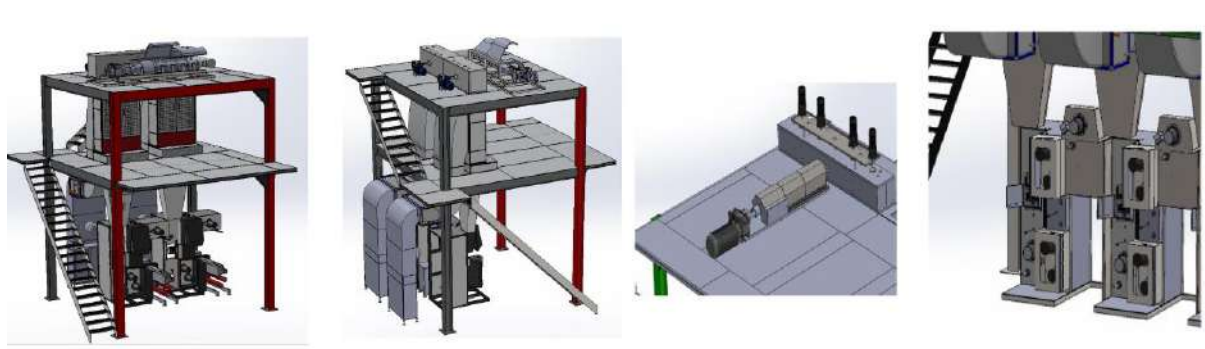
Katman kalınlığının düz ve kenar örnekler için farklı etkileri gözlemlenmiştir: Düz örneklerde katman kalınlığı arttıkça darbe dayanımı artarken, kenar örneklerde darbe dayanımı azalmıştır. Elyaf hacim içeriği arttıkça darbe dayanımı çoğunlukla artmıştır. Cam elyaf takviyeli örnekler en yüksek, karbon elyaf takviyeli örnekler en düşük darbe dayanımını göstermiştir. Kenar takviyeli örnekler, düz takviyeli örneklerden daha yüksek darbe dayanımı sergilemiştir. 3D baskı kompozitlerin darbe dayanımının, genellikle 3D baskı termoplastiklerden ve bazı durumlarda yaygın pre-preg malzemelerden bile daha iyi olduğu belirlenmiştir.Sonuç olarak, FDM ile üretilen sürekli takviyeli kompozitler, gelecekteki gelişim için büyük potansiyele sahip olup, bu alanda daha fazla araştırma yapılması gerektiği vurgulanmıştır (Camineroa, 2018).

Son 50 yılda polyolefin polimerler ve tekstiller, birçok günlük uygulamada doğal ve diğer yapay liflerin yerini almıştır. 2007 yılında, yenilikçi tekstil geliştirmelerinde tercih edilen polimerik tekstiller olarak kabul edilmiştir. Avrupa Tekstil Polyolefinleri Birliği (EATP), polyolefin tekstilleri dayanıklı, renk solmaz, kimyasal olarak dirençli, ekonomik ve çevre dostu olarak tanımlar. 1954'te Giulio Natta tarafından keşfedilen polipropilen, çeşitli günlük ve endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır.Bu bölümde, polyolefin türleri, alkenlerin kimyası ve bu polimerlerin fiziksel özellikleri üzerindeki etkisi tartışılmaktadır. Ticari olarak önemli polyolefin lifleri olan polipropilen ve polietilenin yapıları, gelişimleri ve kullanımları incelenmiştir. Polyolefin lifleri, polimerin yapısı, lif işleme teknolojisi veya tekstil malzemesinin uygulaması açısından sınıflandırılmıştır. Gelecek eğilimler ve ek okuma kaynakları da ele alınmıştır.2009 yılı, polyolefin liflerinin 50. yıl dönümü olarak önemli bir dönüm noktasıdır. Polyolefin liflerinin çoğu izotaktik polipropilen, yüksek yoğunluklu polietilen ve ultra yüksek moleküler ağırlıklı polietilenden oluşur. Polipropilen lifleri, dünya lif üretiminin %6'sını oluşturmaktadır. Son yıllarda polimerler, katkı

maddeleri ve lif üretim teknolojisi alanında önemli gelişmeler yaşanmış ve bu gelişmeler polietilen ve polipropilen liflerinin avantajlarını artırmıştır. Polyolefin liflerle ilgili dezavantajlar, uygun katkı paketleri ile aşılmaktadır ve lif performansındaki iyileştirmeler gelecekte de devam edecektir. Teknolojik tedarik zinciri, polimer bilimcileri, tekstil mühendisleri ve tasarımcılar arasında işbirliği gerektirecektir (Crangle, 2017).

### 3.MATERYAL METOD

Bu çalışmada, USLAN CF16 tipi Polipropilen CF iplik üretim makinesinin triko-kumaş dokuma sektöründe kullanılabilir hale getirilmesi amaçlanmaktadır. Bu hedefe ulaşmak için öncelikle mevcut ekipmanın incelenmesi ve mevcut teknolojinin durumunun değerlendirilmesi planlanmıştır. Ardından, makinenin potansiyel iyileştirmeleri ve modifikasyonları üzerine detaylı bir analiz yapılarak ve yeni üretim süreçleri geliştirilmiştir. Bu süreçte, endüstri standartlarına uygunluğun sağlanması ve kalite kontrol prosedürlerinin oluşturulması da önemli bir adımdır. Son olarak, bu iyileştirme sürecinin ekonomik etkileri değerlendirilecek ve uygun maliyetli üretim stratejileri belirlenmiştir. Hedeflenen üretim hattı için öncelikle Şekil 1’de gösterildiği gibi yeni makinenin 3D çizimi yapılmıştır.



Şekil 1. Revizyon çalışması sonrası hedeflenen prototip makine tasarımı

Bu doğrultuda polyolefin iplik üretiminde kullanılacak olan ham maddelerin kalitesi önemlidir. Bu nedenle, mevcut piyasa koşulları ve müşteri talepleri dikkate alınarak en uygun ham maddeler belirlenmiştir.

