



FIBER &  
POLYMER  
RESEARCH INSTITUTE



İTÜ



8

## ULUSLARARASI LİF VE POLİMER ARAŞTIRMALARI SEMPOZYUMU

INTERNATIONAL FIBER AND POLYMER RESEARCH SYMPOSIUM

Savunma Sanayinde Lif ve Polimer Araştırmaları  
Fiber and Polymer Research in Defense Industry

18 - 19 Haziran 2021  
June

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

ESOGÜ Kongre ve Kültür Merkezi  
ESOGU Convention and Cultural Center

[www.uludag.edu.tr/ulpas](http://www.uludag.edu.tr/ulpas)



Image credit: www.tusas.com



Image credit: www.tusas.com

## BİLDİRİ KİTAPÇIĞI BOOK OF PROCEEDINGS

Chemical structure of Aramid



T.C. CUMHURBAŞKANLIĞI  
SAVUNMA SANAYİİ BAŞKANLIĞI

TÜRK HAVACILIK  
UZAY SANAYİİ

aselsan



HAVELSAN

roketan



boren

*Bu kitabın baskı versiyonu bildirilerin tam metinlerini içermektedir. E-kitaba [www.uludag.edu.tr/ulpas](http://www.uludag.edu.tr/ulpas) adresinden ulaşılabilir.*

*This printed book contains the full texts of the papers presented at the symposium. The pdf version of the Book of Proceedings can be downloaded from the website [www.uludag.edu.tr/ulpas](http://www.uludag.edu.tr/ulpas).*

Haziran 2021

**Editörler**

Prof. Dr. Yusuf ULCA Y

Prof. Dr. Ali DEMİR

Prof. Dr. Kenan YILDIRIM

Doç. Dr. Hüseyin AVCI

Doç. Dr. Ali KILIÇ

Dr. Öğretim Üyesi Şule SELÇUK

Merve Nur SAĞIRLI

Uluslararası Lif ve Polimer Araştırmaları Sempozyumu (6: 2021: Eskişehir/On-line)

8. Uluslararası Lif ve Polimer Araştırmaları Sempozyumu: 18 – 19 Haziran 2021 / editörler

Yusuf Ulcay, Ali Demir, Kenan Yıldırım ... [ve başkaları]

1. Tekstil lifleri-Türkiye-Kongreler 2. Polimerler-Türkiye-Kongreler

**Bilim Komitesi / Scientific Committee**

- Prof. Dr.Dr.jur.h.c. Kemal ŞENOCAK, LL.M, Rector, Eskişehir Osmangazi University  
Prof. Dr. Yusuf ULCAI, Bursa Uludag University  
Prof. Dr. Ali DEMİR, Istanbul Technical University  
Prof. Dr. Rifat EDİZKAN, Vice Rector, Eskişehir Osmangazi University  
Assoc. Prof. Dr. Hüseyin AVCI, Eskişehir Osmangazi University  
Prof. Dr. Kenan YILDIRIM, Bursa Technical University  
Prof. Dr. Ayşe ÇELİK BEDELOĞLU, Bursa Technical University  
Prof. Dr. Mustafa Erdem ÜREYEN, Eskişehir Technical University  
Prof. Dr. Ömer Berk BERKALP, Istanbul Technical University  
Prof. Dr. Vural BÜTÜN, Eskişehir Osmangazi University  
Prof. Dr. Melih Cemal KUŞHAN, Eskişehir Osmangazi University  
Prof. Dr. Mehmet SOMER, Koc University  
Prof. Dr. Levent ÖNAL, Tekirdağ Namık Kemal University  
Prof. Dr. İsmail TİYEK, Kahramanmaraş Sütçü İmam Univeristy  
Prof. Dr. Cem GÜNEŞOĞLU, Gaziantep University  
Prof. Dr. Mustafa ÖKSÜZ, Yalova University  
Prof. Dr. Yıldırım TURHAN, Pamukkale University  
Prof. Dr. Ali ÖZSEVİNÇ, Tokat Gaziosmanpaşa University  
Prof. Dr. Behnam POURDEYHIMI, NCSU, USA  
Prof. Dr. Mohammad JAWAID, UPM, Malaysia  
Prof. Dr. Osman BABAARSLAN, Çukurova University  
Prof. Dr. Hasan Basri KOÇER, Bursa Technical University  
Prof. Dr. Mehmet KANIK, Bursa Uludag University  
Prof. Dr. Kenan Ceven, Bursa Uludag University  
Prof. Dr. Esra KARACA, Bursa Uludag University  
Prof.Dr.Ramazan Erenler, Tokat Gaziosmanpasa University  
Assoc. Prof. Dr. Ali KILIÇ, Istanbul Technical University  
Assoc. Prof. Dr. Selim GÜRGEN, Eskişehir Osmangazi University  
Assoc. Prof. Dr. Ayla EKER SARIBOYACI, Eskişehir Osmangazi University  
Assoc. Prof. Dr. Ali AKPEK, Gebze Technical University  
Assoc. Prof. Dr. Tarık ARAFAT, Bangladesh University of Engineering and Technology  
Assist. Prof. Dr. Şule SELÇUK, Istanbul Technical University  
Assist. Prof. Dr. Tamer HAMOUDA, National Science Foundation, Egypt  
Assist. Prof. Dr. Ahmed HASSANIN, Egypt Japan University, Egypt  
Assist. Prof. Dr. Abdelrahman ABDELGAWAD, NCSU, USA  
Assist. Prof. Dr. Onur UYSAL, Eskişehir Osmangazi University  
Assist. Prof. Dr. Şahin COŞKUN, Eskişehir Osmangazi University  
Assist. Prof. Dr. Bedri BAKSAN, Eskişehir Osmangazi University  
Assist. Prof. Dr. Hamed GHORBANPOOR, Eskişehir Osmangazi University  
Assist. Prof. Dr. Çiğdem TAŞDELEN YÜCEDAĞ, Gebze Technical University  
Assist. Prof. Dr. Yasin AKGÜL, Karabük University  
Dr. Mohammad MANSOOB KHAN, Universiti Brunei Darussalam  
Dr. Yasin ALTIN, Bursa Technical University  
Dr. İsmail BORAZAN, Bartın University  
Dr. Fatma DEMIRCI, Bursa Technical University  
Dr. Fatmanur PARIN, Bursa Technical University  
Dr. Mehmet ÇALIŞIR, Rize Recep Tayyip Erdoğan Unversity  
Pınar TAŞDELEN ENGIN, Polyteks-Bursa  
Seda ÜNAL, Polyteks-Bursa  
Dr. Merve Özkutlu DEMİREL, TAI/TUSAŞ  
Dr. Yahya ÖZ, TAI/TUSAŞ

## **Organizasyon Komitesi / Organization Committee**

Prof. Dr. Yusuf ULÇAY, Bursa Uludağ University  
Prof. Dr. Ali DEMİR, Istanbul Technical University  
Assoc. Prof. Dr. Hüseyin AVCI, Eskişehir Osman Gazi University  
Prof. Dr. Kenan YILDIRIM, Bursa Technical University  
Prof. Dr. Ayşe ÇELİK BEDELOĞLU, Bursa Technical University  
Prof. Dr. Behnam POURDEYHIMI, NCSU, USA  
Prof. Dr. Mustafa Erdem Üreyen, Eskişehir Technical University  
Assoc. Prof. Dr. Ali KILIÇ, Istanbul Technical University  
Assist. Prof. Dr. Şule SELÇUK, Istanbul Technical University  
Assist. Prof. Dr. Tamer HAMOUDA, National Science Foundation, Egypt  
Assist. Prof. Dr. Ahmed HASSANIN, Egypt Japan University, Egypt  
Assist. Prof. Dr. Abdelrahman ABDELGAWAD, NCSU, USA  
Assist. Prof. Dr. Yasin AKGÜL, Karabük University  
Assist. Prof. Dr. Çiğdem TAŞDELEN YÜCEDAĞ, Gebze Technical University  
Dr. Yasin ALTIN, Bursa Technical University  
Dr. İsmail BORAZAN, Bartın University  
Dr. Mehmet ÇALIŞIR, Rize Recep Tayyip Erdoğan University  
Dr. Fatma DEMIRCI, Bursa Technical University  
Rumeysa TURAL ÇELEN, Bursa Uludağ University  
Gizem MANASOĞLU, Bursa Uludağ University  
Nazlı ARMAN, Bursa Uludağ University  
Ahmet AYDIN, Bursa Technical University  
Fatmanur PARIN, Bursa Technical University  
Büşra ATEŞ, Bursa Technical University  
Recep İLHAN, Bursa Technical University  
Ayten Nur YÜKSEL, Bursa Technical University  
Ali TOPTAŞ, Karabük University  
Ömer Fırat TURŞUCULAR, Bursa Uludağ University  
Merve Nur SAĞIRLI, İTÜ TEMAG Lab.  
Melike GÜNGÖR, İTÜ TEMAG Lab.  
Ömer Faruk ÜNSAL, Bursa Technical University  
Dr. Merve Özkutlu Demirel, TAI/TUSAŞ  
Dr. Yahya Öz, TAI/TUSAŞ

## **A WARM WELCOME TO 8<sup>TH</sup> ULPAS**

First of all, we would like to thank all academicians and researchers who attend and make their contributions the 8<sup>th</sup> ULPAS. We also wish to extend a warm welcome to fellow academicians from the various countries. We realize that you are fully dedicated yourselves to the sessions that will follow up.

We noticed that studies will be presented in the following sessions are principally devoted to enhance the development and use of the polymers and fibrous materials in different end-use fields besides their usage in pure textiles and clothing. These symposia enable to build a scientific and productive dialogue between members, academicians and industry people from different countries.

The sector is aware of the trend in international markets towards increasing demand for healthier and more environmentally-friendly products and tries to adapt itself to these developments by legal and technical regulations. Nevertheless, it is hard to keep its competitive position in the world market full of emerging players. Thus, manufacturers have shifted their operations to value-added products and creation of brand names.

Turkey, with its adaptability to European standards and regulations concerning environment, health, quality, and safety, is aiming to move into the production of more and more value-added products, into an era in which the Turkish industry will gain fame for its distinguished trademarks.

The sectors, related to fiber and polymer, in Turkey are aware that they have to produce high value-added products in order to overcome cost factors. Also, international markets increasingly demand for healthier and more environmentally friendly products. Therefore, the sectors must adapt themselves to these developments by legal and technical regulations. However, it is obvious that it is very difficult to keep the sectors in competitive position in the world market full of emerging players without a strategic plan and essential R&D.

In fact, R&D can be declared as the engine of growth in a country. Therefore, we as Fiber and Polymer Research Institute, established the symposium as a technical platform for fiber and polymer sector players.

Symposiums organized by Fiber and Polymer Research Institute have the following objectives:

- Raise awareness of R&D among scholars and enterprises in the field of fiber and polymer in order to meet necessary international competitiveness.
- Provide technical training to staff of the related industry during symposiums and produce high quality trainees who will be successful in the mills by defining and solving problems in their field.
- Create a medium to exchange of information among its members and help the companies in the sector to use their human resources and equipment efficiently.
- Continually improve our educational program by inviting area experts to our expert group and improve the visibility of Fiber and Polymer Research Institute.

Fiber and Polymer Research Institute will support technical staff of the sector with sufficient breadth in both fundamental and specialized related topics to ensure them to meet the current and future needs of sector.

This symposium is focused on “Fiber and Polymer Research in Defense Industry” with associated bio-defense topics.

## **PATH FOR A GLOBAL COLLABORATION**

Today’s academic studies are multidisciplinary and the world that changes rapidly calls for a close partnership between countries. Globalization presents many challenges to us and as such we should cooperate with the aim of achieving mutual benefits. We hope this conference will highlight possible avenues for cooperation between countries, companies and academicians and also come up with beneficial, cutting-edge resolutions, which can positively impact the fiber and polymer industries of related countries.

To sum up, we wish to express my gratitude to all attendees for their full cooperation and contribution to Fiber and Polymer Research Institute. We take this opportunity to thank the organizing committee and the Rector of Eskişehir Osmangazi University for organizing the symposium and for providing the facilities.

Our special and sincere thanks go to the supporting defense industry institutions, Presidency of The Republic of Turkey, Presidency of Defense Industries (SSB), Turkish Aerospace Industries (TAI/TUSAŞ), Aselsan, TEI, Havelsan, Roketsan, Boren, Mechanical and Chemical Industry Corporation (MKE). This symposium has been a real R&D meeting point for the Turkish Industrial Research and Development Centers. We are extremely grateful for this and we extend our warm thanks to all participating R&D Centers. We would also like to express my gratitude to the Fiber and Polymer Research Institute Secretariat for their diligence.

On behalf of the Fiber and Polymer Research Institute

Prof. Dr. Yusuf ULCAY

Prof. Dr. Ali DEMİR

Assoc. Prof. Dr. Hüseyin AVCI

## 8. ULPAS'A HOŞ GELDİNİZ

Öncelikle 8. ULPAS'a katılan ve katkılarını sağlayan tüm akademisyen ve araştırmacılara teşekkür ederiz. Ayrıca çeşitli ülkelerden akademisyen dostlarımıza da en içten bir hoş geldiniz demek istiyoruz. Takip eden oturumlara yaptığınız önemli katkıların farkındayız.

İzleyen oturumlarda sunulacak çalışmaların esas olarak polimerlerin ve lifli malzemelerin tekstil ve giyimde kullanımlarının yanı sıra savunma ve havacılık başta olmak üzere farklı son kullanım alanlarında gelişimini ve kullanımını arttırdığı kuşkusuzdur. Bu sempozyum ile farklı ülkelerden üyeler, akademisyenler ve endüstri çalışanları arasında bilimsel ve verimli bir diyalog kurulması sağlanmıştır.

Sektör, uluslararası pazarlarda daha sağlıklı ve daha çevreci ürünlere olan talebin artması yönündeki eğilimin farkında olup, yasal ve teknik düzenlemelerle bu gelişmelere uyum sağlamaya çalışmaktadır. Bununla birlikte, dünya pazarındaki rekabetçi konumun korunmasındaki zorluk üreticilerin faaliyetlerini katma değerli ve marka ürünleri üretmeye itmektedir.

Türkiye, çevre, sağlık, kalite ve güvenlik ile ilgili Avrupa standartlarına ve yönetmeliklerine uyumluluğuyla, Türk sanayisinin seçkin sektörleri ile ün kazanacağı bir döneme giderek daha fazla ticari marka ve katma değerli ürünler ile devam etmektedir.

Türkiye'de lif ve polimer ile ilgili sektörler, maliyet faktörlerini aşmak için katma değeri yüksek ürünler üretmeleri gerektiğinin bilincindedir. Ayrıca, uluslararası pazarlar daha sağlıklı ve daha çevre dostu ürünler için giderek daha fazla talep görüyor. Bu nedenle sektörlerin yasal ve teknik düzenlemelerle bu gelişmelere uyum sağlaması gerekmektedir. Ancak stratejik bir plan ve gerekli Ar-Ge olmadan dünya pazarında sektörleri yeni gelişen oyuncularla dolu rekabetçi konumda tutmanın çok zor olduğu aşikardır.

Aslında Ar-Ge, bir ülkede büyümenin lokomotifi olarak bilinmektedir. Bu nedenle Lif ve Polimer Araştırma Enstitüsü olarak sempozyumu lif ve polimer sektör oyuncularını için teknik bir platform olarak kurduk.

Lif ve Polimer Araştırma Enstitüsü tarafından düzenlenen sempozyumların hedefleri şu şekildedir:

- Gerekli uluslararası rekabet gücünü karşılamak için lif ve polimer alanında akademisyenler ve işletmeler arasında Ar-Ge farkındalığını artırmak.
- Sempozyumlarda ilgili sektör personeline teknik eğitim vermek ve kendi alanındaki sorunları tanımlayarak ve çözerek işletmelerde başarılı olacak kaliteli çalışan yetiştirmek.
- Üyelerimiz arasında bilgi alışverişi için bir ortam oluşturmak ve sektördeki firmaların insan kaynaklarını ve ekipmanlarını verimli kullanmalarına yardımcı olmak.
- Alan uzmanlarını grubumuza davet ederek Lif ve Polimer Araştırma Enstitüsünün görünürlüğünü artırarak eğitim programımızı sürekli iyileştirmek.

Lif ve Polimer Araştırma Enstitüsü, sektörün mevcut ve gelecekteki ihtiyaçların karşılanması için hem temel hem de spesifik konularda yeterli bilgiye sahip teknik personelleri destekleyecektir.

Bu sempozyum, "Savunma Sanayinde Fiber ve Polimer Araştırmaları" ile birlikte COVID-19 salgını ile önem kazanan biyo-savunma konularına odaklanmıştır.

## KÜRESEL İŞ BİRLİĞİNE GİDEN YOL

Günümüzün akademik çalışmaları çok disiplinli olup hızla değişen dünya ile ülkeler arasında yakın bir ortaklığı gerektirmektedir. Küreselleşme bizlere pek çok zorluk getirmekte ve bu nedenle karşılıklı fayda sağlamak amacıyla iş birliği yapmamızın önemi ortaya çıkmaktadır. Bu konferansın ülkeler, şirketler ve akademisyenler arasındaki olası iş birliği yollarını vurgulamasını ve aynı zamanda ilgili ülkelerin lif ve polimer endüstrilerini olumlu yönde etkileyebilecek yararlı, son teknoloji çözümler üretmesini umuyoruz.

Özetle, tüm katılımcılara Lif ve Polimer Araştırma Enstitüsü ile tam iş birliği ve katkılarından dolayı şükranlarımızı sunarız. Bu vesileyle, bu sempozyumu düzenleyen ve gerekli yardımları sağlayan Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Rektörlüğüne ve organizasyon komitesine teşekkür ederiz.

Desteklerinden dolayı savunma sanayi kuruluşları T.C. Cumhurbaşkanlığı, Savunma Sanayi Başkanlığı (SSB), Türk Havacılık ve Uzay Sanayi (TAI/TUSAŞ), Aselsan, TEI, Havelsan, Roketsan, Boren,



Makina Kimya Endüstrisi Kurumlarına (MKE) içten teşekkürlerimizi sunarız. Bu sempozyum, Türkiye'deki endüstriyel araştırma ve geliştirme merkezleri için gerçek bir Ar-Ge buluşma noktası olmuştur. Bunun için son derece minnettarız ve katılan tüm Ar-Ge merkezlerine içten teşekkürlerimizi sunarız. Ayrıca Lif ve Polimer Araştırma Enstitüsü Sekreteryasına da gayretlerinden dolayı şükranlarımızı sunmak isteriz.

Lif ve Polimer Araştırma Enstitüsü adına

Prof. Dr. Yusuf ULCAY

Prof. Dr. Ali DEMİR

Doç. Dr. Hüseyin AVCI

## İÇİNDEKİLER

### Chapter 1

<i>Defense and Aviation</i> .....	1
<b>Materials and Design of Soft Body Armour</b>	
<i>Abhijit Majumdar</i> .....	2
<b>Uçak Kompozit Yapılarında Termografik Analiz ile Tahribatsız Muayene</b>	
<i>EROĞLU, Ersin, DİLTEMİZ, Seyid Fehmi, KUŞHAN, Melih Cemal, GÜRGEN, Selim</i> .....	3
<b>Investigation of Spacer Fabric as Vibration Reduction Material in Rocket Avionic Systems by Using Finite Element Method</b>	
<i>ÖZ, Mehmet Emre, YILDIRIM, Yunus Emre, ERYIMAZ, Oğuz</i> .....	6
<b>Farklı Arazi Koşulları için Termal Kamuflej Geliştirilmesi</b>	
<i>SERGİN, Evren, KARAKAYA, Serhat, KARAKAYA SEÇİM, Pelin</i> .....	10
<b>Optimization of Various Mechanical Properties of Designed and Produced Cord Yarns According to MIL - 5040 (NATO) Standards for Paratrooper Elite Commandos of T.S.K Air Forces</b>	
<i>TURŞUCULAR. Ömer Fırat, TEMESGEN, Alhayat Getu, ULCAY, Yusuf</i> .....	14
<b>Savunma Araçlarındaki Dış Trim Malzemelerinin Parlaklık (Gloss) Özellikleri</b>	
<i>YILDIRIM, Fatma Filiz, SEZER HİÇYILMAZ, Ayşe, OGAN, Nejdet, YILDIRIM, Kenan</i> .....	20
<b>Industrial Scale Production of Ceramic materials important for Defense Industry</b>	
<i>M.S. Somer, S. Acar, K. Kiraz, Ö. Balcı</i> .....	27
<b>ARAMID Fabrics Used as Ballistic Plate for Army</b>	
<i>KUSHAN, Melih Cemal, GURGEN, Selim, SOFUOGLU, Mehmet Alper</i> .....	28
<b>Surface Modification of Silica Aerogel Blankets Using Trimethylsilyl Chloride (TMCS) as Silanization Agent</b>	
<i>TAV, Abdullah, ÖZ, Yahya, AKYILDIZ, Halil İ.</i> .....	34
<b>Soğuk İklim Şartlarına Uygun Çok Katmanlı Giysi Sistemlerinin Geliştirilmesi</b>	
<i>KEMANECİ ÖZTÜRK, Sinem, VAROL, Utku, BOYACI, Bekir</i> .....	36
<b>Thermoforming process parameter optimization of thermoplastic PEKK/CF and PSS</b>	
<i>COBANOGLU Merve, ECE Remzi Ecmel, OZTURK Fahrettin</i> .....	39
<b>Epoksi Reçine Sisteminde Amonyumpolifosfat (APP) ve Alüminyumtiritrihidroksit'in (ATH) Sinerjistik Alev Geciktirici Etkisi</b>	
<i>KUBİLAY Zeynep, SEVİM A., Mert</i> .....	40

## Chapter 2

<i>Medical Applications</i> .....	41
<b>Story of Favicovir Our First Domestic Medicine for the Treatment of Covid-19</b> <i>GUZEL, Mustafa</i> .....	42
<b>Genetic Code, Bioinformatics and Biosecurity</b> <i>KARABEKMEZ, Muhammed Erkan</i> .....	43
<b>Örme Kumaştan Antibakteriyel Maske Üretimi Üzerine Bir Araştırma</b> <i>AYATA KONUKOĞLU, Seval, BATÇIK, Cansu, ÇATAK, Ersen, AÇIKGÖZ TUFAN, Hatice, ŞAHİN, Umut Kıvanç</i> .....	44
<b>Lamium Galeobdolon Özütüyle Enkapsüle Gümüş/PLGA Nanofiberden Antibakteriyel Sütür Üretimi ve Karakterizasyonu</b> <i>KORKMAZ, Edanur GÜNEŞ, Cansu AVCI, Ahmet</i> .....	47
<b>Assessment of the bacteriostatic effect of boric acidcontaining polyurethane electrospun mat</b> <i>PAKOLPAKÇIL, Ayben</i> .....	51
<b>Investigation of Mesenchymal cells in the Microfluidic Cell Culture Device</b> <i>ÖZEL, Ceren, KOÇ, Yücel, TOPAL, Ahmet Emin, EBRAHİMİ, Aliakbar, ŞENGEL, Tayfun, GHORBANPOOR, Hamed, DOĞAN GUZEL, Fatma, UYSAL, Onur, EKER SARIBOYACI, Ayla, AVCI, Huseyin</i> .....	53
<b>İlaç Salınımı için Elektro-eğirme Yöntemi ile Siprofloksasin Yüklü PLA Nanofiber Üretimi ve Karakterizasyonu</b> <i>GÜNEŞ, Cansu, GİLİK, Çisem, AVCI, Ahmet</i> .....	55
<b>Lif Takviyeli Yapay Damarlarda Uzama Sertleşmesinin Numerik Analizi</b> <i>YILMAZ, Galip</i> .....	56
<b>Yeşil Sentezlenmiş Gümüş Nanopartikül katkılı PLGA Nanofiberlerin Elektro-eğirme Yöntemiyle Üretimi ve Karakterizasyonu</b> <i>GİLİK, Çisem, GÜNEŞ, Cansu, AVCI, Ahmet</i> .....	60
<b>Cost Effective Alginate Blend and Its Antibiotic Release Properties: Wound Healing Approaches</b> <i>ÖZEL, Ceren, ŞENGEL, Tayfun, EKER SARIBOYACI, Ayla, UYSAL Onur, ÖZKURT, Mete, AVCI, Huseyin</i> .....	61
<b>Zerdeçal Ekstraktlı Gümüş Nanopartiküllü PLGA Elektrospun Nanofiber Yara Örtüsü Üretimi ve Karakterizasyonu</b> <i>ÖKTEMER Fatma Ahsen, GÜNEŞ Cansu, AVCI Ahmet</i> .....	63

<b>Production of pHEMA Based Cryogel/Nanofibers Hybrid Biomaterials</b> <i>KANMAZ, Dilayda, OSMAN, Bilgen, KARACA, Esra</i> .....	65
<b>Biosecurity Graduate Education</b> <i>YILANCIOĞLU, Kaan</i> .....	70
<b>The Importance of Antibody-Based Applications in Biodefense</b> <i>AKÇAEL, Esin</i> .....	71
<b>Reusability of Respiratory Masks after UV-C Light Disinfection and Design of UV-C Sterilizer Cabinet</b> <i>Zeynep Dikmen, Gökhan Dikmen, Nur Paksoy, Vural Bütün</i> .....	72
<b>Glokom Tedavisinde Kullanılmak Üzere Bimatoprost İlacı Yüklü PVA Nanolifli Yüzey Üretimi</b> <i>ALTUNTUĞ CESUR, Merve İlkay, KARACA, Esra, OSMAN, Bilgen</i> .....	76
<b>Bor içerikli bileşiklerin %100 PES kumaş üzerindeki antibakteriyel etkisi</b> <i>TURGUT, Halil İbrahim, GÜRLER, Hale</i> .....	79
<b>Kimyasal Yöntem ile Farklı Molekül Ağırlıklarında Kitosan Üretimi ve Hidrojel Sentezinde Kullanımı</b> <i>KAÇOĞLU, Hanife Songül, ÇELEBİ, Mithat</i> .....	81
<b>Mikroekstrüzyon Yöntemi ile Yapay Deri Dokusu Biyofabrikasyonu ve Kimyasal Toksikite Çalışmalarının Gerçekleştirilerek Sonuçların Doğal Deri Dokusu ile Kıyaslanması</b> <i>ÖZDEMİR, Züleyha, YÜNCÜ, N. Şule, YEŞİLTAŞ, Gözde, ÖZTÜRK, Ayça Bal, AKPEK, Ali</i> .....	84
<b>Synthesis and characterization of PDEA microgel containing P(DMA/AA) amphoteric hydrogels</b> <i>MAIHAN Robina, DIKMEN Zeynep, YARLIGAN UYSAL Selma, BÜTÜN Vural</i> .....	87
<b>Physical investigation of polyester hernia mesh with different construction</b> <i>AYDIN, Samet, ONUKTAV, Ozan, KADER, Melike Oya, YOZGATLI, Elif Pınar, BOYACI, Bekir</i> ....	92
<b>Hidroksiapatit Tozu (HAp) Katkılı Polilaktik-asit Filamentler ile 3 Boyutlu (3B) Yazıcıda Üretilen Kompozit Malzemelerin Mekanik ve Morfolojik Özelliklerinin İncelenmesi</b> <i>YERLİ Hatice Kübra, ÇAVA Kutay, ASLAN Mustafa</i> .....	96
<b>Developing and Characterization of Non-woven Surfaces for Wound Healing Applications</b> <i>PARIN, Fatma Nur, YILDIRIM, Kenan, TANER, Gökçe, KILDALI, Elife</i> .....	97

<b>Fabric Masks for Community Use against COVID-19</b> <i>ÜREYEN Mustafa Erdem, ZARİF Nuran, KAYNAK Elif</i> .....	100
<b>Chapter 3</b> <i>Energy Applications</i> .....	101
<b>Textile/Metal-organic frameworks composites for sustainable energy and environmental applications</b> <i>HASANZADEH, Mahdi</i> .....	102
<b>Tekstil Tabanlı Yaklaşım Sensörünün Geliştirilmesi</b> <i>SELVİ, Habibe Gülben, DEVECİ, Umut, YILDIRIM, Murat, ALİSOY, Hafız</i> .....	103
<b>Fotokatalitik Özelliğe Sahip Katma Değeri Yükseltmiş Corduroy, Burn-Out Ve Bronzing Kumaş Geliştirilmesi</b> <i>GÖMEÇ, Ramazan, TUNA Hasan, İNCE Ufuk, DURUKAN Erkam, SEÇKİN Bülent, AYGÜN Mehmet Ali, UZLU, Hüseyin</i> .....	106
<b>Poliester-Poli(3,4-etilendioksitiyofen) İletken Sensör Kumaş Yapılarının Geliştirilmesi</b> <i>KORKMAZ, Mert Can, BAĞCI, Hidayet, GÖL, Beytullah, ÇETİNER, Suat</i> .....	110
<b>Elektrokardiyografi Ölçüm Yeteneğine Sahip Kumaş Elektrot ve Akıllı Giysi Tasarımı</b> <i>GÖL, Beytullah, KORKMAZ, Mert Can, BAĞCI, Hidayet, YASIM, Alptekin, OKUMUŞ, İbrahim Taner, GÜNEŞ, Mahit, ÇOT, Timuçin, ÇETİNER, Suat</i> .....	111
<b>Effects of Bleaching, Dyeing, Printing, and Laundering on Electrical Resistance of Conductive Lines in Electrotexile Knitting</b> <i>KÖROĞLU YATIKÇI, Tuğçe, KÜÇÜK, Canan, KARALI, Recep</i> .....	112
<b>Embedded Optical Fiber Sensors in 3D Woven Preform for Structural Health Monitoring System</b> <i>HAMOUDA, Tamer PETER, Kara SEYAM, Abdel-Fattah. Mohamed</i> .....	115
<b>Grafen/ZnO/AgNW-TPU Tabanlı Giyilebilir Esnek Nanojeneratör Geliştirilmesi</b> <i>DEMİR, Emre, ÜNSAL, Ömer Faruk, EMİROĞLU, Filiz, BEDELOĞLU, Ayşe</i> .....	117
<b>PVDF Esaslı Piezoelektrik Nanojeneratörler Üzerine Bir Durum Değerlendirmesi</b> <i>Mehmet Durmuş ÇALIŞIR, Ali TOPTAŞ, Yasin AKGÜL</i> .....	119
<b>İndirgenmiş Grafen Oksit ve Polianilin Kaplanmış Kumaş Esaslı Gerinim Sensörü</b> <i>FINDIK, Gizem, ÇETİNOĞLU, Meryem, ÜNSAL, Ömer Faruk, ÇELİK BEDELOĞLU, Ayşe</i> .....	122
<b>Elektrodepozisyon Yöntemiyle Bakır Kaplanmış Karbon Fiberlerin Geliştirilmesi</b> <i>HİÇYILMAZ SEZER Ayşe, ÜNSAL Ömer Faruk, BEDELOĞLU Ayşe</i> .....	123

<b>Farklı Kullanım Alanlarına Yönelik İletken İplik Geliştirilmesi ve İncelenmesi</b> <i>BAKIRTAŞ, Umut, DÜLEK, Yasemin, KESKİN, Gökçe, ÖZTÜRK, Mustafa, SAKALLI, Gamze, ŞENER, Elif</i> .....	125
<b>Chapter 4</b> <i>Composites</i> .....	128
<b>Production of Polymer Based Nanoparticles, Nanocomposites and Hybrid Nanostructures and Their Applications</b> <i>BÜTÜN, Vural</i> .....	129
<b>Biocompatibility of Natural Fiber Reinforced Green Composite Protective Soft Armor Applications</b> <i>TEMESGEN, Alhayat G, TURŞUCULAR, Ömer F, EREN, Recep, AYKUT, Yakup</i> .....	131
<b>Improved Compressive and Interlaminar Shear Strength of Glass/Epoxy Composites Using Nanofiber Interleaving Technique</b> <i>METİN, Fatih, AVCI, Ahmet, ESKİZEYBEK, Volkan</i> .....	135
<b>The Effect of Nanofiber Membrane Layers on Sound Absorption Properties of Glass Fiber Epoxy Composites</b> <i>YÜKSEK, İlkay Özsev, ALTAY, PELİN, UÇAR, NURAY</i> .....	137
<b>Environmental Health Monitoring via Electrochemical Sensor Based on Conducting Polymer Nanocomposites</b> <i>SADAK, Omer</i> .....	140
<b>Effect of damage size and test speed on compression after impact behavior of carbon/epoxy composites</b> <i>AYTEN, Ali İmran</i> .....	142
<b>Expert skill of hand lay-up method in processing composites</b> <i>Shuichi KATO, Naoki SUGIYAMA, Mari KIMURA, Yoshimichi FUJII and Hiroyuki HAMADA</i> .....	145
<b>Otomotiv Uygulamalarında Termoplastik Semipreglerin Geliştirilmesi</b> <i>KEMANECİ ÖZTÜRK, Sinem, VAROL, Utku, BOYACI, Bekir</i> .....	146
<b>Polisülfon Nanoelyaflar ile Güçlendirilmiş Polimer Nanokompozit Levhaların Mekanik Özellikleri</b> <i>ÇOŞKUN Ömer, EKREM Mürsel</i> .....	149
<b>Grafenin Epoksi Matris ile Mekanik ve Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi</b> <i>ÖZTÜRKMEN, Mahide Betül, ÖZKUTLU DEMİREL, Merve, ÖZ, Yahya</i> .....	153

<b>Fındık Kabuğu ve Talk Dolgulu Polipropilen Kompozitlerin Mekanik ve Isıl Özelliklerinin İncelenmesi</b> <i>CENGİZ, Ömer, KARAGÖZ, İdris, DEMİRER, Halil</i> .....	154
<b>Low Velocity Impact and ILSS Properties of Carbon – Aramid/Epoxy Hybrid Composites</b> <i>ORUC, Ramazan, ATMACA, B. Nur, ASCI, Görkem, YIGIT, Kadir, YUZER, Serkan, POLAT, Yusuf, EKICI, Bülent</i> .....	162
<b>Mode-I Interlaminar Fracture Behaviour of Composite Laminates Interleaved with Non-Woven Thermoplastic Veils</b> <i>AKBOLAT, Mehmet Çağatay, KATNAM, Kali Babu, POTLURI, Prasad</i> .....	163
<b>Continuous Forming and Secondary Processing Technology for Long Composite Materials</b> <i>NAKAI, Asami</i> .....	167
<b>Alüminyum Ramat Katkılı Polioksümetilen Kompozitlerin Reolojik ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi</b> <i>YURTBAŞI, Zühal, KURT, Gökçe, KAŞGÖZ, Alper</i> .....	168
<b>Bor katkılı Bentonit içeren Alginat Kompozit Kaplamalar</b> <i>BENLİ, Birgül, GÖNÜL, Ecehan Aygül</i> .....	171
<b>Akrilonitril bütadien stiren (ABS) / Siklo olefin kopolimer (COC) kompozitlerinin mekanik ve reolojik özelliklerinin incelenmesi</b> <i>TÜNEY, Aliye İclal, KURT, Gökçe, KAŞGÖZ, Alper</i> .....	175
<b>SiO<sub>2</sub> and Carbon Particle Embedded Silica Aerogels and Their Applications</b> <i>SOMAKLI, Seyda, BUTUN SENDEL, Sultan, BUTUN, Vural</i> .....	179
<b>PAN/TiO<sub>2</sub> Nanocomposite Embedded Poly[(2-dimethylamino)ethyl Methacrylate] Cryogels for Separation and Purification Technologies</b> <i>BUTUN SENDEL, Sultan, GOKKUS, Kutalmis, KEYIK, Kubra, BUTUN, Vural</i> .....	180
<b>Yüksek Yükleme Oranlarında Cam Elyaf Takviyeli Poliftalamid Kompozitlerin, Üretilirliğinin ve Kalıplanabilirliğinin Geliştirilmesi</b> <i>URCAN, M. Sertcan</i> .....	182
<b>Chapter 5</b> <i>Nanofibers</i> .....	185
<b>Elektro-üfleme Yöntemi ile Elde Edilen Nanolifli Filtre Yapılarında Çözelti İletkenliğinin Filtre Performansı Üzerine Etkisi</b> <i>GÜNGÖR, Melike, SAĞIRLI, Merve Nur, İMDAT, Kadir, AKDAĞ, Mustafa, KILIÇ, Ali</i> ..	186

<b>Elektro-eğirme Yöntemiyle Grafen Takviyeli Polivinil Alkol Nanoelyafların Mekanik Özellikleri</b> <i>EKREM, Mürsel</i> .....	189
<b>Synthesis of Poly(styrene-co-glycidyl methacrylate) Containing Poly(vinyl alcohol) Nanofiber and Its Methyl Orange Adsorption Study</b> <i>ISIK, Meliha, TUNCER, Cansel, BUTUN SENDEL, Sultan, GOKKUS, Kutalmış, BUTUN, Vural</i> .....	192
<b>PVA-Metal Composite Nanofiber Synthesis via Electrospinning and Its Use as Catalyst System</b> <i>OZBAL, Aysegul, BUTUN SENDEL, Sultan, GOKKUS, Kutalmış, BUTUN, Vural</i> .....	193
<b>Preparation and Modification of Suitable PAN Nanofiber Structures and Usages in Removing Various Contaminants</b> <i>GOKKUS, Kutalmış, BUTUN SENDEL, Sultan, BUTUN, Vural</i> .....	197
<b>Chapter 6</b> <i>Plastics and Rubber</i> .....	203
<b>Exploring the high strain rate behaviour of shear thickening fluids through experimental technique</b> <i>BHALLA, Neelanchali Asija</i> .....	204
<b>HD Spacer Yapılarının Otomotiv Koltuğunda Kullanımı</b> <i>DEVİRİM, Gökberk, GÜL, Servet, BOYACI, Bekir</i> .....	205
<b>Investigating Production of Polyurethane Elastomer Materials Using Shape Deposition Manufacturing Method</b> <i>Sheikhi, Mohammad Rauf, Gürgen, Selim, Kuşhan, Melih Cemal</i> .....	208
<b>Kimyasal Modifikasyon ile ABS Yüzeyinin Metal Yüzeyle Yapışma Performansının Artırılması</b> <i>CANLI, Berat Enes ve GÜMÜŞ, Ömer Yunus</i> .....	214
<b>Şekil Hafıza Özellikli Poliüretanların Sentezi ve Karakterizasyonu</b> <i>KURT, Gökçe, KAYA, Mehmet Arif</i> .....	217
<b>Silikon kauçuğunun cam-sır yüzeylere adezyon artırılmasını sağlayıcı malzemelerin geliştirilmesi ve performans özelliklerinin belirlenmesi</b> <i>ŞEHİTLİ Emre</i> .....	220
<b>Investigation of Acoustic Properties of Low Density Polyethylene Composite Foam</b> <i>ARAS, Cansu, YAZICI, Murat, KARACA, Esra</i> .....	221
<b>Chapter 7</b> <i>Functional Fibers</i> .....	224



<b>Flame Retardant Natural Fibre Hybrid Composites for Advanced Applications</b> <i>JAWAID, Mohammad, SAND, Chee Siew, SABA, Naheed</i> .....	225
<b>Dünyada Bir İlk Niteliği Taşıyarak %100 Asetat Lifinin Kısa Elyaf Eğirme Teknolojisi İle İplik Haline Getirilmesi Ve Yumuşak Tuşeli, Antipilling, Hızlı Nem Emen Multifonksiyonel Örme Kumaşların Geliştirilmesi</b> <i>Bozan Neslihan, Işık Fatih</i> .....	226
<b>Kesilmeye Karşı Koruyucu Tekstiller</b> <i>TANDOĞAN Gökhan, GÜNDOĞAN Uğur, KARA Ebru, İBRİKÇİ Ali</i> .....	228
<b>"The Silent Threat": Addressing the Microfiber Issue of Textile and Fashion Industries</b> <i>GÖNÜL, Ecehan Aygül, BENLİ, Birgül</i> .....	231
<b>ARGE 0063 Bazalt Mineralinin Kaplama Olarak Ve Bazalt İpliklerin Tekstilde Kullanımıyla Katkılarının İncelenmesi</b> <i>TAŞ Nazan, KUTLAY Kadriye, YILMAZ Canan, ŞEN Besim, DEĞİRMENCİ Nejla</i> .....	235
<b>Investigation of Polar and Nonpolar Cyclotides Separation from Violet Extract Through Microfluidic Chip</b> <i>DIDARIAN, Reza, EBRAHİMİ, Aliakbar, GHORBANPOOR, Hamed, NOROUZ DIZAJI, Araz, DOĞAN GUZEL, Fatma, HASHEMPOUR, Hossein, AVCI, Huseyin</i> .....	240
<b>Production technique of ceramic fibres and their high temperature applications</b> <i>ONAL, Levent</i> .....	244
<b>Auxetic Performance Analysis of a Partial Stretch Woven Fabric Structure</b> <i>AKGUN, Mine, SUVARİ, Fatih, EREN, Recep, YURDAKUL, Tuğba</i> .....	245
<b>Paşa Kılıcı (Sansevieria cylindrica) Bitkisi Yapraklarının Lif Özellikleri</b> <i>TURAN CANDAN Nurcan, HAMZECEBİ Kerem, DOĞDU Kerem, UYSAL Ali Altuğ SU Hasan Emir YALNIZ Halil Efe</i> .....	248
<b>Zeolit katkısı içeren pet (polietilen tereftalat) poy ipliklerinin bazı özelliklerinin incelenmesi</b> <i>KUMARTAŞLI, Sedat, KAPLAN, Volkan, AVİNÇ, Ozan</i> .....	250
<b>Güç Tutuşur Özelliğe Sahip Polilaktik Asit (PLA) İplik Üretilirliği</b> <i>BATUR, Zeynep, ÇELEN, Onur</i> .....	253
<b>Geri Dönüşüm PLA'nın Mekanik, Termal ve Biyobozunurluk Özelliklerinin İncelenmesi ve Doğal Lif ile Özelliklerinin İyileştirilmesi</b> <i>ALTUN, Yağmur, ÇELEBİ, Mithat</i> .....	255
<b>Grafen esaslı elyaflardan geliştirilen kumaşların fonksiyonel özelliklerinin incelenmesi</b> <i>İbrikçi Ali, Ozbas Demirci Gülşah, Denge K. Kübra</i> .....	258

<b>İletken İplik Kullanılarak Üretilen Seamless Ürünlerin Elektromanyetik Kalkanlama Özelliğinin Ölçülmesi</b> <i>KOPTUR TASAN, Perinur, ÇÖREKCİOĞLU, Mustafa, YILDIRIM, F. Filiz, ARAS ELİBÜYÜK, Sultan, DEMİR, Özlem</i> .....	263
<b>Polipropilen Tekstil Atıklarından Geri Dönüşüm Döşemelik Kumaş Üretilmesi</b> <i>KEBABCI Mustafa, TORSUN Mahir</i> .....	265
<b>Geri dönüştürülmüş ipliklerden üretilmiş flannel kumaşların haslık ve boyutsal stabilite değerlerinin incelenmesi</b> <i>YILDIRIM, F. Filiz, GELGEÇ, Esra, AKKAYA, Halil, YUMRU, Şaban, ÇÖREKCİOĞLU, Mustafa, ATEŞ, Selahattin T, KÜÇÜKER ÇALHAN, Melike</i> .....	270
<b>Surface modification of textiles by MEVVA ion implantation and providing UV protection and hydrophobia abilities</b> <i>Akpek, Ali</i> .....	272
<b>Seri Çözümlü Birleştirme Makinelerinde Her Levent için Bağımsız Gerginlik Kontrol Sistemi Geliştirilmesi</b> <i>EREN Recep, KILIÇ Sinan, ATALAY Şakir Ömer</i> .....	273



## 8. ULPAS Symposium Program

### 18 June 2021 Friday

#### OPENING SESSION | 09:00 – 10:00

##### OPENING CEREMONY

*Assoc. Prof. Dr. Hüseyin AVCI, Eskişehir Osmangazi University*  
*Prof. Dr. Rifat EDİZKAN, Eskişehir Osmangazi University, Vice Rector*  
*Prof. Dr. Mahmut Faruk AKŞİT, TEI General Manager (if available)*  
*Prof. Dr. Fahrettin ÖZTÜRK, TAI/TUSAŞ Deputy General Manager*  
*Prof. Dr. Mehmet ÇELİK, ASELSAN Deputy General Manager*

**Moderator: Prof. Dr. Ali DEMİR, Istanbul Technical University**

*Technical Support: Dr. İsmail BORAŞAN*

**On-line Meeting Link: <https://zoom.us/j/96906928934>**

#### COFFEE BREAK | 10:00 – 10:15

#### PLENARY SESSION 1 | 10:15 – 12:15

##### DEFENSE & AVIATION

**Moderator: Prof. Dr. Yusuf ULÇAY, Bursa Uludağ University**

*Technical Support: Dr. Yasin ALTIN*

**On-line Meeting Link: <https://zoom.us/j/96906928934>**

- 10:15 – 10:35** **Materials and Design of Soft Body Armor, Abhijit MAJUMDAR (Invited speaker)**
- 10:35 – 10:55** **Uçak Kompozit Yapılarında Termografik Analiz ile Tahribatsız Muayene, Ersin EROĞLU (Invited speaker)**
- 10:55 – 11:15** **Farklı Arazi Koşulları için Termal Kamuflaj Geliştirilmesi, Evren SERGİN**
- 11:15 – 11:35** **Optimization of Various Mechanical Properties of Designed and Produced Cord Yarns According to MIL-5040 (NATO) Standards for Paratrooper Elite Commandos of T.S.K Air Forces, Ömer Fırat TURŞUCULAR**
- 11:35 – 11:55** **Savunma Araçlarındaki Dış Trim Malzemelerinin Parlaklık (Gloss) Özellikleri, Fatma Filiz YILDIRIM**

#### LUNCH BREAK | 12:15 – 13:30

##### SESSION 3 | 13:30 – 15:30

##### MEDICAL APPLICATIONS

**Moderator: Assoc. Prof. Dr. Hüseyin AVCI**

*Technical Support: Ali TOPTAŞ*

**On-line Meeting Link:**

<https://zoom.us/j/96906928934>

**13:30 – 13:50** **The Story of the Domestic Drug Favicovir, Mustafa GÜZEL (Invited speaker)**

**13:50 – 14:10** **Örme Kumaştan Antibakteriyel Maske Üretimi Üzerine Bir Araştırma, Cansu BATÇIK**

##### SESSION 4 | 13:30 – 15:30

##### MEDICAL APPLICATIONS

**Moderator: Prof. Dr. Ayşe ÇELİK BEDELOĞLU**

*Technical Support: Ayten Nur YÜKSEL YILMAZ*

**On-line Meeting Link:**

<https://zoom.us/j/99617383619>

**Genetic Code, Bioinformatics and Biosecurity, Erkan KARABEKMEZ (Invited speaker)**

**Lamium Galeobdolon Özütüyle Enkapsüle Gümüş/PLGA Nanofiberden Antibakteriyel Sütür Üretimi ve Karakterizasyonu, Edanur KORKMAZ**

14:10 – 14:30	Assessment of the bacteriostatic effect of boric acid-containing polyurethane electrospun mat, <i>Ayben PAKOLPAKÇIL</i>	Investigation of Mesenchymal cells in the Microfluidic Cell Culture Device, <i>Ceren ÖZEL</i>
14:30 – 14:50	İlaç Salınımı için Elektro-eğirme Yöntemi ile Siprofloksasin Yüklü PLA Nanofiber Üretimi ve Karakterizasyonu, <i>Cansu GÜNEŞ</i>	Lif Takviyeli Yapay Damarlarda Uzama Sertleşmesinin Numerik Analizi, <i>Galip YILMAZ</i>
14:50 – 15:10	Yeşil Sentezlenmiş Gümüş Nanopartikül katkılı PLGA Nanofiberlerin Elektro-eğirme Yöntemiyle Üretimi ve Karakterizasyonu, <i>Çişem GİLİK</i>	Cost Effective Alginate Blend and Its Antibiotic Release Properties: Wound Healing Approaches, <i>Tayfun ŞENGEL</i>
15:10 – 15:30	Zerdeçal Ekstraktlı Gümüş Nanopartiküllü PLGA Elektrospun Nanofiber Yara Örtüsü Üretimi ve Karakterizasyonu, <i>Fatma Ahsen ÖKTEMER</i>	Production of pHEMA Based Cryogel/Nanofibers Hybrid Biomaterials, <i>Dilayda KANMAZ</i>
<b>COFFEE BREAK   15:30 – 15:45</b>		
<b>SESSION 5   15:45 – 17:45</b>		<b>SESSION 6   15:45 – 17:45</b>
<b>MEDICAL APPLICATIONS</b>		<b>MEDICAL APPLICATIONS</b>
<b>Moderator: Assoc. Prof. Dr. Ali AKPEK</b>		<b>Moderator: Prof. Dr. Kenan YILDIRIM</b>
<b>Technical Support: Büşra ATEŞ</b>		<b>Technical Support: Dr. Fatma DEMİRCİ</b>
<b>On-line Meeting Link:</b>		<b>On-line Meeting Link:</b>
<a href="https://zoom.us/j/96906928934">https://zoom.us/j/96906928934</a>		<a href="https://zoom.us/j/99617383619">https://zoom.us/j/99617383619</a>
15:45 – 16:05	Biosecurity Graduate Education, <i>Kaan YILANCIOĞLU (Invited speaker)</i>	The Importance of Antibody-based Applications in Biodefense, <i>Esin AKÇAEL (Invited speaker)</i>
16:05 – 16:25	Reusability of Respiratory Masks After UV-C Light Disinfection and Design of UV-C Sterilizer Cabinet, <i>Zeynep DİKMEN</i>	Glokom Tedavisinde Kullanılmak Üzere Bimatoprost İlacı Yüklü PVA Nanolifli Yüzey Üretimi, <i>Merve İlkay ALTUNTUĞ CESUR</i>
16:25 – 16:45	Bor içerikli bileşiklerin %100 PES kumaş üzerindeki antibakteriyel etkisi, <i>Halil İbrahim TURGUT</i>	Kimyasal Yöntem ile Farklı Molekül Ağırlıklarında Kitosan Üretimi ve Hidrojel Sentezinde Kullanımı, <i>Hanife Songül KAÇOĞLU</i>
16:45 – 17:05	Mikroekstrüzyon yöntemi ile yapay deri dokusu biyofabrikasyonu ve kimyasal toksisite çalışmalarının gerçekleştirilerek sonuçların doğal deri dokusu ile kıyaslanması, <i>Nimet Şule YÜNCÜ</i>	Synthesis and characterization of PDEA microgel containing P(DMA/AA) amphoteric hydrogels, <i>Robina MAIHAN</i>
17:05 – 17:25	Physical investigation of polyester hernia mesh with different construction, <i>Melike KADER</i>	Hidroksiapatit Tozu (HAp) Katkılı Polilaktik-asit Filamentler ile 3 Boyutlu (3B) Yazıcıda Üretilen Kompozit Malzemelerin Mekanik ve Morfolojik Özelliklerinin İncelenmesi, <i>Hatice Kübra YERLİ</i>
17:20 – 17:45	Developing and Characterization of Non-woven Surfaces for Wound Healing Applications, <i>Fatma Nur PARIN</i>	Fabric Masks for Community Use against COVID-19, <i>Nuran ZARİF</i>
<b>COFFEE BREAK   17:45 – 18:00</b>		
<b>SESSION 7   18:00 – 20:00</b>		<b>SESSION 9   18:00 – 20:00</b>
<b>ENERGY APPLICATIONS</b>		<b>COMPOSITES</b>
<b>Moderator: Assoc. Prof. Dr. Ali KILIÇ</b>		<b>Moderator: Prof. Dr. Hasan Basri KOÇER</b>
<b>Technical Support: Dr. Fatmanur PARIN</b>		<b>Technical Support: Gizem MANASOĞLU</b>
<b>On-line Meeting Link:</b>		<b>On-line Meeting Link:</b>
<a href="https://zoom.us/j/96906928934">https://zoom.us/j/96906928934</a>		<a href="https://zoom.us/j/99617383619">https://zoom.us/j/99617383619</a>
18:00 – 18:20	Textile/Metal-organic frameworks composites for sustainable energy and environmental applications, <i>Mahdi HASANZADEH (Invited speaker)</i>	Production of Polymer Based Nanoparticles, Nanocomposites and Hybrid Nanostructures and Their Applications, <i>Vural BUTUN (Invited speaker)</i>
18:20 – 18:40	Tekstil Tabanlı Yaklaşım Sensörünün Geliştirilmesi, <i>Habibe Gülben ÜLGEN</i>	Biocompatibility of Natural Fiber Reinforced Green Composite Protective Soft Armor Applications, <i>Alhayat Getu TEMESGEN</i>
18:40 – 19:00	Fotokatalitik Özelliğe Sahip Katma Değeri Yükseltilmiş Corduroy, Burn-Out ve Bronzing Kumaş Geliştirilmesi, <i>Ramazan GÖMEÇ</i>	Improved Compressive and Interlaminar Shear Strength of Glass/Epoxy Composites Using Nanofiber Interleaving Technique, <i>Fatih METİN</i>
19:00 – 19:20	Poliester-Poli(3,4-etilendioksitiyofen) İletken Sensör Kumaş Yapılarının Geliştirilmesi, <i>Mert Can KORKMAZ</i>	The Effect of Nanofiber Membrane Layers on Sound Absorption Properties of Glass Fiber Epoxy Composites, <i>İlkay Özsev YÜKSEK</i>
19:20 – 19:40	Elektrokardiyografi Ölçüm Yeteneğine Sahip Kumaş Elektrot ve Akıllı Giysi Tasarımı, <i>Hidayet BAĞCI</i>	Environmental Health Monitoring via Electrochemical Sensor Based on Conducting Polymer Nanocomposites, <i>Ömer SADAĞ</i>
19:40 – 20:00	Effects of Bleaching, Dyeing, Printing, and Laundering on Electrical Resistance of Conductive Lines in Electrotexile Knitting, <i>Tuğçe KÖROĞLU YATIKÇI</i>	Effect of damage size and test speed on compression after impact behavior of carbon/epoxy composites, <i>Ali İmran AYTEN</i>

# 19 June 2021 Saturday

PLENARY SESSION 2 | 09:00 – 11:00

## DEFENSE & AVIATION

**Moderator:** Prof. Dr. Ali DEMİR

**Technical Support:** Dr. İsmail BORAŞAN

**On-line Meeting Link:** <https://zoom.us/j/96906928934>

09:00 – 09:20	Industrial Scale Production of Ceramic materials important for Defense Industry, Mehmet Suat SOMER (Invited speaker)
09:20 – 09:40	ARAMID Fabrics Used as Ballistic Plate for Army, Melih Cemal KUSHAN (Invited speaker)
09:40 – 10:00	Surface Modification of Silica Aerogel Blankets Using Trimethylsilyl Chloride (TMCS) as Silanization Agent, Abdullah TAV
10:00 – 10:20	Soğuk İklim Şartlarına Uygun Çok Katmanlı Giysi Sistemlerinin Geliştirilmesi, Ozan ONUKTAŞ
10:20 – 10:40	Thermoforming Process Parameter Optimization Of Thermoplastic PEKK/CF and PPS, Merve ÇOBANOĞLU
10:40 – 11:00	Epoksi Reçine Sisteminde Amonyumpolifosfat (APP) ve Alüminyumtirikhidroksit'in (ATH) Sinerjistik Alev Geciktirici Etkisi, Zeynep KUBİLAY

## COFFEE BREAK | 11:00 – 11:15

### SESSION 8 | 11:15 – 13:35

#### ENERGY APPLICATIONS

**Moderator:** Prof. Dr. Levent ÖNAL

**Technical Support:** Dr. Mehmet Durmuş ÇALIŞIR

**On-line Meeting Link:**

<https://zoom.us/j/96906928934>

### SESSION 10 | 11:15 – 13:35

#### COMPOSITES

**Moderator:** Prof. Dr. İsmail TİYEK

**Technical Support:** Nazlı ARMAN

**On-line Meeting Link:**

<https://zoom.us/j/99617383619>

11:15 – 11:35	Embedded Optical Fiber Sensors in 3D Woven Preform for Structural Health Monitoring System, Tamer HAMOUDA (Invited speaker)	Expert skill of hand lay-up method in processing composites, Hiroyuki HAMADA (Invited speaker)
11:35 – 11:55	Grafen/ZnO/AgNW-TPU Tabanlı Giyilebilir Esnek Nanojeneratör Geliştirilmesi, Emre DEMİR	Otomotiv Uygulamalarında Termoplastik Semipreglerin Geliştirilmesi, Sinem KEMANECİ ÖZTÜRK
11:55 – 12:15	PVDF Esaslı Piezoelektrik Nanojeneratörler Üzerine Bir Durum Değerlendirmesi, Mehmet Durmuş ÇALIŞIR	Polisülfon Nanoelyaflar ile Güçlendirilmiş Polimer Nanokompozit Levhaların Mekanik Özellikleri, Ömer ÇOŞKUN
12:15 – 12:35	İndirgenmiş Grafen Oksit ve Polianilin Kaplanmış Kumaş Esaslı Gerinim Sensörü, Meryem ÇETİNOĞLU	Grafen Epoksi Matris ile Mekanik ve Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi, Mahide Betül ÖZTÜRKMEN
12:35 – 12:55	Elektrodepozisyon Yöntemiyle Bakır Kaplanmış Karbon Fiberlerin Geliştirilmesi, Ayşe SEZER HİÇYILMAZ	Fındık Kabuğu ve Talk Dolgulu Polipropilen Kompozitlerin Mekanik ve Isıl Özelliklerinin İncelenmesi, Ömer CENGİZ
12:55 – 13:15	Farklı kullanım alanlarına yönelik iletken iplik geliştirilmesi ve incelenmesi, Gamze SAKALLI	Low Velocity Impact and ILSS Properties of Carbon-Aramid/Epoxy Hybrid Composites, Beyza Nur ATMACA
13:15 – 13:35		Mode-I Interlaminar Fracture Behaviour of Composite Laminates Interleaved with Non-Woven Thermoplastic Veils, Mehmet Çağatay AKBOLAT

## LUNCH BREAK | 13:35 – 14:30

### SESSION 11 | 14:30 – 16:50

#### COMPOSITES

**Moderator:** Dr. İsmail BORAŞAN

**Technical Support:** Ömer Faruk ÜNSAL

**On-line Meeting Link:**

<https://zoom.us/j/96906928934>

### SESSION 12 | 14:30 – 16:50

#### NANOFIBERS

**Moderator:** Prof. Dr. Osman BABAARSLAN

**Technical Support:** Recep İLHAN

**On-line Meeting Link:**

<https://zoom.us/j/99617383619>

14:30 – 14:50	Continuous Forming and Secondary Processing Technology for Long Composite Materials, Asami NAKAI (Invited speaker)	Elektro-üfleme Yöntemi ile Elde Edilen Nanolifli Filtre Yapılarında Çözelti İletkenliğinin Filtre Performansı Üzerine Etkisi, Melike GÜNGÖR
14:50 – 15:10	Alüminyum Ramat Katkılı Polioksümetilen Kompozitlerin Reolojik ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Zühal YURTBAŞI	Elektro-eğirme Yöntemiyle Grafen Takviyeli Polivinil Alkol Nanoelyafların Mekanik Özellikleri, Mürsel EKREM
15:10 – 15:30	Bor katkılı Bentonit içeren Alginat Kompozit Kaplamalar, Birgül BENLİ	Synthesis of Poly(styrene-co-glycidyl methacrylate) Containing Poly(vinyl alcohol) Nanofiber and Its Methyl Orange Adsorption Study, Meliha ISIK
15:30 – 15:50	Akrilonitril bütadien stiren (ABS) / Siklo olefin kopolimer (COC) kompozitlerinin mekanik ve reolojik özelliklerinin incelenmesi, Aliye İclal TÜNEY	PVA-Metal Composite Nanofiber Synthesis via Electrospinning and Its Use as Catalyst System, Aysegül ÖZBAL
15:50 – 16:10	SiO <sub>2</sub> and Carbon Particle Embedded Silica Aerogels and Their Applications, Seyda SOMAKLI	Preparation and Modification of Suitable PAN Nanofiber Structures and Usages in Removing Various Contaminants, Kutalmış GOKKUS

16:10 – 16:30	PAN/TiO <sub>2</sub> Nanocomposite Embedded Poly[(2-dimethylamino)ethyl Methacrylate] Cryogels for Separation and Purification Technologies, <i>Sultan BUTUN SENGEL</i>	Investigation of Spacer Fabric as Vibration Reduction Material in Rocket Avionic Systems by Using Finite Element Method, <i>Mehmet Emre ÖZ</i>
16:30 – 16:50	Yüksek Yükleme Oranlarında Cam Elyaf Takviyeli Polifitalamid Kompozitlerin, Üretilirliğinin ve Kalıplanabilirliğinin Geliştirilmesi, <i>Sertcan URCAN</i>	

### COFFEE BREAK | 16:50 – 17:05

<b>SESSION 13   17:05 – 19:25</b>  <b>PLASTICS &amp; RUBBER</b> <b>Moderator:</b> Assoc. Prof. Dr. Selim GÜRGEN <b>Technical Support:</b> Rümeyza ÇELEN <b>On-line Meeting Link:</b> <a href="https://zoom.us/j/96906928934">https://zoom.us/j/96906928934</a>		<b>SESSION 14   17:05 – 19:25</b>  <b>FUNCTIONAL FIBERS</b> <b>Moderator:</b> Dr. Yasin AKGÜL <b>Technical Support:</b> Ömer Fırat TURŞUCULAR <b>On-line Meeting Link:</b> <a href="https://zoom.us/j/99617383619">https://zoom.us/j/99617383619</a>	
17:05 – 17:25	Exploring the high strain rate behaviour of shear thickening fluids through experimental technique, <i>Neelanchali Asija BHALLA (Invited speaker)</i>	17:05 – 17:25	Flame Retardant Natural Fibre Hybrid Composites for Advanced Applications, <i>Mohammad JAWAID (Invited speaker)</i>
17:25 – 17:45	HD Spacer Yapılarının Otomotiv Koltuğunda Kullanımı, <i>Gökberk DEVRİM</i>	17:25 – 17:45	Dünyada Bir İlk Niteliği Taşıyarak %100 Asetat Lifinin Kısa Elyaf Eğirme Teknolojisi İle İplik Haline Getirilmesi ve Yumuşak Tuşeli, Antipilling, Hızlı Nem Emen Multifonksiyonel Örme Kumaşların Geliştirilmesi, <i>Neslihan BOZAN</i>
17:45 – 18:05	Investigating Production of Polyurethane Elastomer Materials Using Shape Deposition Manufacturing Method, <i>Mohammad Rauf SHEIKHI</i>	17:45 – 18:05	Kesilmeye Karşı Koruyucu Tekstiller, <i>Gökhan TANDOĞAN</i>
18:05 – 18:25	Kimyasal Modifikasyon ile ABS Yüzeyinin Metal Yüzeyle Yapışma Performansının Artırılması, <i>Berat Enes CANLI</i>	18:05 – 18:25	"The Silent Threat": Addressing the Microfiber Issue of Textile and Fashion Industries, <i>Ecehan Aygül GÖNÜL</i>
18:25 – 18:45	Şekil Hafıza Özellikli Poliüretanların Sentezi ve Karakterizasyonu, <i>Mehmet Arif KAYA</i>	18:25 – 18:45	Bazalt Mineralinin Kaplama Olarak ve Bazalt İpliklerin Tekstilde Kullanımıyla Katkılarının İncelenmesi, <i>Nejla DEĞİRMENÇİ</i>
18:45 – 19:05	Silikon kauçuğunun cam-sır yüzeylere adezyon artırılmasını sağlayıcı malzemelerin geliştirilmesi ve performans özelliklerinin belirlenmesi, <i>Emre ŞEHİTLİ</i>	18:45 – 19:05	Investigation of Polar and Nonpolar Cyclotides Separation from Violet Extract Through Microfluidic Chip, <i>Reza DIDARIAN</i>
19:05 – 19:25	Investigation of Acoustic Properties of Low Density Polyethylene Composite Foam, <i>Cansu ARAS</i>	19:05 – 19:25	

### COFFEE BREAK | 19:25 – 19:40

<b>SESSION 15   19:40 – 21:40</b>  <b>FUNCTIONAL FIBERS</b> <b>Moderator:</b> Dr. Yasin ALTIN <b>Technical Support:</b> Merve Nur SAĞIRLI <b>On-line Meeting Link:</b> <a href="https://zoom.us/j/96906928934">https://zoom.us/j/96906928934</a>		<b>SESSION 16   19:40 – 21:40</b>  <b>FUNCTIONAL FIBERS</b> <b>Moderator:</b> Dr. Mehmet Durmuş ÇALIŞIR <b>Technical Support:</b> Melike GÜNGÖR <b>On-line Meeting Link:</b> <a href="https://zoom.us/j/99617383619">https://zoom.us/j/99617383619</a>	
19:40 – 20:00	Production technique of ceramic fibres and their high temperature applications, <i>Levent ÖNAL (Invited speaker)</i>	19:40 – 20:00	Grafen esaslı elyaflardan geliştirilen kumaşların fonksiyonel özelliklerinin incelenmesi, <i>Ali İBRİKÇİ</i>
20:00 – 20:20	Auxetic Performance Analysis of a Partial Stretch Woven Fabric Structure, <i>Tuğba YURDAKUL</i>	20:00 – 20:20	İletken İplik Kullanılarak Üretilen Seamless Ürünlerin Elektromanyetik Kalkanlama Özelliğinin Ölçülmesi, <i>Perinur KOPTUR TASAN</i>
20:20 – 20:40	Paşa Kılıcı ( <i>Sansevieria cylindrica</i> ) Bitkisi Yapraklarının Lif Özellikleri, <i>Nurcan TURAN CANDAN</i>	20:20 – 20:40	Polipropilen Tekstil Atıklarından Geri Dönüşüm Döşemelik Kumaş Üretilmesi, <i>Mustafa KEBAPÇI</i>
20:40 – 21:00	Zeolit katkısı içeren pet (polietilentereftalat) poy ipliklerinin bazı özelliklerinin incelenmesi, <i>Sedat KUMARTAŞLI</i>	20:40 – 21:00	Geride dönüştürülmüş ipliklerden üretilmiş flannel kumaşların haslık ve boyutsal stabilite değerlerinin incelenmesi, <i>F. Filiz YILDIRIM</i>
21:00 – 21:20	Güç Tutuşur Özelliğe Sahip Polilaktik Asit (PLA) İplik Üretilirliği, <i>Zeynep BATUR</i>	21:00 – 21:20	Surface modification of textiles by mevva ion implantation and providing UV protection and hydrophobia abilities, <i>Ali AKPEK</i>
21:20 – 21:40	Geride Dönüşüm PLA'nın Mekanik, Termal ve Biyobozunurluk Özelliklerinin İncelenmesi ve Doğal Lif ile Özelliklerinin İyileştirilmesi, <i>Yağmur ALTUN</i>	21:20 – 21:40	Seri Çözgü Birleştirme Makinelerinde Her Levent İçin Bağımsız Gerginlik Kontrol Sistemi Geliştirilmesi, <i>Sinan KILIÇ</i>

### END OF SYMPOSIUM

THANK YOU FOR  
PARTICIPATING

Sempozyum internet sayfası / Symposium web page  
<http://www.uludag.edu.tr/ulpas>



FIBER &  
POLYMER  
RESEARCH INSTITUTE



# Materials and Design of Soft Body Armour

Abhijit Majumdar

Department of Textile & Fibre Engineering, Indian Institute of Technology Delhi, India

[majumdar@textile.iitd.ac.in](mailto:majumdar@textile.iitd.ac.in)

Body armours are primarily classified under two heads, namely soft and hard. While the former is used when the threat level is low, the latter is apt to ensure protection when the threat level is very high. In recent years, there has been immense developments in materials and designs of body armour. However, to ensure effective protection, at least 15-20 layers of fabrics are required. Soft body armor technology revolves around fabrics prepared from high performance polymeric fibres such as *p*-aramid (Kevlar®, Technora®, Twaron® etc.), ultra-high molecular weight polyethylene (UHMWPE), poly *p*-phenylene benzobisoxazole or PBO fibre (Zylon), polyhydroquinone-diimidazopyridine or PIPD fibres (M5), etc. The essential properties of the above fibres are low density (0.97 to 1.6 g cm<sup>-3</sup>), high tenacity (2.5–5.8 GPa) and high modulus (70-270 GPa). Of late, UHMWPE yarns have gained predominance over aramid yarns owing to their higher strength to weight ratio.

Another fascinating area of research in this domain is the application of Shear thickening fluid (STF) to improve the ballistic performance of bullet resistant and stab resistant soft armor. STF is a dense colloidal dispersion having a solid *dispersed phase* (silica particles) in a liquid *dispersion medium* (PEG). This fluid exhibits non-Newtonian flow behavior. Beyond a critical shear rate, the viscosity rises abruptly and the liquid behaves like a solid. It has been reported that the STF treated soft body armour panels, evaluated against low velocity projectiles, shows the improvement in the impact performance.

- Majumdar, Abhijit (0000-0002-0353-1849)

## REFERENCES

- Arora, A., **Majumdar, A.**, Butola, B. S., 2020. “Soft armour design by angular stacking of shear thickening fluid impregnated high-performance fabrics for quasi-isotropic ballistic response”, *Composites Structure*, 233, 111720.
- Bajya, M., **Majumdar, A.**, Butola, B. S., Verma S. K., Bhattacharjee, D., 2020. “Design strategy for optimising weight and ballistic performance of soft body armour reinforced with shear thickening fluid”, *Composites: Part B*, 183, 107721.
- Mawkhlieng, U., **Majumdar, A.**, Laha, A., 2020. “A review of fibrous materials for soft body armour applications”, *RSC advances*, 10, 1066-1086.



# Uçak Kompozit Yapılarında Termografik Analiz ile Tahribatsız Muayene

EROĞLU, Ersin<sup>1</sup>, DİLTEMİZ, Seyid Fehmi<sup>2</sup>, KUŞHAN, Melih Cemal<sup>3</sup>, GÜRGEN, Selim<sup>4</sup>  
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
ersineroglu@hotmail.com

## AMAÇLAR

Bu çalışmada uçak kompozit yapılarında kullanılan özel tahribatsız muayene (NDT) yöntemlerinden termografik (TR) analiz yönteminin araştırılması ve plastik matrisli katmanlı kompozit malzemelerde karşılaşılan hata tiplerinde test parçaları üretilip termografik olarak kontrol edilebilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır.

## GİRİŞ

Mühendislik malzemelerinin gelişimi havacılık malzemeleriyle beraber büyük bir hız kazanmıştır. Havacılıktaki yüksek mukavemet, ısıl dayanım, elektriksel iletkenlik ve hafiflik gibi avantajlarından dolayı kompozit malzemelerin kullanımı her geçen gün artmaktadır. (Das Monalisa, 2020)

Kompozit malzemelerin üretim kaynaklı hataları ve hizmet ömrü boyunca çeşitli hasarlar ile karşılaşmaktadır. Hasarlanan yapıların hasarlarını karakterize etmek ve değerlendirmek için çeşitli tahribatsız muayene yöntemleri kullanılmaktadır. Her uçak ve yapısal parça üreticisinin analiz ve testlerine dayanarak uçak kompozit yapıları için tahribatsız muayene ve onarım prosedürleri oluşturmuştur. (Poudel Anish, 2016)

Kompozit malzemelerin üretim yönteminin geleneksel üretim yöntemlerden farklı olması ve havacılıkta güvenlik gereksinimlerinden dolayı belirli periyotlarda kontrol edilmesi gerekmektedir. (Ehrhart B., 2013) Kompozit malzemelerde malzemeler arası bağlantının yapışma ile olduğundan dolayı bu yapışma kalitesinin ve yapışma kusurlarının kontrol edilmesi gerekmektedir. Literatür, kompozitler ve yapışmalar için NDT teknikleri üzerine çok sayıda çalışma bildirmektedir (Adams R.D., 1988). Kompozit ve yapışma kalite kontrol için Fokker bond tester; akustik emisyon; Ultrasonik yöntemleri; X-ray/nötron radyografi; shea-rography; ve kızılötesi termografi; görsel muayene; kaçak testi ve tap test geleneksel NDT yöntemleri kullanılmaktadır. (Ehrhart B., 2013) Bu kontrol yöntemleri çeşitli olmakla beraber hepsinin avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu yöntemlerin kullanım yerleri ve hassasiyetleri açısından farklılık olmakla beraber kontrol edilecek malzeme ve aranan hataya göre seçim yapılmaktadır.

Türk Hava Kuvvetleri envanterinde olan eğitim ve savaşçı uçakların tahribatsız kontrol yöntemleri incelenmiş termografik analiz yönteminin kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu nedenle bu uçak tiplerinde termografik analiz yönteminin kullanılabilirliğinin araştırılması amacıyla uçak yapılarında kullanılan plastik matrisli kompozit malzemeler ve hasar tiplerinin benzetimleri yapılarak termografik olarak tespit edilmeye çalışılmıştır.

Termografik analiz yöntemi sivil büyük gövdeli uçaklarda uçak üzeri tahribatsız kontrollerin yapılmasında kullanılmakta olup, uçağın servisten çekilmesi ve ilgili ünitenin uçak üzerinden sökülme ihtiyacı olmadığı pratik, hızlı ve uçak servisi durumuna göre ekonomik bir yöntemdir. (Automation Technology, 2021)

Kompozit malzemelerin gelişmesi ile birlikte uçak yapılarında kullanılan büyük yapısal kompozit malzemeler seri sistemlerde üretilmektedir. Gerek insan gücün azaltılması gerekse üretim hızını arttırmak için üretim esnasında temassız termografi çalışmaları uçak yapılarında kullanılmaktadır. (T. Ullmann, 2010)

Havacılıkta kullanılan kompozit malzemelerin kusurlarının tespit etmek için termografinin etkinliğini Avdelidis çalışmasında<sup>1</sup> incelenmiştir. Termografi analiz yöntemi ile incelenen tüm örneklerde mükemmel sonuçlar vermiştir. Tekniğin avantajları, yüzey veya yakın yüzey kusurları için hızla geniş alanları araştırması ve kolayca yorumlanabilir sonuçlar üretmesidir. Dezavantajı, başarısının kusur derinliğine ve boyutuna bağlı olmasıdır.

Termografi, NAS410 ve EN4179 gibi uluslararası NDT standartlarında tanımlanmıştır. Havacılık endüstrisinde termografi, birincil NDT yöntemi olarak artan sayıda uygulamada kullanılmaktadır. Geçmişte termografi ekipmanı çok pahalı olmasına rağmen, yakın zamanda geliştirilen portatif sistemler daha uygun fiyatlarla temin edilebilmektedir. (Automation Technology GmbH, 2013)

## DENEYSEL

### Malzeme

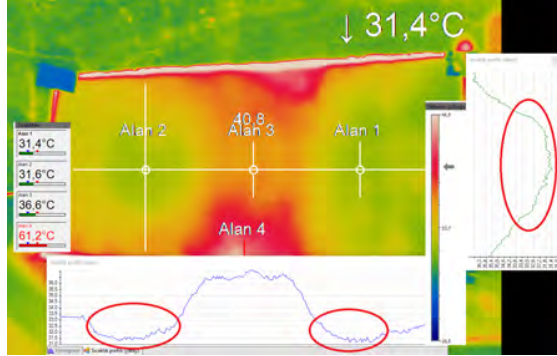
Referans/örnek malzemelerin üretilmesi için ham malzeme olarak Hexcel HT93 önceden fenolik reçine emdirilmiş 7781 stil E cam bezi kullanılmıştır. Bu malzeme 6 kat olarak temiz oda koşullarında el yatırması ve vakum çantası yöntemi kullanarak, otoklav fırınında kür edilmiştir.

### Yöntem

Termografik analiz yönteminde sıcaklık değerlerindeki değişim veya termal görüntülerde kusurları/anomalileri 'sıcak/soğuk noktalar' olarak göstermek için gelişmiş sinyal işleme teknikleri kullanılarak tanımlanır. Hata tiplerinde üretilen malzemelerin kusurların tespit edilebilmesi için ısı plakası kullanılarak ısıtılarak sıcaklık dağılımı Optris PI 400 model termal kamera ile ölçümlendirilmiştir. Ölçüm sonuçları Optris PI Connect yazılımı ile değerlendirilmiştir.

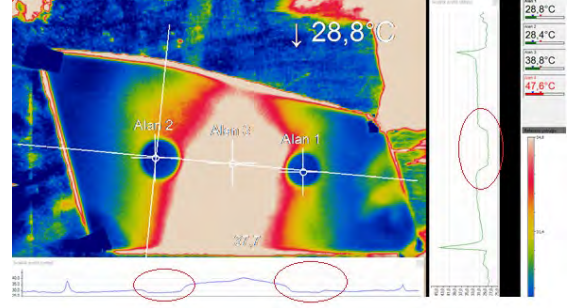
## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Birinci test parçasında üretim sırasında sarf malzemelerin katmanlı kompozit malzemeye yapışmış/katman arasında kalmış olabileceği bir kusur senaryosunda yabancı maddelerin tespit edilmesi amaçlanmış olup, ortasında yuvarlak şekilli yabancı bir maddenin, kompozit katmanlı yapıdaki ısı geçişini bozduğu, süreksizliğe neden olduğu tespit edilmiştir. Malzeme üzerindeki yatay ve dikey sıcaklık profillerinde lineer bir ısı geçiş radyanı beklenirken, sıcaklıkların düşmüş olduğu ve bir süreksizlikten olduğu saptanmıştır.



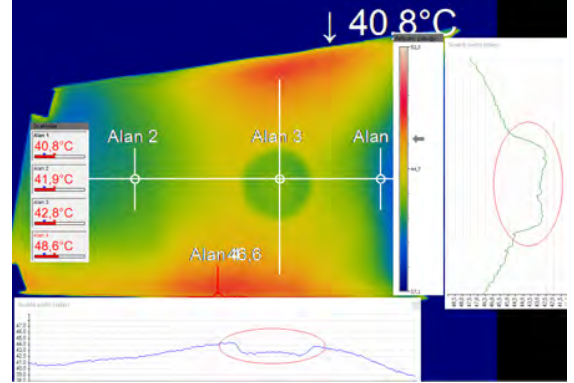
Şekil 1. 1. birinci test parçasının termografik kontrolü.

İkinci test parçasında Cam elyaf malzemesi için de 2 farklı bölgede metal malzeme gömülmüş farklı 2 malzemenin TR olarak tespit edilmesi amaçlanmıştır, metal ve cam fiber malzemelerin ısı iletkenliklerin çok farklı ve malzemeler arası kalınlık farkının olmasından dolayı termal görüntü farklılığı ve sınır tabakası hassas bir şekilde tespit edilmiştir.



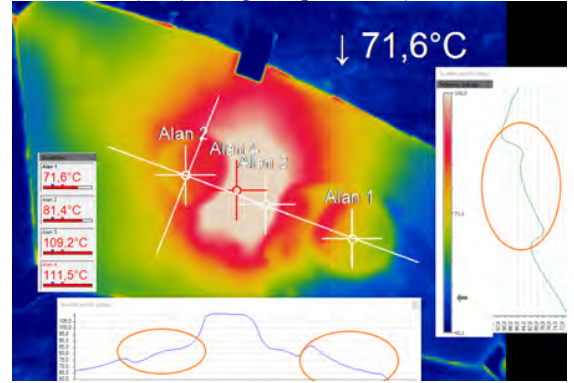
Şekil 2. İkinci test parçasının termografik kontrolü.

Kompozit malzemelerin kür döngüsü sırasında kür sıcaklığına oluşmadan vakum çantasında oluşmuş bir kusurdan dolayı vakum yapılmadığında katmanlar arasında boşluk oluşabilmektedir. Bu kusur durumu test etmek amacıyla vakumsuz olarak üretilen katmanlı üçüncü test parçasının TR kontrolü ısıtıcı boyutunda hata bölgesi yatay ve dikey sıcaklık profillerinde de 3 derecelik farklılık ile arada kalan hava bölgesinde sıcaklığın düştüğü ve bölgede kusur olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3. Üçüncü test parçasının termografik kontrolü.

Dördüncü test parçasında farklı katman kalınlıklarındaki kompozit malzemelerin tespit edilmesi amaçlanmış olup, TR kontrolde malzemenin kalın ve ince yuvarlak kat olan kısmında çevre alanlara göre sıcaklık farkı oluşmuş olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4. Dördüncü test parçasının termografik kontrolü.

- 
- EROĞLU, Ersin (0000-0002-8670-2606)
  - DİLTEMİZ, Seyid Fehmi (0000-0002-3952-4456)
  - KUŞHAN, Melih Cemal (0000-0002-9427-6192)
  - GÜRGEN, Selim (0000-0002-3096-0366)

#### GENEL SONUÇLAR

Bu çalışmada önceden reçine emdirilmiş cam elyafı dokumadan katmanlı olarak imal edilen uçak malzemeleri benzetimi yapılmıştır. Test için seçilen malzeme ve katman sayı olarak uçak yapılarında kullanılan parçalarda yapıldığı için gerçek uçak parçalarında termografik kontrolün yapılabileceği saptanmıştır. Katmanlı olarak imal edilen test malzemelerin 6 katta kontrol yönteminin kullanılabilirliği tespit edilmiş olup, kalın malzemelerde kalınlık yönünde ve eksenel yönlerde aynı anda ısıl dengeye ulaşılacak kalınlıklarda kontrolün yapılamayacağı değerlendirilmiştir. Farklı malzemeler ve test senaryolarına göre kontrol edilebilecek malzeme katman sayıları farklılık gösterecektir.

#### SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Test malzemeleri üretimi için kullanılan malzemelerde belirlenmiş olan hata tiplerinde dahili hasarlar incelenmiş olup, harici olarak gözle görülen bilen hasar veya malzeme arkasında oluşan yüzeydeki hasarların, katmanlı yapıların katman sonunun tespiti gibi farklı hata/kusur ve malzeme tespitinde çalışmalar yapılabilir.

#### KAYNAKLAR

##### • Periyodik Yayınlar

Adams R.D., C. P. (1988). A review of defect types and nondestructive testing techniques for composites and bonded joints,. *NDT International*, 208-222.

Das Monalisa, S. S. (2020). Composite materials and their damage detection using AI techniques for aerospace application: A brief review. (44).

Poudel Anish, K. R. (2016). Non-destructive evaluation of composite repairs by using infrared thermography. *Journal of Composite Materials*, 351-363.

T. Ullmann, R. A. (2010). Lock-in Thermography for Process Integrated Non-Destructive Evaluation of Carbon. *10th International Conference on Quantitative InfraRed Thermography*. Québec Canada.

##### • Kitap

Ehrhart B., V. B. (2013). Non-destructive evaluation (NDE) of aerospace composites: methods for testing adhesively bonded composites. V. M. Karbhari içinde, *Non-Destructive Evaluation (NDE) of Polymer Matrix Composites* (s. 220-237). Woodhead Publishing Limited.

##### • İnternette yer alan metinler

Automation Technology. (2021, Mayıs 20). *In-Service Testing of Aircrafts (Airbus NTM, Boeing NDT)*.

<https://www.automationtechnology.de/cms/en/in-service-testing-of-aircrafts-ntms-boeing-airbus/> adresinden alındı

Automation Technology GmbH. (2013, Temmuz 5). *Active Thermography for Nondestructive Composites Testing*.

<https://www.qualitymag.com/articles/91207-active-thermography-for-nondestructive-composites-testing> adresinden alındı

##### Atıflar

1 Avdelidis N.P, B. H. (2003). Transient thermography in the assessment of defects of aircraft composites. *NDT & E International*, 433-439.

# Investigation of Spacer Fabric as Vibration Reduction Material in Rocket Avionic Systems by Using Finite Element Method

ÖZ, Mehmet Emre<sup>1</sup>, YILDIRIM, Yunus Emre<sup>1</sup>, ERYIMAZ, Oğuz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Marmara University Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering

<sup>2</sup>Marmara University Faculty of Technology, Department of Textile Engineering  
mehmetemreoz35@gmail.com

## PURPOSE

In rockets used to fulfil a specific purpose, avionics systems are exposed to vibration during flight due to engine thrust and aerodynamic forces and Accelerometers used to measure acceleration, which is an important parameter for the rocket, may be mistaken due to these vibrations and cannot operate the target mission or rescue systems properly. Especially, probe rockets using solid fuel engines are more exposed to these vibrations. Rocket technologies are developing in our country and in the world, and rockets are made that can perform certain tasks at university and high school levels.

Generally, these rockets have low cost avionic modules therefore the possibility of faulty measurements increases. For the solution of this problem, in recent years, increasing use of spacer fabrics that can be used for different purposes will be used. The most important features of this fabric structure are lightness and low volume coverage, as well as the ability to adjust the elasticity performance [1] in the desired way with the sewing method and yarn material. These criteria are most important parameters in rocket design. The analysis of a vibration damper was carried out using spacer fabric damping model that minimized the rocket design and protect the avionic systems.

## INTRODUCTION

Nowadays, the efforts to make the systems in rocket used more secure during flight have also increased with the increasing number of rocket studies. One of the most crucial systems is security. It is the elimination of the factors that prevent the rocket from performing its mission. Security systems are generally branched out into two as structural and software. Software security is taking software protective measures against scenarios encountered during the flight of rocket. Structural security is the protections developed for the loads the rocket encounters in this scenario conditions [2].

Vibration is one of the main problems facing the rocket avionic system. Avionic systems and payload electronic systems that require precise measurement used in rockets are exposed to vibration during flight

due to the thrust generated by the engine and air friction. This vibration, which occurs especially in the avionic parts of the rocket, causes damage to the electronic parts and causes the sensors to be mistaken, as a result of which the rocket cannot perform its function. For vibration reduction in rockets, additional mechanical systems including spring vibration damper, rubber-supported shock absorption systems containing anti-vibration material are designed to prevent vibration. These systems are not useful because the weight and footprint of these systems is too much, especially for low-orbit rockets. The biggest benefit of using textile materials to solve this problem[3] is that the designed system does not create a change in the weight and volume of the rocket that will endanger flight safety.

## EXPERIMENTAL

The creation of spacer fabric model structure of suitable weight and size for the rocket was carried out by following the research steps as seen *Figure 1*. In the first step, the production material, its properties and knitting methods was evaluated. In the second step, the Spacer fabric will be installed for the rocket electronic system. As the third and last step, the system will be subjected to vibration testing and its performance under random loads was examined.

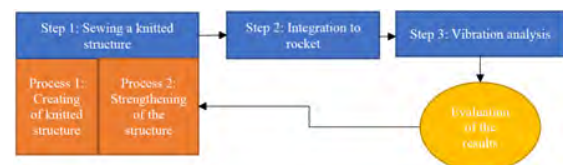


Figure 1. The process of creating the knitted structure

## Material

The application of the material, which has been frequently used in textile structures in recent years in terms of elasticity performance and lightness, such as Spacer fabric, which has negative stiffness

feature[4], is the biggest advantage of the project in terms of originality.

The spacer fabric structure consists of two parts, the intermediate layer and the outer layers. Outer layer is top and bottom layer and they consist of a polyester yarn structure with high tensile strength and flexural properties. Intermediate layer consists of monofilaments which can rotatable as shown *Figure 2*.

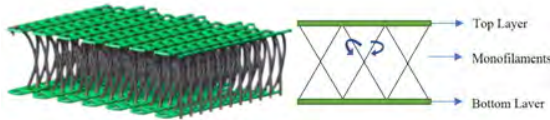


Figure 2. Spacer Fabric structure

Polyamide-66 was used as a monofilament due to its high elasticity and friction resistance properties [4]. The fibres to be used may have different diameters, but within the scope of this study, a monofilament with a diameter of 0.185 mm was preferred. The reasons for this choice,

1. The thickness of the fabric to be created is approximately 5 mm, thus the rocket volume is provided more effectively. Therefore, the fabric diameter should be thin to achieve desired elasticity performance.
2. As the compression amount increases due to the diameter thinning in the monofilaments, the compression resistance of the fabric starts to decrease [5].

Depending on the selected monofilament diameter, the weight of the product to be manufactured is approximately 600 g/m<sup>2</sup>, which is extremely light compared to its equivalent vibration reduction systems such as spring, rubber, hydraulic, etc.

### Method

Needle configuration directly affects the fabric performance, and the Spacer fabric structure desired for this study was obtained by using different types of needle pattern according to the desired performances. As the number of needle configuration increases, the production cost and material weight increase, and if the number of needle alignments is low, the jamming performance decreases [5]. As in *Figure 3*, The 8 needle pattern is suitable for the structure desired to be produced in the study in terms of jamming performance and production cost.

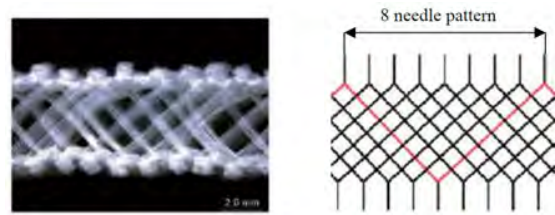


Figure 3. The structure of 8 needle pattern

Monofilaments are knitted on the bottom and top layers of polyester using the warp knitting machine shown in *Figure 4*. With this machine technology with double needle bed, it is possible to produce Spacer fabric structures ranging from 1.5 mm to 60 mm, and the thickness of these structures can be adjusted according to the desired fabric thickness of the distance between two needle rails. In this machine, the needles in the front part form the upper layer, while the needles in the back part form the lower layer. The interconnection thread plan monofilament structure creates a three-dimensional structure by making a round-trip movement to the back surface.



Figure 4. COMEZ brand warp knitting machine

The spacer fabric model structure which had 70 mm in diameter, was produced using by Siemens NX. The diameter measurement was selected in accordance with the plate surfaces in order to be able to be mounted on the rocket avionics system shown in *Figure 5*.

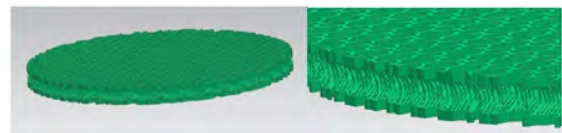


Figure 5. Spacer fabric model for rocket avionics system

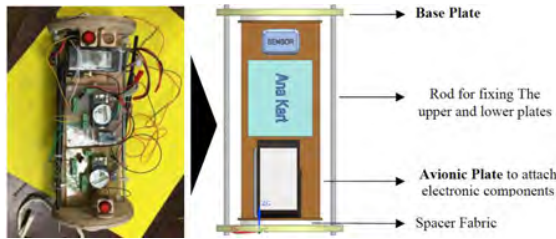


Figure 6. The assembled and unassembled situation of the spacer fabric

### Vibration Analysis

Investigation of Spacer fabric vibration characteristics using finite element method since the spacer fabric has a very fibrous structure, the stage of making a solution with finite elements and determining material behaviour is very difficult. In order to overcome this difficulty, it is described as a spring with a hardness of  $-300\text{N/mm}$  in the structure analysis environment [6]. The damping coefficients of the fibrous structures was at low levels and modelling with  $1\text{Ns/mm}$  was carried out considering the yarn model and knitting method to be used in this study [6]. Since the compression and stretching properties of the spacer fabric model was studied in this study, the single degree of freedom spring model with ANSYS Mechanical finite element software can represent these behaviours.

In this section, random displacement input data were given to base plate and the displacement output data on avionic plate were collected.

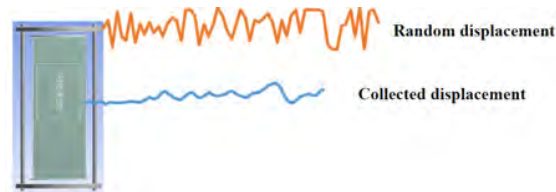


Figure 7. The vibration model realized in FEM environment

### EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSIONS

The system model with one degree of freedom was subjected to random displacement depending on time. Since there was no need to examine material stresses and deformations, the entire system was modelled in a rigid structure. This displacement input was applied to the upper and lower plates in *Figure 7*. The amount of displacement in the vertical axis was followed on the main board surface shown in *Figure 7*. Analysis time was 0.006 seconds due to computer performance (CPU) limitations. As seen in appendix Table 1, 60

different values of displacement were applied in this time period.

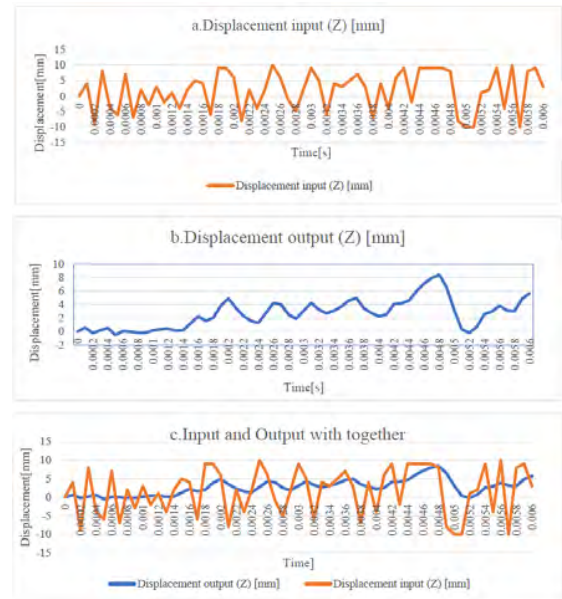


Figure 8. Vibration analysis results: a) Displacement input; b) Displacement Output; c) Input and Output with together

According to the vibration analysis results, it is seen in *Figure 8* that the system modelled in ANSYS reduced the vibrations.

### CONCLUSIONS

In this study, a spacer fabric model was designed to obtain that decreasing the vibration at the rocket avionic system using by FEM. According to the results, based on weight and occupied volume, the spacer fabric model has a significant impact on the displacement comparing the other material using for vibration damping system.

**A:** The displacement input in Z direction applied to Base Plate [mm]

**B:** The displacement output in Z direction collected from Avionic Plate [mm]

Table 1. The inputs and outputs of the vibration analysis

Time [s]	A	B	Time [s]	A	B	Time [s]	A	B	Time [s]	A	B
0	0	0	0,0016	4	2,244	0,0031	5	42,405	0,0046	9	7,119
0,0001	4	0,57845	0,0017	-6	15,782	0,0032	-6	32,645	0,0047	9	7,944
0,0002	-9	-0,25243	0,0018	9	20,153	0,0033	4	26,825	0,0048	8	84,221
0,0003	8	0,15552	0,0019	9	3,817	0,0034	3	30,751	0,0049	-8	6,502
0,0004	-4	0,53162	0,002	6	48,879	0,0035	5	36,766	0,005	-10	31,208
0,0005	-6	-0,53959	0,0021	-8	34,919	0,0036	7	46,012	0,0051	-10	0,31603
0,0006	7	0,062935	0,0022	2	23,065	0,0037	3	49,589	0,0052	1	-0,20859
0,0007	-7	-0,027821	0,0023	-4	15,571	0,0038	-7	34,541	0,0053	2	0,72169
0,0008	2	-0,19652	0,0024	2	13,135	0,0039	4	27,347	0,0054	9	25,731
0,0009	-3	-0,19656	0,0025	10	27,694	0,004	-4	22,421	0,0055	-4	29,608
0,001	3	0,15492	0,0026	6	42,236	0,0041	6	25,192	0,0056	10	38,343
0,0011	-2	0,31944	0,0027	-1	39,931	0,0042	9	40,857	0,0057	-10	3,113
0,0012	1	0,42916	0,0028	-5	25,036	0,0043	-2	41,744	0,0058	8	3,044
0,0013	-4	0,10333	0,0029	2	18,856	0,0044	9	46,033	0,0059	9	48,501
0,0014	2	0,17616	0,003	9	30,769	0,0045	9	59,946	0,006	3	56,815
0,0015	5	12,213									

#### SUGGESTIONS FOR FURTHER WORK

The vibration analysis results of spacer fabric model will be compared with the real life vibration test results using the produced spacer fabric which will be designed for rocket avionic system. On the other hand, these kind of fabric systems can be also used for any aviation system which desired for damping vibration.

6. Chen, C., et al., *Analysis of the damping property of warp-knitted spacer fabrics under damped free vibration*. Textile Research Journal, 2017. **88**: p. 004051751769062.

#### LITERATURE

- **Periodicals:**

1. Li, M., et al., *Effect of Structure on the Mechanical Behaviors of Three-Dimensional Spacer Fabric Composites*. Applied Composite Materials, 2009. **16**(1): p. 1-14.

2. Chattopadhyay, R., B. Kumar, and P. Barik, *Rheological model for compression of spacer fabrics*. Fibers and Polymers, 2015. **16**: p. 1554-1561.

3. Gokarneshan, N. and V. K, *Some Significant Advances in Spacer Fabric Technology for Newer Areas of Applications*. Journal of Textile Science & Engineering, 2018. **08**.

4. Chen, F., H. Hu, and Y. Liu, *Development of weft-knitted spacer fabrics with negative stiffness effect in a special range of compression displacement*. Textile Research Journal, 2015. **85**: p. 0040517515569521.

5. Liu, Y. and H. Hu, *Compression behavior of warp-knitted spacer fabrics for cushioning applications*. Textile Research Journal, 2012. **82**: p. 2012.

# Farklı Arazi Koşulları için Termal Kamuflej Geliştirilmesi

SERGİN, Evren<sup>1</sup>, KARAKAYA, Serhat<sup>1</sup>, KARAKAYA SEÇİM, Pelin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Batı Basma Sanayi Ar-Ge Merkezi,

<sup>2</sup>Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Uygulama Merkezi

[evrensergin@batibasma.com.tr](mailto:evrensergin@batibasma.com.tr)

## AMAÇLAR

Termofizyolojik konfor özellikleri iyileştirilmiş ve termal kameralarda tespit imkanı azaltılmış katmanlı kamuflej yapısının geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla iki farklı ısı-nem bariyeri ve gümüş nanopartikül ve hidrofob aerogel aktarılmış kumaşlar ile oluşturulan katmanlı kamuflej yapılarının etkisi incelenmiştir.

## GİRİŞ

Termal kameralar, mutlak sıfırın üzerinde bir sıcaklığa sahip tüm nesnelerin yaydığı kızılötesi radyasyonu (veya termal radyasyonu) yakalayan pasif sensörler<sup>1</sup> ve bu kızılötesi radyasyona göre renk ve şekiller ile görüntünün genel yapısının oluşturulduğu görüntüleme sistemleridir<sup>2</sup>. Kızılötesi radyasyon, 0,7-1,000 µm dalga boyu spektrumu içindeki görünür ışık ve mikrodalgalar arasında yer almaktadır ve birkaç spektral bölgeye ayrılabilir. Farklı bilimsel alanlar için farklı kızılötesi alt bölüm şemaları olmasının yanında genel bir şema Tablo 1'de verilmiştir. Ancak, 5 - 8 µm aralığında ve 14 µm üzerinde bulunan büyük atmosferik iletim boşluğu nedeniyle termal kameralar bu bantta hassas değildirler<sup>1</sup>.

Tablo 1. Kızılötesi alt bölümleri<sup>1</sup>

Alt bölüm adı	Kısaltma	Dalgaboyu (µm)
Yakın-kızılötesi	NIR	0,7 – 1,4
Kısa-dalgaboyu kızılötesi	SWIR	1,4 – 3
Orta-dalgaboyu kızılötesi	MWIR	3 – 8
Uzun-dalgaboyu kızılötesi	LWIR	8 – 15
Uzak kızılötesi	FIR	15 – 1000

Termal kameralar sanayinin çeşitli sektörlerinde farklı amaçlarla kullanılmalarının yanı sıra<sup>1</sup> savunma sanayinde özellikle sınır ve liman güvenliği ve karargâhların ve askeri bölgelerin korunması için kullanılmaktadır<sup>3</sup>. Askeri uygulamalar kapsamında literatürde silah ateşinin tespiti, yer belirleme sistemleri, mayın araştırmaları, keskin nişancı tespiti gibi konularda çalışmalar bulunmaktadır<sup>1</sup>. Askeri amaçla kullanılan termal kameralar, ortamda bulunan cisimlerin IR enerjilerini termal veya uzak infrared olarak bilinen 3-5 µm ve 8-14 µm dalgaboylarında görüntülenmesi ile çalışır<sup>4</sup>. Termal kamera sensörlerini görüş sistemlerine yerleştirmek normal gri tonlamalı ve RGB kameraların aydınlatma sorunlarını ortadan kaldırmaktadır<sup>1</sup>. Arazi koşullarında, ortamda bulunan asker ile çevresi arasında sıcaklık ve ısı enerjileri farkı vardır. Bu fark, elektro optik termal görüntüleme gözle fark edilememesine rağmen yayılan ısı enerjisi yoluyla görüntülenmesini sağlar.

Dokunsal, termal ve psikolojik olmak üzere üç temel bileşenden oluşan konforun bu çalışmada termal bileşeni incelenmiştir. Termal konfor, Amerikan Isıtma Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği (ASHRAE) 55-66 Standardı tarafından "termal ortamdan memnuniyeti ifade eden ruh hali" olarak tanımlanmıştır. Aynı zamanda "rahat bir termal ve ıslaklık durumuna ulaşılması; ısı ve nemin bir kumaştan taşınmasını içerir" şeklinde de tanımlanır. İnsanlar sıcaklıktan memnun olmak için kıyafet giymek veya çıkarmak zorunda kalmadıklarında bu tür rahatlığa ulaşırlar. Konforun bu yönü askeri giysiler için özellikle önemli hale gelir ve askeri personel görevleri sırasında birkaç farklı termal ortama maruz kaldığı için elde edilmesi çok zordur. Fanger, hava sıcaklığı, ortalama radyan (ışınım) sıcaklığı, bağıl hava hızı, ortam havasındaki su buharı basıncı, aktivite seviyesi (ısı üretimi) ve giysilerin ısı direnci olmak üzere termal konforun durumunu etkileyen altı değişken tanımlamıştır. Giysilerin termal konfor üzerindeki etkisi temel olarak kumaşın fiziksel özellikleri, vücut ve kumaş (veya kumaşların kendileri) arasındaki hava boşlukları ve hava ortamının özellikleri gibi faktörlere bağlıdır<sup>5</sup>.

- SERGİN, Evren (0000-0002-9954-0394)
- KARAKAYA, Serhat (0000-0001-6939-5467)
- KARAKAYA SEÇİM, Pelin (0000-0002-6388-6991)



## DENEYSEL

### Malzeme

#### Kumaşlar:

Dış katman kumaşı (kara ve deniz): Kamufraj, dokuma kumaş, %65/%35 CO/PES, 220 g/m<sup>2</sup>.

Ara katman kumaşı (kara): Isı-nem bariyeri, elyaf dolgu, %100 PES.

Ara katman kumaşı (deniz): Isı-nem bariyeri, Mikro-gözenekli membran lamine edilmiş dokusuz yüzey.

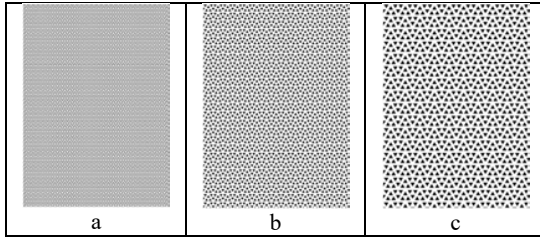
İç katman kumaşı (kara ve deniz): Astar, dokuma kumaş, %100 PES, 58 g/m<sup>2</sup>.

*Etken maddeler:* Gümüş nanopartikül (Elsö Kimya), hidrofil aerojel (Ömer Lütfü Özgül).

### Yöntem

Dış katman kumaşlarının zemin renginde boyanması çektirme yöntemine göre HT boyama makinesinde, dış katman kumaşlarına kamufraj desenlerinin basılması ve iç katman kumaşına Şekil 1’de verilen desenlere göre etken maddelerin aktarılması rotasyon baskı makinesinde gerçekleştirilmiştir.

Dış, ara ve iç katman kumaşları kapitone işlemiyle birleştirilerek kara ve deniz kamufraj sistemleri oluşturulmuş ve Tablo 2’deki gibi kodlanmıştır. Kara ve deniz kamufraj elbiseleri elde edilmiştir.



Şekil 1. İç katman kumaşının modifiye işlemlerinde kullanılan küçük (a) orta (b) ve büyük (c) ölçekli desenler

### DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Kamufraj sistemleri, hava geçirgenliği özelliklerinin belirlenmesi amacıyla TS 391 EN ISO 9237 standardına göre, iletim yoluyla ısı direnç ve su buharı direnci özelliklerinin belirlenmesi amacıyla TS EN ISO 11092 standardına göre test edilmiştir.

Dış katman kumaşları, yaş ve kuru sürtme haslıklarının belirlenmesi amacıyla TS EN ISO 105-X12 standardına göre test edilmiştir.

Deniz kamufraj desenli dış katman kumaşı, su iticilik özelliğinin belirlenmesi amacıyla yıkama öncesinde ve 20 yıkama sonrasında TS EN ISO 4920 standardına göre test edilmiştir. Yıkama işlemi TS EN ISO 6330 standardına göre yapılmıştır.

Tablo 2. Kamufraj sistemlerinin kodlanması

Kumaş Kodu	Açıklama
BK	İç katmanı modifiye edilmemiş kara kamufraj sistemi
BD	İç katmanı modifiye edilmemiş deniz kamufraj sistemi
3AGKK	İç katmanı %3 gümüş nanopartikül ve küçük ölçekli desen kullanılarak modifiye edilen kara kamufraj sistemi
3AGKO	İç katmanı %3 gümüş nanopartikül ve orta ölçekli desen kullanılarak modifiye edilen kara kamufraj sistemi
3AGKB	İç katmanı %3 gümüş nanopartikül ve büyük ölçekli desen kullanılarak modifiye edilen kara kamufraj sistemi
3AGDK	İç katmanı %3 gümüş nanopartikül ve küçük ölçekli desen kullanılarak modifiye edilen deniz kamufraj sistemi
3AGDO	İç katmanı %3 gümüş nanopartikül ve orta ölçekli desen kullanılarak modifiye edilen deniz kamufraj sistemi
3AGDB	İç katmanı %3 gümüş nanopartikül ve büyük ölçekli desen kullanılarak modifiye edilen deniz kamufraj sistemi
5HAKK	İç katmanı %5 hidrofil aerojel ve küçük ölçekli desen kullanılarak modifiye edilen kara kamufraj sistemi
5HAKO	İç katmanı %5 hidrofil aerojel ve orta ölçekli desen kullanılarak modifiye edilen kara kamufraj sistemi
5HAKB	İç katmanı %5 hidrofil aerojel ve büyük ölçekli desen kullanılarak modifiye edilen kara kamufraj sistemi
5HADK	İç katmanı %5 hidrofil aerojel ve küçük ölçekli desen kullanılarak modifiye edilen deniz kamufraj sistemi
5HADO	İç katmanı %5 hidrofil aerojel ve orta ölçekli desen kullanılarak modifiye edilen deniz kamufraj sistemi
5HADB	İç katmanı %5 hidrofil aerojel ve büyük ölçekli desen kullanılarak modifiye edilen deniz kamufraj sistemi

Tablo 3’te verilen hava geçirgenliği test sonuçları incelendiğinde, modifiye işlemi yapılmadığı durumda BK’nın hava geçirgenliğinin BD’den 12 kat daha fazla olduğu ve genel olarak elyaf dolgunun, membran lamine edilmiş dokusuz yüzeylere göre daha fazla hava geçirgenliğine sahip olduğu görülmektedir. Desen boyutunun hava geçirgenliği üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı, gümüş ve hidrofil aerojel ile modifiye edilmiş kumaşların işlemsiz kumaşlara kıyasla bir miktar hava geçirgenliğini azalttığı tespit edilmiştir.

Kamufraj sistemlerinde karşılanması istenen hava geçirgenliği değeri yaklaşık 20 mm/s'dir. Çalışmada geliştirilen kara kuvvetleri yapıları bu değer in üstündeyken, deniz kuvvetleri yapıları bu istemi karşılayamamıştır. Su buharı direnci sonuçları incelendiğinde, elyaf dolgu ve membran lamine edilmiş dokusuz yüzeylerle oluşturulmuş kamufraj sistemlerin, gümüş ve hidrof il aerojel modifiye edilmiş versiyonlarında anlamlı bir değişiklik gözlenmemiştir.

Isıl direnç test sonuçları incelendiğinde, modifiye işlemi yapılmadığı durumda BK'nın ısı direncinin BD'den %70 daha fazla olduğu görülmektedir. Genel olarak kara kamufraj yapısının deniz kamufraj yapısından daha yüksek ısı direnç değerine sahip olduğu, gümüş ve hidrof il aerojel modifiyeli sistemlerin arasında anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Giysi yalıtımı test sonuçları incelendiğinde, geliştirilen kara kamufraj yapıları 21 °C'lik ortam sıcaklığındaki termal dengeyi sağladığı (1 clo), hidrof il aerojel modifiyeli deniz kamufraj yapılarının yazlık giysiler için uygun olduğu (0,6 clo) ve gümüş modifiyeli deniz kamufraj yapılarının çıplak vücut ile yazlık giysiler için uygunluk aralığında (0 – 0,6 clo) olduğu<sup>6,7</sup> bulunmuştur.

Tablo 3. Kamufraj sistemlerinin hava geçirgenliği, su buharı direnci, ısı direnç ve giysi yalıtımı değerleri

Kumaş Kodu	Hava Geç. (mm/s)	Su Buharı Direnci (m <sup>2</sup> Pa/W)	Isıl Direnç (m <sup>2</sup> K/W)	Giysi Yalıtımı (clo)
BK	59,44	14,91	0,1523	0,98
BD	6,05	11,50	0,0894	0,58
3AGKK	51,18	14,16	0,1549	1,00
3AGKO	50,13	14,29	0,1501	0,96
3AGKB	49,91	13,20	0,1480	0,95
3AGDK	5,87	12,77	0,0847	0,55
3AGDO	5,40	12,21	0,0800	0,52
3AGDB	5,22	13,50	0,0723	0,47
5HAKK	56,20	14,90	0,1646	1,06
5HAKO	54,29	14,35	0,1675	1,08
5HAKB	53,56	13,88	0,1599	1,03
5HADK	5,46	11,60	0,1100	0,71
5HADO	5,21	12,01	0,1054	0,68
5HADB	5,02	11,15	0,098	0,63

Tablo 4'te sürtme haslığı test sonuçları ve Tablo 5'te su iticilik test sonuçları verilmiştir.

Tablo 4. Dış katman kumaşlarının sürtme haslığı değerleri

Kamufraj Deseni	Kuru Sürtme	Yaş Sürtme
Kara	4/5	4
Deniz	4/5	4

Tablo 5. Deniz kamufraj deseni dış katman kumaşının su iticilik değerleri

Kumaş	Su İticilik Değeri
Yıkama öncesi	5
20 yıkama sonrası	3

### GENEL SONUÇLAR

Kara ve deniz kamufraj elbiseleri, termal kamufraj özelliğinin değerlendirilmesi amacıyla termal silah dürbünü (ASELSAN) ve ekran (Fortinge) kullanılarak Foça Jandarma Komando Okulu ve Eğitim Merkezi Komutanlığı'nda test edilmiştir.



Şekil 2. Ayakta (sol) ve çömelme (sağ) durumunda sol. jandarma kamufrajı giymiş asker ve sağ. jandarma kamufrajı üzerine kara kamufraj elbisesi giymiş asker



Şekil 3. Ayakta (üst) ve çömelme (alt) durumunda sol. jandarma kamufrajı giymiş asker ve sağ. jandarma kamufrajı üzerine deniz kamufraj elbisesi giymiş asker

Şekil 2 ve Şekil 3'te verilen termal kamufraj sonuçları incelendiğinde, kamufraj ve deniz kamufraj elbisesi termal kamerada tespit imkanını azaltarak termal kamufraj sağladığı görülmüştür.

### SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Termal kameralara karşı koruma sağlayan ve iyi termofizyolojik konfor özelliklerine sahip kamufraj yapılarının geliştirilmesi amacıyla farklı konstrüksiyonlarda ve farklı etken maddeler ile

çalışmalarımız devam etmektedir. Personel kıyafetinin yanı sıra araç ve ekipman gizleme sistemleri için de benzer yapıların kullanılarak ürün geliştirme çalışmalarımız devam etmektedir.

#### **TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI**

Termal kamuflaj özelliğinin değerlendirilmesindeki katkılarından dolayı Foça Jandarma Komando Okulu ve Eğitim Merkezi Komutanlığı'na teşekkür ederiz. Çalışma, Batı Basma Sanayi A.Ş. özkaynakları ile gerçekleştirilmiştir.

#### **KAYNAKLAR**

1. Gade, R., Moeslund, T. B. 2014. "Thermal cameras and applications: A survey". *Machine vision and applications*, 25(1), 245-262.
2. Çalışan M. 2013. "Termal kamera görüntülerinin iyileştirilmesi". Yüksek Lisans Tezi. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
3. Çelik, G., Sabuncuoğlu, İ. (2007). "Simulation modelling and analysis of a border security system". *European journal of operational research*, 180(3), 1394–1410.
4. Horrocks, A. R., Anand, S. C. 2000. *Handbook of technical textiles*. England: Woodhead Publishing Limited.
5. Udayraj, Talukdar, P., Das, A., Alagirusamy, R. 2016. "Heat and mass transfer through thermal protective clothing: A review". *International journal of thermal sciences*, 106, 32-56.
6. Švecová, J., Havelka, A., Nagy, L. 2017. "Measurement of physiological properties of military clothing in simulation of climatic conditions in selected areas of the world". *Fibres and textiles*, 24, 3-8.
7. Švecová, J., Strohmndl, J., Fišer, J., Toma, R., Hajna, P., Havelka, A. 2019. "A comparison of methods for measuring thermal insulation of military clothing". *Journal of industrial textiles*, 1528083719886559.

# Optimization of Various Mechanical Properties of Designed and Produced Cord Yarns According to MIL - 5040 (NATO) Standards for Paratrooper Elite Commandos of T.S.K Air Forces

TURŞUCULAR. Ömer Fırat, PhD. Candidate<sup>1</sup>, TEMESGEN, Alhayat Getu. PhD. Candidate<sup>1</sup>, ULCA Y, Yusuf. Prof. Dr.<sup>1</sup>

TURŞUCULAR. Elif Dicle. MSc Student<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Department of Textile Engineering, Institute of Science1, T.C Bursa Uludağ University / Bursa / TURKEY

<sup>2</sup>Department of Mechanical Engineering, Institute of Science2, T.C Süleyman Demirel University / Isparta / TURKEY

[omerfirattursucular@gmail.com](mailto:omerfirattursucular@gmail.com) / [eliftursucular@gmail.com](mailto:eliftursucular@gmail.com)

## PURPOSE

For the paratrooper elite commandos of the T.S.K air force; Cord yarn samples were designed and produced by using various core yarn types and keeping the sheath yarns with constant. In additional, considered technical design parameters of cord yarns were chosen such as high specific tensile strength, low density (Lightness), optimum elasticity, maximum domestic and national raw material resources and economic (Performance/cost). They were subjected some basic mechanical tests.

First stage (Raw materials): there had some yarns of braiding structures. They were divided into two as core (Center) and sheath yarns for braiding manufacturing process. The core (Center) yarns were; HT PET, LCP PES (TLCP), UHMWPE and Para aramid structured high quality (Technical) performance yarns were used. As the sheath yarns were; HT PET conventional yarns were used in braiding manufacturing process.

Second stage (Production): As the production method, they are in the form of 3-D cylinder geometry in braiding (Tres - braided) structures, 45° angle (For maximum axial and radial strength values), with core (Center) yarns (x1) feeding (x16) (F<sub>s</sub> = to benefit from the friction force) were produced. Braiding construction was made of main braiding construction as " Kernmante " structure and also braid part was made in diamond (1x1) - (Plain weave) construction.

Third stage (Quality control tests): As various mechanical tests; thickness, weight and tensile strength tests were carried out.

## INTRODUCTION

In this scope: Technical internal structure details of designed cord yarns for Turkish air force paratrooper elite commandos were presented in tables.

Nowadays; each country (Like Turkey) aims to produce various defense industry products by using its own resources at the maximum rate against both internal and external forces in line with its national goals and it is designed and produced within its possibilities, and if successful, it is included in the inventory.

Technical design criterias with MIL - 5040 standards due to yarn type, yarn structure, center yarn number, braid yarn number, braiding construction, braiding diameter (mm), breaking force (kg - lbs), weight (g/m) as " Paracord " as " Military " class protection levels were specified.

**Table 1.** MIL - 5040 (Paracord) military grade protection level standards

Protection Level	Type of yarn	Yarn structure	Number of core (Center) yarn	Number of braid yarn	Braiding Construction	Braiding diameter (mm)	Weight (g/m)	Breaking Force (kg-lbs)
P.C 100 Type - 1	%100 P.A + H.Q .C.Y	S.L	1	16	Kernmante	1.9	1.42	45-100
P.C 275	H.Q .C.Y + PA	D.L	5	16	Kernmante	2.4	Unkown	125-275
P.C 325	H.Q .C.Y + PA	D.L	+5	16	Kernmante	3	Unkown	147.7 - 325

P.C 425 Type -2	T.I	D.L	3	16	Kern mante	3	Unk now n	192- 425
P.C 550 Type -3	T.Y	D.L	7	32	Kern mante	4	Unk now n	247- 550
P.C 650	H.Q .C. Y + PA	D.L	4	32	Kern mante	4.3	Unk now n	295- 650
P.C 750 Type 4	T.Y	Unk now n	Unk now n	Unk now n	Kern mante	Unk now n	Unk now n	Unk now n
P.C 1250 Type 5	T.Y	Unk now n	Unk now n	Unk now n	Kern mante	6	25	566 - 125 7.7
P.C Max	H.Q .C. Y + (P + PP)	Unk now n	Unk now n	32	Kern mante	6	Unk now n	Unk now n

\*P.C = Paracord, H.Q.C.Y = High quality conventional yarns, T.Y = Technical yarns, S.L = Single layer, D.L = Double layer

(<https://www.paracord.eu/paracord/paracord-550>  
Latest Access date: 03 January 2021)<sup>1</sup>.

In Kasyanov's research<sup>2</sup>; Which yarns are used as textile raw materials of cord yarns in parachute systems, their usage areas, their contribution to technical features as cord yarn in parachute systems and their fatigue behavior have been mentioned. According to these; they have been stated that the packaging times last between 6 and 12 months. They have been reported that the fatigue behavior of cord yarns in parachute systems made for military purposes is especially important and they get tired faster because they have to withstand hundreds of repeated jumps. In addition, they were mentioned that the cord yarns in the produced parachute systems should be resistant to how many jumps. He has also emphasized that for example; a cord yarn based on UHMWPE that it can withstand 200 jumps in a desert environment, which is considered to be heavy abrasion conditions, it can withstand 800-1200 jumps in a grassy environment because the environment is very effective on fatigue behavior. Moreover: moderate abrasion conditions accepted. They have been emphasized that they can resist to conventional PES (HT PET) 800 jumps, UHMWPE 600 jumps, and LCP PES 400 jumps. As raw materials have been used in the form of yarns which have multifilament structures, Especially high modulus; He has stated that they have been used UHMWPE, conventional HT PET, LCP PES and Pararamid structured yarns.

In Grishanov's research<sup>3</sup>; Polyester (PES), It was stated that it was a main member in the synthetic polymer group because it was synthesized from non-natural polymers. Although the PES polymer group has many types, it was reported that it basically contained COO-ester functional groups and was produced by polycondensation reaction. It was emphasized that the most common type as PES was PET. It was stated that ethylene diglycol and terephthalic acid were produced by polycondensation under 290 °C and 400 kPa pressure conditions. He also stated that PET was a thermoplastic polymer and as a result it can be remelted, reshaped and recycled. As a result of these; continuous polymerization, polymers were produced in the form of granules (Powders) and they were desired to reduce the moisture content by drying at 170 °C and thus prevent possible hydrolysis, afterwards the granules were melted in extruders at 265 °C-290 °C intervals and ejected from nozzles with pressure, they were solidified by cooling in the air environment in the cooling zone and pulled at a speed of 4000 m/min with a T<sub>g</sub> temperature above 69 °C to improve the orientation and mechanical properties of PET and wrapping into empty bobbins were reported. It was emphasized that PET consisted of amorphous and crystalline regions. Tensile (Breaking) strength values were varied depending on the production process parameters. Tensile (Breaking) strength was 85 cN/tex and 7 % elongation at break for high tensile strength and low percent elongation values. Unlike tensile (Breaking) strength was 26 cN/tex and 40 % elongation at break for low tensile (breaking) strength and high percent elongation. It was reported that it can be produced in batch type for blending with cotton and can be produced in yarn counts of 0.13-0.33 tex and lengths of 38 - 60 mm. Moreover: in wool blends; it was also reported that it can be produced in 0.33-0.67 tex yarn count and 80-100 mm. It also had a tendency to pilling due to its low moisture content, electricity storage ability. It was more resistant to acids than bases and organic solvents but the strength was negatively affected at high concentrations. They were reported that its amorphous regions have very high crystalline and dense structures due to the presence of benzene rings that they provided rigidity, and they were dyed with azo and vat based on dyes with low molecular weight up to 140 °C at high pressures.

In Chen's research<sup>4</sup>; It was stated that the efforts to understand the relationship between its processing, mechanical properties and structures industrial scale PET yarns were revealed as a result of studies carried out over the last 40 years. Industrial scale usage areas of PET yarns were; automotive safety, engineering reinforcement material, geotextile and geogrid materials, rope material in the marine industry, conveyor belts and rubber materials. Also these various usage areas varied on tensile (Breaking) strength, elasticity modulus, percent rupture elongation and creep (Permanent elongation) values. They were reported as difference. It was emphasized that the orientation and crystallinity of the amorphous and crystalline regions had a serious effect on various parameters in the tensile strength test according to various its usage areas. It was also reported that HT PET had 0.8 times less amorphous orientation than conventional PET. In addition, it was reported that HT PET had higher tensile strength values. Moreover, its orientation of amorphous and crystal regions increased tensile strength and especially crystal orientation increasing elasticity modulus. The mechanical properties of HT PET yarn had 1100 dtex as yarn count, 320 filament as filament number was reported that it was 8.23 cN/dtex, elasticity modulus 92.48 cN/dtex, maximum breaking elongation 10.7 %, creep (Permanent elongation) 6.75 %.

In Zeng's research<sup>5</sup>; LCP PES (TLCP), Thermotropic liquid crystalline polymers were mentioned. They were reported that scientific researchs were increased in recent years due to its excellent mechanical properties, good dimensional stability and very good chemical resistance. It was emphasized that hydroxybenzoic acid (HBA) and 6-hydroxy-2-naphthoic acid (HNA) were synthesized by dissolving in 73/27 molar ratio with transesterification reaction by the Kuraray and Celanese companies. It was also been stated that it can be spun with high tensile breaking strength and high modulus. It was also emphasized that it had very high moisture, chemical and abrasion resistance.

In Patil's research<sup>6</sup>; UHMWPE, it was emphasized like these; extremely highly oriented polymer chains with an orthorhombic crystal lattice crystal lamella structure and very long. Therefore it had  $(3.5-6) \times 10^6$  g/mol molecular weight consisting of ethylene monomer with a very high level of cross-linked ((Crystallinity) + 90%). It had also a high performance polymer that it which had thermoplastic, aliphatic structure, straight chain linear, semi-crystalline structure and melting at 130°C - 136 °C. It was reported that it can be produced by drawing at very high exposure rates with the gel extrusion method. It

was indicated to be a high performance polymer type due to its high biocompatibility, chemically inert, low coefficient of friction and a tensile strength value of 43.2 MPa.

In Jassal's research<sup>7</sup>; Para aramid, they were reported on technical detailed informations with chemical structures, production methods, various technical features and usage areas of aramid yarns. They were stated that the aramid structures had long chain synthetic polymer structures and that they were attached to benzene with two aromatic rings by amide bonds at least 85 %. They were reported that they were consisted of lyotropic liquid crystalline structures and aramid yarns were getting serious importance. They were also discovered by Kwolek. They were produced with dry jet wet spinning process and the importance of the prepared para aramid dope solutions due to their concentration, the type of solvent, the applied temperature and the air gap distance required for orientation were also emphasized. They were mentioned that they had 1 cm air gap. They were stated that they weren't affected by organic and inorganic solvents. They had high dimensional stability and begin to degrade above 500 °C. They were reported that the tensile strength was 1.5 - 5 GPa, the modulus of elasticity was 200 - 500 GPa and the percentage (%) elongation at break was 1.5 - 4 technical datas on mechanical properties of para aramids.

In Kamiya's research<sup>8</sup>; Braiding textile structures and composites were reported that they have to be highly depending on the design of the composite structural components and the loading conditions in the end-use area as basic technical parameters in textile structural composite materials. They were emphasized that their had continuous mono or multi filament yarns, matrix properties, volume ratio in all and specific directions, preform structure, yarn orientation and shape.

In Bilişik's research<sup>9</sup>; Usage areas of textile structural composites were mentioned. Classification of 2D and 3D structured braiding structures were explained in technical details and formation mechanisms and advantages and disadvantages compared to each other. He emphasized that they had in 3D structured braiding textile structures. The braid yarns were formed by passing through each other and forming a 45° angle with the axial yarn fed from the core (Center). They were stated that the minimum compression caused the width of the unit cell structure to decrease. Conversely, the maximum compression caused the width of the unit cell structure to increase. It was reported that the

decrease in the width of the unit cell structure was the highest at 1x1 compared to 2x1, 3x1 and 4x1. It was also emphasized that minimum compression increased the density. Conversely, maximum compression decreased the density.

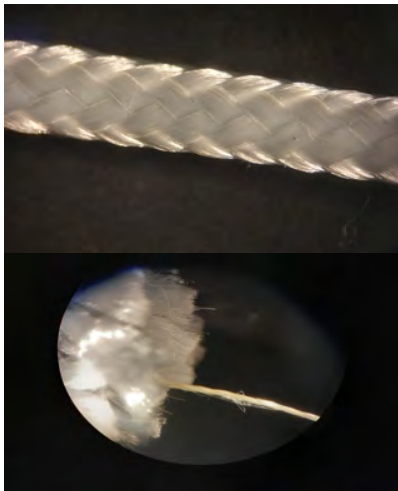
In Macander 's research<sup>10</sup>; It was reported that braiding construction had a significant effect on the tensile (Breaking) strength. It was reported that change of the braiding construction from 1x1 to 1x3 decreased the braiding orientation angle and as a result of these tensile strength in the axial direction increased. It was reported that the size of the filament bundle increased with its increasing. It was stated that the tensile strength and elasticity modulus of braiding composites were higher than 0/90° laminated woven fabric reinforced composite material structures but the poisson's ratio was higher and this was a disadvantage.

## EXPERIMENTAL

### Material

HT PET, LCP PES (TLCP), UHMWPE and Para aramid high performance (Technical) yarns were used as core (Center) yarn.

HT PET conventional yarn was used as cover (Sheath) yarn.



**Figure 1.** Optical microscope image of Kernmante braiding construction (x35)

This scope of work; the technical design criterias of designed cord yarn materials for the paratrooper elite commandos of the Turkish Air Force were as follows; High specific tensile strength values, high modulus of elasticity, establishing a general association between tensile and fatigue strengths ( $\sigma_{\text{tensile}} / 2 = \sigma_{\text{fatigue}}$  acceptance - (for brittle materials)), high UV

resistance, high abrasion resistance, high shear (shear) resistance, capacity to withstand sudden shocks and number of repeatability, lack or minimum water absorption, high chemical resistance, the absence or minimum level of permanent elongation (Creep) values, maximum number of cord yarn, maximum number of layers ( $F_s$  = to increase the friction force),

multifilament which had maximum number of filaments (For high fatigue strength), low density (Lightness) - (For easy portability), a certain amount of elasticity, maximum use of domestic and national raw materials, manufacturability feature in metallic materials in braiding (Tres - braided) machines like these based on technical parameters were designed.

### Method

Samples; they were produced by using high performance yarns (Technical yarns) which had an average yarn count of 1670 dtex and high filament number in multifilament.

As the production method, the braiding (Tres - braided) production method was used for the production in tube form.

Core yarn types, yarn counts (dtex), 3-D cylinder geometry, single layer structure, 16 braid yarn, core (Center) yarn, 45° braid angle, kernmante of braiding main construction for using braiding structures. Braid construction; diamond (1x1) braiding (Tres - braided) constructions were produced.

Afterwards, it was subjected to various mechanical tests in the Physical Quality Control Laboratory of at T.C B.U.Ü. Thickness (TS 7128 EN ISO 5084), weight (TSE 251, EN ISO 3801) and tensile (Breaking) strength (ASTM D638-14, ISO 527-2) tests were applied.

In additional: produced braiding cord yarns; according to MIL 5040 standards were categorized according to maximum breaking force (N), thickness (mm), weight (g/m), yarn type, yarn structure, number of braids and braiding construction.

## EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSIONS

Technical design criterias of cord yarns, according to MIL - 5040 standards; due to their yarn types, yarn structures, center and braid yarn numbers, braiding constructions, braiding diameters (mm), breaking forces (N/kg-lbs), weights (g/m) as ‘‘ Paracord ‘‘ as ‘‘ Military ‘‘ class protection levels were specified.

- TURŞUCULAR, Ömer Fırat. PhD. Candidate. (0000-0003-1162-0742)
- TEMESGEN, Alhayat Getu. PhD. Candidate. (0000-0001-7841-2281)
- ULCAY, Yusuf. Prof. Dr. (0000-0001-6685-8278)
- TURŞUCULAR, Elif Dicle. MSc Student. (0000-0001-9339-2688)

**Table 2.** Technical information of cord yarn samples

Sample codes	Type of yarn in braiding textile structure	Type of yarn	Structure of yarn	Number of Braid	Yarn count (dtx)	Twist number of yarn (Round/m)
1a	Core	Para Aramid	Single layer	16	830	No Twist -0
2a	Core	Para Aramid	Single layer	16	1670	No Twist -0
3a	Core	Para Aramid	Single layer	16	445	No Twist -0
4a	Core	Para Aramid	Single layer	16	1580	No Twist -0
5a	Core	Meta + Para Aramid	Single layer	16	1670	No Twist -0
6a	Core	UHMW PE	Single layer	16	445	No Twist -0
7a	Core	UHMW PE	Single layer	16	890	No Twist -0
8a	Core	HT PET	Single layer	16	1670	No Twist -0
9a	Core	LCP PES (TLCP)	Single layer	16	1670	No Twist -0
a	Sheath	HT PET	Single layer	16	1670	No Twist -0

**Table 3.** Technical information of various mechanical and nato test results of cord yarn samples

Samples	Maximum breaking force (N / kg - lb)	Percent elongation at break (%)	Breaking time (sec)	Thickness (mm)	Weight (g/m)
1 _ A.M	702.055/71.565-157.772	18.47	44.35	1.342	3.641
2 _ A.M	689.599/70.333-155.056	15.66	37.57	1.319	3.851
3 _ A.M	601.968/61.362-135.279	16.27	32.63	1.335	3.588
4 _ A.M	606.989/61.874-136.407	13.35	32.05	1.351	3.580
5 _ A.M	578.615/58.982-130.031	12.19	29.25	1.327	3.428

6 _ A.M	550.371/56.103-123.685	11.44	27.45	1.229	3.421
7 _ A.M	516.621/52.662-116.099	11.21	26.90	1.274	3.243
8 _ A.M	453.488/46.227-101.912	9.36	22.47	1.241	3.680
9 _ A.M	461.065/46.999-103.614	9.99	23.98	1.298	3.600
MIL 5040 Standard Type - Paracord 100 Type - 1	441.45/45-100	Unknown	Unknown	1.900	1.420

## CONCLUSIONS

According to the results of various mechanical tests of produced cord yarns samples; they were observed that all of the samples produced in 9 different variations comply with the MIL 5040 standard was suitable for Paracord 100 type - 1, except for the weight values. (Applies to moderate wear conditions). Due to their low diameter values up to the required limit (1.9 mm), they can be thought that mechanical results can be obtained in much better categories by feeding technical textile yarns with thick yarn counts (dtx) which have multifilament structures and twisted.

They were concluded that types of conventional yarn (HT PET yarns) which were the raw materials as used in sheath yarns could also be produced products for acceptable in the high value-added protective technical textile category in terms of domestic and national production machines, their costs were very low and they were utilized at the maximum rate.

In additional, to get results over mechanical properties of paracord 100 types - 1, they could be obtained by using raw materials sourced from technical yarns mostly produced by foreigners today. As a result of study; they were also important to emphasize that the need to establish the infrastructure for the domestic and national producibility of higher quality technical yarns as raw materials.

## SUGGESTIONS FOR FURTHER WORK

In order to increase the mechanical performance values in the future studies about this subject; the number of core (Central) yarns should be increased, the (Center) yarn type should be chosen from the technical yarns, the braiding construction should be diversified, the domestic and national manufacturability infrastructure of technical yarns should be prepared as soon as possible and R&D studies should be carried out, they can be combined with certain amounts of twist and angle, for cord yarns; technical information about creep (permanent elongation) and fatigue behaviors should be acquired



through tests in accordance with world standards, and according to the result of this, it should be learned and compared theoretically (Predictive) and experimental with the approach theorems that it can resist to how many jumps, sheath yarns should be able to be covered with thin film layer coating materials that they can withstand high pressures and cold, for HT PET sheath yarns, higher mechanical results and creep (Permanent elongation) values should be obtained as a result of coating based on PVC or acrylic chemicals, various chemical solutions that they can increase the  $F_s$  friction force between layers should be impregnated in padding, washed, dried and fixed flow processing (Pad – batch process), coated with carbon black in order to increase the abrasion, shear (Shear) strength and not to be damaged in contact with the soldier's hand, and the abrasion and shear strength should be increased, in order to increase the UV resistance, various mechanical performance values should be increased by coating based on aliphatic polyurethane or acrylic chemicals.

#### **ACKNOWLEDGEMENTS/SOURCES OF FUNDING**

We would like to thank to Durak Tekstil A.Ş in Bursa for supplied of UHMWPE and Para Aramid yarns.

We would like to thank to company that it doesn't want to be mentioned in Kocaeli for supplied of HT PET yarns.

Required production machines for our braiding (Tres - braided) productions are available and they give permission to work; we would like to thank to Bağcı Fiber and Garment Materials Construction Industry and Trade Limited Company in Bursa and to Mr. Fedahi Kılıçay who is the chief production officer.

We would like to thank to MSc. Eng. Mehmet Tiritioğlu who is physical quality control laboratory officer of department of Textile Engineering at T.C B.U.Ü in Bursa for tensile (Tensile) strength tests.

#### **LITERATURE**

<https://www.paracord.eu/paracord/paracord-550>

Latest Access date: 21 December 2020.

Kasyanov, V. A. Szafran K., Goncharenko A., Shipitiak T. 2013. "Entropy Paradigm in the theory of Hierarchical Active Systems. Elements of Conflict Theory", Transaction of the Institute of Aviation, 5–6, 232–233.

S. Grishanov. 2011. Structure and properties of textile materials. Cornwall, UK: Handbook of Textile and Industrial Dyeing. 115–128.

Chen, K. Yu, J. Liu, Y. Song, M. Jiang, Q. Ji, H. Zou, J. Zhanga, Y. Wanga, H. 2018. "Creep deformation and its correspondence to the microstructure of different polyester industrial yarns at room temperature". Polym Int 2019, 68, 555–563.

Zeng, L. Ruosong, L. Chen, P. Jianjun, X. Pengging, L. 2016. "Synthesis and characterization of thermotropic liquid crystalline polyarylate with ether ether ketone segments in the main chain", Journal of Applied Polymer Science. 1–8.

Patil, N, A. Njuguna, J. Kandasubramanian, B. 2020. "UHMWPE for biomedical applications: Performance and functionalization", European Polymer Journal, 125 (2020), 109529.

Jassal, M. Ghosh, S. 2001. "Aramid fibers – an overview", Indian Journal of Fibre and Textile Research, 27, 290-306.

Kamiya, R. Cheeseman, B. A. Popper, P. 2000. "Some recent advances in the fabrication and design of three dimensional textile preforms: a review", Compos Sci Technol, 60, 33–47.

Bilisik, K. 2011. "Three dimensional (3D) axial braided preforms: experimental determination of effects of structure-process parameters on unit cell". Textil Res J, 81, 2095–2116.

Macander, A. B. Crane, R. M. Camponaschi, E. T. Jr. 1984. "The fabrication, processing and characterization of multidimensionally braided graphite/epoxy composite materials". David Taylor Naval Ship Research and Development Centre, DTNSRDC/SME, 84-66.

# Savunma Araçlarındaki Dış Trim Malzemelerinin Parlaklık (Gloss) Özellikleri

YILDIRIM, Fatma Filiz<sup>1</sup>, SEZER HİÇYILMAZ, Ayşe<sup>1</sup>, OGAN, Nejdet<sup>1</sup>, YILDIRIM, Kenan<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>TÜBİTAK BUTAL, <sup>2</sup>BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ Polimer Malzeme Mühendisliği  
[filiz.yildirim@tubitak.gov.tr](mailto:filiz.yildirim@tubitak.gov.tr)

## AMAÇLAR

Bu çalışmanın amacı, savunma ve otomotiv araçlarında yaygın olarak kullanılan PMMA, ABS ve ASA polimerlerine standartlara uygun doğal yaşlandırma ve Ksenon ark ve UV-floresan olmak üzere iki farklı hızlandırılmış yaşlandırma uygulayarak, bunların parlaklık (gloss) özellikleri üzerindeki etkilerini karşılaştırmalı olarak analiz etmektir. Ayrıca bu malzemelerin kullanım özelliklerini koruyarak kullanılabilirliği kullanım ömrünü öngörebilmek için hızlandırılmış yaşlandırma ile doğal yaşlandırma arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktır.

## GİRİŞ

Savunma araçlarının dikiz ayna gövdesi, ön far ve arka far lensleri plastik malzemelerden üretilmektedir. Arka far lenslerinin üretiminde işleme kolay ve maliyeti düşük, dış ortam şartlarına dayanıklı, yüksek transparanlık özelliğine sahip polimetilmetakrilat (PMMA)<sup>1-3</sup>, ön far lenslerinde ise yüksek sıcaklık ve darbe dayanımına sahip polikarbonat (PC)<sup>4-6</sup> kullanılmaktadır<sup>7,8</sup>.

Dikiz ayna gövdeleri ise yüksek darbe dayanımı ve hava şartlarına karşı direnç özelliklerinden dolayı ABS<sup>9</sup>, SAN<sup>10, 11</sup> gibi polimerik malzemelerden üretilmektedir<sup>12-14</sup>. Ağır dış ortam koşullarında kullanılırken zamanla bu malzemeler deformasyona uğramaktadır. Fiziksel ve kimyasal bozunmalar sonucu malzemelerde mukavemet kaybı, görünüm farklılaşması vb. gibi etkiler görülmektedir. Parlaklık özelliğinin değişmesi bu etkilerden biridir. Özellikle far lenslerinde, parlaklık özelliği geçirgenlik özelliği ile doğrudan bağlantılı olduğundan kritik bir faktördür<sup>15-19</sup>. Dış trim malzemelerinde parlaklık değeri ölçümleri EN ISO 2813 standart test metoduna göre yapılmaktadır<sup>20-22</sup>. Bu konuda yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Shi ve arkadaşları Çin'in farklı iklim bölgelerinde polistrene doğal yaşlandırma çalışması gerçekleştirmiş ve parlaklık kaybı analizi gerçekleştirmiştir. Sıcak ve nemli iklimin hakim olduğu bölgede 3,5 ayda %50 parlaklık kaybı gözlenirken Akdeniz iklimi ve ılıman iklimin hakim olduğu bölgelerde sırasıyla 6 ve 7 ayda %50 kayıp gösterdiği sonucuna varılmıştır<sup>23</sup>. Luxgrant ve arkadaşları ise renklendirilmiş granülden üretilmiş akrilik, ASA, poliester ve poliamid polimerlerine Ksenon ark lambası ile toplam 2500 kJ'

lük hızlandırılmış yaşlandırma uygulamıştır. Parlaklık kaybı glossmetre ile 60° geometrisi ile ölçülmüştür. Düzenli yıkama ve parlatma etkisi incelenmiş olup yüzeydeki bozunmalar sonucu oluşan pürüzlülükler yıkama ile azalmış ve parlaklık kaybını azaltmış olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca akrilik ve ASA polimerlerinin poliester ve naylon esaslı polimerlere göre yüzey kalitelerini daha uzun süre koruyarak yüksek oranda parlaklık gösterdiği belirtilmiştir<sup>24</sup>. Ayrıca doğal ve yapay yaşlandırma metotları karşılaştırılabilmektedir. Olga ve arkadaşları UV stabilizatör içeren ABS, ASA ve PC polimerlerinin dış ortama ve Ksenon-Ark lamba altındaki yaşlandırma etkilerini parlaklık özelliklerini inceleyerek karşılaştırmıştır. 60° geometri ile yapılan ölçüm sonuçlarına göre yapay yaşlandırma sonrası parlaklık kaybının, doğal yaşlandırmaya göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Doğal ortamdaki rüzgâr ve yağmur gibi aşındırıcı etkilerin, yapay yaşlandırmada tam olarak simüle edilemediği ortaya çıkmıştır<sup>25</sup>. Yapay yaşlandırma şartlarının doğal yaşlandırma şartları ile uyumlu olabilmesi için yaşlandırma parametreleri kontrol edilmelidir. Ayrıca malzemenin kullanılacağı ortam şartlarına uygun şekilde ayarlanmalıdır. Pickett ve arkadaşları PC, PBT ve SAN polimerlerinin yapay yaşlandırma şartlarının parlaklık üzerine etkilerini incelemiştir. Sıcaklık arttıkça foto-bozunma reaksiyonlarının hızları da artmakta olduğundan yapay yaşlandırma sıcaklığı, malzemenin kullanılacağı sıcaklığa göre seçilmesi gerektiği belirtilmiştir. Yüksek bağıl nem içeren ortamda SAN numunesi daha yavaş parlaklık kaybına uğrar iken PBT daha hızlı parlaklık kaybına uğradığı sonucuna varılmıştır<sup>26</sup>.

Bu çalışmada ise PMMA, ABS ve ASA polimerlerine dış ortam, UV-floresan ve Ksenon ark lamba ile olmak üzere 3 farklı metot ile yaşlandırma uygulanmış ve sonrasında parlaklık özellikleri incelenmiştir. Doğal ve hızlandırılmış yaşlandırmanın parlak ve mat yüzeylerdeki etkileri ve farklı polimerik yapılar üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır.

- 
- YILDIRIM, Fatma Filiz (0000-0002-4650-0428)
  - SEZER HİÇYILMAZ, Ayşe (0000-0001-7663-5633)
  - YILDIRIM, Kenan (0000-0002-1640-6035)

## DENEYSEL

### Malzeme

Çalışmada, yüzeyleri PMMA, ABS ve ASA kaplı olan 4 cm x 10 cm boyutlarında plaka halindeki plastik malzemeler kullanılmıştır.

