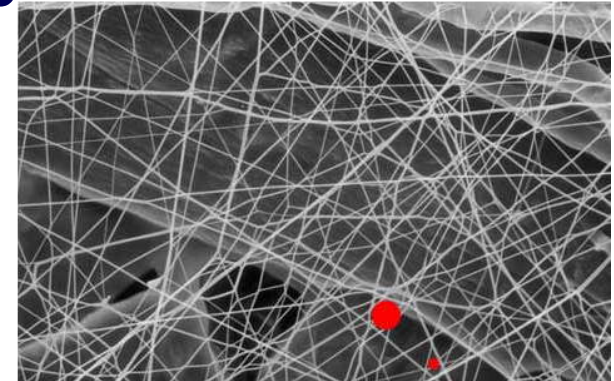


Nanolif Uygulamaları

Salih Olgunsoy



İçindekiler

- *Nanoliflerin hava filtresi verimine etkisi*
- *Nanoliflerden üretilen nanofiltrelerin veriminin geliştirilmesi*
- *Kimyasal silahlara karşı Nanolif membran çözümü*
- *Nanolif filtrasyon membranı*
- *Nanoliflerin fonksiyonel yapılarla iş birliği yapması*

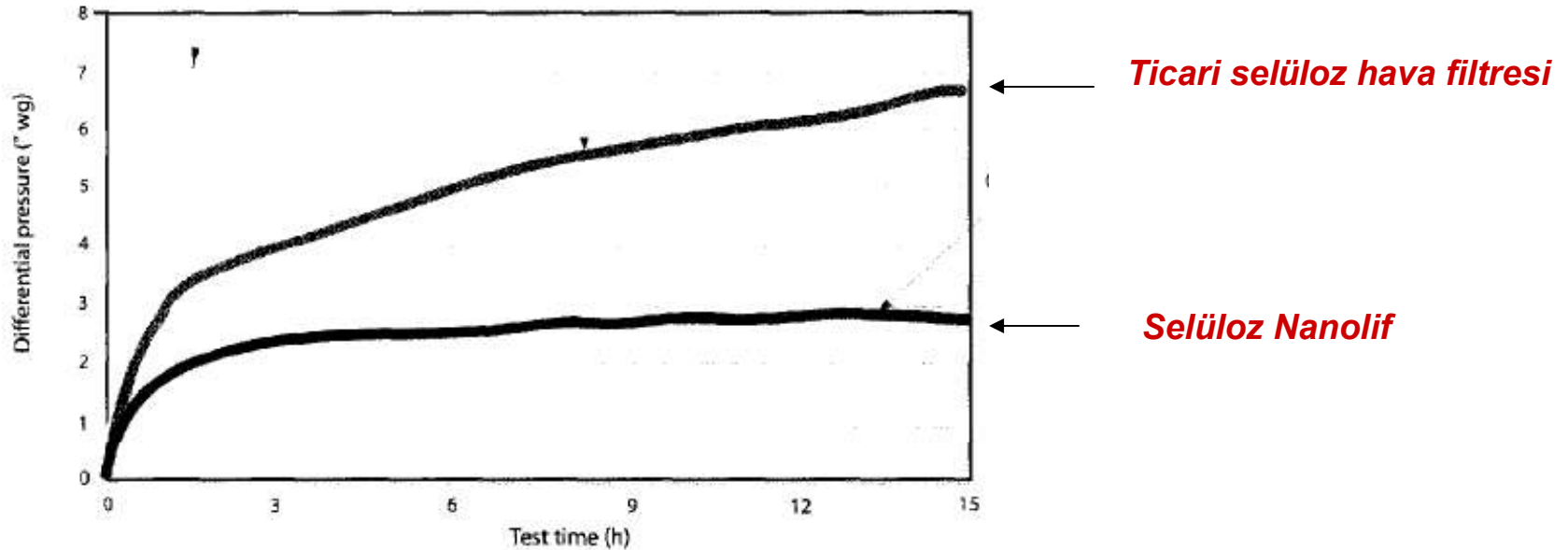
İçindekiler

- *Chitosan kaplanmış PAN Nanolif UF membranı*
- *Nanoliflerin Koalesens filtre performansına etkisi*
- *Filtre medyası olarak Polistiren Nanolifler*
- *Nanolif membran ile diyaliz sistemi tasarımı*
- *Yara örtücü olarak PU Nanolif membran*
- *Nanolifler içinde bakteri ve virüs kapsüllenmesi*
- *Afinite membran olarak Polisülfon Nanolifi*
- *İyon exchange olarak Polistiren Nanolifi*

Nanoliflerin hava filtresi verimine etkisi

Polymeric Nanofibres Exhibit an Enhanced Air Filtration Performance August 2002, Donaldson

- Hava filtresinde \AA ap aralığı: 0.2-0.3 mikron
- Selüloz Nanolif: 40-2000 nm
- Nanoliflerin yüzeyinde kayma efekti olması
- Nanolif yapısının homojen olmaması

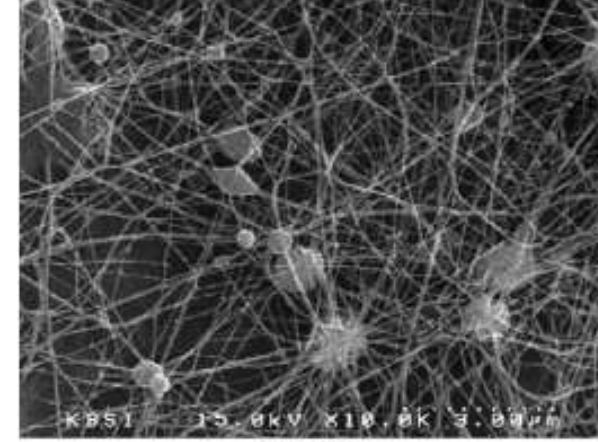
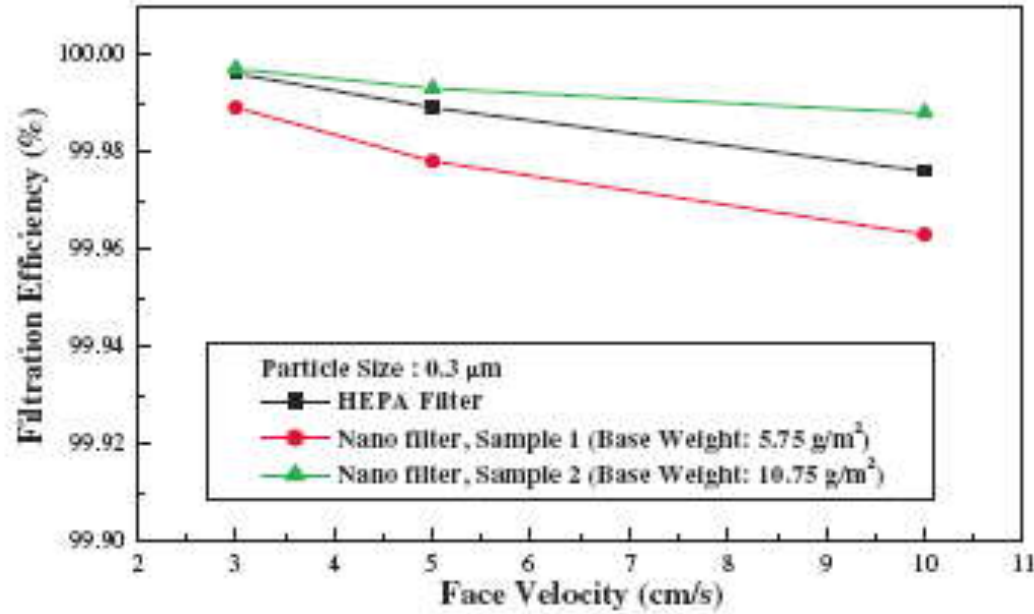


Nanoliflerden üretilen nanofiltrelerin veriminin geliştirilmesi

*Development of high efficiency nanofilters made of nanofibers,
Y.C. Ahn, S.K. Park, August 2005*

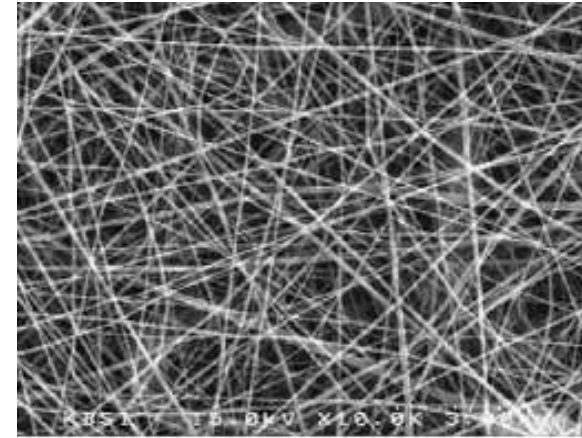
- Naylor-6 nanolifi kullanılmıştır.
- Konsantrasyon, %15 naylor-6: 80 nm lif çapı.
- Konsantrasyon, %24 naylor-6: 200 nm lif çapı.
Boncuk oluşmamıştır.
- Nanolif hava filtre verimi: %99.993
- Dezavantaj: Pressure drop yüksek.
- HEPA ve ULPA için potansiyel hava filtresi.

Nanoliflerden üretilen nanofiltrelerin veriminin geliştirilmesi



(a) 15%

Lif çapı: 80 nm, boncuk oluşumu



(d) 24%

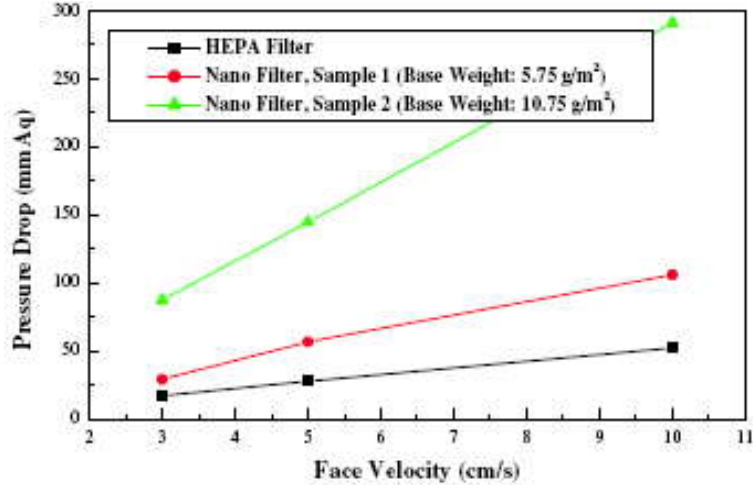
Lif çapı: 200 nm, boncuk oluşumu yok

Solvent miktarı \uparrow ~ *boncuk oluşumu* \uparrow

Viskozite \uparrow ~ *boncuk oluşumu* \downarrow

(Yüzey gerilimini artırır.)