Mevcut üretim sisteminin yerini alacak yeni bir tasarım oluşturulmuş ve gerekli revizyonlar yapılmıştır. Mekanik donanımına ait yeni modellemeler gerçekleştirilmiştir, parça tasarımları yeniden ele alınarak daha sağlam, dayanıklı ve optimize edilmiş bir yapı elde edilmeye çalışılmıştır.

Polyolefin iplik üretiminin en önemli parçası olan "düze"ler üzerinde değişiklikler yapılması planlanmıştır. Düzelerin tasarımında yapısal iyileştirmeler gerçekleştirilerek parametreleri kontrol alan bir yapı elde edilmesi hedeflenmiştir.

İpliğe ısı vermek için kullanılan yağ tankının tasarımında da yenilikler yapılması planlanarak yağ tankının kapasitesi artırılmış otomasyonuyla entegre hale getirilerek daha verimli bir ısınma sağlanmıştır.

Üretimin istenen şekilde gerçekleştirilebilmesi için otomasyon sistemi üzerinde de iyileştirmeler yapılması gerekmektedir. Üretimin her aşamasını kontrol altında tutmak için sensör sistemleri kullanılıp bu sensörlerden gelen bilgiler doğrultusunda sürekli olarak ayarlama yapabilen bir otomasyon sistemi geliştirilmelidir.

Makineyi oluşturan parçalar imal edildikten sonra kontroller olmalıdır. Bu kontroller doğrultusunda malzemenin uygunluğu test edilmeli, dayanıklılık, güvenlik kriterleri göz önünde durulmalıdır.

Bu doğrultuda üretim tesisimizde Şekil 2’de gösterildiği gibi iki pozisyonlu bir yağ tankı, pompa sehpası, dört adet pompa tahrik motoru ve redüktöründe yeni tasarım ile revizyon işlemleri yapılmıştır. Yağ tankı, dayanıklılığı artırmak amacıyla çelik konstrüksiyon kaynaklı gövde olarak

tasarlanmıştır. Bu tank, on cm kalınlığında taş yünü izolasyon malzemesiyle kaplanarak termal verimlilik sağlanmakta ve son olarak krom sac ile dış kaplaması yapılmaktadır. Bu yapı, hem iş g¼venliđi hem de enerji verimliliği açısından y¼ksek standartları karşılaması hedeflemektedir.



Şekil 2. İki pozisyonlu yağ tankı, pompa sehpaı, dört adet pompa tahrik motoru ve red¼kt¼r¼



Şekil 3. Ekstruderin yağ tankına bağlanması ve kızgın yağ devirdaim pompası



Şekil 4. D¼ze paketi ve d¼zeler



Şekil 5. Yeni tip d¼ze



Şekil 6. Punta godeti



Şekil 7.Çekim ünitesi

Mevcut sistemde, Polipropilen (PP) malzemesi, termoplastik bir polimerdir ve genellikle plastik üretiminde kullanılır. PP'nin üretimi genellikle ekstrüzyon yöntemiyle gerçekleştirilir.

PP üretimi, PP reçinesinin granül getirilmesiyle başlar. Bu reçineler daha sonra eritme işlemine tabi tutulur ve homojen bir karışım elde edilir. Bu aşama termo kompaksiyon olarak adlandırılır ve çeşitli katkı maddeleri (örneğin stabilizatörler, renklendiriciler) ile birlikte yapılır.

Eritilen karışım daha sonra ekstruder adı verilen bir makinede işlenir. Ekstruder karışıma yüksek basınç uygulanırken aynı zamanda ısıtma işlemi de gerçekleştirilir. Isıtma sıcaklığı, PP'nin akıcılığını artırarak kolay şekillendirilebilmesini sağlar.

Ekstruderden çıkan eriyik karışım daha sonra özel şekillendirme kalıplarının içinden geçerken soğutulur ve bağıl nem oranına göre ayarlanmış bant sistemi üzerinde ilerler. Polipropilen filamentler bu aşamada oluşur.

Filamentler son olarak sarıcı makinelerine aktarılır ve istenen uzunlukta kesilerek bobinlere sarılırlar. Bu bobinler daha sonra kullanılacak olan ürün için uygun boyutta kesilebilir veya diğer işlemler için hazır hale getirilebilir.

PP'nin detaylı analizi için faktörler arasında polimer miktarları, katkı maddelerinin oranları, proses parametreleri gibi etmenleri de dikkate almak gerekir ancak temel süreç yukarıda açıklanan adımlardan oluşmaktadır.

Revizyon çalışmaları kapsamında öncelikle eğirme kafası üzerinde değişiklikler yapılacaktır. Yağ tankı ve spi beam gibi bileşenler yenilenecektir. Ayrıca polimer metraj pompalarının ve pompa tahrik sistemlerinin değiştirilmesi planlanmaktadır. Düz paketleri ve düzelerin de revize edilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte finiş yağlama sistemi, ön germe godet sistemi, duo godet kutuları, puntalama ünitesi ve punta godeti ile monomer emiş sisteminin değiştirilmesi düşünülmektedir.

Revizyon sürecinde mevcut sistemde kullanılan sekiz çıkışlı polimer pompalar yerine her pozisyonda dört çıkışlı toplamda dört adet pompa kullanılması planlanmaktadır. Bu sayede iki kademeli sekiz çıkışlı pompa sisteminden kaynaklanan kısıtlamalar aşılarak daha hassas denye kontrolü sağlanabilecek. Ayrıca öngerme godeti de güçlendirmek amacıyla daha dayanıklı olan 200x200 mm boyutunda bir godet sistemiyle değiştirilecektir.