### Yöntem

Seçilen 3 farklı metoda göre yaşlandırma deneylerine maruz bırakılan numunelerde EN ISO 2813<sup>27</sup> standardına göre Rhopoint IQ glossmetre ile 20°, 60° ve 85° geometrilerinde parlaklık ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Bu metoda göre, bir glossmetre kullanılarak 20°, 60° veya 85° geometri ile ölçüm gerçekleştirilebilmektedir. Ölçüm için kullanılacak geometrinin belirlenmesi, 60° geometrisi ile yapılan ölçüm sonucuna göre belirlenir. 60° geometri yöntemi, tüm kaplamalar için kullanılabilir. Çok parlak veya mat yüzeyler için 20° veya 85° geometri daha uygun olabilir. 60° geometri ile ölçüm yapıldığında, elde edilen parlaklık değeri yaklaşık 70 GU'dan (parlaklık birimi) daha yüksek olması halinde yüzey çok parlak olarak kabul edilir ve bu nedenle 20° geometri yönteminin daha uygun olacağı belirtilmiştir. 60° geometri ile ölçüm yapıldığında 10 GU'dan daha düşük parlaklık değerleri veren yüzeyler mat yüzey kabul edildiğinden 85° geometri yönteminin uygulamasının daha uygun olacağı belirtilmiştir. Dış ortam koşullarına maruz kalan yüzeylerde öncesi ve sonrası karşılaştırmalar için 60° geometrisi ölçüm yapılması temel bir kural olarak uygulanmaktadır.

Farklı parlaklık değerine sahip yüzeylerdeki ölçüm geometrilerine bağlı farkların ortaya konması amacıyla her üç geometriye göre ölçüm yapılmıştır.

Yaşlandırma deneylerinin ilki, numunelerin dış (doğal) ortamda 1 yıl süreyle doğrudan hava koşullarına maruz bırakılması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Bu deney Türkiye'de ilk kez gerçekleştirilmiştir.

Dış ortam yaşlandırması Bursa ili hava koşullarında, 11 Kasım 2019 ile 11 Kasım 2020 tarihleri arasında yapılmıştır. Doğal yaşlandırma düzeneği EN ISO 877-1: 2010<sup>28</sup> 6.1.c maddesindeki gereklilikleri karşılayacak şekilde TÜBİTAK BUTAL'in çatısına yerleştirilmiştir. Toplam ışımaya verilerinin toplanmasında Delta Ohm HD31 Multifonksiyonel kayıt cihazı ve toplam ışımanın ölçümü için bu cihaza bağlı Pyranometre Solar Radyasyon Ölçüm Probu kullanılmıştır. Numunelerin maruz kaldığı toplam ışımaya değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Yaklaşık 60'şar günlük sürede numuneler, yaşlandırma düzeneğinden alınmış ve sadece distile su ile yüzeyleri temizlenmiş, nazikçe kurutulduktan sonra 23±2°C

sıcaklık ve %50±5 bağıl nem ortamında en az bir gün süreyle kondüsyonlandıktan sonra parlaklık ölçümleri yapılmıştır.

Tablo 1. Dış ortamda yaşlandırma koşulları

Süre (gün)	Toplam Işıma (W/m <sup>2</sup> )
63	107.681,1
121	294.930,2
182	681.792,6
246	1.181.509,4
305	1.716.304,2
365	1.995.443,4

Diğer yaşlandırma deneyleri, laboratuvarda cihazla yapılan hızlandırılmış yaşlandırma deneyleridir.

Çalışılan hızlandırılmış yaşlandırma metodlarından ilki, EN ISO 4892-2: 2013 Plastikler-Laboratuvar ışın kaynaklarına maruz bırakma metodları-Bölüm 2: Ksenon ark lambası (Tablo 4, Metot A, Çevrim no: 4) metodudur<sup>29</sup>.

Metot A-Günişığı filtreleri kullanılarak gerçekleştirilen hızlandırılmış yaşlandırma koşulları ise şöyledir; numuneler 300-400 nm geniş bant aralığında 102 dakika kuru ve 18 dakika ön yüzey spreyleme şeklinde yaş olarak 2 fazda da saatte 60 W/m<sup>2</sup>'lik sürekli ışımaya maruz bırakılmıştır. Kuru fazda BPT sıcaklığı 63±3°C, kabin sıcaklığı 38±3°C ve bağıl nem %50±10'dir.

Deney cihazı olarak Atlas marka Ci4000 model Weather-o-meter cihazı kullanılmıştır. 330 saatlik periyotlarla ara numuneler elde edilmiş ve numuneler toplamda 1980 saat deneye tabi tutulmuştur. Numunelerin saat bazında deneye tabi tutuldukları süreler (saat) ve numunelerin 300-400 nm'de maruz kaldığı ışımaya miktarı (W/m<sup>2</sup>) sırasıyla şöyledir; 330 - 19.800; 660 - 39.600; 990 - 59.400; 1320 - 79.200; 1650 - 99.000 ve 1980 - 118.800.

Çalışılan hızlı yaşlandırma metodlarından ikincisi ise, EN ISO 4892-3: 2016 Plastikler-Laboratuvar ışın kaynaklarına maruz bırakma metodları-Bölüm 3: Floresan UV lambaları (Tablo 4, Metot A, Çevrim no: 4) metodudur<sup>30</sup>.

Metot A - UVA-340 lambalar kullanılarak gerçekleştirilen hızlandırılmış yaşlandırma koşulları ise şöyledir; numuneler kuru fazda 340 nm'de BPT sıcaklığı 70°C olacak şekilde 5 saat süreyle saatte 0,83 W/m<sup>2</sup>'lik ışımaya maruz bırakılmıştır. Yaş faz olarak UV lambaların kapalı olduğu ve BPT sıcaklığının ölçülmediği 1 saatlik ön yüzeye spreyleme yapılmıştır.

Deney cihazı olarak Atlas marka UV Tester cihazı kullanılmıştır. 252 saatlik periyotlarla ara numuneler

elde edilmiş ve numuneler toplamda 1512 saat deneye tabi tutulmuştur. Numunelerin saat bazında deneye tabi tutuldukları süreler ve numunelerin 340 nm’de maruz kaldığı ışımaya miktarı ( $W/m^2$ ) sırasıyla şöyledir; 252 – 174,3; 504 – 348,6; 756 – 522,9; 1008 – 697,2; 1260 – 871,5 ve 1512 – 1045,8.

## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Doğal ortamda ve laboratuvarında cihazlarda yapılan hızlı yaşlandırmalar sonrasında elde edilen numunelerde glossmetre cihazı ile 20°, 60° ve 85° geometride yapılan ölçümler grafiklerde verilmiştir (Şekil 1-9).

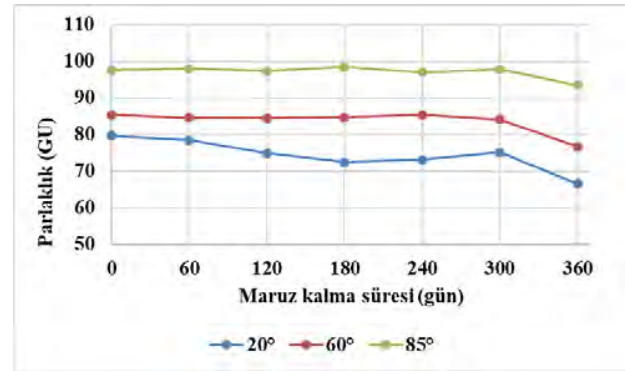
Dış ortamda doğal yaşlandırmaya maruz kalan ve genel olarak parlaklığı yüksek olan plastik malzemelerin (Şekil 1 ve 2) 60° geometrideki parlaklık değerleri ölçümlerinin 20° ve 85° geometrideki ölçümlerin arasında kaldığı görülmüştür. En düşük parlaklık değeri (gloss unit) 20° geometride, en yüksek ise 85° geometrideki ölçümlerde elde edilmiştir. Bu sonuçlar farklı ölçüm geometrielerindeki verilerin birbirleri ile kıyaslanamayacağını göstermektedir. Daha mat olan yüzeylerde ise (Şekil 3) standardında da öngördüğü gibi daha büyük açıda ölçümlerin yapılması parlaklık değişimindeki anlamlılığı kuvvetlendirmektedir. 20° geometrideki ölçümlerde anlamlı bir değişim görülmez iken, 60° ve özellikle 85° geometrideki ölçümlerde yaşlandırmanın etkisi daha net bir şekilde gözlemlenebilmiştir.

PMMA malzemesi parlak bir yüzeye sahip olup dış ortam yaşlandırma deneyinde 60° ve 85° geometrielerindeki ölçümlerde 300. güne kadar yaşlandırmanın etkisi görülmez iken 20° geometrideki ölçümlerde ilk 60 günlük yaşlandırma sonrası parlaklık değerinin düştüğü, 180. günden sonra kısmi bir artış olduğu ancak 300. günden sonra ise hızlı bir düşüşe geçtiği görülmüştür. Bu hızlı düşüş 60° ve 85° geometrielerindeki ölçümlerde de fark edilir düzeyde olmuştur (Şekil 1).

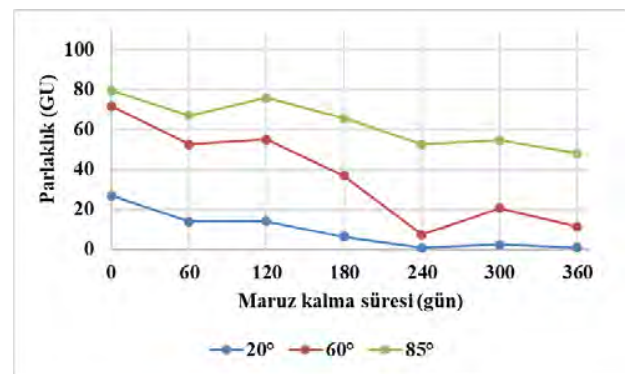
Weather-o-meter test cihazında yaşlandırma sonrası 60° ve 85° geometrielerindeki ölçümlerde 990. Saatten sonra yaşlandırmanın etkisi görülmez iken, 20° geometrideki ölçümlerde bu etki parlaklık değerinin düşmesi şeklinde 1320 saate kadar görülmüştür. 1320. saatten sonra her üç ölçüm geometrisinde de parlaklık düşüşü görülmemiştir. Bu ise, bu saatten sonra PMMA yüzeyinde parlaklık değişimine yönelik bir yaşlandırmanın gerçekleşmediğini göstermektedir. İlk 330. Saate kadar 60° ve 20° geometrielerindeki ölçümlerde parlaklıkta bir değişim tespit edilmez iken, 85° geometrisinde 330 saate kadar düşme sonra artma şeklinde bir değişim gözlemlenmiştir (Şekil 4).

UV test cihazında yaşlandırma sonrası 60° ve 85° geometrielerindeki ölçümlerde 250. saate kadar yaşlandırmanın etkisi görülmez iken, 20° geometrideki ölçümlerde bu etki parlaklık değerinin kısmi olarak düşmesi şeklinde görülmüştür. 250. saatten sonra her üç ölçüm geometrisinde de parlaklık düşüşü görülmesine karşın değişim en bariz 20° geometrideki ölçümlerde görülmüştür (Şekil 7). Bu veriler PMMA’nın parlaklık değişiminin 60° ve 20° geometrielerinde ölçülmesi gerektiğini, hassas değişimlerin ise 20° geometrisinde görüleceğini göstermiştir.

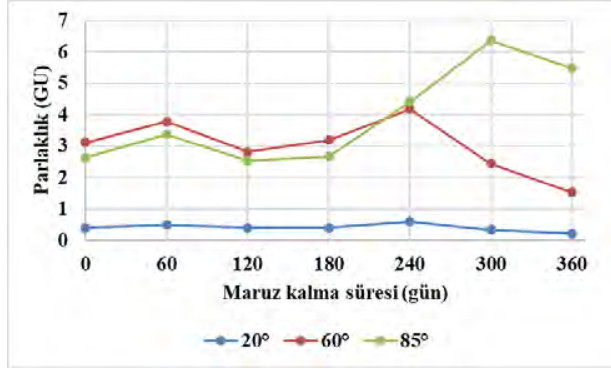
PMMA numuneler için, 20° geometrisindeki ölçüm sonuçlarına göre dış ortam koşullarındaki 180 günlük yaşlandırma seviyesine Weather-o-meter yaşlandırmada 1300 saatte, UV yaşlandırmada ise 1000 saatte ulaşıldığı görülmüştür (Şekil 1, 4, 7).



Şekil 1. Dış ortamda yaşlandırılmış PMMA numunelerinin parlaklık değerleri



Şekil 2. Dış ortamda yaşlandırılmış ABS numunelerinin parlaklık değerleri

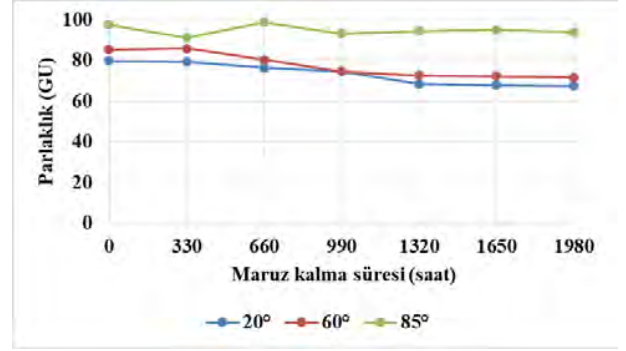


Şekil 3. Dış ortamda yaşlandırılmış ASA numunelerinin parlaklık değerleri

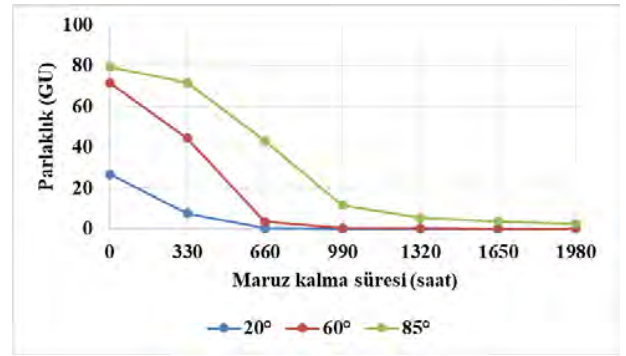
ABS malzemesi orta parlaklıkta bir yüzeye sahip olduğundan dış ortam yaşlandırma sonrasında 60° geometrisindeki ölçüm sonuçları yaşlanmanın etkisini daha belirgin bir şekilde göstermiştir. 20° geometrisindeki ölçüm sonuçları anlamlı bir değişim ifade etmez iken, 85° ve 60° geometrisindeki ölçüm sonuçları yaşlandırma prosesinin etkisini daha hassas bir şekilde göstermiştir. 60° geometrideki ölçüm sonuçları 85° geometrideki ölçüm sonuçlarının aksine yaşlandırma etkisini daha belirgin bir şekilde ortaya koymuştur. Tüm yaşlandırma süreçlerinde malzemenin parlaklığında azalma olduğu görülmüştür. 85° ve 20° geometrilerinde parlaklık değişimindeki farklılık düşük olurken, 60° geometrisindeki ölçümde parlaklık seviyesindeki değişim daha bariz bir şekilde görülmüştür. (Şekil 2) ABS malzemesinin parlaklığı 20° geometrisinde çok düşük değerde ölçülürken, 85° ve 60° geometrisindeki yüksek ölçülmüştür (Şekil 2, 5, 8).

Weather-o-meter test cihazında yaşlandırma sonrası 60° ve 20° geometrilerindeki ölçümlerde 660. saatten sonra parlaklığın tamamen gitmiş olduğu, 85° geometrisinde ise bu sürenin 990 saat sonrasında olduğu görülmüştür (Şekil 5). Dış ortam yaşlandırmaya göre bu yaşlandırma metodu daha yıkıcı olmuştur. 60° geometrisindeki ölçüme göre 240 günlük dış ortam yaşlandırma seviyesine Weather-o-meter metodunda 660 saatte ulaşılmıştır (Şekil 2, 5).

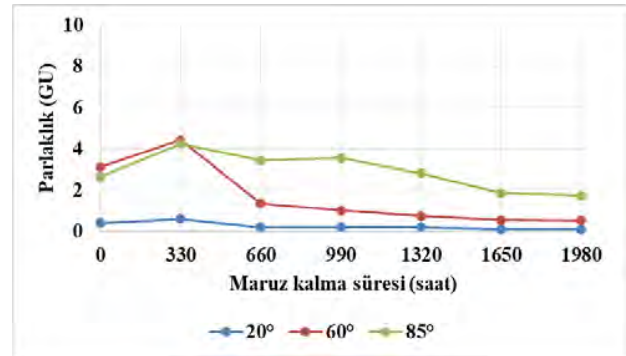
UV yaşlandırma metodundaki parlaklık azalması davranışı dış ortamda yaşlandırmaya benzemektedir. 85° ve 20° geometrilerindeki ölçümlerde parlaklık azalması daha az iken 60° geometrisinde daha fazla olmuştur. 60° geometrisindeki ölçüme göre 240 günlük dış ortam yaşlandırma seviyesine UV metodunda 750 saatte ulaşılmıştır (Şekil 2, 8).



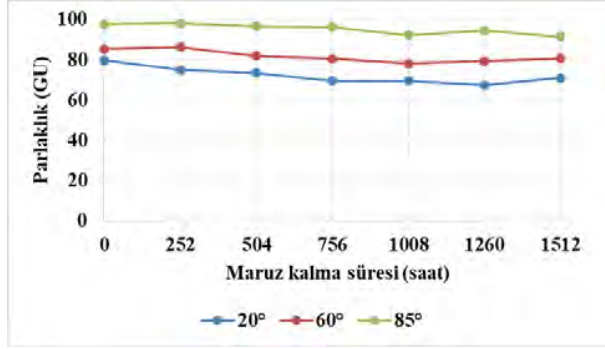
Şekil 4. Weather-o-meter test cihazında yaşlandırılmış PMMA numunelerinin parlaklık değerleri



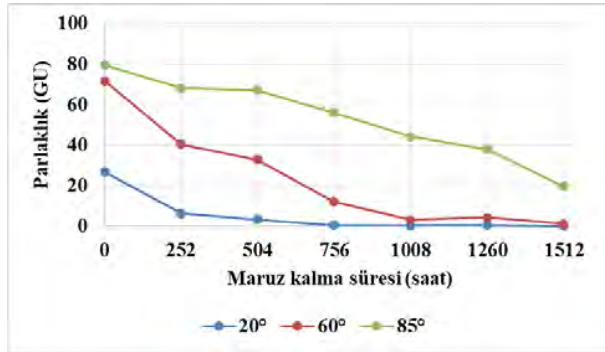
Şekil 5. Weather-o-meter test cihazında yaşlandırılmış ABS numunelerinin parlaklık değerleri



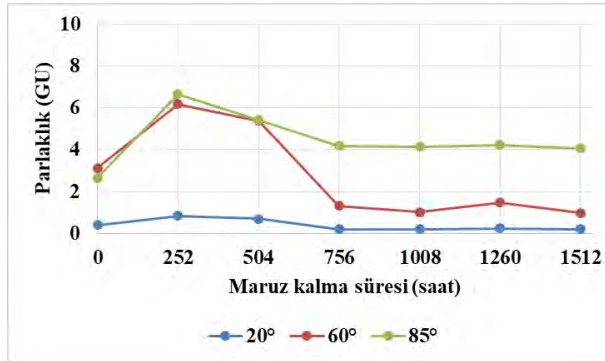
Şekil 6. Weather-o-meter test cihazında yaşlandırılmış ASA numunelerinin parlaklık değerleri



Şekil 7. UV test cihazında yaşlandırılmış PMMA numunelerinin parlaklık değerleri



Şekil 8. UV test cihazında yaşlandırılmış ABS numunelerinin parlaklık değerleri



Şekil 9. UV test cihazında yaşlandırılmış ASA numunelerinin parlaklık değerleri

ASA malzemesi mat bir yüzeye sahip olup dış ortam yaşlandırma sonrası 20° geometrideki yaşlandırma süresince parlaklıkta bir değişim görülmez iken, 60° ve 85° geometrielerindeki ölçümlerde 60. güne kadar parlaklığın arttığı, sonrasında 120. güne kadar düştüğü sonrasında ise 240. (60° geometrideki) ve 300. (85° geometrideki) güne kadar arttığı ve bu süreden sonra ise

hızlı bir düşüş olduğu görülmüştür (Şekil 3). Parlaklık değeri çok düşük olduğundan bu dalgalanmaların malzeme yüzeyindeki değişimlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Yaşlandırma süresi arttıkça malzeme yüzeyindeki tekstürelilik de değiştiğinden ışık yansımaya karakteri değişeceğinden ölçüm sonuçlarının tutarlılığını değiştirmektedir. Parlaklık ölçüm metodu ışık yansıtma prensibine göre ölçüldüğünden yüzey tekstüre değişiminden etkilenmektedir. Benzer sonuç Weather-o-meter ve UV yaşlandırma metodlarında da görülmüştür. Her iki metod yaşlandırma sonrasında da dış ortam yaşlandırmada olduğu gibi 20° geometrideki yaşlandırma süresince parlaklıkta bir değişim görülmez iken, 60° ve 85° geometrielerindeki ölçümlerde yaşlandırmanın ilk periyotunda parlaklığın arttığı sonrasında ise düştüğü görülmüştür. bu düşüş 60° geometrisinde daha fazla olurken geometrisinde daha az olmuştur (Şekil 6, 9). 60° geometrisindeki ölçüme göre dış ortam yaşlandırmadaki 360 gündeki parlaklık düşüşüne Weather-o-meter metodunda 660 saate UV metodunda ise 750 saatte ulaşılmıştır (Şekil 3, 6, 9).

## GENEL SONUÇLAR

Gloss ölçüm geometrielerinin parlaklık değerleri üzerine etkisinin büyük olduğu, ölçüm geometrielerinin değişmesi halinde farklı parlaklık değerlerinin elde edilmesinden dolayı karşılaştırmaların aynı ölçüm geometrisinde yapılması gerektiği görülmüştür.

Hızlı yaşlandırma metodlarının dış ortam şartlarındaki yaşlandırmaya göre daha yıkıcı olduğu, kısa sürede malzeme parlaklığında azalma şeklinde yaşlandırmayı sağladığı görülmüştür. Dış ortam koşullarında 1 yılda olabilecek yaşlandırmanın 27 (Weather-o-meter cihazında hızlandırılmış yaşlandırma) - 32 (UV test cihazında hızlandırılmış yaşlandırma) gün arasında yapılabildiği görülmüştür.

## SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Malzemelerin ısıl davranışlarındaki ve mekanik performanslarındaki değişimlerin incelenmesi öngörülmektedir. Dış ortam yaşlandırma ile hızlandırılmış yaşlandırma arasında olabilecek korelasyonların belirlenmesi ve formüle edilmesi çalışması amaçlanmaktadır.

## TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

TÜBİTAK BUTAL (Bursa Test ve Analiz Laboratuvarı)'e Türkiye'de ilk olarak EN ISO 877-1 standardına göre gerçekleştirilen dış ortam düzeneğinin kurulmasındaki ve dış ortam yaşlandırma ile laboratuvar cihazlarındaki hızlandırılmış yaşlandırma deneylerindeki katkılarından dolayı, O.T.M. Plastik Otomotiv Yedek Parça San. ve Tic. Ltd. Şti.'ne numunelerin teminindeki katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- [1] "PMMA / Acrylic Sustainable Solutions-Automotive & Transportation". <https://www.pmma-online.eu/applications/automotive-transportation/> Son erişim tarihi: 26.03.2021.
- [2] "Altuglas® Interior and exterior lighting". ARKEMA. <https://www.altuglas.com/en/markets/automotive-and-transportation/interior-and-exterior-lighting/>, Son erişim tarihi: 27.03.2021.
- [3] "Price and market trends: PMMA lighting applications to shine". Sale K. <https://www.icis.com/explore/resources/news/2017/01/12/10069766/price-and-market-trends-pmma-lighting-applications-to-shine/>, Son erişim tarihi: 28.03.2021.
- [4] Anthony BT. 1985. "Lexan polycarbonate for automotive forward lighting", Materials & Design,6,6,293-302.
- [5] "Automotive Lighting". SABIC. <https://www.sabic.com/en/industries/automotive/experience-across-the-entire-vehicle/Automotive-lighting>, Son erişim tarihi: 26.03.2021.
- [6] "Sabic introduces polycarbonate resins for LED automotive lighting". Moore S. <https://www.plasticstoday.com/automotive-and-mobility/sabic-introduces-polycarbonate-resins-led-automotive-lighting>, Son erişim tarihi: 26.03.2021.
- [7] "PMMA or Acrylic: Guide to Support Your Future 'Transparent' Developments". Omnexus. <https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/polymethyl-methacrylate-pmma-acrylic-plastic>, Son erişim tarihi: 26.03.2021.
- [8] "Why choose these materials for Automotive lights, you know?". Tan F. <https://www.linkedin.com/pulse/why-choose-materials-automotive-lights-you-know-ferris-tan/>, Son erişim tarihi: 26.03.2021.
- [9] FCFCPlastics. Raw materials for Rearview Mirror Housing. Formosa Chemicals & Fibre Corporation.
- [10] "Styrene Acrylonitrile (SAN): Production, Price, Market and its Properties". PlasticsInsight. Son erişim tarihi: 23.03.2021.
- [11] "SAN". Omnexus. <https://omnexus.specialchem.com/product-categories/thermoplastics-styrenic-other-san>, Son erişim tarihi: 26.03.2021.
- [12] "Styrenic polymers in automotive interior and exterior". Plastics. <https://www.plastics.gl/automotive/styrenic-polymers-in-automotive-interior-and-exterior/>, Son erişim tarihi: 23.03.2021.
- [13] "ABS, MABS, ASA, SAN". TERPlastics. <https://www.plastics.gl/automotive/styrenic-polymers-in-automotive-interior-and-exterior/>, Son erişim tarihi: 26.03.2021.
- [14] Cenens J, Eetvelde EV, Schröder T, Flammang B, Vandichel J-C. New Styrene-Acrylonitrile Polymer Polyols for Cold Cure Moulding Automotive Applications. API Polyurethanes Expo 2001. Ohio: CRC Press; 2001.
- [15] Pickett JE. Weathering of plastics. Handbook of Environmental Degradation of Materials: Elsevier; 2018. p. 163-84.
- [16] Davis A, Sims D, Sims D. Weathering of polymers, Springer Science & Business Media, 1983.
- [17] Wypych G. Handbook of material weathering, Elsevier, 2018.
- [18] White J, Turnbull A. 1994. "Weathering of polymers: mechanisms of degradation and stabilization, testing strategies and modelling", Journal of materials science,29,3,584-613.
- [19] Luxgrant R, Vesey D. Surface Degradation of Mold-in-Color Polymers for Exterior Applications. SAE Technical Paper; 1998. Report No.: 0148-7191.
- [20] Waissi GR, Porras P. 1989. "Assessment of operational feasibility anticipated quality and cost performance of a new exterior coating system in automotive manufacturing", SAE transactions,231-40.
- [21] Passaro C, Bidoret J, Baron S, Delafosse D, Etteradossi O. 2016. "Gloss evaluation and prediction of achromatic low-gloss textured surfaces from the automotive industry", Color Research & Application,41,2,154-64.
- [22] Schulz U, Trubiroha P, Schernau U, Baumgart H. 2000. "The effects of acid rain on the appearance of automotive paint systems studied outdoors and in a new artificial weathering test", Progress in organic coatings,40,1-4,151-65.
- [23] Shi Y, Qin J, Tao Y, Jie G, Wang J. 2019. "Natural weathering severity of typical coastal environment on polystyrene: experiment and modeling", Polymer Testing,76,138-45.
- [24] Luxgrant R, Vesey D. Exterior Polymer Surface Degradation via Accelerated Weathering. SAE Technical Paper; 1998. Report No.: 0148-7191.
- [25] Kuvshinnikova O, Boven G, Pickett JE. 2019. "Weathering of aromatic engineering

thermoplastics: Comparison of outdoor and xenon arc exposures", *Polymer Degradation and Stability*,160,177-94.

[26] Pickett JE, Kuvshinnikova O, Sung L-P, Ermi BD. Design and interpretation of laboratory weathering tests using acceleration parameters of aromatic engineering thermoplastics. *Service Life Prediction of Polymers and Coatings*: Elsevier; 2020. p. 233-56.

[27] EN ISO 2813:2014 Paints and varnishes — Determination of gloss value at 20°, 60° and 85°. 2014.

[28] EN ISO 877-1:2010 Plastics. Methods of exposure to solar radiation. General guidance. 2010.

[29] EN ISO 4892-2:2013 Plastics — Methods of exposure to laboratory light sources — Part 2: Xenon-arc lamps. 2013.

[30] EN ISO 4892-3:2016 Plastics — Methods of exposure to laboratory light sources — Part 3: Fluorescent UV lamps.



# Industrial Scale Production of Ceramic materials important for Defense Industry

M.S. Somer<sup>1,2</sup>, S. Acar<sup>1</sup>, K. Kiraz<sup>1</sup>, Ö. Balcı<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Pavezyum Chemicals Inc., 34956 Orhanlı-Tuzla, İstanbul,

<sup>2</sup>Koç University Boron and Advanced Materials Application and Research Center,  
Rumelifeneri Yolu, 34450 Sarıyer,  
İstanbul, Turkey. .

## ABSTRACT

Technical ceramics such as transition metal borides (e.g. TiB<sub>2</sub>, AlB<sub>12</sub>), carbides (e.g. ZrC) and nitrides (e.g. BN, AlN) that are used for defence purposes show a number of properties that allow the most common application for armor systems within the military and defense industry. These properties are: relatively low weight, high ballistic impact performance, ability to withstand extremely high temperatures, low friction and resistance to wear, corrosion and hardness.

In this talk we will present the production of some of the above mentioned important ceramic powders at industrial and pilot scale used for military armor application as performed in Pavezum Kimya facilities. The production is based on well-known carbo- thermal and magnesiothermal reduction, e.g. TiB<sub>2</sub>:



Both carbo- and magnesio thermal production techniques will be compared with respect to cost, quality of the obtained powders (e.g. purity grade, particles size) and their physical, chemical and mechanical properties.

# ARAMID Fabrics Used as Ballistic Plate for Army

KUSHAN, Melih Cemal<sup>1</sup>, GURGEN, Selim<sup>1</sup>, SOFUOGLU, Mehmet, Alper<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Eskisehir Osmangazi University, Dept. of Aeronautical Engineering, Eskisehir TURKEY

<sup>2</sup>Eskisehir Osmangazi University, Dept. of Mechanical Engineering, Eskisehir TURKEY

[mkushan@ogu.edu.tr](mailto:mkushan@ogu.edu.tr)

## Abstract

Aramid is a superior reinforcer especially in composite materials. Even in materials science, it is still debated whether aramid itself is a composite. In short, Aramid is an extremely useful material in the development of composites. Therefore, military applications, especially armor applications are quite high. However, the scientific public knows more about Aramid's body armor applications. However, Aramid is an important material used in the protection of all tracked and non-tracked armored vehicles. In other words, it is used not only in flexible materials such as ballistic jackets, but also in non-flexible products such as helmets or plates that protect the tank by adding them from the outside. In this paper, too, these inflexible Aramid products were studied.

## Aramid Fibers

In 1948, DuPont company started a large-scale search for new high-strength and high-temperature fibers after commercializing nylon. In the studies that lasted from the 1950s to the 1960s, Paul Morgan et al. Realized that it is not possible to process these polymers without using low temperature solution polymerization techniques. Beste and Stephens, on the other hand, explained that some salts can be made into solutions suitable for the purpose from these polymers. As a result of all these studies, the first high temperature resistant Nomex meta-aramid fiber with the commercial name was developed (Lewin, 2007). Aramid is a synthetic fiber that was created back in the 1960s by Stephanie Kwolek. The fiber is known especially from Dupont Kevlar®, which were the first company with a commercial version for bullet proof vests, followed by Twaron® from Teijin. Aramid is used in bullet proof vests and stab proof vests, as the material is very strong and flexible, and has proven to be stable and safe after many years of use (Protection Group Danmark, 2021). Studies for a fiber with properties superior to Nomex® targeted para-aramids. Stephanie Kwolek concentrated her first work on a more processable poly (1,4-benzamide) polymer in the mid-1960s and developed fiber with a modulus of 400 gpd and a fiber with a

module of 900 gpd, which they named as "Fiber B" in later studies. The next work has shifted towards PPTA (poly-p-phenylene-terephthalamide) polymer. The first PPTA fibers were produced in 1970 and in 1972 this PPTA fiber took its place in the market by DuPont under the trade name "Kevlar®".

The US Federal Trade Commission defines aramid, which is short for aromatic polyamide, as "fibers in which at least 85% of the amide (–CO – NH–) bonds in the chain are directly linked to 2 aromatic rings" (Hearle, 2001).

The chemical structures of aramids look like rigid rods. Because of this structure, their glass transition temperature is very high and their solubility is very low. For this reason, liquid crystalline polymer solutions must be formed apart from conventional methods for processing polymers (Figure 1).

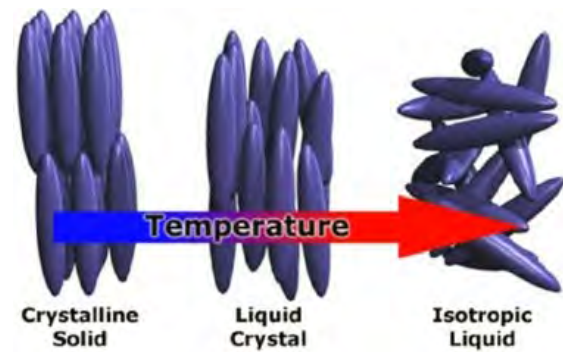


Figure 1. Basic structural difference among crystalline solid, liquid crystal and isotropic liquid (Yadav, 2016).

Aromatic polymers are generally homopolymer para-aramids: poly (1,4-benzamide) (PBA), Poly-p-phenylene-terephthalamide (PPTA) and poly p-phenylene benzimidazole terephthalamide (PBIA), meta-aramid aramids: poly -m-phenylene isophthalamide (MPIA) and copolymer aramids: copoly-p-phenylene / 3,4'-oxyphenylene terephthalamide (3,4'-POP-T) (Figure 2) (Bunsell and Schwartz, 2009 ).

The most known commercially PPTA aramids are; Kevlar® (DuPont, USA), Twaron® (Teijin Aramid, Japan), Nomex in MPIA structure (DuPont, USA), Teijinconex Teijin Aramid, Japan) and Technora in 3,4'-POP-T copolymer (Teijin Aramid, Japan) fibers.

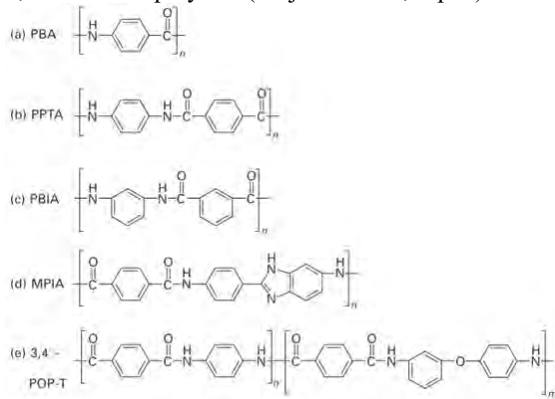


Figure 2. Structural formulas of the most important aromatic polyamides in the market and literature.

### The main characteristics of Aramid:

- High strength.
- Provides good resistance to chemical chemicals.
- No conductivity.
- No melting point.
- Good against hot and cutting elements.
- Sensitive to UV and acids.
- For bullet proof vests, there are 2 different types of aramids. UD (unidirectional aramid) and woven aramid (Protection Group Danmark, 2021)

Para-aramids, according to the dry-jet wet spinning process developed by Dupont company; meta-aramids are produced according to the dry or wet fiber spinning method (Figure 3). The attraction between amide groups and aromatic rings in PPTA fibers increases the rigidity as well as the decomposition temperatures (550oC). LOI (limit oxygen index) values are between 28-32.

Besides being resistant to high temperatures, aramid fibers also have a very good chemical resistance. PPTA can only dissolve in strong acids. Due to the hydrophilic nature of the amide group in aramids, they have water absorption properties. For example, Kevlar® has 29® ~ 7%, Kevlar® 49 ~ 4% and Kevlar® 149 ~ 1% water absorbency.

Due to their aromatic character, aramids absorb UV light (300-450 nm wavelength). This causes oxidative color change. When exposed to UV light for a long

time, they first turn orange and then brown. This color degradation occurs only in an oxygenated environment. This situation poses a bigger problem with para-aramids compared to meta-aramids.

The compression strength of aramids (one eighth of their strength) is low. While strong covalent bonds are active under tensile load, weak hydrogen and Van der Waals bonds are activated under pressure (Chawla, 2005). For this reason, aramids are not recommended in situations where there are pressure forces. Shear modules are also lower than their compression strength due to their anisotropic structure. In addition, their fatigue strength and vibration damping properties are very good (Hearle, 2001).

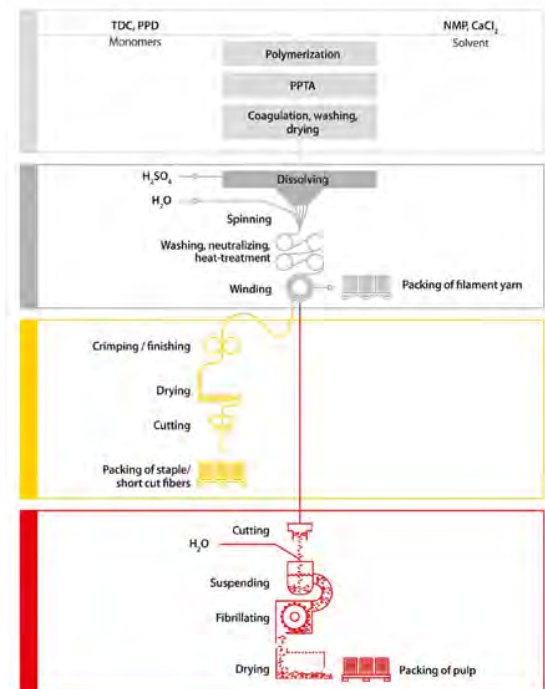


Figure 3. Production of Para-aramid fiber (Twaron®) (Teijin Company, 2021)

Unidirectional aramid consists of 2-4 layers of aramid fiber plied in a 0°/90° configuration or a 0°/90°/0°/90° configuration. UD aramid is typically a bit more rigid than woven aramid; however, this material has the advantage that it is strong and has a low weight.

Woven aramids are aramids that are woven together in a more traditional manner. Here, there are many different weaving methods that affect the strength and overall weight of the material. Woven aramid is often very flexible and can stop contact shots from a distance of 0 meters.

UD and Woven aramid are made from Kevlar® thread from Dupont, Twaron® aramid from Teijin or Artec from Pro-Systems S.p.A.

Woven aramid is often much more flexible than UD aramid, and can bend in several directions where UD aramid is more rigid (Protection Group Danmark, 2021).

Technora fibers, which are in the para-aramid group among aramid fibers, consist of copolymers and are produced by following a different process (not using strong acids) than PPTA (Poly-p-phenylene-sidelamide). Copolymeric Technora fibers are a fiber developed by Teijin, formerly known as HM 50 (Bunsell and Schwartz, 2009) and has taken its place in the market commercially since 1987. It is a fiber with high strength and high modulus, resistant to high temperatures, more resistant to bases and acids than PPTA (Hongu and Phillips, 1997).

Technora fibers; filament (in rubber reinforcement, rope, cord, knitted and woven fabrics and general industrial materials), cropped (in rubber, composite and cement reinforcements, asbestos replacement), intermittent (in spinning, nonwovens) and spun (protective clothing, general industrial materials and it can be supplied in 4 forms as in rubber reinforcements (Teijin Company, 2012).

Table 1 Physical properties of some aramid fibers (Clawson, 2013)

Specimen	Diameter	Young's Modulus (GPa)	Fracture Stress (GPa)	Fracture Strain (%)
Kevlar 29	12.8 ± 0.7 <sup>4</sup>	78 ± 1 <sup>3</sup>	2.58 ± 0.07 <sup>3</sup>	3.1 ± 0.1 <sup>3</sup>
	12.6 ± 0.5 <sup>6</sup>	84.5 ± 5.0 <sup>4</sup>	2.7 ± 0.2 <sup>4</sup>	3.2 ± 0.3 <sup>4</sup>
		59 <sup>5</sup>	2.6 <sup>5</sup>	4.0 <sup>5</sup>
		77.1 ± 8.4 <sup>6</sup>	2.6 ± 0.5 <sup>6</sup>	2.9 ± 0.4 <sup>6</sup>
Kevlar 49	12.1 ± 0.5 <sup>6</sup>	113 ± 2 <sup>3</sup>	2.40 ± 0.07 <sup>3</sup>	2.47 ± 0.1 <sup>3</sup>
		128 <sup>5</sup>	2.6 <sup>5</sup>	2.4 <sup>5</sup>
		123.0 ± 8.4 <sup>6</sup>	2.8 ± 0.4 <sup>6</sup>	2.2 ± 0.4 <sup>6</sup>
Kevlar 119		61 ± 1 <sup>3</sup>	2.96 ± 0.09 <sup>3</sup>	4.1 ± 0.1 <sup>3</sup>
Kevlar 149	11.9 ± 0.5 <sup>6</sup>	138 ± 2 <sup>3</sup>	2.15 ± 0.06 <sup>3</sup>	1.5 ± 0.1 <sup>3</sup>
		166.6 ± 11.0 <sup>6</sup>	2.2 ± 0.3 <sup>6</sup>	1.2 ± 0.2 <sup>6</sup>
Kevlar KM2	12 <sup>7</sup>	84.62 ± 4.18 <sup>7</sup>	3.88 ± 0.40 <sup>7</sup>	4.52 ± 0.37 <sup>7</sup>
		75 ± 10 <sup>8</sup>	3.3 ± 0.3	
Kevlar 981	9.5 ± 0.6 <sup>6</sup>	120.2 ± 14.6 <sup>6</sup>	3.5 ± 0.6 <sup>6</sup>	2.8 ± 0.4 <sup>6</sup>
Twaron	12.5 ± 0.5 <sup>6</sup>	78.8 ± 6.5 <sup>6</sup>	3.0 ± 0.4 <sup>6</sup>	3.3 ± 0.4 <sup>6</sup>

The physical properties of Technora fibers and other aramid fibers are shown in Table 1. Although the modules of Technora® fibers are lower than PPTA fibers due to their less linear molecular structure, their strength is higher thanks to their molecular orientation and crystallinity properties. Since Technora® consists of less rigid molecular chains, its fatigue strength is better than PPTA fibers (Houck, 2009). In addition, according to the wet spinning method, Technora® fibers produced from an isotropic solution without forming a liquid crystal structure (Hearle and Morton,

2008) have a higher molecular structure than PPTA fibers thanks to the third component diamine, which contains ether bonds. they are flexible.

### The Use of Para-Aramid Fibers

Para-aramid fibers are mostly used for protection in the ballistic field. Pistol bullets and knives are primary threats to law enforcement officials. In the military, there are larger threats such as rifle bullets, shrapnel fragments, grenades and mines. The use of para-aramid fibers is quite common in this field.

Para-aramid yarns are used in protective clothing where shear resistance, thermal resistance or abrasion resistance is critical. Examples include gloves used by automotive, glass, steel and metal workers, trousers and jackets worn by chainsaw users. The risk of hand and finger injuries is significantly reduced when gloves made of para-aramid yarn are used. Gloves are generally made from staple para-aramid fibers; however, para-aramid fibers in the form of textured filaments are preferred in cases where minimum fluffing is desired. The fineness of a single filament is between 0.85 and 4.2 denier; However, they are commonly used filaments with a thickness of 2.25 denier. Generally, the higher the fineness, the higher the cutting resistance. This type of gloves; It can be made from 100% para-aramid yarns, or it can be produced with a mixture of fibers such as nylon and polyester in order to reduce cost and increase comfort. Para-aramid yarn; It is a type of yarn that does not support combustion and does not melt compared to products made of nylon, polyester or polyethylene. Gloves are mostly made of knitted fabrics; However, in some cases, it is known to be produced by cutting and sewing from woven fabrics. Advantages of gloves made of para-aramid yarns; They do not shrink in hot air and water and can be washed and reused many times.

Para-aramid yarns are very suitable for use in radial tires and some mechanical rubber materials with their high strength and high modulus, dimensional stability, resistance to high temperatures and high strength compared to its mass. They are used in power transmission belts, V belts and conveyor belts. The fact that they have 1/5 of the weight compared to the same products made of steel makes them preferred in such applications.

Although para-aramids are commonly used alone as reinforcing fibers in composites, they are also used in a hybrid structure with glass or carbon fiber. Composite structures include a range of applications such as aviation and aerospace industry components,

auto parts, boats, sports equipment, pressure vessels. The feature sought in composites; Although it varies from application to application, it is low cost and high performance at reduced weights. Although glass fiber has lower strength and lower modulus than aramid and carbon, it is more preferred as a reinforcement fiber in composites due to its low cost. Carbon fibers have high strength and modulus but low elongation. Aramid fibers, on the other hand, have very good impact resistance with a combination of high strength and modulus (lower than carbon). Canoes produced with para-aramids are light, but they show higher strength, abrasion and puncture resistance than glass fiber composites. In addition, there are hockey and golf clubs, fishing rods, ski sets and tennis rackets produced with para-aramid composites.

Especially Kevlar® or Twaron® fibers in static applications or when very high modulus is required; Technora® based ropes are preferred in applications requiring resistance to dynamic applications and fatigue. Para-aramid yarns used in ropes, cables and static applications can be applied special finishing processes to increase their lubricity, improve their fatigue in wet applications and provide better UV resistance (Figure 4).

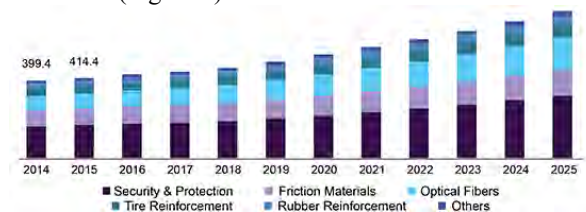


Figure 4. Market rates of para-aramid fibers, by application 2014-2025 (USD Million)

The types of aramid fabrics used in ballistic applications are para-aramid fibers. The most well-known types are Kevlar, Twaron and Technora (Figure 5) (Cavallaro, 2011).

### The Use of Meta-Aramid Fibers

Para-aramid fibers are mostly used for protection in the ballistic field. Pistol bullets and knives are primary threats to law enforcement officials. In the military, there are larger threats such as rifle bullets, shrapnel fragments, grenades and mines. The use of para-aramid fibers is quite common in this field.

Para-aramid yarns are used in protective clothing where shear resistance, thermal resistance or abrasion resistance are critical. Examples include gloves used by automotive, glass, steel and metal workers, trousers and jackets worn by chainsaw users. The risk of hand and

finger injuries is significantly reduced when gloves made of para-aramid yarn are used. Gloves are generally made from staple para-aramid fibers; however, para-aramid fibers in the form of texturized filaments are preferred in cases where minimum fluffing is desired. The fineness of a single filament is between 0.85 and 4.2 denier; However, they are commonly used filaments with a thickness of 2.25 denier. Generally, the higher the fineness, the higher the cutting resistance. This type of gloves; It can be made from 100% para-aramid yarns, or it can be produced with a mixture of fibers such as nylon and polyester in order to reduce cost and increase comfort. Para-aramid yarn; It is a type of yarn that does not support combustion and does not melt compared to products made of nylon, polyester or polyethylene. Gloves are mostly made of knitted fabrics; However, in some cases, it is known to be produced by cutting and sewing from woven fabrics. Advantages of gloves made of para-aramid yarns; They do not shrink in hot air and water and can be washed and reused many times.

Para-aramid yarns are very suitable for use in radial tires and some mechanical rubber materials with their high strength and high modulus, dimensional stability, resistance to high temperatures and high strength compared to its mass. They are used in power transmission belts, V belts and conveyor belts. The fact that they have 1/5 of the weight compared to the same products made of steel makes them preferred in such applications.

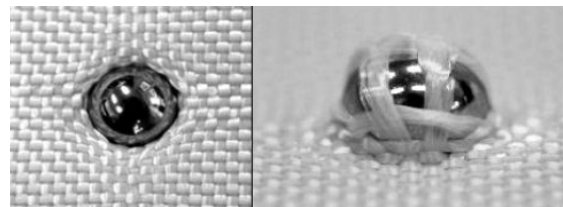


Figure 5. Ballistic test applied to Para-Aramid fabric (Nilakantan, 2013)

Although para-aramids are commonly used as a single reinforcing fiber in composites, they are also used in a hybrid structure with glass or carbon fiber. Composite structures include a range of applications such as aviation and aerospace industry components, auto parts, boats, sports equipment, pressure vessels. The feature sought in composites; Although it varies from application to application, it is low cost and high performance at reduced weights. Although glass fiber has lower strength and lower modulus than aramid and carbon, it is more preferred as a reinforcement fiber in composites due to its low cost. Carbon fibers

have high strength and modulus but low elongation. Aramid fibers, on the other hand, have very good impact resistance with a combination of high strength and modulus (lower than carbon). Canoes produced with para-aramids are light, but they show higher strength, abrasion and puncture resistance than glass fiber composites. In addition, there are hockey and golf clubs, fishing rods, ski sets and tennis rackets produced with para-aramid composites.

In static applications or when very high modulus is required, especially Kevlar® or Twaron® fibers; Technora® based ropes are preferred in applications requiring resistance to dynamic applications and fatigue. By applying some special finishing processes to para-aramid yarns used in ropes, cables and static applications, their lubricity can be increased, their fatigue in wet applications can be improved and they can be made better UV resistance.

### Use of Aramid for Military Applications

Armor technology has been continuously improved like weapon technology. These two terms always keep up with each other. Ballistic protection has to be actual to overcome the attacking threats. Therefore, every kind of material has been considered as armor materials such as aluminum, steel, leather and silk. Principally, the method of protection uses a hard rigid material for resisting the penetration of missiles. But, after the debut of synthetic textiles, better ballistic armors have been developed (Kushan, 2014)

The menace to modern armies and law enforcement forces have grown, procreating the need for protection from all kinds of bullets and fragments as well as lancing with sharp objects. And nowadays it's not only soldiers who are facing increased menace; prison guards, cash carriers and private individuals also need to be protected. The market is seeking better protection and better comfort. Many of today's ballistic vests are made of Aramid, which provide enhanced protection, more comfort and advantageous performance to weight ratios.

It is difficult to image a modern soldier without an advanced composite multifunctional helmet in which protection against bullets, shrapnel, grenade fragments, blast effects and mechanical impacts is combined with equipment platform functionality. Ensuring key aspects such as a high degree of ballistic protection, low weight, durability and a long life make this a truly sophisticated product. Aramid-based helmets also include low Back Face Deformation (BFD) (Figure 6).

Today's armored vehicles, aircraft and naval vehicles also face a range of blast and ballistic menace. These call for new strong armor solutions that are lighter and stronger. In addition, they need to resist high temperatures and extreme cold. For example, we provide this additional protection in armored vehicles with the application called add-on. Aramid forms an important layer of the add-on armor plate, which is a multi-layer composite plate. Aramid is a laminate hard armor solution designed specifically for armored vehicles. It can be applied internally as a spall liner, or or add-on armor. It is light enough for use as an add-on solution, but its high stiffness and structural integrity mean it can act as a support for steel or ceramic plates. Furthermore it is resistant to variations in temperature. In fact, Aramid offers effective protection against bullets, fragments and projectiles within a wide temperature range.



Figure 6. Aramid helmet

Aramid's approach, combining low-crimp woven products with low resin content, has resulted in Twaron® Laminated Fabric Technology (LFT) – a thin, very flexible laminate comprising two fabric layers sandwiched with three layers of ultra-thin PE film. The two fabrics are made from Twaron® para-aramid microfilament yarn running in one direction, and very fine PES threads running in a second direction. Low adhesion between matrix and fiber in ballistic applications increases the strength for multi-layer ballistic applications. In the study where the effect of the number of layers on trauma depth with Twaron fabric was investigated, the depth of trauma decreased from 35.4% to 12.7% by increasing the

number of layers from 20 to 32. In tests performed at high speeds, energy absorption per% area increases with increasing thickness (Yumak, 2013). This fabric construction system prevents an intruding bullet from pushing the yarns apart – a distinct advantage over typical shield materials. This plate structure is used as a layer in both add-on (Figure 7) and "spall liner" applications.



Figure 7. An armored vehicle under add-on armor protection

## Conclusion

All Aramid fabric types, divided into two groups as Para Aramid and Meta Aramid, are an important material of the defense industry. Because it is the indispensable raw material of especially flexible and soft ballistic armor materials. However, they also form an important layer of hard and durable armor composites. Kevlar® Twaron® and Technora® are Para-Aramid variants used in the production of these hard plates. It has been observed that the advantages of Add-On armors developed in recent years are quite high. Since there is no limit to testing new technologies in armored vehicle technologies, we will see the rapid development of new and more effective Add-On armor materials in the coming years.

## REFERENCES

- Bunsell, A. R., Schwartz, P. (2009), Handbook of Tensile Properties of Textile and Technical Fibres, CRC Press
- Cavallaro, P.V., (2011), Soft Body Armor: An Overview Of Materials, Manufacturing, Testing, And Ballistic Impact Dynamics, Naval Undersea Warfare Center Division Newport
- Chawla, K. K. (2005), Fibrous Materials, Cambridge University Press
- Clawson, J. K. (2013), Master of Science in Aerospace Engineering in the Graduate College of the University of Illinois at Urbana-Champaign

- Grand View Research, (2019), Para-aramid Fibers Market Size, Share & Trends Analysis Report By Application (Security & Protection, Friction Material, Rubber Reinforcement), By Region, And Segment Forecasts, 2019 – 2025, <https://www.grandviewresearch.com/>
- Hearle, J. W. S. (2001), High-Performance Fibres, The Textile Institute, CRC Press
- Hearle, J. W. S., W E Morton (2008), Physical Properties of Textile Fibres 4th Edition, Elsevier
- Hongu, T., Phillips, G., O., (1997), New Fibers, Elsevier
- Houck, M. M. (2009), Identification of Textile Fibers 1st Edition, Elsevier
- Kuşhan, M.C., Gürgen S., Ünalir T., Çevik, S (2014), A Novel Approach for Armor Applications of Shear Thickening Fluids in Aviation and Defense Industry, International Conference of Scientific Paper AFASES 2014, 22-24 Mayıs 2014, Braşov, Romania
- Lewin, M. (2007), Handbook of Fiber Chemistry. Boca Raton, FL: CRC Press
- Nilakantan, G. (2013), Filament-Level Modeling Of Kevlar Km2yarns For Ballistic Impact Studies, Composite Structures, 104, 1–13.
- Protection Group Denmark (2021), Ballistic Materials Used to Make a Bullet Proof Vest, <https://protectiongroupdenmark.com>
- Teijin Company (2021), Ballistic Materials Handbook
- Teijin Company (2021), What Is Aramid, <https://www.teijinaramid.com>
- Yadav, S. P., Singh, S. (2016), Carbon Nanotube Dispersion in Nematic Liquidcrystals: an Overview, Progress in Materials Science, 80, 38-76
- Yumak, N., Aslantas K., Pekbey Y. (2013), Investigation of Deformation Characteristics of Composite Materials Used in Armor Design, Electronic Journal of Machine Technologies, Vol:10, No:4

# Surface Modification of Silica Aerogel Blankets Using Trimethylsilyl Chloride (TMCS) as Silanization Agent

TAV, Abdullah<sup>1,2</sup>, ÖZ, Yahya<sup>1</sup>, AKYILDIZ, Halil İ.<sup>2</sup>  
Turkish Aerospace<sup>1</sup>, Bursa Uludag University<sup>2</sup>,  
abdullahtav@uludag.edu.tr

## PURPOSE

In this study, ceramic blankets were modified with silica aerogels, and their hydrophobicity is investigated. Trimethylchlorosilane (TMCS) is used as a co-precursor surface modification while materials were produced under ambient pressure drying.

## INTRODUCTION

Silica aerogel/xerogel, morphologically open cell-structured solids with low density, high surface, and high thermal stability is a promising candidate for conventional insulation materials. Specifically, this material involves void and pore in structure. Though, it absorbs moisture from the environment and limits its application areas, making it fragile.<sup>2</sup>

Silica aerogel/xerogels monoliths are desired via the sol-gel method after aging and drying. Various precursors and solvents can be used for the production of alcogels. After alcogel is formed, aging enhances structural integrity of the gel. Finally, aerogel/xerogels materials are obtained by drying. Drying could be supercritical drying (SCD) or ambient drying (APD). APD is cheaper and faster thus more desirable whereas SCD needs sophisticated equipment and limits the production.<sup>1</sup>

Many literature studies show that trimethylchlorosilane (TMCS) has been known as an excellent co-precursor to increase the hydrophobicity degree modifying surface and inner pores during the silanization of a silica aerogel because of its methyl groups. Therefore, silica aerogel's physical properties, including the contact angle, modify various ratios with a primary precursor such as tetraethoxysilane (TEOS).<sup>1</sup>

Thermal insulation blankets have been used for a long time to provide heat, sound, vibration insulation, and above all, increase the equipment's efficiency and service life. However, due to the developing and changing conditions, insulation blankets must be needed thinner, lighter and the performance values should increase with it. Especially in the last 20 years, the research area of aerogel blankets receives

exponentially increasing interest. Aerogel blankets have been used in many applications. Aerogel-based blankets are designed to serve thermal insulation needs in extreme environments, thanks to their lightweight, hydrophobic, and flexible properties.<sup>3</sup>

## EXPERIMENTAL

### Material

Silica alcogels for blankets were synthesized using tetraethoxysilane (TEOS, 98%), trimethylchlorosilane (TMCS, 98%), ammonium hydroxide (NH<sub>4</sub>OH), hexane, hydrochloric acid (HCl 37% aqueous solution), and ethanol (EtOH, 99.9 %) all purchased from Sigma Aldrich.

### Method

Weight ratios, TEOS EtOH, water. 32:16:8,  
2 mL HCl (0.05M)

• 2 Hours hydrolysis and virgously string

Addition of 6mL NH<sub>4</sub>OH (0.1M)

• Gellation in 10 minutes

Immersion ceramic blankets with silica dispersion,  
afterwards with TMCS with surface modification.

• Soaked in hexane with 10 % TMCS, 20 hours

Dried under ambient pressure

• 90°C for 6 hours




Characterization

• FTIR and Contact Angle

Figure 1. Aerogel blankets steps and parameters of synthesis

## EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSIONS

Aerogels blankets were detected by Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy (Perkin Elmer) using a wavenumber range of 4000 to 400 cm<sup>-1</sup>. TMCS has alone modified silanol groups with firstly, peak 2950 cm<sup>-1</sup>, resulting from C-H and presents surface modification. The range between 2980-1450 cm<sup>-1</sup> is related to C-H groups. The peaks around 1250, 860 cm<sup>-1</sup> are present by Si-CH<sub>3</sub> groups, whereas they

- TAV, Abdullah (ORCID No) 
- ÖZ, Yahya (ORCID No) 
- AKYILDIZ, Halil İbrahim (ORCID No) 



contribute hydrophobic properties. Furthermore, Si-O-C and Si-CH<sub>3</sub> groups are also presented in 870-800 cm<sup>-1</sup>. Si-Cl absorption peak was shown in 650 cm<sup>-1</sup> being present by TMCS<sup>4,5</sup>.

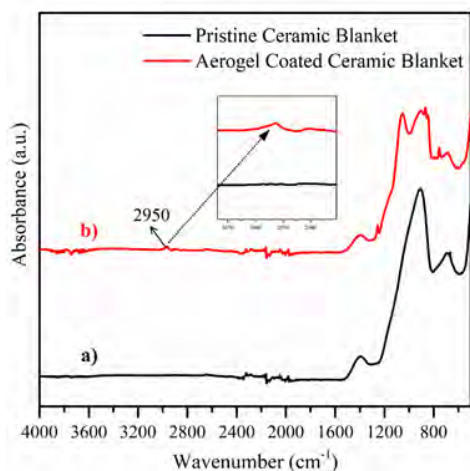


Figure 2. (a) Pristine ceramic blanket, (b) Silica aerogel coated ceramic blanket

The water droplets image measured height and length to calculate the contact angle using arc-tangent formulation. The water droplets were dripped by syringe and photographed by Attension Theta. A water droplet was placed to determine contact angle and wettability. The pristine ceramic blanket had no contact angle, which results in a hydrophilic surface characteristic. Aerogel coated ceramic blanket confirms 130.7° contact angle, which is related to hydrophobic characteristic behavior. Surface modified with TMCS results in excellent hydrophobic properties<sup>6</sup>.

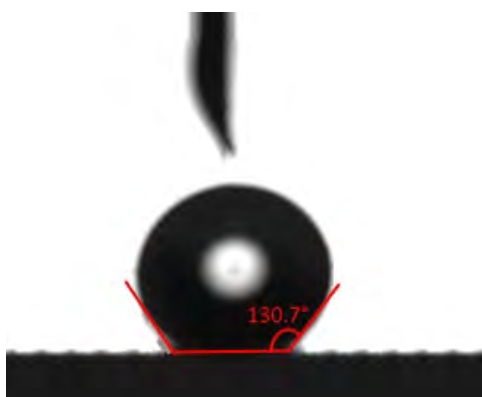


Figure 3. Aerogel ceramic blanket surface tension

## CONCLUSIONS

Hydrophobic silica aerogel/xerogel ceramic blankets were achieved via sol-gel method surface modification at ambient pressure drying. It surveyed tetra orthosilicate (TEOS) with co-precursor trimethylsilyl chloride (TMCS) existing Si-CH<sub>3</sub> groups on the surface

presence of chemical modification. Water repellent properties achieved with a remaining degree of hydrophobicity >130° compared to the pristine blanket.

## SUGGESTION FOR FURTHER WORK

Further thermal and microstructure analyzes will be carried out for these materials.

## ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) project no 118C100. We also offer our gratitude Turkish Aerospace for their supports.

## REFERENCES

1. Rao, A. V., Pajonk, G. M., Nadargi, D. Y. & Koebel, M. M. *Superhydrophobic and Flexible Aerogels. Aerogels Handbook* (2011). doi:10.1007/978-1-4419-7589-8\_4.
2. Mazraeh-shahi, Z. T., Shoushtari, A. M. & Bahramian, A. R. A New Approach for Synthesizing the Hybrid Silica Aerogels. *Procedia Mater. Sci.* **11**, 571–575 (2015).
3. Hebalkar, N., Kollipara, K. S., Ananthan, Y. & Sudha, M. K. *Nanoporous Aerogels for Defense and Aerospace Applications. Handbook of Advanced Ceramics and Composites* (2019). doi:10.1007/978-3-319-73255-8\_5-1.
4. Darmawan, A., Rasyid, S. A. & Astuti, Y. Modification of the glass surface with hydrophobic silica thin layers using tetraethylorthosilicate (TEOS) and trimethylchlorosilane (TMCS) precursors. *Surf. Interface Anal.* **53**, 305–313 (2021).
5. Zong, S. *et al.* Characterization and comparison of uniform hydrophilic/hydrophobic transparent silica aerogel beads: skeleton strength and surface modification. *RSC Adv.* **5**, 55579–55587 (2015).
6. Chakraborty, S., Pisal, A. A., Kothari, V. K. & Venkateswara Rao, A. Synthesis and Characterization of Fibre Reinforced Silica Aerogel Blankets for Thermal Protection. *Adv. Mater. Sci. Eng.* **2016**, (2016).

# Soğuk İklim Şartlarına Uygun Çok Katmanlı Giysi Sistemlerinin Geliştirilmesi

KEMANECİ ÖZTÜRK, Sinem<sup>1</sup>, VAROL, Utku<sup>1</sup>, BOYACI, Bekir<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sun Tekstil Ar-Ge Merkezi, İzmir

[sinem.ozturk@suntekstil.com.tr](mailto:sinem.ozturk@suntekstil.com.tr)

## AMAÇLAR

Bu çalışmada; savunma sanayinin ihtiyaçlarına yönelik olarak askeri personelin soğuk iklim şartlarında kullanmak üzere vücut fonksiyonlarının korunmasını sağlarken aynı zamanda konforlu ve ergonomik özelliklere sahip giysi geliştirilmesi amaçlanmıştır. Geliştirilen giysi ile yüksek performanslı ürünlerin envantere kazandırılması hedeflenmiştir.

## GİRİŞ

İnsan vücudunun soğuk ortam koşullarına karşı korunması, sınırlı yaşam alanı bulunan insan için hayati fonksiyonel özelliklerden biridir. Bu koruma fonksiyonunu yerine getiren en önemli malzemelerden biri de insanı ikinci bir deri katmanı gibi sararak koruyan tekstil ürünleridir<sup>1</sup>.

Konvansiyonel tekstil ürünlerinin koruma sağlamasına rağmen izolasyon kapasiteleri kalınlıklarına bağlı olarak sınırlı kalmaktadır. Farklı özelliklerde katmanlardan oluşan teknik tekstil ürünleri ise, vücut ısını izole ederek pasif koruma yoluyla izolasyon performansına katkı sağlamakta ve aşırı soğuk ortam koşullarında da yeterli koruma seviyesine ulaşmaktadır. Özellikle çok soğuk havalarda dışarıda bulunmak zorunda kalan askeri personelin soğuk ortamlarda çalışırken kullanmaları için geliştirilen teknik tekstil ürünlerinden; kişilerin ihtiyaç duyduğu hareket rahatlığı, giyim konforu vb. fonksiyonel özelliklere de cevap vermeleri beklenmektedir. Tekstil ürünleri temel performans değerlerini karşılarsa da, soğuk ortama karşı koruma seviyesi; kişinin vücut fonksiyonları, fiziksel aktivite derecesi, dış etkenler vb. gibi değişken parametrelere bağlı olarak anlık değişkenlik gösterebilmektedir. Değişken parametreler göz önünde bulundurulduğunda, geliştirilen giysilerin kişinin vücut ısını korunurken aynı zamanda yüksek fiziksel aktivite gösteren personelin etkin termoregülasyonuna izin vermesi beklenmektedir<sup>2,3</sup>.

Soğuk ortama karşı koruma sağlayan giysilerin koruma performansını belirleyen bazı ergonomik gereklilikler mevcuttur<sup>3,4</sup>.

- KEMANECİ ÖZTÜRK, Sinem (0000-0002-8370-7217)
- VAROL, Utku (0000-0002-7118-8210)
- BOYACI, Bekir (0000-0003-4557-0990)

Bu amaçla kullanılan malzeme ve katmanların geliştirilmesinde ısı izolasyonu, su buharı direnci, su geçirmezlik özelliği ve hava geçirgenliği gibi standart performans özelliklerinin dikkat edilmesi gerekmektedir<sup>4-8</sup>.

Savunma alanında kullanılması planlanan ve askeri personelin vücut ısını hayati değerlerde tutmaya yardım edecek aynı zamanda hareket serbestliği sağlayacak yenilikçi, esnek ve seri üretime uygun soğuk iklim giysisi; ileri seviye performans unsurları doğrultusunda bu çalışma ile geliştirilmiş ve üretilmiştir. Giysiyi oluşturan katmanlar tek tek belirlenerek yapılar bir araya getirilmiş ve uygun test yöntemleriyle performansları ölçülmüştür.

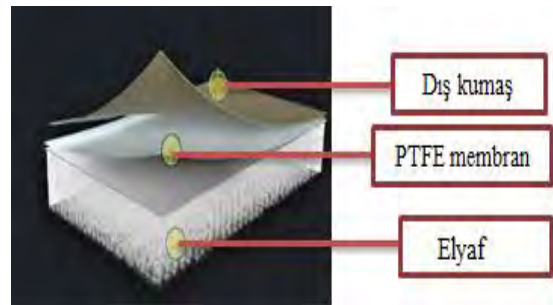
## DENEYSSEL

### Malzeme

Bu çalışmada; PTFE membran lamine edilmiş poliamid dimi kumaş dış katman olarak kullanılmıştır. Orta kısım izolasyon katmanı için farklı termal direnç özelliklerine sahip polyester esaslı elyaf denemiştir. İç kısımda polipropilenden oluşan kapitone telası ve poliamid 6.6'dan oluşan bezayağı ripstop iç astar kullanılmıştır.

### Yöntem

Soğuk iklim giysisi 3 katmanlı olarak oluşturulmuştur. Dış katman; üst kumaş ve membran laminasyonu ile iki katmanlı olarak üretilmiştir. Ara katman izolasyon elyafından oluşmaktadır. En iç katmanda astar kumaşı yer almaktadır. Oluşturulan katmanlı yapının atkı ve çözgü kopma mukavemeti, yırtılma mukavemeti, termal direnç, su buharı direnci ve hava geçirgenliği testleri ölçülmüştür.



## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

İzolasyon katmanında kullanılan farklı elyafların önce içerikleri belirlenmiş, TS EN ISO 29073-1'e göre gramajları ve EN ISO 9073-2'ye göre kalınlıkları test edilmiştir. Daha sonra kullanılan elyafların TS EN ISO 11092'ye göre ısı dirençleri ölçülmüştür. Elde edilen test sonuçları Tablo 1 ve 2'de verilmiştir.

Tablo 1. İzolasyon elyaflarının fiziksel test sonuçları

Ürün İsmi	Gramaj (g/m <sup>2</sup> )	Kalınlık (mm)
Apex100 (%100 PES)	100 +/- 5	19 +/- 2
G-loft (%100 PES)	100 +/- 10	22 +/- 4
Primaloft (%100 PES)	110 +/- 5	23 +/- 4
Thinsulate (%100 PES)	120 +/- 5	24 +/- 2
Bimer (%100 PE)	140 +/- 5	26 +/-4
Gentuğ (%100 PES)	140 +/- 5	26 +/-4
Doğa (%100 PES)	140 +/- 5	28 +/-4

Tablo 2. İzolasyon elyaflarının ısı direnç sonuçları

Ürün İsmi	Termal Direnç (m <sup>2</sup> K/W)	Termal Direnç (m <sup>2</sup> K/W) / 5 Yıkama	Termal Direnç (m <sup>2</sup> K/W) / 20 Yıkama
Apex100	0,380	0,365	0,350
G-loft	0,342	0,352	0,212
Primaloft	0,323	0,320	0,194
Thinsulate	0,315	0,312	0,192
Bimer	0,285	0,282	0,165
Gentuğ	0,277	0,275	0,161
Doğa	0,270	0,267	0,151

Tablo 1 ve 2 incelendiğinde; Apex100 elyafının daha düşük gramajda ve kalınlıkta, diğer elyaflara kıyasla en iyi ısı dirence sahip olduğu görülmüştür. Aynı zamanda izolasyon yeteneğini yıkama sonrası bile muhafaza ettiği tespit edilmiştir. Bu nedenle oluşturulan katmanlı yapıda bu elyafın kullanılması uygun bulunmuştur.

- KEMANECİ ÖZTÜRK, Sinem (0000-0002-8370-7217)
- VAROL, Utku (0000-0002-7118-8210)
- BOYACI, Bekir (0000-0003-4557-0990)

Katmanlara ait performans testleri ise aşağıda gösterilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Katmanlara ait performans test sonuçları

Numune Adı	Gramaj (g/m <sup>2</sup> )	Kopma Mukavemeti (N)		Yırtılma Mukavemeti (N)	
		Atkı	Çözücü	Atkı	Çözücü
Dış Kumaş (Üst Katman)	132	608	653	37	52
İç Astar	53	340	530	19	20

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda dış kumaş ve iç astarın gerekli performans özelliklerini gösterdiği, izolasyon katmanının da soğuk iklim şartları için yeterli olacağı ve ısı direnç değerini sağladığı tespit edilmiştir.

Bitmiş ürünün termal ısı direnci için TS EN ISO 11092 standardı kullanılmıştır. Gövde kısmında 0,460 m<sup>2</sup>K/W, kol kısmında 0,400 m<sup>2</sup>K/W ve pantolonda 0,410 m<sup>2</sup>K/W ısı direnç değerleri elde edilmiştir. Katmanlı yapının hava geçirgenliği ise TS 391 EN ISO 9237'ye göre yapılmış ve 5 L/m<sup>2</sup>/sn olarak tespit edilmiştir.

## GENEL SONUÇLAR

Bu çalışma ile uzun ömürlü, rüzgar geçirmez ancak nefes alabilir yüksek seviyede termal izolasyon özelliğine sahip katmanlı bir giysi yapısı geliştirilmiştir. Katmanlı yapının geliştirilmesi sırasında en iyi ısı dirence sahip elyaf belirlenmiş ve yapıyı oluşturan katmanların su buharı transferi ve termal konfor parametreleri üzerine performansları incelenmiştir. Elde edilen giysi yapısı ile askeri personelin soğuk iklim şartlarında daha rahat hareket etmesi sağlanmış olmuştur.

## SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Askeri personelin soğuk iklim şartlarındaki hareket kabiliyetini ve termal konforunu artırmak için membran ve elyaf üreticileri ile çalışmalara devam edilecektir. Katmanlı yapının oluşturulması aşamasında uygulanan laminasyon yönteminin parametreleri incelenecek ve optimum şartlar tespit edilecektir.

## TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Bu çalışma, Sun Tekstil Ar-Ge Merkezi tarafından 2019-TA-013 no'lu özkaynak projesi ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

1. Rossi, R. 2009. "Comfort and Thermoregulatory Requirements In Cold Weather Clothing", Woodhead Publishing Series In Textiles-Textiles For Cold Weather Apparel, 3-18.
2. Song, G. 2009. "Thermal Insulation Properties of Textiles and Clothing", Woodhead Publishing Series In Textiles-Textiles For Cold Weather Apparel, 19-32.
3. Bougourd, J. ve Mccann, J. 2009. "Factors Affecting the Design of Cold Weather Performance Clothing", Woodhead Publishing Series In Textiles-Textiles For Cold Weather Apparel, 152-195.
4. Havenith, G. 2009. "Laboratory Assessment of Cold Weather Clothing", Woodhead Publishing Series in Textiles-Textiles For Cold Weather Apparel, 217-243.
5. Scott, R.A. 2009. "Cold Weather Clothing For Military Applications", Woodhead Publishing In Textiles-Textiles For Cold Weather Apparel, 305-328.
6. Kashif, M. 2015. "Extreme Cold Weather Clothing",  
[https://www.researchgate.net/profile/Kashif-Muhammad-3/publication/277005461\\_Extreme\\_cold\\_weather\\_clothings/links/555d60bb08ae86c06b5dab17/Extreme-cold-weather-clothings.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Kashif-Muhammad-3/publication/277005461_Extreme_cold_weather_clothings/links/555d60bb08ae86c06b5dab17/Extreme-cold-weather-clothings.pdf)
7. Shaker, K. 2018. "Clothing for Extreme Cold Weather", Material, Properties, Production and Testing, National Textile University, (1), 1-12.
8. Kasturiya, N., Subbulakshmi, M.S., Gupta, S.C. ve Raj, H. 1999. "System Design of Cold Weather Protective Clothing", Defence Science Journal, 49 (5), 457-464.

- KEMANECİ ÖZTÜRK, Sinem (0000-0002-8370-7217)
- VAROL, Utku (0000-0002-7118-8210)
- BOYACI, Bekir (0000-0003-4557-0990)

# THERMOFORMING PROCESS PARAMETER OPTIMIZATION OF THERMOPLASTIC PEKK/CF and PPS

COBANOGLU Merve<sup>1</sup>, ECE Remzi Ecmel<sup>2</sup>, OZTURK Fahrettin<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş., Ankara

<sup>3</sup>Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş., Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara

[fozturk@ybu.edu.tr](mailto:fozturk@ybu.edu.tr)

## Abstract

Thermoplastic composite parts in the aerospace industry have recently been increased due to reshaping and reused potentials of the thermoplastic composite materials. The thermoforming process is an effective manufacturing methodology to form thermoplastic composite materials. The main benefits of the process are low cost and short process time. Optimization of the process parameters is essential for correct parts production. In this present study, effects of plate geometry and connection technique, pre-heating, and pressing parameters are investigated experimentally for the thermoforming of PEKK / CF and PPS sheets. Results reveal that wrinkle and warping problems of the formed sheets are minimized by optimization of these parameters.

## References

- [1] J. E. Cunningham, P. F. Monaghan, M. T. Brogan, and S. F. Cassidy, "Modelling of pre-heating of flat panels prior to press forming," *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.*, vol. 28, no. 1, pp. 17–24, 1997.
- [2] J. D. Muzzy, A. O. Kays, "Thermoplastic vs. thermosetting structural composites," *Polymer Composites*, vol. 5, no. 1, pp. 69–172, 1984.
- [3] A. R. Offringa, "Thermoplastic applications composites-rapid processing applications," *Compos. Part A*, vol. 27(A), pp.329–336, 1996.
- [4] Dutch Thermoplastic Composites "Aerospace Structures," <http://www.composites.nl/products/aerospace-structures/>.
- [5] F. Saraiva, "Development of press forming techniques for thermoplastic composites Investigation of a multiple step forming approach," MSc Thesis in Aerospace Engineering Structural Integrity & Composites, TU Delft, 2017.

# Epoksi Reçine Sisteminde Amonyumpolifosfat (APP) ve Alüminyumtrihidroksit'in (ATH) Sinerjist Alev Geciktirici Etkisi

KUBİLAY Zeynep<sup>1</sup>, SEVİM A., Mert<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Merih Asansör, Ankara, Türkiye, [kubilayf19@itu.edu.tr](mailto:kubilayf19@itu.edu.tr),  
<https://orcid.org/0000-0001-9617-4045>

<sup>2</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, [sevim@itu.edu.tr](mailto:sevim@itu.edu.tr),  
<https://orcid.org/0000-0001-5845-2884>

## AMAÇ

Amonyum polifosfat (APP) içerisine Alüminyum trihidroksit (ATH) katkısı ile sinerjist etki sağlanarak kolay tutuşabilir epoksi matrisin tutuşma süresinin geciktirilmesi hedeflenmektedir.

## Referanslar

- [1]Camino, G.; Costa, L.; Martinasso, G.. Polym Degrad Stab 1989, 23, 359.]
- [2]Wang, J.-S., Wang, D.-Y., Liu, Y., Ge, X.-G., & Wang, Y.-Z. (2008). Polyamide-enhanced flame retardancy of ammonium polyphosphate on epoxy resin. Journal of Applied Polymer Science, 108(4), 2644–2653. doi:10.1002/app.27522
- [3]Deng, J.; Zhu, S. W.; Shi, W. F. J Appl Polym Sci 2004, 94, 2065.]
- [4]Khalili, P., Tshai, K. Y., Hui, D., & Kong, I. (2017). Synergistic of ammonium polyphosphate and alumina trihydrate as fire retardants for natural fiber reinforced epoxy composite. Composites Part B: Engineering, 114, 101110. doi:10.1016/j.compositesb.2017.01.049
- [5]Castrovinci, A., Camino, G., Drevelle, C., Duquesne, S., Magniez, C., & Vouters, M. (2005). Ammonium polyphosphate–aluminum trihydroxide antagonism in fire retarded butadiene–styrene block copolymer. European Polymer Journal, 41(9), 20232033. doi:10.1016/j.eurpolymj.2005.03.010
- [6]Hapuarachchi T. D., Peijs T., Aluminium trihydroxide in combination with ammonium polyphosphate as flame retardants for unsaturated polyester resin
- [7]ASTM D3801-10, Standard Test Method for Measuring the Comparative Burning Characteristics of Solid Plastics in a Vertical Position, West Conshohocken, PA, United States, 2010.

# CHAPTER 2

## MEDICAL APPLICATIONS

# Story of Favicovir Our First Domestic Medicine for the Treatment of Covid-19

GUZEL, Mustafa<sup>1-2</sup>

<sup>1</sup>Istanbul Medipol University, Regenerative and Restorative Medicine Research Center (REMER), Kavacik Campus, Kavacik-Beykoz/Istanbul 34810, Turkey

<sup>2</sup>Istanbul Medipol University, International School of Medicine, Department of Medical Pharmacology, Kavacik Campus, Kavacik-Beykoz/Istanbul 34810, Turkey

[mguzel@medipol.edu.tr](mailto:mguzel@medipol.edu.tr)

As the world shaken by pandemic Covid-19, small molecule inhibitors have previously been heavily investigated in different studies as possible therapeutics in the treatment of SARS-CoV-2. In Turkey we began investigating potential treatment options and decided to collaborate with a local pharma company named Atabay. Within a short period of time, we have successfully completed full lab and industrial scale of three molecules that have been vastly used for Covid-19 treatment such as Favipiravir (Fav), Hydroxychloroquine (HCQ), Remdesivir (Rem). The coronavirus disease-2019 (COVID-19) outbreak all over the world has led the researchers to strive to develop drugs or vaccines to prevent or halt the progression of this culprit. As the literature supports, Favipiravir is approved by some countries, including India, for COVID-19 treatment. Favipiravir has shown rapid viral clearance and faster clinical improvement. Various treatment recommendations include Favipiravir for COVID-19 treatment we began to investigate and immediately started synthetic strategy for these medicines. To minimize and reduce the external dependency we as a group of 12 researchers started local synthesis and isolated our lab and stayed in the hotel during the entire project term. During our study we have established cost effective route to expedite the process and filed a domestic patent and currently preparing manuscript for publication. During the seminar, the short time success story and local licensing adventure will be highlighted.

- GUZEL, Mustafa (<https://orcid.org/0000-0002-1423-0435>)



# Genetic Code, Bioinformatics and Biosecurity

KARABEKMEZ, Muhammed Erkan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Istanbul Medeniyet University, Department of Bioengineering

[erkan.karabekmez@medeniyet.edu.tr](mailto:erkan.karabekmez@medeniyet.edu.tr)

Digital revolution reshapes the life sciences and creates novel niches for biosafety and biosecurity concerns. Biosecurity handles agricultural and medical risks in a strategic manner (International Food Safety Authorities Network (INFOSAN), 2010). Digitalization of health records, bioinformatics, molecular medicine, wearable biomedical technologies, biotechnology and synthetic biology transform the direction of life sciences. This transformation brings new ethical problems regarding privacy, trust, accountability, fairness or justice and also brings new challenges in plant biosecurity, food biosecurity, veterinary biosecurity, medical biosecurity and bioterrorism. In the recently emerged data-centric era next generation biopolymer sequencing technologies put biological data into a central position. In this talk, I will discuss biological data and its ethical, regulatory, and biosecurity related implications with a future perspective and try to unveil significance of those topics regarding national security.

- KARABEKMEZ, Muhammed Erkan (0000-0002-0517-5227)

## REFERENCES

- “Biosecurity: An integrated approach to manage risk to human, animal and plant life and health (2010)”. International Food Safety Authorities Network (INFOSAN). [https://www.who.int/foodsafety/fs\\_management/No\\_01\\_Biosecurity\\_Mar10\\_en.pdf](https://www.who.int/foodsafety/fs_management/No_01_Biosecurity_Mar10_en.pdf), Latest Access date: 15 December 2018.

# Örme Kumaştan Antibakteriyel Maske Üretimi Üzerine Bir Araştırma

AYATA KONUKOĞLU, Seval<sup>1</sup>, BATÇIK, Cansu<sup>1</sup>, ÇATAK, Ersen<sup>1</sup>, AÇIKGÖZ TUFAN, Hatice<sup>2</sup>, ŞAHİN, Umut Kıvanç<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Sanko Tekstil İşletmeleri, 3. Organize Sanayi Bölgesi 83209 Nolu Cd. No:4 Şehitkamil /Gaziantep,

<sup>2</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, İnönü Cd. No.65 Beyoğlu 34437, İstanbul  
[cansubatcik@sanko.com.tr](mailto:cansubatcik@sanko.com.tr)

## AMAÇLAR

Bu çalışmada örme pamuklu kumaşlara antibakteriyellik ve su iticilik apresi uygulanarak koruyucu bir yüz maskesi üretimi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda antibakteriyellik, hava geçirgenliği ve su iticilik testleri uygulanmıştır.

## GİRİŞ

Havada bulunan virüs, bakteri ve mikroorganizmalar önlem alınmadığı ve uygun şartlar sağlandığı takdirde büyük bir hızla sayılarını katlayarak arttırabilmektedir. İnsanların vücudu bu mikroorganizmaların sayılarını arttırabilmeleri için gerekli tüm koşulları (sıcaklık, nem, yüzey) sağlamaktadır. Çevremizde bulunan mikroorganizmalardan hijyen alışkanlıklarımıza dikkat ederek korunabilirken havadaki mikroorganizmalardan korunmak için hijyen alışkanlıklarımızın yanı sıra maske kullanımı gerekmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, hangi mikroorganizmaya karşı korunma isteniyorsa maskeye o özelliğin kazandırılması gerekmektedir.

Tekstil ürünlerine antibakteriyel özellik kazandırmak için en çok tercih edilen maddeler; kitin, kitosan, triklosan ve gümüşür.

Gümüş partikülleri antibakteriyel özellik elde edebilmek için oldukça sık kullanılmaktadır <sup>1</sup>. Bir çalışmada koloidal bir gümüş nanopartikül çözeltisi kullanılarak mevcut cerrahi maskelere antibakteriyellik kazandırılmıştır <sup>2</sup>.

N-halaminler azot ve bir halojen (genellikle klor (Cl)) arasında oluşturulmuş bir veya iki kovalent bağ içeren bileşiklerdir. N-halaminler, mikroorganizmalara karşı geniş spektrumlu bir etkin madde içermektedir ve antibakteriyel özellik kazandırmak için çok kullanılan diğer kimyasallardandır. Huang ve grubu <sup>3</sup> poliakrilonitril ve n-halaminler kullanarak elektroegirme yöntemiyle antibakteriyel nanolif matlar üretmiştir. Fakat elektro egirme yöntemiyle üretim yapmak oldukça yavaş olduğu ve ihtiyaç duyulan maske miktarının üretilebilmesi için daha hızlı yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Piyasada en yaygın kullanılan maskeler dokunmamış kumaşlardan üretilen tek kullanımlık cerrahi

maskelerdir. Sentetik elyaflar kullanılarak üretilen bu maskeler son zamanlarda çevre üzerindeki en büyük mikro plastik kirliliği oluşturmaktadır <sup>4</sup>. Bu durumun önüne geçebilmek için daha çevre dostu ve çok kullanıma olanak sunan maskelere ihtiyaç duyulmaktadır <sup>5</sup>. Bunun için dokuma ve örme kumaşlar tercih edilebilmektedir ve örme kumaşlar esnek yapıları ile yüzü iyi kavradığından daha çok tercih edilmektedir.

Liu ve arkadaşları <sup>6</sup> kitosan içerikli mikrokapsüller kullanarak %100 pamuklu kumaşlara yıkamaya dayanıklı antibakteriyel özellik kazandırmışlardır.

Çevreci ve ekonomik bir yaklaşımla üretilen maskenin yıkanabilmesi ve birden fazla kez kullanılabilmesi için konvansiyonel yöntemler ve antibakteriyellik/antivirallik verecek yeni kimyasallar uygulanarak mümkündür.

Bu çalışmada konvansiyonel örme tekniği ve kimyasal apre uygulaması kullanılarak mikroorganizmalardan koruyucu bir maske üretiminde kullanılacak kumaş parametrelerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla üretilen maske örneklerine çeşitli testler uygulanmış ve sonuçları raporlanmıştır.

## DENEYSEL

### Malzeme

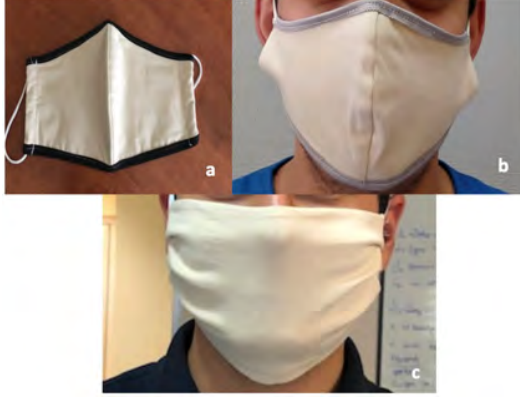
Çalışmada üç farklı kumaş kullanılmıştır ve özellikleri Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1. Kullanılan kumaşların özellikleri

Kumaş No	İçerik	Yapısı (Pus/Fayn)	Gramaj (g/m <sup>2</sup> )
1	%93 Pamuk (Ne 40/1 – S/Z) %7 Elastan (30 dtex)	Süprem (Monarch 30/28)	155
2	%94,5 Pamuk (Ne 30/1) %5,5 Elastan (33 dtex)	Süprem (Monarch 30/28)	210
3	%95 Pamuk (Ne 40/1) %5 Elastan (22 dtex)	Süprem (Monarch 32/34)	180

## Yöntem

Tablo 1'deki üç farklı kumaşa ramda 30 g/L antibakteriyellik ve su iticilik apresi ram öncesi fularda uygulanmıştır. Ardından Şekil 1'deki gibi maske formuna getirilen kumaşlara antibakteriyellik, su iticilik ve hava geçirgenliği testleri uygulanmıştır.



Şekil 1. a. 1 numaralı kumaştan üretilen maske örneği,  
b. 2 numaralı kumaştan üretilen maske örneği,  
c. 3 numaralı kumaştan üretilen maske örneği

## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Koruyucu yüz maskeleri bizleri mikroorganizmaların bulaşmasından korurken aynı zamanda nefes alabilir ürünler olmalıdır. Bu özelliklerin tespiti için bakteri filtrasyon verimlilik testi, mikrobiyal temizlik testi ve nefes alabilirlik testleri EN 14683:2019 kullanılarak uygulanmış ve sonuçları Tablo 2'de özetlenmiştir. Bakteri filtrasyon verimlilik testi için kumaş üzerinden bakteri içeren aerosol gönderilir ve kumaşın ardına geçen bakteri miktarı sayılır, verimlilik hesabı yapılır. Nefes alabilirlik için 2,5 cm çapında 5 numuneye test yapılarak ortalama değerler raporlanmıştır. Test metodundaki hava akış hızı 8 l/dk'dır. Mikrobiyal temizlik testi sonunda agarda oluşan mikroorganizmalar sayılır.

Tablo 2. Maskelerin test sonuçları

Kumaş No	Bakteri Filtrasyon Verimlilik Testi	Mikrobiyal Temizlik (koloni oluşturan birim / gr)	Nefes Alabilirlik (Pa /cm <sup>2</sup> )
1	85,9 %	10 kob/gr	18,1
2	87,4 %	13 kob/gr	69,8
3	87,4 %	12 kob/gr	71,3

Sağlık personeli dışındaki kişiler için kullanılmasi önerilen maske Tip 1 olarak adlandırılmakta ve aşağıdaki şu performans özelliklerini sağlaması beklenmektedir;

- Bakteri filtrasyon verimliliği  $\geq$  % 95
- Nefes alabilirlik (basınç farkı)  $< 40$  Pa/cm<sup>2</sup>
- Mikrobiyal Temizlik (koloni oluşturan birim / gr)  $\leq 30$  kob

Bu bilgiler doğrultusunda 1 numaralı maske değerlendirildiğinde bakteri filtrasyon verimlilik testinden %95'in hemen altında olduğu için kaldığı, mikrobiyal temizlik testinden ve nefes alabilirlik testinden geçtiği gözlenmektedir. 2 ve 3 numaralı maskeler birlikte incelendiğinde mikrobiyal temizlik testi sonucu sırasıyla 13 ve 12 olduğu için bu testten geçtiği fakat nefes alabilirlik test sonuçları 69,8 ve 71,3 ve bakteri filtrasyon verimlilik testi sonucu 95'ten küçük olduğu için bu testlerde istenilen sonucu vermediği gözlenmiştir.

Seçilen kumaş yapıları içerisinde en iyi test sonuçları düşük gramaja, yüksek elastan oranına ve diğerlerine göre kıyasla daha dengeli yapıya sahip kumaşla elde edilmiştir.

## GENEL SONUÇLAR/ SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Havadaki mikroorganizmalardan korunmak için üretimi planlanan kumaş esaslı çok kullanımlık maske örnekleri incelendiğinde seçilen üç farklı kumaş yapısı içerisinde mikrobiyal temizlik performanslarının yeterli olduğu, bakteri filtrasyon verimlilik test sonuçlarının istenilen verimlilik değerlerine çok yakın olduğu, nefes alabilirlik sonuçlarının ise kumaş gramajına bağlı olarak farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçları iyileştirmek için mevcut çalışmadaki bulgular ışığında örme kumaş esaslı çok kullanımlık maske tasarımına yönelik çalışmalarda aşağıdakilere dikkat edilecektir;

- 1- Elastan miktarının yüksek olması gerekmektedir.
- 2- Dengeli yapı elde edilebilmesi için büküm yönü farklı olan iplikler beraberce kullanılmalıdır.
- 3- Seçilen iplik tipi ve elastan oranına bağlı olarak istenen nefes alabilirliğe ulaşılabilmesi için kumaş gramajı sınırlandırılmalıdır.
- 4- Seçilen kumaşın yapısına ve nihai özelliklerine bağlı olarak fularda beraberce verilen su itici ve antibakteriyel apre reçetesi optimize edilmelidir.
- 5- Alternatif olarak birbirinden farklı aprelerin aynı kumaşa verildiği pek çok uygulamada aprelerin ayrı ayrı uygulandığı çift ram kullanılabilir.
- 6- Ayrı yüzeylere ayrı aprelerin uygulanması (dışa bakan tarafa su iticilik apresi, içe bakan tarafa ise antibakteriyellik apresi) ile yüksek bakteri filtrasyon verimliliği sağlanabilir.

**TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI**  
AP20 kodlu Antiviral ve Antibakteriyel Maske ve Koruyucu Ekipman Kumaşları Geliştirilmesi isimli proje kapsamında üretilen ilgili kumaşlar SANKO TEKSTİL İŞLETMELERİ'nde Arge Merkezi mühendisleri tarafından geliştirilmiştir. Tüm yardımları için; SANKO iplik işletmesi, ham kumaş işletmesi ve mamül kumaş işletmesi olan boyahane işletmelerine teşekkür ederiz.

#### **KAYNAKLAR**

1. Kharaghani, D. *et al.* Preparation and in-vitro assessment of hierarchal organized antibacterial breath mask based on polyacrylonitrile/silver (PAN/AgNPs) nanofiber. *Nanomaterials* **8**, (2018).
2. Hiragond, C. B. *et al.* Enhanced anti-microbial response of commercial face mask using colloidal silver nanoparticles. *Vacuum* **156**, 475–482 (2018).
3. Huang, C. *et al.* N-halamine antibacterial nanofibrous mats based on polyacrylonitrile and N-halamine for protective face masks. *J. Eng. Fiber. Fabr.* **14**, 0–7 (2019).
4. Aragaw, T. A. Surgical face masks as a potential source for microplastic pollution in the COVID-19 scenario. *Mar. Pollut. Bull.* **159**, 111517 (2020).
5. Klemeš, J. J., Fan, Y. Van & Jiang, P. The energy and environmental footprints of COVID-19 fighting measures – PPE, disinfection, supply chains. *Energy* **211**, (2020).
6. Liu, J. *et al.* Study on the grafting of chitosan-gelatin microcapsules onto cotton fabrics and its antibacterial effect. *Colloids Surfaces B Biointerfaces* **109**, 103–108 (2013).

# Lamium Galeobdolon Özütüyle Enkapsüle Gümüş/PLGA Nanofiberden Antibakteriyel Sütür Üretimi ve Karakterizasyonu

KORKMAZ, Edanur\*<sup>1</sup> GÜNEŞ, Cansu\*<sup>1</sup> AVCI, Ahmet\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Necmettin Erbakan Üniversitesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye  
krkmzedanur@gmail.com

## AMAÇ

Bu çalışmada elektro çekim yöntemiyle ballıbaba bitki ekstraktından yeşil sentezlenmiş Ag katkılı PLGA nanofiberler kullanılarak doku reaksiyonu ve cerrahi alan enfeksiyonuna sebep olmayan, gerekli sürtünme kuvveti sağlayarak düğüm güvenliğini arttıran cerrahi sütür üretimi hedeflenmiştir.

## GİRİŞ

Sütür, cerrahi operasyon veya yaralanmalar sonucu meydana gelen vücut kesilerini bir arada tutar, dokuya iyileşme sürecinde mekanik destek sağlar<sup>1</sup>. Sütür kullanımında cerrahi alan enfeksiyonuna neden olmaması, cerrah için kullanım kolaylığı sağlaması ve düğüm stabilitesi önemli kriterlerdir. Yara iyileşmesi süreci için, kullanılan sütürün özellikleri önem taşımaktadır<sup>2</sup>. Sütür özelliklerini geliştirmek için antibakteriyel ajan ekleme ve kaplama yöntemiyle çalışmalar yapılmıştır. Antibakteriyel ajan olarak düşük toksisite ve yüksek antibakteriyellik etkileriyle Ag öne çıkmıştır. Kaplama yönteminde ise biyoyumlu malzemeler kaplama ajanı olarak kullanılır. Yapılan çalışmalarda doğal olarak oluşan ajanlar kitosan, zeytin yaprağı ekstresi ve aloe vera ile kaplanan ipek sütürlerin mekanik özelliklerini arttırdığı görülmüştür<sup>3</sup>. Ayrıca kullanılan malzeme özelliklerine göre yara iyileştirme, antifungal özellik gösterme gibi birçok avantaj da sağlamıştır. Bu çalışmada bitki ekstraktıyla enkapsüle edilmiş gümüş nanopartikül sentezlenmiştir. Elde edilen gümüş nanopartikül, Polylactide -co- glycolide asit (PLGA) ile üretilen elektrospin nanofiberlerin, biyoaktivite ve antimikrobiyel özelliklerini arttırmak için fiberin içerisine katılmıştır. Sentezlenen gümüş nanopartikül, çözücü olarak sadece suyun kullanıldığı, canlı hücrelerden nanopartikül üretimi esasına dayanan biyosentez yöntemi ile elde edilmiştir<sup>4</sup>. Yeşil sentez için Ballıbaba bitki özütü kullanılmıştır. Ballıbaba adıyla bilinen Lamium galeobdolon (L.) bitkisi, antispazmodik (spazm giderici), anstrenjan (damar veya dokuları büzücü), stiptik (kanama durdurucu) ve vazokonstriktör (kan damarlarını daraltıcı) özelliklerinden dolayı tercih edilmiştir<sup>5</sup>.

1. KORKMAZ, Edanur (0000-0002-6694-6371)
2. GÜNEŞ, Cansu (0000-0002-8870-0962)
3. AVCI, Ahmet (0000-0002-1946-6260)

Bu özelliklerinin üretilen nanopartikülü etkilemesi ve yara iyileşmesine katkı sağlanması beklenmektedir. Üretilen nanofiber malzeme fourier-dönüştürülmüş kızılötesi spektroskopisi (FTIR), X-Işını kırınımı (XRD), taramalı elektron mikroskobu (FESEM) kullanılarak karakterize edilmiştir. PLGA/Gümüş elektrospin nanofiberin, antibakteriyel ameliyat ipliği (sütür) olarak kullanımı üzerinde durulup, malzeme özellikleri incelenmiştir.

## DENEYSEL

### Malzeme

PLGA (Jilin Folialux Bio-Tech Co), Dimetilformamid (DMF, Sigma-Aldrich), Diklorometan (DCM, VWR Chemicals), Gümüş Nitrat (AgNO<sub>3</sub>, Nanokar nanoteknoloji) ve Ballıbaba (Lamium Galeobdolon) bitkisi kullanılmıştır

### Yöntem

#### Yeşil sentez

Yeşil sentezde metalik nanopartikül üretimi, bitki özütlerinin metal iyonlarıyla etkileşime girerek metalik nanopartiküllere indirgenmesiyle sağlanır. Ballıbaba ekstraktında bulunan biyomoleküller, Ag<sup>+</sup> iyonlarının Ag<sup>0</sup> indirgenmesinden sorumludur. Ag<sup>+</sup> iyonu kaynağı olarak 0,1 molarlık gümüş nitrat (AgNO<sub>3</sub>) kullanılmıştır. Gümüş nanopartiküllerin sentezi için 75 ml ballıbaba bitki özütü ile 150 ml saf su manyetik karıştırıcı yardımıyla karıştırılmaya bırakıldı. İşlem gerçekleştirilirken 25 ml 0,1 molarlık AgNO<sub>3</sub> çözeltisi damla damla olarak üzere çözeltiye ilave edildi. Karıştırma işleminden sonra çözelti, 24 saat karanlık ortamda bekletildi. Ardından çözelti içerisindeki saf su, etüv kullanılarak buharlaştırıldı ve ballıbaba bitki özütüyle enkapsüle olmuş gümüş nanopartiküller (YS-AgNP) elde edildi.

### Elektro çekim Yöntemi

Elektro çekim işlemi, yüksek voltajlı bir DC güç kaynağı, toplayıcı olarak dönen tambur ve şırınga pompası yardımıyla gerçekleştirildi. PLGA nanofiberlerin üretimi için çözücü olarak DMF, DCM kullanılmıştır. YS-AgNP/PLGA çözümü için de DCM ve DMF çözeltilerine YS-AgNP'ler, PLGA oranının %1'ine eşdeğer olacak miktarda ilave edilir. Ardından çözelti ultrasonik bir karıştırıcı ile

yarım saat karıştırılır. Daha sonra çözeltiye PLGA eklenir ve homojenlik sağlanana kadar manyetik karıştırıcı yardımıyla karıştırılır. Bu işlemler sonrasında elektro çekim yöntemi kullanılarak YS-AgNP/PLGA ve PLGA nanofiber elde edilir.

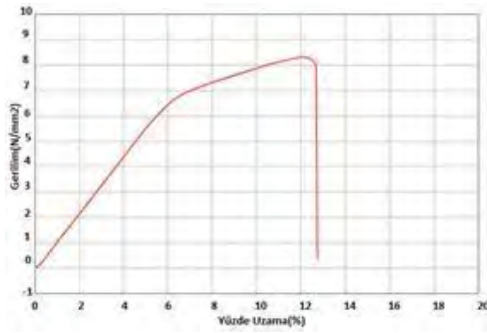
Parametreler	PLGA Nanofiber	YS-AgNP/PLGA Nanofiber
Voltaj (kV)	15-20 kV	23-28 kV
Çözelti akış hızı	0.4 ml/saat	0.2 ml/saat
İğne ucu/kollektör arasındaki mesafe	15 cm	13 cm

Şekil 1. Elektro çekim yöntemi parametreleri

## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

### Mekanik Özellik

Üretilen nanofiberler 1x8 cm ölçülerinde kesilmiştir. Ardından kesilen fiberlerin bir ucu sabitlenip diğer ucu el ile eğrilerek cerrahi suture üretimi tamamlanmıştır. Üretilen PLGA nanofiber suture, çekme testine tabi tutulmuştur. Sonuç Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. PLGA nanofiber sutureun gerilme-yüzde uzama grafiği

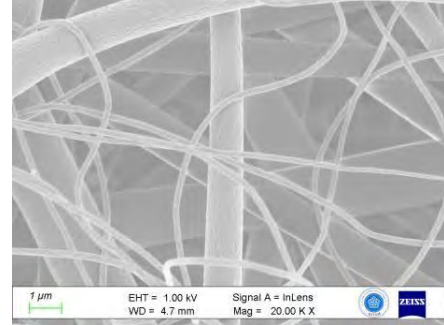


Şekil 3. PLGA nanofiber sutureun çekme testi

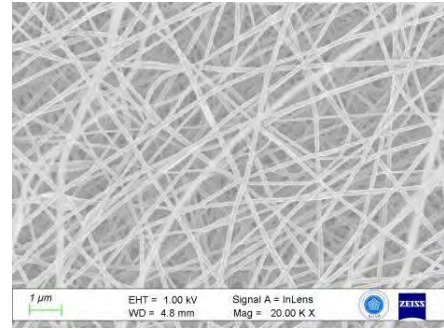
1. KORKMAZ, Edanur (0000-0002-6694-6371)
2. GÜNEŞ, Cansu (0000-0002-8870-0962)
3. AVCI, Ahmet (0000-0002-1946-6260)

### Karakterizasyon

Malzemenin morfolojik detayı FESEM ile incelenmiştir. AgNP’lerin yalın halde agregasyon oluşturduğu bunun da toksisiteye neden olduğu bilinmektedir. Bu durumu önlemek için AgNP, PLGA içine gömülmüştür. FESEM görüntüleri YS-AgNP’lerin, liflerin içine rastgele dağıldığını gösterdi. Böylece AgNP’lerin kümelenmesi önlenmiş ve stabilizasyonunu daha uzun süre koruması sağlanmıştır. Şekil 4’de görüldüğü gibi oluşan elyaflar sürekli bir yapıya sahiptir. Lif çapı ve yapısında, PLGA nanofibere göre YS-AgNP/PLGA nanofiberde çap dağılımı daha homojendir. PLGA nanofiberde ortalama çap yaklaşık 700 nm iken YS-AgNP/PLGA nanofiberde yaklaşık 115 nm’dir. Çözeltiye eklenen AgNP’lerin iletkenliği artırması YS-AgNP/PLGA nanofiberlerin çapını azaltmıştır. Ayrıca YS-AgNP/PLGA nanofiber daha pürüzlü bir yüzey morfolojisine sahiptir.



a) PLGA nanofiber

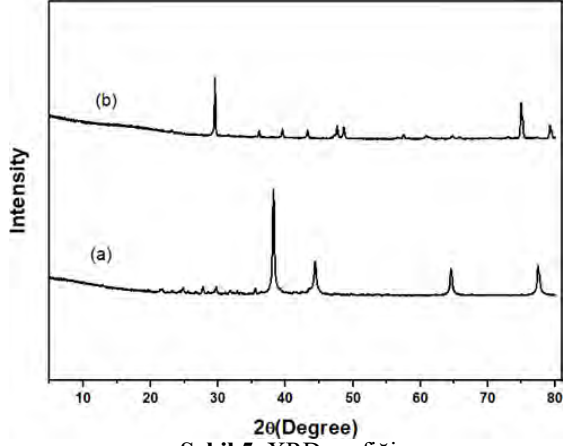


b) YS-AgNP/PLGA nanofiber

Şekil 4. Nanofiberlerin FESEM görüntüleri

Malzemenin kristal yapısını belirlemek için XRD kullanıldı. Şekil 5’de, sırasıyla YS-AgNP’lerin ve YS-AgNP/PLGA’nın XRD modelini gösterilmektedir. YS-AgNP’lerin tepe noktaları, sırasıyla (111), (200), (220) ve (311) düzlemlerine karşılık gelen  $2\theta=38,2^\circ$ ,  $2\theta=44,4^\circ$ ,  $2\theta=64,5^\circ$  ve  $2\theta=77,5^\circ$ ’de gözlemlendi. YS-AgNP/PLGA nanofiberde ise tepe noktası, (020) düzleminin karşılığı olan  $2\theta=29^\circ$ ’da gözlemlendi. Debye - Scherrer formülü kullanılarak

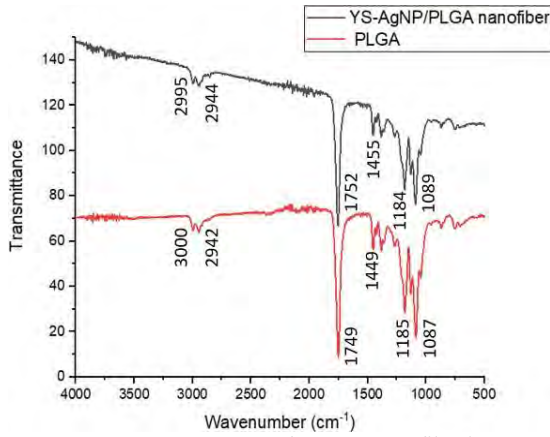
ortalama kristallik boyutu YS-AgNP için yaklaşık 22 nm bulunmuştur.



Şekil 5. XRD grafiği

a) YS-AgNP b) YS-AgNP/PLGA nanofiber

FTIR spektrumuyla, üretilen PLGA ve YS-AgNP/PLGA nanofiberlerin kimyasal bileşimi belirlenmiştir. Şekil 6'da PLGA ve YS-AgNP/PLGA nanofiberlerin tepe noktaları ve tepe noktasına karşılık gelen değerleri verilmiştir. Nanofiberler  $1749\text{ cm}^{-1}$  ve  $1752\text{ cm}^{-1}$  noktalarında C=O gruplarının varlığına bağlı olarak karakteristik bir tepe noktası gösterdi.  $2942\text{--}3000\text{ cm}^{-1}$  ve  $1455\text{--}1449\text{ cm}^{-1}$  arasında C-H grubuna,  $1087\text{--}1185\text{ cm}^{-1}$  arasında ise C-O grubuna bağlı olarak tepe noktaları görülmüştür.



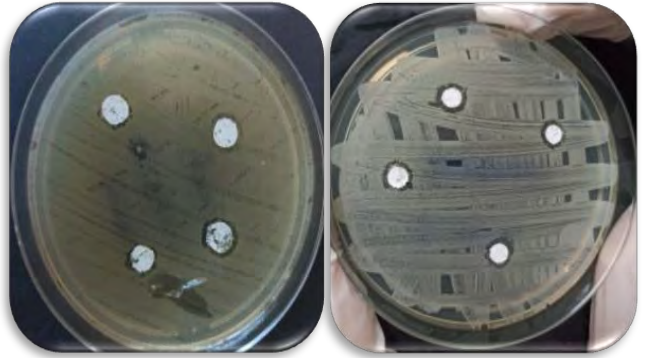
Şekil 6. PLGA ve YS-AgNP/PLGA nanofiberin FTIR grafiği

1. KORKMAZ, Edanur (0000-0002-6694-6371)
2. GÜNEŞ, Cansu (0000-0002-8870-0962)
3. AVCI, Ahmet (0000-0002-1946-6260)

### Antibakteriyel Özellik

Çalışmada Escherichia coli 25922, Staphylococcus aureus 29213, bakterileriyle agar disk difüzyon metodu kullanılarak, üretilen nanofiberlerin antibakteriyel özellikleri test edilmiştir Üretilen 2 çeşit nanofiber incelendiğinde, PLGA nanofiberler ihmal edilebilir seviyede az antibakteriyel özellik göstermiştir. YS-AgNP/PLGA nanofiber ise belirgin bir inhibasyon çapı vermiştir. Çalışma sonucunda (%1) YS-AgNP'ün PLGA nanofibere antibakteriyellik özellik kazandırabildiği görülmüştür. Bunun nedeninin ballıba bitkisinin malzemeye kazandırdığı antibakteriyel özellik olduğu düşünülmektedir. Farklı bakterilerdeki inhibasyon çapları Şekil 7'de gösterilmiştir.

Escherichia coli	Staphylococcus aureus
------------------	-----------------------



Şekil 7. YS-AgNP/PLGA nanofiberin inhibasyon bölgeleri

### GENEL SONUÇLAR

YS-AgNP biyoyumlu olması yönüyle biyomedikal alanda kullanıma elverişlidir. Ayrıca enkapsüle olduğu bitki özellikleri, oluşan nanopartikülü etkileyerek yeni özellikler kazandırır. Bu durum üretilen nanofiberlerin malzeme özelliklerini geliştirir. Elde edilen sütür, malzeme özellikleri bakımından incelendiğinde sütürün antibakteriyel özellik kazandığı ve daha pürüzlü yapıda olmasından dolayı cerrahi düğüm stabilizasyonunu artırdığı görülmüştür.

### SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

İleri vadede üretilen nanofiber sütürün in vivo çalışmaları gerçekleştirilecektir. Ayrıca yara iyileşme sürecine katkı sağlamak için ilaç yüklü sütür çalışmaları yapılacaktır.

## KAYNAKLAR

1. Gemci, R., Ameliyat iplikleri tipleri özellikleri ve krome katgüt ile normal katgüt arasındaki mukavemet farkları. **2004**.
  2. Erol, E.; Özdiç, Ö.; Avcioglu Kalebek, N. J. E. J. o. V. T. T. E. D., Ameliyat İpliklerinin Özellikleri. **2014**, 8 (3).
  3. Işık, A.; Seydibeyoğlu, E. A. J. D. E. Ü. M. F. F. V. M. D., Effect of Natural Antimicrobial Agents on the Characteristics of Surgical Sutures. **2020**, 22 (64), 11-20.
  4. UMAZ, A.; KOÇ, A., YEŞİL YOLLA SENTEZLENMİŞ METAL NANOPARTİKÜLLERİNİN BİYOMEDİKAL UYGULAMALARI.
  5. Lamium Galeobdolon subsp. Montanum. <https://kocaelibitkileri.com/lamium-galeobdolon-subsp-montanum/> Son Erişim Tarihi: 14.03.2021
  6. Rouhollahi, F.; Hosseini, S. A.; Alihosseini, F.; Allafchian, A.; Haghghat, F. J. F.; Polymers, Investigation on the biodegradability and antibacterial properties of nanohybrid suture based on silver incorporated PGA-PLGA nanofibers. **2018**, 19 (10), 2056-2065.
  7. Haghghat, F.; Ravandi, S. A. H. J. F.; Polymers, Mechanical properties and in vitro degradation of PLGA suture manufactured via electrospinning. **2014**, 15 (1), 71-77.
  8. Bae, S.; DiBalsi, M. J.; Meilinger, N.; Zhang, C.; Beal, E.; Korneva, G.; Brown, R. O.; Kornev, K. G.; Lee, J. S. J. A. a. m.; interfaces, Heparin-eluting electrospun nanofiber yarns for antithrombotic vascular sutures. **2018**, 10 (10), 8426-8435.
  9. Renu, S.; Shivashangari, K. S.; Ravikumar, V. J. S. A. P. A. M.; Spectroscopy, B., Incorporated plant extract fabricated silver/poly-D, l-lactide-co-glycolide nanocomposites for antimicrobial based wound healing. **2020**, 228, 117673.
  10. Ali, A.; Islam, S. M.; Mohebbullah, M.; Uddin, M. N.; Hossain, M. T.; Saha, S. K.; Jamal, M. S. I. J. T. J. o. T. T. I., Antibacterial electrospun nanomat from nigella/PVA system embedded with silver. **2020**, 1-7.
1. KORKMAZ, Edanur (0000-0002-6694-6371)
  2. GÜNEŞ, Cansu (0000-0002-8870-0962)
  3. AVCI, Ahmet (0000-0002-1946-6260)



# Assessment of the bacteriostatic effect of boric acid-containing polyurethane electrospun mat

PAKOLPAKÇIL, Ayben

Lodz University of Technology, Faculty of Material Technologies and Textile Design, 116 Żeromskiego Street 90 –  
924 Lodz, Poland  
ayben\_p@yahoo.com

## PURPOSE

The objective of this study is to assess the bacteriostatic effect of boric acid-containing polyurethane electrospun mat.

## INTRODUCTION

The antibacterial properties of hygienic products are significant for the protection of public health, particularly in hospitals, hotels, schools, military services and other public areas. In the near future, increasing population, changing consumer attitudes towards health and hygiene, and the availability of new medical technologies are expected to have a positive impact on the demand for antibacterial medical textile materials. According to MarketsandMarkets Inc. report, the antimicrobial textile market is expected to reach USD 12.3 billion by 2024<sup>1</sup>.

Boric acid (BA) is a white powder obtained from boron and water. It has antibiotic properties against both fungal and bacterial infections. It is used in some medical applications, such as mild antiseptics. It may be effective in treating certain skin conditions such as acne and mild rashes. It is also effective for fungal infections and the dilute solution can be used as an eyewash solution<sup>2,3</sup>. Akbar et al. investigated that the antibacterial properties of the nanoboron coated textile material<sup>4</sup>. Isik et al. reported that PVA electrospun nanofibers and boric acid complexes of these nanofibers were produced by electrospinning and their antibacterial properties were investigated<sup>5</sup>. Iyigundogdu et al. reported that cotton fabrics were immersed with boron compound solution and their antibacterial properties were investigated<sup>6</sup>.

Electrospinning is a simple, versatile and cost-effective technique for the production of ultra-fine polymer fibers. Electrospun fibrous have unique characteristics, such as small pore sizes, high porosity and high specific surface area, and offers a wide range of applications, including textiles, food, energy and the environment<sup>7</sup>. Polyurethane (PU) is an important polymer, widely used in various fields as well as in

medicine for medical textiles, including hospital beddings, surgical drapes, and masks and wound dressings<sup>8</sup>. Until this time, no study has been conducted to investigate the bacteriostatic effect of BA on PU mat by manufacturing using the electrospinning method. The bacteriostatic activity of the electrospun mat was evaluated against gram-positive (*Staphylococcus aureus*).

## EXPERIMENTAL

### Material

The PU polymer was obtained from BASF. The boric acid (BA) was obtained from Chempur and N, N dimethylformamide (DMF) which was supplied from Sigma-Aldrich. *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538) was provided from the Faculty of Biotechnology and Food Sciences at Lodz University of Technology.

### Method

PU polymer was dissolved in DMF with a concentration of 13% (w/v). After that, BA was added to the prepared PU polymer solution with a concentration of 3 wt. %.

The electrospinning solution was loaded into a 20 mL syringe fitted with a metal needle and mounted on a syringe pump. A high voltage of 25 kV was applied. The solution was expelled from the syringe at a rate of 1 mL/hour. The needle was kept at a distance of 20 cm from a drum collector at a speed of 180 rpm.

The obtained samples were tested for bacteriostatic properties against of microorganism using the inhibition zone process. In this phase, as a gram-positive bacterium, *Staphylococcus aureus* was inoculated into selective agar. The sample was then placed in the center of the petri dishes and was incubated for 24 h. The resulting zone of inhibition around the sample and under the sample was evaluated at the end of this time.

- 
- PAKOLPAKÇIL, Ayben (0000-0002-6981-4980)

## EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSIONS

Every year, 500,000 people in US hospitals are infected with *Staphylococcus aureus*<sup>9</sup>.

BA has many biological benefits, including weak antifungal and antimicrobial effects, the ability to heal wounds, inhibition of cancer cells, and some others<sup>2,3</sup>.

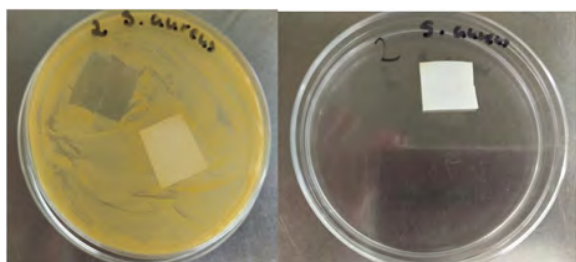


Figure 1. Bacteriostatic activity of the PU/BA electrospun mat against *Staphylococcus aureus*

Bacterial growth has been observed both above and below the PU and it has shown no inhibition zone. The PU/BA electrospun mat did not show an inhibition zone in *Staphylococcus aureus*. However, there was no growth under the electrospun PU/BA mat against *Staphylococcus aureus* (Figure 1) and also limited bacterial growth was observed on the sample.

Due to the relative hydrophilic nature of the gram-positive cell wall, *Staphylococcus aureus* bacteria may chemically interact with sample BA the PU/BA electrospun mat. This interaction disrupts the structure of the cell wall, leading to the death and number of *Staphylococcus aureus* bacteria.

## CONCLUSIONS

The presence of BA in the electrospun mat inhibited the growth of *Staphylococcus aureus* under the sample and limited the growth of on the sample. The simple and effective production method of this preliminary study is expected to contribute to the development of boron-containing textile products, such as hospital textile materials and other public areas that need to be hygienic.

## SUGGESTION FOR FURTHER WORK

The bacteriostatic effect can be assessed using quantitative methods for further investigation.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The author extends her appreciation to the Faculty of Material Technologies and Textile Design at the Lodz

University of Technology for helping the work through the research.

## LITERATURE

- [1] MarketsandMarkets™ Inc. “Antimicrobial Textile Market by Active Agents (Synthetic Organic Compounds, Metal & Metallic Salts, Bio-based), Application (Medical Textiles, Apparels, Home Textiles), Fabric (Cotton, Polyester, and Polyamide), and Region - Global Forecast to 2024”<https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/antimicrobial-textile.asp>, Latest Access date: 6 March 2021.
- [2] Kabu, M., Uyarlar, C., Zarczynska, K., Milewska, W., Sobiech, P. 2015. “The role of boron in animal health”, *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 20, 535–541.
- [3] Nielsen, F.H. 2014. “Update on human health effects of boron”, *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 28, 383–387.
- [4] Akbar, W., Noor, M.R., Kowal, K., Syed, T., Soulimane, T., Basim, G.B. 2017. “Characterization and antibacterial properties of nanoboron powders and nanoboron powder coated textiles”, *Advanced Powder Technology*, 28(2), 596-610.
- [5] Isik, A.F., Keskin, N.O., Ulcay, Y. 2019. “Synthesis and in vitro antimicrobial characterization of Boron-PVA Electrospun nanofibers” *The Journal of The Textile Institute*, 110(4), 575-580.
- [6] Iyigundogdu, Z.U., Demir, O. Asutay, A.B. 2017. “Developing novel antimicrobial and antiviral textile products”, *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 181(3), 1155-1166.
- [7] Islam, M.S., Ang, B.C., Andriyana, A., Afifi A. M. 2019. “A review on fabrication of nanofibers via electrospinning and their applications”, *SN Applied Science*, 1, 1248.
- [8] Akindoyo, J.O., Beg, M.D.H., Ghazali, S., Islam, M.R., Jeyaratnam, N., Yuvaraj, A. R. 2016. “Polyurethane types, synthesis and applications – a review”, *RSC Advances*, 6, 114453–114482.
- [9] Hosseinpor, H., Khaledi, A. Esmacili, D. 2021. “The properties of nanofiber scaffolds of polyurethane-Cinnamomum zeylanicum against pathogens of *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus*”, *Polymer Bulletin*, 78, 223–245.

# Investigation of Mesenchymal cells in the Microfluidic Cell Culture Device

ÖZEL, Ceren<sup>1,2</sup>, KOÇ, Yücel<sup>2,3</sup>, TOPAL, Ahmet Emin<sup>2</sup>, EBRAHIMI, Aliakbar<sup>4,7</sup>, ŞENGEL, Tayfun<sup>1,2,5</sup>, GHORBANPOOR, Hamed<sup>2,6</sup>, DOĞAN GUZEL, Fatma<sup>4</sup>, UYSAL, Onur<sup>1,2</sup>, EKER SARIBOYACI, Ayla<sup>1,2</sup>, AVCI, Huseyin<sup>2,7\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Stem Cell, Eskişehir Osmangazi University, Eskişehir, Turkey

<sup>2</sup>Cellular Therapy and Stem Cell Production Application and Research Center (ESTEM), Eskişehir Osmangazi University, Eskişehir, Turkey

<sup>3</sup>Department of Chemical Engineering, Eskişehir Osmangazi University, Eskişehir, Turkey

<sup>4</sup>Department of Biomedical Engineering, Ankara Yıldırım Beyazıt University, Ankara, Turkey.

<sup>5</sup>Central Research Laboratory Research and Application Center (ARUM), Eskişehir Osmangazi University, Eskişehir, Turkey

<sup>6</sup>Department of Biomedical Engineering, Eskişehir Osmangazi University, Eskişehir, Turkey

<sup>7</sup>Department of Metallurgical and Materials Engineering, Eskişehir Osmangazi University Eskişehir, Turkey.

\* Corresponding author: havci@ogu.edu.tr

## OBJECTIVES

Mesenchymal stem cells (MSCs), as multipotent stem cells, can be obtained from many tissues/organs including bone marrow, adipose tissue, dental pulp, and amniotic or synovial fluids<sup>1</sup>. MSCs are unique cells that can support functions of many tissues and organs by releasing soluble factors such as growth factors, anti-apoptotic and anti-inflammation factors, and they can synthesize extracellular matrix (ECM) mainly composed of collagen fibrils, a key component of tissues. In damaged tissues, MSCs can help the formation of new blood vessels by secreting angiogenic factors. Therefore, MSCs are very helpful for reducing the inflammation<sup>2</sup>, decreasing the progress of autoimmune diseases<sup>3</sup> and preventing rejection of transplant<sup>4</sup>. Our objective in this study is to use MSCs as supportive/feeder cells for the maintenance of liver cells including cell adhesion, cell growth and proliferation other biological activity in microfluidic chip by benefitting from such protective and regenerative properties of MSCs for tissues. To accomplish this aim, as part of a liver-on-a-chip study, we investigate the behavior of MSCs in microfluidic (MF) culture by monitoring cell viability, proliferation, cell numbers, and the expression of MSC-specific genes. Moreover, we will investigate the effect of MSCs on the viability and maintenance of liver cells within the MF-chip conducted by co-culture of MSCs with liver cells.

## ORCID NUMBERS:

- ÖZEL, Ceren (0000-0002-5648-3174)
- KOÇ, Yücel (0000-0001-9951-0171)
- TOPAL, Ahmet Emin (0000-0001-9951-0171)
- EBRAHIMI, Aliakbar (0000-0001-6437-7796)
- ŞENGEL, Tayfun (0000-0002-1162-6979)
- GHORBANPOOR, Hamed (0000-0002-2665-8172)
- DOĞAN GUZEL, Fatma (0000-0001-7200-4615)
- UYSAL, Onur (0000-0001-6800-5607)
- EKER SARIBOYACI, Ayla (0000-0003-4536-9859)
- AVCI, Huseyin (0000-0002-2475-1963)

## REFERENCES

1. Uccelli, A.; Moretta, L.; Pistoia, V., 2008. Mesenchymal stem cells in health and disease. *Nature reviews immunology*. 8 (9), 726-736.
2. Pers, Y.-M.; Ruiz, M.; Noël, D.; Jorgensen, C. J. O.; cartilage, 2015. Mesenchymal stem cells for the management of inflammation in osteoarthritis: state of the art and perspectives. 23 (11), 2027-2035.

3. Klinker, M. W.; Wei, C.-H. J. W. j. o. s. c., 2015. Mesenchymal stem cells in the treatment of inflammatory and autoimmune diseases in experimental animal models. *7* (3), 556.
4. Oh, J. Y.; Lee, R. H.; Yu, J. M.; Ko, J. H.; Lee, H. J.; Ko, A. Y.; Roddy, G. W.; Prockop, D. J., 2012. Intravenous mesenchymal stem cells prevented rejection of allogeneic corneal transplants by aborting the early inflammatory response. *Molecular Therapy*, *20* (11), 2143-2152.
5. Dizaji, A. N.; Ozturk, Y.; Ghorbanpoor, H.; Cetak, A.; Akcakoca, I.; Kocagoz, T.; Avci, H.; Corrigan, D.; Güzel, F. D. J. I. T. o. N., 2020. Investigation of the effect of channel structure and flow rate on on-chip bacterial lysis, *20* (1), 86-91.
6. Bhatia, S. N.; Ingber, D. E., 2014. Microfluidic organs-on-chips. *Nat Biotechnol*, *32* (8), 760-72.
7. Avci, H , Güzel, F , Erol, S , Akpek, A . 2018. Recent advances in organ-on-a-chip technologies and future challenges: a review . *Turkish Journal of Chemistry* , *42* (3) , 587-610 .
8. Huh, D.; Matthews, B. D.; Mammoto, A.; Montoya-Zavala, M.; Hsin, H. Y.; Ingber, D. E., 2010. Reconstituting organ-level lung functions on a chip. *Science*, *328* (5986), 1662-8.
9. Foyt, D. A.; Norman, M. D. A.; Yu, T. T. L.; Gentleman, E., 2018. Exploiting Advanced Hydrogel Technologies to Address Key Challenges in Regenerative Medicine. *Adv Healthc Mater*, *7* (8), e1700939.
10. Deng, J.; Zhang, X.; Chen, Z.; Luo, Y.; Lu, Y.; Liu, T.; Wu, Z.; Jin, Y.; Zhao, W.; Lin, B., 2019. A cell lines derived microfluidic liver model for investigation of hepatotoxicity induced by drug-drug interaction. *Biomicrofluidics*, *13* (2), 024101.
11. Agarwal, T.; Banerjee, D.; Konwarh, R.; Esworthy, T.; Kumari, J.; Onesto, V.; Das, P.; Lee, B. H.; Wagener, F. A. D. T. G.; Makvandi, P.; Mattoli, V.; Ghosh, S. K.; Maiti, T. K.; Zhang, L. G.; Ozbolat, I. T., 2021. Recent advances in bioprinting technologies for engineering hepatic tissue. *Materials Science and Engineering: C*, *123*, 112013.
12. Cho, H. J.; Kim, H. J.; Lee, K.; Lasli, S.; Ung, A.; Hoffman, T.; Nasiri, R.; Bandaru, P.; Ahadian, S.; Dokmeci, M. R.; Lee, J.; Khademhosseini, A., 2021. Bioengineered Multicellular Liver Microtissues for Modeling Advanced Hepatic Fibrosis Driven Through Non-Alcoholic Fatty Liver Disease. *Small*, e2007425.
13. Özdemir, A. T.; Özdemir, R. B. Ö.; Kırmaz, C.; Sarıboyacı, A; E., Halbutoğlları, Z; S. Ü.; Özel, C. & Karaöz, E., 2016. The paracrine immunomodulatory interactions between the human dental pulp derived mesenchymal stem cells and CD4 T cell subsets. *Cellular Immunology*, *310*, 108-115.
14. Costa-Almeida, R., Domingues, R. M., Fallahi, A., Avci, H., Yazdi, I. K., Akbari, M., ... & Khademhosseini, A. 2018. Cell-laden composite suture threads for repairing damaged tendons. *Journal of tissue engineering and regenerative medicine*, *12*(4), 1039-1048.
15. Dominici, M., Le Blanc, K., Mueller, I., Slaper-Cortenbach, I., Marini, F. ., Krause, D. S., ... Horwitz, E. M., 2006. Minimal criteria for defining multipotent mesenchymal stromal cells. *The International Society for Cellular Therapy position statement. Cytotherapy*, *8*(4), 315–317.

# İlaç Salınımı için Elektro-eğirme Yöntemi ile Siprofloksasin Yüklü PLA Nanofiber Üretimi ve Karakterizasyonu

GÜNEŞ, Cansu<sup>1</sup>, GİLİK, Çisem<sup>1</sup>, AVCI, Ahmet<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği  
Anabilim Dalı, Konya, Türkiye  
[cansu.gunes@erbakan.edu.tr](mailto:cansu.gunes@erbakan.edu.tr)

## AMAÇLAR

Bu çalışmada elektro-eğrilmiş Siprofloksasin (CIP) antibiyotik yüklü Poli(laktik asit) (PLA) nanofiberlerin hasarlı doku onarımını sağlamak için ilaç salınım sistemi olarak kullanılmasının etkinliğinin ve gerekli ilaç salınım miktarının belirlenmesi hedeflenmiştir.

## ORCID NUMARALARI

- GÜNEŞ, Cansu (0000-0002-8870-0962)
- GİLİK, Çisem (0000-0002-2871-4596)
- AVCI, Ahmet (0000-0002-1946-6260)

## KAYNAKLAR

1. Zhang Y., Chan H. F. and Leong K. W. J. A. d. d. r. 2013, "Advanced materials and processing for drug delivery: the past and the future," 65, 104-120.
2. Kai D., Liow S. S., Loh X. J. J. M. S. and C E. 2014, "Biodegradable polymers for electrospinning: Towards biomedical applications," 45, 659-670.
3. Miguel S. P., Figueira D. R., Simões D., Ribeiro M. P., Coutinho P., Ferreira P. and Correia I. J. 2018, "Electrospun polymeric nanofibres as wound dressings: A review," Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 169, 60-71.
4. Valério A., Mancusi E., Ferreira F., Guelli Ulson de Souza S. M. A., de Souza A. A. U. and González S. Y. G. 2019, "Biopolymer-hydrophobic drug fibers and the delivery mechanisms for sustained release applications," European Polymer Journal 112, 400-410.
5. Leung V. and Ko F. J. P. f. A. T. 2011, "Biomedical applications of nanofibers," 22, 350-365.
6. Liu S., Qin S., He M., Zhou D., Qin Q. and Wang H. 2020, "Current applications of poly(lactic acid) composites in tissue engineering and drug delivery," Composites Part B: Engineering 199, 108238.
7. Parwe S. P., Chaudhari P. N., Mohite K. K., Selukar B. S., Nande S. S. and Garnaik B. J. I. j. o. n. 2014, "Synthesis of ciprofloxacin-conjugated poly (L-lactic acid) polymer for nanofiber fabrication and antibacterial evaluation," 9, 1463.
8. Liu S., Yu J., Li H., Wang K., Wu G., Wang B., Liu M., Zhang Y., Wang P. and Zhang J. J. P. 2020, "Controllable Drug Release Behavior of Polylactic Acid (PLA) Surgical Suture Coating with Ciprofloxacin (CPFX)—Polycaprolactone (PCL)/Polyglycolide (PGA)," 12, 288.
9. Li W., Tan X., Luo T., Shi Y., Yang Y. and Liu L. J. I. F. 2017, "Preparation and characterization of electrospun PLA/PU bilayer nanofibrous membranes for controlled drug release applications," 179, 104-119.
10. Perumal G., Pappuru S., Chakraborty D., Maya Nandkumar A., Chand D. K. and Doble M. 2017, "Synthesis and characterization of curcumin loaded PLA—Hyperbranched polyglycerol electrospun blend for wound dressing applications," Materials Science and Engineering: C 76, 1196-1204.
11. Sobczak M. 2010, "Synthesis and characterization of polyester conjugates of ciprofloxacin," European Journal of Medicinal Chemistry 45, 3844-3849.
12. Prabaharan, M., R. Jayakumar, and S. Nair. 2012. "Biomedical applications of polymeric nanofibers." 241-262.
13. Sousa, M. G., Maximiano, M. R., Costa, R. A., Rezende, T. M., & Franco, O. L. (2020). Nanofibers as drug-delivery systems for infection control in dentistry. Expert opinion on drug delivery, 17(7), 919-930.

# Lif Takviyeli Yapay Damarlarda Uzama Sertleşmesinin Numerik Analizi

YILMAZ, Galip

Bayburt Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu

[galipyilmaz@bayburt.edu.tr](mailto:galipyilmaz@bayburt.edu.tr)

## AMAÇLAR

Bu çalışmada Holzapfel-Gasser-Ogden (HGO) matematiksel modeli<sup>1</sup> kullanılarak, özellikle uzama sertleşmesi ilgili parametrelerin yapay bir damarın mekanik özellikleri üzerine etkisini anlamak amaçlanmaktadır. Bu parametrelerin etkisini anlamak yapay damarların üretilmesinde bir kılavuz olması nedeniyle önemlidir. Fiberlerin uzama sertleşmesi karakteristiğini ve damarın mekanik özelliklerine üzerindeki güçlü rolünü model vasıtasıyla anlamak, damar üretimi için gerekli dizayn çalışmasına bir veri sunacaktır.

## GİRİŞ

Kan damarlarının baypas cerrahisinde kaynak olarak hastanın kendisinden alınan damarları kullanmak birinci tercihtir. Fakat bu greft mevcut veya kullanılabilir vaziyette olmayabilir. Bu gibi durumlarda yapay biyo-malzemelerden üretilen kan damarları yaygın olarak kullanılmaktadır<sup>2</sup>.

Yapay kan damarlarının çok sıkı kalite standartlarıyla üretilmesi istenmektedir. Doğal damar dokusunun mekanik özelliklerini taklit etmek bu kriterlerden bir tanesidir. Çeşitli katmanlardan oluşan damar yapısı karmaşık ve doğrusal olmayan mekanik özellikler göstermektedir. Bu mekanik özelliklerin anlaşılması için damarın kendi katmanlarının oluşturduğu kompozit yapı iyi anlaşılmalıdır. Sağlıklı bir elastik arterin ana bileşenlerinin şematik modeli Şekil 1’de verilmiştir. Üç katmandan oluşan bu yapıları içten dışa: “İntima”, “Media” ve “Adventitia” adı verilmektedir. Bu katmanlar yaşa, hastalıklara ve genetik yapıya göre değişim geçirse de genel anlamda yapısının aynı kaldığı söylenebilir<sup>3</sup>.

İntima katmanı en içte ve ince bir yapıdan oluşmaktadır. İnce ve yumuşak olmasından dolayı bu yapının mekanik özelliklere katkısı matematiksel modellerde ihmal edilir. Bu ihmal özellikle genç ve sağlıklı damarlar için geçerlidir. Unutulmamalıdır ki yaşlanma ve ilerleyen hastalıklar bu yapının kalınlaşmasına ve sertleşmesine sebep olmaktadır. Buradaki çalışmada sağlıklı damarlar üzerine odaklandığı için İntima’nın mekanik özelliklere etkisi ihmal edilecektir<sup>1</sup>.

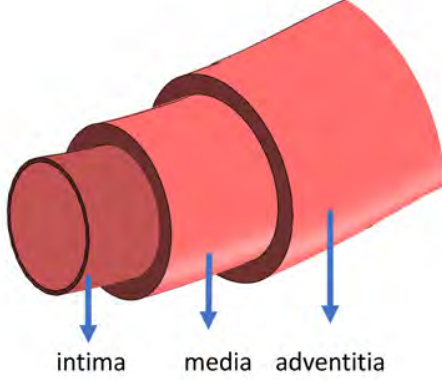
Media, arterin orta katmanıdır ve düz kas hücreleri ile elastin ve kolajen fibrillerinden oluşan üç boyutlu kompleks bir yapı göstermektedir. Elastik ve kolajen fibriller ve elastik laminalar, düz kas hücreleri birlikte sürekli bir lifli sarmal yapı oluşturur. Bu yapıdaki fibriller yapının çevresinde çok küçük bir açıyla yayılmıştır. Bu nedenle Media damar yapısına yüksek güç ve esneklik kabiliyeti verir. Mekanik özellikler bakımından Media, sağlıklı bir arterdeki en etkin tabakadır denilebilir<sup>1</sup>.

Adventitia damarın en dış katmanını oluşturmaktadır. Buradaki dalgalı kolajen fibriller, sarmal ve açılı bir yapıda dizilmiştir. Bu durum damarın mekanik zorlanmalarında bir istikrar ve güç kazandırır. Adventitia, Media’ya göre yüksüz ve düşük basınç konfigürasyonlarında çok az bir sertliğe sahiptir. Bununla birlikte, daha yüksek basınç seviyelerinde, kolajen lifleri yük yönünde yönelir ve güçlü bir direnç gösterir. Bu arterin aşırı gerilmelerde yırtılmasını önleyen bir emniyet sağlar. Bu üç katmanın beraber oluşturduğu yapı kan damarlarının doğrusal olmayan özel bir mekanik davranışı sergilemesini sağlar. Burada gerilim-uzama eğrilerinde başlangıçta bir "toe-region" denilen uzamanın fazla ve gerilmenin çok az olduğu bir başlangıç grafiği sergilerler. Uzama arttıkça kolajen lifler açılır ve direnç göstermeye başlar. Bu gerilmenin artmasına sebep olur. Deformasyonun daha da artmasıyla başlangıçtaki karakterin zıddı bir direnç gözlenir. Gerilimin çok şiddetli tırmanmasına karşın az bir uzama elde edilebilir. Ne zaman baskı azalır, genişlemiş kan damarları orijinal boyutlarına geri döner. Elastin lifleri toparlanır ve kolajen lifler yeniden katlanır. Bu benzersiz mekanik özellik, kan damarlarında kan basıncını korurken tekrarlayan kan basınç darbelerine dayanma yeteneği verir. Aynı zamanda kalpten insan vücuduna kan verilmesini de kolaylaştırır. Bu nedenle ideal vasküler greftler kan damarlarının bu özel doğrusal olmayan özelliği taklit etmesi istenmektedir<sup>4</sup>.

Arter duvarlarında kolajen yumuşak dokuyu modellemek için çok fazla model ortaya konulmuştur. Bunlar arasında Holzapfel-Gasser-Ogden (HGO) malzemesi olarak adlandırılan hiperelastik malzeme modeli en yaygın bilinenler arasındadır<sup>1</sup>. Bu model bir anizotropik hiperelastik

1. YILMAZ, Galip (<https://orcid.org/0000-0001-8128-3193>)

malzemenin nasıl uygulanacağını gösterir. Bu çalışmada amaç HGO modelini kullanarak yapay olarak üretilecek bir damarın mekanik özelliklerini ayarlama için kullanılmak üzere bir model oluşturmaktır.



Şekil 1. Sağlıklı bir elastik arterin ana bileşenlerinin şematik modeli. Üç katmandan oluşur: İntima, Media ve Adventitia

## Yöntem

Bu çalışmada Holzapfel-Gasser-Ogden (HGO) malzemesi olarak adlandırılan hiperelastik malzeme modeli kullanılmıştır. Modelle ilgili tüm detaylar ilgili referansta bulunabilir<sup>1</sup>. HGO modeli, sıkıştırılmaz bir anizotropik hiperelastik bir malzeme modelidir. İzokorik bir şekil değiştirme enerji yoğunluğu ile tanımlanır. İzokorik gerilim enerji yoğunluğu aşağıdaki formülle ifade edilir:

$$W_s = W_{iso} + W_{aniso} \quad (1)$$

Denklem 1'in sağ tarafındaki  $W_{iso}$  ve  $W_{aniso}$  Cauchy-Green tensörünün değişmezlerine bağlıdır. Buradaki terimler HGO malzeme parametrelerini içeren fonksiyonlardır. Media ve Adventitia'nın izotropik denklemi şöyle yazılabilir:

$$W_{iso}(I_1) = \frac{c}{2}(I_1 - 3) \quad (2)$$

Yüksek basınçlarda her bir katmanda gözlemlenen güçlü sertleşme eksponansiyel bir fonksiyonun kullanılmasına sebep olmuştur. Burada özellikle kolajen liflerinde depolanan gerilim enerjisini temsil eden bir denklem yazılabilir:

$$W_{aniso}(I_4, I_6) = \frac{k_1}{2k_2} \sum_{i=4,6} \{\exp[k_2(I_i - 1)^2] - 1\} \quad (3)$$

Burada görüldüğü gibi HGO modelinde temelde üç adet malzeme parametresi kullanılmaktadır.  $c$

parametresi katmanlardaki metriksin esnekliğini temsil etmektedir.  $k_1$  ve  $k_2$  parametreleri ise kolajen fiberlerinin yüksek gerilmelerdeki aktif rolünü temsil eder. Tablo 1'de HGO model çalışmasından alınan değerler verilmiştir<sup>1</sup>. Media'nın Adventitia'ya göre daha aktif mekanik özellikler sergilediği görülebilir. Bu değerleri buradaki çalışmada da aynen kullanılmıştır.  $c$  ve  $k_1$  parametrelerinin birimi birim alana düşen kuvvet cinsindedir. Fakat  $k_2$  parametresi birimimizdir. Modelden de anlaşılacağı üzere  $k_2$  parametresi eksponansiyel fonksiyon içinde uzama sertleşmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışmada özellikle  $k_2$  malzeme parametresinin fiber açısı değerleriyle birlikte uzama sertleşmesine etkisi incelenecektir.

Tablo 1. HGO yayınından elde edilen malzeme parametreleri<sup>1</sup>

Malzeme ve geometri parametreleri	Media	Adventitia
$c$ [kPa]	3.00	0.30
$k_1$ [kPa]	2.36	0.56
$k_2$ [-]	0.84	0.71
$\beta$ [deg]	29	62

Media ve Adventitia için ilgili çalışmadan alınmış referans değere göre %25 ve %50 artırma ve azaltma değerleriyle elde edilmiş  $k_2$  ve açısı değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Adventitia daha pasif bir katman olduğu için değerler daha geniş bir aralıkta %50'de denenmiştir. Fakat buna rağmen belirgin bir etki elde edilememiş ve parametre aralığı daha da geniş bir aralığa çekilmiştir. İlgili değerler Tablo3'te görülebilir.

Tablo 2. Media ve Adventitia'nın ilgili çalışmadan alınmış referans değere göre %25 ve %50 artırma ve azaltma yöntemiyle elde edilmiş  $k_2$  ve açısı değerleri.

