

# TEKNOFEST

## HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

### ÇEVRE VE ENERJİ TEKNOLOJİLERİ YARIŞMASI

#### PROJE DETAY RAPORU

**PROJE ADI:** SANAYİ KAYNAKLI AKRİLİK ELYAF VE POLİAMİD (PA) ATIKLARINDAN FİLTRASYON AMAÇLI MEMBRAN ÜRETİMİ

**TAKIM ADI:** MARMEM (Marmara Membran Teknolojileri Takımı)

**TAKIM ID:** 25017-162

**TAKIM SEVİYESİ:** Üniversite/Lisansüstü

**TAKIM ÜYELERİ:** Mustafa Kemal KELEŞ

**DANIŞMAN ADI:** Prof.Dr. Barış ÇALLI

## İçindekiler

### 1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Son yıllarda, artan çevre bilinciyle birlikte; atık materyallerin hammadde olarak yeniden kullanılması ve temiz üretim konuları bilim insanlarının üzerinde durduğu konuların başında gelmektedir. Projemizde böyle bir amaca hizmet etmek amacıyla, maliyetli üretim ve tedarik süreçlerine sahip olan ve içme suyu/atık su arıtımında vazgeçilmez bir öneme haiz olan membran teknolojilerinin; sanayiden kaynaklanan atıklardan en ucuz maliyetle üretilmesi ve piyasadaki ticari muadillerine alternatif olarak aynı şartlar altında kullanılması esasına dayanmaktadır. Bu amaçla, Gaziantep Organize Sanayi Bölgesi (GAOSB) dahilinde bulunan tekstil fabrikalarından kaynaklanan, günde tonlarca miktarda oluşan; Akrilik elyaf ve Poliamid (PA) atıkları, günümüzde membran üretim süreçlerinde kullanılan; maliyetli polimer malzemelere alternatif olarak değerlendirilecektir. Bu kapsamda, elde edilen atıklar laboratuvar ortamına alınıp; uygun solüsyon formlarında elektrospinning cihazına beslenecektir. Elektrospinning prosesi neticesinde elde edilen nanolifler asıl membranı teşkil edecek, akabinde karakterizasyon ve filtrasyon performans analizleri yapılacaktır.

### 2. Problem/Sorun:

Dünya genelinde, maliyetli üretim prosesleriyle üretilmekte olan membran teknolojilerinin; küresel ölçekteki üretim payında ülkemizin yer alamaması nedeniyle bu teknolojiler, oldukça yüksek maliyetlerle ithal olarak tedarik edilmektedir. Bugün, maalesef, içme sularının arıtımı için evlerimizde yaygın kullandığımız en basit bir kartuş filtreler bile ithal edilmektedir. Kaldı ki daha maliyetli olan membran filtrasyon teknolojilerinin aynı şekilde ithal edilmesi, ülkemiz açısından üzücü bir durumdur. İçme suyu ve atıksu arıtımının yanında, birçok endüstride kullanılan membran teknolojilerinin üretiminde dışa bağımlı olmamızın sebeplerini şu şekilde sıralayabiliriz:

a. Üretimde kullanılan polimer hammaddelerin oldukça maliyetli olması.

b. Üretimde kullanılan cihazların ve ekipmanların belirli ülkelerin elinde bulunması ve çok yüksek maliyetlere sahip olması.

c. Ülkemiz şartlarında, membran teknolojileri ile ilgili yapılan çalışmaların akademik düzeyde kalarak; sanayiye sektörel olarak aktarılamaması.

İnsan sağlığı ve çevre açısından böylesine öneme sahip membran teknolojilerinin; giderek azalan doğal kaynakların korunması amacıyla, ülkemizin bu sahada söz sahibi olması yadsınamaz faydalar sağlayacaktır.

### 3. Çözüm

Genel olarak membran üretim maliyetlerinde en büyük faktörlerin başında gelen “kullanılacak polimer” faktörü; membranın dayanıklılığı, işlevi ve performansı açısından büyük önem arz etmektedir. Her üretici, istenilen kullanım amacına uygun üretimi, en ucuz şekilde gerçekleştirmeyi amaçlar ve bu doğrultuda uygun materyali seçer. Günümüzde, membran üretiminde; PVDF, Poliamid (PA), PTFE, PES, selüloz asetat (CA) ve Poliakrilonitril (PAN) kullanılan başlıca polimer malzemelerdir. Poliamid (PA) materyalinin ise diğer polimerlere nazaran daha maliyetli olduğundan dolayı, bazı çalışmalarda PA yerine PAN materyali kullanıldığı bilinmektedir [1].