Revizyon çalışmaları kapsamında öncelikle eğirme kafası üzerinde değişiklikler yapılacaktır. Yağ tankı ve spi beam gibi bileşenler yenilenecektir. Ayrıca polimer metraj pompalarının ve pompa tahrik sistemlerinin değiştirilmesi planlanmaktadır.



Şekil 8. Pompa tahrik sistemi

Revizyon sürecinde mevcut sistemde kullanılan sekiz çıkışlı polimer pompalar yerine her pozisyonda dört çıkışlı toplamda dört adet pompa kullanılması planlanmaktadır. Bu sayede iki kademeli sekiz çıkışlı pompa sisteminden kaynaklanan kısıtlamalar aşılarak daha hassas denye kontrolü sağlanabilecek.



Şekil 9. Mevcut düze yapısı

Ayrıca öngerme godeti de güçlendirmek amacıyla daha dayanıklı olan 200x200 mm boyutunda bir godet sistemiyle değiştirilecektir.

Bu tadilatların sonucunda makinenin elektrik panosu, inverterleri ve yazılımları da yenilenerek revize edilen sistemlere uyumlu bir kontrol sistemi oluşturulacaktır.

Proje kapsamında tasarlanan makine ile geliştirilen ipliklerin üretim aşamasındaki performans testleri yürütülerek optimum üretim parametreleri belirlendi. Yüksek filament sayılarına sahip polipropilen iplikler daha yumuşak ve hacimli görünüm kazandırılmak amacıyla ikinci kademe BCF iplik tekstüre makinası kullanılarak üretildi ve aynı aşamada farklı renklere sahip iplikler bir arada tekstüre edilerek karışımli melanj ve hacimli iplikler oluşturuldu. Bu iplikler özel amaçlı büküm makinaları yardımıyla bukle iplik formuna dönüştürüldü. Bukle formuna dönüştürülen iplikler sektörel denemeleri yapıldı. 144 filament polyolefin iplik için yağ testi sonucu 1.67, shrink testi sonucu ise 2.26 çıkmış olup mukavemet testi Şekil'10 gösterilmiştir. 160 filament polyolefin iplik için yağ testi sonucu 2.20, shrink testi sonucu ise 3.84 çıkmış olup mukavemet testi Şekil'11 gösterilmiştir.

No	Kuvvet (cN)	Uzama (%)	Sq̄lm (cN/dtex)	Sq̄lm (cN/tex)	Sq̄lm (RKM)	CV (%)
1.Bobin	2662.760	32.030	2.400	23.990	24.462	0.29
2.Bobin	2331.263	27.677	2.097	21.003	21.839	11.93
3.Bobin	2603.450	32.135	2.345	23.455	23.917	0.33
4.Bobin	2730.540	32.587	2.457	24.597	25.084	1.11
<b>Ortalama</b>	<b>2610.210</b>	<b>31.503</b>	<b>2.350</b>	<b>23.516</b>	<b>24.077</b>	<b>3.42</b>
CV (%)	5.759	5.923	5.776	5.758	5.300	-----
Std Sapma	150.328	1.866	0.136	1.354	1.276	-----
Minimum	2123.260	23.410	1.910	19.130	19.890	-----
Maximum	2765.440	34.210	2.490	24.910	25.405	-----

Şekil 10. 144 filament polyolefin iplik mukavemet test sonuçları

No	Kuvvet (cN)	Uzama (%)	Sq̄lm (cN/dtex)	Sq̄lm (cN/tex)	Sq̄lm (RKM)	CV (%)
1.Bobin	1532.760	29.437	4.603	46.030	46.936	11.45
2.Bobin	1535.080	28.117	4.610	46.097	47.934	5.10
3.Bobin	1564.033	30.320	4.697	46.967	47.894	1.32
4.Bobin	1510.713	25.900	4.537	45.367	46.261	1.40
5.Bobin	1516.550	29.413	4.553	45.543	46.440	4.07
6.Bobin	1572.210	29.750	4.723	47.217	48.144	3.37
7.Bobin	1572.223	28.847	4.723	47.217	48.145	0.38
8.Bobin	1521.663	29.867	4.570	45.693	46.597	2.17
<b>Ortalama</b>	<b>1538.596</b>	<b>29.142</b>	<b>4.621</b>	<b>46.205</b>	<b>47.241</b>	<b>3.66</b>
CV (%)	3.086	6.351	3.110	3.086	3.150	-----
Std Sapma	47.488	1.851	0.144	1.426	1.488	-----
Minimum	1395.980	22.620	4.190	41.920	42.748	-----
Maximum	1730.600	31.210	5.200	51.970	52.995	-----

Şekil 11. 160 filament polyolefin iplik mukavemet test sonuçları

#### 4.SONUÇLAR

Proje kapsamında, poliolefin ipliklerin triko-dokuma sektörüne entegrasyonu başarıyla tamamlanmıştır. Mevcut halı ve ev tekstili ipliklerinin üretiminde kullanılan makineler, poliolefin iplikler için yeniden tasarlanıp optimize edilmiştir. Bu iyileştirmeler sayesinde, poliolefin iplikler istenen kalite ve özelliklerde üretilmiştir. Proje sonucunda elde edilen poliolefin iplikler, triko üretiminde test edilmiş ve mevcut triko ipliklerinden üstün performans göstermiştir.

Triko ve dokuma sektöründe yüksek iplik tüketimi kapasitesi bulunmakta olup, prototip makinenin hazırlanması ve AR-GE faaliyetleri sonucunda hedeflenen ipliklerin geliştirilmesi durumunda, iplik satışına hemen başlanacaktır. Proje, bu durumda ticarileşmiş olacaktır. Geliştirilecek ipliğin hedeflenen fiyat ve maliyeti göz önüne alındığında, 70 cent/kg kar sağlanması beklenmektedir. Günlük 2000 kg üretim hedefiyle, 2000 USD/gün kazanç elde edilebileceği öngörülmektedir. Proje kapsamında 280.000 USD harcanması planlanmakta ve bu bütçenin bir yıl içinde geri sağlanması öngörülmektedir.