	Media			Adventitia		
	-%25	Ref.	+%25	-%50	Ref.	+%50
$k_2$	0.63	0.84	1.05	0.35	0.71	1.06
$\beta$	21.7	29	36.2	31	62	93

Tablo 3. Çalışmada kullanılan Adventitia için  $k_2$  değerinin çok düşük ve çok yüksek değerleri

Parametre	Alt Değer	Referans Değeri	Üst Değer
$k_2$	0.01	0.71	12.78
Açı	31	62	93

Bu çalışmada kullanılan geometri parametreleri Tablo 4'te verilmiştir. Bu parametreler orta çap diye sınıflandırılan yapay damarlara uygun olarak

1. YILMAZ, Galip (<https://orcid.org/0000-0001-8128-3193>)

seçilmiştir.

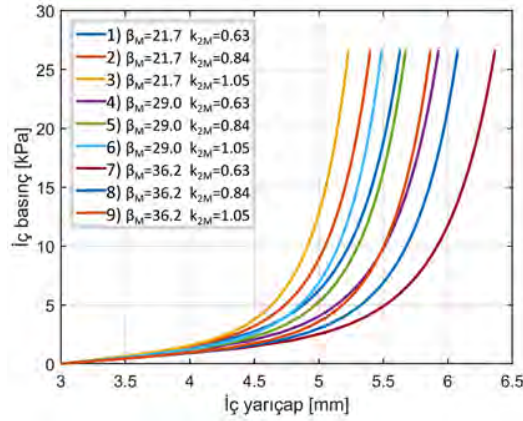
Tablo 4. Çalışmada kullanılan geometri değerleri (Bütün değerler mm biriminde verilmiştir.)

Parametre	Değer
İç çap	6.0
Media Kalınlık	0.6
Adventitia Kalınlık	0.3
Dış Çap	7.8

Bütün bu değerler COMSOL Multiphysics programındaki HGO modelini baz alarak geliştirilmiş hazır bir modele aktarılmıştır. “Parametric Sweep” fonksiyonu kullanılarak çoklu parametre kombinasyonları denenmiştir. COMSOL için HGO modeli ve “Parametric Sweep” fonksiyonu hakkında daha fazla bilgi referanslarda bulunabilir<sup>5,6</sup>.

## SONUÇLAR/TARTIŞMA

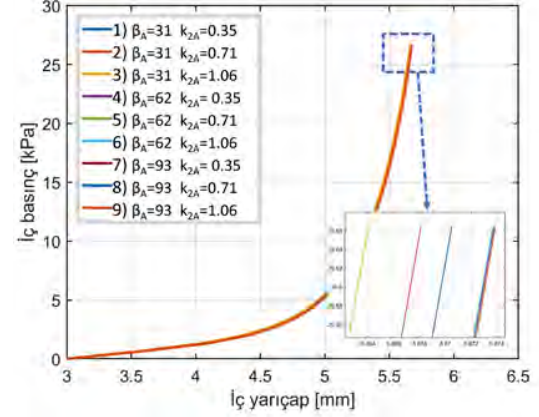
Şekil 2’de Media için %25 bir değişimle denenilen parametrelerin damarın uzama sertleşmesi üzerinde açık bir etkiye sahip olduğu görülebilir. Denenen kombinasyonlardan 7 numaralı  $\beta_M=36.2$  ve  $k_{2M}=0.63$  değerleri en az sertleşme gösteren seçenek olmuştur. Burada açının artması ve  $k_2$  değerinin düşmesi anlaşılacağı üzere sertleşmeyi açıkça geciktirmiştir. Bununla beraber Şekil 2’de tam tersi bir senaryo için 3 numaralı çizgi için  $\beta_M=21.7$  ve  $k_{2M}=1.05$  değerleriyle açının azalması ve  $k_2$  değerinin artması uzama sertleşmesini hızlandırmıştır.



Şekil 2. Media uzama sertleşmesinin değişen açı ve  $k_2$  parametresine göre grafikleri (%25 parametre değişimi)

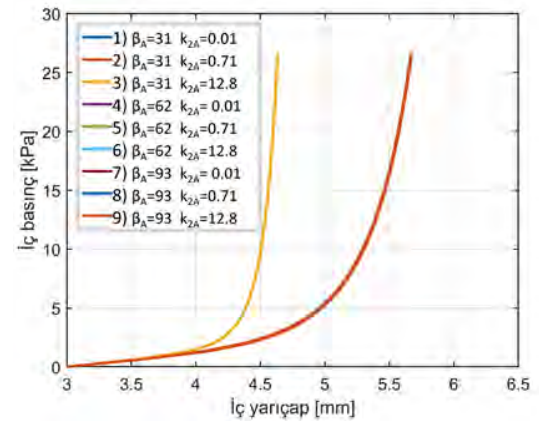
Adventitia için uzama sertleşmesinin değişen açı ve  $k_2$  parametresine göre grafikleri (%50 parametre değişimi) Şekil 3’te görülebilir. Burada uzama sertleşmesi üzerinde daha fazla bir aralıkta

parametrelerin denenmesine rağmen Media’ya kıyasla daha az bir etki görülmektedir.



Şekil 3. Adventitia uzama sertleşmesinin değişen açı ve  $k_2$  parametresine göre grafikleri (%50 parametre değişimi)

Adventitia uzama sertleşmesinin değişen açı ve  $k_2$  parametreleri için daha geniş aralıkta parametre değişimi sonuçları Şekil 4’te görülmektedir. Burada da genel anlamda Şekil 3’teki gibi belli bir değişim görülmemektedir. Fakat özellikle 3 numaralı grafik  $\beta_A=31$  ve  $k_{2A}=12.8$  değerleriyle diğerlerinden ayrılmaktadır. Burada anormal derecede düşürülen açı ve artırılan  $k_2$  değeri uzama sertleşmesini açık bir şekilde artırmıştır. Bu iki değerlerin beraber oluşturduğu etki Adventitia’nın uzama sertleşmesine etkisi için gerekli parametre ayarlarını gösterebilir.



Şekil 4. Adventitia uzama sertleşmesinin değişen açı ve  $k_2$  parametresine göre grafikleri (Geniş aralıkta parametre değişimi)

## SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Özellikle Adventitia’nın açı ve  $k_2$  değerlerinin uzama sertleşmesine etkisi daha detaylı çalışılmalıdır. İlerleyen aşamalarda üretim anında



liflerin açılarının ve yoğunluğunun  $k_1$  ve  $k_2$  parametrelerini nasıl değiştirdiğini deneysel olarak çalışılacaktır.

## TEŞEKKÜR

University of Wisconsin-Madison'dan Dr. Li'ye COMSOL Multiphysics kullanımında yaptığı yardımlar için teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

1. Holzapfel GA, Gasser TC, Ogden RW. "A new constitutive framework for arterial wall mechanics and a comparative study of material models." *J Elast.* 2000;61(1-3):1-48.  
doi:10.1023/A:1010835316564
2. Twine CP, McLain AD. "Graft type for femoro-popliteal bypass surgery." *Cochrane Database Syst Rev.* 2010;(5).  
doi:10.1002/14651858.cd001487.pub2
3. Wang C, Garcia M, Lu X, Lanir Y, Kassab GS. "Three-dimensional mechanical properties of porcine coronary arteries: A validated two-layer model." *Am J Physiol - Hear Circ Physiol.* 2006;291(3):H1200-H1209.  
doi:10.1152/ajpheart.01323.2005
4. Mi HY, Jing X, Li ZT, Lin YJ, Thomson JA, Turng LS. "Fabrication and modification of wavy multicomponent vascular grafts with biomimetic mechanical properties, antithrombogenicity, and enhanced endothelial cell affinity." *J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater.* 2019;107(7):2397-2408.  
doi:10.1002/jbm.b.34333
5. "How to Perform Parametric Sweeps" Son erişim tarihi: Mart 26, 2021.  
<https://www.comsol.com/learning-center/performing-parametric-sweep-study-comsol-multiphysics>
6. "Arterial Wall Mechanics" Son erişim tarihi: Mart 26, 2021.  
<https://www.comsol.com/model/arterial-wall-mechanics-14499>

# Yeşil Sentezlenmiş Gümüş Nanopartikül katkılı PLGA Nanofiberlerin Elektro-eğirme Yöntemiyle Üretimi ve Karakterizasyonu

GİLİK, Çisem<sup>1,\*</sup>, GÜNEŞ, Cansu<sup>1,\*\*</sup>, AVCI, Ahmet<sup>1,\*\*\*</sup>

<sup>1</sup> Biyomedikal Mühendisliği, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya, Türkiye

cisemgilik07900@gmail.com

## AMAÇLAR

Yara iyileşmesi sürecini hızlandıran, dayanıklı, bakteri oluşumunu engelleyerek antibakteriyel, biyobozunur, biyoyumlu özelliklere sahip yeşil sentezlenmiş gümüş nanopartikül/PLGA yara örtüsü geliştirilmesi amaçlanmıştır.

## ORCID NUMARALARI:

(\*) ORCID NO: 0000-0002-2871-4596

(\*\*) ORCID NO: 0000-0002-8870-0962

(\*\*\*) ORCID NO: 0000-0002-1946-6260

## KAYNAKLAR

- [1] A. G. Kanani and S. H. J. T. B. A. O. Bahrami, "Review on electrospun nanofibers scaffold and biomedical applications," vol. 24, no. 2, pp. 93-115, 2010.
- [2] M. Abrigo, S. L. McArthur, and P. J. M. b. Kingshott, "Electrospun nanofibers as dressings for chronic wound care: advances, challenges, and future prospects," vol. 14, no. 6, pp. 772-792, 2014.
- [3] X. Liu et al., "Ciprofloxacin-loaded sodium alginate/poly (lactic-co-glycolic acid) electrospun fibrous mats for wound healing," European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics, vol. 123, pp. 42-49, 2018.
- [4] H. K. Makadia and S. J. J. P. Siegel, "Poly lactic-co-glycolic acid (PLGA) as biodegradable controlled drug delivery carrier," vol. 3, no. 3, pp. 1377-1397, 2011.
- [5] F. Danhier, E. Ansorena, J. M. Silva, R. Coco, A. Le Breton, and V. J. J. o. c. r. Pr at, "PLGA-based nanoparticles: an overview of biomedical applications," vol. 161, no. 2, pp. 505-522, 2012.
- [6] M. Rai, A. Yadav, and A. J. B. a. Gade, "Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials," vol. 27, no. 1, pp. 76-83, 2009.
- [7] R. J. J. o. N. Prasad, "Synthesis of silver nanoparticles in photosynthetic plants," vol. 2014, 2014.
- [8] P. Lopez, C. Sanchez, R. Battle, C. J. J. o. a. Nerin, and f. chemistry, "Solid-and vaporphase antimicrobial activities of six essential oils: susceptibility of selected foodborne bacterial and fungal strains," vol. 53, no. 17, pp. 6939-6946, 2005.
- [9] K. A. Khalil, H. Fouad, T. Elsarnagawy, and F. N. J. I. J. E. S. Almajhdi, "Preparation and characterization of electrospun PLGA/silver composite nanofibers for biomedical applications," vol. 8, no. 3, pp. 3483-3493, 2013.
- [10] N. Y. Saad, C. D. Muller, A. J. F. Lobstein, and F. Journal, "Major bioactivities and mechanism of action of essential oils and their components," vol. 28, no. 5, pp. 269-279, 2013.
- [11] V. K. Bajpai, K.-H. Baek, and S. C. J. F. R. I. Kang, "Control of Salmonella in foods by using essential oils: A review," vol. 45, no. 2, pp. 722-734, 2012.

# Cost Effective Alginate Blend and Its Antibiotic Release Properties: Wound Healing Approaches

ÖZEL, Ceren<sup>1,2</sup> ŞENGEL, Tayfun<sup>1,3</sup> EKER SARIBOYACI, Ayla<sup>1,2</sup>, UYSAL Onur<sup>1,2</sup>, ÖZKURT, Mete<sup>4</sup>, AVCI, Huseyin<sup>2,5\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Stem Cell, Graduate School of Health Sciences, Eskişehir Osmangazi University, Eskişehir, Turkey

<sup>2</sup>Cellular Therapy and Stem Cell Production Application and Research Center (ESTEM), Eskişehir Osmangazi University, Eskişehir, Turkey

<sup>3</sup>Central Research Laboratory Research and Application Center (ARUM), Eskişehir Osmangazi University, Eskişehir, Turkey

<sup>4</sup>Department of Physiology, Faculty of Medicine, Eskişehir Osmangazi University, Eskişehir, Turkey

<sup>5</sup>Department of Metallurgical and Materials Engineering, Eskişehir Osmangazi University Eskişehir, Turkey.

\* Corresponding author: havciesogu@gmail.com

## OBJECTIVES

The currently used approaches in the treatment of wounds and burns have been studied for many years to eliminate problems related with mechanical strength, elasticity, biocompatibility and cost. In this study, it is aimed the production of a natural polymer-based dressing that can provide controlled antibiotic release to accelerate wound healing. In addition to the use of natural polymers, for the most effective method in the treatment of frequently encountered wound types, it is important to produce a material with low cost and high efficiency. The parameters for the model of an antibiotic release that can prevent common infections can be manipulated by using a biotextile-based approach to quantify the amount of antibiotics and its release to satisfy clinical requirements. As a final goal of this study, satin-woven by using composite living core/shell fibers will be investigated for wound dressing.

## ORCID NUMBERS

- ÖZEL, Ceren (0000-0002-5648-3174)
- ŞENGEL, Tayfun (0000-0003-4536-9859)
- UYSAL, ONUR (0000-0001-6800-5607)
- EKER SARIBOYACI, Ayla (0000-0003-4536-9859)
- ÖZKURT, Mete (0000-0003-4000-2345)
- AVCI, Huseyin (000-0002-2475-1963)

## REFERENCES

1. Martin, P. (1997). "Wound Healing--Aiming for Perfect Skin Regeneration." *Science* 276(5309): 75-81.
2. Tatar, A. M.; Kontoyiannis, D. P.; Mikos, A. G., Drug delivery and tissue engineering to promote wound healing in the immunocompromised host: Current challenges and future directions. *Advanced Drug Delivery Reviews* 2018, 129, 319-329.
3. Gonzalez, A. C. D. O., Costa, T. F., Andrade, Z. D. A., & Medrado, A. R. A. P. (2016). Wound healing-A literature review. *Anais brasileiros de dermatologia*, 91(5), 614-620.
4. Reinke, J. M., & Sorg, H. (2012). Wound repair and regeneration. *European surgical research*, 49(1), 35-43.
5. Wong, V. W., Sorkin, M., Glotzbach, J. P., Longaker, M. T., & Gurtner, G. C. (2010). Surgical approaches to create murine models of human wound healing. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 2011.
6. Kamoun, E. A.; Kenawy, E.-R. S.; Chen, X., A review on polymeric hydrogel membranes for wound dressing applications: PVA-based hydrogel dressings. *Journal of Advanced Research* 2017, 8 (3), 217-233.

7. Varaprasad, K., Jayaramudu, T., Kanikireddy, V., Toro, C., & Sadiku, E. R. (2020). Alginate-based composite materials for wound dressing application: A mini review. *Carbohydrate polymers*, 236, 116025
8. Sorg, H., Tilkorn, D. J., Hager, S., Hauser, J., & Mirastschijski, U. (2017). Skin wound healing: an update on the current knowledge and concepts. *European Surgical Research*, 58(1-2), 81-94.
9. Lee, K. Y., & Mooney, D. J. (2012). Alginate: properties and biomedical applications. *Progress in polymer science*, 37(1), 106-126.
10. Gaspar-Pintiliescu, A.; Stanciuc, A.-M.; Craciunescu, O., Natural composite dressings based on collagen, gelatin and plant bioactive compounds for wound healing: A review. *International Journal of Biological Macromolecules* 2019, 138, 854-865.
11. Lee, S. B.; Jeon, H. W.; Lee, Y. W.; Lee, Y. M.; Song, K. W.; Park, M. H.; Nam, Y. S.; Ahn, H. C., Bio-artificial skin composed of gelatin and (1→3), (1→6)-β-glucan. *Biomaterials* 2003, 24 (14), 2503-2511.
12. Afewerki, S., Sheikhi, A., Kannan, S., Ahadian, S., & Khademhosseini, A. (2019). Gelatin-polysaccharide composite scaffolds for 3D cell culture and tissue engineering: Towards natural therapeutics. *Bioengineering & translational medicine*, 4(1), 96-115.
13. Choi, Y. S., Hong, S. R., Lee, Y. M., Song, K. W., Park, M. H., & Nam, Y. S. (1999). Study on gelatin-containing artificial skin: I. Preparation and characteristics of novel gelatin-alginate sponge. *Biomaterials*, 20(5), 409-417.
14. Adeli, H., Khorasani, M. T., & Parvazinia, M. (2019). Wound dressing based on electrospun PVA/chitosan/starch nanofibrous mats: Fabrication, antibacterial and cytocompatibility evaluation and in vitro healing assay. *International journal of biological macromolecules*, 122, 238-254.
15. Baghaie, S., Khorasani, M. T., Zarrabi, A., & Moshtaghian, J. (2017). Wound healing properties of PVA/starch/chitosan hydrogel membranes with nano Zinc oxide as antibacterial wound dressing material. *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition*, 28(18), 2220-2241.
16. Naseri-Nosar, M., & Ziora, Z. M. (2018). Wound dressings from naturally-occurring polymers: A review on homopolysaccharide-based composites. *Carbohydrate polymers*, 189, 379-398.
17. Campbell, F. C., *Structural composite materials*. ASM international: 2010.
18. Costa-Almeida, R.; Domingues, R. M. A.; Fallahi, A.; Avci, H.; Yazdi, I. K.; Akbari, M.; Reis, R. L.; Tamayol, A.; Gomes, M. E.; Khademhosseini, A., Cell-laden composite suture threads for repairing damaged tendons. *Journal of Tissue Engineering and Regenerative Medicine* 2018, 12 (4), 1039-1048.
19. Abdullah, M. F.; Nuge, T.; Andriyana, A.; Ang, B. C.; Muhamad, F., Core–Shell Fibers: Design, Roles, and Controllable Release Strategies in Tissue Engineering and Drug Delivery. *Polymers* 2019, 11 (12), 2008.
20. Avci, H.; Ghorbanpoor, H.; Nurbas, M., Preparation of origanum minutiflorum oil-loaded core–shell structured chitosan nanofibers with tunable properties. *Polymer Bulletin* 2018, 75 (9), 4129-4144.
21. Karaöz, E.; Çetinalp Demircan, P.; Erman, G.; Güngörürler, E.; Eker Sarıboyacı, A., Comparative Analyses of Immunosuppressive Characteristics of Bone-Marrow, Wharton’s Jelly, and Adipose Tissue-Derived Human Mesenchymal Stem Cells. *Turkish Journal of Hematology* 2017, 34 (3), 213-225.
22. Özdemir, A. T.; Özdemir, R. B. Ö.; Kırmaz, C.; Sarıboyacı, A; E., Halbutoğlları, Z; S. Ü.; Özel, C. & Karaöz, E., 2016. The paracrine immunomodulatory interactions between the human dental pulp derived mesenchymal stem cells and CD4 T cell subsets. *Cellular Immunology*, 310, 108-115.

# Zerdeçal Ekstraktlı Gümüş Nanopartiküllü PLGA Elektrospon Nanofiber Yara Örtüsü Üretimi ve Karakterizasyonu

ÖKTEMER Fatma Ahsen<sup>1</sup>, GÜNEŞ Cansu<sup>1</sup>, AVCI Ahmet<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Necmettin Erbakan Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı

[ahsen.erkaya.1996@gmail.com](mailto:ahsen.erkaya.1996@gmail.com)

## AMAÇLAR

Yanık ve kronik yaraların iyileşmesinde gazlı bezler, köpükler, hidrojeller, biyolojik sargılar, hidrokolloidler vb. gibi bir çok tedavi yöntemi bulunmaktadır. Fakat bu yöntemlerin bazıları sadece ileri derecede olmayan yanık ve küçük yaraları iyileştirirken çoğu tedavi sonrası başarıyı garanti etmemektedir. Bu nedenle başarılı alternatif tedavilere ihtiyaç duyulmaktadır. Elektrospon nanofiber yara örtüsü bu duruma umut verici çözüm sunmaktadır. Bu çalışmada elektro eğirme yöntemi kullanılarak zerdeçal ekstraktı ile enkapsüle edilmiş gümüş nanopartiküllü PLGA nanofiber yara örtüleri üretilmiştir. Üretilen bu nanofiberlerin morfolojik, kimyasal, mekanik ve antibakteriyel özellikleri incelenmiştir. Bu çalışma ile hızlı iyileşme sağlayan, konforlu ve ağrısız, daha az sıklıkta pansuman gerektiren, bakteriyel kontaminasyonlara karşı dirençli ve daha iyi estetik sonuca ulaştıran yara örtüleri elde edilmesi hedeflenmiştir.

## ORCID NUMARALARI:

- ÖKTEMER, Fatma Ahsen (0000-0002-1838-0633)
- GÜNEŞ, Cansu (0000-0002-8870-0962)
- AVCI, Ahmet (0000-0002-1946-6260)

## KAYNAKLAR

- [1] A. Budovsky, L. Yarmolinsky, S. J. W. R. Ben-Shabat, and Regeneration, "Effect of medicinal plants on wound healing," vol. 23, no. 2, pp. 171-183, 2015.
- [2] R. Thakur, N. Jain, R. Pathak, S. S. J. E.-b. c. Sandhu, and a. medicine, "Practices in wound healing studies of plants," vol. 2011, 2011.
- [3] R. Raina, S. Prawez, P. Verma, and N. Pankaj, "Medicinal Plants and their Role in Wound Healing," *VetScan*, vol. 3, no. 1, 2008.
- [4] R. Bahramsoltani, M. H. Farzaei, and R. Rahimi, "Medicinal plants and their natural components as future drugs for the treatment of burn wounds: an integrative review," *Archives of dermatological research*, vol. 306, no. 7, pp. 601-617, 2014.
- [5] P. Tamri, A. Hemmati, and M. G. Boroujerdnia, "Wound healing properties of quince seed mucilage: In vivo evaluation in rabbit full-thickness wound model," *International Journal of Surgery*, vol. 12, no. 8, pp. 843-847, 2014.
- [6] S. Jafarirad, M. Mehrabi, B. Divband, and M. Kosari-Nasab, "Biofabrication of zinc oxide nanoparticles using fruit extract of *Rosa canina* and their toxic potential against bacteria: a mechanistic approach," *Materials Science and Engineering: C*, vol. 59, pp. 296-302, 2016.
- [7] P. Raveendran, J. Fu, and S. L. J. J. o. t. A. C. S. Wallen, "Completely "green" synthesis and stabilization of metal nanoparticles," vol. 125, no. 46, pp. 13940-13941, 2003.
- [8] C. Dipankar, S. J. C. Murugan, and S. B. Biointerfaces, "The green synthesis, characterization and evaluation of the biological activities of silver nanoparticles synthesized from *Iresine herbstii* leaf aqueous extracts," vol. 98, pp. 112-119, 2012.
- [9] K. M. Moghaddam, M. Iranshahi, M. C. Yazdi, and A. R. Shahverdi, "The combination effect of curcumin with different antibiotics against *Staphylococcus aureus*," *International Journal of Green Pharmacy (IJGP)*, vol. 3, no. 2, 2009.
- [10] G. S. Sidhu *et al.*, "Enhancement of wound healing by curcumin in animals," *Wound Repair and Regeneration*, vol. 6, no. 2, pp. 167-177, 1998.
- [11] J. Fang, H. Niu, T. Lin, and X. J. C. s. b. Wang, "Applications of electrospun nanofibers," vol. 53, no. 15, p. 2265, 2008.

- [12] Y. Si, X. Tang, J. Yu, and B. Ding, "Electrospun nanofibers: solving global issues," in *Electrospun nanofibers for energy and environmental applications*: Springer, 2014, pp. 3-38.
- [13] N. Charernsriwilaiwat, P. Opanasopit, T. Rojanarata, and T. J. I. J. o. P. Ngawhirunpat, "Lysozyme-loaded, electrospun chitosan-based nanofiber mats for wound healing," vol. 427, no. 2, pp. 379-384, 2012.
- [14] M. Sadri, N. E. KARIMI, H. Hosseini, and A. Emamgholi, "New chitosan/poly (ethylene oxide)/thyme nanofiber prepared by electrospinning method for antimicrobial wound dressing," 2016.
- [15] T. T. T. Nguyen, C. Ghosh, S.-G. Hwang, L. Dai Tran, and J. S. J. J. o. m. s. Park, "Characteristics of curcumin-loaded poly (lactic acid) nanofibers for wound healing," vol. 48, no. 20, pp. 7125-7133, 2013.
- [16] A. R. Unnithan *et al.*, "Emu oil-based electrospun nanofibrous scaffolds for wound skin tissue engineering," vol. 415, pp. 454-460, 2012.
- [17] H. Fouad, T. Elsarnagawy, F. N. Almajhdi, and K. A. J. I. J. E. S. Khalil, "Preparation and in vitro thermo-mechanical characterization of electrospun PLGA nanofibers for soft and hard tissue replacement," vol. 8, no. 2, pp. 2293-2304, 2013.
- [18] R. B. Trinca, C. B. Westin, J. A. F. da Silva, and Â. M. J. E. P. J. Moraes, "Electrospun multilayer chitosan scaffolds as potential wound dressings for skin lesions," vol. 88, pp. 161-170, 2017.
- [19] T. Zhou *et al.*, "Electrospun tilapia collagen nanofibers accelerating wound healing via inducing keratinocytes proliferation and differentiation," vol. 143, pp. 415-422, 2016.
- [20] R. Weishaupt *et al.*, "Antibacterial, Cytocompatible, Sustainably Sourced: Cellulose Membranes with Bifunctional Peptides for Advanced Wound Dressings," vol. 9, no. 7, p. 1901850, 2020.
- [21] I. Yousefi *et al.*, "An investigation of electrospun Henna leaves extract-loaded chitosan based nanofibrous mats for skin tissue engineering," vol. 75, pp. 433-444, 2017.
- [22] D. MubarakAli, N. Thajuddin, K. Jeganathan, M. J. C. Gunasekaran, and S. B. Biointerfaces, "Plant extract mediated synthesis of silver and gold nanoparticles and its antibacterial activity against clinically isolated pathogens," vol. 85, no. 2, pp. 360-365, 2011.
- [23] S. J. Lee *et al.*, "Electrospun chitosan nanofibers with controlled levels of silver nanoparticles. Preparation, characterization and antibacterial activity," vol. 111, pp. 530-537, 2014.

# Production of pHEMA Based Cryogel/Nanofibers Hybrid Biomaterials

KANMAZ, Dilayda<sup>1</sup>, OSMAN, Bilgen<sup>2</sup>, KARACA, Esra<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bursa Uludag University, Faculty of Engineering, Department of Textile Engineering

<sup>2</sup> Bursa Uludag University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Chemistry

[dilaydakanmaz@uludag.edu.tr](mailto:dilaydakanmaz@uludag.edu.tr)

## PURPOSE

To aim of this study is to combine cryogel and nanofiber structures. For this purpose, pHEMA based cryogel/nanofibers hybrid biomaterial was produced and characterized morphologically via scanning electron microscopy (SEM).

## INTRODUCTION

Cryogels are supermacroporous gel matrices of monomeric or polymeric precursors<sup>1</sup>. The meaning of cryogels is coming from the Greek word of kryos (freezing or ice)<sup>2</sup>. Cryogels were first reported in the 1960s; however, they gained importance in the early 1980s<sup>3</sup>. The number of cryogel studies are increased in each day.

Cryogels are produced by polymerization at the subzero temperature. Unfrozen parts are used for the polymerization process. Ice crystals are responsible for the formation of supermacropores. By dissolving ice crystal, supermacropores are formed in the cryogel<sup>4,5</sup>. The cryogel formation is shown in the Figure 1.

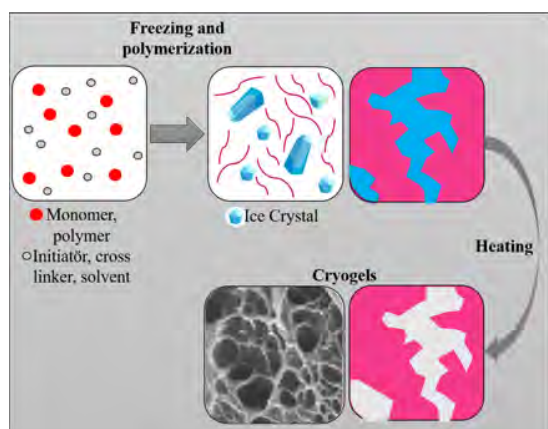


Figure 1. The cryogel formation

Cryogels can be prepared in different geometric shapes such as monoliths, sheet, disk, and beads. Various monolith and sheet cryogels have been successfully prepared in researches. To prepare monolith cryogels, reaction solutions are filled into a syringe and frozen. Reaction solution is injected between two glass plates to produce sheet cryogels<sup>6,7</sup>.

There are parameters such as pore size, thickness and density of pore walls that affect the properties of cryogels. Macroscopic mechanical properties are related to the density and thickness of the pore walls. Flow resistance is determined by pore size<sup>4</sup>.

Pore volume is an important property of cryogels. A cryogel that is completely swollen by water consists of dry polymer weight (3–4%), polymer bound water (4–5%), water inside micro pores (15–18%) and water inside macro pores (72–74%) (Fig. 2a). In other words, 90% of cryogels consist of water inside the pores. Dry and swollen cryogels are shown in Fig 2 b- b'. Swollen cryogels are elastic materials, so it can compress mechanically (Fig. 2 c-c'). As a result of mechanical compression, most of the water (70%) in macro pores can be removed. This property demonstrates that cryogels are composed of interconnected pores<sup>8</sup>.

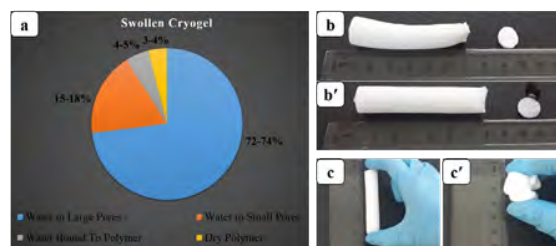


Figure 2. (a) A content of a swollen cryogel by water; images of cryogels swollen in deionized water (b) dry state before absorbing water, (b') swollen state after absorbing water; images of cryogels under stress (c) swollen state, (c') compressed state

- KANMAZ, Dilayda (0000-0002-6421-6324)
- OSMAN, Bilgen (0000-0001-8406-149X)
- KARACA, Esra (0000-0003-1777-3977)

Cryogels can be used in various fields such as bio-separation, bio-layer cell separation, biocatalysis, chromatography, environmental application, biomedical therapy and tissue regeneration<sup>9</sup>. Especially, the use of cryogels attracts attention in biomedical application because of their interconnected macroporous structures<sup>10</sup>.

Sahiner et al., has produced poly (tannic acid) embedded pHEMA cryogels. Produced cryogels have shown some properties such as longtime water retention ratio, high moisture content, adhesion ability to skin, hemocompatibility because of pHEMA cryogels. These cryogels were translucent, elastic, soft and hemostatic. In addition, poly (tannic acid) in the cryogels was supplied as antibacterial and antioxidant. According to the results, these cryogels have been suggested for use as a wound dressing<sup>11</sup>.

Another type of material that is frequently preferred in biomedical applications is nanofibers. The nanofibers are fibers with diameters under 500 nanometers. The nanofibers have perfect properties such as nano-porous structure, good tensile strength and stiffness, ultrahigh surface area to volume ratio and emulable extracellular matrix<sup>12, 13</sup>.

There are several methods to produce nanofibers. One of them is electrospinning. Electrospinning devices consist of a high voltage power supply, syringe pump, needle and collector (Fig. 3). The power supply is responsible for forming the loaded polymer solution into fiber form. The flow rate of the polymer solution is controlled by a syringe pump. The needle is used to distribute the load on the polymer jet. The collector is picked up electrospun fibers<sup>14</sup>.

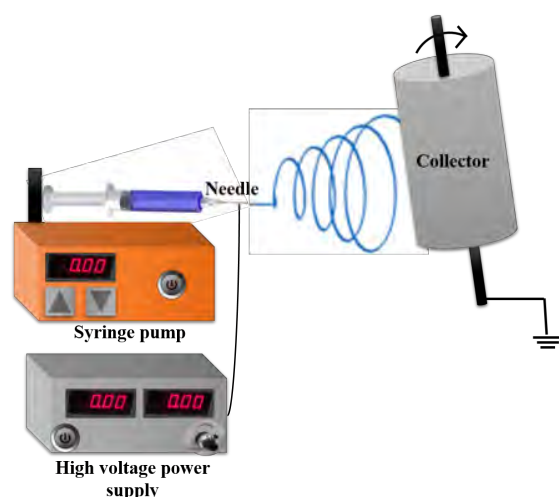


Figure 3. Schematic representation of electrospinning process

pHEMA has a wide usage area in the biomedical applications such as contact lenses<sup>15</sup>, tissue engineering<sup>16</sup>, drug release<sup>17</sup> and wound dressing<sup>18</sup> in recent years. pHEMA is similar to natural tissues and biocompatible. Although pHEMA-based cryogels are frequently preferred, pHEMA-based nanofiber studies have become popular in recent years. Both cryogel and nanofiber forms of pHEMA are suitable for biomedical applications.

Ramalingam et al., has produced pHEMA nanofibers by electrospinning method. pHEMA nanofibers had mechanical strength, high swelling rate, good cell viability and thermal stability. Thus, the study showed that PHEMA nanofibers are good candidates for tissue engineering applications<sup>19</sup>.

In another study, Ramalingam et al., has produced curcumin-loaded pHEMA nanofibers via electrospinning. The antibacterial activity and drug release profile of the produced nanofibers were investigated. According to the results, PHEMA nanofibers were good candidate for biomedical applications. At the same time, it has been shown that curcumin-loaded PHEMA nanofibers can be used in wound healing<sup>20</sup>.

pHEMA nanofibers was manufactured for drug delivery by Rao et al. The biocompatibility of nanofibers has been shown in the study. Continuous release of paclitaxel from scaffolds was observed. It has been shown that PHEMA scaffolds can be used as anticancer implants with the continuous release of paclitaxel<sup>21</sup>.

In this study, pHEMA based cryogel/nanofibers hybrid biomaterial was produced. After pHEMA cryogel was prepared, pHEMA nanofibers were produced via electrospinning method and collected onto the cryogel. The morphological characterization was done via SEM.

## EXPERIMENTAL

### Material

Poly (2-hydroxyethyl methacrylate) (pHEMA) (M<sub>v</sub> 1.000.000) and ammonium persulfate (APS) were purchased from Sigma (St. Louis, USA). Hydroxyethyl methacrylate (HEMA) was purchased from Fluka. N, N, N', N'-tetramethylethylenediamine (TEMED), N, N'-methylenebis(acrylamide) (MBAAm) and ethanol were supplied from Merck.



## Method

HEMA and N, N' methylenebis (acrylamide) were dissolved in deionized water separately. The prepared solutions were mixed together, and then APS and TEMED were added to the mixture at 0 °C. The mixture was injected between two cold glass plates to produce sheet cryogels. Then, it was held at -12 °C for 24 h. pHEMA cryogel was thawed to room temperature. The cryogel was washed with excess amount of deionized water and dried in the oven at 40 °C for 48h.

In this study, electrospinning apparatus (Inovenso Starter Kit) was used at Bursa Uludag University Textile Engineering Laboratory to produce nanofibers onto the cryogel. pHEMA (10% w/v) and NaCl (0.1% v/v) were co-dissolved in ethanol and water in 4:1 ratio by magnetic stirring for 24 h to get a homogeneous solution. The polymer solution was loaded into plastic syringes with 21-Gauge needle. The electrospinning was carried out at a distance of 17 cm from the needle tip to the collector, at an applied voltage of 20 kV and at a flow rate of 0.5 ml/h at room condition. The nanofibers were deposited onto the cryogel wound around a rotary drum at 200 rpm.

SEM device (Carl Zeiss AG-EVO 40 XVP) was used at Bursa Uludag University Physics Department Laboratory for morphological characterization. Samples were coated with gold-palladium and SEM images were recorded. The nanofiber diameter was measured as the average nanodiameter using ImageJ software from randomly selected nanofibers from 100 different points.

## EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSIONS

The SEM images of pHEMA nanofibers, pHEMA cryogel and pHEMA based cryogel/nanofibers hybrid biomaterial are shown in Fig 4. In this study, pHEMA nanofibers were successfully produced by electrospinning. According to images (Fig. 4a), the fiber morphology of nanofibers is smooth and without bead. Diameter distribution of pHEMA nanofibers are shown in Fig. 4a and average fiber diameter is  $110 \pm 24$  nm. Supermacropores formed by the dissolution of ice crystals are seen in the SEM image of the cryogel (Fig. 4b). The microscopic architecture (Fig. 4c) of pHEMA based cryogel/nanofibers hybrid material was revealed a hierarchical pore system, as displayed in Fig. 4d. While the dissolution of ice crystals was responsible for the formation of major pores, tangled nanofibers were responsible for the formation of minor pores. The major pores provided high water absorption capacity while the minor pores provided sufficient internal surface.

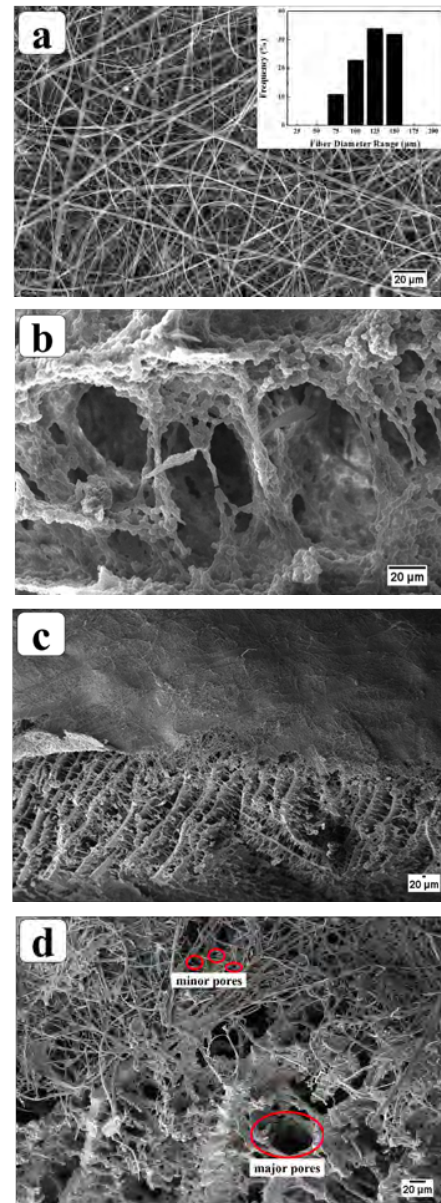


Figure 4. SEM images of produced biomaterials; (a) pHEMA nanofibers (1000 X) (b) pHEMA cryogel (1000 X) (c) pHEMA based cryogel/nanofibers hybrid biomaterial (100 X) (d) pHEMA based cryogel/nanofibers hybrid biomaterial (500 X)

## CONCLUSIONS

In this study, pHEMA based cryogel/nanofibers hybrid biomaterial was produced successfully. According to SEM images, the fiber morphology of nanofibers is smooth and without bead. An average fiber diameter of pHEMA is  $110 \pm 24$  nm. The microscopic architecture of pHEMA nanofibers coated pHEMA cryogel revealed a hierarchical pore

system. While the dissolution of ice crystals is responsible for the formation of major pores, tangled nanofibers are responsible for the formation of minor pores. The major pores provided high water absorption capacity while the minor pores provided sufficient internal surface. Therefore, pHEMA based cryogel/nanofibers hybrid biomaterial is promising in the biomedical field.

#### SUGESSTIONS FOR FURTHER WORK

In ongoing studies; pHEMA based cryogel/nanofibers hybrid biomaterial will be investigated evaluation as a wound dressing and soft tissue implant in the biomedical field. The investigation will be supported by in vivo studies.

#### ACKNOWLEDGEMENTS/SOURCES OF FUNDING

This project was supported by Bursa Uludag University BAP Department (HDP(MH)-2020/41). We offer our gratitude for their supports.

#### LITERATURE

- 1.Nayak, A.K. and Das, B. 2018. "Introduction to polymeric gels", Polymeric Gels. p. 3-27.
- 2.Loizinsky, V.I. et al. 2003. "Polymeric cryogels as promising materials of biotechnological interest", Trends in Biotechnology, 21(10): p. 445-451.
- 3.Kumar, A. 2016. "Supermacroporous Cryogels: Biomedical and biotechnological applications", 2016: CRC Press.
- 4.Bakhshpour, M., et al., Biomedical applications of polymeric cryogels. Applied Sciences, 2019. 9(3): p. 553.
- 5.Gümrükçü, M. 2018. "Ürik asit adsorpsiyonu için moleküler baskılanmış nanopartikül gömülü p (AAM-MMA) kriyojelinin sentezi ve karakterizasyonu", Uludağ Üniversitesi YL Tezi.
- 6.Yeşilova, E. 2019. "Tetrasiklin baskılanmış nanopartikül gömülü kriyojel sentezi, karakterizasyonu ve adsorpsiyon parametrelerinin incelenmesi", Uludağ Üniversitesi YL Tezi.
- 7.Tripathi, A. and Kumar, A. 2011. "Multi-featured macroporous agarose-alginate cryogel: Synthesis and characterization for bioengineering applications", Macromolecular Bioscience, 11(1): p. 22-35.

8.Plieva, F.M. et al. 2004. "Characterization of supermacroporous monolithic polyacrylamide based matrices designed for chromatography of bioparticles", Journal of Chromatography B, 807(1): p. 129-137.

9.Ingavle, G.C. et al. 2015. "Affinity binding of antibodies to supermacroporous cryogel adsorbents with immobilized protein A for removal of anthrax toxin protective antigen", Biomaterials, 50: p. 140-153.

10.Osman, B. et al. 2019. "Molecularly imprinted composite cryogel for extracorporeal removal of uric acid", Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 183: p. 110456.

11. Sahiner, N., Sagbas, S., Sahiner, M., Silan, C. (2017). "P (TA) macro-, micro-, nanoparticle-embedded super porous p (HEMA) cryogels as wound dressing material", Materials Science and Engineering: C, 70, 317-326.

12.Şafak, Ş. 2016. "Biyobozunur polimerlerden elektro çekim yöntemiyle üretilen nanolifli yüzeylerin cerrahi adezyon bariyeri olarak kullanımlarının araştırılması", Uludağ Üniversitesi Doktora Tezi.

13.Kanmaz, D. et al. 2018. "Electrospun polylactic acid based nanofibers for biomedical applications", Material Science Research India, 15(3): p. 224-240.

14.Kanmaz, D. 2020. "Yeni Nesil Nanolif Esaslı Medikal Membran Üretimi", Yalova Üniversitesi YL Tezi

15.Wang, Y., Zhao, Q. and Du, X. 2020. "Structurally coloured contact lens sensor for point-of-care ophthalmic health monitoring", Journal of Materials Chemistry B, 8(16): p. 3519-3526.

16.Zhang, B. 2011. "Electrospun Poly (2-Hydroxyethyl Methacrylate) Nanofibrous Scaffolds for Skin Tissue Engineering", University of Akron, Master Thesis.

17.Lu, S. and Anseth, K.S. 1999. "Photopolymerization of multilaminated poly (HEMA) hydrogels for controlled release", Journal of controlled release, 57(3): p. 291-300.

18.Micic, M. et al. 2013. "Radiation synthesis, characterisation and antimicrobial application of

novel copolymeric silver/poly (2-hydroxyethyl methacrylate/itaconic acid) nanocomposite hydrogels”, *Polymer bulletin*, 70(12): p. 3347-3357.

19.Ramalingam, N., Natarajan, T.S., Rajiv, S., 2013. “Development and Characterization of Electrospun Poly (2-Hydroxy Ethyl Methacrylate) for Tissue Engineering Applications”, *Advances in Polymer Technology*, 32(3).

20.Ramalingam, N., Natarajan, T.S., Rajiv, S., 2015. “Preparation and Characterization of Electrospun Curcumin Loaded Poly (2-Hydroxyethyl Methacrylate) Nanofiber—A Biomaterial for Multidrug Resistant Organisms”, *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 103(1), 16-24.

21.Rao, S.S., Rajiv, S., 2014. “Comparison of Nanocomposite Film and Electrospun Nanocomposite Fibers Based on Poly (2-Hydroxy Ethyl Methacrylate) and Microcrystalline Cellulose as Anticancer Implants”, *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 53(16), 1690-1696.

# Biosecurity Graduate Education

YILANCIOĞLU, Kaan

<sup>1</sup>Institute of Addiction and Forensic Sciences, Uskudar University, Istanbul  
kaan.yilancioglu@uskudar.edu.tr

Understanding biological threats in today's world is much more important than in the past. Uskudar University's Biosecurity Graduate Program aims to fill the gap between science and politics.

The Biosecurity Graduate program aims to prepare students for the next generation's biodefense and biosecurity professionals and academics. Through the courses in the program, students learn to evaluate the foundations of microbiology and biotechnology within wide security and organizational scope.

The Interdisciplinary Biosecurity program is a model of research and training that focuses on critical issues in health, science, and security intersections. The courses include the scientific foundations of biosecurity, the technologies used in this field and possibilities for future use, practices to prevent and illuminate bioterrorist attacks, national and international regulations, as well as providing information and skills to assess the risks posed by bio attacks on public health and safety, building strategies that will prepare large audiences for biological attacks and deal with stress and fear.

The Biosecurity Graduate Program is being opened to contribute to addressing these most important needs of today.

YILANCIOĞLU, Kaan (Orchid ID 0000-0003-0740-5580)

## REFERENCES

“Biosecurity Graduate Program”, Uskudar University  
<https://uskudar.edu.tr/babe/en/biosecurity-masters-degree>,

Latest Access date: 18.05.2021

# The Importance of Antibody-Based Applications in Biodefense

AKÇAEL, Esin  
TÜBİTAK Marmara Research Center, Genetic Engineering and Biotechnology Institute  
Barış Mah, 41470 Gebze, Kocaeli  
[esin.akcael@tubitak.gov.tr](mailto:esin.akcael@tubitak.gov.tr)

- AKÇAEL, Esin (ORCID No 0000-0001-5513-7096)

Antibodies (Abs) are important molecules primarily used in biomedical research, treatment of diseases, diagnosis of diseases such as infections, or the analysis of aflatoxin and similarly dangerous toxins. Biological agents such as bacteria, viruses and toxins are defined as potential biological weapons according to their risk groups depending on their spread and lethality. Rapid and accurate diagnosis is essential for early treatment and prevention. Therefore, antibodies have a very important role in the development of diagnostic and detection systems in biological defense. Antibodies are produced naturally by B cells, which are important parts of the immune system, in response to the introduction of foreign substances such as biological agents into the body. Antibodies specifically bind to antigens that cause the immune system's response in a “key-lock pattern” and help to fight infection by marking them for destruction. Here, it is possible to immortalize the B cells of the animal immunized with the antigen by the hybridoma technique, which obtains the hybridoma cells producing monoclonal antibodies as a single clone.

In our laboratory, we produce monoclonal and polyclonal antibodies specific to the biological agents which causes various diseases and develop immuno diagnostic systems such as ELISA and rapid tests by conjugating antibodies or antigens with various molecules (horseradish peroxidase, biotin, gold etc.). Having these applications are very critical and strategic capabilities in biodefence.

## REFERENCES

Akçael, E. 2010. “Hybridoma Technology and Development of Antibody Based Diagnostic Systems”, Kocaeli, TUBITAK MAM.

Ertekin, O. 2019. “Aflatoxin-specific monoclonal antibody selection for immunoaffinity column development, Biotechniques, 66:261-268.

# Reusability of Respiratory Masks after UV-C Light Disinfection and Design of UV-C Sterilizer Cabinet

Zeynep Dikmen<sup>1\*</sup>, Gökhan Dikmen<sup>2</sup>, Nur Paksoy<sup>3</sup>, Vural Bütün<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Eskisehir Osmangazi University, Department of Biomedical Engineering, Faculty of Engineering, 26040 Eskisehir, Turkey

<sup>2</sup>Eskisehir Osmangazi University, Central Research Laboratory Application and Research Center (ARUM), Eskisehir, 26040, Turkey

<sup>3</sup>Fahri Kayahan Family Health Center, Malatya, Turkey

<sup>4</sup>Faculty of Science and Letters, Department of Chemistry, Eskisehir Osmangazi University, 26040 Eskisehir, Turkey

[zeyneperyilmaz@sakarya.edu.tr](mailto:zeyneperyilmaz@sakarya.edu.tr)

## PURPOSE

Respiratory mask supply is one of the most essential need of the whole countries during COVID-19 pandemic. Personal reusability of the masks can be an effective solution to decrease the cost of the mask and to prevent viral contamination of healthcare workers resulting from long time usage of the same mask. Mask material is composed of polymer fibers that are quite talented structures to hold viruses and bacteria between the fibers and layers. In this study UV-C disinfection is reported as an effective way due to stable chemical and fiber structures of polymer fibers after long time illumination with UV-C. FT-IR, XRD, Raman spectroscopies are used to observe chemical changes while SEM analysis is used to determine changes in fiber structure of the polymer after excitation with UV-C lamp. Herein, a portable UV-C sterilizer cabinet is also designed for providing disinfection with the highest efficiency to use in hospitals.

**Keywords:** Covid19, respiratory mask, UV-C disinfection, sterilizer

## INTRODUCTION

UV light is divided into three classifications: UV-A (320–400 nm), UV-B (280–320 nm), and UV-C (200–280 nm). UV-C light can cause molecular change in the structure of materials and also has an important effect on cells. RNA and DNA bases absorb UV-C, and photochemical fusion of two adjacent pyrimidines can cause covalently linked dimers. These newly formed dimers are non-pairing bases. Another result of UV-C absorption by the cells is production of reactive oxygen species (Smith 1977, Darnell, Subbarao et al. 2004). Tumourigenic transformed fish *Poecilia formosa* cells were obtained after fish cells exposed to UV light when re-injected into living fish (Moan and Peak 1989). UV-C light exposure can be one of the most effective viral inactivation methods. Coronavirus termed as SARS-CoV causing severe acute respiratory syndrome

(SARS) disease was successfully inactivated in quiet short times via UV-C light excitation (Darnell, Subbarao et al. 2004). Since the COVID-19 virus is a single-stranded, enveloped RNA virus with a brittle outer membrane, it is less stable in the environment and is more sensitive to factors such as chlorine and UV light (Al-Osail and Al-Wazzah 2017).

Extended UV-C light irradiation can change the structure and component of polymers (Wanasekara, Chalivendra et al. 2011) or mechanical strength of fiber structure (Fischbach, Tessmar et al. 2001, Aslanzadeh and Kish 2010). Polymer chains breaks via photooxidative degradation after UV excitation. UV radiation produces radicals and reduces the molecular weight, resulting in decrease of mechanical properties (Yousif and Haddad 2013).

Nowadays, decontamination of hospital rooms or public places is effectively and much more easily carried out by UV-C light excitation after Covid19 pandemic. Effectiveness and amount of UV light needed for a hospital room is studied before (Lindblad, Tano et al. 2019). In these Covid19 pandemic days N95 mask supply is one of the major problem of the world. During the pandemic, using the mask, which is the most important personal protective equipment, in accordance with the conditions of use, frequent replacement of the mask increases the need for the mask, and proper sterilization of the masks used to reduce the difficulties to be provided for the mask comes to mind. The biggest difficulty in mask sterilization is the loss of function of the mask structure by disrupting it. Therefore, any deterioration in the structure and functionality of the masks will be possible with methods such as gamma, electron beam and x-ray (Rowan and Laffey 2020). Hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) vapour disinfection of respiratory masks is also one of the suggested methods (Kenney, Chan et al. 2020). Temperature and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> treatments for sterilization of polypropylene bulk layers are studied and minimal surface changes have been

observed (V.E. Caudill and G.W. Halek 1993). Fibers of the respiratory masks can be pretty different than bulk layers because of large surface areas of fibers which are going to contact with skin after disinfection process. Fibers with higher surface area can react with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

Personal reuse of these masks after UV-C disinfection can be an effective method to decrease the consumption. In small UV-C sterilizer cabinets short distance light excitation will be very effective.

Herein, reusability of multi-layered FFP2 respiratory mask after UV-C excitation is reported. The material of mask was determined as polypropylene with XRD analysis. We proved no change in both fiber and molecular structure of polypropylene fiber based masks after UV-C excitation. Here it is reported that there has not been any chemical change or photo-oxidation, photo-initiated reactions that may cause skin cancer or another problems after UV-C excitation of masks. Structure and mechanical properties of fibers in the masks are also quite important to be able to hold virus or bacteria between layers. A fiber decomposition is not also observed after long time excitation. It is possible to sterilize N95 masks at least four times. There are already studies on effective times for inactivation rate of SARS-CoV under UV-C illumination (Xie and Dimitrov 2020). However, to study of the inactivation rate of SARS-CoV2 virus which is contaminated in different layers of N95 mask in a biosafe laboratory (BSL3) makes it clear to determine exact reusability time and efficiency.

It is also important to provide effective UV-C excitation of fiber layers of the mask in short distance. Here we also designed an effective sterilizer for hospital's usage.

## EXPERIMENTAL

### Materials and Methods

Era 1210 FFP2 V NR model mask and LigTex 254 nm UV-C lamp was used for the experiments. The UV-C lamp and mask were placed at a distance of 5 cm. Mask samples were taken after 5 min., 10 min., 20 min. and 1 h UV-C light excitation. IR spectra were collected by Perkin-Elmer Spectrum Two Spectrometer using ATR technique in the range of 4000 to 400 cm<sup>-1</sup> with 2 cm<sup>-1</sup> resolution. Raman spectra were obtained by a Renishaw Invia Raman microscope spectrometer with 532 nm excitation between 4000 and 400 cm<sup>-1</sup> at a resolution of 2 cm<sup>-1</sup>. SEM images were captured on a JEOL JSM 5600 at accelerating voltages of 20 kV after coating the samples with Au-Pd (Leica EM ACE600). X-ray diffraction (XRD) analysis of samples was performed with Panalytical Empirean X-ray diffractometer with Cu K $\alpha$  radiation and scanned through 2 $\theta$  angles between 10 and 90 degrees with CuK $\alpha$  irradiation.

## EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSIONS

### FT-IR and Raman studies

FT-IR spectra and Raman spectra of the studied sample which was illuminated under UV-C light with increasing times (no light, 5 min, 10 min, 20 min and 1 h) were given in Figure 1 and Figure 2, respectively. In the FT-IR spectra of polypropylene, broad peak observed at 3288 cm<sup>-1</sup> is due to moisture of air. CH stretching vibration of CH<sub>2</sub> and CH stretching vibration were seen at 2951 and 2917 cm<sup>-1</sup>, respectively in the FT-IR spectra and these modes were observed at 2955 and 2928 cm<sup>-1</sup> in the Raman spectra. Moreover, the peaks observed at 2867 and 2838 cm<sup>-1</sup> belong to CH vibration of C-CH<sub>3</sub> groups in the FT-IR spectra and these vibrations were seen at 2871 and 2843 cm<sup>-1</sup> in the Raman spectrum. CC stretching modes of polypropylene were observed at 1543 and 1652 cm<sup>-1</sup> in the FT-IR spectra. However, these vibrational modes were not seen in the Raman spectra. CH bending vibration of CH<sub>2</sub> group was appeared at 1452 cm<sup>-1</sup> in the FT-IR spectra and at 1461 cm<sup>-1</sup> in the Raman spectra. Intense peaks appeared at 1375 and 1357 cm<sup>-1</sup> belong to CH bending vibrations of CH<sub>3</sub> groups in the FT-IR spectra. These vibrations were observed at 1362 and 1331 cm<sup>-1</sup>, respectively in the Raman spectra. Unsaturated CH<sub>2</sub> vibrations were observed at 1165 cm<sup>-1</sup> and 839 cm<sup>-1</sup> in FT-IR spectra and at 1169 cm<sup>-1</sup> in the Raman spectra. CH out of plane vibration of CH-CH<sub>2</sub> group was observed at 996 cm<sup>-1</sup> in the FT-IR spectra and observed at 999 cm<sup>-1</sup> in the Raman spectra.

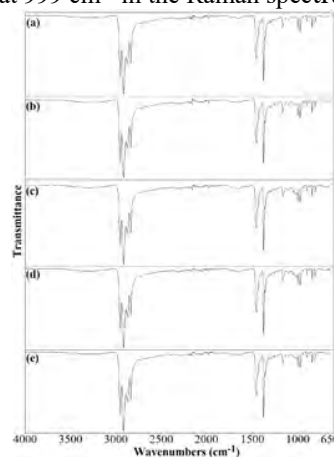


Figure 1. FT-IR spectra of samples illuminated under UV-C light with increasing times [0<sup>th</sup> (a); 5 min (b); 10 min (c); 20 min (d); 1 h (e)].

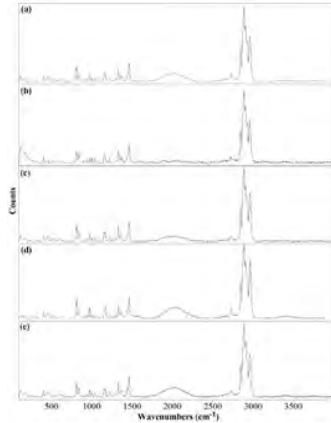


Figure 2. Raman spectra of samples illuminated under UV-C light with increasing times [0<sup>th</sup> (a); 5 min (b); 10 min (c); 20 min (d); 1 h (e)].

### XRD analysis

XRD is used to determine the interlayer spacing, the structural strain, impurities, diameters and chirality's distribution for materials. The X-ray diffraction patterns of the polypropylene are given in Figure 3. A peak observed at 14.52° belongs to [110] plane. Moreover, [040], [130], [-121] and [111] planes were observed at 17.12°, 18.82°, 19.65° and 21.48°, respectively. Peaks appeared at 22.24°, 25.89°, 28.90°, 43.04° belong to [121], [060], [-102] and [023/-123], respectively. On the other hand, XRD can be used for both determination and examination of crystallite size and crystallinity of samples. The crystallite size of samples was computed using Debye-Scherrer formula.

$$D = K\lambda / \beta \cos\theta \quad (1)$$

where D is average particle size or crystallite size, K is Scherrer constant (0.9),  $\lambda$  is radiation wavelength,  $\beta$  is full width at half maximum of peak,  $\theta$  is diffraction pattern angle. Moreover, crystallinity of samples was computed using following formula;

$$C\% = A_c / (A_a + A_c) \quad (2)$$

As a result, before applying UV radiation, crystallite size and crystallinity of sample were obtained as 74.21% and 65.28 Å, respectively. After applying UV radiation, these values were obtained as 74.96% and 66.94 Å, respectively. It was observed that the structures of respiratory masks did not change after UV light excitation.

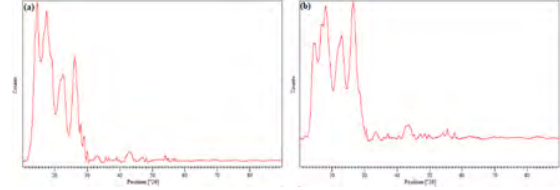


Figure 3. XRD patterns of respiratory mask PP fiber (a) and 1 h UV-C light illuminated respiratory mask PP fiber (b).

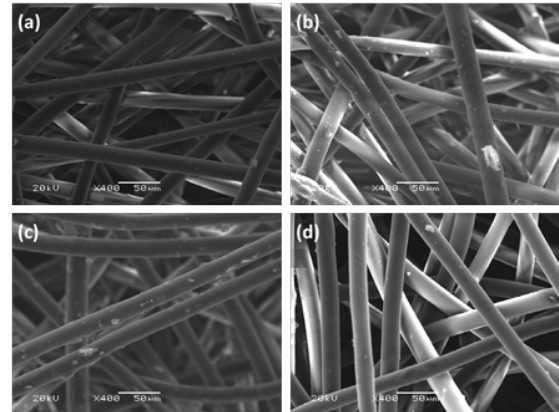


Figure 4. SEM images of FFP2 respirator inner layer fibers (a), outer layer fibers (b) before UV-C light excitation and inner layer fibers (c), outer layer fibers (d) after 1 h UV-C light excitation.

Original mask material and 1 hour illuminated mask material was analyzed with SEM studies. Deformation, breaking off or change in the shape of fiber structure of the respiratory mask was not observed from SEM analysis as given Figure 4.

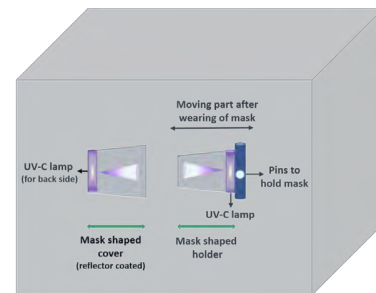


Figure 5. Designed UV-C sterilizer cabinet for respiratory masks.

It is clear that UV-C method is chemically safety to reuse of the masks with this pre-results. An effective disinfection is possible after guiding the light to pass through all layers. An appropriate UV-C disinfection cabinet is designed as given in Figure 5 to reach an efficient disinfection. In the



designed cabined, respiratory mask is held between two mask holders illuminated with UV-C light. Mask holder must be designed kuvars-like material to pass the all UV-C light and mask cover part can be designed by coating with an appropriate reflector to act as mirror resulting more intense radiation.

## CONCLUSIONS

UV-C excitation effects on respiratory mask material known as polypropylene fiber has been determined. It is observed that there is no change in both chemical and fiber structure of the material. As a result, it is chemically safe to use the respiratory mask after long time excitation with UV-C light (Aslanzadeh and Kish 2010, Wanasekara, Chalivendra et al. 2011) meaning lots of times reuse of the mask which is crucial for the healthcare workers nowadays. A low cost, usefull and portable UV-C sterilizer cabinet is designed to use in hospitals for healthcare workers usage.

## LITERATURE

Al-Osail, A. M. and M. J. Al-Wazzah (2017). "The history and epidemiology of Middle East respiratory syndrome corona virus." Multidiscip Respir Med **12**: 20.

Aslanzadeh, S. and M. H. Kish (2010). "Photo-oxidation of Polypropylene Fibers Exposed to Short Wavelength UV Radiations." Fibers and Polymers **11**(5): 710-718.

Darnell, M. E. R., K. Subbarao, S. M. Feinstone and D. R. Taylor (2004). "Inactivation of the coronavirus that induces severe acute respiratory syndrome, SARS-CoV." Journal of Virological Methods **121**(1): 85-91.

Fischbach, C., J. Tessmar, A. Lucke, E. Schnell, G. Schmeer, T. Blunk and A. Gopferich (2001). "Does UV irradiation affect polymer properties relevant to tissue engineering?" Surface Science **491**(3): 333-345.

Kenney, P., B. K. Chan, K. Kortright, M. Cintron, N. Havill, M. Russi, J. Epright, L. Lee, T. Balczak and R. Martinello (2020). "Hydrogen Peroxide Vapor sterilization of N95 respirators for reuse." medRxiv: 2020.2003.2024.20041087.

Lindblad, M., E. Tano, C. Lindahl and F. Huss (2019). "Ultraviolet-C decontamination of a hospital room: Amount of UV light needed." Burns.

Moan, J. and M. J. Peak (1989). "Effects of UV radiation on cells." J Photochem Photobiol B **4**(1): 21-34.

Rowan, N. J. and J. G. Laffey (2020). "Challenges and solutions for addressing critical shortage of supply chain for personal and protective equipment (PPE) arising from Coronavirus disease (COVID19) pandemic - Case study from the Republic of Ireland." Sci Total Environ **725**: 138532.

Smith, K. C. (1977). "Ultraviolet Radiation Effects on Molecules and Cells."

V.E. Caudill and G.W. Halek (1993). "Effects of Hydrogen Peroxide and Heat Sterilization Treatments on Polypropylene." **12**(4): 283.

Wanasekara, N., V. Chalivendra and P. Calvert (2011). "Sub-micron scale mechanical properties of polypropylene fibers exposed to ultraviolet and thermal degradation." Polymer Degradation and Stability **96**(4): 432-437.

Xie, Y. X. and N. Dimitrov (2020). "Ultralow Pt loading nanoporous Au-Cu-Pt thin film as highly active and durable catalyst for formic acid oxidation." Applied Catalysis B-Environmental **263**.

Yousif, E. and R. Haddad (2013). "Photodegradation and photostabilization of polymers, especially polystyrene: review." Springerplus **2**.

# Glokom Tedavisinde Kullanılmak Üzere Bimatoprost İlacı Yüklü PVA Nanolifli Yüzey Üretimi

ALTUNTUĞ CESUR, Merve İlkay<sup>1</sup>, KARACA, Esra<sup>2</sup>, OSMAN, Bilgen<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyomalzemeler, Öğrenci

<sup>2</sup>Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği, Prof.Dr.

<sup>3</sup>Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya, Prof.Dr.

[ilkayaltuntug@gmail.com](mailto:ilkayaltuntug@gmail.com)

## AMAÇLAR

Çalışmanın amacı; anti-glokom ilacı olan bimatoprostun, elektro çekim tekniğiyle polivinil alkol (PVA) polimerinden elde edilen nanolifli yüzeye başarıyla yüklenmesi ve nanolifli yapıda ilacın tespit edilmesidir.

## GİRİŞ

Glokom, optik sinire zarar veren, kademeli görme bozukluğu ve geri döndürülemez görme kaybıyla sonuçlanan oftalmik bir hastalık grubunu kapsar.<sup>1,2</sup> Göz içi basıncının azalması, çoğunlukla anti-glokom ilaçlarının göz damlası formunda topikal olarak uygulanmasıyla sağlanır.<sup>3</sup> Topikal damla tedavî yönteminin dezavantajları; korneal bariyer sebebiyle göz damlasının uygulanan miktarının %5'inin altında emilim olması, uygulama sıklığından dolayı tedavî uyumsuzluğunun getirdiği görme alanı kayıplarının ilerlemesi, görme alanı kaybı fazla olan olgularda ilaç uygulama zorluğu ve göz içi basıncın her zaman istenen seviyede tutulamaması, kronik tıbbî tedaviye bağlı uygulamada fazla miktarda etken madde kullanılmasının sistemik yan etkilerinin ortaya çıkmasıyla ilaç kullanımının sınırlı kalmasıdır.<sup>1,4,5</sup>

Bu nedenle araştırmacılar bu sorunları çözebilmek için yeni yöntemler aramaktadır. Çeşitli oküler uygulaması olan biyomalzemelerden anti-glokom ilaç salınımı son dönemde çalışılan konulardandır. Geliştirilen biyomalzemeler; ilacı uzun bir süre boyunca sabit bir oranda salıverirken, konjonktival doku ile temas süresini uzatarak doğru doz teslimini sağlarlar, etken maddenin sistemik dolaşıma drenajını en aza indirirler ve azalan uygulama sıklığı nedeniyle hasta uyumunu iyileştirirler.<sup>1,3,6</sup> Ayrıca; aynı etkiyi elde etmek için daha az miktarda etken maddeye ihtiyaç duyulabileceğinden, bu tür sistemlerin kullanılması göz damlası uygulamasından daha ekonomik olabilmektedir.<sup>2</sup>

Nanolifler, çapı nano ölçekte olan liflerdir. Ayarlanabilir gözenekliliğe sahip olması, yüksek yüzey alanı/hacim oranına sahip olması ve biyolojik moleküllerle kolayca işlevselleştirilebilir olması

özellikle ilaç salınımı uygulamalarında nanoliflere ciddi avantajlar kazandırmaktadır.<sup>7</sup>

Elektro çekim yöntemi yüksek voltaj altında polimerlerin iki elektrik yük arasında incelerek nano boyutta çaplara sahip lif oluşturması prensibine dayanmaktadır. Nanolif morfolojisini etkileyen voltaj yüksekliği, toplayıcı tipi, besleyici üniteyle toplayıcı arası mesafe, sıcaklık, besleme hızı gibi çözümlü ve proses parametreleri mevcuttur.<sup>8</sup>

Bu çalışmada, oküler salınım için anti-glokom ilacı olarak bimatoprost seçilmiştir. Bimatoprost sulu mizah çıkışını arttırarak göz içi basıncı düşürür.<sup>9</sup> Ayrıca bu ilacın göz içi basıncını düşürme etkisinden bağımsız olarak sinir koruma özelliğinin olması sayesinde, geliştirilecek olan materyalin sadece göz için değil sinir hasarı olan farklı olguların tedavisinde de kullanılabilirliği mümkündür.<sup>1,10</sup>

PVA; yüksek biyoyumluluğu, toksik olmaması, yüksek hidrofilitik yapısı, termal stabiliteye sahip olması ve ekonomik olması açısından tıbbî uygulamalarda kullanılmaktadır.<sup>11</sup> Ayrıca suda çözünebilmektedir, bu da içeriğinde su bulunan göz damlası formundaki bimatoprost ilacının dahil edilmesi için avantaj oluşturmaktadır.

## DENEYSEL

### Malzeme

Çalışmada polivinil alkol (PVA) (Mw: 85,000-124,000), bimatoprost (Lumigan<sup>RC</sup>), saf su, glüteraldehit, aseton, hidroklorik asit, etil alkol, fosfat tamponu (PBS) kullanılmıştır.

### Yöntem

PVA, saf su ve ilaç manyetik karıştırıcıyla karıştırılmıştır. Elektro çekim tekniği kullanılarak nanolifli yüzey üretilmiş ve üretim parametreleri değiştirilerek optimize edilmiştir. İlacın yüklenip yüklenmediğinin kontrolü UV-vis spektrofotometre ile yapılmıştır. Ayrıca, çapraz bağlama işleminin yüzey morfolojisi üzerindeki etkisini görmek amacıyla bimatoprost yüklü nanolifli yüzeye glüteraldehit ile çapraz bağlama işlemi uygulanmıştır.

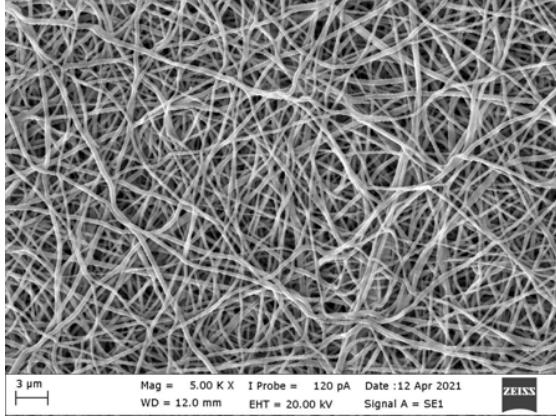
1. ALTUNTUĞ CESUR, Merve İlkay (0000-0003-2239-3493)

2. KARACA, Esra (0000-0003-1777-3977)

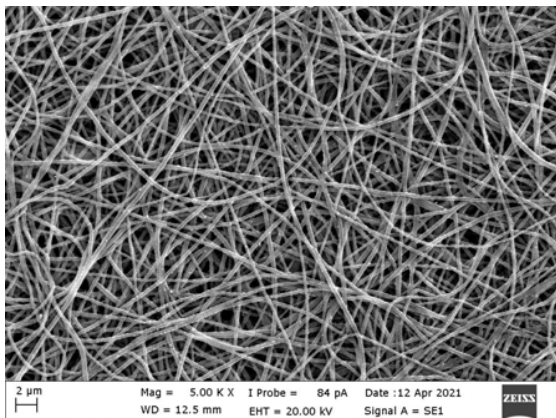
3. OSMAN, Bilgen (0000-0001-8406-149X)

## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Çalışmada, %9, %10 ve %12'lik konsantrasyonda PVA çözeltileri hazırlanarak, çözeltilerin karakterizasyonu yapılmış ve elektro çekim ile üretilen nanolifli yüzeyler taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile analiz edilmiştir. En ideal üretimin yapıldığı %12 PVA çözeltisi ile; silindir ve toplayıcı arası mesafe 12 ve 15 cm, besleme hızı 1.2 ml/s, 0.7 ml/s ve 0.5 ml/s olacak şekilde farklı parametrelerle üretimler gerçekleştirilmiştir. SEM analizi ile yapılan değerlendirmeler sonucunda, 15 cm mesafede 0.5 ml/s ile yapılan üretimin boncuksuz, uniform ve sürekli nanoliflerin elde edilmesi açısından daha başarılı olduğu tespit edilmiştir. Aynı koşullarda üretilen ilaç yüklü PVA nanolifli yüzeyin SEM görüntüsü Şekil 1'de, glutaraldehit ile çapraz bağlanmış ilaç yüklü PVA nanolifli yüzeyin SEM görüntüsü Şekil 2'de verilmiştir. Çapraz bağlanmış nanolifli yüzeyin SEM görüntüsünden, çapraz bağlama işleminin ilaç yüklü lifli yapıya olumsuz bir etkisinin olmadığı ve ileri çalışmalar için çapraz bağlı PVA/Bimatoprost nanolifli yüzeylerin kullanılabilir olduğu anlaşılmıştır.



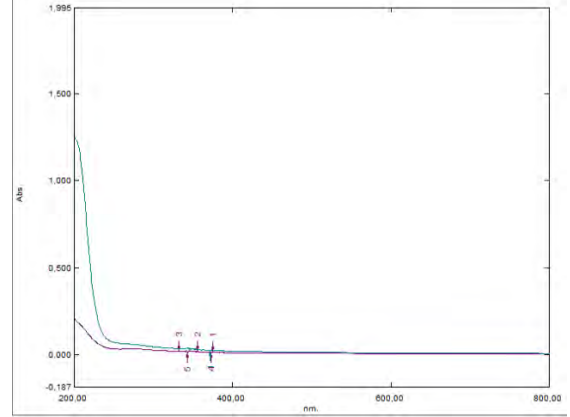
Şekil 1. Bimatoprost yüklü PVA nanolifli yüzey



Şekil 2. Glutaraldehit ile çapraz bağlanmış bimatoprost yüklü PVA nanolifli yüzey

1. ALTUNTUĞ CESUR, Merve İlkay (0000-0003-2239-3493)
2. KARACA, Esra (0000-0003-1777-3977)
3. OSMAN, Bilgen (0000-0001-8406-149X)

İlacın nanolifli yüzeydeki varlığını belirlemek için, ilaç yüklenmemiş PVA nanolifli yüzey ile ilaç yüklü PVA nanolifli yüzey su içerisinde çözündürülerek UV-vis spektrofotometresiyle analiz edilmiştir. Elde edilen spektrum Şekil 3'de, absorbans değerleri Tablo 1'de verilmektedir.



Şekil 3. PVA ve PVA/Bimatoprost nanolifli yüzeylerin spektrumları

Tablo 1. Nanolifli yüzeylerin absorbans değerleri

Materyal	214 nm'de Abs
PVA nanolifli yüzey (0.0074 g) /8 ml saf su	0.139
PVA/Bimatoprost nanolifli yüzey (0.0074 g) /8 ml saf su	0.841

Kullanılan bimatoprost ilacı 214 nm dalga boyunda absorbans (Abs) vermektedir. Bu dalga boyunda iki yüzey arasında belirgin bir absorbans farkı vardır. Bu sonuçlara göre, bimatoprost ilacının başarıyla PVA nanolifli yüzeye yüklendiği tespit edilmiştir.

## GENEL SONUÇLAR

Bimatoprost ilacı yüklü nanolifli yüzey başarılı bir şekilde üretilmiştir.

Glutaraldehit ile yapılan çapraz bağlama işleminin, ilaç yüklü nanolifli yüzeyin morfolojik yapısında herhangi bir değişim meydana getirmediği tespit edilmiştir.

Bimatoprost ilacının nanoliflere başarıyla yüklenmesi açısından sulu polimer çözeltisi ile çalışmanın ve ilaç ile polimer arasındaki etkileşimin önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

## SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Çapraz bağlanmış yüzeyler ile ilaç salınım çalışmaları yapılacaktır. Bu süreçte çapraz bağlama prosedürü optimize edilecektir. Uygun salınım prosedürü de

belirlendikten sonra elde edilen sonuçlardan matematiksel model oluşturulacaktır.

Çalışmanın ilerletilmesiyle olumlu sonuçlar alınırsa, glokom hastalığına alternatif bir tedavi yöntemi geliştirilmiş olacaktır.

#### KAYNAKLAR

1. Shen., J.; Lu., G.W.; Hughes, P. “Targeted ocular drug delivery with pharmacokinetic /pharmacodynamic considerations”, *Pharm Res* 2018, 35: 217.
2. Voss., K.; Falke., K.; Bernsdorf., A.; Grabow., N.; Kastner., C.; Sternberg., K.; Minrath., I.; Eickner., T.; Wree., A.; Schmitz., K.; Guthoff., R.; Witt., M.; Hovakimyan., M. “Development of a novel injectable drug delivery system for subconjunctival glaucoma treatment”, *Journal of Controlled Release* 214 2015, 1-11.
3. El-Salamounia., N.S.; Farida., R.M. “Recent drug delivery systems for treatment of glaucoma”, 2016.
4. Gagandeep.; Garg., T.; Malik., B.; Rath., G.; Goyal., A.K. “Development and characterization of nano-fiber patch for the treatment of glaucoma”, *European Journal of Pharmaceutical Sciences* 53 2014, 10-16.
5. Lancina., M.G.; Singh., S.; Kompella., U.B.; Husain., S.; Yang., H. “Fast dissolving dendrimer nanofiber mats as alternative to eye drops for more efficient antiglaucoma drug delivery”, *American Chemical Society* 2017, 3, 1861-1868.
6. Khalil., I.A.; Ali., I.H.; El-Sherbiny., I.M. “Noninvasive biodegradable nanoparticles-in-nanofibers single-dose ocular insert: in vitro, ex vivo and in vivo evaluation”, *Nanomedicine (Lond.)* 2018, 0297.
7. Shahriar., S.M.S.; Mondal., J.; Hasan., M.N.; Revuri., V.; Lee., D.L.; Lee., Y. “Electrospinning nanofibers for therapeutics delivery”, *Nanomaterials* 2019, 9,532.
8. Cheng., H.; Yang., X.; Che., X.; Yang., M.; Zhai., G. “Biomedical application and controlled drug release of electrospun fibrous materials”, *Materials Science & Engineering C*. 2018, 90, 750-763.
9. Easthope., S.E.; Perry., C.M. “Topical bimatoprost”, *Adis Drug Evaluation Drugs Aging* 2002, 19 (3), 231-248.
10. Yamagishi., R.; Aihara., M.; Araie., M. “Neuroprotective effects of prostaglandin analogues on retinal ganglion cell death independent of intraocular pressure reduction”, *Experimental Eye Research* 93 2011, 265-270.
11. Rebia., R.A.; Rozet., S.; Tamada., Y.; Tanaka., T. “Biodegradable PHBH/PVA blend nanofibers: Fabrication, characterization, in vitro degradation, and in vitro biocompatibility”, *Polymer Degradation and Stability* 154 (2018) 124-136.

1. ALTUNTUĞ CESUR, Merve İlkay (0000-0003-2239-3493)
2. KARACA, Esra (0000-0003-1777-3977)
3. OSMAN, Bilgen (0000-0001-8406-149X)

# Bor içerikli bileşiklerin %100 PES kumaş üzerindeki antibakteriyel etkisi

TURGUT, Halil İbrahim<sup>1</sup>, GÜRLER, Hale<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Harpur Tekstil San. ve Tic. A.Ş. - AR-GE Merkezi

[halil.turgut@harpurholding.com](mailto:halil.turgut@harpurholding.com)

## AMAÇLAR

Bu çalışmada, borik asit, disodyumtetraborat pentahidrat ve disodyumoktaborat tetrahidrat bileşikleri emdirme yöntemiyle %100 PES kumaşlara uygulanarak antibakteriyel özellik kazandırılması amaçlanmıştır.

## GİRİŞ

Dünyanın en büyük bor rezervlerinin Türkiye'de bulunması ve temizlik maddelerinden uzak teknolojisine kadar çok geniş bir kullanım alanına sahip olması stratejik önem taşımaktadır. Dünyanın toplam bor rezervlerinin (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bazında) 1,2 milyar ton olduğu tahmin edilmektedir<sup>1</sup>. Dünyadaki bu bor rezervlerinin % 72'si Türkiye'de bulunmakta olup dünya üretiminin de % 32'sini karşılamaktadır<sup>2</sup>. Türkiye dışındaki bor rezervlerinin ömrünün sadece 50 yıl süreceği biliniyor. Türkiye ise 450-500 yıl tüm dünyanın ihtiyacını karşılayabilecek bor rezervlerine sahiptir. Bu rezervlerin tüketimindeki artışlar dikkate alındığında, 50-80 yıl içinde Türkiye'nin bor rezervlerinin dünyadaki tek bor kaynağı haline gelmesi ön görülmektedir<sup>3</sup>.

Bor (B) elementi, doğada oksijen ile birleşik halinde bulunmaktadır. Doğada bor saf halde bulunmayıp, bor tuzları şeklinde veya silikatlar halinde bulunur. Doğada başta borik asit ve boraks olmak üzere iki yüze yakın bor bileşiği bulunmaktadır<sup>4</sup>.

Antibakteriyel özellikler kazandırmak için tekstil malzemeleri, metaller ve metal tuzları, kuaterner amonyum bileşikler, triklosan, kitosan, peroksiasitler gibi bazı kimyasal maddelerle işleminden geçirilir. Ancak tahriş edici ve çevreye zararlı olması gibi bazı sınırlamalar nedeniyle bu ajanlarla ilgili endişeler bulunmaktadır. Bu nedenle daha temiz alternatiflere ihtiyaç vardır<sup>5</sup>. Antibakteriyel, antifungal, antiparazitik, antiviral ve antiinflamatuvar aktiviteler dahil olmak üzere benzersiz ve çekici biyolojik özelliklere sahip bor içeren bileşikler son zamanlarda ilgi görmektedir<sup>6</sup>.

Borik asit bileşiklerinin, genel tıpta antibakteriyel ve antiinflamatuvar etkisi rapor edilmiştir<sup>4</sup>. Ayrıca yapılan bazı çalışmalarda bor bileşiklerinin antibakteriyel özellikleri kullanılmıştır. Bu amaç doğrultusunda pamuklu kumaşlara sodyum pentaborat

pentahidrat ve triklosan solüsyonu uygulanmıştır. Sonuçlara göre, modifiye tekstil ürünleri çok daha iyi antimikrobiyal ve antiviral özelliklere sahipti. Bu nedenle, sodyum pentaborat pentahidrat ve triklosan çözeltisi ile işlenen tekstillerin, antimikrobiyal ve antiviral tekstil yüzeylerinin geliştirilmesinde düşünülebileceği öne sürülmüştür. Bor bazlı bileşiklerin antibakteriyel özellikleri iyi bilinmesine rağmen, saf bor nanopartikülleri üzerine yapılan çalışmalar sınırlıdır. Yapılan bir çalışmada bor nanopartiküllerinin, hem gram-negatif hem de gram-pozitif bakterilerin üremesini sınırlamada etkili olduğu bulunmuştur<sup>3</sup>.

## DENEYSSEL

### Malzeme

Çalışmada %100 PES dokuma kumaş kullanılmıştır. Borik asit, disodyumtetraborat pentahidrat ve disodyumoktaborat tetrahidrat bileşikler Eti Maden İşletmeleri'nden temin edilmiştir. Sitrik asit ve çapraz bağlayıcı MAİTÜRK Kimya, binderler ise CHT Turkey Kimya firmalarından tedarik edilmiştir.

### Yöntem

Bor türevlerini içeren 50 g/L ve 75 g/L konsantrasyonlarda iki çözelti sırasıyla 30-35 °C ve 50-55 °C sıcaklıklarda emdirme yöntemi ile PES kumaşlara uygulanmıştır. 140 °C'de 3 dakika fikse edilmiştir. Kantitatif antibakteriyel testler ASTM E2149 test yöntemine göre yapılmıştır.

## DENEYSSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Çözelti pH değerlerinin 4-4,5 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Kumaşların aldığı flote miktarı ise (pick-up değeri) % 55 olarak belirlendi. 30-35 °C ve 50-55 °C sıcaklıklarda emdirme yapılan %100 PES kumaşlara ve ham kumaşa ait antibakteriyel test sonuçları Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 1 ve 2'de (+) olarak verilen % bakteri değerleri, bakteri sayısında artışı, (-) olarak verilen % bakteri değerleri ise bakteri sayısında olan azalmayı göstermektedir.

Binder 1 kodlu PES kumaşların Staphylococcus aureus bakterisine karşı 6 saat süresince antibakteriyel (bakterisidal) etkinliğe sahip olduğu test sonuçları ile belirlenmiştir. 6. saatin sonunda bakterilerin üremesi durmuştur.

Tablo 1. Staphylococcus aureus (ATCC 6538)'a karşı antibakteriyel değerleri

Uygulama Sıcaklığı / Konsantrasyon		3 saat		6 saat	
		Bakteri artması / azalması			
		(%)	log	(%)	log
-	Ham PES Kumaş	-81,41	-0,73	-89,49	-0,98
30-35 °C 50 g/L	Binder 1	-99,96	-3,41	-100,00	-5,85
50-55 °C 75 g/L	Binder 1	-99,90	-2,99	-100,00	-5,85
30-35 °C 50 g/L	Binder 2	-8,97	-0,04	-15,38	-0,07
50-55 °C 75 g/L	Binder 2	-16,67	-0,08	-17,95	-0,09

Tablo 2. Escherichia coli (ATCC 25922)'ye karşı antibakteriyel değerleri

Uygulama Sıcaklığı / Konsantrasyon		6 saat		24 saat	
		Bakteri artması / azalması			
		(%)	log	(%)	log
-	Ham PES Kumaş	-16,19	-0,08	-17,14	-0,08
30-35 °C 50 g/L	Binder 1	-89,52	-0,98	-99,91	-3,07
50-55 °C 75 g/L	Binder 1	-99,98	-3,72	-99,99	-4,02
30-35 °C 50 g/L	Binder 2	-1,90	-0,01	-3,81	-0,02
50-55 °C 75 g/L	Binder 2	-2,86	-0,01	-4,76	-0,02

Binder 1 kodlu PES kumaşların Escherichia coli bakterisine karşı 24 saat süresince antibakteriyel (bakterisidal) etkinliğe sahip olduğu test sonuçları ile belirlenmiştir. 24. saatin sonunda bakterilerin üremesi durmuştur.

Aynı miktarlarda bor türevleri ve çapraz bağlayıcı içeren çözeltilerdeki yine aynı miktarlara sahip farklı iki binderin antibakteriyel etkinliği değiştirdiği belirlenmiştir.

## GENEL SONUÇLAR

Bu çalışmada, bor bileşiklerinin %100 PES kumaşlar için antibakteriyel madde olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Ham PES kumaşın Staphylococcus aureus bakterisine karşı etkin olduğu ve bor türevlerinin bu etkiyi arttırdığı belirlenmiştir. Ayrıca ham PES kumaşın Escherichia coli bakterisine karşı etkin olmamasına rağmen bor türevlerinin antibakteriyel etkiyi arttırdığı belirlenmiştir.

Bu çalışmada, borlu bileşiklerin %100 PES kumaşların antibakteriyel özelliğini geliştirdiği ve reçete içeriğinin çok önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

## SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Çalışmada kullanılan bor türevlerinin suda çözünür yapıda olması yıkama dayanımını azaltan bir faktördür. Bu çalışmada binder seçimi yapılmıştır. Bir sonraki çalışmada Binder 1 içerikli emdirme uygulamalarının yıkama sonrası antibakteriyel etkinlikleri çalışılacaktır.

## KAYNAKLAR

- 1- Güyagüler, T. 2001. "Türkiye Bor Potansiyeli", 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, Türkiye, 18-27.
- 2- Bozacı, E. 2018. "Borlu Bileşiklerin Çevre Dostu Yöntemlerle Poliakrilnitril Kumaşlara Uygulanması", Boron, 3 (1), 17 – 23.
- 3- Buyukakinci, B.Y. Sokmen, N. 2018. "The Usage Of Boron/ Boron Compounds In The Textile Industry And Its Situation In Turkey", CBU International Conference On Innovations In Science And Education, Prague, Czech Republic, (6), 1158-1165.
- 4- Enhoş, Ş. Köseoğlu, S. Sağlam, M. 2013. "Periodontolojide Bor", Sağlık Bilimleri Dergisi (Journal Of Health Sciences), 22(1), 70-75.
- 5- Buyukakinci, B.Y. Tezcan, E. 2018. "Antibacterial Properties Of Cotton Fabrics Treated With 8-Hydroxyquinoline And Borax", CBU International Conference On Innovations In Science And Education, Prague, Czech Republic, (6), 1024-1029.
- 6- Aral, K. Güler, Ö.Ç. Cooper, P.R. Shoker, S. Kuehne, S.A. Milward, M.R. 2020. "Borik Asitin Periodontal Patojenler Üzerine Olan Antimikrobiyal Etkileri", Eü Dişhek Fak Derg, 41(1), 20-25.

- TURGUT, Halil İbrahim (ORCID No: [0000-0002-9591-8775](https://orcid.org/0000-0002-9591-8775))
- GÜRLER, Hale (ORCID No: [0000-0002-3928-6849](https://orcid.org/0000-0002-3928-6849))

# Kimyasal Yöntem ile Farklı Molekül Ağırlıklarında Kitosan Üretimi ve Hidrojel Sentezinde Kullanımı

KAÇOĞLU, Hanife Songül<sup>1</sup>, ÇELEBİ, Mithat<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Yalova Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 77200, Yalova, Türkiye

<sup>2</sup>Yalova Üniversitesi, Polimer Malzeme Mühendisliği Bölümü, 77200, Yalova, Türkiye  
[hskacoglu@gmail.com.tr](mailto:hskacoglu@gmail.com.tr)

## AMAÇLAR

Atık karides kabuklarından elde edilecek farklı molekül ağırlığı ve deasetilasyon derecesindeki kitosanın, hidrojel sentezinde kullanılarak günlük yaşamda karşılaşılan travmalar yanı sıra savaşlar ve afetler sırasında oluşabilecek kanamaların önlenmesinde kullanılacak bir yara örtü materyali geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Ayrıca hedeflenen biyomateryalin yaşamı koruması ve sağlık hizmetlerini önemli ölçüde iyileştirmesi yanı sıra ülkemizde büyük pazar payına sahip olan deniz ürünleri endüstrisinin neden olduğu atıkların geri kazanılmasıyla yüksek katma değerli ürünler üretmek hem ekonomiye hem de doğal döngüye yarar sağlaması hedeflenmektedir.

## GİRİŞ

Bandaj ve turnike gibi geleneksel teknikler bazı yaralanmalarda yetersiz kaldığı ve efektif kanama kontrolünü yeterince sağlayamadığından, kişinin kendisine kolaylıkla uygulayabileceği düzeyde basit, kolay taşınabilir, yan etkisi olmayan ve etkili bir hemostaz sağlayacak malzemelere ihtiyaç duyulmaktadır. Mevcut literatürde, yara ve yanık tedavilerinde kullanılan örtüler konusunda birçok yenilikçi araştırma bulunmasına karşın her farklı yara türünde ve tedavi evresinde hastaya yönelik en uygun ve en ekonomik örtü materyallerine olan ihtiyaç halen devam etmektedir.

Tüm bu sorunlar ve ihtiyaçlar göz önüne alındığında, askeri yaralanma ve kanamaya bağlı gelişen mortaliteyi azaltmaya yönelik biyoyumlu, biyobozunur ve antimikrobiyal özelliklerin yanı sıra yara ile teması azaltacak ve yumuşak dokusu sayesinde yaranın infektif olmayan sıvısını toplayarak yara çevresine uyum sağlayabilecek özelliklere sahip kitosan esaslı hidrojel yara örtüsü geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Kitosan, kitinin deasetilasyonu sonucu elde edilen doğal, katyonik bir polisakarittir ve antibakteriyel aktivitesi, biyolojik olarak parçalanabilirliği, biyolojik uyumluluğu ve toksik olmaması gibi eşsiz özellikleri nedeniyle yirmi yılı aşkın süredir güvenle biyomedikal, tıp ve diş hekimliği, ilaç salınımı, kozmetik, atık su arıtımı, tarım, gıda bilimi, tekstil vb. geniş bir yelpazede potansiyel uygulamalara sahiptir <sup>1,2</sup>.

Hidrojel hazırlamada, sahip olduğu üstün avantajları nedeniyle en çok tercih edilen doğal polimer olan kitosanın, kan pıhtılaşmasını önleyen heparinler ile kompleks yapı oluşturması yanı sıra yara bölgesinde antimikrobiyal aktivite göstererek iyileşme sürecini hızlandırma ve acıyı dindirme özelliğine sahiptir <sup>3</sup>. Yapılan birçok bilimsel çalışmada kitosan bazlı hidrojellerin, insülin, büyüme faktörleri gibi biyolojik olarak aktif moleküllerin verilmesinde ve çok katmanlı sistem yaratma olasılığından dolayı hücre ve dokuların organizasyonunun sağlanmasında çok etkili olduğu kanıtlanmıştır <sup>4,5</sup>. Dai vd. fareler üzerinde yaptığı bir çalışmada, kitosanın yara tedavisinde kullanımının *P. Aeruginosa* ve *P. Mirabilis* vb. mikroorganizmalara etki ederek tedavi sürecini hızlandığı ve farelerin yaşam süresini uzattığı görülmüştür <sup>6</sup>.

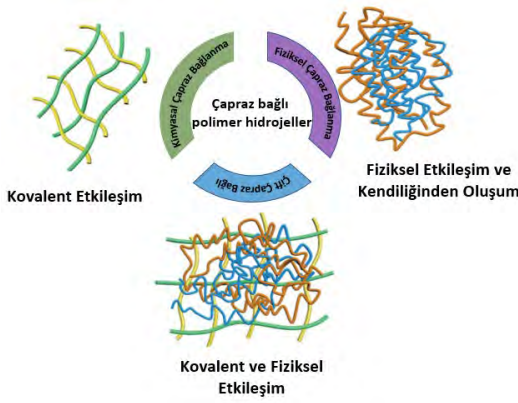
Biyomedikal uygulamalarda kullanılan diğer doğal hidrojellerde olduğu gibi kitosan hidrojellerinin de mekanik dayanımları oldukça zayıftır ve mekanik dayanımın önem kazandığı çalışmalarda tek başına kullanımı yeterli değildir. Çapraz bağlayıcının türü yanı sıra çapraz bağlanma yoğunluğu da sentezlenen hidrojellerin mekanik mukavemet, muko yapışkanlık, gözeneklilik, şişme ve ilaç salımı gibi özelliklerini doğrudan etkilediği yapılan çalışmalarla doğrulanmıştır <sup>5,7</sup>.

Kimyasal (kovalent) çapraz bağlamada; kararlı, iyi mekanik özelliklere sahip ve aşırı pH koşullarında bile çözülmeye dayanıklı hidrojeller elde etme avantajına sahipken, çapraz bağlama işlemi için kullanılan ajanların çoğunun nispeten toksik olması ve biyoyumlulukları ile ilgili veri eksikliğinden dolayı canlı vücudundaki etkilerinin tam olarak

<sup>1</sup> KAÇOĞLU, Hanife Songül (0000-0002-4982-5172)

<sup>2</sup> ÇELEBİ, Mithat (0000-0002-2013-5354)

bilinmemesi bu sistemin ana dezavantajıdır. Diğer yandan en büyük dezavantajları olası mekanik stabilite eksikliği ve pH'a oldukça duyarlı bir şişmeden dolayı sistemin çözülme riski olan fiziksel (iyonik) çapraz bağlamada ise nihai ürünün saflaştırılmasını gerektirmeme ve alerjen etki yaratmama gibi avantajlar öne çıkmaktadır<sup>8,9,10</sup>. Buradan yola çıkarak, kovalent çapraz bağlayıcıların toksik miktarını azaltmak ve elde edilen hidrojenlerin mekanik stabilitelerini iyileştirmek için çift çapraz bağlı hidrojenlerin (kovalent ve ardından iyonik çapraz bağlama) tasarlanmasına yönelik çalışmalara ilgi artmıştır. Kimyasal, fiziksel ve çift çapraz bağlı hidrojenlere ait şematik gösterim Şekil 1'de sunulmuştur<sup>4</sup>.



Şekil 1. Kimyasal, fiziksel ve çift çapraz bağlı hidrojenlerin şematik gösterimi

Jatarı vd. (2011), yaptıkları çalışmada çift çapraz bağlı kitosan/jelatin hidrojenlerin hazırlanması için bir yöntem sunarak bu yapının, jellerin reolojik özelliklerini iyileştirdiği ve mekanik stabilite üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu rapor ettiler<sup>11</sup>. Ko ve Kim'in çalışmalarında (2020), hazırladıkları çift çapraz bağlı aerogellerin, diğer yöntemlere kıyasla oldukça yüksek gözenek yapısı ve mükemmel şişme davranışı yanı sıra ihmal edilebilir toksisite ve iyi antibakteriyel performans değerleri sergilediğini rapor ettiler<sup>12</sup>.

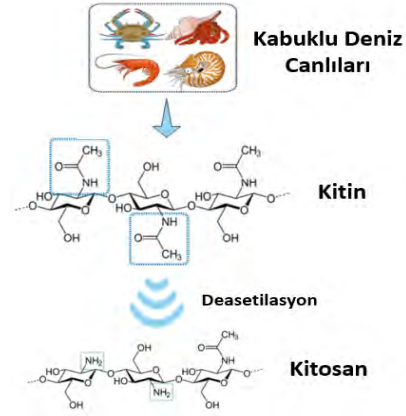
## DENEYSEL

Bu çalışmada, deasetilasyon derecesi ve molekül ağırlığı kitosanın özelliklerini belirleyen en önemli parametreler arasında incelenmiştir.

<sup>1</sup> KAÇOĞLU, Hanife Songül (0000-0002-4982-5172)

<sup>2</sup> ÇELEBİ, Mithat (0000-0002-2013-5354)

Bu parametreler ışığında en uygun uygulama aralığı belirlenerek kitosan polimeri üretilmiştir. Kabuklu deniz canlılarının ana maddesi olan kitosanın deasetile edilmesi ile elde edilen kitosanın sentezi Şekil 2'de sunulmaktadır<sup>13</sup>.



Şekil 2. Kitosanın deasetilasyonu sonucu kitosanın elde edilmesi

Elde edilen kitosan, yüksek molekül ağırlığı ve kristal yapısı gereği yalnızca belirli seyreltik asit ortamında çözünür durumdadır. Kullanımını sınırlandıran bu dezavantajı ortadan kaldırmak amacıyla kitosan, kimyasal yapısı değiştirilmeden, düşük molekül ağırlığa sahip suda çözünen kitosan (WSC)'a indirgenmiştir. Bu sayede hem su ve organik çözücülerde çözünebilir bir polimer elde edilmiş hem de çevreye ciddi kirlilik oluşturabilecek asitli kimyasalların yerine çözücü olarak suyun kullanımıyla daha çevreci bir yaklaşım sağlanmış oldu.

Bu aşamadan sonra kitosanın sodyum alginat ve psilyum varlığında hidrojel sentezi çalışmalarına geçilmiş, sentezlenen hidrojenlerin karakterizasyon çalışmaları ve yara örtü materyali olarak etkinlikleri detaylı olarak çalışılmaya devam edilmektedir.

## GENEL SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında farklı deasetilasyon derecesi ve molekül ağırlığındaki kitosanın, elde edilecek hidrojenin pH'a bağlı olarak şişme davranışı, ilaç absorpsiyon ve salınım özelliklerine olan etkisi detaylı bir şekilde araştırılmıştır. Deneysel çalışmalar halen devam etmekte olup, kitosan/alginat hidrojenleri kitosan polimerinin psilyum varlığında glutaraldehit çapraz bağlayıcısı ile bağlanma reaksiyonu sonucunda başarıyla sentezlenmesi öngörülmektedir.



Tüm bu analizlerin sonunda ilk kez sentezlenecek olan kitosan/alginat/psilyum hidrojelleri doğal karakterde olup, literatürde benzer çalışmalara kıyasla etkin bir yara örtü materyali olarak kullanılabilceği, ayrıca iyileşme sürecindeki inflamasyon evresinde yara sıvısını absorbe etme yeteneği ile daha sağlıklı, daha steril ve daha ağrısız bir iyileşme ortamı sunacağı öngörülmektedir.

### TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Bu çalışma Yalova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (BAP) tarafından 2020/YL/0025 nolu proje ile desteklenmektedir.

### KAYNAKLAR

1. Laurencin, C., & Deng, M. (Eds.). (2014). "Natural and synthetic biomedical polymers." Elsevier
2. Thomas, S., Ninan, N., Mohan, S., & Francis, E. (Eds.). (2012). "Natural polymers, biopolymers, biomaterials, and their composites, blends, and IPNs." CRC press.
3. Jayakumar, R., Prabakaran, M., Reis, R. L., & Mano, J. (2005). "Graft copolymerized chitosan—present status and applications." *Carbohydrate Polymers*, 62(2), 142-158.
4. Mondal, S., Das, S., & Nandi, A. K. (2020). "A review on recent advances in polymer and peptide hydrogels." *Soft Matter*, 16(6), 1404-1454.
5. Liu, L., Gao, Q., Lu, X., & Zhou, H. (2016). "In situ forming hydrogels based on chitosan for drug delivery and tissue regeneration." *asian journal of pharmaceutical sciences*, 11(6), 673-683.
6. Dai, T., Tanaka, M., Huang, Y. Y., & Hamblin, M. R. (2011). "Chitosan preparations for wounds and burns: antimicrobial and wound-healing effects." *Expert review of anti-infective therapy*, 9(7), 857-879.
7. Szymańska, E., & Winnicka, K. (2015). "Stability of chitosan—a challenge for pharmaceutical and biomedical applications." *Marine drugs*, 13(4), 1819-1846.
8. Hamed, H., Moradi, S., Hudson, S. M., & Tonelli, A. E. (2018). "Chitosan based hydrogels and their applications for drug delivery in wound dressings: A review." *Carbohydrate polymers*, 199, 445-460.
9. Fu, J., Yang, F., & Guo, Z. (2018). "The chitosan hydrogels: from structure to function." *New Journal of Chemistry*, 42(21), 17162-17180.
10. Berger, J., Reist, M., Mayer, J. M., Felt, O., Peppas, N. A., & Gurny, R. (2004). "Structure and interactions in covalently and ionically crosslinked chitosan hydrogels for biomedical applications." *European journal of pharmaceuticals and biopharmaceutics*, 57(1), 19-34.
11. Jätariu, A. N., Danu, M., Peptu, C. A., Ioanid, G., Ibanescu, C., & Popa, M. (2013). "Ionically and covalently cross-linked hydrogels based on gelatin and chitosan." *Soft materials*, 11(1), 45-54.
12. Ko, E., & Kim, H. (2020). "Preparation of chitosan aerogel crosslinked in chemical and ionic ways by non-acid condition for wound dressing." *International Journal of Biological Macromolecules*, 164, 2177-2185.
13. Campos, E.V., Oliveira, J.L., & Fraceto, L. (2017). "Poly(ethylene glycol) and Cyclodextrin-Grafted Chitosan: From Methodologies to Preparation and Potential Biotechnological Applications." *Frontiers in Chemistry*, 5.

# Mikroekstrüzyon Yöntemi ile Yapay Deri Dokusu Biyofabrikasyonu ve Kimyasal Toksikite Çalışmalarının Gerçekleştirilerek Sonuçların Doğal Deri Dokusu ile Kıyaslanması

ÖZDEMİR, Züleyha<sup>1</sup>, YÜNCÜ, N. Şule<sup>1</sup>, YEŞİLTAŞ, Gözde<sup>1</sup>, ÖZTÜRK, Ayça Bal<sup>2</sup>, AKPEK, Ali<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli, <sup>2</sup>İstinye Üniversitesi, İstanbul

[nyuncu@gtu.edu.tr](mailto:nyuncu@gtu.edu.tr)

## AMAÇLAR

Bu çalışmadaki amaç yapay deri biyofabrikasyonu için gerekli bir biyomateryal geliştirmek. Geliştirilen bu biyomateryalin deri dokusuna daha benzer olmasını sağlamak.

## GİRİŞ

Deri insan vücudunu dış etkenlere karşı koruyan en geniş organdır. Üç katmandan oluşur bunlar sırasıyla epidermis, dermis ve hipodermistir. Epidermis en dış katmandır ve sadece keratinosit hücrelerinden oluşur. Dermis tabakası, epiderminin hemen altında bulunur ve bu katmanda kıl kökleri ve damarlar bulunur. Hipodermis en iç tabakadır. Bu tabaka derinin organlara tutunmasını sağlar. Deri homeostatik dengeyi sağlamaya yarar. Güneşten gelen UV ışınlarına karşı vücudu korur. Aynı zamanda vücudu patojenlere karşı korur. Deri insan vücudunda dengeyi sağlamak için önemli rollere sahiptir bu yüzden zarar gördüğünde hızlı bir şekilde onarılması gerekir. Deri dokusu kendini hızlı bir şekilde yeniler fakat bazı durumlarda deri dokusu kendini yenileyemez. Büyük bir deri doku kaybında bu durum gerçekleşir. Doku kaybı söz konusu olduğunda çözüm kaybedilen dokunun nakledilmesiyle sonuçlanır. Bu başka birinden alınan doku veya hastanın vücudunda farklı bir bölgeden alınan doku ile onarılır. Bu tedavi şeklinin bazı dezavantajları vardır. Dokunun alındığı bölgede meydana gelen enfeksiyonlar ve ağrılar bu yöntemin tercih edilmemesini doğurur. Bu durum ortadan kaldırılması için bir alternatif olarak doku mühendisleri tarafından yapay deri çalışmaları yapılmaktadır. Fakat şuan kadar deriye birebir benzeyen bir biyomateryal elde edilememiştir. Şuan bu alanda yapılan çalışmalarda amaç deri dokusuna daha çok benzeyen biyomateryal geliştirmektir. Bizim bu çalışmada ki amaçlarımızdan biri de budur. Bu çalışmaların amacı sadece doku kaybı yaşayanların tedavisi için değil aynı zamanda kozmetik ve kimya alanında yapılan çalışmaların direk bu yapay deri üzerinde inceleyerek. İnsan derisi üzerindeki etkisinin incelenmesini de sağlayabilir.

## DENEYSEL

### Malzeme

Bu çalışmada biyomateryalin temelini oluşturup hücrelerin bağlanmasını ve hücrelerin çoğalmasını kolaylaştıran hücre dışı matrisin temel özelliklerini yansıtan GelMa (Gelatin Metacrylate) kullanılmıştır<sup>1</sup>. Oluşan yapının viskoelastisini artırmak için aljinat eklenerek GelMa-Aljinat karışımı elde edildi. Axodual mikroekstrüzyon modelli biyoyazıcı ve Repetier yazılımı ile yapay doku iskeleti modellenmesi yapıldı.

Elde edilen yapay doku iskelesine Mouse fibroblast hücreleri ekildi. Leica DM1 1 inverted florasan mikroskopu kullanılarak incelendi.

### Yöntem

Yapılan çalışmalarda yapay deri dokusu üretiminde genel olarak iki yöntemin mevcut olduğu açıklanmıştır. Bunlardan biri Yukarıdan aşağıya üretim metodu, diğeri ise Aşağıdan yukarıya üretim metodudur. Bu çalışmada yukarıdan aşağıya üretim metodu kullanılmıştır. Bu yöntemde ilk önce biyobozunur bir doku iskelesi oluşturulur. Daha sonra bu doku iskelesine hücre ekimi yapılır. Zamanla hücreler birbiri ile yeni bağlar kurar ve doku iskelesi bu süreçte çözünerek kaybolur<sup>2-4</sup>. Bu yöntem biyomekanik açıdan daha sağlam yapılar oluşmasını sağlar<sup>5</sup>. Bu iskelede biyomateryal olarak GelMa-Aljinat karışımı kullanılmıştır. Bu doku iskelesi Axodual mikroekstrüzyon modelli biyoyazıcı ve Repetier yazılımı ile modellenmiştir.  $2 \times 10^6$  hücre  $mL^{-1}$  olacak şekilde %80 konfülsiyonlu kültürde edile Mouse fibroblast hücreleri toplandı. Leica DM1 1 inverted florasan mikroskop yardımıyla hücrelerin biyomateryal ve birbiri ile olan bağları incelendi. Biyomalzemeler üretildikten sonra bunlar  $1mm^2$ lik küçük parçalara ayrılarak 96'lık kuyu tipi petrilere 3'er teknik tekrar olacak şekilde yerleştirilmiştir. GelMa-aljinat hücre bağlanmasını gözlemlemek amacıyla 9 kuyuya 3'er teknik tekrar olacak şekilde sadece medya içeren, GelMa-aljinat ve medya içeren, hücre ve medya içeren üç farklı kontrol grubu oluşturulmuştur. Daha sonra mikroskop altında incelenmiştir.



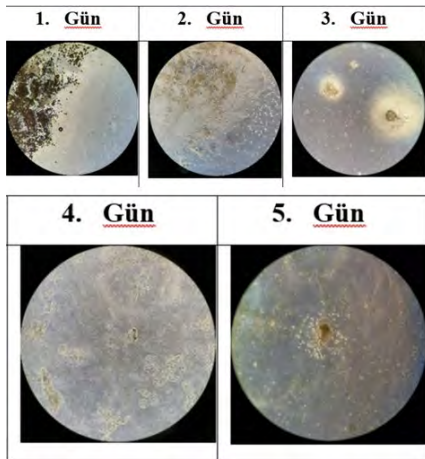
Şekil 1. Axodual mikroekstrüzyon modeli biyoyazıcı ve Repetier yazılımı ile yapay doku iskeletinin modellenmesi

### DENEYSSEL SONUÇLAR

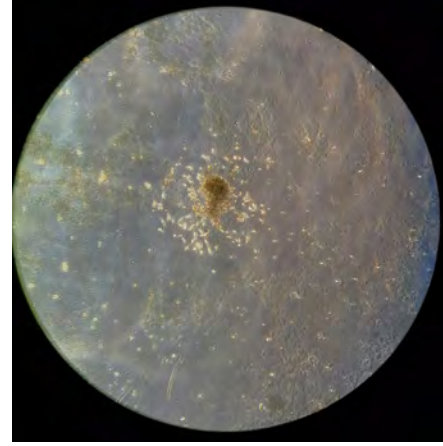
Yapılan çalışmalar sonucunda doku iskelesi oluşturuldu. Doku iskelesine hücre ekimi yapılarak, hücreler arası oluşan yeni bağlar ve doku iskelesi ve hücreler arası bağlar incelendi. Bunun sonucunda hücreler arasında yeni bağlar oluştuğu gözlemlendi.



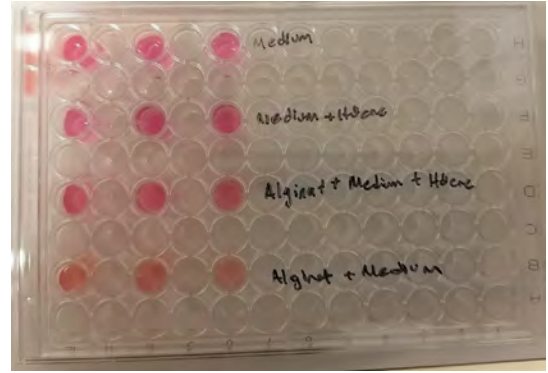
Şekil 2. Hücre ekimi yapılan yapay doku iskeleti



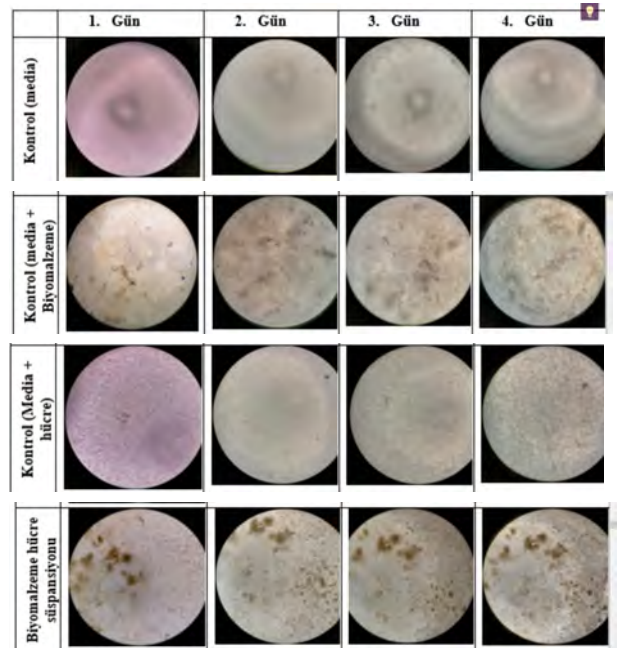
Şekil 3. Fibroblast hücre ekimi yapılan yapay doku iskeletinin ilk 5 gündeki mikroskop görüntüsü



Şekil 4. Fibroblast hücre ekimi yapılan yapay doku iskeletinin 5. gündeki mikroskop görüntüsü



Şekil 5 Yapay doku iskeletine ekim yapılan 96 kuyu tipi petri.



Şekil 6. 96 kuyu tipi petrilere ekilen hücrelerin ilk 4 gündeki mikroskop görüntüleri

## SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Doku mühendisliği tarafından bu alanda birçok çalışma yürütülmektedir. Bunların ortak amacı deriye en yakın olan biyomateryali geliştirip yapay deri üretimini sağlamak. Üretilen yapay deri birçok alanda kullanılabileceğinden hem sağlık hem de kozmetik ve kimya alanlarında büyük bir ilerleme sağlayacaktır.

## TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Bu çalışma 2209-B sanayiye yönelik lisans araştırma projeleri kapsamında TÜBİTAK tarafından desteklenmektedir. Aynı zamanda Mouse fibroblast hücrelerini bizimle paylaşan Prof. Dr. Nuri ÖZTÜRK hocamıza teşekkür ederiz.

## KAYNAKÇA

1. Sun, Mingyue et al. "Synthesis and Properties of Gelatin Methacryloyl (GelMA) Hydrogels and Their Recent Applications in Load-Bearing Tissue." *Polymers* vol. 10,11 1290. 21 Nov. 2018, doi:10.3390/polym10111290
2. Nichol, Jason & Khademhosseini, Ali. (2009). *Modular Tissue Engineering: Engineering Biological Tissues from the Bottom Up*. *Soft matter*. 5. 1312-1319. 10.1039/b814285h
3. Du, Y., Lo, E., Ali, S., Khademhosseini, A. 2008. "Directed assembly of cell-laden microgels for fabrication of 3D tissue constructs", *P. Nat. Acad. Sci.*, 105, 9522–7
4. Khademhosseini, A., Langer, R., Borenstein, J. Vacanti, J. P. 2006. "Microscale technologies for tissue engineering and biology", *Proc. Natl Acad. Sci.*, 103, 2480–7
5. Engler, A.J., Sen, S., Sweeney, H.L., Discher, D.E. 2006. "Matrix elasticity directs stem cell lineage specification", *Cell*, 126, 677–89

# Synthesis and characterization of PDEA microgel containing P(DMA/AA) amphoteric hydrogels

MAIHAN Robina<sup>1,2</sup>, DIKMEN Zeynep<sup>3</sup>, YARLIGAN UYSAL Selma<sup>1</sup>, BÜTÜN Vural<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Science and Letters, Department of Chemistry, Eskisehir Osmangazi University, 26480, Eskisehir, Turkey,

<sup>2</sup>Kabul Polytechnic University, Faculty of Chemical Engineering

<sup>3</sup>Department of Biomedical Engineering, Faculty of Engineering, Eskisehir Osmangazi University, 26040 Eskisehir  
[r.maihan@kpu.edu.af](mailto:r.maihan@kpu.edu.af), [501520180025@ogu.edu.tr](mailto:501520180025@ogu.edu.tr)

## Objectives

In this study, hydrogels based on 2-(dimethylamino)ethyl methacrylate (DMA) and acrylic acid (AA) were prepared by the addition of PDEA microgel and their characterization were carried out by using various techniques.

## Introduction

For the first time, the combination between the polymer and fluid hydrogels were begun in 1894 in the act of a colloidal gel based on inorganic salts. Hydrogels are three-dimensional hydrophobic polymers that are connected to create a polymer chain by cross-linker<sup>6</sup>. Hydrogels experienced verities of changes and were used in a plenitude of applications after 1970 for more than 45 years based on their characteristics<sup>4</sup>. In recent years, many researchers concerned about the highly-absorbent polymer for producing modern utilization, likely conducting metals, biomaterials, sensors, discharge elements, and wave-sensing substances<sup>5</sup>. Hydrogels are greatly resemble living tissues compared to other biomaterials sources because of their high water content, being very soft and elastic material. They are able to perform deliverance from the living organisms by responding to pH, temperature, changes in the organism. Because of their superior properties such as their targeting, they are designated as biomaterials of the 21<sup>st</sup> century as effective and reliable substances in the transportation of active cores. The factors that affected polymerization incorporated heat<sup>2</sup>, pH<sup>1,9</sup>, ionic strength, light<sup>7,8,10</sup>, pressure<sup>6</sup> and concentration of monomer in the solution. By utilizing environment-stimuli factors, properties for instance drug delivery systems, biodegradability and also gelling can be managed. P(DMA/AA) was studied in order to control drug release and other applications by hydrogel systems<sup>3</sup>.

In the present work, P(DMA/AA) hydrogels with different ratio of monomers were prepared by the free radical polymerization method. The hydrogels consist of PDMA chains which have a basic nature originated from amine groups and PAA chains in acidic structure. Moreover, the observation of swelling-shrinkage

behavior of these and PDEA/AuNP-PDEA microgel containing hydrogels were carried out.

## EXPERIMENTAL

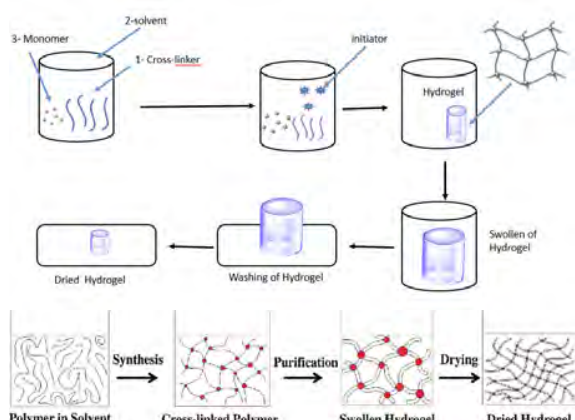
### Chemical Materials

2-(Dimethylamino)ethyl methacrylate (DMA) and 2-(diethylamino)ethyl methacrylate (DEA) are used as monomers were passed through basic alumina (Merck) colon and cleared of inhibitors and impurities before use. AA, N,N'-methylene bis(acrylamide), ammonium persulfate (APS) (Merck), DL- camphor quinine, ethyl alcohol (Merck) were used in the synthesis of P(DMA/AA) hydrogel and PDEA microgel.

### Method

P(DMA/AA) hydrogels were prepared separately with AA and DMA monomers using APS free radical initiator and MBA cross-linker by free radical polymerization. PDEA microgel was synthesized by using DL-camphor quinine initiator, diblock polymer stabilizer (DMA<sub>68</sub>-DEA<sub>29</sub>, M<sub>n</sub> = 24670 g/mol and PDI= 1.86) and MBA cross-linker under light by emulsion polymerization method. PDEA microgel containing P(DMA/AA) hydrogels were prepared by using APS radical initiator and MBA cross-linker by free radical polymerization as well.

**P(DMA<sub>0.7</sub>/AA<sub>0.3</sub>) hydrogel synthesis:** Both DMA and AA components were used in preparation of P(DMA<sub>0.7</sub>/AA<sub>0.3</sub>) hydrogel by using different amounts of cross-linker (MBA). First, 0.95 ml of AA and 2 ml of DMA monomers were mixed in the appropriate volume glass bottle, in the second step 1.5 ml of distilled H<sub>2</sub>O and MBA (for RM81, RM87, and RM93 the amount of MBA respectively: 10, 5 and 1 mg) were dissolved and added to the monomers. Finally, 0.018 g of APS, 1% moles of monomers, was dissolved in 0.5 ml of distilled water for each of the experiments and added to the prepared mixture. The mixtures were left in a water bath at a temperature of 60 °C for 15 minutes. Moreover, 1.5 ml of ethanol were added after mixing of monomer and other steps were carried out as the same for synthesis of P(DMA<sub>0.7</sub>/AA<sub>0.3</sub>) in water environment (see Table 1).



**Figure 1.** Hydrogel production, swelling, washing, and drying process

**Table 1.** Preparation of P(DMA/AA) hydrogels in water-ethanol environment at 60 °C, 18 mg APS.

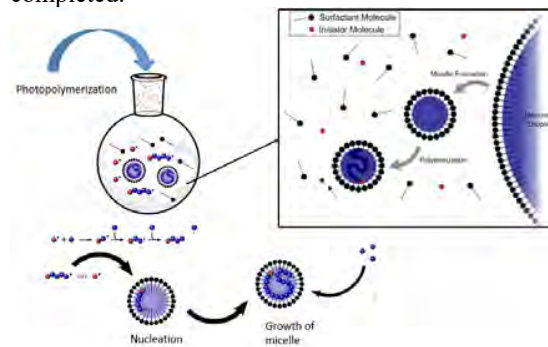
Experiment Code	MBA (mg)	Ethano l (mL)
RM85 P(DMA <sub>0.75</sub> /AA <sub>0.25</sub> )	10	-
RM81 P(DMA <sub>0.7</sub> /AA <sub>0.3</sub> )		
RM83 P(DMA <sub>0.25</sub> /AA <sub>0.75</sub> )		
RM86 P(DMA <sub>0.75</sub> /AA <sub>0.25</sub> )	10	1.5
RM82 P(DMA <sub>0.7</sub> /AA <sub>0.3</sub> )		
RM84 P(DMA <sub>0.25</sub> /AA <sub>0.75</sub> )		
RM91 P(DMA <sub>0.75</sub> /AA <sub>0.25</sub> )	5	-
RM87 P(DMA <sub>0.7</sub> /AA <sub>0.3</sub> )		
RM89 P(DMA <sub>0.25</sub> /AA <sub>0.75</sub> )		
RM92 P(DMA <sub>0.75</sub> /AA <sub>0.25</sub> )	5	1.5
RM88 P(DMA <sub>0.7</sub> /AA <sub>0.3</sub> )		
RM90 P(DMA <sub>0.25</sub> /AA <sub>0.75</sub> )		
RM97 P(DMA <sub>0.75</sub> /AA <sub>0.25</sub> )	1	-
RM93 P(DMA <sub>0.7</sub> /AA <sub>0.3</sub> )		
RM95 P(DMA <sub>0.25</sub> /AA <sub>0.75</sub> )		
RM98 P(DMA <sub>0.75</sub> /AA <sub>0.25</sub> )	1	1.5
RM94 P(DMA <sub>0.7</sub> /AA <sub>0.3</sub> )		
RM96 P(DMA <sub>0.25</sub> /AA <sub>0.75</sub> )		

**P(DMA<sub>0.75</sub>/AA<sub>0.25</sub>) hydrogel preparation:** Different amounts of cross-linker (MBA) have been used in order to prepare P(DMA<sub>0.75</sub>/AA<sub>0.25</sub>) hydrogels. First, 2.4 ml of AA and 2 ml of DMA monomers were mixed, then MBA (for RM85, RM91, and RM97 the amount of MBA respectively: 10 mg, 5 mg and 1 mg) were dissolved in 1.5 mL water and added to the monomers. Finally, 0.09 g of APS, based on 1 mol% of monomers, was dissolved in 2.5ml of distilled water for each of the experiments 0.5 ml added to start the gelling process. The mixtures were left in a water bath at a temperature of 60 °C for 15 minutes. For the synthesis of P(DMA<sub>0.25</sub>/AA<sub>0.75</sub>) hydrogels by the addition of ethanol, 1.5 ml of ethanol were added after mixing of monomer and other steps were done the same with the

synthesis of P(DMA<sub>0.25</sub>/AA<sub>0.75</sub>) hydrogel in water environment.

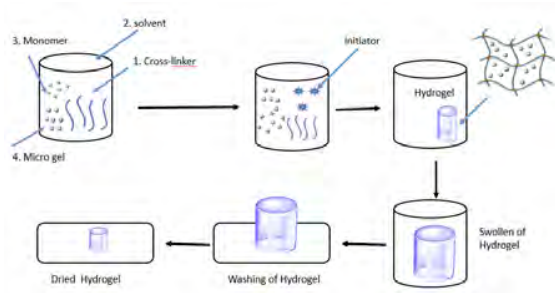
**P(DMA<sub>0.25</sub>/AA<sub>0.75</sub>) hydrogel preparation:** In order to prepare P(DMA<sub>0.75</sub>/AA<sub>0.25</sub>) hydrogels, different amounts of cross-linker (MBA) have been used as given in Table 1, as the same method with , 3.4 ml of AA and 2 ml of DMA.

**Synthesis of P(DEA) microgel:** Synthesis of PDEA microgel via emulsion polymerization were carried out in a 100 ml round bottomed-flask, fitted with N<sub>2</sub> gas inlet and a magnetic stirrer operation at 500 rpm. 50 mg of PDMA<sub>68-b</sub>-PDEA<sub>29</sub> (M<sub>n</sub> = 25000 g/mol and PDI= 1.86) were dissolved in 45 ml of deionized water and stirred under N<sub>2</sub> gas for 30 minutes then 1.25 ml of DEA was added to the solution and stirred approximately for 20 minutes. In a 10 ml empty bottle, 0.01 g of MBA (1 mol % of monomer ) were dissolved in 5 ml of deionized water and added to the round bottomed-flask which were keep mixing for 10 minutes. 0.01 g of DL-camphor quinone were dissolved in 5 ml of ethanol and added to the reaction solution. The reaction started under the light for 3 hours and polymerization process got completed.



**Figure 2.** Photo-initiated emulsion polymerization of DEA

**Preparation of PDEA microgel loaded P(DMA/AA) hydrogel:** P(DMA<sub>0.7</sub>/AA<sub>0.3</sub>), P(DMA<sub>0.25</sub>/AA<sub>0.75</sub>) and P(DMA<sub>0.75</sub>/AA<sub>0.25</sub>) hydrogels containing PDEA microgels were prepared using APS initiator and MBA cross-linker by free radical polymerization in water and water/ethanol environment. First of all, MBA was dissolved in ethanol-water, secondly, the DMA and AA were added to the MBA solution, thirdly the loading of microgel to hydrogel system, and finally APS was dissolved in 0.5 ml of water and added to the solution. The pH of the final mixture was measured around 6.5. The mixture inside the tubes was left in a hot water bath at 60 °C for about 15 minutes to complete gelling. When gelling was observed, the tubes were taken from the water bath and the gels were removed from the tubes.

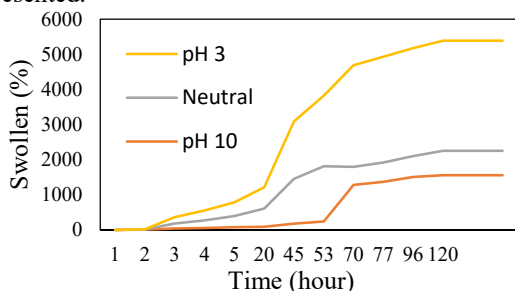


**Figure 3.** Microgel loaded hydrogel production and swelling, washing, and drying process

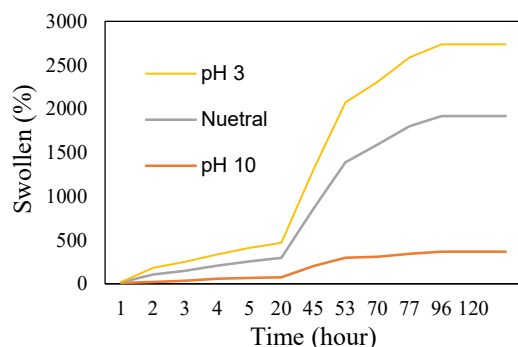
### EXPERIMENTAL RESULTS / DISCUSSION

**Characterization of Hydrogels:** Characterization of hydrogel was performed based on its physical properties such as softness/hardness, flexibility, split, stability, swelling of hydrogels in acid/base, and distilled water.

By increasing the degree of cross-linking the flexibility and softness of the P(DMA/AA) decreases, on the contrary by decreasing the degree of MBA the hydrogels are getting soft and flexible at room temperature. Besides that, in the ethanol environment in contrast to water media, a high percentage of swelling represented.

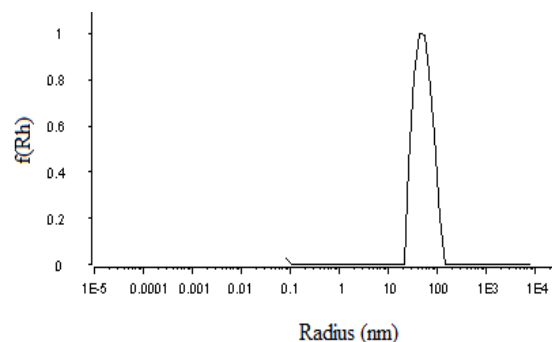


**Figure 4.** Swelling of P(DMA<sub>0.3</sub>-AA<sub>0.7</sub>) hydrogel (RM88) in water with different pH



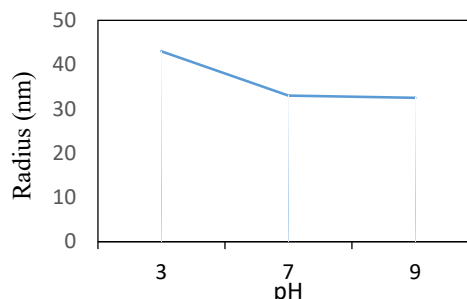
**Figure 5.** Swelling of microgel loaded P(DMA<sub>0.3</sub>-AA<sub>0.7</sub>) hydrogel (RM102) in water with different pH

**Characterization of PDEA microgel:** According to the dimensional analysis of PDEA microgel and DLS for size distribution analysis results, the hydrodynamic radius of the microgel was recorded as 51 nm in aqueous dispersion and the PDI value with particle distribution was recorded as 0.07. The swollen of microgel in acid, based and neutral is acid > neutral > based respectively.

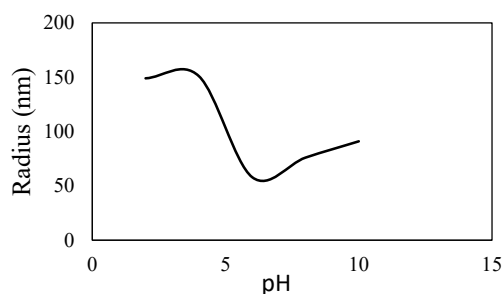


**Figure 5.** Hydrodynamic radius distribution of PDEA microgel (DLS) 24 °C, pH 7.0

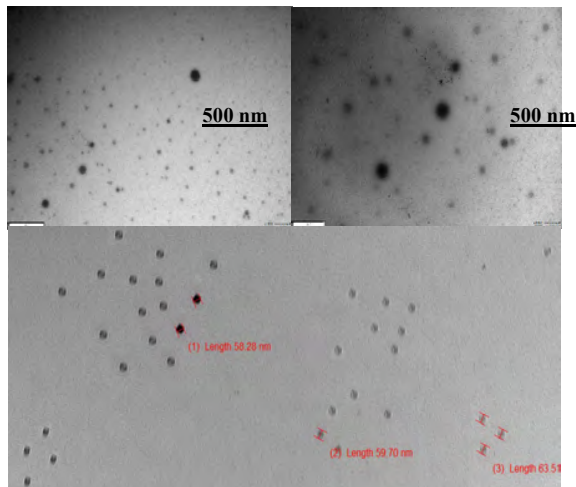
**pH studies of microgel:** Hydrodynamic radius changes of PDEA microgels at pH=3, neutral, and pH=9 were determined by DLS measurements. It was observed that pH increase causes a decrease on the size of microgel due to deprotonation of tertiary amine residues of PDA as expected (see Figure 7).



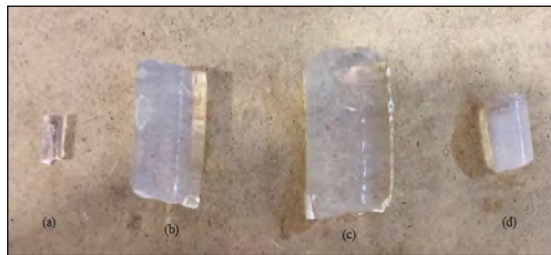
**Figure 7.** pH sensitivity study of PDEA microgel by DLS



**Figure 8.** pH sensitivity study of PDEA microgel with DLS in AA environment

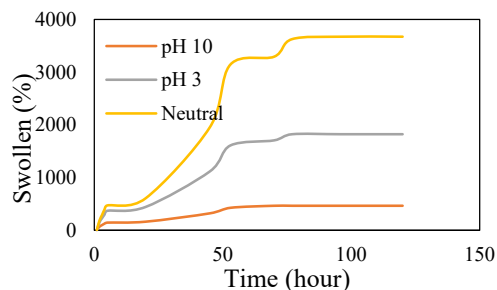


**Figure 9.** TEM images of PDEA microgel (30 kV)

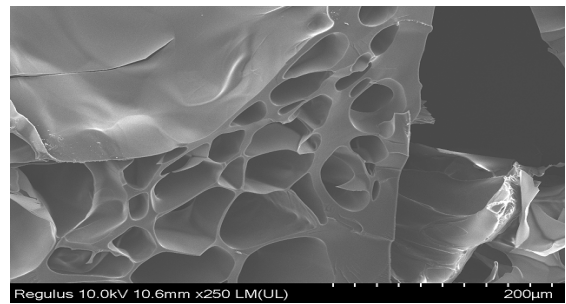


**Figure 10.** PDEA microgel inside P(DMA<sub>0.3</sub>/AA<sub>0.7</sub>) hydrogel (RM101): (a) dry state, (b), (c), (d) swollen hydrogel respectively at pH 3, Neutral and pH 10

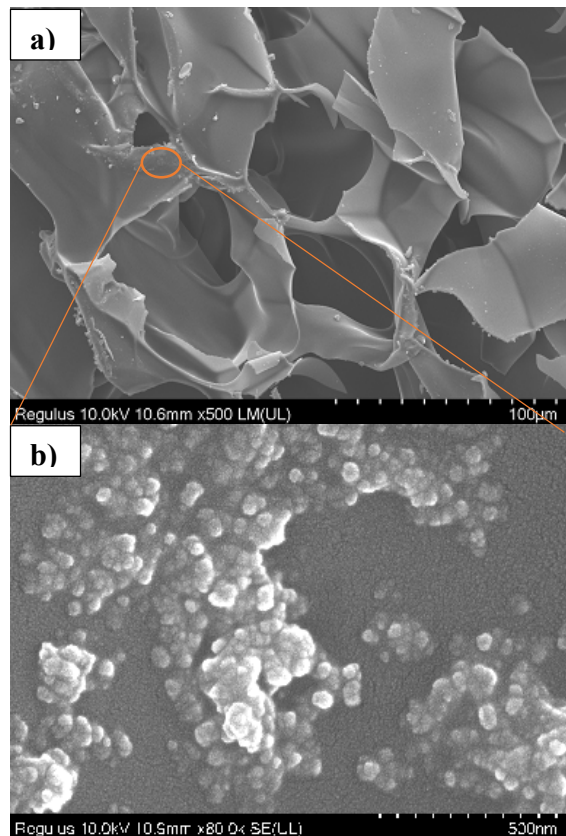
**Preparation of PDEA microgel doped P(DMA/AA) Hydrogel:** When microgel is added to a hydrogel, it is expected to cause significant changes in some chemical and physical properties of the hydrogel, such as swelling, flexibility, softness-hardness and stability. For this purpose, the synthesis of PDEA microgel doped P(DMA/AA) hydrogel was successfully carried out by simply adding the PDEA microgel to the medium before gel formation.



**Figure 11.** Swelling of PDEA microgel containing P(DMA<sub>0.3</sub>/AA<sub>0.7</sub>) hydrogel (RM101) at different pHs



**Figure 12.** SEM image of P(DMA<sub>0.3</sub>/AA<sub>0.7</sub>) hydrogel



**Figure 13.** SEM images a) P(DMA<sub>0.3</sub>/AA<sub>0.7</sub>) hydrogel, b) PDEA microparticles in hydrogel sample

## OVERALL RESULTS

We report successful synthesis of both PDE microgel and PDEA-P(DMA/AA) hybrid hydrogel system having pH responsive nature. Characterizations of microgels were carried out with DLS and SEM techniques. The hydrogel system was also characterized with SEM studies. The pH and temperature responses of PDEA microgel were also studied with DLS. Swelling and deswelling behaviors of hydrogels were investigated depending on pH change.



## **FUTURE PLAN**

P(DMA<sub>x</sub>/AA<sub>y</sub>) hydrogels and their combined form with PDEA microgels shows that swelling rates of hydrogels were higher in the ethanol-water media in contrast to water media. Additionally, the P(DMA<sub>0.7</sub>/AA<sub>0.3</sub>) was selected as a great sample for future studies especially for both locating PDEA microgels hosting metal nanoparticles with a diameter of around 3-5 nm (e.g. AuNPs), that can be effective in drug releasing processes of drug loaded hydrogel system.

## **REFERENCES**

Aybala U, Ramazan A, Hydrogels in Various Biomedical Applications,1845

Bahram M, Mohseni N, Moghtader. M, 2016, An Introduction to Hydrogels and Some Recent Application.

Betül Ş, 2012, Controlled Drug Releasing Systems and Application Studies

Dusek K, 1993, Responsive Gels: Volume Transitions I (Advances in Polymer Science), Volume 109, Springer-Verlag, USA, ISBN: 3-540-56791.

Enas MA, 2012 “An innovative method for preparation of Nano metal hydroxide superabsorbent hydrogel”

Jawaid M, 2017, Nanohydrogel: History, Development, and application in Drug Delivery, <https://doi.org/10.1002/9783527803835.ch11>.

Huang Y, Jin X, Liu H, Hu Y, A molecular thermodynamic model for the swelling of thermo-sensitive hydrogels, Fluid Phase Equilibria, Volume 263, Issue 1, 2008, Pages 96-101, ISSN 0378-3812,

Khan S, Ullah A, Ullah K, Rehman N, Rehman N , 2016, Insight into hydrogels

Rana P, Ganarajan G, Kothiyal P, Review on Preparation and Properties Hydrogel Formulation. *World J Pharm Pharm Sci.* 2015;4(12):1069-1087.

Wei HL, Yang Z, Chen Y, Chu HJ, Zhu J, Li ZJ, “Characterisation of N-Vinyl-2-Pyrrolidone-Based Hydrogels Prepared by a Diels-Alder Click Reaction in Water,” *European Polymer Journal* 46, no. 5 (2010): 1032–39

# Physical investigation of polyester hernia mesh with different construction

AYDIN, Samet<sup>1</sup>, ONUKTAV, Ozan<sup>2</sup>, KADER, Melike Oya<sup>2</sup>, YOZGATLI, Elif Pınar<sup>2</sup>,  
BOYACI, Bekir<sup>2</sup>

<sup>1</sup>TDU Savunma Sistemleri A.Ş.

<sup>2</sup>Sun Tekstil San. ve Tic. A.Ş.

[samet.aydin@tdusavunma.com.tr](mailto:samet.aydin@tdusavunma.com.tr)

## PURPOSE

This work aims to develop PES synthetic meshes for hernia repair. Although PP is considered to be a superior raw material, an optimum structure will be offered using PES as a cost sensitive, accessible option under extreme conditions like pandemic.

## INTRODUCTION

Hernia; a structural deformation resultant from abdominal wall deformity or damage; induces tissue change and causes pain, movement restriction and significant decrease in life quality. Sanbhal et al.<sup>1</sup> stated that supporting damaged or weakened tissue with surgical meshes is the most common treatment technique for hernia repair and more than twenty million meshes are implanted each year globally.

Surgical meshes can have different physical properties such as weight, pore shape and pore size. Pierrat et al.<sup>2</sup>, stated that warp knitted surgical meshes are highly conformable and porous due to their constructions. It was emphasized that the mechanical behavior and strength of these structures depend on the fiber diameter, material composition, production process, knitting patterns, shapes, sizes and the forces they are exposed to.

Baylon et al.<sup>3</sup> explained that hernia meshes can be produced in monofilament or multifilament yarns. Although, meshes made of monofilaments have high biocompatibility, their flexibility is limited due to their stiffness. The ones formed with multifilament yarns are more flexible and soft but they might cause bacteria formation due to spaces between filaments.

According to Sanbhal's<sup>1</sup>, Shokrollahi's<sup>4</sup> and Lison's<sup>5</sup> researches, most commonly used polymers for hernia repair were polyester (PES), polypropylene (PP) and polytetrafluoroethylene (PTFE) and it was emphasized that the most used polymer is PP as it is non-toxic, biocompatible and very difficult to contaminate during procedure.

Köksal<sup>6</sup> et al. pointed out that PP meshes remain in the body after surgery or must be surgically removed if needed since PP is non-absorbable. Patel<sup>7</sup> declared that another advantage of them is that they can deteriorate under very high mechanical stress and extreme temperatures that is not applicable to human body. Dubai<sup>8</sup> and Agarbali<sup>9</sup> reported that, lightweight PP meshes are preferred due to their low inflammatory effect after surgery, high biocompatibility and high comfort properties but they sometimes have stiffness problems in-body applications. This can be solved by using softer modified polymers or applying different heat treatments.

PES is a commonly used polymer in hernia mesh development thanks to its properties such as; low cohesion with abdominal wall, low shrinkage, low compressibility and easy placement. However, PES meshes made of multifilament yarns might increase postoperative infections. Raptis et al.<sup>10</sup> stated that, they should not directly applied to abdominal wall without a mid-layer that will prevent sticking. Yilmaz et al.<sup>11</sup> reported that, 100% PES warp knitted mesh structures are not preferred as much as PP meshes due to their insufficient biocompatibility and because of that they are commonly used in composite structures.

According to literature, PES is the closest alternative to PP for hernia mesh production. This study aims to develop an optimum PES mesh structure in terms of weight and pore in order to eliminate the disadvantages above.

## EXPERIMENTAL

### Material

In this study two different (300 denier, 72 filament and 100 denier, 48 filament) polyester multifilament

- 
- AYDIN, Samet (<https://orcid.org/0000-0002-9498-6215>)
  - ONUKTAV, Ozan (<https://orcid.org/0000-0002-5239-107X>)
  - KADER, Melike Oya (<https://orcid.org/0000-0001-5616-5806>)
  - YOZGATLI, Elif Pınar (<https://orcid.org/0000-0003-3835-5678>)
  - BOYACI, Bekir (<https://orcid.org/0000-0003-4557-0990>)

yarn was knitted using a Raschel warp-knitting machine with 20 gauge.

### Method

Three different meshes were produced with hexagonal, diamond and square pores. Square shaped mesh (M21) fabricated with weft insertion in order to reduce pore size. Weight, pore size, course density and air permeability of meshes were evaluated.

### EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSIONS

In order to see the effect of yarn count on fabric properties, M13 and M21 samples were produced with 300 denier yarn and other samples with 100 denier yarn. Weight results were indicated that fabrics knitted with thicker yarn (M13, M21) are heavier (Table 1). According to Coda et al.<sup>12</sup> these meshes can be classified as heavy weight mesh in terms of their weights. On the other hand, fabrics knitted with finer yarn (M31, M34, M35, M38) provided higher air permeability due to their large pores and low weight (Table 1). Also these meshes can be classified as standard weight mesh.