Çalışmamızda ise bilhassa tekstil endüstriden kaynaklanan ve günde tonlarca miktarlarda oluşan Akrilik elyaf [2] ve Poliamid (PA) [3] atıkları, esasen polimer malzeme oldukları ve orijinal hammadde halleriyle benzer karakteristiğe sahip oldukları için çalışmamızda hammadde olarak kullanılacaktır. Son yıllarda, PAN ve PA materyalleri ile yapılan membranların sayısı artmış olmakla birlikte, bu polimerlerin atıkları olan ve bizim çalışmamızda esas hammadde

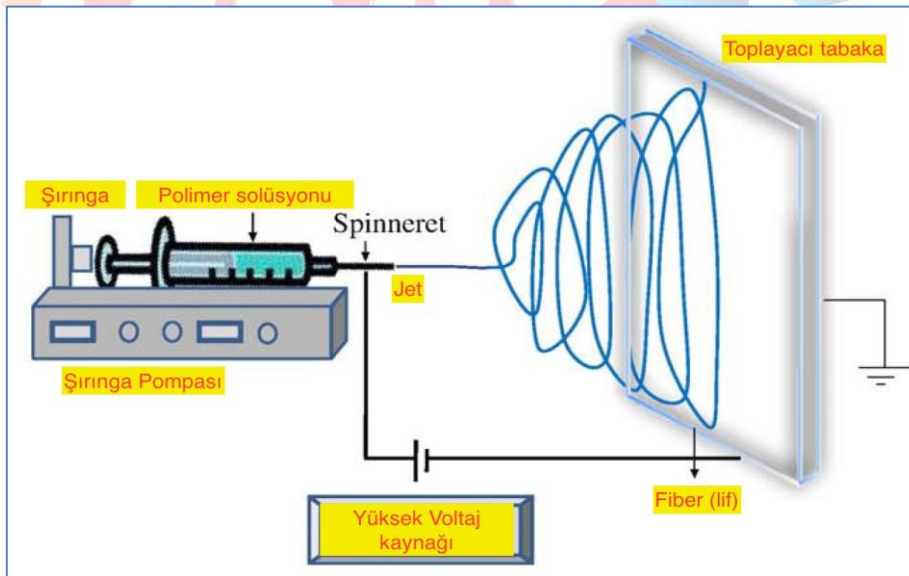
kaynağını teşkil eden; Akrilik elyaf ve PA atıkları tıpkı orijinal hallerine uygulanan işlemlerden geçirilerek üretim gerçekleştirilecektir.

#### 4. Yöntem

Projemizde hammadde kaynağı olarak kullanacağımız; Akrilik elyaf ve Poliamid (PA) atıkları; tekstil fabrikalarından temin edildikten sonra laboratuvar ortamında uygun solüsyon formlarına dönüştürülecektir. Membran üretimini gerçekleştireceğimiz Elektrosinning (Elektro-eğirme) prosesinde, membranı oluşturacak olan nanoliflerin oluşması için hammaddelerin sıvı solüsyon formunda cihaza beslenmesi gerekmektedir. Projemizde kullanılan elektrosinning cihazının görüntüsü Şekil 4.1’de verilmiştir. Elektrosinning prosesinin çalışma prensibi ise Şekil 4.2 de verilmiştir. Laboratuvar ortamına alınan Akrilik elyaf atıkları, dimetilformamid (DMF) kullanılarak sıvı solüsyon haline getirilecektir. Poliamid (PA) atıklarının çözmek için ise Dimetilsülfan (DMSO<sub>2</sub>) ve Sülfolan kullanılacaktır.



Şekil 4.1. Elektrosinning cihazı (kabin tip) [4]



Şekil 4.2. Elektrosinning prosesi çalışma prensibi [4]

2018 yılında Yüksek lisans tezi olarak yürüttüğümüz çalışmamızda; Akrilik elyaf atıkları ve Düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) atıklarından aynı proses yardımıyla membran üretimi gerçekleştirilmiş olup; Şekil 4.3’de görüntüsü verilen membran tarafımızca üretilmiştir. Ürettiğimiz membrana ait karakterizasyon ve filtrasyon bilgileri Tablo 4.1’de verilmiştir. Filtrasyon performansının belirlenmesi için gerçek atık su numunesi ile çalışılmış olup; atık suyun ürettiğimiz membran ile arıtılmasına müteakip görüntüsü Şekil 4.4’de verilmiştir [4].