Özel olarak tasarlanmış ve prototipi üretilmiş triko ipliği üretim makinesi, poliolefin ipliklerin yüksek verimlilik ve kaliteyle üretilmesini sağlamak amacıyla optimize edilmiştir. Yeni iplik, hafiflik,



dayanıklılık ve maliyet etkinliği gibi avantajlarıyla dikkat çekmektedir. Bu iplik türü, sektörde geniş bir kullanım alanı bulabilecek özelliklere sahiptir.

Yeni makine ve iplik sayesinde üretim süreçlerinde önemli verimlilik artışları sağlanmış; üretim süresi kısalmış, maliyetler düşmüş ve ürün kalitesi artmıştır. Poliolefin ipliklerin triko üretimindeki testleri başarıyla tamamlanmış ve ürünlerin sektördeki standartları karşıladığı onaylanmıştır. Proje, triko-dokuma sektöründe faaliyet gösteren firmalara rekabet avantajı sağlamaktadır. Poliolefin ipliklerin üstün özellikleri, firmaların daha kaliteli ve dayanıklı ürünler üretmesini olanaklı kılmaktadır.

Bu proje, tekstil sektöründe yeniliği teşvik etmekte ve yeni teknolojilerin entegrasyonuna örnek olmaktadır. Poliolefin ipliklerin triko-dokuma sektöründe benimsenmesi, firmaların ürün yelpazelerini genişletmelerine ve yeni pazarlara açılmalarına olanak tanımaktadır. Sonuç olarak, "Triko-Dokuma Sektörüne Yönelik Poliolefin İplik Geliştirilmesi" projesi, sektörde önemli yenilikler ve faydalar sağlayarak hem üreticilere hem de tüketicilere çeşitli avantajlar sunmaktadır. Uslan AR-GE ve Ulusoy Tekstil'in işbirliğiyle gerçekleştirilen bu proje, sürdürülebilir ve rekabetçi üretim hedeflerine ulaşmada önemli bir adım teşkil etmektedir.

## **Teşekkür**

Bu çalışma Ulusoy Tekstil San. ve Tic. A.Ş. ve Tic. A.Ş. Ar-Ge merkezin ve USLAN Ar-Ge teşekkür ederiz.

## **Çıkar Çatışması**

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

## **Yazarın Katkıları**

Çalışma kapsamında tüm yazarlar aynı ölçüde katkı sağlamıştır.

## **KAYNAKLAR**

*Camínero, M. A., Chacón, J. M., García-Moreno, I., & Rodríguez, G. P. (2018). Impact damage resistance of 3D printed continuous fibre reinforced thermoplastic composites using fused deposition modelling. Composites Part B: Engineering, 148, 93-103.*

*Crangle, A. (2017). Types of polyolefin fibres. In Polyolefin Fibres: Structure, Properties and Industrial Applications (2nd ed., pp. 3-32). The Textile Institute Book Series.*

*Deng, W., Ke, W., Deng, Z., & Wang, X. (2024). Virtual design of woven fabrics based on parametric modeling and physically based rendering. Computer-Aided Design, 173, 103717.*

*Ouederni, M. (2015). Polyolefins in textiles and nonwovens. In Springer Series on Polymer and Composite Materials (pp. 231-245).*

*Pei, S., Wang, K., Chen, C. B., Li, J., Li, Y., Zeng, D., Su, X., & Yang, H. (2021). Process-structure-property analysis of short carbon fiber reinforced polymer composite via fused filament fabrication. Journal of Manufacturing Processes, 64, 544-556.*

# TÜKETİCİ ÖNCESİ ATIKLARDAN İLERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ KUMAŞ ÇANTA TASARIMI

Seda KIZIL<sup>1</sup>, Tuğçe EREN<sup>1</sup>, Seda KARAARSLAN<sup>1</sup>, Kübra YILDIRIM<sup>1</sup>, Banu NERGİS<sup>2</sup>

<sup>1</sup>E-mail: [tasarim@cetinkaya.com.tr](mailto:tasarim@cetinkaya.com.tr); Çetinkaya Tasarım Departmanı, İstanbul/Türkiye.

<sup>2</sup>E-mail: [uygunf@itu.edu.tr](mailto:uygunf@itu.edu.tr); İstanbul Teknik Üniversitesi, Tekstil Teknolojileri ve Tasarımı Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, İstanbul/ Türkiye.

## ÖZET

Yürütülen çalışmada, atığın değerlendirilmesi yöntemlerinden birisi olan ileri dönüşüm yaklaşımı ile gömlek üretim fireleri değerlendirilerek farklı amaçlarla kullanılabilir kumaş çanta tasarımları gerçekleştirilmiştir. Ayrıca söz konusu çantaların üretimi için gerekli olan bir iş modeli tasarlanmış, kadın kooperatifleri/birlikleri ile iş birliği yapılmak suretiyle, üretimin bulunduğu yöredeki çalışan kadınlara da ekonomik destek sağlanması amaçlanmıştır. Tasarımda kullanılacak kumaş, iplik içerikleri ve dikiş yöntemi, kullanım ömrü tamamlandığında ürünü mekanik geri dönüşüme girebilir kılacak şekilde seçilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İleri dönüşüm, tekstil, atık, çanta

## UPCYCLED BAG DESIGN FROM PRE-CONSUMER TEXTILE WASTE

### ABSTRACT

In the conducted study, using the upcycling approach, which is one of the methods of utilizing waste, shirt production waste was evaluated and multi-purpose fabric bag designs were created. In addition to that, a business model required for the production of the bags in question was designed, and it was aimed to provide economic support to working women in the region where the production is located, through cooperation with women's cooperatives/unions. The fabric, thread content and sewing method to be used in the bag designs were selected to make the product mechanically recyclable at the end of its life.