Table 1. Mesh properties

Sample (Pore Shape)	Pore Area (mm <sup>2</sup> )	Pore Width (mm)	Course Density (loop/cm)	Weight (g/m <sup>2</sup> )	Air Permeability (mm/s)	Bursting Strength (kPa)
M13 (Hexagonal)	3,94	2,02	8,29	220	5877,16	>691,1
M21 (Square)	2,58	1,38	9,17	254	3566,36	>691,4
M31 (Hexagonal)	3,68	2,12	16,4	80	8775,01	656,9
M34 (Hexagonal)	4,33	2,35	14,02	71	9191,31	640,5
M35 (Diamond)	5,02	2,64	12,3	68	9523,63	563,1
M38 (Diamond)	4,48	2,39	14,66	71	9418,35	584,3

- AYDIN, Samet (<https://orcid.org/0000-0002-9498-6215>)
- ONUKTAV, Ozan (<https://orcid.org/0000-0002-5239-107X>)
- KADER, Melike Oya (<https://orcid.org/0000-0001-5616-5806>)
- YOZGATLI, Elif Pınar (<https://orcid.org/0000-0003-3835-5678>)
- BOYACI, Bekir (<https://orcid.org/0000-0003-4557-0990>)

Goodings<sup>13</sup>; Yoon and Buckley<sup>14</sup> stated that, the air permeability of fabrics is directly affected by thickness and number of pores per unit area so, high air permeability means high porosity. Figure 1 shows that there is a relationship between air permeability and pore area. Produced meshes except M21 can be classified as very large porous according to their pore sizes which is crucial to prevent formation of granuloma according to Lake et al.<sup>15</sup>. Since the yarn used in M13 and M21 samples is thicker, course densities are lower compared to finer yarn used fabrics. When fabrics with same yarn count are compared, it is obvious that there is a relationship between course density and fabric weights (Figure 2).

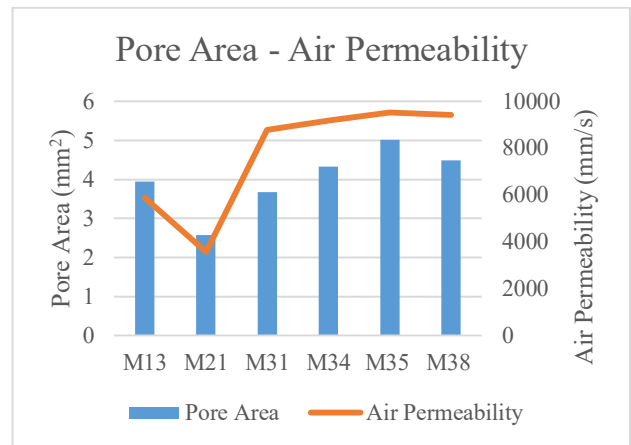


Figure 1. Relationship between pore area and air permeability.

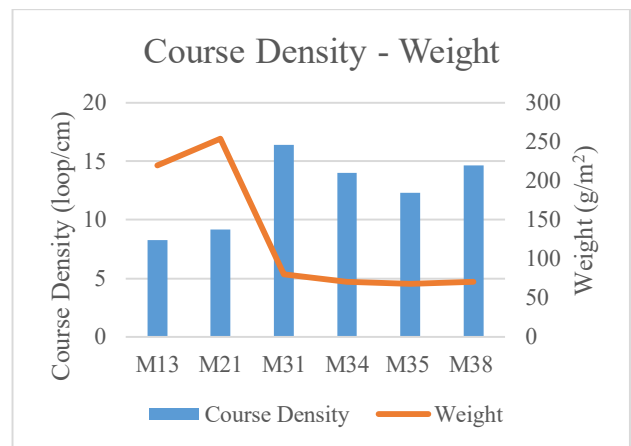


Figure 2. Relationship between weight and course density

It was observed that, M13 and M21 fabrics did not explode in bursting strength tests while other fabrics burst at the specified values (Table 1.) Baylon et al.,<sup>3</sup>

reported that the pressure exerted by abdominal wall in an adult human was 180 mmHg (approximately 24 kPa). Bursting strengths of produced meshes showed that all of them provide enough strength for abdominal repair. In addition, it has been observed that bursting strength is strongly affected by the fabric weight (Figure 3.)

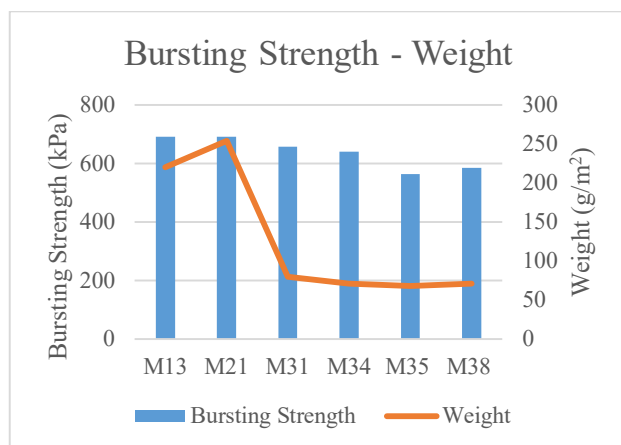


Figure 3. Relationship between bursting strength and weight.

## CONCLUSIONS

Synthetic meshes with different constructions were developed and investigated in terms of their weight, pore shape, pore size and air permeability within the scope of this research. Considering the results, it can be concluded that;

- Fabrics produced by finer yarns reached target weight and pore size
- Change in pore shape does not have a significant change in mesh pore size if other parameters such as yarn, weight and course density is constant
- Course density is directly proportional to weight

- 
- AYDIN, Samet (<https://orcid.org/0000-0002-9498-6215>)
  - ONUKTAV, Ozan (<https://orcid.org/0000-0002-5239-107X>)
  - KADER, Melike Oya (<https://orcid.org/0000-0001-5616-5806>)
  - YOZGATLI, Elif Pinar (<https://orcid.org/0000-0003-3835-5678>)
  - BOYACI, Bekir (<https://orcid.org/0000-0003-4557-0990>)

- Polyester meshes made of multifilament yarns might increase postoperative infections (Raptis et al.,<sup>10</sup>) so they are commonly used in composite mesh structures (Yilmaz et al.,<sup>11</sup>, Kingsnorth et al.,<sup>16</sup>). It has been concluded that structures developed in this research have enough properties for using with biocompatible materials.

## SUGGESTION FOR FURTHER WORK

This work can be multiplexed using PP yarns in order to achieve better postoperative comfort. Also, synthetic meshes developed can be used for composite mesh development as non-absorbable component. This prospective is studied within PARITEX Project.

## ACKNOWLEDGEMENTS/SOURCES OF FUNDING

This work was supported by TUBITAK and MANUNET via PARITEX Project under Grant Number 9180050. The authors offered their gratitude for their supports.

## LITERATURE

Agarwal BB, Agarwal KA, Sahu T, Mahajan KC. 2010. Traditional Polypropylene and Lightweight Meshes in Totally Extraperitoneal Inguinal Herniorrhaphy. *International Journal of Surgery*, 8, pp. 44–47.

Baylon K, Rodríguez-Camarillo P, Elías-Zúñiga A, Díaz-Elizondo J, Gilkerson R, Lozano K. 2017. Past, Present and Future of Surgical Meshes: A Review. *Membranes*, 7,47.

Coda A, Lamberti R, Martorana S. 2012. Classification of Prosthetics Used in Hernia Repair Based on Weight and biomaterial Hernia, 16, 9–20.

DuBay DA, Wang X, Adamson B, Kuzon WM Jr, Dennis RG, Franz MG. 2006. Mesh Incisional Herniorrhaphy Increases Abdominal Wall Elastic Properties: A Mechanism for Decreased Hernia Recurrences in Comparison With Suture Repair. *Surgery*, 140(1), pp. 14-24.

Goodings, A. C. 1964. Air Flow through Textile Fabrics, *Textile Research Journal*, 34(8), 713-724

Kingsnorth A, Gingell-Littlejohn M, Nienhuijs S, Schüle S, Appel P, Ziprin P, Eklund A, Miserez M, Smeds Z. 2012. Randomized Controlled Multicenter International Clinical Trial of Self-Gripping Parietex™ Progrid™ Polyester Mesh versus

Lightweight Polypropylene Mesh In Open Inguinal Hernia Repair: Interim Results at 3 Months. *Hernia* 16, pp. 287–294.

Köksal H, Erol T, Yorgancı H. 2020. Folding, Shrinkage and Infection Relation at Polypropylene Mesh Placed on the Rat Abdominal Wall. *Gazi Medical Journal*, 31(1A).

Lake SP, Ray S, Zihni AM, Thompson DM Jr, Gluckstein J, Deeken CR. 2015. Pore Size and Pore Shape-but not Mesh Density-Alter the Mechanical Strength of Tissue Ingrowth and Host Tissue Response to Synthetic Mesh Materials in a Porcine Model of Ventral Hernia Repair. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 42, pp. 186-197.

Lison J, Basiaga M, Paszenda Z, Nakonieczny D, Walke W, Antonowicz M. 2021. Evaluation of Mechanical Properties of Hernia Surgical Mesh Implants. *Innovations in Biomedical Engineering. AAB 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1223. Springer, Cham.

Patel H, Ostergard DR, Sternschuss G. 2012. Polypropylene Mesh and the Host Response. *International Urogynecology Journal*, 23, pp. 669–679

Pierrat B, Nováček V, Avril S, Turquier F. 2021. Mechanical Characterization and Modeling of Knitted Textile Implants with Permanent Set. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 114:104210.

Raptis DA, Vichova B, Breza J, Skipworth J, Barker S. 2011. A Comparison of Woven versus Nonwoven Polypropylene (PP) and Expanded versus Condensed Polytetrafluoroethylene (PTFE) on their Intraperitoneal Incorporation and Adhesion Formation. *Journal of Surgical Research*, 169, pp. 1–6.

Sanbhal N, Miao L, Xu R, Khatri A, Wang L. 2018. Physical Structure and Mechanical Properties of Knitted Hernia Mesh Materials: A Review. *Journal of Industrial Textiles*, 48(1), pp. 333-360.

Shokrollahi M, Bahrami SH, Nazarpak MH, Solouk A. 2020. Biomimetic Double-sided Polypropylene Mesh Modified by DOPA and Ofloxacin Loaded Carboxyethyl Chitosan/Polyvinyl Alcohol-polycaprolactone Nanofibers for Potential Hernia Repair Applications. *Int J Biol Macromol. International Journal of Biological Macromolecules* 15;165(Pt A), pp. 902-917.

Yılmaz A, Yener O, Kaynak B, Yiğitbaşı R, Demir M, Burcu B, Aksoy F. 2013. Self-gripping Covidien™ ProGrip™ Mesh versus Polypropylene Mesh in Open Inguinal Hernia Repair: Multicenter Short Term Results. *Prague Medical Report*, Vol. 114, No. 4, pp. 231–238.

Yoon, H. N., Buckley, A. 1984. Improved Comfort Polyester: Part I: Transport Properties and Thermal Comfort of Polyester/Cotton Blend Fabrics, *Textile Research Journal*, 54(5), 289-298.

- 
- AYDIN, Samet (<https://orcid.org/0000-0002-9498-6215>)
  - ONUKTAV, Ozan (<https://orcid.org/0000-0002-5239-107X>)
  - KADER, Melike Oya (<https://orcid.org/0000-0001-5616-5806>)
  - YOZGATLI, Elif Pınar (<https://orcid.org/0000-0003-3835-5678>)
  - BOYACI, Bekir (<https://orcid.org/0000-0003-4557-0990>)

# Hidroksiapatit Tozu (HAp) Katkılı Polilaktik-asit Filamentler ile 3 Boyutlu (3B) Yazıcıda Üretilen Kompozit Malzemelerin Mekanik ve Morfolojik Özelliklerinin İncelenmesi

YERLİ Hatice Kübra<sup>1</sup>, ÇAVA Kutay<sup>1</sup>, ASLAN Mustafa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Trabzon

[yerli.h.k@gmail.com](mailto:yerli.h.k@gmail.com)

## AMAÇLAR

Kemik doku mühendisliğinde sentetik kemik üretimin için son zamanlarda yaygın olarak incelenen ve araştırılan hidroksiapatit (HA) - polilaktik asit (PLA) bileşenlerden oluşan kompozit malzemenin morfolojik ve mekanik özelliklerinin incelenmesi.

## KAYNAKLAR

- [1] Talal, A., McKay, I., Tanner, K., Hughes, F.J. 2013. "Effects of hydroxyapatite and PDGF concentrations on osteoblast growth in a nanohydroxyapatite-polylactic acid composite for guided tissue regeneration" Journal of Materials Science: Materials in Medicine, 24(9) 2211-2221.
- [2] Esposito C.C., Gervaso F., Scalera F., Montagna F., Maiullaro T., Maffezzoli S.A., 2017. "3D printing of hydroxyapatite polymer-based composites for bone tissue engineering" J. Polym. Eng., 37:741-746.
- [3] Youssef, A., Hollister, S.J. and Dalton, P.D., 2017. "Additive manufacturing of polymer melts for implantable medical devices and scaffolds" Biofabrication, 9-1.
- [4] Wu, D., Spanou A., Diez-Escudero , A., Persson C. 2020. "3D-printed PLA/HA composite structures as synthetic trabecular bone: A feasibility study using fused deposition modeling" Journal of the mechanical behavior of biomedical materials, 103:

# Developing and Characterization of Non-woven Surfaces for Wound Healing Applications

PARIN, Fatma Nur<sup>1\*</sup>, YILDIRIM, Kenan<sup>1\*</sup>, TANER, Gökçe<sup>2</sup>, KILDALI, Elife<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bursa Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Fiber and Polymer Engineering, Bursa, Turkey

<sup>2</sup>Bursa Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Bioengineering, Bursa, Turkey

*nur.parin@btu.edu.tr & kenan.yildirim@btu.edu.tr*

## PURPOSE

The aim of the study was to develop novel wound dressing materials based on non-woven surfaces with electrospaying (e-spraying) of folic acid (FA), (vitamin B<sub>9</sub>) and characterize structural properties of surfaces were investigated using Scanning Electron Microscopy and (SEM) Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy. Hydrophilicity of the FA-loaded surfaces were measured and compared with the contact angle instrument. Porosity values determined by pycnometer. *In-vitro* release was carried out by UV-Vis in vitro study within the 8 hour-period phosphate buffer saline (pH 7.2). Biocompatibility of all resulting NW surfaces was assessed by 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide (MTT) and neutral red uptake (NRU) cytotoxicity tests in L929 cell lines.

## ORCID NUMBERS:

- PARIN, Fatma Nur (0000-0003-2048-2951)
- YILDIRIM, Kenan (0000-0002-1640-6035)
- TANER, Gökçe (0000-0002-0290-1166)
- KILDALI, Elife(0000-0003-0483-4363)

## REFERENCES

- Abouzekry, Sara & Abdellatif, Ahmed & Azzazy, Hassan. (2020). Fabrication of Pomegranate/Honey Nanofibers for Use as Antibacterial Wound Dressings. *Wound Medicine*. 28. 100181. 10.1016/j.wndm.2020.100181.
- Alehosseini, A., Ghorani, B., Sarabi-Jamab, M., Tucker, N. 2017. "Principles of electrospaying: A new approach in protection of bioactive compounds in foods", *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(14), 2346-2363.
- Alma, M. H., Yazıcı, M., Yıldırım, B., Salan, T., Tiyek, İ. 2017. "Spunbond Dokusuz Tekstil Yüzeyi Üzerine Elektro Çekim Yöntemi ile Nano Boyutta Grafen Kaplanması ve Karakterizasyonu", *Tekstil ve Mühendis*, 24(108), 243-253.
- Ammar, H.O., Ghorab, M.M., Mostafa, D. M., Ibrahim, E. S. 2016. "Folic acid loaded lipid nanocarriers with promoted skin antiaging and antioxidant efficacy", *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 31, 72-82.
- Arslan, A., Şimşek, M., Aldemir, S. D., Kazaroğlu, N. M., & Gümüşderelioğlu, M. (2014). Honey-based PET or PET/chitosan fibrous wound dressings: effect of honey on electrospinning process. *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition*, 25(10), 999-1012.
- Bayat, Samaneh & Amiri, Nafise & Pishavar, Elham & Kalalinia, Fatemeh & Movaffagh, Jebraeel & Hahsemi, Maryam. (2019). Bromelain-loaded chitosan nanofibers prepared by electrospinning method for burn wound healing in animal models. *Life Sciences*. 229. 10.1016/j.lfs.2019.05.028.
- Berendjchi, A., Ali, R., Yousefi, A., Yazdanshenas, M.E. 2016. "Surface characteristics of coated polyester fabric with reduced graphene oxide and polypyrrole", *Applied Surface Science*, 367, 36-42.
- Bock, N., Dargaville T. R., Woodruff, M.A. 2012. "Electrospaying of polymers with therapeutic molecules: State of the art", *Progress in Polymer Science*, 37, 1510-1551.

- Charernsriwilaiwat, N., Opanasopit, P., Rojanarata, T., & Ngawhirunpat, T. (2012). Lysozyme-loaded, electrospun chitosan-based nanofiber mats for wound healing. *International journal of pharmaceutics*, 427(2), 379–384. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2012.02.010>
- Delaviz, Y., Santerre, J. P., Cvitkovitch, D. G. 2015. Infection resistant biomaterials, *Biomaterials and Medical Device-associated Infections*, 11, 223-254.
- Duman, N., Duman, R., Tosun, M., Akıcı M., Göksel, E., Gökçe, B., Alagöz, O. 2018. "Topical folic acid enhances wound healing in rat model", *Advances in Medical Sciences*, 63(2),347-352.
- Ekabutr, P., Chuysinuan, P., Suksamrarn, S., Sukhumsirichart, W., Hongmanee P., Supaphol, P. 2019. "Development of antituberculosis melt-blown polypropylene filters coated with mangosteen extracts for medical face mask applications", *Polymer Bulletin* 76, 1985-2004.
- He, L., Zhao, Y., Tian, L., Ramakrishna, S. 2017. *Nanobiomaterials: Classification, Fabrication and Biomedical Applications*. I., Wang, M. Ramalingam, X. Kong, L. Zhao (Eds.), *Electrospraying and Electrospinning for Nanobiomaterial Fabrication*, (1st ed., Vol. 6, pp.143-163). New York : Wiley-VCH.
- Hu, M.S., Maan, Z.N., Wu, J.C., Rennert, R.C., Hong, W.X. 2014. "Tissue engineering and regenerative repair in wound healing", *Annals of Biomedical Engineering*, 42, 1494-1507.
- Jiao, Z., Wang, X., Yin, Y., Xia, J., Mei, Y. 2018. "Preparation and evaluation of a chitosan-coated antioxidant liposome containing vitamin C and folic acid", *Journal of Microencapsulation*, 35(3), 272-280.
- Jung, J. H., Lee, J. E., Bae, G. 2013. "Use of electrosprayed *Sophora flavescens* natural-product nanoparticles for antimicrobial air filtration", *Journal of Aerosol Science*, 57, 185-193.
- Kalalinia, Fatemeh & Taherzadeh, Zhila & Jirofti, Nafiseh & Amiri, Nafise & Foroghinia, Neda & Beheshti, Mona & Fazly Bazzaz, Bibi Sedigheh & Hashemi, Maryam & Shahroudi, Azadeh & Pishavar, Elham & Tabassi, Seyed & Movaffagh, Jebraeel. (2021). Evaluation of wound healing efficiency of vancomycin-loaded electrospun chitosan/poly ethylene oxide nanofibers in full thickness wound model of rat. *International Journal of Biological Macromolecules*. 177. 10.1016/j.ijbiomac.2021.01.209.
- Khan, S., Rahman, S. Z., Ahad, A. 2021. "Local drug delivery of folic acid promotes oral mucosal wound healing", *Journal of Dental Sciences*, 16(1), 532-533.
- Ma, Z. W., Kotaki, M., Yong, T., He, W., Ramakrishna, S. 2005. "Surface engineering of electrospun polyethylene terephthalate (PET) nanofibers towards development of a new material for blood vessel engineering". *Biomaterials*, 26, 2527-2536.
- Madhaiyan, K., Sridhar, R., Sundarrajan, S., Venugopal, J. R., Ramakrishna, S. 2013. "Vitamin B12 loaded polycaprolactone nanofibers: a novel transdermal route for the water soluble energy supplement delivery", *International Journal of Pharmaceutics*, 444(1-2), 70-76.
- Melo, P.S., de Medeiros Cavalcante, H.M., Barbosa-Filho, J.M., de Fátima Formiga Melo Diniz, M., de Medeiros, I.A., Haun, M. 2003. "Warifteine and milonine, alkaloids isolated from *Cissamppe lossympodialis* Eichl: cytotoxicity on rathepatocyte culture and in V79 cells". *Toxicology Letters*, 142 (1-2), 143-151.
- Merrell, J. G., McLaughlin, S. W., Tie, L., Laurencin, C. T., Chen, A. F., & Nair, L. S. (2009). Curcumin-loaded poly(epsilon-caprolactone) nanofibres: diabetic wound dressing with anti-oxidant and anti-inflammatory properties. *Clinical and experimental pharmacology & physiology*, 36(12), 1149–1156. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1681.2009.05216.x>
- Pagano, C., Perioli, L., Latterini, L., Nocchetti, M., Ceccarini, M. R., Marani, M., Ramella D., Ricci, M. 2019. "Folic acid-layered double hydroxides hybrids in skin formulations: Technological, photochemical and in vitro cytotoxicity on human keratinocytes and fibroblasts", *Applied Clay Science*, 168, 382-395.
- Pakdemirli, A., Toksöz, F., Karadağ A., Mısırlıoğlu, H. K., Başbınar, Y., Ellidokuz, H., Açıkgöz, O. 2019. "Role of mesenchymal stem cell-derived soluble factors and folic acid in wound healing", *Turk J Med Sci*, 49, 914-921.
- Parin, F.N., Aydemir İnci, Ç., Taner, G., Yıldırım, K. 2021. "Co-electrospun-electrosprayed PVA/folic acid nanofibers for transdermal drug delivery: Preparation, characterization, and in vitro cytocompatibility", *Journal of Industrial Textiles*, Doi: 10.1177/1528083721997185.
- Parin, F. N., Yıldırım, K. 2021. "Preparation and Characterization of Vitamin Loaded Electrospun Nanofibers as Promising Transdermal Patches", *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 29, 1(145): 17-25.



Sreedhara, S. S. and Tata, N. R. 2013. "A Novel Method for Measurement of Porosity in Nanofiber Mat using Pycnometer in Filtration", *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 8(4), 2013.

Weyermann, J., Lochmann, D., Zimmer, A. 2005. "A practicalnote on theuse of cytotoxicity assays". *International Journal of Pharmaceutics*, 288 (2), 369-376.

Xiao, X., Chen, F., Wei, Q., Wu, N. 2009. "Surface modification of polyester nonwoven fabrics by Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sol-gel coating", *Journal of Coatings Technology and Research*, 6(4), 537-541.

Zhao, M., Zhou, J., Chen, Y., Yuan, L., Yuan, M., Zhang, X., Hu, Y., Yu, H. 2018. "Folic Acid Promotes Wound Healing in Diabetic Mice by Suppression of Oxidative Stress", *J Nutr Sci Vitamin*, 64(1), 26-33.

# Fabric Masks for Community Use against COVID-19

ÜREYEN Mustafa Erdem<sup>1,2</sup>, ZARİF Nuran<sup>3</sup>, KAYNAK Elif<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup>Eskişehir Technical University, Textile and Fashion Design Dept., <sup>2</sup>Eskişehir Technical University Advanced Technologies Research Center, Eskişehir Technical University,

<sup>3</sup>Eskişehir Technical University Grad. School of Sciences, <sup>4</sup>Eskişehir Technical University Chemical Engineering Dept.

[elifkaynak@eskisehir.edu.tr](mailto:elifkaynak@eskisehir.edu.tr)

## PURPOSE

The performance of the multilayer fabric masks for community use during COVID-19 has been investigated.

## ORCID NUMBERS

ÜREYEN Mustafa Erdem (0000-0002-9055-3228)

ZARİF Nuran (0000-0002-6310-4136)

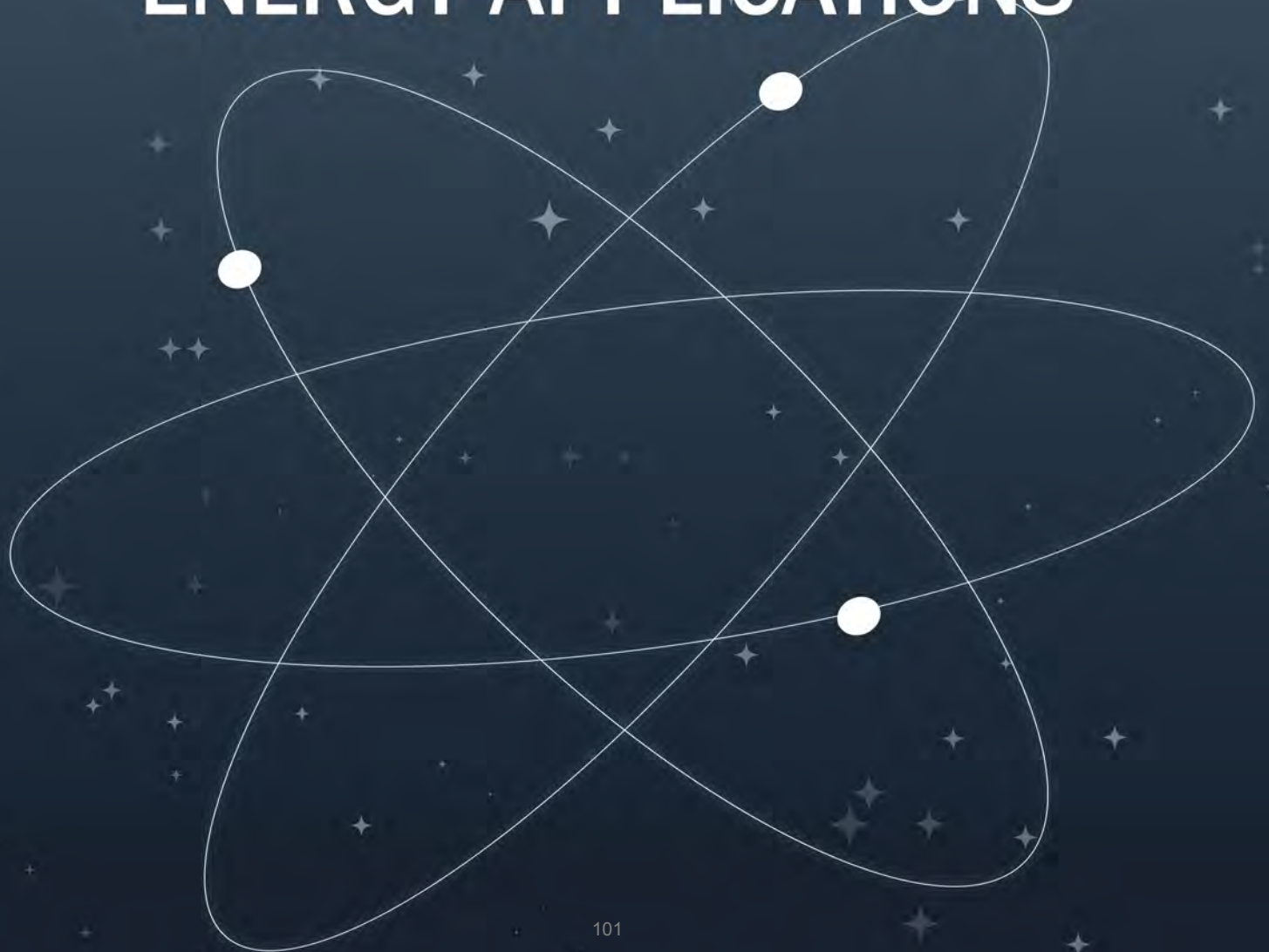
KAYNAK Elif (0000-0002-8316-9818)

## REFERENCES

1. WHO. *Mask use in the context of COVID-19: interim guidance*. 2020.
2. Cheng VC, Wong SC, Chuang VW, et al. The role of community-wide wearing of face mask for control of coronavirus disease 2019 (COVID-19) epidemic due to SARS-CoV-2. *J Infect* 2020; 81: 107-114. 2020/04/27. DOI: 10.1016/j.jinf.2020.04.024.
3. ECDC. *Using face masks in the community: first update effectiveness in reducing transmission of COVID-19*. 2021. Stockholm.
4. Hu K, Fan J, Li X, et al. The adverse skin reactions of health care workers using personal protective equipment for COVID-19. *Medicine (Baltimore)* 2020; 99: e20603. 2020/06/17. DOI: 10.1097/MD.00000000000020603.
5. Purushothaman PK, Priyanga E and Vaidhyswaran R. Effects of Prolonged Use of Facemask on Healthcare Workers in Tertiary Care Hospital During COVID-19 Pandemic. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg* 2020: 1-7. 2020/09/22. DOI: 10.1007/s12070-020-02124-0.
6. Techasatian L, Lebsing S, Uppala R, et al. The Effects of the Face Mask on the Skin Underneath: A Prospective Survey During the COVID-19 Pandemic. *J Prim Care Community Health* 2020; 11: 2150132720966167. 2020/10/22. DOI: 10.1177/2150132720966167.
7. Xie Z, Yang YX and Zhang H. Mask-induced contact dermatitis in handling COVID-19 outbreak. *Contact Dermatitis* 2020; 83: 166-167. 2020/05/12. DOI: 10.1111/cod.13599.
8. Tekstilden mamul tekrar kullanılabilir koruyucu yüz maskeleri - Tibbi olmayan.
9. Barrier Masks: Guide to minimum requirements, methods of testing, making and use.
10. Reusable community mask.
11. Community face coverings - Guide to minimum requirements, methods of testing and use.
12. Konda A, Prakash A, Moss GA, et al. Aerosol Filtration Efficiency of Common Fabrics Used in Respiratory Cloth Masks. *ACS Nano* 2020; 14: 6339-6347. 2020/04/25. DOI: 10.1021/acsnano.0c03252.
13. Tcharkhtchi A, Abbasnezhad N, Zarbini Seydani M, et al. An overview of filtration efficiency through the masks: Mechanisms of the aerosols penetration. *Bioact Mater* 2021; 6: 106-122. 2020/08/21. DOI: 10.1016/j.bioactmat.2020.08.002.
14. Park S and Jayaraman S. From containment to harm reduction from SARS-CoV-2: a fabric mask for enhanced effectiveness, comfort, and compliance. *The Journal of The Textile Institute* 2020: 1-15. DOI: 10.1080/00405000.2020.1805971.
15. Vanapalli KR, Sharma HB, Ranjan VP, et al. Challenges and strategies for effective plastic waste management during and post COVID-19 pandemic. *Sci Total Environ* 2021; 750: 141514. 2020/08/25. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141514.
16. Pullangott G, Kannan U, S G, et al. A comprehensive review on antimicrobial face masks: an emerging weapon in fighting pandemics. *RSC Advances* 2021; 11: 6544-6576. DOI: 10.1039/d0ra10009a.
17. Sousa-Pinto B, Fonte AP, Lopes AA, et al. Face masks for community use: An awareness call to the differences in materials. *Respirology* 2020; 25: 894-895. 2020/08/04. DOI: 10.1111/resp.13891.

# CHAPTER 3

## ENERGY APPLICATIONS



# **Textile/Metal-organic frameworks composites for sustainable energy and environmental applications**

HASANZADEH, Mahdi

Department of Textile Engineering, Yazd University, Yazd, Iran

[m.hasanzadeh@yazd.ac.ir](mailto:m.hasanzadeh@yazd.ac.ir)

Nowadays environmental pollutions associated with the discharge of effluents containing organic dyes into water is a worldwide issue which endangering human health seriously. Dyes and dye products are toxic and have carcinogenic, mutagenic and allergenic effects. Metal-organic frameworks (MOFs) are relatively a new class of three-dimensional nanoporous crystalline structures with large specific surface area, tunable pore size, and functional surface chemistry. Many studies have shown that MOFs are viable absorbent for organic dye removal and environmental pollution control. Surface modifications of MOFs and synthesis of composite particles of MOFs with other nanomaterials to improve their adsorptive capacity have also found of interest in recent years. Here, we describe recent progress on hybridization of MOFs with polymers as well as the fabrication of textile/ metal–organic frameworks (MOFs) composites and the potential application prospect of them including textile wastewater treatment and/or energy application. Example includes fabrication of piezoelectric nanofibrous membrane containing MOFs for sustainable energy generation and wearable healthcare monitoring systems. Finally, challenges with the fabrication of textile/MOF composites, limitations for their use, and trends for future developments are presented.

- HASANZADEH, Mahdi (0000-0003-4951-8348)

# Tekstil Tabanlı Yaklaşım Sensörünün Geliştirilmesi

SELVİ, Habibe Gülben<sup>1</sup>, DEVECİ, Umur<sup>1</sup>, YILDIRIM, Murat<sup>1</sup>, ALİSOY, Hafız<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Zorluteks Tekstil Tic. ve San. A.Ş., <sup>2</sup>Namık Kemal Üniversitesi

[gulben.ulgen@zorlu.com](mailto:gulben.ulgen@zorlu.com)

## AMAÇLAR

Bu çalışmada tekstil tabanlı kapasitif yaklaşım sensörü geliştirilmesi hedeflenmiştir. 4 farklı iletken iplik ve 7 farklı desen tasarımı ile kapasitif tekstil sensörü geliştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda tekstil tabanlı sensör için başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

## GİRİŞ

İnsan yaşamı boyunca tekstil ürünleri ile % 98'e varan oranlarda temas halindedir. Son yıllarda hızla gelişen bir sektör haline gelen elektronikler de insana daha fazla yakın olma eğilimi göstermektedir. Bu eğilimde elektronik ve tekstil bir araya getirmiş ve yeni alanların oluşumuna olanak sağlamıştır. Tekstil teknolojilerinde ve kullanılan hammaddelerde (lifler ve polimerlerde) yaşanan gelişmeler ile birlikte hayatlarımızda giyilebilir teknolojiler ve Elektronik Tekstiller (e-tekstil) olarak tanımlanan yeni bir alan ortaya çıkmıştır. Elektronik tekstil (e-tekstil), elektriği iletebilen bir kumaş olarak tanımlanabilir (Anwar 2013). Elektronik tekstiller (e-tekstiller), verileri algılayabilen, ısıtabilen, aydınlatabilen veya iletebilen sistemler oluşturan elektronik bileşenler olan veya bunların bir parçası olan tekstillerdir (Wilson ve Teverovsky 2012). Bu konuda birkaç farklı tanım bulunmak ile birlikte hepsinin temel değindiği nokta elektronik ve tekstilin birleşmesi fikridir. Elektriği iletebilen tekstiller, elektronik bileşenlerle birleştirilirse, ortamındaki değişiklikleri algılayabilir ve ışık, ses veya radyo dalgalarına tepki verebilir (Anwar 2013). Son yıllarda gelişen teknoloji ve know-how birikimi ile liflere iletkenlik özelliği kazandırılmıştır. Bu kazandırılan özellikler ile ısıtma, koruma ve sinyal iletme işlemlerine hizmet etmesi sağlanabilmektedir.

Sensör kelimesi hissetmek anlamına gelen İngilizce to sense kelimesinden gelmektedir. Türkçe'de ise sensör kelimesi yerine algılayıcı veya duyurga kullanılmaktadır. "Sensör" terimi, belirli bir hedef uyarıcı olan bir şeyin algılanmasını ifade eder. Bir sinyali (uyarıcı) algılayan ve bu uyarıcı elektronik olarak ölçülebilen bir sinyale dönüştüren cihaza sensör adı verilir (Chun ve diğerleri 2018). Kumaşların her yerde bulunabilen doğası, onları insanlarla doğrudan temas halinde olan sensörlerin tasarımı için ideal bir araç haline getirmektedir. Algılama özelliklerine sahip kumaşlar, akıllı kumaş sensörleri (Smart Fabric Sensor-SFS) olarak adlandırılır ve bunlar, diğerlerinin yanı sıra sıcaklık, basınç, kuvvet ve elektrik

akımındaki değişiklikler gibi çoklu fiziksel ve kimyasal uyarılara karşı duyarlıdır (Castano ve Flatau 2014). Bir çok tekstil üretim tekniği (dokuma,örme, nakış vb...) tekstil tabanlı sensör üretimine imkan tanımaktadır. Bu doğrultuda çalışmada brode nakış tekniği kullanarak kapasitif yaklaşım sensörü geliştirilmesi hedeflenmiştir. Kapasitif sensörler, düşük enerji tüketimi ve yüksek algılama hassasiyeti gibi birçok yönüyle ön plana çıkmaktadır (Hammock ve arkadaşları 2013).

## DENEYSEL

Bu çalışmada kapasitif yaklaşım sensörünün uygulanabilirliği üzerinde denemeler gerçekleştirilmiştir. Çalışma planı Tablo 1 verilmektedir. Sensör için, uygun iletkenliğe sahip ve/veya veri alımı yapabilen hammadde ve desen seçilecektir.

Tablo 1. Deneç Planı

Deneç No ve Adı	Hammadde	Hedeflenen Değeri	Adet
Sensör Tasarımı	İletken iplik	Yaklaşım mesafesi 10 cm'ı aşğında kapasitans değeriinde istatistiksel olarak anlamlı değışimi	4
	Brode desen tasarımı		7

## Malzeme

Farklı direnç değerlerine sahip ve farklı iplik numaraları olan 4 iletken iplik kullanılmıştır. İplikler paslanmaz çelik ve gümüş/nylon kaplı iletken iplik olmaz üzere iki farklı üretim yöntemi ile üretilmiş iplik kullanılmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. İletken İplik Özellikleri

İletken İplik No	İplik Numarası (dtex)	Kompozisyon	İplik Direnci
1	2350	%100 Paslanmaz çelik iplik	30 Ω/m (± 10 Ω/m)
2	7600	%100 Paslanmaz çelik iplik	9 Ω/m (± 10 Ω/m)
3	235/36 dtex 2-ply HC	%100 Poliamid/gümüş kaplı iplik	65 Ω/m (± 10 Ω/m)
4	235/36 dtex 4-ply	%100 Poliamid/gümüş kaplı iplik	40 Ω/m (± 10 Ω/m)

## Yöntem

Desenler geliştirilirken iletken ve yalıtkan alanlara oluşturarak kapasitif değışimlerin gözlenmesi hedeflenmiştir. Brode dikey nakış makinesi Epoca 7 kullanılmıştır. İpliklerin birbiri arasındaki mesafesi, şekli, sıklığı ve uzunluğu parametrelerini değıştirerek sensör yapısı gözlemlenmiştir.

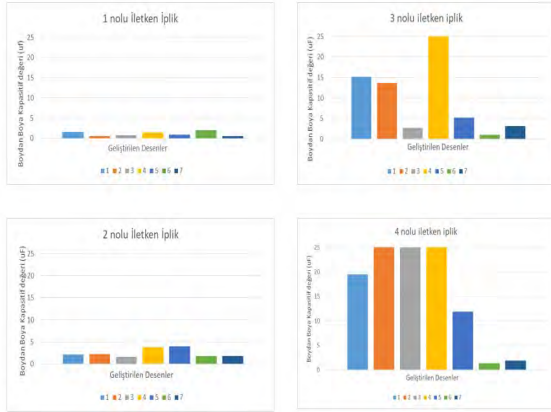
## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Kumaş üzerinde yaklaşım sensör yüzeyi oluşturmak amacıyla 7 farklı Brode desen tasarımı geliştirilmiştir. Geliştirilen desen tasarımları 4 farklı iletken iplik kullanılarak brode nakış yöntemi ile 28 adet sensör yüzeyi üretilmiştir (Şekil 1). Geliştirilen 28 adet yaklaşım sensör yüzeyi Arduino Devresi kullanılarak kapasitif değişim ve direnç değerleri ölçümlenmiştir.



Şekil 1. 7 Farklı Desen Çalışması

- SELVİ, Habibe Gülben (ORCID NO: 0000-0001-7317-6179)



Şekil 2. Tekstil Tabanlı sensörlerin Kapasitif Değişim Analizleri

Şekil 2’de 4 farklı iletken ipliğin 7 farklı desene bağlı kapasitif değişimler gösterilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda 1 ve 2 nolu iletken ipliğin 7 farklı desene bağlı kapasitif değerleri 4 mikrofaradın ( $\mu\text{F}$ ) altında değer göstermiştir. Bu değerlerin düşük olması kapasitif yaklaşım sensörünün algılamasının daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Ayrıca kapasitif değişimlerin değerinin 20 mikrofaradın ( $\mu\text{F}$ ) altında olması beklenmektedir. Bu kapsamda 3 ve 4 nolu iletken iplikler farklı desenlerde 20 mikrofaradın ( $\mu\text{F}$ ) üzerinde değere sahip olmuştur. Bu iletken özelliğin ipliklerin üretim şartları ve iletkenlik değerleri ile değişkenlik göstermesi beklenmiştir. Bu doğrultuda 1 ve 2 nolu iplik çelik iplik olup, 3 ve 4 nolu iplik nylonu gümüş ile metalize işleme tabi tutarak elde edilmiştir. Metalize işleminde sağlanan iletkenlik değerlerinin çelik iplik üretime oranla daha az olduğu

görülmektedir. Bunun temel sebebi ise kendinden iletken iplikler ile kaplama işlemi ile elde edilen iplikler arasında iletkenlik farkının olmasıdır. Desen bazında bir değerlendirme ise daha sık ve yoğun desenlerde kapasitif değerler kötü, yoğunluğu az ve mesafeli desenlerde kapasitif değerinin daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca 6 ve 7 nolu desenlerde ipliğin iletkenlik değerinden bağımsız olarak kapasitif değerlerin daha iyi olduğu görülmüştür. Kapasitif algılama olarak en verimli desen 6 ve 7 nolu desenlerin olduğu görülmektedir.

## GENEL SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında tekstil tabanlı yaklaşım sensörünün geliştirilmesi üzerine gerçekleştirilen denemelerde başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda geliştirilen tekstil tabanlı yaklaşım sensörün, brode nakış yöntemi ile üretmenin mümkün olduğu ortaya konulmuştur. Geliştirilmesi hedeflenen sensörün iyi bir performans göstermesi için kullanım hedefi iyi analiz edilerek dikkat edilmesi gereken unsurların detaylıca belirlenmesi gerektiği görülmüştür.

## SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Farklı tekstil tabanlı sensörlerin birçok yöntem ile geliştirilmeye açık olduğu görülmüştür. Kullanılan malzemeler ile geliştirilen sensörlerin değişkenlik gösterdiği, aynı zamanda iletken malzemelerin hala gelişime açık bir alan olduğu görülmüştür.

## TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Bu çalışma Tübitak 1501 programı kapsamında desteklenmiştir. (Proje No: 3181104)

## KAYNAKLAR

Anwar, S., 2013. Fiber2fashion dergisi [https://www.fibre2fashion.com/industry-article/7124/manufacturing-of-electronic-textile#:~:text=Electronic%20textiles%20\(e%2Dtextiles\),and%20interconnections%20woven%20into%20them.&text=They%20usually%20contain%20conductive%20yarns,steel%20to%20enable%20electricity%20conductivity](https://www.fibre2fashion.com/industry-article/7124/manufacturing-of-electronic-textile#:~:text=Electronic%20textiles%20(e%2Dtextiles),and%20interconnections%20woven%20into%20them.&text=They%20usually%20contain%20conductive%20yarns,steel%20to%20enable%20electricity%20conductivity) Erişim Tarihi: 28.1.2021

Wilson, P., Teverovsky, J., 2012. “New product development for e-textiles: experiences from the forefront of a new industry” New Product Development in Textiles Innovation and Production. Woodhead Publishing Series in Textiles, Sayfa: 156-174.

Chun, KY., Son, YJ., Jeon, ES., Lee, S., Han, CS., 2018. A self powered sensor mimicking slow and

fast adapting cutaneous mechanoreceptors. *Advance Material*, 30:1–8.

Castano,L.M., Flatau, B.,F., 2014. Smart fabric sensors and e-textile technologies: a review. *Smart Materials and Structures*, 053001 (27sayfa).

Hammock, M.L., Chortos, A., Tee, B.C.K., Tok, J.B.H., Bao, Z., 2013. 25th Anniversary Article: The Evolution of Electronic Skin (E-Skin): A Brief History, Design Considerations, and Recent Progress. *Advanced Materials*. 25, 5997-6038.

# Fotokatalitik Özelliğe Sahip Katma Değeri Yükseltilmiş Corduroy, Burn-Out Ve Bronzing Kumaş Geliştirilmesi

GÖMEÇ, Ramazan<sup>1</sup>, TUNA Hasan<sup>1</sup>, İNCE Ufuk<sup>1</sup>, DURUKAN Erkam<sup>1</sup>, SEÇKİN Bülent<sup>2</sup>,  
AYGÜN Mehmet Ali<sup>2</sup>, UZLU Hüseyin<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Aydın Mensucat San. Tic. A.Ş. (İstanbul)  
<sup>2</sup>Aydın Mensucat San. Tic. A.Ş. (Sakarya)  
ramazan.gomec@aydintekstil.com.

## AMAÇLAR

Bu çalışmada fotokatalitik olay ile insan sağlığına ve organik malzemelere kesinlikle zarar vermeyecek, ışık enerjisi kullanılarak kimyasal bir reaksiyon oluşturan, nano teknolojik ve fotokimyasal yüzey kaplama ürünü elde etmek. Aydın Mensucat A.Ş. olarak dünyada henüz yeni yayılmaya başlamış olan fotokatalitik kavramından faydalanarak kendi kumaş portföyümüzde bulunan Corduroy, Burn-out ve Bronzing gibi üretimi zor olan kumaşlar üzerinde elde edilecek yüzey kaplama ürünü ile apre uygulamasını yaparak bu kumaşlara fotokatalitik etki sağlayarak faydalı günlük kullanım ürünleri elde etmek. Proje kapsamında geliştirilecek olan fotokatalitik özelliğe sahip çözümlü örme kumaşa bu özelliği yukarıda açıklanan TiO<sub>2</sub>' in ışık ile temas ettiğinde gerçekleşecek reaksiyonları kazandıracaktır. Bunun sonucunda da kumaşa kendi kendini temizleme özelliğinin ne derece kazandırılacağı gerekli testlerle doğrulanacaktır [1].

## GİRİŞ

Fotokatalitik kavramı organik malzemelere ve insan sağlığına kesinlikle zarar vermeyecek, bir iki kere kullanıldığında uzun bir süre etkinliğini koruyabilen ve ışık enerjisi kullanılarak kimyasal bir reaksiyon oluşturan, nano teknolojik ve fotokimyasal yüzey kaplama ürünüdür. Fotokatalizm ise ışık ile uyarılan bir katalist varlığında organik moleküllerin parçalanarak su, karbondioksit ve mineral tuzlar gibi zararsız ürünlere dönüştürülmesi işlemidir [2]. Fotokatalitik kavramı dünyada henüz yeni yayılmaya başlamıştır. Aydın Mensucat A.Ş. Olarak bu özellikten faydalanarak kendi kumaş portföyünde bulunan Corduroy, Burn-out ve Bronzing gibi üretimi zor olan kumaşlar üzerinde uygulamasını yaparak bu kumaşlara fotokatalitik etki sağlanmıştır. Fotokatalitik etkinin sağlanması için kullanılan kimyasal bileşik TiO<sub>2</sub> olarak bilinen titanyadır. Titanya yarı iletken, toksik değildir, beyaz renklidir, maliyeti düşüktür, kimyasal kararlılığı yüksektir. Fotokatalitik özellik genel olarak güneş enerjisi ile kendini temizleme olarak bilinmektedir fakat bu özelliğinin yanında kaplandığı yüzeyde mantar, bakteri ve küf oluşumunu önlemekle birlikte

kötü kokuyu da engeller. Bu da tekstil materyalleri için kullanımını daha efektif bir hale getirmiştir [3]. TiO<sub>2</sub>'in fotokatalitik aktivite özelliğinin, 1970'lerde, Fujishima ve Honda (1972) tarafından ortaya atılmasından sonra, dünyada ciddi bir problem haline gelen çevre kirliliği sorunlarına çözüm yaratabileceği için bu konu üzerinde yoğun olarak çalışılmaya başlanmıştır.

## DENEYSEL

### Malzeme

Fotokatalitik etki elde etmek üzere kullanımı için TiO<sub>2</sub> yaygın olarak kullanılsa da proje kapsamında titanium(IV)tetraisoperoxide ile hazırlanmış bir sol-jel çözeltisi hazırlanmıştır. Hazırlanan sol-jel çözeltisi tekstil yüzeyleri üzerine fulard ve nozul aplikasyon teknikleri ile uygulanmıştır. Uygulama sonrası fotokatalitik etkinin başarılı olup olmadığını anlamak için kumaşlar zerdeçal ile kirletildikten sonra yüzeyleri silinerek QSUN Xenon Test Chamber Model XE-3 test cihazı ile 24 saat xenon lambası altında bırakılmıştır daha sonra sonuçlar görsel olarak değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucu fotokatalitik etkinin 3 tekstil yüzeyi üzerinde başarılı olduğu gözlenmiştir.

### Yöntem

Proje kapsamında fotokatalitik etki sağlamak adına 2 adet sol-jel çözeltisi hazırlanmıştır. Bu çözeltiler aşağıdaki gibidir.

1. 160ml distile su içine 1,5ml nitrik asit ve 15ml titanium(IV)tetraisopropoxide eklenerek iki gün boyunca karıştırılır.
2. 25ml titanium(IV)tetraisopropoxide ve 5ml asetik asit 500ml distile suya eklendikten sonra 3,5ml nitrik asit eklenerek elde edilen karışım 80°C'de ısıtılmıştır. Oluşan çözelti 2 saat süre ile karıştırılmıştır.
3. 4gr TiO<sub>2</sub> 1 litre saf suya eklenerek kaynayana kadar karıştırılmıştır. Daha sonra çözelti soğumaya bırakılmıştır.



Fotokatalitik etki gösteren farklı kimyasal çözeltilerin kumaşlara uygulanmıştır. Bu uygulamalar kumaşlara fulard ve nozul (sprey) uygulaması olarak 2 farklı şekilde yapılmıştır.

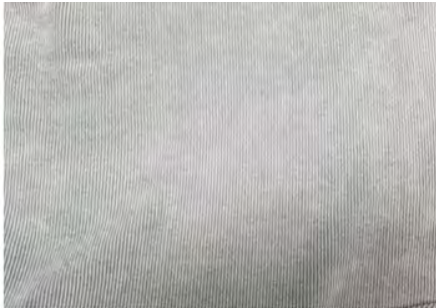
Fotokatalitik etkinin ölçülmesi için QSUN Xenon Test Chamber Model Xe-3 kullanılmıştır. Uygulama şu şekilde gerçekleştirilmiştir. Fotokatalitik çözelti ile kaplanmış ve kaplanmamış kumaşlar zerdeçal ile kirletilir. Zerdeçal kullanılmasının sebebi küçük molekül yapısı sayesinde ışık ile parçalanması daha rahat görülmesine olanak sağlamaktadır. Kumaş yüzeyleri silindikten sonra QSUN makinesine yerleştirilir. 24 saat xenon lambası altında kalan kumaşlar çıkarılır ve fotokatalitik etki ile oluşan kendilerini temizleme özellikleri görsel olarak test edilir.

## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

### Kumaşlara yapılan fiziki testler:

Kumaşlara yukarıdaki yöntemler ile foto katalitik etki kazandırdıktan sonra uygulanan fiziki testler aşınma dayanımı, yırtılma dayanımı, pilling testi, ışık haslığı, sürtünme haslığı, yıkama haslığı ve dikiş sıyırma dır.

Kumaşlara yapılan testler sonucu alınan test değerleri her kumaş için aşağıdaki gibidir.



Şekil 1. Corduroy Kumaş Görseli



Şekil 2. Corduroy kumaşların 24 saat sonraki görünümü

Tablo 1. Corduroy kumaş fiziki test değerleri

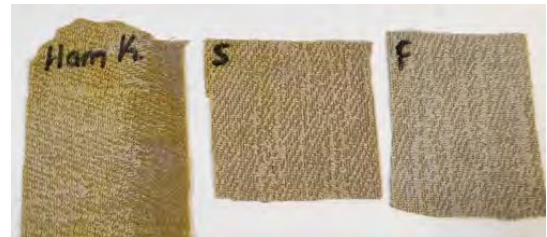
Uygulanan Testler	Tespit Edilen Değer
Aşınma Dayanımı	4500
Yırtılma Dayanımı	30N
Pilling Testi	4/5
Işık Haslığı	4/5
Sürtünme Haslığı	Kuru;4, Yaş;3/4
Yıkama Haslığı	4
Dikiş Sıyırma	Atkı ve Çözgü; 4



Şekil 3. Bronzig Kumaş Görseli

Tablo 2. Bronzing kumaş fiziki test değerleri

Uygulanan Testler	Tespit Edilen Değer
Aşınma Dayanımı	10000
Yırtılma Dayanımı	25N
Pilling Testi	4
Işık Haslığı	4
Sürtünme Haslığı	Kuru;4, Yaş;3/4
Yıkama Haslığı	4
Dikiş Sıyırma	Atkı ve Çözgü; 4



Şekil 4. Bronzig Kumaşların Test Sonrası Görünümü

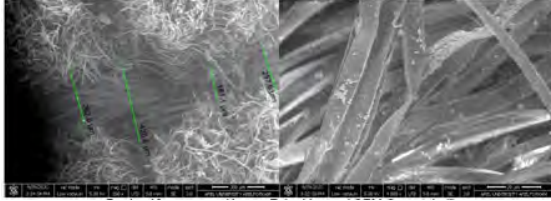
Tablo 3. Brun-out kumaş fiziki test değerleri

Uygulanan Testler	Tespit Edilen Değer
Aşınma Dayanımı	10000
Yırtılma Dayanımı	25N
Pilling Testi	4
Işık Haslığı	4
Sürtünme Haslığı	Kuru;4, Yaş;3/4
Yıkama Haslığı	4
Dikiş Sıyırma	Atkı ve Çözgü; 4

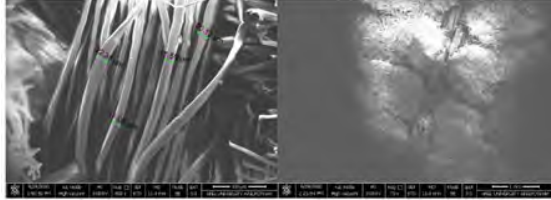


Şekil 5. Burn-out Kumaşların Test Sonrası Görünümü

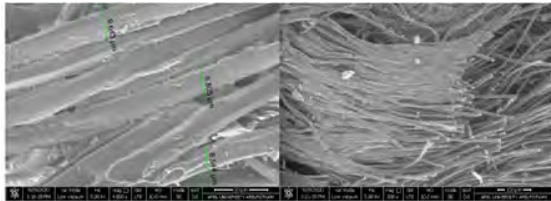
Proje faaliyetleri sonucunda çözelti hazırlama ve kumaşa aplikasyonu konusunda bilgi edinilmiş ayrıca fotokatalitik kavramının baskılı kumaşlar ve farklı kumaş çeşitleri üzerinde etkileri gözlenmiştir. Fular ve sprej ile aplikasyon metodu firmamızda daha önce de kullanılmaktadır. Ayrıca fotokatalitik etki çözgümlü örme kumaşlar üzerinde kullanılmaktadır fakat corduroy, bronzig ve burn-out gibi farklı üretim teknikleri olan kumaşlar üzerinde daha önce uygulanmamıştır.



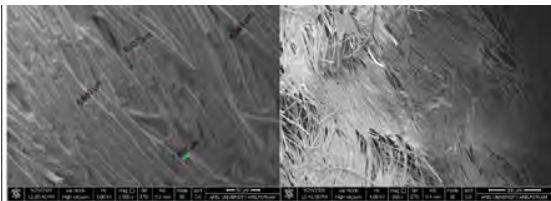
Şekil 6. Courduroy kumaş fular SEM görüntüleri



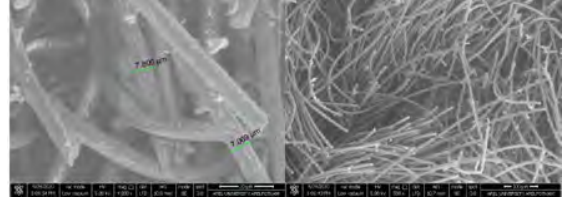
Şekil 7. Corduroy kumaş nozul SEM görüntüleri



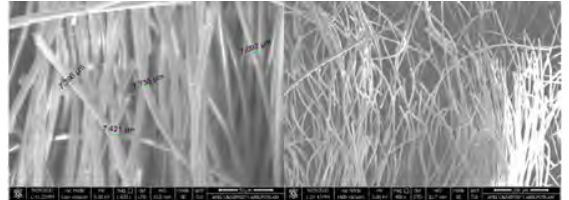
Şekil 8. Bronzig kumaş fular SEM görüntüleri



Şekil 9. Bronzig kumaş nozul SEM görüntüleri



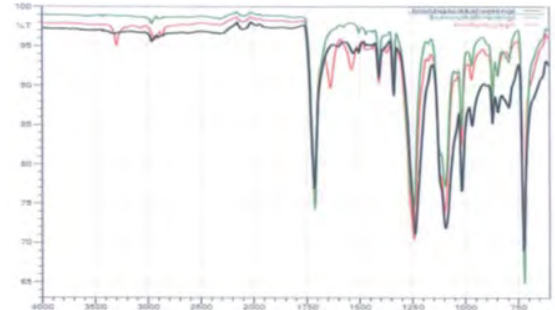
Şekil 10. Burn Out kumaş fular SEM görüntüleri



Şekil 11. Burn out kumaş nozul SEM görüntüleri

Üretilen kumaşların nozul ve sprej uygulama sonrası lif yüzey morfolojilerini, incelemek ve yapılan işlemlerin etkilerinin araştırması amacıyla SEM görüntüleri alınmıştır. SEM görüntüleri Şekil 6-11'de verilmiştir. SEM görüntülerinde görüldüğü gibi kimyasal işlemler sonucu  $TiO_2$  çözelti uygulamasının başarılı olduğu, lif yüzeyine çözeltinin tutunduğu bulguları not edilmiştir.

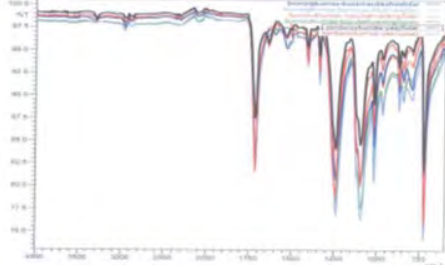
#### FT-IR Analiz Sonuçları



Şekil 12. Kumaş numunelerinin birlikte FTIR spektrumu

**Kumaşların spektrumda temsil ettikleri renkler aşağıdaki gibidir:**

1. **Bronzig Kumaş Ham**
2. **Burn-out Kumaş Ham**
3. **Courduroy Kumaş Ham**



Şekil 13. Numune kumaşların birlikte FTIR spektrumu

**Kumaşların spektrumda temsil ettikleri renkler aşağıdaki gibidir:**

1. **Bronzig Kumaş Fular**
2. **Bronzig Kumaş Nozul**
3. **Burn-out Kumaş Fular**
4. **Burn-out Kumaş Nozul**
5. **Courdroy Kumaş Fular**
6. **Courdroy Kumaş Nozul**

FT-IR testi sonucu elde edilen koaservant spektrumları, karakterize edilmiştir.

## GENEL SONUÇLAR

Bronzing, Corduroy, Burnout kumaşlara uygulanan çözeltinin; applike edildiği kumaşların fotokatalitik etkileri ölçülmüş ve üç kumaş çeşidinde de başarılı olduğu gözlenmiştir. 24 saat sonunda ham kumaşlar zerdeçalı absorblarken fotokatalitik çözelti ile kaplanmış kumaşlar kendilerini temizlemiştir. Kontrol numunesi olarak, lekelenen kumaşlar karanlıkta bırakılan numunelerin üzerindeki lekeler bekleme süreleri sonunda belirgin bir şekilde gözlemlenmektedir. Kumaşlara sol-jel çözeltileri applike edildikten sonra kumaş fiziki testleri uygulanmıştır ve bu testler sonucunda hedef değerlere yakın değerler elde edildiği tespit edilmiştir. Yapılan FT-IR analizleri sonucu kullanılan kimyasalın kumaş üzerinde nozul ve fular işlemleri sonucu FT-IR analizi sonucu uygulamanın başarılı olduğu görülmüştür.

## KAYNAKÇA

- [1] Ş. Ebru Devrim, M. Ürgen ve F. Z. TEPEHAN, «TiO<sub>2</sub> Fotokatalistleri,» İTÜ Dergisi , cilt 6, no. 5-6, pp. 81-92, 2007.
- [2] B. Semanur, TiN KAPLAMALARIN ANODİK OKSİDASYONU, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, 2011.
- [3] A. Üniversitesi, «www.atılım.edu.tr,» [Çevrimiçi]. Available: www.atılım.edu.tr. [Erişildi: 01 Mart 2021].

# Poliester-Poli(3,4-etilendioksitiyofen) İletken Sensör Kumaş Yapılarının Geliştirilmesi

KORKMAZ, Mert Can<sup>1</sup>, BAĞCI, Hidayet<sup>1</sup>, GÖL, Beytullah<sup>2</sup>, ÇETİNER, Suat<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği, AvşarYerleşkesi,  
Kahramanmaraş

<sup>2</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, AvşarYerleşkesi,  
Kahramanmaraş  
[suatcetiner@ksu.edu.tr](mailto:suatcetiner@ksu.edu.tr)

## AMAÇLAR

Bu çalışmada seçilmiş %100 poliester (PES) kumaş ile poli(3,4-etilendioksitiyofen) (PEDOT)farklı oranları kullanılarak Drop Casting yöntemi ile homojen bir şekilde kaplama yapılmış ve iletken polimerik sensör kumaş yapıları üretilmiştir. İletken polimerik sensör kumaşların morfolojik ve doğru akım (DC) iletkenlik özellikleri araştırılmıştır.

## ORCID NUMARALARI

- KORKMAZ, Mert Can (0000-0002-5809-5634)
- BAĞCI, Hidayet (0000 0002 1526 6325)
- GÖL, Beytullah (0000-0002-4789-6460)
- ÇETİNER, Suat (0000-0002-6604-145X)

## KAYNAKLAR

- [1] Schwarz, A., Van Langenhove, L., Guermonprez, P., & Deguillemont, D. (2010). A roadmap on smart textiles. *Textile Progress*, 42(2), 99–180.
- [2] Erol, A. D., & Çetiner, S. (2017). Elektronik tekstillere yönelik akıllı kumaş sensörleri. *Tekstil ve Muhendis*, 24(108), 305–320.
- [3] Yoon, H. 2013. “Current Trends in Sensors Based on Conducting Polymer Nanomaterials”, *Nanomaterials*, 3, 524-49.
- [4] Krampa, F. D., Aniweh, Y., Awandare, G. A., & Kanyong, P. (2017). A disposable amperometric sensor based on high-performancePEDOT:PSS/Ionic liquid nanocomposite thin film-modified screen-printed electrode for the analysis of catechol in natural water samples. *Sensors (Switzerland)*, 17(8).
- [5] Yang, X., Shang, S., Li, L., Tao, X.M., Yan, F. 2011. ”Vapor phase polymerization of 3,4-ethylenedioxythiophene on flexible substrate and its application on heat generation”, *Polymer Advanced Technologies*, 22, 1049–55.

# Elektrokardiyografi Ölçüm Yeteneğine Sahip Kumaş Elektrot ve Akıllı Giysi Tasarımı

GÖL, Beytullah<sup>1</sup>, KORKMAZ, Mert Can<sup>2</sup>, BAĞCI, Hidayet<sup>2</sup>, YASIM, Alptekin<sup>3</sup>, OKUMUŞ,  
İbrahim Taner<sup>4</sup>, GÜNEŞ, Mahit<sup>1</sup>, ÇOT, Timuçin<sup>5</sup>, ÇETİNER, Suat<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Avşar Yerleşkesi,  
Kahramanmaraş

<sup>2</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği, Avşar Yerleşkesi,  
Kahramanmaraş

<sup>3</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kalp-Damar Cerrahisi ABD, Avşar Yerleşkesi,  
Kahramanmaraş

<sup>4</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, Avşar Yerleşkesi,  
Kahramanmaraş

<sup>5</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, Avşar Yerleşkesi,  
Kahramanmaraş

[suatcetiner@ksu.edu.tr](mailto:suatcetiner@ksu.edu.tr)

## AMAÇLAR

Çalışmanın amacı, kalbin elektriksel sinyallerini metal sensörlerin yerine kendisi direkt sensör özelliği gösteren, kumaş elektrot ile algılama fonksiyonuna sahip giyilebilir elektronik tekstillere yönelik akıllı giysi geliştirilmesidir.

## ORCID NUMARALARI

GÖL, Beytullah (0000-0002-4789-6460)  
KORKMAZ, Mert Can (0000-0002-5809-5634)  
BAĞCI, Hidayet (0000-0002-1526-6325)  
YASIM, Alptekin (0000-0003-3397-711X)  
OKUMUŞ, İbrahim Taner (0000-0001-9495-3133)  
GÜNEŞ, Mahit (0000-0002-1552-3889)  
ÇOT, Timuçin (0000-0003-2949-5329)  
ÇETİNER, Suat (0000-0002-6604-145X)

## KAYNAKLAR

- [1] “Yılda yaklaşık 18 milyon kişi kalp ten ölüyor”. <https://www.aa.com.tr/tr/saglik/yilda-yaklasik-18-milyon-kisi-kalpten-oluyor/1267133>  
Son Erişim Tarihi: 02.04.2021
- [2] “Türkiye’de her yıl 300 bin kişi kalp krizi geçiriyor”. <https://www.trthaber.com/haber/saglik/turkiyede-her-yil-300-bin-kisi-kalp-krizi-geciriyor-274579.html>  
Son Erişim Tarihi: 05.03.2019.
- [3] “Smart Textiles/Fabrics Market Worth \$9.3 Billion By 2024“. Grand View Research <http://www.grandviewresearch.com/press-release/global-smart-textiles-industry> Son Erişim Tarihi: 25.02.2019.
- [4] Yamashita, T., Takamatsu, S., Miyake, K., Itoh, T. 2013. “Fabrication and evaluation of a conductive polymer coated elastomer contact structure for woven electronic textile”, Sensors and Actuators A, 195, 213-218.
- [5] Takamatsu, S., Kobayashi, T., Shibayama, N., Miyake, K., Itoh, T. 2012. “Fabric pressure sensor array fabricated with die-coating and weaving techniques”, Sensors and Actuators A, 184, 57-63.

# Effects of Bleaching, Dyeing, Printing, and Laundering on Electrical Resistance of Conductive Lines in Electrotextile Knitting

KÖROĞLU YATIKÇI, Tuğçe<sup>1</sup>, KÜÇÜK, Canan<sup>1</sup>, KARALI, Recep<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Yeşim Textile Research and Development Center (Almaxtex Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş.)  
tugce.koroglu@yesim.com

## PURPOSE

The aim of this study is to investigate the electrical resistance change of electrically conductive silver-coated polyamide yarns in cotton knitted fabrics after bleaching, dyeing and printing processes and washing with and without detergent.

## INTRODUCTION

The textile industry is making great progress in the field of textile products that can be used for protection, defense, health, communication, automation, and entertainment with the miniaturization of electronic components and their integration with textile materials<sup>1,2</sup>. In recent years, there has been an increasing interest in the use of textiles as a wearable technology due to advantages of fabric such as lightness, flexibility, air permeability and easy fabrication<sup>3</sup>. The development of the diversity of these textiles is directly linked to the creation of textile materials with suitable electrical conductivity. Conductive yarns are tremendously used to constitute conductive lines for information or energy transport in functional textile structures<sup>4</sup>. The developed conductive textile materials play an important role in the formation of products to be used in areas such as sensors, electromagnetic shielding, static electric discharge, providing information transfer and heating<sup>2</sup>.

In parallel with the developing technology, people's needs are also diversifying. The expectations of users from wearable electronics are not limited to technical and functional features, they also want the product to be colored and washed. Therefore, it is important to discover the effect of textile manufacturing processes and care activities on electrical resistance of conductive yarns.

Based on the literature review, many studies have been conducted to the use of conductive yarns in textiles for electro-textile applications<sup>5-7</sup>. However, only a few studies address the problems experienced during the fabric development or the lifetime of the e-textile. In the study of Varnaité et al., the effect of washing on the electric charge in polyester/cotton knitted and woven fabrics containing conductive yarns which have INOX or silver-plated polyester yarn was studied<sup>8</sup>. In a study conducted on different weave patterns with different conductive yarns, the effect of textile pretreatment processes on the transmission lines was discussed<sup>9</sup>. Bahadır and colleagues investigate the color and electrical

resistance of woven cotton fabrics which have stainless steel yarns after dyeing processes<sup>10</sup>. Şahin and Bahadır stated that electrical resistance of conductive yarns was affected by all chemical processes, they obtained results after pre-treatment, dyeing, softening and detergent washing<sup>4</sup>.

Realizing the effect of textile manufacturing processes and care activities on electrical resistance of conductive yarns is essential for daily use of e-textiles. In this study, changes in electrical resistance of silver-coated polyamide yarns in cotton knitted fabrics were investigated. In addition, a special bleaching process for conductive yarns has been proposed. Changes in electrical resistances were measured quantitatively after bleaching, dyeing, printing, and washing processes, and optical microscope images of conductive yarns in the fabric structure were examined.

## EXPERIMENTAL

### Material

30/1 Ne cotton yarn, 78/18 dtex 99% pure silver-coated polyamide yarn (Statex Shieldex®), a wetting agent, emulsifier, oil remover agent, Hydrogen peroxide, Sodium hydroxide, anti-peroxide enzyme, reactive dye, vat dyes and auxiliary chemicals.

### Method

Pre-treatment process was applied to knitted fabrics. Fabrics that dyed with vat dyes in the lab-type machine foulard and was treated with a reactive printing were washed with and without granular soap detergent. Electrical resistance were measured after each process.

## EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSIONS

The microscope (Nikon SMZ745T) images taken after each procedure are shown in Figure 1. The silver coating on the conductive yarns was almost completely abolished after common bleaching process (Fig. 1b). Also, the electrical resistance measurement could not be taken from it because the fabric had more resistance than the device can measure (Fluke 117 multimeter, 40 MΩ). For this reason, it was decided to bleach the fabrics with chemicals that are considered to cause the least damage to the silver coating and have a slight erosion

effect. Mild bleaching with wetting agent, oil remover, and emulsifier (Fig. 1c), also dyeing (Fig. 1d) and printing (Fig. 1e) processes did not visibly damage the silver coating.

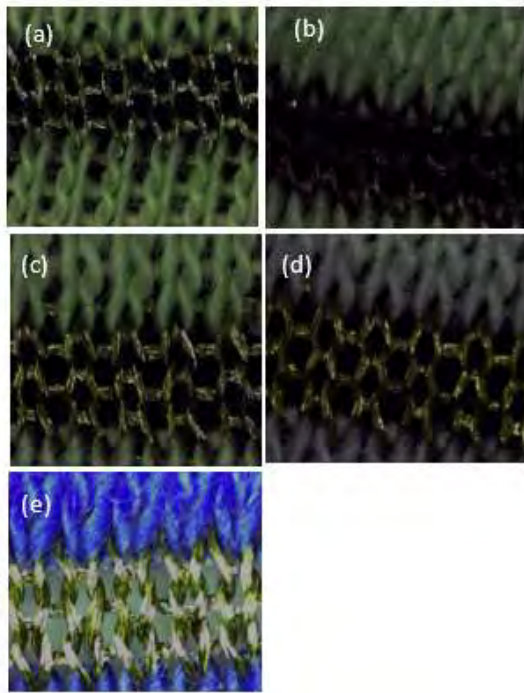


Figure 1 Microscope images of conductive yarn structures in knitted fabric: (a) Raw fabric, (b) After common bleaching, (c) after mild bleaching, (d) after dyeing, (e) after reactive printing

Fig. 2 and Fig. 3 shows the changing electrical resistance values of processed and washed fabrics. The gradual increase in electrical resistance indicates that the conductivity of yarns decreases after wet chemical and washing treatments.

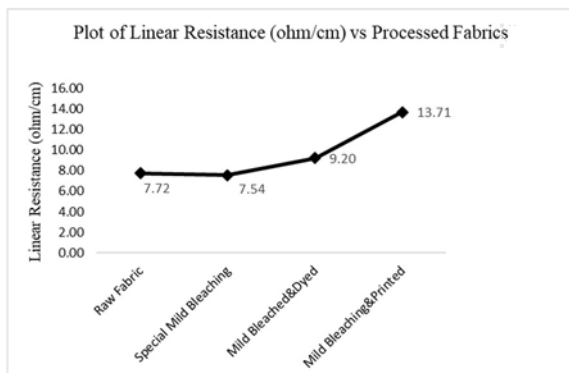


Figure 2 Average linear electrical resistance values of raw fabric and after treatments

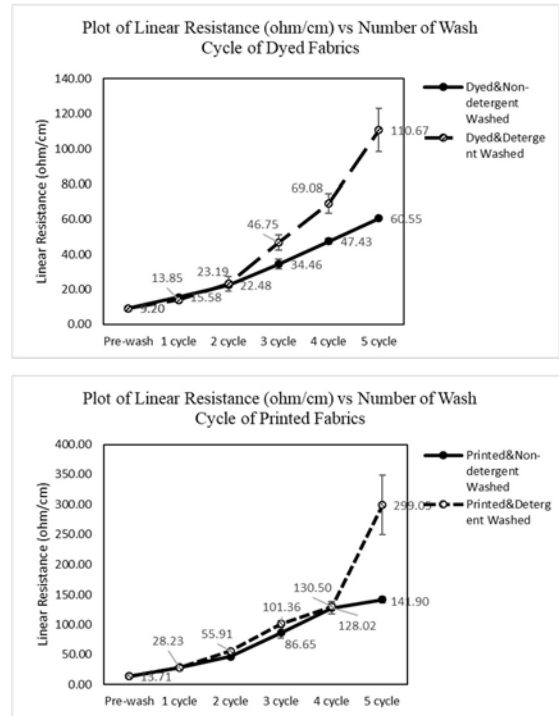


Figure 3 Interaction plot for linear resistance of dyed (above) and printed (below) fabrics with washing cycles.

## CONCLUSIONS

The gradual increase in electrical resistance values indicates that the conductivity of silver coated yarns generally decreases after wet chemical treatments and different washing processes. Applied treatments have both chemical and mechanical effects can cause deformation of the yarn surface. It is critical to understand the effects of wet treatments containing ionic chemicals on electrical resistance, because conductive yarns are made of metal ions.

## SUGGESTIONS FOR FURTHER WORK

Further studies based on exhaust dyeing process will be conducted to determine in detail relationship between the wet treatments and effect on the electrical resistance of silver-plated yarns.

## ACKNOWLEDGEMENTS/SOURCES OF FUNDING

This study is the result of an R&D project supported by the Turkish Ministry of Science, Industry, and Technology.

## LITERATURE

1. Sağbaşı, E. A., Ballı, S., & Yıldız, T. 2016. "Giyilebilir Akıllı Cihazlar: Dünü, Bugünü ve Geleceği", XVIII. Akademik Bilişim Konferansı.
2. Bedeloğlu, A. , Sünter, N., Bozkurt, Y. 2010. "Elektriksel Olarak İletken Tekstil Yapıları, Üretim

Yöntemleri ve Kullanım Alanları, Tekstil ve Mühendis”, 17 (79), 7-17.

3. Wang, J., He, J., Ma, L., Zhang, Y., Shen, L., Xiong, S., Li, K., Qu, M. 2020. “Multifunctional conductive cellulose fabric with flexibility, superamphiphobicity and flame-retardancy for all-weather wearable smart electronic textiles and high-temperature warning device”, Chemical Engineering Journal, 390 (2020).

4. Şahin, U., and Bahadır, S. (2017). “Effects of Home Laundering on Electrical Resistance of Signal Transmission Lines on Colored E-Textiles”, Journal of Energy and Power Engineering, 11 (5), 336-344.

5. Mey, G., Özçelik, M.,Schwarz-Pfeiffer, A., Kazani, I., Hertleer, C., Van Langenhove, L., Gürsoy, N. 2014. “Designing of conductive yarn knitted thermal comfortable shirt using battery operated heating system”, Tekstil ve Konfeksiyon, 24 (1), 26-29.

6. Mohamed, A.A.A, Ezzat,M.M, Megeid, Z.M.A, Saeed, A., Abdel-Hamed, H.A.A, El-Okda, E.A.H. (2019). “Suitability of conductive knit fabric for sensing human breathing”, Journal of Textile and Apparel, Technology and Management, 11 (1).

7. Sahta, I., Baltina, I., Baribina, N., Blums, J., Deksnis, E. 2014. “Selection of conductive yarns for knitting an electrical heating element”, WIT Transactions on The Built Environment, 137, 91-102.

8. Varnaitè, S., and Katunskis, J. 2009. “Influence of Washing on the Electric Charge Decay of Fabrics with Conductive Yarns”, Fibres & Textiles in Eastern Europe, 17 (5), 69-75.

9. Kurşun-Bahadır, S. 2015. “The Effect of Textile Pretreatment Processes on Signal Transferring Capability of Textile Transmission Lines”, Fibres & Textiles in Eastern Europe, 23 (2/110), 55-62.

10. Kurşun-Bahadır, S., Jevsnik,S., Fakin, D.,Sahin, U.K. 2016. “Color and electrical resistance evaluation of cotton fabrics composed of stainless steel yarns treated with direct and reactive dyes”, Textile Research Journal, 86(13), 1356–1371



# Embedded Optical Fiber Sensors in 3D Woven Preform for Structural Health Monitoring System

HAMOUDA, Tamer<sup>1</sup> PETER, Kara<sup>2</sup> SEYAM, Abdel-Fattah. Mohamed<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Textile Division, National Research Centre, 33 El Bohouth St., Dokki 12622 Egypt

<sup>2</sup> Department of Mechanical and Aerospace Engineering, Campus Box 7910, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695, USA

<sup>3</sup>College of Textiles, Campus Box 8301, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695, USA  
[tehamoud@ncsu.edu](mailto:tehamoud@ncsu.edu)

Polymer Optical Fibers (POFs) are relatively new compared to the Silica Optical Fibers (SOFs). Polymer optical fiber (POF) characterized by its small size, flexibility, high tensile strain and high fracture toughness, and easy to handle, these characteristics permit POF be utilized as embedded sensors for structural health monitoring applications. The nature of the 3D orthogonal woven fabrics provides an excellent opportunity to host the embedded POF, which permit the utilization of such preform for structural health monitoring (SHM) applications. In order to acquire a robust composite structure with reliable health monitoring system, there are several requirements that need to be fulfilled. These requirements are; minimizing the influence of POF turning on signal integrity (optimize the configuration of POF in the preform, verifying that the resin system does not have a negative impact on the noise level or performance of POF sensors during composite manufacture process, and structure integrity should not degrade substantially as a result of embedding POFs. Therefore, an investigation on the signal loss as a result of the bending deflection, bending radius, and wrap angle of optical fiber around the middle rod of the test bed was carried out. Optical Time Domain Reflectometer (OTDR) is used to monitor the signal attenuation and backscattering level of the POFs throughout using different resin types and resin curing cycle. POF performance under several mechanical testing such as tensile, bending, and impact test was evaluated. Thus, the high performance of the composite structure and reliable structural health monitoring can be then achieved.

- HAMOUD, Tamer (0000-0003-3184-6212)

## REFERENCES

1. Tao, X.M. 2000 "Integration of Fiber-optic Sensors in Smart Textile Composites: Design and Fabrication", *Journal of Textile Institute*, **91**, 448-459.
2. Mohamed, M.H., Bogdanovich, A.E., Dickinson, L.C., Singletary, J.N. and Lienhart, R.B. 2001 "A new generation of 3D woven fabric preforms and composites", *SAMPE Journal*, **37**, 8-17.
3. Johnson, C.M., Mohamed, T.S. and Rizkalla, S.H. 2007 "Behavior of Three-Dimensionally Woven Glass Fiber Reinforced Polymeric Bridge Deck", *Composites Research Journal*, **1**, 27-42.
4. Bogdanovich, A.E., Wigent, D.E. and Whitney, T.J. 2003 "Fabrication of 3-D Woven Preforms and Composites with Integrated Fiber Optic Sensors", *SAMPE Journal*, **39**, 1357-1371.
5. Kang, H., Kang, D., Hong, C. and Kim, C. 2001 "Monitoring of Fabrication strain and temperature During Composite cure Using Fiber Optic Sensors", *Nondestructive Evaluation of Materials and Composites*, **4336**, 211-218.
6. Kosaka, T., Osaka, K., Nakakita, S. and Fukuda, T. 2003 "Fiber optic strain monitoring of textile GFRP during RTM molding and fatigue tests by using embedded FBG sensors", *Smart Structures and Materials*, **5056**, 73-80.
7. Peters, K. 2011 "Polymer optical fiber sensors-a review", *Smart Mater. Struct*, **20**, 1-17.

8. Liehr, S., Lenka, P., Krebber, K., Seeger, M., Thiele, E., Metschies, H., Gebreselassie, B., Münich, J.C. and Stempniewski, L. 2008 "Distributed strain measurement with polymer optical fibers integrated into multifunctional geotextiles". *Optical Sensors*, **7003**, 1-15.
9. Kiesel, S., Peters, K., Abdi, O., Hasnim, T. and Kowalsky, M. 2007 "Polymer optical fiber sensors for the civil infrastructure Systems". *Sensors and Smart Structures Technologies for Civil, Mechanical, and Aerospace Systems*, **6529**, 1-12.
10. Liehr, S., Lenke, P., Wendt, M., Krebber, K., Seeger, M., Thiele, E., Metschies, H., Gebreselassie, B. and Münich, J.C. 2009 "Polymer Optical Fiber Sensors for Distributed Strain Measurement and Application in Structural Health Monitoring", *Sensors Journal, IEEE*, **9**, 1330-1338.
11. Kuang, K.S.C. 2003 "Akmaluddin, Cantwell, W.G. and Thomas, C., Crack detection and vertical deflection monitoring in concrete beams using plastic optical fibre sensors", *Meas. Sci. Technol*, **14**, 205-216.
12. Liehr, S., Nother, N. and Krebber, K. 2010 "Incoherent optical frequency domain reflectometry and distributed strain detection in polymer optical fibers", *Meas. Sci. Technol*, **21**, 1-4.
13. Anderson, D., Johnson, L. and Bell, F., *Troubleshooting Optical-Fiber Networks. Understanding and Using your Optical Time-Domain Reflectometer*, San Diego, California, Elsevier Academic Press, 2004
14. Saunders C, Scully P. 2007 "Sensing applications for POF and hybrid fibres using a photon counting OTDR", *Meas. Sci. Technol*, **18**, 615-622.
15. Husdi, I.R., Nakamura, K. and Ueha, S. 2004 "Sensing characteristics of plastic optical fibres measured by optical time-domain reflectometry", *Meas. Sci. Technol.*, **15**, 1553-1559.

# Grafen/ZnO/AgNW-TPU Tabanlı Giyilebilir Esnek Nanojeneratör Geliştirilmesi

DEMİR, Emre<sup>1</sup>, ÜNSAL, Ömer Faruk<sup>1</sup>, EMİROĞLU, Filiz<sup>2</sup>, BEDELOĞLU, Ayşe\*\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bursa Teknik Üniversitesi, Polimer Malzeme Mühendisliği Bölümü

<sup>2</sup>Yeşim Research and Development Center (Almaxtex Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş.)

[emre.demir5934@gmail.com](mailto:emre.demir5934@gmail.com), [omer.unsal@btu.edu.tr](mailto:omer.unsal@btu.edu.tr), [ayse.bedeloglu@btu.edu.tr](mailto:ayse.bedeloglu@btu.edu.tr)

## AMAÇLAR

Enerji, gündelik yaşamımızda yer edinerek sürdürülebilirliği sağlamaktadır. Geçmişten günümüze hayatımızın her yerinde enerjiye ihtiyaç duyulmuştur. Artan enerji tüketim ihtiyacı sonucu gün geçtikçe enerji kaynaklarının azalmasına ve çevrenin daha zarar görmesine sebep olmuştur. İnsanoğlu, hayatımızın her anında büyük öneme sahip olan enerji için yenilenebilir, çevreci ve verimli enerji kaynakları arayışına girmiştir. Güneş ve rüzgâr enerjilerinin yanı sıra doğada bulunması en kolay atık enerjinin, mekanik enerji olduğu bilinmektedir. Bu araştırmalar sonucunda nanojeneratör olarak adlandırılan cihazlar ortaya çıkmıştır. Bu cihazlar fiziksel etkileşim sağlayarak atık formdaki mekanik enerjiyi, elektrik enerjisine çevirmektedir. Son yıllarda dünyayı daha temiz bir hale getirebilmek için küçük miktarlardaki atık enerji dönüşümü ve kullanımını daha verimli şekilde sağlamak için nanojeneratörler üzerinde araştırmalar yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir. Bu çalışmada, grafen/ZnO/AgNW-TPU esaslı giyilebilir esnek piezoelektrik nanojeneratörlerin geliştirilmesi ve çıkış gücünün geliştirilmesi amaçlanmıştır.

## ORCID NUMARALARI

1. DEMİR, Emre (0000-0002-4079-4218)
2. ÜNSAL, Ömer Faruk (0000-0001-8405-3676)
3. BEDELOĞLU, Ayşe (0000-0003-2960-5188)

## KAYNAKLAR

1. Boyle, G., *Renewable energy*. 2004.
2. Gülay, A.N., *Yenilenebilir enerji kaynakları açısından Türkiye'nin geleceği ve Avrupa Birliği ile karşılaştırılması*. 2008, DEÜ Sosyal Bilimleri Enstitüsü.
3. Sripadmanabhan Indira, S., et al., *Nanogenerators as a Sustainable Power Source: State of Art, Applications, and Challenges*. *Nanomaterials*, 2019. **9**(5): p. 773.
4. Schiffer, M.B., *Draw the lightning down: Benjamin Franklin and electrical technology in the age of enlightenment*. 2006: Univ of California Press.
5. Wang, Z.L. and J. Song, *Piezoelectric nanogenerators based on zinc oxide nanowire arrays*. *Science*, 2006. **312**(5771): p. 242-246.
6. Zi, Y. and Z. Wang, *Nanogenerators: An emerging technology towards nanoenergy*. *APL Materials*, 2017. **5**.
7. Fan, F.-R., et al., *Transparent triboelectric nanogenerators and self-powered pressure sensors based on micropatterned plastic films*. *Nano letters*, 2012. **12**(6): p. 3109-3114.
8. Wang, Y., Y. Yang, and Z.L. Wang, *Triboelectric nanogenerators as flexible power sources*. *npj Flexible Electronics*, 2017. **1**(1): p. 1-10.
9. Xue, H., et al., *A wearable pyroelectric nanogenerator and self-powered breathing sensor*. *Nano Energy*, 2017. **38**: p. 147-154.
10. Zhou, K., et al., *Ultra-stretchable triboelectric nanogenerator as high-sensitive and self-powered electronic skins for energy harvesting and tactile sensing*. *Nano Energy*, 2020. **70**: p. 104546.
11. He, X., et al., *An ultrathin paper-based self-powered system for portable electronics and wireless human-machine interaction*. *Nano Energy*, 2017. **39**: p. 328-336.
12. Dong, K., X. Peng, and Z.L. Wang, *Fiber/Fabric-Based Piezoelectric and Triboelectric Nanogenerators for Flexible/Stretchable and Wearable Electronics and Artificial Intelligence*. *Advanced Materials*, 2020. **32**(5): p. 1902549.
13. Zhang, M., et al., *A hybrid fibers based wearable fabric piezoelectric nanogenerator for energy harvesting application*. *Nano Energy*, 2015. **13**: p. 298-305.

14. Liu, Z., et al., *Flexible piezoelectric nanogenerator in wearable self-powered active sensor for respiration and healthcare monitoring*. Semiconductor Science and Technology, 2017. **32**(6): p. 064004.
15. Shin, D.-M., et al., *Freestanding ZnO nanorod/graphene/ZnO nanorod epitaxial double heterostructure for improved piezoelectric nanogenerators*. Nano Energy, 2015. **12**: p. 268-277.
16. Yilmaz, Y. and P. Mazumder, *A drift-tolerant read/write scheme for multilevel memristor memory*. IEEE Transactions on Nanotechnology, 2017. **16**(6): p. 1016-1027.
17. Chen, J., et al., *An improved Hummers method for eco-friendly synthesis of graphene oxide*. Carbon, 2013. **64**: p. 225-229.

# PVDF Esaslı Piezoelektrik Nanojeneratörler Üzerine Bir Durum Değerlendirmesi

Mehmet Durmuş ÇALIŞIR<sup>1,3,\*</sup>, Ali TOPTAŞ<sup>1,2</sup>, Yasin AKGÜL<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>TEMAG Lab, Tekstil Teknolojileri ve Tasarımı Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye

<sup>2</sup>Safranbolu Meslek Yüksekokulu, Karabük Üniversitesi, Türkiye

<sup>3</sup>Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Türkiye

<sup>4</sup>Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Karabük Üniversitesi, Türkiye

[mehmetdcalisir@gmail.com](mailto:mehmetdcalisir@gmail.com)

## AMAÇLAR

PVDF piezoelektrik yapılarının üzerine yapılan güncel çalışmaların incelendiği bu çalışmada geliştirme stratejileri, malzeme, ve üretim teknikleri şeklinde ele alınmıştır.

Çalışmada en çok tercih edilen lif üretim yöntemi elektroçerme ve çözümlenmiş üfleme yöntemiyle elde edilen PVDF nanolifler ve bunların gelecek çalışmalar için umut vaat eden sonuçlarına yer verilmiştir.

## GİRİŞ

Mekanik enerjiyi doğrudan elektrik enerjisine çeviren piezoelektrik enerji üreteçleri, diğer adıyla piezoelektrik nanojeneratörler, özellikle giyilebilir elektronik, nesnelerin interneti, kablosuz haberleşme teknolojileri üzerine ciddi araştırmaların yapıldığı günümüzde temel problem olan enerji ihtiyacına çözüm sağlayabileceği öngörülmektedir. Hali hazırda elde edilen enerji değerleri mW ölçeğinde de olsa düşük enerji tüketimli entegre elektronik devrelerinin geliştirilmesi ile bu malzemelere olan ilgi daha da artacağı beklenmektedir<sup>1</sup>. Ayrıca nanojeneratör cihazların kullanımı ile kimyasal pillere olan bağımlılığı azalması, düzenli değiştirme veya şarj etme ihtiyacının kalkması ve en önemlisi çevre üzerinde olumlu etki oluşturması beklenmektedir.

Piezoelektrik Etki 1880 yılında Fransız bilim insanları Pierre and Jacques Curie tarafından keşfedilmiştir<sup>2</sup>. Temel olarak kristalin malzemelerdeki iyonların dağılımlarında simetri eksikliğinin sonucu olarak bir elektriksel dipolün varlığına dayanmaktadır. İyi tanımlanmış bir kutupsal eksene bir stres uygulaması piezoelektrik enerji üretimi için temel gereksinimdir. Yüksek verimli baryum titanat (BaTiO<sub>3</sub>), kurşun zirkonyum titanat (PbZr<sub>x</sub>Ti<sub>1-x</sub>O<sub>3</sub>) ve çinko oksit (ZnO) gibi piezoelektrik seramiklerin geliştirilmesine rağmen esnek uygulamalar için polimer esaslı, kolay üretilebilir piezoelektrik malzemelerin gerekmektedir.

Piezoelektrik nanojeneratörler üzerine yapılan çalışmalar 2006 yılında Zang ve arkadaşlarının çalışmasından sonra hızla çoğalmıştır<sup>3</sup>. Bu çalışmalarda verimin hem intrinsik (kristal yapı, piezoelektrik katsayı, geometri etkisi vb.) ve dışsal

(kutup etkisi, uygulanan basınç değeri ve frekansı vb.) faktörlere bağlıdır<sup>4</sup>. Piezoelektrik malzemeler arasında, poli(viniliden florür) (PVDF) ve kopolimerleri, yüksek dielektrik sabiti, esnekliği, kolay işlenebilirliği ve uzun vadeli kararlılığı nedeniyle esnek piezoelektrik nanojeneratörler için en umut verici adaylardır<sup>5,6</sup>.

Tablo 1’de çeşitli piezoelektrik malzemelere ve bunların piezoelektrik katsayı değerlerine yer verilmiştir. Ancak PVDF esaslı nanojeneratörlerden üretilen enerjiler elektronik cihazların çoğunu çalıştıramayacak kadar düşük olup, çeşitli yöntemler ile performans iyileştirmeye çalışılmaktadır.

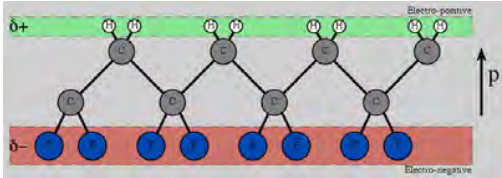
**Tablo 1.** Çeşitli piezoelektrik malzemeler ve piezoelektrik katsayıları<sup>4,7</sup>

Material	d33 (pCn <sup>-1</sup> )
PZT	304
BaTiO <sub>3</sub>	100
ZnO	15 - 23
PVDF	-33
Nylon 11	4
PAN	5

## PVDF ve PİEZOELEKTRİK ETKİ

5 farklı polimorf yapısına ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  ve  $\epsilon$ ) sahip bir yarı-kristalin polimer olan PVDF’in sadece  $\beta$  ve  $\gamma$  fazlarının piezoelektrik özellik gösterdiği bilinmektedir.  $\beta$  ve  $\gamma$  fazlarındaki PVDF ve kopolimerlerinin (ör. PVDF-TrFE) ferroelektrik özelliği, flor atomlarının moleküler zincirin bir tarafında ve hidrojen atomlarının ise zincirin diğer tarafında dizilmesi ile (all-trans konformasyonu) oluşan net bir dipol momentinin sonucudur. Özellikle  $\beta$  faz durumunda tüm dipol momentleri aynı yönü gösterir ve yüksek piezoelektrik verim elde edilir. Bu nedenle çalışmalarda yapı içerisindeki  $\beta$  faz oranını, piezoelektrik verim ile paralel değerlendirilmiştir. Piezoelektrik malzemeler için bir diğer önemli husus Curie sıcaklığı olup, bu sıcaklığın üzerinde piezoelektrik özelliklerin kaybedilmesidir. Ancak PVDF için polimorflar arası

geçiş diğer piezoelektrik malzemelere göre daha kolay gerçekleşebilmektedir. Yapı içerisine yapılacak katkılar kararlılığı arttırabilmektedir. Örnek olarak PVDF, yaklaşık  $C = 170^\circ C$ 'de erir ve doğrudan polar olmayan ve daha kararlı olan  $\alpha$  fazına kristalleşir<sup>8</sup>. Ancak yapı içerisine belirli bir miktar trifloroetilen (TrFE) katıldığında eriyikten  $\beta$  fazı elde edilebilmektedir<sup>9</sup>.



**Şekil 1:** PVDF molekülü üzerinde dipol momentinin oluşumunun şematik gösterimi

Bunun haricinde PVDF'in morfolojik kararlılığı iyileştirme ve piezoelektrik verimini arttırmaya yönelik çeşitli alternatif üretim yöntemleri geliştirme, veya üretim esnasında germe<sup>10</sup>, yüksek elektrik alanı altında polarizasyon<sup>11</sup>, çeşitli dolgu maddeleri ilavesi<sup>12</sup> gibi farklı stratejiler geliştirilmiştir.

## ÜRETİM YÖNTEMLERİ

PVDF filmlerin üretiminde yaygın olarak kullanılan yöntemler çözeltiden döküm yöntemi (solution cast) ve sıcak presleme (hot press) olup üretilen PVDF filmler, düşük  $\beta$  faz içeriği ve rastgele kristal yapılar nedeniyle düşük enerji çıkışı gösterir. Ancak elektroçizme, elektrohidrodinamik çekme, şablon destekli yöntem ve şablon destekli elektrik büyüme yöntemleri hem yüksek  $\beta$  faz içeriği ile hem de geometri (1 boyutlu yapılar) üretimi ile performansta iyileştirme sağlamıştır. Ancak özellikle son iki yöntemde büyük numune imalatında ve ölçeklenebilirlikte zorluk yaşanır<sup>4</sup>. Bu çalışmada PVDF bazlı nanojenaratörlerin üretiminde en çok tercih edilen elektroçizme ve çözeltiden üfleme yöntemlerinden bahsedilecektir.

### 1- Elektroçizme Yöntemi

Basit ve verimli bir yöntem olarak, elektroçizme yönteminde şırınga ile metalik toplayıcı arasına güçlü bir elektrik alanı uygulandığında, şırınganın ucunda Taylor konisi oluşacaktır. Polimerin yüzey gerilimi ve viskoz kuvveti üstesinden gelinir çünkü elektrostatik kuvvetler çözelti üzerine etki eder, ardından ince jet koniden ekstrüde edilir. Jet, toplayıcıya doğru hareket ederken çözücü buharlaşır ve polimer lif formunu kazanır.

Elektroçizme sırasında, elektrostatik kuvvetler, daha düz all-trans (TTTT) konformasyonunda konformasyonel değişikliklere neden olabilir. PVDF'de TTTT konformasyonunun varlığı,  $\beta$  fazı kristal için gereklidir, bu nedenle elektroçizme

yöntemi,  $\beta$  fazı kristalin oluşumunu destekler ve dolayısıyla piezoelektrik özelliği artırır<sup>13</sup>.

F. Mokhtari'nin çalışmasına göre, LiCl eklenen çözeltilerle elde edilen PVDF lifleri, farklı partikül eklenenlere göre çok daha ince çaplarda (504 nm) elde edilmiştir. Daha ince elyaf çapı ile PVDF nanolifleri arasında daha fazla bağlantı oluşmuş ve bu bağlantı, çekme kuvveti altında daha büyük uzamanın da nedeni olarak kabul edilir<sup>14</sup>.

Caroline Lee, katkı maddesi olarak baryum titanat ( $BaTiO_3$ ) kullandığı çalışmada, PVDF ile az miktarda tetrabutylamonyum klorürü (TBAC) karıştırdılar ve ardından karışımı çözme için DMF ve aseton kullandılar. PVDF / TBAC çözeltisine, çeşitli konsantrasyonların piezoelektrik tepkiler üzerindeki etkilerini ortaya çıkarmak için farklı miktarlarda  $BaTiO_3$  eklenmiştir. Son olarak, elektroçizme ile yüksek düzeyde hizalanmış  $BaTiO_3$ -PVDF nanolifleri hazırladılar. PVDF nanoliflerin piezoelektrik özelliği,  $BaTiO_3$  miktarlarının artmasıyla artırılmıştır<sup>15</sup>.

### 2- Çözeltiden Üfleme

Çözeltiden üfleme yöntemi nano boyutlu elyaflar üretmek için alternatif bir teknik olarak ortaya çıkmıştır ve elektroçizme yönteminin getirdiği sınırlamaları ortadan kaldırabilir. Bu yöntem ile çözelti havanın dışarı atıldığı eş merkezli bir dış boru ile çevrelenmiş bir nozuldan enjekte edilir. Çözelti hava ile etkileşime girer ve bir toplayıcıya düşen kısa lifler oluşturur.

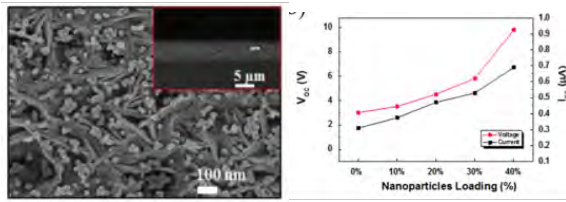
Fashandi ve arkadaşları<sup>16</sup> selüloz nanokristaller içeren PVDF nanolifler ürettiler. Lif çapının başlangıçta ağırlıkça %1 selüloz nanokristallerin dahil edilmesiyle 439 nm'den 718 nm'ye yükseldiğini bildirdiler. Daha fazla selüloz nanokristal yapılarının eklenmesiyle, lif çapının azaldığı gözlemlendi. Ağırlıkça %3'te 552 nm ve ağırlıkça %5 selüloz nanokristallerde 559 nm lif çapı ölçüldü. Selüloz nanokristalleri içeren tüm numunelerde fiber çapının saf PVDF fiberlerden daha büyük olduğu görülmüştür.

Deng ve arkadaşları<sup>17</sup> bürülce yapılı PVDF/ZnO nanolif temelli, esnek, çözeltiden üfleme yöntemiyle elde edilmiş sensörlerin etkileşimli insan-makine arayüzünde hareketlerin uzaktan kontrolü için kullanılabilmesini başarıyla gösterdi. Çalışmada bir robotik el, elektrik çıkışı ile piezoelektrik sensörün bükülme açısı arasındaki ilişkiye dayanarak bir insan elini taklit ederek çalışmaktadır.

### MALZEME KATKILARI

PVDF içerisine katkıların ilave edilmesi ile nanojenaratörün verimi yükseltilebilmektedir. Bu katkılar piezoelektrik özellikli katkılar olabileceği gibi iletken veya iletken olmayan şekilde de

sınıflandırılabilir. Katkı türüne ve boyutuna bağlı olarak geçerli olan birkaç mekanizma vardır. Bunlar kısaca i) PVDF içindeki piezoelektrik dolgu maddesi piezoelektrik etkiyi artırabilir; ii) Nanoboyutlu katkılar, kütleme işlemi sırasında çekirdekleştirme ajanları olarak hareket edebilir ve ayrıca elektrostatik etkileşim ile daha yüksek bir kristal oranına neden olabilir; iii) Bazı iletken dolgular, cihazın çıkış performansını artıracak şekilde yalıtkan piezoelektrik malzemeyi elektriksel olarak bağlayıp toplam akımın artmasını sağlayabilir; 4) Esnek polimer içindeki nispeten sert dolgular, daha büyük bir yerel deformasyon oluşturarak yerel gerilim konsantrasyon noktalarına sebep olup, basınç etkisini ve dolayısıyla piezoelektrik verimi iyileştirebilir.



**Şekil 2:** Spin kaplama yoluyla ağırlıkça % 40 BaTiO<sub>3</sub> içeren PVDF-TrFE nanokompozit yapısının SEM görüntüsü ve değişen miktarın voltaj ve akım üzerine etkisi<sup>18</sup>

Şekil 2’de Zhao ve arkadaşları<sup>18</sup> PVDF film içerisinde dolgu olarak koydukları BaTiO<sub>3</sub> katkısının piezoelektrik verime etkisi görülmektedir. SEM görüntüsüne göre BaTiO<sub>3</sub> NP’ler, PVDF matrisinde homojen olarak aglomere olmadan dağılmış ve PVDF’ içinde stres konsantrasyonu fonksiyonu görerek verimin artmasına neden olmuştur.

### GENEL SONUÇLAR

PVDF, piezoelektrik, piroelektrik, ferroelektrik ve üstün dielektrik özellikler sergileyen çok işlevli bir polimerdir. PVDF’nin sahip olduğu piezoelektrik özelliklerini değişiklik yapmak için, kopolimerleri yelde edilir ve yapıya katkı maddeleri dahil edilebilir. PVDF’de beş ortak faz vardır;  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  ve  $\epsilon$ . Bu fazlar, zincir biçimlerine göre birbirinden farklılık gösterir. Hepsinin arasında,  $\beta$ -fazı, en yüksek dipolar moment ve birim hücre başına spontan polarizasyon ile en yüksek piezoelektrik tepkisine sahiptir. Yarı kristal yapıda elektriksel polarizasyon elde etmek amorf yapıya göre daha kolaydır. Bu nedenle,  $\beta$ -fazı ne kadar yüksek olursa, piezoelektrik yanıtı da o kadar büyük olur.

### SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

PVDF’nin en yaygın kullanılan kopolimerlerinden biri, yüksek piezo tepkisi, hafifliği ve işleme kolaylığı nedeniyle PVDF-TrFE olup, onu esnek ve giyilebilir uygulamalar için potansiyel bir aday haline getirir.

PVDF tabanlı nanolifleri üretmek için elektroğirme ve çözeltiden üfleme olmak üzere iki potansiyel yöntem vardır. Çözeltiden üfleme yöntemi, elektroğirmeye göre 30 kata kadar hızlı üretim imkanı sunarken, elektroğirme yöntemi ile de çözeltiden üfleme yöntemine göre çok daha ince ve yönlendirilmiş lifler elde etmek mümkündür.

Gelecek çalışmalar olarak, PVDF’ın elektro-üfleme olarak adlandırılan, çözeltiden üfleme ve elektroğirme yönteminin hibrit olarak kullanıldığı bir üretim sisteminde başta PVDF-TrFE kullanılarak, daha sonra farklı katkı maddelerinin eklenmesiyle üretimler yapılması hedeflenmektedir.

### KAYNAKLAR

1. Liu, H., Zhong, J., Lee, C., Lee, S.-W. & Lin, L. *Applied Physics Reviews* **5**, 041306 (2018).
2. Mason, W. P. *The Journal of the Acoustical Society of America* **70**, 1561–1566 (1981).
3. Wang, Z. L. & Song, J. *Science* **312**, 242–246 (2006).
4. Yan, J. *et al. Nano Energy* **56**, 662–692 (2019).
5. Kawai, H. The Piezoelectricity of Poly (vinylidene Fluoride). *Jpn. J. Appl. Phys.* **8**, 975 (1969).
6. Mathur, S. C., Scheinbeim, J. I. & Newman, B. A. *Journal of Applied Physics* **56**, 2419–2425 (1984).
7. Harrison, J. & Ounaies, Z. NASA / CR-2001-211422 ICASE Report No . 2001-43 Piezoelectric Polymers. (2000).
8. Hasegawa, R., Kobayashi, M. & Tadokoro, H. *Polymer Journal* **3**, 591–599 (1972).
9. Furukawa, T. *Advances in Colloid and Interface Science* **71–72**, 183–208 (1997).
10. Salimi, A. & Yousefi, A. A. *Polymer Testing* **22**, 699–704 (2003).
11. Lund, A., Gustafsson, C., Bertilsson, H. & Rychwalski, R. W. *Composites Science and Technology* **71**, 222–229 (2011).
12. Kar, E. *et al. Energy Conversion and Management* **184**, 600–608 (2019).
13. Yee, W. A., Kotaki, M., Liu, Y. & Lu, X.. *Polymer* **48**, 512–521 (2007).
14. Mokhtari, F., Shamshirsaz, M., Latifi, M. & Asadi, S. *The Journal of The Textile Institute* **108**, 906–914 (2017).
15. Lee, C. *et al. Ceramics International* **42**, 2734–2740 (2016).
16. Fashandi, H. *et al. Cellulose* (2016) doi:10.1007/s10570-016-1070-3.
17. Deng, W. *et al. Nano Energy* **55**, 516–525 (2019).
18. Zhao, Y. *et al. Nano Energy* **11**, 719–727 (2015).

# İndirgenmiş Grafen Oksit ve Polianilin Kaplanmış Kumaş Esaslı Gerinim Sensörü

FINDIK, Gizem<sup>1</sup>, ÇETİNOĞLU, Meryem<sup>1</sup>, ÜNSAL, Ömer Faruk<sup>1</sup>, ÇELİK BEDELOĞLU, Ayşe<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Polimer Malzeme Mühendisliği Bölümü  
ayse.bedeloglu@btu.edu.tr

## AMAÇLAR

Gerinim, bir malzemenin mekanik etki altında şeklini ne kadar değiştirdiğini ifade eden kavramdır. Gerinim sensörleri ise mekanik karakterizasyon, yapısal kalite kontrol ve son zamanlarda giyilebilir elektroniklerde kullanılabilen akıllı malzemelerdir. Literatürde piezo-rezistif (basınca karşılık elektriksel dirençte değişim gösteren) mekanizmayı kullanarak gerinimi tespit edebilen çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmanın amacı, likralı, dokunmuş polyester kumaşa farklı iletkenlerin ayrı ayrı veya birlikte kaplanarak gerinime karşı elektriksel dirençlerindeki değişimin gözlenmesidir. Geliştirilen kumaş gerinim sensörü, akıllı tekstillerde ve ileride giyilebilir elektroniklere yönelik uygulamalarda kullanılabilir.

## KAYNAKLAR

1. Hu, J., Meng, H., Li, G. & Ibekwe, S. I. A review of stimuli-responsive polymers for smart textile applications. *Smart Materials and Structures* vol. 21 053001 (2012).
2. Jin, L. N. *et al.* High-performance textile supercapacitor electrode materials enhanced with three-dimensional carbon nanotubes/graphene conductive network and in situ polymerized polyaniline. *Electrochim. Acta* **249**, 387–394 (2017).
3. Yu, P., Li, Y., Zhao, X., Wu, L. & Zhang, Q. Graphene-wrapped polyaniline nanowire arrays on nitrogen-doped carbon fabric as novel flexible hybrid electrode materials for high-performance supercapacitor. *Langmuir* **30**, 5306–5313 (2014).
4. Yue, B., Wang, C., Ding, X. & Wallace, G. G. Polypyrrole coated nylon lycra fabric as stretchable electrode for supercapacitor applications. *Electrochim. Acta* **68**, 18–24 (2012).
5. Hill, E. W., Vijayaraghavan, A. & Novoselov, K. Graphene sensors. *IEEE Sens. J.* **11**, 3161–3170 (2011).
6. BEDELOĞLU, A. & TAŞ, M. Graphene And Its Production Methods. *Afyon Kocatepe Univ. J. Sci. Eng.* **16**, 544–554 (2016).
7. Molina, J., Esteves, M. F., Fernández, J., Bonastre, J. & Cases, F. Polyaniline coated conducting fabrics. Chemical and electrochemical characterization. *Eur. Polym. J.* **47**, 2003–2015 (2011).
8. Molina, J., del Río, A. I., Bonastre, J. & Cases, F. Electrochemical polymerisation of aniline on conducting textiles of polyester covered with polypyrrole/AQSA. *Eur. Polym. J.* **45**, 1302–1315 (2009).
9. Nouri, M., Kish, M. H., Entezami, A. A. & Edrisi, M. Conductivity of Textile Fibers Treated with Aniline. *Iran. Polym. J. (English Ed.)* **9**, 49–58 (2000).
10. Saeb, M. R. & Zarrintaj, P. Polyaniline/graphene-based nanocomposites. in *Fundamentals and Emerging Applications of Polyaniline* 165–175 (Elsevier, 2019). doi:10.1016/B978-0-12-817915-4.00010-5.
11. Marcano, D. C. *et al.* Improved synthesis of graphene oxide. *ACS Nano* **4**, 4806–4814 (2010).
12. Stankovich, S. *et al.* Synthesis of graphene-based nanosheets via chemical reduction of exfoliated graphite oxide. *Carbon N. Y.* **45**, 1558–1565 (2007).
13. Li, M. *et al.* Fabrication of two-dimensional hybrid sheets by decorating insulating PANI on reduced graphene oxide for polymer nanocomposites with low dielectric loss and high dielectric constant. *J. Mater. Chem.* **22**, 23477–23484 (2012).
14. Tian, M. *et al.* Electromechanical deformation sensors based on polyurethane/polyaniline electrospinning nanofibrous mats. *Synth. Met.* **219**, 11–19 (2016).
15. Ali, M. A. *et al.* Graphene coated piezo-resistive fabrics for liquid composite molding process monitoring. *Compos. Sci. Technol.* **148**, 106–114 (2017).
16. Cheng, X. *et al.* Highly conductive graphene oxide/polyaniline hybrid polymer nanocomposites with simultaneously improved mechanical properties. *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.* **82**, 100–107 (2016).



# Elektrodepozisyon Yöntemiyle Bakır Kaplanmış Karbon Fiberlerin Geliştirilmesi

HİÇYILMAZ SEZER Ayşe<sup>1</sup>, ÜNSAL Ömer Faruk<sup>1</sup>, BEDELOĞLU Ayşe<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bursa Teknik Üniversitesi, Polimer Malzeme Mühendisliği  
[ayse.bedeloglu@btu.edu.tr](mailto:ayse.bedeloglu@btu.edu.tr)

## AMAÇLAR

Bu çalışmanın amacı, otomotiv ve savunma sanayisinde elektromanyetik kalkanlama uygulamalarında kullanılmak üzere iletkenliği artırılmış bakır kaplanmış karbon fiber katkıların geliştirilmesidir.

## KAYNAKLAR

- <sup>1</sup> Kuruvilla J, Runcy W, Gejo G. 2019 Materials for Potential EMI Shielding Applications: Processing, Properties and Current Trends Elsevier.
- <sup>2</sup> Rahaman M, Khastgir D, Aldabahi AK. 2019 Carbon-Containing Polymer Composites Springer.
- <sup>3</sup> "Controlling the EMI effects of aircraft avionics" Nakauchi E. <https://www.aerospacemanufacturinganddesign.com/article/amd0415-aircraft-avionics-emi-effects/>, Son erişim tarihi: 01.05.2021.
- <sup>4</sup> Vassilev A, Ferber A, Wehrmann C, Pinaud O, Schilling M, Ruddle AR, 2014."Magnetic field exposure assessment in electric vehicles". IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, (57),1,35-43.
- <sup>5</sup> Tanaka Y, Koichiro K, Tanaka S, Kenji S, inventorsElectromagnetic shielding product. Japan2020.
- <sup>6</sup> Mutoh N, Nakanishi M, Kanesaki M, Nakashima J, 2005."EMI noise control methods suitable for electric vehicle drive systems". IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, (47),4,930-7.
- <sup>7</sup> ŞİRKETİ GEA, inventorElektronik Devre Kartlarının Elektromanyetik Uygunluk Sağlanması Amacıyla Elektromanyetik Ekranlanması için Karbon ile Kaplama Yöntemi Türkiye1999.
- <sup>8</sup> "Electromagnetic compatibility in Electric Vehicles- Sources of EMI and Guidelines to reduce it" Kiranmai M. <https://circuitdigest.com/article/electromagnetic-compatibility-in-electric-vehicles>, Son erişim tarihi: 25.12.2019.
- <sup>9</sup> Bigg D, 1984."The effect of compounding on the conductive properties of EMI shielding compounds". Advances in Polymer Technology: Journal of the Polymer Processing Institute, (4),3-4,255-66.
- <sup>10</sup> Gupta S, Tai N-H, 2019."Carbon materials and their composites for electromagnetic interference shielding effectiveness in X-band". Carbon.
- <sup>11</sup> Huang Y, Xu Z, Shen J, Tang T, Huang R, 2007."Dispersion of magnetic metals on expanded graphite for the shielding of electromagnetic radiations". Applied physics letters, (90),13,133117.
- <sup>12</sup> Liu W, Huang Y-A, Wei L, Zhai Y, Zhang R-L, Tang T, et al., 2016."A Mössbauer investigation of nano-NiFe alloy/expanded graphite for electromagnetic shielding". Nuclear Science and Techniques, (27),6,127.
- <sup>13</sup> Wang R, He F, Wan Y, Qi Y, 2012."Preparation and characterization of a kind of magnetic carbon fibers used as electromagnetic shielding materials". Journal of Alloys and Compounds, (514),35-9.
- <sup>14</sup> Wang R, Wan Y, He F, Qi Y, You W, Luo H, 2012."The synthesis of a new kind of magnetic coating on carbon fibers by electrodeposition". Applied Surface Science, (258),7,3007-11.
- <sup>15</sup> Yang Y, Zhang B, Xu W, Shi Y, Zhou N, Lu H, 2004."Preparation and electromagnetic characteristics of a novel iron-coated carbon fiber". Journal of alloys and Compounds, (365),1-2,300-2.
- <sup>16</sup> Meng X, Wan Y, Li Q, Wang J, Luo H, 2011."The electrochemical preparation and microwave absorption properties of magnetic carbon fibers coated with Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> films". Applied Surface Science, (257),24,10808-14.
- <sup>17</sup> Deng X, Qiang C, 2013."Magnetic properties and microwave absorption properties of carbon fibers coated with FeCo alloy". International Journal of Materials Research, (104),2,157-61.
- <sup>18</sup> Wang L, He F, Wan Y, 2011."Facile synthesis and electromagnetic wave absorption properties of magnetic carbon fiber coated with Fe-Co alloy by electroplating". Journal of Alloys and Compounds, (509),14,4726-30.
- <sup>19</sup> Wan Y, Xiao J, Li C, Xiong G, Guo R, Li L, et al., 2016."Microwave absorption properties of FeCo-coated carbon fibers with varying morphologies". Journal of Magnetism and Magnetic Materials, (399),252-9.
- <sup>20</sup> Rohini R, Bose S, 2019."Electrodeposited carbon fiber and epoxy based sandwich architectures suppress electromagnetic radiation by absorption". Composites Part B: Engineering, (161),578-85.
- <sup>21</sup> Hua Z, Liu Y, Yao G, Wang L, Ma J, Liang L, 2012."Preparation and characterization of nickel-coated carbon fibers by electroplating". Journal of materials engineering and performance, (21),3,324-30.

- <sup>22</sup> Chou KS, Huang KC, Shih ZH, 2005."Effect of mixing process on electromagnetic interference shielding effectiveness of nickel/acrylonitrile–butadiene–styrene composites". *Journal of applied polymer science*, (97),1,128-35.
- <sup>23</sup> Shui X, Chung D, 2000."Submicron diameter nickel filaments and their polymer-matrix composites". *Journal of Materials Science*, (35),7,1773-85.
- <sup>24</sup> Torabinejad V, Aliofkhaezai M, Assareh S, Allahyazadeh M, Rouhaghdam AS, 2017."Electrodeposition of Ni-Fe alloys, composites, and nano coatings–A review". *Journal of Alloys and Compounds*, (691),841-59.
- <sup>25</sup> Tzeng S-S, Chang F-Y, 2001."EMI shielding effectiveness of metal-coated carbon fiber-reinforced ABS composites". *Materials Science and Engineering: A*, (302),2,258-67.
- <sup>26</sup> Darvishzadeh A, Nasouri K, 2021."Manufacturing, modeling, and optimization of nickel-coated carbon fabric for highly efficient EMI shielding". *Surface and Coatings Technology*, (409),126957.
- <sup>27</sup> Wang R, Yang H, Wang JL, Ma ZQ, Li FX, editors. *Preparation and characterization of conductive filler used for electromagnetic shielding materials*. Applied Mechanics and Materials; 2014: Trans Tech Publ.
- <sup>28</sup> Kim JT, Park CW, Kim B-J, 2017."A study on synergetic EMI shielding behaviors of Ni-Co alloy-coated carbon fibers-reinforced composites". *Synthetic Metals*, (223),212-7.
- <sup>29</sup> Tran TQ, Lee JKY, Chinnappan A, Loc NH, Tran LT, Ji D, et al., 2020."High-performance carbon fiber/gold/copper composite wires for lightweight electrical cables". *Journal of Materials Science & Technology*, (42),46-53.
- <sup>30</sup> Hage E, Costa S, Pessan L, 1997."Modification of the carbon fiber surface with a copper coating for composite materials with epoxy". *Journal of adhesion science and technology*, (11),12,1491-9.
- <sup>31</sup> Znati SA, Chedid N, Miao H, Chen L, Bennett EE, Wen H, 2015."Electrodeposition of Gold to Conformally Fill High Aspect Ratio Nanometric Silicon Grating Trenches: A Comparison of Pulsed and Direct Current Protocols". *Journal of surface engineered materials and advanced technology*, (5),4,207.
- <sup>32</sup> Ni JQ, Yu MH, Han KQ, editors. *Electroplating of Copper on the Continuous Carbon Fibers*. Materials Science Forum; 2017: Trans Tech Publ.
- <sup>33</sup> Sha J, Lv Z, Zu Y, Zhang Z, Wang S, Li J, et al., "EFFECT OF ELECTROPLATING PARAMETERS ON MICROSTRUCTURE OF COPPER COATING ON CARBON FIBERS USED FOR FABRICATION OF ALUMINUM MATRIX COMPOSITE".
- <sup>34</sup> Lu G, Li X, Jiang H, 1996."Electrical and shielding properties of ABS resin filled with nickel-coated carbon fibers". *Composites Science and Technology*, (56),2,193-200.
- <sup>35</sup> Chen H, Liu G, Xu C, Hou X, Liu Y, 2016."Copper@ carbon fiber composites prepared by a simple electroless plating technique". *Materials Letters*, (173),211-3.

# FARKLI KULLANIM ALANLARINA YÖNELİK İLETKEN İPLİK GELİŞTİRİLMESİ VE İNCELENMESİ

BAKIRTAŞ, Umut<sup>1</sup>, DÜLEK, Yasemin<sup>2</sup>, KESKİN, Gökçe<sup>3</sup>, ÖZTÜRK, Mustafa<sup>4</sup>, SAKALLI, Gamze<sup>5</sup>, ŞENER, Elif<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Ustaoglu Tekstil San. ve Tic. Ltd. Şti., Ar-Ge Merkezi  
[radcenter@ustaoglutekstil.com](mailto:radcenter@ustaoglutekstil.com)

## AMAÇLAR

Tekstil yüzeylerinin iletkenliğini geliştirme konusunda yapılacak çalışmalar için elektriksel iletken özellikte iplikler elde etmek.

## GİRİŞ

Bilim ve teknolojinin günlük yaşama olan yadsınamaz katkısı bir ülkenin kalkınması için kaçınılmaz bir husustur. Tekstil sektörü için akıllı tekstiller, her geçen gün çoğalan insan nüfusu ve ihtiyaçları için en etkili çıkar yoludur. Akıllı tekstillerin en önemli alanlarından biri olan elektriksel olarak iletken tekstiller, elektronik ve bilgisayar bilimlerinin gelişmesiyle farklı uygulama alanlarına sahiptir ve çeşitli ihtiyaçları karşılayabilecek ürünlerin imal edilmesi amacıyla dünya çapında hızla gelişmektedir.<sup>12</sup>

Elektriksel olarak iletken özellikteki tekstil yapıları; endüstri, askeri, uzay, tıp gibi birçok alanda kullanılarak, koruma, savunma, sağlık, iletişim, hesaplama, otomasyon amaçlı tekstil ürünleri olarak aktif rol almaya başlamıştır. Bu elektronik tekstiller günümüzde çoğalan insan ihtiyaçlarına endüstriyel anlamda yanıt verebilecek niteliktedirler. İlk olarak elektromanyetik koruma ve ısıtma amaçlarıyla kullanılmış olan elektriksel olarak iletken iplikler, daha sonraları güç transferi, sensörler, vericiler ve mikro denetleyicilerle uyarı kontrolleri sağlamada kullanılarak günümüzde çok farklı gereksinimleri yerine getirmektedir.<sup>13</sup>

Maddenin temel özelliklerinden bir tanesi elektrik akımını iletebilmesi veya iletememesidir. Bu özellikte göre maddeler iletken, yarı iletken ve iletken olmayan (yalıtkan veya dielektrik de denilir) diye sınıflandırılmaktadır. Elektriksel olayın ilk defa gözlemlenmesi, statik elektrik çalışmalarıyla başlamıştır. Bir Yunan filozofu olan Miletli Tales, M.Ö. 600'lü yıllarda, bir amber parçasının kumaşa sürtülmesi ile yüzeydeki tüyleri ve diğer ışık parçacıklarını çektiğini gözlemlemiştir. "Elektrik"

sözcüğü, asıl anlamı amber olan Yunanca kökenli "elektron" sözcüğünden gelmektedir. Tales'den sonra aradan geçen yaklaşık 2300 yıllık süre boyunca, insanoğlu elektrik olgusuyla pek ilgilenmemiştir. Sonraki çalışmalar, Stephen Gray'ın 1700'lü yılların başında bazı maddelerin elektriği iletebilirken, bazılarının iletemediğini gözlemlemesiyle başlamıştır.<sup>6</sup>

İletken lif ve iplikler, kendisi doğal olarak iletken olabilir veya sonradan iletkenlik kazandırılabilir. Elektriksel iletkenlik ya da yarı iletkenlik özelliği, liflere, farklı yöntemler ile kazandırılabilir. Bu yöntemlerden bazıları, metal levha veya bantlardan liflerin elde edilmesi<sup>1</sup>, farklı üretim ve çekim yöntemleri kullanılarak lif elde edilmesi<sup>10-7</sup>, liflerin metaller<sup>8-4</sup>, metal oksitleri veya tuzları, iletken karbon ve kendiliğinden iletken olan polimerlerle<sup>9-5</sup>, kesikli iletken liflerden veya iletken lif veya tellerin iletken olmayan tekstil lifleri ile birlikte eğrilmesi ile<sup>2</sup> çeşitli yöntemler kullanılarak muamele edilmesi olarak söylenebilir.

İletken iplikler gerek bir doku ya da yüzey oluşturmak amacıyla gerekse bağlantı yollarında kullanılmak üzere çokça tercih edilen iletken tekstil ürünlerinden biridir. İletken iplikler kullanılarak yapılan çalışmalar incelendiğinde, iletken ipliklerle ilgili en önemli kriterlerin metal oranı, iletkenlik, esneklik, biyoyuyluluk, mekanik dayanım, yıkanabilirlik, makede işlenebilirlik özellikleri olduğu görülmektedir.<sup>11</sup> Bu kriterlere ilave edilmesi gereken bir diğer kriter de fiyat kriteridir.<sup>3</sup>

Bu çalışmada özünde iletken olmayan ipliklerden, kolay elde edilebilir, maliyeti düşük ancak beklenen özellikleri karşılayabilecek iletken iplikler üretilmesi hedeflenmiştir.

1. BAKIRTAŞ, Umut (<https://orcid.org/0000-0002-1907-6166>)
2. DÜLEK, Yasemin (<https://orcid.org/0000-0002-9546-980X>)
3. KESKİN Gökçe (<https://orcid.org/0000-0002-6242-0305>)
4. ÖZTÜRK Mustafa (<https://orcid.org/0000-0002-1065-3019>)
5. SAKALLI Gamze (<https://orcid.org/0000-0001-5173-6593>)
6. ŞENER, Elif (<https://orcid.org/0000-0003-4426-7391>)

## DENEYSEL

### Malzeme

Üretilcek iplikler için kullanılan materyaller aşağıdaki gibidir.

35 Mikron Inox

50 Mikron Inox

### İplikler

150 Denye PES Tex Ymat Img

10/1 Ne Pes K. Elyaf Katlama

472 Denye Pes 2+1 Brode

1000 Denye 10/2 Pes K. Elyaf Brode

5000 Denye Yumuşak Kord

### Yöntem

Çalışma kapsamında, metal tel olarak farklı çaplarda (0,035 mm ve 0,05 mm) paslanmaz çelik (inox) ve farklı kalınlık ve filamandaki ipliklerle katlama işlemi yapılarak, elektriksel iletken iplikler elde edilmiştir.

## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Üretilen iplikler elektrik direnci, Fluke 289 C multimetre cihazı ile ölçülmüştür. İletken ipliklerin doğrusal direnci, santimetre başına ohm cinsinden ifade edilmiştir. 20 cm, 30 cm ve 50 cm iplik numunesi uzunluğu boyunca ölçümler alınmıştır. Tüm ölçümler üç kez tekrarlanmış ve ortalama doğrusal direnç değerleri hesaplanmıştır.

İletken İplikler	İplik Numarası (Denye)	Ortalama Direnç ( $\Omega/cm$ )
İPLİK 1	241	8,40
İPLİK 2	585	9,99
İPLİK 3	636	3,99
İPLİK 4	296	4,12
İPLİK 5	615	4,22
İPLİK 6	5631	6,34
İPLİK 7	298	4,25
İPLİK 8	467	1,97
İPLİK 9	797	2,15
İPLİK 10	1424	2,34
İPLİK 11	5736	2,50
İPLİK 12	374	3,65
İPLİK 13	1573	1,55
İPLİK 14	5730	1,58

Yukarıdaki tabloda verilen ipliklerin her birinin farklı dirençlerde olması nihai üründe istenilen elektriksel iletkenliğe sahip ürünler elde edilmesine olanak sağlar.

Tabloda farklı kombinasyona sahip iplikler olduğundan farklı iplik numaraları ve dolayısıyla farklı fiziksel test sonuçları mevcuttur. Bu sonuçların yanı sıra iletken olmayan ipliklerin inox ile katlama işlemi sonucunda iplik kalınlık değerlerinin değişimi de gözlemlenmiştir. Bu çeşitlilik ürün gamını genişletmek ve savunma sanayi, tıp, ulaşım gibi kilit sektörlerle yönelik yeni teknik tekstil üretim çalışmaları yapabileceği olanağı sağlamak için oldukça elverişlidir.

## GENEL SONUÇLAR

Çalışma sonucunda deneysel verilere bakıldığında görülmüştür ki; inox kullanımında çap ve kat arttıkça iletkenlik artmaktadır. Kullanım alanına göre, ihtiyaçlara uygun kalınlıkta ve iletkenlikte iletken iplik üretimi gerçekleştirilebilir. Bu durum, yeni çalışma alanları ve üretim konuları açmakla birlikte, ürün çeşitliliği anlamında da kullanım yelpazesini genişletmektedir.

## SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Çeşitli sektörler için tekstil ürünlerinde elektronik işlevselliğin kullanımını kolaylaştırmaya yönelik, uygun olan iletken iplikler üretilip, katma değeri yüksek yenilikçi ürünler geliştirilmesi hedeflenecektir.

## KAYNAKLAR

- [1] Anderson, K., Seyam, A., 2002, "The Road To True Wearable Electronics", JTATM, 2, 2, 1-20
- [2] Bedeloglu, A., Sünter, N., Bozkurt, Y. 2010. "Elektriksel Olarak İletken Tekstil yapıları, Üretim Yöntemleri ve Kullanım Alanları", Tekstil ve Mühendis, 79, 7-17.
- [3] Çetin, M. S., Erdem, D. 2019. "İletken İplik Alımında Etkili Kriterler Arasındaki İlişkilerin DEMATEL Yöntemi İle Belirlenmesi", Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi 17, 152-160.
- [4] De Rossi, D., Carpi, F., Lorussi, F., Paradisa, R., Scilingo, E.P., Tognetti, A., 2005, "Electroactive fabrics and wearable man-machine interfaces", in: Tao XM, (editör), Wearable Electronics and Photonics, UK: Woodhead Publishing
- [5] De Rossi, D., Santa, A.D., Mazzoldi, A., 1999, "Dressware: Wearable Hardware", Materials Science and Engineering: C, 7, 31-35.
- [6] Hummel, R.E. 2000. Electronic Properties of Materials. USA: Springer.
- [7] Kim, B., Koncar, V., Devaux, E., Dufour, C., Viallier, P., 2004, "Electrical and Morphological

1. BAKIRTAŞ, Umut (<https://orcid.org/0000-0002-1907-6166>)
2. DÜLEK, Yasemin (<https://orcid.org/0000-0002-9546-980X>)
3. KESKİN Gökçe (<https://orcid.org/0000-0002-6242-0305>)
4. ÖZTÜRK Mustafa (<https://orcid.org/0000-0002-1065-3019>)
5. SAKALLI Gamze (<https://orcid.org/0000-0001-5173-6593>)
6. ŞENER, Elif (<https://orcid.org/0000-0003-4426-7391>)

Properties of PP and PET Conductive Polymer Fibers”, *Synetic Metals*, 146, 2, 167-174

[8] Lu, G., Li, X., Jiang, H., 1996, “Electrical and Shielding Properties of ABS Resin Filled With Nickel-Coated Carbon Fibers”, *Composites Science and Technology*, 56, 2, 193-200.

[9] Mazzoldi, A., De Rossi, D., Lorussi, F., Scilingo, E.P., Paradisa, R., 2002, “Smart Textiles for Wearable Motion Capture Systems”, *AUTEX Research Journal*, 2, 4, 199-203.

[10] Pormfret, S.J., Adams, P.N., Comfort, N.P., Monkman, A.P., 1999, “Advances in Processing Routes for Conductive Polyaniline Fibers”, *Synthetic Metals*, 101, 1-3, 724-725.

[11] Rattfält, L., Lindén, M., Hult, P., Berglin, L., & Ask, P. 2007, “Electrical characteristics of conductive yarns and textile electrodes for medical applications”, *Medical & Biological Engineering & Computing*, 45(12), 1251-1257.

[12] Sünter, N. 2011. “İletken İpliklerin Üretim Yöntemlerinin ve Özelliklerinin İrdelenmesi”, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi.

[13] Vassiliadis, S., Provatidis, C., Prekas, C., Rangussi, M. 2005. “Novel Fabrics with Conductive Fibres”, *Intelligent Textile Structures- Application, Production & Testing International Workshop*, Thessaloniki-Greece

1. BAKIRTAŞ, Umut (<https://orcid.org/0000-0002-1907-6166>)
2. DÜLEK, Yasemin (<https://orcid.org/0000-0002-9546-980X>)
3. KESKİN Gökçe (<https://orcid.org/0000-0002-6242-0305>)
4. ÖZTÜRK Mustafa (<https://orcid.org/0000-0002-1065-3019>)
5. SAKALLI Gamze (<https://orcid.org/0000-0001-5173-6593>)
6. ŞENER, Elif (<https://orcid.org/0000-0003-4426-7391>)

# **CHAPTER 4**

## **COMPOSITES**

# Production of Polymer Based Nanoparticles, Nanocomposites and Hybrid Nanostructures and Their Applications

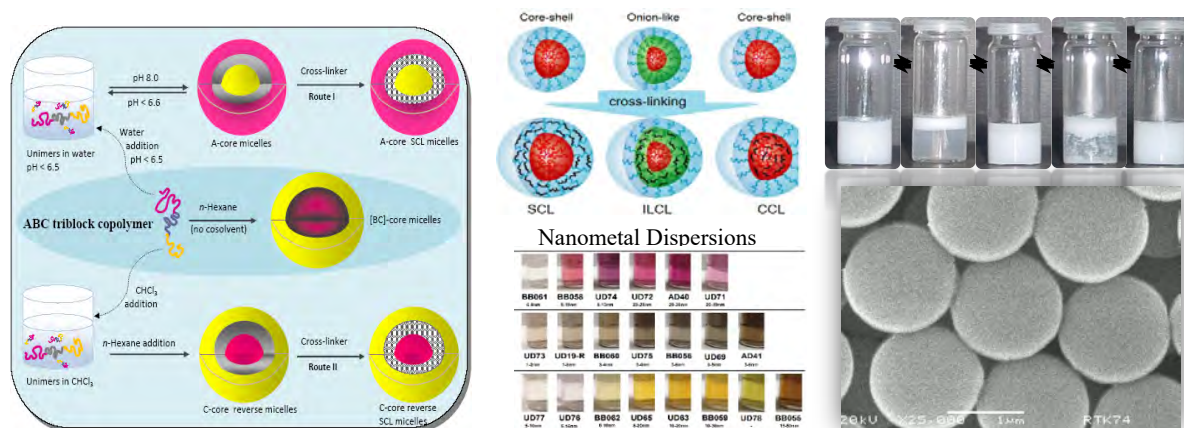
BÜTÜN, Vural

Department of Chemistry, Eskisehir Osmangazi University, Eskisehir 26480, Turkey

[vbutun@ogu.edu.tr](mailto:vbutun@ogu.edu.tr)

Our research group has a good experience on the synthesis and characterizations of different types of surface active water soluble copolymers [1-5]. Such polymers have been identified as stimuli-responsive or intelligent polymers having great response to external conditions. They can self-assemble into various nanostructures (micelles, reverse-micelles, flower micelles, gelation, flocculation, etc.) depending on a change of pH, temperature, ionic strength etc. Additionally, they have also provided a novel approach in “Layer by Layer” technology via formation of nanofilms on silica/glass surfaces [2]. It is also worth to mention that we are the first who reported a new class of stimuli-responsive block copolymers named as “schizophrenic block copolymer” in 1998. These types of block copolymers have great potential in producing various nano- and macrostructures such as shell cross-linked micelles [4], hydrogels, microgels [5], latexes, pickers, flocculants, nanometal dispersions and other hybrid nanostructures. They are getting more and more attention for various applications such as in biomedical technology (as antibacterial agents, drug carriers, controlled releasing systems etc), in sensor technology, in cosmetics, in surface coating...

Recently, we have focused on poly(glycidyl methacrylate) based block copolymers and their post modifications [6]. The derivative polymers can also be converted into different structures with further modifications. They can self-assemble and form core-shell micelles depending on solution conditions. To keep micelle nanostructure stable, cross-linking chemistry is most commonly preferred pathway which may result with the preparation of core cross-linked, shell cross-linked or intermediary layer cross-linked micelles [6]. These cross-linked micelles are good host for the production of nanometal dispersions with a diameter around 5 nm. They may also act as suitable drug delivery vehicles for the encapsulation and release of hydrophobic drugs. In summary, these copolymers are very useful as (i) stabilisers in heterogeneous polymerisations for the production of latex, microgel and nanometal dispersions, and (ii) great source for novel cross-linked micelles, hydrogels, antibacterial materials, LbL nanofilms, etc.



Various nanostructures of self-assembled stimuli-responsive and surface active polymers.

- BÜTÜN, Vural (ORCID No: 0000-0003-4542-5080)

## REFERENCES

- [1] Bütün V, Armes SP, Billingham NC, 2001, "Synthesis and aqueous solution properties of near-monodisperse tertiary amine methacrylate homopolymers and diblock copolymers", *Polymer*, 42, 5993-6008.
- [2] Erel-Goktepe I, et al., (a) 2012, "Hydrogen-bonded multilayers of micelles of a dually responsive dicationic block copolymer", *Soft Matter*, 8(3), 827-36; (b) 2014, "pH-responsive layer-by-layer films of zwitterionic block copolymer micelles", *Polymer Chemistry*, 5, 3777-87.
- [3] Bütün V, Billingham NC, Armes SP, 1998, "Unusual aggregation behaviour of a novel tertiary amine methacrylate-based diblock copolymer: Formation of micelles and reverse micelles in aqueous solution", *J. Am. Chem. Soc.*, 120(45), 11818-9.
- [4] Bütün V, et al, (a) 2006, "Synthesis and characterization of novel 'schizophrenic' water-soluble triblock copolymers and shell cross-linked micelles" *Macromolecules*, 39, 1216-25; (b) 2011, "Tertiary amine methacrylate-based ABC triblock copolymers: Synthesis, characterization and their self-assembling in both aqueous and nonaqueous media", *Macromol. Chem. Phys.* 1115-28; (c) Bütün V., *Stimuli-Responsive Water Soluble and Amphiphilic Polymers*, Ed. by McCormick CL, ACS Series, USA, Chapter 7, p115-139, 2001; (d) 2015, "Synthesis and stabilization of Pt nanoparticles in core cross-linked micelles prepared from an amphiphilic diblock copolymer", *Colloid Polym Sci.*, 293(12), 3563-3572.
- [5] Bütün V, et al., (a) 2011, "Novel multiresponsive microgels: Synthesis and characterization studies" *Langmuir*, 27, 12657-65; (b) 2015, "Multi-responsive microgel of a water-soluble monomer via emulsion polymerization". *J Appl Polm Sci*, 132(24), 42072-8.
- [6] Kocak G, et al. (a) 2019, "Modification of glycidyl methacrylate based block copolymers and their aqueous solution behaviours", *European Polymer Journal*, 110 , 364–377; (b) 2018, "Preparation of cross-linked micelles from glycidyl methacrylate based block copolymers and their usages as nanoreactors in the preparation of gold nanoparticles", *J. Polym. Sci.,Part A: Polym. Chem.*, 56, 514–526.



# Biocompatibility of Natural Fiber Reinforced Green Composite Protective Soft Armor Applications

TEMESGEN, Alhayat G. <sup>1\*</sup>, TURŞUCULAR, Ömer F. <sup>1</sup> EREN, Recep <sup>1</sup>, AYKUT, Yakup <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Textile Engineering, Engineering Faculty, Bursa Uludag University, Bursa, Turkey

Corresponding author: \* [mottaget@gmail.com](mailto:mottaget@gmail.com)

## PURPOSE OF THE STUDY

Nowadays most researchers and manufactures have been focused and interested on the utilization of plant fibers for the manufacturing of green composite materials used in different applications such as Agro textile, Geo textile and Military textile because of their abundantly available, low cost, light weight, good mechanical strength and biodegradability. Natural fibers have the potential to substitute petrochemical synthetic fibers. These are because of their inherent properties such as renewability and ecofriendly as compared with petrochemical fibers. Also, they consumed lower energy during processing than synthetic fibers. The developments of natural fiber reinforced green composites have ben becoming an attractive topics because of increasing environmental awareness and regulations. The aim of this research work was to found out an alternative agro waste fiber for the fabrication of light weight, sustainable and biologically degradable composite and to show an alternative materials for the manufacturing green armor. This study was focused to show an alternative agro waste enset fibers (fabrics) reinforced green composites used in low velocity and cost effective protective light weight armors were presented. For this study enset fiber (fabric) as a reinforcement and lab made acacia bio resin as a matrix elements were used for the manufacturing of green composite. The test results revealed that, the overall mechanical strengths of enset fabric reinforced green composite structures used armor manufacturing are lower than synthetic fiber. But, enset fiber (fabric) reinforced green composite structures would be considered as a good alternative for their low density, economic production, environmental friendly armor manufacturing and also their high strength to weight ratio. Enset fabrics reinforced composites have relatively lighter weight with a capacity to provide personal protection and used in armor vests.

**Key words:** Armor, Biocompatibility, Economic production, Enset fiber, Green composite.

## 1. INTRODUCTION

Manufacturing industries and researchers have been turned to increasingly sustainable, ecologically and economic production with the fast growth of technology. Apart from large amount of energy consumptions, environmental protection has been one of the top problems facing the current generation [1]. Novel approaches are needed now more than ever to either safeguard the environment or generate products, which are not damaging the ecosystem [1], [2]. The applications of natural fibers are growing in many sectors such as automobiles, furniture, packing and construction. Natural fibers are one such proficient material which replaces the synthetic materials and its related products for the abundantly available, light weight, low cost and energy conservation applications [3], [4]. Also, natural fibers have unique features such as high specific strength and their renewable resources absorb carbon dioxide, which mitigates environmental pollution [5]. The major problems of natural fibers as compared with synthetic fibers are their inherited hydrophilic properties and highly flammable which are limiting their successively utilizations in polymer reinforcement. Researcher and manufacturers have been applied different Surface treatments to overcome the limitation of natural fibers [5], [6]. Plant fiber reinforced biocompatible composite materials are growing rapidly as the potential substitute to the metal or ceramic based industrial products in different field of applications such as automotive, aerospace, marine, sporting goods, military and electronic industries [7]. Multilayered armor system (MAS) provides a protection against high impact speed projectile such as the caliber 7.62 mm. A typical MAS is basically composed of a front ceramic layer with the main purpose of absorbing most of the projectiles high impact energy [8]. The synthetic polymeric materials traditionally employed as MAS second layer, especially in vests for personal protection, are the aramid fabric laminate, commercially available as

Kevlar™ from Dupont [9],[10] or the ultra-high molecular weight polyethylene (UHMWPE), commercially available as Dyneema™ from DSM[ 11], [12]. Although the ballistic performance for individual safety is the major seek requirement in the development of MAS, cost might also be an important factor. This study was focused to show an alternative agro waste enset fibers (fabrics) reinforced green composites used in cost effective and protective light weight armors for ballistic was presented. It seeks to compile the test results and establish enset fiber (fabrics) or most plant fibers reinforced composites as an alternative to synthetic reinforced composites. Enset fabrics reinforced composites have relatively lighter weight with a capacity to provide personal ballistic protection and used in soft armor vests.

## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1. MATERIALS

Enset is the name used by the Amharic language for enset plant, which scientifically called *Enset Ventricosum* under *Musa family*. The fibers have length up to 5 meters, low cost, abundantly available, light weight, low density (1.2-1.3 g/cm<sup>3</sup>) and moisture content of 10%.[13] Plain woven fabrics were manufactured from enset fiber. Resin materials are prepared from acacia gum in laboratory.