Şekil 4.3. LDPE-Akrilik Elyaf atıklarından elektrospinning işlemi ile üretilen Membran [4]

Tablo 4.1. Membran karakterizasyonu ve filtrasyon performansı [4]

Materyal	Nanolif çapı (nm)	Membran por çapı (µm)	Temas açısı (°)	Membran akı değeri (L/m <sup>2</sup> .saat.bar)	BOD,COD,TOC ve Renk giderim yüzdesi
Akrilik elyaf-LDPE	230	0.416	20	273	%98

**BOD:** Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı, **COD:** Kimyasal oksijen ihtiyacı, **TOC:** Toplam organik karbon



Şekil4.4. Atık suyun filtrasyon öncesi ve sonrasına ait görüntüsü [4]



Tablo 4.1’de görüldüğü gibi, 0.416  $\mu\text{m}$ ’lik por çapıyla membranımız; mikrofiltrasyon (MF) için ideal olduğu anlaşılmıştır. Bir membran için temas açısı, membranın hidrofilik veya hidrofobik olduğunu gösteren bir parametredir. Ürettiğimiz membranın temas açısının  $20^\circ$  olması, hidrofilik karakterde yani suyu seven bir yapıda olduğunu göstermektedir ve buda membranlarda istenilen bir özelliktir. Ürettiğimiz membran için,  $25^\circ\text{C}$ ’de, 0.1 bar basınç altında, 4 saat boyunca 100 ml’lik atıksu numunesi ile yapılan akı testi neticesinde; akı değerinin  $273 \text{ L/m}^2 \cdot \text{saat} \cdot \text{bar}$  olduğu tespit edilmiştir. Bu değer ticari muadilleri ile kıyaslandığında, düşük olmasının esas sebebi; akı testinin tarafımızca gerçek atıksu ile yapılmış olmasıdır. Piyasadaki ticari muadillerin akı değerleri, saf su ile yapılarak hesaplanmış ve çoğu içme suyu için kullanılan membranlardır Bundan dolayı, elde ettiğimiz akı değeri makul bir değerdir. Ürettiğimiz membran, gerçek atıksu numunesi ile yapılan arıtma testinde, çok yüksek giderim verimleri ( $>95\%$ ) göstermiştir. Böylece membranımızın sadece içme suyu için değil, atıksu arıtımında da kullanılabilceği açıkça tespit edilmiştir.

2018’de yürüttüğümüz bu çalışma, kendi alanında, yapılan ilk çalışma özelliğine sahip olup; uluslararası literatürde dahi bu atıklardan, böyle bir üretime ait bir çalışma yapılmamıştır. Şimdiki amacımız, akrilik elyaf ve Poliamid (PA) atıkları için aynı metotla, membran üretiminde hammadde olarak kullanılabilirliğini ve gerçek filtrasyon testlerinde performansının tespit edilerek bu sektörde kullanımını sağlamaktır. Üretilen membranın yine aynı şekilde; nanolif çapı, por çapı, temas açısı ve filtrasyon testleri yapılacaktır.

### 5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Bu çalışmamızda, membran üretimini gerçekleştirebilmek için sanayiden kaynaklanan; Akrilik Elyafı atıkları ile birlikte, Poliamid (PA) atıklarının ana materyal olarak kullanılacak olması, çalışmamıza birçok farklı açıdan özgün değer katacaktır. Projemizin sahip olduğu özgün değeri maddeler halinde şu şekilde sıralayabiliriz:

**a.** Bilhassa tekstil endüstrisinde çok yaygın kullanılan Akrilik elyafının sanayi kaynaklı atıkları ile endüstride yaygın kullanılan Poliamid (PA) polimerinin sanayi kaynaklı atıkları değerlendirilerek; membran üretiminde ham madde olarak kullanımı sağlanacaktır. Böylece hem çevresel anlamda, hem de ekonomik anlamda doğrudan bir katkı sağlanmış olunacaktır.

**b.** Günümüzde maliyetli üretim teknikleri ile üretilmekte olan membran teknolojileri için belirgin bir şekilde daha az maliyetli hammadde tedarik edilmiş olarak; membran üretim maliyetindeki önemli faktörlerden birisi olan “hammadde maliyeti faktörü” neredeyse tamamen giderilmiş olunacaktır.