**Keywords:** Upcycle, textile, waste, bag

### 1.GİRİŞ

Moda endüstrisinin üretim ve tüketim hacmi, küresel ekonominin hayati bir sektörünü oluşturmaktadır. Dünyanın gayri safi yurtiçi hasılasının (GSYİH) %2'sinden fazlası moda endüstrisinin elindedir. Tasarım, üretim ve tüketim kaynaklı çevresel tekstil kirliliği bugün insan kaynaklı yaşanan en büyük çevresel felaketlerin başında gelmektedir. Dünya genelinde moda endüstrisi yılda 92 milyon tondan fazla tekstil atığı üretmekte ve bu hususta ABD 17 milyon tonla ilk sırada yer almaktadır. 2020'de 1,5 trilyon dolar olan moda endüstrisinin küresel trend değerinin 2025'e dek yaklaşık 2,25 trilyon dolara çıkacağı tahmin edilmektedir (Papamichael ve ark., 2022).

Tekstil atıkları, tekstil ve hazır giyim üretim sanayii ile tüketicilerden kaynaklanmakta olup, Tekstil Geri Dönüşüm Konseyi'ne (Council for Textile Recycling) göre tekstil geri dönüşüm malzemeleri tüketici öncesi ve tüketici sonrası atıklar olmak üzere iki grupta sınıflandırılmaktadır. Tüketici öncesi tekstil atıkları; lif, iplik, kumaş, teknik tekstil, dokusuz yüzey, hazır giyim ve ayakkabı üretimleri sırasında ortaya çıkan atıklardır. Hizmet süresini tamamlamasının ardından atılan tekstil malzemeleri ise tüketici sonrası tekstil atıklarıdır (Burçin ve ark., 2016). Tüketim öncesi atıklar sıklıkla;

1. Tekstil numunelerinden kalan parça kumaş atıkları, 2. Hazır giyim üretiminden kalan top başı-top sonu kumaş atıkları, 3. Kesim atığı kumaşlar, 4. Numune üretiminden kalan parça kumaşlar, 5. Kusurlu

kumaş atıkları, 6. Üretim esnasında açığa çıkan hatalı dikimler sonucunda elde kalan kumaş atıkları, 7. Pastal kesiminde oluşan kırpıntı kumaş atıklarıdır.

Bitmiş bir giyside kullanılmamış kumaş parçaları kumaş kesim atığı (cut-and-sew waste) (fire) olarak nitelendirilmektedir. Ana kalıp parçalarının pastal planına yerleşimi ile kalıp parçaları arasında oluşan boşluklar, kesim atıklarının oluşumuna neden olmaktadır. Giysi tasarımı, kalıp tasarımı, serileme ve pastal planı gibi hazırlık süreçleri kumaş kesim atığı oluşumunda etkindir. Bir giysinin tasarım sürecinde kalıp model uygulamaları sonucunda kalıp parçalarında değişik formlar oluşturmasının yanı sıra, pastal planının hazırlık aşamasında, giysi beden varyasyonları ve adetleri, pastal planı, tercih edilen kumaşın eni ve deseni gibi faktörlerin yansira pastal planını yerleştiren teknikerin becerisi ya da kullanılan CAD sisteminin otomatik yerleştirme uygulaması da atık miktarını doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir (Enes, 2021). Bu atıklar işlenerek tekrar iplik veya elyaf haline dönüştürülebilmektedir. Ancak sektördeki geri dönüşüm uygulamaları memnun edici seviyede değildir.

Konfeksiyon üretimi sırasında ortaya çıkan farklı içerikte kumaş atıkları toplam hammaddenin %15 ile %30'u arasında değişmekte olup, bunlar tekrar değerlendirilmedikleri takdirde atık olarak gömülme veya yakılmaktadırlar. Kesim atığı kumaşların giysi tasarım süreçlerinde kullanımına yönelik uygulamalar, sürdürülebilir moda uygulamalarında yer alan stratejilerin yöntem ve teknikleriyle benzerlik göstermektedir. Bu atıklar çoğunlukla kesim işleminde ve dikiş sürecinde ortaya çıkan atıklar olduğu için sürdürülebilir tekstil uygulamaları temelinde düşünmek mümkündür (Enes, 2021; Türemen ve ark., 2021).

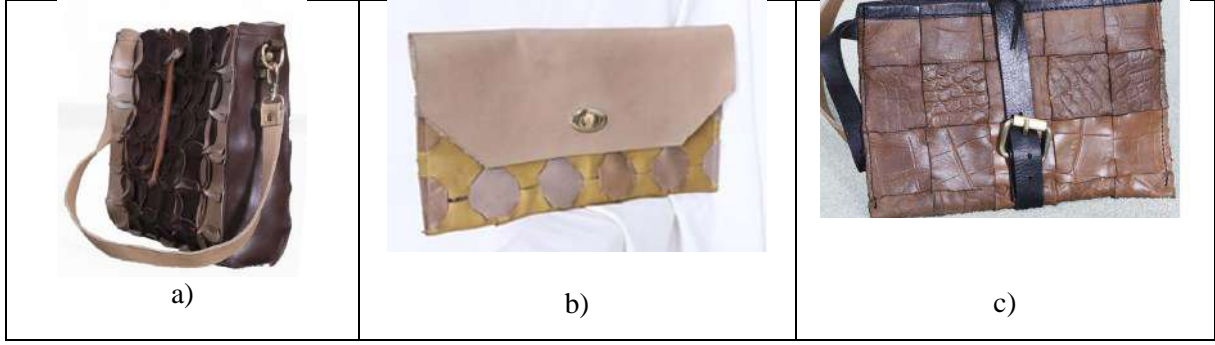
Ürün, malzeme ve kaynakların değerinin ekonomide olabildiği kadar uzun tutulduğu ve atık miktarının en düşük olduğu bir ekonomik yaklaşım döngüsel ekonomi aşığıdaki üç temel ilkeye dayanmaktadır:

- Kirliliği ve israfı önlemek,
- Malzemeleri ve ürünleri kullanımda tutmak,
- Doğal sistemlerin yeniden oluşturulmasını sağlamak

Döngüsel ekonomik sistemi tanımlamak kullanılmakta olan “R” stratejileri, azaltma (reducing), yeniden kullanmayı (reusing), geri dönüştürme (recycling), geri kazanım (recovering), yeniden düşünme (rethinking), yenileme (refurbish), düzenleme (regulation), tamir etme (repair), başka amaca uygun hale getirme (repurpose) gibi kavramları içermektedir.

Sürdürülebilirlikte başlıca hedef sıfır atık olmakla beraber, mümkün olmadığı durumlarda etkin ve verimli bir atık yönetimi veya atığın değerlendirilmesi yöntemlerinden birisi olan ileri dönüşüm (upcycling), malzemenin tasarım yoluyla değerinin korunması ya da daha yüksek değer kazanmasını sağlayan faaliyetleri içermektedir. İleri dönüşüm ile atıl ve atık durumda bir malzeme/ürün tekrar tasarlanarak hem bir değer kazanmakta; hem de yeniden kullanıma sokularak geri kazanılmaktadır (Yıldırım, 2017). İleri dönüşüm ve atık değerlendirmenin öneminden yola çıkılarak hazırlanan bazı çalışmalar tekstil atıklarından çanta tasarımı üzerine odaklanmıştır.

Hailu (2021), kesim aşamasında ortaya çıkan atık deri parçalarını kullanarak ileri dönüşümlü çantalar geliştirmiştir. Yapılan çanta tasarımlarından biri; günlük aktiviteler için kullanılabilir şekilde tasarlanmıştır. Orta büyüklükteki el çantası, telefon, not defteri, cüzdan ve diğer aksesuarlar gibi günlük malzemeleri taşıyabilecek büyüklüktedir. Bir diğeri, zarf şeklinde portföy çanta olup, cep telefonu ve kredi kartları gibi küçük eşyaları taşıyabilecek şekilde tasarlanmıştır. Üçüncü tasarım da modüler olarak tasarlanmış, gündelik kullanıma hitap eden ileri dönüştürülmüş bir bilek çantasıdır. Çanta; daha küçük günlük öğeleri tutan kompakt bir tasarıma sahiptir.



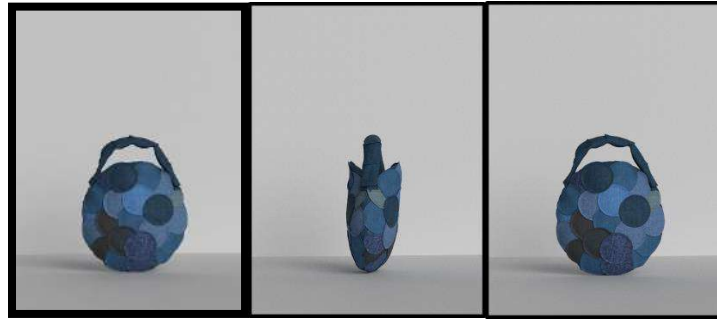
Şekil 1. Deri atıklarından a) El çantası, b) Portföy c) Bilek çantası

Bir diğer bir çalışmada Park (2017), atık derilerin toplanması, tür, renk ve ebatlarına göre sınıflandırılması sonrasında diğer tasarımlarının yanı sıra bir adet mini çanta ile bozuk para cüzdanı tasarımı gerçekleştirmiştir.



Şekil 2. Deri atıklarından a) Mini çanta, b) Bozuk para cüzdanı

Nergis ve ark. (2022), bir hazır giyim perakende firmasında tekstil kalite kontrol süreçlerinden elde edilen kesilmiş denim test numunelerinin, plastik olanlar yerine kullanılabilir olacak alışveriş çantalarına dönüştürülmesine yönelik bir tasarım stratejisi geliştirmişlerdir (Şekil 3).



Şekil 3. Kesilmiş Denim Test Numunelerinden İleri Dönüştürülmüş Denim Alışveriş Çantası

Yürütülmüş olan bu çalışmada gömlek üretiminde ortaya çıkan kesim atıklarının değerlendirilmesi ile ilgili olarak belirlenen ileri dönüşüm (upcycle) yaklaşımı ile çok amaçlı bez çantalar tasarlanarak üretilmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

Çalışmanın yürütüldüğü firmanın yaklaşık 2,5 milyon/yıl adeti bulan gömlek üretimi tasarımlarında, büyük miktarlarda pastal başı-pastal sonu, kalıp artığı, dokuma kenarı atığı gibi farklı biçim ve boyutlarda parçalar ortaya çıkmaktadır. Söz konusu çalışmada, ileri dönüşümle değerlendirilerek çok amaçlı kumaş çanta tasarımı için bu parçalar kullanılmıştır. Parçalar %100 pamuk içeriğe sahiptir.

### 2.2. Metot

Dört kademededen oluşan çalışma adımlarının ilki, firmanın gömlek üretimi esnasında ortaya çıkan kumaş kesim firesi (cut-and-sew waste) oranlarının incelenmesi olmuş, gömlek kesimi ve dikimi esnasında doğabilecek fire oranını; modele, kumaşın cinsine, düz, çizgili veya ekoseli olmasına göre %10 ile %15 arasında değişiklik göstermekte olduğu, bazı durumlarda %19'a dek çıkabildiği görülmüştür. İkinci aşamada kalıp artığı ile dokuma kenarı artığı gibi farklı biçim ve boyutlarda parçalar tasnif edilmiş, kumaş kenarı atığı olan şerit formundaki kumaşlar kasnak formundaki bir düzeneğe ayaklı ve/veya yatay olacak şekilde örgü desenine göre geçirilerek, el dokuması yaklaşımıyla çanta yüzeyleri oluşturulmuştur. Çantaların içi pastal planına yerleşim esnasında kalıp parçaları arasında oluşan kesim atıkları kullanılarak astarlanmıştır. Son olarak, söz konusu çantaların üretimi için gerekli olan iş modeli kurgulanmış, kadın kooperatifleri/birlikleri ile iş birliği yapılarak, burada çalışan kadınlara da ekonomik destek sağlanması amaçlanmıştır. Tasarımda kullanılacak kumaş, iplik içerikleri ve dikiş yöntemi, kullanım ömrü tamamlandığında ürünü mekanik geri dönüşüme girebilir kılacak şekilde seçilmiştir.

## 3. SONUÇLAR

Gömlek üretim firesinden çanta tasarımı esnasında kullanılan malzemelere örnek görseller Şekil 4'de yer almaktadır.



Şekil 4. Gömlek kumaşı firesinden çanta tasarımı

Yapılan çanta tasarımlarının ilki; günlük kullanım amacına yönelik olarak tasarlanmış olup, çantanın ağız kısmı genişliği, yan paylar da dahil olmak üzere, yarıda 50 cm, alt kısmı yan paylar dahil olmak üzere yarıda 42 cm'dir. Ön ortadan uzunluğu, alt pay dahil olmak üzere, 40 cm olan çantanın askı boyu yarıda 38 cm'dir. 653 gram ağırlığındaki çok amaçlı çanta (Şekil 5), telefon, not defteri, cüzdan ve diğer aksesuarlar gibi günlük malzemeleri taşıyabilecek bir tasarıma sahiptir. Günlük kullanım amacının yanı sıra, alışveriş ve plaj çantası olarak da kullanılabilir nitelikte olan çantanın ağız kısmında kapatma bulunmamaktadır.



**Şekil 5.** Gömlek kumaşı firesinden çanta tasarımı-1

İkinci çanta tasarımı (Şekil 6); parti, düğün, vs gibi organizasyonlarda kullanılabilir bir abiye bir çanta olup sapı, yine atık aksesuar malzemesi olan zincirden yapılmıştır. Kapak açıldığında çanta ağız genişliği yarıda 24 cm, kapak açıkken yan yükseklik 19 cm., çanta alt kısmı genişliği yarıda 23,5 cm'dir. Metal çanta sapı yarıda 40 cm'dir. Çıt çıt ile kapanmakta olan kapak kapalıyken ön orta boy 19 cm, sapı dahil çanta ağırlığı 126 gramdır.



**Şekil 6.** Gömlek kumaşı firesinden çanta tasarımı-2

Üçüncü çanta tasarımı (Şekil 7); günlük cep telefonu, küçük cüzdan konulabilecek pratik bir kullanıma uygundur. Kapak açıldığında çanta ağız genişliği ile alt kısmı genişliği yarıda 15,5 cm'dir. Velcro bant ile kapanan kapak açıkken çantanın yan yüksekliği 21 cm., kapalıyken ön orta boy 21,5 cm'dir., Çanta sapı yarıda 44 cm., ağırlığı 112 gramdır.



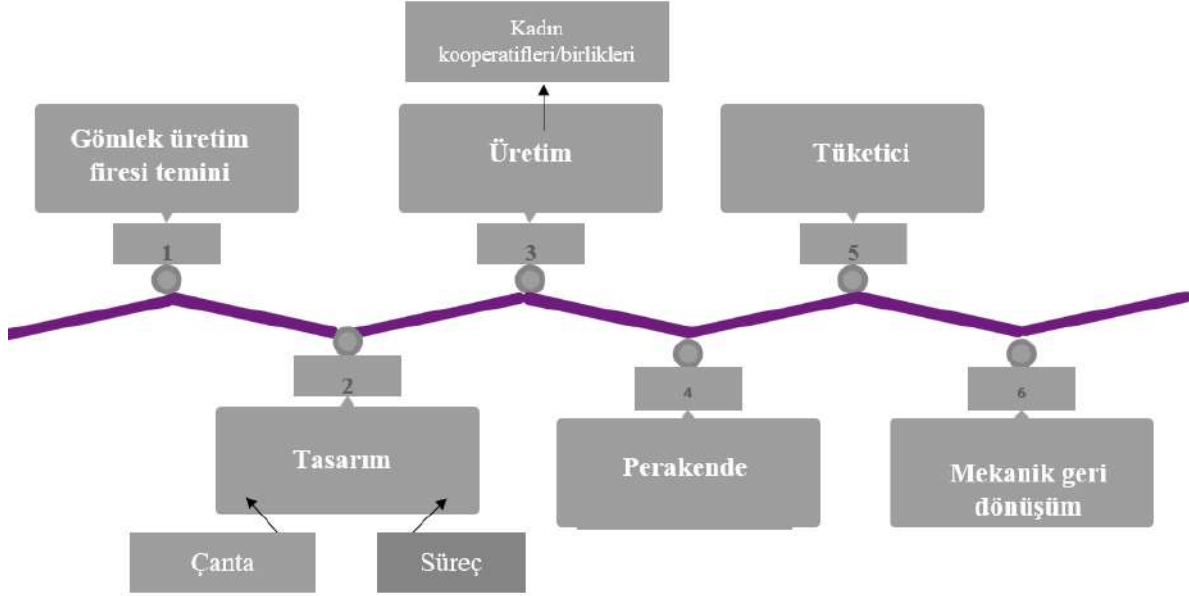
**Şekil 7.** Gömlek kumaşı firesinden çanta tasarımı-3

Dördüncü çanta tasarımı (Şekil 8), günlük kullanıma uygun postacı çantası formunda, spor giyim aksesuarı olarak kullanıma uygundur. Kapak açıldığında çanta ağız genişliği yarıda 33 cm., kapak açıkken yan yükseklik 21 cm., kapalıyken ön orta boy 25 cm., çanta alt kısmı genişliği yarıda 33 cm'dir. Çanta sapı yarıda 44 cm.'dir. Ağırlığı 264 gram olan çantanın kapak kapanışı için ilave malzeme kullanılmamış, çanta fiyonk ve püsküllerle süslenmiştir.



**Şekil 8.** Gömlek kumaşı firesinden çanta tasarımı-4

Gömlek üretim firesinden farklı çanta tasarım örneklerinin ortaya konulmasının ardından son olarak, bir ileri dönüşüm iş modeli geliştirilmesine de odaklanılmış ve bu amaçla Şekil 9'da yer alan model önerilmiştir. Firmanın üretiminin bulunduğu bölgedeki kadın kooperatifleri/birlikleri ile irtibata geçilerek kadın istihdamının desteklenmesi, ortak bir ileri dönüşüm iş modeli çerçevesinde önerilen çanta tasarımlarının çeşitlendirilerek üretilmesinin sağlanması planlanmaktadır.



Şekil 9. Gömlek kumaşı firesinden çanta tasarımı iş modeli önerisi

#### 4. TARTIŞMA

Tekstil ve hazır giyim endüstrisinde gerek üretim esnasında, gerekse üretim fazlasıyla ortaya çıkan katı atık sorunu, özellikle çevre kirliliği açısından ciddi bir gündem oluşturmaktadır. Atık oluşumunun en aza indirgenmesinde sürdürülebilirlik kapsamında geri dönüşüm, ileri dönüşüm gibi kavramlar sıklıkla giderek anlam kazanmakta, ileri dönüşüm yaklaşımı tekstil üretimi döngüsünün kapanması için gerekli bir adım olarak öne çıkmaktadır. Gelecek nesillere daha temiz bir dünya bırakabilmek adına hızlı tüketim oranı düşürülmeli, sürdürülebilir alanlara yönelmeli ve yeni ürünler üretmek, satın almak yerine ileri dönüşümlü ürünler kullanılmalıdır. İleri dönüşüm iş modelinde tüketicilerin atıkları çöp olarak değerlendirmemesi ve ileri dönüştürülerek tasarlanmış ürünlere ödeme yapmayı benimsemesi önemlidir, bunun için toplumun bilinçlendirilmesi ve bilgilendirilmesi gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında gömlek üretim firesi kullanılarak tasarlanmış olan çantalar, çok amaçlı kullanıma imkan verecek alternatifler olup, benzer çalışmalara konu tasarımlardan en önemli farkı, tamamen gömlek üretimi esnasında ortaya çıkmış olan atıkların değerlendirilmiş olması, aksesuar kullanılan modellerdeki malzemelerin de ileri dönüşüm yaklaşımı ile seçilmiş olmasıdır. Ayrıca, çantaların üretimi için gerekli olan bir iş modelinin tasarlanması, kadın kooperatifleri/birlikleri ile iş birliği yapılmak suretiyle, üretimin bulunduğu yöredeki çalışan kadınlara ekonomik destek sağlanacak olması da çalışmanın farklı yönünü ortaya koymaktadır.

#### 5.KAYNAKLAR

Burçin, E. S. E. R., Çelik, P., Ahmet, Ç. A. Y., & Akgümüş, D. (2016). *Tekstil Ve Konfeksiyon Sektöründe Sürdürülebilirlik Ve Geri Dönüşüm Olanakları*. *Tekstil ve Mühendis*, 23(101), 43-60.

Enes, E. (2021). *Sfır Atık Moda Tasarımı ve Yapboz, Mozaik ve Çıkarma Kesim Yöntemlerinin İncelenmesi*. *STAR Sanat ve Tasarım Araştırmaları Dergisi*, 2(2), 116-128.

Erol, Ş. *Düşük Kaliteli ve Kesim Atığı Derilerden İleri Dönüşüm Giysi Tasarımı Önerileri*. *Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(2), 82-103.



Hailu, Y., (2021) *Application of Modular Design in Upcycling Solid Leather Waste: A Sustainable Development Approach from Ethiopia*, *Fashion Practice*, 13:3, 376-390, DOI: 10.1080/17569370.2021.1974195, <https://doi.org/10.1080/17569370.2021.1974195>

Nergis B, Candan C, Çikot N, Ayık B, Çöl M. (2022). *An Upcycling Design Model for Pre-Consumer Denim Waste*. 3rd International Congress of Innovative Textiles-ICONTEX 2022, 18-19 MAYIS 2022 Türkiye

Papamichael, I., Chatziparaskeva, G., Pedreño, J. N., Voukkali, I., Candel, M. B. A., & Zorpas, A. A. (2022). *Building a new mind set in tomorrow fashion development through circular strategy models in the framework of waste management*. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 36, 100638

Park, Y.S., (2017). *A Study on the Design of Accessories through the Concept of Reincarnation*, *Journal of Fashion Business*, Vol.21, No.6, ISSN 1229-3350(Print), ISSN 2288-1867(Online), <https://doi.org/10.12940/jfb.2017.21.6.77>

Türemen, M., Demir, A., & Özdoğan, E. *Tekstil endüstrisi için geri dönüşüm ve önemi Recycling and importance for textile industry.*, Patnaik, S., & Tshifularo, C. A. (2021). *Management of wastes in garment manufacturing*. In *Waste management in the fashion and textile industries* (pp. 83-97). Woodhead Publishing.

Yıldırım, L. (2017). *Geri dönüşüm/ileri dönüşüm/tekrar kullanım kapsamında ikinci el giysiler ve sürdürülebilirlik*. *Art-e Sanat Dergisi*, 10(20), 484-503

*UÇTEK 2026'da  
tekrar  
Adana'da  
buluşmak dileğiyle...*



*Çukurova Üniversitesi  
Tekstil Mühendisliği Bölümü*