### 2.1. METHODS

Hand layup green composite manufacturing technique was applied and specially design hand layup device was waxing and/or spreading the plastic sheet (polypropylene) on the mold, then the enset woven fabric as a reinforcing plies were cut into the desired size (30 cm x 30 cm) and spread on the mold. Lab prepared bio resins from acacia gums were applied on the surface of enset woven plies. The bio matrix was uniformly distributed into the woven fabrics by using roller (is used to removed excess bio resin and void space/air between the enset woven mats) and a known load of 12 Kg was applied (loaded) for 12 hour at room temperature after the desired layers were achieved as shown in Figure1. Finally, enset fabric reinforced green composites were cured at a temperature of 110 °C for 30 minutes by using RAPID-TAYLAN drying device.



**Figure 1.** Enset fabric reinforced composite

**Impact strength Test:** The Charpy impact strength test of enset fabric reinforced green composites was conducted by using ASTM D256 standards having a specimen dimension of 55mm x 10mm x 10mm. The impact strength of composite materials is fundamentally affected by the velocity of the impact test. Commonly the dynamic impact test is done by four type of velocity such as:-

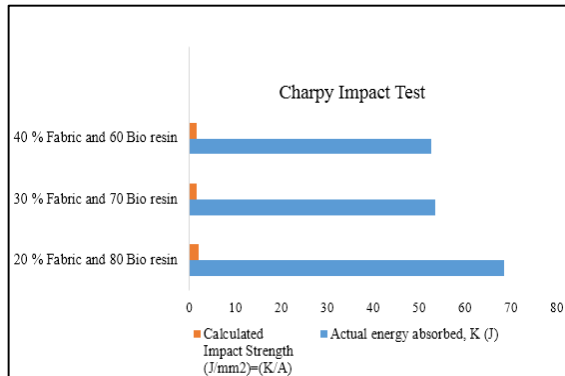
- ✓ Low velocity (1-10 m/s)
- ✓ High velocity (10-100 m/s)
- ✓ Ballistic (50-1000 m/s). Damage caused by ballistic impact (>500 m/s)
- ✓ Hypervelocity (> 2000 m/s) [14].

**Morphological Analysis:** EVO-40 Scanning Electron Microscopy (SEM) measurements were conducted for the examination of enset fabric reinforced composite structure before and after mechanical tests.

## 3. RESULTS AND DISCUSSIONS

### 3.1. Impact strength

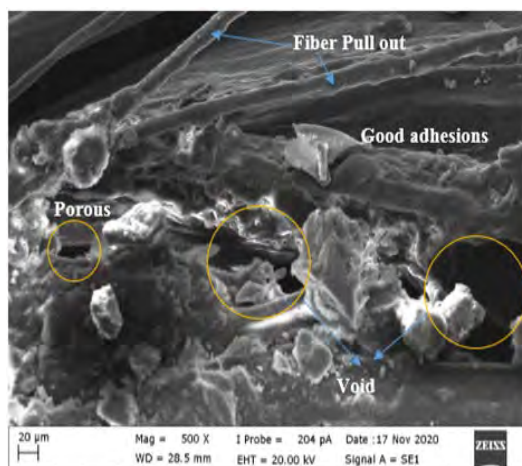
The impact strength variation was observed due to the difference in impact respond between enset fabric and bio rein materials. This test result indicated that the increased content of enset fabrics beyond the desired quantities during composite manufacturing were an ineffective to enhance or improve the brittleness of bio resin materials. The impact strength of enset fabric reinforced composite structures with bio resin materials were decreased with the addition of enset fabric amounts (contents) as indicated in Figure 2.



**Figure 2.** Impact strength test results: Effect of percentage of fabric content on impact absorption properties

### 3.2. Morphological analysis of green composite mechanical test

The morphological SEM view of enset fabric reinforced composite materials illustrated in Figure 3 revealed that, enset fabric reinforced composite structures were indicated that, there are a lot of smooth grooves (porosity) in the green composite structures. These porous and void structures resulted cracks were started and would be propagated until the enset fabrics and bio resins deboning. But the good interaction and interfacial bond between enset woven fabrics and bio resins have been limited these crack propagations. This properties would give a promising future of enset fabric (natural fibers reinforced composite) reinforced composite structure were used for light weight, ecofriendly and economic production of armor applications.



**Figure 3.** SEM view of enset fabric reinforced green composite structure after impact testing

### 3.3. Biodegradability analysis of green composite

Neat green composite samples were left under the soils for one year as shown in Figure 4a. After one year, the samples were picked from the soils and their weights and mechanical strengths were measured as shown in Figure 4b. After one year enset fiber reinforced composites were lost their weight by 50% as shown in Figure 4b.



**Figure 4.** Biodegradability test of textile materials reinforced composite in soil for one year a) Neat enset fiber reinforced green composite b) Green composite material after one year left in soil.

### CONCLUSION

This study was focused to show an alternative agro waste enset fibers (fabrics) reinforced green composites used as a cost effective, light weight and biodegradable protective armors applications. The partial applications of the enset fabric (Natural fiber) reinforced green composite materials have lower ballistic impact absorption as compared with most commonly used materials such as Kevlar, steel, ceramic or wood for a similar thickness, but they would limit their application to small mosaic pieces and achieved cost and environmental benefits. This research work was undergoing by using multilayer fabric, by incorporating nano particles in green composite structure and hybrid different types of natural and mineral based fibers reinforced composite structures.

### FURTHER WORK

Future aim of this research work was effectively utilizing different agro waste fibers as a new alternative reinforcing materials in green composite manufacturing. The biodegradability analysis of green composite were studied in detail. Moreover, our future work was focused on hybrid plant fibers with high performance fiber such as Kevlar, Nomex and UHMWPE and also incorporating nano particles to fabricate ecofriendly high performance military textiles by using different layers.

## ACKNOWLEDGMENTS

This research work was a part of Alhayat Getu TEMESGEN's PhD Thesis part doing in Bursa Uludag University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Textile Engineering. The Authors would like to express our deep gratitude and sincere thanks to Wollo University and Mehmet TIRİTOĞLU Bursa Uludag University, department of textile Engineering.

## REFERENCES

1. Kiruthika, A. 2017. "A review on physico-mechanical properties of bast fibre reinforced polymer composites". *Journal of Building Engineering*, **9**: 91–99.
2. Mochane, M. J., Mokhena, T. C., Mokhothu, T. H., Mtibe, A., Sadiku, E. R., Ray, S. S., Ibrahim, I. D., Daramola, O. O. 2019. "Recent progress on natural fiber hybrid composites for advanced applications". *eXPRESS Polymer Letters*, **13**(2): 159–198.
3. Sanjay, M. R., Arpitha, G. R., Naik, L., Gopalakrishna, K., Yogesha, B. 2016. "Applications of Natural Fibers and Its Composites". *Nat. Res.*, **7**(3):1-10.
4. Ho, M., Wang, H. and Lee, J.H., Ho, C.K., Lau, K.T. and Hui, D. 2012. "Critical Factors on Manufacturing Processes of Natural Fibre Composites". *Composites: Part B*, **43**, 3549-3562.
5. Gurunathan, T., Mohanty, S., Nayak, S. K. 2015. "A review of the recent developments in biocomposites based on natural fibres and their application perspectives". *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, **77**: 1–25.
6. Pickering, K. L., Efendy, M., Le, T. M. 2016. "A review of recent developments in natural fibre composites and their mechanical performance". *Applied Science and Manufacturing*, **83**: 98–112.
7. Thakur, V.K. and Thakur, M.K. 2014. "Processing and Characterization of Natural Cellulose Fibers/Thermoset Polymer Composites". *Carbohydrate Polymers*, **109**: 102-117.
8. Luza, F., Monteiro, S.N., Lima, E.S. Júnior, E. 2017. "Ballistic Application of Coir Fiber Reinforced Epoxy Composite in Multilayered Armor". *Materials Research*, **20** (Suppl. 2): 23-28.
9. Lee, YS, Wetzel, ED, Wagner, N. 2003. "The ballistic impact characteristics of Kevlar® woven fabrics impregnated with a colloidal shear thickening fluid". *J. Mater. Sci.*, **38**(13):2825-2833.
10. Cheeseman, B.A, Bogetti, T.A. 2003. "Ballistic impact into fabric and compliant composite laminates". *Composite Structures*, **61**(1-2):161-173.
11. Lee, B.L, Song, J.W, Ward, J.E. 1994. "Failure of Spectra® Polyethylene Fiber Reinforced Composites under Ballistic Impact Loading". *Journal of Composite Materials*, **28**(13):1202-1226.
12. Morye, S.S, Duckett, R.A, Ward, I.M. 2000. "Modeling of the energy absorption of polymer composites upon ballistic impact". *Composites Science and Technology*, **60**(14):2631-2642.
13. Temesgen, A.G., Eren, R. Aykut, Y. 2019. "Investigation and Characterization of Fine Fiber from Enset Plant for Biodegradable Composites". 17th National 3rd International the Recent Progress Symposium on Textile Technology and Chemistry, Bursa, Turkey: 356–360.
14. Razali, N., Sultan, M.T.H., Mustapha, F., Yidris, N. and Ishak, M.R. 2014. Impact damage on composite structures. *The International Journal of Engineering and Science*, **3**(7): 08-20.

# Improved Compressive and Interlaminar Shear Strength of Glass/Epoxy Composites Using Nanofiber Interleaving Technique

METİN, Fatih<sup>1</sup>, AVCI, Ahmet<sup>2</sup>, ESKİZEYBEK, Volkan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Metallurgical and Materials Engineering, Konya Technical University, 42075, Konya, Turkey

<sup>2</sup>Department of Biomedical Engineering, Necmettin Erbakan University, 42140, Konya, Turkey.

<sup>3</sup>Department of Materials Science and Engineering, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale 17100, Turkey

[fatihmetin64@gmail.com.tr](mailto:fatihmetin64@gmail.com.tr)

## PURPOSE

The effects of SiC-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles doped electrospun Polysulfone (PSF) nanofibers on compressive and interlaminar shear strength of glass/epoxy composite laminates were investigated in this study. Additionally, the influence of SiC-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles concentration on the mechanical strength of the PSF nanofibers was examined by performing the tensile tests of nanofiber mat strips.

## ORCID NUMBERS:

- METİN, Fatih (0000-0001-9876-1227)
- AVCI, Ahmet (0000-0002-1946-6260)
- ESKİZEYBEK, Volkan (0000-0002-5373-0379)

## LITERATURE

- [1] Mallick, P. K. 2007. Fiber-reinforced composites: materials, manufacturing, and design: CRC press.
- [2] Wang, R. M., S. R. Zheng, Y. G. Zheng. 2011. Polymer Matrix Composites and Technology: Elsevier Science.
- [3] De Schoenmaker, B., S. Van der Heijden, I. De Baere, W. Van Paepegem, K. De Clerck. 2013. "Effect of electrospun polyamide 6 nanofibres on the mechanical properties of a glass fibre/epoxy composite", *Polymer Testing*, 32(8), 1495-1501.
- [4] Palazzetti, R., A. Zucchelli. 2017. "Electrospun nanofibers as reinforcement for composite laminates materials – A review", *Composite Structures*, 182, 711-727.
- [5] Dzenis, Y., D. Reneker. 2001. "Delamination resistant composites prepared by small fibre reinforcement at ply interfaces", Patent US6265333 B, 1.
- [6] Molnár, K., L. Mészáros, E. Košťáková. 2014. "The effect of needleless electrospun nanofibrous interleaves on mechanical properties of carbon fabrics/epoxy laminates", *Express Polymer Letters*, 8(1), 62-72.
- [7] Daelemans, L., S. van der Heijden, I. De Baere, H. Rahier, W. Van Paepegem, K. De Clerck. 2016. "Using aligned nanofibres for identifying the toughening micromechanisms in nanofibre interleaved laminates", *Composites Science and Technology*, 124, 17-26.
- [8] Eskizeybek, V., A. Yar, A. Avci. 2018. "CNT-PAN hybrid nanofibrous mat interleaved carbon/epoxy laminates with improved Mode I interlaminar fracture toughness", *Composites Science and Technology*, 157, 30-39.
- [9] Saghafi, H., T. Brugo, G. Minak, A. Zucchelli. 2015. "The effect of PVDF nanofibers on mode-I fracture toughness of composite materials", *Composites Part B: Engineering*, 72, 213-216.
- [10] Beylergil, B., M. Tanoğlu, E. Aktaş. 2016. "Modification of Carbon Fibre/Epoxy Composites by Polyvinyl Alcohol (PVA) Based Electrospun Nanofibres", *Advanced Composites Letters*, 25(3), 69-76.
- [11] Li, G., P. Li, Y. Yu, X. Jia, S. Zhang, X. Yang, S. Ryu. 2008. "Novel carbon fiber/epoxy composite toughened by electrospun polysulfone nanofibers", *Materials Letters*, 62(3), 511-514.

[12] Li, G., P. Li, C. Zhang, Y. Yu, H. Liu, S. Zhang, X. Jia, X. Yang, Z. Xue, S. Ryu. 2008. "Inhomogeneous toughening of carbon fiber/epoxy composite using electrospun polysulfone nanofibrous membranes by in situ phase separation", *Composites Science and Technology*, 68(3-4), 987-994.

[13] Li, P., D. Liu, B. Zhu, B. Li, X. Jia, L. Wang, G. Li, X. Yang. 2015. "Synchronous effects of multiscale reinforced and toughened CFRP composites by MWNTs-EP/PSF hybrid nanofibers with preferred orientation", *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 68, 72-80.

# The Effect of Nanofiber Membrane Layers on Sound Absorption Properties of Glass Fiber Epoxy Composites

YÜKSEK, İLKAY ÖZSEV\*, ALTAY, PELİN<sup>1</sup>, UÇAR, NURAY<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Istanbul Technical University Textile Engineering Department

\* corresponding author: İlkay Özsev YÜKSEK, yukseki@itu.edu.tr

## PURPOSE

In this study, to investigate the potential use of nanofibers and glass fiber reinforced epoxy composites for reducing noise pollution, the sound absorption coefficients of nanofibers and glass fiber-based materials were investigated. Considering the enlarged usage of glass fiber reinforced epoxy composites, they were used with nanofiber webs of TPU and TPU/PS and the sound absorption coefficients were measured. As a result, higher sound absorption coefficient (SAC) was observed with using nanofiber webs with glass fiber reinforced epoxy composites. When the effects of TPU and TPU / PS composite nanofiber webs on the SAC of reference glass fiber reinforced epoxy composites are examined, it is observed that the SAC's of the samples containing TPU at frequencies below 4000 Hz and TPU / PS composite at frequencies higher than 4000 Hz are high, while very limited sound absorption was measured for glass fiber epoxy composite.

## INTRODUCTION

Nowadays, with the increase of urbanization, noise pollution, which can cause many symptoms such as sleep disorders, heart diseases, psychological disorders, has increased [1]. Accordingly, the use of sound-absorbing materials is becoming increasingly important. A diverse number of sound absorbing materials are in the market including porous materials containing channels, cracks etc. that allow the passage of sound waves [1]. Most of the porous structures used for sound absorption are fiber-based materials. These fiber-based materials consist of continuous filaments that trap air inside. Fiberglass, mineral wool, ceramic are some examples of these materials [2]. Some of the reasons for the use of porous materials in sound absorption are lower basis weight compared to metallic fiber-based materials, cost effectiveness, etc. [1]. Glass fiber reinforced polymer composites are being applied in many areas such as aircrafts, remote shuttles, automotive and electronics industries [3]. Lee et al.

examined the SACs of glass and flax reinforced epoxy composites and found that the increase in thickness in glass reinforced composites improved the SAC [4]. Nanofibers are also known to increase the SAC with their low fiber diameters [1,2,5]. In this study, the SACs of glass fiber-reinforced epoxy composites were aimed to be increased by using different nanofibers. For this purpose, 100% TPU and also TPU / PS composite nanofiber webs were produced by electrospinning method, placed on glass fiber reinforced epoxy composites and the SACs were measured and analyzed.

## EXPERIMENTAL

### Materials

The thermoplastic polyurethane (TPU) with 1.19 g / cm<sup>3</sup> density used in the production was supplied from Ravago and polystyrene (density of 1.05g/cm<sup>3</sup>) was derived from Sabic. Tetrahydrofuran (THF) and N-N dimethylformamide (DMF) were used as solvents from Merck. Plain weave glass fiber fabric with 2 weft / cm and 2 warp / cm densities and 500 g / m<sup>2</sup> basis weight, epoxy resin (F - 1564) and the hardener (F - 3487) for the experiments were purchased from Fibermak Composites.

### Methods

Production of nanofiber webs by electrospinning method: To observe the potential effects of nanofiber web properties on sound absorption, two different nanofiber structures, 100% TPU and TPU / PS nanofibers, were produced within the scope of the study. Nanofibers were produced in a single needle laboratory type electrospinning device. TPU nanofibers were produced with THF / DMF solvent using 10% TPU by weight with THF:DMF solution blend. Electrospinning solution for composite TPU / PS nanofibers was prepared using THF / DMF solution with TPU and PS. Nanofiber structures were

manufactured by using 15 cm distance, 10 kV voltage in electrospinning process. 2 ml/h was selected as feed rate.

**Glass fiber reinforced epoxy composite manufacturing with hand lay-up process:** Glass fiber reinforced composites used in the study were produced with hand lay-up method. Number of glass fiber fabric layers were selected as 6 for composite manufacturing. Curing time was determined as 48 hours. Composites were cut in CNC to proper dimensions for sound absorption measurements with impedance tube.

**Methods of analysis:** To observe nanofiber web morphologies, samples were first coated with Au<sup>+</sup>, then for imaging, microscopy analysis was conducted by using Tescan Vega-3 scanning electron microscope. Image J software was used to for measuring the fiber diameters. BIAS TestSens Impedance Tube (Figure 1) was used for sound absorption measurements as stated by ISO 10534-2 standard among 50-6400 Hz. Nanofibers were placed adjacent to glass fiber reinforced epoxy composites for the sound absorption coefficient (SAC) measurements which was performed with no air gap between sample and impedance tube.

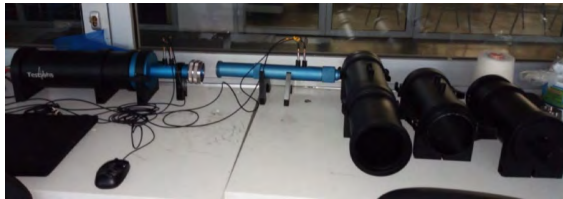


Figure 1. Impedance Tube (BIAS TestSens)

## RESULTS and DISCUSSION

As a result of the measurements performed using SEM analysis and Image J software, the average nanofiber diameter of TPU nanofibers was less than half of the average diameter of the TPU / PS composite nanofibers. The SACs of both nanofiber web incorporated, and reference composites are represented in Figure 2. As can be seen in the figure, the SAC of reference composite (glass fiber reinforced epoxy composite) was quite low. The assembly of nanofibers into the composite increased the SAC at almost all frequencies tested. It is known in the literature that nanofibers improve the SAC not only at low but also at high frequencies [6-7]. When the effects of TPU nanofibers and TPU / PS composite nanofibers on the SAC of glass fiber reinforced epoxy composites were examined, it was observed that the SACs of the nanofiber web/glass fiber reinforced epoxy composites produced with TPU at frequencies below 4000 Hz. On the other hand, the

SACs of the nanofiber web/glass fiber reinforced epoxy composites produced with TPU / PS composite at frequencies larger than 4000 Hz were high. The frequency differences where the maximum SAC is peaked might be caused by the relatively lower diameter of TPU nanofibers, the differences on maximum SAC value might be the difference in both polymers.

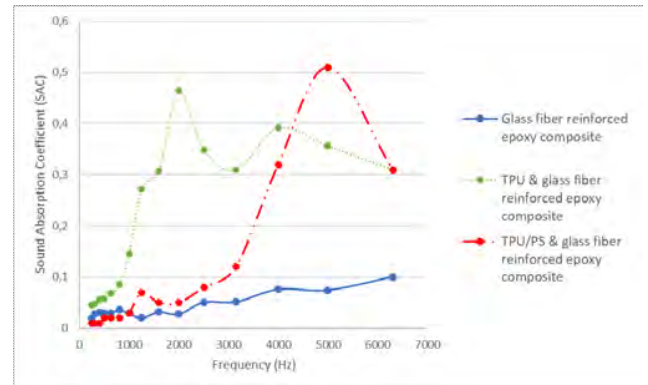


Figure 2. The SAC's of composites

## CONCLUSIONS

The overall conclusions of the study are as follows:

- TPU nanofibers and TPU / PS composite nanofibers, were obtained by a single needle electrospinning system. It has been seen that diameter of TPU nanofibers was less than half of the average diameter of the TPU / PS composite nanofibers.

- 6 layers of glass fiber reinforced epoxy composite was manufactured and according to sound absorption coefficient measurements, very limited sound absorption was observed.

- An enhancement in the SAC has been observed with the use of nanofibers on glass fiber reinforced composites. While the SAC was higher approximately below 4000 Hz frequency in case of TPU nanofibers, improved SAC was obtained at frequencies larger than 4000 Hz when TPU / PS composite nanofibers were used. The frequency differences where the maximum SAC is peaked might be because of the change in nanofiber diameters. The variation of the maximum SAC value between two nanofiber incorporated composites can be caused by the difference in polymers.



## FUTURE WORK

This study shows the effect of nanofiber webs to enhance the SAC of glass fiber reinforced composites. In future studies, altering the nanofiber, examining the effect of nanofiber thickness, studying the effect of polymers with similar diameters on the SAC will be performed.

## ACKNOWLEDGEMENT

We would like to thank to TUBITAK for support under the project 218M766.

## REFERENCES

- [1] Cao, Leitao & Fu, Qiuxia & Si, Yang & Ding, Bin & Yu, Jianyong. (2018). Porous materials for sound absorption. *Composites Communications*. 10. 25-35. 10.1016/j.coco.2018.05.001.
- [2] Arenas, Jorge & Crocker, Malcolm. (2010). Recent Trends in Porous Sound-Absorbing Materials. *Sound & vibration*. 44. 12-17.
- [3] Arumugam, Vellayaraj & Chelliah, Suresh & Santulli, C. & Sarasini, Fabrizio & Stanley, A.. (2011). A Global Method for the Identification of Failure Modes in Fiberglass Using Acoustic Emission. *Journal of Testing and Evaluation*. 39. 10.1520/JTE103730.
- [4] Lee, Hp & Ng, Benson & Rammohan, Abhishek & Tran, Le Quan Ngoc. (2016). An Investigation of the Sound Absorption Properties of Flax/Epoxy Composites Compared with Glass/Epoxy Composites. *Journal of Natural Fibers*. 14. 1-7. 10.1080/15440478.2016.1146643.
- [5] Wei Q and Gao D. (2012). Functional nanofibers in sound absorption, electromagnetic wave attenuation and bioreactor application. In Q. Wei (Ed). *Functional nanofibers and their applications* (pp 305-327). Woodhead Publishing.
- [6] Trematerra A, Iannace G, Nesti S, Peruzzi F. *Acoustic Properties of Nanofibers*. Forum Acusticum, 7 - 12 September 2014, Krakow
- [7] Ulrich T, Arenas J P. Sound absorption of sustainable polymer nanofibrous thin membranes bonded to a bulk porous material, *Sustainability*. 2020; 12; 6; 2361.
- 

- YÜKSEK, İLKAY ÖZSEV (ORCID ID: 0000-0002-7614-7549)
- ALTAY, PELİN (ORCID ID: 0000-0001-7888-9477)
- UÇAR, NURAY (ORCID ID: 0000-0002-4989-3271)

# Environmental Health Monitoring via Electrochemical Sensor Based on Conducting Polymer Nanocomposites

SADAK, Omer<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Electrical and Electronics Engineering, Ardahan University, Ardahan, 75000, Turkey

omersadak@ardahan.edu.tr

## PURPOSE

In this work, a nanocomposite made of gold nanoparticle and conducting polymers (polydiallyldimethylammonium chloride (PDDA) and polystyrene sulfonate (PSS)) functionalized graphene was employed for the detection of Arsenic which cause serious environmental and health problems.

**ORCID NUMBER:** SADAK, Omer (0000-0001-6717-9672)

## REFERENCES

1. Chakraborti D, Rahman MM, Mukherjee A, et al. Groundwater arsenic contamination in Bangladesh-21 Years of research. *J Trace Elem Med Biol.* 2015;31:237-248. doi:10.1016/j.jtemb.2015.01.003
2. Djerma M, Briggs RD, Smardon RC. Assessing arsenic occurrence in tube-wells water in Burkina Faso. 2015;1596132:81.
3. Fisher AT, López-Carrillo L, Gamboa-Loira B, Cebrián ME. Standards for arsenic in drinking water: Implications for policy in Mexico. *J Public Health Policy.* 2017;38(4):395-406. doi:10.1057/s41271-017-0087-7
4. Assirelli A, Ieffa S, Bernasconi R, Nobili L, Magagnin L. Graphene Based Materials for Arsenic Sensing and Removal from Contaminated Water. *Meet Abstr.* 2015;MA2015-01(40):2127-2127.
5. Colliver TL, Ewing AG. Electrochemical Detection of. Published online 2006:1-25. doi:10.1002/9780470027318.a5309
6. Wuana RA, Okieimen FE. Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation. *ISRN Ecol.* 2011;2011:1-20. doi:10.5402/2011/402647
7. Dai X, Nekraseova O, Hyde ME, Compton RG. Anodic stripping voltammetry of arsenic(III) using gold nanoparticle-modified electrodes. *Anal Chem.* 2004;76(19):5924-5929. doi:10.1021/ac049232x
8. Domínguez-González R, González Varela L, Bermejo-Barrera P. Functionalized gold nanoparticles for the detection of arsenic in water. *Talanta.* 2014;118:262-269. doi:10.1016/j.talanta.2013.10.029
9. Toor SK, Devi P, Bansod BKS. Electrochemical Detection of Trace Amount of Arsenic (III) at Glassy Carbon Electrode Modified with Au/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanocomposites. *Aquat Procedia.* 2015;4:1107-1113. doi:10.1016/j.aqpro.2015.02.140
10. Piech R, Kubiak WW. Determination of trace arsenic with DDTC-Na by cathodic stripping voltammetry in presence of copper ions. *J Electroanal Chem.* 2007;599(1):59-64. doi:10.1016/J.JELECHEM.2006.09.004
11. Profumo A, Merli D, Pesavento M. Voltammetric determination of inorganic As(III) and total inorganic As in natural waters. *Anal Chim Acta.* 2005;539:245-250. doi:10.1016/j.aca.2005.02.062
12. Rao Y, Li R, Zhang D. A drug from poison: how the therapeutic effect of arsenic trioxide on acute promyelocytic leukemia was discovered. *Sci China Life Sci.* 2013;56(6):495-502. doi:10.1007/s11427-013-4487-z
13. Forsberg G, O'Laughlin JW, Megargle RG, Koirtiyhann SR. Determination of arsenic by anodic stripping voltammetry and differential pulse anodic stripping voltammetry. *Anal Chem.* 1975;47(9):1586-1592. doi:10.1021/ac60359a057
14. Kato D, Kamata T, Kato D, Yanagisawa H, Niwa O. Au Nanoparticle-Embedded Carbon Films for Electrochemical As<sup>3+</sup> Detection with High Sensitivity and Stability. *Anal Chem.* 2016;88(5):2944-2951. doi:10.1021/acs.analchem.6b00136
15. Cinti S, Politi S, Moscone D, Palleschi G, Arduini F. Stripping Analysis of As(III) by means of screen-printed electrodes modified with gold nanoparticles and carbon black nanocomposite. *Electroanalysis.* 2014;26(5):931-939. doi:10.1002/elan.201400041
16. Laschi S, Bagni G, Palchetti I, Mascini M. As(III) voltammetric detection by means of disposable screen-printed gold electrochemical sensors. *Anal Lett.* 2007;40(16):3002-3013. doi:10.1080/00032710701645703
17. Niu X, Lan M, Zhao H, Chen C, Li Y, Zhu X. Review: Electrochemical Stripping Analysis of Trace Heavy Metals Using Screen-Printed Electrodes. *Anal Lett.* 2013;46(16):2479-2502.

doi:10.1080/00032719.2013.805416

18. Mays DE, Hussam A. Voltammetric methods for determination and speciation of inorganic arsenic in the environment-A review. *Anal Chim Acta*. 2009;646(1-2):6-16. doi:10.1016/j.aca.2009.05.006
19. Li C. ScholarWorks @ UMass Amherst Determination of Arsenic in Water by Potentially Portable Methodology. Published online 2013.
20. J. Turkevich; P.C. Stevenson; J. Hiller. Synthesis of Gold Nanoparticles Turkevich method. *Discuss Faraday Soc*. Published online 1951.
21. Sadak O, Sundramoorthy AK, Gunasekaran S. Highly selective colorimetric and electrochemical sensing of iron (III) using Nile red functionalized graphene film. *Biosens Bioelectron*. 2017;89:430-436. doi:10.1016/j.bios.2016.04.073

# Effect of damage size and test speed on compression after impact behavior of carbon/epoxy composites

AYTEN, Ali İmran<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Yalova University, Polymer Materials Engineering Department  
[aiayten@yalova.edu.tr](mailto:aiayten@yalova.edu.tr)

## PURPOSE

This study aims to determine the effects of damage size and compression test speed on compression after impact behavior of carbon/epoxy composites, numerically.

## INTRODUCTION

Polymer matrix composites are commonly exposed to impact loadings which caused to damage in composite structure. This damage reduces to mechanical properties of composites and makes them vulnerable against loading after damage. Compression after impact (CAI) test is a common test method to determine the strength of composite plates which subjected to out-of-plane impact loading. Fig.1 presents this methodology. Top plate applies a compression loading to the sample until the load drop observes. Then, stress-strain curve is obtained, and maximum strength can be determined. This strength value depends on material properties and speed of loading.

Cartie and Irving<sup>1</sup> determined that resin toughness is more effective on the CAI performance of quasi-isotropic CFRP laminates than fiber strength and stiffness. Gonzalez et al.<sup>3</sup> performed a series of simulation studies about low velocity impact and compression after behavior of composite plates. They obtained compatible results with experiments by means of constitutive damage modelling and denser mesh in impacted zone. Mendes and Donadon<sup>4</sup> numerically investigated compression after impact behavior of woven composite laminates. They modelled intralaminar and interlaminar damage by using two different modelling approaches which named as single shell model and split shell model. Delamination effects were neglected in single shell model while split shell model which uses delamination contact-logic includes delamination. They verified numerical results with experiments. Shell elements were combined to solid elements for considering delamination effect. Therefore, CAI strength of composites can be calculated at relatively low computational cost.

Wang et al.<sup>5</sup> investigated damage mechanism and buckling behaviors of carbon fiber composites which have three different laminate configurations with an anti-buckling apparatus. It was found that delamination pattern was affected by stacking

sequence. They determined that delamination propagation was not so affected by local buckling of thin laminates. Yang et al.<sup>6</sup> conducted an experimental and numerical study about in-plane compression response of woven CFRP composites. they determined that tensile and compression damage variables were similar due to the fabric structure. Also, CAI strength of composites increased with the decreasing impactor diameter because of small diameter caused to less damage area on the structure.

Carbon-fiber reinforced composite plates which has dimensions of 100x150x3 mm were defined in this study. Material properties which are needed for simulation are obtained from the literature. SECTION\_TSHELL card were used to define laminated structure of composite plate. Mechanical behavior of samples was investigated for three different test speeds and three different damage sizes.

## EXPERIMENTAL

### Material

Mat54 material model was used to define mechanical properties of T700/2510 unidirectional tape carbon fiber/epoxy composite (Feraboli et al.<sup>2</sup>). Mat54 material card also includes softening and degrading parameters to simulate damaged fibers. Material properties are presented in Table 1.

Table 1. Mat54 material model properties (Feraboli et al.<sup>2</sup>)

$\rho$ (ton/mm <sup>3</sup> )	1.52e-9
$E_a$ (MPa)	1.27e5
$E_b$ (MPa)	8410
$\nu_{ba}$	0.02049
$G_{ab}$ (MPa)	4210
<b>DFAILM</b> (%)	0.024
<b>DFAILS</b> (%)	0.03
<b>SOFT</b>	0.57
<b>FBRT</b>	0.5
<b>DFAILT</b> (%)	0.0174
<b>DFAILC</b> (%)	-0.0116
$X_c$ (MPa)	1470
$X_T$ (MPa)	2200
$Y_C$ (MPa)	199
$Y_T$ (MPa)	48.9
$S_C$ (MPa)	154
<b>BETA</b>	0.5

## Method

Numerical models were prepared in Ls-Prepost v4.8.6 software and solved by using Ls-Dyna solver. Fig.1 shows to definition of damage size in one of the samples. Hole in the Fig.1 represents to damage which occurs at the end of impact tests. Table 2 shows parameters which were used throughout study.

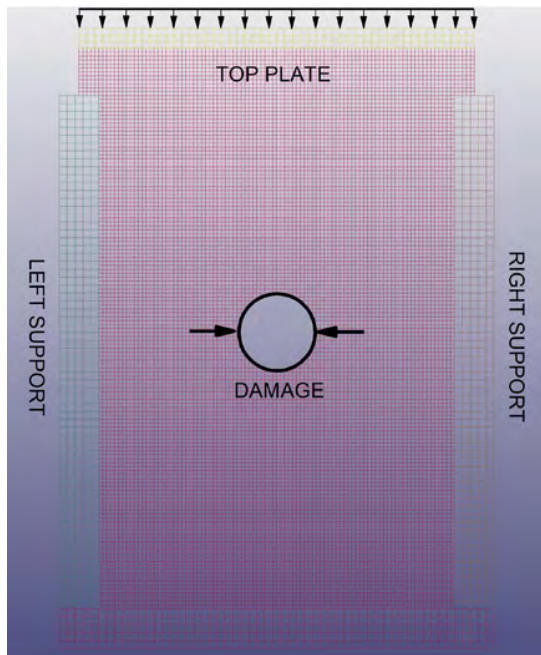


Figure 1. Numerical model and the definition of damage size in geometry

## NUMERICAL RESULTS AND DISCUSSIONS

Fig.2 and Fig.3 present to numerical results of all simulations. Graph of reaction forces of the nodes at the top and displacement of top plate was plotted. All samples showed extreme reaction force against a low displacement at the 125 mm/min test speed. Additionally, all samples showed the most rigid behavior in maximum test speed. This behavior may be originated from strain rate sensitivity of materials. Maximum CAI strength values of samples at different test speed can be shown in Table 2. It can be concluded from the Table 2 that effect of damage size decreases with the increasing test speed. Fig.3 can be shown as a proof for this statement. When 125 mm/min test speed results are investigated in Fig.3, it can be seen that all samples exhibited the same behavior against loading. On the other hand, sample having small damage diameter (D20) performed the most strength value because of it had the most of structural integrity.

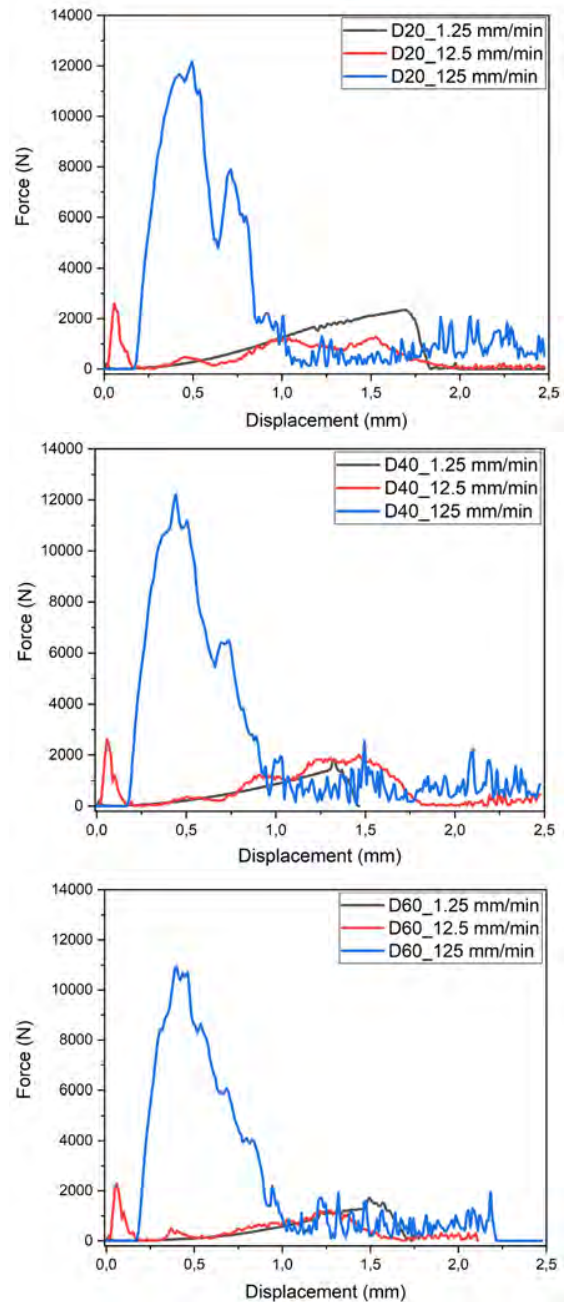


Figure 2. Effect of test speed on compression after impact response of samples

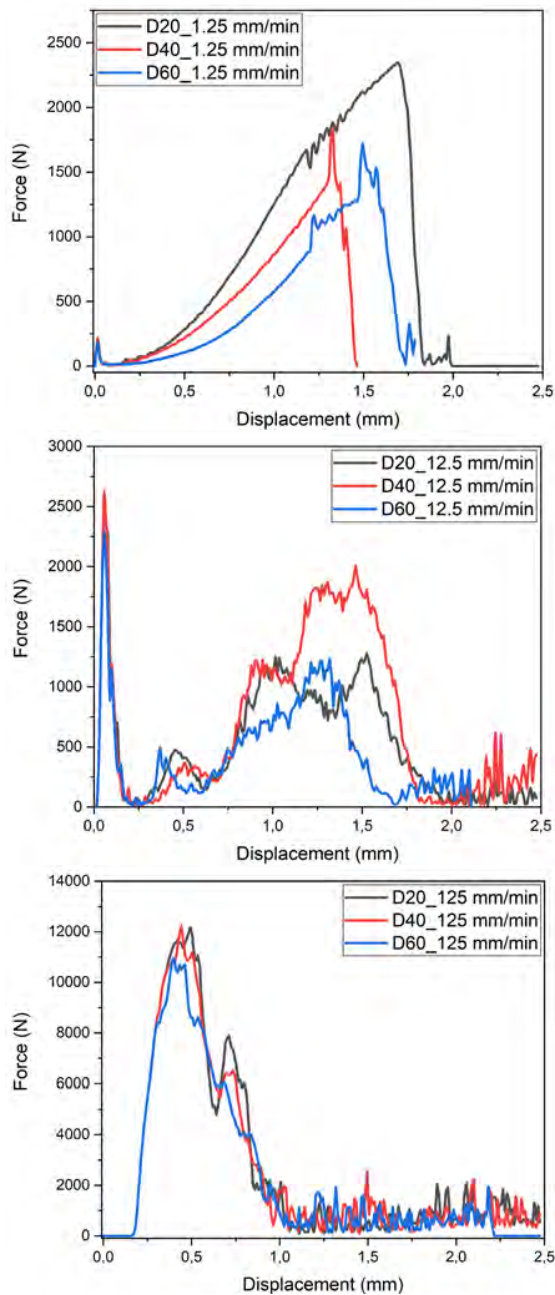


Figure 3. Effect of damage size on compression after impact response of samples

Table 2. Maximum compression strength values (MPa) of composite samples at different test speeds and damage size

	1.25 mm/min	12.5 mm/min	125 mm/min
20 mm	7.82	8.72	40.57
40 mm	6.11	8.75	40.75
60 mm	5.74	7.63	36.45

- AYTEN, Ali İmran (0000-0002-3948-3690)

## CONCLUSIONS

Effect of damage size and test speed on CAI behavior of CFRC were numerically investigated throughout this study. Obtained results can be summarized as:

- CAI strength values of sample are directly proportional with test speed because of higher test speed causes to higher reaction force.
- CAI strength of samples decreases with the increasing damage diameter at standard test speed 1.25 mm/min. As the test speed increases, effect of the damage dimension on CAI strength of samples decreases.

## SUGGESTION FOR FURTHER WORK

An experimental study can be thought as a further study by using same fiber and matrix materials. Then these results may be compared with numerical one.

## ACKNOWLEDGEMENTS/SOURCES OF FUNDING

This research received no specific grant from any funding agency in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

## LITERATURE

1. Cartie, D.D.R. and Irving, P.E. 2002. "Effect of resin and fibre properties on impact compression after impact performance of CFRP", *Composites: Part A*, 33, 483-493.
2. Feraboli, P. et al. 2011. "LS-DYNA MAT54 modeling of the axial crushing of a composite tape sinusoidal specimen", *Composites: Part A*, 42, 1809-1825.
3. Gonzalez, E.V. et al. 2012. "Simulation of drop-weight impact and compression after impact tests on composite laminates", *Composite Structures*, 94, 3364-3378.
4. Mendes, P.A.A.E and Donadon, M.V. 2014. "Numerical prediction of compression after impact behavior of woven composite laminates", *Composite Structures*, 113, 476-491.
5. Wang, X. et al. 2021. "Experimental investigation on damage mechanisms and buckling behaviors of thin composite laminates in compression after impact", *Composite Structures*, 256, 113122.
6. Yang, B. et al. 2021. "In-plane compression response of woven CFRP composite after low-velocity impact: Modelling and experiment", *Thin-Walled Structures*, 158, 107186.

# Expert skill of hand lay-up method in processing composites

Shuichi KATO<sup>1</sup>, Naoki SUGIYAMA<sup>1</sup>, Mari KIMURA<sup>2</sup>,

Yoshimichi FUJII<sup>3</sup> and Hiroyuki HAMADA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Kyoto Institute of Technology, <sup>2</sup>Nikken, <sup>3</sup>Kanazawa Institute of Technology,

<sup>4</sup>Multi-Layer Technology Institute, Japan

Hand lay-up molding is primitive Fiber reinforced Plastics processing method. In hand lay-up method a reinforced base material such as a glass mat is attached to a mold, impregnated with resin by hand using a roller, and laminated in a desired shape. Hand lay-up molding is widely used for large equipment and complex shaped products.

As the hand lay-up molding method involves all processes manually, therefore, there is a drawback that the physical properties of the molded product are affected by the skill level of the operator. The work performed by human hands contains a lot of tacit knowledge such as intuition and tips, and it is not possible to pass on quantitative techniques from skilled workers to unskilled workers, and it takes a long time to become a skilled worker. Therefore, there is a shortage of manpower because training for skilled workers is not carried out.

In this study, the aim was to find the tacit knowledge of skilled workers. The physical properties of hand lay-up molded products molded by workers with different levels of skill were investigated. In addition, the operation of the molding process of the molded product were analyzed and the relationship between physical properties and operation was discussed.

Results obtained are described as follows;

- 1) Mechanical properties in the bending test of the expert was the highest. In particular, the skilled person obtained an initial fracture stress about 2.4 times higher than that of the unskilled person.
- 2) From the cross-sectional observation, the expert was able to form the interface sufficiently, and the fiber bundle was also opened.
- 3) The expert moved the rollers for a long distance at regular intervals and made an arc-like movement.

# Otomotiv Uygulamalarında Termoplastik Semipreglerin Geliştirilmesi

KEMANECİ ÖZTÜRK, Sinem<sup>1</sup>, VAROL, Utku<sup>1</sup>, BOYACI, Bekir<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sun Tekstil Ar-Ge Merkezi, İzmir

[sinem.ozturk@suntekstil.com.tr](mailto:sinem.ozturk@suntekstil.com.tr)

## AMAÇLAR

Bu çalışmada; uzun cam ve karbon lif takviye malzemeleri, termoplastik matris malzemeleri ile birleştirilerek semipreg yapıların geliştirilmesi planlanmıştır. Kompozit malzemelerin üretimi, laminasyon yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiş, otomotiv sektörü için hafif ve seri üretime uygun malzemelerin elde edilmesi amaçlanmıştır.

## GİRİŞ

Günümüzde otomotiv firmalarının üzerindeki araç ağırlığının hafifletilmesine yönelik baskılar yeni alternatiflerin aranmasına sebep olmaktadır. Bu yüzden firmalar daha hafif ve aynı dayanıma sahip malzemeler üzerine çalışmalar yapmaktadır. Otomotiv sektöründe özellikle araçların hafifletilmesi amacı ile yürütülen bu çalışmalarda; yapısal dayanım gerektiren araç parçalarında, çelik yerine polimer kompozitlerin kullanımı en güncel çalışmalar arasındadır. Araç hafifledikçe yakıt tüketimi azalmakta bu da çevre açısından araç başına düşen yakıt tüketimini azaltarak CO<sub>2</sub> salınımını düşürmektedir.

Bu amaçlara uygun araçların %15'i hafifletilmiş termoplastik kompozitler kullanılarak üretilmektedir. İnovatif plastik ve kompozit malzemeler kullanılarak 100 kg hafifletilen bir araç, ömrü boyunca yaklaşık 750 L yakıt tasarrufu sağlamaktadır. Çok yönlü ve esnek kullanımı sayesinde yenilik ve tasarım özgürlüğü sunan termoplastikler; hafiflik, sağlamlık ve geri dönüşüm özelliği ile günümüz araçlarından beklenen özelliklerin birçoğunu karşılamakla beraber araçlardaki kullanım oranı da giderek artmaktadır.

Otomotiv sektöründe kullanılan gövde malzemelerinin maliyet açısından karşılaştırıldığı bir çalışmada, karbon elyaf kullanılarak %50'ye varan ağırlık kazancı elde edildiği görülmüştür<sup>1</sup>.

Baydar ve ark.<sup>2</sup>, termoplastik bir polimer olan polipropilen ile E-cam lifinin ara yüzey uyumluluğunu artırmak için maleik anhidrit kullanmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, ara yüzey uyumluluğu artmış kompozit malzemenin mukavemetinin %65 arttığı tespit edilmiştir.

- KEMANECİ ÖZTÜRK, Sinem (0000-0002-8370-7217)
- VAROL, Utku (0000-0002-7118-8210)
- BOYACI, Bekir (0000-0003-4557-0990)

Kumar ve ark.<sup>3</sup> yapmış oldukları çalışmada, kumaş takviyeli termoset kompozitlerin, yüksek rijitlik ve yüksek mukavemet özelliklerinin yanı sıra, yüksek yorulma dayanımından dolayı havacılık ve savunma alanlarında kullanıldığını bahsetmişlerdir.

Yapılan başka bir çalışmada sürekli elyaf takviyeli PP ve PA 6 matrisli kompozit levhalar kullanılarak otomotiv parçası uygulamaları için yapısal bir test parçası geliştirilmiştir. Çoklu kalıplama prosesi ile prototip üretilmiş ve üretilen numunelere eğme testi yapılarak mekanik deformasyon davranışları tespit edilmiştir<sup>4</sup>.

Termoset prepeglerde üretim esnasında yapıda hava akışı olmadığı için meydana gelen hava kabarcıkları mekanik özelliklerin düşmesine neden olur. Boşluk oranını azaltmak için, bir tarafı termoset reçine film kaplı diğer tarafı kuru olan kumaşlar (semipreg) kullanılarak prepeglerde %2-5 arasında olan boşluk içeriği % 0.5'in altına indirilmiştir<sup>5</sup>.

Otomotiv sektöründe enjeksiyon kalıplamaya uygun kısa elyaf takviyeli ve mineral termoplastik kompozit malzemeler kullanılmaktadır. Ancak firmaların daha hafif ve aynı dayanıma sahip malzemeler üzerine arayışları devam etmektedir. Son yıllarda kısa elyaf yerine uzun elyaf kullanımı, cam elyaf ve mineral yerine karbon elyaf kullanımı büyük önem kazanmıştır. Bu çalışma ile çıktı olarak pazarda kullanılacak korozyon dayanımı yüksek, geri dönüştürülebilir, seri üretime uygun, katma değeri yüksek bir kompozit malzeme üretilmesi planlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda cam ve karbon kumaş takviye malzemeleri; termoplastik matris malzemesi (poliüretan) ile laminasyon yöntemi kullanılarak birleştirilip semipreg malzemeler geliştirilmiştir.

## DENEYSEL

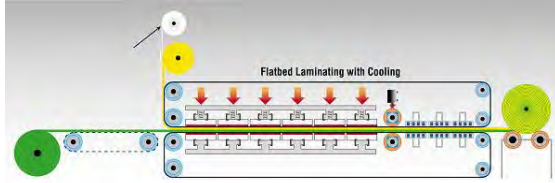
### Malzeme

Laminasyon prosesinde matris malzemesi olarak PONTACOL termoplastik PU (TPU) film ve PROCHİMİR PA termoadesive filmler kullanılmıştır. Semipreg ürünlerin takviye fazını oluşturan karbon kumaş, 160 gr/m<sup>2</sup> bezayağı dokuma olarak CARBOMİD firmasından temin edilmiştir. Cam iplikler ise ŞİŞECAM firmasından satın alınmıştır.



## Yöntem

Cam ipliklerden cam kumaşların üretimi, çözgürlü örme makinasında biaxial (0/90°) yatırımlı olarak TDU Savunma Sistemleri A.Ş.'de yapılmıştır. Cam ve karbon kumaşlar Reliant Flat-bed tipi laminasyon makinesinde termoplastik formdaki matris malzemeler ile birleştirilip semipreg yapılar üretilmiştir.

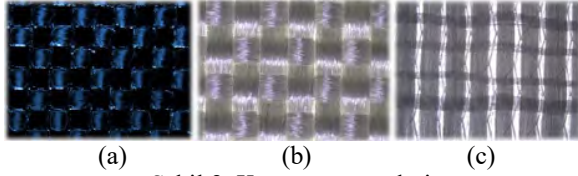


Şekil 1. Semipreg üretim süreci

Semipreg yapıların çekme dayanımları ASTM D3039 göre test edilmiştir. Üretilen tabakalı kompozit malzemelerin ISO 306 standardına göre Vicat yumuşama sıcaklıkları ölçülmüş ve malzemeler SAEJ2020 standardına göre 1000, 2000 ve 3000 saat yaşlandırmaya tabi tutulmuştur.

## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Çalışma ile elde edilen ürünlere ait görüntüler, sırasıyla, (a) karbon semipreg, (b) E-cam dokuma semipreg ve (c) E-cam biaxial semipreg olarak aşağıda verilmiştir.



Şekil 2. Kumaş görüntüleri

Tablo 1. Kompozit ürünlerin test sonuçları

Numune Adı	Çekme Dayanımı (MPa)	Vicat Değeri (°C)	Çekme Dayanımı (MPa)		
			1000 sa	2000 sa	3000 sa
Karbon fiber takviyeli kompozit	291	177	290	288	271
Cam fiber takviyeli kompozit	175	169	171	169	164

- KEMANECİ ÖZTÜRK, Sinem (0000-0002-8370-7217)
- VAROL, Utku (0000-0002-7118-8210)
- BOYACI, Bekir (0000-0003-4557-0990)

Karbon fiber ve cam fiber takviyeli TPU matris plakalı kompozit yapıların çekme dayanımı, Vicat testi ve yaşlandırma testi sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Elde edilen kompozit yapıların performans testlerinin sonuçlarının bu alanda kullanımı için uygun sonuçlara sahip olduğu görülmüştür.

Üretilen ve TDU Savunma Sistemleri bünyesinde geliştirilmiş biaxial cam kumaş, laminasyon hattında TPU film ile birleştirilerek elde edilen semipreg yapılara Bursa'da Sardis Otomotiv ve Kocaeli'nde Ayrıca, çalışma kapsamında Faraero Farform Oto. San. A.Ş. otomotiv parçası üreticilerinin ortaklığı ile kalıplı soğuk pres işlemi uygulanmıştır. Şekil 3'te gösterildiği gibi Ford'a ait bagaj kısmına ait kalıplarda denemeler yapılmış ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 3. Pres çalışması görüntüsü

## GENEL SONUÇLAR

Çalışma ile cam ve karbon elyaf takviyeli TPU matris plakalı kompozitlerin üretimi başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Mevcut hatlara göre seri üretim prosesine uygun laminasyon üretim hattı semipreg prosesi için yeni bir procestir. Elde edilen laminantların farklı otomotiv parça üretimi yapan firmalarda denenmesi, kompozit üretim yöntemlerinin araştırılması ve geliştirilmesi açısından bakıldığında kesintisiz, çevreci ve kısa çevrim süreli üretim yöntemi olarak laminasyon tekniğinin kullanımı literatüre kazandırılmıştır. Bu üretim hattından çıkan termoplastik matris yapılar, ısı ile değişim gösteren formları sayesinde presleme işlemine tabi tutularak otomotiv sektöründe şuan kullanılan termoplastik kompozit malzemelere alternatif olacaktır.

## SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

İlerleyen dönemlerde bu çalışmalar poliamid 6, polipropilen ve termoplastik olefin polimerleri kullanılarak gerçekleştirilecek ve üretim prosesindeki bazı parametreler (sıcaklık, basınç, ara yüzey uyumlaştırıcılar, yüzey modifikasyonları vb.) iyileştirilecektir.

## TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Bu çalışma, 1501-TÜBİTAK Sanayi Ar-Ge Projeleri Destek Programı kapsamında 3161152 no'lu proje ile TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. Destekleri için TÜBİTAK'a teşekkürlerimizi sunarız.

## KAYNAKLAR

1. Turner, T.A., Harper, L.T., Warrior, N.A. ve Rudd, C.D. 2008. "Low-cost carbon-fibre-based automotive body panel systems: a performance and manufacturing cost comparison", Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, 222 (1), 53-63.
2. Baydar D.G., Bekem, A., Doğu, M., Gemici, Z. ve Ünal, A. 2012. "Sürekli E-Cam elyaf takviyeli polipropilen kompozitlerin üretimi ve karakterizasyonu", Journal of Engineering Natural Sciences, Cilt 30, 120-132.
3. Kumar, K.V., Safiulla, M. ve Ahmed, A.K. 2013. "An experimental evaluation of fiber reinforced polypropylene thermoplastics for aerospace application", Journal of Mechanical Engineering, 43(2), 92-97.
4. Yerleşen, U., Şahin, S., Yıldırım, F.A. ve Öksüz, M. 2015. "Sürekli elyaf takviyeli PA6 ve PP matrisli kompozitlerin yapısal otomotiv komponent uygulamalarında incelenmesi. <https://docplayer.biz.tr/8826592-Surekli-elyaf-takviyeli-pa6-ve-pp-matrisli-kompozitlerin-yapisal-otomotiv-komponent-uygulamalarinda-incelenmesi.html>
5. Ness, D. ve Cronk, P. 2011. "Moulding Materials", EP 1 128 958 B2, Proprietor: Gurit (UK) Limited.

- KEMANECİ ÖZTÜRK, Sinem (0000-0002-8370-7217)
- VAROL, Utku (0000-0002-7118-8210)
- BOYACI, Bekir (0000-0003-4557-0990)

# Polisülfon Nanoelyaflar ile Güçlendirilmiş Polimer Nanokompozit Levhaların Mekanik Özellikleri

ÇOŞKUN Ömer<sup>1\*</sup>, EKREM Mürsel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Necmettin Erbakan Üniversitesi, Makine Mühendisliği  
[omercoskun1994@gmail.com](mailto:omercoskun1994@gmail.com)

## AMAÇLAR

Bu çalışmada elektro-eğirme metodu kullanılarak polisülfon (PSU) nanoelyaflar üretilmiştir. Üretilen bu PSU nanoelyafları üst üste 5, 10 ve 15 tabakalı olarak epoksi nanokompozit oluşturulmuştur. PSU nanoelyaf takviyeli epoksi nanokompozit malzemelerine, statik yükleme altında ASTM D 638-10 standardına göre çekme testleri yapılarak çekme dayanımları, elastiklik modülleri, toklukları ve birim şekil değişimleri incelenmiştir. Üretilen PSU nanoelyaflar ile güçlendirilmiş polimer nanokompozitler ile saf epoksi kompozitin mekanik özellikleri kıyaslanmıştır.

## GİRİŞ

Nanoteknoloji, boyuta bağlı özelliklerinden dolayı bilim dünyasında yeni kapılar aralanmasını sağlamaktadır. Endüstriyel gelişmelerin ve yeniliklerin birbirinden oldukça farklı olmasının sebebi farklı bilimsel alanların farklı örnekleri olduğundandır. Fakat bu alanlar birbiri ile oldukça ilişkili olup birbirlerine sıkı bir şekilde bağlıdır. Bu yüzden nano dünyayı anlayabilmek için nano boyuttaki araştırmaların ve çalışmaların disiplinler arası gerçekleştirilmesi gerekir<sup>7</sup>. Nanoölçekli fen ve mühendislik araştırmaları, son zamanlarda teknolojik yeniliklerin ve bilimsel araştırmaların heyecan verici yeni bir alanı olarak ortaya çıkmıştır. Bu araştırmalar disiplinler arası alan olan nanobilim ve nanoteknolojinin temelini oluşturmuştur.

Nano boyutta lif ve elyaf oluşturmak için çizme yöntemi, faz ayırma, kendiliğinden tutunma, eriyik püskürtme, lazer buharlaştırma, elektro eğirme gibi pek çok yöntem geliştirilmiştir<sup>1</sup>. Polimer esaslı nanoelyaf üretimi için en etkin yöntem elektro-eğirme yöntemidir. Bu yöntemle pek çok polimerden çapları 3 nm'den 1 µm ve üzerine kadar değişen kalınlıklarda sürekli nanoelyaflar elde edilmektedir. Nanoelyafların yapısı ve morfolojisi, polimer türü, çözelti konsantrasyonu, çözücü etkisi, uygulanan voltaj, şırınga ile toplayıcı arasındaki mesafe, çözelti besleme hızı ve elektrik iletkenliği gibi bir dizi parametre ile etkili bir şekilde kontrol edilebilir. Yüksek özgül yüzey alanı, yüksek en / boy oranı ve yüksek gözeneklilik gibi özelliklerden dolayı, Poliakrilonitril (PAN), Polivinil alkol (PVA), Naylon-6,6, elektro-eğirme teknolojisinin geliştirilmesinde bol miktarda polimer ve inorganik/polimer nanoelyaflar araştırılmıştır<sup>6; 10; 2; 3</sup>.

Bu nanoelyaflar filtrasyonda, nano-elektronikte, koruyucu giysilerde, kompozit malzemelerde, doku iskelesi, optik sensör vb. alanlarda dikkat çekici uygulamalar sergiler<sup>5; 8; 9; 12; 4; 11</sup>.

Bu çalışmada, elektro eğirme yöntemiyle polisülfon (PSU) nanoelyafların üretimi gerçekleştirildi. Üretilen PSU nanoelyaflar ASTM D 638-10 standardına göre hazırlanan kalıplara üst üste 5, 10 ve 15 tabakalı olarak epoksi matrisli nanokompozit malzemeler üretildi. 5, 10 ve tabakalı PSU nanoelyaf takviyeli epoksi nanokompozit levhalar, statik yükleme altında sabit çene hızında çekme testleri yapılarak çekme dayanımları, elastik modülleri, toklukları ve birim şekil değişimleri epoksi reçine ile karşılaştırılmıştır.

## MALZEME VE METOD

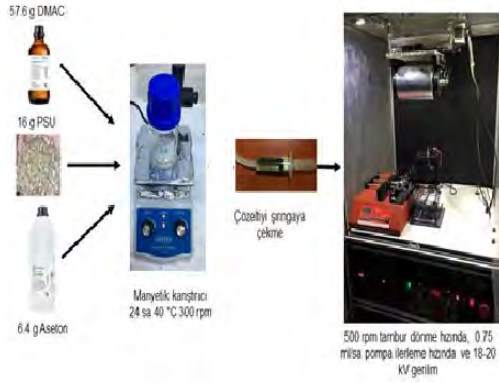
### Malzemeler

Çalışmamızda Polisülfon, CH<sub>3</sub>CON(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub> kapalı formülü ve (PSU, Mn = 22 000, granül), N, N-dimetil asetamid (DMAC) ve aseton, Sigma-Aldrich'den satın alınmıştır.

### PSU Nanoelyafların Üretimi

Çalışmalarımıza, elektro eğirme yöntemiyle PSU nanoelyafların üretimiyle başlanmıştır. Şekil 1'de görüldüğü gibi ilk önce PSU çözeltisi, 80 g Polisülfon çözeltisi için, ağırlıkça %20'lik Polisülfon (16 g), %72 dimetilasetamid (57.6 g), %8 aseton (6.4 g) 40°C'de homojen bir çözelti elde etmek için 300 rpm'de 24 saat boyunca mekanik karıştırıcıda karıştırılmıştır.

EKREM, Mürsel (Orcid No: 0000-0001-5324-7929)  
ÇOŞKUN, Ömer (Orcid No: 0000-0001-9752-1387)

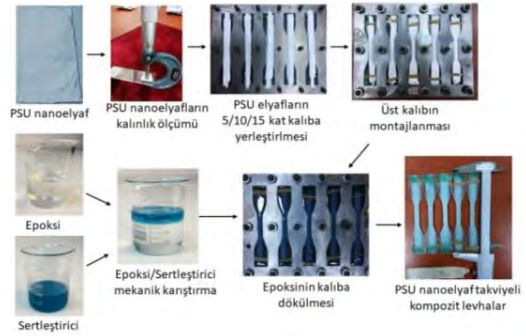


Şekil 1. Elektro-eğirme yöntemiyle PSU nanoelyafların üretim işleminin şematik gösterimi

PSU nanoelyaf çözeltileri hazırlandıktan sonra 20ml şırıngaya alınarak elektro eğirme düzeneğine yerleştirilmiştir. Yerleştirme işlemi yapılırken enjektör ile iğne ucuna kadar çözelti hava kalmayacak şekilde bağlandı. Elektro eğirme parametreleri uygulanan voltaj 18-20 kV, şırınga ile tambur arası mesafe 18 cm, çözelti besleme hızı 0,75 ml/h, tambur dönüş hızı 500 rpm ve oda sıcaklığı 23-26°C’de üretim gerçekleştirilmiştir.

### PSU Nanoelyaf Takviyeli Epoksi Nanokompozitlerin Üretimi

Deney numunesi üretilecek kalıp, 165x155 mm ebatlarında 5 mm kalınlığında tam dolu alt plaka ve 155x125x1 mm ebatlarında, ortası ASTM D 638-10 standartları doğrultusunda belirtilen ölçülerde boş tutulmuş, alt kalıp ve üst kalıp olarak adlandırılan 2 kalıp olmak üzere toplam 3 parçadan oluşmaktadır (Şekil 2). Kalıp her üretim sonunda 5 deney numunesi verecek şekilde tasarlanmıştır. Hazırlanan bu kalıplara ilk aşamada epoksi reçinenin yapışmaması ve kalıbın alt ve üst kalıpların birbirinden kolay ayrılabilmesi için kalıp ayırıcı sürülmüştür. Elektro-eğirme yöntemiyle üretilmiş ve kalıba yerleştirilmeye uygun olarak 8x125 mm ebatlarında kesilen bu PSU nanoelyaflar alüminyum folyodan ayrıştırıldı. PSU nanoelyafların kalınlıkları hem mikrometre ile hem de komparatör yardımıyla 0.12 µm olarak ölçüldü. Kesilmiş ve alüminyum folyodan ayrılmış olan nanoelyaflar kalıp içerisine üst üste konularak 5, 10 ve 15 katman olacak şekilde kalıba yerleştirildi.



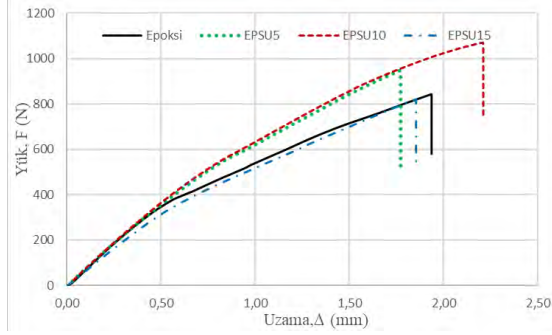
Şekil 2. PSU Nanoelyaf Takviyeli Epoksi Nanokompozitlerin Üretimi

Bu çalışmada epoksi reçine olarak MGS-L160 laminasyon reçinesi kullanıldı. Kürleştiricisi ise MGS-LH160 %70-90 sikloalifatik amin ve % 10-30 polioksil alkil amin karışımıdır. Reçine/kürleştirici ağırlıkça 100:25 oranında karıştırılmıştır. Kalıplara üst üste 5/10/15 katman olacak şekilde yerleştirilen nanoelyafların üzerine epoksi reçineler enjektör vasıtasıyla Şekil 2’de gösterildiği gibi ilave edilmiştir. PSU Nanoelyaf takviyeli epoksi nanokompozitlerin içerisinde bulunan hava kabarcığının giderilmesi için kademeli olarak sırasıyla 0,5, 0,3 ve 0,2 bar vakum basınç altında 10’ar dk vakum fırından tutulmuştur. Daha sonra ön kürlenme yapılması için 0,2 bar vakum altında ve 24 saat oda sıcaklığında vakum fırında tutulmuştur. Ardından son olarak 15 saat süre ile 80°C’ de son kürlenmesi yapılarak işlemler tamamlanmıştır.

### SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Epoksi malzeme ve PSU nanoelyaf takviyeli nanokompozit malzemeler, 2 mm/ dk sabit çene hızında ve oda sıcaklığında çekme testleri gerçekleştirilmiş ve bu çekme testi sonucunda kuvvet-uzama grafikleri elde edilmiştir (Şekil 3). Nanokompozit malzemelerin çekme deneyleri için Necmettin Erbakan Üniversitesi Makine Laboratuvarındaki Shimadzu AGS-X çekme test cihazı ile Trapeziumx yazılımı kullanılmıştır.

Nanoelyaf takviyesi olmayan epoksi malzemenin maksimum yüklemesi 842.88 N iken, beş kat polisülfon takviyeli epoksi kompozit (EPSU5) ve on kat polisülfon takviyeli epoksi kompozit (EPSU10) tabakalı nanokompozit malzemenin maksimum yüklemeleri sırasıyla %12 ve 27 artış ile 946.42 N ve 1070.05 N elde edilmiştir. Fakat on beş kat polisülfon takviyeli epoksi kompozit (EPSU15) tabakalı nanokompozit malzemede ise maksimum yüklemesi yaklaşık % 3 azalma göstermiştir.



Şekil 3. PSU nanoelyaf epoksi nanokompozitlerin kuvvet-uzama grafiği

Tablo 1’de epoksi ve PSU nanoelyaf takviyeli epoksi nanokompozitlerin mekanik özellikleri verilmektedir. Epoksi malzemenin çekme dayanımı 50.65 MPa iken 5 ve 10 katlı PSU nanoelyaf takviyeli sırasıyla % 12 ve 26 artış ile 56.91 MPa ve 63.69 MPa elde edilmiştir.

Tablo 1. PSU nanoelyaf takviyeli epoksi nanokompozitlerin mekanik özellikleri

Numuneler	Maks. Yükleme, (N)	Çekme dayanımı, (MPa)	Maks Birim Şekil Değişimi, (mm/mm)	Elastiklik modülü, (GPa)
Epoksi	842,88	50,65	0,0400	2.431
PSU 5 kat	946,92	56,91	0,0553	3.537
PSU 10 kat	1070,05	63,69	0,0842	2.821
PSU 15 kat	820,32	53,41	0,0420	3.875

## GENEL SONUÇLAR

Saf epoksi ve PSU nanoelyaf takviyeli nanokompozitlerde numunelerin 2 mm/ dk sabit çene hızında ve oda sıcaklığında çekme testi gerçekleştirildi. Testi sonucunda 842.88 N olan saf numune referans alındığında EPSU5, EPSU10, numunelerin maksimum kopma kuvvetleri sırasıyla %12 artışla 946.92 N, %27 artışla 1070.05 N olmuştur. EPSU15 numunesinde ise diğer numunelerin aksine %3 azalma ile 820.32N oluşmuştur.

Bunun yanında kopma kuvvetinin yanı sıra 10 kata kadar kullanılan elyaf lar da numunelerin kopma uzamaları artmıştır. Bu numunelerde maksimum kopma kuvvetinin ve kopma uzamasının aynı anda artması malzemelerin tokluk değerlerinin arttığını göstermiştir.

## SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Bu çalışmanın ileri safhaların da PSU çözeltilisine farklı oranlarda nanomalzemeler ekleyerek oluşturulan PSU nanoelyaf takviyeli nanokompozit levhaların çekme dayanımları, elastiklik modülleri, toklukları ve birim şekil değişimleri gibi parametrelerinde nasıl bir değişim olduğunu belirlemeyi hedeflemekteyiz.

## TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Bu proje, Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörü (No. 211319009) finansal desteğinden dolayı teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- Afshari, M., 2016, Electrospun nanofibers, Woodhead Publishing, p.
- Durmuş, F. ve Ekrem, M., 2017, Morphology Analysis and Mechanical Properties of MWCNT Reinforced Nylon-6, 6 Nanofiber Mats by Electrospun Method, *Solid State Phenomena*, 23-27.
- Ekrem, M., 2017, Mechanical properties of MWCNT Reinforced polyvinyl alcohol nanofiber mats by electrospinning method, *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 4 (2).
- Ekrem, M., 2019, The effects of carbon nanotubes added polyvinyl alcohol nanofibers on mechanical properties of carbon reinforced composite laminates, *Sādhanā*, 44 (8), 179.
- Gonzalez, J. S. ve Alvarez, V. A., 2014, Mechanical properties of polyvinylalcohol/hydroxyapatite cryogel as potential artificial cartilage, *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 34, 47-56.
- Li, P., Qiao, Y., Zhao, L. L., Yao, D. H., Sun, H. X., Hou, Y. F., Li, S. ve Li, Q., 2015, Electrospun PS/PAN fibers with improved mechanical property for removal of oil from water, *Marine Pollution Bulletin*, 93 (1-2), 75-80.
- Nouailhat, A., 2010, An introduction to nanoscience and nanotechnology, John Wiley & Sons, p.
- Saghafi, H., Zucchelli, A., Palazzetti, R. ve Minak, G., 2014, The effect of interleaved composite nanofibrous

- mats on delamination behavior of polymeric composite materials, *Composite Structures*, 109, 41-47.
- Shi, X. M., Zhou, W. P., Ma, D. L., Ma, Q., Bridges, D., Ma, Y. ve Hu, A. M., 2015, Electrospinning of Nanofibers and Their Applications for Energy Devices, *Journal of Nanomaterials*.
- Sinha, M., Das, B., Srivastava, A. ve Saxena, A., 2015, Study of Electrospun Polyacrylonitrile (PAN) and PAN/CNT Composite Nanofibrous Webs, *Research Journal of Textile and Apparel*, 19 (1), 36-45.
- Yıldırım, F., Ataberk, N. ve Ekrem, M., 2020, Mechanical and thermal properties of a nanocomposite material which epoxy based and reinforced with polyvinyl alcohol nano fibers contained multiwalled carbon nanotube, *Journal of Composite Materials*.
- Zhang, Y. G., Bakenov, Z., Tan, T. Z. ve Huang, J., 2018, Polyacrylonitrile-Nanofiber-Based Gel Polymer Electrolyte for Novel Aqueous Sodium-Ion Battery Based on a Na<sub>4</sub>Mn<sub>9</sub>O<sub>18</sub> Cathode and Zn Metal Anode, *Polymers*, 10 (8).

# GRAFENİN EPOKSİ MATRİS İLE MEKANİK ve FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZTÜRKMEN, Mahide Betül<sup>1</sup>, ÖZKUTLU DEMİREL, Merve<sup>1</sup>, ÖZ, Yahya<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Türk Havacılık ve Uzay Sanayii

[betul.konca@tai.com.tr](mailto:betul.konca@tai.com.tr), [merve.ozkutludemirel@tai.com.tr](mailto:merve.ozkutludemirel@tai.com.tr), [yahya.oz@tai.com.tr](mailto:yahya.oz@tai.com.tr)

## AMAÇLAR

Bu çalışmanın amacı nanomalzeme takviyesiyle polimerlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin iyileştirilmesidir. En güçlü malzemelerden biri olma başlığına sahip olan grafen, düzlemsel, iki boyutlu bir bal peteğinin kusursuzca dizilmesiyle oluşan iki boyutlu (tek atom kalınlığında) karbon allotropudur ve üstün özelliklere sahip bir nano materyal olarak tanımlanmaktadır. Grafenin bu üstün özellikleri göz önünde bulundurularak, grafen, havacılık standartlarına uygun ve oldukça yaygın olarak kullanılan termoset bir reçine içerisine katkılandırılarak reçineyi elektriksel olarak iletken ve mekanik dayanımı daha yüksek bir polimer haline getirmektedir.

## ORCID NUMARALARI

- Öz, Yahya (0000-0003-3784-0495)
- Özkutlu Demirel, Merve (0000-0002-3176-4842)
- Öztürkmen, Mahide Betül (0000-0001-6271-287X)

## KAYNAKLAR

Hirata, M., Gotou, T., Horiuchi, S., Fujiwara, M. and Ohba M. 2004. “Thin-film particles of graphite oxide 1: high-yield synthesis and flexibility of the particles”, Carbon, 42(14), pp. 2929–2937.

Novoselov, K.S., Geim, A. K. , Morozov, S. V. 2004. “Electric field in atomically thin carbon films”, Science, 306 (5696), pp. 666–669.

Yang, Q.H., Lu, W., Yang, Y.G., and Wang, M.Z. 2008. “Free twodimensional carbon crystal-single-layer graphene”, Xinxing Tan Cailiao/ New Carbon Materials, 23(2), pp. 97–103.

# Fındık Kabuğu ve Talk Dolgulu Polipropilen Kompozitlerin Mekanik ve Isıl Özelliklerinin İncelenmesi

CENGİZ, Ömer<sup>1</sup>, KARAGÖZ, İdris<sup>2</sup>, DEMİRER, Halil<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Yalova Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Polimer Malzeme Mühendisliği A.B.D.,<sup>2</sup>Yalova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Polimer Malzeme Mühendisliği Bölümü,<sup>3</sup>Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü  
[ocengiz77@hotmail.com](mailto:ocengiz77@hotmail.com)

## AMAÇLAR

Ülkemizde Karadeniz bölgesindeki iller başta olmak üzere bol miktarda fındık yetiştirilmektedir. Ülkemiz çiftçilerinin ürettiği fındık üretim miktarı, dünya fındık üretiminin %65-70' ini oluşturmaktadır. Bu miktarın büyük bir oranı ayıklanmış olarak satılmakta ve kabuk kısmı genellikle yakacak olarak kullanılmaktadır. Fındık kabuğundan aktif karbon yapılarak atık su arıtımında kullanılmış, iyi sonuçlar elde edilmesine rağmen aktif karbon üretiminin maliyetli olması vb. nedenlerle beklenen ilgiyi görmemiştir. Atık kabukların çok önemsiz bir kısmı pudra haline getirilerek çikolata gibi bazı gıda maddelerinde gıda katkı olarak kullanılmaktadır. Geriye büyük oranda yakılarak tüketilen atık fındık kabuğu kalmaktadır. Fındık kabuğunun selülozik esaslı olması, göreceli olarak sert bir yapıda olması, karakteristik bir renge sahip olması ve ülkemizde bol miktarda bulunması nedeniyle plastik matrisli kompozitlerde dolgu maddesi olarak kullanılabilir. Bu çalışmada; tarımsal bir atık olan ve atık halinde ülkemiz ekonomisinde bir katma değer üretmeyen fındık kabuklarının polipropilen matrisli polimer kompozitlerin üretiminde talk, SEBS ve SEBS-g-MA ile birlikte kullanılarak ısıl ve mekanik özelliklerin geliştirilmesi ve katma değeri yüksek olan doğa ile uyumlu bir ürüne (yeşil kompozitler) dönüştürülmesi amaçlanmıştır.

## GİRİŞ

Dünyadaki doğal kaynakların hızla azalması, çevresel kaygılar vb. nedenlere bağlı olarak sürdürülebilir ve geri dönüştürülebilir ürünlerin üretilmesi, günümüz endüstrisinin üzerinde önemle durduğu bir konudur. Son yıllarda, bu kapsamda düşük çevresel etki, geri dönüştürülebilir olması ve proses kolaylığı gibi nedenlerle termoplastik kompozitlerin üretiminde tarımsal gıda endüstrisi atıklarından veya yan ürünlerinden elde edilen doğal maddelerin kullanılmasıyla ilgili çok sayıda çalışma yapılmaktadır<sup>1</sup>. Kompozit sektöründe “yeşil kompozitler” olarak isimlendirilen bu çevreci çalışmalar, daha çok sürdürülebilir kaynaklardan gelen polimer vetakviye malzemelerinin (lif veya dolgu) kullanımı üzerine yoğunlaşmaktadır<sup>2,3</sup>. Yeşil kompozitler, doğal elyaftan (ahşap, kenaf, kenevir, keten, jüt, henequen, ananas yaprağı, sisal

vb.) ve reçinelerden oluşur. Reçineler ya petrol bazlı (epoksi ve ester reçine gibi) ya da doğal (soyafasulyesi ve nişasta gibi) olabilir. Yeşil kompozitlerden daha yüksek termal ve mekanik özellikler elde etmek için, SEBS<sup>4</sup>, kömür<sup>5</sup>, bazalt<sup>6</sup>, kalsiyum karbonat (CaCO<sub>3</sub>), perlit and potasyum dikromat<sup>7</sup> (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>), cam elyaf<sup>8</sup>, mika, kaolin, vollastonit, silika, grafit<sup>9</sup> gibi inorganik ve farklı organik katkıları<sup>10,11</sup> yapıya birlikte katılarak hibrid kompozitler üretilmektedir. Hibrid kompozitlerin üretiminde karşılaşılan en önemli problemler; istenilen mekanik özellikler için gerekli bileşimin doğru ayarlanamaması, yüksek maliyetler<sup>12,13</sup>, kötü işlenebilirlik, boyutsal kararlılık ve düşük süneklik<sup>9,14</sup> olarak ifade edilmiştir.

Fındık kabuğu karakteristik rengiyle nispeten sert selülozik yapıya sahiptir. Türkiye’de fındık kabuğu yaygın olarak Karadeniz bölgesinde bol miktarda elde edilir. Ancak genellikle evlerde ısınma malzemesi olarak kullanılır ve katma değeri olan bir çıktıya dönüştürülmez. Hem ülkemizde bol olması hem işleme kolaylığı gibi nedenlerle, plastik kompozitlerde doğal dolgu malzemesi olarak fındık kabuğu kullanılabilir.

Hidratlı magnezyum silikat olan ve üç tabakalı bir yapıya sahip olan talk, iki silika (SiO<sub>2</sub>) tabakası arasında kalan bir brusit (MgO.H<sub>2</sub>O) tabakasından oluşmaktadır. Üst üste üç tabaka konumunda birbirine yapışık olan talk tabakalarını zayıf Van der Waals tipi kuvvetler bir arada tutmaktadır. Minerale kayma gerilmesi etkideğinde, bu tabakalar birbirleri üzerin de kolayca kayabilmektedir.

Han ve ark.<sup>15</sup> cam küre ve CaCO<sub>3</sub> katkılı polipropilenin (PP) mekanik, reolojik ve proses özelliklerini bağlayıcı olarak silan ve titan bazlı ajanlar kullanarak incelemişlerdir. Bağlayıcı ajan ilavesi ile mekanik özelliklerde iyileşmeler görülürken eriyik vizkozitesi azalmıştır. Mitsuichi ve ark.<sup>16</sup> üç farklı parçacık büyüklüğündeki CaCO<sub>3</sub> dolgulu PP’ nin mekanik özelliklerindeki değişimi incelemişlerdir. Araştırmacılar, elastik modül ve gerilme dayanımının dolgu maddesi içeriğinin artmasıyla arttığı, dolgu maddesinin parçacık boyutunun artmasıyla ise azaldığını tespit etmiştir. Mülhaupt ve ark.<sup>17</sup> cam küre ve talk dolgusunun isotaktik ve sindiyotaktik polipropilenin mekanik ve



ısl özelliklerine etkilerini incelemişlerdir. En yüksek young modülüne gerilme dayanımı sindiyotaktik yapıdaki PP ile elde edilmiştir. Artan dolgu maddesi miktarıyla de PP' nin kristallenme derecesinin düştüğü tespit edilmiştir. Pukanszky ve ark.<sup>18</sup> üç farklı bağlayıcı ajan ile kaplanmış CaCO<sub>3</sub> dolgulu PP' nin yüzey özelliklerini incelemiş ve amino fonksiyonlu silanların dolgu maddesinin yüzeyine çok güçlü bir şekilde bağlandığı belirlenmiştir. Qiu ve ark.<sup>19</sup>, karışımında bağlayıcı ajan kullanıldığında ve kullanılmadığında talk dolgulu PP' nin mekanik ve kristallenme davranışını incelemişlerdir. Bağlayıcı ajan kullanımının, mekanik özellikleri, kristallenme oranını ve kristallenme sıcaklığını arttığı görülmüştür. Ferrage ve ark.<sup>20</sup> talkın PP' nin kristallenme davranışına etkisini incelemişlerdir. Talkın PP üzerinde çekirdekleştirici etkisi gösterdiği belirlenmiştir. Ishak ve ark.<sup>21</sup> talk, CaCO<sub>3</sub> ve kaolin dolgulu PP' nin mekanik ve yüzey özelliklerini incelemişlerdir. Dayanım ve sertlik olarak talkın diğer dolgulardan daha etkili olduğunu tespit eden araştırmacılar, üç dolgu maddesinin de çekirdekleştirici etkisi gösterdiğini belirlemişlerdir. Araştırmacılar farklı çalışmalarında<sup>22,23</sup> talk ve CaCO<sub>3</sub>'ün hibrit karışımları ve tek dolgu maddesi katkıkarışımları incelenmiş ve hibrit etkisinin olumlu etki gösterdiğini belirlemişlerdir.

Dalvag ve ark.<sup>24</sup> PP/ahşap tozu kompozitinden MAPP'ın birleştirici olarak kullanılması halinde çekme gerilimi, kopmada uzama ve Charpy darbe özelliklerinde iyileşmeler olduğunu tespit etmişlerdir. Jang ve ark.<sup>25</sup> PP içerisine kauçuk partikülleri kattıkları çalışmalarında, küçük partiküllerin büyük partiküllere oranla PP' nin darbe dayanımında daha etkili olduğunu gözlemlemişlerdir. Scott ve ark.<sup>26</sup> CaCO<sub>3</sub> ve silisyum oksit toz dolgulu PE kompozit sistemlerinin darbe dayanımı üzerinde modifiye edilmemiş EPDM ve maleik anhidritlenmiş EPDM ilavesinin etkisini incelemişlerdir. Oksman<sup>27</sup> SEBS-g-MA'yı PE/ahşap tozu kompozit sistemlerinde kullanmış ve darbe özelliklerinde iyileşmeler sağlandığını ve aynı zamanda SEBSg-MA'nın PE/ahşap tozu arasındaki bağlanmayı arttırdığını göstermiştir. Gatenholn ve ark.<sup>28</sup> MA' in PP/selüloz dolgu sistemlerinde çekme dayanımı ve darbe dayanımını etkilediğini tespit etmişlerdir. Myers ve arkadaşları<sup>29</sup> MAPP, kompozitin çekme dayanımı ve esnekliğinde pozitif etki gösterirken çentikli darbe dayanımında negatif etki yaptığını gözlemlediler. Myers ve ark. kompozit içerisindeki takviye miktarının artması ve aynı zamanda yüksek ekstrüzyon sıcaklıklarında ahşap tozlu dolgularının kırılabilirliklerinin artmasının darbe dayanımında biraz almaya neden olduğunu tespit ettiler. Stamhius<sup>30</sup> PP' ne SBS, SEBS, NBR, EVA ve EPDM ilave edilmesiyle darbe özelliklerinde bir iyileşme olduğu

fakat en iyi sonucun dolgu yüzeyinin katkısı ile kaplanması durumunda olduğunu belirtmiştir. Dao<sup>31</sup> ağaç tozu katkılı PP matris içerisine 0,1 ile 1 µm boyutları arasında değişen EPDM kauçuğu kullanmasının darbe dayanımını iyileştirdiğini tespit etmiştir. Bledzki ve ark.<sup>32</sup> sert ve yumuşak ahşap tozu ile takviye edilmiş PP' nin fizikomekanik özelliklerini üzerinde MAPP'ın düşük oranlarda çok daha etkili olduğu sonucuna varmışlardır. Matris içindeki dolgu partiküllerinin boyutu ve dağılımı kompozit özelliklerinde etkilidir. Küçük çok iyi dispers olmuş partiküller genellikle en iyi özellikleri sağlarlar. Küçük partiküller darbe dayanımının artması sonucu olarak çatlak ilerlemesini önlerler. Bununla birlikte topraklanma eğiliminden dolayı çok iyi partikül dispersiyonunu sağlamazdır. Darbe iyileştirici ilavelerin kompozitlerde PP'nin darbe dayanımını ve kopma uzamasında iyileşme sağlanmasına rağmen elastiklik modülünde düşmeye neden olduğu bilinmektedir. Maleik anhidritlenmiş darbe iyileştiriciler matris dolgu ara yüzeyinde oluşan bağın etkisini artırırlar. Darbe iyileştiriciler ve MAPP kombinasyonunun kullanılmasıyla, ahşap tozu partikülleri ve PP matrisinin dayanıklılığının artırılması yönünde çok iyi sonuçlar elde edilmektedir.

## DENEYSEL

### Malzeme

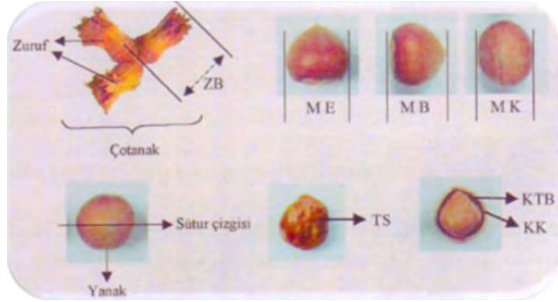
Deneysel çalışmalarda PP/FK (Fındık Kabuğu) karışımının hazırlanmasında matris malzemesi olarak, Petkim'in PETOPLN ticari ismi ile bilinen PP MH418 kodlu polipropilen kullanılacaktır. İzotaktik yapılı olan bu polimere ait mekanik, fiziksel ve ısl özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1.PETOPLN PP MH418 teknik özellikler

Özellik	Tipik Değer	Birim	Test Standardı
Yoğunluk	0,900	g/cm <sup>3</sup>	ISO 1183
MFI	6,015	g/10 min	ISO 1133
Sertlik	74	Shore D	ISO 868
Izod Çentikli Darbe Dayanımı	3,37	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 1801A
Elastiklik Modülü	870	MPa	ISO 527
Çekme Mukavemeti	31	MPa	ISO 527
HDT	57,2-87,5	°C	ISO 75.B
VICAT	155,6	°C	ISO 306'A

Bu çalışmada kullanılan **öğütülmüş fındık kabuğu** yapı itibariyle iki ana tabakadan oluşmaktadır. Dışta bulunan tabaka sert bir yapıda olup bu tabakanın içerisi yumuşak, gevşek birtabaka ile sarılı durumdadır. Öğütülmüş haldeki fındık kabuğu bu iki kısmı da bünyesinde barındırdığı için yumuşak kısım ayrıştırılacak ve çalışma da yalnızca sert kısmı kullanılacaktır.

Fındık kabuğu neme ve suya karşı oldukça duyarlıdır. Bu nedenle fındık kabuğu tozu, ekstrüderde işlenmeden önce etüde kurutulacaktır. Fındık kabuğunun şekline ait özellikler Şekil 1’de, verilmiştir.

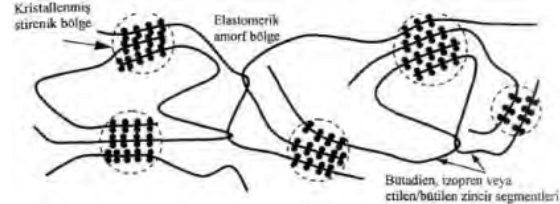


Şekil 1. Fındık kabuğunun şekli<sup>33</sup>

**Talk**, gerek sahip olduğu üstün fiziksel özellikleri, gerekse kullanıldığı yerlerde sağladığı avantajlar sebebiyle endüstri yaygın kullanılan bir çeşit magnezyum silikat mineralidir. Yassı, yapraklı yapısı sayesinde ısıya, elektriğe ve aside direnci çok yüksek olan talk için nihai kullanımlar, kimyasal ve mineralojik kompozisyon, parçacık boyutu ve şekli, özgül ağırlık, sertlik ve renk gibi değişkenler tarafından belirlenir. Talk, PP bileşiklerinin elastikiyet modülünü artırır ve böylece yapıların sertliği artar. Mineral dolgu maddelerinin ilavesi genellikle darbe direncini arttırmaz. Bununla birlikte, PP’de %5-10 oranında ince talk kullanılması gibi istisnalar vardır. Parçaların boyutsal olarak kararlı olması ve kalıplama sonrasında mümkün olduğunca az büzülme göstermesi önemlidir. Aynı şey termal genişleme için de geçerli olup, talk boyutsal stabilite sağlar. Saf, yumuşak talk, bir kayganlaştırma maddesi görevi görür ve böylece çizilmenin mekanik etkisini azaltır. Talk, polimerlerden dahayüksek ısı iletkenliği sağlar. Bileşiklerin ısıtılması ve soğutulması hızlandırılır, çevrim süreleri azaltılır ve üretkenlik geliştirilir. Talkın sertliğinin düşük olması aşınma değerlerinin aşırı düşüklüğü ve böylece proses sırasında takım ömrünün uzamasına neden olur. Özellikle saf, ince lamelli talklar polimerlerin sürünme direncini önemli ölçüde geliştirir.

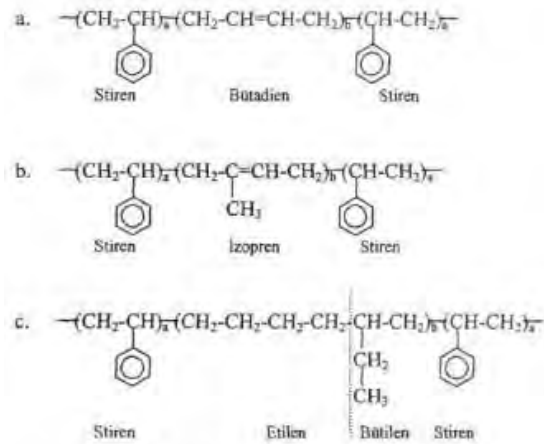
**SEBS:** Termoplastik esaslı malzemelerin darbe dayanımlarının artırılmasında elastomer olarak termoplastik elastomerlerin kullanılması yaygındır. Termoplastik elastomerler kauçuk özellik göstermekle birlikte termoplastik malzemeler gibi tekrarlı olarak ısıtılarak şekillendirilebilen malzemelerdir. Şekil 2’ de gösterildiği gibi; zincirlerinin belirli kısımları bir araya gelerek kristal bölgeleri oluştururlarken bu bölgelerin arasında kalan zincir segmentleri amorf yapıda bulunur ve malzemeye elastomerik özellik kazandırır. Termoplastik malzemeler ısıtıldıklarında fiziksel

çapraz bağlar oluşturan kristal bölgeler açılarak normal bir termoplastik malzeme gibidavranırlar.



Şekil 2. Termoplastik elastomere ait zincir yapısının şematik gösterimi<sup>33</sup>

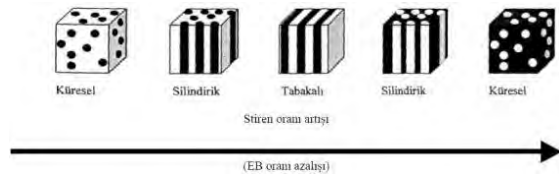
Blok kopolimer termoplastik elastomerler (TPE) stirenikler, polyesterler, poliüretanlar ve poliamidler olarak sıralanabilmektedir. Stirenik TPE’ ler sert stiren (S) ve yumuşak dien (E) gruplarının aniyonik polimerizasyonu ile üretilmektedir. Zincir yapılan kısaca (S-E)nX şeklinde gösterilmektedir (X, genelde 2 fonksiyonlu bağ noktasını ifade etmektedir, n=2). Soğuma sırasında zincir üzerindeki stiren grupları bir araya gelerek kristallenmekte ve fiziksel çapraz bağlar yapmaktadır. S-E-S termoplastik elastomerlerinde Şekil 3’ de görüldüğü gibi polidienler (E) olarak butadien (B), izopren (I) ve doymuş (hidrojene edilmiş) etilenbütillen (EB) grupları bulunmaktadır. Zincirleri üzerinde doymamış gruplara (butadien ve izoprendeki C=C bağları) sahip TPE’lerin kimyasal, ısıl ve U.V. dirençleri zayıf olup oksidasyona karşı hassasiyet göstermektedir. Bununla birlikte, SEBS gibi hidrojene edilmiş doymuş zincirlerden oluşan TPE’ler daha kararlı davranış göstermektedir.



Şekil 3. Stirenik blok kopolimerlerin zincir yapılan (sırasıyla a. SBS; b. SIS; c. SEBS) termoplastik elastomerleri<sup>33</sup>

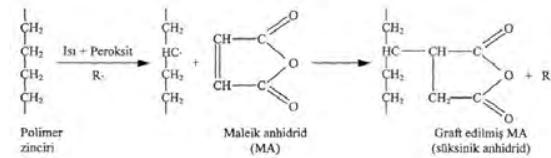
Zincir üzerindeki stiren oranlarının değişimi Şekil 4’ de görüldüğü gibi TPE’ in morfolojisini ve diğer

tüm özelliklerini etkilemektedir. Yüksekstiren oranlarına sahip TPE'ler daha sert ve rijid davranış gösterirken, stiren oranlarının azalmasıyla (EB oranlarının artmasıyla) daha tok ve elastomerik davranış göstermektedir. Katı durum NMR tekniği ile yapılan incelemelerde SEBS elastomerindeki kristallenmiş stiren bölgelerin 16 nm boyutunda silindirik bir morfolojiye sahip oldukları ve stirenik bölgelerden farklı olarak elastomerik EB fazın ara yüzeylerde oldukça hareketli olduğu belirtilmiştir.



Şekil 4. Stirenik TPE'lerde stiren oranı artışına göre morfoloji değişiminin şematik görünümü (beyaz bölgeler stiren, koyu bölgeler dien veya EB fazlarını göstermektedir)<sup>33</sup>

**SEBS-g-MA Elastomeri:** Çok-fazlı polimer sistemlerinde fazlar arasında ara yüzey etkileşimleri oluşturularak sistemlerin mekanik ve diğer özellikleri iyileştirilmektedir. Bu amaçla nötr durumdaki polimerlere genellikle reaktif ekstrüzyon yöntemi kullanılarak fonksiyonel gruplar grafit edilmekte (aşılınmakta) ve bu polimerlerin diğer fazlarla ara yüzey etkileşimleri meydana getirmesi sağlanmaktadır. Maleik anhidrid (MA) fonksiyonel grubunun bir polimer zincirine grafit edilme reaksiyonu Şekil 5' te verilmiştir.



Şekil 5. Maleik anhidridin polimer zincirine grafit edilme reaksiyonu<sup>33</sup>

## Yöntem

### Fındık Kabuğunun Öğütülmesi ve Elenmesi

Tombul cinsi fındıklardan (Giresun, Türkiye) elde edilen fındık kabukları, kırıcı/öğütücü değirmen (Akyol GRT-10BL Marka) kullanılarak öğütüldü. Kırma ve öğütme işlemi öncesinde fındık kabuğunda bir arada bulunan yumuşak ve sert kısımlar birbirinden ayrıldı. Kompozit hazırlamada kullanılacak olan dış kısımdan (sert kabuk) mümkün olduğu kadar küçük ölçüde tane boyutuna sahip fındık kabuğu tozu elde

edilmeye çalışıldı. Kırma işleminde kullanılan öğütücüye ait görüntü Şekil 6' da verilmiştir.



Şekil 6. Fındık kabuklarının öğütülmesinde kullanılan öğütücü değirmen<sup>34</sup>

Elde edilen fındık kabuğu tozları, oluşturulması düşünülen kompozitin mekanik özelliklerini negatif olarak etkileyebilecek çok geniş dağılıma sahip tanelerden meydana geldiğinden daha dar dağılımlı toz elde etmek amacıyla maksimum tane boyutu <100 mikron olacak şekilde elendi. Eleme işleminde kullanılan titreşimli elek makinesi ve fındık kabuğunun farklı boylarda sınıflandırılmasına ait görüntü şekil 7' de, eleme sonrası fındık kabuğunun toz halindeki görüntüsü Şekil 8' de verilmiştir.



Şekil 7. Fındık kabuklarının elenmesinde kullanılan cihaz ve eleme işleminin görüntüsü



Şekil 8. Eleme işlemi sonrası aynı boyutlarda (>100 mikron) sınıflandırılmış fındık kabuğu

#### **Fındık Kabuğu Karışımlarının Hazırlanması ve Ekstrüderde Granül Haline Getirilmesi**

FK tozu PP' ne karıştırılmadan önce 100°C'de 2 saat kurutuldu. Fındık kabuğu Tablo 1' de verilen ağırlıkça karışım oranlarına uygun bir şekilde terazide tartıldı. Ekstrüderin dozajlama ünitesine sahip olmaması nedeniyle karışımlar yaklaşık 100' er gramlık partiler halinde hazırlandı ve karışımın içine Tablo 1' de verilen karışım parametrelerine göre Talk, SEBS ve SEBS-g-MA eklenerek Şekil 9' da resmi verilen çift vidalı ekstrüderde (Gülmar, L/D=24) granül hale getirildi.



Şekil 9. Çalışmada kullanılan ekstrüder makinesi

Şekil 10' da ekstrüderin kafa çıkışına ait resim, Şekil 11' de ise kırılmış malzeme karışımlarının görüntüsü verilmiştir.



Şekil 10. Karışımların ekstrüde edilmesi



Şekil 10. Karışımların granül halinde hazırlanması

#### **Fındık Kabuğu Karışımlarının Enjeksiyonla Kalıplanması**

Tablo 1' de verilen oranlara göre, ekstrüderde granül haline getirilen PP/FK karışımları, enjeksiyonla kalıplama öncesi, içerisindeki nemin giderilmesi ve kalıplama esnasında gaz ve boşluk oluşturmaması amacıyla etüvde 100 °C sıcaklıkta iki saat kurutuldu. Kurutulmuş malzemeler 80 ton kapama gücüne sahip Engel marka enjeksiyon makinesi kullanılarak ISO 294'e uygun olarak çekme ve darbe numuneleri elde edildi. PP/FK karışımı granüllerin enjeksiyonla kalıplanması sırasında kullanılan parametreler Tablo 2'de, enjeksiyon makinesi ve kullanılan kalıplar

Şekil 11’ de, Kalıplanmış numunelerin görüntüsü Şekil 12’ de verilmiştir.



Şekil 11. Karışımların enjeksiyonla kalıplanmasında kullanılan makine ve test numunesi kalıpları



Şekil 12. Enjeksiyonla kalıplanmış çekme test numuneleri

Tablo 1. Çalışmada kullanılan malzemeler ve karışım oranları

Numune Kodu	PP (%)	Fındık Kabuğu	Talk (%)	SEBS (%)	SEBS-g-MA (%)	Plastikleştirci (%)
PPht01	100	-	-	-	-	-
PPht02	78,7	20	-	-	-	1
PPht03	78,7	-	20	-	-	1
PPht04	78,7	15	5	-	-	1
PPht05	78,7	5	15	-	-	1
PPht06	78,7	10	10	-	-	1
PPht07	75,7	10	10	-	3	1
PPht08	72,2	10	10	-	6	1
PPht09	69,2	10	10	-	9	1
PPht10	75,2	10	10	3	-	1
PPht11	72,2	10	10	6	-	1
PPht12	69,2	10	10	9	-	1

Tablo 2. Enjeksiyon kalıplama parametreleri

Numune kodu	Enjeksiyon basıncı (bar)	Enjeksiyon hızı (mm/s)	Tutuma basıncı (bar)	Çevrim süresi (s)
PPht01	70	60	55	35
PPht02	70	50	55	35
PPht03	70	50	55	35
PPht04	70	50	55	35
PPht05	70	50	55	35
PPht06	80	50	55	35
PPht07	80	50	55	35
PPht08	80	50	55	35
PPht09	80	50	55	35
PPht10	80	50	55	35
PPht11	80	50	55	35
PPht12	80	50	55	35

## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Fındık kabukları kırılmış, sert ve yumuşak kısımlar birbirinden ayrılarak kırıcı öğütücü değirmende öğütülmüştür. Fındık kabuklarının toz haline getirilmesinde bu ayrıştırma işlemi oldukça önemlidir. Çünkü yumuşak olan kısımlar hem ekstrüzyonda hem de enjeksiyon makinesinde üretim yaparken topaklanmaya sebep olmakta ve fındık kabuğu tozlarının yapı içerisinde homojen bir şekilde dağılımını engellemektedir. Kırma ve öğütme işlemi sonrası fındık kabuğu tozları soğumaya bırakılmış ve sonrasında elek sallama makinesinde elenerek farklı boyutlarda sınıflandırılmıştır.

Sınıflandırma işlemi sonrası boyutu >100 mikron olan fındık kabukları Tablo 1’ de verilen parametrelere göre ekstrüder makinesinde başarılı bir şekilde granül haline getirilmiştir. Toplamda 12 farklı karışım hazırlanmıştır. Hazırlanan fındık kabuğu tozu katkılı karışımlardan enjeksiyon makinesinde ISO 527-1 standardına uygun çekme numunesi ve ISO 527-2 standardına uygun eğme numuneleri enjeksiyon kalıplama yöntemiyle elde edilmiştir.

Enjeksiyon kalıplamada en önemli parametrelerden biri, bu tarz hibrit kompozitlerin hazırlanması esnasında eğer ekstrüderin dozajlama ünitesi yoksa parça içerisinde yoğunluk farkına sebep olmamak amacıyla malzemelerin 100 gr’ lık karışımlar şeklinde hazırlanmasıdır. Bu sayede malzeme mekanik ve ısıl özelliklerinin değişmemesi ve aynı şekilde olması sağlanacaktır. Diğer türlü büyük miktarlarda yapılan karışımlarda, fındık kabuğu tozlarının yapı içerisinde eşit karışmama ihtimali bulunmaktadır. Bu durum malzeme özelliklerini olumsuz etkileyecek ve karışımlardan beklenen özelliklerin elde edilmesini zorlaştıracaktır.

## GENEL SONUÇLAR

Bu çalışmada; fındık kabukları toz haline getirilmiş, farklı boyutlarda elek sallama makinesinde elenmiş, ekstrüder makinesinde karışım oranlarına göre granül olarak hazırlanmış ve enjeksiyon makinesinde çekme ve eğme test numunelerinin üretimi başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen genel sonuçlar aşağıdaki gibi listelenebilir:

1. Tarımsal bir atık olarak sınıflandırılan fındık kabukları toz haline getirilerek, polimer kompozitlerin üretiminde dolgu malzemesi olarak kullanılabilir. Bu sayede atık olarak görülen ve yakılarak tüketilen fındık kabuğu tozları katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülebilir.
2. Farklı inorganik ve organik katkıları bir arada kullanılarak yüksek ısı ve mekanik özelliklere sahip hibrit kompozitler elde edilebilir. PP içerisine eklenen fındık kabuğu, talk, SEBS, SEBS-g-MA ekstrüderde uygun parametre değerleri ayarlanarak granül haline getirilebilir. Fındık kabuğu tozlarının yanmaması ve yapı içerisinde olumsuz bir etki göstermemesi için ekstrüder sıcaklık parametreleri ve vida dönme hızı doğru bir şekilde ayarlanmalıdır. Aksi takdirde beklenen özelliklerin elde edilmesi zorlaşacaktır.
3. Hibrit kompozit üretiminde en önemli aşama karışımların ekstrüzyon makinesinde doğru bir şekilde hazırlanmasıdır. Eğer bu süreç başarılı bir şekilde tamamlanır, granül haline getirilmiş malzemelerin enjeksiyonla kalıplanmasında çok ciddi bir problemle karşılaşılacaktır. Enjeksiyon yöntemiyle karışımlardan test numunesi üretilmesinde karşılaşılan en önemli sorun fındık kabuğu tozlarının iyi karışmaması ve topraklanan bu tozların enjeksiyon memesini ve yoluğu tıkayarak malzeme akışına engel olmasıdır. Diğer bir problem ise üretim esnasında kovan içerisinde neme ve yanmaya bağlı olarak gaz oluşumudur. Bu nedenle enjeksiyon işlemi öncesinde de malzemelerin kurutulması gerekmektedir. Bu sayede kalıplama esnasında neme bağlı topaklaşma ve gaz oluşumu engellenecektir.

## SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Sonraki dönem içerisinde 1- Enjeksiyonla hazırlanmış test numunelerinin mekanik ve ısı testlerinin yapılması (Çekme testi, eğme testi, izod darbe testi, sertlik ölçümü, MFI, DSC, HDT, VICAT, FTIR, TGA vb.), 2- Mikro yapı görüntülemelerinin yapılarak yapı

içerisindeki dağılımların incelenmesi yapılacaktır. Sonrasında tüm sonuçlar karşılaştırılarak en uygun mekanik ve ısı özelliklere sahip karışımın belirlenmesi ve amaca uygun bir üründe endüstriyel olarak kullanılması planlanmaktadır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Yalova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna Tarafından Desteklenmiştir. Yazarlar "Fındık Kabuğu Ve Talk Dolgulu Polipropilen Kompozitlerin Mekanik Ve Isıl Özelliklerinin İncelenmesi" isimli B Tipi Yüksek Lisans Tez Projesi ile çalışmaya verdikleri destek için Yalova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna teşekkür eder.

## KAYNAKLAR

- [1] Ambrogi, V., Cerruti, P., Carfagna, C., Malinconica, M., Marturano, V., Perrotti, M., Persico, P. 2011. "Natural antioxidants for polypropylene stabilization", *Polymer Degradation and Stability*, 96, 2152-2158.
- [2] Ashori, A. 2008. "Wood-plastic composites as promising green-composites for automotive industries", *Bioresource Technology*, 99, 4661-4667.
- [3] Khalil, H.P.S.A., Bhat, A.H., Yusra, A.F.I. 2012. "Green composites from sustainable cellulose nanofibrils: A review", *Carbohydrate Polymers*, 87, 963-979.
- [4] Polat, K. 2017. "Low-cost and high-capacity dye remover: a study of methylene blue adsorption by a thermoplastic elastomer blend system", *Water Air Soil Pollut*, 228-329.
- [5] Sadhukhan, A.K., Gupta, P., Goyal, T., Saha, R.K. 2008. "Modelling of pyrolysis of coal-biomass blends using thermogravimetric analysis", *Bioresource Tehnology*, 99, 8022-8026.
- [6] Kufel, A., Kuciel, S. 2020. "Hybrid composites based on polypropylene with basalt/hazelnut shell fillers: The influence of temperature, thermal aging, and water absorption on mechanical properties", *Polymers*, DOI:10.3390/polym12010018
- [7] Aydınli, B., Çağlar, A. 2012. "The investigation of the effects of two different polymers and three catalysts on pyrolysis of hazelnut shell", *Fuel Processing Technology*, 93, 1-7.
- [8] Balart, J.F., Fombuena, V., Fenollar, O., Boronat, I., Nacher, L.S. 2015. "Processing and characterization of high environmental efficiency composites based on PLA and hazelnut shell flour (HSF) with biobased plasticizers derived from epoxidized linseed oil (ELO)", *Composites Part B*. DOI: 10.1016/J.compositesb.2015.09.063

- [9] La Mantia, F.P., Morreale, M. 2011. "Green composites: A brief review", *Composites Part A*, 42, 579-588.
- [10] Abraham, E., Elbi, P.A., Deepa, B., Jyotishkumar, P., Pothen, L.A., Narine, S.S., Thomas, S. 2012. "X-ray diffraction and biodegradation analysis of green composites of natural rubber/nanocellulose", *Polymer Degradation and Stability*, 97, 2378-2387.
- [11] Catto, A.L., Stefani, B.V., Ribeiro, V.F., Santana R.M.C. 2014. "Influence of coupling agent in compatibility of post-consumer HDPE in thermoplastic composites reinforced with eucalyptus fiber", *Materials Research*, 17(1), 203-209.
- [12] Koronis, G., Silva, A., Fontul, M. 2013. "Green composites: A review of adequate materials for automotive applications", *Composites: Part B*, 44, 120-127.
- [13] Thakur, V.K., Singha, A.S., Thakur, M.K. 2012. "Green composites from natural fibers: Mechanical and chemical aging properties", *International Journal of Polymer Analysis and Characterization*. 17(6), 401-407.
- [14] Liu, Z., Erhan, S.Z., Akin, D.E., Barton, F.E. 2006. "Green composites from renewable resources: Preparation of epoxidized soybean oil and flax fiber composites", *J. Agric. Food Chem.* 54, 2134-2137.
- [15] Han, C.D., Weghe, T.V.D., Shete, P., Haw, J.R. 1998. "Effects of Coupling agents on the Rheological Properties, Processability, and Mechanical Properties of Filled Polypropylene", *Polymer Engineering and Science*, 21, 196-203.
- [16] Mitsuishi, K., Kodama, S., Kawasaki, H. 1985. "Mechanical Properties Filled with Calcium Carbonate", *Polymer Engineering and Science*, 25, 1059-1073.
- [17] Stricker, F., Bruch, M., Mülhaupt, R. 1997. "Mechanical and Thermal Properties of Syndiotactic Polypropylene Filled with Glass Beads and Talcum", *Polymer*, 28, 5347-5353.
- [18] Demjen, Z., Pukanszky, B., Nagy, Jr.J. 1999. "Possible Coupling Reactions of Functional Silanes and Polypropylene", *Polymer*, 40, 1763-1773.
- [19] Qiu, W., Mai, K., Zeng, H. 2000. "Effect of Silane-Grafted Polypropylene on the Mechanical properties and crystallization Behavior of talc/Polypropylene Composites", *Journal of Applied polymer Science*, 77, 2974-2977.
- [20] Ferrage, E., Martin, F., Boudet, A., Petit, S. 2002. "Talc as Nucleating Agent of Polypropylene: Morphology Induced by Lamellar Particles Addition and Interface Mineral-Matrix Modelization", *Journal of Material Science*, 37, 1561-1573.
- [21] Leong, Y.W., Bahar, M.B.A., Ishak, Z.A.M., Ariffin, A, Pukanszky, B. 2004. "Comparison of the Mechanical Properties and Interfacial Interactions Between Talc Kaolin, and Calcium Carbonate Filled Polypropylene Composites", *Journal of Applied Polymer Science*, 91, 3315-3326.
- [22] Leong, Y.W., Ishak, Z.A.M., Ariffin, A. 2004. "Mechanical and Thermal Properties of Talcum and Calcium Carbonate Filled Polypropylene Hybrid Composites", *Journal of Applied Polymer Science*, 91, 3327-3336.
- [23] Leong, Y.W., Bahar, M.B.A., Ishak, Z.A.M., Ariffin, A, 2004. "Characterization of Talc/Calcium Carbonate Filled Polypropylene Hybrid Composites Weathered in a Natural Environment", *Polymer Degredation and Stability*, 83, 411-422.
- [24] Dalvag, H., Klason, C., Stromvall, H.E. 1985. "The Efficiency of Cellulosic Fillers in Common Thermoplastics. Part II. Filling with Processing Aids and Coupling Agents", *Intern. J. Polym. Mater.*, 11, 9-38.
- [25] Jang, B.Z., Uhlmann, D.R., Sande, J.B.V. 1985. "Rubber-toughening in polypropylene", *Polym. Eng. Sci.* 30, 2485-2504.
- [26] Scott, C., Ihsida, H., Maurer, F.H.J. 1987. *J. Mater. Sci.*, 22
- [27] Oksman, K. 1996. *Wood Sci. Technol.*, 30
- [28] Gatenholm, P., Felix, J., Klason, C., Kubat, J. 1992. *Contemporary Topics in Polymer Science*, J.C. Salamone and J. Riffle, Eds., Plenum Pres, New York.
- [29] Myers, G.E., Chahyadi, I.S., Gonzalez, C., Coberly, C.A., Ermer, D.S. 1991. *Int. J. Polym. Mater.* 15
- [30] Stamhuis, J.E. 1998. "Mechanical properties and morphology of polypropylene composites Short glass fiber reinforced elastomer modified polypropylene", *Polym. Compos.*, 9,
- [31] Dao, J.C. 1983. "Mechanical properties and morphology of polypropylene composites: Talc-filled, elastomer-modified polypropylene" *Elastomers Plastics*, 15
- [32] Bledzki, A, K., Faruk, O., Huque, M. 2002. *Polym. Plast. Technol. Eng.* 41
- [33] Mudu, M. 2010. *Organik-İnorganik Hibrid Takviyeli Polipropilen Kompozitlerin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.*
- [34] <https://www.akyol.net/kirici-ogutucu-cesitleri/grt-16bl-ogutucu-degirmen.html>, Son erişim tarihi: 14.04.2021
- 
- CENGİZ, Ömer (0000-0003-1220-7941)
  - KARAGÖZ, İdris (0000-0002-2644-8511)
  - DEMİRER, Halil (0000-0001-7870-5797)

# Low-velocity Impact and ILSS Properties of Carbon – Aramid/Epoxy Hybrid Composites

ORUC, Ramazan<sup>1,2</sup>, ATMACA, B. Nur<sup>1</sup>, ASCI, Görkem<sup>1,2</sup>, YIGIT, Kadir<sup>1</sup>, YUZER,  
Serkan<sup>1,2</sup>, POLAT, Yusuf<sup>1,2</sup>, EKICI, Bülent<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Mechanical Eng., Eng. Faculty, Marmara Uni., Istanbul, Turkey

<sup>2</sup>TEMAG Labs, Textile Tech. and Design Faculty, Istanbul Tech. Uni., Istanbul, Turkey  
beyzanuratmaca@hotmail.com

## PURPOSE

This study aims to examine and compare the low-velocity impact response and the interlaminar shear strength (ILSS) of carbon/aramid hybrid composites by drop weight impact (DWI) and short beam shear (SBS) tests.

## ORCID NUMBERS

ORUC, R. (0000-0003-0092-6375),  
ATMACA, B. N. (0000-0001-5352-5212),  
ASCI, G. (0000-0002-5709-9326),  
YIGIT, K. (0000-0001-5333-1880),  
YUZER, S. (0000-0003-3296-5731),  
POLAT, Y. (0000-0002-4807-7002),  
EKICI, B. (0000-0001-8967-0649)

## REFERENCES

- [1] S. Abrate, *Impact on Composite Structures*. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. doi: 10.1017/CBO9780511574504.
- [2] P. K. Mallick, *Fiber-reinforced composites: materials, manufacturing, and design*, 3rd ed., [Expanded and rev. Ed.]. Boca Raton, FL: CRC Press, 2008.
- [3] J. H. Song, “Pairing effect and tensile properties of laminated high-performance hybrid composites prepared using carbon/glass and carbon/aramid fibers,” *Compos. Part B Eng.*, vol. 79, pp. 61–66, Sep. 2015, doi: 10.1016/j.compositesb.2015.04.015.
- [4] S. Ying, T. Mengyun, R. Zhijun, S. Baohui, and C. Li, “An experimental investigation on the low-velocity impact response of carbon–aramid/epoxy hybrid composite laminates,” *J. Reinf. Plast. Compos.*, vol. 36, p. 073168441668089, Dec. 2016, doi: 10.1177/0731684416680893.
- [5] P. Krishnan and Kishore, “Interlaminar shear of woven fabric Kevlar-epoxy composites in three-point loading,” *Mater. Sci. Eng. -Struct. Mater. Prop. Microstruct. Process. - MATER SCI ENG -STRUCT MATER*, vol. 197, pp. 113–118, Jun. 1995, doi: 10.1016/0921-5093(94)09742-9.
- [6] D30 Committee, “Test Method for Measuring the Damage Resistance of a Fiber-Reinforced Polymer Matrix Composite to a Drop-Weight Impact Event,” ASTM International. doi: 10.1520/D7136\_D7136M-15.
- [7] D30 Committee, “Test Method for Short-Beam Strength of Polymer Matrix Composite Materials and Their Laminates,” ASTM International. doi: 10.1520/D2344\_D2344M-16.
- [8] I. D. G. Ary Subagia, Y. Kim, L. Tijjing, H. Pant, and H. K. Shon, “Effect of stacking sequence on the flexural properties of hybrid composites reinforced with carbon and basalt fibers,” *Compos. Part B Eng.*, vol. 58, pp. 251–258, Mar. 2014, doi: 10.1016/j.compositesb.2013.10.027.



# Mode-I Interlaminar Fracture Behaviour of Composite Laminates Interleaved with Non-Woven Thermoplastic Veils

AKBOLAT, Mehmet Çağatay<sup>1</sup>, KATNAM, Kali Babu<sup>1,2</sup>, POTLURI Prasad<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Mechanical, Aerospace and Civil Engineering, The University of Manchester, UK,

<sup>2</sup>Aerospace Research Institute, The University of Manchester, UK

<sup>3</sup>Department of Materials, The University of Manchester, Manchester, UK

[mehmet.akbolat@manchester.ac.uk](mailto:mehmet.akbolat@manchester.ac.uk)

## AIMS

This study aims to investigate the interlaminar fracture behaviour of the low-cost carbon/epoxy composite laminates (*i.e.* manufactured with vacuum resin infusion and out-of-autoclave curing) interleaved with micro-fibre thermoplastic non-woven veils and toughening mechanisms governing the fracture resistance under mode-I loading.

## INTRODUCTION

Advanced composite laminates (*e.g.* carbon fibre reinforced polymers), which can offer high specific strength and stiffness compared to conventional structural materials, are widely being used in many structural applications, including safety-critical aerospace structures but the weakness of composite laminates to interlaminar cracking (*e.g.* delamination) constrains the use of composite laminates in wider areas<sup>1,2</sup>. Delamination failure (*i.e.* which can be introduced due to low-velocity impact events, poor design, ply drop-offs, joints, and cut-outs) is the fundamental failure mechanism degrading the in-plane properties of composite laminates<sup>3</sup>. In this regard, improving the interlaminar fracture performance of composite laminates via cost-effective methods is highly important to address their vulnerability to delamination for maintaining the structural integrity of composites during their service life.

Several studies have been conducted on improving composite laminates by using through-thickness reinforcement methods (*e.g.* z-pinning<sup>4</sup>, stitching<sup>5,6</sup> and tufting<sup>7</sup>), bulk resin toughening, and interlaminar toughening. Although such through-thickness reinforcements were shown to have improved the impact damage tolerance of composite laminates, the in-plane properties were observed to have been compromised and introduced new issues such as local rupture, fibre breakage and misalignment as well as complex and expensive manufacturing processes<sup>7</sup>. Also, the bulk resin toughening method was proven to enhance the fracture resistance of composite laminates but increased resin viscosity due to bulk resin toughening agent presence complicates to manufacturing process<sup>8-11</sup>.

On the other hand, interlaminar thermoplastic veil toughening (*i.e.* introduction of tough, ductile

thermoplastic polymers in the interlaminar region of composite laminates as an additional layer) can significantly improve the interlaminar fracture energy of composite laminates by establishing mechanical links between crack interfaces via bridged thermoplastic fibres without requiring complex manufacturing processes and influencing the resin properties<sup>12-17</sup>.

In this regard, the current research work focuses on enhancing the interlaminar fracture of carbon-fibre epoxy composite laminates (*i.e.* consisting of carbon fibre non-crimp fabric and low-viscous two-part epoxy resin) with the interlaminar toughening route using micro fibre thermoplastic non-woven veils.

## EXPERIMENTAL DETAILS

### Materials and Manufacturing

Baseline laminate comprises of the low viscous two-part epoxy resin system and the carbon fibre non-crimp fabric (NCF) in this study. The epoxy resin system is a blend of Araldite LY 564 (epoxy) and Aradur 2954 (hardener) with a mix ratio of 100:35 by weight and they were supplied from Huntsman. The unidirectional carbon fibre NCF preform was supplied from Saertex with a total areal weight of 314 g/m<sup>2</sup>, consisting of 300 g/m<sup>2</sup> carbon fibre tows, 11 g/m<sup>2</sup> stabilizing E-glass fibre bundles and 3 g/m<sup>2</sup> polyester non-structural stitching thread. Polyphenylene Sulfide (PPS) veils, provided from Technical Fibre Products with the areal weight of 5 gsm and 10 gsm, were used to toughen interfaces of the composite laminates.

### Double Cantilever Beam Testing (DCB)

Mode-I DCB test samples (*i.e.* consisting of 10 plies of carbon fibre non-crimp fabric) manufactured with vacuum resin infusion (*i.e.* with a recommended cycle: 80 °C for 2 hours followed by 140 °C for 8 hours) were prepared with a length of 180 mm and the width of 25 mm as shown in Figure 1. A release film (~10 µm thick) is inserted to introduce an initial crack which is located through 55 mm after piano hinges when fibres were stacked in the manufacturing phase. For interleaved laminates, thermoplastic veil with the desired areal weight (*i.e.* insertion of 1 ply of PPS veil with 10 gsm areal weight for PPS interleaved

- AKBOLAT Mehmet Çağatay (0000-0001-7579-6478)
- KATNAM Kali Babu (0000-0003-2382-905X)
- POTLURI Prasad (0000-0002-2306-1661)

composite laminates with 10 gsm, insertion of 1 ply of PPS with 10 gsm and 1 ply of PPS veil with 5 gsm together for the PPS interleaved composite laminates with 15 gsm, 2 plies of PPS veil with 10 gsm for the PPS interleaved composite laminates with 20 gsm) were stacked at the mid-plane after the release film. The DCB testing is performed using three specimens for each case at a crosshead speed of 5 mm/min for loading and 25 mm/min for unloading according to ASTM D-5528<sup>18</sup>.

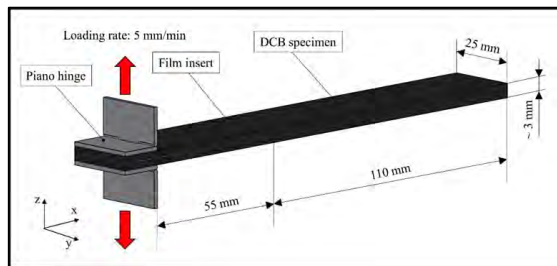


Figure 1. A schematic indicating the DCB test specimen dimensions, e.g. pre-crack length, specimen length, width and approximate thickness.

## RESULTS & DISCUSSIONS

DCB tests were performed to measure mode-I fracture energies of the composite laminate at the onset of crack growth (*i.e.* calculated based on 5%/max load approach,  $G_{IC}$ ) and the crack propagation (*i.e.* the average of the fracture energy values calculated from the increment of crack length between 80 mm and 110 mm,  $G_R$ ). The representative R-curves obtained from the DCB tests for the baseline, PPS interleaved composite laminate with 10 gsm (PPS10), 15 gsm (PPS15) and 20 gsm (PPS20) areal weight are presented in Figure 2. The representative R-curve of the baseline laminate exhibits a slightly increasing trend, which indicates that fracture resistance of the baseline laminate is highly dependent on the intrinsic toughening mechanisms (*i.e.* ahead of the crack front) of the composite laminate provided by the carbon fibre-matrix interface whereas the fracture resistance provided by extrinsic fracture mechanisms (*i.e.* behind of the crack front) such as fibre bridging of the baseline laminate is limited. R-curves of the PPS interleaved laminates show a decreasing trend, which indicates fracture resistance via PPS veils is predominantly established at the onset of the crack growth. The interlaminar fracture values of the composite laminates at the onset of the crack growth and for the crack propagation with/out PPS veil interleaving are compared in Figure 3. The DCB test results clearly demonstrate that the interlaminar fracture performance of PPS interleaved laminates for the crack propagation is lower (*i.e.* enhanced by ~20%, ~67% and ~75% with PPS veil interleaving with 10 gsm, 15 gsm and 20 gsm compared to the baseline laminate,

respectively) compared to the achieved interlaminar fracture performance of the composite laminates at the onset of crack growth (*i.e.* enhanced by ~80%, ~160% and ~180% with PPS veil interleaving with 10 gsm, 15 gsm and 20 gsm compared to the baseline laminate, respectively). As a consequence of the PPS veil interlaminar toughening with denser areal weight, a higher number of PPS fibres accommodates at the interlaminar region. Thus, PPS veil toughened laminates with 20 gsm areal weight exhibited the highest fracture resistance with the fracture mechanisms achieved by PPS fibres compared to PPS toughened laminates with 15 gsm and 10 gsm areal weights. Digital images taken from the fracture surface of the PPS interleaved composite laminate with 20 gsm areal density (see Figure 4) indicate that crack tip initiated from the interlaminar toughened region (*i.e.* mid-plane interface toughened with PPS veils) diverted to untoughened intralaminar carbon fibre matrix region. Figure 4b exposes the fibre breakage and pull-out mechanisms as a result of PPS fibre bridging under mode-I loading. Also, Figure 4c captured from the propagation region of the PPS toughened composite laminate with 20 gsm areal weight indicates the crack growth partly from the interlaminar toughened region and partly untoughened intralaminar region (*i.e.* carbon fibre-matrix interface). The diversion of the crack path can be related to the weak adhesion properties of the carbon fibre-matrix. The experimental mode-I interlaminar fracture toughness study performed by Quan<sup>17</sup> demonstrate that thermoplastic veil interleaved aerospace-grade carbon fibre composite laminates based on different material systems (*e.g.* pre-preg, NCF, and 5-harness satin laminates) experienced crack tip propagation within the interlaminar region under mode-I loading due to high bonding properties between carbon fibre and epoxy, thus interleaving of thermoplastic veils based undissolvable fibres (*e.g.* Polyethylene-terephthalate, PET, and Polyphenylene-sulfide, PPS) significantly improved the mode-I fracture energies of the composite laminates at the onset of the crack growth and for the crack propagation. Oppositely, the study conducted by Saz-Orozco<sup>15</sup> on the mode-I interlaminar fracture properties of the thermoplastic veil (*e.g.* based on PET fibres) interleaved glass fibre/vinyl ester composite laminates demonstrated that the relatively weak adhesion properties between the glass fibre-vinyl ester resin compared to the adhesion properties between PET fibre-vinyl ester resin resulted in the crack opening through adjacent glass fibre/vinyl ester intralaminar region and no improvement in the fracture properties of the PET interleaved composite laminates was achieved compared to the untoughened glass fibre/vinyl ester

- AKBOLAT Mehmet Çağatay (0000-0001-7579-6478)
- KATNAM Kali Babu (0000-0003-2382-905X)
- POTLURI Prasad (0000-0002-2306-1661)

composite laminates. Thus, crack growth path, which is related to adhesion properties of reinforcement fibre-matrix and thermoplastic fibre-matrix interfaces, is the significant parameter governing the toughening performance of thermoplastic veils.

Overall, this study can be concluded that micro-fibre non-woven thermoplastic veil toughening can considerably improve the interlaminar fracture toughness properties of composite laminates by introducing additional toughening mechanisms provided by thermoplastic fibres (e.g. fibre bridging). Moreover, the toughening performance of the non-woven thermoplastic veils is associated with the crack growth path (i.e. related to adhesion properties of the reinforcement fibre and the thermoplastic veil fibre between the matrix) and the areal density of veils.

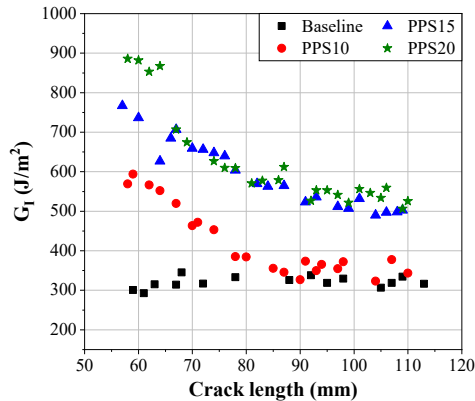


Figure 2. A comparison of the R-curves of base and PPS toughened laminates with 10, 15 and 20 gsm areal weights, respectively.

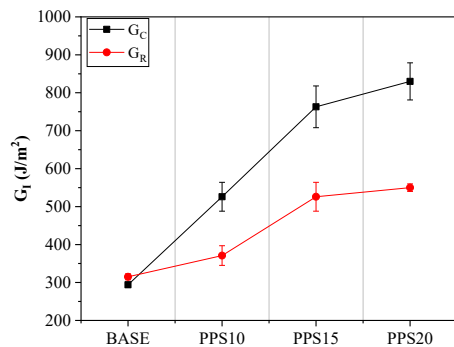


Figure 3. Mode-I fracture energies (i.e. at the onset of the crack growth,  $G_C$ , and for the crack propagation,  $G_R$ ) of the base and PPS toughened laminates with 10, 15 and 20 gsm areal weights, respectively.

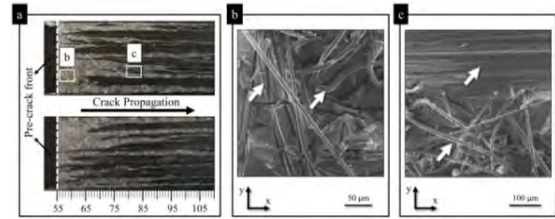


Figure 4. The fracture surface investigation of the PPS interleaved laminate with 20 gsm: a) a pair of the fracture surfaces indicating crack tip propagation from interlaminar region to intralaminar region, b) crack initiation region with fibre breakage and pulled-out mechanisms, c) the crack propagation region with broken and pulled-out carbon and PPS fibres.

## CONCLUSIONS

In this study, mechanical double cantilever beam tests were performed to characterise the influence of micro-fibre based non-woven thermoplastic veils (e.g. PPS) on mode-I interlaminar fracture toughness performance of the composite laminates (i.e. consisting of carbon fibre non-crimp fabric and two-part low viscous epoxy resin) manufactured with vacuum resin infusion and out-of-autoclave curing. The composite laminates were toughened with PPS veils with 10, 15 and 20 gsm areal weights and test results demonstrated that increasing the areal weight of the PPS veils resulted in increasing fracture resistance, especially at the onset of the crack growth, see Figure 3. Post-mortem fracture investigations exposed the crack tip propagation from the interlaminar PPS veil toughened region to the untoughened intralaminar region (i.e. see Figure 4) due to poor adhesion properties between carbon fibre and matrix. Therefore, PPS veil toughening provided higher fracture resistance at the onset of the crack growth compared to the achieved fracture resistance via PPS veils for the crack propagation (i.e. improvement achieved by ~80%, ~160% and ~180% at the onset of the crack growth, whereas by ~20%, ~67% and ~75% for the crack tip propagation through PPS veil interleaving with 10 gsm, 15 gsm and 20 gsm, respectively).

Briefly, thermoplastic veil toughening offers a significant enhancement in the fracture energy of composite laminates by introducing additional failure mechanisms based on thermoplastic fibres in the interlaminar region. This study also revealed that areal weight density and the crack tip propagation path are the significant parameters governing the performance of thermoplastic veil toughening.

- AKBOLAT Mehmet Çağatay (0000-0001-7579-6478)
- KATNAM Kali Babu (0000-0003-2382-905X)
- POTLURI Prasad (0000-0002-2306-1661)

## ACKNOWLEDGEMENT

The authors would like to express grateful appreciation to The Ministry of National Education of the Republic of Turkey for the doctoral scholarships granted for Mr. Mehmet Çağatay Akbolat. The authors are also thankful to the Technical Fibre Products (TFP) for supplying the thermoplastic non-woven veils, and Dr. Alan Nesbitt and Mr. Stuart Morse for their technical support.

## REFERENCES

1. Katnam, K. B., Da Silva, L. F. M. & Young, T. M. 2013. "Bonded repair of composite aircraft structures: A review of scientific challenges and opportunities", *Prog. Aerosp. Sci.* 61, 26–42.
  2. Mallick, P. K. 2008. *Fiber-reinforced composites : materials, manufacturing, and design*, CRC Press.
  3. Sela, N. & Ishai, O. 1989. "Interlaminar fracture toughness and toughening of laminated composite materials: a review", *Composites*, 20, 423–435.
  4. Cartié, D. D. R., Troulis, M. & Partridge, I. K. 2006. "Delamination of Z-pinned carbon fibre reinforced laminates", *Compos. Sci. Technol.* 66, 855–861.
  5. Dransfield, K. A., Jain, L. K. & Mai, Y. W. On the effects of stitching in CFRPs - I. Mode I delamination toughness. 1998, "*Compos. Sci. Technol.* 58, 815–827.
  6. Jain, L. K., Dransfield, K. A. & Mai, Y.-W. 1998. "On the effects of stitching in CFRPs—II. Mode II delamination toughness", *Compos. Sci. Technol.* 58, 829–837.
  7. Gnaba, I., Legrand, X., Wang, P. & Soulat, D. 2018. "Through-the-thickness reinforcement for composite structures: A review", *J. Ind. Text.* 152808371877229. doi:10.1177/1528083718772299
  8. Bagheri, R., Marouf, B. T. & Pearson, R. A. 2009, "Rubber-Toughened Epoxies: A Critical Review", *Polym. Rev.* 49, 201–225.
  9. Kenny, J. M., Valentini, L., Puglia, D. & Terenzi, 2011. "A. Epoxy-carbon nanotube composites", *Polym. Nanotub. Compos.* 230–261. doi:10.1533/9780857091390.1.230
  10. McCrary-Dennis, M. C. & Okoli, O. I. 2012. "A review of multiscale composite manufacturing and challenges", *J. Reinf. Plast. Compos.* 31, 1687–1711.
  11. Hodgkin, J. H., Simon, G. P. & Varley, R. J. 1998. "Thermoplastic toughening of epoxy resins: a critical review", *Polym. Adv. Technol.* 9, 3–10.
  12. Yasaei, M., Bond, I. P., Trask, R. S. & Greenhalgh, E. S. 2012. "Mode I interfacial toughening through discontinuous interleaves for damage suppression and control", *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.* 43, 198–207.
  13. Dikshit, V., Somen, K. B. & Joshi, C. S. 2017. "Multiscale Polymer Composites: A Review of the Interlaminar Fracture Toughness Improvement" *Fibers* 5, 38.
  14. Beylergil, B., Tanoğlu, M. & Aktaş, E. 2017. "Enhancement of interlaminar fracture toughness of carbon fiber-epoxy composites using polyamide-6,6 electrospun nanofibers", *J. Appl. Polym. Sci.* 134, 45244.
  15. Del Saz-Orozco, B., Ray, D. & Stanley, W. F. 2017. "Effect of thermoplastic veils on interlaminar fracture toughness of a glass fiber/vinyl ester composite", *Polym. Compos.* 38, 2501–2508.
  16. Beckermann, G. W. & Pickering, K. L. 2015. "Mode I and Mode II interlaminar fracture toughness of composite laminates interleaved with electrospun nanofibre veils", *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.* 72, 11–21.
  17. Quan, D., Bologna, F., Scarselli, G., Ivankovic, A. & Murphy, N. 2020. "Interlaminar fracture toughness of aerospace-grade carbon fibre reinforced plastics interleaved with thermoplastic veils", *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.* 128, 105642.
  18. ASTM D5528 - 13 Standard Test Method for Mode I Interlaminar Fracture Toughness of Unidirectional Fiber-Reinforced Polymer Matrix Composites.
- AKBOLAT Mehmet Çağatay (0000-0001-7579-6478)
  - KATNAM Kali Babu (0000-0003-2382-905X)
  - POTLURI Prasad (0000-0002-2306-1661)

# Continuous Forming and Secondary Processing Technology for Long Composite Materials

NAKAI, Asami

Department of Mechanical and Systems Engineering, Gifu University, Gifu-shi, Japan  
[nakai@gifu-u.ac.jp](mailto:nakai@gifu-u.ac.jp)

Replacing metals with fiber reinforced composites is attractive to the field of civil and construction engineering. In these fields, long composite materials are required. For example, L-shaped angles utilized as skeleton frames and internal reinforcement of a building require lightweight and high durability to improve workability and safety at the construction site.

In this study, pultrusion was first selected for the manufacturing method of L-shaped angles because of a continuous process with high productivity. The development of pultrusion technology for manufacture of composite materials leads to an increase in production rate, reduction in labor cost, and improvement in processing accuracy. Since thermoplastic composites are faster in molding speed than thermoset composites, thermoplastic composites are suitable for pultrusion. However, in the case of a thermoplastic resin composite material, due to problems of melt viscosity and impregnability, it is the current situation that the molding speed cannot be improved as compared with the pultrusion molding of the thermosetting resin composite material.

Next, Next, the roll forming process used for processing a metal material was examined. A long molded plate having been completely impregnated was prepared, reheated locally, and processed into an L-shape using a roll-shaped multi-stage mold. As a result, they have found the possibility of achieving higher productivity than pultrusion. On the other hand, the drawback of this processing technique is that it is necessary to prepare a long shaped plate which has been impregnated. Finally, by combining the above-mentioned pultrusion and roll forming technology, we developed a new processing technology that compensates for each other's shortcomings.

# Alüminyum Ramat Katkılı Polioksümetilen Kompozitlerin Reolojik ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi

YURTBAŞI, Zühal<sup>1</sup>KURT, Gökçe<sup>1</sup>, KAŞGÖZ, Alper<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Yalova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

[zahal.yurtbasi@yalova.edu.tr](mailto:zahal.yurtbasi@yalova.edu.tr)

## AMAÇLAR

Bu çalışmadaki temel amaç metalik alüminyum üretimi sonucunda oluşan ve faydalı hiçbir kullanım alanı bulunmayan alüminyum cürufunun farklı oranlarda polioksümetilen (POM) içerisine katılmasıyla cüruf/POM polimer kompozitlerinin hazırlanması sonucunda alüminyum cürufunun kullanılabilirliğini artırmaktır.

## GİRİŞ

Alüminyum cevheri paketleme, konstrüksiyon, otomotiv ve ulaşım gibi birçok sektörde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu malzemenin işlenmesindeki koşullar sebebiyle, yoğunluk farkı oluşmakta yüzeyde daha hafif alüminyumların oksijen ile temasının bulunmasıyla Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ile birlikte Al içeren cüruf meydana gelmektedir. Cüruf içerisinde Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ile birlikte magnezyum oksit, alüminyum karbid, alüminyum nitrit ve silisyum oksit gibi farklı yapılarda mevcuttur<sup>1</sup>.

Polimer malzemelerden polioksümetilen (OCH<sub>2</sub>) tekrarlayan birimden meydana gelmiş yarı kristalin yapıya sahip bir polimerdir. Yüksek boyutsal kararlılık, düşük sürtünme katsayısı, yüksek mukavemet, sertlik dengesi ve aynı zamanda kimyasallara karşı direnci oldukça yüksek bir polimerdir. Bu özellikleriyle yakıt depoları ve dişli sistemlerde kullanılan en temel polimer olarak bilinmektedir. Tüm bu avantajlarına rağmen POM'un en temel dezavantajı işlenmesi ve kullanımı sırasında ortaya çıkan formaldehit gazı olup literatürdeki çalışmalarda salınan formaldehit gazının azaltılması ve aşınma özelliklerinin geliştirilmesi başta olmak üzere termal ve mekanik özelliklerinin geliştirilmesi konularında yoğunlaşmaktadır<sup>2</sup>.

Bu çalışmada polimerler için işleme kolaylaştırıcı kaydırıcı etkisi bulunan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ısı dağılımını iyileştirmesiyle işleme sırasındaki termal kararlılığını artırabilecek metalik Al gibi bileşenler içeren Alüminyum Ramatının POM içerisine eriyik yöntemlerle katılması gerçekleştirilerek temel morfolojik, reolojik ve mekanik özellikleri incelenmiştir.

- YURTBAŞI, Zühal (ORCID No: 0000-00032-2172-3139)
- KURT, Gökçe (ORCID No: 0000-0002-8262-4786)
- KAŞGÖZ, Alper (ORCID No:0000-0001-9869-8555)

## DENEYSEL

### Malzeme

Çalışmalar sırasında kullanılan alüminyum ramat yerli üreticilerden temin edilmiştir. POM ise Kocetal firmasından (K300) temin edilmiştir.

### Yöntem

#### Kompozitlerin Hazırlanması

Kompozit örnekler eriyik harmanlama yöntemine göre çift vidalı ekstrüzyon sistemi (Gülner Makine, Türkiye, vida çapı, 16 mm, L/D = 40) kullanılarak hazırlanmıştır. Kompozitlerin hazırlanma sürecinde sıcaklık profili olarak beslemeden çıkış kafasına doğru 120-165-190-210°C uygulanarak granül formunda örnekler hazırlanmıştır. Daha sonra ise baskı kalıplama yöntemiyle her test için uygun boyutlarda film örnekleri hazırlanmıştır. Hazırlanan örneklerin içerikleri ve isimlendirilmesi Tablo-1'de verilmiştir.

Tablo1. Hazırlanan kompozit örneklerinin içerikleri ve isimlendirilmesi

KOMPOZİT İSMİ (R/POM)	Ramat (kütlece %)	POM (kütlece %)
R0/POM	0	100
R5/POM	5	95
R10/POM	10	90
R20/POM	20	80
R30/POM	30	70
R40/POM	40	60

### Test ve Analizler

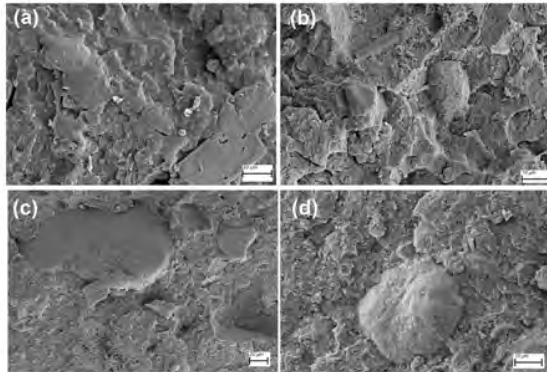
Hazırlanan örneklerin morfolojik özellikleri FEI Quanta FEG 450 marka taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir. Örneklerin reolojik özellikleri ise 25 mm çapa sahip paralel plaka ile donatılmış dinamik rotasyonel reometre (Discovery Hybrid Reometer-1, DHR-1, TA, USA) ile 220°C'de belirlenmiştir. Reolojik ölçümlerde frekansa bağlı olarak viskoelastik parametrelerin ölçülmesinden önce örneklerin lineer davranış gösterdiği lineer viskoelastik alan (LVA) uzunluk tarama testi ile belirlenmiş daha sonrada bu alan içerisinde frekans tarama testi (frequency sweep test) gerçekleştirilmiştir. Uzunluk tarama testi 10

rad/s açısal frekans değerinde %0,1-%20 arasında gerçekleştirilirken frekans tarama testi %1 sabit uzama oranında 100-0,1 rad/s açısal frekans aralığında gerçekleştirilmiştir. Dinamik mekanik analiz testleri katı haldeki filmlerin dinamik mekanik analizine imkân tanıyan ölçüm sistemi TA-DHR1 hibrit reometresine takılarak 1 Hz frekansta 30-200 °C arasında gerçekleştirilmiştir

## DENEYSSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

### Morfolojik Özellikler

Elde edilen kompozitlerden R10/POM ve R40/POM film örneklerine yapılan SEM analizleri Şekil 1'de verilmiştir. Görüntüler incelendiğinde genel olarak dolgu tanecikleri ile polimer matris arasındaki uyumsuzlukların belirlendiği boşluklara rastlanılmamıştır. Ancak kompozitlere katılan dolgu bileşeninin farklı türler içermesi sebebiyle bazı bölgelerde yapışma iyi durumdayken bazı bölgelerde polimer malzeme ile dolgu arasında kaplanamama durumu görülmektedir. Bunun nedeni ramatın içerdiği  $Al_2O_3$  ile POM arasındaki uyum iyi, metalik formdaki Al ile POM arasında uyumun kötü olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir<sup>3</sup>.