**c.** Ülkemizde membran teknolojilerinin, son yıllarda gerek içme suyu, gerek atıksu projelerinde kullanımının giderek yaygınlaşmasına kıyasla, yerli üretim noktasında çok gerilerde olduğumuz açıkça görülmektedir. Membran teknolojilerinin kullanım bilincinin artarak; birçok alanda başarı ile kullanılması, bu teknolojilere olan talebin oldukça artmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte artan ihtiyacın, yerli üretimle karşılanamaması da bu teknolojilere duyulan ihtiyacın “ithal” edilerek karşılanmasını zaruri kılmaktadır. Bu projemizle birlikte, yerli hammadde ve yerli üretimle; bu alandaki ihtiyaçlar daha az maliyetle ve kolayca karşılanabilecektir.

**d.** Her atığın bir hammadde olduğunu göstermek ve bu çevresel bilinci yaymak adına; oldukça önem arz eden bir proje tamamlanmış olunacaktır.

**e.** Bu amaçla üretimi gerçekleştirilecek membranımızın, içme suyu ve atıksuların arıtılmasında kullanımı sağlanarak, projemizin başka bir olumlu tarafı ortaya çıkmış olacaktır. Böylece halk sağlığı ve çevre açısından yadsınamaz katkılar sağlanmış olunacaktır.

f. Son yıllarda birçok sektörde, sahip olduğu arıtma verimi ile yaygın bir kullanıma sahip olan membranların üretiminde doğrudan atık materyal kullanılması, bu alana gerek akademik açıdan, gerek sektörel açıdan yeni bir soluk kazandıracaktır. Bu anlamda, özgün bir çalışma olarak; ülkemizin akademik, bilimsel ve sektörel temsili açısından, membran teknolojileri sektörüne büyük katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

g. Projemizin başarılı sonuçları ile birlikte; kullanacağımız atıkların ve benzerlerinin değeri artacak; araştırmacıların bilhassa yerli araştırmacıların, bu alanda yapacağı çalışmalara emsal teşkil etmesi sağlanacaktır.

## 6. Uygulanabilirlik

2018'deki çalışmamızın, yöntem kısmında detaylı açıklandığı gibi, gerek karakterizasyon gerek filtrasyon performansı konularında başarılı sonuçlara ulaştığı göz önüne alındığında; bu çalışmamızın yadsınamaz bir tecrübeyle yapılacağı aşikârdır. Bu çalışmamızda filtrasyon testlerinden istenilen değerler tıpkı önceki çalışmamızda sağlandığı takdirde; membranımızın sektörde kullanımını kolaylaştıracak formlara dönüşümünü sağlayacağız. Bu amaçla, membranımız basınçlı bir yuvaya monte edilerek tıpkı ticari muadilleri gibi kolay monte edilebilir ve kullanılabilir hale dönüştürülecektir. Buradaki en önemli kısım; membranımızın filtrasyon performansı testleri olmakla birlikte, sektörde kullanılabilir forma dönüştürmek; kolay kısmını teşkil etmektedir.

## 7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Projemizin maliyet kalemlerini, karakterizasyon ve filtrasyon testleri oluşturmaktadır. Atık temini ve üretim noktasında mevcut imkanlarımız herhangi bir maliyet oluşturmamaktadır. Projemize ait zaman planlamasını ve aşamalarını gösterir çizelge Tablo 7.1'de verilmiştir. Karakterizasyon ve filtrasyon analizlerinde maliyet kalemlerini oluşturan analizler Tablo 7.2'de verilmiş olup, maliyet tutarları; İTÜ Membran Teknolojileri Merkezi (MEMTEK)'den alınan güncel hizmet tutarlarıdır.

**Tablo 7.1.** Proje aşamaları ve zaman çizelgesi

İş no	İş tanımı	Yürütecek kişi/kurum	Kullanılacak malzeme/ cihaz	1.ay	2.ay	3.ay
1	Akrilik Elyaf Atıklarının ve Poliamid (PA) Atıklarının Temini	Mustafa Kemal KELEŞ	-	X		
2	Atık materyallerin çözücü yardımıyla homojen çözeltilerinin hazırlanması	Mustafa Kemal KELEŞ	DMF, DMSO <sub>2</sub> , Sülfolan	X		
3	Hazırlanan solüsyonların üretim için en uygun olanlarının belirlenmesi için deneme üretimleri	Mustafa Kemal KELEŞ	Elektrospinning prosesi	X		
4	Optimum Akrilik elyaf atıklarından hazırlanan solüsyonlardan membran üretimi	Mustafa Kemal KELEŞ	Elektrospinning prosesi	X	X	

5	Optimum Poliamid (PA) atıklarından hazırlanan solüsyonlardan membran üretimi	Mustafa Kemal KELEŞ	Elektrospinning prosesi	X	X	
6	Karakterizasyon Analizleri	MEMTEK	SEM, Quantachrome Porometer 3G, KSV Attension		X	X
7	Filtrasyon testleri	MEMTEK	Sterlitech filtrasyon düzeneği			X

**Tablo 7.2.** Maliyet çizelgesi

Analiz	Yürütülecek Kurum	Maliyet (TL)
Por çapı	MEMTEK	300,00
Sterlitech Akı (geçirgenlik) testi	MEMTEK	1000,00
Temas açısı	MEMTEK	120,00
<b>Toplam</b>		<b>1420,00</b>

### 8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

Projenin elde edilen verilerin, uluslararası bir dergide makale olarak yayınlanması düşünülmektedir.