Nanoliflerden üretilen nanofiltrelerin veriminin geliştirilmesi



	Por çapı	Kalınlık	Gramaj
HEPA filtre	1.7 μ	500 μ	78.2 gr/m ²
1. Nano filtre	0.24 μ	50 μ	5.75 gr/m ²
2. Nano filtre	0.24 μ	100 μ	10.75 gr/m ²

Partikül çapları: 0.085-2.0 mikron

HEPA filtre verimi: %99.97

1. Nano filtre verimi: %99.96

2. Nano filtre verimi: %99.993 (yüksek pressure drop)

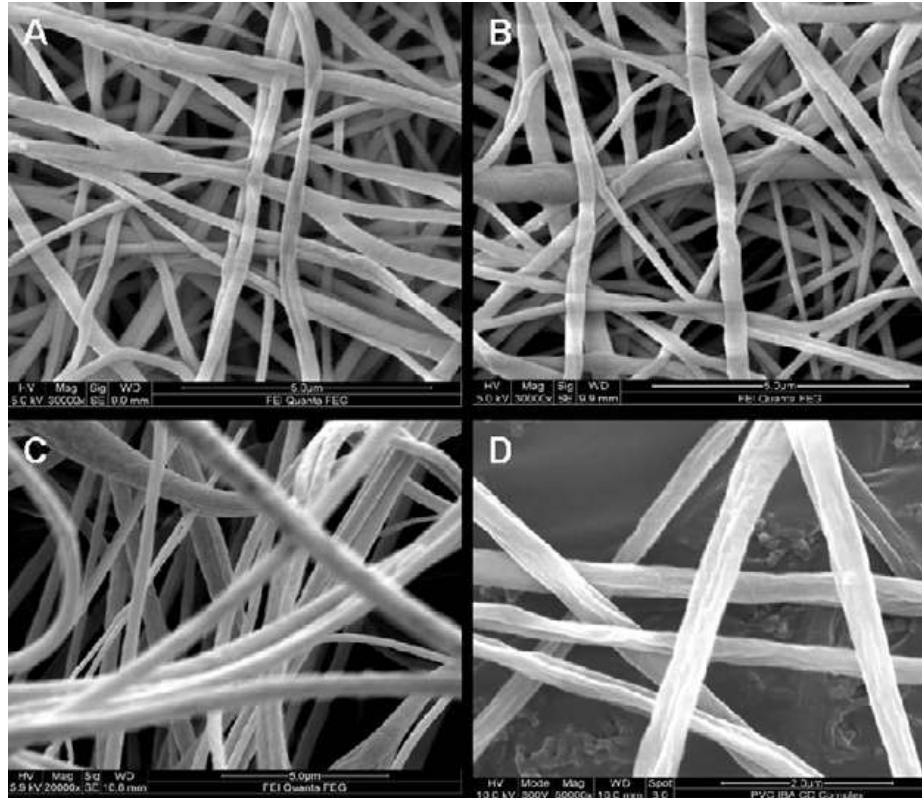
Nanofiltreler düşük lif çaplarından dolayı, ince bir film tabakası formunu almışlardır.

Kimyasal silahlara karşı Nanolif membran çözümü

Functionalized polymer nanofibre membranes for protection from chemical warfare stimulants, S Ramakrishna, May 2006

- PVC nanolif, kimyasal maddeleri yakalamak için.
- Gözeneklilik ve hidrofilitik.
- Katalizörlerle hızlandırma, fonksiyonlaştırma.
- Dokunmuş substrat.
- Kimyasal ajanların toksin özelliğini bozma.
- Koruyucu elbise yapımı.
- Hafiflik ve nem alışverişi

Kimyasal silahlara karşı Nanolif membran özümü



Farklı katalizörlerle modifiye edilmiş Nanolifler



Nanolif filtrasyon membrani

*Electrospun nanofibrous filtration membrane, Seeram
Ramakrishna, April 2006*

- PVDF Nanolif kullanımı.
- Özellik olarak MF membran ile paralellik.
- Seperasyon ve performans özellikleri.
- 1.5-10 mikron polistiren partikül filtrasyonu.
- %90 ve üzeri verim.
- Ters ozmos öncesi muamele
- UF ve NF öncesi ön filtrasyon işlemi.

Nanolif filtrasyon membranı

Table 2
Comparison between ENM, MF and UF characteristics

Properties	ENM	Microfiltration (MF) ^a	Ultrafiltration (UF) ^a
Pore size (μm)	10.6–4.0	0.05–10	0.001–0.1
Transmembrane Pressure (bar)	0.6	0.1–1	1–5

^a Ref. [31].

Table 1
PVDF ENM: electrospinning conditions and properties

Conditions		Membrane properties	
Polymer concentration	0.15 g/ml	Fiber diameter	380 ± 106 nm
Voltage	15 kV	Membrane thickness	300 μm
Spinneret (bore) diameter	0.21 mm	Transmembrane pressure	0.5 bar
Tip-collector distance	150 mm	Pore size detected	10.6–4.0 μm
Flow-rate	2 ml/hr	Contact angle	145°
Humidity	60–70%		

Table 3
Separation of 1, 5, and 10 μm PS micro-particles using ENM

Particle size (μm)	Membrane area (×10 ⁻⁴ m ²)	Pressure (psi)	Feed (ppm)	Water flux start of expt (kg/m ² h)	Feed flux (kg/h)	Water flux end of expt (kg/h)	Separation factor(%)
10	3	8.3		133	133	133	96
5	3	8.3	500	200	200–133	200	91
1	3	8.3		467	Instantaneous drop in flux		
1	3	9.5	100	1300	1066–530	530	98

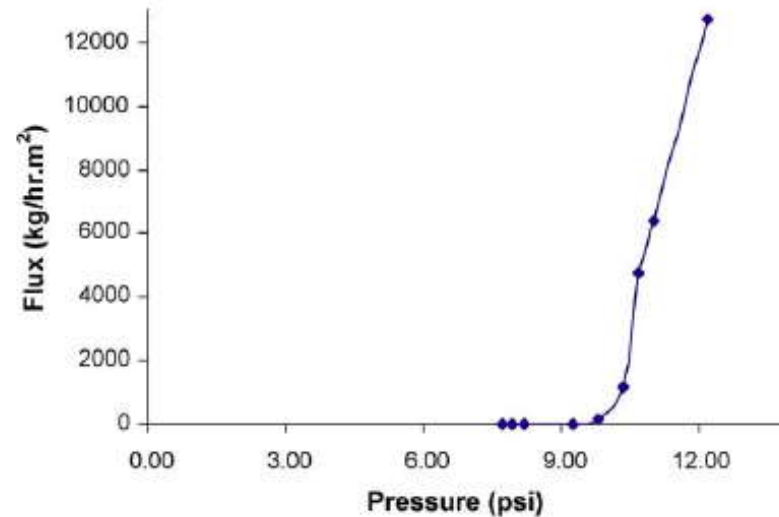
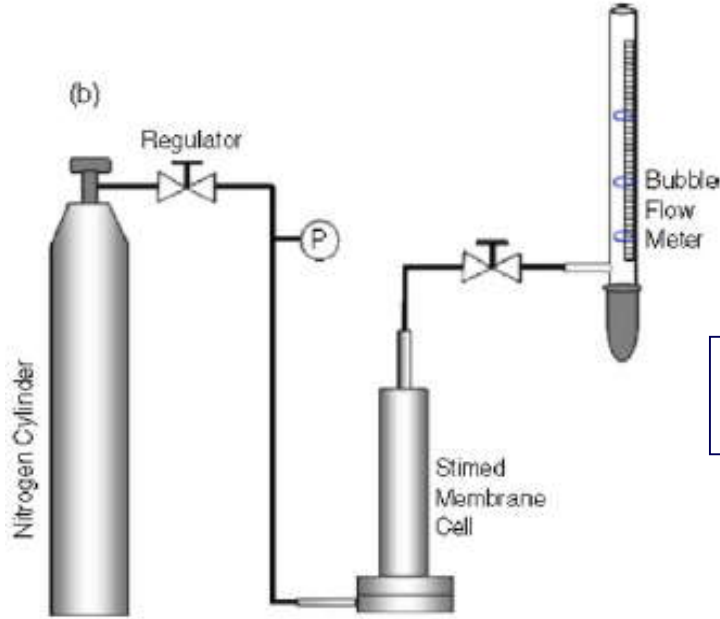


Fig. 4. Pressure–flux profile for electrospun PVDF membrane.

Nanolif filtrasyon membranı



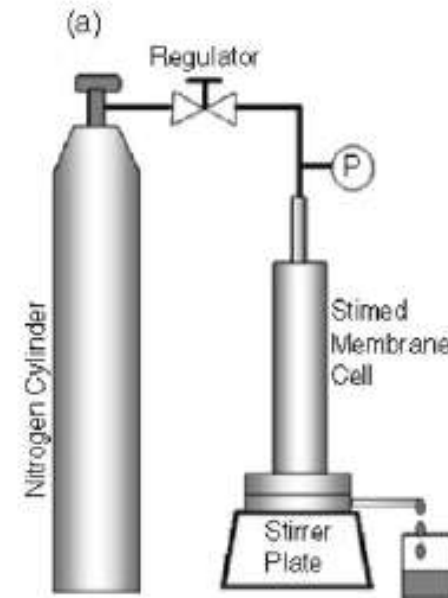
ENM nin **gözenek genişliği** baloncuk noktası metoduyla belirlenir. Islak membran, hücreye yerleştirilir ve bubble-flow meter' a bağlanır. Her basınçta, o basınç değerine karşılık gelen balon (hava) akısı ölçülür.

R gözenek çapı, Δp basınç farkı, γ ıslak materyalin yüzey gerilimi ve θ ıslanma açısıdır.

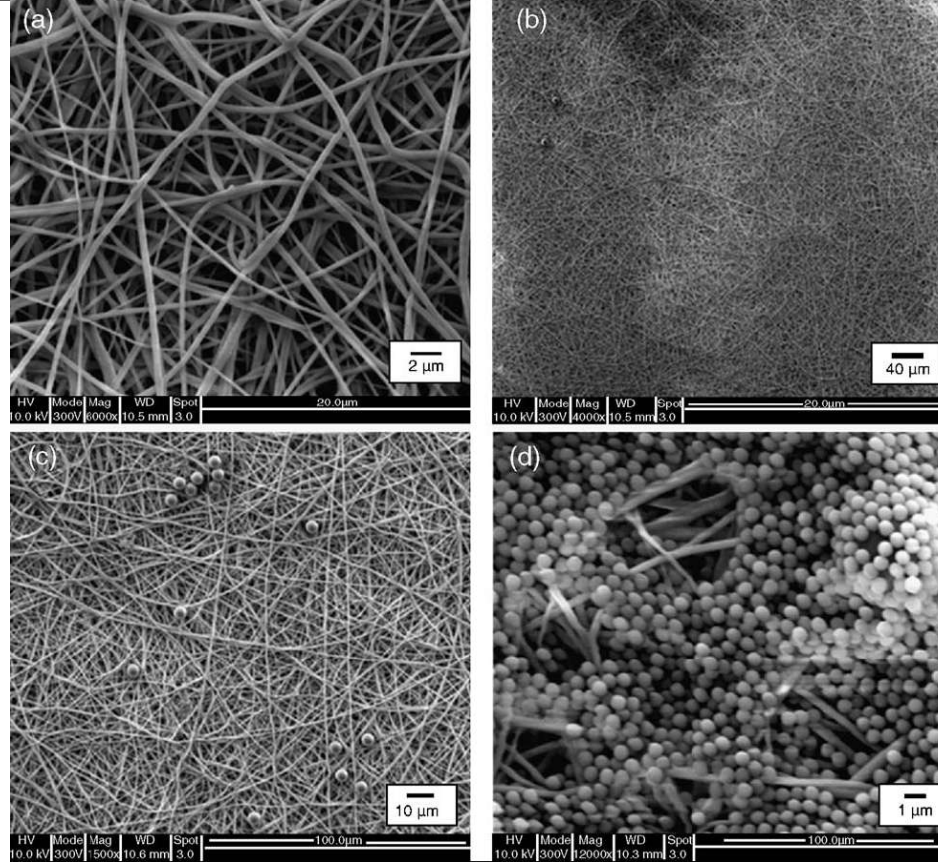
$$R = \frac{2\gamma}{\Delta P} \cos \theta$$

ENM, 25 mm çapındadır. Dead-end filtrasyon sistemi

Kurutulmuş bir membran, membran hücreesine yerleştirilir ve 350 cm³ distile su ile doldurulur. Basınç kademeli olarak artırılır ve buna karşılık gelen su akısı ölçülür.



Nanolif filtrasyon membrani



b. 10 mikron, %96.5 verim c. 5 mikron, %91

d. 1 mikron, %98, dust cake efekti

Nanoliflerin fonksiyonel yapılarla iş birliği yapması

Incorporation of Electrospun Nanofibers Into Functional Structures, Donaldson, Summer 2004

- Yüksek yüzey alanı
- Ufak lif çapı.
- Kimyasallarla iş birliği yapabilme.
- Yüksek hava geçirgenliği. (Konfor)
- Düşük kumaş ağırlığı.
- Yüksek aerosol verimi.
- Kötü mekanik özellik.
- Substrat ile kompozit medya oluşumu.
- İki Nanolif, iki dayanıklı spunbond katman, kompozit.
- Koruyucu elbise ve ekipman.

Chitosan kaplanmış PAN Nanolif UF membranı

High flux ultrafiltration membranes based on electrospun nanofibrous PAN scaffolds and chitosan coating, Benjamin Chu, June 2006

- Genelde UF ve NF filtreleri gözenekli membranlar, ama akı değerleri düşük.
- PAN “poliakrilonitril” Nanolifi (hidrofob, dayanıklı, NF, UF, RO kullanılıyor) hidrofilik Chitosan (hidrofilik, biopolimer) (anti-fouling) kaplandığında daha yüksek akı değeri NF ye göre.
- Sıvı filtrasyonunda yüksek akı, Nanolif potansiyel; UF ve NF nin yerini alabilir.
- Lif çapı: 120-720 nm, gözeneklilik: %70
- Chitosan ile birlikte membran kalınlığı 1 mm.
- Kirlenme etkisi daha az Nanolif membranın. (por yapısının geometrisi, por dağılımı)

Chitosan kaplanmış PAN Nanolif UF membranı

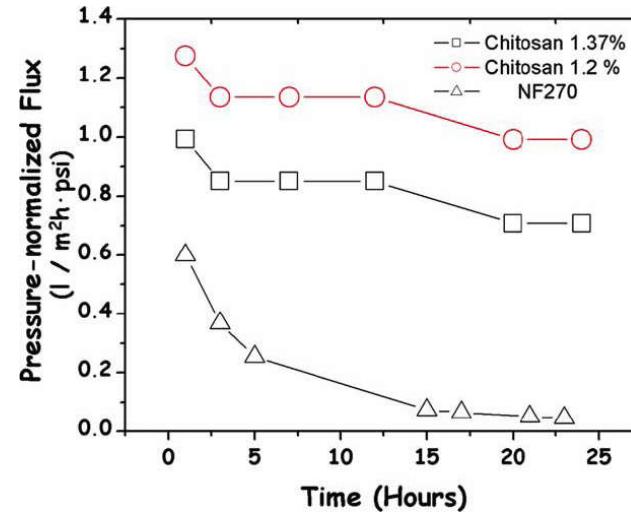
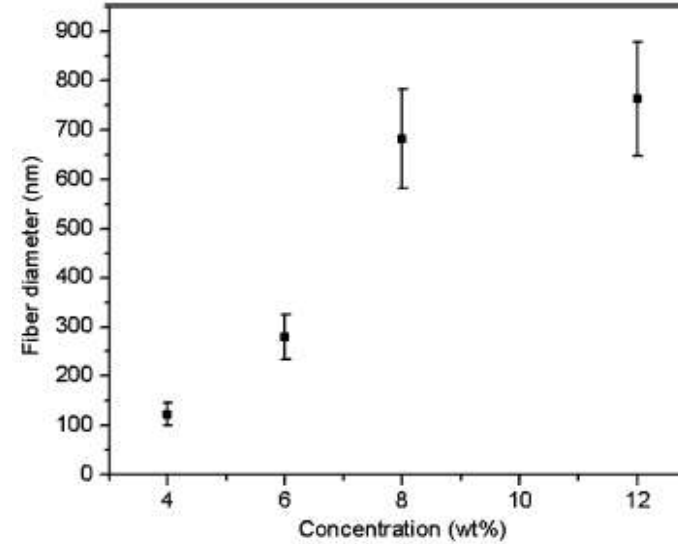
Üretilen kompozit membranların
filtrasyon verimi %99.9

NF filtrelerinin verimi %99.4

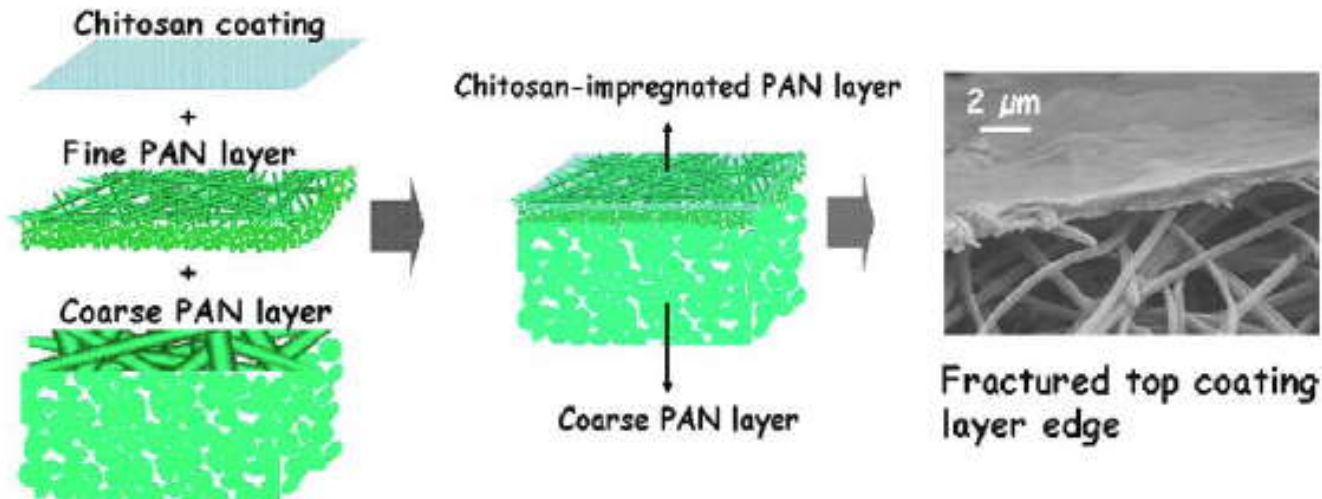
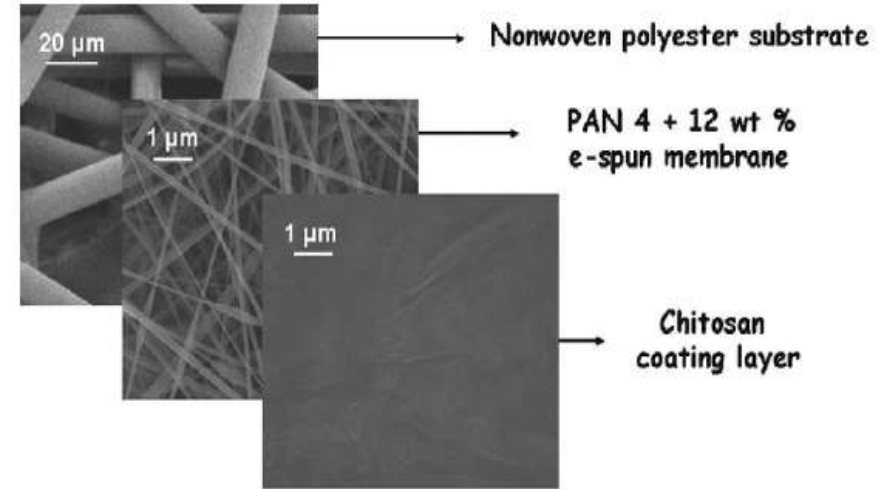
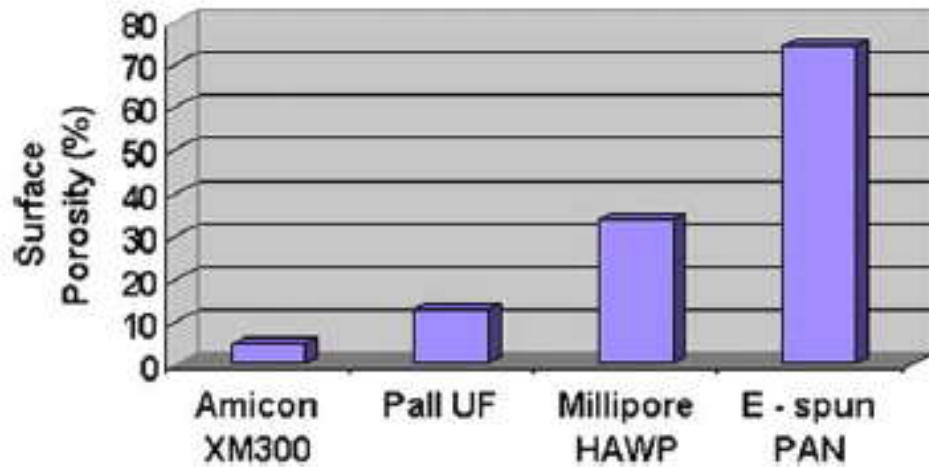
*Liflerin incilmesi daha yoğun yapı
oluşmasını ve yüzey kaplamasının
üniform olmasını sağlar.*

Ortalama PAN gramajı: 1.2 mg/cm²

En yüksek porozite değeri (%73) ağırlıkça
% 4 lük PAN çözeltisi ile sağlanır.



Chitosan kaplanmış PAN Nanolif UF membranı



Kalin katman %10 luk PAN 700 nm, ince:%4 100 nm,substrat: melt blown PET

Nanoliflerin Koalesens filtre performansına etkisi

1. *Recycled expanded polystyrene nanofibers applied in filter media*, D.H. Reneker, June 2005

2. *The Effect of Nanofibers on Liquid-Liquid Coalescence Filter Performance*
D. H. Reneker, August 2005

- Sıvı-sıvı filtrasyonda (yağ içindeki su) kullanılan filtre.
- Su damlacıkları çapı 100 mikrondan az ise filtreleme zor. (yer çekimi)
- Naylor-6 Nanolif (250 nm) optimum verim ve pressure drop değeri. (0.500 gr cam lifi, 0.014 gr Naylor-6)
- Cam liflerinin ortalama lif çapı 5 mikrondur.

Nanolif membranın avantajları;

- *Yüksek filtrasyon verimi*
- *Düşük pressure drop*

Koalesens filtreye etki eden faktörler;

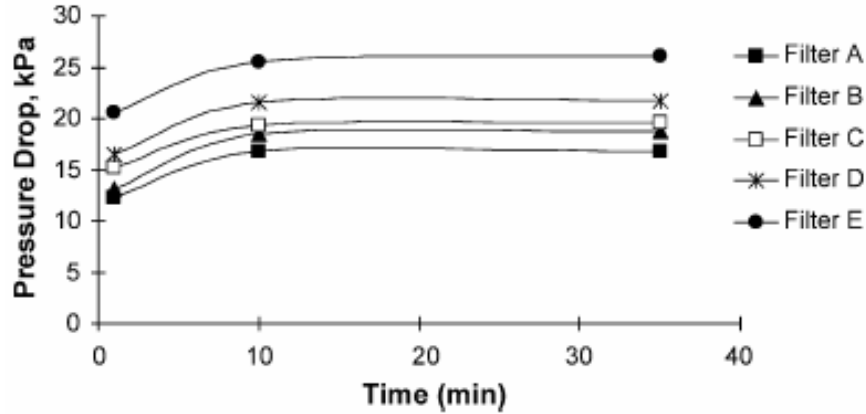
- *Debi*
- *Membran kalınlığı*
- *Lif ve damla çapı*
- *Lifin yüzey özellikleri*

5 mikronluk cam lifli membran + PS Nanolif → $\frac{\text{Verim}}{\%88}$
(%68 verim) (600 nm)

Nanoliflerin Koalesens filtre performansına etkisi

Filter media composition and their steady state efficiencies

Filter	Glass fiber (g)	Binder (g)	Nanofiber (g)	Total weight (g)	Efficiency (%) $\pm 0.8\%$
Filter A	0.500	0.325	0.000	0.825	67.5
Filter B	0.500	0.352	0.020	0.872	72.3
Filter C	0.500	0.370	0.042	0.912	79.0
Filter D	0.500	0.369	0.060	0.929	85.4
Filter E	0.500	0.370	0.122	0.992	88.1



EPS Nanolif ilaveli cam lifinden üretilmiş filtreler.

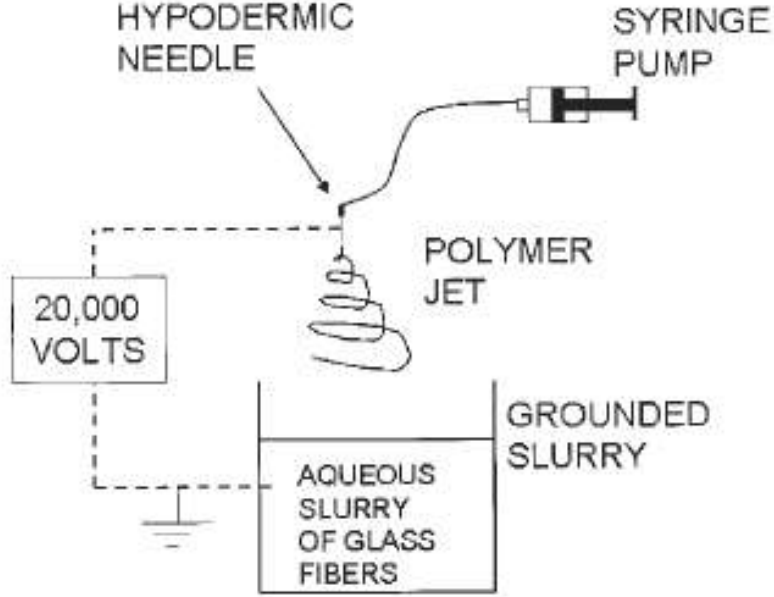
Optimum miktarda Nanolif ilavesi olmalı.

Ufak miktarda EPS Nanolifi

1. Koalesens filtre verimi \uparrow 2. Basınç farkı \uparrow

EPS Nanolif medyanın gözenekliliği %94.5

Nanoliflerin Koalesens filtre performansına etkisi



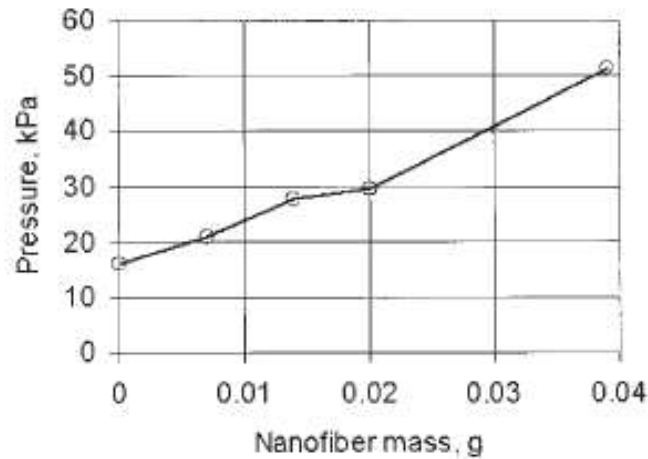
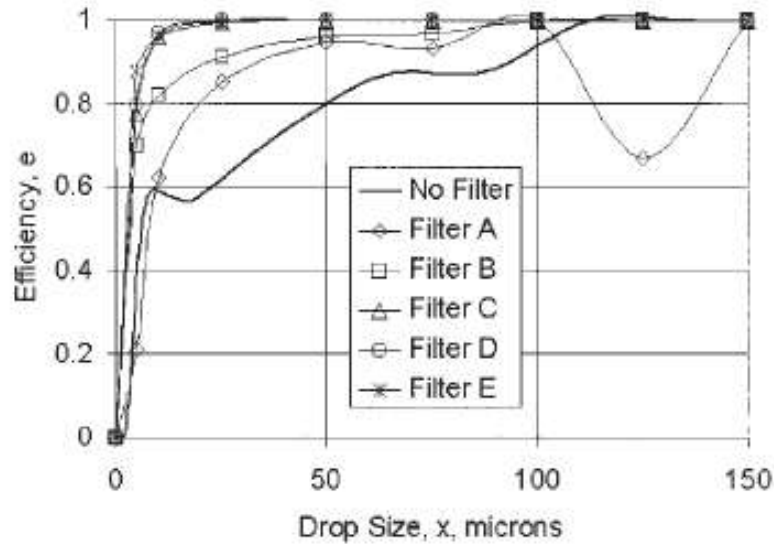
Cam liflerin arasına Nanolifler, homojen bir şekilde dağılır.

Cam lifi, su içinde iken 'slurry formu' üzerine Nanolif kaplanır, Nanolifin cam liflerine bağlanması binder yardımıyla gerçekleşir.

Yeterli miktarda binder kullanımı yapısal dayanımı artırır fakat basınç farkını büyük oranda değiştirmez.

Polistiren köpüğü (EPS) geri dönüşümü en pahalı olan polimer olmasına rağmen, eğer Nanolife çevrilirse kütle başına büyük miktarda nanolif üretileceği için ekonomik olmaması ikinci planda kalabilir.

Nanoliflerin Koalesens filtre performansına etkisi



Nylon-6 Nanolifi kullanılmıştır.

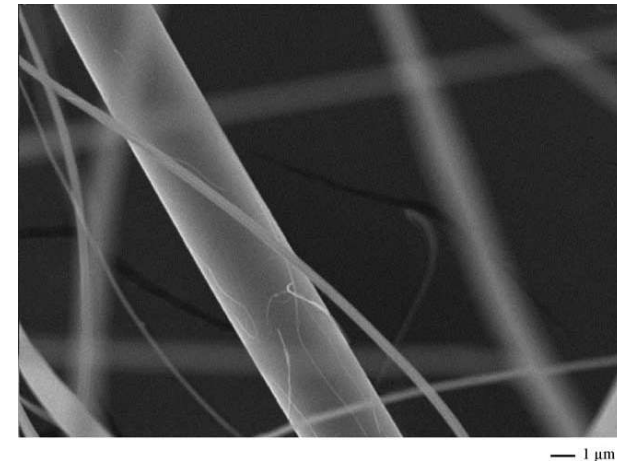
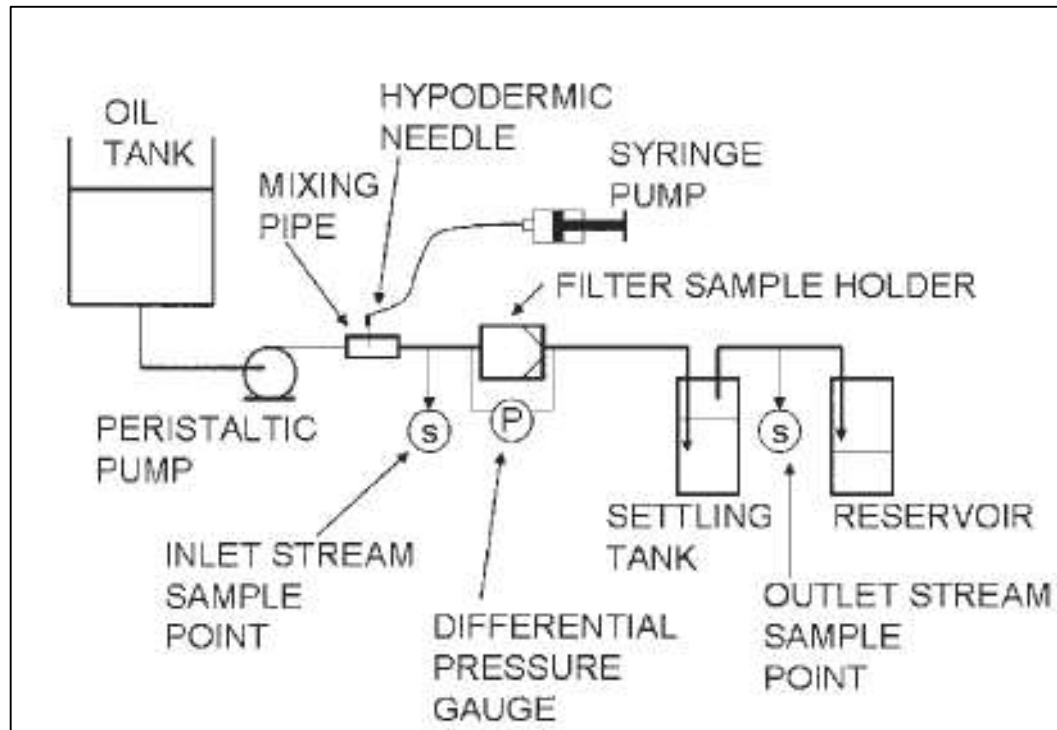
Filter	Glass-Fiber Mass (g)	Binder* Mass (g)	Nanofiber Mass (g)	Total Filter Sample Mass (g)
A	0.500	0.325	0	0.825
B	0.500	0.334	0.007	0.841
C	0.500	0.361	0.014	0.875
D	0.500	0.359	0.020	0.879
E	0.500	0.374	0.039	0.913

*Calculated by subtracting the fiber amounts from the total filter mass.

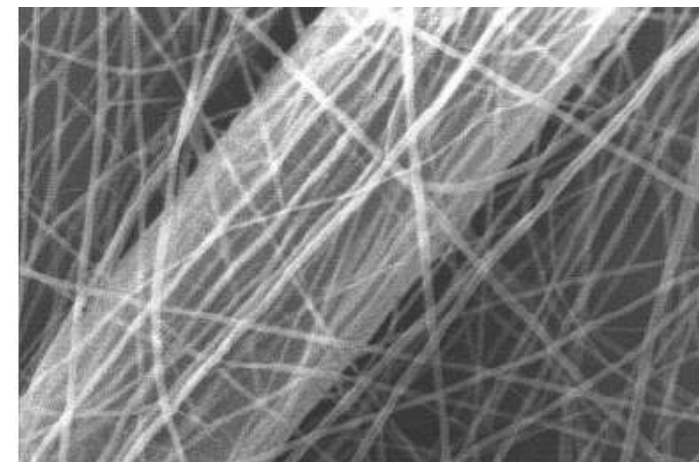
Optimum olarak, filtre verimi ve basınç farkına göre Filtre C, en uygun filtredir.

Nanolif miktarı ↑ → Basınç farkı ↑

Nanoliflerin Koalesens filtre performansına etkisi



EPS: 600 nm, cam lifi 5 mikron



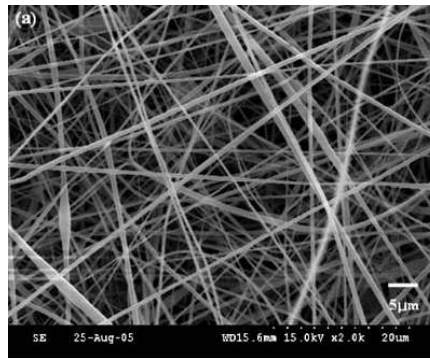
Nylon-6: 250 nm, cam lifi: 5 mikron →

Nanolif membran ile diyaliz sistemi tasarımı

Polymeric nanofiber web-based artificial renal microfluidic chip

K. H. Lee, D. J. Kim, January 2007

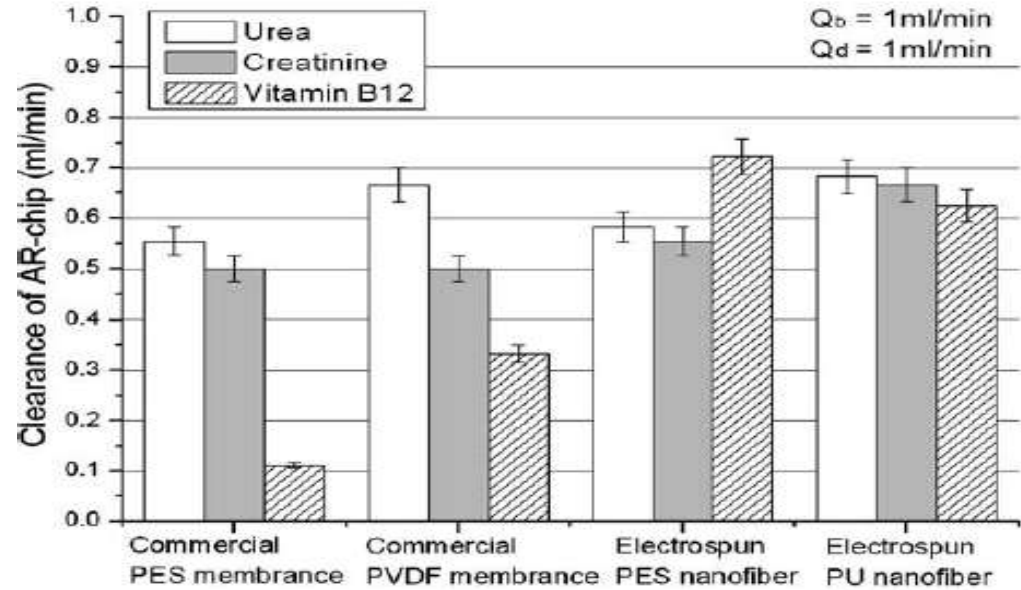
- Filtrasyon medyası olarak PES ve PU Nanolifler.
- Mikroplatformun içine yerleştirilmiş. Hemodiyaliz.
- Microfluidic chip.
- Kan hücreleri filtrasyondan etkilenmez (mekanik olarak taşınırken zarar görmez)
- Ufak boyutta hemodiyaliz filtreleme sistemi, taşınabilme ve giyilebilme potansiyeli.



*Nanolif membranlar,
Sheet tipi PES ve
PVDF gözenekli
membranlardan
(Millipore) daha iyi
performans
özelliklerine sahip.*

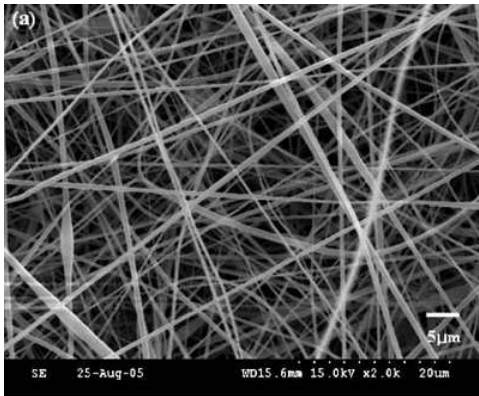
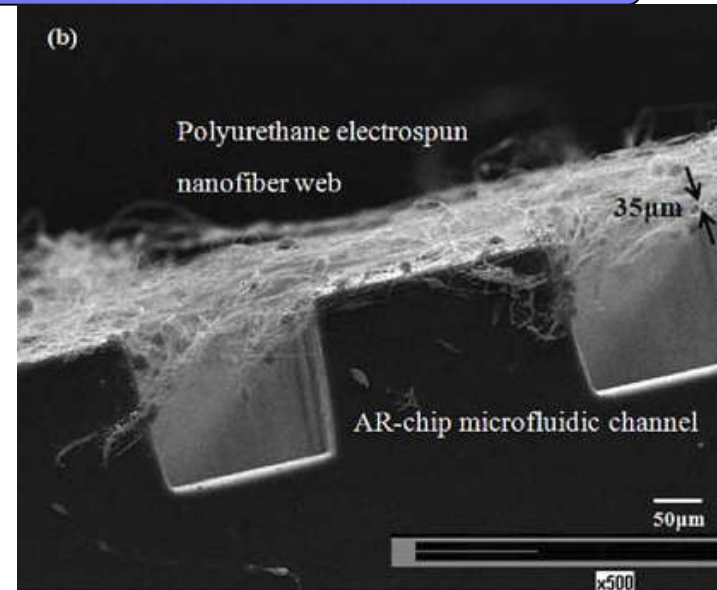
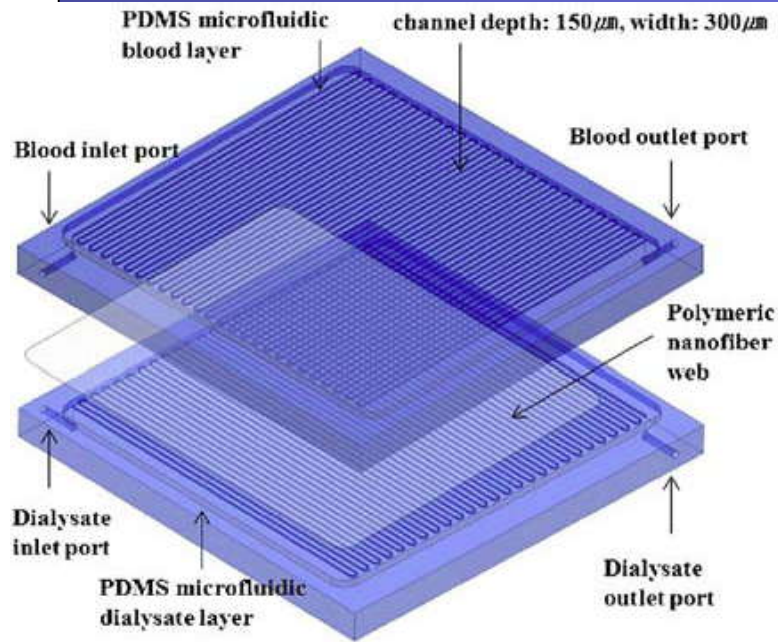
Nanolif membran ile diyaliz sistemi tasarımı

	PES membrane	PVDF membrane	PES nanofiber	PU nanofiber
Total Intrusion Volume (ml/g)	3.07	1.49	4.22	4.78
Average Pore Diameter (nm)	98.50	56.90	142.4	108.80
Porosity (%)	81.50	84.20	80.50	85.00

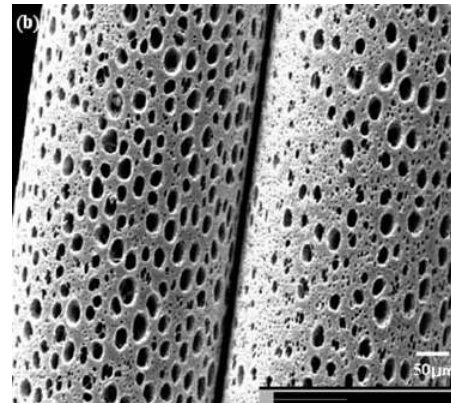


- Hemodiyaliz membran özellikleri: kan ile uyumluluk, kimyasal ve mekanik dayanım ve iyi transport özelliği. PES kullanılıyor, PU polimeri kalp ile ilgili kan ile teması var.
- PU daha iyi PES den. Vitamin B12 yüksek filtrasyonu nanolifin üç boyutlu yapısından dolayı.

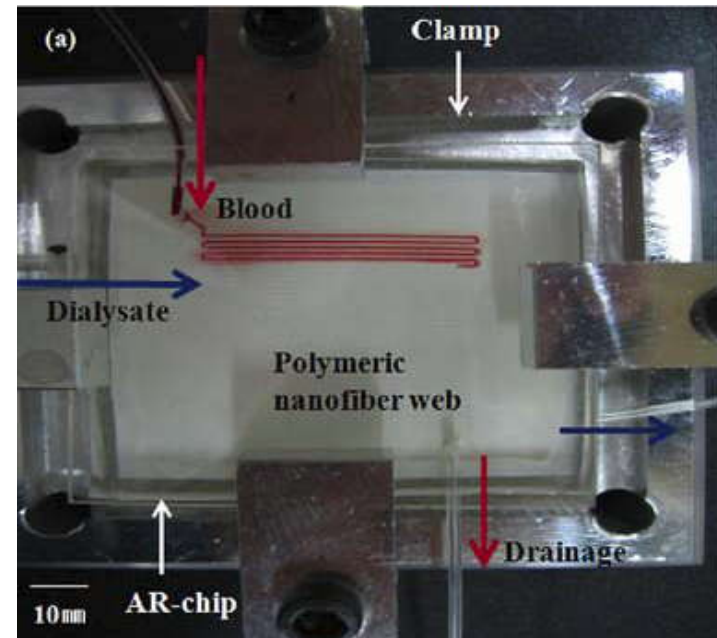
Nanolif membran ile diyaliz sistemi tasarımı



PES Nanolif



Hemodiyaliz Hollow fiber

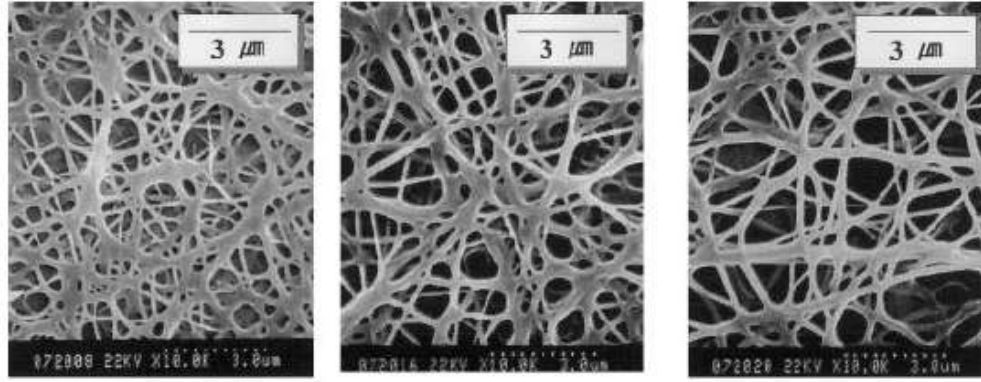


Yara örtücü olarak PU Nanolif membran

*Electrospun Nanofibrous Polyurethane Membrane
as Wound Dressing, Myung-Seob Khil, In-Shik Kim, March 2003*

- *Neden PU Nanolif membran?*
- Yüksek gözeneklilik,
- iltihaplı salgının dışarı atımı (salgı, yarada kalıp yarayı kurutmaz),
- Buharlaşan suyun kontrolü,
- Dışardaki mikroorganizmalar engelleme, (membran gözenekleri ufak)
- Lif çapı:250-300 nm
- Yüksek oksijen geçirgenliği

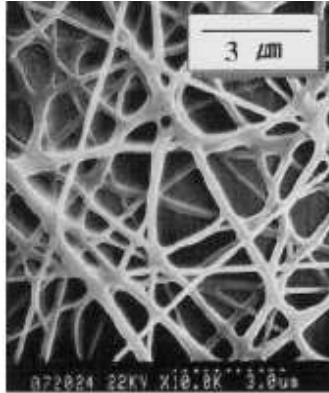
Yara örtücü olarak PU Nanolif membran



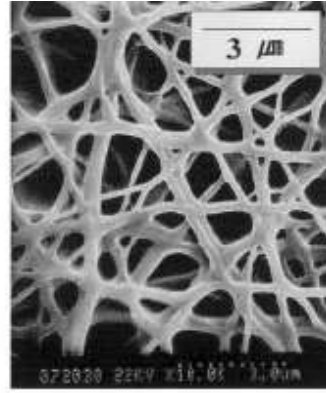
(A)

(B)

(C)



(D)



(E)

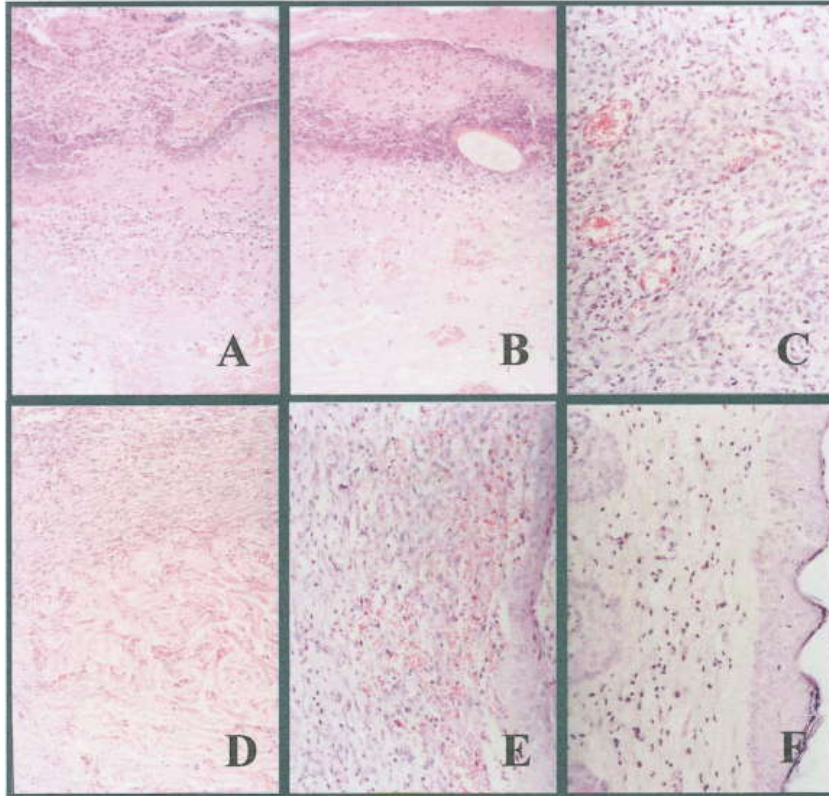
Numune	%DMF	%THF
a	100	-
b	70	30
c	50	50
d	30	70
e	-	100

Farklı solvent karışımları ile PU Nanoliflerin lif çaplarındaki değişim.

DMF: lif inceliği, **THF:** çabuk buharlaşma, ıslatma problemini gidermek için.

ağırlıkça %25 PU kullanımı.

Yara örtücü olarak PU Nanolif membran



PU Nanoliflerin çapları 250-300nm arasında değişmektedir.

A. Zararlı hücreler Nanolif tabakasının üstünde toplanmıştır.

B. Membran yara yüzeyinde iltihaplı sıvı kalmasını önlemektedir.

F. Epitelizasyon (iyileşme) 15.günden itibaren başlamıştır.

A: 1 gün B: 3. gün

C: 6. gün F. 15. gün

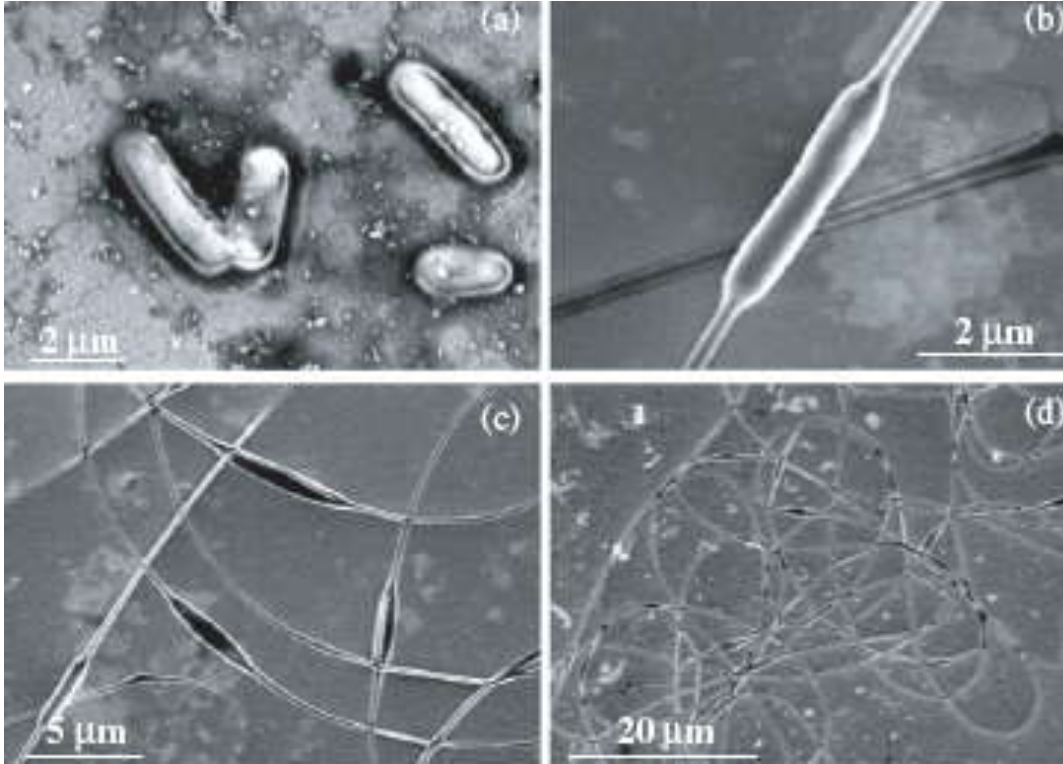
PU membran, ıslak yara yüzeyine hızlı ve iyi bir şekilde tutunmuştur.

Nanolifler içinde bakteri ve virüs kapsülasyonu

Encapsulation of bacteria and viruses in electrospun nanofibres
W Salalha, E Zussman, August 2006

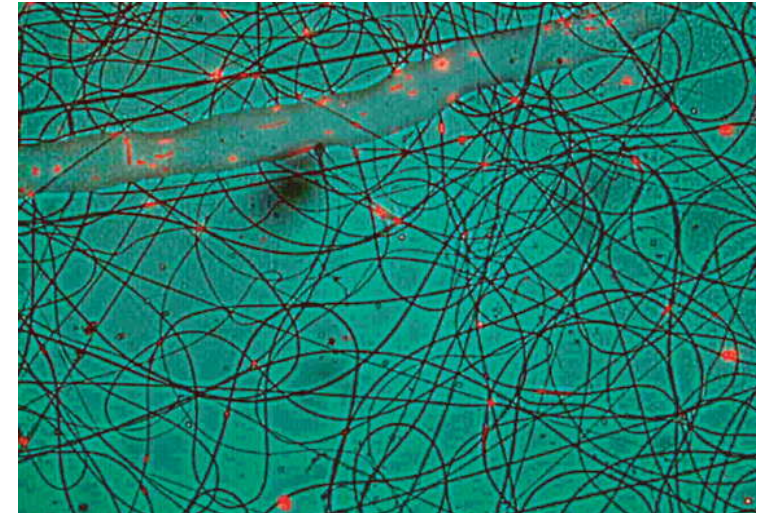
- Solvent ve polimer çözeltisinin içine Bakteri ile virüs dispers edilmesi.
- PVA Nanolifi: 250-400 nm lif çapı.
- Bakteri çapı: 50-100 nm
- Nanoliflerin merkezine yerleşim.
- Bakterilerin, üç ay boyunca, -55 °C soğuğa dayanımı.
- Virüslerin dehidrasyon edilip dondurulması yöntemlerine alternatif. (Nanolifle kapsülleme metodu)
- Biyosensör uygulamaları için alternatif.
- Biyolojik materyallerin (DNA ve protein) oryante edilmesi için yeni bir yöntem.

Nanolifler içinde bakteri ve virüs kapsüllenmesi



a: bireysel bakteriler, b,c,d: PVA Nanolif içinde merkezlenmiş bakteriler.

Kırmızı noktalar, PVA Nanolifi içindeki bakterileri gösterir.



Afinite membran olarak Polisülfon Nanolifi

Immobilization of Cibacron blue F3GA on electrospun polysulphone ultra-fine fiber surfaces towards developing an affinity membrane for albumin adsorption
Seeram Ramakrishna, May 2006

Afinite membran ne demek?

• *Filtrelenmesi gereken biomolekülleri kendi iç yapısındaki fonksiyonel gruplara bağlayan membran.*

- Ph değeri yükseltilmiş; yeniden kullanılabilme özelliği.
- Albumin, BSA yakalama kapasitesi: 22 mg/gr.

Afinite membranın kullanım alanları

- *Proteinlerin safsızlaştırılması*
- *Biomolekül filtrasyonu*

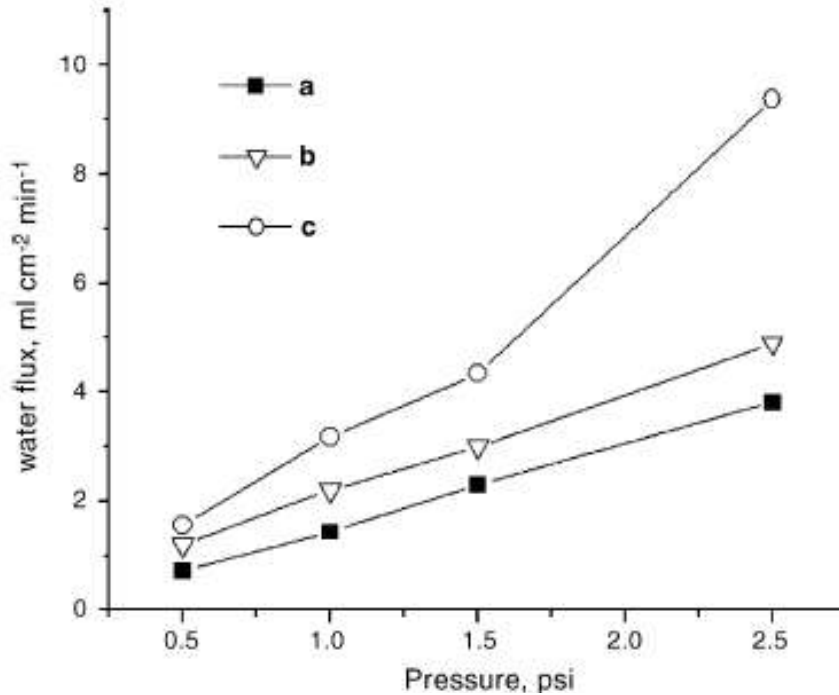
PSU membran $\xrightarrow[\text{Cibacron}]{\text{Yüzey modifikasyonu}}$ Afinite membran

Neden Nanolif membran?

- *Yüksek yüzey alanı*
- *Gözeneklilik*
- *Lif çapı*
- *Kimyasallarla kolay iş birliği*
- *Yüksek su geçirgenliği*
- *Azaltılmış pressure drop*
- *Azaltılmış hacimsel debi*

Afinite membran olarak Polisülfon Nanolifi

<i>Numune</i>	<i>Marka</i>	<i>Kalınlık</i>	<i>Gözeneklilik</i>	<i>Gözenek çapı</i>
Selüoz nitrat-asetat membran	Cartoon®, Zhejiang, China	100 µm	%61	0.22 µm
PVDF membran	Durapore®, Millipore	135 µm	%67	5 µm
Nanolif PSU	CB-PSU Nanolif	300 µm	%82	4-9 µm

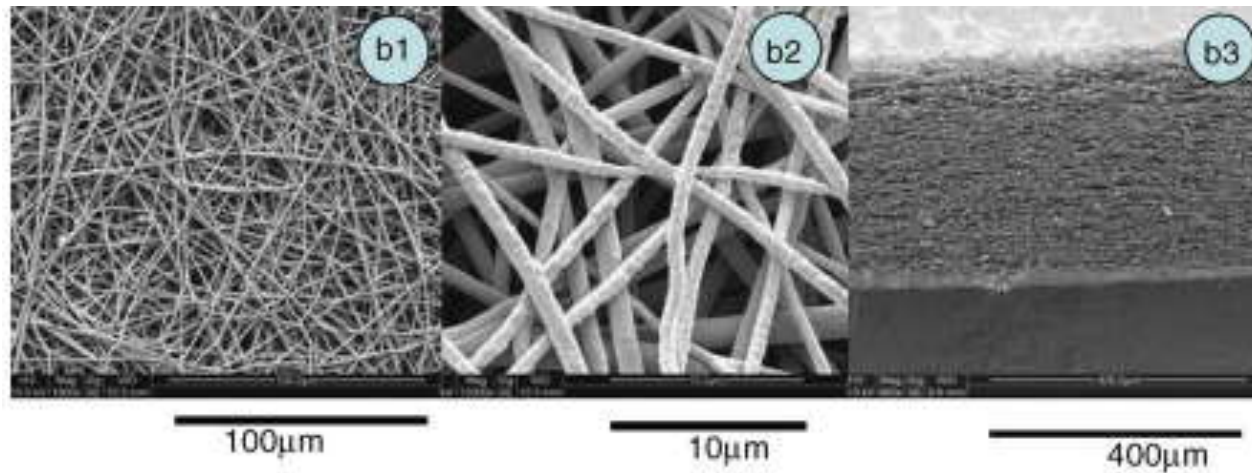


a: Selüoz nitrat asetat membran

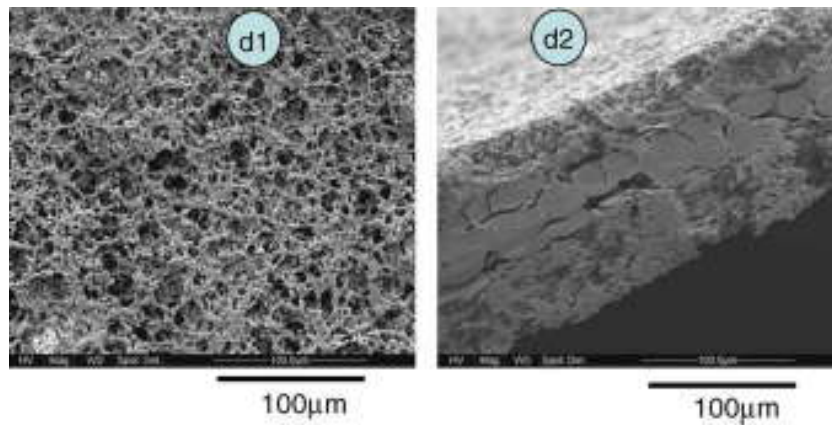
b: PVDF membran

c: CB ile modifiye edilmiş PSU

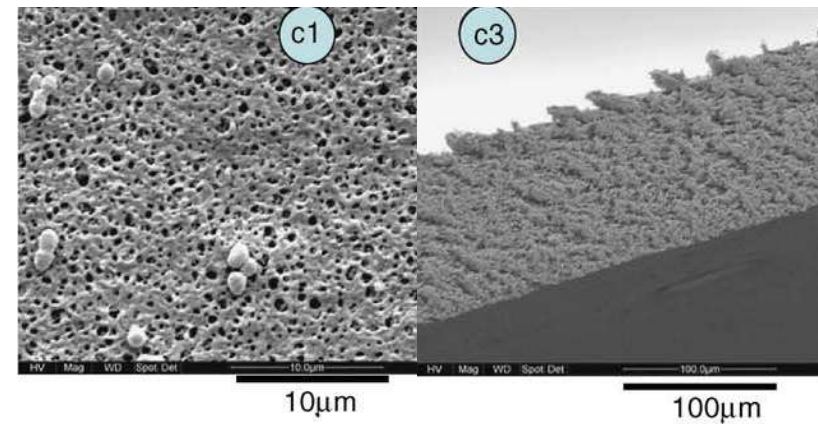
Afinite membran olarak Polisülfon Nanolifi



PSU Nanolif membran



PVDF membran



Selüloz nitrat-asetat membran

İyon exchange olarak Polistiren Nanolifi

*Ion exchanger using electrospun polystyrene nanofibers,
H. An, C. Shin, June 2006*

Polistiren Nanolif Sülfünasyon → *İyon Exchange PS Nanolif membran*

- Yüksek iyon exchange kapasitesi (IEC)
- Hızlı iyon değişimi
- İyon exchanger için üç parametre var;
 1. IEC
 2. Su çekişi
 3. Yüzey morfolojisi

İyon exchange olarak Polistiren Nanolifi

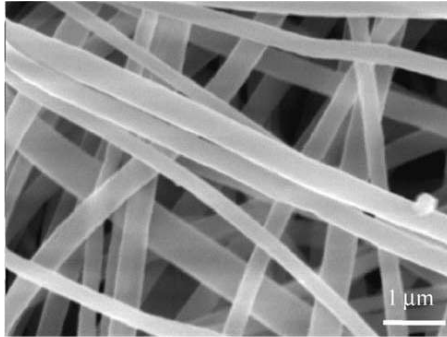
- İyon exchange membranın kullanım alanları:
 1. *Suyun yumuşatılması*
 2. *Biyolojik prosesler*
 3. *Yiyecek ve içecekler*
- Konvensiyonel iyon exchange membranlar jel veya granül yapısındaydı.

Yeni nesil lifli iyon exchange membranlar, Çünkü;

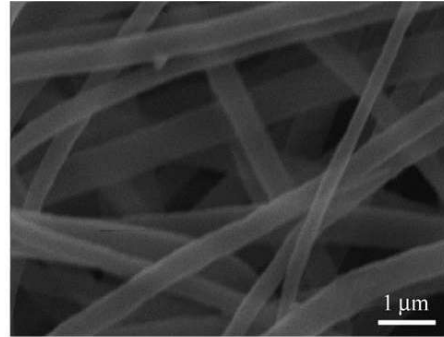
- **Hazırlama kolaylığı**
- **Üretim rahatlığı**
- **Temas verimi (iyonlarla kolay temas)**
- **Fiziksel gereksinimler (dayanım, boyutsal stabilite vs)**

Bu çalışmada, lif çapı mikron seviyesinde olan cam lifi üzerine Polistiren Nanolifi ilave edilip sülfonik asit ile muamele edilmiştir.

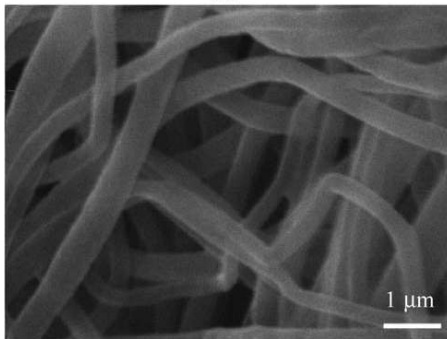
İyon exchange olarak Polistiren Nanolifi



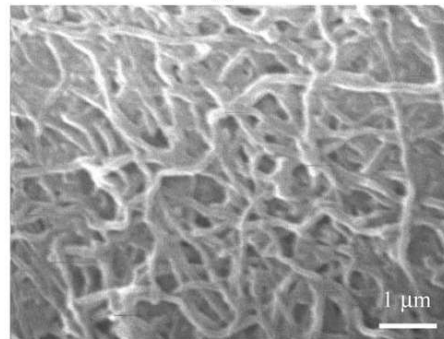
(a)



(b)



(c)



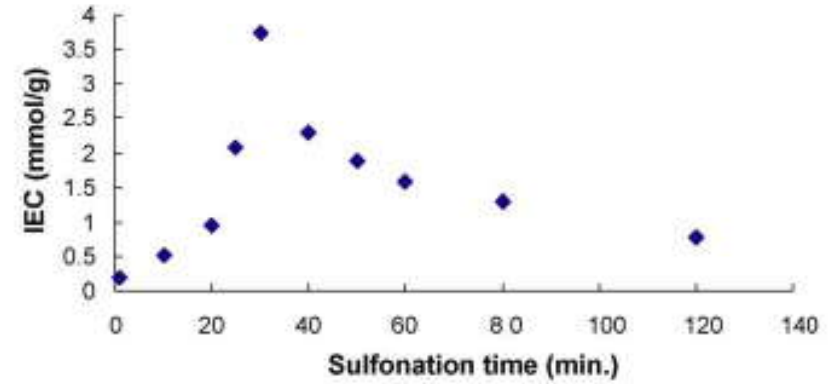
(d)

a. Orijinal polistiren Nanolifler

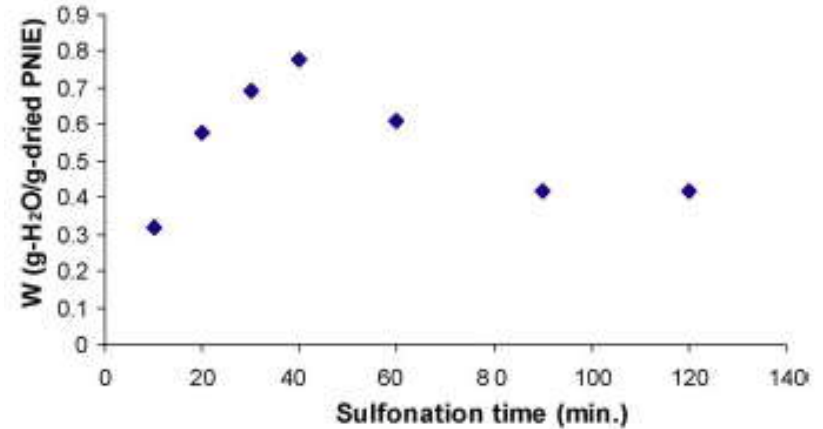
b. 10 dk sülfünasyon işleminden sonra

c. 30 dk sülfünasyon işleminden sonra

d. 120 dk sülfünasyon işleminden sonra



IEC:30 dk



Su çekişi:40 dk



NANOFIBER FILTER MEMBRANE

www.nanofmgroup.com

info@nanofmgroup.com

04/2008