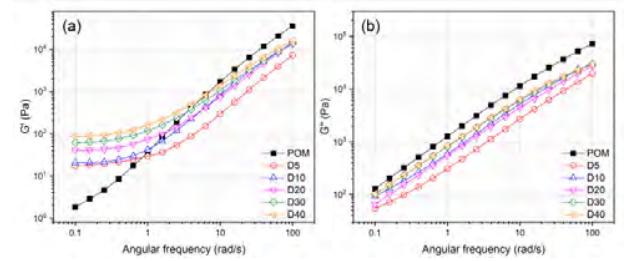


Şekil 1. R/POM kompozitlerine ait SEM görüntüleri ((a-b) R10/POM ve (c-d) R40/POM'a ait görüntüler)

### Reolojik Özellikler

Elde edilen reoloji sonuçları Şekil 2'deki grafikte sunulmaktadır. Şekil 1 (a)'da verilen  $G'$  (depolama modülü) grafiği genel olarak incelendiğinde POM'a ramat eklenmesiyle birlikte yüksek frekanslarda modül değeri saf POM polimerinin modül değerinden daha düşük değer sergilemekle birlikte düşük frekans değerlerinde depolama modül değeri frekanstan bağımsız hale gelmektedir. Bu durum sadece %5 oranında ramat dolgululu R5/POM kompozit örneğinde de polimer akış özelliklerini değiştirerek frekanstan bağımsız hale getirip, katımsı davranış sergilediği görülmektedir. Diğer yandan Şekil 2 (b)'ye bakıldığında  $G''$  (kayıp modül) değeri R/POM kompozitleri için saf POM polimerinin kayıp modül

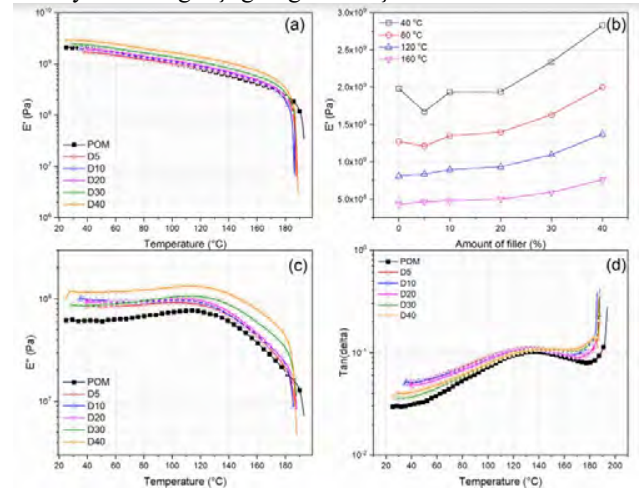
değerinden daha düşük değerler göstermektedir. Bu durum ramat dolgusunun elastik özellikleri geliştirirken viskoz özelliklerde  $Al_2O_3$  kaydırıcı etkisi sebebiyle polimer dolgu arasında zayıf etkileşimin olduğu ifadeleriyle özetlenebilmektedir<sup>4</sup>.



Şekil 2. R/POM reolojik ölçüm sonuçları

### Mekanik Özellikler

R/POM kompozitlerinin DMA sonuçları Şekil 3'te verilmiştir. Şekil 3 (a)'da verilen grafik incelendiğinde artan sıcaklık değerleri ile saf POM ve R/POM kompozitlerinin  $E'$  (elastik modül) değerleri azalmaktadır. Bunun nedeni  $Al_2O_3$  dış kaydırıcı özelliğidir. Sıcaklık ile olan ilişkinin daha anaşılır şekilde gösterimi Şekil 3 (b)'de mevcuttur. Düşük sıcaklıklarda ramat katkısının etkisi yokken R5/POM ve R10/POM kompozitlerinin modül değerlerinin saf POM'a kıyasla daha düşük değerde olduğu da görülmektedir. Ancak ramat konsantrasyonunun artmasıyla birlikte modül değerinde artış görülmektedir. Bu durumda düşük ramat konsantrasyonundaki uyumsuzluğun ramat konsantrasyonunun artmasıyla azalmış olduğu söylenebilmektedir. Şekil 3(c-d)'de ise kayıp modül ( $E''$ ) ve katı hal faz açısı (tan delta) değerlerinin sıcaklığa ve ramat konsantrasyonuna bağlı olarak değişimi gösterilmektedir. Sonuçlar dolgu polimer ara yüzeyindeki artan sürtünmelere bağlı olarak ramat ilavesiyle kompozitlerin enerji sönmüleme kabiliyetlerinin geliştiğini göstermiştir<sup>5</sup>.



Şekil 3. R/POM kompozitlerinin DMA sonuçları

## GENEL SONUÇLAR

Yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlarda ramat ile POM malzemelerinden kompozitler üretilmiştir. Elde edilen kompozitlerin proses edilebilirliği konusunda başarı elde etmekle birlikte mekanik ve reolojik açıdan da POM'un gelişim gösterdiği bir çalışma olmuştur.Çalışmada kullanılan ramat dolgusunun Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içermesi sebebiyle hem kaydırıcı özelliğinden faydalanılmış hem de bazı uyumsuzluklar tespit edilse bile yüksek ramat konsantrasyonu ile bu durum çözüme kavuşabilir nitelikte olduğu görülmüştür.

Böylelikle atık merkezlerinde sürekli biriken ve sadece belirli aralıklarla toprağa gömme yoluyla bertaraf edilen alüminyum cürufun yeni bir kullanım alanının oluşturulmasıyla çevreye katkıda bulunulacağı düşünülmektedir.

## TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2020/AP/0009 nolu proje kodu ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

Agunsoye, J. O., Talabi, S. I., Hassan, S. B., Awe, I. O., Bello, S. A., & Aziakpono, E. (2014). The development and characterisation of aluminium dross-epoxy resin composite materials. *Journal of Materials Science Research*, 3(2), 23.

Duan, Yifei, et al. "Study on the thermal degradation of polyoxymethylene by thermogravimetry–Fourier transform infrared spectroscopy (TG–FTIR)." *Journal of applied polymer science* 99.6 (2006): 3085-3092.

Hu, K. H., Schraube, S., Xu, Y. F., Hu, X. G., & Stengler, R. (2010). Micro-tribological behavior of polyacetal-based self-lubrication composite materials modified with MoS<sub>2</sub>. *Tribology*, 30, 38-45.

Kongchatree, K., Yaemphuan, P., Kaewwichit, J., Roybang, W., & Kimapong, K. (2015). Influence Study of Aluminum Dross on Polypropylene Matrix-Polymer Composite Material Properties. *The International Journal of Advanced Culture Technology*, 3(1), 138-144.

Sun, L. H., Yang, Z. G., & Li, X. H. (2008). Study on the friction and wear behavior of POM/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanocomposites. *Wear*, 264(7-8), 693-700.



# Bor katkılı Bentonit içeren Aljinat Kompozit Kaplamalar

BENLİ, Birgül<sup>1</sup>, GÖNÜL, Ecehan Aygül<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Istanbul Teknik Üniversitesi, Cevher Hazırlama Müh. Bölümü & Nanobilim ve Nanomühendislik YL Programı,

<sup>2</sup>Istanbul Bilgi Üniversitesi, Moda Tasarımı Bölümü

[benli@itu.edu.tr](mailto:benli@itu.edu.tr)

## AMAÇLAR

Aljinat gibi çevreci biyopolimerler, yüksek enkapsülasyon özelliği sayesinde, yenilikçi, dayanıklı kaplamalarda kullanılabilir önemli malzemelerdir. Bor gibi yapıya katılan inorganik katkılarla özellikleri artan kompozitler sayesinde mikrobiyal, böcek ve UV radyasyonuna karşı koruma mümkün olabilmektedir.

## GİRİŞ

İleri nano teknolojik kumaşlar gerek savunma sanayine yönelik askeri ve güvenlik alanında ya da madenci, güvenli işçi tulumları gibi çok sayıda farklı kullanım ile son teknoloji ürünleriyle teknik tekstillere ve onlardan hazırlanan giysilere katkı sağlayarak günümüzün fabrikalar, iş yerlerinin olmazsa olmazı iş güvenliği kapsamında da önemli kazanımlar sağlamaktadırlar.

Güç tutuşur özelliğe sahip lifler bu kapsamda dikkat çeken teknik tekstillerin içinde görmekteyiz. Sadece güç tutuşurluk değil, alev çarpmasına karşı koyabilme veya alevden koruma sağlamaktadırlar. Alev veya sıcaklıkla temas durumunda tutuşmayan, tutuşsa da kendi kendine sönebilen tekstillere güç tutuşur tekstil adı verilmektedir (Altay, 2010; Erkut, 2020). Bu kapsamda, bor elyaf, cam elyaf gibi özel lifler kullanılarak dokunan kumaşları görmekteyiz. Bunlar arasında aramid, yüksek bağ enerjisine sahip polimerlerden biri olarak askeri alanda, itfaiyeci kıyafetleri, madenci kıyafetleri, dökümhane, havacılık ve uzay vs. de öne çıkar (Ömeroğulları ve Kut, 2012). Ayrıca, kumaşın güç tutuşur kimyasallarla işlem görmesi diğer uygulanan yöntem kumaşın yapılan son koruyucu bir tabaka ile kaplanmasıdır. Güç tutuşurluk, çeşitli boya ile elde edilebileceği gibi amonyum fosfat (Davulcu vd., 2019), fosfor esaslı bileşikler ile geliştirilmesi, organik fosfor bileşikleri ve antimon oksit, organik halojen bileşikleri de kullanılabilir (Jin vd., 2016). Borat, titanat ve antimonit gibi anyon tipi bu jelleştirici ajanlar aynı zamanda katkı ve polimer matris arasındaki uyumluluğu da artırır (Benli, 2013). İnorganik güç tutuşurluk sağlayıcılar ise hidratlı alüminyum, magnezyum hidroksit ve borik asittir. Söz konusu yapılarla elde edilen kaplamanın sağladığı fayda sayesinde ise liflere oksijenin gitmesi engellenmiş olur. Tekstiller bu katkılarla, alev almadan kömürleşir. Bu nedenle, yapıya katılan inorganiklerin

nihai ürün kalitesinde yanma yanında, koku ve nem tutuculuk, kontrollü ilaç salınım, antibakteriyellik gibi önemli faydaları bulunmaktadır.

Bor mineralleri yapılarında değişen oranlarda bor oksit içeren doğal bileşiklerdir. Şekil 1' de bor sahasından ve yüksek kalitede bor mineralinden örnek verilmektedir. Bilindiği üzere, doğada 230 üzerinde farklı bor minerali bulunmaktadır. Doğal boratlar, tinkal, kolemanit, üleksit gibi konsantre bor cevherleridir. Ticari bor mineralleri ve bor oksit içerikleri Tablo 1' de verilmiştir. Rafinasyon veya kimyasal reaksiyon, kristalizasyonla elde edilenler; boraks pentahidrat, boraks dekahidrat, susuz boraks, borik asit ve sodyum perborat sayılabilir (Etimaden, 2019). Çalışmamızda, endüstriyel kalitede saf olmayan boraks' dan saflaştırılmış boraks pentahidrat kristalleri kullanılmıştır. Tablo 1' den görüldüğü üzere tinkal diğer bor minerallerine göre en düşük bor içeriğine sahip doğal bor mineralidir.



Şekil 1. Bor minerali ve bor sahası.

Tablo 1. Ticari bor mineralleri ve bor oksit içerikleri.

Mineral	Kimyasal yapısı	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> içeriği (ağırlık %)
Kolemanit	Ca <sub>2</sub> B <sub>6</sub> O <sub>11</sub> .5H <sub>2</sub> O	50.8
Üleksit	NaCaB <sub>5</sub> O <sub>9</sub> .8H <sub>2</sub> O	43
Tinkal	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .10H <sub>2</sub> O	36.5
Kernit	Na <sub>2</sub> B <sub>14</sub> O <sub>7</sub> .4H <sub>2</sub> O	51
Pandermit	Ca <sub>4</sub> B <sub>10</sub> O <sub>9</sub> .7H <sub>2</sub> O	49.8
Hydroborasit	CaMgB <sub>6</sub> O <sub>11</sub> .6H <sub>2</sub> O	50.5

- BENLİ, Birgül (0000-0001-7386-5003)
- GÖNÜL, Ecehan Aygül (0000-0001-6720-3740)

## DENEYSEL

### Malzeme

Çalışmada Tokat, Reşadiye bölgesi Bentonit yerel üretici madenden temin edilmiştir. Metilen mavisi testlerine göre 98 meq/100g kasyon değişirme kapasitesine sahiptir. %60 silika içermektedir. Enkapsülasyon derecesi yüksek, kahverengi algden üretilen, aljinat Sigma- Aldrich' den aljinik asit sodyum tuzu olarak satın alınmıştır.

Boraks, kimyasal bileşimi  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  olup, sodyum tetraborat dekahidrat olarak da bilinen Tinkal mineralidir. Çalışmada kullanılan endüstriyel kalitedeki boraks penta hidrat Etimaden' den temin edilmiştir.

### Yöntem

Endüstriyel sınıf tinkal iki kademede kristalizasyonla saflaştırılarak, çalışmamızda kullanacağımız kristalize boraks elde edilmiştir. Bentonit ilaveli kompozit matrisin belirli oranlarda katılarak polimer kompozit kaplamalar hazırlanmıştır.

## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

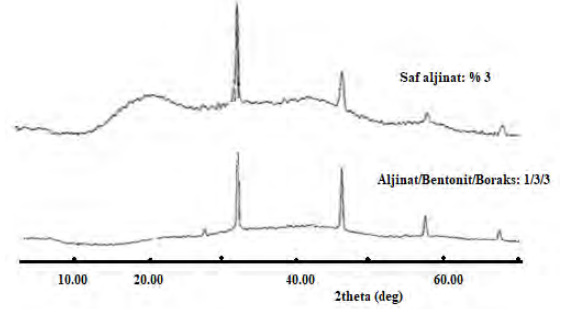
Dünya bor rezervlerinin yaklaşık %73' ünün ülkemizde olması, pek çok alanda kullanılan bor ve bor bileşiklerini daha önemli bir konuma getirmekte, Türkiye için bor katkılı ürünler büyük önem arz etmektedir. Çalışma iki kademeye ayrılmaktadır. İlk olarak, düşük endüstriyel kalitedeki boraks saflaştırılmış, ardından hazırlanan nanoyapılarla kompozit çalışmalarına geçilmiştir.

### 1. Boraks pentahidrat kristalizasyonu

Düşük içerikli, endüstriyel kalitedeki Etimaden' den temin edilen ticari değere sahip bor minerali olan, endüstriyel kalitedeki boraks dekahidrattan, boraks pentahidrata kristalizasyonla iki kademe saflaştırıldı (Benli, 2013). Öncelikle Mullin'in çözünürlük verilerine göre doymuş boraks pentahidrat çözeltisi hazırlandı (Mullin, 1993). Boraks pentahidrat, boraks dekahidratın saflaştırılması ve üretimi için sürekli karıştırılmalı ceketli bir kristallizatörde çözündürüldü. Çözelti daha sonra doyma sıcaklığının ( $69^\circ\text{C}$ ) üzerine ısıtıldı ve gerekli miktarda  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ilavesiyle çözeltide propertit çöktüldü. Çöken propertit sıcak çözeltiden bir filterpres yardımıyla süzüldü. Arıtılmış sıcak çözelti, oda sıcaklığına kadar soğutuldu. Elde edilen kristaller oda sıcaklığında kurutuldu. Boraks saflaştırmanın ikinci aşamasında, elde edilen kristaller  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  eklenmeden yeniden kristalleştirme ile saflaştırıldı. Böylece çalışmada kullanılacak yüksek saflıkta boraks pentahidrat elde edildi.

### 2. Nanokompozit kaplama çalışmaları

% 3 Aljinat polimerinden hazırlanan kaplamaların içine, inorganik katkıları ilave edilmiştir. Bentonit ve boraks ilaveleri sonrasında kristalografik olarak mineral yapısında meydana gelen değişimler X-ışınları spektroskopisi (XRD) ile tesbit edilmiştir. Şekil 2' de bor katkısının nanokaplamanın üzerindeki iyileştirmenin olumlu etkisi görülmektedir.



Şekil 2. XRD ile yapı karakterizasyonu.

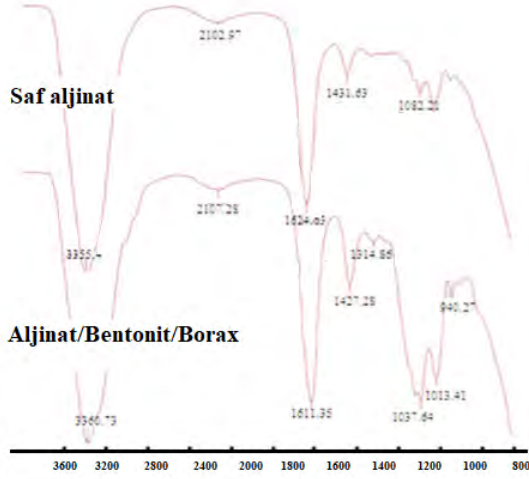
Bentonit ve boraksın aljinat ile uyumluluğu Atomik kuvvet mikroskobu yardımıyla araştırılmış, hazırlanan Kolloidal Aljinat Probu kullanılarak Doğrudan Kuvvet Ölçümleri sırasında incelenmiştir. Yüzeyler arasındaki adhezyonun önemli olduğu, boraks ilavesinin uyumluluğu artırdığı hesaplanarak şu sırada bulunmuştur (Benli vd. 2011):

% 3 aljinat > Borax > Na-Bentonit > % 1 aljinat

Kaplamaların yapısal değişimleri ise Şekil 3' de FTIR spektralleri üzerinden bentonit ve boraksın uyumlulukları üzerinden karşılaştırılmıştır.  $3355\text{ cm}^{-1}$  'de aljinatın hidroksil gruplarının karakteristik bandı, asimetrik ve simetrik COOH germe titreşimleri  $1625$  ve  $1432\text{ cm}^{-1}$  'de gözlemlendi. OH gerilmesi, yüksek bentonit oranlarında  $3368$  'e kayarken,  $1611$  ' den  $1626\text{ cm}^{-1}$  'de kaymanın olması, aljinat ve bentonit arasında yeni hidrojen bağlarının oluşumuna, bu tür gruplar ve kil yapısındaki negatif yük arasındaki elektrostatik etkileşime atfedilebilir (Darder vd., 2006). C-C ve C-O bağları  $1150$  ile  $1000\text{ cm}^{-1}$  arasındaki bölgedeki piklerle ifade edilir, çapraz bağlayıcı çözeltisinin, aljinatın oksijen bölgeleri ve bentonitin kalsiyum iyonları ile arasındaki etkileşimi, yani, alginatın Ca-çapraz bağlanması sayesinde boraksın ve bentonitin enkapsülasyonuna kanıtı sağlar.

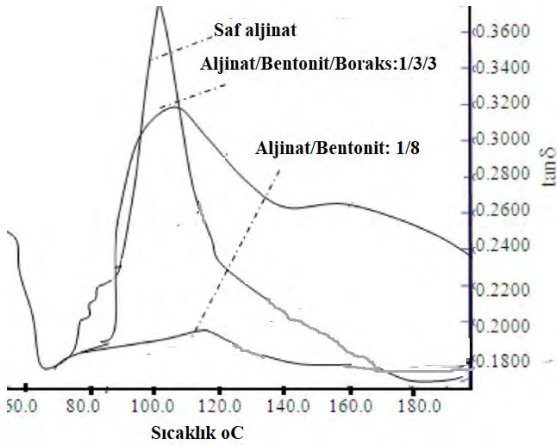
Ayrıca, boraksın asidik karakteri O-H asimetrik titreşimlere yol açmış ve bentonitin aljinat biyokompozit içerisine eklenmesi ile yeni hidrojen bağlanma bölgeleri oluşturmuştur. C-O-C bandındaki değişime dayalı olarak, bentonitin arakatmanı için hidrojen bağlama mekanizması önerilebilir. Böylece,

XRD modellerinin de onayladığı, boraks ilavesi sinerjik bir etki sağlamıştır.



Şekil 3. Saf aljinat (ağırlıkça %3) ve kompozit kaplamanın (aljinat: bentonit: boraks//1: 3: 3) FTIR karşılaştırması.

Kompozit kaplamaların, mekanik ve ısıl özellikleri aynı anda DMA (dinamik mekanik analiz cihazında) tesbit edilmiştir. Esasen, DMA ile aljinat biyopolimerin ve kompoziterinin uygulanan mekanik stres altında, deforme edilirken uygulanan kuvvete göre yer değiştirmedeki faz kayması ölçülerek enerji kaybı özellikleri tayin edilir. Şekil 4’ de aljinat ve kaplamaların DMA grafikleri ve  $\tan\delta$  pik değişimleri verilmektedir.

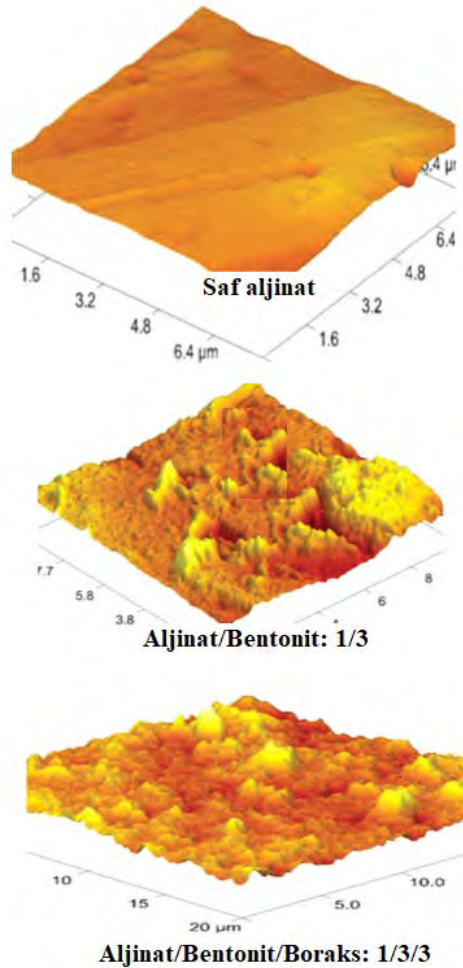


Şekil 4. Saf aljinat ve kompozitlerin DMA grafikleri

Saf aljinata göre yapıya gören inorganik katkılar bir miktar dayanıklılığı düşürse de özellikle boraks ilavesinden sonra termal özelliklerde önemli artışlar gözlemiştir. Heterojen bentonit kilinin matris içindeki

dağılımı, polimer matrisi içinde dağılmadan topaklanmış aglomera yapıların olup olmadığı AFM görüntüleri ile araştırılmıştır. Ayrıca,  $\tan\delta$  pikinin yüksekliği, polimerin esnekliği hakkında bilgi verir. Aljinat filmlerdeki dolgu içeriğinin artması, örneğin 1:8 bentonit katkısında olduğu gibi, daha sert kırılğan hale getirirken, elastikiyetlerini kaybederler ve esnekliği kaybolur. Boraks ilavesiyle aljinat biyokompozitin esnekliğinde önemli bir iyileşme elde edildiği kolayca anlaşılabilir.

Kompozit kaplamaların başarısı ayrıca AFM görüntülerinden tesbit edilmiştir. Temassız modda alınan yüzey görüntülerinde bentonit ilavesinin getirdiği aglomere olma durumu boraks ilavesinden sonra homojen bir dağılmaya, dispersiyona dönmüştür. Boraksın olumlu etkisi görsel olarak Şekil 5’ de tesbit edilmiştir.



Şekil 5. Atomik kuvvet mikroskobundan alınan polimerik kaplamaların yüzey görüntüleri.

## GENEL SONUÇLAR

Boraks ve bentonit birlikte kullanılarak hazırlanan polimerik kaplamalarla kumaşlara ve metalik yüzeylere mikrobiyal, böcek ve UV radyasyonuna karşı zırh koruma sağlayacak nanoyapıların özellikleri ve karakterizasyonu çalışmamızda incelenmiştir. Bu amaçla, ince film kaplamalar kontrollü bir şekilde oluşturulmuş ve aljinatın enkapsülasyon özelliği ve boraksın yapıya olan sinerjistik etkileri sistematik olarak araştırılmıştır. Çalışmamızın birinci kısmında EtiMaden’ den temin edilen düşük boroksit içerikli endüstriyel kalitedeki ürünün saflaştırılması ve kristalizasyonunun ardından, saf boraks kaplama çalışmalarında kullanılmıştır. XRD ve FTIR analizleri ile birlikte aljinat, bentonite biyokompozit kaplamaya ait jelleşme mekanizmalarını ve borat iyonu etkilerini inceleyen çalışmada iki olası model yapısı öne çıkmaktadır. Bunlar; (1) aljinat polimerin, borat iyonları ve hidroksil grupları arasındaki karşılıklı monodiol-borat kompleks oluşumu ve (2) iki diol birimi aljinat zinciri ve bir borat iyonu arasında, didiol-borat kompleksleri olarak çapraz bağlanma oluşumudur.

Böylece çalışmamızla, aljinatın bilinen Ca-egg box enkapsülasyon mekanizması yanında borla birlikte çapraz bağlı yeni bir jelleşme mekanizması aydınlatılmıştır (Benli, 2013).

İkincil inorganik dolgu maddesi olarak boraksın, geliştirilmiş uyumlu ve esnek polimer filmlerin yanı sıra gelişmiş yapısal ve termal özellikler için çevre dostu malzemelerin tercih edildiği tekstil ve biyokompozit kaplama alanında, kumaşla oluşturulan kompozit malzemelerin bağ yapma davranışları (Ulcay vd., 2002) üzerine polimer esaslı lif takviyeli kompozit malzemeler gibi potansiyel uygulamalarda önemli yere sahip olacaktır.

## SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

İleri saflaştırma işlemi olan kristalizasyon kademesi, özellikle atıklardan borun yeniden kazanılması ve böylece bor atıklarının yeniden değerlendirilmesine yönelik çalışmalara önemli katkılar sunacağı ortadadır. Çalışmaların, ülkemiz ekonomisine ve ihracatına önemli katkılar sağlayabileceği açıkça görülmektedir. Bu nedenle, atık bordan saflaştırılarak hazırlanan nanoyapılarla teknik tekstillerin ve kumaşların üretimi sonraki dönem çalışmalarımızdandır.

## TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Yazarlar, çalışmayı İTÜ-BAP, Proje No. MGA-2018-41405 numaralı proje kapsamında destekleyen İstanbul

Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü’ ne teşekkür ederler.

## KAYNAKLAR

Altay, P. 2010. Polyester kumaşların emdirme ve çektirme yöntemlerine göre güç tutuşurluk özelliklerinin incelenmesi üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İzmir.

Benli, B. 2013. “Effect of borax addition on the structural modification of bentonite in biodegradable alginate-based biocomposites”, *Journal of Applied Polymer Science*, 128 (6), 4172–4180. DOI: 10.1002/app.38609

Benli, B., Assemi, S., Nalaskowski, J., Çelik, M.S., Miller, J.D. 2011. *Journal of Adhesion Science and Technology*. 25, 1159.

Darder, M., Lopez-Blanco, M., Aranda, P., Aznar, A. J., Bravo, J., Ruiz-Hitzky, E. 2006. *Chem. Mater.* 18, 1602.

Davulcu, A., Bahtiyari, İ., Güleyüpoğlu, İ. 2019. “Pamuklu Kumaşların Güç Tutuşurluk Özelliklerinin Geliştirilmesi Üzerine Bir Araştırma”, *EJONS International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences*, 3(13), 71-88.

Erkut, D. 2020. “Farklı karışım oranlarında güç tutuşur özelliğe sahip liflerden elde edilen iplik ve kumaş özelliklerinin incelenmesi” Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilimdalı, Yüksek Lisans Tezi, Bursa.

ETİMADEN 2020. “Bor sektör raporu”. Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Mayıs 2020.

Liu, Y., Pan, X., Pablo, A., ... 2016. “Effect of phosphorus-containing inorganic–organic hybrid coating on the flammability of cotton fabrics: Synthesis, characterization and flammability”, *Chemical Engineering Journal*, 294, 167-175.

Mullin, J. W. 1993. “Crystallization”, 3rd ed.; Butterworth-Heine-mann Ltd.: Oxford.

Ömeroğulları, Z., Kut, D., 2012. “Tekstilde güç tutuşurluk”. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 17 (1), 27-40.

Ulcay, Y., Akyol, M., Gemci, R. 2002. “Polimer esaslı lif takviyeli kompozit malzemelerin arabirim mukavemeti üzerine farklı kür metotlarının etkisinin incelenmesi”, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi*, 7 (1), 93-116.

# Akrilonitril bütadien stiren (ABS) / Siklo olefin kopolimer (COC) kompozitlerinin mekanik ve reolojik özelliklerinin incelenmesi

TÜNEY, Aliye İclal<sup>1</sup>, KURT, Gökçe<sup>2</sup>, KAŞGÖZ, Alper<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Yalova Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Polimer Malzeme Mühendisliği Anabilimdalı

<sup>2</sup>Yalova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Polimer Malzeme Mühendisliği Bölümü

iclaltuney@gmail.com

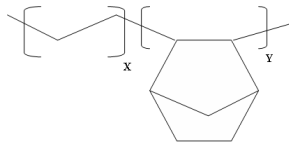
## AMAÇLAR

Çalışma kapsamında eriyik yöntemlerle hazırlanan ABS/COC polimer harmanlarının morfolojik, reolojik ve mekanik özelliklerinin incelenerek ABS'nin kullanım sıcaklık aralığının genişletilmesi, mekanik mukavemet değerlerinin ve işlenebilirliğinin artırılması amaçlanmıştır.

## GİRİŞ

ABS akrilonitril, 1,3-Bütadiyen ve stiren monomerlerinden elde edilen şeffaf bir termoplastik polimerdir. 1940'lerden beri endüstriyel olarak da kullanılan ABS için artan stiren miktarı ile paralel şekilde artan mekanik mukavemetleri onu birçok ürün için uygun hale getirmiştir. Her ne kadar mekanik mukavemete klasik poliolefin sınıfı polimerlerin üzerinde olsa da yüksek mukavemet gerektiren birçok uygulamada kendi özellikleri yetersiz gelen ABS özellikle darbe dayanımının ve yüksek sıcaklık uygulamalarındaki mekanik özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla polikarbonat (PC) başta olmak üzere çeşitli polimerlerle harmanları yapılarak kullanılmaktadır. Literatürde ABS ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde ABS'in farklı organik/inorganik dolgularla kompozitlerinin hazırlanması ya da polikarbonat (PC) ya da polimetilmetakrilat (PMMA) gibi bir polimerle harmanlarının hazırlanarak darbe dayanımının geliştirilmesi, elastik modül değerlerinin artırılması, kullanım sıcaklık aralıklarının artırılması ve parlaklığının artırılmasına yönelik birçok çalışma bulunabilmektedir<sup>1-3</sup>.

Siklo-olefin kopolimerler (COC), olefinler ile siklik yapıdaki norbornenin kopolimerizasyonu ile oluşan tamamen ya da yüksek miktarda amorf yapıda olan polimerlerdir (şekil 1).



Şekil 1. Siklo-olefin kopolimerlerinin kimyasal yapısı

Temel özellikleri yüksek ışık geçirgenliği, yüksek termal dayanıklılık, düşük su buharı ve gaz geçirgenliği olan COC lerin mekanik dayanımları da birçok

mühendislik plastiğine göre üst seviyededir. COC lerin genel özellikleri içerdiği siklik yapıdaki monomerin (norbornen) miktarına göre değişim gösterebilmektedir. Örneğin polimerdeki norbornen miktarının değişimiyle camsı geçiş sıcaklığı ( $T_g$ ) 78 ile 180 °C arasında değişebilmektedir. COC lerin tarihi 40 yıl öncesine dayansa da ticari termoplastik olarak üretilmesi son on yılda gerçekleşebilmiş buna rağmen kullanım alanını hızla artırmıştır. COC'ler özellikle kamera ve fotoğraf makinelerinin lensleri, kontak lensler, CD ve DVD lensleri gibi optik geçirgenlik gerektiren alanlarda, yırtılma dayanımının belirli bir düzeyde, gaz ve su buharı geçirgenliği değerlerinin çok düşük olması istenen ilaç ambalajlama gibi sektörlerde, yüksek mekanik ve termal dayanım isteyen parçalarda otomotiv sektöründe kullanılmaktadır. COC ler termal, optik ve mekanik özellikleri açısından birçok alanda yaygın olarak kullanılan polikarbonat (PC) ile benzer özellik göstermektedir. Ancak polikarbonatların sağlık açısından önemli tehditler içeren bisfenol-A içermesi özellikle gıda ve tıp alanında bu malzemelerin tercih edilmemesine neden olmaktadır. Bu şekilde herhangi bir sağlık açısından risk oluşturacak bir kimyasal barındırmayan COC ler günümüzde yaygın kullanılan polikarbonatlar için en uygun alternatifi oluşturmaktadır.

- TÜNEY, A. İclal (ORCID No: 0000-0002-5234-9680)
- KURT, Gökçe (ORCID No: 0000-0002-8262-4786)
- KAŞGÖZ, Alper (ORCID No: 0000-0001-9869-8555)

## DENEYSEL

### Malzeme

Çalışmalarda COC türevleri olarak TOPAS firmasının ürettiği E140, 8007, 6013 ve 6017 kod numaralı farklı norbornen içeriğine sahip COC'ler kullanılırken ABS olarak LG firması tarafından üretilen ER400 kodlu ürün kullanılmıştır. Kullanılan COC türevleri içerisinde E140 en düşük norbornen içeriğine sahip elastomerik özellikli bir polimerken (norbornen oranı yaklaşık ağırlıkça ~%40) diğer amorf olan 8007, 6013 ve 6017 türevlerinin norbornen içerikleri sırasıyla ~%68, ~%78 ve ~%86 seviyelerindedir.

## Yöntem

### Kompozitlerin Hazırlanması

Örnekler eriyik harmanlama yöntemine göre çift vidalı ekstrüzyon sistemi (Gülner Makine, Türkiye, vida çapı, 16 mm, L/D = 40) kullanılarak hazırlanmıştır. Ekstrüzyonda granül formunda elde edilen örnekler daha sonra ise baskı kalıplama yöntemiyle her test için uygun boyutlarda film örnekleri hazırlanmıştır. Hazırlanan örneklerin içerikleri ve isimlendirmesi Tablo-1’de verilmiştir.

Tablo 1. Örnek isimlendirmeleri ve içerikleri

Sample Code	Types of COC	COC (%wt.)	ABS (%wt.)	Sample Code	Types of COC	COC (%wt.)	ABS (%wt.)
COC(E140)		100	0	COC(6013)		100	0
(E140)90-ABS10		90	10	(6013)90-ABS10		90	10
(E140)80-ABS20		80	20	(6013)80-ABS20		80	20
(E140)65-ABS35	COC	65	35	(6013)65-ABS35	COC	65	35
(E140)50-ABS50	(E140)	50	50	(6013)50-ABS50	(6013)	50	50
(E140)35-ABS65		35	65	(6013)35-ABS65		35	65
(E140)20-ABS80		20	80	(6013)20-ABS80		20	80
(E140)10-ABS90		10	90	(6013)10-ABS90		10	90
ABS		0	100				
COC(8007)		100	0	COC(6017)		100	0
(8007)90-ABS10		90	10	(6017)90-ABS10		90	10
(8007)80-ABS20		80	20	(6017)80-ABS20		80	20
(8007)65-ABS35	COC	65	35	(6017)65-ABS35	COC	65	35
(8007)50-ABS50	(8007)	50	50	(6017)50-ABS50	(6017)	50	50
(8007)35-ABS65		35	65	(6017)35-ABS65		35	65
(8007)20-ABS80		20	80	(6017)20-ABS80		20	80
(8007)10-ABS90		10	90	(6017)10-ABS90		10	90

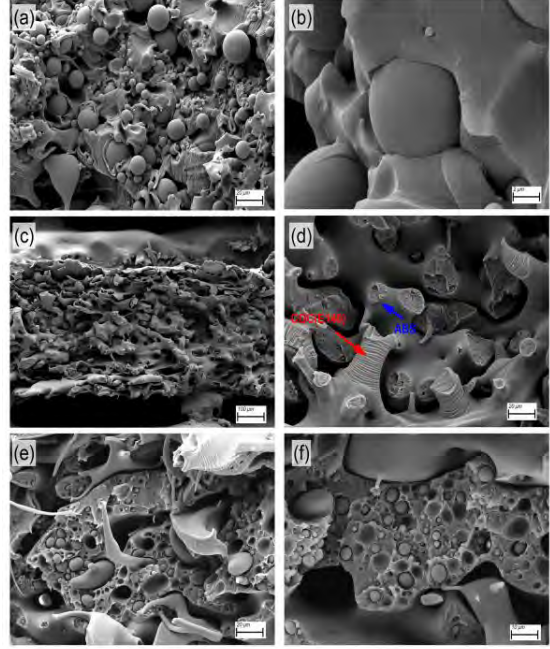
### Test ve Analizler

Hazırlanan örneklerin morfolojik özellikleri FEI Quanta FEG 450 marka taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir. Örneklerin reolojik özellikleri ise 25 mm çapa sahip paralel plaka ile donatılmış dinamik rotasyonel reometre (*Discovery Hybrid Rheometer-1, DHR-1, TA, USA*) ile belirlenmiştir. Reolojik ölçümlerde frekansa bağlı olarak viskoelastik parametrelerin ölçülmesinden önce örneklerin lineer davranış gösterdiği lineer viskoelastik alan (LVA) uzunluk tarama testi ile belirlenmiş daha sonra da bu alan içerisinde frekans tarama testi (*frequency sweep test*) gerçekleştirilmiştir. Uzunluk tarama testi 10 rad/s açısal frekans değerinde %0,1-%20 arasında gerçekleştirilirken frekans tarama testi %1 sabit uzama oranında 100-0,1 rad/s açısal frekans aralığında gerçekleştirilmiştir. Dinamik mekanik analiz testleri katı haldeki filmlerin dinamik mekanik analizine imkân tanıyan ölçüm sistemi TA-DHR1 hibrit reometresine takılarak 1 Hz frekansta 30-200 °C arasında gerçekleştirilmiştir.

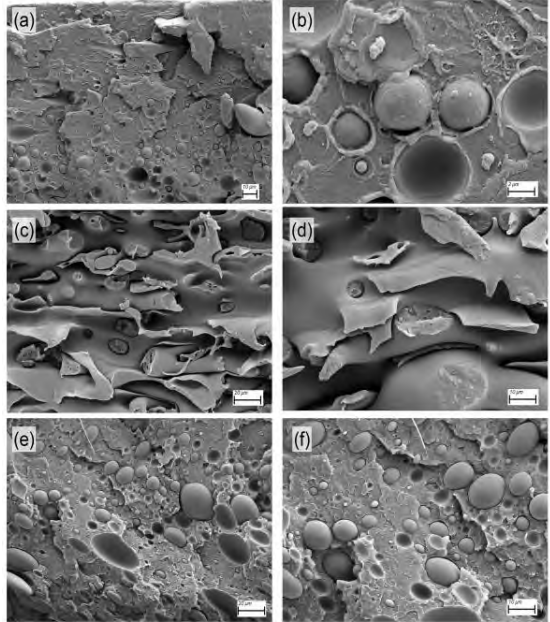
### DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

COC(E140), COC(8007), COC(6013) ve COC(6017) ile ABS içeren ve COC/ABS bileşimi 35/65, 50/50, 65/50 olan örneklerin farklı büyütme ölçeklerindeki SEM görüntüleri sırasıyla Şekil 2(a-f)-5(a-f)’de verilmiştir. Öncelikle farklı norbornen içeriğine sahip COC türleri kullanılarak hazırlanan bütün serilerdeki COC/ABS oranı 35/65 ve 65/35 olan örneklerin damla matris morfolojisine sahip olduğu görülürken 50/50 olan bileşimlerin hepsinde eş-sürekliliğin oluştuğu görülmektedir. Fazlar arası yapışma ve uyumluluğun

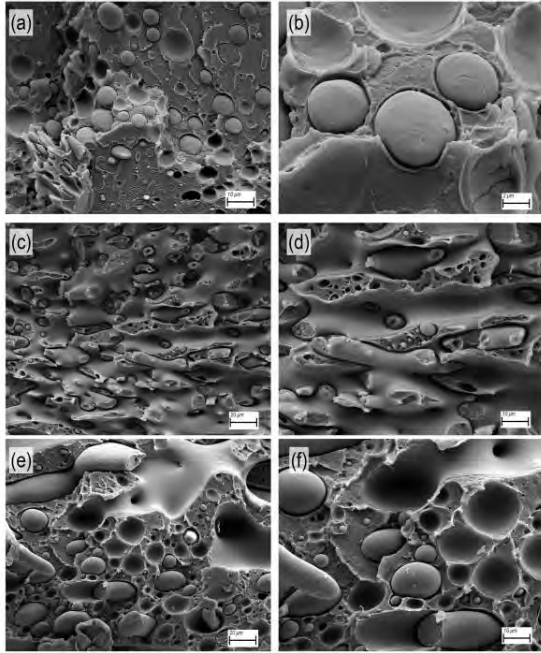
ise COC/ABS oranı ve COC fazın norbornen içeriğine göre farklılaştığı dikkat çekmektedir.



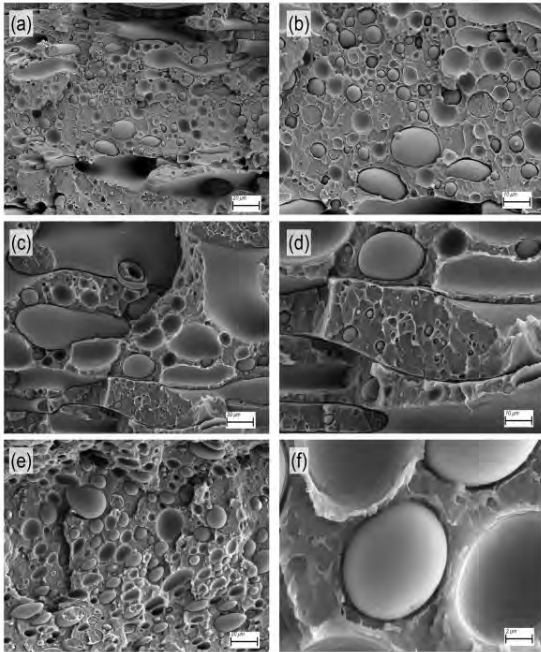
Şekil 2. ABS/COC(E140) serisi harmanların SEM görüntüleri (a-b) (E140)35-ABS65, (c-d) (E140)50-ABS50, (e-f) (E140)65-ABS35



Şekil 3. ABS/COC(8007) serisi harmanların SEM görüntüleri (a-b) (8007)65-ABS35, (c-d) (8007)50-ABS50, (e-f) (8007)35-ABS65



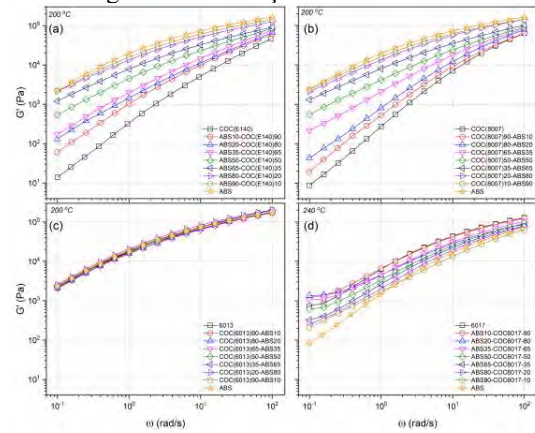
Şekil 4. ABS/COC(6013) serisi harmanların SEM görüntüleri (a-b) (6013)65-ABS35, (c-d) (6013)50-ABS50, (e-f) (6013)35-ABS65



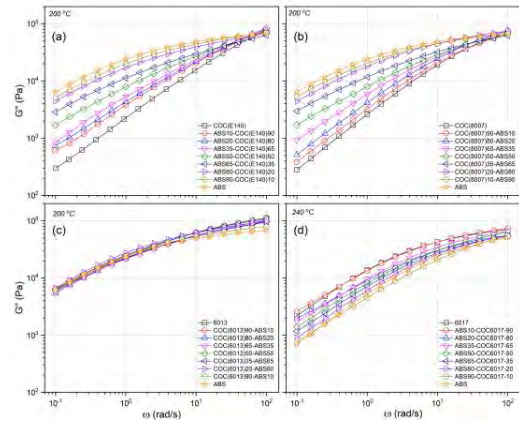
Şekil 5. ABS/COC(6017) serisi harmanların SEM görüntüleri (a-b) (6017)65-ABS35, (c-d) (6017)50-ABS50, (e-f) (6017)35-ABS65

Frekans salınım testi eriyik haldeki örneklerin salınımlı bir kuvvet altında gösterdikleri deformasyonun takip edilerek depolanan ve kayıp modül değerlerinin uygulanan açısız frekansa bağlı olarak takip edildiği ve yapısal ve viskoelastik karakterizasyonda kullanılan bir

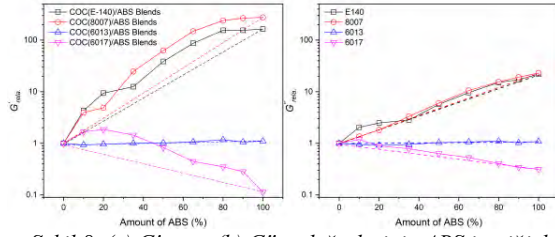
testtir. Örneklere uygulanan frekans salınım testi sonucunda elde edilen  $G'$  ve  $G''$  değerlerinin açısız frekansa bağlı olarak değişimleri sırasıyla Şekil 6 ve Şekil 7'de sırasıyla verilmiştir. Şekil 6(a-d)'de tüm harmanların  $G'$ - $\omega$  değerlerinin değişimi bütün örneklerin yüksek frekans bölgesinde benzer modül değerlerine sahipken düşük frekans bölgesinde bileşime bağlı olarak farklılıkların ortaya çıktığı görülmektedir. Bu yüzden, literatürle uyumlu olarak da, yapısal analizde düşük frekans bölgesindeki modül değerleri incelenmiştir. Düşük frekanstaki modül değerlerinin değişiminin incelenmesinde  $G'$ - $\omega$  grafiklerinin terminal bölgedeki eğimlerdeki değişim ve ölçüm alınan en düşük frekans değerindeki sayısal değişim temel incelenen iki parametre olmuştur. Şekil 6(a) üzerinde kırmızı çizgilerle gösterilen bölgedeki eğim değerleri incelendiğinde E140, 8007 ve 6013'ün kullanıldığı harmanlarda bileşime bağlı olarak dikkate değer bir değişim görülmezken 6017 serisi COC'nin kullanıldığı harmanlarda kompozitlerdekine benzer şekilde artan COC ile giderek frekanstan bağımsız bir modül değeri elde edilmiştir.



Şekil 6. Harmanların  $G'$ - $\omega$  grafikleri (a) COC-E140, (b) COC-8007, (c) COC-6013 ve (d) COC-6017 serisi

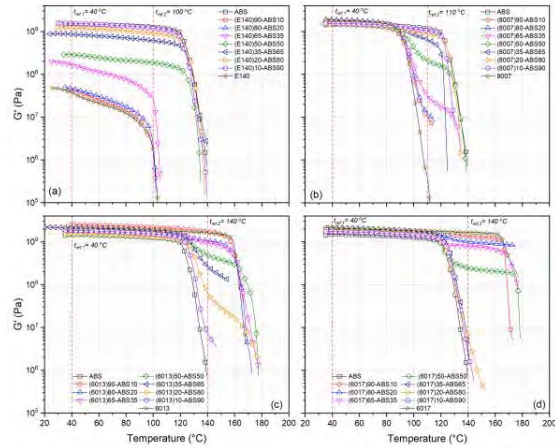


Şekil 7. Harmanların  $G''$ - $\omega$  grafikleri (a) COC-E140, (b) COC-8007, (c) COC-6013 ve (d) COC-6017 serisi örnekler



Şekil 8. (a)  $G'$  ve (b)  $G''$  değerlerinin ABS içeriğiyle değişimi

Modül değerlerindeki değişimin daha kantitatif olarak değerlendirilmesi amacıyla Şekil 8(a-b)'de ölçüm yapılan en düşük frekans değerindeki (0.1 rad/s)  $G'_{rel}$  ve  $G''_{rel}$  değerlerinin yapıdaki ABS içeriğine bağlı olarak değişimi verilmiştir.  $G'_{rel}$  ve  $G''_{rel}$  ilgili örneğin 0.1 rad/s açısal frekans değerindeki  $G'$  ve  $G''$  değerlerinin örnekte bulunan COC çeşidinin yine 0.1 rad/s'deki  $G'$  ve  $G''$  değerlerine bölünmesi ile elde edilmiştir. Normal koşullarda polimer fazlar arası etkileşimler ihmal edildiğinde harman bileşiminin değişmesi ile her seri için modül değerlerinin lineer bir değişim göstermesi ve kesikli çizgileri takip etmesi beklenir. Kesikli çizgilerin üzerinde bir eğri oluşması modül değerlerini pozitif etkileyen fazlar arası güçlü bir etkileşim olarak değerlendirilirken kesikli çizgilerin altında bir eğri oluşması ise modül değerlerini negatif etkileyen zayıf fazlar arası etkileşimin göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Bu kapsamda (E140)/ABS, 8007)/ABS ve (6017)/ABS harmanlarındaki etkileşimlerin (6013)/ABS harmanlarına oranla daha kuvvetli olduğu değerlendirilebilir.



Şekil 9.  $E'$  değerlerinin sıcaklıkla değişimi (a) COC-E140, (b) COC-8007, (c) COC-6013 ve (d) COC-6017 serisi örnekler

Örneklerin Şekil 9'da verilen DMA sonuçları incelendiğinde ise camı geçiş sıcaklığının altında mekanik anlamdaki gelişmenin sınırlı olduğu görülürken ABS'in camı geçiş sıcaklığı üzerinde

özellikle COC(6013) ve COC(6017) ile hazırlanan harmanlarda önemli bir artış dikkat çekmektedir.

## GENEL SONUÇLAR

Çalışmada yapılan test ve analizler ABS yapıya farklı COC türleri katılmasıyla farklı özelliklerin çift yönlü olarak değiştirilebileceğini göstermiştir. Burada belirleyici olan ise harmana eklenen COC'nin yapısındaki norbornen monomerinin miktarının olduğu görülmüştür. Örneğin yüksek norbornen içeren COC(6017) kullanıldığında mekanik özellikler önemli şekilde artarken yapısal uyumsuzluk daha etkili bir şekilde ortaya çıkmıştır. Öte yandan düşük norbornen içeriğine sahip COC(E140) kullanıldığında daha düşük modül değerleri ancak daha uyumlu bir polimer harman elde edilmiştir.

## TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Bu çalışma Yalova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 2020/YL/0002 kodlu proje kapsamında desteklenmiştir.



# SiO<sub>2</sub> and Carbon Particle Embedded Silica Aerogels and Their Applications

SOMAKLI, Seyda<sup>1</sup>, BUTUN SENDEL, Sultan<sup>2</sup>, BUTUN, Vural<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Eskisehir Osmangazi University, Polymer Science and Technology Department., <sup>2</sup>Eskisehir Osmangazi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Biomedical Engineering, Eskisehir, 26480, Turkey, <sup>3</sup>Eskisehir Osmangazi University, Faculty of Science and Letters, Department of Chemistry, Eskisehir, 26480, Turkey

seyda.ozkan26@gmail.com

## PURPOSE

The aim of the study is the preparation of silica aerogels using the hydro(solvo)thermal synthesis assisted sol-gel method, the preparation of SiO<sub>2</sub>, carbon particle-added silica aerogels, and the investigation of their potential use in the environment and energy fields.

## ORCID NUMBERS

SOMAKLI, Seyda (0000-0002-8664-7475)

BUTUN SENDEL, Sultan (0000-0001-7036-2224)

BUTUN, Vural (0000-0003-4542-5080)

## REFERENCES

1. Tang, Q., Wang, T., 2005, Preparation of silica aerogel from rice hull ash by supercritical carbon dioxide drying, *J. of Supercritical Fluids* 35, 91–94.
2. Feng, S. H., Li, G.H., *Modern Inorganic Chemistry (Second Edition)*, 2017, 73-104.
3. Dorcheh, A., Abbasi, M., 2008, Silica aerogel; synthesis, properties and characterization, *journal of materials processing technology* 199, 10–26.
4. Mahani, A., Motahari, S., Mohebbi, A., 2018, Sol-gel derived flexible silica aerogel as selective adsorbent for water decontamination from crude oil, *Marine Pollution Bulletin*, 129, 438–447.
5. Gu, H., Zhang Q., Gu, J., Li N., Xiong, J., 2018, Facile preparation of super hydrophobic silica nanoparticles by hydrothermal-assisted sol-gel process and effects of hydrothermal time on surface modification, *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 87:478–485.
6. Sheng, C., Liu X., Liu, Y., Shen, X., Lin, B., Han G., Wu, Z., 2010, Adsorption properties of nitrobenzene in wastewater with silica aerogels, *Science China Technological Sciences*, 1.53 No.9: 2367–2371.
7. Hrubesh, L., Coronado, P., Jr, J., 2001, Solvent removal from water with hydrophobic aerogels, *Journal of Non-Crystalline Solids* 285, 328-332.

# PAN/TiO<sub>2</sub> Nanocomposite Embedded Poly[(2-dimethylamino)ethyl Methacrylate] Cryogels for Separation and Purification Technologies

BUTUN SENDEL, Sultan<sup>1</sup>, GOKKUS, Kutalmis<sup>2</sup>, KEYIK, Kubra<sup>3</sup>, BUTUN, Vural<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Eskisehir Osmangazi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Biomedical Engineering, Eskisehir, 26480, Turkey, <sup>2</sup> Kastamonu University, Department of Environmental Engineering, Kastamonu, 37150, Turkey, <sup>3</sup>Eskisehir Osmangazi University, Faculty of Science and Letters, Department of Chemistry, Eskisehir, 26480, Turkey  
[sultanbutun.sengel@ogu.edu.tr](mailto:sultanbutun.sengel@ogu.edu.tr)

## PURPOSE

The aim of this study was to prepare high surface area nano-sized polyacrylonitrile (PAN) particles and their nanocomposite with TiO<sub>2</sub> (PAN/TiO<sub>2</sub>) by using electrospraying method and to use it in super porous composite cryogel preparation using pH responsive monomer, 2-(dimethylamino)ethyl methacrylate. The cryogel composite was synthesized via cryogelation method by including the PAN/TiO<sub>2</sub> nanoparticle within polymeric matrices before cryogelation.

## ORCID NUMBERS

BUTUN SENDEL, Sultan (0000-0001-7036-2224)  
GOKKUS, Kutalmis (0000-0002-4016-4283)  
KEYIK, Kubra (0000-0002-2433-3075)  
BUTUN, Vural (0000-0003-4542-5080)

## REFERENCES

1. Jaworek, A. (2007). Micro-and nanoparticle production by electrospraying. *Powder Technology*, 176(1), 18-35.
2. Li, J., Pan, K., Tian, H., & Yin, L. (2020). The Potential of electrospinning/electrospraying technology in the rational design of hydrogel structures. *Macromolecular Materials and Engineering*, 305(8), 2000285.
3. Alehosseini, A., Ghorani, B., Sarabi-Jamab, M., & Tucker, N. (2018). Principles of electrospraying: A new approach in protection of bioactive compounds in foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(14), 2346-2363.
4. Sosnik, A. (2014). Production of drug-loaded polymeric nanoparticles by electrospraying technology. *Journal of Biomedical Nanotechnology*, 10(9), 2200-2217.
5. Ari, B., Sengel, S. B., & Sahiner, N. (2021). The use of titanium dioxide particles embedded in anionic hydrogel composite for photocatalytic degradation of methylene blue. *SPE Polymers*.
6. Daghri, R., Drogui, P., & Robert, D. (2013). Modified TiO<sub>2</sub> for environmental photocatalytic applications: a review. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 52(10), 3581-3599.
7. Zhao, X., Guo, B., Wu, H., Liang, Y., & Ma, P. X. (2018). Injectable antibacterial conductive nanocomposite cryogels with rapid shape recovery for noncompressible hemorrhage and wound healing. *Nature Communications*, 9(1), 1-17.
8. Okay, O. (Ed.). (2014). *Polymeric Cryogels: Macroporous gels with remarkable properties* (Vol. 263). Springer.
9. Sengel, S. B., Sahiner, M., Aktas, N., & Sahiner, N. (2017). Halloysite-carboxymethyl cellulose cryogel composite from natural sources. *Applied Clay Science*, 140, 66-74.
10. Demirci, S., Suner, S. S., Sahiner, M., & Sahiner, N. (2017). Superporous hyaluronic acid cryogel composites embedding synthetic polyethyleneimine microgels and halloysite nanotubes as natural clay. *European Polymer Journal*, 93, 775-784.

**11.** Ertürk, G., & Mattiasson, B. (2014). Cryogels-versatile tools in bioseparation. *Journal of Chromatography A*, 1357, 24-35.

**12.** Busquets, R., Ivanov, A. E., Mbundi, L., Hörberg, S., Kozynchenko, O. P., Cragg, P. J., Cundy, A. B. (2016). Carbon-cryogel hierarchical composites as effective and scalable filters for removal of trace organic pollutants from water. *Journal of Environmental Management*, 182, 141-148.

# Yüksek Yükleme Oranlarında Cam Elyaf Takviyeli Poliftalamid Kompozitlerin, Üretilebilirliğinin ve Kalıplanabilirliğinin Geliştirilmesi

URCAN, M. Sertcan

<https://orcid.org/0000-0002-5215-1025>

Epsan Plastik San. Tic. A.Ş.

[sertcan.u@epsan.com](mailto:sertcan.u@epsan.com)

## AMAÇLAR

Poliftalamid malzemelerin yüksek cam elyaf ile takviye edilmek istendiğinde malzemelerin yüksek ergime sıcaklığına sahip olması ve ergiyik akışımın düşük olmasından dolayı iyi karışmama problemleri ve enjeksiyon ile kalıplama prosesinde zorluklar ile karşılaşmaktadır.

Yüksek ergime sıcaklığı sebebiyle ekstrüzyon ve enjeksiyonla kalıplama süreçlerinde de bu yüksek sıcaklıklara gereksinim duyulmaktadır. Ekstrüzyon üretiminde yüksek makine torkuna ihtiyaç duyulmakta ve karmaşık tasarımlı kalıplarda kompozit kalıplanması istendiğinde enjeksiyonla kalıplamada zorluk yaşanmaktadır.

Bu sebeple ergiyik akışkanlığı yüksek işlenebilirliği ve kalıplama bilirliği kolaylaştırılmış bir malzemeye gereksinim duyulmaktadır.

## GİRİŞ

Poliftalamid malzemeler aromatik poliamidlerin spesifik türleri arasına girmektedir. Sahip oldukları aromatik bileşenlerinden ve yarı kristalin yapılarından dolayı yüksek ısı dayanımı ve yüksek mekanik özelliklere sahiptirler. Poliftalamidler poliamidlere göre düşük nem çekme özelliğine sahiptir ve bu özellikleri ile birçok mühendislik uygulamasında kullanılmaktadır.

Dolgunsuz bir poliftalamid malzemede 2800 MPa elastik modülü, 90 – 95 MPa aralığında kopma mukavemeti gibi mekanik özellikler görülmektedir [1]. Poliftalamidlerin sahip oldukları bu özellikleri cam elyaf gibi elyaf takviyeleri ile çok daha yüksek değerlere çıkartılabilmektedir.

Ağırlıkça %50- %55 gibi yüksek cam elyaf yükleme oranlarında erişilebilen mekanik ve termal özellikleriyle başta otomotiv ve makine sanayi alanlarında bu kompozitler dikkat çekmektedir. Yüksek mekanik ve termal özellikleriyle, metal malzemeye göre düşük yoğunluklarıyla birlikte birçok metal yerine

uygulamada poliftalamid temelli kompozitler tercih edilmektedir. [1]

Cam elyaf takviyeli poliftalamid kompozitlerin sahip olduğu yapı, mekanik ve termal özellikleri sebebiyle malzemelerin ekstrüzyon ve enjeksiyon proseleri, elyaf takviyeli poliamid gibi diğer termoplastik matrisli kompozitlere göre zorlaşmaktadır. Yaşanan bu zorluklar sebebiyle ekstrüzyon ile karışım hazırlama sürecinde makine kovan sıcaklıklarının yükseltilmesi gerekmektedir. Kovan sıcaklığı 310-330 °C sıcaklıklarına kadar yükseltilmesine rağmen makine zorlanmaları ve yeterli karıştırmama problemleri görülebilmektedir [2]. Karıştırmama problemleriyle özellikle cam elyaf dolgulu kompozit malzemelerde cam elyaflarının matris malzeme içinde iyi dağılmaması durumunda malzemeden beklenen mekanik özelliklerde düşmektedir.

Enjeksiyonla kalıplama proselerinde ise karmaşık(kompleks) tasarımlarda kullanılan kalıbın dolduramama ve düşük yüzey kalite problemleri ile karşılaşılabilir bilinmektedir. Poliftalamid malzemelerin yüksek ergime sıcaklığı sebebiyle enjeksiyon prosesinde kovan sıcaklıklarının 310–330°C seviyelerinde yükseltilmesi gerekmektedir. Yüksek kovan sıcaklıkları haricinde kalıp sıcaklığı da artırılmakta, 100°C'nin üzerinde kalıp sıcaklıklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Kalıp ısısının 100°C üzerine yükseltilmesi için yağlı kalıp ısıtıcılarına sahip sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Belirtilen bu yüksek sıcaklıklarda dahi yüksek yükleme oranlarında cam elyaf takviyeli kompozit malzemelerin karmaşık tasarımlı kalıplarla şekillendirmelerinde akışkanlık problemleri görülebilmektedir [3].

## DENEYSEL

### Malzeme

Yapılan bu çalışmada ağırlıkça %50 ve %60 cam elyaf yükleme oranlarında, iki farklı kompozit üretilmiştir. Bu iki yükleme oranında karşılaştırma yapılabilmesi için önce malzemeler akışkanlık özellikleri geliştirilmemiş standart özellikte; sonra

akışkanlık özellikleri geliştirilmiş kompozit malzemeler olarak sınıflandırılarak hazırlanmıştır.

### Yöntem

Ergiyik akışkanlıklarının modifikasyonları ile ekstrüzyon prosesinde (ekstrüzyon makinesinde) aynı üretim parametreleri seçilerek makine zorlanma yüzdeleri karşılaştırılmıştır. Enjeksiyonla kalıplama prosesinde ise malzeme akışkanlığı gelişmelerini gözlemleyebilmek için spiral tasarımı olan bir kalıp kullanılmıştır. Kullanılan bu kalıpta yapılan enjeksiyon baskılarının ne kadar uzun olduğu belirlenerek kıyaslanmıştır.

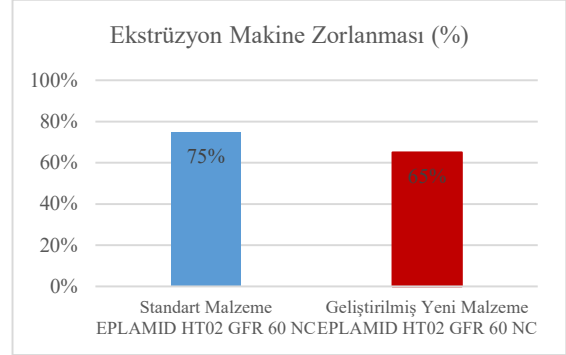
### DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Üretimi gerçekleştirilen 2 farklı kompozit deney grubunda, ekstrüzyon işleminde ekstrüder parametreleri kendi aralarında sabit tutulmuştur. Kullanılan ekstrüder parametreleri Tablo 1’de gösterilmektedir.

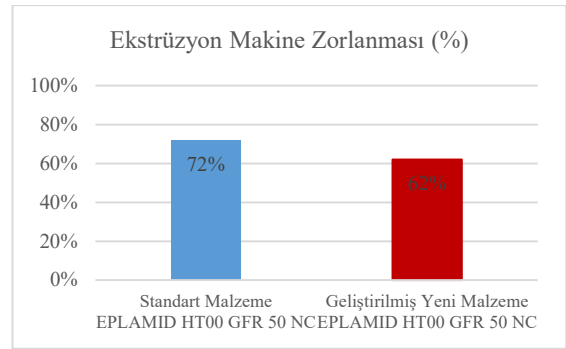
**Tablo 1 : Ekstrüder Üretim Parametreleri**

EPLAMID HT02 GFR 60 NC	Üretim Hızı: 30kg/saat Vida Devri: 600 RPM Kovan Isıları: 305 - 315°C
EPLAMID HT00 GFR 50 NC	Üretim Hızı: 25kg/saat Vida Devri: 650 RPM Kovan Isıları: 305 - 315°C

Yapılan bu deney gruplarına ait ekstrüder zorlanmaları % olarak belirlenmiş, Şekil 1 ve Şekil 2’de gösterilmiştir. %60 cam elyaf dolgulu standart malzemenin ekstrüzyon sürecinde %75 zorlanma gözlenirken akışkanlığı geliştirilmiş malzemede bu oran %65’e düşmüştür. %50 cam elyaf dolgulu standart malzemenin ekstrüzyon sürecinde ise %72 zorlanma görülürken akışkanlığı geliştirilmiş malzemede bu oran %62’e düşmüştür.

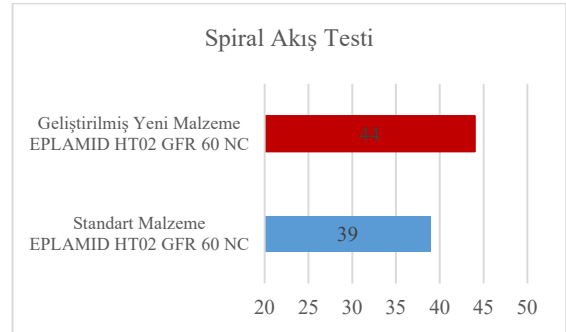


**Şekil 1 : EPLAMID HT02 GFR 60 NC Ekstrüzyon Makine Zorlanma Değerleri**

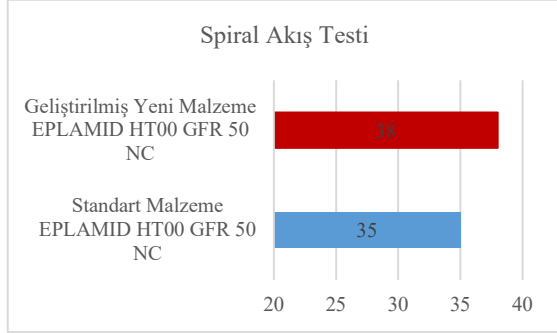


**Şekil 2 : EPLAMID HT00 GFR 50 NC Ekstrüzyon Makine Zorlanma Değerleri**

Yapılan spiral akış Testi sonuçları Şekil 3 ve Şekil 4’de gösterilmiştir.



**Şekil 3 : EPLAMID HT02 GFR 60 NC Spiral Akış Testi Sonuçları**



**Şekil 4 : EPLAMID HT00 GFR 50 NC Spiral Akış Testi Sonuçları**

## GENEL SONUÇLAR

Yapılan bu çalışmada geliştirilen malzemeler ile ekstrüzyon prosesinde makine zorlanmalarının azaltıldığı görülmüştür. Bu sayede ekstrüder kovanları içerisinde cam elyafın matris içinde daha kolay bir şekilde karıştığı belirtilebilir.

Çalışmanın ikinci aşamasında ise eş enjeksiyon parametreleriyle spiral şeklindeki bir kalıba malzemelerin doldurulması sağlanmış ve geliştirilen malzemenin kalıp içinde daha çok yol alarak kalıp içindeki akışkanlığının geliştirildiği gözlemlenmiştir.

## SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

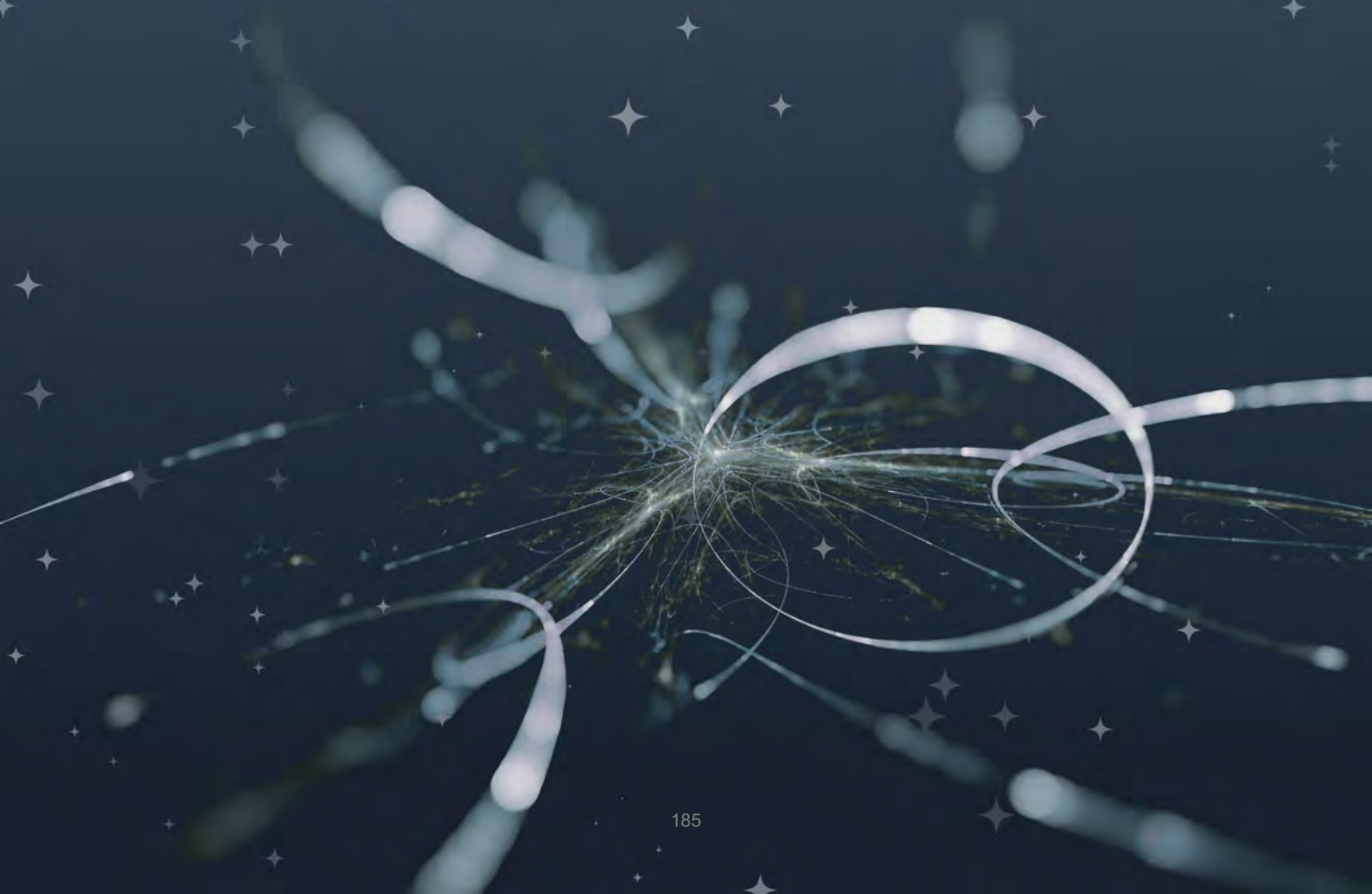
Yapılan çalışmada kompozit içindeki malzemelerin akışkanlığı artırılarak ekstrüzyon ve enjeksiyon prosesindeki geliştirmeleri poliftalamid matrislerde sağlanmıştır. Bundan sonraki çalışmalarda poliester gruplarındaki malzemelere de benzer uygulama çalışmaları gerçekleştirilecektir.

## KAYNAKLAR

- [1] Taşdelen M. A. ve Yılmaz İ. N. 2018. "Cam Elyaf Katkılı Poliamid 66/Poliftalamid Karışımlarının Hazırlanması", Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 23, 285 - 294
- [2] Thomas S. ve Visakh P. M. 2011, "Handbook of Engineering and Specialty Thermoplastics, Volume 4: Nylons", Scrivener Publishing.
- [3] "EPLAMID HT02 GFR 50 NC Q1F001 Malzeme Bilgi Föyü", Epsan Plastik San. Tic. A.Ş.

# CHAPTER 5

## NANOFIBERS



# Elektro-üfleme Yöntemi ile Elde Edilen Nanolifli Filtre Yapılarında Çözelti İletkenliğinin Filtre Performansı Üzerine Etkisi

GÜNGÖR, Melike<sup>1</sup>, SAĞIRLI, Merve Nur<sup>1</sup>, İMDAT, Kadir<sup>1,2</sup>, AKDAĞ, Mustafa<sup>1,2</sup>, KILIÇ, Ali<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>TEMAG Labs, Textile Tech. and Design Faculty, Istanbul Tech. Uni., Istanbul, Turkey

<sup>2</sup>Areka Group LLC, Istanbul, Turkey.

\*alikilic@itu.edu.tr

## AMAÇLAR

Günümüzde nanolifli yapılar, yaraörtüleri, kompozit katmanları, pil yapımı, filtre üretimi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Nanolifli yapılar, son zamanlarda yaşanan pandemi durumundan ötürü koruyucu ekipman olan yüz maskelerinin üretiminde kullanılan filtre kumaşlarının üretiminde, kritik bir yere sahiptir. Bu çalışmada, yüksek performanslı nanolifli filtre kumaşı üretimi için yeni bir üretim yöntemi olan elektrik alanlı çözümlenmiş nanolifli üretim (electroblowing, elektro-üfleme, ESB) sistemi kullanılarak iletken çözümlenmiş nanolifli üretim durumu incelenmiştir. Sistemde bulunan elektriğin daha ince lif yapısını oluşturabilmesi için kullanılan çözümlenmiş iletkenliğinin artırılması ile daha yüksek filtre kalitesine sahip filtre kumaş yapılarının elde edilmesi amaçlanmıştır.

## GİRİŞ

2019 yılında Çin'in Wuhan şehrinde ortaya çıkan ve tüm dünyayı etkisi altında alan koronavirüs pandemisi, hava temizliği ve yüz maskesi kullanımının önemini gözler önüne sermiştir. Mevcut yüz maskelerinin performansını artırmak amacıyla, maske malzemesinin filtrasyon özelliklerini iyileştirme üzerine çalışmalar yapılmıştır.

İstenen performans özelliklerini sağlaması için nanolifli yapılar tercih edilmiştir. Tebyetekerwa vd. tarafından nanolifli yapıların sahip oldukları yüksek porozite ve yüzey alanı sebebiyle yüz maskelerinin nefes aldirabilirlik ve filtrasyon performansı özelliklerini artırdığı belirtilmiştir. Bu özellikleri sağlayacak nanolifli üretim sisteminin ise parametre değişimi ile lif morfolojisinin kolaylıkla kontrol edilebilen 'elektro üretim yöntemi' nin olduğundan söz edilmiştir<sup>1</sup>. Ancak bu sistem, düşük üretim hızına sahip olmasından dolayı alternatif sistemlerin tasarlanmasını gerektirmiştir.

Lif üretim hızının yükseltilmesi için basınçlı hava kullanımına dayanan çözümlenmiş üfleme sistemi geliştirilmiş, ancak bu sistemde kullanılan hava liflerin dağılık toplanmasına ve çoğu kez de parçalanarak kısa lifler olmasına yol açmıştır. Her iki sistemdeki dezavantajların ortadan kaldırılıp, avantajlı yönlerinin kullanılabilmesi için hibrit bir sistem olan elektro-üfleme sistemi geliştirilmiştir<sup>2</sup>.

- GÜNGÖR, Melike, (0000-0002-2124-3787)
- SAĞIRLI, Merve Nur (0000-0001-8050-4732)
- İMDAT, Kadir (0000-0002-6829-9438)
- KILIÇ, Ali (0000-0001-5915-8732)

Elektrik alanlı nanolifli üretim sistemlerinde, polimer çözümlenmiş jeti üzerinde etkili olan Coulomb kuvvetleri, jetin incelenerek lif haline gelmesini sağlamaktadır. Bu kuvvetin artırılması, jet üzerinde daha fazla yük birikmesine, dolayısıyla daha ince liflerin üretilmesine yol açmaktadır. Söz konusu artırmanın da, çözümlenmiş iletkenliğini artırarak sağlandığı belirtilmiştir<sup>3</sup>.

Nanolifli filtre üretimlerinde, düşük maliyetli, üstün mekanik özelliklere sahip ve geri dönüştürülebilir bir malzeme olan poliamid 6 (PA6) tercih edilmiştir<sup>4</sup>. Çözümlenmiş ve malzeme iletkenliğini artırmak için pek çok çalışmada maliyetsiz bir tuz olan ve pek çok çözümlenmiş çözümlenmiş lityum klorür (LiCl) kullanılmıştır<sup>5-7</sup>.

Bu çalışmada, yüksek performanslı filtre özelliğine sahip nanolifli yüz maskesi kumaşının elde edilmesi için, avantajlı bir üretim yöntemi olan elektro-üfleme kullanılmıştır. Üretilen malzemenin özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla, polimer çözümlenmiş LiCl eklentisi yapılarak iletkenliği artırılmıştır. Elde edilen yapıların filtre performansları incelenmiştir.

## DENEYSEL

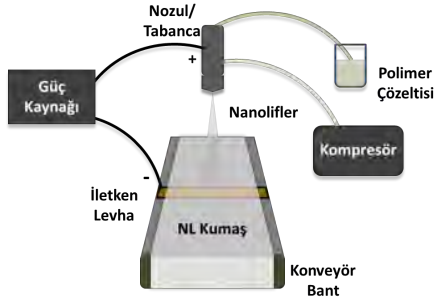
### Malzeme

Bu çalışmada polimer olarak Poliamid 6 (PA6, BASF Ultramid B27), çözümlenmiş olarak 2:1 oranında asetik asit (AA, %99,9, TEKKİM) ve formik asit (FA, %85, TEKKİM), iletken ajan olarak ise lityum klorür (LiCl, Zag) kullanılmıştır.

### Yöntem

Öncelikle PA6 polimeri ile %10 konsantrasyona sahip çözümlenmiş hazırlanmıştır. Daha sonra çözümlenmiş içerisinde farklı oranlarda (% 0, 0,2, 0,6 and 1) LiCl eklenerek iletken çözümlenmiş elde edilmiştir. Hazırlanan her bir çözümlenmiş ile 4 m/sa sarım hızında ve ayrı ayrı 0, 10, 20, 30 kV değerlerinde elektrik alan kullanarak üretimler yapılmıştır. Nanolifli üretim ESB sistemi (Areka Advanced LLC) ve endüstriyel tip boya tabancası kullanılarak 45 cm nozul-toplayıcı mesafesinden 50 L/dk toplayıcı vakum hızı, ve 3 bar hava basıncı ile gerçekleştirilmiştir. Üretim sistemi Şekil 1'de gösterilmiştir.





**Şekil 1.** Endüstriyel elektro-üfleme nanolif üretim sisteminin şematik gösterimi.

Hazırlanan çözeltilerin viskozite ve iletkenlik değerleri ölçülmüştür. Üretilen liflerin lif morfolojisi için taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve yapısındaki Li varlığını tespit etmek için ise Enerji Dağılımlı X-Ray (EDX) analizleri yapılmıştır. Aynı zamanda üretilen filtre kumaş yapılarının filtre performanslarının tayini için her bir üretime filtrasyon testi yapılmış ve filtre kalite değerleri hesaplanmıştır. Kumaşların gözeneklilikleri hakkında yorum yapabilmek için hava geçirgenlik değerleri de ASTM D737 standardına göre ölçülmüştür.

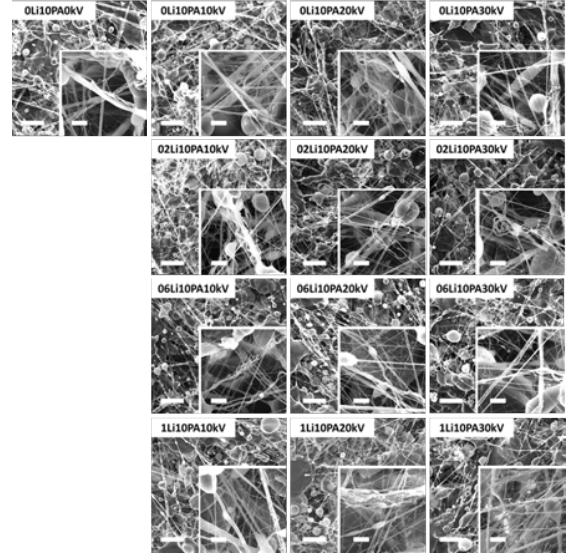
#### DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Tablo 1 incelendiğinde çözelti içerisindeki LiCl oranının artması ile çözeltilerin viskozite değerlerinin ve iletkenlik değerinin arttığı görülmektedir.

**Tablo 1** Çözeltilere ait viskozite ve iletkenlik değerleri

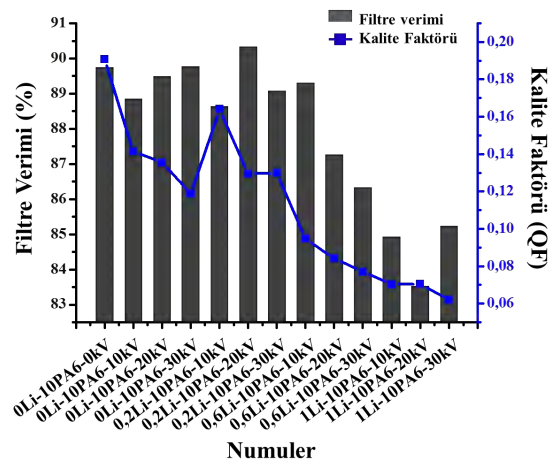
Numune	Viskozite (mPa.s)	Çözelti İletkenliği (µS)	Çözelti Sıcaklığı (°C)
0Li-10PA6	155,4	329,4	23,2
0,2Li-10PA6	183,9	888	26,2
0,6Li-10PA6	203,4	1428	26,4
1Li-10PA6	240,6	2000	25,6

Üretimlere ait SEM görüntüleri Şekil 2’de verilmektedir. SEM görüntüleri incelendiğinde kullanılan nozulun tabanca formatında olmasından kaynaklı olarak, yapılan üretimlerde nanolif yapısının haricinde damlacıkların üç boyutlu kütle şeklinde olduğu görülmektedir. LiCl oranı arttıkça iletkenliğin artmasına bağlı olarak bu damlacıkların birbirine yapışarak film yapısı oluşturduğu da SEM görüntüleri incelendiğinde anlaşılmaktadır. Viskozitenin artmasına bağlı olarak Liflerin lif çaplarında artış meydana gelmiştir.



**Şekil 2.** Numunelere ait SEM görüntüleri (büyük SEM görüntüleri için 500 X büyütmede, küçük SEM görüntüleri için 5 kX büyütmede görüntüler alınmıştır).

Şekil 3’te tüm üretimlere ait filtre verimi ve QF eğrisi grafiği yer almaktadır. Üretimlerde nanolif yapısının haricinde damlacıkların üç boyutlu kütle halinde yer alması, gözenekli ve lifli bir film yapısı ortaya getirmiştir. Bu sebeple bu 0LiPA60kV numunesinden yüksek filtre performansı elde edilmiştir. Grafiğe göre %0,2’nin üzerinde LiCl katkısının, filtre verimini çok etkilememesine rağmen basınç farkını arttırdığından QF değerini düşürdüğü görülmektedir. Aynı zamanda elektrik alan, lif formuna geçemeyen bu üç boyutlu yapıların daha fazla lif olmasından ziyade elektrik yüklenmesinden kaynaklı olarak üretimde elektrik alanın varlığı filtre verimini değiştirmemesine rağmen filtre basınç farkı değerini arttırmıştır.



**Şekil 3.** Numunelerin filtre verimliliği ve kalite faktörü grafiği

LiCl katkısı olmayan PA6 çözeltisi ile yapılan üretimlerde elektrik voltajının artması ile üretilen filtre kumaşının filtre veriminde önemli değişiklik olmamasına rağmen filtre basınç farkı değeri artmıştır. SEM görüntülerinden çok anlaşılmasa da bu durumun, makinenin toprak kablosunun nonwoven kumaşın hemen altından yapılmasına ve 10 kV elektrik alanda bile büyük çekim kuvvetlerinin oluşmasına bağlı olarak nanofiblerin nonwoven kumaşın içerisine kadar yerleşme davranışı sergilemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sebeple gözeneklerin daha fazla kapanmasına neden olmuştur. Sonuç olarak elektrik alan ve LiCl oranı arttıkça daha fazla film yapısı oluşmuştur. Bu da daha düşük kaliteli kumaşların oluşmasına neden olmuştur. 0,2 LiCl katkılı üretimden 10 kV elektrik alan uygulanarak yapılan üretimden verimli sonuçlar alınmıştır. Bu sebeple 0,2 LiCl uygun konsantrasyon olarak seçilmiştir.

#### GENEL SONUÇLAR

Bu çalışmada, elektriksel iletkenliği artırılmış çözeltilerden elde edilen nanofibli nonwoven yapıların filtre performansı incelenmiştir. Nanolif üretiminde, hibrit bir sistem olan elektro-üfleme yöntemi kullanılmış, farklı voltaj değerlerinde üretimler yapılmıştır. Yapılan üretimlerde, çözelti iletkenliği arttıkça, toplayıcı üzerinde film yapısının oluştuğu görülmüştür. Üretilen yapılarda, iletken ajan olan LiCl miktarı arttıkça filtre verimi aynı kalırken basınç farkının yükseldiği tespit edilmiştir. Bunun sebebinin ise toplayıcı nonwoven'ın hemen altına yerleştirilen iletken çubuğun etkisiyle polimer çözeltisinin nonwoven'ın gözenekleri arasına nüfuz etmesi olduğu tahmin edilmiştir.

#### SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Yeni çözelti parametreleri ile elektrik akım parametrelerinin de düzenlendiği bir sistem kullanılarak üretilecek olan kumaşların karakterizasyonunun yapılması hedeflenmektedir.

#### TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından 118M035 kodlu proje dahilinde desteklenmiştir. Yazarlar ayrıca endüstriyel ölçekli elektro-üfleme sistemi AeroSpinner E1.0'ın sağlayıcısı olan Areka Filtrasyon Teknolojileri Ltd. Şti'ye teşekkürü bir borç bilir.

#### KAYNAKLAR

1. Tebyetekerwa, M., Xu, Z., Yang, S. & Ramakrishna, S. Electrospun Nanofibers-Based Face Masks. *Adv. Fiber Mater.* **2**, 161–166 (2020).
2. Rai, A. A. *et al.* Structure and performance of electroblown PVDF-based nanofibrous electret

filters. *Polymer Engineering & Science* **60**, 1186–1193 (2020).

3. Angamma, C. J. & Jayaram, S. H. Analysis of the Effects of Solution Conductivity on Electrospinning Process and Fiber Morphology. *IEEE Trans. on Ind. Applicat.* **47**, 1109–1117 (2011).
4. Polat, Y. *et al.* Solution blown nanofibrous air filters modified with glass microparticles. *Journal of Industrial Textiles* 152808371988867 (2019) doi:10.1177/1528083719888674.
5. Mokhtari, F., Latifi, M., Shamshirsaz, M., Khelghatdoost, M. & Rahmani, S. Modeling of electrospun PVDF/LiCl nanogenerator by the energy approach method: determining piezoelectric constant. *The Journal of The Textile Institute* **108**, 1917–1925 (2017).
6. Lei, S., Xiong, C., Quan, Z., Qin, X. & Yu, J. Controlled stretching of the first spiral in electrospinning whipping jet via surface charge. *Polymer* **217**, 123443 (2021).
7. Wei, L., Qin, X. & Jia, L. Numerical simulation study of a stable jet shape variation in electrospinning. *Therm sci* **23**, 965–974 (2019).

# Elektro-eğirme Yöntemiyle Grafen Takviyeli Polivinil Alkol Nanoelyafların Mekanik Özellikleri

EKREM, Mürsel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği  
[mekrem@erbakan.edu.tr](mailto:mekrem@erbakan.edu.tr)

## AMAÇLAR

Bu çalışmada elektro-eğirme metodu kullanılarak ağırlıkça % 1 oranında grafen takviyeli/takviyesiz polivinilalkol (PVA) nanoelyafın üretimi gerçekleştirilmiştir. Takviyeli/takviyesiz üretilen nanoelyafın, statik yükleme altında ASTM D 882-02 standardına göre çekme deneyleri yapılarak çekme dayanımı, elastiklik modülü ve birim şekil değişimleri incelenmiştir. PVA ve grafen katkı PVA nanoelyafların çapları ve boncuklaşmanın izlenebilmesi amacıyla taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri de incelenmiştir.

## GİRİŞ

Polimerler, yaşantımızda vazgeçilmez bileşenleri olmalarının yanı sıra yeni malzemelerin de temel unsurlarından biridir. Polimerler son zamanlardaki çalışmalara bağlı olarak farklı plastik, lif, elastomer türlerinin sentetik olarak üretilmesi ve kullanılması ile insan yaşamını kolaylaştıran önemli malzemeler haline gelmiştir. Polimerler; hafif, ucuz, yeterli mekanik özellikleri, kolay işlenebilir, yüksek ısı ve elektriksel özelliklere, yüksek kimyasal ve korozyon direncine sahiptirler<sup>3</sup>.

Poli(vinil alkol) (PVA), suda çözünebilir bir polihidroksi polimer olup dünyada en fazla üretilen reçinedir. Mükemmel kimyasal direnç, fiziksel özellikler ve biyolojik bozunabilirlik PVA'nın geniş uygulama alanlarına yönlendirilmesine neden olmuştur. Ayrıca su ve biyolojik sıvılarda yüksek oranda şişme özelliği göstermesi, elastik yapısı; kontak lensler, deri, yapay kıkırdak ve ilaç salınım sistemleri gibi çeşitli uygulamalarda biyomateryal olarak kullanımına olanak sağlamaktadır<sup>2</sup>.

Polimer esaslı nanoelyafların üretimi için en etkin yöntem elektro-eğirme yöntemidir. Elektrospın yöntemi nanoelyaf elde etmek için kullanılan kolay ve ucuz bir teknik olmasının yanında çapları nano boyutta (10 nm- 500 nm) olan fiber yapılar üretmeyi olanak sağlamaktadır. Bu yöntemle pek çok polimerden yüksek özgül/yüzey alanı, yüksek en / boy oranı ve yüksek gözeneklilik gibi özelliklerden dolayı, PAN<sup>10</sup>, PVA<sup>4</sup>, Naylon-6,6<sup>1</sup>, elektro-eğirme teknolojisinin geliştirilmesinde bol miktarda polimer ve inorganik/polimer nanoelyaflar araştırılmıştır<sup>11</sup>. Bu nanoelyaflar filtrasyonda, nano-elektronikte, koruyucu giysilerde, kompozit malzemelerde, doku iskelesi, optik sensör vb. alanlarda dikkat çekici uygulamalar sergiler<sup>5</sup>: 9; 6-8; 13.

Bu çalışmamızda polivinilalkol (PVA) çözelti içerisine ağırlıkça % 1 oranında nano grafen ilave edilmiştir. Hazırlanan bu çözeltiden 5 ml çözelti 0.8 mm uçlu enjektör ile elektro-eğirme yöntemiyle PVA nanoelyafların üretimi gerçekleştirilmiştir. Takviyeli/takviyesiz üretilen nanoelyaflar, statik yükleme altında ASTM D 882-02 standardına çekme deneyleri yapılarak çekme dayanımları, elastiklik modülleri ve birim şekil değişimleri incelenmiş ve bu özellikler PVA nanoelyaf ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca nanoelyafların ağ yapılı polimerlerin yüzey gözenekliliğinin, çapının ve boncuklaşmanın izlenebilmesi amacıyla taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri de incelenmiştir.

## DENEYSEL

### Malzeme

Çalışmamızda, saflığı % 99.5, özgül yüzey alanı 150 m<sup>2</sup>/g ve elastisite modülü ise 0.5 TPa olan nano grafen Nanografi firmasından temin edilmiştir. PVA polimerin oda sıcaklığında saf su katılarak çözelti haline getirilebilmekte ve iyi eğirme yapılabilir. PVA'nın [-CH<sub>2</sub>CHOH-]<sub>n</sub> kapalı formülü ve ortalama moleküler ağırlığı 124 000 g/mol olup, Sigma Aldrich firmasından tedarik edilmiştir. Genel bir anyonik yüzey aktif madde olan sodyum dodesil sülfat (SDS) CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>11</sub>OSO<sub>3</sub>Na kapalı formüllü, analitik saflıkta olup Merck firmasından satın alınmış olup, molekül ağırlığı 288.38 g/mol' dür.

### Grafen Katkılı PVA Nanoelyaf Üretimi

PVA çözeltisi elde etmek için öncelikle toz halindeki 10 g PVA'yı (%10 w/w) 70 °C ısıtılmış 90 g saf su içerisine yavaş yavaş ilave edildi. Bu karışım 3 saat manyetik karıştırıcıda karıştırılarak PVA'nın tam olarak çözülmesi sağlanmıştır. Yüzey aktif madde olan sodyum dodesil sülfat (SDS) ağırlıkça 1 g, saf su ise 99 g çözelti hazırlanarak manyetik karıştırıcıda 10 dakika karıştırıldı. Yüzey gerilimi azaltmak için her 10 g PVA çözeltisine karşılık % 1'lik hazırlanan SDS çözeltisinden 1 g ilave edildi. PVA-SDS çözeltisine 10 g PVA'ya karşılık ağırlıkça % 1 oranında grafen ilave edildi. Daha sonra problu homojenizatör ile 5'er dakika 15 dakika aralıklı olarak buz banyosunda karıştırıldı.

Eğirme işlemine tabi tutulacak numuneler, dikey doğrultuda dönen tamburlu olacak şekilde hazırlanmış olan elektro eğirme düzeneğine

konulmuştur. Şırınga pompası 1.30 mL/h süratle, şırınga- toplaç mesafesi 12 cm olarak seçilmiştir. Yüksek gerilim güç kaynağı 25 kV değerine ayarlanarak deneye başlanmıştır. Deney oda sıcaklığının 26 °C olduğu bir laboratuvar ortamında yapılmıştır. Elde edilen elyaf numuneler 1 saat 60 °C sıcaklığındaki etüvde kurutulmuştur.

### Test Prosedürü

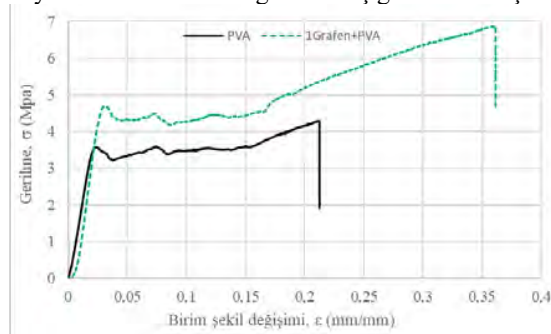
Elektro-eğirme yöntemiyle üretilen grafen katkılı/katkısız PVA nanoelyaflar alüminyum folyo ile birlikte ASTM D 882-02 standartlarına göre 200x20 mm boyutlarında hassas olarak kesildi. Kesilme işleminden sonra alüminyum folyo nanoelyaflardan soyuldu. Çekme çenelerinin koparmaması ve sıyrılmaması için her iki tarafına ve karşılıklı olarak 1.6 mm kalınlığında çift taraflı poliüretan köpük bant ile yapıştırıldı. Ayrıca her bir numuneden üçer adet deney numuneleri hazırlanmıştır.

Çekme deneyleri oda sıcaklığında Shimadzu AGS-X hidrolik masa üstü test cihazında gerçekleştirilmiştir. Yük ölçümleri için 10±0.05 kN hassasiyetli yük hücresi kullanıldı. Çekme işlemi sırasında cihazın hızı 15 mm/dak olarak ayarlanmıştır.

## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

### Nanoelyafların Çekme Deneyleri

Grafen takviyeli ve takviyesiz PVA nanoelyafların statik çekme deneyleri sonucunda elde edilen tipik gerilme-birim şekil değiştirme grafiği Şekil 1.'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi PVA nanoelyafın çekme dayanımı 4.29 MPa'dır. % 1 grafen takviyeli PVA nanoelyafın ise 6.87 MPa'la % 60'lık bir artış göstermektedir. Ayrıca PVA nanoelyafın birim şekil değiştirmesi 0.21 mm/mm iken % 1 grafen takviyeli PVA nanoelyafın ise 0.36 mm/mm ile % 71.4 atmıştır. PVA çözeltisine grafen takviyesiyle çekme dayanımında ve sünekliğin de artış gözlemlenmiştir.



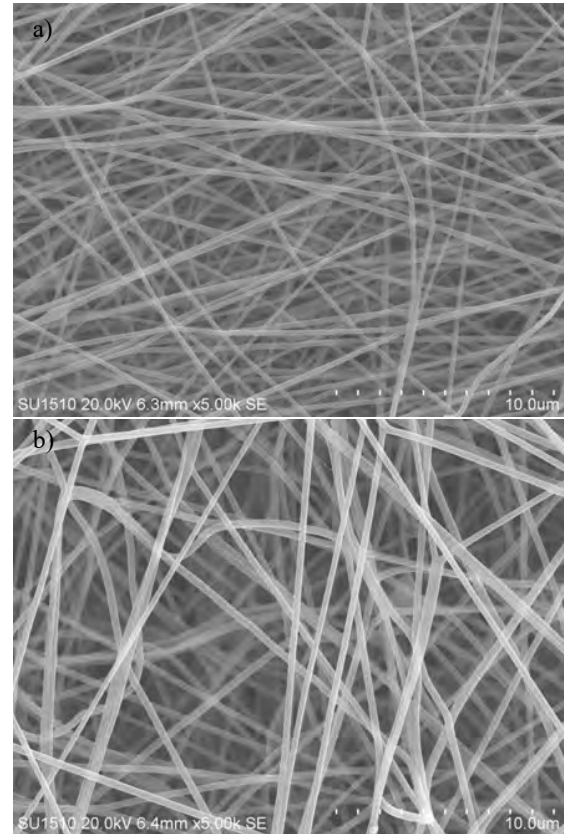
Şekil 1. Nanoelyafların gerilme-birim şekil değiştirme grafiği

### Nanoelyafların SEM Görüntüleri

Şekil 2.'de nanoelyafların 5 000 X büyütme SEM görüntüleri verilmektedir. Ayrıca SEM görüntüleri

Autocad programına yapıştirılarak her bir nanoelyaf keçelerin 10 adet en küçük ve en büyük çapları ölçülerek ortalaması verilmiştir. PVA nanoelyafları çap ölçüleri ortalama 340±24 nm, PVA+% 1 grafen nanoelyafların çap ölçüsü ortalama 208±18 nm, ölçülmüştür. Ayrıca SEM görüntüleri incelendiği zaman herhangi bir boncuklaşmanın olmadığı görülmektedir.

Elektro-eğirme işleminde çözeltinin elektrik iletkenliği artırılırsa, çözeltinin taşıdığı yükleri artıracaktır. Böylece düzgün elyaflar ve daha küçük çaplarda elyaflar elde etmeyi sağlar. PVA nanoelyafların çap ölçüsü, PVA+% 1 grafen nanoelyafların ortalama çap ölçüsüyle karşılaştırıldığında % 39 oranında düşüş gerçekleşmiştir. Bu görüntüler incelendiği zaman PVA çözeltisinin içerisine ilave edilen grafen miktarı arttıkça grafen iletkenliğinden dolayı nanoelyafların çapları azalmıştır<sup>12</sup>.



Şekil 2. Nanoelyafların SEM görüntüleri; a) PVA ve b) 1 Grafen+PVA

## GENEL SONUÇLAR

Elektro-eğirme yöntemiyle üretilen grafen takviyeli ve takviyesiz PVA nanoelyafların statik yük altındaki birim şekil değiştirme miktarları ve çekme

dayanımları toklukları çalışılmıştır. Ağırlıkça % 1 grafen katkılı PVA nanoelyafın çekme dayanımı ve birim şekil değişimi sırasıyla 6.87 MPa ve 0.36 mm/mm elde edilmiştir. Ayrıca 5.00KX büyütme SEM görüntüleri incelendiğinde 1 grafen+PVA nanoelyafın hem ortalama çapı düştüğü hem de boncuklaşma oluşmamaktadır.

### SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Bu çalışmanın ileri safhaların da PVA çözeltisine farklı oranlarda nanomalzemeler ekleyerek oluşturulan PVA nanoelyaf takviyeli nanokompozitler yara iyileştirmede, kompozit levhaların arasına yerleştirerek tabakalar arasını iyileştirmede vs. kullanmayı hedeflemekteyiz.

### KAYNAKLAR

- Beregoi, M., Preda, N., Costas, A., Enculescu, M., Negrea, R. F., Iovu, H. ve Enculescu, I., 2020, Synthesis of Core-Double Shell Nylon-ZnO/Polypyrrole Electrospun Nanofibers, *Nanomaterials*, 10 (11), 2241.
- Choo, K., Ching, Y. C., Chuah, C. H., Julai, S. ve Liou, N. S., 2016, Preparation and Characterization of Polyvinyl Alcohol-Chitosan Composite Films Reinforced with Cellulose Nanofiber, *Materials*, 9 (8).
- Ekrem, M., 2017, Mechanical properties of MWCNT Reinforced polyvinyl alcohol nanofiber mats by electrospinning method, *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 4 (2), 190-200.
- Ekrem, M. ve Avcı, A., 2018, Effects of polyvinyl alcohol nanofiber mats on the adhesion strength and fracture toughness of epoxy adhesive joints, *Composites Part B: Engineering*, 138, 256-264.
- Ekrem, M., 2019, The effects of carbon nanotubes added polyvinyl alcohol nanofibers on mechanical properties of carbon reinforced composite laminates, *Sādhanā*, 44 (8), 179.
- Krishna, K., Harisha, K., Neelakandan, R. ve Sangappa, Y., 2020, Fabrication and conductivity study of silver nanoparticles loaded polyvinyl alcohol (PVA-AgNPs) nanofibers, *Materials Today: Proceedings*.
- Nallathambi, G., Baskar, D. ve Selvam, A. K., 2020, Preparation and characterization of triple layer membrane for water filtration, *Environmental Science and Pollution Research*, 27 (24), 29717-29724.
- Nosrati, H., Khodaei, M., Banitalebi-Dehkordi, M., Alizadeh, M., Asadpour, S., Sharifi, E., Ai, J. ve Soleimannejad, M., 2020, Preparation and characterization of poly (ethylene oxide)/zinc oxide nanofibrous scaffold for chronic wound healing applications, *Polymers in Medicine*, 50 (1), 41-51.
- Sharma, B., Jain, P. ve Purwar, R., 2019, Preparation and characterization of poly (vinyl alcohol)/modified clay electrospun nanocomposite nanofibrous mats for microbial protection, *The Journal of The Textile Institute*, 110 (11), 1624-1634.
- Song, Y., Sun, Z., Xu, L. ve Shao, Z., 2017, Preparation and characterization of highly aligned carbon nanotubes/polyacrylonitrile composite nanofibers, *Polymers*, 9 (1), 1.
- Yang, S., Lei, P., Shan, Y. J. ve Zhang, D. W., 2018, Preparation and characterization of antibacterial electrospun chitosan/poly (vinyl alcohol)/graphene oxide composite nanofibrous membrane, *Applied Surface Science*, 435, 832-840.
- Yıldırım, F., Ataberk, N. ve Ekrem, M., 2020, Mechanical and thermal properties of a nanocomposite material which epoxy based and reinforced with polyvinyl alcohol nano fibers contained multiwalled carbon nanotube, *Journal of Composite Materials*.
- Zadehnajar, P., Akbari, B., Karbasi, S. ve Mirmusavi, M. H., 2020, Preparation and characterization of poly ε-caprolactone-gelatin/multi-walled carbon nanotubes electrospun scaffolds for cartilage tissue engineering applications, *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*, 69 (5), 326-337.

# Synthesis of Poly(styrene-co-glycidyl methacrylate) Containing Poly(vinyl alcohol) Nanofiber and Its Methyl Orange Adsorption Study

ISIK, Meliha<sup>1</sup>, TUNCER, Cansel<sup>1</sup>, BUTUN SENDEL, Sultan<sup>2</sup>, GOKKUS, Kutalmış<sup>3</sup>, BUTUN, Vural<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemistry, Faculty of Science and Letters, Eskişehir Osmangazi University, 26040 Eskişehir, Turkey, <sup>2</sup>Faculty of Engineering and Architecture, Department of Biomedical Engineering, Eskişehir Osmangazi University, Eskişehir, Turkey, <sup>3</sup>Department of Environmental Engineering, Kastamonu University, 37150 Kastamonu, Turkey  
[melihaisik@outlook.com.tr](mailto:melihaisik@outlook.com.tr)

## PURPOSE

The aim of this study is to synthesize poly(styrene-co-glycidyl methacrylate) (PSGMA) latex and to use as additive in poly(vinyl alcohol) hybrid nanofiber (PVA-PSGMA). Differences have been revealed by characterizing both PVA and PVA-PSGMA nanofibers. In addition, its dye adsorption capacity has been determined by using methyl orange dye.

## ORCID NUMBERS

ISIK, Meliha (0000-0001-8607-8172)  
TUNCER, Cansel (0000-0003-1946-6129)  
BUTUN SENDEL, Sultan (0000-0001-7036-2224)  
GOKKUS, Kutalmış (0000-0002-4016-4283)  
BUTUN, Vural (0000-0003-4542-5080)

## REFERENCES

1. Kozanoğlu G., 2006. Elektrosponning yöntemi ile nanolif üretim teknolojisi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi.
2. Zhu, Y. S., Wang, X. J., Hou, Y. Y., Gao, X. W., Liu, L. L., Wu, Y. P., & Shimizu, M. (2013). "A new single-ion polymer electrolyte based on polyvinyl alcohol for lithium ion batteries". *Electrochimica Acta*, 87, 113-118.
3. Jiang, K., Gao, S., Wang, R., Jiang, M., Han, J., Gu, T. & Wang, K. (2018). "Lithium sulfonate/carboxylate-anchored polyvinyl alcohol separators for lithium sulfur batteries". *ACS applied materials & interfaces*, 10 (21), 18310-18315.
4. İkiz Y., 2009. Elektro çekim yöntemi işlem parametrelerinin PVA nanolif morfolojisine etkileri, Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi.
5. Xia, M., Liu, Q., Zhou, Z., Tao, Y., Li, M., Liu, K., & Wang, D. (2014). "A novel hierarchically structured and highly hydrophilic poly (vinyl alcohol-co-ethylene)/poly (ethylene terephthalate) nanoporous membrane for lithium-ion battery separator". *Journal of Power Sources*, 266, 29-35.
6. Li, M., Xue, X., Wang, D., Lu, Y., Wu, Z., & Zou, H. (2013). "High performance filtration nanofibrous membranes based on hydrophilic poly (vinyl alcohol-co-ethylene) copolymer". *Desalination*, 329, 50-56.
7. Li, M., Wu, Z., Luo, M., Wang, W., Chang, K., Liu, K., & Wang, D. (2015). "Highly hydrophilic and anti-fouling cellulose thin film composite membrane based on the hierarchical poly (vinyl alcohol-co-ethylene) nanofiber substrate". *Cellulose*, 22 (4), 2717-2727.
8. Meng, N., Wang, X., Xin, B., Chen, Z., & Liu, Y. 2019. "Preparation, structure and electrochromic behavior of PANI/PVA composite electrospun nanofiber". *Textile Research Journal*, 89 (12), 2490-2499.

# PVA-Metal Composite Nanofiber Synthesis *via* Electrospinning and Its Use as Catalyst System

OZBAL, Aysegul<sup>1</sup>, BUTUN SENDEL, Sultan<sup>2</sup>, GOKKUS, Kutalmis<sup>3</sup>, BUTUN, Vural<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Eskişehir Osmangazi University, Faculty of Science and Letters, Department of Chemistry, Eskişehir, <sup>2</sup>Eskişehir Osmangazi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Biomedical Engineering, Eskişehir,

<sup>3</sup>Kastamonu University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Environmental Engineering, Kastamonu

[aysegul.ozbal@ogu.edu.tr](mailto:aysegul.ozbal@ogu.edu.tr)

## PURPOSE

In this study, it is aimed to prepare poly(vinyl alcohol) (PVA), mono metallic PVA (PVA-Co) and bimetallic PVA (PVA-Co/Ag) fibers by electrospinning method and to examine the efficiency of the prepared fibers in catalyst studies.

## INTRODUCTION

Electrospinning method is a method used in the development of polymeric fibers from microscale to nanoscale.<sup>1</sup> This method attracts attention because it is effective, simple, low cost, short time and has wide application potential.<sup>2</sup> PVA is commonly used polymer for the preparation of uniform nanofibers with electrospinning method. PVA is a synthetic polymer with many desirable properties, including good biocompatibility, high water solubility, and excellent chemical and thermal stability.<sup>4</sup> It is a natural polymer with less toxicity. When it is used as additive, it acts as a copolymer by providing polarity for ion migration and better dissolution. Hydroxyl groups in its structure provide opportunity to mix it easily with various polymer.<sup>3</sup> PVA is widely used in packaging, biomedicine, biomedical, adhesives and fiber-reinforced materials due to its great properties including excellent gas barrier property, strong mechanical properties.<sup>5</sup>

Khanikar et al.<sup>6</sup> developed an intrinsic optical fiber pH sensor coated with a polyaniline PAN-PVA composite layer. It was prepared by the replacement of the sensor polymer layer with the pH dependent refractive index as well as the multi-functional pH sensitive PANI-PVA layer, which has absorption properties. PANI was synthesized as a stable aqueous dispersion in the presence of PVA and the coated film showed porous morphology. Experimental results showed high sensitivity at 2.79  $\mu\text{W}/\text{pH}$  for the pH range of 2–9.

The effect of environmental temperature and ionic strength on sensor performance was investigated, together with the response time and reversibility for the fabricated sensor. Finally, actual sample analysis (tap water, baking soda, glucose, human saliva, urea and ethanol) was performed and compared with the traditional method to test the reliability and chemical stability of the sensor. Besides high sensitivity, wide dynamic range and fast response time, experimental studies have shown that the designed sensor has long-term stability and durability in a large number of measurements. In the study, a sensor has been designed to have potential applications in gas detection due to the porous structure of the sensing layer in water quality monitoring, biomedical and chemistry laboratories.

Mahmodi et al.<sup>7</sup> synthesized ZIF-8@CS/PVA-ENF by coating zeolytic imidazolate framework-8 (ZIF-8) crystals with chitosan (CS)/PVA nanofibers (CS/PVA-ENF). Characterization was done by XRD, SEM, TEM, FTIR, TGA and BET and the adsorption of Malachite Green (MG) dye was studied. ZIF-8 was coated as in the first step (ZIF-8@CS/PVA-ENF (1)), in the second step (ZIF-8@CS/PVA-ENF (2)) and in the third step (ZIF-8@CS/PVA-ENF (3)). In the optimization studies to remove dye molecules from water, pH, adsorbent dose, and initial MG concentration studies were conducted and modeled using the most well-known statistical tools such as artificial neural network (ANN) and response surface methodology (RSM). As a result of the data obtained by mathematical calculations, it has been shown that it is in high agreement with the Langmuir isotherm and the kinetic data fit the pseudo-second order model. ZIF-8@CS/PVA-ENF (2) has been shown to have a higher Langmuir adsorption capacity (1000 mg/g) and high chemical stability (90%) compared to other composites.

Kim et al.<sup>10</sup> designed a method to cross-link PVA nanofibers in order to increase the adsorption capacity against metal ions such as  $\text{Cu}^{+2}$  and  $\text{Pb}^{+2}$ . PVA nanofibers are cross-linked with glutaraldehyde vapor and solution method. Morphological features were examined by SEM and TGA analysis was

- 
- OZBAL, Aysegul (0000-0002-6218-8227)
  - BUTUN SENDEL, Sultan (0000-0001-7036-2224)
  - GOKKUS, Kutalmis (0000-0002-4016-4283)
  - BUTUN, Vural (0000-0003-4542-5080)

performed. The mechanical properties of the cross-linked PVA nanofibers by solution method are significantly improved. XRD results showed increased crystallinity. It was observed that more hydroxyl groups were cross-linked as a result of cross-linking by solution method with FTIR analysis. The adsorption capacities for copper and lead ions were measured by ICP and it was demonstrated that the cross-linked fibers by solution method were effective. Equilibrium time was reduced by 1/4 compared to uncross-linked PVA fibers, shortening the time for metal ions removal.

Enhanced Cemented Composite (ECC) technology mainly focuses on increasing the tensile strength of concrete and does not significantly increase the compressive strength of the material according to the study.<sup>11</sup> The reason why the value of PVA fibers decreases is that an oil coating with 1.2% fiber weight in PVA is applied to prevent the fiber from breaking when the load moves. An oil coating was not provided in this study. Also, in ECC, hand mixing is not recommended, which may result in lower compressive strength. The mix design adopted in this study is based on work done in the USA, which may not be suitable with local materials. Therefore, the proper mix design for ECC will be enhanced by our local content performance. Tensile properties are well demonstrated in ECC with PVA and PP fibers.

Ruksakulpiwat et al.<sup>12</sup> carried out electrospinning studies using silk fibroin (SF) and PVA biopolymers, which can be produced as a nanofiber similar to the collagen fiber of natural meniscus. Since moisture is an important factor affecting the electrospinning process, they investigated the effect of moisture on nanofiber formation and physical properties. They prepared a mixture of 1:3 proportioned PVA and silk fibroin at different moisture ratios and morphology of the prepared SF/PVA nanofibers was examined by using field emission scanning electron microscope (FE-SEM). They also tested their mechanical properties using a universal testing machine and it was shown that nanofiber diameters range was between  $111\pm 29$  and  $90\pm 33$  nm, when relative humidity decreases, fibers have a smooth surface. They demonstrated that while the elongation% increases slightly with increasing humidity, the tensile strength decreases a little.

In recent years, interest in metal nanoparticles has been increasing in the fields of science and technology. Metal nanoparticles become more important because they can be used in various fields such as sensors, catalysis and imaging. Because of high surface energy and size impact, aggregation problems make it difficult for long-term storage, process and catalysis applications of metal nanoparticles. Some protective and stabilizing agents

(surfactants, linear polymers, biomacromolecules, latexes, colloids, dendrimers, etc.) are used to enhance the stability of metal nanoparticles.<sup>9</sup>

Polymer nanocomposites developed by combining the advantages of polymer and nanoparticles with the integration of inorganic nanoparticles into the polymer media can be used for different purposes. In the development of polymer nanocomposites, forming in-situ nanoparticles into the polymer matrix can provide homogeneity and prevent aggregation by manipulating organic/inorganic interface interactions at molecular and nanometer distance levels.<sup>8</sup>

In this study, PVA fiber and PVA-Co, PVA-Co/Ag composite fibers were synthesized. It has been shown by the catalysis study that the efficiency of PVA fibers is increased by synthesizing the mono metallic and bimetallic fibers of PVA.

## EXPERIMENTAL

### Material

Poly(vinyl alcohol) (PVA) 99% (Mw: 130000) was supplied by Aldrich. 1-hexadecyl trimethyl ammonium bromide (CTAB) 98% was provided by Alfa Aesar. Sodium hydroxide 98%, 4-nitrophenol, 4-NP, 99 %, ABCR and silver nitrate 99.5% were supplied by Sigma Aldrich. Cobalt (II) chloride was provided by Merck. Sodium borohydride 98% was obtained from Across Organics.

### Method

**PVA nanofiber synthesis:** To prepare nanofiber, 10 mL of PVA solution was prepared at 90 °C and 0.05 g of CTAB was added into it. The prepared solution was taken into a 10 mL injector and a fiber was thrown on the aluminum foil at a distance of 12 cm with the Inovenso Ne200 branded electrospinning device with a speed of 1.00 mL/h and 17 kV DC voltage.

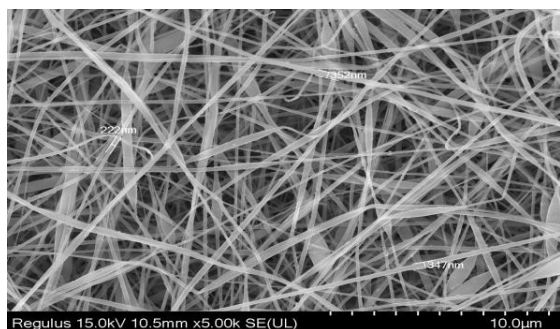
**PVA-M composite nanofiber synthesis:** 10 mL of PVA solution containing CTAB was prepared. Different amount of cobalt ion source was added into the solution. The pink colored polymer solution was taken into a 10 mL injector and a fiber (PVA-Co) was thrown on the aluminum foil at a distance of 12 cm with a speed of 0.5 mL/h and 17 kV DC voltage with the Inovenso Ne200 branded electrospinning device.

Additionally, bimetallic composite fiber prepared by using  $\text{Co}^{2+}$  and  $\text{Ag}^+$  ions in same PVA solution in dark media. After electrospinning, fiber collected plate was cut and immersed  $\text{NaBH}_4$  solution to obtain PVA-Co and PVA-Co/Ag composite fiber. The catalytic activity of PVA-Co composite fiber for the 4-NP degradation and  $\text{NaBH}_4$  hydrolysis was investigated.



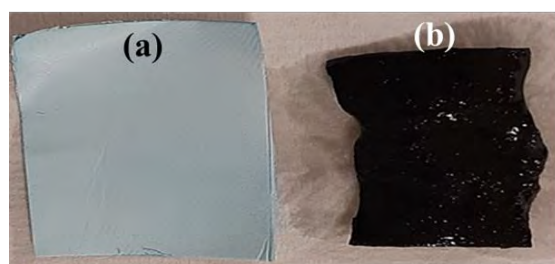
## RESULTS AND DISCUSSIONS

When the SEM image given in Figure 1 is examined, it is seen that the PVA nanofibers obtained are in nano-size and that nanofibers with heterogeneous size distribution are obtained.



**Figure 1.** SEM image of PVA fiber.

It is known that PVA and metal nanoparticles have advantages and many application areas. In this study, it is aimed to expand the application areas of PVA fibers with the addition of PVA and cobalt metal. Synthesized PVA-Co fiber is given in Figure 2a. When the blue fiber comes into contact with water, it turns pink as a result of the dissolution of some of the cobalt. When PVA-Co is immersed in a solution containing  $\text{NaBH}_4$ , the fiber becomes black as seen in Figure 2b as a result of reduction to metallic cobalt. This reduction process has shown that the produced fiber might be used for various applications such as catalysis and hydrogen production.

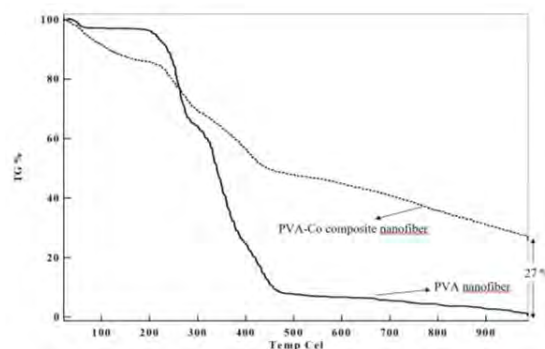


**Figure 2.** Digital images of PVA-Co nanofiber, (a) after spinning, dry form, (b) reduced with  $\text{NaBH}_4$ , wet form.

When the TGA curves of PVA nanofiber and PVA-Co nanocomposite fiber were compared (see Figure 3), the residue difference at 1000 °C between bare PVA nanofiber and composite fiber (PVA-Co) is determined to be 27 %.

**Catalytic applications:** With the rapid increase of environmental pollution, the importance of removing pollutants from waste water is also increasing. For this

reason, the effect of PVA-Co fiber prepared on the removal of 4-NP, which is one of the organic pollutants, has been examined and it is shown in Figure 4 that the yellow color turns colorless with the realization of the reduction process in a short time.



**Figure 3.** TGA curves of PVA nanofiber and PVA-Co nanocomposite fiber.

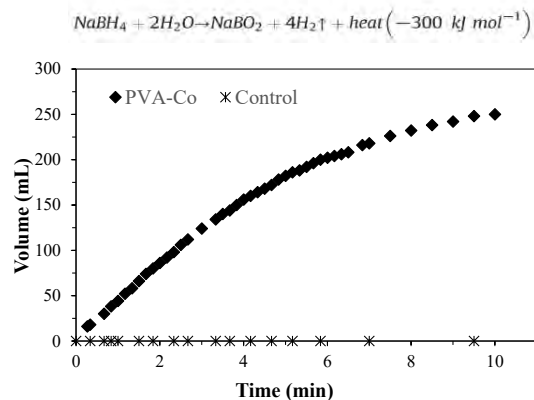
Prepared nanocomposite catalyst was used in 4-NP degradation as catalyst. Reduction reaction and digital images of this degradation steps are given in Figure 4.



**Figure 4.** Reduction of 4-NP with PVA-Co nanocomposite catalyst.

Yellow colour of 4-NP turned to colourless with the formation of 4-amino phenol via catalyzing by PVA-Co. Second test reaction was  $\text{NaBH}_4$  hydrolysis reaction. The PVA-Co nanocomposite fiber used as catalyst and the results were given in Figure 5. The

volume of hydrogen gas produced over time was recorded. Control reaction without catalyst in the reaction media was realized as well.



**Figure 5.**  $\text{NaBH}_4$  hydrolysis reaction and effect of the PVA-Co catalyst [5% NaOH, 60 °C, 1000 rpm, 80 mg Co catalyst]

Results showed that the nanofiber composite was found to be a good catalyst for the sodium borohydride hydrolysis. Because there is no catalyst, the reaction do not continue or do not produce hydrogen gas.

## CONCLUSIONS

Electrospinning method Co-doped PVA fiber (PVA-Co) and bimetallic PVA fiber (PVA-Co/Ag) were produced successfully. The nanocomposite fibers were used as catalyst in the model reaction of 4-NP degradation to 4-aminophenol. At the same time, the catalyst can be used as a catalyst in energy field, e.g. hydrogen production with  $\text{NaBH}_4$  hydrolysis reaction.

## SUGGESTION FOR FURTHER WORK

In the near future, it is planned to evaluate the reaction parameters and calculation of the activation parameters. Beside the catalyst performance, their reusability and regenerations will be studied as well.

## REFERENCES

- <sup>1</sup> Dey, P., Bal, T., & Gupta, R. N. (2020). Fabrication and invitro evaluation of electrospun gum ghatti-polyvinyl alcohol polymeric blend green nanofibre mat (GG-PVA NFM) as a novel material for polymeric scaffolds in wound healing. *Polymer Testing*, 91, 106826.
- <sup>2</sup> George, M., Sathyan, D., & Mini, K. M. (2021). Investigations on effect of different fibers on the properties of engineered cementitious composites. *Materials Today: Proceedings*, 42, 1417–1421.
- <sup>3</sup> Hingwe, V. S., Koparkar, K. A., Bajaj, N. S., & Omanwar, S. K. (2017). Optical properties of one

dimensional hybrid PVA/YVO4:Eu<sup>3+</sup> nanofibers synthesized by electrospinning. *Optic*, 140, 211–215.

<sup>4</sup> Khanikar, T., & Singh, V. K. (2019). PANI-PVA composite film coated optical fiber probe as a stable and highly sensitive pH sensor. *Optical Materials*, 88, 244–251.

<sup>5</sup> Mahmoodi, N. M., Oveisi, M., Taghizadeh, A., & Taghizadeh, M. (2020). Synthesis of pearl necklace-like ZIF-8@chitosan/PVA nanofiber with synergistic effect for recycling aqueous dye removal. *Carbohydrate Polymers*, 227, 115364.

<sup>6</sup> Pervez, M. N., Stylios, G. K., Liang, Y., Ouyang, F., & Cai, Y. (2020). Low-temperature synthesis of novel polyvinylalcohol (PVA) nanofibrous membranes for catalytic dye degradation. *Journal of Cleaner Production*, 262, 121301.

<sup>7</sup> Raksa, A., Numpaisal, P., & Ruksakulpiwat, Y. (2021). Materials Today: Proceedings The effect of humidity during electrospinning on morphology and mechanical properties of SF/PVA nanofibers. *Materials Today: Proceedings*, 10–13.

<sup>8</sup> Rithesh Raj, D., Prasanth, S., Vineeshkumar, T. V., & Sudarsanakumar, C. (2015). Ammonia sensing properties of tapered plastic optical fiber coated with silver nanoparticles/PVP/PVA hybrid. *Optics Communications*, 340, 86–92.

<sup>9</sup> Sahiner, N., & Butun, S. (2015). The Use of Cu, Ni and Co Metal Nanoparticles Generated in Acidic Hydrogels as Catalysts in the Reduction of Nitro Phenols. *Journal of Hydrogels*, 1(1), 63–69.

<sup>10</sup> Ullah, S., Hashmi, M., Hussain, N., Ullah, A., Sarwar, M. N., Saito, Y., ... Kim, I. S. (2020). Stabilized nanofibers of polyvinyl alcohol (PVA) crosslinked by unique method for efficient removal of heavy metal ions. *Journal of Water Process Engineering*, 33, 101111.

<sup>11</sup> Vahabi, H., Wu, H., Saeb, M. R., Koo, J. H., & Ramakrishna, S. (2021). Electrospinning for developing flame retardant polymer materials: Current status and future perspectives. *Polymer*, 217, 123466.

<sup>12</sup> Xu, Y., Xu, Y., Sun, C., Zou, L., & He, J. (2020). The preparation and characterization of plasticized PVA fibres by a novel Glycerol/Pseudo Ionic Liquids system with melt spinning method. *European Polymer Journal*, 133(March), 109768.

# Preparation and Modification of Suitable PAN Nanofiber Structures and Usages in Removing Various Contaminants

GOKKUS, Kutalmis<sup>1</sup>, BUTUN SENDEL, Sultan<sup>2</sup>, BUTUN, Vural<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kastamonu University Faculty of Architecture and Engineering Department of Environmental Engineering, Kastamonu <sup>2</sup>Eskişehir Osmangazi University Faculty of Engineering Architecture Department of Biomedical Engineering, Eskişehir <sup>3</sup>Eskişehir Osmangazi University Faculty of Science and Letters Department of Chemistry, Eskişehir

[kgokkus@kastamonu.edu.tr](mailto:kgokkus@kastamonu.edu.tr)

## PURPOSE

In this study, because of its chemical resistance, thermal stability, low flammability, good mechanical properties, low cost and easy fiber production, polyacrylonitrile (PAN) was preferred in addition to three different paint types (bromophenol blue, BFB, Congo red, CR and victoria blue B, VBB) and an organic pollutant (4-nitrophenol, 4-NP). In the light of this information, with this study, it is aimed to obtain smooth and beadless nanofibers with PAN polymer, followed by modification of the membranes and removal of BFB, CR, VBB and 4-NP with high efficiency.

## INTRODUCTION

As a result of rapid urbanization and industrialization, people have seriously faced with water pollution problem. Today, approximately 40% of the world's population (more than 2.5 billion people) live in the areas with water stress and approximately 1.2 billion people cannot directly find clean water. In 2025, it is estimated that 3.5 billion people will suffer from a shortage of fresh water<sup>24</sup>. The main problem in experiencing this situation is that the already scarce freshwater resources are not used and managed correctly. In addition, the rapid development of the world has led to both a significant increase in the amount of known pollutants and the emergence of many previously unknown types of pollution in terms of water pollution<sup>24</sup>.

Dyes, which have an important place in terms of water pollution, are one of the most common pollutants in wastewater due to their use in many industries such as textile industry, leather, cosmetics, printing, indicator, food and medicine industry, plastic and soap production and so on<sup>4,7,13,17,20</sup>.

According to estimates, the annual paint production is approximately 700 thousand tons and only 54% of it reaches the environment from the textile industry<sup>8,12</sup>. The dyes both lead to the deterioration of the aesthetic appearance of the receiving water environments and the reduction of primary production by preventing the penetration of sunlight into the water body, and the presence of nitrogen-nitrogen double bonds and aromatic rings in the structure of most of them make them non-biodegradable and carcinogenic<sup>4,7,17,26</sup>. On the other hand, nitrophenols (NPs) are one of the pollutants commonly found in wastewater of plastics, pharmaceuticals, paper, pesticides, synthetic dyes, insecticides, herbicides and explosive industries that reach high concentrations in these wastewater<sup>14,16,23</sup>. Considered by the US Environmental Protection Agency (US EPA) as hazardous waste and priority toxic pollutants<sup>14,16</sup>, the degradation rate of NPs is rather slow in wastewater treatment plants and moderate in soil and is both acute and chronic effects have been reported<sup>23</sup>. Therefore, developing a suitable solution to permanently remove dye and NPs molecules from wastewater will greatly benefit the environment.

Nowadays, removing dye and NPs molecules from water sources has become not only a major environmental issue but also a challenge. Numerous research conducted on the removal of these pollutants and many materials have been developed. Although various applicable removal techniques have been developed as a result of these researches, not all of them are successful and even are not suitable for application due to their disadvantages<sup>8</sup>. In general, various methods such as adsorption, coagulation, advanced oxidation, membrane separation, foam flotation, precipitation, ozonation, ion exchange, filtration, solvent extraction, electrolysis, chemical oxidation, liquid-liquid extraction are used in the treatment of such pollutants<sup>1</sup>. Among these, the adsorption method stands out due to its important advantages such as simplicity of design and easy-to-use<sup>1</sup>. However, after

- 
- GOKKUS, Kutalmis (0000-0002-4016-4283)
  - BUTUN SENDEL, Sultan (0000-0001-7036-2224)
  - BUTUN, Vural (0000-0003-4542-5080)

this method, a large amount of waste sludge is formed. Thus, in recent years, research has shifted to polymeric-based membranes that create more easily controllable secondary waste and combine both filtration and adsorption at the same time.

Although membrane filtration is a physical treatment based on the removal of pollutants from micron to nanoscale with a filter material<sup>3</sup>, it also allows adsorption by synthesis and modification of filter materials<sup>5,10,18,21</sup>. In recent years, the development and application of nanofiber filters by using electro-spinning method to effectively remove low-density pollutants from wastewater has come to the fore. Because polymer nanofibers provide a suitable product/platform that combines the functions of both filtration and adsorption<sup>24</sup>. On the other hand, various problems such as low flux, high energy cost and clogging occur in porous conventional polymeric membranes produced by the phase inversion method for water filtration<sup>24</sup>. Unlike these conventional membranes, nanofiber membranes have many advantages. These advantages lead to high permeability and high adsorption efficiency for nanofiber membranes. This enables nanofiber membranes to be both more economical and more efficient than conventional membranes<sup>19,24</sup>.

Electro-spinning is the most preferred method for producing nanofibers. Because, in this method, continuous polymer fibers from nano size to micron levels can be produced according to the conditions of the process. This method is based on the principle that the polymer jet formed by loading the polymer solution from a needle tip applied with high electrical power creates a fiber on the collector plate<sup>6</sup> (Figure 1). Today, nanofiber technology has been widely researched and used in various fields such as tissue skeletons, textiles, protective clothing, optical electronics, sensors, drug delivery and filtration<sup>22</sup>. For example, Akhgari et al.<sup>2</sup> as a modern approach to the preparation of nanofibers in colon drug delivery systems, and Katti et al.<sup>9</sup> showed that poly(lactide-co-glycolide) nanofibers can be used as antibiotic delivery systems for the treatment of wounds. Similarly, Ki et al.<sup>11</sup> reported that nanofiber membranes prepared by electro-spinning are very suitable for the removal of heavy metals in water.

In this study, removal of three different dye types (bromophenol blue, BFB, Congo red, CR and victoria blue B, VBB) and an organic pollutant (4-nitrophenol, 4-NP) was investigated with PAN nanofiber membranes. The basic approach here was to form amino, thio, carboxyl, hydroxyl and similar functional groups on the surface of PAN nanofiber structures that can interact strongly with pollutants. Because the presence of such functional groups in the polymer structure can greatly increase the adsorption

capabilities of polymer-based membranes. For example, Yang et al.<sup>25</sup> carried out two-step chemical modification of the nanofibers they obtained with chitosan (CS) for the adsorption of Co(II), Cr(VI) and Cu(II) heavy metals. In the first stage, the surface of the filters was activated with poly (glycidyl methacrylate) and in the second stage, they grafted polyethyleneimine with abundant -NH<sub>2</sub> groups on the surface. Thus, they tried to increase the heavy metal adsorption capacity of the filters by increasing the amount of amine groups on the filter surface. Martin et al.<sup>15</sup> activated firstly the surface of the nanofiber filters they obtained with PAN with 1.0 M HCl and then applied diethylenetriamine, ethylenediamine and ethylene glycol to the surface separately. Thus, they increased the number of -OH and NH<sub>2</sub> groups on the surface. They stated with the FT-IR results that the continuity of the nitrile groups might be due to the fact that the -CN groups embedded in the polymer matrix were not activated and/or sufficient reaction time was not provided.

In the light of the above information, in this study, PAN polymer, which has good chemical resistance, thermal stability, low flammability, good mechanical properties, low cost and easy fiber extraction, was preferred. Within the scope of the study, optimization studies were carried out with different solution concentrations, distance between the collector plate and tip, and electrical power applications to obtain smooth and nano-sized fibers. Modifications of the surfaces of PAN nanofiber structures prepared under suitable conditions were made by amidoxymation reaction to form amine and hydroxyl groups that could interact with BFB, CR, VBB and 4-NP. Thus, it is aimed to remove BFB, CR, VBB and 4-NP with high efficiency.

## EXPERIMENTAL

### Material

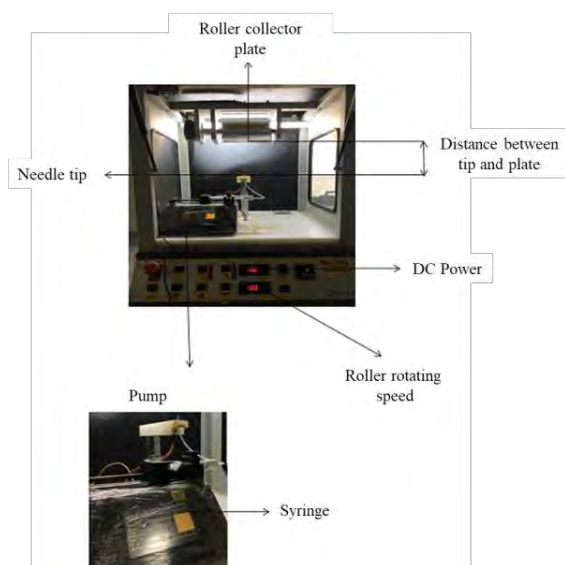
PAN Carbosynth (MW: 150000 g/mol), dimethylformamide (DMF) from VWR International LLC, NaOH Merck, hydroxylamine, AgNO<sub>3</sub>, NaBH<sub>4</sub>, BFB, CR, VBB and 4-NP from Sigma Aldrich and methanol (MeOH) from Isolab were thought.

### Method

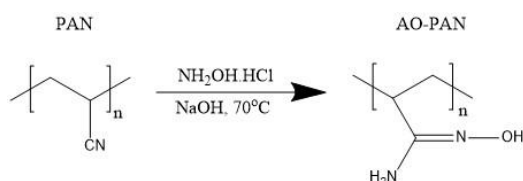
**Optimization of PAN Nanofiber Structures:** Solutions with different PAN concentrations (10, 12, 14, 16 and 18%) were prepared with DMF, different DC voltage (15.5, 20.5 and 25.5 kV), and different distance between the plate and the tip (5, 10 and 15 cm) was spun by using Inovenso NE200 electrospinning device. The pump flow rate of 0.65 mL/h was kept constant during all process (Figure 1).

**Modification of PAN Nanofibers:** The modification was made as stated in Zhao et al.,<sup>27</sup> (Figure 2). Briefly, 1 g (18.8 mmol) of PAN membrane was weighed and added to a solution of 2.62 g (37.7 mmol) of hydroxylamine and 1.50 g (37.7 mmol) previously dissolved in 60 mL of distilled water and 40 mL of MeOH. and reacted at 70 ° C for 8 hs. The reaction was carried out in a shaker with an IKA KS3000i brand and model incubator at a shaking speed of 70 rpm in order to prevent the membrane structures from deteriorating and modified nanofiber structures (AO-PAN) were obtained.

For 4-NP removal, in situ Ag nanoparticle prepared in AO-PAN. To prepare this, AO-PAN 0.5 g was weighed and added to the aqueous solution of AgNO<sub>3</sub> and was stirred 4 h at room temperature to load Ag<sup>+</sup> ion into AO-PAN fiber. After loading, OA-PAN-Ag<sup>+</sup> washed access water, then Ag<sup>+</sup> loaded fiber was immersed in NaBH<sub>4</sub> aqueous solution to obtain Ag<sup>0</sup> into fiber. At the end of the reaction, the color of the light yellow AO-PAN nanofiber structure turned black because of Ag<sup>0</sup> (Figure 3). The prepared Ag containing composit fiber used as catalyst in 4 NP reduction. After all modifications, the AO-PAN structures were washed three times with distilled water.



**Figure 1.** Inovenso NE200 Electro-spinning device



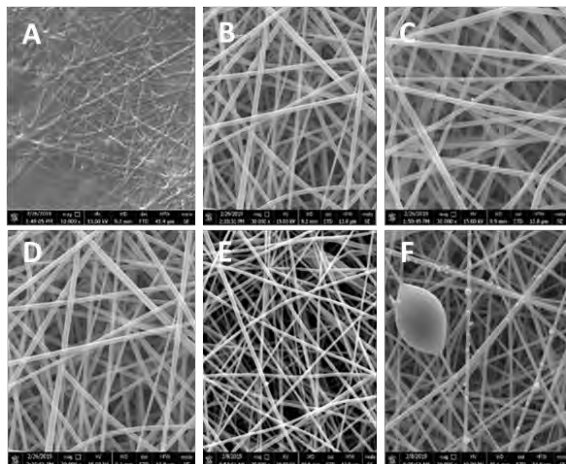
**Figure 2.** Obtaining of AO-PAN nanofibers



**Figure 3.** Obtaining of AO-PAN/Ag nanofibers

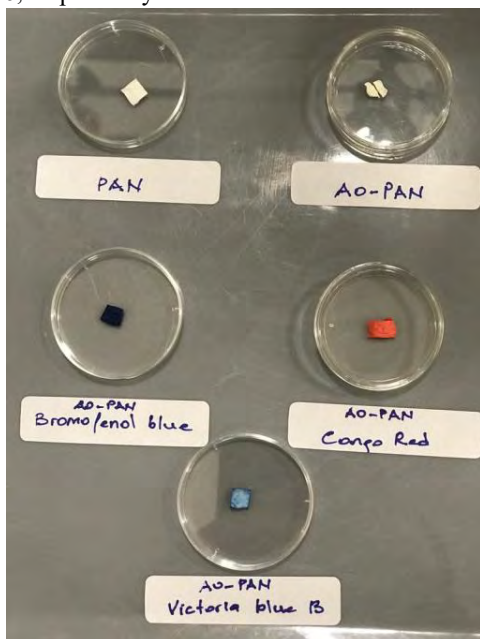
## EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSIONS

**Optimization of PAN Nanofibers:** In order to obtain smooth nanofibers, studies were carried out on three different parameters. SEM micrographs of the structures are summarized in Figure 4 1. PAN solutions were spun at a flow rate of 0.65 mL/hr. Studies on the distance between the collector plate and the tip were completed with DC voltage of 15.5 kV. When the distance between the collector plate and the tip was 5 cm, it was observed that the phase transformation was not fully realized and there was liquefaction on the collector plate (Figure 4A). When the distance was increased to 10 cm, smooth fibers were obtained instead of liquefaction (Figure 4B). This means that a distance of 10 cm was sufficient for phase shifting for PAN polymers. At a distance of 15 cm, smooth and beadless fibers were obtained with all PAN concentrations. However, particle formation on the fibers was also detected (Figure 4C). Therefore, the next studies were continued from a distance of 10 cm. The effect of different DC voltages (15.5, 20.5 and 25.5 kV) on PAN nanofibers is given in Figure 4 (D, E and F). Meanwhile, the distance between the collector plate and the tip was kept constant at 10 cm. When the applied DC voltage was increased to 20.5 kV (Figure 4E), beaded fibers were obtained. When the DC voltage was increased to 25.5 kV (Figure 4F), it was observed that the fibers were beaded at all concentrations and also the formation of particles on the fiber surfaces. If the electrical power is high, it may cause the formation of beads or particles in the fiber structure to be formed. Therefore, it was determined that the optimal nanofiber formation conditions with PAN polymer are 0.65 mL/h pump flow rate, 10 cm distance between the collector plate and the tip, 0.6 mm inner diameter needle, and 15.5 kV DC voltage.



**Figure 4.** A, B and C from 5, 10 and 15 cm distances (15.5 kV), D, E and F with 15.5, 20.5 and 25.5 kV (10 cm distances), respectively, were spun.

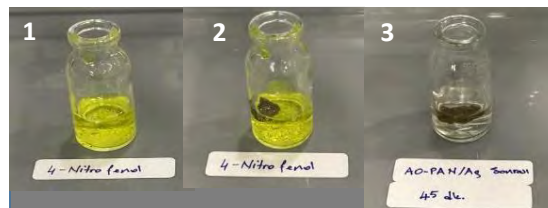
**Removal of Various Pollutants with AO-PAN Nanofiber Structures:** In the study, AO-PAN nanofiber structures were used to remove an organic pollutant (4-NP) and three different dyes (BFB, CR and VBB). The results are summarized in Figures 5 and 6, respectively.



**Figure 5.** Removal of BFB, Cr, and VBB with AO-PAN nanofibers

Solutions containing 50 ppm dye were prepared for dye removal and 0.05 g AO-PAN was weighed and added to the dye solutions. The solutions were then shaken in an incubator shaker for 24 hours until equilibrium time. Meanwhile, the agitation speed was kept constant at 250 rpm and the temperature at 25 °C.

As a result, the highest dye removal efficiency was obtained in BFB with AO-PAN nanofibers. Contrary to BFB, adequate removal efficiency could not be achieved with VBB (Figure 5). For 4-NP removal/degradation, 0.05 g of AO-PAN/Ag was weighed in the same way and added to 10 mL of 4-NP solution. It was observed that 4-NP is completely reduced to 4-aminophenol (4-AP) after 45 minutes at 50 °C (Figure 6).



**Figure 6.** Degradation of 4-NP to 4-AP with AO-PAN/Ag composite nanofiber.

## CONCLUSIONS

Whit this study, to obtain beads and smooth PAN nanofibers, optimum conditions were determined as 14% PAN concentration, 0.65 mL/h pump flow rate, 10 cm distance between the collector plate and the tip, 0.6 mm inner diameter needle, and 15.5 kV DC voltage. After modification of PAN nanofibers, AO-PAN nanofibers were used to remove three different paint types (bromophenol blue, BFB, Congo red, CR and victoria blue B, VBB) and an organic pollutant (4-nitrophenol, 4-NP) were preferred. As a result, the highest dye removal efficiency was obtained in BFB with AO-PAN nanofiber structures. Contrary to BFB, adequate removal efficiency could not be achieved with VBB. In terms of 4-NP, It was observed that 4-NP was completely removed after 45 minutes at 50 °C.

## SUGGESTIONF FOR FURTHER WORK

Application of different modifications on PAN nanofiber structures and determination of their efficiency in removing of different pollutants.

## ACKNOWLEDGMENT

KG would like to thank V. BUTUN and his team for providing all the necessary infrastructure and idea support in this study.

## LITERATURE

1. Afroze, S., & Sen, T. K. 2018. "A review on heavy metal ions and dye adsorption from water by agricultural solid waste adsorbents", *Water, Air, & Soil Pollution*, 229 (7), 1-50.

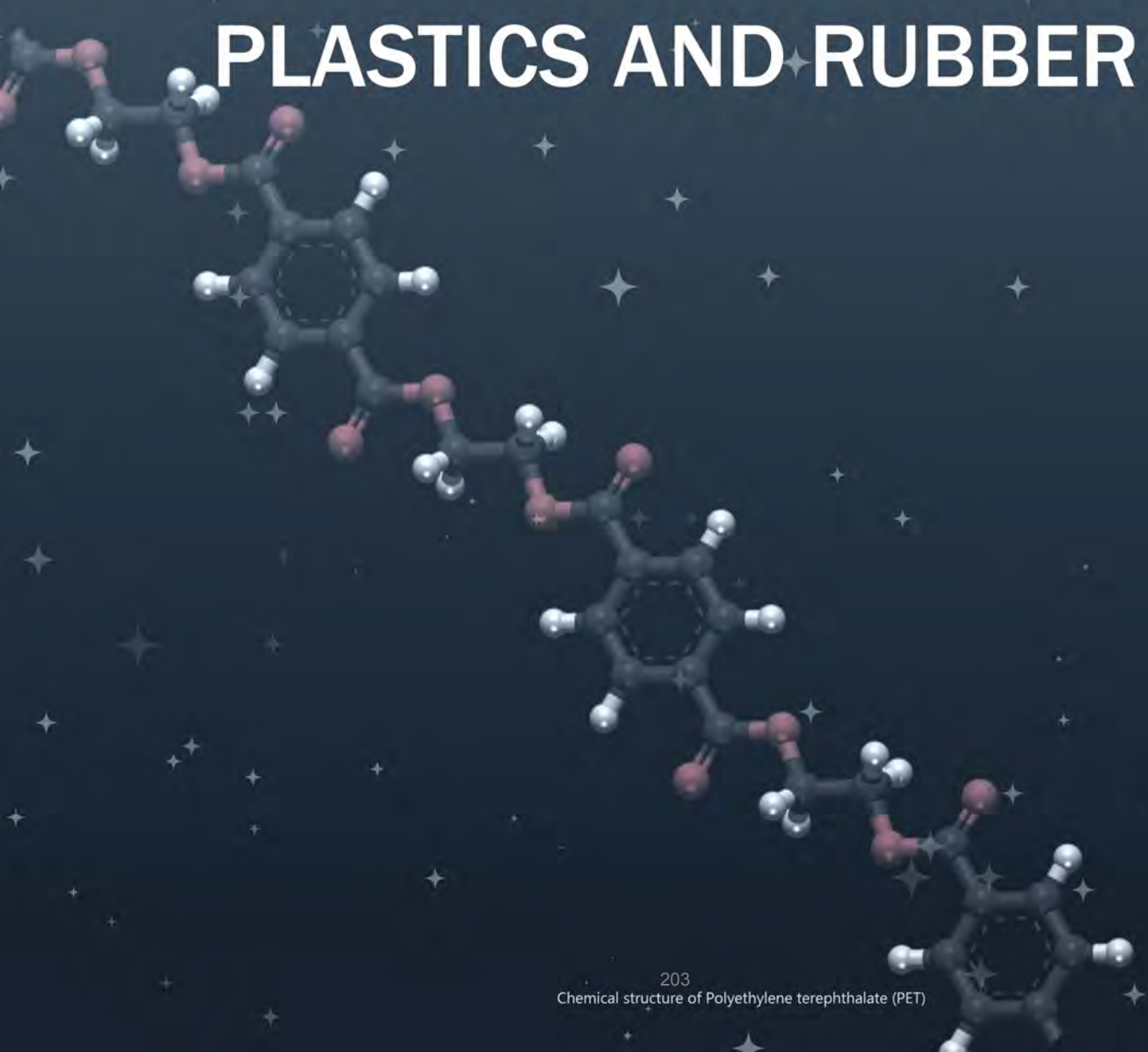
2. Akhgari, A., Shakib, Z., Sanati, S. 2017. "A review on electrospun nanofibers for oral drug delivery", *Nanomedicine Journal*, 4 (4), 197-207.
3. Aslan, M. 2016. *Membran Teknolojileri. Türkiye Çevre Koruma Vakfı. Ankara*, 67-155.
4. Bhaumik, M., McCrindle, R., & Maity, A. 2013. "Efficient removal of Congo red from aqueous solutions by adsorption onto interconnected polypyrrole-polyaniline nanofibers", *Chemical Engineering Journal*, 228, 506-515.
5. Cai, J., Lei, M., Zhang, Q., He, J. R., Chen, T., Liu, S., Fu, S., Li, T., Liu, G., Fei, P. 2017. "Electrospun composite nanofiber mats of Cellulose@ Organically modified montmorillonite for heavy metal ion removal: Design, characterization, evaluation of absorption performance", *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 92, 10-16.
6. Davis, F. J., Mohan, S. D. Ibraheem, M. A. 2015. "Introduction". *Electrospinning; Principles, Practice and Possibilities*. Editör: Mitchell, G. R. Cambridge: The Royal Society of Chemistry.
7. Guo, R., Wang, R., Yin, J., Jiao, T., Huang, H., Zhao, X., ... & Peng, Q. 2019. "Fabrication and highly efficient dye removal characterization of beta-cyclodextrin-based composite polymer fibers by electrospinning", *Nanomaterials*, 9 (1), 127.
8. Katheresan, V., Kansedo, J., & Lau, S. Y. 2018. "Efficiency of various recent wastewater dye removal methods: a review". *Journal of environmental chemical engineering*, 6 (4), 4676-4697.
9. Katti, D. S., Robinson, K. W., Ko, F. K., Laurencin, C. T. 2004. "Bioresorbable nanofiber-based systems for wound healing and drug delivery: Optimization of fabrication parameters", *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*, 70 (2), 286-296.
10. Keshtkar, A. R., Tabatabaefar, A., Vaneghi, A. S., Moosavian, M. A. 2016. "Electrospun polyvinylpyrrolidone/silica/3-aminopropyltriethoxysilane composite nanofiber adsorbent: Preparation, characterization and its application for heavy metal ions removal from aqueous solution", *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 4 (1), 1248-1258.
11. Ki, C. S., Gang, E. H., Um, I. C., Park, Y. H. 2007. "Nanofibrous membrane of wool keratose/silk fibroin blend for heavy metal ion adsorption", *Journal of Membrane Science*, 302 (1-2), 20-26.
12. Kloster, G. A., Mosiewicki, M. A., & Marcovich, N. E. 2019. "Chitosan/iron oxide nanocomposite films: Effect of the composition and preparation methods on the adsorption of Congo red", *Carbohydrate polymers*, 221, 186-194.
13. Liu, J., Wang, N., Zhang, H., & Baeyens, J. 2019. "Adsorption of Congo red dye on Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles", *Journal of environmental management*, 238, 473-483.
14. Lu, W., Chen, W., Li, N., Xu, M., & Yao, Y. 2009. "Oxidative removal of 4-nitrophenol using activated carbon fiber and hydrogen peroxide to enhance reactivity of metallophthalocyanine", *Applied Catalysis B: Environmental*, 87(3-4), 146-151.
15. Martin, D. M., Faccini, M., García, M. A., Amantia, D. 2018. "Highly efficient removal of heavy metal ions from polluted water using ion-selective polyacrylonitrile nanofibers", *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6 (1), 236-245.
16. Modirshahla, N., Behnajady, M. A., & Mohammadi-Aghdam, S. 2008. "Investigation of the effect of different electrodes and their connections on the removal efficiency of 4-nitrophenol from aqueous solution by electrocoagulation", *Journal of Hazardous materials*, 154(1-3), 778-786.
17. Nayunigari, M. K., Das, R., Maity, A., Agarwal, S., & Gupta, V. K. 2017. "Folic acid modified cross-linked cationic polymer: Synthesis, characterization and application of the removal of Congo red dye from aqueous medium", *Journal of Molecular Liquids*, 227, 87-97.
18. Rad, L. R., Momeni, A., Ghazani, B. F., Irani, M., Mahmoudi, M., Noghreh, B. 2014. "Removal of Ni<sup>2+</sup> and Cd<sup>2+</sup> ions from aqueous solutions using electrospun PVA/zeolite nanofibrous adsorbent", *Chemical Engineering Journal*, 256, 119-127.
19. Ramakrishna, S., Fujihara, K., Teo, W. E., Yong, T., Ma, Z., Ramaseshan, R. 2006. "Electrospun nanofibers: solving global issues", *Materials today*, 9 (3), 40-50.
20. Sasmal, D., Maity, J., Kolya, H., & Tripathy, T. 2017. "Study of Congo red dye removal from its aqueous solution using sulfated acrylamide and N, N-dimethyl acrylamide grafted amylopectin", *Journal of water process engineering*, 18, 7-19.
21. Soyekwo, F., Zhang, Q., Gao, R., Qu, Y., Lin, C., Huang, X., Zhu, A. Liu, Q. 2017. "Cellulose nanofiber intermediary to fabricate highly-permeable ultrathin nanofiltration membranes for fast water purification", *Journal of Membrane Science*, 524, 174-185.

22. Subbiah, T., Bhat, G. S., Tock, R. W., Parameswaran, S., Ramkumar, S. S. 2005. "Electrospinning of nanofibers", *Journal of applied polymer science*, 96 (2), 557-569.
23. Tuesta, J. L. D., Quintanilla, A., Casas, J. A., Morales-Torres, S., Faria, J. L., Silva, A. M., & Gomes, H. T. 2020. "The pH effect on the kinetics of 4-nitrophenol removal by CWPO with doped carbon black catalysts", *Catalysis Today*, 356, 216-225.
24. Wang, X., Hsiao, B. S. 2016. "Electrospun nanofiber membranes", *Current opinion in chemical engineering*, 12, 62-81.
25. Yang, K., Wang, G., Liu, F., Wang, X., Chen, X. 2019. "Removal of multiple heavy metal ions using a macromolecule chelating flocculant xanthated chitosan", *Water Science and Technology*, 79 (12), 2289-2297.
26. You, L., Huang, C., Lu, F., Wang, A., Liu, X., & Zhang, Q. 2018. "Facile synthesis of high performance porous magnetic chitosan-polyethylenimine polymer composite for Congo red removal", *International journal of biological macromolecules*, 107, 1620-1628.
27. Zhao, H., Liu, X., Yu, M., Wang, Z., Zhang, B., Ma, H., ... & Li, J. 2015. "A study on the degree of amidoximation of polyacrylonitrile fibers and its effect on their capacity to adsorb uranyl ions", *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 54 (12), 3101-3106.



# CHAPTER 6

## PLASTICS AND RUBBER



# Exploring the high strain rate behaviour of shear thickening fluids through experimental technique

BHALLA, Neelanchali Asija<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Bennett University, Greater Noida  
[neelanchali.bhalla@bennett.edu.in](mailto:neelanchali.bhalla@bennett.edu.in)

The term ‘Shear Thickening’ refers to non-Newtonian flow behavior which is characterized by the increase in apparent viscosity with the applied shear rate, particularly when the shear rate exceeds a critical value, called the critical shear rate [1]. Due to this remarkable feature of STF, it has found applications in vibration dampening, impact mitigation and protection technologies such as in the development of sports protection gear like helmets, knee pads, composite sandwich structures, surgical gloves, machine mounts, hip protection pads, and in soft body armor technologies termed as Liquid Body Armors (LBAs) [4-8 from ISME paper]. Although in the past, STFs have been widely characterized by commercial rheometers at strain rates ( $0.1-10^3 \text{ s}^{-1}$ ), but in practical scenarios, body armours encounter much higher strain rates (approx.  $10^5-10^7 \text{ s}^{-1}$ ), under a ballistic impact. The main objective of this study is to explore the dynamics of STFs at such high strain rates by employing Split Hopkinson Pressure Bar (SHPB) technique. STF sample was synthesized by dispersing 100 nm silica nanoparticles in Poly Propylene Glycol (PPG) and ethanol, using ultrasonication method. The mechanical response of STF was studied in terms of stress-strain behavior and variation of the impact toughness with loading rate of the specimen. It was observed that the impact toughness of STF increased progressively with the specimen loading rate. The peak stress and peak strain rate attained in the SHPB tests were 147 MPa and  $22,100 \text{ s}^{-1}$ , respectively. The characteristic transition time of STF was found to be in the range of 13-25 ms.

- BHALLA, Neelanchali Asija (0000-0001-8530-8351)

## REFERENCES

- [1] Fischer, C., Braun, S. A., Bourban, P., Michaud, V. and Plummer, C. J. G. 2006. “Dynamic properties of sandwich structures with integrated shear-thickening fluids,” *J. Smart Mater. Struc.*, 15, 1467–1475.
- [2] Haris, A., Lee, H. P., Tay, T. E. and Tan, V. B. C. 2005. “Shear thickening fluid impregnated ballistic fabric composites for shock wave mitigation,” *Int. J. Impact Eng.*, 80, 143–151.
- [3] Lee, Y. S., Wagner, N. J. 2003. “Dynamic properties of shear thickening colloidal suspensions,” *Rheol. Acta*, 42, 199–208.
- [4] Lee, B.W., Kim, I.-J., Kim, C. G. 2009. “The Influence of the Particle Size of Silica on the Ballistic Performance of Fabrics Impregnated with Silica Colloidal Suspension,” *J. Compos. Mater.*, 43, 2679–2698.
- [5] Lee, C.G., Wetzel, E. D., Wagner, N. J. 2003. “The ballistic impact characteristics of Kevlar woven fabrics impregnated with a colloidal shear thickening fluid,” *J. Mater. Sci.*, 38, 2825–2833.
- [6] Wetzel, E. D., Lee, Y. S., Egres, R. G., Kirkwood, K. M., Kirkwood, J. E., Wagner, N. J. 2004. “The Effect of Rheological Parameters on the Ballistic Properties of Shear Thickening Fluid (STF)–Kevlar Composites,” *Physica*, 1–6.

# HD Spacer Yapılarının Otomotiv Koltuğunda Kullanımı

DEVİRİM, Gökberk<sup>1</sup>, GÜL, Servet<sup>1</sup>, BOYACI, Bekir<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sun Tekstil Ar-Ge Merkezi, İzmir

[gokberk.devrim@suntekstil.com.tr](mailto:gokberk.devrim@suntekstil.com.tr)

## AMAÇLAR

Bu çalışmada; otomobil koltuklarında kullanılmak üzere mevcut ürünlere alternatif, yüksek performanslı 3-boyutlu çözümlü örme kumaş yapılarının geliştirilmesi amaçlanmıştır. Koltuk komponenti olarak geliştirilen yapılar, teknik tekstil sektörü için yeni bir ürün ve pazar oluşturmuştur.

## GİRİŞ

Büyüyen dünya nüfusu ve gelişmekte olan ülkelerde tekstil tüketiminin hızla artmasıyla yeni kullanım alanlarının ortaya çıkması ve kullanıcı taleplerinin devamlı artması; tekstil üretiminde hacim ve değer açısından artışlara yol açmaktadır. Bu gelişim çerçevesinde, dünya tekstil sanayisi hızla katma değeri yüksek ürünlere yönelmektedir. Katma değeri yüksek ürünler içerisinde teknik tekstiller, son yıllarda kaydettiği hızlı büyüme ile gelecek vadeden ürünler olarak görülmektedir.

Otomobillerde kullanılan teknik tekstiller ise dekorasyon, yalıtım, filtreleme gibi işlevlerin yanı sıra araçlarda konfor da sağlamaktadır. 3-boyutlu çözümlü örme kumaşların sahip olduğu yüksek performans özellikleri, bu alanda bu kumaşların kullanımını artırmıştır.

3-boyutlu kumaşlar, iki ayrı tekstil yüzeyinin bir bağlantı ipliği veya tabakasıyla bağlanması sonucunda oluşan tekstil yüzeyleridir<sup>1</sup>. Bu yapıların en belirgin özellikleri yüksek hava, nem ve ısı geçirgenliği, iyi sıkıştırılabilirlik dayanımı, yüksek darbe emilimi, hafiflik, düşük üretim maliyeti ve fonksiyonel malzemeler ile birleştirilebilme imkanı olarak sayılabilir<sup>2-4</sup>.

3-boyutlu kumaşlar, kullanım yerlerine ve istenen özelliklere göre dokusuz yüzey, dokuma, çözümlü ve atkılı örme olarak üretilebilmektedir<sup>1</sup>.

Çözümlü örme 3-boyutlu kumaşların başlıca kullanım alanları; otomotiv ve diğer taşıma araçları, ev tekstili, medikal, jeotekstiller, inşaat mühendisliği yapı ve konstrüksiyon, spor ve gündelik giyim, çevresel koruma, filtreleme ve temizleme, güvenlik ve koruma olarak sınıflandırılabilir<sup>4,5</sup>.

Jankowski ve ark.<sup>6</sup> yapmış oldukları çalışmada, darbe karşısındaki davranışını belirlemek amacıyla farklı yoğunlukta ve farklı oranlarda içeriğe sahip poliüretan süngerlerin mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Yoğunluk ve karışım oranının darbe etkisini azaltma oranının belirlenmesinde önemli parametreler olduğu belirlenmiştir.

Koshute ve ark.<sup>7</sup>, farklı yoğunluk ve sertlikteki süngerlerin dayanıklılık, konfor ve fiziksel özelliklerini test etmişlerdir. Elde edilen sonuçlarda, kullanılan süngerlerin beklentileri tamamıyla karşılamadığı görülmüştür.

Başka bir çalışmada ise, mevcut minder yapıları incelenmiş ve poliüretan süngerin konfor özellikleri tanımlanmaya çalışılmıştır<sup>8</sup>.

Liu ve ark.<sup>9</sup> yapmış oldukları çalışmada, koruyucu tekstil olarak geliştirilen farklı özelliklerdeki çözümlü örme kumaşların sıkıştırılabilirlik davranışlarının etkisini incelemişlerdir. Enerji absorblama kapasitelerinden dolayı koruyucu tekstil alanında kullanımının uygun olacağı sonucuna varmışlardır.

Bağlantı tabakası uzunluğu 20 mm'den fazla olan çözümlü örme kumaşlar High Distance (HD) sandviç (spacer) kumaş olarak adlandırılmaktadır. Sandviç kumaşın hava, ısı ve nem geçirgenliği gibi ısı özelliklerini etkileyen başlıca kumaş özellikleri kumaş kalınlığı ve bağlantı tabakasında kullanılan ipliklerin sayısı ve özellikleridir<sup>10</sup>.



Şekil 1. High Distance Sandviç Tekstiller

Bu çalışmada, HD spacer kumaşın koltuklarda kullanımını incelenmiştir. Spacer kumaş; sahip olduğu açık gözeneklerden ötürü mevcut kullanılan yapılara (sünger vb.) alternatif olabilecek, yüksek hava geçirgenliği sayesinde termal konforu maksimum seviyeye çıkartabilecek ve nihai koltuk yapısında hafifliği sağlayabilecektir.

## DENEYSEL

### Malzeme

Bu çalışmada, spacer kumaşın üst ve alt yüzeyinde (GB1-GB2 ve GB5-GB6 tarakları) 600 denye 36 filament %100 poliester tekstüre (DTY)

- GÖKBERK, Devrim (0000-0003-0253-376X)
- GÜL, Servet (0000-0002-7664-9725)
- BOYACI, Bekir (0000-0003-4557-0990)

multifilament iplik kullanılmıştır. GB3 tarağında, yani ara iplik olarak 390 denye (0,20mm) %100 poliester monofilament iplik kullanılmıştır. HD spacer kumaş, 12 fein (12E) Karl Mayer HD-6/20-65-EL çözgülu örme makinasında örülmüştür.

### Yöntem

3-boyutlu çözgülu örme kumaşın hava geçirgenliği EN ISO 9237 standardına göre gerçekleştirilmiştir. Bağıl nem ve sıcaklık için higrometre ile toplam 45 dk. boyunca ölçüm alınmıştir. Değerler her 5 dk.'da bir I-button DS1923F# modeli ile kayıt altına alınmıştir. Ayrıca, HD kumaş ile poliüretan süngerin basınç dağılımları karşılaştırılmıştir.

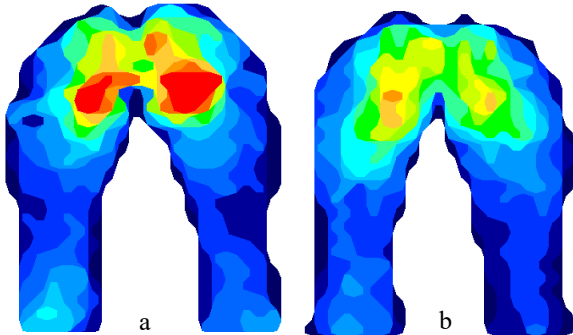
### DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

HD 3-boyutlu çözgülu örme kumaş ile Poliüretan süngere ait test sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; HD spacer kumaş otomotiv koltuklarında kullanılan poliüretan süngerlere göre hava geçirgenliği, nem ve sıcaklık gibi önemli konfor özellikleri açısından daha iyi özellik göstermiştir.

Tablo 1. Örülen HD 3-boyutlu çözgülu örme kumaşa ve poliüretan süngere ait test sonuçları

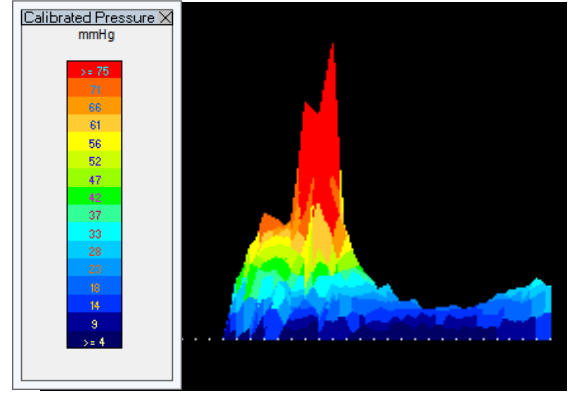
Numune Adı	Hava Geçirgenliği (l/dm <sup>2</sup> /dk.)	Nem Değişimi (%)	Sıcaklık Değişimi (%)
HD Spacer	>2000	12.3	2.8
Poliüretan Sünger	<500	26.67	5.63

Yapılan basınç haritalama sistemindeki basınç dağılımı test sonuçları karşılaştırılmışında ise, HD spacer kumaşın poliüretan süngere göre daha iyi basınç dağılımı gösterdiği belirlenmiştir. şekil 2, 3a ve 3b'de 2 boyutlu ve 3 boyutlu basınç dağılım sonuçları verilmiştir.

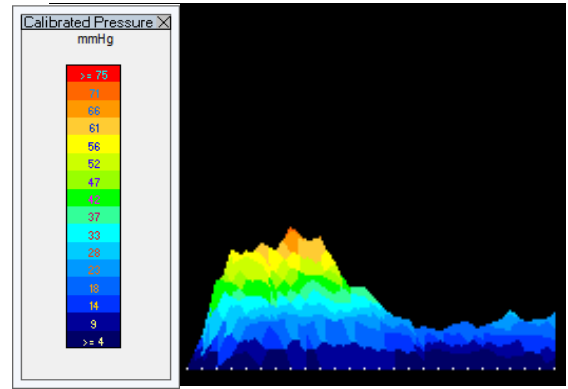


şekil 2. 2 boyutlu basınç dağılımı sonuçları: a) poliüretan sünger, b) HD spacer kumaş

- GÖKBERK, Devrim (0000-0003-0253-376X)
- GÜL, Servet (0000-0002-7664-9725)
- BOYACI, Bekir (0000-0003-4557-0990)



şekil 3a. Poliüretan süngere ait 3 boyutlu basınç dağılımı



şekil 3b. HD spacer kumaşa ait 3 boyutlu basınç dağılımı

Doku basıncının 32 mm Hg'yi geçtiği durumlarda kan akımının engelleneceği ve idealde vücudun hiçbir bölgesinde 32 mm Hg'den daha yüksek basınç oluşmasına izin verilmemesi gerektiği bilinmektedir<sup>11</sup>. HD spacer kumaş basınç haritalama sisteminde ortalama 28.82 mm Hg basınç verirken, poliüretan sünger ortalama 46.18 mm Hg basınç değerindedir. Bu sonuçlar dikkate alındığında, oturma sırasında PU süngerin bası yarası oluşturma riskinin yüksek olması nedeniyle kullanıcı konforunu olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Yapılan çalışmalar sonucunda otomotiv koltuklarında poliüretan sünger yerine HD spacer kullanımının yüksek hava geçirgenliği, nem ve sıcaklık dağıtımı ve basıncı absorbe etmesi özellikleri ile sürücü ve yolcu konforunu arttırdığı belirlenmiştir.

### GENEL SONUÇLAR

Geliştirilen 3-boyutlu çözgülu örme kumaş yapıları piyasada bulunan mevcut ürünlere kıyasla daha avantajlı özellikler sunmaktadır. Çalışmanın başarılı bir şekilde yürütülmesiyle elde edilen katma değeri yüksek özgün ürünler, firmanın hem ihracat

potansiyelini hem rekabet gücünü önemli oranda artırmıştır.

### **SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI**

Çalışma kapsamında üretilen HD spacer kumaşların hava geçirgenliği ve basınç dağıtım özelliklerinin geliştirilmesi için farklı konstrüksiyon yapılarında kumaşların üretilmesi ve karşılaştırılması planlanmaktadır.

### **TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI**

Bu çalışma, Sun Tekstil Ar-Ge Merkezi tarafından Özkaynak projesi ile desteklenmiştir.

### **KAYNAKLAR**

1. Ertekin, G. ve Marmaralı, A. 2010. “Sandviç Kumaşlar”, Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt 4, No: 1, 84-98.
2. Çobanoğlu, E. 2008. “Otomotiv Endüstrisinde Yer Alan Poliüretan Parçaların Üretiminde Kullanılan Kalıpların Yüzey Özelliklerinin Geliştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, 1-10.
3. Liu, Y., Hu, H., Zhao, L. ve Long, H. 2012. “Compression Behaviour of Warp Knitted Spacer Fabrics for Cushioning Applications”, Textile Research Journal, Cilt 82, Issue 1, 11-20.
4. Paul, P. ve Gon, D.P. 2010. “Knitted Spacer Fabric Manufacturing Techniques and Application”, <http://www.fibre2fashion.com/industry-article/31/3032/knitted-spacer-fabric-manufacturing-techniques-and-application1.asp>
5. Gopalakrishnan, D. 2007. “Knitted Fabrics for Industrial Applications”, Sardar Vallabhbhai Patel Institute of Textile Management, Coimbatore
6. Jankowski, M. ve Kotelko, M. 2010. “Dynamic Compression Tests of a Polyurethane Flexible Foam as a Step in Modelling Impact of the Head to the Vehicle Seat Head Restraint, FME Transactions”, Cilt 38, 121-127.
7. Koshute, M.A., Blaszkiewicz, M. ve Neal, B.L. 2001. “Benchmarking of Polyurethane Technologies for Automotive Seat Cushions”, Polyurethane Expo., 247-254.
8. Blair, G.R., Milivojevich, A., Pageau, J.G. ve Van Heumen, J.D. 1999. “Automotive Seating Comfort; Defining Comfort Properties in Polyurethane Foam”, SAE Transactions, 504-514.

9. Liu, Y., Hu, H., Long, H. ve Zhao L. 2012. “Impact Compressive Behavior of Warp Knitted Spacer Fabrics for Protective Applications”, Textile Research Journal, Cilt 82, 773-788.
10. Terliksiz, S. 2012. “Sandviç Kumaşların Termal Konfor Özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, 41-50.
11. Altındaş, M. 2003. “Bası Yaraları ve Güncel Tedavisi”, 5. Ulusal İç Hastalıkları Kongresi, Antalya. <http://www.tihud.org.tr/uploads/content/kongre/5/5.16.pdf>

- GÖKBERK, Devrim (0000-0003-0253-376X)
- GÜL, Servet (0000-0002-7664-9725)
- BOYACI, Bekir (0000-0003-4557-0990)

# Investigating Production of Polyurethane Elastomer Materials Using Shape Deposition Manufacturing Method

Sheikhi, Mohammad Rauf<sup>1</sup>, Gürgen, Selim<sup>2</sup>, Kuşhan, Melih Cemal<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Aeronautics and Astronautics, Eskisehir Technical University, Eskisehir, Turkey

<sup>2</sup>Eskişehir Vocational School, ESOGU, Eskişehir, Turkey

<sup>3</sup>Department of Aeronautical Engineering, ESOGU, Eskişehir, Turkey

mohammadraufsheikhi@eskisehir.edu.tr

## PURPOSE

In this study, we tried to find a method to manufacture a polyurethane elastomer. For this purpose, Shape Deposition Manufacturing (SDM) is used that includes shaping and deposition to manufacture desired models. We produced a sample via this method for evaluating further testing and study on polyurethane elastomer materials.

## INTRODUCTION

Planes and spacecraft are subject to extreme gravitational forces, so they must be able to dampen during the takeoff and landing [1]. Polyurethane elastomer is exceptional in this regard, as it is designed to flex when placed under compressive force and bounce back to its original shape [2]. But, of course, its polyurethane's incredible across-the-board durability truly makes it a standard material for aerospace applications. In addition to withstanding impact and abrasive forces, polyurethane also provides exceptional thermal and corrosive resistance, able to maintain its integrity up to temperatures well more than 100 degrees Centigrade. Polyurethane foam, for example, is still perfectly functional at 140 degrees Centigrade [3]. Polyurethane elastomers are even sturdier, which is why they can be trusted in things like engine blocks and exhaust hoses. Beyond durability and unique physical properties, polyurethane offers some of the most cost-effective solutions on the market. Polyurethane can be built to any specifications, and quickly, keeping lead times manageable and budgets under control. No other material not any type of metal or plastic can be fabricated as quickly and inexpensively as polyurethane products [4].

In this study, SDM is investigated as one of the methods of manufacturing this type of material. This manufacturing method enables us to manufacture

mechanical four bars' linkages monolithically without needing a screw and a bolt. One of the properties that make SDM interesting is its repetitive material addition, and material removal that allow making models layer by layer with desired thicknesses. This property enables to manufacture 3-D shapes that conclude making design simpler and more monolithic. Other feature that makes it more interesting is embedding mechanical and electrical components between the materials. It can be anything like a motor, spring, or a wire etc. Figure 1. presents the process of SDM:

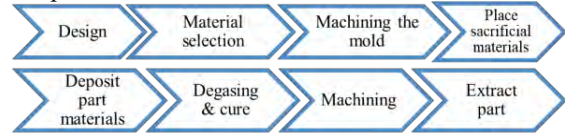


Figure 1. The manufacturing process of the SDM

To embed components and manufacture different 3-D shapes, it is required to make repetitive cycle as it is shown in Figure 2.

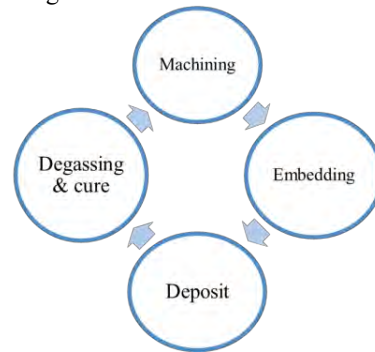


Figure 2. The SDM cyclic process involving material addition and removal and component embedding.

<sup>1</sup> Sheikhi, Mohammad Rauf (0000-0003-3397-9668)

<sup>2</sup> Gürgen, Selim (0000-0002-3096-0366)

<sup>3</sup> Kuşhan, Melih Cemal

This method needs a mold (made of gypsum or wax), pour-able materials (for example polyurethane elastomer), material for making it easy to extract poured material from mold (for example Vernik or Glycerol) and if requires, embedding components. The mold and the part material are machined using the same method, typically a CNC mill. It should be noticed that some of the materials are not machine able. The mold uses a sacrificial material. This means that the mold can be used again or ejected after being used. The polyurethane which is known as part material will be pour after the machining the mold [5, 6].

## EXPERIMENTAL

### Material

In selecting the part material general considerations are:

- Low cost
- Long shelf-lives, long pot-lives, low toxicity
- Strong layer to layer binding
- Ability to pour even in low temperatures
- Material shrinkage should be minimized for the dimensional accuracy of the SDM process
- Part materials should exhibit good machinability
- Good mechanical properties and chemical stability for part material
- Part materials should solidify without the formation of internal voids
- Part and support materials should have physical properties such as low viscosity and good machinability that favor the process control of SDM
- Part and support materials must be physically and chemically compatible
- Part material should be easily taken out of the support material after the molding process completed
- Good binding strength between soft and hard polymeric materials.
- other considerations specified for biomimetic robot fabrication.
- Good inter layer shear strength between the embedded components and the surrounding polymer material
- Good binding property between polymeric materials and metals (e.g., embedded components)
- The temporary material should be easy to remove to make internal cavities such as pistons
- The embedded sensors, tubes and actuators should lead to minimum trapped air in the polymer material after casting.

By considering the notes above, we decided to use Vytaflex polyurethane with different shore hardness. The material used in this study is Vytaflex-10 which is a polyurethane elastomer with a shore hardness of A10, manufactured by Smooth-On, Inc. Polyurethane which is used as a part material is shown in Figure 3. It consists of two materials (resin and hardener) which has a

mixing ratio of 1:1. Interaction between materials plays an important role in bonding and embedding of different component in materials. Understanding the chemical reaction in combination of two materials, strength of binding, flexibility of the joints and considering the feasibility of connections are important factors which should be considered. For example, it is difficult to connect soft material to hard material because they do not machine very well. For solving this problem, orderly manufacturing methodology is used. For example, deposit hard polyurethane first and then machines it for making cavities to deposit the soft material.



Figure 3. Polyurethane used as a part material [7].

### Effective Parameters on Changing Mechanical Properties of Elastomers:

These parameters could change the mechanical properties:

- Cure time
- Mixing time
- Annealing
- Creep
- Degassing
- Stress softening (Mullin's effect)

Each effect is described below in detail.

#### Cure time

After molding the polyurethane, it takes one day to fully cure and ready to take it out from the mold. As time passes, the gasses in the specimen vaporizes and it's color gets darker. At the same time, its mechanical properties such as stiffness (K), damping coefficient (C), and maximum stress and strain durability change.

#### Mixing time

Polyurethane elastomers are manufactured by mixing two liquid in one-by-one ratio for four minutes. In short mixing time polyurethane chains will not have enough chance to bond well and this generates a negative effect on mechanical properties of polymer.

#### Annealing

To obtain ultimate dynamic properties of a polyurethane elastomer, the material needs to be annealed. Most effective temperature for annealing is

generally just below the melting point ( $T_m$ ) of the material. Mechanical properties such as resilience and flexibility in low temperature can be improved by annealing as well. These improvements occur because of reduction in the amount of interphase between the hard and soft block domains. Since the interphase is the mixture of hard and soft block domains, the material able to rearrange and/or separate, becoming either part of an increasingly well-structured hard phase or an amorphous soft phase as shown in Figure 4. The annealing is performed using the device shown in Figure 5.

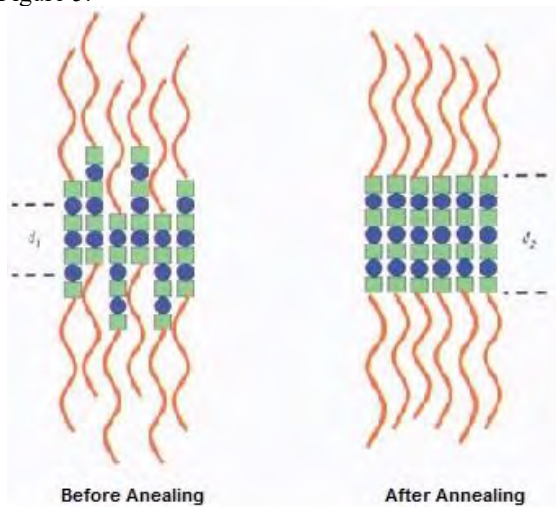


Figure 4. Effect of annealing on arrangement of domains [8].



Figure 5. Annealing device

## Creep

Creep in polymers happens in every temperature. Creep rate (velocity of creep) increases by increasing temperature and stress.

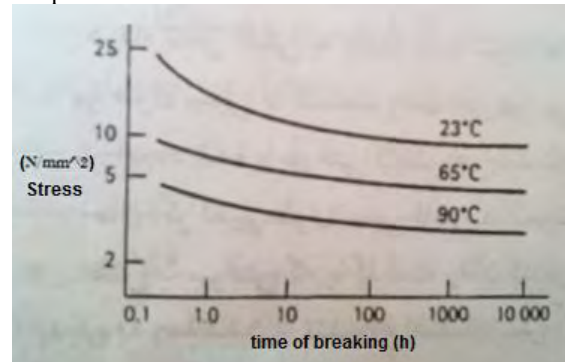


Figure 6. Creep effect [8].

### Stress softening (Mullin's effect)

Under repeated tensile strain, most of the polymers exhibit a reduction in stress after the initial extension; this phenomenon is known as the Mullins Effect [9]. The Mullins effect is "Phenomenon observed in rubber-like materials where the equilibrium stress-strain response softens with the strain history". The Mullins effect has these features:

- The cycled material has a more compliant response at strains smaller than the previous maximum strain
- When the Mullins effect occurs, the microstructure breaks down with increasing deformation, and the initial structure cannot rebuild

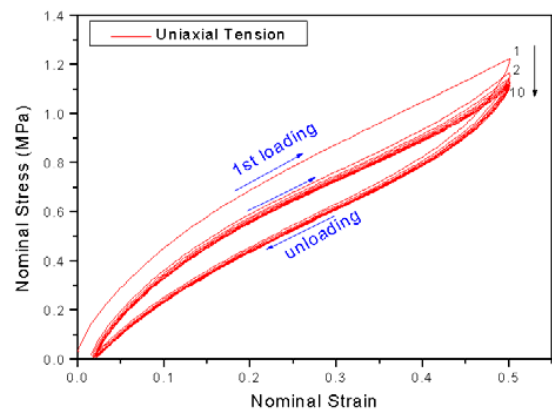


Figure 7. Mullins effect [9].

### Method

#### CAD Model Creation

Using CATIA as a CAD would enable us to design desired models. However, important issue is the general strategies considered to build order.



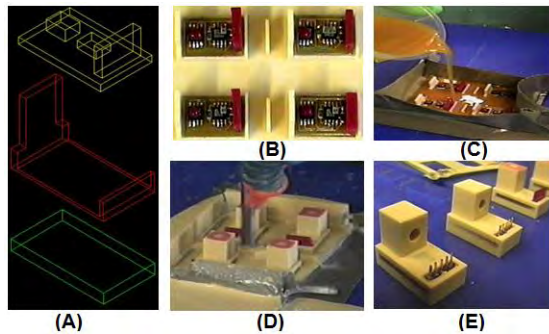


Figure 8. An example of SDM manufacturing process: Designing (A), Embedding process after machining the mold (B), Depositing the part material (C), Machining (D), and Releasing from mold (E) [10].

The embedded components are designed, selected, and prepared for embedding. This process involves the fixtures, machining the part and sacrificial material and even pre-assemblies. It is important to notice the tolerances of mold. Applying proper fixtures for the embedded components depend on considering appropriate tolerances in design process.

#### Materials in SDM

The materials involved in SDM are classified into 5 categories: part material, support material, temporary material, sacrificial material (dam material) and embedded components.

#### Part material

Polyurethane, rubbers, elastomers, ceramics, and metals can be used as the part material in SDM [11, 12]. In this work, the part material is chosen among polyurethane elastomers. Selection of the part material needs some consideration factors such as:

- Shore hardness
- Shrinkage
- Chemical stability
- Gel time
- Machinability
- Viscosity
- Curing time

In some models like flexible joints, two different materials are required. In this condition, binding, gel time and chemical reaction between two materials must be tested. Table 1. presents some of polyurethane.

#### Support Material

The support material is typically chosen from different waxes, but we decided to use gypsum as a support material. A proper candidate for the support material should have high chemical stability, good machinability, low shrinkage, and ease to remove from the part. All these properties can be found in gypsum. Gypsum has perfect chemical stability, machinability, no shrinkage and could be easily removed from the mold.

#### Temporary Material

The temporary material is used to make an internal geometry such as bearing houses or tube connectors. The typical temporary materials are water solvable or low melting point waxes. Some chemicals such as PEG can be very easily dissolved in water. Various chemical solutions have also been used to be dissolved in special types of polymers. It should be easily removed or dissolved after the manufacturing process to create the internal void in the part assembly. The temporary material is especially useful for embedding mobile components where the joint should have a certain clearance.

#### Sacrificial Material

Sacrificial material is known as dam material. It is used as a dam during casting to hold the liquid state polymer material. It is usual to use modeling clay to build the dam walls; however, other materials also can be used. It should be removed before urethane is machined. The clay and its usage are shown in Figure 9. the yellow material is the temporary material which is used for making internal voids.

Table 1. elastomers with different mechanical properties.

Hardness (shore A)	Cost t/kg	Company	Tensile psi	Cure time hour	Elongation	Specific gravity gr/cm <sup>3</sup>	Gel time min
18	171	C3	140	24	150%	1.25	20
24	428	C3	140	24	150%	1.25	20
34	130	C3	140	24	150%	1.25	20
40	81	C3	140	24	150%	1.25	20
50	149	C3	140	24	150%	1.25	20
60	73	C3	140	24	150%	1.25	20
87	330	C3	140	24	150%	1.25	20
20	100	vyta flex	200	16	1000%	1	30
40	100	vyta flex	522	16	660%	1.02	30
60	100	vyta flex	880	16	480%	1.04	60
33	30	Era	290	18	435%	1.2	N/A
83	30	Era	551	18	450%	1.08	N/A
95	30	Era	1885	18	375%	1.13	N/A
75 shore D	40	Era	6526	22	N/A	1.19	N/A

#### Embedded Components

As previously mentioned, one of the abilities of SDM is embedding the components between part materials.

During the designing, it should be noticed that:

- Robust binding: components should have a robust binding with the part materials.
- There are some problems like weak bonding of soft and hard polyurethane because of bubbling and chemical reaction between two materials.
- Embedded components should not be damaged in the machining process.
- The components should keep required clearance from the part material where a free motion is required.
- Shrinkage must be considered.

It is important to minimize the bubbling using various techniques such as pre-vacuuming the material before molding or molding in vacuum environment and improving the surface finish of the embedded components. The typical embedded components include motors, pistons, air cylinders, chips, and strain gage sensors. A collection of embedded components is shown in Figure 10 [10].



Figure 9. Sacrificial material (yellow), support material (blue) and embedded components [10].

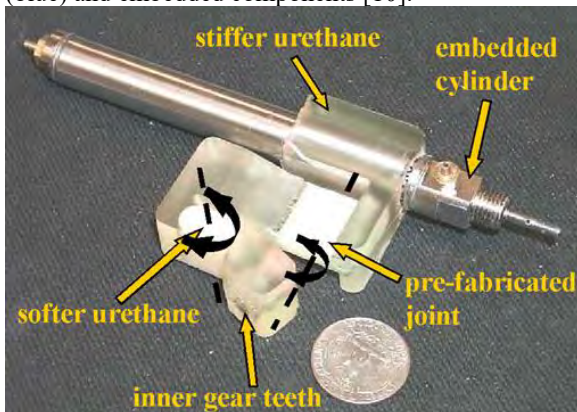


Figure 10. Example of embedded components Double-Jointed compliant leg (fabricated by SDM) [10].

## EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSIONS

### Operations on Material

As mentioned before the mechanical properties of elastomeric materials could change over time. This happens because of vaporization of chemical gasses trapped in the material. Temperature and humidity have large effects on vaporization of the gasses; therefore, all specimens are stored in room conditions. Figure 11 shows elongation at break over time. Five specimens are manufactured and tested each day under the same conditions.

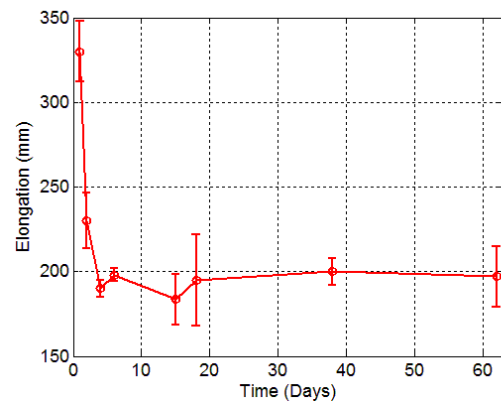


Figure 11. Plot of elongation vs. time (days)

As it is seen in the plot, the elongation decreases rapidly in the first days, but the graph saturates after 30 days. As it seen in Figure 11, the specimens tested in day 19 have large errors mainly due to the manufacturing problems. The maximum force that specimen endures during uniaxial tension test is shown in Figure 12. It should be noticed that the width and the length of the specimens are kept constant.

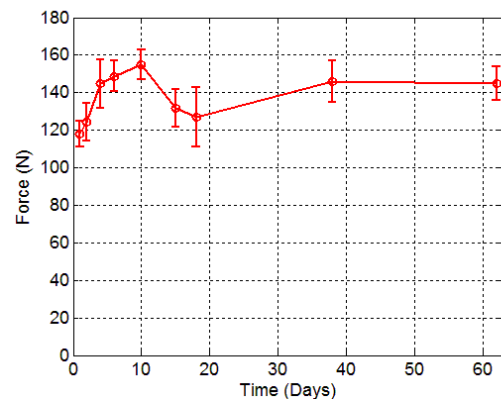


Figure 12. Plot of load/thickness vs. time (days)

As previously mentioned, the polyurethane elastomer is made by mixing two materials (resin and hardener). According to manufacturer the elastomer should be mixed for three minutes. We have found that mixing time below three minutes dramatically decreases the maximum endurable stress of the material. Further, the annealing could be applied to the material by heat the specimen to 150°F (65°C) for 4 to 8 hours after overnight cure; the maximum endurable stress increases up to 30% however the maximum strain decreases 5%. Conventional SDM process uses flat surfaces as contact surfaces each layer; however, we have found that increasing the cross section of bonding would increase the maximum bonding between layers. For this purpose, we manufactured and tested different cross-sectional bonding.

## CONCLUSIONS

In this study, a unique manufacturing method called Shape Deposition Manufacturing (SDM) is analyzed. As it comes from its name, this method includes shaping and deposition to manufacture desired models. Parameters which could affect mechanical properties (the maximum elongation and stress tolerance) such as mixing time and annealing are presented. Also, mechanical properties change during days is presented. Further, it is found that bonding feature could be improved up to 20% by increasing cross sectional area of layers, especially in a conic shape.

## LITERATURE

- [1] J.R. Wright, J.E. Cooper, Introduction to aircraft aeroelasticity and loads, John Wiley & Sons 2008.
- [2] C. Prisacariu, Polyurethane elastomers: from morphology to mechanical aspects, Springer Science & Business Media 2011.
- [3] A. Eceiza, M. Martin, K. De La Caba, G. Kortaberria, N. Gabilondo, M. Corcuera, I. Mondragon, Thermoplastic polyurethane elastomers based on polycarbonate diols with different soft segment molecular weight and chemical structure: mechanical and thermal properties, Polymer Engineering & Science 48(2) (2008) 297-306.
- [4] C. Hepburn, Polyurethane elastomers, Springer Science & Business Media 2012.
- [5] L.Y.S. Gonzalez, M.G. Botero, M. Betancur, Hyperelastic material modeling, Departamento de Ingenieria Mecanica, Universidad EAFIT, Medellin, Colombia (2005).
- [6] P. Zoller, Instrumentation for impact testing of plastics, Polymer Testing 3(3) (1983) 197-208.
- [7] I. Smooth-On, VytaFlex™ 40, 2020. <https://www.smooth-on.com/products/vytaflex-40/>.
- [8] W.F. Smith, Principles of materials science and engineering, (1986).
- [9] J.J. Wang, J. Lee, C.S. Woo, B.K. Kim, S.B. Lee, An experimental study and finite element analysis of weatherstrip, International Journal of Precision Engineering and Manufacturing 12(1) (2011) 97-104.
- [10] S. University, Manufacture of a Double-Jointed, 2000. [http://www.cdr.stanford.edu/biomimetics/documents/double\\_joint/](http://www.cdr.stanford.edu/biomimetics/documents/double_joint/).
- [11] A.G. Cooper, S. Kang, J. Kietzman, F. Prinz, J. Lombardi, L. Weiss, Automated fabrication of complex molded parts using mold shape deposition manufacturing, Materials & design 20(2-3) (1999) 83-89.
- [12] S. Solovitz, J. Eaton, Aeroelastic control using redundant microactuators, 3rd ASME/JSME Joint Fluids Engineering Conference, 1999, pp. 18-23.

# Kimyasal Modifikasyon ile ABS Yüzeyinin Metal Yüzeyle Yapışma Performansının Artırılması

CANLI, Berat Enes<sup>1,2</sup> ve GÜMÜŞ, Ömer Yunus<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Polimer Malzeme Mühendisliği, BURSA

<sup>2</sup>Aka Otomotiv, Ar-Ge Merkezi, Orhangazi, BURSA

[omer.gumus@btu.edu.tr](mailto:omer.gumus@btu.edu.tr)

## AMAÇLAR

Bu çalışmada başta otomotiv sektörü olmak üzere imalat sanayisinde önemli bir sorun olan metal ve polimerlerin bir arada olduğu hibrit ürünlerde metal-polimer birleşmelerine ekonomik, etkili ve pratik çözüm sunmak amaçlanmıştır. Metal olarak araçlarda sıklıkla kullanılan E155 kalitesinde çelik, polimer olarak ise yine araçlarda yüksek tokluğu ve darbe dayanımından dolayı sıklıkla tercih edilen ABS kullanılmıştır. Birleştirme elemanı olarak ise metaller için uygun olan epoksi bazlı yapıştırıcı tercih edilmiştir.

## GİRİŞ

Özellikle geleneksel içten yanmalı kara taşıtlarında yakıt tüketimi hem ekonomik olarak hem de karbon salımı ile çevresel olarak önem arz eden iki unsurdur. Araç üreticileri tarafından ölçümlendirilen bu iki parametre kataloglarda müşterilerin değerlendirilmesine sunulan özelliklerin başlarında gelir. Bununla birlikte yeni nesil kara taşıtları olarak planlanan ve yakın gelecekte yaygınlaşacağı açıkça görülen elektrikli araçlarda bu parametrelere menzil de eklenmiştir. Hem içten yanmalı hem de elektrikli araçlarda bu parametreleri doğrudan etkileyen ortak nokta ise taşıt ağırlığıdır. Bu nedenle son zamanlarda taşıtların hafifletilmesi büyük önem kazanmıştır.

Taşıtların ağırlıklarının azaltılması için en çok başvurulan yöntem metal parçaların yerine yoğunlukları daha hafif olan polimer blend ya da kompozit malzemelerin kullanılmasıdır. Ancak direksiyon bağlantı kısımları gibi hem yüksek mukavemet gerektiren hem de güvenlik açısından önem taşıyan kısımlarda yeterli mekanik özelliklere sahip olmadıkları endişesi ile metal dışı malzemelerin kullanılmasına sıcak bakılmamaktadır. Diğer taraftan aynı parça üzerinde bulunan eğlence ünitesi, klima gurubu, gösterge paneli vb. gibi hem hafif hem de güvenliği doğrudan etkilemeyecek parçaların plastik olması hafiflik açısından son derece avantajlı olacaktır. Bunun neticesinde torpido traversi gibi üzerinde hem metal hem de polimerik kısımların bulunacağı parçaların kullanılması kaçınılmazdır. Bu noktada ortaya çıkan sorun ise metal ile polimerik parçaların birbirlerine nasıl tutturulacağıdır.

Parçaların birleştirilmesinde kullanılan en yaygın yöntemlerin bir tanesi de yapıştırıcılar kullanılarak parçaların birbirine kaynatılmasıdır. Parçaların bir yapıştırıcı ile yapıştırılmasında önemli olan husus yüzeylerin kimyasal özellikleridir. Metal ve polimer gibi farklı iki sınıf malzeme yüzeylerine tutunabilecek ortak bir yapıştırıcı bulmak oldukça güçtür. Diğer taraftan basit uygulamalarla yüzeylerin kimyasal modifikasyonu gerçekleştirilerek yapışmaya uygun hale getirilmesi etkili ve uygulanabilir bir yöntemdir.

Bu amaçla yapılan bir çalışmada Silberman vd. ABS içeren kopolimerlerin yüzeyi XPS ile ince tabaka halinde bakır ile kaplanmış ve metallere tutunması incelenmiştir<sup>1</sup>.

Polimer yüzeylerinin kimyasal modifikasyonu için kullanılan yöntemlerden birisi de yüzeyi pirana çözeltisi ile muamele etmektir. Piranha çözeltisi ile muamele birçok yüzeyde oksijen içeren fonksiyonel grupların oluşturulması için sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir. Hongwei vd. tarafından yapılan bir çalışmada grafen oksit piranha çözeltisi ile muamele edilerek yüzeyinde fonksiyonel grupların oluşması sağlanmış, bu sayede aminlerin oksidatif birleşmesi için katalizör olarak kullanabildikleri<sup>2</sup>. Yine bir başka çalışmada antibakteriyel özellik kazandırmak için polimerlerin yüzeyi önce piranha çözeltisi ile fonksiyonelleştirilmiş ve sonrasında amin bileşiklerinin bağlanması sağlanmıştır<sup>3</sup>. Yine benzer bir çalışmada ultra yüksek molekül ağırlıklı polietilen yüzeyleri piranha çözeltisi ile fonksiyonel hale getirilerek amin bileşiklerinin bağlanması sağlanmıştır<sup>4</sup>. Bu çalışmalara benzer şekilde birçok çalışmada polimer yüzeylerine piranha çözeltisi ile hidroksil başta olmak üzere diğer oksijen içeren fonksiyonel gruplar kazandırılmıştır<sup>5-7</sup>.

Bu çalışmada ABS yüzeyi piranha çözeltisi ile muamele edilerek yüzeye fonksiyonel gruplar kazandırılmış ve bu grupların epoksi yapıştırıcı ile metallere tutunması incelenmiştir.

## DENEYSEL

### Malzeme

Granül halinde ABS (HI121H) LG Chem'den temin edilmiştir. Piranha çözeltisi hazırlamada sülfürik asit (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ve %50'lik hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)

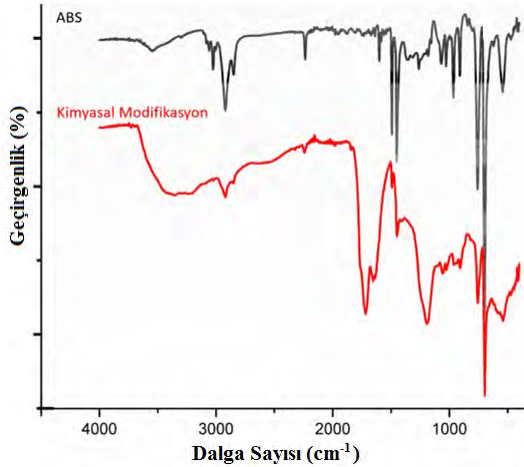
çözeltisi (Sigma-Aldrich) kullanılmıştır. Polimer-metal birleştirilmesi için epoksi yapıştırıcı olarak (Araldite 2014-2) kullanılmıştır.

## Yöntem

Yapışma test numuneleri için ABS plakalar sıcak pres kullanılarak ASTM D3163 standardına göre hazırlanmıştır. Buna göre ABS ve metal plaka yüzeyleri 25 x 25 mm boyutlarında örtüşecek şekilde epoksi yapıştırıcı ile yapıştırılmıştır. Yüzey modifikasyonu pirana çözeltisinin ABS plaka yüzeyine film şeklinde sürüldükten sonra 5 dakika bekletilerek gerçekleştirilmiştir. Daha sonra bu yüzeyler su ile yıkanarak kurutulmuştur. Yüzey karakterizasyonu FTIR, su temas açısı ve SEM-EDX teknikleri ile gerçekleştirilmiştir. Yapışma performansları üniversal mekanik test cihazı kullanılarak çekme testleri ile belirlenmiştir.

## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Şekil 1’de ABS yüzeylerinden alınan ATR-FTIR spektrumları karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Ham ABS’ye ait spektrumda 3025  $\text{cm}^{-1}$  de stiren gurubundan kaynaklanan aromatik C-H gerilmelerine, 2919 ve 2850  $\text{cm}^{-1}$  sırsıyla bütadien ve akrilonitrillerde bulunan alifatik C-H gerilmelerine ve 2236  $\text{cm}^{-1}$  de nitril bağına ( $\text{C}\equiv\text{N}$ ) ait pikler görülmüştür. 1601  $\text{cm}^{-1}$  de çıkan pik bütadiene ait  $\text{C}=\text{C}$  ikili bağ gerilmesine, 1492  $\text{cm}^{-1}$  de görülen pik aromatik halkanın gerilme titreşimine, 965 ve 910  $\text{cm}^{-1}$  de görülen pikler bütadienden kaynaklanan C-H deformasyonlarına ve 702  $\text{cm}^{-1}$ ’deki pik ise aromatik C-H bağlarının düzlem dışı eğilmelerine aittir.

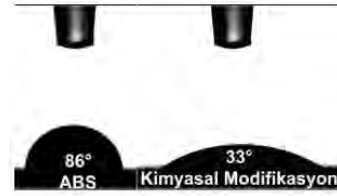


Şekil 1. Numunelere ait ATR-FTIR spektrumu

Kimyasal modifikasyon uygulanmış ABS’ye ait spektrumda 3300  $\text{cm}^{-1}$ , 1718  $\text{cm}^{-1}$  ve 1193  $\text{cm}^{-1}$  de

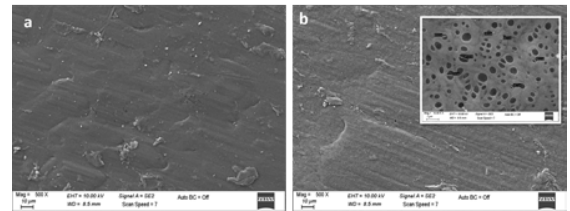
çıkan pikler sırasıyla hidroksil (-OH), karboksilik asit karbonili ( $\text{C}=\text{O}$ ) ve karboksilik asit C-O bağına ait gerilemelerine aittir. Bu sonuçlardan ABS yüzeyinin pirana çözeltisi ile muamele edilmesiyle yüzeyde gerçekleşen yükseltgenme sonucu çok sayıda karboksilik asit ve hidroksil gruplarının oluştuğu anlaşılmaktadır.

Plaka yüzeylerinden su temas açıları ham ABS için 86° olarak ölçülmüştür. Kimyasal modifikasyon uygulanan yüzeyde temas açısı 33° olarak belirlenirken yüzeyin hidrofilitik özelliğinin büyük ölçüde arttığı anlaşılmıştır. Bu artış ATR-FTIR sonuçlarından da anlaşıldığı gibi yüzeyde yükseltgenme sonucu oluşan yoğun hidroksil ve karboksilik asit gruplarından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 2. Numunelere ait su temas açısı ölçüm görüntüleri ve sonuçları

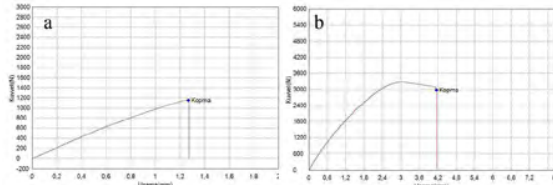
Hazırlanan ABS plakaların morfolojik yapıları SEM görüntüleri ile incelenmiş ve Şekil 3’de vermiştir. Modifiyesiz plaka yüzeyinin genel olarak pürüzsüz olduğu, sadece kalıp yüzeyinden kaynaklanan dalgalanmaların oluştuğu görülmektedir. Kimyasal modifikasyona maruz bırakılan yüzeyin ise yoğun gözenekli bir yapıya sahip olduğu açığa çıkmıştır. Oluşan bu gözeneklerin 235 ile 872 nm arasında çaplara sahip oldukları tespit edilmiştir. Bu gözeneklerin kullanılan kimyasalın aşındırıcı etkisi neticesinde oluştuğu düşünülmektedir.



Şekil 3. Numune yüzeylerine ait sem görüntüleri a) ham ABS yüzeyi, b) kimyasal olarak modifiye edilmiş ABS yüzeyi

Hazırlanan numunelerin lap shear testleri çekme kuvveti altında incelenmiş ve sonuçlar Şekil 4’de

verilmiştir. Modifiyesiz ham ABS plakanın yapışma mukavemeti 1172 N olarak ölçülmüştür. Kimyasal olarak yüzeyi modifiye edilmiş yüzeyde ise yapışma kuvveti 2931 N olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlardan kimyasal modifikasyon sonucu yüzeyde oluşan fonksiyonel grupların epoksi ile etkileşime girerek yapışma performansını artırdığı görülmektedir.



Şekil 4. Numunelere ait yapışma test sonuçları a) ham ABS plaka, b) kimyasal modifikasyonlu yüzey

## GENEL SONUÇLAR

Yapılan çalışmalar neticesinde pirana çözeltisi ile ABS yüzeyinin muamelesi neticesinde yapıda hidroksil ve karboksilik asit grupları oluştuğu ATR-FTIR ve su temas açısı ölçümleri ile anlaşılmıştır. SEM görüntülerinden kimyasal modifikasyon işleminin yüzeyde gözenekli bir yapı oluşturduğu görülmüştür. Gerçekleştirilen mekanik testlerinden modifiye edilmiş yüzeyde yapışma kuvvetinin 3 kat arttığı anlaşılmıştır.

## SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

ABS yüzeyi farklı yöntemler ile de modifiye edilerek sonuçlar karşılaştırılacaktır. Ayrıca yapışma performansları ayrılma ve çarpma testleri ile de araştırılacaktır.

## TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Bu çalışma TÜBİTAK 2209-B Sanayiye Yönelik Lisans Araştırma Projeleri Destekleme Programı ile desteklenmiştir (Başvuru no: 1139B411900375)

## KAYNAKLAR

1. Silberman A.B., Archireev V.E., Vakula V.L. 1991. "Relaxation Properties and Chemical Nature of Polymer Surface-Layers as Related to the Strength of Adhesive Joints with Metals", *J Adhes.*;34(1-4):241-57.
2. He H., Li Z., Li K., Lei G., Guan X., Zhang G., et al. 2019. "Bifunctional Graphene-Based Metal-Free Catalysts for Oxidative Coupling of Amines", *ACS Applied Materials & Interfaces.*;11(35):31844-50.

3. Knapova T., Matousek J., Kolarova K., Slepicka P., Sicha V., Trogl J., et al. 2019. "Nanostructured Surface and Antimicrobial Properties of Chemically Modified Polymer Foils", *ChemistrySelect.*;4(14):4382-91.
4. Benkocka M., Lupinkova S., Knapova T., Kolarova K., Matousek J., Slepicka P., et al. 2019. "Antimicrobial and photophysical properties of chemically grafted ultra-high-molecular-weight polyethylene", *Mater Sci Eng C-Mater Biol Appl.*;96:479-86.
5. Wang L.L., Liu Y.L., Liu G.S. 2017. "Hydrophobic coating of mica by piranha solution activation, silanization grafting, and copolymerization with acrylate monomers", *J Appl Polym Sci.*;134(25):9.
6. Pan L., Yapici U. 2016. "A comparative study on mechanical properties of carbon fiber/PEEK composites", *Adv Compos Mater.*;25(4):359-74.
7. Maji D., Lahiri S.K., Das S. 2012. "Study of hydrophilicity and stability of chemically modified PDMS surface using piranha and KOH solution", *Surf Interface Anal.*;44(1):62-9.

# Şekil Hafıza Özellikli Poliüretanların Sentezi ve Karakterizasyonu

KURT, Gökçe <sup>1,2</sup>, KAYA, Mehmet Arif <sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Yalova Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Polimer Malzeme Mühendisliği,

<sup>2</sup>Yalova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Polimer Malzeme Mühendisliği,

[marifkaya@yalova.edu.tr](mailto:marifkaya@yalova.edu.tr)

## AMAÇLAR

Çalışmada günümüz teknolojisinde önemli bir yere sahip olan Şekil Hafızalı Poliüretanların hazırlanması ve gerekli karakterizasyon yöntemleri kullanılarak sentezlerinin optimizasyonu ve yapı-özellik ilişkilerinin tespitinin gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir.

## GİRİŞ

Son yıllarda hayatımıza giren özel bir malzeme grubu, belirli fiziksel veya kimyasal özelliklerin değiştirilmesi ile belirli bir uyarana uygun şekilde yanıt verebilen özelliğine sahiptir. Teknik olarak Uyarana Tepki Veren Materyaller (Stimulus Responsive Materials, SRM) adlandırılan bu malzeme grubu üzerinde etki gösteren uyaran türlerine göre ısı (ısıya duyarlı); stres ve/veya basınç (mekanik duyarlı); elektrik akımı ve/veya voltajı (elektro-duyarlı); manyetik alan (manyeto-duyarlı); pH, çözücü veya nem seviyesinin değiştirilmesi (kemoreponsif); ışık (ışığa duyarlı) olarak sınıflandırılabilir<sup>1-4</sup>.

Şayet büzüşebilir (shrink) polimerler Şekil Hafızalı Polimer (SMP) olarak adlandırılırsa, SMP'lerin tarihçesinin 1906 yılından itibaren başladığı düşünülebilir<sup>11,12</sup>. Bu tanım üzerinden SMP'lerin ilk örneklerinin Nippon Zeon C. Tarafından 1984 yılında polinonbornen esaslı bir polimer ile gerçekleştiği kayda geçmektedir<sup>5,6</sup>. Bu ilk örneğin ardından keşfedilen trans-izopoliprem ve stiren-bütadien esaslı SMP'lerin işlenebilirliklerinde gözlenen sıkıntılarının ardından, kolay işlenebilir ilk örnek olan ve günümüzde hala en yaygın olarak kullanılan SMP olan termoplastik poliüretan esaslı malzemeler Dr. S. Hayashi tarafından ortaya konduğu bilinmektedir<sup>7</sup>. Geniş bir aralıkta ürünler için başarılı bir ticari performans ortaya koyan termoplastik poliüretan esaslı SMP'lerin ardından çok sayıda SMP sistemleri geliştirilmiş, günümüzde de bu alanda çalışmalar devam etmektedir<sup>8-10</sup>.

Poliüretanların, alternatif olarak bağlanmış iki farklı tip segment içeren içe içe geçmiş, uzun ve doğrusal zincirlerden oluştuğu bilinmektedir. Bu segmentler tipik olarak diizosiyanatla birleştirilmiş düşük erime

noktalı polyester veya polieter zincirlerinden oluşan esnek, yumuşak segmentler, ve tipik olarak bir diizosiyanatın küçük moleküllü bir glikol zincir uzatıcı ile reaksiyonundan oluşan sert segmentlerdir. Poliüretanlar sentezlenirken uygun diizosiyanat ve poliöl kombinasyonu tercihi ile veya yumuşak/sert segment oranının ayarlanması ile elastiklik, kristallenme sıcaklığı ve erime noktası gibi özellikler istenen yönde ayarlanabilir. Yukarıda tanımlanan Şekil Hafıza Etkisinin mekanizması ile poliüretanların bu çok yönlü hazırlanabilme olanakları çok uyumlu bir karakter sergilemektedir, bu nedenle günümüzde akademik ve ticari alanlarda SMP'lerin hazırlanması ve geliştirilmesinde sıklıkla poliüretan esaslı örnekler üzerinde durulduğu görülmektedir<sup>13-16</sup>.

## DENEYSEL

### Malzeme

Şekil Hafızalı poliüretanların sentezinde sert segment olarak 4,4'-Metilen difenil diizosiyanat, yumuşak segment olarak poli(1,4-butilen adipat) ve zincir uzatıcı olarak 1,4- bütandiol kullanıldı.

### Yöntem

Polimerizasyon reaksiyonları monomerlerin belirlenen miktarları, katalizör olarak DBTDL kullanılarak DMF çözücüsü içinde gerçekleştirildi.

Sentezlenen PU'lar film formuna getirilerek şekil değiştirme, mekanik ve termal karakterizasyonları gerçekleştirildi.

## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Poliüretan sentezinde izosiyanat, poliöl ve zincir uzatıcı oranları değiştirilerek farklı bileşimde örnekler hazırlandı. Ayrıca sentez reçetesinde NCO:OH oranlarında da farklılandırılmaya gidilerek aynı bileşimde ancak farklı molekül ağırlığında örneklerde sentezlendi.

Sentezlenen poliüretan örneklerinden bazılarında ait molekül ağırlığı değerleri aşağıda verilmektedir.

**Tablo 1.** Sentezlenen çeşitli poliüretanların molekül ağırlığı dağılımları.

Kod	Mn (g/mol)	Mw (g/mol)	PDI
SM-TPU	37810	107730	2,849
SM-1	18670	50570	2,708
SM-2	14260	42340	2,968
SM-3	15950	44970	2,819

Şekil hafıza özelliği sıkı sıkıya ısıl geçişlere bağlı olduğundan sentezlenen poliüretan örneklerin ısıl geçiş değerleri DSC ile tespit edildi.

Sentezlenen poliüretan örneklerinden bazılarında ait ısıl geçiş sıcaklık değerleri aşağıda verilmektedir.

**Tablo 2.** Sentezlenen çeşitli poliüretanların ısıl geçiş sıcaklık değerleri.

Kod	T <sub>g</sub> (°C)	T <sub>m</sub> (°C)
SM-TPU	64	>70
SM-1	62	>70
SM-2	61	>70
SM-3	61	>70

Sentezlenen poliüretan örneklerinden bazılarında ait şekil geri kazanım oranları aşağıda verilmektedir.

**Tablo 3.** Sentezlenen çeşitli poliüretanların şekil geri kazanım değerleri.

Kod	70 °C %100 Uzatmada Geri Kazanım (%)	80 °C %100 Uzatmada Geri Kazanım (%)
SM-TPU	91	92
SM-1	81	86
SM-2	83	88
SM-3	44	46

- KURT, Gökçe (<https://orcid.org/0000-0002-8262-4786>)
- KAYA, Mehmet Arif (<https://orcid.org/0000-0001-9339-3381>)

## GENEL SONUÇLAR

Polimerizasyon reaksiyonları sonucunda yüksek molekül ağırlığına sahip, film yapma özellikli PU esaslı polimerler başarı ile sentezlendi. Elde edilen PU esaslı film örneklerinin Şekil Hafıza özellikleri açısından ticari örneklere yakın bir performans sergiledikleri tespit edildi.

## SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Çalışmada polimerizasyon reçetelerinde düzenlemeler ile farklı sert-yumuşak segment oranlı ve stokiyometri ayarlaması ile farklı molekül ağırlıklı PU örnekler sentezlenerek, bileşim ve molekül ağırlıkları perspektiflerinden Şekil Hafıza özelliğinin değişimi incelenecektir.

## TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Çalışma Yalova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (Proje No: 2020/YL/0019) tarafından desteklenmiştir.

Araştırmacılar Unigrup ve Kempro Kimyasal Maddeler ve Dış Tic. A.Ş.'ne destekleri nedeniyle sonsuz teşekkürlerini sunar.

## KAYNAKLAR

- 1- Arun, D. I., Chakravarthy, P., Arockiakumar, R., & Santhosh, B. (2018). Shape Memory Materials. First edition. | Boca Raton, FL: CRC Press/Taylor & Francis Group.
- 2- Gu, X., & Mather, P. T. (2012). Entanglement-based shape memory polyurethanes: Synthesis and characterization. *Polymer*, 53(25), 5924–5934.
- 3- Huang, W. M., Ding, Z., Wang, C. C., Wei, J., Zhao, Y., & Purnawali, H. (2010). Shape memory materials. *Materials Today*, 13(7–8), 54–61.
- 4- Huang, W. M., Yang, B., & Fu, Y. Q. (2011). Polyurethane Shape Memory Polymers. Polyurethane Shape Memory Polymers. CRC Press.
- 5- Kim, B. K., Shin, Y. J., Cho, S. M., & Jeong, H. M. (2000). Shape-memory behavior of segmented polyurethanes with an amorphous reversible phase: the effect of block length and content. *Journal of Polymer Science, Part B: Polymer Physics*, 38(20), 2652–2657.
- 6- Lendlein, A., & Kelch, S. (2002). Shape-Memory Polymers. *Angewandte Chemie International Edition*, 41(12), 2034–2057.
- 7- Liu, C., Qin, H., & Mather, P. T. (2007). Review of progress in shape-memory polymers. *Journal of Materials Chemistry*, 17(16), 1543–1558.



- 8- Meng, H., & Hu, J. (2010). A brief review of stimulus-active polymers responsive to thermal, light, magnetic, electric, and water/solvent stimuli. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 21(9), 859–885.
- 9- Meng, H., & Li, G. (2013). A review of stimuli-responsive shape memory polymer composites. *Polymer*, 54(9), 2199–2221.
- 10- Merline, J. D., Nair, C. P. R., Gouri, C., Bandyopadhyay, G. G., & Ninan, K. N. (2008). Polyether polyurethanes: Synthesis, characterization, and thermoresponsive shape memory properties. *Journal of Applied Polymer Science*, 107(6), 4082–4092.
- 11- Otsuka, K., & Wayman, C. M. (1999). *Shape Memory Materials*. Cambridge University Press.
- Otsuka, Kazuhiro, & Ren, X. (1999). Recent developments in the research of shape memory alloys. *Intermetallics*, 7(5), 511–528.
- 12- Parameswaranpillai, J., Siengchin, S., George, J. J., & Jose, S. (2020). *Shape Memory Polymers, Blends and Composites: Advances and Applications*. Springer Singapore (Vol. 115).
- 13- Ratna, D., & Karger-Kocsis, J. (2008). Recent advances in shape memory polymers and composites: A review. *Journal of Materials Science*, 43(1), 254–269.
- 14- Wang, H. H., & Yuen, U. E. (2006). Synthesis of thermoplastic polyurethane and its physical and shape memory properties. *Journal of Applied Polymer Science*, 102(1), 607–615.
- 15- Wei, Z. G., Sandström, R., & Miyazaki, S. (1998). Shape-memory materials and hybrid composites for smart systems: Part I Shape-memory materials. *Journal of Materials Science*, 33(15), 3743–3762.
- 16- Yakacki, C. M. (2013). Shape-memory and shape-changing polymers. *Polymer Reviews*, 53(1), 1–5.

# SİLİKON KAUCUĞUNUN CAM-SIR YÜZEYLERE ADEZYON ARTIRILMASINI SAĞLAYICI MALZEMELERİN GELİŞTİRİLMESİ VE PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

ŞEHİTLİ Emre

YALOVA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

[sehitliemre@gmail.com](mailto:sehitliemre@gmail.com)

## AMAÇLAR

Silikon kauçuğunun cam-sır (inorganik dolgularla kaplanmış) yüzeylere yapışmasını artırmak amacıyla cam-sır yüzeylerinde ön kaplama yaparak ya da silikon kauçuğunun içerisine adezyon artırıcı katkıları katılarak cam-sır yüzeylere olan yapışmayı arttırmak için katkı maddelerinin geliştirilmesi ve uygulanması.

## GİRİŞ

Elektrik izolatör sektöründe yaygın olarak kullanılan seramik ve silikon izolatörlerin geliştirilmesine ihtiyaç olduğu tespit edilmiştir. Mevcutta bulunan seramik ve silikon izolatörlerin bir arada kullanılarak daha verimli hale getirilmesi ve sektörün ihtiyacına yönelik çalışmalar yapılacaktır.

## DENEYSEL

### Malzeme

Seramik sektöründe kullanılan silika bazlı kil, quartz, feldspat gibi malzemelerin çeşitli formüllerle porselen izolatör formuna getirilmiş parçalar.

Ayrıca izolatör sektöründe kullanılan silikon kauçuk.

### Yöntem

Porselen izolatörler üzerine astar kaplama yapılacak daha sonra silikon kauçuğunun astar kaplanmış olan porselen izolatör üzerine kaplama yapılarak çalışmalar yapılacaktır.

## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Astar kaplamalar üzerine yapılan çalışmalar sonuçlanmak üzeredir. Porselen izolatör malzemelerin prototipleri üretilmiş olup deneysel çalışmalar için hazır bulunmaktadır.

## GENEL SONUÇLAR

Porselen izolatörler üzerine çeşitli silikon kauçuk malzemelerin kaplamaları yapılmıştır. Fakat seramik üzerine silikon kauçuğunun bağ yapmaması sebebiyle izolatör sektörünün ihtiyaçlarını karşılamamaktadır. Bu sebeple çeşitli astar araştırmalarına ihtiyaç duyulmuştur.

ŞEHİTLİ Emre, ORCID ID : <https://orcid.org/0000-0003-0736-7721>

## SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Önümüzdeki süreçte astar denemeleri yapılacak ve porselen izolatörler ile silikon kauçuğunun bağ yapısı incelenecektir. Sonrasında ihtiyaç doğrultusunda gerekli çalışmalar yapılacaktır.

# Investigation of Acoustic Properties of Low Density Polyethylene Composite Foam

ARAS, Cansu<sup>1</sup>, YAZICI, Murat<sup>2</sup>, KARACA, Esra<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bursa Uludag University Faculty of Engineering Textile Engineering Department, <sup>2</sup>Bursa Uludag University Faculty of Engineering Automotive Engineering Department  
[cansuaras@uludag.edu.tr](mailto:cansuaras@uludag.edu.tr)

## PURPOSE

In this work, an investigation is presented about a composite foam and its acoustic application. The impact of various filling which are used as reinforced phase was critical in changing the acoustic behaviors.

## INTRODUCTION

In recent years, increasing of noise pollution has significant negative effects both environment and personal health. Besides, noise leads to serious problem in many mechanical systems. Therefore, the porous materials and their composite forms play an important role for reducing or isolating noise level, especially, in an automotive and aeronautical industries. Composite foam materials that includes porous structure, have appropriate application in sound absorption<sup>[1-3]</sup>. Due to cavities, channels or interstices of its porous structure, the sound waves are able to enter and absorb through them<sup>4</sup>. In recent years, composite foams containing cellular, fibrous or granules structure as reinforcement phase are frequently used in sound absorbing and noise control applications. In terms of using those structure, the sound absorption mechanism of the composite structure can be briefly explained in three ways: (1) when sound waves entered into the materials, the air in the fiber pores vibrated and rubbed against cell walls. As result of generated viscous resistance, acoustic energy turned into thermal energy. (2) Due to the air in the pores, the material heats up when compressed and cools when expanded. The heat conduction in the material irreversibly causes to turn acoustic energy into thermal energy. (3) The fiber vibrations among themselves may cause scattering of the acoustic energy. The acoustic energy could be absorbed within cooperation of these three aspects<sup>5</sup>. Polyethylene is one of versatile polymer that widely use as foam application in construction<sup>6,7</sup>, packaging<sup>8,9</sup>, sports<sup>10</sup>, automotive<sup>11</sup> etc. It is usually preferred for packaging or sound absorbing application due to its excellent cushioning and insulation properties<sup>12</sup>. In this research, the different additives such as waste cotton, cork powder and perlite clay were used as reinforcement phase in order to improve acoustic properties of PE foam.

- ARAS, Cansu (ORCID: 0000-0003-0773-4560)
- YAZICI, Murat (ORCID: 0000-0002-8720-7594)
- KARACA, Esra (ORCID: 0000-0003-1777-3977)

## EXPERIMENTAL

### Material

Waste cotton, cork powder and perlite clay were used as additives. Low density polyethylene (LDPE) was purchased from PETKIM A.Ş, Turkey (density: 0,920g/cm<sup>3</sup>). The chemical foaming agent and lubricant agent were sodium bicarbonate (NaHCO<sub>3</sub>) and glycerol monostearate (GMS), respectively.

### Method

First, the polymer melt was prepared at 120 ° C. The additives and foaming agents were added to the melted polymer and then mixed. The mixtures were left in the furnace at 80 ° C for 1 hour to start the foaming reaction. Three different foam samples prepared and their components are listed in Table 1.

Table 1. Components of foam composites

Sample	LDPE (wt%)	NaHCO <sub>3</sub> (wt%)	GMS (wt%)	Additive (wt%)
Waste cotton/LDPE	83	10	2	5
Cork/LDPE				
Perlite/LDPE				

## EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSIONS

### Foam morphological characterization

The morphology of the foams was described by three parameters: foam density, average cell diameter, and cell density. The foam density was calculated according to the principle of determining the density of porous materials. The average cell size was determined by Image J software (Figure 1). Foam porosity and cell density was calculated following equation<sup>13</sup> (1):

$$Porosity\% = \left(1 - \frac{\rho_f}{\rho_p}\right) \times 100 \quad (1)$$

where  $\rho_p$  is the density of solid unfoamed polymer and  $\rho_f$  is the foam density determined via experimental measurement of weight at a certain dimension. The cell density ( $N_f$ : volume occupied by the voids in per cm<sup>3</sup>) was determined following equation<sup>14</sup> (2). Calculations regarding foam morphology are given in Table 2.

$$N_f = \frac{porosity}{(\pi/6) \times (pore\ diameter)^3}$$

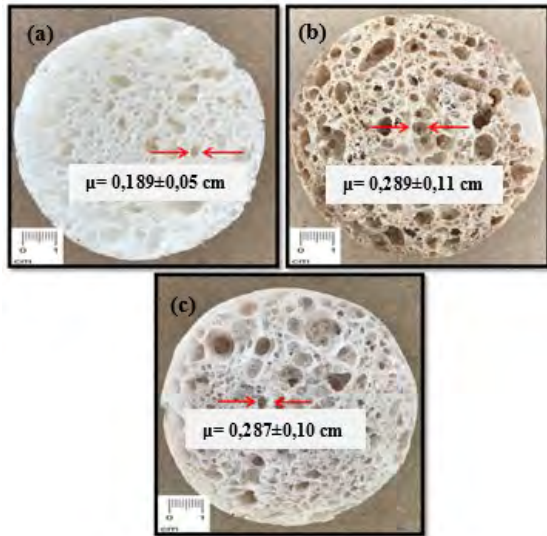


Figure 1. (a) Waste cotton/LDPE foam, (b) Cork/LDPE foam, (c) Perlite /LDPE foam images

Table 2. Foam morphological properties

Sample	Foam density (g/cm <sup>3</sup> )	Average cell diameter (cm)	Porosity (%)	Cell Density
Waste cotton/LDPE	0,240	0,189	74	209,444
Cork/LDPE	0,152	0,289	83	65,706
Perlite/LDPE	0,230	0,287	75	60,623

### Acoustic Properties

The produced three different samples were subjected to sound absorption and sound transmission loss tests in impedance tubes. A small tube (500 to 6400 Hz) set-up was chosen for the analysis. The sound absorption coefficient of waste cotton/LDPE, cork/LDPE, perlite/LDPE foam were indicated in Figure 2.

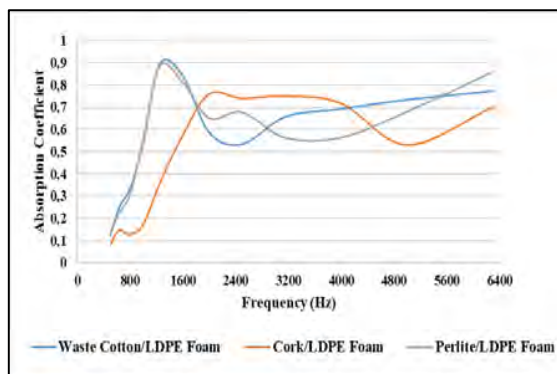


Figure 2. Sound absorption coefficient of waste cotton /LDPE foam, cork/LDPE foam and perlite/LDPE foam

When the sound absorption values of reinforced foams were examined, it was seen that the highest sound absorption coefficient was in the waste cotton/LDPE foam and perlite/LDPE foam at the frequency range of 800-1600 Hz. In these ranges, the highest sound absorption coefficient was obtained as 0.9 for waste cotton and perlite reinforced LDPE foam. Following this result, the other highest sound absorption coefficient of about 0.8 was obtained from cork added LDPE foam around 2000 Hz frequency. Briefly, the highest sound absorption coefficient was observed at the 800-1600 Hz frequency and belong to cotton, perlite and cork added foam, respectively. On the contrary, the highest sound absorption coefficient in the high frequency range such as 2400-3200 Hz was determined on the cork, perlite and cotton added LDPE foam, respectively. From this point, the sound absorption behavior was undulated.

The soundproofing property of the samples were evaluated by using sound transmission loss (STL) measurement. The results of the STL measuring were determined as decibels (dB) according to equation (3),

$$TL (db) = 10\log\left(\frac{I_i}{I_t}\right) \quad (3)$$

where (I<sub>i</sub>) and (I<sub>t</sub>) are the incident and transmitted acoustic power, respectively. The STL results are given in Figure 2.

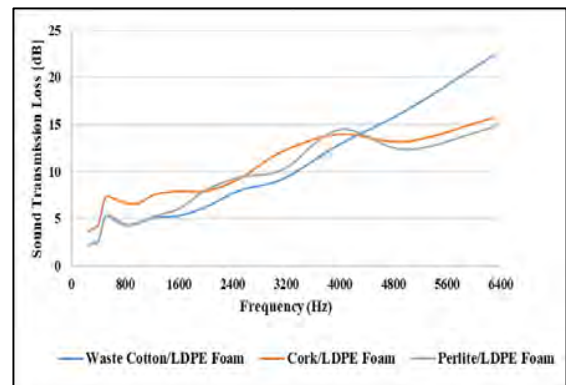


Figure 3. Sound transmission loss of waste cotton /LDPE foam, cork/LDPE foam and perlite/LDPE foam

The composite foams containing waste cotton, cork and perlite exhibited lower STL in frequencies less than 4000 Hz. After 4000 Hz, the waste cotton added LDPE foam performed higher STL than cork and perlite added foam. The maximum STL had been observed for waste cotton added LDPE foam with nearly 25 dB at higher frequency. It can be obviously see that waste cotton added foam is more effective on STL higher frequencies.

## CONCLUSIONS

In this research, the effects of different additives on morphological and acoustic properties of LDPE composites foam were investigated. The important results were obtained as followings:

- The use of waste cotton increased the cell density of the foam composites while decreased the average diameter of the cell.
- The minimum density was observed for foam composites filled with cork powder.
- The highest sound absorption coefficient was observed cotton and perlite added foams.
- The cork powder added foams was effected sound absorption at the high frequency range
- The STL frequency curves of all composites nearly showed similar trends in the frequency range between 800-1600 Hz.
- Waste cotton is more effective on STL at higher frequencies.

## SUGGESTIONF FOR FURTHER WORK

Acoustic properties depending on the percentage weight change of different additives used in this study will be investigated in future studies.

## ACKNOWLEDGEMENTS/SOURCES OF FUNDING

No funding support was used in this study.

## LITERATURE

1. Sagartzazu, X., Hervella-Nieto, L., Pagalday, J. M. 2008. "Review in Sound Absorbing Materials", *Archives of Computational Methods in Engineering*, 15(3), 311–342.
2. Recent Trends in Porous Sound-Absorbing Materials. *Sound & Vibration*. <http://www.sandv.com/home.html>, Latest Access date: 05 April 2021.
3. Wang, Y., Zhang, C., Ren, L., Ichchou, M., Galland, M.-A., Bareille, O. 2013. "Influences of rice hull in polyurethane foam on its sound absorption characteristics", *Polymer Composites*, 34(11), 1847–1855.
4. Rey, R. del, Alba, J., Arenas, J. P., Sanchis, V. J. 2012. "An empirical modelling of porous sound absorbing materials made of recycled foam" *Applied Acoustics*, 73(6-7), 604–609.
5. Peng, L., Song, B., Wang, J., Wang, D. 2015. "Mechanic and Acoustic Properties of the Sound-Absorbing Material Made from Natural Fiber and Polyester", *Advances in Materials Science and Engineering*, 2015, 1–5.
6. Perevozchikov, A., Yakovlev, G., & Kodolov, V. 2000. "Polyethylene Foam Waste Utilization for Light-

weight Concrete Production", *International Journal of Polymeric Materials*, 47(1), 7–17.

7. Boccaccio, A., Casavola, C., Lamberti, L., Pappalettere C. 2013. "Structural Response of Polyethylene Foam-Based Sandwich Panels Subjected to Edgewise Compression". *Materials*, 6(10), 4545–4564.

8. Navarro-Javierre, P., Garcia-Romeu-Martinez, M.-A., Cloquell-Ballester, V.-A., & de-la-Cruz-Navarro, E. 2011. "Evaluation of Two Simplified Methods for Determining Cushion Curves of Closed Cell Foams". *Packaging Technology and Science*, 25(4), 217–231.

9. Piatkowski, T., & Osowski, P. 2016. "Modified Method for Dynamic Stress-Strain Curve Determination of Closed-Cell Foams". *Packaging Technology and Science*, 29(6), 337–349.

10. Duncan, O., Shepherd, T., Moroney, C., Foster, L., Venkatraman, P., Winwood, K., Alderson, A. 2018. "Review of Auxetic Materials for Sports Applications: Expanding Options in Comfort and Protection", *Applied Sciences*, 8(6), 941.

11. Soto, P. F., Herráez, M., González, A., de Saja, J. A. 1994. "Acoustic impedance and absorption coefficient measurements of porous materials used in the automotive industry", *Polymer Testing*, 13(1), 77–88.

12. Polyethylene Foam. UFP Technology. <https://www.ufpt.com/materials/foam/polyethylene-foam.html>, Latest Access date: 05 April 2021.

13. Salerno, A., Iannace, S., Netti, P. A. 2008. "Open-Pore Biodegradable Foams Prepared via Gas Foaming and Microparticulate Templating". *Macromolecular Bioscience*, 8(7), 655–664.

14. Yao, Y., Zhou, T., Xu, Y., Liu, Y., Leng, J. 2018. "Preparation and characterization of shape memory composite foams based on solid foaming method". *Journal of Applied Polymer Science*.

# CHAPTER 7

## FUNCTIONAL FIBERS

# Flame Retardant Natural Fibre Hybrid Composites for Advanced Applications

JAWAID, Mohammad<sup>1\*</sup>, SAND, Chee Siew<sup>1</sup>  
SABA, Naheed<sup>1</sup>

Laboratory of Biocomposite Technology, Institute of Tropical Forestry and Forest Products (INTROP)

Universiti Putra Malaysia, 43400 UPM Serdang, Selangor, Malaysia

\*[jawaid@upm.edu.my](mailto:jawaid@upm.edu.my)

Natural fibre based hybrid composites with nanofiller as potential alternative material that displays better mechanical, thermal and Fire retardant properties for advanced applications. In this work, we fabricated two types of Hybrid composites, kenaf(K)/bamboo(B)/nano clay and kenaf/oil palm nano filler hybrid composites by hand lay-up techniques. The flammability properties of halloysite nanotube (HNT), montmorillonite (MMT) and organically modified MMT (OMMT) based kenaf/epoxy composites and nano OPEFB/kenaf/epoxy, MMT/kenaf/epoxy and OMMT/kenaf/epoxy hybrid nanocomposites were analyzed. The flammability of the B/K/Nano clay/Epoxy hybrid nanocomposites were characterized. The flammability properties were evaluated through Underwriters Laboratories 94 horizontal burning test (UL-94HB), limiting oxygen index (LOI), cone calorimetry and smoke density tester. All hybrid nanocomposites achieved an HB40 rating in the UL-94HB test. With the addition of nanoclay, the LOI value increased from 20 to 28%. A significant reduction of total heat release and peak heat release rate between 36 – 43% was observed on nanoclay filled hybrid composites. Improvement of other fire indicators such as FIGRA (fire growth rate index), MARHE (maximum average rate of heat emission) and SMOGRA (smoke growth rate index) were noticed in all hybrid nanocomposites with excel performance observed on B/K/OMMT. LOI and UL-94V ratings of kenaf/epoxy are 24% and V-2 respectively but the addition of nano OPEFB filler to it increases to 30% and V-0 respectively, for MMT to 28% and V-1 whereas for OMMT to 30% and V-0 rating. The findings from this work can be utilized in preparing high-performance hybrid composites with improvement in their dimensional stability and fire performance for automotive and building applications.

**Keywords:** Kenaf fibre; Oil palm fibres; Nano filler; Nanocomposites; Flammability properties.

# Dünyada Bir İlk Niteliği Taşıyarak %100 Asetat Lifinin Kısa Elyaf Eğirme Teknolojisi İle İplik Haline Getirilmesi Ve Yumuşak Tuşeli, Antipilling, Hızlı Nem Emen Multifonksiyonel Örmeye Kumaşların Geliştirilmesi

Bozan Neslihan<sup>1</sup>, Işık Fatih<sup>2</sup>

Karacasu Tekstil Ar-Ge Departmanı, Kahramanmaraş, Türkiye

<sup>1</sup>ORCID ID: 0000-0002-8987-6361

<sup>2</sup>ORCID ID: 0000-0001-9980-8234

nes@karacasutekstil.com.tr

## AMAÇLAR

Çalışma kapsamında, yumuşak tutuma ve ipeğe yakın parlaklığa sahip, hızlı nem emen ve antipilling olan %100 asetat lifinin üstün özelliklerinin, dünyada bir ilk olarak kısa lif teknolojisiyle tekstil sektörüne kazandırılması hedeflenmektedir.

## 1.GİRİŞ

Asetat ipeği odun ve pamuk liflerden elde edilen selüloz hammaddesinin asitlendirilerek, asetil selülozun çözündürülmesi ve çözeltinin püskürtülmesi ile elde edilen ve suni ipek olarak da anılan bu hammadde günümüzde tekstil sektöründe moda ve tasarımcıların gözde elyafı haline gelmiştir.<sup>1</sup> Asetatın etkileyici özelliklerinin yanı sıra yaş ve kuru mukavemet değerlerinin düşük olması (1,5-2 gr/denye ) bu elyafın daha çok tekstürize olarak kullanılmasını gerektirmiştir. Asetat lifi pürüzsüz ve ipeğe yakın görünümüne sahiptir. Bu sebeple çok yumuşak bir tutumu vardır. Nem tutumu oldukça düşük olduğundan çabuk kurur. Küfe, güvelere ve böceklerle karşı oldukça dayanıklıdır. Statik elektriklenme derecesi düşüktür. Pilling özelliği olmadığından boncuklanmaz<sup>2</sup>. Sürdürülebilir bir hammaddedir.

Selüloz asetatın konfor, dökümlülük ve boyanabilirlik özellikleri takım elbise, etek ve pantolon astarlarında kullanımını arttırmıştır. Kuru temizleme ile temizlenmesi gerektiği için bazı alanlarda kullanımı kısıtlanmıştır. Fakat krep, saten, jakar, süprem, raşel ve twill gibi giysi yapımında kullanılan dokuma ve örme kumaşların astarlarında kullanılmaktadır. Kısa asetat lifleri sargı bezi, ıslak mendil gibi dokusuz yüzeyli ürünlerin üretilmesinde kullanılabilir.<sup>3</sup>

C. Law'ın çalışmasında ise <sup>4</sup>, "Selüloz Asetatın Uygulama Alanları" araştırmasında lif içerisinde antimikrobiyel madde kullanılarak koku oluşumu engelleyen ürün geliştirilmiştir. Bu iplikler spor giysilerinde ve iç çamaşırında selüloz asetatın kullanımı için yeni fırsatlar sunmaktadır. Düşük denyede filament iplikler kullanılarak estetik, dökümlülük ve tuşe özellikleri geliştirilmiştir. Yapılan çalışmada asetat/naylon karışımları çapraz boyama efekti tasarımı eldesi ve mukavemet, sıcaklık ayarını geliştirmek için kullanılmaktadır.

Yapılan bu çalışmayla, literatür araştırmalarından elde edilen sonuçlara göre; ipek parlaklığına ve yumuşaklığına sahip, antistatik, antipilling özellikleri ve amorf yapısı sayesinde nemin transfer edilmesiyle serinlik hissi veren ve böylece termal konfor şartlarını sağlayan, %100 asetat lifinin bu üstün özelliklerinden faydalanılması öngörülerek, kısa elyaf ring eğirme teknolojisiyle iplik ve örme kumaşın geliştirilmesi hedeflenmiştir. Ancak asetat lifinin düşük elyaf mukavemeti (1,5-2 gr/denye) ile eğrilebilir özelliğinin zayıf olması tekstil sektöründe kısa elyaf olarak kullanımını zorlaştırmakta ve bu konuda literatürde kısıtlı bilgi olduğundan bir boşluk bulunmaktadır. Yukarıdaki çalışmalardan da görüldüğü gibi asetat düşük elyaf mukavemetinden dolayı filament olarak ve farklı hammaddeler ile karıştırılarak kullanılmıştır. Çalışma kapsamında dünyada bir ilk olarak %100 asetat lifinin kısa elyaf teknolojisiyle eğrilebilirliğinin araştırılması amacıyla ring iplikleri geliştirilecek, iplik ve kumaş performans testleri yapılacaktır. Dünyada bir ilk olan bu çalışmayla katma değeri ve ihracat potansiyeli yüksek sürdürülebilir ürünlerle ülkemiz ekonomisine katkıda bulunulmuş olunacaktır.

## DENEYSEL

### Malzeme

Çalışmada asetat lifi %100 olarak kullanılmıştır. Asetat liflerinin inceliği 1,33 dtex, elyaf uzunluğu 38 mm'dir. Mukayese yapabilmek için %100 pamuk karde ve penye kullanılmıştır. Pamuk İncelik (mic.) 4,5, Uzunluk (mm) 30, Mukavemet (gr/tex) 32.

### Yöntem

Bu çalışmada teknik özellikleri verilen %100 asetat lifi, %100 pamuk karde ve %100 penye ile ring hattında Ne 30/1 üretilerek iplik performans testleri yapılmıştır. Bu ipliklerden süprem örme kumaş örülerek kumaş performans testleri yapılmıştır.

### DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

%100 Asetat , %100 karde pamuk Rieter harmanhallaç işlemlerine tabi tutulduktan sonra, Rieter C-70 tarak makinesinde tarama işlemi görmüştür. Akabinde Rieter cer makinelerinde şeritlerin lif uçlarındaki kancalar açılarak, homojen bir yapı kazandırılmıştır. %100 penye pamuk ise unilab ve



penye makinelerinden geçirilmiştir. Sonrasında ise, Zinser Z670 fitil makinesinde üretilen fitiller, 45 mm bilezik çaplı Toyota Kompakt Ring makinesinde Ne 30/1 inceliğinde eğirilerek bobinlenen iplikler %50-55 °C sıcaklık, ortalama 30-35 dakika süre ile basınç altında fikselenmiştir.(Şekil 1)



Şekil 1:%100 Asetat lifi boyuna kesiti/iplik ve kumaş görüntüleri

Bobinlenen Ne 30/1 ipliklerin mukavemet değerleri “TS 245 EN ISO 2062” standardı ile Uster Tensojet-4, iplik düzgünlük ve hata testleri değerleri ise “TS 628” standardı kullanılarak Uster Tester-4 cihazında ölçülmüştür. %100 asetat ipliğin düzgünlük değeri CV% 12,38 iken,%100 karde pamuk CV%16,2 ve %100 penye pamuk CV% 12,28 olarak; mukavemetleri ise, %100 asetat ... Rkm, %100 karde pamuk 16,22 Rkm ve %100 penye pamuk 17,88 Rkm olarak ölçülmüştür (Tablo1).

Tablo 1.30/1 Ne Düzgünlük-İplik Hataları ve Mukavemet Değerleri

Ham madde	%100 karde	%100 Asetat	%100 Penye
%CVm	16,2	12,38	12,28
-50%	12	0	1,7
50%	285	79	30
200% NEPS	388	46	79
Rkm (kgf.Ne)	16,22	9,83	17,88
%CV Rkm	9,32	7,6	8,35
Min.Rkm	11,11	7,45	13,38
% Uzama	<b>4,38</b>	<b>12,17</b>	<b>5,07</b>
B.Work (N.cm)	3,89	8,29	4,9

Bu ipliklerden örülen suprem yuvarlak örme kumaşlara yapılan boncuklanma testlerinde martindale cihazında ölçülen değerler aşağıdaki gibidir.(Tablo 2).

Tablo 2: 30/1 Ne Örme Kumaş Boncuklanma Test Sonuçları

Aşındırma sürtme hareketinin sayısı	Derecelendirme		
	Karde pamuk	Asetat	Penye Pamuk
500	5	3-4	5
1000	4-5	4-5	4-5
2000	4	4-5	4-5

## GENEL SONUÇLAR

Bu çalışmada kullanılan %100 asetatin düşük lif mukavemetine rağmen, ölçülen B-Work ve düzgünlük %CV değerlerinin karde ipliğinden daha iyi, penye pamuk ipliği ile aynı skalada olduğu görülmüştür. Boncuklanma testi sonucunda ise, 500 devirde 3-4 bandında olması düşük lif mukavemetinden dolayı iplik gövdesine tutunamayan liflerin sürtünme ile kumaş yüzeyine çıkması, 1000 devirden sonra 4-5 bandında olması ise bu liflerin kumaş yüzeyinden kopmasıyla boncuklanma probleminin olmayacağını göstermektedir.

## SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Kısa elyaf teknolojisi kullanılarak %100 asetatin eğirilme zorluklarının aşılmasıyla literatürün önünü açacağı öngörülmektedir. Sürdürülebilir asetat lifinin tekstil sektörüne kazandırılmasıyla sentetik liflerin tüketimi azaltılarak, ekolojik ayak izinin düşürülmesi hedeflerinde sosyal sorumluluk ilkesiyle önemli bir adım atılmış olacaktır.

## TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Dünyada ilk niteliği taşıyan bu başarılı çalışmada, her türlü desteği sağlayan Karacasu Tekstil Yönetim Kurulu Başkanımız Mehmet Arifioğlu Bey'e ve yönetim kurulu üyelerimiz Deniz Arifioğlu Hanım'a ve Burak Orhan Arifioğlu Bey'e sonsuz teşekkürlerimizi sunarız.

## KAYNAKLAR

1.“Tekstil Kimyası” . Avesis.yildiz.edu.tr › resume downloadfile ismail . <https://avesis.yildiz.edu.tr/ismail/dokumanlar>

Son erişim tarihi:14 Şubat 2020

2. Pocienė R. , Žemaitaitienė R. , Vitkauskas A., 2004, Mechanical Properties and a Physical-Chemical Analysis of Acetate Yarns ISSN 1392–1320 Materials Science (Medziagotyra). Vol. 10, No. 1.

3 “Asetat ve Triasetat Liflerinin Boyanması”. <http://www.tekstildershanesi.com.tr/bilgi-deposu/asetat-ve-triasetat-liflerinin-boyanmasi.html>

Son erişim tarihi:13 Ağustos 2020

4. L. Rachel C., 2004, Applications of cellulose acetate, Macromol. Symp., 208,255-265

# Kesilmeye Karşı Koruyucu Tekstiller

TANDOĞAN Gökhan<sup>1</sup>, GÜNDOĞAN Uğur<sup>2</sup>, KARA Ebru<sup>3</sup> ve İBRİKÇİ Ali<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Kipaş Mensucat İşletmeleri A.Ş. Ar-Ge Merkezi Kahramanmaraş, Türkiye

sorumlu yazar: gtandogan@kipas.com.tr

## AMAÇLAR

Bu çalışmanın amacı, iş kazalarında sıklıkla karşılaşılan parmak ve kol yaralanmalarını önlemek için mekanik risklere karşı koruyucu kişisel tekstiller geliştirmektir. Bu amaçla ring eğirme yöntemi ile performansı yüksek lifler kullanılarak hibrid iplikler üretilmiş ve bu üretilen ipliklerden hava geçirgen ve koruyucu yapıda örgü yapıları geliştirilmiştir. Üretilen ipliklerin eldiven formunda mekanik risklere karşı dayanımı EN 388 standartlarında (aşınma, kesme, delinme, yırtılma dayanımı) davranış özellikleri incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda çelik ipliği çevreleyen mantolanmış farklı özellikteki kompozisyonu aynı liflerden karbon ve polietilen liflerin hem tek kat hem de çift kat iplik formundaki performansları diğer polyester ve viskon liflerine kıyasla daha yüksek çıkmıştır. Bu çalışma sonunda tek kat ve çift kat ipliklerin hem iplik hem de örgü formunda performans testleri incelenmiş EN 388 standardı üzerindeki çıkan veriler değerlendirilmiştir. Bu çalışma, el dışında kol, kafa ve ayak gibi vücuttaki diğer dış etkenlere maruz kalan hareketli organlarında korunması için yenilikçi ürünlerin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

**Anahtar Kelimeler**— *Koruyucu eldivenler, Kesme direnci, Çelik iplik, Hibrid iplikler, Karbon, polietilen, polyester, viskon*

## GİRİŞ

Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre<sup>1</sup> mesleki yaralanmaların yaklaşık 330.000'i ölümle sonuçlanmaktadır (yıl başına 2.7 milyar işçi). Buna karşılık Amerika'da yıl başına 150 milyon işçi olmak üzere yaklaşık 6000 ölüm mesleki yaralanmalara bağlanmıştır. Gelişmiş ülkelerde, gelişmekte olan ülkelerdeki gibi yaralanmalara bağlı yüksek ölüm oranları tarım, inşaat ve madencilik içeren bazı sektörlerde bir araya toplanmıştır. Bütün dünyada kasıtsız yaralanmaların %10'u ve 13 milyondan fazla Sakatlığa Ayarlanmış Yaşam Yılları (DALYs) mesleki yaralanmalara bağlanmıştır. Ülkemiz, iş kazaları açısından Avrupa'da birinci, dünyada ise üçüncü sırada yer almaktadır. T.C. Sosyal Güvenlik Kurumu verilerine göre<sup>2,3</sup> İş kazalarının dağılımına bakıldığında son üç yıldaki Sosyal Güvenlik Kurumu istatistiklerine göre yıllık ortalama 70 bin iş kazasının %30'luk gibi büyük bir kısmını, el, parmak ve kol yaralanmalarının oluşturduğu görülmüştür. Davas'ın çalışmasına göre<sup>4</sup> Kullandığımız en önemli aletler olan ellerimizi korumanın en etkili yolu ise riskli ortamlarda her zaman koruyucu eldiven kullanmaktır. Doles ise<sup>5</sup> Koruyucu

eldivenler, teknik tekstiller içerisinde yer alan koruyucu teknik tekstillerin bir parçası olup; özellikle askeriye, güvenlik kuvvetleri, özel timler, itfaiyeciler, kurtarma ekipleri, madenciler, hastanelerdeki bazı birim görevlileri ile yol yapım ve onarımında, kimya, elektrik-elektronik sanayisinde, ağır sanayide, nükleer santrallerde çalışanlar, vb. tarafından kullanıldığını belirtmiştir. Koruyucu eldiven üretiminde materyal olarak örme, dokuma ve dikim işlemlerinde kullanılan lifler ve kumaşlar ile polimer malzemeler tercih edilmektedir. Hearl çalışmasında<sup>6</sup> Koruyucu tekstil yapılarında hammadde olarak kullanılan liflerin klasik liflerle kıyaslandığında birtakım üstünlüklere sahip olması gerektiğini belirtmiştir. Bu lifler genellikle sentetik liflerin geliştirilmesiyle elde edilen ve "yüksek performanslı lifler" olarak adlandırılan teknik liflerdir. Ciobanu ise<sup>7</sup> Mekanik ve/veya termal risklere karşı koruyucu eldivenlerin üretiminde yüksek mukavemete sahip olan ve/veya yüksek sıcaklığa dayanabilen lifler (örn. aramid lifleri, yüksek yoğunluklu polietilen lifleri (HDPE), metal lifleri) kullanıldığını belirtmiştir. Mapa Professionnel Koruyucu Eldivenler Kataloğu'nda<sup>8</sup> Mekanik risklere karşı koruyucu eldivenler, kuru veya ıslak ortamda nesnelere tutmak için kavrama özelliklerine ek olarak kesilmelere, yırtılmalara, yıpranmalara ve delinmelere karşı koruma sağlayacak şekilde tasarlandığından bahsetmektedir. Bu alanda, genellikle yüksek hava geçirgenliği ve elastikiyet özelliklerine sahip, dikişsiz yapısı sayesinde sürtünmeden dolayı oluşan tahrişi azaltan örme tekniği ile üretilen eldivenler sıklıkla tercih edilir. Ertekin ise çalışmasında<sup>9</sup> Eldivenlerin mekanik performans özelliklerini iyileştirmek amacıyla eldivenler nitril ve silikon kaplama işlemine tabi tutulduğundan bahsetmiştir.

Özellikle metal risklere karşı koruyucu eldivenleri incelediğimizde ya tek kat yada çift kat iplik yapıları üzerine nitril yada silikon kaplama yapılarak koruyuculuk özellikleri arttırılmaktadır. Bu kaplamalı yapılar kumaş yüzeyinde hava geçirgenliğini yok ettiği için cildi uzun çalışmalarda olumsuz etkilemektedir. Ayrıca kullanılan kaplamalar çoklu kullanımda yıkama sonrası deformasyona uğrayarak koruyuculuk özelliklerini kaybetmektedir.

Bu çalışmanın temel amacı, kaplama yapılmadan metal içeren özlü yapıda fonksiyonel lifler kullanılarak hava geçirgen özelliklerde kesmeye karşı koruyucu özellikleri sağlayabilen örgü yapıları geliştirmek ve bu yapıların mekanik risklere karşı

dayanım (aşınma, kesme, delinme, yırtılma dayanımı) testlerini inceleyerek birbirileri arasında ki farkları ortaya koymaktır.

## DENEYSSEL

### Malzeme ve Yöntem

Bu çalışmada yüksek performanslı ipliklerden üretilmiş koruyucu eldivenlerin performans özelliklerini sağlamak için Tablo I.de karbon, polietilen, polyester, viskon gibi kesikli lifler kullanılarak ring eğirme yöntemi ile  $\alpha e=3,10$ , 422 büküm değerlerinde ve 13/1 Ne ve 26/2 Ne numaralarda iplikler üretilmiştir.

Tablo I. Kullanılan malzeme, lif ve özellikleri

Malzeme	Lif Tanımı
Çelik	0,50 mikron
Viskon	1,3 dtex, 38 mm
PES	1,7 dtex, 38 mm
Polietilen	1,7 dtex, 51 mm
Karbon	2,2 dtex 51 mm

Tablo II. Üretilen iplik ve Kumaşların özellikleri

İplik Cinsi	Kumaş	Materyal/ Kumaş
Ne 26/2 Hibrid	Süprem	Çelik+ Karbon/Pes
Ne 26/2 Hibrid	Süprem	Çelik+Polietilen/Pes
Ne 26/2 Hibrid	Süprem	Çelik+Pes/Viskon
Ne 13/1 Hibrid	Süprem	Çelik+Karbon/Pes
Ne 13/1 Hibrid	Süprem	Çelik+Polietilen/Pes
Ne 13/1 Hibrid	Süprem	Çelik+Pes/Viskon

## DENEYSSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Üretilen core ipliklerin test sonuçları Tablo III ve örgü formunda geliştirilen kumaşların kesme dayanımları Tablo V'de ve hava geçirgenlik sonuçları tablo VI'da belirtilmiştir.

Tablo III. Üretilen ipliklerin test sonuçları

Kompozisyon	Article	İplik Numarası Ne	Özgül Kopma mukavemeti kgF	Kopma uzaması (%)
Çelik/Pes/Viskon	A	26/2	26/2	26/2
	B	13/1	15,90	11,32
Çelik/Karbon/Pes	C	26/2	26,83	3,97
	D	13/1	23,83	4,27
Çelik/PE/Pes	E	26/2	22,56	5,85
	F	13/1	18,43	6,79

Üretilen ipliklerin özgül kopma mukavemeti ve kopma uzaması değerleri Tablo III'de verilmiştir.



Şekil 1. Shima Seika Eldiven Örmek Makinesi

Eldivenlerin üretimi, 13 G incelikteki Shima Seika eldiven makinesinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Eldivenler, tek sıklık değerinde manşet kısmı, mock rib, aya ve parmak kısımları süprem yapıda örülmüştür.

Tablo IV. EN 388 standardına göre performans seviyesi derecelendirme

Test Derecelendirme	0	1	2	3	4	5
Aşınma Direnci	<100	100	500	2000	8000	-
Kesme Dayanımı	<1,2	1,2	2,5	5,0	10,0	20,0
Yırtılma Dayanımı	<10	10	25	50	75	-
Delinme Dayanımı	<20	20	60	100	150	-

'0' değeri en düşük '5' ise en yüksek performans seviyesini göstermektedir.

Tablo V. Üretilen örgü yapılarının EN 388 test sonuçları

Article	Aşınma direnci	Kesme dayanımı	Yırtılma dayanımı	Delinme dayanımı
A	2	5	4	3
B	1	5	3	2
C	3	5	4	4
D	3	5	4	3
E	3	5	4	4
F	3	5	4	3

Üretilen kumaşların EN 388 standartlarında ham testleri Tablo V'de verilmiştir.

Tablo VI. Örgü kumaşların hava geçirgenlik testleri

Article	Hava Geçirgenliği 5 cm <sup>2</sup>
A	141
B	166
C	152
D	172
E	148
F	181

Geliştirilen örgü yapılarının hava geçirgenlik değerleri EN ISO 9237 metodu ile 5 cm<sup>2</sup> yüzey alanı ile ölçülmüştür. Tek kat ipliklerden üretilen örgü yapılarında hava geçirgenliği daha yüksek çıkmıştır.

### GENEL SONUÇLAR

Yapılan mukavemet ölçümleri değerlendirildiğinde, numune eldivenler arasında en yüksek koruyuculuk C ve E tiplerinde görülmüştür. Burada UHMPE ve Karbon lifi gibi uzun elyaf boylarına sahip lifler hem iplik mukavemetlerini hem de aşınma direncini olumlu etkilemiştir.

Eldivenlerin mekanik risklere karşı kesme dayanımlarında çekirdekte bulunan çelik metalin 1. derecede etkili olduğu, dış mantoda yer alan Karbon ve Polietilen liflerinin aşınma, yırtılma ve delinme testlerinde diğer liflere göre avantaj sağladığı görülmüştür.

Eldivenlerin mekanik risklere karşı dayanım özelliklerine numaranın etkisi incelendiğinde çift katlı ipliklerde özellikle aşınma ve delinme dayanımı daha iyi çıkmıştır.

Geliştirilen tekstil yapılarında koruyucu özelliklerin yanı sıra hava geçirgen özelliklerinde yüksek olması kullanımında rahatlık ve konfor sağlayacaktır.

Geliştirilen ipliklerden elde edilen eldivenlerin kullanım alanları; kasaplar, ağır sanayi çalışanları veya bıçaklanmaya karşı koruyucu giysiler olarak pazarda yerini alması düşünülmüştür.

Ring eğirme yöntemi ile ipliğin dış mantosunda farklı lif boyuna sahip liflerin sarılması ile birbirinden farklı hibrid yapıda iplikler elde edilebilmiştir.

EN 388 standardı üzerinde yapılan bu çalışma sonunda çıkan verilerin değerlendirilmesi sağlanmış ve el dışında kol, kafa ve ayak gibi vücuttaki diğer dış etkenlere maruz kalan hareketli organlarında korunmasını sağlayacak yenilikçi ürünlerin geliştirilmesi planlanmıştır.

### SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Bu çalışmada birbirinden farklı hibrid yapıdaki kumaşların kesme direnci testlerinde yöntem olarak 5 N olarak uygulanan EN 388 standardı kullanılmıştır. Sonra ki dönem çalışmalarında ise revize olan, kesme direnci 20 N olarak uygulanan EN ISO 13997-1999

metodu baz alınarak dayanım testleri gerçekleştirilecektir. Aynı zamanda geliştirilen bu örgü yapılarında konfor test sonuçlarına göre nefes alabilir özellikleri geriye götürmeden kimyasal yöntemler kullanılarak su geçirmez özelliklerinde ilave edilmesi düşünülmektedir.

### TEŞEKKÜR

Kıpaş Mensucat A.Ş., Deniz Örme işletmelerine ve Prof. Dr. Mustafa Ertekin hocamıza katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

### KAYNAKLAR

#### • Periyodik Yayınlar:

Ciobanu, R., Ionesi, D., Budulan, C., (2010), Protective Gloves Against Mechanical Hazard, 7th International Conference-TEXSCI 2010, September 6-8, Liberec, Czech Republic.

Davas Aksan, A., Durusoy, R., Bal, E., Kayalar, M., Ada, S., Tanık, F. A., (2012), Risk Factors for Occupational Hand Injuries: Relationship Between Agency and Finger, American Journal of Industrial Medicine, 55, 5, 465-473.

Dolez, P., Soulati, K., Gauvin, C., Lara, J., Vu-Khanh, T., (2012), Information Document for Selecting Gloves for,

Ertekin M, 2017, "Kaplamanın Koruyucu Eldivenlerin Performans Özelliklerine Etkisi" Tekstil ve Mühendis, 24: 107, 172-180.

Hearle, J.W.S., (2001), High Performance Fibers, Woodhead Publishing Ltd, Abington, England.

#### • Kitap:

Reducing Risks, Promoting healthy Life Geneva-World Health Organization:2002, Who World Health Report 2002.

#### • İnternette yer alan metinler:

"Mapa Professionnel. Koruyucu Eldivenler Kataloğu", Erişim Tarihi: 06.04.2017.

"Protection Against Mechanical Hazards". <https://www.irsst.qc.ca/gants/en/InfoDocu.pdf>, Erişim Tarihi: 06.04.2017

"T.C. Sosyal Güvenlik Kurumu. İş Kazalarında Avrupa Birincisiyiz". Erişim Tarihi: 06.04.2017.

# "The Silent Threat": Addressing the Microfiber Issue of Textile and Fashion Industries

GÖNÜL, Ecehan Aygül<sup>1</sup>, BENLİ, Birgül<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Istanbul Bilgi University, School of Applied Sciences, Dept. of Fashion Design, 34440, Turkey

<sup>2</sup>Istanbul Technical University, Nanoscience and Nanoengineering Graduation School & Dept. of Mineral Processing Engineering, 34469, Maslak, Turkey  
[benli@itu.edu.tr](mailto:benli@itu.edu.tr)

## PURPOSE

The purpose of this review is to bring awareness to the rising concern of microfibers released into marines. We are discussing the nature of microfibers, their connection to textile manufacturing in all steps, the importance of fiber types used in fabrics on microfiber release as well as consumer awareness.

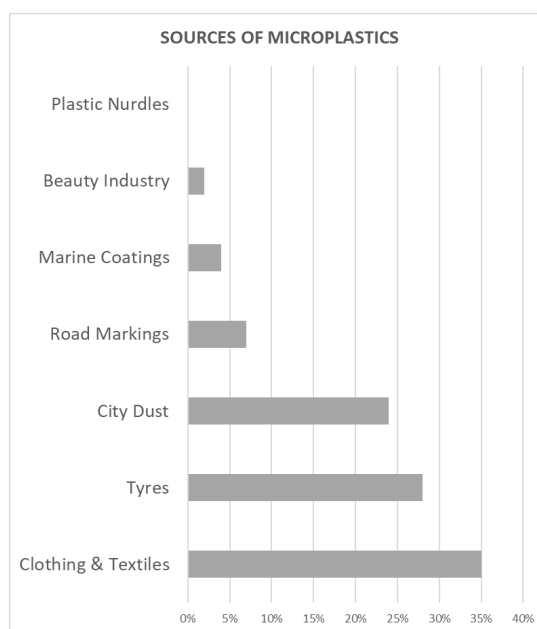
## INTRODUCTION

When the words "plastic pollution" are uttered an image of discarded plastic bottles, shopping bags, crushed cigarettes and garbage floating on top of our seas comes to mind. However, there is an even bigger "unseen" threat that is synthetic microfibers. Microfibers are synthetic particles of small polymers with a size between 1 µm to 5 mm with either primary or secondary manufacturing origin.<sup>1</sup> Textile products are considered to be the largest source of microfiber in the environment with analyses indicating that a single wash has the potential to release 700,000 fibers.<sup>2</sup>

Currently, microfibers and nanofibers are estimated to total up to 35%<sup>1</sup> of the microplastics in the marine environment mostly seen in shorelines, water surfaces, arctic waters, freshwaters, and even in the digestive systems of aquatic life as seen in Table 1.

- GÖNÜL, Ecehan Aygül (0000-0001-6720-3740)
- BENLİ, Birgül (0000-0001-7386-5003)

Table 1. Various sources of microplastics compared.



Microfibers also can contain certain additives; remnants of their manufacturing state such as plasticizers which are a substance added to improve the flexibility of the fabric, flame retardants, and antimicrobial agents.<sup>3</sup> These added chemicals have the ability to leach from the plastic into the oceans to even poison the animals that ingest the microfibers causing animals physical injury, changes to oxygen levels in the cells, or reduced energy which in return crashes their reproduction systems,<sup>4</sup> this digestion can be seen in Figure 1. This effect on the food chain can eventually affect humans as well. It has been studied that clams and oysters can carry microplastic, resulting in frequent eaters of seafood to ingest over 11,000 microplastic substances per year.<sup>5</sup>



Figure 1. A plankton that has ingested microfiber. <sup>6</sup>

To better understand this topic we have divided our review into three categories, firstly we will discuss the potential microfiber sources in the textile and clothing industries looking at its production cycle from manufacturing to the eventual disposal. Secondly, we will be exploring the effects of different fibers, yarns if and how they differ from one and another in regards to microfiber pollution, and thirdly, we will address whether a change in consumer behavior, recycling programs, or government action in a sustainable path can help conserve the environment.

### POTENTIAL SOURCES OF MICROFIBERS IN TEXTILE AND CLOTHING INDUSTRIES

Microfibers have a lower density compared to soil particles making them more transportable, in comparison cotton the most commonly found fiber in textiles has a density of 1.5 g/cm<sup>3</sup> and polyester another popular fiber<sup>7</sup> has 1.4 g/cm<sup>3</sup> while an average soil particle density is of 1.6 g/cm<sup>3</sup>.<sup>8</sup> Their physical characteristics allows them to easily transport through water and air in long and short terms.

Textile factories generate the highest amount of solid waste that is then dumped into wastewaters with certain processes contributing to the creation of pollutants than others including yarn spinning, fabric weaving, dyeing, and scrubbing.<sup>9</sup> However, at-home practices of shedding through physical actions such as by tugging or rubbing,<sup>10</sup> friction, or cleaning via washing machines or in rivers have also been considered as sources of microfibers.<sup>11</sup> Even if the wastewater after washing were to be processed through a treatment plant, these WWTPs (wastewater treatment plants) have the potential to be significant sources of microfibers. Even with the optimum removal rate of 95%, the 5% unrecoverable fibers are then discharged into aquatic

environments<sup>12</sup>, the lifecycle of microfibers from textiles affecting aquatic life can be seen in Figure 2.

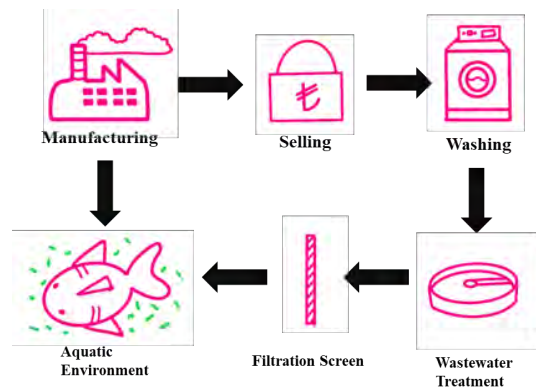


Figure 2. Cycle of microfibers released into aquatic environments considering a proper treatment scenario.

Handwashing also poses a high risk as it can contaminate rivers. In Europe, 87% of all citizens own a washing machine while 3% uses laundromats, however in countries like China, Brazil, and India over 30% of its population still uses handwashing.<sup>13</sup>

These fibers have also been detected in sewage sludges of WWTPs, these sludges can later be used as agricultural fertilizers leading to microfibers contaminating soil and consumed food<sup>14</sup>, this cycle can be seen in Figure 3.

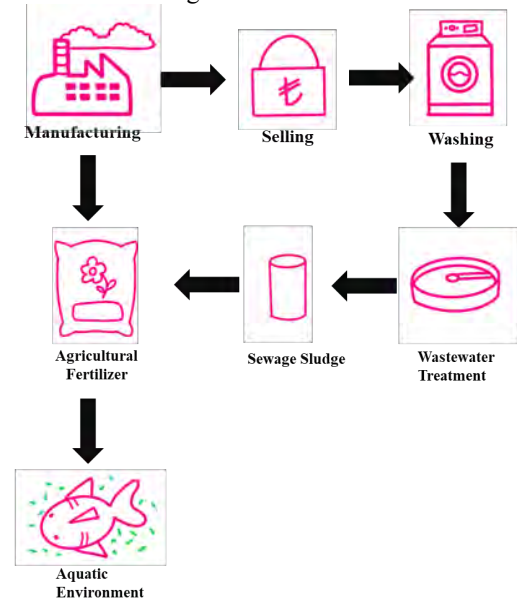


Figure 3. Cycle of microfibers released into aquatic environments considering sewage sludge scenario.

## IMPACTS OF FIBER AND FABRIC TYPES ON MICROFIBER RELEASE

Compared to its cellulose-based counterparts, polyester was shown to shed fewer microfibers. The main reason for this occurrence is due to polyester fabric having high abrasion resistance while having low hairiness and high breaking strength. However, compared to other synthetic fibers such as acrylic and nylon, polyester was noted to shed more microfibers.<sup>15</sup>

On the other hand, some reports suggest that blended knitted fabrics with 50% polyester and 50% cotton fibers release significantly fewer fibers than 100% acrylic fabric.<sup>2</sup> The difference in microfiber release suggests that the difference in fibers used to construct fabrics and yarns plays a major role in microfiber production.

Fabric structure also is important when microfiber shedding is concerned. Polyester fleece fabrics were noted to shed more fibers compared to knitted fabrics from the same type of fiber or even nylon and acrylic. Polyester fleece fabrics shed 1200 per cm<sup>2</sup> of fabric while knitted polyester fabrics were reported to shed only 9 fibers per cm<sup>2</sup> of fabric.<sup>16</sup>

## THE ROLE OF FASHION INDUSTRY ON MICROFIBERS

The fashion industry is of great importance to many countries economies, especially Turkey's. It is currently the 6th most significant textile supplier in the world while also being the 3rd largest supplier to European countries. This importance has contributed to the world's production and consumption of textile and mainly fashion products and thus resulting in alarming amounts of waste. According to The United Nations, Economic Commission for Europe (UNECE) fashion industry is the world's second-largest user of water and producing 20% of the total water waste.<sup>17</sup>

The global annual water usage requirement for the textile industry is estimated as 93 billion cubic meters, the estimated need for water supplies L/kg per fiber are given in Figure 4.<sup>9</sup>

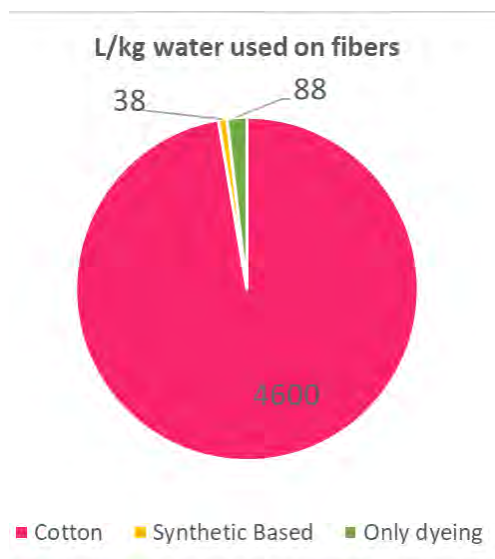


Figure 4. The volume of water used per kg of fiber.

A shift in consumer behavior may influence less microfiber release into marines mainly thrifting and opting for secondhand apparel as it does not promote the creation of new clothes to generate more waste while also keeping billions of articles of clothing away from being thrown into landfills that would eventually release microfiber into soils.

Slow fashion, the direct opposite of today's mainstream fast fashion, promotes high quality manufacturing by individual sewing rather than factories emphasizing sustainability as it generates less waste.

Awareness and education on microfiber release as primary and secondary manufacturing origin of garments have also been reported as an important factor in the rising popularity of the trends stated above and less microfiber release.

## CONCLUSION

The nature of microfibers, the importance of the threat they pose as well as their potential release reasonings in regards to textile products were discussed in this review as well as the importance of the fiber types chosen, the impact of consumers, and their collective awareness while also touching on the impact of the fashion industry on water waste.

Microfiber is a growing threat that needs to be addressed by manufacturers, sellers, treatment plants,

and buyers immediately. As the fiber types affect the release dates it is essential to develop innovative technologies that would generate less waste. Future textile engineers and fashion designers should consider eco-friendly designs that promote recycling and durability especially in countries that rely on textile products in their economy to keep the market steady while at the same time promoting sustainability.

## REFERENCES

1. J. Boucher, D. Friot, Primary Microplastics in the Oceans : a Global Evaluation of Sources, IUCN, Glan, Switzerland (2017)
2. Napper, I. E., & Thompson, R. C. (2016). Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: Effects of fabric type and washing conditions. *Marine Pollution Bulletin*, 112(1–2), 39–45.
3. Koelmans, A., Bakir, A., Burton, G. and Janssen, C. (2016). Microplastic as a Vector for Chemicals in the Aquatic Environment: Critical Review and Model-Supported Reinterpretation of Empirical Studies. *Environmental Science & Technology*.
4. Henry, B., Laitala, K. and Grimstad Klepp, I. (2018). Microplastic pollution from textiles: A literature review. *Consumption Research Norway SIFO*.
5. Van Cauwenberghe, L. and Janssen, C. (2014). Microplastics in bivalves cultured for human consumption. *Environmental Pollution*.
6. #WhatsInMyWash?. 2021. The Issue — #WhatsInMyWash?. [online] Available at: <<https://www.whatsinmywash.org.uk/the-microfiber-issue>> [Accessed 14 March 2021].
7. Brahney, J., Hallerud, M., Heim, E., Hahnenberger, M., & Sukumaran, S. (2020). Plastic rain in protected areas of the United States. *Science (New York, N.Y.)*, 368(6496), 1257–1260
8. Raveendra Kumar Rai, Vijay P. Singh, Alka Upadhyay, (2017) Chapter 17 - Soil Analysis, Planning and Evaluation of Irrigation Projects, Academic Press.
9. Liu, J., Yang, Y., Ding, J., Zhu, B., & Gao, W. (2019b). Microfibers: a preliminary discussion on their definition and sources. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 29497–29501
10. Carney Almroth, B. M., Åström, L., Roslund, S., Petersson, H., Johansson, M., & Persson, N. K. (2018). Quantifying shedding of synthetic fibers from textiles; a source of microplastics released into the environment. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(2), 1191–1199.
11. Gordon, A. K., Muller, W. J., Gysman, N., Marshall, S. J., Sparham, C. J., O'Connor, S. M., & Whelan, M. J. (2009). Effect of laundry activities on in-stream concentrations of linear alkylbenzene sulfonate in a small rural South African river. *Science of the Total Environment*, 407(15), 4465–4471.
12. Prata, J. C. (2018). Microplastics in wastewater: State of the knowledge on sources, fate and solutions. *Marine Pollution Bulletin*, 129(1), 262–265.
13. Nielsen The Dirt on Cleaning: Men Share More of the Load Than You Think.
14. Lares, M., Ncibi, M. C., Sillanpää, M., & Sillanpää, M. (2018). Occurrence, identification and removal of microplastic particles and fibers in conventional activated sludge process and advanced MBR technology. *Water Research*, 133, 236–246.
15. Zambrano, M.C., Joel, J.P., Daystar, J., Ankeny, M., Cheng, J.J. and Venditti, R.A. (2019), “Microfibers generated from the laundering of cotton, rayon and polyester based fabrics and their aquatic biodegradation”, *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 142, pp. 394-407, doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.02.062.
16. F. De Falco, M.P. Gullo, G. Gentile, E. Di Pace, M. Cocca, L. Gelabert, M. Brouta-Agnésa, A. Rovira, R. Escudero, R. Villalba, R. Mossotti, A. Montarsolo, S. Gavignano, C. Tonin, M. Avella Evaluation of microplastic release caused by textile washing processes of synthetic fabric, *Environ. Pollut.*, 236 (2018), pp. 916-925, 10.1016/j.envpol.2017.10.057
17. UNECE. (2018). Fashion and the SDGs: what role for the UN? doi:<https://doi.org/10.1007/s11576-007-0062-1>



# ARGE 0063 Bazalt Mineralinin Kaplama Olarak Ve Bazalt İpliklerin Tekstilde Kullanımıyla Katkılarının İncelenmesi

TAŞ Nazan<sup>1</sup>, KUTLAY Kadriye<sup>1,2</sup>, YILMAZ Canan<sup>1</sup>, ŞEN Besim<sup>1</sup>, DEĞİRMENCİ Nejla<sup>1</sup>

<sup>1</sup>BERTEKS TEKSTİL Arge Merkezi, <sup>2</sup>Bursa Teknik Üniversitesi

[nejla.degirmenci@berteks.com](mailto:nejla.degirmenci@berteks.com)

## AMAÇLAR

Proje ile bazalt minerali kaplama metoduyla kumaşa entegre edilerek kumaştaki teknik özelliklerinin değişimi gözlenmiştir. Ayrıca lif olarak bazalt iplikleriyle dokuma yöntemleri bulunup teknik özellikleri incelenip yangın söndürme için gerekli fonksiyonel özelliklerin kumaşa eklenmesi yapılmıştır.

## GİRİŞ

Yanmaz koruyucu kumaşların üretiminde, canlıların can güvenliğini ve doğayı koruyucu kalitede ürün üretebilmek için, kapsamlı bir araştırma yapılmıştır. Yangınların hızını azaltan, bölümlere alev sıçramasını kesen bazalt paravan kumaşları, bazalt yangın battaniyeleri, yangın perdeleri, yaşam alanlarında kullanılan döşeme kumaşlarında kullanımı, perdelerde kullanılarak yanmaz dayanımını artıracak yöntem, süreç ve ürünlerin geliştirilmesi proje ile amaçlanmıştır.

Bazalt liflerinin başlıca avantajları cam liflerine kıyasla daha yüksek kimyasal haslığa sahip olması ve yüksek ısılarda çalışabilmesidir. Bu liflerin ısı, ses ve elektrik yalıtım özellikleri oldukça iyidir. Mukavemetleri son derece yüksektir. Bazaltın rengi kahverengi ve griden mat yeşile kadar kimyasal bileşimine göre değişebilir (Deák and Czigány, 2009) <sup>1</sup>.

Bazalt lifleri çeşitli kompozit materyallerde cam elyafından mamul fitil ve ipliklerin yerine kuvvetlendirici olarak; döküm bazalt ise çoğunlukla yol kaplama ve inşaat malzemesi olarak kullanılır. Bazalt liflerinin kompozitlerde takviye olarak kullanılması fikri Sovyetler Birliği zamanında uzay araştırma programları sırasında ortaya çıkmıştır. Günümüzde bazalt liflerinin çoğu Rusya ve Ukrayna'da üretilmektedir (Kurkov and Labok, 2003) <sup>2</sup>. Kurkov ve Labok çalışmasındaki<sup>2</sup> bazalt ve cam liflerinin karşılaştırmalı özellikleri Çizelge 1 de verilmiştir.

Tablo 1. Bazalt ve cam liflerinin karşılaştırmalı özellikleri (Kurkov and Labok, 2003)

Özellikler	SI Birimleri	Bazalt Filamentler	Cam Filamentler
Termal Maksimum uygulama ısı	(°C)	982	650

Fiziksel/ Mekanik	Devamlı çalışma ısı	(°C)	820	480
	Minimum çalışma ısı	(°C)	-260	-60
	Termal iletkenlik	W/mK)	0.031-0.038	0.034-0.04
	Ergime sıcaklığı	(°C)	1450	1120
	Camla kaplama iletkenliği	(°C)	1050	600
	Isı kaybı	(%)	1.91	0.32
	Termal genleşme katsayısı	(ppm/°C)	8°	5,4°
	Yoğunluk	(g/cm <sup>3</sup> )	2.75	2.6
	Filament çapı	(mikron)	9-23	9-13
	Kopma mukavemeti	(M Pa)	4840	3450
	Sıkıştırma	(psi)	550.000	440.000
	Elastikmodül	(G Pa)	89	77
	Linear genleşme katsayısı	(x10/K)	5.5	5
	Kopma uzaması	(%)	3.15	4.7
Rutubet emme(% 65 RAH)	(%)	<0.1	<0.1	
Tansiyon altında stabilite (20 °C)	(%)	100	100	
Tansiyon altında stabilite (200 °C)	(%)	95	92	
Tansiyon altında	(%)	82	52	

	stabilite (400 °C)			
Akustik	Gürültü emme katsayısı	%	0.9-0.99	0.8-0.93
Elektriksel	Spesifik ses direnci	(ohn.m)	1*10×12	1*10×11
	Kayıp frekans	(1 MHz)	0.005	0.0047
	Relatif dielektrik akışkanlığı	(1 MHz)	2.2	2.3
Kimyasal direnç %	H2O	%	0.2	0.7
	NaOH	%	5.0	7.0
Ağırlık kaybı				
3 saat sonra (içinde kaynatarak)	HCl	%	2.3	38.9

Bazalt lifi, özenle seçilmiş bir taş ocağı kaynağından, tek bir malzmeden, ezilmiş bazalttan yapılır. Lif üretimi için yüksek asitlik bazalt (% 46'nın üzerinde silika içeriği ve düşük demir içeriği arzu edilir. Cam elyaf gibi diğer kompozitlerin aksine, üretimi sırasında esasen hiçbir malzeme eklenmez. Bazalt basitçe yıkanır ve sonra eritilir. ([https://tr.qaz.wiki/wiki/Basalt\\_fiber](https://tr.qaz.wiki/wiki/Basalt_fiber))<sup>3</sup> Bazalt lifi, yeşil endüstriyel malzeme olarak bilinir. Bazalt lifleri, % 100 doğal ve inerttir. Bazalt ürünlerinin hava veya su ile toksik reaksiyonu yoktur, yanmaz ve patlamaya dayanıklıdır. Diğer kimyasallarla temas ettiğinde sağlığa veya çevreye zarar verebilecek hiçbir kimyasal reaksiyon üretmezler. Kanserojen ya da toksik olmadığı kanıtlanmıştır. Bazalt lifi sürdürülebilir bir malzeme olarak sınıflandırılabilir, çünkü bazalt lifi doğal malzmeden yapılmıştır ve üretimi sırasında kimyasal katkı maddesi de kullanılmaz.

Bazalt elyafların geri dönüşümü, cam elyaflardan çok daha verimlidir. Bazalt elyaflar ve kumaşlar hem ABD hem de Avrupa iş güvenliği yönergelerine göre güvenli olarak etiketlenmiştir.

(<http://basaltfm.com/eng/fiber/info.html>)<sup>4</sup>

#### DENEYSSEL MALZEME

Projede bazalt dokuma yöntemlerinin geliştirilmesi ve teknik özelliklerinin kumaşa aktarılması ile doğal mineral bazalt ile yeni ürünler oluşturulması hedeflenmiştir. Bu kapsamda bazalt mineral halde polyester kumaşa kaplama yapılacak şekilde

kullanılmıştır. Ayrıca Şekil 1 deki gibi bazalt ipliği tedarik edilerek dokuma yöntemleri ve parametreleri belirlenmiştir.



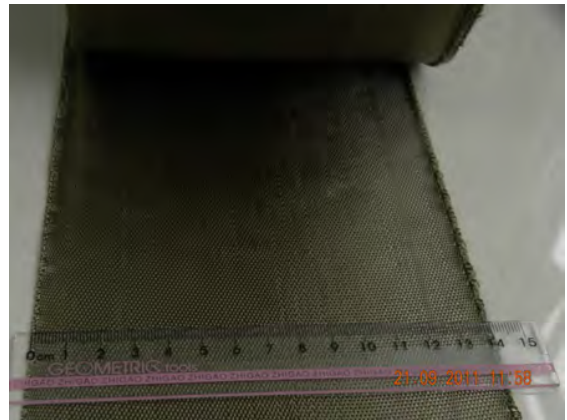
Şekil 1. Bazalt ipliği görünümü

#### Yöntem

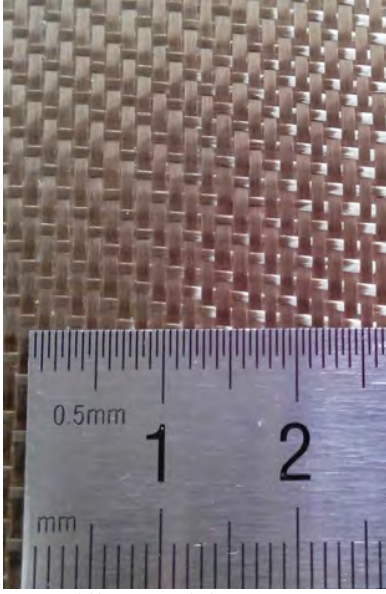
Proje faaliyetlerimiz;

1. Bazalt liflerinin araştırılması, makale, literatür patentlerin taranması
2. Hammadde ve ihtiyaçlarının belirlenmesi
3. Prototip çalışma

%100 bazalt tek katlı, çok katlı dokuma kumaşlar yapılmıştır. Kaplama yöntemiyle bazalt minareli kaplama yapılmıştır. Bazalt minareli ile %100 PES kumaşa yapılan çift yüz kaplama çalışmaları için 38 micron/altı bazalt minareli kullanılmıştır. Bazalt minarelini bağlamak için güç tutuşur katkı poliüretan binder kullanılmıştır. Reçetede ki binder oranı sabit tutulup bazalt mineral miktarı değiştirilmiştir.



Şekil 2. Bazalt kumaş görünümü



Şekil 3. Bazalt kumaş görünümü



Şekil 6. Güç tutuşur ipliklerle bazalt birleştirilerek yapılan kumaş



Şekil 4. Bazalt kumaşı dokuması



Şekil 7. Bazalt minerali kaplama yapılmış kumaş



Şekil 5. Güç tutuşur iplikler arasında bariyer oluşturan bazalt



Şekil 8. Bazalt minerali kaplama yapılmış kumaş

## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Dokunan ve çorap örme yapılan numune kumaşların yanmazlık testleri gerçekleştirildi.

- Yanmazlık testleri TSEN 13501-1, M0,M1,IMO yapılp yanmazlık dereceleri belirlenmiştir.



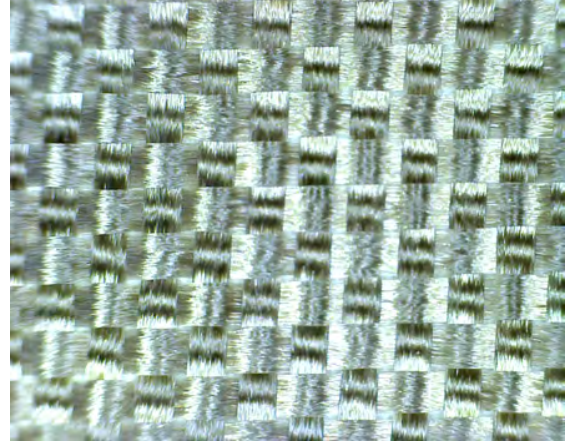
Şekil 9. Deneme 2 OKEY- Örülen numunelerin test sonucu görünümü



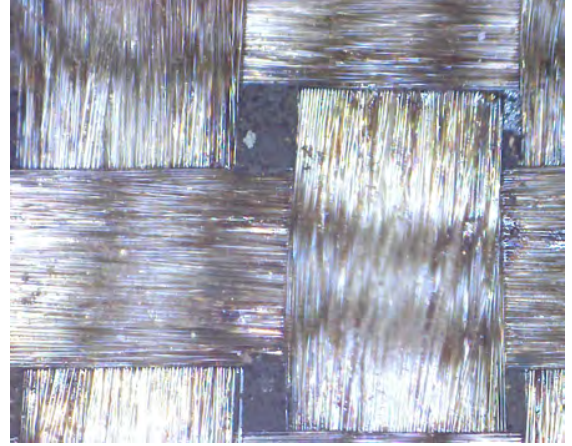
Şekil 10. Deneme 4 RED -Örülen numunelerin test sonucu görünümü



Şekil 11. Dokunan kumaş test görüntüsü



Şekil 12. Yanma öncesi kumaşın mikroskopik görünümü



Şekil 13. Yanma sonrası kumaşın mikroskopik görünümü

Bazalt minerali kaplama polyester kumaşlarında bazalt mineral oranı 100 g/l ve 50 g/l oranlarında NFPA 701 testinden geçmiştir. Bazalt minareli 100 g/l oranında ise 504 testinden kalmıştır. Çalışma sonucunda mineral bazlı bazaltın binder ile güç tutuşurluk anlamında uyum sağlamadığı görülmüştür.

Hem çevreci yönleri ile Berteks'in sürdürülebilirlik politikalarına uyumlu olması hem de teknik özellikleri ile istenen gereksinimleri sağlaması, bazaltı bizim açımızdan diğer liflerin önüne geçirmiştir.

Bu sebeple bazalt'la işletmemizde dokuma denemeleri yapılmış, elde edilen kumaşın yanmazlık davranışı, yangın tatbikatı şeklinde test edilerek onaylanmıştır. Bazalt kumaşların yangını söndürücü etkisi yoktur. Yangın söndürücü etkisinin olması için arge çalışmaları devam etmektedir. Ama var olan bir yangının çevreye yayılmasını engellediği yapılan denemelerde net bir şekilde görülmüştür.

## GENEL SONUÇLAR

Bazalt ipliği dokuması zor bir iplik türüdür. Mevcut dokuma makinalarında bazalt ipliğinin zorluğunu azaltacak, randımanı artırarak sürekliliği sağlayacak çözümler geliştirildi.

Volkanik kayalardan elde edilen bazalt ürünleri hem kendisinin doğadan elde edilmesi hem de doğayı korumada önem kazanarak yeşil pazarlarda yer alacaktır. Son yıllarda keşfedilen yeni özellikleriyle bazaltın önemi artmış ve farklı endüstriyel alanlarda da kullanım alanı bulmuştur.

## SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Yangın paravanı, örtüsü olarak kullanımının verimli ve etkin hale getirilmesi için çalışmalara devam etmekteyiz. Özellikle yangının söndürme etkisini artıracak uygulamaları kumaşa applike etmekteyiz.

## TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Projenin fikir aşamasından ürün aşamasına geçmesi için onay veren, proje boyunca desteklerini esirgemeyen Berteks Tekstil Yönetim Kurulu Başkanı Berk Noyan, Berteks Tekstil Yönetim Kurulu Başkan Vekili Murat Erdebil ve Berteks Tekstil Yönetim Kurulu Üyesi Burcu Noyan Erdebil'e teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

Deák, T. Czigány, T. 2009. "Chemical composition and mechanical properties of basalt and glass fibers: a comparison", Text Res J, 79(7)

Kurkov, V. Labok, V. 2003. "Fibres from Stone", Int. Text. Bull, 49

Bazalt Elyaf - Basalt Fiber

[https://tr.qaz.wiki/wiki/Basalt\\_fiber](https://tr.qaz.wiki/wiki/Basalt_fiber)

Basalt Fiber & Composite Materials Technology Development

<http://basaltfm.com/eng/fiber/info.html>

# Investigation of Polar and Nonpolar Cyclotides Separation from Violet Extract Through Microfluidic Chip

DIDARIAN, Reza<sup>1,2</sup>, EBRAHIMI, Aliakbar<sup>1,2</sup>, GHORBANPOOR, Hamed<sup>3,4</sup>, NOROUZ DIZAJI, Araz<sup>1</sup>, DOGAN GUZEL, Fatma<sup>1</sup>, HASHEMPOUR, Hossein<sup>5</sup>, AVCI, Huseyin<sup>2,4\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Biomedical Engineering, Ankara Yildirim Beyazit University, Ankara, Turkey.

<sup>2</sup>Department of Metallurgical and Materials Engineering, Eskişehir Osmangazi University Eskişehir, Turkey.

<sup>3</sup>Department of Biomedical Engineering, Eskişehir Osmangazi University, Eskişehir, Turkey

<sup>4</sup>Cellular Therapy and Stem Cell Production Application and Research Center (ESTEM), Eskişehir Osmangazi University, Eskişehir, Turkey

<sup>5</sup>Department of Chemistry, Faculty of Basic Sciences, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

\* Corresponding author: havci@ogu.edu.tr

## OBJECTIVES

Cyclotides (CTs) as a cyclic peptide obtained from different groups of plants have been very attractable field of research for scientists because of their specific properties like their natural function as host defense agents.

CTs are bioactive peptides from plants that characterized by their head-to-tail cyclic backbone and knotted arrangement of their three conserved disulfide bonds. Their natural function is thought to be as host defense agents and a single plant can express dozens to hundreds of CTs. CTs stand out as a family of antimicrobial peptides (AMPs) because of their exceptional stability, structural plasticity, unique biochemical target, and Gram-negative selective antimicrobial action. These features together with recent advancements in the methods of production of CTs make them an intriguing prospect from a drug development perspective.

To accomplish this aim, as part of a separation, detection and research of anti-cancer properties CTs study, we investigate the separation of cyclotides in violets into polar and non-polar groups by microfluidic chips.

## INTRODUCTION

Cyclotides (CTs) are bioactive peptides from plants that are characterized by their head-to-tail cyclic backbone and knotted arrangement of their three conserved disulfide bonds. CT sequences range typically between 28 and 37 amino acid residues. Their natural function is thought to be as host defense agents and a single plant can express dozens to hundreds of CTs.

The field may be traced to the discovery of kalata B1 in 1970 based on its use in an African folk medicine.

Several other macrocyclic peptides were discovered in the late 1990s<sup>1-3</sup>, and with the elucidation of the structure of kalata B1 in 1995<sup>4</sup>, the name Cyclotides was introduced in 1999<sup>5</sup>. In 2011, it became clear that CTs are ribosomally synthesized. The exceptional stability of kalata B1 was clarified in 2004 and the idea that it could be used as a framework in a drug design because of this stability emerged shortly subsequently in 2006<sup>6</sup>.

Now there is increasing proof that CTs are expressed and distributed more widespread in various orders of the plant kingdom. The majority of CTs has been isolated from Rubiaceae<sup>7,8</sup>, or Violaceae<sup>9</sup> plant species.

Extraction of the CTs is one of the key steps in their screening. If extraction procedure can be done in high efficiency and purity, it will lead to more successful screening and then anticancer activity.

CTs are capable to be engineered to bind and inhibit specific cancer targets. In addition, some CTs are toxic to cancer cells, though not much is known about their mechanisms of action.

The current techniques for screening of CTs in plants comprises of the steps including extraction, purification, HPLC hydrophobic elution property and mass range. After identifying of a CTs bearing plant, Isolation and characterization are the next steps which will be done by hydrophobic chromatography and mass spectrometry techniques, respectively. All of these methods are expensive and time consuming.

The long-term goal of natural products for researchers is to discover new compounds with biological activities for potential solutions for disease treatments. Cyclic peptide discovery is one

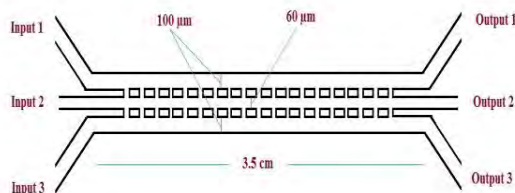
of the most promising fields and one cyclotide candidate is currently under clinical development for multiple sclerosis<sup>10,11</sup>. The objective of current study is to develop a simple and rapid technique to screen of CTs bearing plants. After finding CTs bearing plants, our chance will be increased to discover novel CTs with interesting biological activity against a target human disease.

## EXPERIMENTAL SECTION

### Materials and Methods

#### *Production of the microfluidic chip*

The microfluidic (MF) chip template was prepared using the photolithography method and then, PDMS layer was prepared using the soft lithography method. The mixture of PDMS and crosslinker (9:1) was prepared by stirring up for 3 minutes and added to molds and vacuumed in the desiccator for 20 minutes<sup>12</sup>. It was then left to stand at 50 °C overnight and then the microfluidic chip was prepared by peeling off the PDMS layer. On a PDMS layer, there are three microchannels that connected along the channel by holes. Microchannel had three inputs and three outputs. Each channel diameter for the two side channels was approximately 100 μm(width) \* 40 μm(depth) and for the middle channel 60 μm(width) \* 40 μm(depth).(Figure 1)



**Figure 1.** Microfluidic Chip for Separation.

#### *Preparation of Violet Extract*

To obtain the violet extract, we first allowed the violet leaves to dry. Later, the dried leaves were got into powder. Then the powdered leaves are mixed with 50% methanol and subjected to ultrasound for 1 hour. The solution was filtered and was dried, then the extract was collected as a powder (Figure 1).

On-chip experiments In the chip we designed, was injected HEPES buffer (PH=8.1) from the first inlet, 50 % methanol + 50 % chloroform + violet extract from the second inlet, and 80 % methanol + 0.1 %

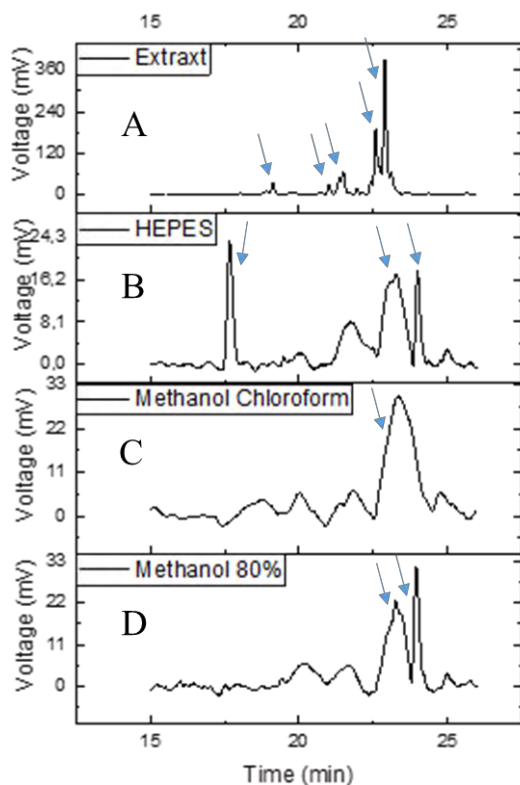
acetic acid was injected from the third inlet. Flow rate was set 3 μl / min for 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> phases ( phase 1: HEPES buffer ; phase 2: 80% methanol + 0.1% acetic acid) and 6 μl / min for 3<sup>rd</sup> phase (50% methanol + 50% chloroform + violet extract). Then were collected samples from the three outlets. Collected samples were analyzed using HPLC.



**Figure 2.** Preparation of Violet Extract

## RESULTS AND DISCUSSION

Figure 3 show the HPLC result of samples collected from three outlets of microfluidic chip and the extract. Figure 3 A show the HPLC analysis result for the extract. As showed in Figure 3 A there are 5 peaks for the extract sample that show the presence of five cyclotides (vigno 1, 2, 3, 4 and 5). As shown in figure 3 B, C and D different peaks were seen for 3 outlets of microchip. Only one peak was seen for second channel (50 % methanol + 50 % chloroform + violet extract) that contains violet extract in inlet solution. Results show that only one cyclotide are present in second channel outlet and other 4 cyclotides were transferred to other 2 channels. Figure 3 B shows the HPLC results for sample obtained from outlets of channel 1 (HEPES buffer PH=8.1). As shown in Figure 3 B there are 3 different peaks were seen in outlets of 1<sup>st</sup> channel that one is same with peak was seen in 2<sup>nd</sup> channel. Figure 3 D show the HPLC result for 3<sup>rd</sup> channel (80% methanol + 0.1% acetic acid). As shown in Figure 3 D there are 2 peaks for outlet 3 that show 2 cyclotide transferred from channel 2 to channel 3. This 2 peptides are the same with 2 of 3 peptide were seen in channel 1. There are not distinct result for two of the peptides in any of the three channels. Probably use of highly diluted sample for separation process caused to decrease the peaks height for these peaks belongs to two of the cyclotides that cannot be separated from noises.



**Figure 3.** HPLC analysis results for violet extract and samples obtained from separation process by using 3 channel microfluidic chip: A) Violet extract, B) 1<sup>st</sup> channel, C) 2<sup>nd</sup> channel, D) 3<sup>rd</sup> channel.

### CONCLUSION

In this work separation of cyclotides present in the violet extract were done by using of 3 channel microfluidic chip. The results show that the designed system has a good applicability for the separation of cyclotides.

### FUTURES STUDIES

Separated cyclotides (CTs) will be detected by the electrochemical sensing method (PalmSense4). For this purpose, Monoclonal antibodies will have immobilized onto the modified gold surface of DropSense to electrochemical detection. Finally, the anticancer activity of extracted CTs on cancer cells will be studied.

### ACKNOWLEDGMENTS

This study was supported by Turkish Scientific and Technological Council (TÜBİTAK TÜBİTAK-MSRT Joint Project) under the grant numbers of 119N608.

### REFERENCES

- Schopke, T., Hasan Agha, M. I., Kraft, R., Otto, A., and Hiller, K. 1993. Hämolytisch aktive Komponenten aus *Viola tricolor* L. und *Viola arvensis* Murray. *Scientia Pharmaceutica*, 61, 145-53.
- Gustafson, K. R., McKee, T. C., & Bokesch, H. R. 2004. Anti-HIV cyclotides. *Current Protein and Peptide Science*, 5(5), 331-40. DOI:10.2174/1389203043379468
- Witherup, K. M., Bogusky, M. J., Anderson, P. S., Ramjit, H., Ransom, R. W., Wood, T. and Sardana, M. 1994. Cyclopsychoptide A, a biologically active, 31-residue cyclic peptide isolated from *Psychotria longipes*. *Journal of Natural Products*, 57, 1619-25. <https://doi.org/10.1021/np50114a002>
- Saether, O., Craik, D. J., Campbell, I. D., Sletten, K., Juul, J., & Norman, D. G. 1995. Elucidation of the primary and three-dimensional structure of the uterotonic polypeptide kalata B1. *Biochemistry*, 34, 4147-58. <https://doi.org/10.1021/bi00013a002>
- Craik, D. J., Daly, N. L., Bond, T., and Waite, C. 1999. Plant cyclotides: a unique family of cyclic and knotted proteins that defines the cyclic cystine knot structural motif. *Journal of Molecular Biology*, 294, 13-36. DOI: 10.1006/jmbi.1999.3383
- Craik, D. J., 2015. Advances in botanical research plant cyclotides. *Journal of Plant Cyclotides*, 76, Xi-Xiii.
- Bremer, B., and Eriksson, T. (2009). Time tree of Rubiaceae: phylogeny and dating the family, subfamilies, and tribes. *International Journal of Plant Sciences*, 170, 766-93. DOI: 10.1086/599077
- Robbrecht, E., and Manen, J.-F. (2006). The major evolutionary lineages of the coffee family (Rubiaceae, angiosperms). Combined analysis (nDNA and cpDNA) to infer the position of *Coptosapelta* and *Luculia*, and supertree construction based on *rbcL*, *rps16*, *trnL-trnF* and *atpB-rbcL* data. A new classification in two



- subfamilies, Cinchonoideae and Rubioideae. *Systematics and Geography of Plants*, 76, 85-145. DOI:10.2307/20649700
9. Simonsen, S. M., Sando, L., Ireland, D. C., Colgrave, M. L., Bharathi, R., Goransson, U. and Carik, D. J. (2005). A continent of plant defense peptide diversity: cyclotides in Australian Hybanthus (Violet). *Plant Cell*, 17(11),3176-89.  
<https://doi.org/10.1105/tpc.105.034678>
  10. Thell, K., Hellinger, R., Sahin, E., Michenthaler, P., Gold-Binder, M., Haider, T., Kuttke, M., Liutkevičiūtė, Z., Göransson, U., Gründemann, C. and Schabbauer, G., (2016). Oral activity of a nature-derived cyclic peptide for the treatment of multiple sclerosis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(15), 3960-65. DOI: 10.1073/pnas.1519960113
  11. Gründemann, C., Stenberg, K. G. and Gruber, C. W. (2019). "T20K: An Immunomodulatory Cyclotide on Its Way to the Clinic." *International Journal of Peptide Research and Therapeutics* 25(1), 9-13.  
<https://doi.org/10.1007/s10989-018-9701-1>
  12. Dizaji, A. N.; Ozturk, Y.; Ghorbanpoor, H.; Cetak, A.; Akcakoca, I.; Kocagoz, T.; Avci, H.; Corrigan, D.; Güzel, F. D. J. I. T. o. N., 2020. Investigation of the effect of channel structure and flow rate on on-chip bacterial lysis, *20 (1)*, 86-91.

# **Production technique of ceramic fibres and their high temperature applications**

**ONAL, Levent**

**Namık Kemal University, Department of Textile Engineering, Tekirdağ/Turkey**

**[lonal@nku.edu.tr](mailto:lonal@nku.edu.tr)**

Inorganic fibers, both metal and non metal ones, are more resistant, more rigid, have an higher melting point and are more heat resistant than the rest of industrial fibers. They are almost totally unflammmable in nature, but their application area is rather limited due to their fragile nature. Even though fiberglass and basalt fiber are the most well-known mineral fibers in the industry but ceramic fibers are the most unique one among the mineral fibers. Ceramic fibers has excellent high temperature endurance and resistance to corrosive surrounding. They are mostly used as refractory fibers in uses over 1000°C and could be both polycrystalline and amorphous in nature. Ceramic fibers are mostly used for refractory usage and thermal insulation at high temperatures and to make special composites. Refractory ceramic fibers could be manufactured either in filament form of in staple form. The production technique, fiber properties and application areas of silica fiber and ceramic wool will be explained in details. The raw materials that are the ingredients of the ceramic fiber and the production line will be evaluated section by section.

# Auxetic Performance Analysis of a Partial Stretch Woven Fabric Structure

AKGUN, Mine<sup>1</sup>, SUVARI, Fatih<sup>1</sup>, EREN, Recep<sup>1</sup>, YURDAKUL, Tuğba<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bursa Uludag University, Faculty of Engineering, Textile Engineering Department, Bursa, Turkey,

<sup>2</sup> Bursa Uludag University, Institute of Natural Science, Textile Engineering Department, Bursa, Turkey

[akgunm@uludag.edu.tr](mailto:akgunm@uludag.edu.tr)

## PURPOSE

In this study, the auxetic performance of the plain woven fabric with a partial stretch structure was investigated. Experimental results showed that investigated fabric structure, which has a foldable geometric form, exhibited an auxetic behavior by giving negative Poisson's ratios under tension, by creating flat and wrinkled surface areas on the fabric surface by using elastic and non-elastic yarns in the weft direction to form partial stripes.

## INTRODUCTION

Materials with Negative Poisson's Ratio (NPR) are also called auxetic materials. Poisson's ratio ( $\nu$ ), in other words, the coefficient of elasticity, is defined as the negative ratio of the transverse unit strain occurring perpendicular to the force applied to a material to the longitudinal strain in the direction in which the force is applied. Auxetic materials, as opposed to materials with a positive Poisson's ratio, expand laterally when stretched and contract laterally when compressed<sup>1-6</sup>.

Increased mechanical properties (breaking strength, abrasion resistance, indentation resistance, fracture toughness, shear resistance, etc.), variable permeability, improved acoustic absorption, high energy absorption properties make auxetic materials superior to conventional materials<sup>1,3,7-12</sup>.

In the literature, it was reported that fabrics woven with conventional yarns could exhibit auxetic behavior depending on the geometric shape of the fabric structure units. Therefore, realization of geometry capable of applying auxetic behavior in a woven structure is an important point in the development of auxetic woven fabrics. There are many types of auxetic geometries that can potentially be realized in a woven structure. Foldable geometry is one of these structures. Foldable structures can be opened when stretched in one direction, increasing the dimensions in the lateral direction, thus achieving auxetic behavior<sup>13,14</sup>.

In literature, it was shown that the formation of different shrinkage phenomena in woven fabric structures can be

achieved by using weave pattern combinations with different contraction/shrinkage properties and elastic/non-elastic yarns. Elastic yarns are used to provide flexibility and return capability to the fabric structure, while non-elastic yarns are used as a stabilizing component<sup>13,14</sup>.

It was shown that uni-stretch auxetic fabric structures were developed using elastic and non-elastic yarns. Developed auxetic woven fabrics are based on foldable geometric structure. The basic principle of these geometries is the differential shrinkage effect. It was found that different shrinkage effects can cause auxetic behavior in woven fabrics and can be achieved with a combination of loose and tight weave patterns, with the use of elastic and non-elastic yarns with different tensile properties. Foldable structures can be produced by utilizing the differential shrinkage phenomenon. It was observed that the uni-stretch foldable structures developed in the study, when the foldable structures can be unfolded when stretched in one direction, preserving or increasing the dimensions in the transversal direction and giving rise to zero Poisson's ratio or the NPR effect<sup>13</sup>.

In another study on the development of auxetic woven fabric, it was aimed to develop a bi-stretch auxetic woven fabric with auxetic behavior using conventional elastic and non-elastic yarns and existing weaving machines. Bi-stretch auxetic woven fabrics are designed with a foldable geometry with a negative Poisson's ratio, considering different design parameters such as yarn float length, arrangement of tight and loose weave patterns, and the arrangement of elastic and non-elastic yarns. From the results, it was found that the developed bi-stretch woven fabrics gave negative Poisson's ratios up to 0.36 and 0.27, respectively, when stretched along the warp and weft directions<sup>14</sup>.

In this study, the changes in Poisson's ratio and possible auxetic behavior of a cotton woven fabric with a plain weave in a partial stretch structure under tension were investigated.

## EXPERIMENTAL

### Material

When the fabric structure was examined, it was observed that the cotton fabric woven with plain weave structure using non-elastic (37 piece of yarns) and elastic (43 piece of yarns) yarns were used in weft direction to form a succession of stripes (Figure 1). Warp yarns consisted of non-elastic yarn.

Table 1. Constructional properties of fabric sample

Yarn Count [Nm]		Yarn Density [Thread/cm]		Fabric Weight [g/m <sup>2</sup> ]
Warp	Weft	Warp	Weft	
Nm64	non-elastic: Nm47 elastic: Nm35	53	27	201

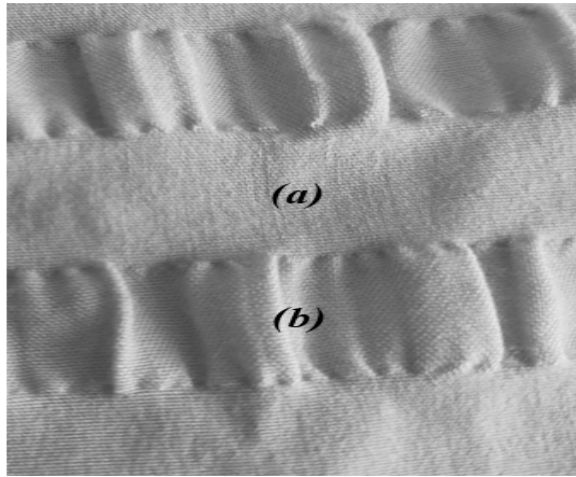


Figure 1. Fabric sample (a) area woven with elastic weft yarns (b) area woven with non-elastic weft yarns

### Method

Tensile measurements of fabrics were made in Shimadzu AG-X plus strength device for warp and weft direction. The fabric images were taken simultaneously at certain intervals (5 seconds) by applying tension to the fabrics to be subjected to an elongation of 0.1667 mm/sec. By making image analysis of the fabrics, Poisson's ratios were calculated using Equation (1)<sup>1</sup>:

$$\nu = - (\text{transverse strain} / \text{longitudinal strain}) \quad (1)$$

## EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSIONS

The partial stretch fabric examined in the experimental study made stripes with flat and wrinkled areas in the direction of the fabric width by using elastic and non-elastic yarns in the weft.

In Figure 1, it was seen that the area where non-elastic weft yarns were used created wrinkled stripe areas, and

the area woven with elastic weft yarns created flat stripe areas. This structure, which had a similar appearance to the seersucker fabric, was created by using elastic and non-elastic weft yarn groups. Since the elastic areas showed a pulling effect in the direction of fabric width, it was observed that the non-elastic areas caused wrinkled / raised areas. It was shown that this formation gave the fabric a relatively similar structure to the foldable geometric structure and therefore could have an auxetic performance.

In Figure 2, the change in Poisson's ratio of partially stretch fabric sample under tension was presented.

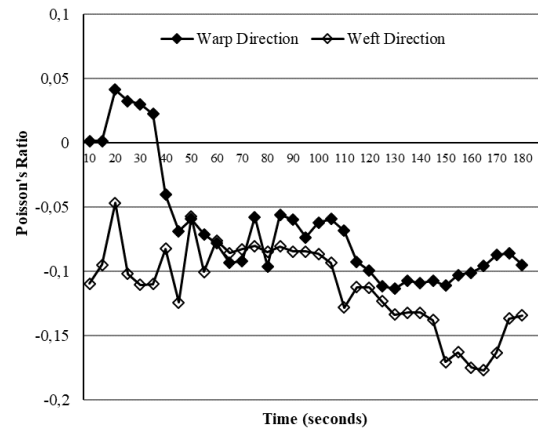


Figure 2. Change in Poisson's ratio of fabric

In Figure 2, it was observed that the fabric had a Negative Poisson Ratio (NPR) and therefore had an auxetic behavior. It was seen that all values were negative especially in the weft direction of the fabric. When the Poisson's ratios in the warp direction (using non-elastic yarns) were examined, it was seen that close to zero and positive values were obtained in the first seconds of tension application. It was observed that negative Poisson' ratios were obtained in the warp direction of the fabric after 40 seconds ( $\approx 6,67$  mm elongation) and continued negatively for 180 seconds.

## CONCLUSIONS

When stretched along the warp and weft directions of plain woven fabric structure with partial stretch properties, it was observed that a negative Poisson's ratios of around 0.1 and 0.15, respectively.

It was predicted that the woven fabric structure with partial stretch property, which structural form was analyzed in terms of auxetic performance, could be used in the desired application areas with increased surface area under tension.

### SUGGESTION FOR FURTHER WORK

Auxetic analysis studies of fabrics to be woven using different structural parameters, consisting of different stretch combinations, will be carried out.

### ACKNOWLEDGEMENTS/SOURCES OF FUNDING

This research has been supported by TUBITAK 1001 project (Project No. 119M358). The authors would like to thank TUBITAK for their support.

- 
- AKGUN, Mine (0000-0002-6415-7782)
  - SÜVARİ, Fatih (0000-0001-5708-7993)
  - EREN, Recep (0000-0001-9389-0281)
  - YURDAKUL, Tuğba (0000-0003-0369-3757)

### LITERATURE

1. Uzun, M. 2010. "Negatif Poisson Oranına Sahip (Auxetic) Malzemeler ve Uygulama Alanları", *Tekstil ve Mühendis*, 77, 13-18.
2. Carneiro, V. H., Meireles, J., Puga, H. 2013. "Auxetic Materials – A Review", *Materials Science*, 31, 561-571.
3. Darja R., Tatjana R., Alenka, P. C. 2013. "Auxetic Textiles", *Acta Chim. Slov.*, 60, 715–723.
4. Evans, K. E., Nkansah, M. A., Hutchinson, I. J., Rogers, S. C. 1991. "Molecular Network Design", *Nature*, 353 (6340), 124-125.
5. Evans, K. E., Alderson, K. L. 2000. "Auxetic Materials: The Positive Side of Being Negative" *Engineering Science and Education Journal*, 9, 148–154.
6. Choi J. B., Lakes, R. S. 1991. "Design of a Fastener Based on Negative Poisson's Ratio Foam", *Cellular Polymers*, 10, 205-212.
7. Grima, J. N., Attard, D., Gatt, R., Cassar, R. N. 2009. "A Novel Process for the Manufacture of Auxetic Foams and for Their Reconversion to Conventional Form", *Adv. Eng. Mater.*, 11, 533-535.
8. Evans, K., Alderson, A. 2000. "Auxetic Materials: Functional Materials and Structures from Lateral Thinking", *Advanced Materials*, 12, 617– 628.
9. Yang, W., Li, Z. M., Shi, W., Xie, B. H., Yang, M. B. J. 2004. "Review on auxetic materials", *Journal of Materials Science*, 39, 3269–3279.
10. Uzun, M. 2012. "Mechanical Properties of Auxetic and Conventional Polypropylene Random Short Fibre Reinforced Composites", *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 20, 5(94), 70-74.
11. Choi, J. B., Lakes, R. S. 1992. "Nonlinear Properties of Polymer Cellular Materials with a Negative Poisson's Ratio", *Journal of Materials Science*, 27, 4678–4684.
12. Alderson, K. L. 2007. "Positive development in negative materials", *Mater. World*, 15, 32–34.
13. Zulifqar, A., Hua, T., Hu, H. 2018. "Development of Uni-stretch Woven Fabrics with Zero and Negative Poisson's Ratio", *Textile Research Journal*, 88 (18), 2076–2092, DOI: 10.1177/0040517517715095.
14. Cao, H., Zulifqar, A., Hua, T., Hu, H. 2019. "Bi-Stretch Auxetic Woven Fabrics Based on Foldable Geometry", *Textile Research Journal*. 89(13), 2694–2712, DOI: 10.1177/0040517518798646.

# Paşa Kılıcı (*Sansevieria Cylindrica*) Bitkisi Yapraklarının Lif Özellikleri

TURAN CANDAN Nurcan, HAMZECEBİ Kerem, DOĞDU Kerem, UYSAL Ali Altuğ  
SU Hasan Emir YALNIZ Halil Efe  
Eskişehir Emine Emir Şahbaz Bilim ve Sanat Merkezi  
[nurcandand26@gmail.com.tr](mailto:nurcandand26@gmail.com.tr)

## AMAÇLAR

Paşa kılıcı (*sansevieria cylindrica*) bitkisi yapraklarının lif özelliklerinin incelenerek araştırılması

## GİRİŞ

*Sansevieria trifasciata* türünün ülkemizde yaygın olarak evlerde kullanıldığı tespit edilmiş ve lif eldesi, kumaş yapımı çalışması gerçekleştirilmiştir. Çalışmamızda bitki yapraklarının enine ve boyuna kesit polarize ışık mikroskop çalışması yapılmıştır. Lif uzunluğu ve genişliği hesaplarında lif morfolojisi ölçülmüş ve tekstil sektöründe kullanımının uygun olduğu saptanmıştır.

Liflerin elle kolaylıkla bitkiden ayrılması lifin eldesinin ekonomik olduğunu göstermektedir. Çünkü çürütme işlemi keten, ısırgan ve pamuk gibi bitkilerin lif eldesinde su ile çürütme, çiğ ve kimyasal kullanarak gibi işlemler uygulanmaktadır. Kimyasal kullanımı pahalı bir yöntemdir. Kimyasal kullanılmaması da çevre, insan ve ekolojik düzen açısından önemlidir. Ayrıca ekonomiktir.

## DENEYSSEL

### Malzeme

Paşa Kılıcı Bitkisi *Sansevieria trifasciata* lifleri

### Yöntem

Liflerde

- Havuzlama
- Zamk çıkarma
- Kırma ve temizleme
- Mikroskop görüntüsünün alınması
- Fiziksel özelliklerinin belirlenmesi
- Su tutma kapasitesinin ölçülmesi testi
- Kimyasal reaktiflere karşı özelliklerinin belirlenmesi:

İşlemleri yapılmıştır.

## DENEYSSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Kullanılan yapraklardan en iyi lifler 3 yıllık bitkiden kolaylıkla elde edilmiştir. Bitkinin 1 yıl içinde 60-70 cm kadar uzaması mümkündür. Konulduğu yerde 3 haftada bir saksı altından sulanması ve güneş alan bir yere konulması yaprakların daha iyi gelişmesine yani daha iyi lif elde edilmesine etken olmaktadır.

## Lif özelliklerinin belirlenmesi

- Lif Uzunluğu (mm)  $8,26 \pm 0,30$
- Lif Genişliği ( $\mu\text{m}$ )  $22,4 \pm 5,41$
- Lümen Genişliği ( $\mu\text{m}$ )  $16,5 \pm 3,75$
- Lif Çeper Kalınlığı ( $\mu\text{m}$ )  $10,4 \pm 2,98$
- Elastiklik Oranı 73,66

Tablo 1 *Sansevieria trifasciata* yaprağı liflerinin kimyasal bileşenleri

Selüloz içeriği %	Hemiselüloz %	Pektin %	Lignin %	Nem miktarı %	Kül %	Yağ-vaks %
68	8	3-3,1	3,2	12-14	0,5	0,2

Tablo 2 *Sansevieria trifasciata* lifinin nem tutma kapasitesi

Zaman (dakika)	Suyun aldığı yol(mm)
5	25
10	29
15	33
20	39
25	39

Tablo'2 de *Sansevieria trifasciata* bitkisinin Tablo 3'te ise çeşitli liflerin su tutma kapasite ölçümleri verilmiştir. 25 dakika sonunda *Sansevieria trifasciata* 39 mm yol alırken pamuk 34 mm, keten ise 38 mm yol almıştır. *Sansevieria trifasciata* nem iletkenliği açısından keten bitkisine yakındır. Lifin boyuna kesitlerinde bir düğümlenme veya boğumlama gözlenmemiştir.

Tablo 4 Diğer liflerin nem iletkenliği (mm) (Kurban, M. ve ark).

Zaman dk	Isırgan	Pamuk	Rami	Keten	Kenevir
5	29	25	24	26	27
10	39	28	27	29	30
15	47	30	29	32	36
20	49	34	34	38	42
25	49	34	34	38	42

## GENEL SONUÇLAR

Organik olarak üretilmiş lifler ekolojik tekstil endüstrisi için büyük önem taşımaktadır. Organik ürünler ekonomik olarak da gelecek vaat eden bir potansiyel göstermektedirler. Paşa kılıcının doğal bir tekstil hammaddesi olması ve lif çıkarma işlemlerinin diğer bitkilere göre ekonomik olması, evlerde gece oksijen miktarını arttırması, yapılan kumaşın ise keten kumaşı özellikleri taşıması, bitkinin yetiştirilmesi ve ihracatın da yapılması sayesinde önemli ekonomik girdilere neden olacaktır.

## SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Şerbetçiotundan elde edilen liflerden yararlanarak kumaş yapımı denemeleri yapılacaktır.

## TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Çalışma da Eskişehir Orman Bölge Fidanlığı Müdürlüğünden destek alınmıştır. Yapraklar okullardan ve evlerden elde edilmiştir.

## KAYNAKLAR

1. Ahmed, M. ;Chattopadhyay S, A. Chaphekar, R., "Characteristics of Degummed Ramie Fibre and Its Cotton Blended Yarns", Indian Journal of Fibre & Textile Research, cilt 29, no. 3, pp. 362-365, 2004.
2. Aksu, E., S. Erkal ve G. Görür, 1993. İç Mekan Süs Bitkileri (Salon Bitkileri) Raporu. Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyonu Raporu, T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, Yayın No: DPT:2464 – ÖİK:515, Ankara
3. Bennet C, Rajini N, Winowlin Jappes JT, Venkatesh A, Harinarayanan S and Vinothkumar G, Effect of lamina fibre orientataion on tensile and free vibration (by impulse hammer technique) properties of coconut sheath /sansevieria cylindrica hybrid composites, Advanced Materials Research, 984-985 (2014), 172-177
4. DaSilvaAntunes.A, DaSilva.BP, Parente.JP, Valente.AP<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12601684>
5. Gücüş, Mehmet Onurhan, and Hüdaverdi Eroğlu. "Türkiye’de Doğal Olarak Yetişen Titrek Kavak Odununun (populus tremula L.) Lif Morfolojisi ve Kimyasal Yapısının İncelenmesi." 55.
6. Kalaycı, Ece, et al. "Tarımsal atıklardan elde edilen sürdürülebilir tekstil lifleri: Ananas yaprağı lifleri." *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 20.2 (2016): 203-221.
7. Kurban, Mutlu, et al. "Isırgan Otu Lifi ve Özellikleri." *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi* 5.1 (2011): 84-106.
8. Uyanık, Seval, and . Oğulata Tuğrul. "Türk Tekstil ve Hazır Giyim Sanayiinin Mevcut Durumu ve

- Gelişimi." *Tekstil ve Mühendis* 20.92 (2013).
9. Sreenivasan, V. S., et al. "Microstructural, physico-chemical and mechanical characterisation of Sansevieria cylindrica fibres– An exploratory investigation." *Materials & Design* 32.1 (2011): 453-461.
10. Yaman, B Trabzon Koşullarında Yetiştirilen Kiwi (Actinidia Deliciosa (A. Chev.) C. F. Liang & A. R. Ferguson)’Nin Lif Morfolojisi Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri: A, Sayı: 2, Yıl: 2005, ISSN: 1302-7085, Sayfa: 149
11. <http://www.myfikirler.org/dogal-liflerin-tekstil-tekstillerde-kullanimi.html>
12. ([www.haberler.com/pasa-kilici-bitkisi-adeta-bir-oksijen-makinesi-7713415-haberi](http://www.haberler.com/pasa-kilici-bitkisi-adeta-bir-oksijen-makinesi-7713415-haberi))
13. [http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kurs-programlari/giyim/moduller/tekstil\\_lifleri.p](http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kurs-programlari/giyim/moduller/tekstil_lifleri.p)
14. ([www.organikgunler.com/kilic-cicegi-peygamber-pasa-bitkisi](http://www.organikgunler.com/kilic-cicegi-peygamber-pasa-bitkisi))
15. ([www.hbogm.meb.gov.tr](http://www.hbogm.meb.gov.tr))
16. ([www.tik.gov.tr](http://www.tik.gov.tr))
17. ([www.radikal.com.tr](http://www.radikal.com.tr))
18. (<https://www.sciencedaily.com/releases/2009/09/090908103634.htm>)
19. <https://muzatiklarinindegerlendirilmesi.wordpress.com/category/muz-lifinin-tekstilde-kullanimi/>
20. [https://www.researchgate.net/publication/223696470\\_Microstructural\\_physico-chemical\\_and\\_mechanical\\_characterisation\\_of\\_Sansevieria\\_cylindrica\\_fibres\\_-\\_An\\_exploratory\\_investigation](https://www.researchgate.net/publication/223696470_Microstructural_physico-chemical_and_mechanical_characterisation_of_Sansevieria_cylindrica_fibres_-_An_exploratory_investigation)

# ZEOLİT KATKISI İÇEREN PET (POLİETİLEN TEREFTALAT) POY İPLİKLERİNİN BAZI ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

KUMARTAŞLI, Sedat<sup>1</sup>, KAPLAN, Volkan<sup>2</sup>, AVİNÇ, Ozan<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Polyteks ARGE Merkezi, Bursa, <sup>2</sup>Pamukkale Üniversitesi, Denizli  
skumartasli@polyteks.com.tr

## AMAÇLAR

Bu çalışmada, farklı miktarlarda zeolit katkı PET (Polietilen tereftalat) POY (Kısmen Yönlendirilmiş İplik) iplikler eriyik eğirme prosesi ile üretilmiştir. Daha sonra zeolit içeren PET POY ipliklerinin mukavemet, uzama, iplik düzgünlüğü, yağ oranı ve yüzey morfolojisi gibi bazı özellikleri incelenmiştir. PET POY zeolit katkı iplik üretimi endüstriyel ölçekte başarıyla gerçekleştirilmiştir. PET polimer içerisine nano zeolit ilavesiyle mukavemet ve uzama değerleri azalmış ve iplik düzgünlük değerleri artmıştır. Dahası, PET elyafta artan zeolit miktarı (% 1'e karşı % 0.5), daha düşük mukavemete ve biraz daha düşük uzamaya yol açarken, biraz daha yüksek iplik düzgünlüğüne neden olmuştur.

## GİRİŞ

Polyester (PET), tekstil ve plastik endüstrisinde kullanılan en önemli polimerlerden biridir. Polyester elyaftan yapılan giysi, döşemelik kumaşlar, halılar ve teknik tekstiller gibi malzemeler günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Polyester elyafların tekstil malzemelerinde tercih edilmesinin sebebi düşük maliyetleri, kolay işlenebilirlikleri, düşük yoğunlukları, yüksek mukavemetleri ve iyi kimyasal dirençleri olduğu söylenebilir. Polyester elyafların bu özellikleri, kullanım alanlarının genişlemesini sağlamıştır. Polimer malzemelere yapılan farklı katkı maddeleri ilaveleri ile, polimer nanokompozit endüstrinin farklı alanlarında kullanımı giderek artmaktadır [1]. Tekstil malzemelerinin modifiye edilmesinde kullanılan partikül boyutlarının azalmasıyla birlikte, geleneksel malzemelere göre birim hacimdeki toplam yüzey alanları genişlemekte ve nanopartiküllerin etkileri artmaktadır [2,3]. Nanokompozitlerdeki polimer matrikse eklenen nanopartiküller, yüksek sürtünme direnci, kolay temizlik ve farklı optik performanslar sağlamaktadır [4].

Zeolitler, kafes yapılarında alüminyum, silika ve oksijen, gözeneklerinde ise katyon ve su içeren mikro gözenekli kristal katı maddelerdir. Silika ve alüminyum atomları, ortak oksijen atomu sayesinde dört yüzlü olarak birbirine bağlıdır [5]. Zeolit, kirlilik

kontrolü, absorpsiyon, iyon değişimi, filtreleme gibi farklı kullanım alanları nedeniyle son yıllarda önemli bir endüstriyel hammadde haline gelmiştir [6].

Bu çalışmada, çeşitli miktarlarda zeolit katkısı içeren PET (polietilen tereftalat) POY (kısmen yönlendirilmiş iplik) iplikler endüstriyel olarak eriyik eğirme prosesi ile üretilmiştir. Daha sonra zeolit içeren PET POY ipliklerinin mukavemet, uzama, iplik düzgünlüğü, yağ oranı ve yüzey topografyası özellikleri incelenmiştir.

## DENEYSEL

### Malzeme

Farklı oranlarda zeolit katkı maddesi içeren PET POY iplikleri endüstriyel üretim makinasında üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla PET'e (Polietilen tereftalat) katkı maddesi olarak toz halindeki (35 nm) nano boyutlu zeolit kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Zeolit nano tozu

### Yöntem

Zeolit nano malzeme ve PBT (Polibütilen tereftalat) (Şekil 2) ile PBT taşıyıcı polimer için eriyik birleştirme yöntemine göre çift vidalı ekstrüderde (Şekil 3) masterbatch formunda üretilmiştir. Masterbatch'teki aktif madde (zeolit) oranı % 10'dur (Şekil 4).





Şekil 2. PBT polimeri



Şekil 3. Çift vidalı ekstrüder



Şekil 4. PBT taşıyıcılı zeolite masterbatch

Granül halindeki polyester PET polimeri ile 2 farklı oranda zeolit katkısı içeren PET POY iplikleri eriyik çekim prensibine göre üretilmiştir. Bu amaçla Barmag markalı endüstriyel iplik üretim makinesi kullanılmıştır (Şekil 5). PET polimerine, gravimetrik dozlama sistemi K-Tron, kullanılarak % 0.5 ve % 1 oranında zeolit içeren masterbatch ilave edildi ve daha sonra elde edilen karışım ekstrüdere beslenmiştir.



Şekil 5. Endüstriyel iplik üretim makinası

Kullanılan iplik üretim parametreleri Tablo 1'de gösterilmektedir. Sonuç olarak % 1 zeolit ve % 0,5 zeolit içeren PET POY iplikleri üretilmiştir..

Tablo-1: İplik üretim parametreleri

Üretim Parametreleri	Kontrol PET POY	PET POY (%0.5)	PET POY (%1)
Masterbatch oranı (%)	-	0.5	1
PET Polimer oranı (%)	100	99.5	99
Ekstrüder 1.Bölge (°C)	280	49,6	3,4
Ekstrüder 2.Bölge (°C)	280	47,7	3,2
Ekstrüder 3.Bölge (°C)	280	49,5	3,4
Difil (°C)	280	48,4	3,3
Winder hızı	2600	48,9	3,3
Godet 1(m/dk)	2500	48,8	3,2
Godet 2(m/dk)	2610	50,4	3,2
Melt pompası(hz)	20.5	47,7	3,2
Lif kesiti	Round	48,8	3,3

## DENEYSSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Üretilen ipliklerin analiz sonuçları Tablo 2 de verilmiştir.

Tablo-2 İplik analiz sonuçları

Analiz Sonuçları	Kontrol PET POY	PET POY (%0.5)	PET POY (%1)
İplik Numarası (Dtex)	290.9	291,4	282,2
Mukavamet (cN/dtex)	1.8	1.5	1.3
Kopma Uzaması (%)	164.2	163,2	161,1
Yağ Oranı (%)	0.8	0,9	0.94

Tablo-3 EDXRF Analiz sonuçları

Analiz Sonuçları	Kontrol PET POY	PET POY (%0.5)	PET POY (%1)
Si Yoğunluğu (%)	0	0,6255	1,0925

Kontrol PET POY ipliği, PET POY 0.5 ipliği ve PET POY 1 ipliğinin mukavemet değerleri sırasıyla 1.8, 1.5 1.3 cN / dtex olarak ölçüldü (Tablo 2). Bu sonuçlar göz önüne alındığında, PET polimerine eklenen zeolit miktarı arttıkça mukavemet azalmaktadır.

Kontrol PET POY ipliği, PET POY 0.5 ipliği ve PET POY 1 ipliğinin iplik düzgünlüğü değerleri sırasıyla 0.8, 0.9 ve 0.94 tür (Tablo 2). PET POY iplikte % 0,5 zeolit varlığı, herhangi bir zeolit içermeyen Kontroll PET POY ipliğine kıyasla daha yüksek iplik düzgünlüğü ile sonuçlanmıştır. Dahası, polimerdeki zeolit miktarı arttıkça, aglomerat oluşumuna ve daha yüksek iplik düzgünlüğüne yol açan olası deformasyonlara neden olabileceğinden, iplik düzgünlüğü artmıştır.

Tablo 3 EDXRF sonuçları incelendiğinde polimer içerisinde silika varlığına rastlanmıştır. Bu nedenle iplik içerisinde zeolite varlığını göstermektedir.

### GENEL SONUÇLAR

Bu çalışmada PET POY zeolit katkılı iplik üretimi endüstriyel ölçekte başarıyla gerçekleştirilmiştir. Üretilen PET POY ipliklerindeki zeolit materyalin varlığı EDXRF kullanılarak belirlenmiştir. Daha yüksek zeolit içeriği (% 0,5'e göre % 1) PET POY ipliğinde daha yüksek Silika varlığını göstermiştir. EDXRF analizinde elde edilen Si varlığı sonuçlarına göre PET elyaf POY ipliğindeki zeolit miktarı, masterbatch dozajının ikiye katlanmasıyla üretim sırasında yaklaşık 2 kat artmıştır. Öte yandan, PET polimerdeki zeolit miktarındaki artış, mukavemette bir azalmaya ve iplik düzgünlüğünde bir artışa neden olmuştur.

### SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Bundan sonraki çalışmalarda üretilen iplikler tekstüre edilip kumaş dokunduktan sonra kumaş üzerinde ses absorpsiyonu, nem transferi, UV geçirgenlik testleri uygulanacaktır.

### TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Destekleri için Polyteks Tekstil Firması Ar-Ge Merkezi ve Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Birimine teşekkür ederiz. BAP 2020FEBE026 projesi ile desteklenmiştir.

### KAYNAKLAR

1. Kurt. M, (2010) Investigation of Thermal, Mechanical and Tribological Properties of Pa6 Composites, Master Thesis, Sakarya University, Institute of Science, Sakarya..
2. Erdem, N., Erdogan, U.H., Aksit, A. (2010) Production and Properties of Nano-Composite Polypropylene Filaments. The Journal Of Textiles and Engineers, 15, Issue 69.
3. Jeong S.H., Yeo S.Y, Yi S.C. (2005). The Effect of Filler Particle Size on the Antibacterial Properties of Compounded Polymer/Silver Fibers. Journal of Material Science, 40, pp. 5407-5411.
4. Şen,F,Palancıoğlu,H.Aldaş,K.,(2010).Polymeric Nanocomposites and Usage Areas. Electronic Journal of Machine Technologies Vol: 7, No: 1, (111-118).
5. <https://www.zeolyst.com/our-products/standard-zeolite-powders.html>.Accessed on 5 Feb 2020.
6. Zeolites and Usage Areas (2012) J.Gulen, F.Zorbay, S.Arslan, Karaelmas Science and Engineering Journal 2 (1), 63-68.

- KUMARTAŞLI, SEDAT (0000-0003-1704-2605)
- KAPLAN, VOLKAN (0000-0003-26253391)
- AVİNC, OZAN (0000-0001-8653-5257)

# Güç Tutuşur Özelliğe Sahip Polilaktik Asit (PLA) İplik Üretilebilirliği

BATUR, Zeynep<sup>1\*</sup>, ÇELEN, Onur<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Korteks Mensucat Sanayi ve Ticaret A.Ş., Ar-Ge Merkezi, Bursa, Türkiye

\*ORCID: 0000-0003-3363-5291

zeynep.batur@zorlu.com

## AMAÇ

Bu çalışmada, son yıllarda çevreci özellikleriyle birlikte ön plana çıkan Polilaktik asit (PLA) ipliğinin bir dezavantajı olarak karşımıza çıkan, zayıf alev geciktirici özelliğinin geliştirilmesine yönelik iplik eğirme ve fonksiyonellik testlerinin yapılması amaçlanmıştır.

## GİRİŞ

Günümüzde, doğal kaynaklardan elde edilen biyolojik olarak parçalanabilen polimerler, petrokimyasal bazlı polimerlerin aşırı kullanımının olumsuz etkisi, artan çevre bilinci nedeniyle giderek daha fazla ilgi görmektedir. Poli Laktik Asit (PLA) yenilenebilir kaynaklardan üretilen, biyo bozunur, termoplastik bir malzemedir<sup>1,2</sup> PLA mısır, şeker kamışı, patates gibi nişasta içeren yenilenebilir bitkilerden üretilir<sup>3,4,5</sup>. PLA, dört temel avantaja sahiptir: yenilenebilirlik, biyouyumluluk, üretimde düşük enerji kullanımı ve kolay işlenebilirlik<sup>6</sup>. Bu sayede PLA diğer biyo polimerlerin arasında öncü durumda yer almaktadır. PLA başta paketlenme, tekstil, tek kullanımlık ürünler olmak üzere geniş bir çerçevede uygulama alanı bulmuştur. Fosil kaynaklı ürünlerin kullanımı ve bertarafı son yıllarda en ciddi problemler olarak görülmesi PLA polimerinin sürdürülebilir ürün portföyünde yer almasını sağlamıştır. İlgi duyulan bir konu haline gelen biyobozunur PLA'nın bir dezavantajı olan zayıf alev geciktiricilik<sup>7,8,9</sup> potansiyel kullanım alanlarında engel teşkil etmektedir. PLA'nın kolay tutuşturulabilirlik ve alevli damlama karakteristiği alevlerin hızla yayılarak yangın oluşturma potansiyelini ortaya çıkarmaktadır. PLA ipliğinin alev geciktirici özellik kazandırılması için en uygun yöntem; eriyikten çekim yöntemidir<sup>10</sup>. Biyo-bozunur/gübrelenilebilir özellikli PLA tekstil ürünlerine alev geciktirici özellik kazandırılması bu ürünlerin teknik tekstiller alanında kullanımının önünü açacaktır.

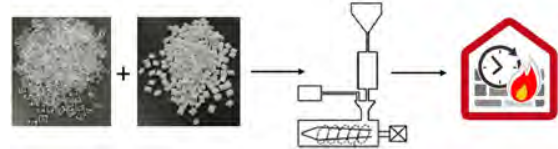
## DENEYSEL

### Malzemeler

Çalışmalarda taşıyıcı polimeri PLA, erime sıcaklığı 178°C, viskozite değeri 0,93 dl/g olan güç tutuşur masterbatch ve erime sıcaklığı 179°C, viskozite değeri 1,26 dl/g olan PLA cipsi kullanılmıştır.

## Yöntem

PLA taşıyıcılı masterbatch katkısı, eriyik çekim prosesine optimum doz oranında sisteme beslenerek, 100 denye 48 filamente sahip güç tutuşur PLA POY iplik üretiminin akabinde yalancı büküm tekniğiyle tekstüre iplikler üretilmiştir. Tekstüre prosesini takiben 250 tur büküm verilen ipliklerden, 30 tel atkılı 60 tel çözgü sıklığında 4/1 dimi kumaş konstüksiyonunda dokuma yüzeyi geliştirilmiştir. Dokuma kumaş numunelerinin bir kısmı ram+yıkama (ekru), bir kısmı boyalı olarak, güç tutuşur testlerine tabi tutulmuştur. Bu çalışma kapsamında numuneler dikey yanma testi NFPA 701 ve yatay yanma-otomotiv FMV SS 302 testleri ile değerlendirilmiştir. NFPA 701 testi; dikey alev yüksekliği 100mm±10mm, kumaşın ön yüzeyine alev alev uygulama zamanı 45 saniye±1 saniye olarak kriterleri belirlenmiş dikey yanma testidir. FMVSS 302 testi; numunenin atkı ve çözgü yönündeki yanma hızını mm/dk cinsinden max. 100mm/dk olacak şekilde kriterleri belirlenen yatay yanma testidir. Çalışmaya ait şematik bir proses diagramı Şekil 1'de mevcuttur.



Şekil 1: Proses akış diagramı

## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Tekstüre ipliklere uygulanan büküm işlemi ile mukavemetin artması ve kaynama çekme değerinin düşmesi gibi büküm işleminden beklenen sonuçlar, çalışmamızda da paralel sonuçlar vermiş olup, fiziksel test sonuçları Tablo 1'de mevcuttur. Büküm işleminin dokuma prosesinde oluşabilecek kopma ve filamasyonları engellemiştir.

Tablo 1: Katkılı PLA ipliklerin tekstüre ve büküm fiziksel test sonuçları

	Dtex	% Uzama	Mukavemet (cN/dtex)	% Kaynama Çekme
Tekstüre	114	29,72	2,42	5
Büküm	118	33,46	2,57	1,2

Güç tutuşur masterbatch katkıli PLA ipliklerden üretilmiş olan 4/1 dimi kumaş numuneleri -bir kısmı ram+yıkama (ekru) bir kısmı boyalı olacak şekilde-, NFPA701 testine gönderilmiştir. Testi geçme kriteri; kumaştaki kütle kaybının ortalama %40'ın altında olması ve test sürecinde yere düşen damlaların 2 saniye içinde sönmektedir. Numuneler test kriterlerini sağlamış olup, ilgili test sonuçları Tablo 1'de verilmektedir.

**Tablo 1:** NFPA 701 test sonuçları

NFPA 701	Ram+Yıkama/Ekru Kumaş		Boyalı Kumaş	
	Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü
Kütle Kaybı(%)	8,05	2,83	6,49	3,31
Damlama	Var	Var	Var	Var
Damlanın yanış süresi	2 sn	1-2 sn	1-2 sn	1-2 sn

Aynı numuneler FMVSS 302 test standardına tabi olup; tutuşan alevin max. 3,8cm mesafesine ulaşarak sönmektedir. Durumunda kendiliğinden sönen, olarak test kriterlerini sağlamışlardır.

## GENEL SONUÇLAR

Bu çalışma, PLA iplik kalitelerine kalıcı özellikte güç tutuşur fonksiyonellik kazandırabilmek için alev geciktirici katkıları ile eriyik çekim yönteminin umut vaadeden bir proses olduğunu göstermiştir.

## SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Gelecek dönem çalışmaları kapsamında, güç tutuşur olarak üretimi yapılacak PLA iplik kaliteleri; perdeler kumaşlar, pencere storları için dikey yanma testi olan BS 5867 testine ve alev direnci/alev yayılma testi olan NF P92 503-504-505 testleri gibi farklı güç tutuşurluk testlerine tabi tutulup, kullanım alanları belirlenecektir. Ayrıca farklı alev geciktiricili iplik çekimleri ve bu ipliklerden farklı konstrüksüyonlarda dokuma ve örme kumaş tipleri geliştirilecektir.

## TEŞEKKÜR

Çalışma kapsamındaki hammadde temini, deneysel veri ve ipliklerin üretimini sağlayan Korteks Mensucat Sanayi ve Ticaret A.Ş.'ye teşekkürlerimizi sunarız.

## KAYNAKLAR

- Jompang, L., Thumsorn, S., On, J. W., Surin, P., Apawet, C., Chaichalermwong, T., & Srisawat, N. (2013). Poly (lactic acid) and poly (butylene succinate) blend fibers prepared by melt spinning technique. *Energy Procedia*, 34, 493-499.
- Drumright, R. E., Gruber, P. R., & Henton, D. E. (2000). Polylactic acid technology. *Advanced materials*, 12(23), 1841-1846

- Chavalitpanya, K., & Phattananarudee, S. (2013). Poly (lactic acid)/polycaprolactone blends compatibilized with block copolymer. *Energy Procedia*, 34, 542-548.
- İbrahim, ÜNER., & Koçak, E. D. (2012). Poli (laktik asit)'in kullanım alanları ve nano lif üretimdeki uygulamaları. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(22), 79-88.
- Murariu, M., & Dubois, P. (2016). PLA composites: From production to properties. *Advanced drug delivery reviews*, 107, 17-46.)
- Rasal, R. M., Janorkar, A. V., & Hirt, D. E. (2010). Poly (lactic acid) modifications. *Progress in polymer science*, 35(3), 338-356
- Parmar, M. S., Singh, M., Tiwari, R. K., & Saran, S. (2014). "Study on flame retardant properties of poly (lactic acid) fibre fabrics". *Indian Journal of Fibre & Textile Research (IJFTR)*, 39(3), 268-273.
- Chow, W. S., Teoh, E. L., & Karger-Kocsis, J. (2018). "Flame retarded poly (lactic acid): A review". *Express Polymer Letters*, 12(5), 396-417.
- Zhou, X., Li, J., & Wu, Y. (2015). Synergistic effect of aluminum hypophosphite and intumescent flame retardants in polylactide. *Polymers for Advanced Technologies*, 26(3), 255-265.
- Bourbigot, S., & Fontaine, G. (2010). Flame retardancy of polylactide: an overview. *Polymer Chemistry*, 1(9), 1413-1422.

# Gerii Dönüşüm PLA'nın Mekanik, Termal ve Biyobozunurluk Özelliklerinin İncelenmesi ve Doğal Lif ile Özelliklerinin İyileştirilmesi

ALTUN, Yağmur<sup>1</sup>, ÇELEBİ, Mithat<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Yalova Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 77200, Yalova, Türkiye,

<sup>2</sup>Yalova Üniversitesi, Polimer Malzeme Mühendisliği Bölümü, 77200, Yalova, Türkiye

[yagmur.altun.5070@gmail.com.tr](mailto:yagmur.altun.5070@gmail.com.tr)

## AMAÇLAR

Bu çalışmada, mekanik olarak geri dönüştürülmüş Poli(laktik asit) (PLA) esaslı biyobozunur malç filmlerinde kullanılabilir karışım formülasyonları hazırlanması ve özelliklerinin incelenmesi, amaçlanmaktadır. Ülkemizde hammadde kaynakları yeterli değildir. Geri dönüşüm ürünü olan PLA atık filament üzerine çalışılarak ve doğal lif ile takviye edilerek güçlendirilecektir.

## GİRİŞ

Poli(laktik asit) (PLA), en çok kullanılan biyobazlı ve biyolojik olarak parçalanabilen polimerlerden biridir. Yüksek stabiliteyi nedeniyle, en yeni PLA sınıflarından bazıları yalnızca ağır endüstriyel koşullar altında parçalanabilir. Bu sınıflar için, mekanik geri dönüşüm, büyük çevresel avantajlarla birlikte uygulanabilir bir kullanım ömrü sonu seçeneğidir. Bununla birlikte, polimer, hizmet ömrü boyunca ve eriyik yeniden işlemede bozulmaya uğrar, bu da PLA'nın geri dönüştürülebilirliğini tehlikeye atabilecek özelliklerde bir azalmaya yol açar<sup>1</sup>. Bu çalışmanın amacı, geri dönüştürülmüş plastiğin özelliklerini iyileştirmek için geri dönüşüm işlemi sırasında küçük miktarlarda organik dolgu maddesi, (kitosan) eklenmesinin yararlılığını değerlendirmektir. Yenilenebilir hammaddelerden türetilen ve aynı zamanda biyolojik olarak parçalanabilen birçok termoplastik polimer vardır. Polilaktik asit (PLA) böyle bir adaydır ve daha yüksek sıcaklıklarda uzun süreli dayanıklılık veya yüksek mekanik performans gerektirmeyen uygulamalar için uygun olan oldukça iyi özellikler gösterir. Pek çok teknik uygulamada olası kullanımlarını daha çekici hale getirmek için PLA'nın mekanik özellikleri takviyeler kullanılarak geliştirilebilir. PLA'nın lignoselülozik liflerle güçlendirilmesi, mekanik performanslarını artırmak ve nihai malzemenin çevre dostu karakterini korumak için mantıklı bir alternatif gibi görünmektedir<sup>2</sup>. Bitkilerden elde edilen kenevir, pamuk, hint keneviri, kenaf, keten, sisal vb. Doğal lifler lignoselülozik lifler olarak bilinir. Bunlar esas olarak selüloz, hemiselüloz, lignin, pektin, mumlar ve diğer suda çözünür maddelerden oluşur. Vinod ve ark.<sup>1</sup> nın yaptığı çalışmada<sup>3</sup>, bollukları, düşük maliyetleri ve düşük

yoğunlukları nedeniyle, bu lifler, geliştirilmiş mekanik özelliklere sahip hafif ağırlıklı biyokompozitlerin geliştirilmesi için polimer matrislerinde takviyeler olarak değerlendirilmiştir. Doğal liflerin kullanımı ayrıca matrisin biyolojik olarak parçalanabilirliğini ve yenilenebilirliğini artırabilir ve sera gazı emisyonlarını azaltabilir. Eskimiş polimerin bozunma seviyesi ve dolgu maddesinin niteliği ve miktarı, geri dönüştürülmüş plastiklerin performansını etkiler. Dolgu maddeleri, önceden şiddetli hidrolize maruz kalan PLA'nın eriyik halinde yeniden işlenmesi sırasında bozunmayı azaltır, böylece geri dönüştürülmüş plastiğin içsel viskozitesini artırır. Eklenen organik dolgu maddesinin dikkatli bir şekilde seçilmesi, bazı önemli mekanik, termal ve bariyer özelliklerinde iyileştirmelerle geri dönüştürülmüş plastiklere yol açar. Bu nedenle, organik dolgu maddelerinin kullanımı, biyoplastiklerin mekanik geri dönüşümünü iyileştirmek için uygun maliyetli ve çevreye duyarlı bir yolu temsil etmektedir<sup>4</sup>. Biyolojik olarak parçalanabilen tarımsal plastik malçlar, gerektiğinde toprağın üstüne serilebilir ve böylece plastiklerin toplanması ve depolanması gerekmez<sup>5</sup>. Genellikle, PLA gibi biyopolimerin, nem ve yüksek sıcaklıklara duyarlılıklarından dolayı ekstrüzyon yoluyla işlenmesi zordur<sup>6</sup>. PLA, 165 °C ila 185 °C arasında değişen ve 185-190 °C sıcaklıklarda işlenebilen bir Tm'ye sahiptir. Bu sıcaklıklarda, moleküler ağırlığın kaybına ve termal bozunmaya yol açan açılma ve zincirleme reaksiyonları meydana geldiği bilinmektedir. İşlem sırasında molekül ağırlığındaki bir azalma, eriyik viskozite üzerindeki etkisi nedeniyle PLA için bir sorun oluşturur. Dahası, yüksek sıcaklıklarda ve uzun bir süre de PLA'nın işlenmesi, erimiş polimerde laktit oluşumunu destekleme eğilimindedir. Laktitin oluşması, eriyik viskozitesini ve elastik esnekliğini azaltabilir<sup>7</sup>. PLA, yönlendirme yapılmayan püskürtmeli kalıplama ile işlendiğinde, kalıplanmış ürünün düşük bir kristalleşme derecesine ve yaklaşık 60 °C' lik bir Tg sıcaklığında deforme olması gibi problemlere sahip olduğu görülmüştür. PLA düşük bir kristalleşme oranına sahip ve kısa bir sürede kalıplandığında

1. ALTUN, Yağmur (0000-0003-3230-2866)

2. ÇELEBİ, Mithat (0000-0002-2013-5354)

kristalleşmesi yeterince ilerlememektedir ve kalıplanmış ürün, ısı direnci ve elastik modül gibi daha düşük özelliklere sahiptir. PLA, yavaş kristalleşme oranı nedeniyle işleme sırasında kalıbın metaline yapışma eğilimi gösterir ve böylece ürünün görünümünü etkiler. İşleme sırasında biyopolimerlerin metal yüzeylere yapışmasını önlemek için tipik olarak eklenen kalıp ayırıcı ajanlar, parça kalıptan çıkarıldıktan sonra da yüzey kirliliğine neden olur. PLA, erimiş halde termal bozunmaya maruz kalma eğilimi gösterir. Bu bozunma şeklinin çoğu, proses sıcaklıklarını ve ekstrüderde kalma süresini içeren PLA'nın işlenmesiyle ilgilidir. PLA'nın termal bozulmasına katkıda bulunabilecek diğer faktörler şunlardır:

- Az miktarda su ile hidroliz,
- Depolimerizasyon,
- Oksidatif, Rasgele ana zincir yarılmaması,
- Monomer ve oligomerik esterlere moleküller arası transesterifikasyon,
- Molekül içi transesterifikasyon, düşük molekül ağırlıklı monomer ve oligomer laktitlerin oluşumuyla sonuçlandırılır<sup>8</sup>.

Geri dönüştürülmüş PLA'nın özelliklerini iyileştirmek için kullanılan dolgular, düşük maliyetleri, bulunabilirlikleri ve biyolojik olarak parçalanabilirlikleri nedeniyle ilgi çekicidir. Örneğin, Tesfaye ve ark. yaptığı çalışmada<sup>1</sup> ipek fibroin (SF) nanokristallerinin PLA üzerinde çekirdeklenme etkisi olduğunu ve aynı zamanda çoklu yeniden işleme döngüleri sırasında içsel viskozitenin azalmasını azaltmaya yardımcı olduğunu bildirmiştir. PLA'nın üretiminde kullanılan hammadde üretiminin büyük miktarlarda ekili alan gerektirdiği göz ardı edilemez ve bu da özellikle yoksul ülkelerde gıda tedariki ve aşırı fiyatlandırma sorunlarına neden olabilir. Bu nedenle, PLA atıklarının yönetimi için çevre dostu yöntemlerin geliştirilmesi, bu biyoplastiklerin sürdürülebilirliği açısından çok önemlidir. Potansiyel değerlendirme yöntemleri arasında, mekanik geri dönüşüm önemli bir rol oynamaktadır, çünkü birçok yaşam döngüsü değerlendirme çalışması, emisyonları ve hammadde tüketimini azaltarak çevresel etkiyi azaltmaya izin verdiğine işaret etmektedir. Öte yandan, önceki çalışmalar, plastiğin mekanik geri dönüşümü sırasında ambalaj uygulamalarındaki bazı önemli özelliklerin azaldığını göstermektedir<sup>1</sup>. Bu da geri dönüştürülmüş PLA pazarını olumsuz etkileyebilir ve sürecin sürdürülebilirliğini tehdit edebilir. Dolayısıyla ekonomik ve çevreye duyarlı yöntemlerin geliştirilmesi gerekmektedir.

## SONUÇ

Geri dönüşümlü PLA'nın ham PLA ya göre mekanik, termal ve biyobozunurluk özelliklerindeki değişim incelenecektir. PLA'nın mekanik mukavemetinin

arttırılması amacıyla doğal lif kullanılacaktır ve sonuç olarak doğal lifin geri dönüştürülmüş PLA'nın özelliklerine katkısı araştırılacaktır.

## BİLGİLENDİRME

Bu çalışma Yalova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Birimi tarafından 2020/YL/0024 proje numarası ile desteklenmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Beltrán, FR, Gaspar, G., Dadrás Chomachayi, M. ve diğerleri. 2020. "Influence of addition of organic fillers on the properties of mechanically recycled PLA", *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 6711–6713.
2. Castro-Aguirre E, Iñiguez-Franco F, Samsudin H, Fang X, Auras R. 2016. "Poly(lactic acid)-Mass production, processing, industrial applications, and end of life". *Advanced Drug Delivery Reviews*. 107,333-366
3. Bendourou, F. E., Suresh, G., Laadila, M. A., Kumar, P., Rouissi, T., Dhillon, G. S., Zied, K., Brar, S. K., Galvez, R. 2016. "Poly(lactic acid) Mass production, processing, industrial applications, and end of life", *Drug Delivery Reviews*. 107,333-366
4. Arrieta, M. P., E. Fortunati, F. Dominici, E. Rayón, J. López, and J. M. Kenny. 2014. "PLAPHB/Cellulose Based Films: Mechanical, Barrier and Disintegration Properties." *Polymer Degradation and Stability* 107, 139-149.
5. Merino, D. 2016. "Physicochemical And Antibacterial Properties Of Pla-Chitosan Blends Obtained By Casting With Potential Use As Agricultural Mulch Films" *Executive Business School*.
6. Minbu, H., Ochiai, A., Kawase, T., Taniguchi, M., Lloyd, D. R., Tanaka, T. 2015. "Preparation of poly(L-lactic acid) microfiltration membranes by a nonsolvent-induced phase separation method with the aid of surfactants" *Journal of Membrane Science*, 479,85-94
7. Feng, L., Xinchao, B., Zhiming, C., Gao, L., and Xuesi, C. 2013. "Mechanical, Aging, Optical and Rheological Properties of Toughening Poly lactide by Melt Blending with Poly(Ethylene Glycol) Based Copolymers." *Polymer Degradation and Stability*. 98, 1591-1600
8. Mayekar, P. C., Castro-Aguirre, E., Auras, R., Selke, S., & Narayan, R. 2020. "Effect

1. ALTUN, Yağmur (0000-0003-3230-2866)

2. ÇELEBİ, Mithat (0000-0002-2013-5354)

of nano-clay and surfactant on the biodegradation of poly(lactic acid) films", *Advanced Drug Delivery Reviews*. 107,333-366.

# Grafen esaslı elyaflardan geliştirilen kumaşların fonksiyonel özelliklerinin incelenmesi

İbrikçi Ali<sup>1</sup>, Ozbas Demirci Gülşah<sup>2</sup>, Denge K.Kübra<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kipaş Mensucat İşletmeleri A.Ş. Ar-Ge Merkezi Kahramanmaraş, Türkiye  
Sorumlu yazar: aibrikci@kipas.com.tr

## AMAÇLAR

Dünyada grafen alanındaki gelişmeler bu sektörün son yıllarda emekleme safhasına geçtiğini ortaya koymaktadır. 2017 sonu itibarıyla alınan grafen bağlantılı patentler üzerine yapılan bir incelemede Çinli kurum ve kuruluşlarca alınan 32.000'den fazla patentin yüzde 63,5'inin "büyüme safhasındaki" bir grafen teknolojisine işaret ettiği görülmektedir. Grafen'in tekstil materyallerine uygulanması ile ilgili de bir çok çalışma söz konusudur. Yapılan bazı çalışmalarda grafen ile kumaşın mekanik ve UV koruma özellikleri araştırılmış, bazı çalışmalar da ise elektriksel iletkenlik özelliğinden yararlanılarak elektronik tekstil alanındaki çalışmalara ışık olmuştur. Grafen alanında bu hızlı gelişim yaşanırken, Kipaş Ar-Ge merkezi olarak grafen katkılı elyafların kullanılması ile fonksiyonel kumaşların üretilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma kapsamında, %1 grafen katkılı polyester ve %2 grafen katkılı viskon elyafları belirlenen oranlarda kullanılarak iplik ve kumaş geliştirme çalışmaları yapılmıştır. Yapılan çalışmalar neticesinde geliştirilmiş grafen katkılı ürünlerde fonksiyonel özellikler incelenmiş, istenilen bakteriyostatik ve termal regülasyon gibi multi-fonksiyonel özellikleri kazandırılmıştır. Bu çalışma ile birlikte grafen alanında; araştırma ve laboratuvar çalışmalarının önüne geçen, katma değeri yüksek, ticari olarak sunulabilecek ürünler geliştirmelerine katkı sağlayacaktır.

*Anahtar Kelimeler*—Grafen, fonksiyonel tekstiller, termal regülasyon, bakteriyostatik, polyester, viskon

## GİRİŞ

Grafen, tek tabaka karbon atomlarının 2 boyutlu balpeteği yapısında düzenlenmesiyle oluşmaktadır ve diğer tüm boyutlardaki grafitik malzemelerinin temel yapıtaşıdır. Grafen, eşsiz yapısı ve mükemmel elektronik, optik, termal ve mekanik özellikleri sebebiyle birçok konvansiyonel 3 boyutlu malzemeden farklılık göstermekte ve çok çeşitli alanlarda gelişmiş malzemelerin üretilmesinde oldukça dikkat çekmektedir. Grafenin konvansiyonel tekstillerle birleştirilmesiyle fonksiyonel tekstillerin geliştirilmesi önemli araştırma konuları haline gelmiştir. Chen ve arkadaşlarına göre<sup>1</sup> Grafen içerikli tekstillerin gerilim sensörleri, süperkapasitörler, enerji depolama gibi elektriksel uygulamalarda oldukça umut verici olduğu görülmüştür. Ayrıca, tekstillerin sahip olduğu esneklik, hafiflik, düşük maliyet gibi özelliklerinden dolayı

grafen esaslı giyilebilir elektriksel iletken tekstillerin geliştirilmesi son yıllarda önem kazanmıştır.

Grafenlerin tekstil materyallerine uygulanması ile ilgili birçok çalışmalar yapılmıştır. Karim çalışmalarında<sup>2</sup>, tekstil kumaşına uygulanabilecek kararlı indirgenmiş rGO dispersiyonu elde etmek için GO'nin kimyasal indirgenmesi yoluyla grafen esaslı giyilebilir e-tekstillerin üretilmesi çalışmalarını denemişlerdir. Ouadil çalışmasında<sup>3</sup>, örme polyester kumaşın mekanik, elektrik ve UV koruma özelliklerini attırmak için GO, grafen ve grafen / gümüş nanokompozitler ile yüzey modifikasyonu sağlamışlardır. Tang ise<sup>4</sup>, yüksek elektrik iletkenliği UV radyasyondan korunma özelliklerine sahip çok fonksiyonlu pamuklu kumaş elde etmek için kumaş yüzeyine GO nano tabaka dispersiyonunun vakumla süzme biriktirme (VFD) yöntemi ile kaplama işlemi yapmış ve polianilini (PANI) kimyasal polimerizasyon işlemi ile birleştirmişlerdir. Yapılan testler, GO nano tabakalarının birikmesinin, PANI-GO-Pamuklu kumaşın yüzeyi üzerindeki anilin polimerizasyonunun homojenliğini arttırmada faydalı olduğunu göstermiştir. Karimi çalışmalarında<sup>5</sup>, pamuklu kumaş yüzeyine çok fonksiyonlu özelliklerin, yani kendi kendini temizleme, elektriksel iletkenliğin, ultraviyole (UV) korumanın yanı sıra kumaş üzerine antimikrobiyal özelliklerin kazandırılması için yenilikçi bir yaklaşımı incelemişlerdir. Cai ve arkadaşları<sup>6</sup> çalışmalarında Grafeni' pamuklu kumaş yüzeyine klasik emdirme-kurutma yaklaşımıyla uygulamışlardır. Grafen / pamuklu kumaşlar iyi elektriksel iletkenlik, yüzey hidrofobikliği ve ultraviyole (UV) koruma özellikleri göstermiştir. Bu özellikler, tekrarlanan kumaş bükülmesinden ve yıkanmasından sonra önemli ölçüde bozulmamıştır. Tian ve arkadaşları çalışmalarında<sup>7</sup>, Grafen ve kitosanın çok tabakalı kaplanması ile ultraviyole koruması sağlayan pamuklu kumaş elde etmişlerdir. Yapılan testlerde çok tabakalı elektrostatik kendiliğinden düzenlenme işleminin, pamuklu kumaş yüzeyi üzerinde Grafen/CS filmi başarılı bir şekilde oluşturabildiğini ve pamuklu kumaşın mükemmel ultraviyole koruma özelliği sağladığı gözlenmiştir. Ayrıca, yıkama testleri, muamele edilmiş pamuklu kumaşın hem elektriksel iletkenlik hem de UV



koruma kabiliyeti üzerinde etkili evsel yıkama dayanıklılığa sahip olduğunu göstermiştir.

*Mucha ve arkadaşlarına göre*<sup>8</sup>, Uygun yaşam ortamlarında mikroorganizmalar biyofilm oluşturarak hızla çoğalmaktadırlar. Hızla gelişen mikroorganizmalar, kötü kokulara, görüntü ve renk bozukluklarına, lekelenmelere ve kumaş mukavemet kaybına neden olabilmektedir. Mikrobiyoloji bilim dalı tarafından incelenen bu küçük canlılar tekstil ürünlerinde performans kaybı, renk değişikliği, koku oluşumu gibi olumsuzluklara sebep olmaktadır. Bu durum tekstil ürününün hijyenik ve estetik bakımlardan kullanılamaz hale gelmesine neden olabilmektedir. Tekstil yüzeylerinde görülen bu tür mikrobiyolojik gelişimler ayrıca sağlık açısından potansiyel tehdit oluşturmaktadır.

*Shao ve arkadaşları*<sup>9</sup> çalışmalarında antibakteriyel aktivitenin varlığı nitel olarak tespit edildikten sonra, antibakteriyel aktivitenin hangi oranda etkin olduğunu belirlemek için AATCC 100 test metodunu uygulamak gerektiğinden bahsetmiş ve çalışmalarında bu yöntemi uygulamışlardır. Bu yöntemle ile elde edilen R değerlerinin büyüklüğü antimikrobiyal etkinliği göstermektedir.  $R \geq 99.99$  ise “mükemmel”,  $99 < R < 99.99$  ise “iyi”,  $50 < R < 99$  ise “bakteriostatik”,  $0 < R < 99$  ise “ kabul edilebilir ” olarak öçeklendirilmektedir.

## DENEYSEL

### Materyal ve Metot

Bu çalışma kapsamında grafen katkılı polyester ve grafen katkılı viskon elyafları, normal polyester ve viskon elyafları ile istenilen özellikleri sağlaması için daha önceden belirlenen oranlarda karıştırılarak iplik geliştirmeleri yapılmıştır. Ayrıca grafen içermeyen iplik yapıları da üretilerek son üründe kıyaslama çalışmaları amaçlanmıştır.

Tablo I. Kullanılan malzeme, lif ve özellikleri

Malzeme	Lif Tanımı
%1 Grafen katkılı Polyester	1,5 Denye, 38 mm
%2,5 Grafen katkılı Viskon	1,2 Denye, 38 mm
Polyester	1,5 Denye, 38 mm
Viskon	1,5 Denye, 38 mm
Elastan	70 Denye

Tablo II. Üretilen iplik ve Kumaşların özellikleri

	Çözgü İpliği	Atkı ipliği	Atkı Sıklık	Tarak No	Çözgü Sıklık	Gr/m <sup>2</sup>
1	28/2 Ne Ring 80/20 grafen pes/viskon	28/2 Ring 67/33 Pes/Vis+ 78 dtex	22,5	75/3	30,7	280
2	28/2 Ring 67/33 Pes/Vis	28/2 Ring 67/33 Pes/Vis+ 78 dtex	22,5	75/3	30,7	280
3	28/2 Ring 60/40 Pes/ Grafen Viskon	28/2 Ring 67/33 Pes/Vis+ 78 dtex	18,7	100/2	28,5	245
4	28/2 Ring 67/33 Pes/Vis	28/2 Ring 67/33 Pes/Vis+ 78 dtex	18,7	100/2	28,5	245

Geliştirilen grafen katkılı polyester ve grafen katkılı viskon iplikler **Tablo.2**'de belirtildiği üzere kumaş içerisinde belirlenen karışım oranlarında sadece çözgü yönünde kullanılarak grafen katkılı elyafların genel karışımdaki etkisi incelenmiştir. Toplamda dört farklı kumaş üretilmiş; iki kumaş grafen katkılı, iki kumaş da ise herhangi bir grafen katkılı elyaflar kullanılmamıştır.

Kumaşlara termal regülasyon testi ve antibakteriyel aktivite testi olmak üzere iki farklı test işlemi uygulanmıştır. İlk işlem olarak; 100°C'lik bir ısı kaynağına maruz bırakılarak sıcaklık değişimleri termal kamera altında gözlemlenmiş, ikinci işlem olarak ise; kumaşların yıkamasız ve yıkamalı AATCC 100:2019 standardına göre antibakteriyel aktivite durumunun değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir.

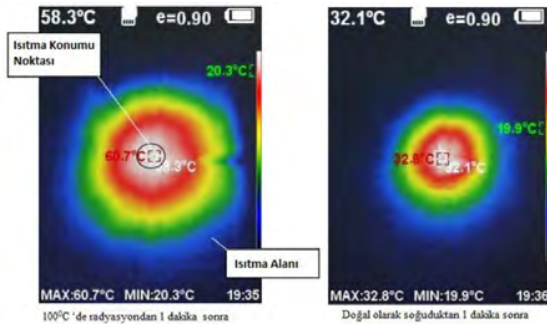
Aşağıda belirtilen tabloda antibakteriyel test için uygulanacak test yöntemine dair bilgileri içermektedir.

Tablo III. Antibakteriyel testi için ilgili şartlar

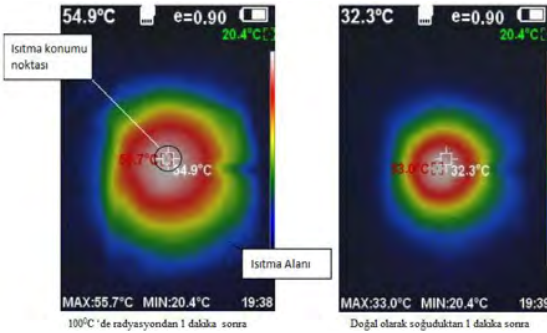
Kullanılan Mikroorganizma	Esherichia coli ATCC 25922 (Gram(-)) / Staphylococcus aureus ATCC 6538 (Gram(+))
Bakteri konsantrasyonu (kob/ml)	$2,2 \times 10^5 / 2,8 \times 10^5$
İnokulum Hacmi	1.0 ml
Numune Boyutu	Daire, çap 48 mm
Yıkama Sayısı	20 yıkama ve yıkamasız işlemler
Yıkama Metodu	40 oC, Tamburlu kurutma
İnkübasyon Süresi	24 saat, 37 oC +/- 2 oC
Temas Süresi	24 saat
Sterilizasyon	VAR

## DENEYSEL SONUÇLAR

İlk olarak, grafen katkıli polyester içerikli numune (**şekil 1**) ile grafen içermeyen numunenin (**şekil 2**) termal regülasyon test deneyleri yapılmış ve karşılaştırılmıştır. Numune kumaşlar 100°C'lik bir ısı kaynağı altında maruz bırakılarak **şekil 1 ve şekil 2**'deki görüntüler elde edilmiştir. Isı kaynağı ile test edilen ürünler arasındaki mesafe 4 cm olarak belirlenmiştir. **Şekil 1 ve 2**'nin sağındaki görüntüler, ısı kaynağının kaldırılmasıyla bir dakikalık doğal soğumadan sonraki görüntüyü temsil etmektedir. Termal görüntülerde, kırmızı renk; sıcak sıcaklığı, mavi renk; soğuk sıcaklığı temsil etmektedir.



Şekil 1. 1-nolu polyester grafenli kumaşın sıcaklık uygulandıktan bir dakika sonraki ve doğal olarak soğuduktan sonraki termal kamera görüntüleri



Şekil 2. 2-nolu grafensiz kumaşın sıcaklık uygulandıktan bir dakika sonraki ve doğal olarak soğuduktan sonraki termal kamera görüntüleri

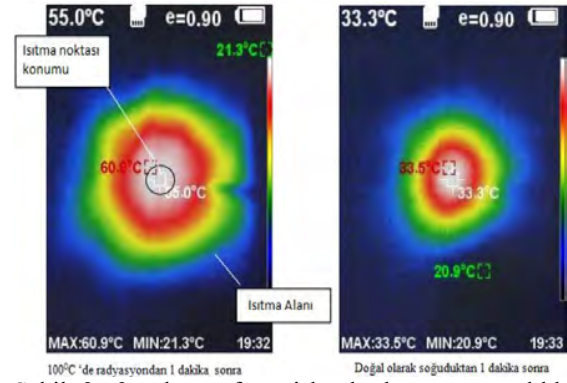
Tablo IV. 1 ve 2-nolu kumaşların sıcaklık dağılımları

No	100°C' deki maksimum sıcaklık	Soğuduktan sonraki maksimum sıcaklık (°C)	Sıcaktan soğuğa termal dağılım(°C)	Dağılım farkı (%)
1	60,7	32,8	27,9	$(60,7 - 32,8)$
2	55,7	33	22,7	$(55,7 - 33)$

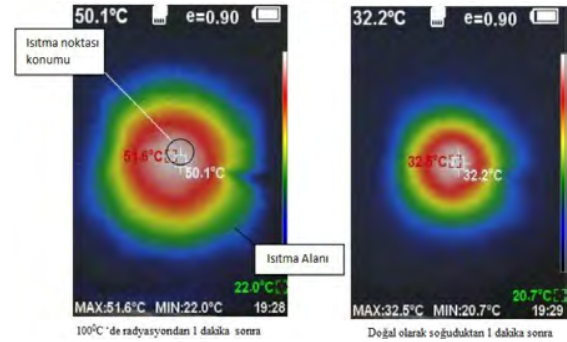
**Şekil.1, Şekil.2 ve Tablo.4'** te belirtilen numune kumaşların en sıcak noktadaki termal-regülasyon dağılımlarını incelediğimizde 55,7°C'den 60,7°C' ye doğru bir ısı emilimi mevcuttur. Grafen katkıli

polyester elyafı ile birlikte %9'luk bir artış olduğu görülmektedir. İki kumaşın aralarındaki ısı dağılımı delta farklarını incelediğimizde ise %23'lük bir dağılım farkı oluşmaktadır.

Grafen katkıli viskon elyaf içerikli numune ile grafen içermeyen numunenin termal regülasyon test deneyleri yapılmış ve **şekil.3 ve şekil.4**'teki gibi karşılaştırılmıştır. Numune kumaşları 100°C'lik bir ısı kaynağı altında maruz bırakılarak **şekil 3 ve 4**'teki görüntüler elde edilmiştir. Isı kaynağı ile test edilen ürünler arasındaki mesafe 4 cm olarak belirlenmiştir. **Şekil 3 ve 4**'ün sağındaki görüntüler, ısı kaynağının kaldırılmasıyla bir dakikalık doğal soğumadan sonra görüntüyü temsil etmektedir. Termal görüntülerde, kırmızı renk, sıcak sıcaklığı, mavi renk soğuk sıcaklığı temsil eder.



Şekil 3. 3-nolu grafen viskonlu kumaşın sıcaklık uygulandıktan bir dakika sonraki ve doğal olarak soğuduktan sonraki termal kamera görüntüleri



Şekil 4. 4-nolu grafensiz kumaşın sıcaklık uygulandıktan bir dakika sonraki ve doğal olarak soğuduktan sonraki termal kamera görüntüleri

Tablo V. 3 ve 4-nolu kumaşların sıcaklık dağılımları

No	100°C'deki maksimum sıcaklık	Soğuduktan sonraki maksimum sıcaklık (°C)	Sıcaktan soğuğa termal dağılım(°C)	Dağılım farkı (%)
3	60,9	33,5	27,4	$\frac{(60,9 - 33,5)}{33,5} \times 100$
4	51,6	32,5	19,1	$\frac{(51,6 - 32,5)}{32,5} \times 100$

**Şekil.3, Şekil.4** ve **Tablo.V**'teki belirtilen numune kumaşların en sıcak noktadaki termal-regülasyon dağılımlarını incelediğimizde 51,6°C'den 60,9°C'ye doğru bir ısı emilimi mevcuttur. Grafen katkıli viskon elyaf ile birlikte %18'lik bir artış olduğu görülmektedir. İki kumaşın aralarındaki ısı dağılım delta farklarını incelediğimizde ise %43'lük bir dağılım farkı oluşmaktadır.

Geliştirilen kumaşların antibakteriyel aktivitesini analiz etmek için bazı deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Grafen katkıli kumaşlar ile grafen katkısız kumaşların **Tablo.VI** ve **Tablo.VII**'de görüldüğü üzere mikrobiyolojik testlere tâbi tutulmuş, Staphylococcus aureus (Gram (+)) ve Esheria coli (Gram (-)) mikroorganizmaları kullanılmıştır.

Tablo VI. Kumaş 1 ve 2'nin yıkama öncesi ve sonrası antibakteriyel aktivite sonuçları

No	Temas süresi(24h) sonu bakteri sayısı	Mikroorganizma	Antibakteriyel Aktivite %R $=\frac{(B-A)}{B} \times 100$
1	A-1,2x10 <sup>9</sup> kob/ml	ATCC 6538 (Gram(+))	%68,09
2	B-4,7x10 <sup>9</sup> kob/ml		
1	A-5,0x10 <sup>6</sup> kob/ml	ATCC 6538 (Gram(+))	20 yıkama sonrası %99,04
2	B-5,2x10 <sup>8</sup> kob/ml		
1	A-2,0x10 <sup>9</sup> kob/ml	ATCC 25922 (Gram(-))	%67,54
2	B-6,1x10 <sup>9</sup> kob/ml		
1	A-7,6x10 <sup>8</sup> kob/ml	ATCC 25922 (Gram(-))	20 yıkama sonrası %61,03
2	B-1,95x10 <sup>9</sup> kob/ml		

Tablo VII. Kumaş 3 ve 4'ün yıkama öncesi ve sonrası antibakteriyel aktivite sonuçları

No	Temas süresi(24h) sonu bakteri sayısı	Mikroorganizma	Antibakteriyel Aktivite %R $=\frac{(B-A)}{B} \times 100$
1	A-1,6x10 <sup>9</sup> kob/ml	ATCC 6538 (Gram(+))	%66,38
2	B-4,7x10 <sup>9</sup> kob/ml		
1	A-3,5x10 <sup>6</sup> kob/ml	ATCC 6538 (Gram(+))	20 yıkama sonrası %99,33
2	B-5,2x10 <sup>8</sup> kob/ml		
1	A-1,8x10 <sup>9</sup> kob/ml	ATCC 25922 (Gram(-))	%70,49
2	B-6,1x10 <sup>9</sup> kob/ml		
1	A-7,8x10 <sup>8</sup> kob/ml	ATCC 25922 (Gram(-))	20 yıkama sonrası %60
2	B-1,95x10 <sup>9</sup> kob/ml		

## SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamında grafen katkıli elyafların kullanılması ile fonksiyonel kumaşların üretilmesi amaçlanmıştır. İçerik olarak % 1 grafen katkıli polyester ve %2 grafen katkıli viskon elyafları kullanılmış, bu içerik oranlarına göre harman karışım oranları hesaplanmış, farklı iplik ve kumaş geliştirme çalışmaları yapılmıştır. Kumaş genel karışım oranlarında %22'lik grafen viskon içeriği ile %42'lik grafen polyester içeriği çalışmaların başarılı olmasında yeterli olmuştur.

Yapılan çalışmalar neticesinde geliştirilmiş grafen katkıli ürünlerde fonksiyonel özellikler incelenmiş, bakteriostatik ve termal regülasyon özelliklerinin grafen katkıli kumaşlar ile sağlandığı kanıtlanmıştır.

Grafen katkıli kumaşlarda termal-regülasyon testi sonucunda artan bir ısı emilimi olduğu, ısı dağılım delta farklarının arttığı gözlemlenmiştir. Daha yüksek bir dağılım deltası, daha iyi bir termal regülasyon performansı anlamına gelmektedir. Bu sonuçlar bize, grafen katkıli viskon ve polyester elyafların, ısı depolama (en sıcak noktada daha yüksek bir sıcaklığa ulaşma) ve daha iyi bir termal dağılım (dağılım deltası) açısından daha hızlı ve daha yüksek bir tepkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Kumaşların antibakteriyel test sonuçlarını incelediğimizde grafen katkıli kumaşların *Shao ve arkadaşlarının*<sup>9</sup> da bahsettiği gibi iyi antibakteriyel

aktiviteye sahip olduğu görülmektedir. Grafen katkılı viskon elyaflarla yapılan kumaşları, gram (+) mikroorganizmaları ile yapılan çalışmalarda %68'lik bakteriyostatik aktivite göstermiştir. Yirmi yıkama sonrası sonuçlarını incelediğimizde ise aktivitesini artırarak %99'luk bir değere ulaşmıştır.

Grafen katkılı polyester elyaflardan üretilen kumaşları gram (+) mikroorganizmaları ile test ettiğimizde %66'lık bakteriyostatik aktivite görülmüştür. Yirmi yıkama sonrası sonuçlarını incelediğimizde ise %99'luk bir değer ile iyi bir antibakteriyel aktivite elde edilmiştir.

Grafen katkılı viskon elyaflarla yapılan kumaşları, gram (-) mikroorganizmaları ile test ettiğimizde %67'lik bakteriyostatik aktivite göstermiştir. Yirmi yıkama sonrası ise %61'lik değer ile bakteriyostatik özelliğini korumuştur.

Yine grafen katkılı polyester elyaflardan üretilen kumaşları gram (-) mikroorganizmaları ile test ettiğimizde %70'lik bakteriyostatik aktivite görülürken, yirmi yıkama sonrası sonuçları incelediğimizde %60'lik değer ile aktivitesini korumuştur. *Tian ve arkadaşları çalışmalarında*<sup>7</sup> da grafen kaplamalı ürünlerin yıkama sonrası elektriksel iletkenlik hem de UV koruma kabiliyeti üzerinde etkili olduğunu dile getirerek, grafenin kattığı özelliği yıkama sonrasında da koruduğunu dile getirmişlerdir.

Görüldüğü üzere iki farklı grafen katkılı ürünlerde de aktivite sağlanmış, yıkamalar sonrası aktivitelerini kaybetmediği gözlemlenmiştir. Şaşırtıcı bir sonuç olarak gram (+) mikroorganizmaları ile yapılan çalışmalarda yıkama sonrası aktivite azalması beklenirken, %99'luk bir tersine etkiye ulaşılmıştır.

Bu çalışma ile birlikte grafen alanında; araştırma ve laboratuvar çalışmalarının önüne geçen, katma değeri yüksek, ticari olarak sunulabilecek multifonksiyonel özellikleri ürünlerin geliştirilebileceği görülmüştür.

## TEŞEKKÜR

Kıpaş Mensucat A.Ş. Ar-Ge Merkezine katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

Cai, G., Xu, Z., Yang, M., Tang, B., Wang, X. (2017). Functionalization of cotton fabrics through thermal reduction of graphene oxide. *Applied surface science*, 393, 441-448.  
Ji, Y., Chen, G., Xing, T. (2017). Fire resistant and highly electrically conductive silk fabrics fabricated

with reduced graphene oxide via dry coating. *Mater Design*. 133, 528-535.

Karim, N., Afroj, S., Tan, S., He, P., Fernando, A., Carr, C., Novoselov, K. S. (2017). Scalable Production of Graphene-Based Wearable E-Textiles. *ACS Nano*, 11-12.

Karimi, L., Yazdanshenas, M. E., Khajavi, R., Rashidi, A., Mirjalili, M. (2014). Using graphene/TiO<sub>2</sub> nanocomposite as a new route for preparation of electroconductive, self-cleaning, antibacterial and antifungal cotton fabric without toxicity. *Cellulose*, 21(5), 3813-3827.

Mucha, H., Hofer, D., Abfal, S., Swerev, M., 2002, *Antimicrobial Finishes and Modifications*. *Melliand International*, 8, 148-151

Ouadil, B., Cherkaoui, O., Safi, M., Zahouily, M. (2017). Surface Modification Of Knit Polyester Fabric For Mechanical, Electrical And UV Protection Properties By Coating With Graphene Oxide, Graphene And Graphene/Silver Nanocomposites. *Applied Surface Science* 414, 292-302.

Shao, H., Jiang, L., Meng, W., Qing, F., 2003, Synthesis and Antimicrobial Activity of a Perfluoroalkyl-containing Quaternary Ammonium Salt. *Journal of Fluorine Chemistry*, 124, 89-91.

Tang, X., Tian, M., Qu, L., Zhu, S., Guo, X., Han, G., Sun K., Hu X., Wang Y., Xu, X. (2015). Functionalization of cotton fabric with graphene oxide nanosheet and polyaniline for conductive and UV blocking properties. *Synthetic Metals*, 202, 82-88.

Tian, M., Hu, X., Qu, L., Du, M., Zhu, S., Sun, Y., & Han, G. (2016). Ultraviolet protection cotton fabric achieved via layer-by-layer self-assembly of graphene oxide and chitosan. *Applied Surface Science*, 377, 141-148.

# İletken İplik Kullanılarak Üretilen Seamless Ürünlerin Elektromanyetik Kalkanlama Özelliğinin Ölçülmesi

KOPTUR TASAN, Perinur<sup>1</sup>, ÇÖREKCİOĞLU, Mustafa<sup>2</sup>, YILDIRIM, F. Filiz, ARAS ELİBÜYÜK, Sultan, DEMİR, Özlem,

<sup>1</sup>Ozanteks Tekstil San. ve Tic. A.Ş.,  
[perinur.koptur@ozanteks.com.tr](mailto:perinur.koptur@ozanteks.com.tr)

## AMAÇLAR

Bu çalışmada iletken özellikli iplikler (gümüş içerikli) kullanılarak elektromanyetik kalkanlama özellikli seamless tekstil ürünlerinin üretimi yapılmıştır. Bu ürünlerin elektromanyetik kalkanlama etkinliklerinin ve yıkama dayanımlarının ölçülmesi amaçlanmıştır.

## GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte teknolojik ürünlerin kullanımı artmıştır. Çevremizdeki akım taşıyan kablolar, elektrikli aletler, yüksek gerilim hatları, TV ve bilgisayarlar, radyo antenleri, cep telefonları ve diğer elektrik-elektronik ürünler elektromanyetik (EM) alan oluşturmaktadırlar ve çalışırken kasıtlı veya kasıtsız olarak çevreye elektromanyetik radyasyon yayarlar. Günlük hayatta etrafımızda bulunan elektromanyetik alanlar (EMA) insan organizmasına büyük ölçüde zarar verebilmektedir. Elektro manyetik (EM) alanın insanlar üzerinde iki tür biyolojik etkisi olduğu bilinmektedir<sup>2</sup>. Birinci kısım kısa zamanda hissedilen etkiler diye bilinen stres, uykusuzluk, migren, cilt problemleri, hafıza kaybı, kilo alımı gibi şikayetlerdir. Diğer bir etki ise moleküller ve kimyasal bağlara, hücre yapısına vücut koruma sistemine yaptığı ve uzun sürede ortaya çıkabilen etkilerdir. Kalkanlama ya da ekranlama; kart, devre ya da cihaz düzeyinde iki ortamı birbirinden elektromanyetik alanda izole etmek olarak tanımlanabilir<sup>1</sup>. Kalkanlama terimi yerine elektrik-elektronik mühendisliğinde ekranlama terimi de yaygın olarak kullanılmaktadır. Elektro manyetik dalgalar hayatımızın her alanında bulunmakta ve vücudumuzu etkilemeye devam etmektedir. Bu etkilerden vücudumuzun korunabilmesi amacı ile çeşitli ürünler kullanılmaktadır. Özel tekstil yapıları sayesinde farklı frekans aralıklarında farklı koruma etkinlik alanlarında (dB) %99'dan daha yüksek değerlerde koruma sağlanabilmektedir. Gelişen üretim teknolojileri ve malzemeler sayesinde, çeşitli kullanım alanlarına göre özel tekstil yüzeyleri üretilmektedir. Ekranlama amacı ile kullanılacak malzeme iyi elektrik iletkenliğine sahip olmalı (dalgaların malzemeye nüfuzunu minimize etmek için) ve yüksek manyetik geçirgenliğe sahip olmalıdır. İletken iplikler, iletken filamentlerden, kesikli iletken liflerden, iletken lif veya tellerin iletken olmayan tekstil lifleri ile birlikte

eğrilmesinden elde edilebilmektedir. Ayrıca iletken olmayan ipliklerin, iletken metal malzemelerle sarılması ile de iletken tekstiller üretilmektedir. İletken kumaşlar ise, yapılarında iletken ipliklerin veya tellerin kullanılması ile, kumaşın iletken malzemelerle kaplanması veya muamele edilmesi ile elde edilmektedir. Metalik iplikler, iletken olmayan bir ipliğin bakır, gümüş veya altın tel veya folyo gibi metalik bir malzeme ile birlikte sarılmasıyla elde edilebilmekte ve ayrıca iletken tekstillerin üretilmesinde kullanılabilir<sup>1</sup>.

Bu çalışmada da iletken olmayan bir ipliğin gümüş ile kaplanması ile oluşturulan iletken özellikli iplikler kullanılarak seamless ürünler üretilmiş ve elektromanyetik kalkanlama özellikleri test edilmiştir.

## DENEYSEL

### Malzeme

Elektromanyetik kalkanlama özellikli seamless ürünlerin üretiminde, gümüş içerikli Frescura ve elastan iplikler kullanılmıştır.

### Yöntem

Santoni M-8 dikişsiz örgü makinesi ile seamless ürünlerin örme işlemleri yapılmıştır.

Bitim işlemleri sırasında yıkama dışında herhangi ekstra bir işlem uygulanmamıştır.

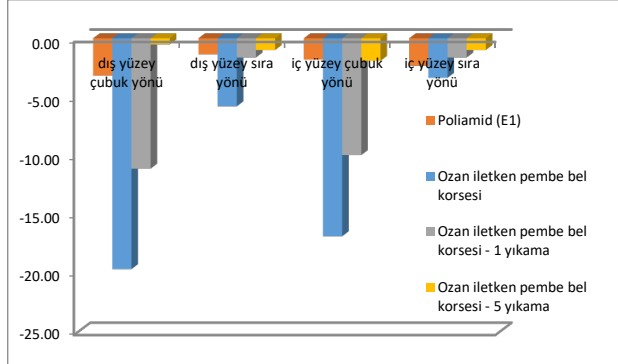
Ürünlerin çoklu yıkama testleri ISO 6330 evsel yıkama ve kurutma prosedürü kapsamında yapılmıştır.

Tekstil ürünlerinin elektromanyetik kalkanlama etkinlikleri in-house bir yöntemle test edilmiştir.

Elektromanyetik kalkanlama analizi sırasında sinyal üreticisi antenden 20 dbm'lik 1 Ghz'de sinyal üretilir ve bu sinyalin diğer antenden alındığı değer kaydedilir. Bu sayede verilen ve alınan sinyal arasındaki değerler ölçülerek kumaşın ne kadar kalkanlama sağladığı görülmüş olur.

## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

İn-house olarak geliştirilen test yöntemi ile seamless ürünlerin elektromanyetik kalkanlama değerleri ölçülerek hesaplamalar yapılmış ve aşağıdaki grafik oluşturulmuştur.



Şekil 1: Poliamid ve iletken iplik içeren (ozan iletken pembe bel korsesi) seamless ürünlerin elektromanyetik kalkanlama değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 1’de (-) yönde görülen artış; elektromanyetik kalkanlama özelliğinin arttığını göstermektedir. Yani tekstil ürününün, gönderilen elektromanyetik dalgayı ne kadar azalttığı yönünde gösterilmektedir. Ürünlerin çubuk ve sıra yönüne ek olarak iç ve dış yüzeyleride test edilmiştir.

Şekil 1 incelendiğinde; iletken ipliklerle üretilen kumaşların (ozan iletken pembe bel korsesi) poliamid kumaşlara göre elektromanyetik kalkanlama özelliği olduğu görülmüştür.

#### GENEL SONUÇLAR

Gümüş içerikli ipliklerden üretilen seamless ürünlerin elektromanyetik kalkanlama özelliği sağladığı görülmüştür. Seamless ürünlerin çubuk yönünün sıra yönüne oranla daha yüksek elektromanyetik kalkanlama gösterdiği gözlemlenmiştir.

Çoklu yıkamalar sonrası seamless ürünlerde kalkanlama özelliğinde belirgin bir azalma gözlemlenmiştir.

#### SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Devam eden çalışmalarda farklı örgü tipleri denenerek, bu farklılığın elektromanyetik kalkanlama üzerindeki etkisi araştırılacaktır.

#### TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Bu çalışma, Ozanteks Tekstil Ar-Ge merkezi tarafından, 20SU03 özkaynak proje numarası ile desteklenmiştir.

#### KAYNAKLAR

1. Bedeloğlu A., Sünter N., Bozkurt Y., Elektriksel olarak iletken tekstil yapıları üretim yöntemleri ve kullanım alanları Tekstil ve Mühendis Dergisi, 79 (2010) Cilt 17 sayfa 1-37

2. Palamutcu, S., Dağ, N., 2009: Fonksiyonel Tekstiller I: Elektromanyetik Kalkanlama Amaçlı Tekstil Yüzeyleri. Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt.3, no.1, s 87-101.

3. Sevgi L. (2000). Elektromanyetik uyumluluk elektromanyetik kirlilik EMO İstanbul Tübitak-Mam Teknolojik işbirliği dergisi, Nisan 2000

4. Yağız, Abdulkadir. Çözgülü örme tekniği ile üretilmiş Askeri araç kamuflajlarının Elektromanyetik Dalgalara karşı Kalkanlama özelliklerinin geliştirilmesi. Diss. Marmara Üniversitesi (Turkey), 2019.

5. Sevgi, L. 2004 : EMC ve Korunma Yöntemleri : (I) Ekranlama. *Endüstri&Otomasyon*, retrieved December 28, 2009

6. Türksoy E.S., Üstündağ S., Sarıtaş Ö., Saraçoğlu Ö.G., "Tekstil Malzemelerinin Elektromanyetik Kalkanlama Etkinliği Ölçümünde Yenilikçi Bir Test Aparatı", Tekstil ve Mühendis, cilt.22, ss.15-26, 2015

ORCID:

KOPTUR TASAN Perinur:

<https://orcid.org/0000-0001-9052-1763>

ÇÖREKCİOĞLU Mustafa:

<https://orcid.org/0000-0001-7976-6049>

YILDIRIM F. Filiz:

<https://orcid.org/0000-0003-3490-8538>

ELİBÜYÜK Sultan ARAS:

<https://orcid.org/0000-0002-1866-6332>

DEMİR Özlem:

<https://orcid.org/0000-0003-1505-2164>

# Polipropilen Tekstil Atıklarının Geri Dönüşümü ve Geri Dönüşüm Döşemelik Kumaş Üretilmesi

KEBABCI Mustafa<sup>1</sup>, TORSUN Mahir<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Kadifeteks Mensucat San. A.Ş.

[mustafa.kebabci@kadifeteks.com](mailto:mustafa.kebabci@kadifeteks.com)

## AMAÇLAR

Bu projenin amacı polipropilen iplik atıkları ve %100 polipropilen iplikten üretilen kumaş atıklarının geri dönüştürülerek, bu dönüşümden yeniden iplik oluşturup, bu ipliklerle döşemelik kumaş üretilmesidir. Bu sayede daha çevreci bir üretim gerçekleştirmek hedeflenmektedir.

## GİRİŞ

Artan dünya nüfusu, artan teknolojik gelişmeler ve nitelikli ürün ihtiyacı dünyadaki toplam lif üretimini ve tüketimini artırmaktadır. Doğal liflerin ihtiyaçları tam olarak karşılayamamasından dolayı yapay liflere olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Doğal lifler içerisinde pamuk, yün, keten toplam lif üretiminde önemli yer tutarken, yapay liflerden polyester, poliamid, akrilik ve polipropilen (PP) üretimleri gün geçtikçe artmaktadır.<sup>1</sup> Sınırlı kaynaklardan ve çevre bilincinin artmasından dolayı geri dönüştürülmüş lifler de son yıllarda üretilmeye başlanmıştır. Tekstilde geri dönüştürülmüş lifler içerisinde polyester önemli yer tutarken geri dönüşüm polipropilen liflerin (rPP) döşemelik kumaş sektöründe kullanımı söz konusu değildir. Yarınlar daha yaşanabilir bir çevre bırakmak için AB hedefleri doğrultusunda karbon ayak izinin azalması planlanmaktadır.<sup>2</sup> Bu planlamaya uymak için geri dönüşümden yapılmış malzeme kullanımı günden güne artması beklenmektedir. Nihai kullanıcılardan geri dönüşüm hammadde ile üretilmiş ürünlere taleplerin artması üreticileri bu noktada yatırım ve çalışma yapmaya zorlamaktadır.

Son yatırımlar ile birlikte Kadifeteks'in polipropilen iplik üretim kapasitesi 120 ton/ay değerini bulmaktadır. Bu üretim esnasında ilk üretim, renk değişikliği, hatalı üretim vs gibi nedenler ile yaklaşık %2-5 oranında hatalı ürün ortaya çıkmaktadır. Bu da yaklaşık 3-5 ton/ay hatalı iplik üretimine tekabül etmektedir. Bunların haricinde diğer iplik üretim aşamalarında ve kumaş üretimi esnasında kesilen kenar saçak iplikleri nedeniyle üretim esnasında atıklar oluşmaktadır. Bu miktarın geri dönüştürülmesi dolayısıyla hem çevreye hem de ülke ekonomisine katkı sağlanacaktır.

Türkiye polipropilen cips tedariki konusunda dışa bağımlı bir ülkedir. İthalatın ihracatı karşılama oranı %1'dir. Bu nedenle oluşan teleflerin geri kazanılması hayati öneme sahiptir.<sup>2</sup>

Firmamızda şu ana kadar geri dönüşüm PP çalışmaları olmadığı için üretim esnasında oluşan telefler başka sektörlerde çalışan firmalara satılmaktaydı.

Yapılan ön çalışmalarda bu telefler düzenli toplandığı zaman geri dönüşüm makineleri kullanılarak PP ipliğin hammaddesi olan cips haline getirilebileceği öngörülmüştür. Üretilen bu cipslerle firmamızda %20 geri dönüşüm %80 virjin polipropilen olacak şekilde karıştırarak iplikler üretilmiştir. Bu ipliklerden yaygın olarak kullanılan 5 desen seçilmiş, bu 5 desenden virjin ve geri dönüşüm kumaşlar dokunmuş ve döşemelik kumaş testleri yapılarak kıyaslaması yapılmıştır.

## DENEYSEL

### Malzeme

1. Geri dönüşümü yapılmış cipten %20 recycle ve %80 virjin PP karışımından iplikler üretilmiştir.
2. %100 virjin PP cips kullanılarak iplikler üretilmiştir.

Yukarıda bahsedilen 2 farklı karışımla aynı numarada iplikler üretilerek, bu ipliklerin test değerlerine bakılmıştır. Bu iplikler yaygın olarak kullanılan 5 desende çözümlü sıklığı 7 tel/cm, atkı sıklığı 5 ve 7 atkı/cm olan bez ayağı ve dimi örgüdeki desenler, virjin ipliklerden üretilmiş çözümlüde, yukarıda bahsedilen iplikler atkı olarak kullanılarak dokunmuştur.

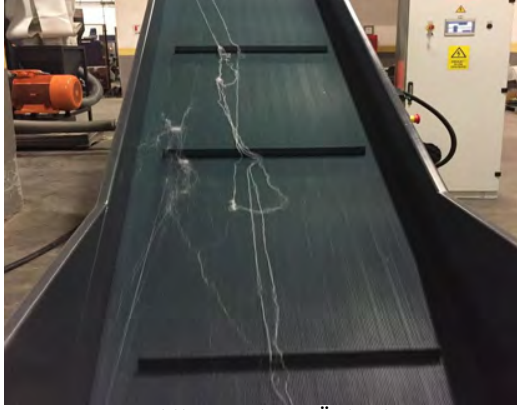
### Yöntem

Polipropilen içyapısında yüksek kristalin oranına sahip olduğundan dolayı iplik haline getirildikten sonra boyanmamaktadır. Bu yüzden polipropilen iplik üreticileri masterbatch boyama yöntemini tercih ederek, melt spinning (eriyikte eğirme) yöntemi ile iplik üretimi sırasında cips ile beraber boyarmadde, UV önleyici vs gibi yardımcı maddeleri de beslemektedir. İşlem sırasında yardımcı maddeler ile PP arasında kimyasal bir bağ oluşmamakta, fiziksel bir bağ yapmaktadır.<sup>3</sup>

Bu çalışmamızın en kritik noktası PP tekstil atıklarından recycle cips üretebilmektir. Şu ana kadar yapmış olduğumuz çalışmalarda geri dönüşüm makinesi üreten bir firma bünyesinde üretimi

tamamlanmış PP geri dönüşüm makinesinde, Kadifeteks'te üretim esnasında oluşan PP tekstil atıklarından geri dönüşüm çips üretimi sağlanmıştır Üretimi gerçekleştirilen makine 7 farklı üniteden oluşmaktadır.

#### 1- Besleme Ünitesi



Şekil 1. Besleme Ünitesi

Makineye geri dönüştürülmek istenen iplikler konveyör bant sistemiyle çalışan bölüme elle beslenir.

#### 2- Parçalama/Kırma Ünitesi



Şekil 2. Parçalama/Kırma Ünitesi

Beslenen iplikler kırma ünitesinde Şekil 2'de görülen parçalama ve kırma ünitesinde küçük parçalara ayrılır.

#### 3- Eritme ve Ekstrüzyon Ünitesi



Şekil 3. Eritme ve Ekstrüzyon Ünitesi

Küçük parçalar ayrılan iplikler eritildikten sonra tekrardan ekstrüdere pompalanır. Ekstrüder içinde eriyiğin iyice karıştırılması sağlanmış olur.

#### 4- Kesme Ünitesi



Şekil 4. Kesme Ünitesi



Ekstrüder sonrası eriyikler düzelerden geçirildikten sonra kesme ünitesinde granül olmak üzere istenilen boyutlarda kesilir.

#### 5- Soğutma Ünitesi



Şekil 5. Soğutma Ünitesi

Kesilen granüller Şekil 5'te görülen soğutma ünitesinden geçirilir. Soğutma ünitesinde soğutma işlemi su ile sağlanmaktadır.

#### 6- Depolama Ünitesi

Su ile soğutulan granüller depolamak üzere siloya sevk edilir, depolama ünitesinde çuvalara doldurulan granüller geri dönüştürülmek üzere depolanır.

#### 7- Kontrol Ünitesi



Şekil 6. Kontrol Ünitesi

Kontrol ünitesinde bulunan monitör sayesinde makinenin tüm parametreleri kontrol altında tutulmakta ve istenildiğinde değiştirilmektedir.

Polipropilenin eriyikten üretilmesi sırasında işlem basamakları;

Besleme ve dozajlama

Ekstrüzyon

Metraj ve pompalama

Yağ tankı ve düzeler

Soğutma kabini

Yağlama

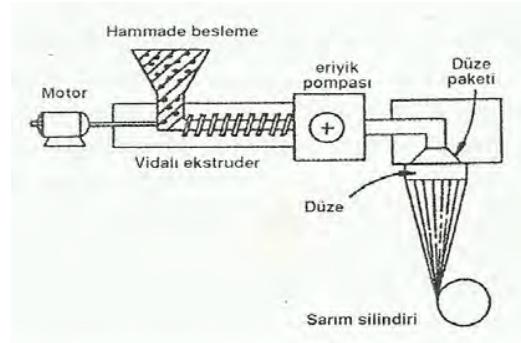
Çekim (sündürme)

Tekstüre işlemi (isteğe bağlı)

Puntalama (isteğe bağlı)

Sarım<sup>4</sup>

Eriyikten lif çekme şematik olarak şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Eriyikten Çekme Yöntemi<sup>5</sup>

rPP iplik üretimi firmamız bünyesinde 300 denye olarak üretilmiştir. Üretilen rPP ipliklere daha sonra tekstüre işlemi yapılarak 1300 denye iplik üretilmiştir. Tekstüre işlemi genel anlamda, sıkı ve paralel bir biçimde düzenlenmiş kesiksiz sentetik filamentlerin doğal lif görünüm ve tutumuna benzetilebilmesi için çeşitli kimyasal, mekanik veya ısıl işlemlerin uygulanması ile daha açık ve hacimli bir yapıya dönüştürülmesi işlemi olarak tanımlanabilmektedir. Dolayısıyla tekstüre işlemi ile filamentler, daha fazla hacim, daha fazla elastikiyet ve uzama yeteneği, daha yüksek mukavemet, daha fazla ısı alma yeteneği, daha fazla nem alma yeteneği ile hava geçirgenliği gibi özelliklere sahip olurlar. Bununla birlikte daha yumuşak tutuma sahip liflerin elde edilerek kullanıcının istediği özelliklere ulaşılmış olmaktadır.<sup>6</sup>

Tekstüre işlemlerinde 3 temel basamak bulunmaktadır. Bu işlem basamakları,

1. Filamentlerin ısıtılması,
2. Tekstüre özelliğinin verilmesi,
3. Verilen özelliğin fikse edilmesi şeklinde sıralanmaktadır.

Bu işlem de firmamız bünyesinde SSM hava tekstüre makinası ile yapılmıştır. İpliklerin üretimi tamamlandıktan sonra bu ipliklere bazı fiziksel testler uygulanmıştır.

Tablo 1. İpliklere Uygulanacak Testler

Testin Adı	Test Standardı
İplik İnceliği Tespiti	BS EN ISO 2060
Mukavemet Uzama (eN-%) Testi	BS EN ISO 2062

Yapılan bu testler firma bünyesinde üretilen regüle iplik testleri ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 2. üretilen 300 denye ipliklerin test değerleri

Recycle 300	Virgin 300	Recycle 300
NUMARA	310 TD	317
NUMARA CV	2,19	2,17
MUKAVEMET	8,57	10
MUKAVEMET CV	1,96	2,61
KOPMA UZAMA	25,64	39
KOPMA UZAMA CV	7,66	15

Tablo 3: üretilen 1300 denye ipliklerin test değerleri

	Recycle 1300	Virgin 1300
NUMARA	1372	1367
NUMARA CV	0,92	1,2
MUKAVEMET	31,25	33
MUKAVEMET CV	1,52	1,5
KOPMA UZAMA	44,71	52
KOPMA UZAMA CV	27,27	30

Dokunan kumaşlara firmamızda uygulanan terbiye işlemleri yapıldıktan sonra aşağıda belirtilen ve döşemelik kumaş sektöründe yaygın olarak kullanılan fiziksel testler uygulanmıştır.

Tablo 4. Kumaşlara Uygulanan Testler ve standartla numaraları

Testin Adı	Test Standardı
Kumaş Gramajı	ISO 3801
Aşınma Dayanımı	ISO 12947-2
Dikiş Açma	ISO 13936-2
Yırtılma Mukavemeti	ISO 13937
Boncuklanma (Pilling)	ISO 12945-2
Kopma Mukavemeti ve Uzaması	TS EN ISO 13934-1

Tablo 5. Kumaşlara Uygulanan testler ve sonuçlar

Desen Adı	Gra maj	Martin dale	Bon cukl ama	Bru sh Pilli ng	Dik iş Aç ma	Yırtılma Mukava meti
Kumaş 1 (Orijinal)	266	20000	5	5	3,2/3,2	81/72
Kumaş 1 (Recycle)	269	20000	5	5	3,1/2,9	81/64
Kumaş 2 (Orijinal)	282	18000	5	5	3,8/3	148/146
Kumaş 2 (Recycle)	286	14000	5	5	3,4/4,2	152/122
Kumaş 3 (Orijinal)	285	18000	5	5	3,2/2,9	99/109
Kumaş 3 (Recycle)	284	18000	5	5	3,6/3	109/93
Kumaş 4 (Orijinal)	285	18000	5	5	3,1/3,8	145/156
Kumaş 4 (Recycle)	282	18000	5	5	3,2/3	148/123
Kumaş 5 (Orijinal)	266	18000	5	5	4,3/3,3	110/96
Kumaş 5 (Recycle)	269	14000	5	5	3,8/2,9	106/82

#### DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Üretilen 300 denye ipliklerin test sonuçları incelendiğinde;

Numara ve Numara CV değerlerinin birbirlerine çok yakın olduğu ve kabul sınırlarının içinde olduğu görülmektedir. Numara sonuçları yaklaşık aynı olmasına rağmen recycle karışımı iplikte mukavemet ve kopma uzama değerleri daha düşük çıkmıştır. Bu

sonuç Incarnato ve arkadaşlarının yaptığı çalışma ile de uyumludur<sup>7</sup>. 1300 denye iplikler 4 adet 300 denye ipliğin hava tektüre makinesinde pozitif besleme yapılarak üretilmiştir. Üretilen bu ipliklerin test sonuçları incelendiğinde;

Numara ve Numara CV değerlerinin birbirlerine çok yakın olduğu ve kabul sınırlarının içinde olduğu görülmektedir. Numara sonuçları yaklaşık aynı olmasına rağmen recycle karışımı iplikte mukavemet ve kopma uzama değerleri daha düşük çıkmıştır. Ancak mukavemet değerindeki düşüş 300 denye ipliklere göre 1300 denyede daha sınırlı olmuştur. 300 denye ipliklerdeki yüzde 14'lük olan düşüş, 1300 denye de yüzde 5 değerine gelmiştir. Bu azalmanın, ipliklerin birleştirilmesi ve pozitif beslemenin etkisi ile olduğu düşünülmektedir. Ayrıca bu mukavemet değerindeki düşüş kumaş fiziksel özelliklerine ciddi bir etki göstermemiştir.

Üretilen kumaşlara yapılan test sonuçları incelendiğinde;

300 denye ve 1300 denye ipliklerdeki numara varyasyonu düşük olması neticesinde kumaşların gramajlarında ciddi bir değişiklik olmamıştır. Boncuklanma ve brush pilling değerleri her iki kumaşta da farklılık göstermemiştir. Dikiş açma ve yırtılma mukavemeti testlerindeki farklılıklar kabul sınırları içindedir. Abrasyon testleri açısından düşündüğümüz de bez ayağı desenlerinde sıkı bir yapıya sahip olması nedeniyle test sonuçlarında herhangi bir farklılık görülmemiştir. Dimi örgü ile üretilen kumaşlarda çözgü iplikleri kumaş yüzeyinde daha yoğun olduğunda abrasyon değeri açısından farklılık görünmemesine rağmen atkı ipliklerinin kumaş yüzeyinde daha görünür olduğu durumlarda atkıda abrasyon değerinin düştüğü görülmüştür. Bu durum iplik mukavemet test değerleri ile birlikte değerlendirildiğinde anlamlıdır.

## GENEL SONUÇLAR

Karbon ayakizi azaltılması çalışmaları ve yarınlara yaşanabilir bir çevre bırakmak için geri dönüşüm malzeme kullanmanın önemi günden güne artmaktadır. Döşemelik kumaş sektöründe geri dönüşüm PP kullanılarak ürünler üretilmesi ilk çalışmalardandır. PP tekstil atıklarının geri dönüştürülerek döşemelik kumaş üretilip kullanılabilceği anlaşılmıştır.

## SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Bu konu ile alakalı olarak ileriye doğru yapılması gereken çalışmalar;

- 1) İplik karışım oranındaki recycle malzeme oranının %20'den daha fazla kullanmaya çalışmak ilk etapta %50 oranı ile kumaş üretmek sonra da %100 recycle kullanarak döşemelik kumaş üretmek hedeflerimizdendir.

- 2) Üretim yaptığımız sektörde renk tekrarlanabilirliği çok önemlidir. Bu tekrarlanabilirliği arttırmak için mekanik geri dönüşümün dezavantajlarını bertaraf etmek için kimyasal geri dönüşüm çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Bu sayede tekstil atığının içindeki tüm boyarmadde ve yardımcı kimyasallar alınarak şeffaf hale getirilecektir.

## KAYNAKLAR

1. Kebabcı, M. 2015. "The effect of drawing ratio and cross-sectional shapes on the properties of polypropylene cf and bcf yarns", Tekstil ve Mühendis, 22 , 100,46-53
- 2."AB, 2050 yılına kadar iklime zararsız olmayı hedefliyor: Komisyon, Avrupa İklim Paketi'na danışarak Avrupa İklim Yasası yapılmasını öneriyor".[https://ec.europa.eu/cyprus/news/20200304\\_1\\_tr](https://ec.europa.eu/cyprus/news/20200304_1_tr) , Son Erişim Tarihi:01 Mayıs 2021
3. Ugbolue, C.O.S. 2009. "Polyolefin Fibers Industrial and Medical Applications" Woodhead Publishings in Textiles, Cambridge.
4. Uskaner, Y.A. 2006 "Polipropilen, Polyester ve Polyamid BCF ve FDY İplik Üretim Sistemleri", Güncel Gelişmeler Çerçevesinde İplik ve Terbiye Sistemleri.
5. Demir, A. 2006 " Sentetik Filament İplik Üretim ve Tekstüre Teknolojileri", Şan Ofset.
6. ÖZKAN, S. 2008, "Filament Kesit Şeklinin, Sayısının ve Lineer Yoğunluğunun POY ve Tekstüre İplik Özelliklerine Etkisi", Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s. 291
7. Incarnato I. Scarfato P. and Acierno D. 1999 Polymer Engineering And Science, Vol. 39, No. 4 741-755

# GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ İPLİKLERDEN ÜRETİLMİŞ FLANNEL KUMAŞLARIN HASLIK VE BOYUTSAL STABİLİTE DEĞERLERİNİN İNCELENMESİ

YILDIRIM, F. Filiz<sup>1</sup>, GELGEÇ, Esra<sup>1</sup>, AKKAYA, Halil<sup>1</sup>, YUMRU, Şaban<sup>1</sup>, ÇÖREKCİOĞLU, Mustafa<sup>1</sup>, ATEŞ, Selahattin T.<sup>2</sup>, KÜÇÜKER ÇALHAN, Melike<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ozanteks Tekstil San ve Tic. A.Ş., <sup>2</sup>DOK-SAN Denizli Dokuma San ve Tic. A.Ş.  
[filiz@ozanteks.com.tr](mailto:filiz@ozanteks.com.tr)

## AMAÇLAR

Kumaşların geri dönüştürülmesi ve tekrar kullanılması sürdürülebilirlik açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmada geri dönüştürülmüş ipliklerden üretilmiş flannel kumaşların gördükleri farklı işlemler sonrasında sergiledikleri haslık ve boyutsal stabilite değerleri incelenmiştir.

## GİRİŞ

Sanayileşmenin hız kazanması sonucunda kaynakların tüketimi ve atık üretimi hızla artmıştır. Bu nedenle pek çok ülke ve devlet gelecekte büyük bir felakete karşılamak için gerekli önlemleri şimdiden alabilmek için “sürdürülebilirlik” kavramına önem vermeye başlamıştır<sup>2</sup>. Sürdürülebilirlik kavramı ilk defa 1972 yılında literatüre kazandırılmış ve 4 temel boyutta incelenmiştir. Ekonomik, sosyal, çevre ve teknolojik dönüşüm 4 temel sürdürülebilirlik boyutu olarak sayılabilir<sup>14, 20</sup>. Tekstilde sürdürülebilirlik dendiğinde doğal hammadde kullanımı, atıkların azaltılması, uzun ömürlü ürün üretimi ve geri dönüşüm gibi konular akla gelmektedir<sup>18</sup>. Geri dönüşüm kullanılan ürünlerde yeni ürünler elde edilmesini kapsamaktadır<sup>20</sup>.

Geri dönüştürülmüş liflerden üretilmiş dokuma ve örgü kumaşlar ve bu kumaşların fiziksel özelliklerinin incelenmesi ile ilgili çalışmalar görmek mümkündür<sup>3,6,7,8,9,11,12,15,16</sup>. Bu çalışmalarda kumaşların fiziksel ve kimyasal özellikleri original liflerin özellikleriyle karşılaştırılmıştır<sup>1,3-13,15-17,19</sup>. Bu özelliklerden bazıları ısı konfor özellikleri, kuruma davranışları, kopma mukavemeti, sürtme haslığı değerleri, hava geçirgenliği, boyut değişimi tayini, eğilme rijitleri değerleri olarak sayılabilir<sup>1,3-13,15-17,19</sup>. Bu çalışmada, geri dönüştürülmüş pamuk ve polyester ipliklerinden üretilen kumaşların farklı terbiye şartları altında sergiledikleri boyutsal değişim ve haslık değerlerinin incelenmesi sağlanmıştır.

## DENEYSEL

### Malzeme

Çalışma kapsamında 150g/m<sup>2</sup> %20 Recycle Polyester, %80 Recycle pamuk içerikli flannel kumaş kullanılmıştır. Kumaşlar kasarlanmamış, kasar

işlemden geçirilmiş, sadece yıkama işleminden geçirildikten sonra pigment baskı tekniği ile basılmıştır.

## Yöntem

Kumaşlar üç farklı proses kullanılarak üretilmiştir. Kumaşlara pH, yıkama haslığı (ISO 105-C06), yaş ve kuru sürtme haslığı (ISO 105 X12) ve boyutsal stabilite (AATCC 135) testleri uygulanmıştır.

## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Numunelere işlemlerden sonra performans değerlerinin anlaşılabilmesi için haslık ve boyutsal stabilite testleri uygulanmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Numunelere ait haslık değerleri

Numuneler	pH Testi	Yıkama Haslığı	Sürtme haslığı		Boyutsal Stabilite (Çekmezlik)	
			Yaş	Kuru	En	Boy
Kasarsız baskılı kumaş	7	4-5	4	4-5	1,2	7,2
Halat yıkamalı baskılı kumaş	7	4-5	4	4-5	1,4	7
Kasarlı baskılı kumaş	7	4-5	4	4-5	0,7	6

Tablo 1’den görüldüğü gibi kumaşların pH değerleri uygulanan işlemlerden etkilenmemiştir. pH değeri nötr değerlerde çıkmıştır. Kumaşların yıkama ve sürtme haslığı değerleri de proseslerden kötü etkilenmemiştir. Kumaşların yıkamadan sonra en ve boyda çekme değerleri incelendiğinde kasarsız işlem yapılmış kumaşların boydan diğer kumaşlara göre daha fazla çektiği görülmektedir. Bu durum kumaşların bir yıkama veya kasar işleminden geçmemesinden kaynaklanmaktadır.

- YILDIRIM, F. Filiz, (0000-0003-3490-8538)
- GELGEÇ, Esra, (0000-0001-7999-5757)

- AKKAYA, Halil, (0000-0001-8320-7039)
- YUMRU, Şaban, (0000-0001-9102-6078)
- ÇÖREKCİOĞLU, Mustafa, (0000-0001-7976-6049 )  
ATEŞ, Selahattin T., (0000-0002-9396-3329)
- KÜÇÜKER ÇALHAN, Melike (0000-0002-9519-0286)

## GENEL SONUÇLAR

Sanayileşmenin hız kazanması sonucunda artan kaynak tüketimi ve atık üretimi “sürdürülebilirlik” kavramının önem kazanmasına sebep olmuştur. Bu çalışmada geri dönüştürülmüş pamuk ve polyester iplikleri kullanılarak üretilmiş flannel kumaşların gördüğü işlemler sonucunda sergiledikleri haslık ve boyutsal stabilite değerleri incelenmiştir. Genel olarak yapılan kasarsız baskı işleminin boyutsal stabilite değerlerini bir miktar kötü etkilediği fakat yıkama, sürtme haslığı ve boyutsal stabilite değerlerinin değişmediği görülmüştür.

## TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Bu çalışma, Ozanteks Tekstil Ar-Ge merkezi ve DOKSAN Denizli Dokuma Ar-Ge Merkezi tarafından işbirlikli olarak gerçekleştirilmiş, 20SU01 özkaynak proje numarası ile desteklenmiştir. Ayrıca, bu çalışma, 119C070 nolu TÜBİTAK 2244 Sanayi Doktora Programı kapsamında sürdürülebilir ürünler geliştirilmesine destek vermektedir.

## KAYNAKLAR

1. Bairagi, N., 2017. Recycling of Post-consumer Apparel Waste in India: Channels for Textile Reuse, Journal of Textile Science & Engineering, 8(1), 1-3. DOI:10.4172/2165- 8064.1000331.
2. Curteza, A., 2012, Sustainable Textiles, Technical University of Iasi, Faculty of Textiles -Leather and Industrial Management, Romania. [http://www.2bfuntex.eu/sites/default/files/material/s/Sustainable%20textiles\\_Antonela%20Curteza.pdf](http://www.2bfuntex.eu/sites/default/files/material/s/Sustainable%20textiles_Antonela%20Curteza.pdf) Son erişim; 15.04.2021
3. Celep, G., Yüksekaya, M.E, 2012, Geri dönüşüm liflerden ve orijinal liflerden üretilen battaniyelerin ısı konfor özelliklerini incelenmesi, I. Ulusal Geri Kazanım Kongre ve Sergisi, Uşak-Türkiye 157.
4. Doba Kadem, F., 2016. Sürdürülebilir Bir Yaklaşım: Denim Sektöründe Pamuk Atıklarının Geri Dönüşümü Üzerine Bir Çalışma, 12. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi (UKMK 2016), 23-26 Ağustos 2016, İzmir.
5. Doba Kadem, F., Özdemir, Ş., 2019 Denimde Geri Dönüşüm Uygulamaları-Tüketici Sonrası Geri Dönüşüm (Post-Consumer Re-Cycle), Ulusal Çukurova Tekstil Kongresi UÇTEK'2019 26-27 Eylül 2019, 501-508, Adana.

6. Duru P.N., Babaarslan O., 2003 Text. Res. J. 73(10) 907-911.
7. El-Nouby G.M. J., (2007), Appl. Sci. Res. 3(10) 972-976.
8. Halimi M.T., Hassen M.B., Azzouz B., Sakli F. J., 2007, Text. Inst. 98(5) 437-442.
9. Inoue M., S. Yamamoto, 2004 Journal of Textile Engineering 50(2) 25-30.
10. Kadem, F. D., & Özdemir, Ş. Tüketici Sonrası Geri Dönüştürülen Denim Kumaşların Seçilmiş Konfor Özellikleri Üzerine Bir Çalışma. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 35(2), 379-388.
11. Kaplan S., Göktepe Ö., 2006 Fibres Text. in East. Eur.14(3) 58-62.
12. Kondo, M., Kobayashi Sen'i Gakkaiishi S. Y. (1997), 53(2), 67-70. 112
13. Kurtoğlu Necef, Ö., Seventekin, N., Pamuk, M., 2013, Hazır Giyim Sektöründeki Kumaş Kırıntılarının Geri Dönüşümü Üzerine Bir Çalışma, Tekstil ve Konfeksiyon, 23(3), 286.
14. Mangır, A. F., 2016, Sürdürülebilir Kalkınma İçin Yavaş ve Hızlı Moda. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi, 19(41. YIL ÖZEL SAYISI), 143-154.
15. Pınarlık, G., Şenol, M.F., 2012, İkinci kullanım tekstil liflerinden yapılan open end rotor ipliklerinin özellikleri, I. Ulusal Geri Kazanım Kongre ve Sergisi, Uşak-Türkiye 169.
16. Tayyar A.E., Üstün Çetin S., 2012, R-Pet elyaftan üretilen dokusuz yüzey kumaşların ısı özellikleri, I. Ulusal Geri Kazanım Kongre ve Sergisi, Uşak-Türkiye 23.
17. Tölek, Ş., Doba Kadem, F., 2017. An Experimental Evaluation About Drying Behavior of Sustainable Denim, 16. Uluslararası Tekstil Teknolojisi ve Kimyasındaki Son Gelişmeler Sempozyumu, 4-6 Mayıs 2017, 105, Bursa.
18. Uludağ Tekstil İhracatçıları Birliği Ekolojik ve Sürdürülebilir Tekstiller Raporu, Mart 2020, <https://uib.org.tr/tr/kbfile/ekolojik-ve-surdurulebilir-tekstiller-raporu> Son erişim; 15.04.2021
19. Wangcheng L., Shuyan L., Liu, T., Liu, T., Zhang, J., Liu, H., 2019. Eco-friendly Postconsumer Cotton Waste Recycling for Regenerated Cellulose Fibers, Carbohydrate Polymers, 206(2019), 141-148.
20. Yücel, S., & Tiber, B., 2018, Hazır Giyim Endüstrisinde Sürdürülebilir Moda. Tekstil ve Mühendis, 25(112), 370-380.

# SURFACE MODIFICATION OF TEXTILES BY MEVVA ION IMPLANTATION AND PROVIDING UV PROTECTION AND HYDROPHOBIA ABILITIES

*Akpek, Ali<sup>1</sup>*

1. Biyomühendislik Bölümü, Gebze Teknik Üniversitesi, Gebze Kocaeli, Türkiye  
[aliakpek@gtu.edu.tr](mailto:aliakpek@gtu.edu.tr)

## ABSTRACT

In this study, water vapour permeability, wrinkle recovery, UV Protection, contact angle and radiation absorbance of ion implanted Polyester (PES) fabrics were investigated. In order to achieve this goal; our Metal Vapor Vacuum Arc (MEVVA) source implanted Pb, Ag, Ag+N, Ti+O and Cr+O to the PES fabrics with  $5 \times 10^{16}$  ion/cm<sup>2</sup> and 30 kV acceleration voltage. The test results were compared with unimplanted PES fabric. The results indicated that UV Protection and contact angle values increased significantly and also almost no change observed at water vapour permeability and wrinkle recovery. This results depended on to the used ion species.

## REFERENCES

- [1] T. Öktem, I. Tarakcıoğlu, E. Özdoğan, A. Öztarhan, E.S. Namlıgöz, A. Karaaslan, Z. Tek, Modification of friction and wear properties of PET Membrane fabrics by MEVVA ion implantation, *Materials Chemistry and Physics* 108 (2008) 208–213
- [2] T. Öktem, E. Özdoğan, S. E. Namlıgöz, A. Öztarhan, Z. Tek, I. Tarakcıoğlu, A. Karaaslan TUBITAK Textile Research Center, Izmir, Investigating the Applicability of Metal Ion Implantation Technique (MEVVA) to Textile Surfaces, *Textile Research Journal* 2006; 76; 32
- [3] J.M. Colwell, E. Wentrup-Byrne, J.M. Bell, L.S. Wielunski, *Surf. Coat. Technol.* 168 (2003) 216–222.
- [4] P. Cottin, R.A. Lessard, E.J. Knystautas, S. Roorda, *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B: Beam Inter. Mater. Atoms* 151 (1999) 97–100.
- [5] S. Ge, Q.Wang, D. Zhang, H. Zhu, D. Xiong, C. Huang, X.F. Huang, *Wear* 255 (2003) 1069–1075.
- [6] N. Huang, P. Yang, Y.X. Leng, J.Wang, H. Sun, J.Y. Chen, G.J.Wan, *Surf. Coat. Technol.* 186 (2004) 218–226.
- [7] M.V. Karimi, S.K. Sinha, D.C. Kothari, A.K. Khanna, A.K. Tyagi, *Surf. Coat. Technol.* 158 (2002) 609–614.
- [8] N. Nakamura, K. Hirao, Y. Yamauchi, *J. Eur. Ceramic Soc.* 24 (2004) 219–224.
- [9] S.T. Picraux, P.S. Peercy, *Sci. Am.* 252 (3) (1985) 101.
- [10] Y.P. Sharkeev, B.P. Gritsenko, S.V. Fortuna, A.J. Perry, *Vacuum* 52 (1999) 247–254.
- [11] A.A. Youssef, P. Budzynski, J. Filiks, A.P. Kobzev, J. Sielanko, *Vacuum* 77 (2004) 37–45.
- [12] W. Yuguang, Z. Tonghe, Z. Huixing, Z. Xiaoji, D. Zhiwei, *Surf. Coat. Technol.* 131 (2000) 520–524.
- [13] J. Zhang, Q. Wu, X. Yu, P. Zha, H. Li, *Mater. Lett.* 6 (2001) 362–368.
- [14] Öztarhan A, “TUBITAK-MISAG, No: 43 Project,” TUBITAK, Ankara, Turkey 1996
- [15] Tonghe Z, Huixing Z, Changzhou J, Xiaoji Z, Yuguang W, Furong M, Hong L, Hanzhang S, and Jianzhong S, Industrialization of MEVVA Source Ion Implantation, *Surf. Coat. Technol* 128–129, 1–8 (2000).
- [16] ASTM F2298 - 03(2009)e1 Standard Test Methods for Water Vapor Diffusion Resistance and Air Flow Resistance of Clothing Materials Using the Dynamic Moisture Permeation Cell
- [17] AATCC 128 Wrinkle Recovery of Fabrics: Appearance Method test methodology. American Association of Textile Chemists and Colorists technical manual
- [18] AATCC Test Method 183-2004 Transmittance or Blocking of Erythemally Weighted Ultraviolet Radiation through Fabrics. American Association of Textile Chemists and Colorists technical manual
- [19] AATCC 193-2004 Aqueous Liquid Repellency: Water/Alcohol Solution Resistance Test. American Association of Textile Chemists and Colorists, 01-Jan-2004

# **Seri Çözgü Birleştirme Makinelerinde Her Levent İçin Bağımsız Gerginlik Kontrol Sistemi Geliştirilmesi**

EREN Recep, KILIÇ Sinan, ATALAY Şakir Ömer  
Uludağ Üniversitesi, R.B Karesi Tekstil, R.B Karesi Tekstil  
omeratalay@rbkaresi.com.tr

## **AMAÇLAR**

Bu çalışmada firma bünyesinde bulunan pnömatik kontrollü fren sistemine sahip birleştirme makinesinde her levent bağımsız olarak kontrol edilecek şekilde bir gerginlik kontrol sistemi tasarlanmış ve makine üzerinde uygulaması yapılarak çözgü gerginliklerinin hassas bir şekilde kontrol edilmeleri sağlanmıştır.

seviyeye sahip gerginlik kontrol sistemi geliştirilerek işletmedeki makinelere uygulanmış ve makineler tamamen yeni bir teknoloji ile işletmede çalışır hale getirilmiştir. Bu sayede ülkemizde yeni makinelere yatırım için çıkacak döviz ülkemizde kalmıştır. Ayrıca firma teknoloji geliştirme tecrübesi kazanıp benzer ve daha nitelikli projeler geliştirerek mevcut makinelerini daha uzun yıllar kullanma kazancı elde etmiştir.

[www.uludag.edu.tr/ulpas](http://www.uludag.edu.tr/ulpas)