### 9. Riskler

Projeimizde oluşabilecek riskler ve B planı Tablo 9.1'de gösterilmiştir.

**Tablo 9.1.** Projede oluşabilecek riskler ve B planı

Riskler	B planı
Elektrospinning neticesinde, oluşan nanoliflerin SEM görüntülerinin stabil olmaması	<p><b>1-</b> Cihazın işletim parametrelerinin değiştirilmesi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Spinneret ağzı ile toplayıcı mesafesinin değiştirilmesi.</li> <li>- Solüsyon besleme hızının değiştirilmesi</li> <li>- Cihaz lif sarım hızının değiştirilmesi</li> <li>- Ortam sıcaklık, nem ve basınç değerlerinin gözden geçirilmesi.</li> </ul> <p><b>2-</b> Solüsyon konsantrasyonunun değiştirilmesi.</p>

Membran por çapının <b>0,5 µm</b> 'den fazla çıkması.	<b>1- Cihazın işletim parametrelerinin değiştirilmesi:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Spinneret ağzı ile toplayıcı mesafesinin değiştirilmesi.</li> <li>- Solüsyon besleme hızının değiştirilmesi</li> <li>- Cihaz lif sarım hızının değiştirilmesi</li> <li>- Ortam sıcaklık, nem ve basınç değerlerinin gözden geçirilmesi.</li> </ul> <b>2- Solüsyon konsantrasyonunun değiştirilmesi.</b>
Membran yüzey porozitesinin <b>%50-60</b> 'dan az olması.	<b>1- Cihazın işletim parametrelerinin değiştirilmesi:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Spinneret ağzı ile toplayıcı mesafesinin değiştirilmesi.</li> <li>- Solüsyon besleme hızının değiştirilmesi</li> <li>- Cihaz lif sarım hızının değiştirilmesi</li> <li>- Ortam sıcaklık, nem ve basınç değerlerinin gözden geçirilmesi.</li> </ul> <b>2- Solüsyon konsantrasyonunun değiştirilmesi.</b>
Geçirgenlik testinde çok yüksek veya çok düşük akı değerinin elde edilmesi.	<b>1- Cihazın işletim parametrelerinin değiştirilmesi</b> <b>2- Solüsyon viskozitesinin değiştirilmesi.</b> <b>3-Membran destek tabakasının değiştirilmesi</b>

## 10. Proje Ekibi

**Takım Lideri:** Mustafa Kemal KELEŞ

Adı Soyadı	Projedeki Görevi	Okul	Projeyle veya problemle ilgili tecrübesi
Mustafa Kemal KELEŞ	Çalışmaların yürütülmesi	Marmara Üniversitesi	Akrilik elyaf ve LDPE atıklarından membran üretimi,2018

\*Tüm üyeleri tabloya eklemeniz gerekmektedir. Tablo Örnektir. Farklı tasarımlar ile tablo oluşturabilirsiniz.

## 11. Kaynaklar

[1] Saufi, S.M., Ismail, A.F. 2002. "Development and characterization of polyacrylonitrile (PAN) based carbon hollow fiber membrane", Songklanakarın Journal of Science and Technology, 24, 843-854.

[2] Tekstil Bilgi. "PAN. Akrilik Lifi". <https://tekstilbilgi.net/akrilik-nedir-ozellikleri.html>. Son erişim tarihi: 16.03.2019.

[3] Tekstil Bilgi. "Polyamid Nedir (Naylon-PA) <https://tekstilsayfasi.blogspot.com/2015/10/polyamid-nedir-naylon-pa.html> Son erişim tarihi: 16.03.2019.

[4] Keleş, M.K. 2018. "Sanayi Kaynaklı Düşük Yoğunluklu Polietilen (LDPE) Shrink Filmi Ambalaj Atıklarından ve Akrilik Elyaf Teleflerinden Elektrospinning Yöntemiyle Membran Üretimi", Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş.