T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

NANO MALZEMELERLE MODİFİYE EDİLMİŞ MEMBRANLAR İLE YÜZEYSEL SU KAYNAKLARINDAN PESTİSİT GİDERİMİ

Hazırlayan
İbrahim ÖZTÜRKMEN

Danışman
Prof.Dr. Nuray ATEŞ

Yüksek Lisans Tezi

Nisan 2023
KAYSERİ

T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

NANO MALZEMELERLE MODİFİYE EDİLMİŞ MEMBRANLAR İLE YÜZEYSEL SU KAYNAKLARINDAN PESTİSİT GİDERİMİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Hazırlayan
İbrahim ÖZTÜRKMEN

Danışman
Prof.Dr. Nuray ATEŞ

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu tarafından ÇAYDAG-118Y402 kodlu proje ve Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FYL-2021-10956 kodlu proje ile desteklenmiştir.

Nisan 2023
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

İbrahim ÖZTÜRKMEN

“Nano Malzemelerle Modifiye Edilmiş Membranlar ile Yüzeysel Su Kaynaklarından Pestisit Giderimi” adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan	**Danışman**
İbrahim ÖZTÜRKMEN	Prof.Dr. Nuray ATEŞ

Çevre Mühendisliği ABD Başkanı

Prof.Dr. Oktay ÖZKAN

İmza

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamda, değerli bilgi ve birikimiyle bana destek olan, olumlu tavırlarıyla beni cesaretlendiren, çalışmama farklı açılardan bakmamı sağlayan ve her anlamda bana katkıda bulunan kıymetli hocam ve danışmanım, Prof. Dr. Nuray ATEŞ'e saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Deneysel çalışmalarım sırasında tüm fikir ve bilgileriyle bana rehberlik eden, tecrübesiyle bana yol gösteren, yardım ve katkılarını esirgemeyen ikinci danışmanım Prof. Dr. Niğmet UZAL'a teşekkür ederim.

Değerli yorum ve katkıları ile jüri üyesi hocalarım Prof.Dr. Nevzat Özgü YİĞİT'e ve Doç. Dr. Ömür GÖKKUŞ'a teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarımda bana ve ekip arkadaşlarıma yol gösteren çalışma arkadaşım Özlem ÖZCAN'a, çalışmalarım esnasında bana destek olan meslektaşım Mehmet Dağhan ERDEN'e ve bizlere yardımcı olan Metin ÖZDEMİR'e ve tüm ekip arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Pestisit analizleri Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya Bölümü'nde gerçekleştirilmiştir. Pestisit analizlerini gerçekleştiren Prof. Dr. Sezgin BAKIRDERE ve ekibine desteklerinden dolayı çok teşekkür ederim.

Bu tez çalışması Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu'na (Proje No: 118Y402) ve Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (Proje No: FYL-2021-10956) tarafından desteklenmiştir. Bu projelere bana maddi olarak destek sağladığı için teşekkür ederim.

Son olarak, tüm hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman benden esirgemeyen bu güzel yaşamımda her zaman yanımda olan sevgili aileme en içten duygularımla teşekkür ederim. Yapmış olduğum bu çalışmada araştırmalarıma doğrudan ve dolaylı olarak emeği geçen herkese teşekkürlerimi sunarım.

İbrahim ÖZTÜRKMEN

Nisan, 2023, KAYSERİ

NANO MALZEMELERLE MODİFİYE EDİLMİŞ MEMBRANLAR İLE YÜZEYSEL SU KAYNAKLARINDAN PESTİSİT GİDERİMİ

İbrahim ÖZTÜRKMEN

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Ocak 2023
Danışman: Prof.Dr. Nuray ATEŞ
II.Danışman: Prof.Dr. Niğmet UZAL

ÖZET

Bu tezin temel amacı, membran prosesinin yenilikçi uygulamaları ile Konya şehrine su sağlayan Altınapa Baraj Gölü Havzası'nda, tarımsal kaynaklı pestisitlerin (asetoklor, metoklor, fentiyon ve alaklor) arıtma performanslarının araştırılmasıdır. Tez kapsamında NF90 ve NF270 iki farklı nanofiltrasyon (NF) membran ve BW30-XFR ve SW30-HR iki farklı ters ozmoz membran (RO), 3-(3,4-Dihydroxyphenyl)-L-alanine (L-DOPA) ve nanomalzemeler (TiO_2 ve Al_2O_3) ile modifiye edilmiştir. Modifikasyon işlemlerinin değerlendirilmesi için membranların SEM, yüzey temas açısı, FTIR ve AFM analizleri gerçekleştirilmiştir. Karakterizasyon sonuçları BW30-XFR, SW30-HR, NF90 ve NF270 membranlarının L-DOPA, L-DOPA+TiO_2 ve L-DOPA+ Al_2O_3 ile başarılı bir şekilde modifiye edildiklerini göstermektedir. NF270 membranı dışında, özellikle L-DOPA+nanomalzeme modifiye tüm membranların hidrofilikliği artmıştır. L-DOPA ve L-DOPA+nanomalzeme modifiye membranların safsu ve hamsu akı değerleri saf membranların akı değerlerine göre artış göstermiştir. Saf ve modifiye RO ve NF membranları ile asetoklor için %97,6, alaklor için %97,5, metolaklor için %97 ve fentiyon için %97,5'in üzerinde pestisit giderim verimleri elde edilmiştir. 10 bar basınç altında işletilen L-DOPA+nanomalzeme modifiye NF90 ve NF270 membranları saf NF90 ve NF270 membranlarına göre sırası ile %163 ve %24 daha yüksek akı sağlamıştır. Bu sonuçlar daha düşük enerji ve daha yüksek akı ile pestisitleri %97 ve üzerinde uzaklaştırma performansı ile su arıtımı ve mikrokirletici gideriminde modifiye NF90 membranlarının önemli avantajlar sağlayacağını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Yüzeysel su, membran filtrasyon, modifikasyon, L-DOPA, pestisit arıtımı

PESTICIDE REMOVAL FROM SURFACE WATER SOURCES BY MEMBRANES MODIFIED WITH NANOMATERIALS

İbrahim ÖZTÜRKMEN

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
Master Thesis, January 2023
Supervisor: Prof.Dr. Nuray ATEŞ
Co-Advisor: Prof.Dr. Niğmet UZAL

ABSTRACT

The main purpose of this thesis is to investigate the treatment performances of agricultural pesticides (acetochlor, methochlor, fenthion and alachlor) in the Altınapa Dam Lake Basin, which supplies water to the city of Konya, with innovative applications of the membrane process. Within the scope of the thesis, are two different nanofiltration membranes (NF) (NF90 and NF270) and are two different reverse osmosis membranes (RO) (BW30-XFR and SW30-HR) were modified by 3-(3,4-Dihydroxyphenyl)-L-alanine (L-DOPA) and nanomaterials (TiO_2 and Al_2O_3). SEM, surface contact angle, FTIR and AFM analyzes performed to evaluate the modification processes. The characterization results show that the BW30-XFR, SW30-HR, NF90 and NF270 membranes were successfully modified with L-DOPA, L-DOPA+TiO_2 and L-DOPA+ Al_2O_3. Except for the NF270 membrane, the hydrophilicity of all membranes, especially L-DOPA + nanomaterial modified, increased. Pure water and raw water flux values of L-DOPA and L-DOPA + nanomaterial modified membranes increased compared to the flux values of pure membranes. Pesticide removal efficiencies of >97.6% for acetochlor, >97.5% for alachlor, >97% for metolachlor and >97.5% for fenthion were obtained with virgin and modified RO and NF membranes. L-DOPA + nanomaterial modified NF90 and NF270 membranes operated under 10 bar pressure provided 163% and 24% higher flux to virgin NF90 and NF270 membranes, respectively. These results show that modified NF90 membranes will provide significant advantages in water treatment and micropollutant removal, with lower energy and higher flux, pesticides removal performance of 97% and above.

Keywords: Surface water, membrane filtration, modification, L-DOPA, pesticide treatment.

İÇİNDEKİLER

NANO MALZEMELERLE MODİFİYE EDİLMİŞ MEMBRANLAR İLE YÜZEYSEL SU KAYNAKLARINDAN PESTİSİT GİDERİMİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK i
YÖNERGEYE UYGUNLUK ii
KABUL VE ONAY SAYFASI iii
TEŞEKKÜR iv
ÖZET v
ABSTRACT vi
İÇİNDEKİLER vii
TABLO LİSTESİ ix
ŞEKİL LİSTESİ xii
1. GİRİŞ 1
2. LİTERATÜR ÖZETİ 3
2.1. Pestisitler ile İlgili Genel Bilgiler 3
2.2. Su Kaynaklarında Pestisitlerin Oluşumu 4
2.3. Pestisitlerin Çevredeki Taşınımı ve Akıbeti 8
2.4. Pestisitlerin Sağlık Etkileri 9
2.5. Pestisitlerle ile İlgili Mevzuatlar 11
2.6. Tez Kapsamına Alınan Pestisitler 15
2.6.1. Alaklor 15
2.6.2. Asetoklor 15
2.6.3. Metolaklor 15
2.6.4. Fentiyon 16
2.7. Pestisitlerin Membran Prosesi ile Giderimi 16
3. MATERYAL VE METOT 21
3.1. Su Numuneleri 21
3.2. Pestisitler, Kimyasallar ve Membranlar 21
3.2.1. Pestisitler 21
3.2.2. Kimyasallar 22

3.2.3. Membranlar **22**
3.3. Deneysel Prosedür **23**
3.3.1. Membran Yüzeyinin L-DOPA ve L-DOPA+Nanomalzeme ile Modifikasyonu **23**
3.3.2. Orijinal ve Modifiye Membranların Filtrasyon Performans Testleri **23**
3.3.4. Membran Filtrasyon ile Pestisit Arıtımı **24**
3.4. Analitik Yöntemler **25**
3.4.1. Pestisit Analizi **25**
3.4.2. pH ve İletkenlik **27**
3.4.3. Elektron Taramalı Mikroskop (SEM) Analizi **27**
3.4.4. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrometre (FTIR-ATR) Analizi **28**
3.4.5. Yüzey Temas Açısı Analizi **28**
3.4.6. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) **28**
4. BULGULAR **29**
4.1. L-DOPA ve L-DOPA+Nanomalzeme ile Modifiye Membranların Karakterizasyonu **29**
4.1.1. SEM Analizi **29**
4.1.2. Yüzey Temas Açısı Analizi **36**
4.1.3. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrometre (FTIR-ATR) Analizi **38**
4.1.4. AFM Analizi **41**
4.2. Saf ve Modifiye Membranların Filtrasyon Performansları **45**
4.2.1. Saf ve Modifiye RO Membranların Safsu ve Tuzlu Su Filtrasyon Performansları **45**
4.2.2. Saf ve Modifiye RO ve NF Membranların Saf Su ve Ham Su Filtrasyon Performansları **49**
4.3. Membran Filtrasyon ile Pestisit Giderimi **64**
4.4. Membran Filtrasyon Performanslarının Karşılaştırılması **73**
5. TARTIŞMALAR **78**
6. SONUÇLAR **83**
KAYNAKÇA **85**
ÖZGEÇMİŞ **99**

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Pestisitlerin fizikokimyasal özellikleri..... 21
Tablo 2. Membran modifikasyon deneylerinde kullanılan nanomalzemeler..... 22
Tablo 3. Modifikasyon deneylerinde kullanılan ticari membanların karakteristik özellikleri..... 22
Tablo 4. Pestisitlerin analizinde kullanılan optimum koşullar..... 26
Tablo 5. GC-MS sisteminde kullanılan parametreler..... 27
Tablo 6. Saf ve L-DOPA+TiO_2 ve L-DOPA+Al_2O_3 modifiye BW30-XFR ve SW30-HR membranlarına ait ortalama yüzey temas açıları..... 36
Tablo 7. NF90 ve NF270 membranlarının saf, L-DOPA+TiO_2 ve L-DOPA+Al_2O_3 modifikasyonuna ait ortalama yüzey temas açıları..... 37
Tablo 8. BW30-XFR membranın saf, L-DOPA, L-DOPA+TiO_2 ve L-DOPA+Al_2O_3 ile modifiye edilmiş membranların yüzey pürüzlülük değerleri..... 42
Tablo 9. SW30-HR membranın saf, L-DOPA, L-DOPA+TiO_2 ve L-DOPA+Al_2O_3 ile modifiye edilmiş membranların yüzey pürüzlülük değerleri..... 42
Tablo 10. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5, %1 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifiye BW30-XFR ve SW30-HR membranlarının denge fazında ortalama saf su akı değerleri..... 48
Tablo 11. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5, %1 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifiye BW30-XFR ve SW30-HR membranlarının 20 bar basınç altında tuzlu su (2g/L NaCI) ile filtrasyonuna ait akı değerleri ve iletkenlik giderim performansı..... 49
Tablo 12. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5, %1 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+(%0,1, %0,5 w/w Al_2O_3 modifiye BW30-XFR ve SW30-HR membranlarının 10 bar basınç altında denge fazında ortalama akı değerleri..... 51
Tablo 13. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5, %1 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+(%0,1, %0,5 w/w Al_2O_3 modifiye BW30-XFR ve SW30-HR membranlarının 10 bar basınç altında denge fazında ortalama akı değerleri..... 51
Tablo 14. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5, %1 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+ (%0,1 w/w) Al_2O_3 modifiye NF90 ve NF270 membranlarına ait 5 bar basınç altındaki akı değerleri..... 55

Tablo 15. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5, %1 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+ (%0,1 w/w) Al_2O_3 modifiye NF90 ve NF270 membranlarına ait 10 bar basınç altındaki akı değerleri 56
Tablo 16. BW30-XFR ve SW30-HR membranlarının saf, L-DOPA, L-DOPA+TiO_2 ve L-DOPA+Al_2O_3 modifikasyonlarına ait iletkenlik giderim verimleri 61
Tablo 17. NF90 ve NF270 membranlarının saf, L-DOPA, L-DOPA+TiO_2 ve L-DOPA+Al_2O_3 modifikasyonuna ait iletkenlik giderim verimleri..... 62
Tablo 18. BW30-XFR ve SW30-HR membranlarının saf, L-DOPA, L-DOPA+TiO_2 ve L-DOPA+Al_2O_3 modifikasyonuna ait akı geri kazanım oranları 63
Tablo 19. NF90 ve NF270 membranlarının saf, L-DOPA, L-DOPA+TiO_2 ve L-DOPA+Al_2O_3 modifikasyonuna ait akı geri kazanım oranları..... 64
Tablo 20. SW30-HR ve BW30-XFR membranlarının saf, L-DOPA, L-DOPA+TiO_2 ve L-DOPA+Al_2O_3 modifikasyonuna ait pestisit içerikli ham su akısı ve iletkenlik giderim verimleri 67
Tablo 21. SW30-HR ve BW30-XFR membranlarının saf, L-DOPA, L-DOPA+TiO_2 ve L-DOPA+Al_2O_3 modifikasyonuna ait 20 bar basınç altında pestisit içerikli ham su filtrasyonunun akı geri kazanım performansı 67
Tablo 22. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0.1 ve %0.5 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+%0.1 w/w Al_2O_3 modifiye BW30-XFR ve SW30-HR membranlarının 20 bar basınç altında pestisit içerikli örneklerde pestisit giderim verimleri 68
Tablo 23. NF90 ve NF270 membranlarının saf, L-DOPA, L-DOPA+TiO_2 ve L-DOPA+Al_2O_3 modifikasyonuna ait pestisit içerikli ham su akısı ve iletkenlik giderim verimleri 71
Tablo 24. NF90 ve NF270 membranlarının saf, L-DOPA, L-DOPA+TiO_2 ve L-DOPA+Al_2O_3 modifikasyonuna ait 10 bar basınç altında pestisit içerikli ham su filtrasyonunun akı geri kazanım performansı 71
Tablo 25. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0.1 ve %0.5 w/w) TiO2 ve L-DOPA+%0.1 w/w Al2O3 modifiye NF90 ve NF270 membranlarının 10 bar basınç altında pestisit içerikli örneklerde pestisit giderim verimleri 72
Tablo 26. BW30-XFR membranın saf, tüm modifikasyonlarının akı değerlerinin karşılaştırılması..... 74
Tablo 27. SW30-HR membranın saf, tüm modifikasyonlarının akı değerlerinin karşılaştırılması..... 74

Tablo 28. NF90 membranın saf, tüm modifikasyonlarının akı değerlerinin karşılaştırılması 74
Tablo 29. NF270 membranın saf, tüm modifikasyonlarının akı değerlerinin karşılaştırılması 75
Tablo 30. BW30-XFR ve SW30-HR membranlarının saf, tüm modifikasyonlarının iletkenlik giderim verimlerinin karşılaştırılması 75
Tablo 31. NF90 ve NF270 membranlarının saf, tüm modifikasyonlarının iletkenlik giderim verimlerinin karşılaştırılması 76
Tablo 32. BW30-XFR membranın saf, tüm modifikasyonlarının akı geri kazanım oranlarının (FRR) karşılaştırılması 76
Tablo 33. SW30-HR membranının saf, tüm modifikasyonlarının akı geri kazanım oranlarının (FRR) karşılaştırılması 77
Tablo 34. NF90 membranın saf, tüm modifikasyonlarının akı geri kazanım oranlarının (FRR) karşılaştırılması 77
Tablo 35. NF270 membranının saf, tüm modifikasyonlarının akı geri kazanım oranlarının (FRR) karşılaştırılması 77

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. Pestisitlerin doğa üzerinde taşınımı ve etkileşimi..... 9
Şekil 2. Pestisitlere maruz kalma yolları ve insanlar üzerindeki potansiyel etkileri (Kalyabina vd., 2021). 10
Şekil 3. DSSME ekstraksiyonu ve GC-MS yönteminin grafiksel özeti 26
Şekil 4. BW30-XFR saf yüzey (a) ve BW30-XFR L-DOPA ile modifiye edilmiş yüzey SEM görüntüleri (b)..... 30
Şekil 5. BW30-XFR saf (a), BW30-XFR L-DOPA+%0,1 w/w TiO_2 (b), BW30-XFR L-DOPA+%0,5 w/w TiO_2 (c) ve BW30-XFR L-DOPA+%1 w/w TiO_2 (d) ile modifiye edilmiş yüzey SEM görüntüleri..... 31
Şekil 6. BW30-XFR saf (a), BW30-XFR L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 (b) ve BW30-XFR L-DOPA+%0,5 w/w Al_2O_3 (c) ile modifiye edilmiş yüzey SEM görüntüleri..... 31
Şekil 7. SW30-HR saf (a), SW30-HR L-DOPA (b), SW30-HR L-DOPA+%0,1 w/w TiO_2 (c), SW30-HR L-DOPA+%0,5 w/w TiO_2 (d), SW30-HR L-DOPA+%1 w/w TiO_2 (e) ve SW30-HR L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 (f) ile modifiye edilmiş yüzey SEM görüntüleri..... 33
Şekil 8. NF90 saf (a), NF90 L-DOPA (b), NF90 L-DOPA+%0,1 w/w TiO_2 (c), NF90 L-DOPA+%0,5 w/w TiO_2 (d), NF90 L-DOPA+%1 w/w TiO_2 (e) ve NF90 L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 (f) ile modifiye edilmiş yüzey SEM görüntüleri..... 34
Şekil 9. NF270 saf (a), NF270 L-DOPA (b), NF270 L-DOPA+%0,1 w/w TiO_2 (c), NF270 L-DOPA+%0,5 w/w TiO_2 (d), NF270 L-DOPA+%1 w/w TiO_2 (e) ve NF270 L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 (f) ile modifiye edilmiş yüzey SEM görüntüleri..... 35
Şekil 10. Saf, L-DOPA ve L-DOPA+nanomalzeme modifiye BW30-XFR membranlarına ait FTIR grafikleri..... 38
Şekil 11. Saf, L-DOPA ve L-DOPA+nanomalzeme modifiye SW30-HR membranlarına ait FTIR grafikleri..... 39
Şekil 12. Saf, L-DOPA ve L-DOPA+nanomalzeme modifiye NF90 membranlarına ait FTIR verileri. 40
Şekil 13. Saf, L-DOPA ve L-DOPA+nanomalzeme modifiye NF270membranlarına ait FTIR verileri. 41

Şekil 14. Saf (a), L-DOPA (b), L-DOPA+%0,1 w/w TiO_2 (c), L-DOPA+%0,5 w/w TiO_2 (d), L-DOPA+%1 w/w TiO_2 (e) ve %0,1 w/w Al_2O_3 (f) modifiye, BW30-XFR membranının AFM görüntüleri. 43

Şekil 15. Saf (a), L-DOPA (b), L-DOPA+%0,1 w/w TiO_2 (c), L-DOPA+%0,5 w/w TiO_2 (d), L-DOPA+%1 w/w TiO_2 (e) ve %0,1 w/w Al_2O_3 (f) modifiye, SW30-HR membranının AFM görüntüleri. 44

Şekil 16. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5 %1 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 ile modifiye edilmiş BW30-XFR membranların zaman bağlı saf su akı değerleri: (a) 10 bar, (b) 15 bar, (c) 20 bar ve (d) 20 bar basınç altında tuzlu su (2g/L NaCI) 46

Şekil 17. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5 %1 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 ile modifiye edilmiş SW30-HR membranların zaman bağlı saf su akı değerleri: (a) 10 bar, (b) 15 bar, (c) 20 bar ve (d) 20 bar basınç altında tuzlu su (2g/L NaCI) 47

Şekil 18. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, 0,5, %1 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifiye BW30-XFR membranların (a) saf su, (b) ham su, (c) ham su sonrası saf su akısının 10 ve 20 bar basınç altında zamana karşı değişimi 53

Şekil 19. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5, %1 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifiye SW30-HR membranların (a) saf su, (b) ham su, (c) ham su sonrası saf su akısının 10 ve 20 bar basınç altında zamana karşı değişimi 54

Şekil 20. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5, %1 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifiye NF90 membranların (a) saf su, (b) ham su, (c) ham su sonrası saf su akısının 10 ve 20 bar basınç altında zamana karşı değişimi 57

Şekil 21. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5, %1 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifiye NF270 membranların (a) saf su, (b) ham su, (c) ham su sonrası saf su akısının 10 ve 20 bar basınç altında zamana karşı değişimi 59

Şekil 22. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifiye BW30-XFR membranların (a) saf su, (b) pestisitli ham su, (c) pestisitli ham su sonrası saf su akısının 20 bar basınç altında zamana karşı değişimi..... 66

Şekil 23. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifiye SW30-HR membranların (a) saf su, (b) pestisitli ham su, (c)

pestisitli ham su sonrası saf su akısının 20 bar basınç altında zamana karşı değişimi..... 66
Şekil 24. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifiye NF90 membranların (a) saf su, (b) pestisitli ham su, (c) pestisitli ham su sonrası saf su akısının 10 bar basınç altında zamana karşı değişimi.... 70
Şekil 25. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifiye NF270 membranların (a) saf su, (b) pestisitli ham su, (c) pestisitli ham su sonrası saf su akısının 10 bar basınç altında zamana karşı değişimi..... 70

1. GİRİŞ

Son yıllarda mevcut su kaynakları, tarımsal ve endüstriyel faaliyetler, kentleşme, iklim değişikliği, nüfus artışı ve sürekli su tüketimi gibi etkiler nedeniyle su kaynakları hızla tükenmektedir. Bu nedenle kullanılan suyun arıtılarak yeniden kullanımı büyük önem arz etmektedir. Tarımsal ve endüstriyel olarak kullanılan su miktarı oldukça fazladır. Tatlı suyun tarımsal, endüstriyel ve evsel kullanımı sonucu oluşan atıksu uygun arıtma yapılmadan su ortamına boşaltıldığında mikrokirleticiler içeren atıksu ciddi çevre ve insan sağlığı sorunlarına yol açar (Goswami vd., 2018). Mikrokirleticiler su içerisinde çok düşük konsantrasyonlarda (ng/L–µg/L) bulunmakta, çok farklı özellik ve türde kirleticileri içermektedir. Bu kirleticiler arasında pestisitler, kozmetik ürünleri, ilaç kalıntıları, ağır metaller, endokrin bozucular, endüstriyel kimyasallar, gıda katkı maddeleri ve deterjanlar gibi sentetik organik bileşikler ve östrojenler gibi bazı doğal olarak oluşan maddeler bulunur. Ekosistemlerde ciddi zararlı etkiler yaratırlar ve eser miktarda bulunsalar dahi içme suyu kaynaklarını kirletirler(Goswami vd., 2018).

Orman ve Su İşleri Bakanlığı (OSİB) tarafından Türkiye'deki içme suyu kaynaklarının kalitesinin belirlenmesi ve bu kaynaklara bağlı arıtma tesislerinin performanslarının değerlendirilmesi amacı "Türkiye'deki İçme Suyu Kaynakları ve Arıtma Tesislerinin Değerlendirilmesi" başlıklı projesi 2017'de tamanlanmıştır. Proje kapsamında incelenen su kaynakları ve arıtma tesisleri içinde Konya şehrine su sağlayan Altınapa Barajı ve Konya İçme Suyu Arıtma Tesisi de yer almaktadır (OSİB, 2017). Konvensiyonel arıtma prosesleri ile arıtıldıktan sonra şehre su sağlayan Altınapa Barajı'nda ve KOSKİ İçme Suyu Arıtma Tesisi giriş ve çıkış sularında yapılan izleme çalışmaları sonucunda, Altınapa Barajı'nda asetoklor (0,314), metolaklor (0,476), fentiyon (0,3901) ve alaklor (0,1869) tespit edilmiştir. Konya Kapalı Havza'da özellikle tespit edilen 4 pestisit bazında su kalitesinin "İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmeliğe" göre ileri arıtma gerektiren A3 sınıfında olduğu

görülmüştür. Pestisitler düşük konsantrasyonlarda olmasına rağmen, insan sağlığına olumsuz etkilerden dolayı alıcı ortamlardan uzaklaştırılması ve arıtılması gerekmektedir. Günümüzde su arıtım endüstrisinin karşı karşıya kaldığı en önemli sorunların başında içme sularında bulunan pestisitlerin konvensiyonel yöntemler ile istenilen seviyelerde giderim sağlanamamasıdır. Gelecekteki mevzuatlarda uygulanması düşünülen daha sıkı standartları sağlayabilmek için içme suyu arıtım tesisleri pestisit konsantrasyonlarını azaltım stratejileri geliştirip uygulamak zorundadırlar. İçme suyu arıtımında ileri oksidasyon prosesleri, adsorpsiyon ve membran prosesleri gibi birçok ileri arıtma teknikleri pestisit gideriminde test edilmektedir. Bunların yanında, pestisit türlerini etkin ve ekonomik bir şekilde giderecek yenilikçi teknolojilerinin araştırılmasına devam edilmektedir. Bu bağlamda yüzeyleri modifiye edilmiş membranların kullanımı gün geçtikçe artmaktadır.

Pestisit giderimi amacıyla membranların modifikasyon çalışmaları güncel araştırma konuları olup, tam/pilot ölçekli uygulamaları oldukça azdır. Tez kapsamında modifikasyon çalışmalarına yoğunlaşılmasının temel nedenleri, saf membranların bazı pestisitlerin gideriminde yetersiz kalması, membran bozunmaları, erken tıkanmalar ve buna bağlı olarak akı azalmaları ve daha geniş yelpazede pestisit gideriminin hedeflenmesidir. Bu kapsamda membran prosesi kapasitesinin arıtımına yönelik L-DOPA ve nanomalzemeler (TiO_2 ve Al_2O_3) ile 2 farklı nanofiltre (NF) ve 2 farklı ters ozmoz (RO) membranlarının modifikasyon çalışmaları yapılmıştır. Modifiye membranların SEM, FTIR, temas açısı analizleri ile karakterizasyonları gerçekleştirilmiştir. Saf ve modifiye membranların akı performansları ve pestisit giderim etkinliği 10 ve 20 bar basınç altında test edilmiştir. Modifikasyon çalışmaları, pestisit arıtımı için NF membranlarının başarılı bir şekilde kullanılabileceği gösterilmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Pestisitler ile İlgili Genel Bilgiler

Dünyada, ng/L ve µg/L seviyelerinde çok sayıda ve türde kirleticilerin sucul ortamlarda bulunmasından nedeni ile özellikle son 20 yılda, mikrokirleticilerin sebep olduğu çevre kirliliği çok önemli bir konu haline gelmiştir. Bu kirleticiler doğal veya antropojenik kaynaklı pestisitleri, endüstriye bileşikleri, farmasötikleri, kişisel bakım ürünlerini, steroid hormonları, ilaçları ağır metalleri içermektedir. Endüstri ve insan ihtiyaçlara göre üretilen tarımsal ürünleri daha kaliteli, daha verimli ve daha fazla ürün hasadı yapmak amacıyla ürüne olumsuz etki edecek faktörlerin önüne geçmek için pestisitler kullanılmaktadır (Akdoğan vd., 2012; Altıkat vd., 2009).Tarımsal uygulamalarda pestisit kullanımı ürün verimi arttırmakta, pestisit kullanılmadığı zaman ürün veriminde %45-50 azalma olduğu görülmüştür (Oerke, 2006). Ancak, ekosisteme özellikle su yoluyla pestisit girdiği zaman ciddi çevre problemlerine yol açmaktadır (Tong vd., 2012; Vymazal & Březinová, 2015). Pestisitler uygulanırken farklı şekillerde yayılım gerçekleştirir. Bu yayılımda pestisitler hava, su ve toprağa ulaşmaktadır. Bu ortamlarda bulunan pestisitler zamanla bulundukları ortama ve daha sonrasında canlılara geçmektedir. Pestisitlerin taşınımı öncelikle kimyasal ve fiziksel özelliklerine göre daha sonra tarımsal alanlarda uygulanma türü, iklim ve tarım alanındaki normlara göre değişiklik göstermektedir. Kullanılan bu pestisitler zamanla insan, hayvan ve çevresel ortamı etkileyerek birçok sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır(Kiziewicz & Czeczuga, 2002).

Alaklor, asetoklor ve metolaklor asetanilit herbisit türü olup çok geniş kullanım alanları bulunmaktadır. Çayır ve yabani otların kontrolünde(Patakioutas & Albanis, 2002), mısır, soyafasülyesi, patates, pamuk ve yerfıstığı üretiminde kullanılmaktadır. Alaklor 6-10 hafta süresince yabani ot kontrolü sağlamaktadır. Toprakta yarılanma ömrü 21 gün olup alaklor bozunmasından mikroplar sorumludur. Düşük çözünürlüğe (25°C'de 242 mg/L)

sahip olan alaklorun sudaki K_{oc} değeri 43-209 ml/g ve sızma ve yüzey akışa geçme potansiyeli orta derecedir(Gillespie vd., 2011; Rajesh Rekapalli & Ram Krishna Tiwari, 2014). Asetoklor normal koşullarda 8-12 hafta süresince yabani ot kontrolü sağlamaktadır. Ilık ve nemli koşullarda pestisit bozunması elverişli hale gelmekte, asetoklorun yarı ömrü 6,3 gün olmaktadır(Mueller vd., 1999). Bazı çalışmalar, anaerobik koşullarda asetoklorun yarılanma ömrü 10-16 gün olduğunu göstermektedir (Loor-Vela vd., 2003). Asetoklorun çözünürlüğü 223 mg/L olup yüksek organik içereğe sahip topraklarda yüksek sorpsiyon kapasitesine sahiptir (Gillespie et al., 2011). Metolklorun yarılanma ömrü 97 ile 112 gün arasındadır. Arazide esas bozunma döngüsü mikrobial bozunmadır. Sudaki çözünürlüğü 448 mg/L ve Koc değeri 200 ml/g'dır. Düşük organik içeriğe sahip topraklarda sorpsiyonu zayıf olan metolklorun, organik içeriği %2'den fazla olan toprakta sorpsiyonu artmakta ve sızması azalmaktadır (Gillespie vd., 2011).

2.2. Su Kaynaklarında Pestisitlerin Oluşumu

İnsanlar yaşamlarını sürdürmek için su gerekli olan başlıca kaynakların en önemlisidir. Günlük yaşamda hayatlarını devam devam ettirmek için bazı hayati ihtiyaçları vardır. Bunlar; yeme-içme, yemek yapma, gıda ve eşyaları yıkama ve bireysel temizlikleri vb. tüm ihtiyaçlar için insanlar suya büyük oranda ihtiyaç duymaktadırlar. Temiz su kaynaklarını çiftçiler mahsüllerini ve besledikleri hayvanlarını büyütmek için de suya ihtiyaç duymaktadır. Pestisitler tarımsal faaliyetlerde daha fazla verim elde edebilmek için uygulandıktan sonra toprakta ve bitkide kalan pestisitler yüzeysel akışa dönen yağmur yağışları ile topraktan yeraltı sularına ve yüzeysel diğer su kaynaklarına kadar ulaşabilmektedir. Pestisitler her türlü ortamda parçalanma eğiliminde olmalarına rağmen yeraltı sularında güneş ışığı, sıcaklık ve oksijen yetersizliğinden dolayı daha az bozunmakta ve yeraltı sularında birikime dolayısıyla kirliliğe sebep olmaktadır. Bundan dolayıdır ki yeraltı sularında kirlenme tespit ediliyorsa yüzeysel su kaynaklarında bu kirleticilere rastlanması daha yüksektir. Yüzeysel su kaynaklarında gerçekleşen pesitist birikimleri suyun hareketinden dolayı yeraltı sularına ulaşabilir ve pestisit tespit edilebilir. Direkt olmasa bile yeraltı suları dolaylı yoldan mikro kirleticiler tarafından kirlenmektedir. Yüzeysel su kaynaklarındaki kirleticilerin önü kesilip yeraltı suyuna geçisi engellense bile yeraltı suyunun kendini yenileyip temizlenmesi doğal yollarla uzun vakitler alır. Yeraltı sularının kirleticilerden arındırmak için arıtma maliyeti yüksek ve

işletilmesi zordur. Bunun için yeraltı suyularının kirliliğine karşı en iyi koruma yöntemi kirliliğin direkt kaynağında önlenmesi gerekir (Altıkat vd., 2009).

Dünya üzerinde 34 ülkede 36 farklı lokasyondan alınan örneklerin analizlerinde en çok DDT, en az tolchlofos pestisit türü tespit edilmiştir. Çin'den alınan su numunelerinde 0,001–2,65 µg/L aralığında 42 çeşit orgonaklorlu pestisit tespit edilmiştir (B. Li vd., 2012; Liu vd., 2016; Wu vd., 2014; Zhou vd., 2008). Hindistan'da yapılan araştırma kapsamında alınan su numunelerinde 0,01–0,34 µg/L aralığında 23 çeşit orgonaklorlu pestisit tespit edilmiştir (Kaushik vd., 2012; Mohapatra vd., 1995). Araştırmacılar Lübnan'da su kaynaklarından aldıkları su numunelerinde 0,02–12,82 µg/L aralığında 15 çeşit orgonaklorlu pestisit tespit edilmiştir (Chaza vd., 2018). Güney Afrika'da analizi yapılan su örneklerinde 14 çeşit orgonaklorlu pestisit tespit edilmiştir ve miktarları 0,01–0,03 µg/L aralığında değişmektedir (Fatoki & Awofolu, 2004). Meksika'dan da alınan su numunelerinde 0,003–0,09 µg/L aralığında değişiklik gösteren 14 çeşit orgonaklorlu pestisit tespit edilmiştir (Díaz vd., 2009). Batı Bengal'de yapılan araştırma kapsamında su örneklerinde 0,014–1,106 µg/L aralığında değişkenlik gösteren miktarlarda 12 çeşit orgonaklorlu pestisit olduğu saptanmıştır (Mondal vd., 2018). Gana'da 10 çeşit orgonaklorlu pestisit tespit edilirken miktarları 0,01–0,04 µg/L aralığında değişmektedir (Affum vd., 2018; Fosu-Mensah vd., 2016). Filipinler'de miktarları 0,02–0,74 µg/L aralığında (Navarrete vd., 2018) ve Mısır'da ki analizlerde 0,10–6,00 µg/L aralığında (Derbalah vd., 2014) su kaynaklarımda organoklorlu pestisit tespit edilmiştir. Hindistan'ın önemli ziyaret alanlarından olan Keoladeo Ulusal Parkı'nda ki su kütlelerinden alınan numunelerinde α-HCH, β-HCH, γ-HCH, δ-HCH, aldrin, dieldrin, heptachlor, heptachlor epoxide, endosulfan-I, endosulfan-II, endo.sulfate, endrin, 4,4′-DDE, 4,4′-DDD ve DDT tespit edilmiştir (Bhadouria vd., 2012). Organoklorlu pestisit en yüksek konsantrasyonları (2,4′-DDD, 12,82 µg/L, heptaklor epoksit, heptaklor 9,01, 4,22 µg/L, aldrin 6.0) Lübnan ve Mısır'dan alınan su örneklerinde ve en düşük konsantrasyon Kanada (heptaklor, 0,000525 µg/L)'da tespit edilmiştir (El-Nahhal & El-Nahhal, 2021). Birçok ülkeden alınan su örneklerinde yaklaşık 27 organofosfat pestisit tespit edilmiştir. Bunlar azinfos-metil, klorfenvinfos, klorpirifos, siyanofos, diazinon, diklofentiyon, diklorvos, dikrotofos, dimetoat, etiyon, etoprofos, fenitrotiyon, fentiyon, izofenfos-okson, malathion, mefosfolan, metamidofos, monokrotofos, ometoat, paration- etil, parathion-metil, fosfat, fotoset, profenofos, piridafention, tiyonazin ve triazofos

organofosfat pestisitleridir (El-Nahhal & El-Nahhal, 2021). Japonya'da analizi yapılan su numunelerinde 14 çeşit organofosfat pestisitleri tespit edilirken (Tanabe vd., 2001), İspanya'da alınan su numunelerinde 12 çeşit organofosfat 1,01–21,95 µg/L aralığında tespit edilmiştir (Ccanccapa vd., 2016). İran'da yapılan araştırma kapsamında su analizleri sonucunda 9 çeşit organofosfat tespit edilmiş olup miktarları 0,21–0,57 µg/L aralığında değişkenlik göstermiştir (Heidar vd., 2017; Shayeghi vd., 2007). Gana'da ise su analizlerinde miktarları 0,01–0,41 µg/L aralığında olan 4 çeşit organofosfat tespit edilmiştir (Affum vd., 2018). Batı Bengal'den alınan su örneklerinde de miktarları 0,009–0,095 µg/L(Mondal vd., 2018) aralığında değişkenlik gösteren organofosfatlar tespit edilmiştir.

Japonya, Brezilya ve İspanya'da 32 su örneğine yapılan analizlerde 23 fungisit (mantar ilacı) çeşidine rastlanmıştır. Bunlar; azoxystrobin, carbendazim, klorothalonil, difenoconazole, edifenphos, epoxiconazole, etitridiazole, flutolanil, flutriafol, imazalil, iprobenfos, isoprothiolan, mepronil, pencycuron, picoxystrobin, probenazol, prochloraz, quintozen, tebuconazole, tiyabendazol ve tricyclazoledir (El-Nahhal & El-Nahhal, 2021). Japonya'da ki analizlerde miktarları 0,013–0,473 µg/L aralığında değişen 11 çeşit (Tanabe vd., 2001), Brezilya'da ise 0,001–0,39 µg/L aralığında değişen 8 çeşit (Albuquerque vd., 2016) ve İspanya'da 4,82–101,03 µg/L aralığında değişkenlik gösteren 5 çeşit (Ccanccapa vd., 2016) fungisit çeşitleri tespit edilmiştir. Çin'de de 0,0011–0,077 µg/L aralığında carbendazim, difenoconazole, epoxiconazole, flutolanil, picoxystrobin, prochloraz, tebuconazole, tiyabendazol ve tricyclazole (Y. Li vd., 2020) fungisitleri tespit edilmiştir.

Portekiz'de yapılan araştırmada alınan su örneklerinde miktarları 0,002–0,27 µg/L aralığında değişkenlik gösteren 28 çeşit herbisit tespit edilmiştir (Palma vd., 2009, 2014). Brezilya'da ise 22 çeşit herbisit tespit edilirken miktarları 0,01–4,90 µg/L aralığında değişmektedir (Albuquerque vd., 2016). İspanya'da bir araştırma kapsamında miktarları 1,16–32,32 µg/L aralığında olan 14 herbisit tespit edilmiştir (Ccanccapa vd., 2016). Slovenya'da analizleri yapılan su analizlerinde 0,0001–0,051 µg/L aralığında 8 herbisit tespit edilmiştir (Koroša vd., 2016). Vietnam'da 8 çeşit herbisit tespit edilen su analizlerinde herbisitlerin miktarları 0,0001–0,47 µg/L aralığında olduğu gözlemlenmiştir (Toan vd., 2013; Wan vd., 2021). Lübnan'da ki araştırmada miktarları 0,26–1,73 µg/L aralığında olan su analizlerinde 7 çeşit herbisit tespit edilmiştir (Chaza

vd., 2018). Almanya'da bazı araştırmacılar yaptıkları analizlerde miktarları 1,22–79,02 µg/L aralığında değişkenlik gösteren 7 çeşit herbisit tespit etmişlerdir (Chaza vd., 2018). Vietnam ve Fransa'dan da alınan su örneklerinde ki analizlerde 2 çeşit herbisit tespit edilirken, Burkina Faso, Batı Bengal, Etiyopya ve İran'dan alınan su örneklerinde 1 çeşit herbisit tespit edilmiştir (El-Nahhal & El-Nahhal, 2021).

En yüksek miktarda böcek ilacı çeşidi Lübnan'da ikinci olarak İspanya'da, üçüncü sırada Batı Bengal'in ve en düşük sayının ise İrlanda'da bulunduğu görülmektedir. En yüksek miktarda herbisit Almanya'da, en düşük miktar ise İran'da tespit edilmiştir. En yüksek fungisit miktarı Japonya'da, en düşük miktar ise İspanya'da tespit edilmiştir (El-Nahhal & El-Nahhal, 2021).

Su kaynaklarının bulunduğu alanda bitki ve böceklerin kontrol alınması için uygulanan ilaçlar direkt ve ilaç uygulanmış bitki ve toprakların yıkanarak durulama işlemleri gibi, ilaç endüstrisi atıksularının yüzeysel su kaynaklarında durgun veyahut akar haldeki kaynaklara deşarj edilmesi ve ilaç uygulama teçhizatlarının ve boş ambalajlarının su kaynaklarında yıkanması ile de farklı su kaynaklarına kirleticiler ulaşabilir. Küçük Menderes Nehri'nde uzun süre boyunca uygulanan yasaklamalara rağmen yapılan araştırmalarda organik klorlu pestisit ve metal kalıntıları varlığını sürdürmektedir. Mevsim değişimlerinde alınan numunelerde tüm pestisitklerde aynı eğilim olmadığı tespit edilmiştir. Nehir sularında en çok rastlanan pestisit türü DDT'lerdir. (DDT (1,1-bis-(4-chlorophenyl)-2,2,2-trichloroethane), DDE (1,1-dichlor-2,2-bis(4-chlorphenyl) ethylene), DDD (1,1-dichlor-2,2-bis(4-chlorphenyl) ethane)). DDT'ler içinde en yüksek konsantrasyon da DDD'de gözlenmiştir. Organikklorlu pestisitler arasında en yüksek konsantrasyon 281 ng/L ile heptaklor epokside aittir (Turgut, 2003).

Konya yöresinde ticareti ve tüketimi yapılan 18 balık türünde organik klorlu pestisit miktarları incelenmiş toplamda 14 farklı organik klorlu pestisit tespit edilmiştir. Belirlenen pestisitler alabalık, istavrit ve palamut balık türleri haricinde tüm türlerde tespit edilmiştir. Balık kaslarında en baskın pesitist türleri DDT, DDT metabolitleri ve HCH'tır. Tespit edilen toplam DDT konsantrasyon değeri 0,0008 ve 0,0828 µg/g aralığındadır (Kalyoncu vd., 2009).

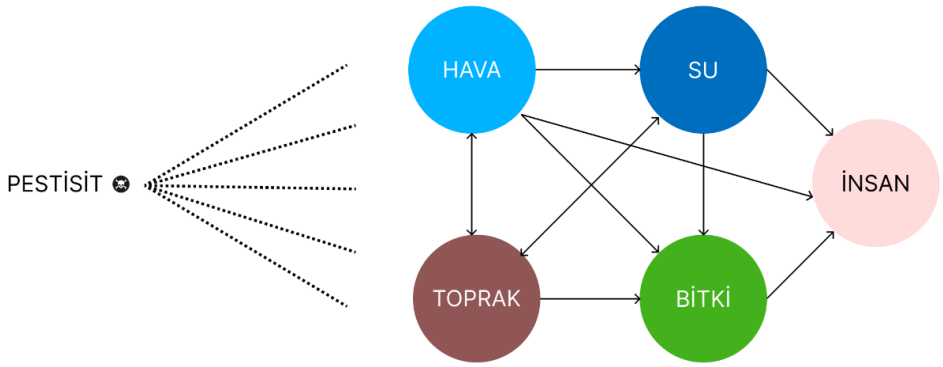
Türkiye'de meskenlerin su ihtiyaçlarının çoğu su kuyulardan sağlanmasından dolayı yeraltı sularının temiz olması ülkemiz açısından hayati öneme sahiptir. Su içerisindeki

insektisit kalıntıları genellikle çözünemez, süspansiyon şeklinde organik maddelerde, sedimentlerde, çamurda, çürüme artıklarında ve planktonlarda tutunur. Bahsi geçen yollarla kirleticiler besin zincirine girerek su içerisindeki organizmalarda ve balıklarda kolaylıkla birikir. Su içerisindeki mikroorganizmalara tutunan insektisitler balıklara kadar olan besin zincirine girerek balıklarda birikebilir, balıklar insektisitler bakımından yoğunluğu yüksek olacaktır. Balıklar ile beslenen büyük balıklar ve tüm deniz canlıları tüketen insanlarda bu insektisit yoğunluğu en yüksek dereceye çıkar. Bağışıklık sistemi gelişmemiş küçük ve yavru balıklar bazı ilaç türlerine karşı oldukça hassastır. Balıklarının varlığının sürdürmesi ve bazı türlerinin hayatta kalarak neslinin tükenmemesi açısından tarımsal faaliyetlerde kullanılan ilaçların etkisi bu balık türlerinin azalmasına neden olabilir. Konya yöresinde ticareti ve tüketimi yapılan 18 balık türünde organik klorlu pestisit miktarları incelenmiş toplamda 14 farklı organik klorlu pestisit tespit edilmiştir. Belirlenen pestisitler alabalık, istavrit ve palamut balık türleri haricinde tüm türlerde tespit edilmiştir. Balık kaslarında en baskın pesitist türleri DDT, DDT metabolitleri ve HCH'tır. Tespit edilen toplam DDT konsantrasyon değeri 0,0008 ve 0,0828 µg/g aralığındadır (Kalyoncu vd., 2009).

2.3. Pestisitlerin Çevredeki Taşınımı ve Akıbeti

Modern tarımda pestisitlerin yaygın kullanımı nedeniyle nehir ve akarsulara tarımsal yayılı kirletici kaynağı olarak katılması dünyadaki içmesuyu kaynaklarını ve sucul ekosistemi tehdit etmektedir (Kimbrough & Litke, 1996; Kreuger, 1998; Leu vd., 2004; Schulz & Northridge, 2004; Vymazal & Březinová, 2015; Zhang vd., 2011). Pestisitlerin doğa üzerinde taşınımı ve etkileşimi Şekil 1'de gösterilmektedir. Yüzeysel sularda pestisit konsantrasyonunun havzadaki ürün ve toprak yönetimi uygulamaları ile bağlantılı olduğu bildirilmektedir (Anderson vd., 2013; Dabrowski vd., 2002; Zablotowicz vd., 2006). Pestisitler su kütlelerine sızma ve noktasal kaynak olarak girmekte, sızma yolula su kaynaklarına katılması ise çok daha önemli olmaktadır. Pestisitlerin sızması şu şekilde gerçekleşmektedir: 1) yüzey akışları ve erozyon, 2) sprey sürüklenme, 3) sızma, 4) dranaj akışı, ve 5) atmosferik çökelme ve toprağın rüzgar erozyonu ile atmosferik taşınma gibi diğer yollar (Reichenberger vd., 2007). Yüzeysel akış pestisitlerin yüzeysel sulara ulaşmasında başlıca yayılı kaynaktır ve pestisitin uygulanması ve fizikokimyasal özelliklerine ve havza değişkenlerine bağlıdır. Havza değişkenleri arasında pestisitin uygulandığı alanın eğimi, ürün türü, organik karbon içeriği, alanın büyüklüğü, vejetasyon

tipi ve tarım alanları ile su kütleleri arasındaki tampon bölgelerin yoğunluğu bulunmaktadır (Cole vd., 1997). Pestisitler tipik olarak sprey ile sıvı şekilde uygulandıklarından küçük fraksiyonlar uygulanan araziden sprey sürüklenme ile taşınmakta(Stephenson vd., 2006), son yıllarda yüzeysel akış ve erozyonun yanında havadan pestisit sürüklenmesinin çevre kirliliğine katkıda bulunan başlıca kaynak olduğu saptanmıştır (FOCUS, 2007). Pestisitlerin sızması ise, kimyasalların toprak profilinde dikey yönde yerdeğiştirerek yeraltı sularına ulaşmasıdır(Etana vd., 2013; Reichenberger vd., 2007). Sızmada yağmur önemli bir faktör olmakta, yıllık yağış miktarı artıkça pestisit sızması da genel olarak artmaktadır (Flury, 1996; Nagafuchi vd., 2001).



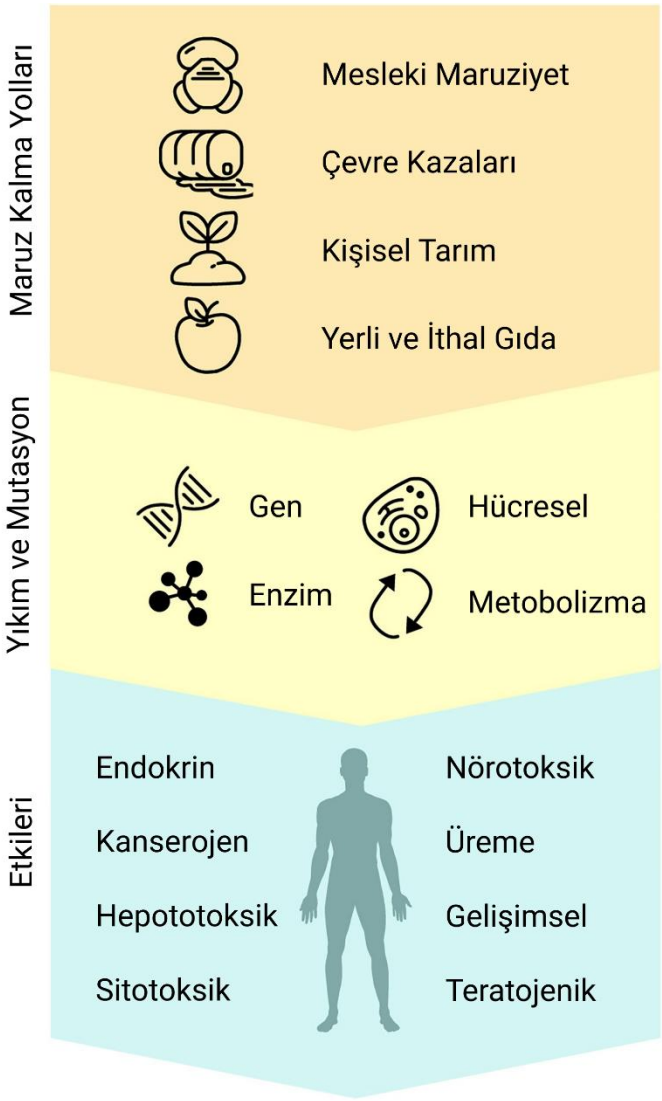
Şekil 1. Pestisitlerin doğa üzerinde taşınımı ve etkileşimi

2.4. Pestisitlerin Sağlık Etkileri

Pestisitler maruziyet durumuna göre insan sağlığını direkt etkileyeceği gibi dolaylı yollardanda etkilemektedir. Gıdalar pestisitlerin birikiminde en yüksek etkiye sahip olup insanlar tarafından tüketimi sonucu toksik maddelerin vücuda alımının ilk kaynağıdır. Pestisitlere yüksek derecede maruz kalmış tarımsal alanlarda hasadı yapılan bitkilerin insanlar ve hayvanlar tarafından tüketimi sonucu ve bu hayvanlarıda tüketen insanlarda yüksek oranlarda pestisit birikimi olmaktadır ve bu birikimler insanlar üzerinde ciddi derecede sağlık sorunlarına yol açmaktadır (Kalyabina vd., 2021).

Bir pestisitin çok kullanılmasıyla çok verim ve daha kaliteli ürün hasadı yapılacağını düşünmek oldukça hatalı bir davranıştır. Bu maddelerin bu düşünceyle yoğun bir şekilde kullanılması toprakta, havada, suda ve üretilen bitkinin üzerinde kendisi yada türevleri

oluşarak kalıntıları kalabilmektedir. Pestisitin kullanımıyla hedef olmayan yararlı canlılar ve insanlar üzerinde hasar yapıcı etkiler bırakabilmektedir. Bütün pestisitler toksitdite gibi yanları olmazken bazıları kansorejen ve mutojenik etkileri görülmüştür (Akdoğan vd., 2012).



Şekil 2. Pestisitlere maruz kalma yolları ve insanlar üzerindeki potansiyel etkileri (Kalyabina vd., 2021).

Hava yoluyla insana temas eden pestisitler solunum, ağız, deri ve gözler üzerinden insana etki eder. Bu nedenle pestisitlerle hava yoluyla etkileşime girildiğinde akut hastalıklar örneğin; baş ağrısı, mide ağrısı, kusma, deri kabarmaları, solunum bozuklukları, gözlerde kızarıklık-yanma-kaşıntı vb, hapşırma ve bilinç kaybına yol açtığı gözlemlenmiştir (Raschke & Burger, 1997).

Pestisit birikimi olan gıda ve suların tüketilmesi sonucu kısa vadede etki göstermesede uzun vadeli olarak kronik hastalıklara yol açmaktadır. Kronik hastalıklar; kanser, astım, derrmatit, endokrin bozukluklar, üreme bozuklukları, immünotoksisite, nörodavranışsal vb. hastalıklara yol açmaktadır (Horrigan vd., 2002; Kim vd., 2017). Pestisitler hücre içerisinde kendini koruyan bir takım koruma mekanızmasına etki ederek kalıtsal özellikleri taşıyan hücrenin genel yapısı ve DNA sarmalına etki ettiği için bu kronik bozuklukların meydana gelmesi muhtemeldir (Alleva vd., 2018; Chen vd., 2017).

Pestisitlerin bu belirgin zararlarına karşın daha az belirgin olan ve direkt hedef dışarısında kalan bağırsaktaki canlılar üzerine olan etkileridir. Bazı pestisitler bağırsak içerisinde yaşayan ve yararlı olarak nitelendirilen canlılar üzerinde antibiyotik etkisi yarattığı gözlemlenmiştir (Tsiaoussis vd., 2019; Utembe & Kamng'ona, 2021). Bir çok canlı üzerinde yapılan çalışmalarda bağırsakta yaşayan yararlı canlılara etki ederek vücut bağışıklığını düşürdüğü görülmüştür (Utembe & Kamng'ona, 2021).

2.5. Pestisitlerle ile İlgili Mevzuatlar

2000 yılı başında, sudaki ekosistemler için yüksek riskli öncelikli maddelerin belirlenmesi amacıyla 2000/60/EC sayılı Direktif ile strateji belirlenmiştir (EU, 2000). Su politikası alanında, 2008 yılında Avrupa Birliği tarafından 2008/105/EC direktifi ile 33 öncelikli madde/madde grubu listesi oluşturulmuştur. Sucul ortam ve insan sağlığına yönelik akut ve kronik etkilerin suda yaşayan çevre ve insan sağlığına ilişkin mevcut verilere dayanılarak, bu 33 öncelikli madde/madde grubu ve diğer sekiz kirletici için yıllık ortalama değer (uzun vadeli maruz kalmalara karşı koruma seviyesi) ve/veya izin verilen maksimum konsantrasyon (kısa süreli maruz kalmaya karşı koruma seviyesi) olarak ifade edilen çevresel kalite standartları (ÇKS) belirlenmiştir (EU, 2008). ÇKS suda yaşayan organizmalar üzerinde akut ve kronik toksisite, ekosistemde birikme, habitatların ve biyoçeşitlilik kaybının yanı sıra insan sağlığına zarar verme olarak tanımlanmaktadır. Avrupa Parlamentosu ve Konseyi 2000/60/EC ve 2008/105/EC sayılı Direktifleri 12 Ağustos 2013 tarihli ve 2013/39/EC sayılı Direktifi ile su çerçeve politikasını güncellemiştir (EU, 2013). 2013/39/EC sayılı direktif, önleyici faaliyeti ve kirleten öder prensibini, kirlilik nedenlerini belirlemeyi, kirletici emisyonlarının kaynakta azaltılması ve son olarak pahalı çözümlerden kaçınılarak su/atıksu arıtım teknolojilerinin geliştirilmesini teşvik etmektedir. Özellikle, 2008/105/EC'de daha önce tanımlanan

öncelikli maddeler listesinin değiştirilmesiyle su çerçevesi politikasında önemli bir iyileşme gerçekleştirilmiştir:

(a) yeni öncelikli kirleticiler tespit edilmiştir,

(b) yeni tanımlanan kirleticiler için 2027 yılı sonuna kadar uyulması gereken ÇKS değerleri tanımlanmıştır,

(c) Mevcut tanımlanan kirleticiler için 2021 yılı sonuna kadar uyulması gereken ÇKS değerleri revize edilmiştir,

(d) Mevcut bazı ve yeni öncelikli kirleticiler için biyotik ÇKS değerleri tanımlanmıştır.

2013/39/EC sayılı direktifte çeşitli pestisitler (aldrin, diklorodifenil trikloroetan, dikofol, dieldrin, endrin, endosulfan, izodrin, heptaklor, lindan, pentaflorofenol, klorpirifos, klorfenvinfos, diklorvos, atrazin, simazin, terbutrn, diüron, izoproturon, trifluralin, sipermetrin ve alaklor), solventler (diklorometan, dikloroetan, triklorometan ve karbon tetraklorür), perflorooktan sülfonik asit ve türevleri (PFOS), poliklorlu bifeniller (PCB'ler), polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar), nonilfenol ve oktilfenolün yanısıra alt bileşenlere ait ilk izlenme listesine (diklofenak, 17-alfa-etinilestradiol (EE2) ve 17-beta-östradiol (E2)) ilişkin öneride yer alan üç bileşik bulunmaktadır. Ayrıca, bu direktifte aklonifen, bifenoks, sibütrin, kuinoksifen gibi bazı özel pestisitler, organotin bileşikler (tribütiltin), dioksinler ve dioksin benzeri bileşikler, bromlu difenileterler, hekzabromosiklododekanlar ve di (2-etilheksil) ftalat da tanımlanmıştır. Çoğu mikrokirletici için deşarj sınırı bulunmamasına rağmen, 2013/39/EC sayılı direktif, izleme programlarında genel olarak dikkate alınmayan, ancak ekotoksikolojik ve toksikolojik etkileri olabilecek yeni kirleticilerin izlenmesinin önemli olduğunu belirtmektedir.

Amerika'da pestisitler konusunda Federal İnsektisit, Fungisit ve Rodentisit Yasası adı altında yasal düzenler ilk defa 1947 yılında komisyondan geçirilmiştir. Bu yasanın amacı, pestisit dağıtımının, satışının ve kullanımının devlet kontrolünde olmasını sağlamaktır. 1972'de yeniden düzenlenen yasa Federal Çevre Pestisit Kontrol Yasası insektisit ve herbisitleri de içeren pestisitlerin etiketlenmesi, dağıtımı, satışı ve kullanımını yöneterek insan sağlığını ve çevreyi pestisitlerin olumsuz etkilerinden korumayı amaçlamaktadır

(Bieber vd., 2016). 1974 yılında çıkarılan Güvenli İçme Suyu Yasası 1986 ve 1996'da güncellenmiş ve sadece 22 kirletici için federal standartlar belirlenmiş ve değişiklikler suda çözünürlüğü yüksek pestisitleri de içeren toplam 83 özel kirletici için standart geliştirmeyi gerektirmiştir. Yasa birçok kirleticinin arasında linuron, metolklor, siyanazin ve metribuzinin ulusal bazda izlenmesini gerektirmektedir. 1996'da yapılan Güvenli İçme Suyu Yasası EPA'nın her beş yılda bir "aday kirletici listesi" yayınlamasını zorunlu kılmıştır(Tamim Younos Caitlin A. Grady, 2014). Beş yıl boyunca izlenen kirleticilerden yıllık ortalama gözlenme sıklığına bağlı olarak standartlar belirlenmektedir. 2009 yılında yayınlanan kirletici listesine (CCL 3) alaklor, metolklor ve metabolitlerini ve asetokloı içeren 43 pestisit dâhil edilmiştir (USEPA, 2009).

Ülkemizde üreticinin, üretim yapacağı alanın özellikleri ve ürüne türüne göre kullanacağı pestisit ve gübrenin miktarının belirlenmesi, üretim yapacağı esnada hangi uygulamaları yapacağı ve bitkinin zararlı ot ve canlılardan korunması gibi ürünlerin reçeteli olması ve bu tür tüm işlemlerin kayıt altına alınması maksadıyla ilgili makamlar Üretici Kayıt Defteri modülünü uygulamaya koymuşlardır (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2005). Üretici Kayıt Defteri ile gözetim zinciri oluşturularak tüketicinin sağlıklı gıdaya ulaşması ile zirai ilaçların zararlı etkilerinden insanı ve çevreyi korumak amaçlanmıştır. Bu modül Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından yasal yaptırımlar ile uygulanmaya başlanmıştır. Modül her tarım alanı için ayrı ayrı tutulması gerekmektedir. Kayıt altına alınırken yapılacak olan tarım işlemi bilgileri, ürünlerin toplanma zamanı, ürün miktarı, ürünlerin reçete bilgilerini içermektedir. Bu yöntem ile tarımsal alanlarda kullanılan zirai pestisitlerin kullanım miktarları belirlenir. Bu modülün avantajları olduğu gibi dezavantajları da vardır. Çevreyi korumak için kullanılan pestisitlerin zararlarınında belirtildiği online veri tabanı yapılması dezavantajlarını minimize edecektir. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Türk Gıda Kodeksi Pestisitlerin Maksimum Kalıntı Limitleri Yönetmeliği'nde iyi tarım uygulamaları için limit değerler belirlemiştir. Bu limitleri aşan pestisit grupları yasaklanmıştır. Sağlık Bakanlığı, tarım uygulamalarında kullanılan pestisitlerden dolayı su kaynaklarında pestisit kaynaklı kirleticilerden dolayı İnsanı Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik'te kullanılacak olan suyun içerisinde toplam pestisit konsantrasyonunun 0.50 µg/L'yi geçmemesi gerektiğini belirtmiştir (T.C.Sağlık Bakanlığı, 2005).

Pestisitlerin tarımsal faaliyetlerin dışında da kullanımı çok geniş ve zararlı etkileri bulunduğundan dolayı birçok resmi makamlar tarafından pestisit kullanımını kısıtlamak maksadıyla limit değerler belirlenmiştir. Bu limitler yetkili devlet kurumları haricinde suyun bulunduğu tüm alanlardaki paydaşların sorumluluğu altındadır. Pestisitlerin zararlı etkilerini minimize ederek insanları ve çevreyi korumak için Kalıcı Organik Kirleticiler Hakkında Yönetmelik yürürlüğe alınmıştır (Resmi Gazete, 2018). Yönetmelik kalıcı organiklerin üretimini, kullanımının engellenmesi ve bu maddelerle kontamine olmuş atık veyahut maddelerin yönetimini kapsamaktadır. Yönetmelikteki taraflar kullanımı yasaklanmış olan pestisitleri kullanmama ve izin verilen pestisitleri limit değerlere uyacak şekilde kullanmakla yükümlü olup çevreyi ve insanı korumakla mükelleftir. Ticari olarak pestisit tedarik eden kuruluşlar çifçileri bilgilendirme yaparak, kazançtan çok çevre ve insanı kavramları benimsemelidirler (Jin vd., 2015; Schreinemachers vd., 2017).

Dünya üzerinde tarım politikaları, tarımsal faaliyetlerin verimleri ve kalitesi üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar Türkiye içerisinde de uygulanması yönünde çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar yapılırken günümüzün gereksinimleri gözardı edilmeden gelecek nesillere bırakacağımız dünya ve Türkiye için gerekli adımların atılması gerekmektedir. Bu maddeler doğrultusunda Entegre Zararlı Yönetimi tarımsal uygulamaların insanı ve çevreyi gözeterek sürdürülebilir olmasını amaçlamaktadır. Entegre Zararlı Yönetimi'nin dünya üzerinde birçok ülkede uygulanmaktadır. Entegre Zararlı Yönetimi'nin bakış açısı sağlık açısından riskli ve canlı yaşamına zararları en aza indirmeyi planlamaktadır. Bu sistemi uygularken farklı yöntemleri AR-GE yaparak halihazırda bulunan kaynakların optimize edilerek kullanılmasını teşvik ederek tarımsal uygulamaların gelişmesine katkı sağlamayı hedeflemektedir (Bajwa & Kogan, 2002; "Weed and Pest Control - Conventional and New Challenges", 2013) .

Avrupa Birliği ile birlikte 2004 yılında Türkiye Entegre Zararlı Yönetimi'ne dâhil olmuştur. Avrupa Birliği protokolündeki ilk ismi EUREPGAP olan protokolün şuan ki ismi GLOBALGAP (Avrupa Birliği Ülkeleri Perakendecileri Tarım Ürünleri Çalışma Grubu, İyi Tarım Uygulamaları Protokolü) şeklinde yürürlüğe girmiştir. Entegre Zararlı Yönetimi modülünün yürütülmesi, kontrol mekanizmasının uygulanması Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından yapılmaktadır. Entegre Mücadele Teknik Talimatları Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından hazırlanmış olup tarımsal faaliyetlerde

yetiştirilecek ürünlere zarar verecek olan bitkilere karşı ürünleri belirlemiştir. Bu talimatlarda pestisitlerin kullanım miktarları ve uygulama süreleri belirlenmiştir. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından yasaklı pestisitler Avrupa Birliği uyum süreci kapsamındaki normlar göz önünde bulundurularak belirlenmiştir.

2.6. Tez Kapsamına Alınan Pestisitler

2.6.1. Alaklor

Alaklor, geniş bir çimen, saz ve geniş yapraklı otları ekim öncesi kontrol etmek için 1967 yılında tescil edilip tanıtılmıştır. Mısır, soya fasülyesi, kuru fasülye, pamuk, sorgum, ayçiçeği, yer fıstığı ve diğer mahsullerde kullanılır (Heydens vd., 2010). Alaklor (N-metoksimetil-2',6'-dietil-2-kloroasetanilid), 269,8 g/mol moleküler kütleye sahiptir ve oda sıcaklığında kokusuz bir katıdır. Erime noktası yaklaşık 38 °C'dir ve 25 °C'de 1,6 x 10^{-5} mmHg buhar basıncına sahiptir. Kaynama noktası 0,02 mmHg basınç altında 100 °C'dir [191]. Sudaki çözünürlüğü 25 °C'de 240 mg/L'dir (Chesters vd., 1989).

2.6.2. Asetoklor

Asetoklor, 1994 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde tescil edilmiştir. Asetoklor, özellikle mısırda bulunan senelik ot, saz ve geniş yapraklı yabani otları kontrol eden seçici bir herbisittir (Heydens vd., 2010).Asetoklor((2-kloro-N-etoksimetil-N-(2'-etil-6'-metilfenil) asetamid), moleküler ağırlık 269,7671 g/mol moleküler ağırlık, sahiptir ve öz kütlesi 30 °C'de 1,110 g/mL'dir. Asetoklor oda sıcaklığında açık kehribar ile menekşe renkli yağlı bir sıvıdır ve kaynama noktası 7 mmHg basınç altında 162 °C'dir. Sudaki çözünürlüğü ise 25 °C'de 223 mg/L'dir (Shiu vd., 1990).

2.6.3. Metolaklor

Metolaklor, 1976 yılında Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı'na (US EPA) tescil edilmiştir. Senelik otların, sarı fıstık köklerinin ve bazı geniş yapraklı türlerin kontrolü için seçici bir herbisittir. Metolaklor, mısır, yer fıstığı ve soya fasulyeleri için kullanılır (Heydens vd., 2010). Metolaklor(2-kloro-2'-etil-6'-metil-N-(2-metoksi-1-metiletil) asetanilit), 283,8 g/mol moleküler kütleye sahiptir ve beyazdan ten rengine kadar değişen renge sahip bir sıvıdır. 0,001 mmHg basınç altında 100 °C kaynama

noktasına sahiptir. Metolaklor, 20 °C'de 1,085 ± 0,005 g/mL öz kütleye sahiptir ve sudaki çözünürlüğü 20 °C'de 530 mg/L'dir (Chesters vd., 1989).

2.6.4. Fentiyon

Akdeniz meyve sineğini, kayısı, nektarin ve şeftali gibi oldukça hassas mahsullerde kontrol altına almak için genellikle tek kontrol tekniği olarak geniş bir yelpazeye sahip organofosfatlar (dimetoat ve fentiyon) kullanılmıştır. 1960 yıllarında ilk kez Avustralya'da kullanımları tescil edilmiştir (Rahman & Broughton, 2016). Fentiyon (O,O-dimetil O-[3-metil-4-(metil-tiyo)fenil]fosforotioat), 278,328 moleküler kütleye sahiptir ve erime noktası 7,5 °C'dir. Ayrıca, 0,01 mmHg başınç altında kaynama noktası 87 °C'dir ve 20 °C'de 1,246 g/mL öz kütleye sahiptir (Williams, 1996).

2.7. Pestisitlerin Membran Prosesi ile Giderimi

Hızlı nüfus artışı, plansız kentleşme ve endüstriyel atık suların kontrolsüz deşarjı, su kütlelerinde analizi ve tespiti zor olan mikrokirleticilerin sayı ve miktarının artmasına neden olmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, yüzey ve yeraltı sularındaki mikrokirliliğin izlenmesi ve arıtılmasına yönelik uygulama sınırlıdır. Dünya üzerinde ve lokal olarak su kıtlığı riski üzerine halihazırda bulunan kaynakların koruma altına alınması ve kullanılmış suların yeniden geri kazanması açısından geleneksel arıtma tesisleri mikrokirleticilerin gideriminde yetersiz kalmaktadır. Bundan dolayı konvensiyonel arıtma tesislerinin ileri arıtım teknolojileri ile entegre haline getirilmesi gerekmektedir. Membran filtrasyon sistemleri özellikle pestisit, ağır metal, virüsler, ilaç kalıntıları ve endokrin-hormonel bozucu maddeler gibi mikrokirleticilerin gideriminde oldukça verimli olup yüksek performans göstermektedir.

Membran prosesleri atıksuların arıtılması amacıyla atıksu arıtma tesislerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Membranın türü hedef kirleticilere göre farklılık gösterdiğinden su arıtma prosesisin akım şemasının farklı noktalarında uygulama yapılabilir. Filtreleme tipi membranın kirleticileri gözenek boyutuna göre değişmektedir (Hylling vd., 2019). Membran proseslerinde farklı kirletici türlerini hedef alarak giderim için farklı membran türleri kullanılmaktadır. Membran türleri gözenek boyutun göre mikrofiltrasyon (MF), ultrafiltrasyon (UF), nanofiltrasyon (NF) ve ters ozmoz (RO) olarak sınıflandırılmaktadır. İstenilen suyun kalitesine göre proseste bu membran türleri tek başına kullanıldığı gibi

maliyet ve suyun karakterizasyonu da göz önünde bulundurularak hibrit şekilde de kullanılabilmektedir.

MF ve UF bulanıklığı başarılı bir şekilde gidermektedir. Mikrokirleticiler için bu durum geçerli değildir. Sebebi ise gözenek boyutları mikrokirleticilerin molekül boyutlarından çok daha büyük olmasıdır. Giderim verimleri düşük olduğundan dolayı UF ve MF membranları mikrokirletici giderimi için uygun değildir. Bu yüzden MF ve UF membranlarına NF veya RO memranlarının farklı kombinasyonları ile birleştirerek daha yüksek giderim verimi için gereklidir. Bir belediye atıksu geri kazanımı için mikrokirletici giderimini amacıyla MF ve RO membranlarının kombinasyonu ile bir proses düzenlemiştir. MF membran di-2-etilhekzil ftalat gibi bazı bileşikleri %50'den daha fazla giderimini sağladığını tespit etmişlerdir. RO membran ile desteklenerek bir çok mikrokirleticinin %60-90 arasında giderim verimi sağlanmıştır (Garcia vd., 2013).

MF ve UF membranları, NF ve RO membranları kıyaslandığında NF ve RO membranları daha sıkı gözeneklidir. NF ve RO membranları sıkı gözeneklere sahip olduğundan iyon tutma performansları yüksek olduğundan su geri kazanım endüstrilerinde konvensiyonel olarka kullanılmaktadır (Garcia vd., 2013). Bir atıksu arıtma tesisinde MF-RO membranlarının kombinasyonunun kullanıldığı bir pilot tesis uygulanmıştır. Bu çalışmada mikrokirleticiler %98-%99 oranında giderim verimi sağlamıştır (Rodriguez-Mozaz vd., 2015). Konvensiyonel atıksu arıtma tesisine ileri arıtma sistemi kurularak MF ve RO membranları kullanılmıştır. Analizler sonucu mikrokirleticiler %97 oranında giderim verimine ulaşmıştır (Al-Rifai vd., 2011). Laboratuvar ortamında üretilen ince film kompozit membranlar ve ticari RO membranları ile organik mikrokirleticilerin giderimi hedeflenmiştir. Bu çalışma sonucunda laboratuvar ortamında üretilen membranlar ticari membranlara kıyasla daha yüksek giderim verimi sağlamıştır (Cui vd., 2016). İspanya'daki bir atıksu arıtma tesisinde biyolojik arıtım verimini arttırmak ve mikrokirletici giderimi için MBR-UF/NF/RO prosesi düzenlenmiştir. MBR prosesinden sonra arıtılan su UF, NF ve RO membranları ile arıtıldıktan sonra farklı bileşiklerde UF membranlar %0-99 aralığında, NF membranlar %50-99 aralığında ve RO membranlar %57,1-99 aralığında yüksek oranda biyolojik ve mikrokirletici verimi elde edilmiştir (Cartagena vd., 2013).

Laboratuvar ortamında yüzeysel su içerisindeki alaklor pestisiti içeren hamsu kullanılarak PES UF membranları ile çapraz akışlı deney düzeneyinde 1 bar ve 2 bar basınç altında pestisit giderim deneyi gerçekleştirilmiştir. Membranlar farklı oranlarda misellerle modifiye edilmiştir. Misel ile modifiye edilmeyen PES membranının alaklor giderim oranı %63 iken, misel ile modifiye edilen membranların giderim oranları %78,4 ile %89 arasında değişmektedir (Doulia & Xiarchos, 2007). 100 μg/L alaklor pestisiti içeren kaynak suyu NF70 membranı kullanılarak alaklor giderimi amaçlanmıştır. Çapraz akışlı deney düzeneği kullanılan araştırmada 9 bar basınç altında işletilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda süzüntü suyu analizinde alaklor tespit edilememiştir (Song vd., 2004). Kuzey Amerika'da bulunan Ontario Gölü suyunda 22 mikrokirletici giderimi için tasarlanan araştırmada RO ve NF membranlar tercih olup deneylerde Ontario Gölü suyu, 5 mikron boyutlu kartuş filtreden geçirilmiş Ontario Gölü suyu ve laboratuvar ortamında hazırlanan pestisit içerikli su olmak üzere 3 farklı su kullanılmıştır. NF270 membranı 3,5 bar, 5,2 bar ve 7 bar basınç altında, NF TS80 ve RO X20 membranları 10 bar ve 17 bar basınç altında işletilmiştir. NF270 membranı ile işletilen deneylerde ham su ile alaklor ve metalaklor giderimi %16,1 ve %16,7dir. Filtrelenmiş ham su yapılan deneylerde %90,9 ve %93,0, sentetik suda %90,8 ve %93,4'tür. NF TS80 ile yapılan deneylerde ham suda alaklor ve metalaklor giderimi %83,3 ve %83,6, filtrelenmiş ham suda %100 ve %100, sentetik suda %94,8 ve %95,3'tür (Comerton vd., 2008). 3-sülfopropil metakrilat (SPM) ve 2-hidroksietil metakrilat (HEMA) ile modifiye edilen NF270 membranı ile metalaklor pestisitinin giderimi amaçlanmıştır. Bu araştırmada 15 bar basınç altında işletilen deneylerde her iki modifiye membranların metalaklor gideriminde etkiliği olduğu görülmüştür (Ben-David vd., 2010). Metalakloru da içeren 158 mikrokirletici gideriminin incelendiği araştırmada RO ESPA2 membranı kullanılmıştır. 30 mL/dk sabit besleme akış hızında işletilen deneyler sonucunda elde edilen süzüntü suyunda metaklorun dahil olduğu tüm mikrokirleticilerin büyük oranda giderildiği gözlenmiştir (Fujioka vd., 2020). Laboratuvar ölçekli sistemde YC05 membranı ile yapılan pestisit giderim çalışmalarında konsantre modunda atrazine giderim verimi %10 olduğu tespit edilmiştir(Devitt vd., 1998). Çapraz akışlı düzenekte HR95PP membranı ile yapılan pestisit giderim çalışmalarında Atrazine %99, 2-methyl-4-chlorophenoxyacetic acid %93,6, propham %96,8 ve triadimefon %82,6 oranında giderim sağlanmıştır. NFc membranı kullanılan deneysel çalışmalarda atrazine, diazinon, dichlorvos ve triadimefon pestisitleri sırasıyla ortalama olarak %83, %90, %59 ve %65 oranlarında pestisit giderimi sağlamıştır

(Košutić vd., 2005). NF45 membranının bir çalışmada konsantre modunda işletilerek ortalama olarak %31 oranında atrazine pestisit giderimi sağlanmıştır(Devitt vd., 1998). NF45 membranının kullanıldığı iki farklı çalışmada çapraz akışlı sistem kullanılarak atrazine, diuron, isoproturon ve simazine pestisitlerinin giderimi hedeflenmiştir. İlk çalışmada atrazine, diuron, isoproturon ve simazine giderim verimleri sırasıla %91,7, %59,4, %81,0 ve %85,4'tür(Van Der Bruggen vd., 1998). İkinci çalışmada aynı pestisitlerin giderim verimleri sırasıyla %87,0, %51,0 %75,0 ve %64,5'tir (Van Der Bruggen vd., 2001). Deneyler sonucunda sırasıyla NF70 membranı ile pilot ölçekli ve gerçek ölçekli bir araştırmada atrazine ve simazine pestisitlerinin giderimleri sırasıyla %50-90 ve %50-100 oranındadır (Agbekodo vd., 1996). NF90 ile çalışan araştırmacılar atrazine, prometryn ve isoproturon giderimi üzerine yapılan konsantre modda kurulan düzenekte sırasıyla ortalama olarak %92,8, 98,1 ve 93,5 oranında giderim verimi tespit edilmiştir (Plakas vd., 2006). Aynı şartlar altında yapılan diğper bir çalışmada NF90 membranı kullanılarak atrazine ve dimethoate giderim verimleri sırasıyla %95 ve %90 oranındadır (Ahmad vd., 2008). NF200 membranı ile konsantre modda işletilen deneyde atrazine %39 oranında giderim verimi tespit edilmiştir (Devitt vd., 1998). Aynı membran ile pilot ölçekli bir çalışmada atrazine, cyanazine, desethylatrazine, diuron, isoproturon ve simazine giderim verimleri sırasıyla %82, %81, %70, %45, %75 ve %70 oranındadır (Boussahel vd., 2000, 2002). NF270 membranı ile konsantre modda işletilen deneyde atrazine ve dimethoate giderim verimleri ortalama olarak sırasıyla %68 ve %30 oranındadır (Ahmad vd., 2008). NTR-7410 memrabı kullanılan düzenek konsantre modda işletilmiştir. Deneyde sonucu carbaryl, chloroneb, chlorothalonil, esprocarb ve fenobucarb pestisitlerinin giderim verimleri sırasıyla %24,7, %98,6, %61,6, %94,6 ve %17,8 oranındadır. Aynı araştırma içerisinde farklı bir deneyde NTR-7410 membranı ile aynı şartlarda yapılan deneylerde isoxathion mefenacet methyldymron propiconazole propyzamide ve tricyclazole giderim verimleri sırasıyla %99, %72,5, %22,6, %77,0, %22,4 ve %1,8'dir (Kiso vd., 2002). NF270 membranı ile yapılan diğer bir deneyde çapraz akışlı düzenekte alaklor, atraton, N,N-diethyl-meta-toluamide ve metolaklor giderimi hedeflenmiş olup giderim verimleri sırasıyla %13,4, %11,6, %11,5 ve %21,7 oranındadır (Comerton vd., 2008). Çapraz akışlı düzenekte TS80 kullanılarak alaklor, atraton, N,N-diethyl-meta-toluamide ve metolaklor giderimi hedeflenmiştir. Bu pestisitlerin giderim verimleri sırasıyla %41,8, %21,7, %18,1 ve %50,5 oranındadır. Aynı çalışmada şartlar değiştirilmeden X20 membranı kullanılarak alaklor, atraton, N,N-

diethyl-meta-toluamide ve metolaklor pestisitlerin giderim verimleri %97,3, % 96,9, %96,1 ve %97,2 oranındadır (Comerton vd., 2008). HNF-1 membranı ile çapraz akışlı sistemde işletilen deneylerde alaklor, aldicarb, atrazine, methoxychlor, metolaklor, pirimicarb, simazine ve thiobencarb pestisitlerinin giderim verimleri sırasıyla %88,7, %4,2, %61,4, %99,2, %93,9, %89,9, %42,2 ve %88,7 oranındadır (Kiso vd., 2002). Yapılan araştırmalar sonucu ince film kompozit (TFC) poliamid RO membranları kullanılarak yapılan giderim çalışmalarında %95 oranında insektisit giderimi tespit edilmiştir (Jatoi vd., 2021). Literatürdeki araştırmalarda, membran prosesleri ile mikrokirletici ve pestisit gideriminde umut verici sonuçlar elde edilmiştir. Verilen örneklerde görüldüğü üzere bir çok farklı membran ile gerçekleştirilen pestisit giderim çalışmaları gelecek vaad etmektedir. NF270, TS80, X20 ve HNF-1 membranları kullanılarak yapılan araştırmalarda alaklor ve metolaklor pestisitlerinin giderimleri yüksek oranlarda giderim verimlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. NF270 membranı ile yapılan araştırmalarda alaklor ve metolaklor pestisit giderimleri düşük olmasına(Comerton vd., 2008) karşın yaptığımız deneylerde çok yüksek oranlarda pestisit giderimi elde edilmiştir. Ancak yapılan diğer araştırmalarda alaklor ve metolaklor pestisit giderim verimleri ortalama olarak %90 üzerindedir (Comerton vd., 2008; Kiso vd., 2002).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Su Numuneleri

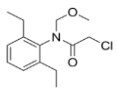
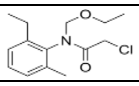
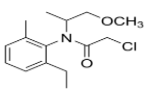
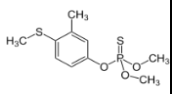
Tez kapsamında Konya İçme Suyu Arıtma Tesisi filtrasyon ünitesi çıkışından alınan örnekler 25 litrelik PE bidonlar ile Abdullah Gül Üniversitesi laboratuvarlarının soğuk hava deposunda +4°C saklanmıştır. Filtrasyon işlemi için 2 L numune alınarak oda sıcaklığına gelmesi için bekletilmiştir. Oda sıcaklığına gelen numuneler ile filtrasyon çalışmaları yapılmıştır.

3.2. Pestisitler, Kimyasallar ve Membranlar

3.2.1. Pestisitler

Asetoklor (≥%95,0 saflık), fentiyon (≥%95,0 saflık) ve metolaklor (≥%95,0 saflık) standartları Sigma-Aldrich firmasından temin edilmiştir. Alaklor (%99,99 saflık) ve bisfenol A-d16 (%97,99 saflık) standardı ise Dr. Ehrenstorfer GmBH firmasından satın alınmıştır. Bu pestisit türlerine ait fizikokimyasal özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Pestisitlerin fizikokimyasal özellikleri

Pestisit	**Kimyasal formül**	**Yapısal formül**	**Moleküler Ağırlığı (g/mol)**	**Kaynama noktası (°C)**	**Yoğunluk (g/cm^3)**	**log K_{ow}**	**Suda çözünürlüğü (mg/L)**
Alaklor	$C_{14}H_{20}ClNO_2$		269,76	135	1,12	2,6-3,5	240
Asetoklor	$C_{14}H_{20}ClNO_2$		270,78	162	1,1	4,14	233
Metolaklor	$C_{15}H_{22}ClNO_2$		283,8	100	1,12	3,13	530
Fentiyon	$C_{10}H_{15}O_3PS_2$		278,33	87	1,25	4,8	54

3.2.2. Kimyasallar

Deneysel çalışmalarda 3-(3,4-Dihydroxyphenyl)-L-alanine (L-DOPA) (Sigma-Aldrich), Tris (hydroxymethyl) aminomethane, Titanium Oxide (TiO_2) Nanotoz (Sigma-Aldrich), Aluminum Oxide (Al_2O_3) Nanotoz (US-Nano), çok duvarlı karbon nanotüp (MWCNT) (Nanografi) ve izopropil alkol (Merck) kullanılmıştır. Bütün çözeltiler saf su ile hazırlanmıştır. Kullanılan nanomalzemelerin özellikleri Tablo 2. 'de verilmiştir.

Tablo 2. Membran modifikasyon deneylerinde kullanılan nanomalzemeler

Nanomalzeme	**Boyut**
MWCNT	9,5 nm, L:1,5 μm
Titanium Oxide Nanopowder (TiO_2, Hidrofilik, 99+%)	10-25 nm
Aluminum Oxide Nanopowder (Al_2O_3, Hidrofilik, 99+%)	20 nm

3.2.3. Membranlar

Tez çalışmalarında, 4 farklı membran (SW30-HR, BW30-XFR, NF270 ve NF90 Dow Filmtech) ile (L-DOPA) ve farklı konsantrasyonlarda (%0.1 %0.5, %1 w/w) MWCNT, TiO_2, ve Al_2O_3 nanomalzemeleri ile modifikasyon deneyleri gerçekleştirilmiştir. Kullanılan membranların özellikleri Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Modifikasyon deneylerinde kullanılan ticari membanların karakteristik özellikleri

Membran Kodu	**Membran Türü**	**Üreticisi**	**pH Aralığı**	**Permeat Akışı-basınç (L/m^2.sa-bar)**	**Giderim Verimi (%)***
BW30-XFR	Poliamid TFC	DOW	2-12	3,07-3,62	99,0
SW30-HR	Poliamid TFC	DOW	2-11	0,52-0,74	99,4
NF270	Poliamid TFC	DOW	3-10	13,62-18,64	99,2
NF90	Poliamid TFC	DOW	2-11	8,73-11,38	99,0

*RO membranlar için NaCl, NF membranlar için $MgSO_4$ giderim verimi verilmiştir.

3.3. Deneysel Prosedür

3.3.1. Membran Yüzeyinin L-DOPA ve L-DOPA+Nanomalzeme ile Modifikasyonu

Pestisit giderim veriminin ve su akısı değerlerinin artırılması hedefiyle ticari NF ve RO membranları 3-(3,4-Dihydroxyphenyl)-L-alanine (L-DOPA) ve farklı konsantrasyonlarda TiO_2, Al_2O_3 nanomalzemeleri ile modifikasyon deneyleri yürütülmüştür. L-DOPA modifikasyonu için, Tris-HCl (0,1 M, pH 8,0) tampon çözeltisi içinde L-DOPA çözülerek 2 g/L çözelti hazırlanmıştır. Modifikasyon deneylerinin ikinci kısmında L-DOPA içerisine farklı konsantrasyonlarda nanomalzeme ilave edilmiştir. Nanomalzemelerin agregasyonunu önlemek amacı ultrasonik karıştırma uygulanmıştır (María Arsuaga vd., 2013; Mollahosseini & Rahimpour, 2014; Sotto vd., 2011). Membran karakterizasyonu ve pestisit giderimi için yürütülecek filtrasyon çalışmalarında kullanılmak üzere çapraz akışlı filtrasyon sistemin modül boyutuna uygun boyutlanarak kesilen membranlar modifikasyon işlemi öncesinde 1 gece boyunca deiyonize suda bekletilmiştir. Suda bekletilen membranlar üzerleri tamamen kapanacak şekilde L-DOPA çözeltisine daldırılmıştır. Ardından 6 saat boyunca çalkalamalı su banyosunda 80 rpm'de ve oda sıcaklığında çalkalanmıştır. Modifikasyonu tamamlanan membranlar deiyonize su içerisinde 3 kez 30 dakikalık periyotlar halinde çalkalamalı su banyosunda yıkanmıştır. Sonrasında %25'lik izopropil alkol içinde 10 dk bekletilmiş ve daha sonra 1 gün boyunca deiyonize su içinde bekletilmiştir. Modifiye edilmiş membranlar +4°C'de buzdolabında saklanmıştır. Aynı prosedür L-DOPA+nanomalzeme modifikasyonu için de uygulanmıştır.

3.3.2. Orijinal ve Modifiye Membranların Filtrasyon Performans Testleri

Orijinal ve modifiye membranların hazırlanmasından sonra performans değerlendirmelerinde laboratuvar ölçekli çapraz akışlı düz tabakalı membran test ünitesi (SEPA CF-II, GE) kullanılmıştır. Deneyler sabit basınç altında gerçekleştirilmiştir. Membran akı değeri (L/m^2sa), membran yüzeyinde birim alanının birim zamanda geçirdiği hacim miktarıdır ve aşağıda verilen Denklem 1 ile hesaplanmıştır.

$$J_v=V/A.t \quad (1)$$

J_v, çözelti akısını, A, (m^2) membran etkin yüzey alanını, V, (L) membran boyunca filtre edilen çözeltinin hacmi, t (h) ise zamanı ifade etmektedir.

3.3.4. Membran Filtrasyon ile Pestisit Arıtımı

Membranların modifikasyon sonrası pestisit giderim çalışmalarında laboratuvar ölçekli çapraz akışlı düz tabakalı membran test ünitesi (SEPA CF-II, GE) kullanılmıştır. Konya İçme Suyu Arıtma Tesisi filtrasyon ünitesi çıkışından alınan örnekler saf ve modifiye edilmiş membranlara beslenmiştir. Membran deneyleri, konsantre ve süzüntü suyu akıntıları besleme tankına geri döndürülerek (total recycle mode) permeat akı değerleri sabitlenene dek sürdürülmüştür. Bu işletim sisteminin tercih edilmesinin temel nedeni atıksu arıtım çalışmalarına durağan koşulların sağlanarak gerçek membran performansının belirlenmesidir. Durağan koşulların sağlanmasının ardından, permeat ve besleme tankı sularından örnekleme yapılarak analizler için numune toplanmış ve deneyler sırasında akı, iletkenlik, sıcaklık ve bulanıklık takibi yapılmıştır. Ölçülen iletkenlik değerleri ile iletkenlik giderim verimi aşağıda verilen denklem 2 ile hesaplanmıştır.

Filtrasyon deneyleri BW30-XFR ve SW30-HR membranın tüm modifikasyonları ile yapılan deneylerde 10 bar ve 20 bar sabit basınç uygulanarak gerçekleştirilmiştir. NF90 ve NF270 membranın tüm modifikasyonları ile yapılan deneylerde ise 5 bar ve 10 bar sabit basınç uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Deneyler 25±2ºC' de gerçekleştirilmiş olup sıcaklık, iletkenlik ve bulanıklık takibi yapılmıştır. Filtrasyon deneyleri her membran için üç adımda gerçekleştirilmiştir:

1. Saf su deneyi,
2. Ham su (Konya İçme Suyu Arıtma Tesisi filtrasyon ünitesi çıkış suyu),
3. Ham su sonrası saf su deneyi.

Membran filtrasyon deneyleri akı değerleri sabitlenene kadar devam ettirilmiştir.

Pestisit giderim deneyleri, yukarıda belirtilen üç adımda gerçekleştirilmiştir. Yukarıda belirtilen 2. adım ham su filtrasyon deneyi için reaktör içerisine 20 mL standart çözelti (asetoklor 8.51 mg/kg, alaklor 8.64 mg/kg, metolaklor 1.00 mg/kg, fentiyon 39.01mg/kg)

konularak üzeri ham su ilave edilerek 2 L'ye tamamlanmıştır. Pestisit giderim performansını hesaplamak için 2. adım deneyi başlamadan önce reaktör içerisinden giriş örneği alınmış ve akı değeri sabitlendikten sonra süzüntü suyundan çıkış örneği alınmış olup, giderim performansı aşağıdaki denklem ile hesaplanmıştır.

$$\text{Giderim (\%)} = [(C_f - C_p) / C_f].100 \quad (2)$$

$$\text{FRR(\%)} = (J_{W2}/J_{W1}).100 \quad (3)$$

Denklem 2'de, Cp, permeatta ölçülen iletkenlik ve pestisit değerini (µS/cm, µg/kg) Cf, giriş iletkenlik değerini (µS/cm, µg/kg) ifade etmektedir. Denklem 3'te, FRR, akı geri kazanım oranı, J_{W2}, saf su akısını((L/m^2sa), J_{W1}, ham su sonrası saf su akısını((L/m^2sa) ifade etmektedir.

3.4. Analitik Yöntemler

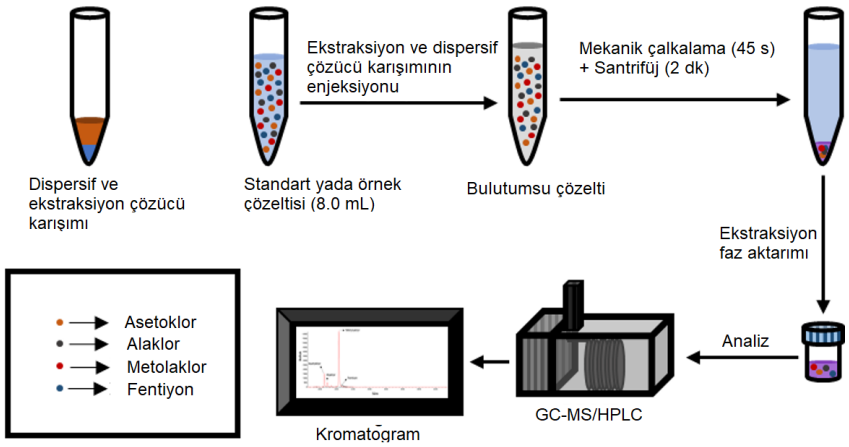
3.4.1. Pestisit Analizi

Membran filtrasyon ile pestisit giderim çalışmalarında kullanılmak üzere geliştirilen dispersif sıvı-sıvı mikroekstraksiyon (DSSME) yöntemi uygulanmış ve GC-MS sisteminde analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizler Yıldız Teknik Üniversitesi laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

GC-MS analizinde, DSSME yönteminde 8,0 mL standart ya da örnek çözeltisi 15,0 mL santrifüj tüpüne eklenmiştir. Ayrı bir santrifüj tüpünde, ekstraksiyon çözücüsü ve ekstraksiyon çözücüsünün sulu fazın her tarafına mikro tanecikler halinde etkili bir dağılımı için suyla karışabilen dispersif çözücüsü dikkatli bir şekilde karıştırılmıştır. Dispersif ve ekstraksiyon çözücü karışımı tüpün içerisinden 5,0 mL enjektöre çekilmiştir ve standart ya da örnek çözeltisine enjekte edilmiştir. Enjeksiyon sonrası, bulutumsu bir çözelti gözlemlenmiştir ve analitlerin ekstraksiyon çözücüsüyle olan etkileşimini arttırmak amacıyla 45 s boyunca mekanik çalkalama işlemi uygulanmıştır. Karıştırma işleminden sonra sulu faz ve organik fazın ayrımı için 2 dk boyunca santrifüj (3461 g) işlemi uygulanmıştır ve bu işlem sonrası, üst faz dikkatli bir şekilde atık kabına aktarılmıştır. DSSME yöntemi ile ekstraksiyonu yapılan pestisit standartları ve pestisit içeren su numuneleri pestisit analizine tabi tutulmuştur. DSSME GC-MS yönteminin grafiksel özeti Şekil 3'te gösterilmiştir. DSSME prosedürü, pestisitlerin GC-MS cihazı

ile analiz yöntemlerinin optimizasyonu sonucunda elde edilen ve Tablo 4'de verilen analiz optimum koşullarda gerçekleştirilmiştir. Her bir pestisit için gözlenebilme ve tespit limitleri asetoklor için 0,34 µg/g ve 1,12 µg/g, alaklor için 0,18 µg/g ve 0,59 µg/g, metolaklor için 0,07 µg/g ve 0,22 µg/g ve fentiyon için 1,28 µg/g ve 4,27 µg/g olarak belirlenmiştir.

Pestisitlerin kromatografik ayrımı için Agilent marka HP 6890 modelinde GC sistemiyle analitlerin kalitatif ve kantitatif tayini için Agilent marka HP 5973 modelinde kütle spektrometre sistemi birleştirilmiştir. Kullanılan durgun faz, hareketli faz, sıcaklık programı, iyon kaynağı sıcaklığı, kuadrupol sıcaklığı ve gaz kromatografi-kütle spektrometre sistemini birbirine bağlayan transfer hattının sıcaklığı Tablo 5'de verilmiştir. Pestisitlerin HPLC cihazı ile analizinin optimizasyonun kullanılan sistemin detayları Tablo 5'de gösterilmektedir.



Şekil 3. DSSME ekstraksiyonu ve GC-MS yönteminin grafiksel özeti

Tablo 4. Pestisitlerin analizinde kullanılan optimum koşullar

Sabit Parametreler	
Örnek Derişimi/Hacmi	40,0 µg/kg/8,0 mL
Ekstraksiyon Çözücü Türü/Hacmi	Diklorometan/300,0 µL
Dispersif Çözücü Türü/Hacmi	Metanol/1,5 mL
Karıştırma Türü	Mekanik çalkalama

Tablo 5. GC-MS sisteminde kullanılan parametreler

Parametre	**Marka**	**Değerler**
Durgun Faz	Agilent/HP-5MS	30 m uzunluk x 250 µm iç çap x 0.25 µm film kalınlığı
Hareketli Faz	Seral Gaz	Helyum, 2,60 mL/dk
Sıcaklık Programı	-	Başlangıç sıcaklığı; 70°C; 30°C/dk ile 240°C sıcaklığına; 120°C/dk ile 260°C sıcaklığına (bu sıcaklıkta 0,83 dk bekletilmiştir); 30°C/dk ile 300°C sıcaklığına çıkarılmıştır.
İyon Kaynağı	Agilent	230°C
Kuadrupol	Agilent	150°C
Transfer Hattı	Agilent	280°C

3.4.2. pH ve İletkenlik

İletkenlik ve pH değerleri WTW (Multi 3620 IDS) multimetre cihazı ile belirlenmiştir. Cihazın oda sıcaklığında iletkenlik kalibrasyonu için 1413 µS/cm standardı ve pH kalibrasyonu için pH 4, 7 ve 10 kalibrasyon standartları kullanılarak yapılmıştır. Üreticiler tarafından bildirilen doğruluk pH için yaklaşık ±0.01, iletkenlik için 1413µS/cm ±12 µS/cm birimi şeklindedir.

3.4.3. Elektron Taramalı Mikroskop (SEM) Analizi

Membranların L-DOPA ve L-DOPA+nanomalzemeler ile modifikasyonlarının membran yüzey morfolojisini nasıl etkilediği SEM analizleri ile değerlendirilmiştir. Membranlar yaklaşık 3 mm boyunda ve 0,5 mm eninde kesilerek ölçüm öncesi kaplama cihazı (Polarano sc7620, İngiltere) altın ve paladyum (%80 Au-%20 Pd) ile kaplanmıştır. SEM (Zeiss Gemini 500, Almanya) analizleri Erciyes Üniversitesi TAUM merkezinde 3 kV ve vakum altında gerçekleştirilmiştir.

3.4.4. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrometre (FTIR-ATR) Analizi

ATR-FTIR analizleri membran yüzey modifikasyon işlemleri sonucunda yüzeye eklenen yeni fonksiyonel gruplar veya yüzeyde oluşan değişimler hakkında moleküler seviyede 4000-400 cm^{-1} dalga boyu aralığında bilgi vermektedir. Yüzey modifikasyonu sonrasında membran yüzeyinde gözlenen yeni pikler saf membran yüzeyine L-DOPA nanomalzeme modifikasyon ajanın etkin bir şekilde bağlandığını göstermektedir. Modifikasyon sonrasında membran yüzeyinde oluşan yeni grupların tespitinde Abdullah Gül Üniversitesi Merkezi Lab bünyesinde bulunan Thermo Nicolet Avatar 370 cihazı kullanılmıştır. Analiz öncesinde tüm örnekler 1 gece boyunca 50°C'de kurutulmuştur.

3.4.5. Yüzey Temas Açısı Analizi

Membran yüzeyinin hidrofilik özelliği membranın su geçirgenliği ile doğru orantılıdır. Malzeme yüzeyine damlatılan 3 mikrolitre (µl) oranında su damlacığının yüzeyle yaptığı temas açı değeri, sessile drop metoduyla belirlenmiştir. Modifiye ve saf membranların temas açısı Abdullah Gül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında bulunan Attention-Theta Lite marka cihazla (Attention-Theta Lite, Biolin Scientific, Finland) beş farklı noktadan ölçülüp ortalama değerleri raporlanmıştır.

3.4.6. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM)

Atomik boyutta mebranların yüzey özelliklerini incelemek için kullanılmıştır. Modifiye membran yüzeyleride 5µmx5µm büyüklüğünde alanın AFM analizleri Erciyes Üniversitesi TAUM merkezinde bulunan MultiMode, Veeco marka cihaz ile hizmet alımı ile gerçekleştirilmiştir. Membran örneklerinin üç farklı noktasından ölçüm alınarak membran pürüzlülük parametrelerinin (R_a, R_q ve R_{max}) ortalama değerleri raporlanmıştır.

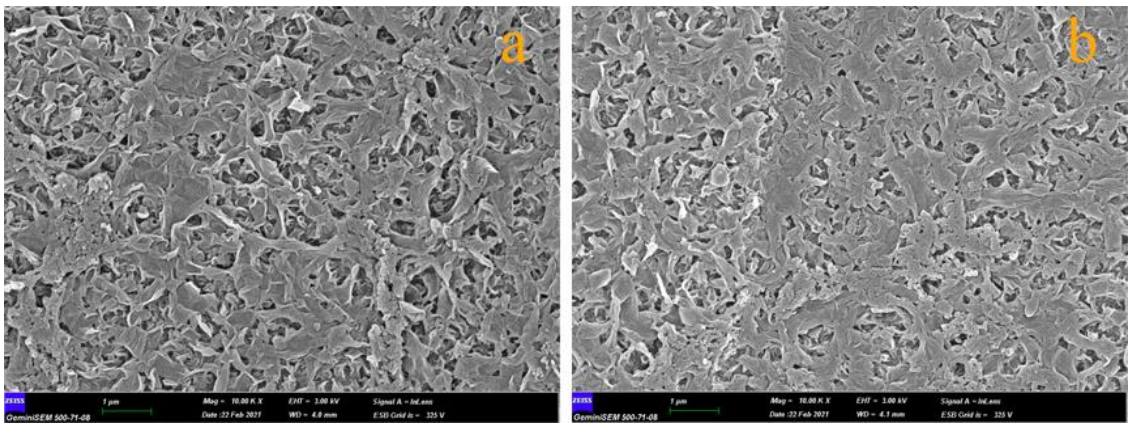
4. BULGULAR

4.1. L-DOPA ve L-DOPA+Nanomalzeme ile Modifiye Membranların Karakterizasyonu

4.1.1. SEM Analizi

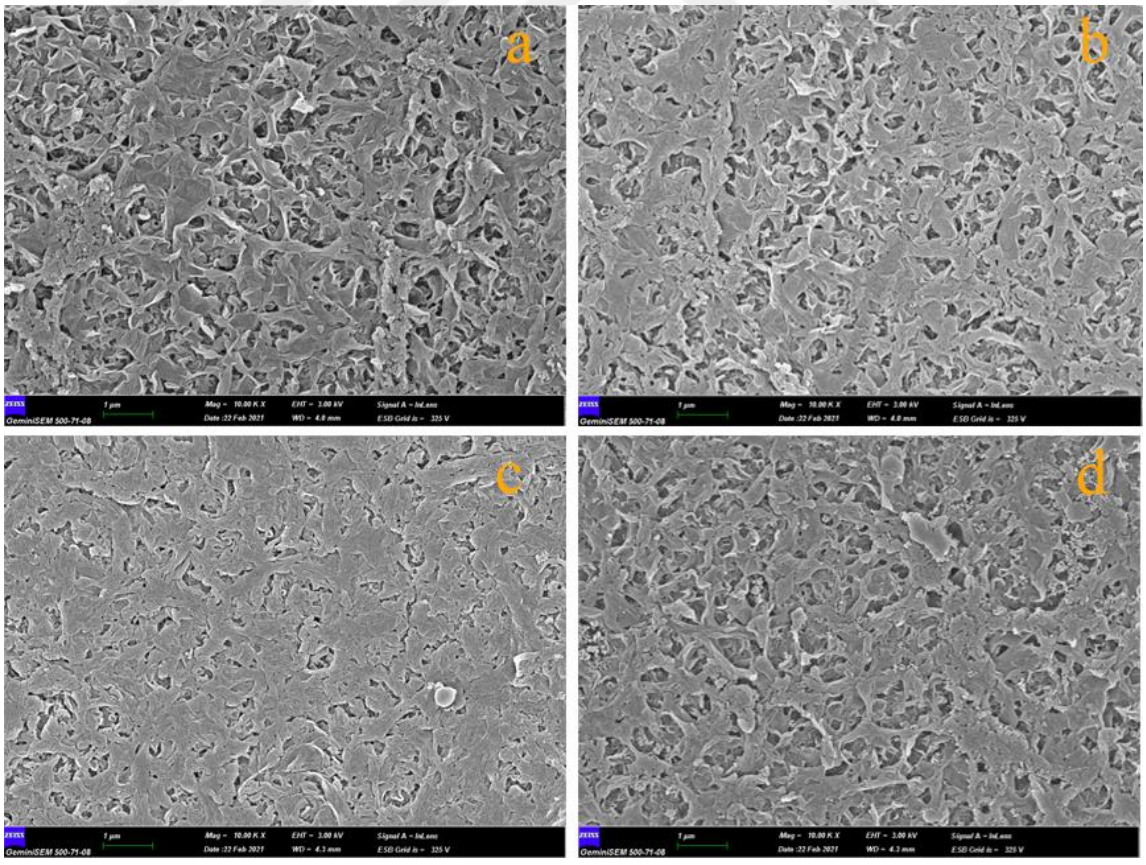
Membranların aktif yüzeylerinde gerçekleşen değişimlerin gözlenebilmesi için L-DOPA ve L-DOPA+nanomalzeme ile modifiye edilmiş ve modifiye edilmemiş saf membran yüzeyine ve kesitine yapılan SEM analizlerine ait görüntüler Şekil 4'te verilmiştir. MWCNT daha düşük konsantrasyonlar (%0,01, %0,05 w/w) ile modifikasyon işlemlerinde membran yüzeyini tahrip etmekte aynı zamanda yüzeyde agregasyon olduğundan dolayı MWCNT ile modifikasyon işlemleri yapılamadığından SEM analizi yapılmamıştır. BW30-XFR, SW30-HR, NF90 ve NF270 membranlarının saf, TiO_2 ve Al_2O_3 nanomalzemelerininin farklı konsantrasyonlarında (%0,1, %0,5 %1 w/w) kullanılarak modifiye edilmiştir ve SEM analizi yapılmıştır.

BW30-XFR saf membranı ile BW30-XFR L-DOPA ile modifikasyonlu membran karşılaştırıldığında Şekil 4'te görüldüğü üzere BW30-XFR L-DOPA ile modifiye edilen membranın pürüzlülüğü azalmıştır. L-DOPA membran yüzeyinde homojen bir dağılım sağlamıştır ve membranın sıkılaştığı görülmektedir.



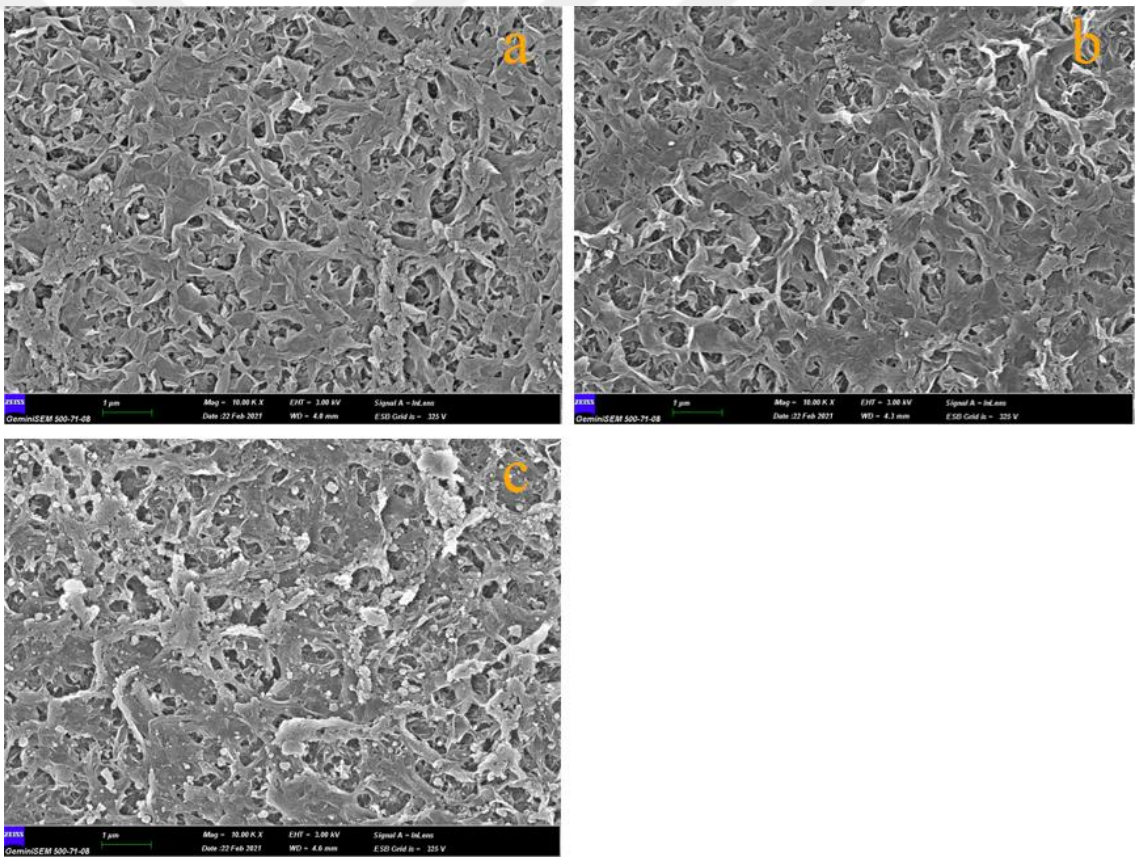
Şekil 4. BW30-XFR saf yüzey (a) ve BW30-XFR L-DOPA ile modifiye edilmiş yüzey SEM görüntüleri (b).

BW30-XFR saf membranı ile BW30-XFR TiO_2 modifikasyonları karşılaştırıldığında, Şekil 5'da görüldüğü üzere tüm konsantrasyonlarda (%0,1, %0,5, %1 w/w) TiO_2'in membran yüzeyine tutulduğunu açıkça görülmektedir. Şekil 5'da BW30-XFR %0,1 w/w TiO_2 ile modifiye edilmiş membranın BW30-XFR saf membrana göre pürüzlülüğünün azaldığı görülmektedir. Şekil 5'da %0,5 w/w TiO_2 modifiye BW30-XFR membran, %0,1 w/w TiO_2 modifiye BW30-XFR membrana göre daha pürüzsüz olduğu görülmektedir. BW30-XFR %1 w/w TiO_2 ile modifiye edilmiş membran BW30-XFR saf membran ile karşılaştırıldığında pürüzlülüğün azaldığı görülmektedir. Şekil 5'da görüldüğü üzere tüm TiO_2 ile modifiye membranda sıkılaşma görülmektedir. Diğer taraftan, sadece BW30-XFR %1 w/w TiO_2 ile modifiye edilmiş membranın yüzeyinde agregasyon görülmektedir, diğer konsantrasyonlarda (%0,1, %0,5 w/w TiO_2) nanomalzeme homojen dağılım sağlamıştır.



Şekil 5. BW30-XFR saf (a), BW30-XFR L-DOPA+%0,1 w/w TiO_2 (b), BW30-XFR L-DOPA+%0,5 w/w TiO_2 (c) ve BW30-XFR L-DOPA+%1 w/w TiO_2 (d) ile modifiye edilmiş yüzey SEM görüntüleri.

Şekil 6'de görüldüğü üzere BW30-XFR %0,1 ve BW30-XFR %0,5 w/w Al_2O_3 ile modifiye edilmiş membranlar, saf BW30-XFR membranı ile kıyaslandığında Al_2O_3 nanomalzemesinin membrana tutunduğunu görülmektedir. Ancak, %0,1 w/w Al_2O_3 modifiye BW30-XFR membranı ile kıyaslandığında, %0,5 w/w Al_2O_3 modifiye BW30-XFR membran yüzeyinde nanomalzemenin agregasyonunun daha fazla olduğu açıkça görülmektedir.



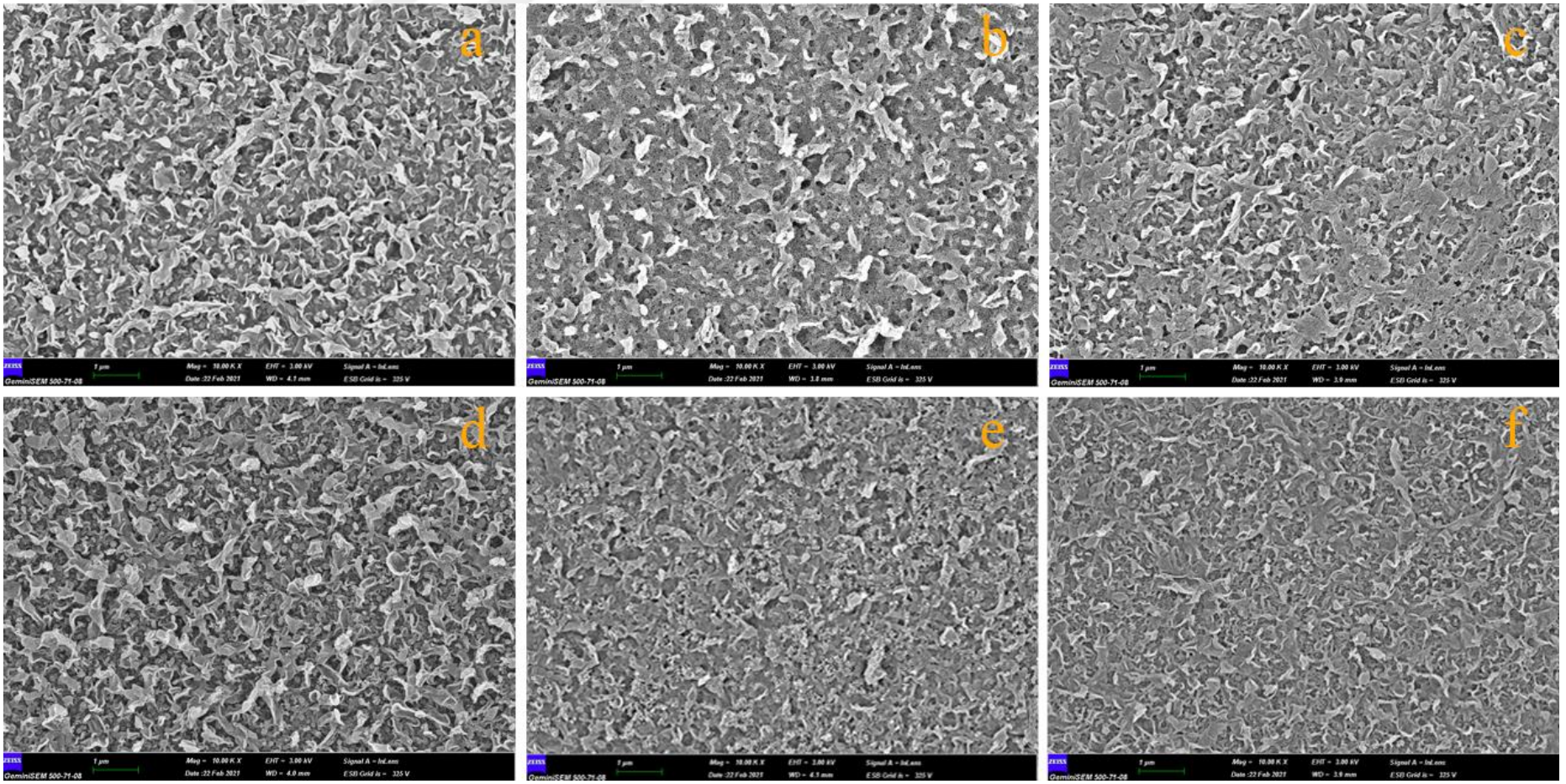
Şekil 6. BW30-XFR saf (a), BW30-XFR L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 (b) ve BW30-XFR L-DOPA+%0,5 w/w Al_2O_3 (c) ile modifiye edilmiş yüzey SEM görüntüleri.

SW30-HR saf membranı ile L-DOPA modifiye SW30-HR membranı karşılaştırıldığında Şekil 7'de görüldüğü üzere L-DOPA ile modifiye edilen SW30-HR membranın pürüzlülüğü azalmıştır. L-DOPA membran yüzeyinde homojen bir dağılım sağlamış ve membranın sıkılaştığı görülmektedir. SW30-HR saf membranı ile SW30-HR TiO_2

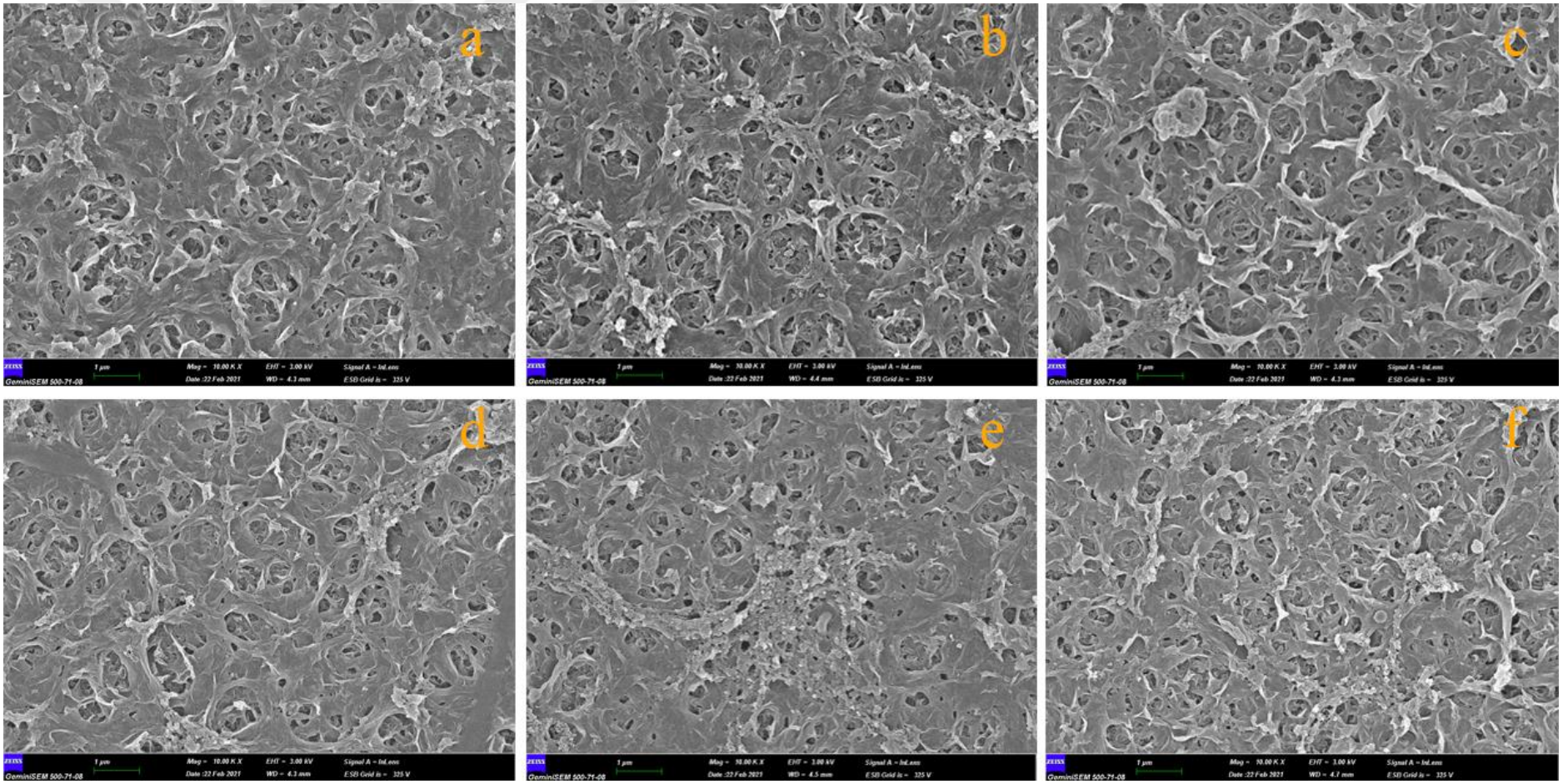
modifikasyonları karşılaştırıldığında, Şekil 7'de görüldüğü üzere tüm konsantasyonlarda (%0,1, %0,5, %1 w/w) TiO_2'in membran yüzeyine tutulduğunu açıkça görülmektedir. SW30-HR L-DOPA, SW30-HR (%0,1, %1 w/w) TiO_2 ve SW30-HR (%0,1 w/w) Al_2O_3 ile modifiye edilmiş membranların pürüzlülüğünün azaldığı görülmektedir. Ancak, SW30-HR %0,5 w/w TiO_2 ile modifiye edilmiş membranda pürüzlülükte önemli bir değişiklik görülmemektedir. SW30-HR membranın L-DOPA, TiO_2 ve Al_2O_3 nanomalzemelerle yapılan tüm modifikasyonlarında (Şekil 7) membranın sıkılaştığı görülmektedir. Nanomalzeme agregasyonu SW30-HR %0,5 w/w TiO_2 ile modifiye edilmiş membranda yoğun olarak görülmektedir. Diğer modifikasyonlarda L-DOPA ve L-DOPA+nanomalzemeler membran yüzeyinde homojen dağılım sağlamıştır.

NF90 saf membranı ile L-DOPA NF90 modifiye membranı karşılaştırıldığında Şekil 8'de görüldüğü üzere L-DOPA ile modifiye edilen NF90 membranın pürüzlülüğünde önemli bir değişiklik gözlemlenmemiştir. L-DOPA NF membranların yüzeyine tutunarak homojen bir dağılım sağlamıştır. Saf NF90 membranı ile TiO_2 modifiye NF90 karşılaştırıldığında, tüm konsantasyonlarda (%0,1, %0,5, %1 w/w) TiO_2'in NF90 membranın yüzeyine tutulduğunu açıkça görülmektedir. Nanomalzeme agregasyonu NF90 %1 w/w TiO_2 ve NF90 %0,1 Al_2O_3 ile modifiye edilmiş membranlarda daha yoğun olarak görülmektedir (Şekil 8).

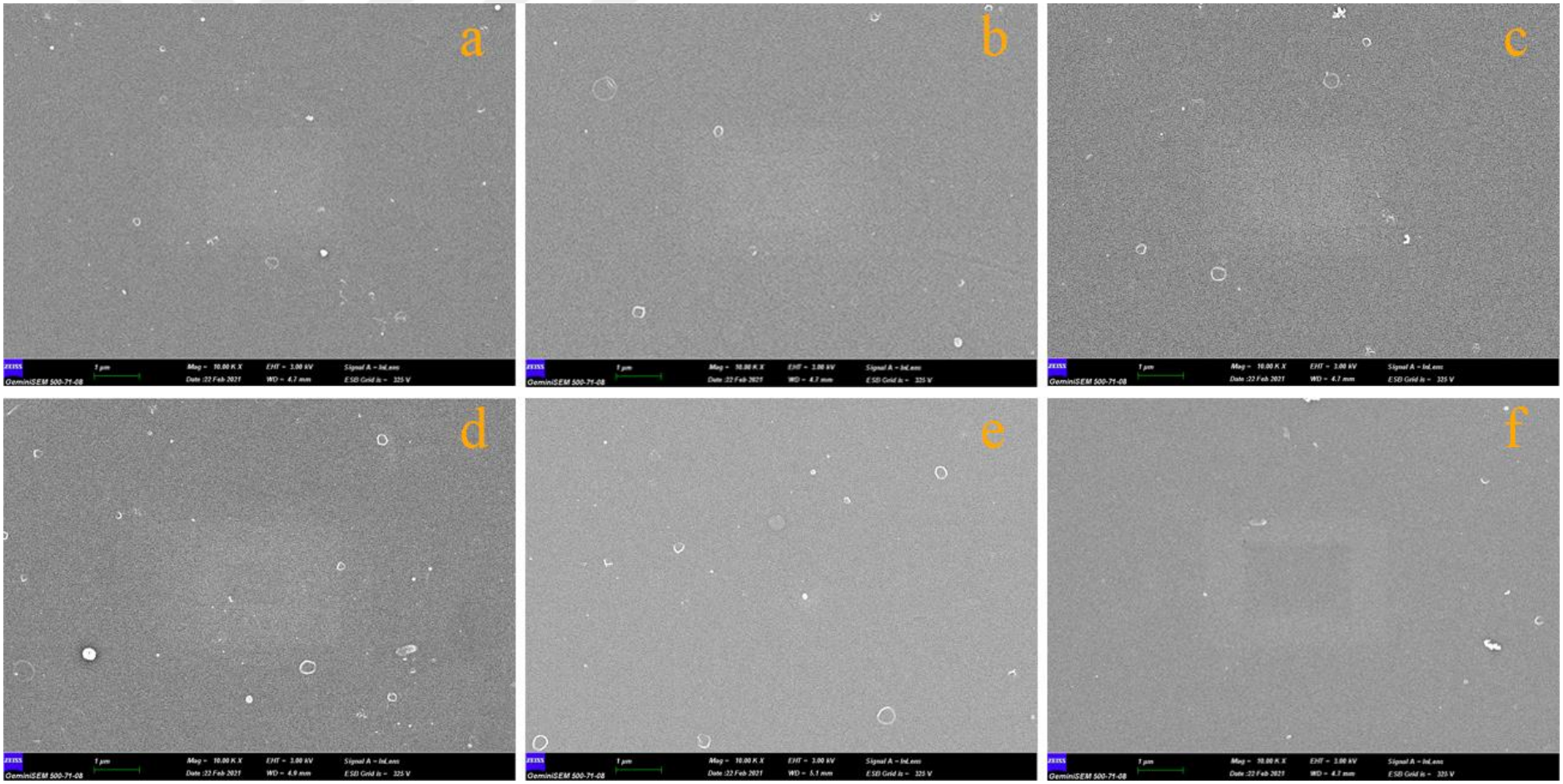
Saf NF270 membranı ile L-DOPA+ TiO_2 (%0,1, %0,5, %1 w/w) modifiye NF270 ve L-DOPA+%0,1 w/w Al2O3 NF270 modifiye membranlar Şekil 9'da görüldüğü üzere karşılaştırıldığında pürüzlülük, sıkılaşma ve nanomalzemelerin dağılımıyla ilgili önemli bir değişiklik gözlemlenmemiştir.



Şekil 7. SW30-HR saf (a), SW30-HR L-DOPA (b), SW30-HR L-DOPA+%0,1 w/w TiO_2 (c), SW30-HR L-DOPA+%0,5 w/w TiO_2 (d), SW30-HR L-DOPA+%1 w/w TiO_2 (e) ve SW30-HR L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 (f) ile modifiye edilmiş yüzey SEM görüntüleri.



Şekil 8. NF90 saf (a), NF90 L-DOPA (b), NF90 L-DOPA+%0,1 w/w TiO_2 (c), NF90 L-DOPA+%0,5 w/w TiO_2 (d), NF90 L-DOPA+%1 w/w TiO_2 (e) ve NF90 L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 (f) ile modifiye edilmiş yüzey SEM görüntüleri.



Şekil 9. NF270 saf (a), NF270 L-DOPA (b), NF270 L-DOPA+%0,1 w/w TiO_2 (c), NF270 L-DOPA+%0,5 w/w TiO_2 (d), NF270 L-DOPA+%1 w/w TiO_2 (e) ve NF270 L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 (f) ile modifiye edilmiş yüzey SEM görüntüleri.

4.1.2. Yüzey Temas Açısı Analizi

Saf BW30-XFR ve SW30-HR membranlarının, L-DOPA ve L-DOPA+nanomalzemelerin tüm konsantrasyonlarda (%0,1, %0,5 %1 w/w TiO_2 ve %0,1 w/w Al_2O_3) modifiye edilen membranlarında 5 farklı noktadan alınan ölçümlerle belirlenen ortalama temas açılarının değerleri Tablo 6'da verilmiştir. L-DOPA ile modifiye edilen BW30-XFR membranında temas açısında bir değişiklik göstermeyip BW30-XFR saf membranı ile aynı yüzey temas açısı görülmektedir. L-DOPA ile modifiye edilen SW30-HR membranında temas açısı, SW30-HR saf membrana göre yükselttiği Tablo 6'te görülmektedir. BW30-XFR ve SW30-HR membranlarının L-DOPA+TiO_2 ile yapılan modifikasyonlarında yüzey temas açıları yükselerek membranın hidrofilikliğini düşürdüğü Tablo 6'ta görülmektedir. L-DOPA+Al_2O_3 ile yapılan modifikasyonlarda BW30-XFR ve SW30-HR membranlarında yüzey temas açılarını yükselttiği ve membranın hidrofilikliğinin azalmasına neden olduğu görülmektedir. L-DOPA, L-DOPA+ TiO_2 ve L-DOPA+Al_2O_3 ile modifiye edilen BW30-XFR ve SW30-HR membranlarının yüzey temas açıları saf BW30-XFR ve SW30-HR membranları ile karşılaştırıldığında yüzey temas açılarını yükselterek membranların hidrofilikliğini azalttığı görülmektedir.

Tablo 6. Saf ve L-DOPA+TiO2 ve L-DOPA+Al2O3 modifiye BW30-XFR ve SW30-HR membranlarına ait ortalama yüzey temas açıları

Membran	**Modifikasyon**	**Yüzey Temas Açısı**
BW30-XFR	Saf	56±1,74
	L-DOPA	56±2,90
	%0,1 (w/w) TiO_2	62±1,55
	%0,5 (w/w) TiO_2	60±1,15
	%1 (w/w) TiO_2	60±3,05
	%0,1 (w/w) Al_2O_3	72±3,30
SW30-HR	Saf	27±2,35
	L-DOPA	40±2,80
	%0,1 (w/w) TiO_2	37±3,23
	%0,5 (w/w) TiO_2	30±3,06
	%1 (w/w) TiO_2	42±2,35
	%0,1 (w/w) Al_2O_3	54±5,11

Saf ve L-DOPA ve L-DOPA+nanomalzemeler (%0,1, %0,5 %1 w/w TiO_2 ve %0,1 w/w Al_2O_3) ile modifiye NF270 ve NF90 membranları için 5 farklı noktadan alınan ölçümlerle belirlenen ortalama temas açılarının değerleri Tablo 7'de verilmiştir. L-DOPA her iki membranda (NF90 ve NF270) yüzey temas açısını düşürerek membranın hidrofilikliğini arttırmıştır. NF90 ve NF270 membranlarının L-DOPA+nanomalzemeler ile yapılan modifikasyonlarında TiO_2 kısmi olarak temas açısını düşürerek membranın hidrofilikliğini arttırmıştır (Tablo 7). Ancak, L-DOPA+Al_2O_3 ile yapılan modifikasyonlarda her iki membranın (NF90 ve NF270) yüzey temas açılarını yükseltmişttiğ ve membranların hidrofilikliğinin azalmasına neden olduğu görülmektedir.

Tablo 7. NF90 ve NF270 membranlarının saf, L-DOPA+TiO_2 ve L-DOPA+Al_2O_3 modifikasyonuna ait ortalama yüzey temas açıları

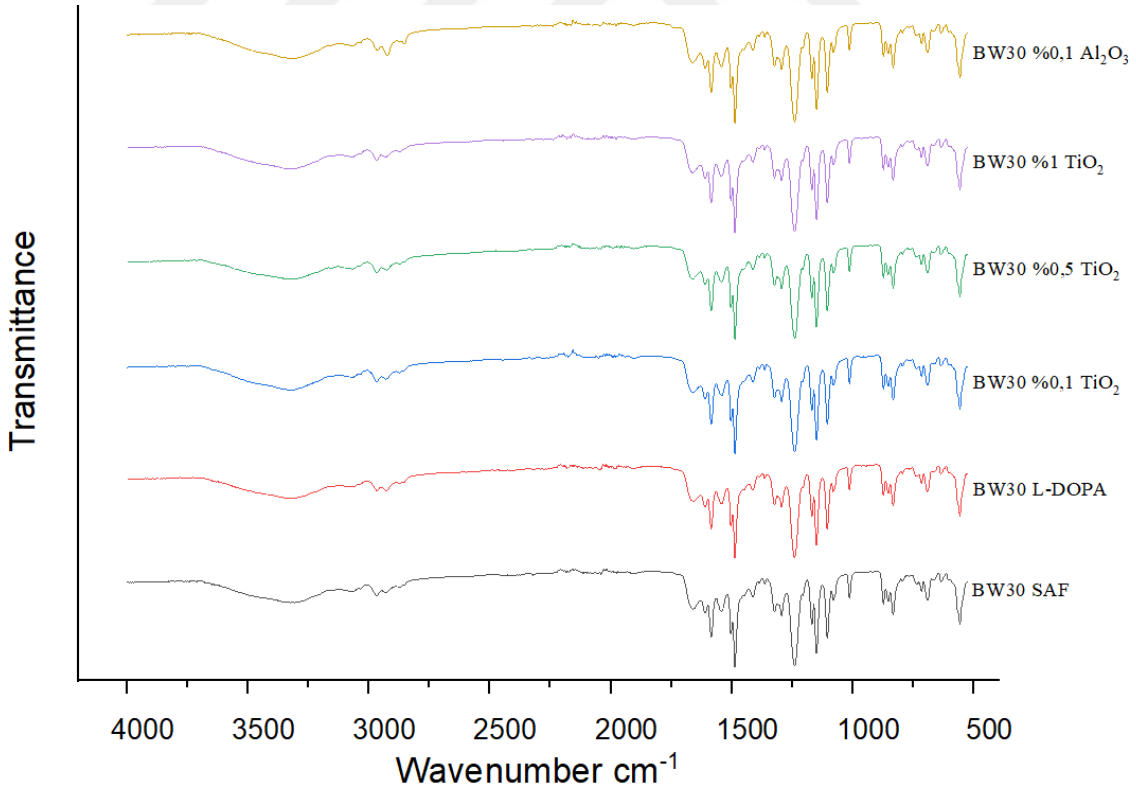
Membran	**Modifikasyon**	**Yüzey Temas Açısı**
NF90	Saf	59±1,74
	L-DOPA	56±2,03
	%0,1 (w/w) TiO_2	59±1,46
	%0,5 (w/w) TiO_2	58±1,66
	%1 (w/w) TiO_2	58±1,48
	%0,1 (w/w) Al_2O_3	76±1,40
NF270	Saf	39±1,89
	L-DOPA	32±1,53
	%0,1 (w/w) TiO_2	34±1,67
	%0,5 (w/w) TiO_2	36±1,32
	%1 (w/w) TiO_2	34±1,39
	%0,1 (w/w) Al_2O_3	53±1,60

Saf ve L-DOPA modifiye NF90 membranları karşılatırıldığında, yüzey temas açısında düşüş olduğu Tablo 7'de görülmektedir. %0,5 w/w TiO_2 ve %1 w/w TiO_2 ile modifiye NF90 membranların yüzey temas açıları saf NF90 membranı ile karşılaştırıldığında çok düşük bir azalma olduğu görülmektedir. %0,1 w/w TiO_2 ile modifiye edilmiş NF90 membranının yüzey temas açısında bir değişiklik görülmemektedir. Diğer taraftan, %0,1 w/w Al_2O_3 ile modifiye edilen tüm NF membranların yüzey temas açısında artma görülmektedir.

Saf ve L-DOPA modifiye NF270 membranları için ise modifikasyon sonucunda yüzey temas açısında düşüş olduğu görülmektedir. %0,1 w/w TiO_2, %0,5 w/w TiO_2 ve %1 w/w TiO_2 modifiye NF270 membranlarda yüzey temas açısının saf NF270 membranına göre düştüğü görülmektedir.

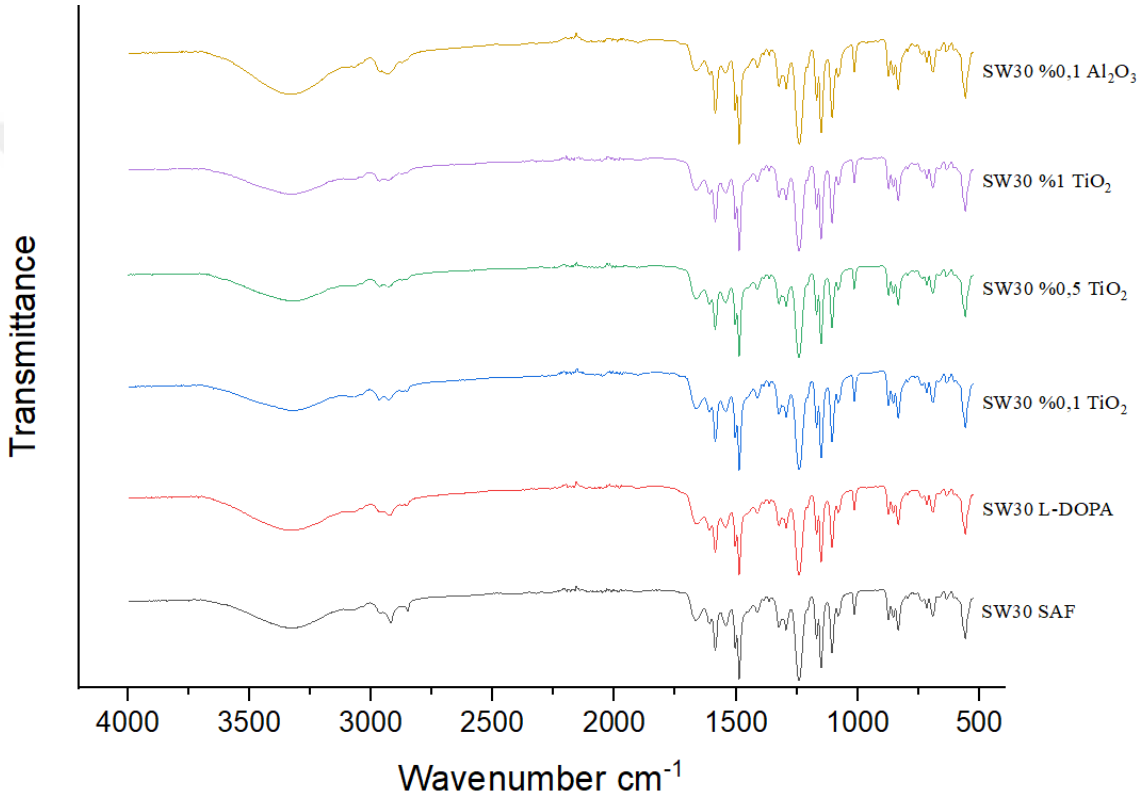
4.1.3. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrometre (FTIR-ATR) Analizi

Membranlardaki modifikasyonlar sonucu yeni oluşan fonksiyonların belirlenmesi amacıyla FTIR analizleri gerçekleştirilmiştir. Saf, L-DOPA, L-DOPA+TiO_2 (%0,1, %0,5, %1 w/w) ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifiye BW30-XFR membranların FTIR grafikleri Şekil 10'de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere FTIR grafiğinde 3000 ve 2900 cm^{-1} dalga boyları arasında ve 2250 ve 2000 cm^{-1} dalga boyları arasında L-DOPA ve L-DOPA+nanomalzemelerle yapılan modifikasyonlarda BW30-XFR saf membranına göre piklerde değişimler gözlemlenmektedir. Piklerdeki bu değişimler modifikasyonların başarılı bir şekilde yapıldığını göstermektedir.



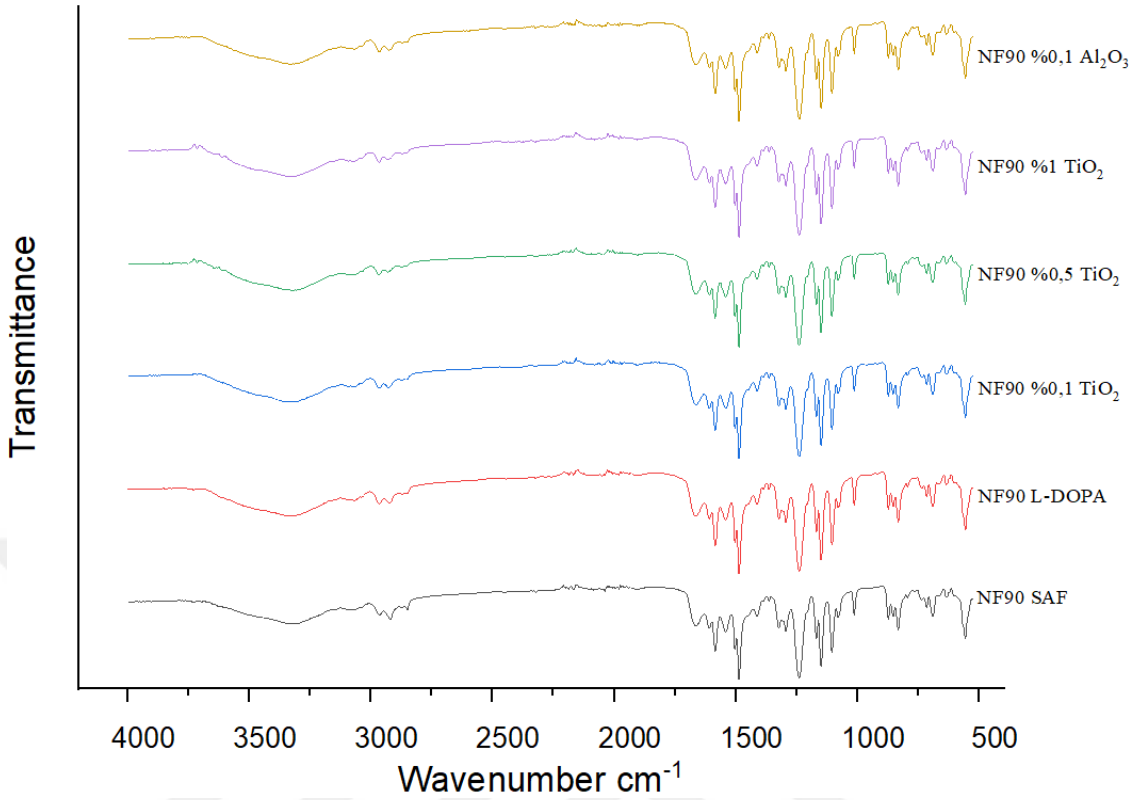
Şekil 10. Saf, L-DOPA ve L-DOPA+nanomalzeme modifiye BW30-XFR membranlarına ait FTIR grafikleri.

Saf, L-DOPA, L-DOPA+TiO_2 (%0,1, %0,5, %1 w/w) ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifiye SW30-HR membranların FTIR grafikleri Şekil 11'de verilmiştir. Şekil 11'de görüldüğü üzere FTIR grafiğinde 3000 ve 2800 cm^{-1} dalga boyları arasında ve 2250 ve 2000 cm^{-1} dalga boyları arasında L-DOPA ve L-DOPA+nanomalzemelerle yapılan modifikasyonlarda SW30-HR saf membranına göre piklerde değişimler gözlemlenmektedir. Piklerdeki bu değişimler modifikasyonların başarılı bir şekilde yapıldığını göstermektedir.



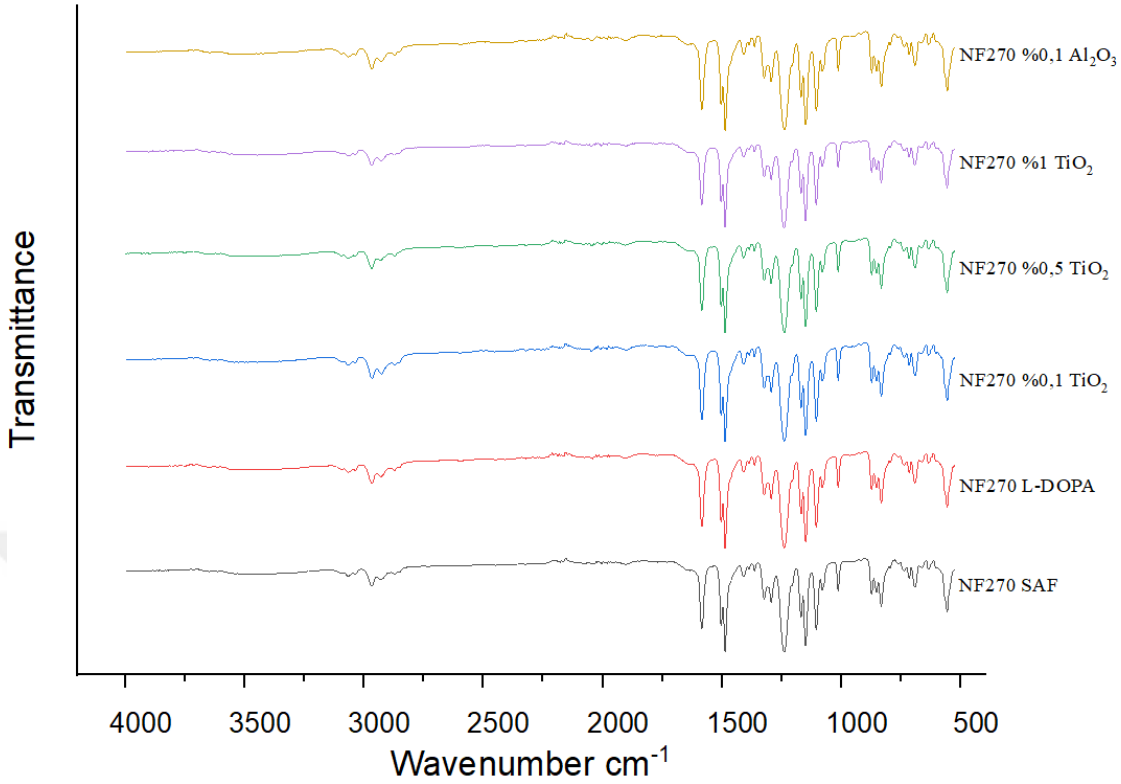
Şekil 11. Saf, L-DOPA ve L-DOPA+nanomalzeme modifiye SW30-HR membranlarına ait FTIR grafikleri.

Saf, L-DOPA, L-DOPA+TiO_2 (%0,1, %0,5, %1 w/w) ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifiye NF90 membranların FTIR grafikleri Şekil 12'de verilmiştir. FTIR grafiğinde 3000 ve 2800 cm^{-1} dalga boyları arasında ve 2250 ve 2000 cm^{-1} dalga boyları arasında L-DOPA ve L-DOPA+nanomalzemelerle yapılan modifikasyonlarda NF90 saf membranına göre piklerde değişimler gözlemlenmektedir. Piklerdeki bu değişimler modifikasyonların başarılı bir şekilde yapıldığını göstermektedir.



Şekil 12. Saf, L-DOPA ve L-DOPA+nanomalzeme modifiye NF90 membranlarına ait FTIR verileri.

Saf, L-DOPA, L-DOPA+TiO_2 (%0,1, %0,5, %1 w/w) ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifiye NF270 membranların FTIR grafikleri Şekil 13'te verilmiştir. FTIR grafiğinde 3150 ve 2800 cm^{-1} dalga boyları arasında ve 2250 ve 2000 cm^{-1} dalga boyları arasında L-DOPA ve L-DOPA+nanomalzemelerle yapılan modifikasyonlarda NF270 saf membranına göre piklerde değişimler gözlemlenmektedir. Piklerdeki bu değişimler modifikasyonların başarılı bir şekilde yapıldığını göstermektedir.



Şekil 13. Saf, L-DOPA ve L-DOPA+nanomalzeme modifiye NF270membranlarına ait FTIR verileri.

4.1.4. AFM Analizi

Saf, L-DOPA ve L-DOPA+nanomalzeme ile modifiye edilmiş BW30-XFR ve SW30-HR membranların AFM analizlerinde membran yüzeyinde meydana gelen pürüzlülük değişikliği ve yüzey topografileri incelenmiş ve R_a, R_{ms} ve R_{max} değerleri Tablo 8 ve Tablo 9'da verilmiştir. L-DOPA modifiye BW30-XFR membranın, saf BW30-XFR membranı ile kıyaslandığında pürüzlülük değeri azalmıştır. TiO_2 ve Al_2O_3 ile modifiye edilmiş membranlarda pürüzlülük değerleri (Ra)'nin azaldığı açıkça Tablo 8 ve Şekil 14'te görülmektedir.

SW30-HR membranı için L-DOPA, L-DOPA+%0,1 w/w TiO_2 ve L-DOPA+%1 w/w TiO_2 ile modifikasyonlu membranlar neredeyse aynı Ra değerlerine sahip olduğu Tablo 9 ve Şekil 15'da görülmekte ve SW30-HR saf membran ile kıyaslandığında pürüzlülük değeri azda olsa azalmıştır. SW30-HR L-DOPA+(%0,1, %0,5, %1 w/w) TiO_2 ve SW30-HR L-DOPA+(%0,1 w/w) Al_2O_3 ile modifiye edilmiş membranlarda pürüzlülük değerleri (Ra)'nin oldukça azaldığı açıkça Tablo 9 ve Şekil 15'da görülmektedir. Saf SW30-HR

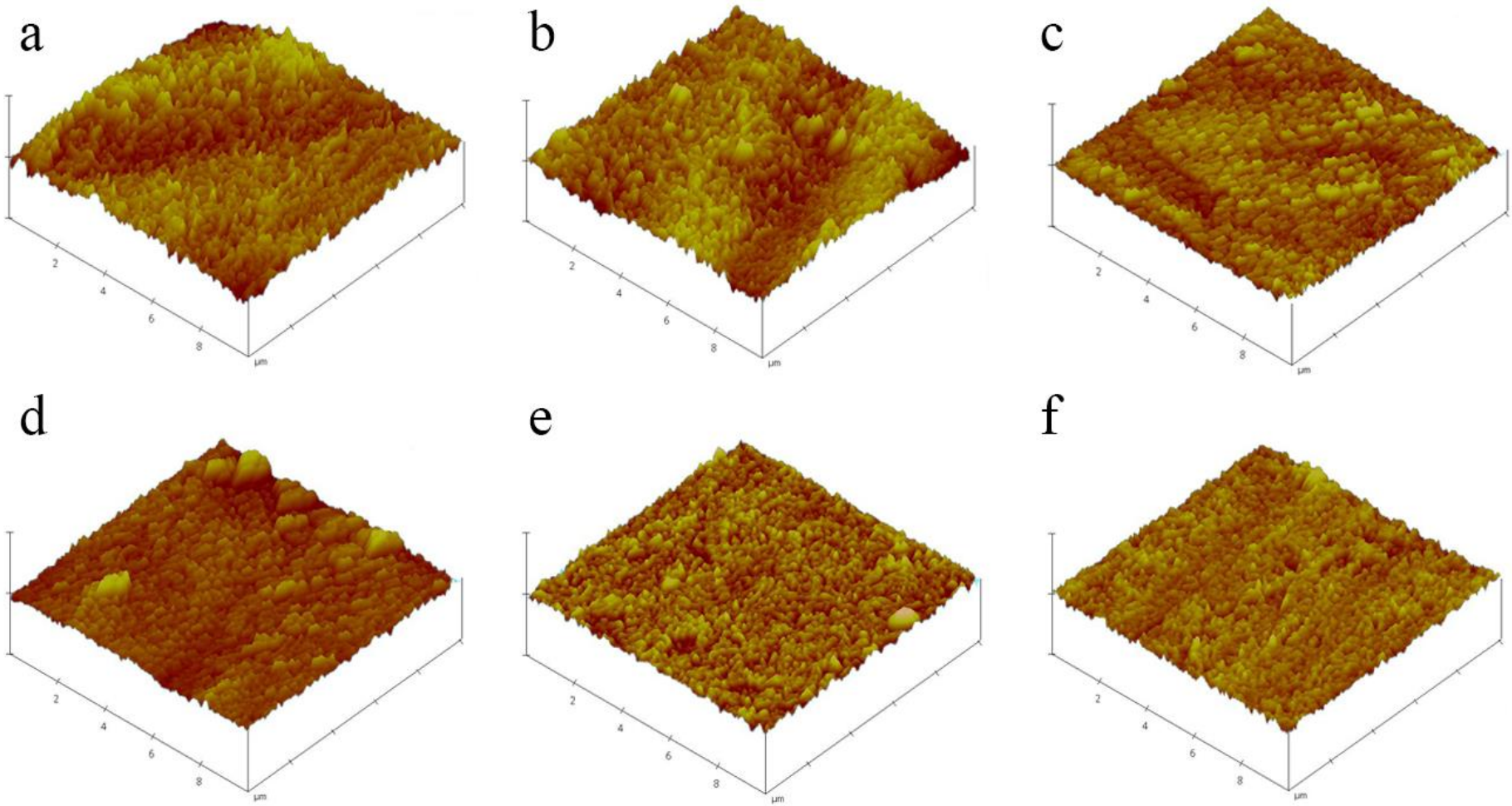
membranı, SW30-HR'ın tüm modifikasyonları ile kıyaslandığında, SW30-HR'ın tüm modifikasyonlarında Ra pürüzlülük değerinin azaldığı Tablo 9 ve Şekil 15'de görülmektedir.

Tablo 8. BW30-XFR membranın saf, L-DOPA, L-DOPA+TiO_2 ve L-DOPA+Al_2O_3 ile modifiye edilmiş membranların yüzey pürüzlülük değerleri

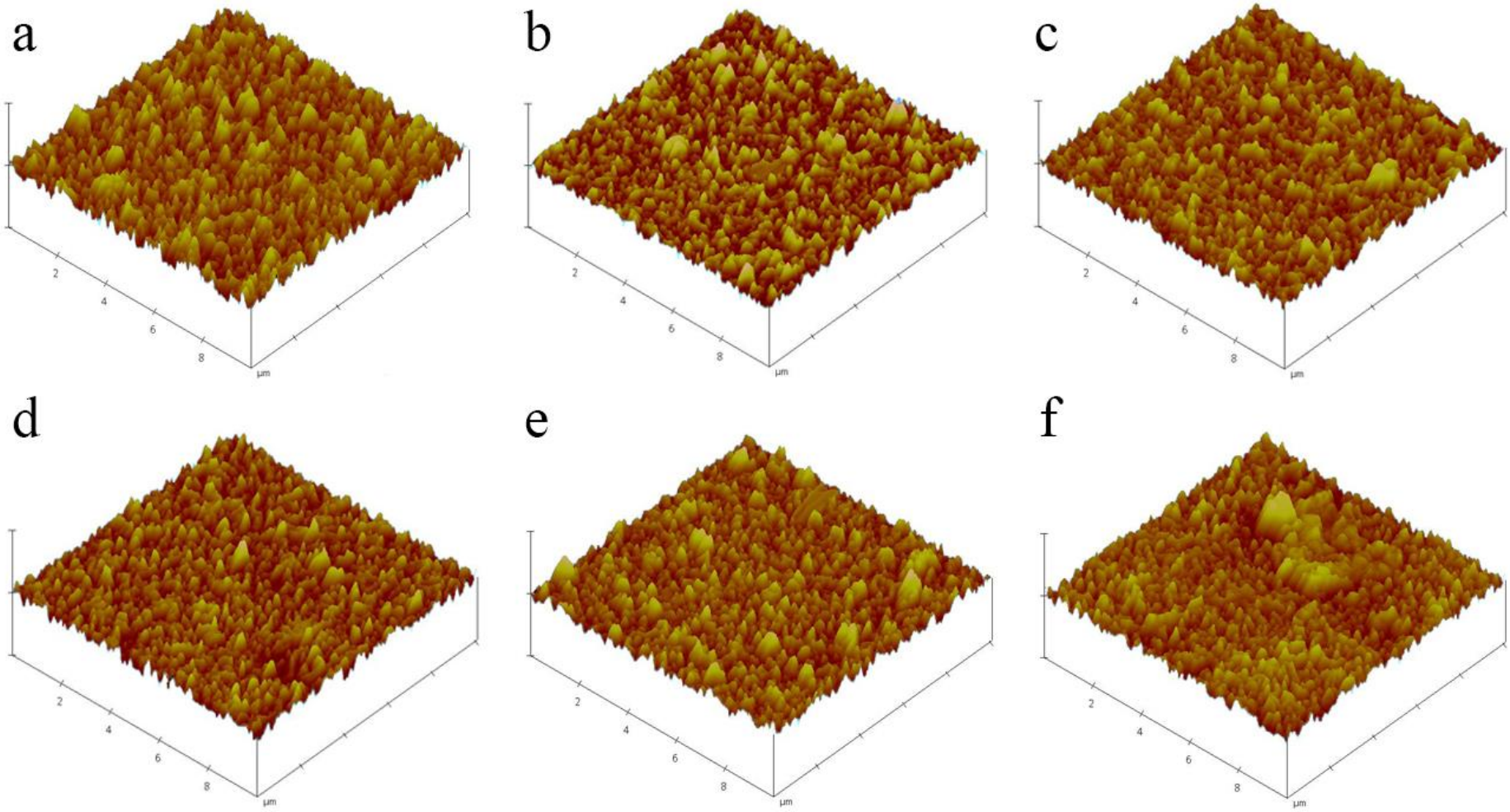
Parametre	**BW30-XFR**					
	Saf	**L-DOPA**	**%0,1 TiO_2**	**%0,5 TiO_2**	**%1 TiO_2**	**%0,1 Al_2O_3**
R_a (nm)	80	78	50	51	41	45
R_{ms} (nm)	102	98	63	68	52	57
R_{max} (nm)	974	854	539	765	465	525

Tablo 9. SW30-HR membranın saf, L-DOPA, L-DOPA+TiO_2 ve L-DOPA+Al_2O_3 ile modifiye edilmiş membranların yüzey pürüzlülük değerleri

Parametre	**SW30-HR**					
	Saf	**L-DOPA**	**%0,1 TiO_2**	**%0,5 TiO_2**	**%1 TiO_2**	**%0,1 Al_2O_3**
R_a (nm)	86	71	71	82	73	77
R_{ms} (nm)	107	89	88	101	93	96
R_{max} (nm)	794	693	615	850	733	722



Şekil 14. Saf (a), L-DOPA (b), L-DOPA+%0,1 w/w TiO_2 (c), L-DOPA+%0,5 w/w TiO_2 (d), L-DOPA+%1 w/w TiO_2 (e) ve %0,1 w/w Al_2O_3 (f) modifiye, BW30-XFR membranının AFM görüntüleri.



Şekil 15. Saf (a), L-DOPA (b), L-DOPA+%0,1 w/w TiO_2 (c), L-DOPA+%0,5 w/w TiO_2 (d), L-DOPA+%1 w/w TiO_2 (e) ve %0,1 w/w Al_2O_3 (f) modifiye, SW30-HR membranının AFM görüntüleri.

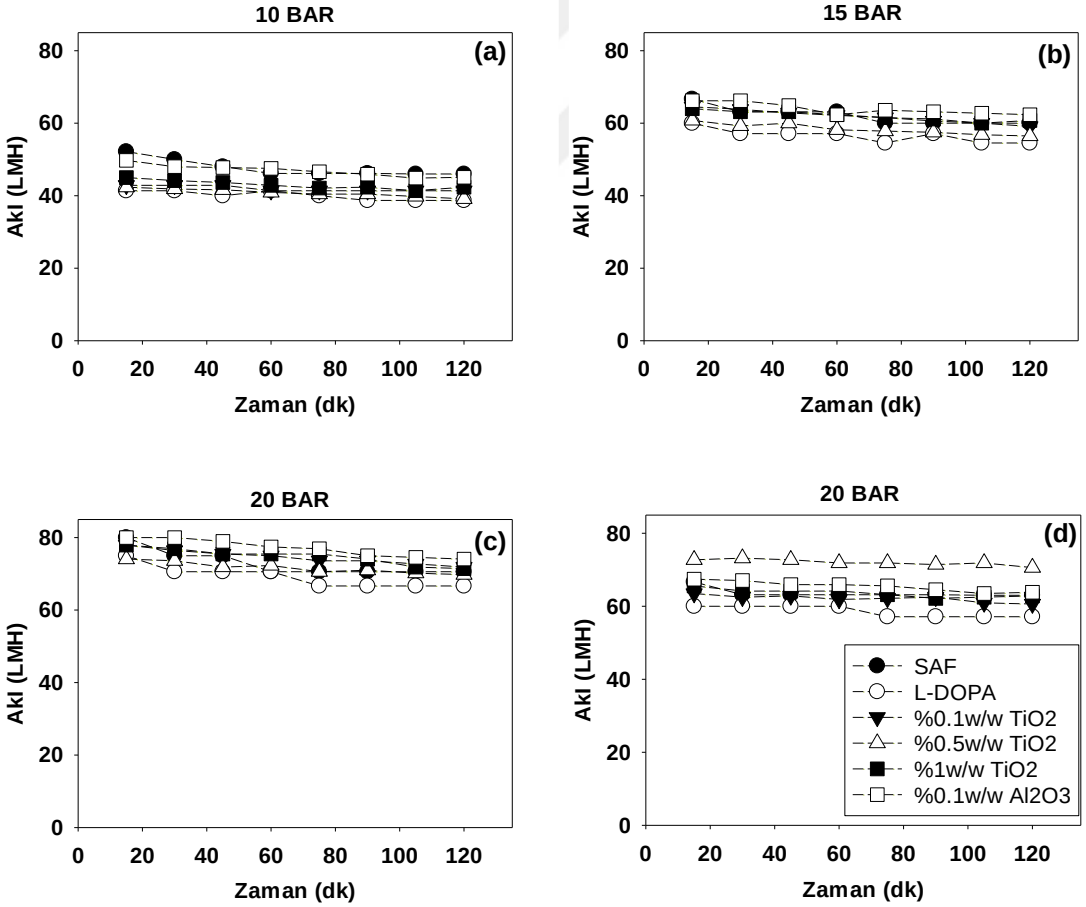
4.2. Saf ve Modifiye Membranların Filtrasyon Performansları

4.2.1. Saf ve Modifiye RO Membranların Safsu ve Tuzlu Su Filtrasyon Performansları

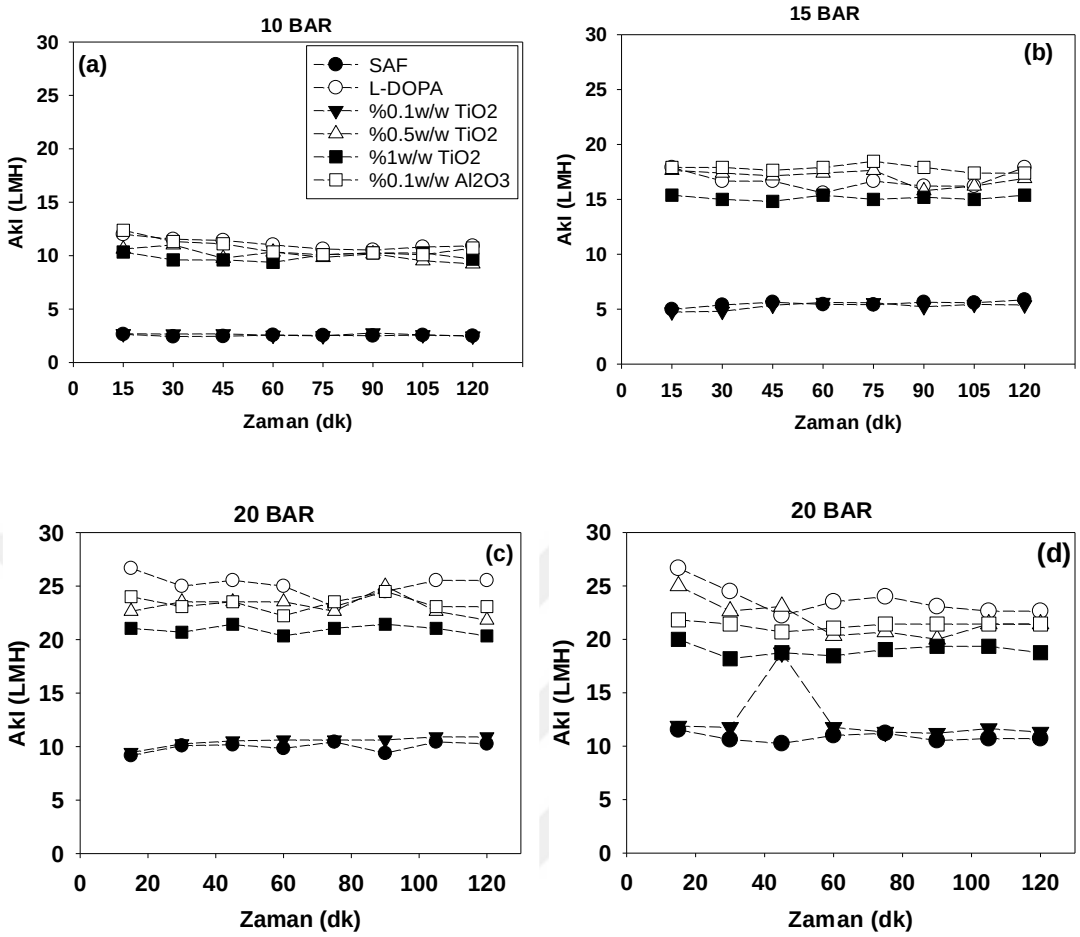
Membranların performansının belirlenmesinde en önemli parametre saf su akısı değerleridir ve membranın yapısal özellikleri ve hidrofilikliği ile doğrudan ilişkilidir. Şekil 16 ve Şekil 17'de BW30-XFR ve SW30-HR membranları için saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5, %1 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifiye membranların üç farklı (10, 15 ve 20 bar) basınçta ile elde edilen safsu ve 20 bar basınç altında tuzlu su (2 g/L NaCI) akı değerleri verilmektedir. BW30-XFR ve SW30-HR membranları için filtrasyon performansı çalışmalarında gözlenen denge fazındaki saf akı değerleri Tablo 10'da özetlenmiştir. Şekil 16 ve Tablo 10'da görüldüğü üzere 10 bar basınç altında BW30-XFR (%0,1, %0,5, %1 w/w) TiO_2 ile modifiye edilmiş membranların akı değerleri saf BW30-XFR membranın akı değerine göre düşüş görülmüştür. Diğer taraftan, L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 ile modifiye edilmiş BW30-XFR membranın saf membranın saf su akıları değişiklik göstermemiştir. 20 bar basınç altında L-DOPA ile modifiye edilmiş membranın saf su akısı BW30-XFR saf membranı ile kıyaslandığında saf su akısında düşüş gözlemlenmiştir. Tablo 10 ve Şekil 16'da görüldüğü üzere 20 bar basınç altında BW30-XFR (%0,1, %1 w/w) TiO_2 ile modifiye edilmiş membranlar BW30-XFR saf membranı ile kıyaslandığında saf su akılarında artış görülmüştür. BW30-XFR L-DOPA+%0,5 w/w TiO_2 ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 ile modifiye edilmiş membranlar saf BW30-XFR membranı ile kıyaslandığında saf su akısında değişiklik gözlemlenmemiştir. 20 bar basınç altında L-DOPA modifiye BW30-XFR membranının saf su akısı saf BW30-XFR membranına göre düşüş göstermiştir. Ancak, L-DOPA+(%0,1, %1 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+%01 w/w Al_2O_3 ile modifiye edilen BW30-XFR membranların akı değerleri BW30-XFR saf membranına göre yükselmiştir. L-DOPA+(%0,5 w/w) TiO_2 ile modifiye edilen BW30-XFR membranında akı değeri değişiklik göstermemiştir. BW30-XFR membranları arasında en yüksek akı değerini L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 ile modifiye edilen BW30-XFR membranı göstermiştir. 15 bar basınç altında test edilen saf ve modifiye BW30-XFR membranlarında ise en düşük akı değerleri L-DOPA ve L-DOPA-%0,5 w/w TiO_2 membranlarında gözlenmiştir. En yüksek akı değeri ise L-DOPA-%0,1 w/w Al_2O_3 modifiye BW30-XFR membranında elde edilmiştir. 20 bar basınç altında test edilen saf ve modifiye BW30-XFR membranlarında

benzer şekilde en düşük akı değeri L-DOPA modifiye BW30-XFR membranında gözlenirken, L-DOPA-%0,1 w/w TiO_2 ve L-DOPA-%1 w/w TiO_2 membranlarının saf su akıları saf BW30-XFR membranından daha yüksektir.

Tablo 10 ve Şekil 17'de görüldüğü üzere SW30-HR L-DOPA+%0,1 w/w TiO_2 ile modifiye edilmiş membran ve saf SW30-HR membran üç farklı basınçta da neredeyse aynı akı değerlere sahiptir. Ancak, L-DOPA, L-DOPA+%0,5 w/w TiO_2, L-DOPA+%1 w/w TiO_2 ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 ile modifiye edilmiş membranlarda akı değerleri 10 bar basınç altında 4 kat, 15 bar basınç altında 3 kat ve 20 bar basınç altında yaklaşık 2,5 kat artış ile L-DOPA ve L-DOPA+nanomalzemelerin akı üzerinde olumlu etkileri gözlenmiştir. Tüm membranlarda tuzlu su filtrasyon deneylerinde ise saf su akı değerleri, tuzlu su akı değerleri yaklaşık benzer olup çok farklılık elde edilmemiştir.



Şekil 16. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5 %1 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 ile modifiye edilmiş BW30-XFR membranların zaman bağlı saf su akı değerleri: (a) 10 bar, (b) 15 bar, (c) 20 bar ve (d) 20 bar basınç altında tuzlu su (2g/L NaCI)



Şekil 17. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5 %1 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 ile modifiye edilmiş SW30-HR membranların zaman bağlı saf su akı değerleri: (a) 10 bar, (b) 15 bar, (c) 20 bar ve (d) 20 bar basınç altında tuzlu su (2g/L NaCI)

Tuzlu su ile yapılan filtrasyon deneylerindeki saf BW30-XFR ve tüm modifiye edilmiş membranların akı değerleri Şekil 16'de görüldüğü üzere L-DOPA+%0,5 w/w TiO_2 modifikasyonlu membranın akı değerleri hariç hepsinde düşüş görülmektedir. L-DOPA+%0,5 w/w TiO_2 modifikasyonlu membran saf su akısı, saf BW30-XFR membranın saf su akısı ile benzerlik gösterse de tuzlu su filtrasyon deneylerinde saf BW30-XFR membranı dahil diğer tüm modifikasyonlu membranların tuzlu su akıları saf su akılarına göre düşmüştür. Diğer taraftan, L-DOPA+%0,5 w/w TiO_2 modifikasyonlu membranın tuzlu su akısı saf su akısı ile aynı kalarak iyi bir akı performansı sergilemiştir. SW30-HR membranında ise, tüm membranlarda tuzlu su akı değerleri neredeyse saf su akı değerleri ile aynı olup ciddi bir farklılık göstermemiştir (Şekil 17).

Tablo 10. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5, %1 w/w) TiO2 ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifiye BW30-XFR ve SW30-HR membranlarının denge fazında ortalama saf su akı değerleri

Membran	**Modifikasyon**	**Akı (LMH)**		
		10 Bar	**15 Bar**	**20 Bar**
BW30-XFR	Saf	46,2±0,00	60,0±0,00	70,6±0,00
	L-DOPA	38,7±0,00	55,4±1,50	66,7±0,00
	L-DOPA+%0,1 w/w TiO_2	41,1±0,00	59,9±0,75	72,7±0,88
	L-DOPA+%0,5 w/w TiO_2	39,8±0,66	56,9±0,52	70,3±0,63
	L-DOPA+%1 w/w TiO_2	42,0±0,56	60,6±0,58	72,5±1,42
	L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3	45,3±0,57	62,7±0,41	74,5±0,46
SW30-HR	Saf	2,5±0,04	5,7±0,14	10,0±0,57
	L-DOPA	10,7±0,20	16,8±0,98	25,2±0,60
	L-DOPA+%0,1 w/w TiO_2	2,6±0,15	5,3±0,11	10,8±0,17
	L-DOPA+%0,5 w/w TiO_2	9,6±0,48	16,3±0,56	23,2±1,65
	L-DOPA+%1 w/w TiO_2	10,1±0,33	15,2±0,19	20,9±0,55
	L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3	10,4±0,33	17,6±0,30	23,5±0,82

Saf BW30-XFR membranının iletkenlik giderim performansı %95 iken, L-DOPA, L-DOPA+%0,1 w/w TiO_2, L-DOPA+%0,5 w/w TiO_2, L-DOPA+%1 w/w TiO_2 ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifiye membranların iletkenlik giderim performansları sırasıyla %97, %98, %97, %98 ve %98'dir (Tablo 11). Modifiye BW30-XFR membranlarda iletkenlik performansı saf BW30-XFR membranın iletkenlik performansına göre iyileşme göstermiştir. Saf SW30-HR membranının iletkenlik giderim performansı %96 iken, modifiye membranlar arasında en yüksek iletkenlik giderimleri L-DOPA, L-DOPA+%1 w/w TiO_2 ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifiye membranlarında elde edilmiştir. Diğer taraftan, SW30-HR membranının L-DOPA+%0,1 w/w TiO_2 ve L-DOPA+%0,5 w/w TiO_2 modifikasyonlarında iletkenlik giderimleri %1-2 arasında düşmüştür.

Tablo 11. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5, %1 w/w) TiO2 ve L-DOPA+%0,1 w/w Al2O3 modifiye BW30-XFR ve SW30-HR membranlarının 20 bar basınç altında tuzlu su (2g/L NaCI) ile filtrasyonuna ait akı değerleri ve iletkenlik giderim performansı

Membran	Modifikasyon	Akı (LMH)	İletkenlik Giderimi (%)
BW30-XFR	Saf	63,2±0	95
	L-DOPA	57,1±0	97
	L-DOPA+%0,1 w/w TiO_2	61,3±1,02	98
	L-DOPA+%0,5 w/w TiO_2	71,3±0,65	97
	L-DOPA+%1 w/w TiO_2	62,5±0,33	98
	L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3	63,9±0,52	98
SW30-HR	Saf	10,7±0,11	96
	L-DOPA	22,8±0,25	98
	L-DOPA+%0,1 w/w TiO_2	11,4±0,23	95
	L-DOPA+%0,5 w/w TiO_2	21,0±0,82	94
	L-DOPA+%1 w/w TiO_2	19,2±0,35	98
	L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3	21,4±0,00	98

4.2.2. Saf ve Modifiye RO ve NF Membranların Saf Su ve Ham Su Filtrasyon Performansları

Konya İçme Suyu Arıtma Tesisi filtrasyon prosesi çıkış suyu kullanılarak saf, L-DOPA, L-DOPA+nanomalzeme ile modifiye edilmiş RO ve NF membranların farklı basınçlarda akı, iletkenlik giderimi ve akı geri kazanım (FRR) performansları test edilmiştir.

Saf, L-DOPA, L-DOPA+TiO_2 (%0,1, %0,5, %1 w/w) ve L-DOPA+Al_2O_3 (%0,1, %0,5 w/w) modifiye BW30-XFR ve SW30-HR membranlarının 10 bar ve 20 bar basınç altındaki akı değerleri Tablo 12 ve Tablo 13'de verilmiştir. Saf ve modifiye RO membranlarının akı değerlerinin zamana bağlı değişimleri

Şekil **18** ve Şekil 19'de gösterilmektedir.

L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifiye BW30-XFR membran ile 10 bar basınç altında gerçekleştirilen filtrasyon deneylerinde, Tablo 12'de görüldüğü üzere diğer membranlarla karşılaştırıldığında en yüksek saf su akı performansını göstermiştir. Bu membranın performansı göz önünde bulundurularak BW30-XFR membranı L-DOPA+%0,5 w/w Al_2O_3 ile modifiye edilmiştir. BW30-XFR L-DOPA+%0,5 w/w Al_2O_3 modifikasyonlu membran 10 bar basınç altında saf su akısı 44,2 L/m^2sa'dir ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3

BW30-XFR modifiye membranın saf su akısıyla karşılaştırıldığında akı değeri yükselmemiş, hatta çok az bir seviyede düşüş göstermiştir.

L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 BW30-XFR modifiye membran ile 20 bar basınç altında 85,2 L/m^2sa saf su akısı elde edilmiştir. Bu akı değeri Tablo 12'de görüldüğü üzere diğer membranlarla karşılaştırıldığında L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifiye BW30-XFR membran ile en yüksek saf su akısı değeri elde edilmiştir. Tablo 13 ve

Şekil **18**'de görüldüğü üzere L-DOPA+%0,1 w/w TiO_2 modifiye BW30-XFR membranı hariç diğer modifikasyonlu membranlarda akı değerleri 20 bar basınç altında yükselmiştir. TiO_2 ile modifiye edilmiş membranlarda en yüksek akı değeri L-DOPA+%1 w/w TiO_2 modifiye BW30-XFR membranda elde edilmiş olup, akı değeri 94,3 L/m^2sa'dir. L-DOPA+%1 w/w TiO_2 modifiye BW30-XFR membranın ham su ve ham su sonrası saf su akı değerleri ise sırasıyla 76,6 ve 76,9 L/m^2sa'dir. Al_2O_3 ile modifiye edilmiş membranlarda ise en yüksek akı değerini BW30-XFR L-DOPA+%0,5 w/w Al_2O_3 modifikasyonlu membranda elde edilmiş olup akı değeri 96,7 L/m^2sa'dir. BW30-XFR L-DOPA+%0,5 w/w Al_2O_3 modifikasyonlu membranın ham su ve ham su sonrası saf su akı değerleri ise sırasıyla 85,2 ve 85,7 L/m^2sa'dir. Tablo 13'de görüldüğü üzere BW30-XFR membranının tüm modifikasyonlarının arasında en yüksek saf su akısını BW30-XFR L-DOPA+%0,5 w/w Al_2O_3 ile modifiye edilmiş membran göstermiştir.

Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5, %1 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+(%0,1 w/w) Al_2O_3 modifiye SW30-HR membranlar filtrasyon testlerine başlamadan önce saf su ile 2 saat boyunca 25 bar basınç altında sıkıştırma işlemi uygulanmıştır. Bu işlemin amacı deney esnasında sıkıştırma işlemi uygulanmadan yapılan deneylerde saf su akıları, ham su ve ham su saf su adımlarında zamanla akı artışına neden olduğu tespit edilmiştir. Sıkıştırma işleminden sonra saf su, ham su ve ham su sonrası saf filtrasyon testleri gerçekleştrilmiştir.

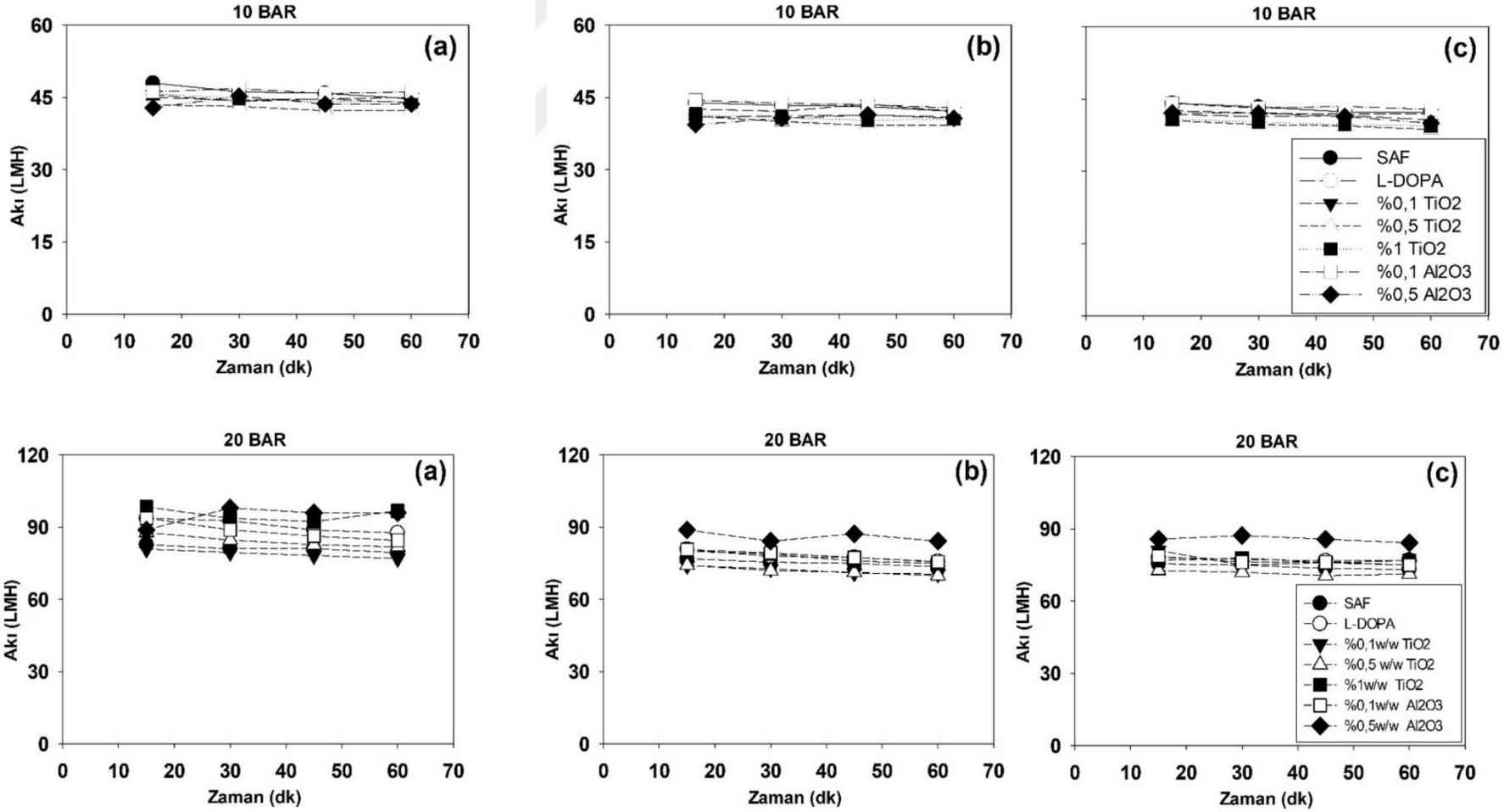
Tablo 12. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5, %1 w/w) TiO2 ve L-DOPA+(%0,1, %0,5 w/w Al2O3 modifiye BW30-XFR ve SW30-HR membranlarının 10 bar basınç altında denge fazında ortalama akı değerleri

Membran	**Modifikasyon**	**Akı (LMH)**		
		10 Bar		
		Saf Su	**Ham Su**	**Ham Su Sonrası Saf Su**
BW30-XFR	Saf	45,6±0,76	42,9±0,67	42,7±0,59
	L-DOPA	44,4±0,42	41,1±0,24	41,2±0,49
	%0,1 (w/w) TiO_2	44,6±0,42	42,6±0,88	42,2±0,38
	%0,5 (w/w) TiO_2	42,6±0,53	39,5±0,45	39,3±0,53
	%1 (w/w) TiO_2	44,3±0,38	40,5±0,27	39,8±0,41
	%0,1 (w/w) Al_2O_3	46,3±0,55	43,4±0,48	43,2±0,31
	%0,5 (w/w) Al_2O_3	44,2±0,95	40,9±0,40	41,2±1,07
SW30-HR	Saf	5,4±0,06	5,3±0,07	5,3±0,01
	L-DOPA	11,4±0,06	10,7±0,08	10,9±0,03
	%0,1 (w/w) TiO_2	8,9±0,03	8,7±0,10	9±0,10
	%0,5 (w/w) TiO_2	9,8±0,14	9,4±0,11	9,6±0,12
	%1 (w/w) TiO_2	9,1±0,08	9,0±0,14	8,9±0,07
	%0,1 (w/w) Al_2O_3	11,8±0,14	10,5±0,24	11,3±0,31

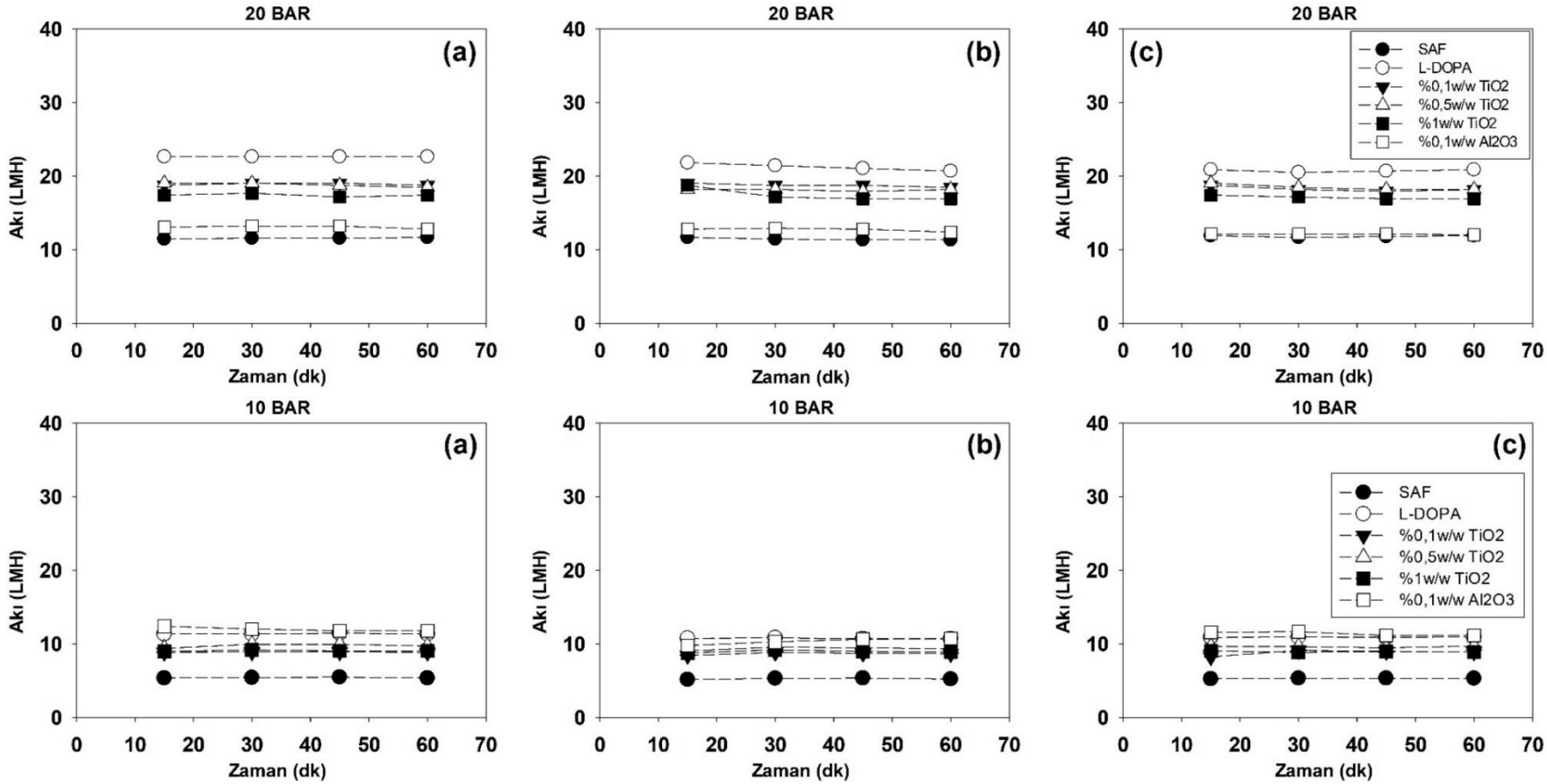
Tablo 13. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5, %1 w/w) TiO2 ve L-DOPA+(%0,1, %0,5 w/w Al2O3 modifiye BW30-XFR ve SW30-HR membranlarının 10 bar basınç altında denge fazında ortalama akı değerleri

Membran	**Modifikasyon**	**Akı (LMH)**		
		20 Bar		
		Saf Su	**Ham Su**	**Ham Su Sonrası Saf Su**
BW30-XFR	Saf	80,5±0,93	74,7±0,96	73,9±0,95
	L-DOPA	89,7±2,64	77,0±1,16	77,4±0,75
	%0,1 (w/w) TiO_2	78,3±1,28	71,4±1,13	75,3±0,55
	%0,5 (w/w) TiO_2	83,1±1,47	71,1±1,07	71,3±0,71
	%1 (w/w) TiO_2	94,3±2,28	76,6±2,06	76,9±0,99
	%0,1 (w/w) Al_2O_3	86,6±2,20	77,4±1,87	75,8±0,69
	%0,5 (w/w) Al_2O_3	96,7±1,13	85,2±1,77	85,7±1,53
SW30-HR	Saf	11,6±0,06	11,4±0,06	11,8±0,12
	L-DOPA	22,6±0,00	21,1±0,37	20,7±0,18
	%0,1 (w/w) TiO_2	18,9±0,17	18,7±0,17	18,1±0,16
	%0,5 (w/w) TiO_2	18,8±0,29	18,1±0,16	18,3±0,16
	%1 (w/w) TiO_2	17,4±0,25	17,0±0,14	17,0±0,14
	%0,1 (w/w) Al_2O_3	13,0±0,24	12,7±0,28	12,1±0,07

Tablo 12'de görüldüğü üzere 10 bar basınç altında tüm modifikasyonlu membranlarda akı değeri ortalama olarak 2 kat artış göstermiştir. SW30-HR membranların L-DOPA, L-DOPA+ TiO_2 ve L-DOPA+ Al_2O_3 ile modifikasyonun etkisi 10 bar basınç altındaki akı değerlerinde ciddi olarak görülmektedir.Tablo 13'de görüldüğü üzere 20 bar basınç altında ise L-DOPA modifiye SW30-HR membranı ile 22,6 L/m^2sa akı ile en yüksek saf su akısı değeri göstermiştir. Ancak, L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifiye SW30-HR membranı beklenenin aksine 13,0 L/m^2sa saf su akısı ile en düşük akı değerini vermesine ragmen, saf SW30-HR membranın 20 bar basınç altındaki saf su akısıyla karşılaştırıldığında akı değerlerinde yükseliş göstermiştir. Tablo 13'de görüldüğü üzere L-DOPA, L-DOPA+ TiO_2 ve L-DOPA+ Al_2O_3 modifikasyonlarının etkisi 20 bar basınç altında akı değerlerindeki değişiklikler ile SW30-HR membranının tüm modifikasyonlarında görülmektedir.



Şekil 18. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, 0,5, %1 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifiye BW30-XFR membranların (a) saf su, (b) ham su, (c) ham su sonrası saf su akısının 10 ve 20 bar basınç altında zamana karşı değişimi



Şekil 19. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5, %1 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifiye SW30-HR membranların (a) saf su, (b) ham su, (c) ham su sonrası saf su akısının 10 ve 20 bar basınç altında zamana karşı değişimi

Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5, %1 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+ (%0,1 w/w) Al_2O_3 modifiye NF90 ve NF270 membranları ile yürütülen filtrasyon deneylerine ait 5 bar ve 10 bar basınç altındaki akı değerleri Tablo 14 ve Tablo 15'de verilmiştir. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5, %1 w/w) TiO_2 ve (%0,1, %0,5 w/w) Al_2O_3 modifiye NF90 ve NF270 membranların 5 bar ve 10 bar basınç altında zamana karşı akı değişimleri sırasıyla Şekil 20 ve Şekil 21'de verilmiştir.

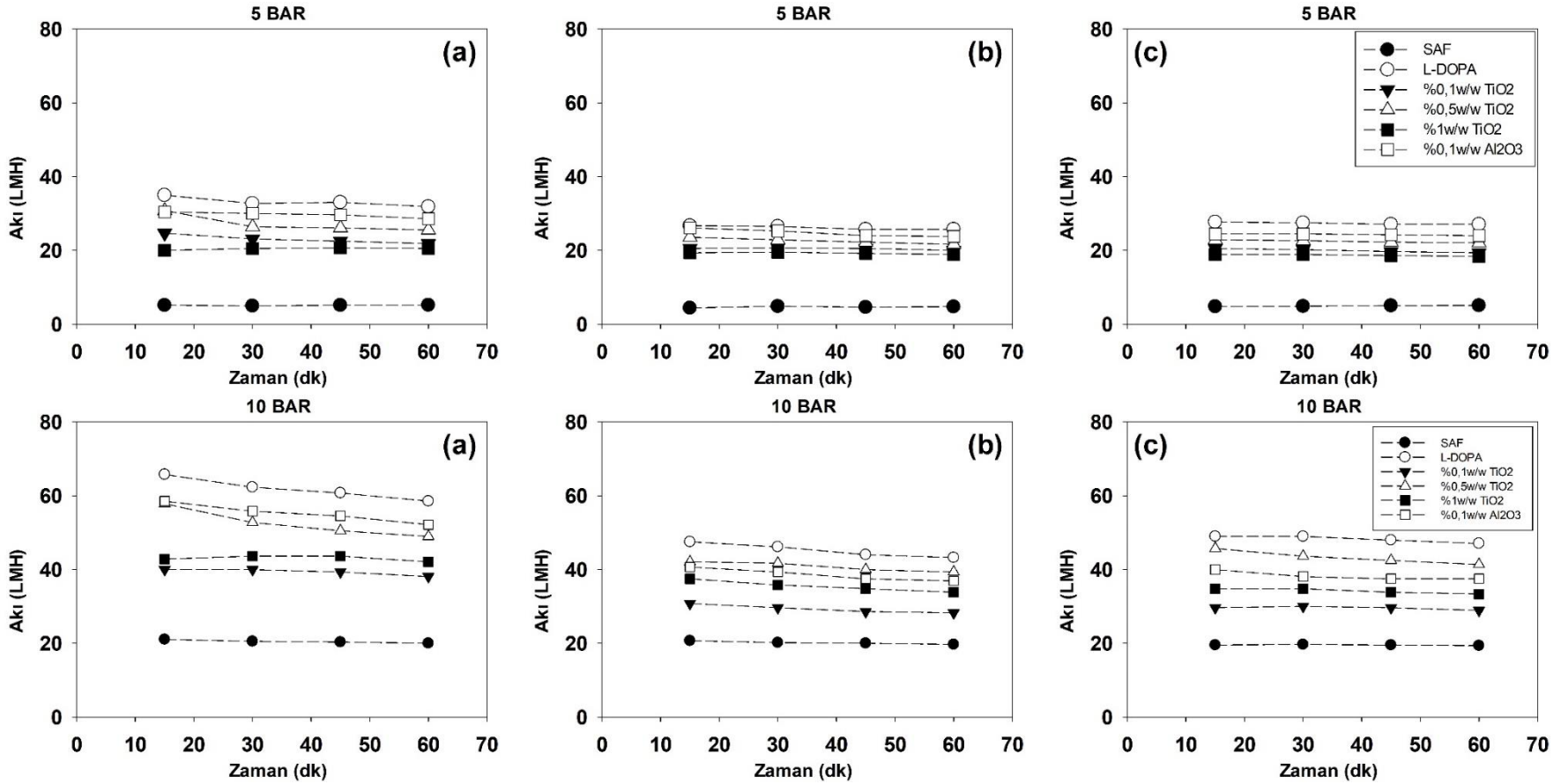
L-DOPA ve L-DOPA+nanomalzemeler ile modifikasyon işlemi NF90 membranının akı performansları üzerinde önemli değişikler göstermiştir. Her iki basınçta da modifikasyonlu NF90 membranların saf su akıları, saf NF90 membranın saf su akı değerleriyle karşılaştırıldığında akı performansında oldukça yüksek değerler elde edilmiştir. Her iki basınçta da en yüksek saf su akı değerini L-DOPA modifikasyonlu NF90 membranı sağlamıştır. TiO_2 ile modifiye membranlar arasında en yüksek saf su akısını 5 ve 10 basınçta altında NF90 L-DOPA+%0,5 w/w TiO_2 modifikasyonlu membran sergilemiştir ve akı değerleri sırasıyla 26,0 ve 50,8 L/m^2sa'dir. Tablo 14 ve Tablo 16'da görüldüğü üzere Al_2O_3 modifikasyonlu membran ise L-DOPA ile modifiye edilmiş membranın saf su akı değerine yakın bir performans sergilemiş, ham su sonrası saf su akıları, ham su akılarına çok yakın akı değerleri vermiştir.

Tablo 14. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5, %1 w/w) TiO2 ve L-DOPA+ (%0,1 w/w) Al2O3 modifiye NF90 ve NF270 membranlarına ait 5 bar basınç altındaki akı değerleri

Membran	**Modifikasyon**	**Akı (LMH)**		
		5 Bar		
		Saf Su	**Ham Su**	**Ham Su Sonrası Saf Su**
NF90	Saf	5,1±0,11	4,7±0,12	5,0±0,11
	L-DOPA	32,5±0,61	26,0±0,44	27,2±0,24
	%0,1 (w/w) TiO_2	22,5±0,63	20,4±0,36	19,7±0,41
	%0,5 (w/w) TiO_2	26,0±0,43	22,2±0,62	22,3±0,32
	%1 (w/w) TiO_2	20,6±0,10	19,2±0,31	18,6±0,29
	%0,1 (w/w) Al_2O_3	29,4±0,74	24,3±0,81	24,2±0,24
NF270	Saf	67,9±0,00	65,9±0,70	70,6±0,00
	L-DOPA	91,7±1,01	80,0±1,33	83,8±2,21
	%0,1 (w/w) TiO_2	91,7±2,05	83,2±0,84	90,6±0,00
	%0,5 (w/w) TiO_2	95,4±1,09	83,3±1,65	90,0±0,97
	%1 (w/w) TiO_2	88,4±0,93	77,0±0,71	85,7±0,00
	%0,1 (w/w) Al_2O_3	97,3±1,13	87,3±0,00	95,4±1,9

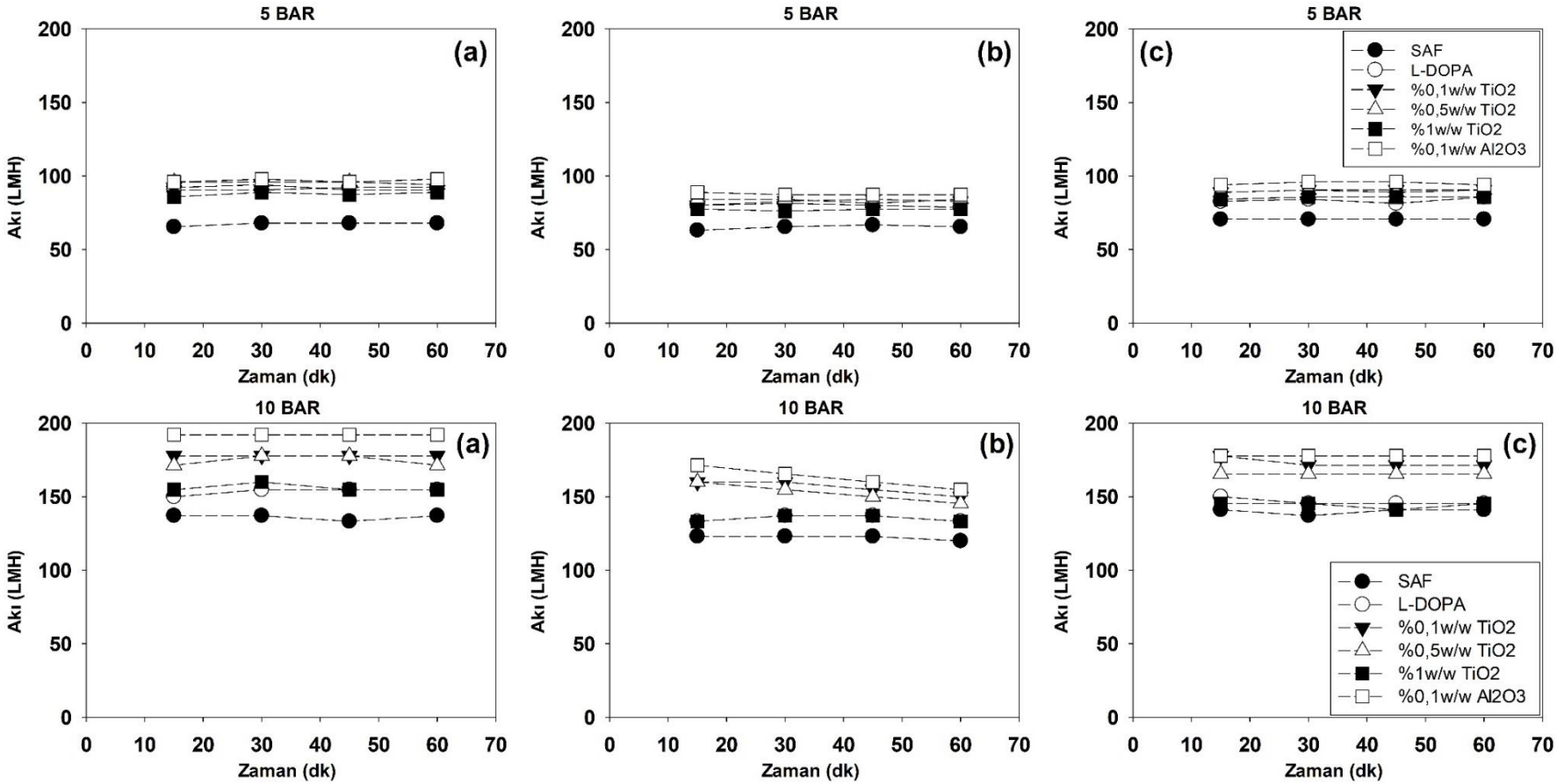
Tablo 15. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5, %1 w/w) TiO2 ve L-DOPA+ (%0,1 w/w) Al2O3 modifiye NF90 ve NF270 membranlarına ait 10 bar basınç altındaki akı değerleri

Membran	**Modifikasyon**	**Akı (LMH)**		
		10 Bar		
		Saf Su	**Ham Su**	**Ham Su Sonrası Saf Su**
NF90	Saf	20,3±0,26	19,9±0,25	19,5±0,16
	L-DOPA	60,5±1,91	44,5±1,5	48,0±0,96
	%0,1 (w/w) TiO_2	39,1±0,97	28,8±0,73	29,5±0,55
	%0,5 (w/w) TiO_2	50,8±1,89	40,4±1,24	42,5±1,13
	%1 (w/w) TiO_2	43,1±0,88	34,8±1,00	34,0±0,74
	%0,1 (w/w) Al_2O_3	54,2±1,85	37,9±1,26	37,7±0,34
NF270	Saf	135,9±2,20	122,1±1,78	139,8±2,33
	L-DOPA	154,8±0,00	135,9±2,20	145,5±0,00
	%0,1 (w/w) TiO_2	177,8±0,00	154,9±5,00	171,4±0,00
	%0,5 (w/w) TiO_2	175,7±3,67	150,1±4,69	165,5±0,00
	%1 (w/w) TiO_2	156,6±2,98	135,9±2,20	144,0±2,47
	%0,1 (w/w) Al_2O_3	192,0±0,00	160,1±5,34	177,8±0,00



Şekil 20. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5, %1 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifiye NF90 membranların (a) saf su, (b) ham su, (c) ham su sonrası saf su akısının 10 ve 20 bar basınç altında zamana karşı değişimi

Şekil 21'de görüldüğü üzere her iki basınçta da modifikasyonlu membranların, saf NF270 membranı ile karşılaştırıldığında saf su akıları artış göstermiştir. Tablo 14'de görüldüğü üzere L-DOPA ve L-DOPA+%0,1 w/w TiO_2 modifiye NF270 membranların saf su akıları aynıdır ve Şekil 21'de görüldüğü üzere üst üste binmiştir. TiO_2 ile modifikasyonlu membranlarda 5 bar basınç altında en iyi performansı L-DOPA+%0,5 w/w TiO_2 modifiye NF270 membranı sergilemiş olup, saf su akısı 95,4 L/m^2sa'dir. Ancak, tüm modifikasyonlu membranlar arasında 5 bar basınç altında saf su akı değeri en yüksek olan L-DOPA+%0,5 w/w Al_2O_3 modifiye NF270 membranıdır ve saf su akısı değeri 97,3 L/m^2sa'dir. Tablo 16'de görüldüğü üzere 10 bar basınç altında ise TiO_2 modifikasyonlu membranlar L-DOPA modifikasyonlu membranın saf su akısı değerlerinden daha yüksek bir performans sergilemiştir. TiO_2 ile modifikasyonlu membranlarda 10 bar basınç altında en iyi performansı NF270 L-DOPA+%0,1 w/w TiO_2 modifikasyonlu membran sergilemiş olup saf su akısı 177,8 L/m^2sa'dir. Ancak, Tablo 15'de görüldüğü üzere tüm modifikasyonlu membranlar arasında 5 bar basınç altında en yüksek saf su akısı değerini gösteren NF270 L-DOPA+%0,5 w/w Al_2O_3 modifikasyonlu membranı 10 bar basınç altında da en yüksek saf su akısı performansını göstermiştir ve saf su akısı 192,0 L/m^2sa'dir. Tablo 14, Tablo 15 ve Şekil 21'degörüldüğü üzere ham su sonrası saf su akıları, ham su akılarının üzerinde olup neredeyse saf su akılarına yakın akı değerleri vermiştir.



Şekil 21. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5, %1 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifiye NF270 membranların (a) saf su, (b) ham su, (c) ham su sonrası saf su akısının 10 ve 20 bar basınç altında zamana karşı değişimi

BW30-XFR ve SW30-HR membranlarının saf ve tüm modifikasyonlarına ait ham su ile yapılan 10 bar ve 20 bar basınç altında gerçekleştirilen tüm filtrasyon deneylerine ait iletkenlik giderim verimi Tablo 16'da verilmiştir. BW30-XFR saf, BW30-XFR L-DOPA ve BW30-XFR L-DOPA+%0,5 w/w Al_2O_3 modifikasyonlu membranlarda 10 bar basınç altında iletkenlik giderimi %98'dir. BW30-XFR L-DOPA+(%0,1, %0,5, %1 w/w) TiO_2 ve BW30-XFR L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifikasyonlu BW30-XFR membranlarında 10 bar basınç altında iletkenlik giderimi %99'dur. Tablo 16'da görüldüğü üzere bu sıralanan membranlarda BW30-XFR saf membranının iletkenlik giderimin performansına kıyasla küçükte olsa bir artış görülmektedir. 20 bar basınç altında BW30-XFR saf membranına kıyasla L-DOPA+TiO_2 modifikasyonlu BW30-XFR membranlarında iletkenlik giderim performansında atış gözlemlenmektedir. L-DOPA modifikasyonlu BW30-XFR membranda iletkenlik giderim performansında düşüş gözlemlenirken, L-DOPA+Al_2O_3 modifikasyonlu BW30-XFR membranlarında iletkenlik giderim performansında bir değişiklik gözlemlenmemiştir.

SW30-HR saf membranının 10 bar basınç altında iletkenlik giderim performansı %89'dur. Saf SW30-HR membranına kıyasla tüm modifikasyonlarda 10 bar basınç altında iletkenlik giderim performansı Tablo 16'da görüldüğü üzere yükseliş göstermiştir. TiO_2 modifikasyonlu SW30-HR membranlarda 10 bar basınç altında en yüksek iletkenlik giderim performansını L-DOPA+%0,1 w/w TiO_2 modifikasyonlu SW30-HR membranı sergilemiştir. 10 bar basınç altında en yüksek iletkenlik giderim performansını %96 ile L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifikasyonlu SW30-HR membranı göstermiştir. 20 bar basınç altında SW30-HR saf membranın iletkenlik giderim performansı %94'tür. 20 bar basınç altında L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifikasyonlu SW30-HR membranı hariç tüm modifikasyonlu membranlarda iletkenlik giderim performansında artış görülmektedir. TiO_2 modifikasyonlu SW30-HR membranlarda 20 bar basınç altında en yüksek iletkenlik giderim performansını L-DOPA+%0,5 w/w TiO_2 modifikasyonlu SW30-HR membranı sergilemiştir ve aynı zamanda tüm modifikasyonlu membranlar arasında da SW30-HR %0,5 w/w TiO_2 modifikasyonlu membran sergilemiştir.

Tablo 16. BW30-XFR ve SW30-HR membranlarının saf, L-DOPA, L-DOPA+TiO_2 ve L-DOPA+Al_2O_3 modifikasyonlarına ait iletkenlik giderim verimleri

Membran	Modifikasyon	10 Bar	20 Bar
		İletkenlik giderim verimi (%)	İletkenlik giderim verimi (%)
BW30-XFR	Saf	98	98
	L-DOPA	98	95
	%0,1 (w/w) TiO_2	99	99
	%0,5 (w/w) TiO_2	99	99
	%1 (w/w) TiO_2	99	99
	%0,1 (w/w) Al_2O_3	99	98
	%0,5 (w/w) Al_2O_3	98	98
SW30-HR	Saf	89	94
	L-DOPA	94	96
	%0,1 (w/w) TiO_2	94	95
	%0,5 (w/w) TiO_2	92	96
	%1 (w/w) TiO_2	92	95
	%0,1 (w/w) Al_2O_3	95	93

NF90 ve NF270 membranlarının saf ve tüm modifikasyonlarına ait ham su ile yapılan 5 bar ve 10 bar basınç altında gerçekleştirilen tüm filtrasyon deneylerine ait iletkenlik giderim verimi Tablo 17'de verilmiştir. NF90 saf membranının 5 bar basınç altında iletkenlik giderim performansı %92'dur. Saf NF90 membranına kıyasla tüm modifikasyonlarda 5 bar basınç altında iletkenlik giderim performansı Tablo 17'de görüldüğü üzere yükseliş göstermiştir. TiO_2 modifikasyonlu membranlarda 5 bar basınç altında en yüksek iletkenlik giderim performansını NF90 L-DOPA+%0,1 ve NF90 L-DOPA+%1 w/w TiO_2 modifikasyonlu membranlar sergilemiştir. 5 bar basınç altında en yüksek iletkenlik giderim performansını %97 ile L-DOPA modifikasyonlu NF90 membranı göstermiştir. 10 bar basınç altında NF90 saf membranın iletkenlik giderim performansı %96'tür. 10 bar basınç altında tüm modifikasyonlu NF90 membranlarında iletkenlik giderim performansında artış görülmektedir. TiO_2 modifikasyonlu membranlarda 10 bar basınç altında en yüksek iletkenlik giderim performansını NF90 L-DOPA+%0,1 w/w TiO_2 modifikasyonlu NF90 membranı sergilemiştir ve aynı zamanda NF90 L-DOPA, NF90 L-DOPA+%0,1 w/w TiO_2 ve NF90 L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifikasyonlu membranların iletkenlik giderim performansları %98'dir ve 20 bar basınç altında en yüksek iletkenlik giderim performansını sergilemişlerdir.

Tablo 17. NF90 ve NF270 membranlarının saf, L-DOPA, L-DOPA+TiO_2 ve L-DOPA+Al_2O_3 modifikasyonuna ait iletkenlik giderim verimleri

Membran	Modifikasyon	5 Bar	10 Bar
		İletkenlik giderim verimi (%)	İletkenlik giderim verimi (%)
NF90	Saf	92	96
	L-DOPA	97	98
	%0,1 (w/w) TiO_2	96	98
	%0,5 (w/w) TiO_2	94	97
	%1 (w/w) TiO_2	96	97
	%0,1 (w/w) Al_2O_3	96	98
NF270	Saf	72	75
	L-DOPA	67	73
	%0,1 (w/w) TiO_2	70	73
	%0,5 (w/w) TiO_2	68	71
	%1 (w/w) TiO_2	68	72
	%0,1 (w/w) Al_2O_3	66	70

NF270 saf membranının 5 bar basınç altında iletkenlik giderim performansı %72'dir. Saf NF90 membranına kıyasla tüm modifikasyonlarda 5 bar basınç altında iletkenlik giderim performansı Tablo 17'de üzere azda olsa düşüş görülmektedir. 10 bar basınç altında NF90 saf membranın iletkenlik giderim performansı %75'tir. 10 bar basınç altında tüm modifikasyonlu NF90 membranlarında iletkenlik giderim performansında azda olsa düşüş görülmektedir.

BW30-XFR, SW30-HR, NF90 ve NF270 membranlarının tüm modifikasyonlarının tüm basınçlarında gerçekleştirilen deneyler göz önünde bulundurarak iletkenlik giderim performanslarını değerlendirdiğimizde NF270 membranının modifikasyonları hariç diğer tüm membranların modifikasyonlarında iletkenlik giderim performanslarında artış gözlemlenmektedir.

Akı geri kazanım oranı membranda filtrasyon işlemi sonrası membran yüzeyinde kek oluşumu ve porlarında ki tıkanık hakkında önemli öngörüler sunmaktadır. Bu yüzden akı geri kazanım oranı yüksek membranlar uzun süreli filtrasyon işlemlerinde tıkanmaya karşı avantaj sağlayacağı değerlendirilmektedir. BW30-XFR, SW30-HR, NF90 ve NF270 membranlarının L-DOPA, TiO_2 ve Al_2O_3 modifikasyonlarına ait geri kazanım oranları Tablo 18 ve Tablo 19'da verilmiştir.

Tablo 18. BW30-XFR ve SW30-HR membranlarının saf, L-DOPA, L-DOPA+TiO_2 ve L-DOPA+Al_2O_3 modifikasyonuna ait akı geri kazanım oranları

Membran	**Modifikasyon**	**10 Bar**	**20 Bar**
		FRR (%)	**FRR (%)**
BW30-XFR	Saf	93,6	91,8
	L-DOPA	92,8	86,3
	%0,1 (w/w) TiO_2	94,6	96,2
	%0,5 (w/w) TiO_2	92,3	85,8
	%1 (w/w) TiO_2	89,8	81,5
	%0,1 (w/w) Al_2O_3	93,3	87,5
	%0,5 (w/w) Al_2O_3	93,2	88,6
SW30-HR	Saf	98,1	101,7
	L-DOPA	95,6	91,6
	%0,1 (w/w) TiO_2	101,1	95,8
	%0,5 (w/w) TiO_2	98,0	97,3
	%1 (w/w) TiO_2	97,8	97,7
	%0,1 (w/w) Al_2O_3	95,8	93,1

BW30-XFR %0,1 w/w TiO_2 modifikasyonlu membran 10 bar basınç altında %94,6 akı geri kazanım oranıyla en yüksek performansı göstermiştir. BW30-XFR L-DOPA+%0,1 w/w TiO_2 modifikasyonlu membran 20 bar basınç altında %96,2 akı geri kazanım oranıyla en yüksek performansı göstermiştir.

SW30-HR %0,1 w/w TiO_2 modifikasyonlu membran 10 bar basınç altında %100 akı geri kazanım oranıyla en yüksek performansı göstererek %100'ün üzerende akı geri kazanım performansı sergilemiştir. Tablo 18'de görüldüğü üzere diğer modifikasyonlu SW30-HR membranlar, SW30-HR saf membranın akı geri kazanım oranına kıyasla önemsenmeyecek şekilde değişiklikler göstermiştir. SW30-HR saf membran 20 bar basınç altında %100 ile en yüksek akı geri kazanım oranı performansı sergilemiştir. Diğer modifikasyonlu membranlarda ise göz ardı edilecek seviyelerde düşüş gözlemlenmiştir.

Tablo 19. NF90 ve NF270 membranlarının saf, L-DOPA, L-DOPA+TiO_2 ve L-DOPA+Al_2O_3 modifikasyonuna ait akı geri kazanım oranları

Membran	Modifikasyon	5 Bar	10 Bar
		FRR (%)	FRR (%)
NF90	Saf	98,0	96,1
	L-DOPA	83,7	79,3
	%0,1 (w/w) TiO_2	87,6	101,4
	%0,5 (w/w) TiO_2	85,8	83,7
	%1 (w/w) TiO_2	90,3	78,9
	%0,1 (w/w) Al_2O_3	82,3	69,6
NF270	Saf	104,0	102,9
	L-DOPA	91,4	94,0
	%0,1 (w/w) TiO_2	98,8	96,4
	%0,5 (w/w) TiO_2	94,3	94,2
	%1 (w/w) TiO_2	96,9	92,0
	%0,1 (w/w) Al_2O_3	98,0	92,6

NF90 saf membran 5 bar basınç altında %98,0 akı geri kazanım oranıyla en yüksek performansı göstermiştir.Tablo 19'da görüldüğü üzere diğer modifikasyonlu 5 bar basınç altında NF90 membranlar, NF90 saf membranın akı geri kazanım oranına kıyasla akı geri kazanım performanslarında düşüş gözlemlenmiştir. NF90 L-DOPA+%0,1 w/w TiO_2 modifikasyonlu membran 10 bar basınç altında %100 akı geri kazanım oranıyla en yüksek performansı göstermiştir. NF270 saf membran 5 bar basınç altında %100 akı geri kazanım oranıyla en yüksek performansı göstermiştir. Diğer modifikasyonlu 5 bar basınç altında NF270 membranlar, NF270 saf membranın akı geri kazanım oranına kıyasla akı geri kazanım performanslarında düşüş gözlemlenmiştir ancak ihmal edilecek seviyededir. NF270 saf membran 10 bar basınç altında %100 akı geri kazanım oranıyla en yüksek performansı göstermiştir. NF90 ve NF270 membranların modifikasyonlarında saf membranlara kıyasla 5 bar ve 10 bar basınç altında akı geri kazanım oranlarında düşüş gözlemlenmiştir. Ancak bu akı geri kazanım performanslarında ki küçük düşüşler ihmal edilebilecek seviyededir. Membranların performanslarını etkilemeyecek seviyededir.

4.3. Membran Filtrasyon ile Pestisit Giderimi

BW30-XFR, SW30-HR, NF90 VE NF270 orijinal ve modifiye edilmiş membranlar kullanılarak saf su, ham su ve safsu ile yapılan deneyler sonucunda elde edilen değerler veriler doğrultusunda akı değerleri, iletkenlik giderim verimleri ve akı geri kazanım parametreleri göz önünde bulundurularak 4 farklı modifikasyon uygulanarak hazırlanan membranlar ile deneyler gerçekleştirilmiştir. Dört farklı ticari membran L-DOPA, %0,1,

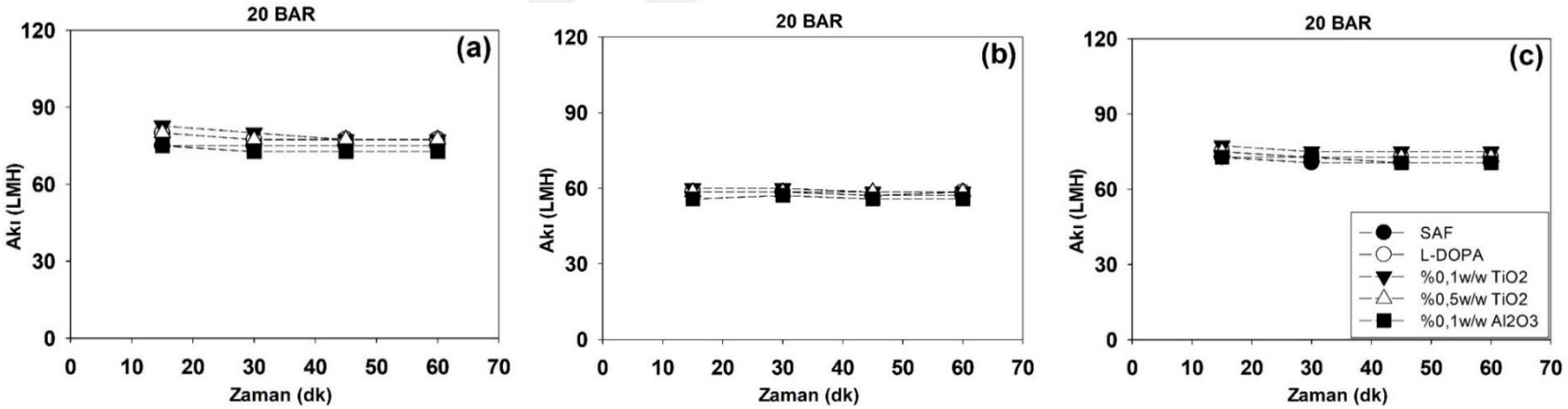
%0,5 w/w TiO_2 ve %0,1 w/w Al_2O_3 modifiye edilerek pestisit giderim deneyleri BW30-XFR ve SW30-HR membranların 20 bar basınç altında, NF90 ve NF270 membranları 10 bar basınç altında işletilmiştir.

Saf ve modifiye BW30-XFR ve SW30-HR membranları ile yapılan pestisitli ham su deneylerinde saf su akılarına göre düşüş gözlemlenmiş olup membranların belirli miktarda tıkandığı tespit edilmiştir. Ancak, pestisit içeren ham su sonrası saf su akı değerleri deneylerin ilk aşamasındaki saf su akı değerlerine benzerlik göstermektedir. Tablo 18'de belirtildiği üzere kullanılan tüm BW30-XFR membranlarda ortalama %97 ve SW30-HR membranlarda ortalama %95 oranında akı geri kazanım verimi elde edilmiştir.

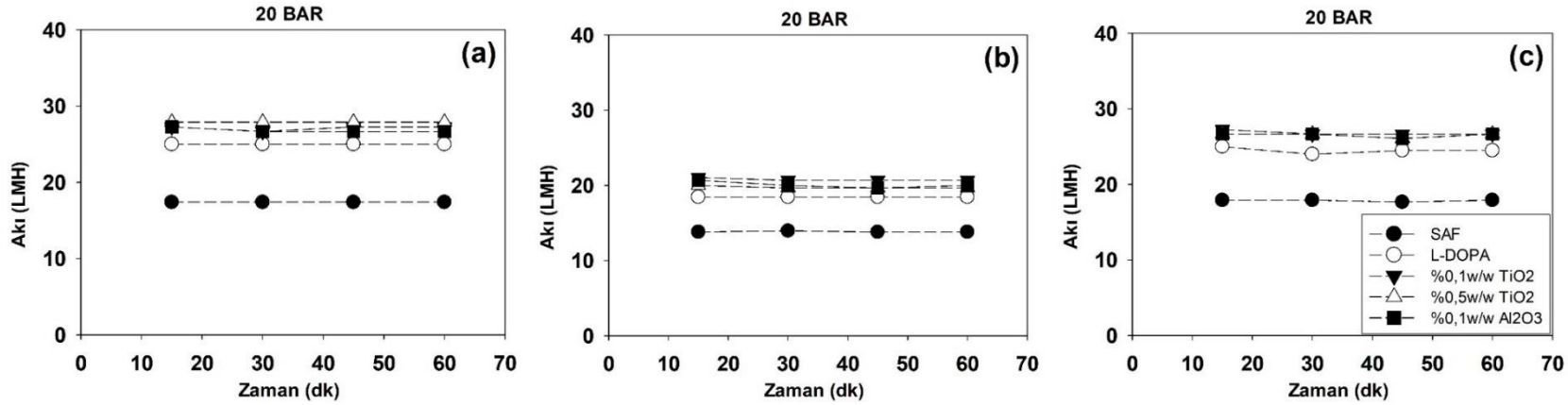
Pestisit giderim çalışmaları altında saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+(%0,1 w/w) Al_2O_3 modifikasyonlu BW30-XFR ve SW30-HR membranlar ile gerçekleştirilen deneylerin 20 bar basınç altında zamana karşı akı değişimleri sırasıyla Şekil 22 ve Şekil 23'te verilmiştir.

SW30-HR ve BW30-XFR saf, L-DOPA, %0,1, %0,5 w/w TiO_2 ve %0,1 w/w Al_2O_3 modifikasyonlu membranların 20 bar basınç altında pestisit içerikli ham su filtrasyon deneylerine ait akı değerleri ve iletkenlik giderim performansı verileri Tablo 20'de, akı geri kazanım oranları Tablo 21'de ve hamsu ve permeat örneklerinde pestisit konsantrasyonları Tablo 22'de verilmiştir. Veriler incelendiği zaman Tablo 13'de verilen pestisit içermeyen filtrasyon deneylerindeki akı değerleriyle uyumlu olduğu görülmüştür. Akı geri kazanım oranları Tablo 18'de 20 bar basınç altındaki akı geri kazanım oranlarıyla Tablo 21'deki 20 bar basınç altındaki akı geri kazanım oranlarıyla benzerlik göstermektedir.

Hamsuya eklenen pestisitler (asetoklar, alaklor, metolaklor, fentiyon) yapılan analizlerde görülmektedir. Saf, L-DOPA, L-DOPA+TiO2 ve L-DOPA+Al2O3 modifiye BW30-XFR ve SW30-HR membranları modifiye BW30-XFR ve SW30-HR membranları ile yapılan deneylerin permeat örneklerinde Tablo 22'de görüldüğü üzere pestisit tespit edilememiştir. Pestisitlerin GC-MS cihazı ile analizinde gözlenebilme vetespit limitlerine bağlı olarak Saf ve modifiye BW30-XFR ve SW30-HR membranları ile asetoklor için %97.6, alaklor için %97.5, metolaklor için %97 ve fentiyon için %97.5'un üzerinde pestisit giderim verimleri elde edilmiştir.



Şekil 22. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifiye BW30-XFR membranların (a) saf su, (b) pestisitli ham su, (c) pestisitli ham su sonrası saf su akısının 20 bar basınç altında zamana karşı değişimi



Şekil 23. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifiye SW30-HR membranların (a) saf su, (b) pestisitli ham su, (c) pestisitli ham su sonrası saf su akısının 20 bar basınç altında zamana karşı değişimi

Tablo 20. SW30-HR ve BW30-XFR membranlarının saf, L-DOPA, L-DOPA+TiO_2 ve L-DOPA+Al_2O_3 modifikasyonuna ait pestisit içerikli ham su akısı ve iletkenlik giderim verimleri

Membran	Modifikasyon	20 Bar			
		Saf Su Akısı (LMH)	Pestisit İçerikli Ham Su Akısı (LMH)	Ham Su Sonrası Saf Su Akısı (LMH)	İletkenlik Giderim (%)
SW30-HR	Saf	17,4±0,00	13,8±0,09	17,8±0,15	92
	L-DOPA	25,0±0,00	18,5±0,00	24,5±0,50	95
	%0,1 (w/w) TiO_2	27,1±0,35	20,8±0,21	26,9±0,35	96
	%0,5 (w/w) TiO_2	27,9±0,00	19,8±0,20	26,5±0,33	96
	%0,1 (w/w) Al_2O_3	26,9±0,35	20,1±0,52	26,5±0,33	96
BW30-XFR	Saf	75,0±0,00	58,1±0,80	71,3±1,23	96
	L-DOPA	78,3±1,49	58,1±0,81	73,5±1,31	98
	%0,1 (w/w) TiO_2	78,3±1,49	59,5±0,85	75,8±1,40	97
	%0,5 (w/w) TiO_2	78,3±1,49	58,5±0,00	73,5±1,31	97
	%0,1 (w/w) Al_2O_3	73,5±1,31	56,3±0,77	72,0±1,23	97

Tablo 21. SW30-HR ve BW30-XFR membranlarının saf, L-DOPA, L-DOPA+TiO_2 ve L-DOPA+Al_2O_3 modifikasyonuna ait 20 bar basınç altında pestisit içerikli ham su filtrasyonunun akı geri kazanım performansı

Membran	Modifikasyon	FRR (%)
SW30-HR	Saf	92,0
	L-DOPA	95,0
	%0,1 (w/w) TiO_2	96,0
	%0,5 (w/w) TiO_2	96,0
	%0,1 (w/w) Al_2O_3	96,0
BW30-XFR	Saf	96,0
	L-DOPA	98,0
	%0,1 (w/w) TiO_2	97,0
	%0,5 (w/w) TiO_2	97,0
	%0,1 (w/w) Al_2O_3	97,0

Tablo 22**.** Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0.1 ve %0.5 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+%0.1 w/w Al_2O_3 modifiye BW30-XFR ve SW30-HR membranlarının 20 bar basınç altında pestisit içerikli örneklerde pestisit giderim verimleri

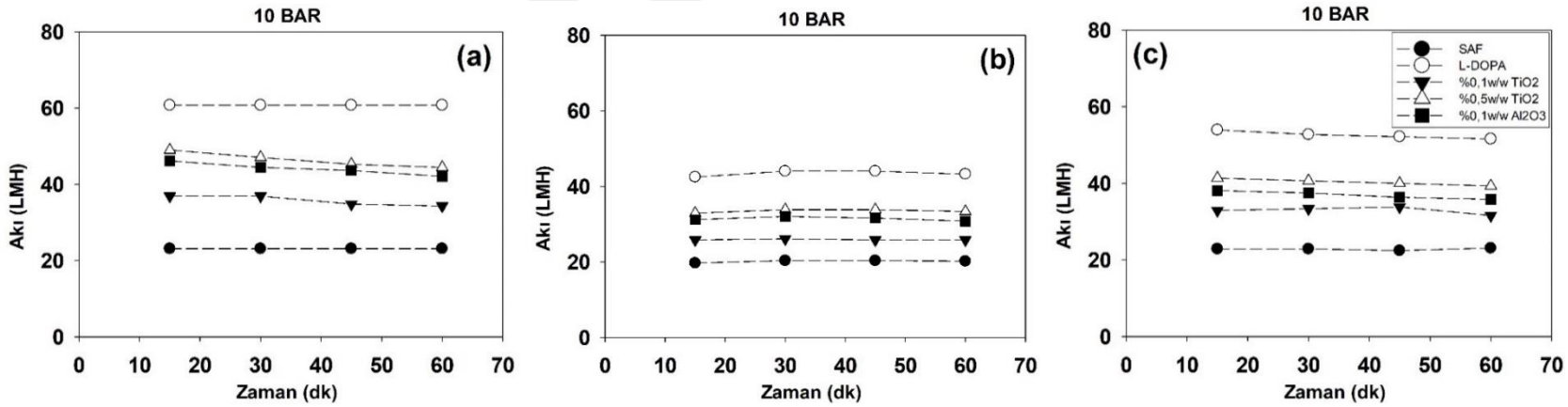
Membran	**Modifikasyon**	**Pestisit Konsantrasyonu (µg/L)**				**Pestisit Giderim Verimi (%)**			
		Asetoklor	**Alaklor**	**Metolaklor**	**Fentiyon**	**Asetoklor**	**Alaklor**	**Metolaklor**	**Fentiyon**
	Hamsu	68.0	69.0	8.0	311.6	-	-	-	-
BW30-XFR	Saf	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	>97.6	>97.5	>97.0	>97.5
	L-DOPA	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	>97.6	>97.5	>97.0	>97.5
	L-DOPA+%0.1 w/w TiO_2	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	>97.6	>97.5	>97.0	>97.5
	L-DOPA+%0.5 w/w TiO_2	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	>97.6	>97.5	>97.0	>97.5
	L-DOPA+%0.1 w/w Al_2O_3	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	>97.6	>97.5	>97.0	>97.5
SW30-HR	Saf	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	>97.6	>97.5	>97.0	>97.5
	L-DOPA	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	>97.6	>97.5	>97.0	>97.5
	L-DOPA+%0.1 w/w TiO_2	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	>97.6	>97.5	>97.0	>97.5
	L-DOPA+%0.5 w/w TiO_2	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	>97.6	>97.5	>97.0	>97.5
	L-DOPA+%0.1 w/w Al_2O_3	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	>97.6	>97.5	>97.0	>97.5

T.E.: Tespit Edilemedi.

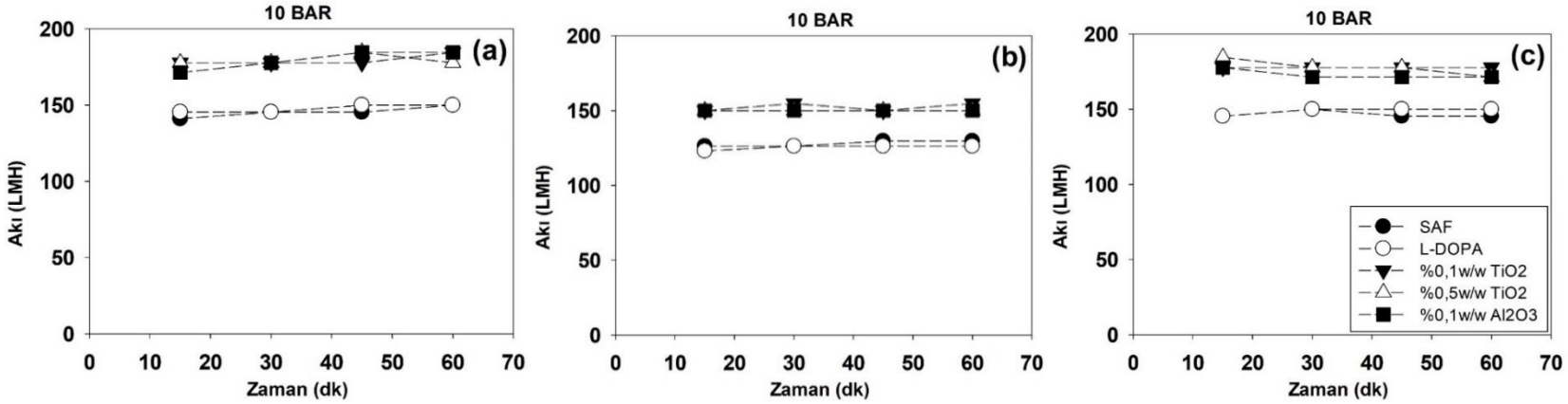
Saf, L-DOPA, %0.1, %0.5 w/w TiO_2 ve %0.1 w/w Al_2O_3 modifiye NF90 ve NF270 membranların 10 bar basınç altında pestisit içerikli ham su filtrasyon deneylerine ait akı değişimleri Şekil 24 ve Şekil 25'de görülmektedir. Denge fazındaki akı değerleri, iletkenlik giderim performansları Tablo 23'de ve akı geri kazanım oranları Tablo 24'de verilmiştir. Tablodan da görüldüğü üzere, saf ve modifiye NF90 ve NF270 membranların akı değerleri, iletkenlik giderim performansları ve akı geri kazanım oranları pestisit içermeyen ham su testleri sonuçlarına benzer değerler elde edilmiştir. Diğer taraftan, saf ve modifiye BW30-XFR membranların akı geri kanım oranları pestisit içerikli örneklerde daha yüksek gözlenmiştir.

NF90 membranın saf ve tüm modifikasyonları ile yapılan pestisitli ham su deneylerinde saf su akılarına göre düşüş gözlemlenmiş olup membranların belirli miktarda tıkandığı tespit edilmiştir. Ancak, pestisit içeren ham su sonrası saf su akı değerleri deneylerin ilk aşamasındaki saf su akı değerlerine benzerlik göstermektedir. Tablo 21'de belirtildiği üzere kullanılan tüm NF90 membranlarda ortalama %90 oranında akı geri kazanım verimi elde edilmiştir. NF270 membranın tüm varyasyonları ile yapılan pestisitli ham su deneylerinde saf su akılarına göre düşüş gözlemlenmiş olup membranların belirli miktarda tıkandığı tespit edilmiştir. Ancak, pestisit içeren ham su sonrası saf su akı değerleri pestisit içermeyen hamsu testlerindeki saf su akı değerlerine benzerlik göstermektedir. Tablo 21'de belirtildiği üzere kullanılan tüm NF270 membranlarda ortalama %98 oranında akı geri kazanım verimi elde edilmiştir.

Tablo 25'da saf, L-DOPA, %0,1, %0.5 w/w TiO_2 ve %0.1 w/w Al_2O_3 modifiye NF90 ve NF270 membranların 10 bar basınç altında pestisit içerikli ham su filtrasyon testlerinde ait permeat pestisit konsantrasyonları ve pestisit giderim performansları verilmiştir. Saf ve modifiye NF90 ve NF270 membranların permeatlarında asetoklor, alaklor, metolaklor ve fentiyon pestisit konsantrasyonları 3.4 Analitik Yöntemler Bölümü'nde verilen gözlenebilme limitlerinin altında kalmıştır. Saf ve modifiye NF90 ve NF270 membranları ile asetoklor için %97.6, alaklor için %97.5, metolaklor için %97 ve fentiyon için %97.5'un üzerinde pestisit giderim verimleri elde edilmiştir.



Şekil 24. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifiye NF90 membranların (a) saf su, (b) pestisitli ham su, (c) pestisitli ham su sonrası saf su akısının 10 bar basınç altında zamana karşı değişimi



Şekil 25. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0,1, %0,5 w/w) TiO_2 ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifiye NF270 membranların (a) saf su, (b) pestisitli ham su, (c) pestisitli ham su sonrası saf su akısının 10 bar basınç altında zamana karşı değişimi

Tablo 23. NF90 ve NF270 membranlarının saf, L-DOPA, L-DOPA+TiO_2 ve L-DOPA+Al_2O_3 modifikasyonuna ait pestisit içerikli ham su akısı ve iletkenlik giderim verimleri

Membran	**Modifikasyon**	**10 Bar**			
		Saf Su Akısı (LMH)	**Pestisit İçerikli Ham Su Akısı (LMH)**	**Ham Su Sonrası Saf Su Akısı (LMH)**	**İletkenlik Giderim (%)**
NF90	Saf	23,1±0,00	20,3±0,10	22,8±0,33	96
	L-DOPA	60,8±0,00	43,8±0,46	52,2±0,58	97
	%0,1 (w/w) TiO_2	35,3±1,40	25,9±0,16	32,9±1,17	98
	%0,5 (w/w) TiO_2	45,6±1,33	33,6±0,27	40,0±0,67	96
	%0,1 (w/w) Al_2O_3	43,4±1,19	31,4±0,63	36,6±0,86	97
NF270	Saf	147,0±2,62	128,6±1,97	147,0±2,62	73
	L-DOPA	148,5±2,62	126,3±0,00	150,0±0,00	73
	%0,1 (w/w) TiO_2	180,1±3,95	153,2±2,79	177,8±0,00	71
	%0,5 (w/w) TiO_2	180,1±3,95	150,0±0,00	175,7±3,67	68
	%0,1 (w/w) Al_2O_3	182,3±3,95	150,0±0,00	171,4±0,00	70

Tablo 24. NF90 ve NF270 membranlarının saf, L-DOPA, L-DOPA+TiO_2 ve L-DOPA+Al_2O_3 modifikasyonuna ait 10 bar basınç altında pestisit içerikli ham su filtrasyonunun akı geri kazanım performansı

Membran	**Modifikasyon**	**FRR (%)**
NF90	Saf	98,7
	L-DOPA	85,9
	%0,1 (w/w) TiO_2	93,2
	%0,5 (w/w) TiO_2	87,7
	%0,1 (w/w) Al_2O_3	84,3
NF270	Saf	100,0
	L-DOPA	101,0
	%0,1 (w/w) TiO_2	98,7
	%0,5 (w/w) TiO_2	97,6
	%0,1 (w/w) Al_2O_3	94,0

Tablo 25. Saf, L-DOPA, L-DOPA+(%0.1 ve %0.5 w/w) TiO2 ve L-DOPA+%0.1 w/w Al2O3 modifiye NF90 ve NF270 membranlarının 10 bar basınç altında pestisit içerikli örneklerde pestisit giderim verimleri

Membran	**Modifikasyon**	**Pestisit Konsantrasyonu (µg/L)**				**Pestisit Giderim Verimi (%)**			
		Asetoklor	**Alaklor**	**Metolaklor**	**Fentiyon**	**Asetoklor**	**Alaklor**	**Metolaklor**	**Fentiyon**
	Hamsu	73.6	74.7	8.6	337.2	-	-	-	-
NF90	Saf	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	>97.6	>97.5	>97.0	>97.5
	L-DOPA	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	>97.6	>97.5	>97.0	>97.5
	L-DOPA+%0.1 w/w TiO_2	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	>97.6	>97.5	>97.0	>97.5
	L-DOPA+%0.5 w/w TiO_2	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	>97.6	>97.5	>97.0	>97.5
	L-DOPA+%0.1 w/w Al_2O_3	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	>97.6	>97.5	>97.0	>97.5
NF270	Saf	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	>97.6	>97.5	>97.0	>97.5
	L-DOPA	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	>97.6	>97.5	>97.0	>97.5
	L-DOPA+%0.1 w/w TiO_2	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	>97.6	>97.5	>97.0	>97.5
	L-DOPA+%0.5 w/w TiO_2	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	>97.6	>97.5	>97.0	>97.5
	L-DOPA+%0.1 w/w Al_2O_3	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	>97.6	>97.5	>97.0	>97.5

T.E.: Tespit Edilemedi.

NF90 ve NF270 membranlarının saf, L-DOPA, L-DOPA+TiO_2 ve L-DOPA+Al_2O_3 modifikasyonlu membranlar ile yapılan deneylerin pestisit giderim verimleri Tablo 25'te görüldüğü üzere %100 giderim verimi sağlanmıştır.

SW30-HR, BW30-XFR, NF90 ve NF270 membranlarının saf, L-DOPA, L-DOPA+%0,1 w/w TiO_2, L-DOPA+%0,5 w/w TiO_2 ve L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 modifikasyonlu RO membranlar ile 20 bar, NF membranlar ile 10 bar basınç altında gerçekleştirilen pestisit içerikli ham su filtrasyon deneylerinde besleme (giriş) suyundan alınan örnekler ve permeat (çıkış, süzüntü) suyundan alınan örneklerin pestisit analiz sonuçlarına göre, belirtilen asetoklor, metolaklor, fentiyon ve alaklor pestisitleri permeat örneklerinin hiç birinde tespit edilememiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre NF90 ve NF270 saf ve modifikasyonlu membranlar yukarıda belirtilen pestisitlerin gideriminde etkili bir rol oynamıştır. Saf SW30-HR, BW30-XFR, NF90 ve NF270 membranları belirtilen pestisitleri giderirken, L-DOPA ve L-DOPA+nanomalzemeler ile yapılan modifikasyonlar sonucu membranların akı değerlerinde ciddi artış gözlemlenmiştir. Bu akı değerlerindeki artış ile birlikte filtrasyon sürelerinin kısalmasında ve etkin filtrasyon işlemine olanak sağlayacaktır.

4.4. Membran Filtrasyon Performanslarının Karşılaştırılması

BW30-XFR, SW30-HR, NF90 ve NF270 membranlarının saf ve diğer tüm modifikasyonlarının akı değerleri, iletkenlik giderim verimleri, geri kazanım oranları ve pestisit giderim oranları saf membrana göre değerlendirilmiştir.

BW30-XFR L-DOPA+%0,1 (w/w) Al_2O_3 modifikasyonlu membranı 10 bar basınç altında saf membrana göre %1,5 oranında akı değeri artış gösterirken diğer modifikasyonlarda ortalama %1,3 oranında düşüş gözlemlenmiştir (Tablo 26). 20 bar basınç altında L-DOPA+%1(w/w) TiO_2 modifikasyonlu membranda %17,1, L-DOPA+%0,5(w/w) Al_2O_3 modifikasyonunda %20,1 oranında akı değerlerinde artış gözlemlenmiştir.

Tablo 26. BW30-XFR membranın saf, tüm modifikasyonlarının akı değerlerinin karşılaştırılması

BW30-XFR – 10 Bar		**BW30-XFR – 20 Bar**	
Modifikasyon	**Saf Membrana Göre Akı Değeri (%)**	**Modifikasyon**	**Saf Membrana Göre Akı Değeri (%)**
L-DOPA+%0,1 (w/w) Al_2O_3	+ %1,5	L-DOPA+%1(w/w) TiO_2	+ %17,1
Diğer Modifikasyonlar	≅ - %1,3	L-DOPA+%0,5(w/w) Al_2O_3	+ %20,1

SW30-HR L-DOPA+%0,1 (w/w) TiO_2 modifikasyonlu membranı 10 bar basınç altında saf membrana göre %81 oranında, L-DOPA+%0,5 (w/w) Al_2O_3 modifikasyonunda %118 oranında akı değerlerinde artış gözlemlenmiştir (Tablo 27). 20 bar basınç altında L-DOPA modifikasyonlu membranda %95, L-DOPA+%0,1(w/w) Al_2O_3 modifikasyonunda %12 oranında akı değerlerinde artış gözlemlenmiştir.

Tablo 27. SW30-HR membranın saf, tüm modifikasyonlarının akı değerlerinin karşılaştırılması

SW30-HR – 10 Bar		**SW30-HR – 20 Bar**	
Modifikasyon	**Saf Membrana Göre Akı Değeri (%)**	**Modifikasyon**	**Saf Membrana Göre Akı Değeri (%)**
L-DOPA+%0,1 (w/w) TiO_2	+ %81	L-DOPA	+ %95
L-DOPA+%0,5 (w/w) Al_2O_3	+ %118	L-DOPA+%0,1(w/w) Al_2O_3	+ %12

L-DOPA modifiye NF90 membranı 5 bar basınç altında saf membrana göre %537 oranında, diğer modifikasyonlarında ortalama %382 oranında akı değerlerinde artış gözlemlenmiştir (Tablo 28). 10 bar basınç altında L-DOPA modifiye membranda %198, modifikasyonlarında ortalama %130 oranında akı değerlerinde artış gözlemlenmiştir.

Tablo 28. NF90 membranın saf, tüm modifikasyonlarının akı değerlerinin karşılaştırılması

NF90 – 5 Bar		**NF90 – 10 Bar**	
Modifikasyon	**Saf Membrana Göre Akı Değeri (%)**	**Modifikasyon**	**Saf Membrana Göre Akı Değeri (%)**
L-DOPA	+ %537	L-DOPA	+ %198
Diğer Modifikasyonlar	≅ + %382	Diğer Modifikasyonlar	≅ + %130

L-DOPA modifiye NF270 membranı 5 bar basınç altında saf membrana göre %43 oranında, diğer modifikasyonlarında ortalama %35 oranında akı değerlerinde artış gözlemlenmiştir (Tablo 29). 10 bar basınç altında L-DOPA modifiye membranda %41, modifikasyonlarında ortalama %22 oranında akı değerlerinde artış gözlemlenmiştir.

Saf membranlara göre akı değerleri modifikasyonlu membranlarda artış gözlemlenmiştir. Yapılan deneyler sonucu elde edilen verilere göre yapılan modifikasyonlar sonucu akı değerleri ciddi oranda artmıştır. Akı değerleri göz önünde bulundurulduğunda yapılan çalışmalar gelecek vaad etmektedir.

Tablo 29. NF270 membranın saf, tüm modifikasyonlarının akı değerlerinin karşılaştırılması

NF270 – 5 Bar		**NF270 – 10 Bar**	
Modifikasyon	**Saf Membrana Göre Akı Değeri (%)**	**Modifikasyon**	**Saf Membrana Göre Akı Değeri (%)**
L-DOPA+%0,1 (w/w) Al_2O_3	+ %43	L-DOPA+%0,1 (w/w) Al_2O_3	+ %41
Diğer Modifikasyonlar	≅ + %35	Diğer Modifikasyonlar	≅ + %22

BW30-XFR saf membranının 10 bar ve 20 bar basınç altında yapılan deneylerde %98, diğer modifikasyonlarında ortalama olarak %99 oranında iletkenlik giderim verimi sağlanmıştır (Tablo 30). SW30-HR saf membranının 10 bar ve 20 bar basınç altında yapılan deneylerde %89, diğer modifikasyonlarında ortalama olarak %93 oranında iletkenlik giderim verimi sağlanmıştır. Saf membranlara göre iletkenlik giderim verimleri modifikasyonlu membranlarda artış gözlemlenmiştir. Sonuçlar yapılan modifikasyonlar sonucu iletkenlik verimlerinde gözle görülür artış sağlanmıştır.

Tablo 30. BW30-XFR ve SW30-HR membranlarının saf, tüm modifikasyonlarının iletkenlik giderim verimlerinin karşılaştırılması

BW30-XFR – 10 Bar/20 Bar		**SW30-HR – 10 Bar/20 Bar**	
Modifikasyon	**İletkenlik Giderim Verimleri (%)**	**Modifikasyon**	**İletkenlik Giderim Verimleri (%)**
Saf	+ %98	Saf	+ %89
Tüm Modifikasyonlar	≅ + %99	Tüm Modifikasyonlar	≅ + %93

NF90 saf membranının 5 bar ve 10 bar basınç altında yapılan deneylerde %93, diğer modifikasyonlarında ortalama olarak %96 oranında iletkenlik giderim verimi sağlanmıştır (Tablo 31). SW30-HR saf membranının 5 bar ve 10 bar basınç altında

yapılan deneylerde %73, diğer modifikasyonlarında ortalama olarak %70 oranında iletkenlik giderim verimi sağlanmıştır. NF90 saf membranına göre iletkenlik giderim verimleri modifikasyonlu membranlarda artış gözlemlenmiştir. Ancak küçük oranda olsa NF270 saf membranına göre diğer modifikasyonlarda %3 oranında düşüş gözlemlenmiştir.

Tablo 31. NF90 ve NF270 membranlarının saf, tüm modifikasyonlarının iletkenlik giderim verimlerinin karşılaştırılması

NF90 – 5 Bar/10 Bar		**NF270 – 5 Bar/10 Bar**	
Modifikasyon	**İletkenlik Giderim Verimleri (%)**	**Modifikasyon**	**İletkenlik Giderim Verimleri (%)**
Saf	+ %93	Saf	+ %73
Tüm Modifikasyonlar	≦ + %96	Tüm Modifikasyonlar	≦ + %70

BW30-XFR L-DOPA+%0,1 (w/w) TiO_2 modifikasyonlu membranı 10 bar basınç altında saf membrana göre %1,1 oranında akı geri kazanım oranı değeri artış gösterirken diğer modifikasyonlarda ortalama %1 oranında düşüş gözlemlenmiştir (Tablo 32). 20 bar basınç altında L-DOPA+%0,1(w/w) TiO_2 modifikasyonlu membranda %4,8, L diğer modifikasyonlarda ortalama olarak %1-3 arasında akı geri kazanım oranlarında düşüş gözlemlenmiştir. Akı geri kazanım oranı değerlerinde artışı en iyi TiO_2 nanomalzemesi göstermiştir.

Tablo 32. BW30-XFR membranın saf, tüm modifikasyonlarının akı geri kazanım oranlarının (FRR) karşılaştırılması

BW30-XFR – 10 Bar		**BW30-XFR – 20 Bar**	
Modifikasyon	**Saf Membrana Göre FRR Değeri (%)**	**Modifikasyon**	**Saf Membrana Göre FRR Değeri (%)**
L-DOPA+%0,1 (w/w) TiO_2	+ %1,1	L-DOPA+%0,1 (w/w) TiO_2	+ %4,8
Diğer Modifikasyonlar	≦ - %1	Diğer Modifikasyonlar	≦ - %1-3

SW30-HR L-DOPA+%0,1 (w/w) TiO_2 modifikasyonlu membranı 10 bar basınç altında saf membrana göre %3,1 oranında akı geri kazanım oranı değeri artış gösterirken diğer modifikasyonlarda ortalama %1-3 arasında düşüş gözlemlenmiştir (Tablo 33). 20 bar basınç altında tüm modifikasyonlarda ortalama olarak %1-2 arasında akı geri kazanım oranlarında düşüş gözlemlenmiştir.

Tablo 33. SW30-HR membranının saf, tüm modifikasyonlarının akı geri kazanım oranlarının (FRR) karşılaştırılması

SW30-HR – 10 Bar		SW30-HR – 20 Bar	
Modifikasyon	**Saf Membrana Göre FRR Değeri (%)**	**Modifikasyon**	**Saf Membrana Göre FRR Değeri (%)**
L-DOPA+%0,1 (w/w) TiO_2	+ %3,1	Tüm Modifikasyonlar	≦ - %1-2
Diğer Modifikasyonlar	≦ - %1-3		

NF90 tüm modifikasyonlarda 5 bar basınç altında saf membrana göre %10 oranında akı geri kazanım oranı değerlerinde düşüş gözlemlenmiştir (Tablo 34). 10 bar basınç altında L-DOPA+%0,1 (w/w) TiO_2 modifikasyonlu membranda %5,5 oranında artış gösterirken diğer modifikasyonlarda ortalama olarak %19 oranında akı geri kazanım oranlarında düşüş gözlemlenmiştir.

Tablo 34**.** NF90 membranın saf, tüm modifikasyonlarının akı geri kazanım oranlarının (FRR) karşılaştırılması

NF90 – 5 Bar		NF90 – 10 Bar	
Modifikasyon	**Saf Membrana Göre FRR Değeri(%)**	**Modifikasyon**	**Saf Membrana Göre FRR Değeri(%)**
Tüm Modifikasyonlar	≦ - %10	L-DOPA+%0,1 (w/w) TiO_2	+ %5,5
		Diğer Modifikasyonlar	≦ - %19

NF270 membranının tüm modifikasyonlarında 5 bar ve 10 bar basınç altında saf membrana göre akı geri kazanım oranları sırasıyla ortalama olarak %9 ve %8 oranında düşüş gözlemlenmiştir (Tablo 35).

Tablo 35. NF270 membranının saf, tüm modifikasyonlarının akı geri kazanım oranlarının (FRR) karşılaştırılması

NF270 – 5 Bar		NF270 – 10 Bar	
Modifikasyon	**Saf Membrana Göre FRR Değeri(%)**	**Modifikasyon**	**Saf Membrana Göre FRR Değeri(%)**
Tüm Modifikasyonlar	≦ - %9	Tüm Modifikasyonlar	≦ - %8

5. TARTIŞMALAR

Tez kapsamında test edilen dört ticari membranın (BW30-XFR, SW30-HR, NF90 ve NF 260) performans değerleri saf hallerine göre L-DOPA, L-DOPA+%0,1(w/w) TiO_2, L-DOPA+%0,5(w/w) TiO_2, L-DOPA+%1(w/w) TiO_2, L-DOPA+%0,1(w/w) Al_2O_3 ve L-DOPA+%0,5(w/w) Al_2O_3 modifikasyonları yapılarak karşılaştırılmıştır.

BW30-XFR saf membranın tüm modifikasyonlar için 10 bar basınç altında gerçekleştirilen deneylerde akı değerleri kıyaslandığında %1,5 oranında L-DOPA+%0,1 (w/w) Al_2O_3 modifikasyonunda artış tespit edilirken diğer modifikasyonlarda tam tersine akı değerlerinde ortalama olarak yaklaşık %1,3 azalma tespit edilmiştir. Ancak, aynı membranın modifikasyonu ile 20 bar basınç altında gerçekleştirilen deneylerde L-DOPA+%1(w/w) TiO_2 modifikasyonlu membranın akı değeri saf membrana göre %17,1, L-DOPA+%0,5(w/w) Al_2O_3 modifikasyonlu membranın akı değeri saf membrana göre %20,1 artış göstermiştir. BW30-XFR membranını için, 20 bar basınç altında gerçekleştirilen deneylerde 10 bar koşullarına göre daha yüksek performans elde edildiği görülmektedir.

Deniz suyunda bor giderimi hedeflenen bir araştırmada konsantre modda işletilen bir deneyde SW30-HR ve UTC-0-AB membranları kullanılmıştır. Deney 48,2 bar basınç altında sabit sıcaklışta ve deniz suyu kullanılmıştır ve iletkenlik değeri 57400 µS/cm'dir. Deniz suyunun pH'ları değiştirilerek akı değerleri ölçülmüştür. Deney 14 saat sürerken her saat başı akı değerleri ölçülmüştür.Akı değerleri yukarıda belirtilen membranların sırasıyla pH 8,2'de ilk iki saatte sırasıyla ortalama 22 L/m^2sa ve 26,5 L/m^2sa'tir. pH 10,5'te ise 20 L/m^2sa ve 24,5 L/m^2sa'tir. Membranlar pH 8,2'de sabit tutularak aynı örnekle farklı basınçlarda işletilmiştir. 48,2 bar basınç altında işletilen SW30-HR membranının ilk iki saatlik akı değeri ortalama olarak 22 L/m^2sa ve UTC-0-AB membranının ise 26,5 L/m^2sa'tir. Aynı membranlar 55,2 bar basınç altında sırasıyla 29 L/m^2sa ve 28,5 L/m^2sa'tir(Koseoglu vd., 2008). Gerçekleştirdiğimiz deneylerde 20 bar

basınç altında 22,6 L/m^{2}sa saf su akısı elde edilmiştir. Belirtilen araştırmada ise 2 farklı basınçta deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneylerin deniz suyu ile gerçekleştirildiği ve iletkenliğinin yüksek olduğu göz önüne alındığında laboratuvar ortamında gerçekleştirilen deneylerin tutarlı olduğu görülmektedir.

SW30-HR saf membranın tüm modifikasyonları ile 10 bar basınç altında gerçekleştirilen deneylerin akı değerleri kıyaslandığında akı değerlerinde ciddi derecede artış tespit edilmiş olup, en yüksek %81 oranında L-DOPA+%0,1 (w/w) TiO_2, %118 oranında L-DOPA+%0,5 (w/w) Al_2O_3 modifikasyonlarında artış tespit edilmiştir. Aynı membranın modifikasyonları ile 20 bar basınç altında gerçekleştirilen deneylerde de akı değerleri saf membrana göre artış göstermiştir. En yüksek akı değeri artışını %95 ile L-DOPA modifikasyonunda tespit edilmiştir. 10 bar basınç altında işletilen L-DOPA+%0,1 (w/w) Al_2O_3 modifikasyonlu membran saf membrana kıyasla %118 akı değerinde artış görülürken, 20 bar basınç altında işletildiğinde saf membrana göre %12 artış tespit edilmiştir.

NF270 saf membran ile tüm modifikasyonları ile 5 bar basınç altında gerçekleştirilen deneylerin akı değerleri kıyaslandığında akı değerlerinde artış tespit edilmiş olup, en yüksek %43 oranında L-DOPA+%0,1 (w/w) Al_2O_3 modifikasyonunda artış tespit edilmiştir. Aynı membranın modifikasyonları ile 10 bar basınç altında gerçekleştirilen deneylerde en yüksek akı değeri artışını %41 ile aynı şekilde L-DOPA+%0,1 (w/w) Al_2O_3 modifikasyonunda tespit edilmiştir. 5 bar basınç altında işletilen L-DOPA modifikasyonlu membranın akı değeri artışı 10 bar basınç altında işletilen membrana göre yaklaşık olarak aynı oranda artışlar gözlemlenmiştir. NF membran ile gerçek uygulamalar değerlendirildiğinde işletme maliyetleri açısından 5 bar koşullarında süreci işletmek hem akı değerleri açısından hem de enerji maliyetleri açısından avantajlı olacaktır.

NF270 ve NF90 membranları kullanılarak işletilen deneyde araştırmacılar saf su, ham su ve fiziksel temizleme sonrasında saf su işletilerek membranların akı performansları değerlendirilmiştir.Deneyler 20 bar basınç altında ve sabit sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Saf su akıları 10 dakika, ham su akıları 120 dakika ve temizleme işlemi sonrasında ki saf su akıları 10 dakika boyunca sürekli ölçülmüştür. Deneyler sonucunda sırasıyla saf su akıları 160 L/m^{2}sa ve 10 L/m^{2}sa'tir. NF270 membranının akısı 30 dakika sonra sabitlenmiş olup ortalama 80 L/m^{2}sa ve NF90 membranı 120 dakika boyunca ortalama olarak aynı değerleri vererek ortalama 6 L/m^{2}sa'tir. Fiziksel temizlik sonrasındaki saf su

akı değerleri ise ilk saf su akı değerlerine yakın değerleri vererek sırasıyla ortalama olarak 145 L/m^{2}sa ve 10 L/m^{2}sa'tir (Akarsu vd., 2022). Aynı düzenek ve aynı şartlar altında SW30 ve BW30 membranları kullanılarakta deneyler gerçekleştirilmiştir. Saf su akıları sırasıyla ortalama 8,5 L/m^{2}sa ve 14,5 L/m^{2}sa'tir. Ham su akıları düzenli olarak düşüş göstermiş olup sırasıyla ortalama olarak 6,5 L/m^{2}sa ve 10 L/m^{2}sa'tir. Fiziksel temizlik sonrası saf su akıları ise yeniden yükselmiş olup sırasıyla 9 L/m^{2}sa ve 13,5 L/m^{2}sa'tir (Akarsu vd., 2022). Bu çalışma ve yaptığımız deneyler sonucunda 4 farklı ticari membran ile gerçekleştirilen deneylerimizin akıları hemen hemen benzerlik göstermektedir. Gerçekleştirdiğimiz deneyler sonucu saf membran akılarımız ve akı geri kazanım oranlarımız tutarlıdır. Modifiye edilen membranlarımızın akı sonuçlarında da artışlar gözönünde bulundurulduğunda yapılan araştırmalar gelecek vaad etmektedir.

BW30-XFR, SW30-HR, NF90 ve NF270 membranlarının saf halleri ve tüm modifikasyonları iletkenlik giderim verimleri oldukça iyi tespit edilmiştir. BW30-XFR ve SW30-HR membranların saf ve tüm modifikasyonlarının 10 bar ve 20 bar basınç altında gerçekleştirilen filtrasyon deneylerindeki iletkenlik giderim verimleri ortalama olarak %95'in üzerindedir. NF90 membranın saf ve tüm modifikasyonlarının 5 bar ve 10 bar basınç altında gerçekleştirilen filtrasyon deneylerinde iletkenlik giderim verimleri ortalama olarak %95'in üzerinde olduğu tespit edilmiştir. NF270 membranının saf ve tüm modifikasyonlarının 5 bar ve 10 bar basınç altında gerçekleştirilen filtrasyon deneylerinde iletkenlik giderim verimleri ortalama olarak %69 seviyelerindedir. Bu membranın tüm modifikasyonlarında saf NF270 membranın iletkenlik giderim verimine göre iletkenlik giderim verimlerinde az da olsa düşüş tespit edilmiştir.

Desal51HL, NF270 ve N30F membranları kullanılarak yapılan deneyde saf su içerisine 10 ppb pestisit ve 10 mEq/L NaCl eklenerek besleme suyu elde edilmiştir. Bu su sisteme beslenerekakı değerleri ölçülmüş ve TRM'da işletilmiştir. Deney 2 saat sürdürülmüş ve belli aralıklarla akı değerleri ölçülmüştür. Bu ölçümlerde akı değerleri sırasıyla 84 L/m^{2}sa, 92 L/m^{2}sa ve 45 L/m^{2}sa'tir (Caus vd., 2009). NF270, NF90 ve SW30 membranlarının kullanıldığı bir araştırmada, içme suyu, atık su ve yüzeysel su kullanılarak deneyler 10 bar basınç altında ve sabit sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. İçme suyu kullanılan deneylerde akı değerleri sırasıyla 134 L/m^{2}sa, 75,4 L/m^{2}sa ve 9,5 L/m^{2}sa'tir. Atık su beslenen deneylerde akı değerleri 92,8 L/m^{2}sa, 43,4 L/m^{2}sa ve 10,4

L/m^2sa ölçülmüştür. Yüzeysel su ile yapılan deneylerde ise 133 L/m^2sa, 66,2 L/m^2sa ve 10,3 L/m^2sa ölçülmüştür akı değerleri (Palma vd., 2016). Yapılan araştırmalar modifiye edilmeyen membranların akı değerlerinin pH, sıcaklık, iletkenlik ve farklı basınçlarda olsa da ticari membranların akılarının ne kadar stabil olduğunu göstermekte ve modifiye edilen membranların akı değerlerinin yükselmesiyle enerji, vakit ve işletmede kolaylık sağlayacağı muhtemeldir.

Membran filtrasyon ile pestisit giderim çalışmaları dört farklı ticari membran olan BW30-XFR, SW30-HR, NF90 ve NF270 membranlarının saf ve dört farklı modifikasyonlu (L-DOPA, L-DOPA+% 0,1 (w/w) TiO_2, L-DOPA+%0,5 (w/w) TiO_2 ve L-DOPA+%0,1 (w/w) Al_2O_3) formları ile 10 ve 20 bar basınç altında hamsu içerisine pestisit standardı eklenerek gerçekleştirilmiştir. BW30-XFR ve SW30-HR membranları 20 bar, NF90 ve NF270 membranları 10 bar basınç altında deneyler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilerle modifikasyon işlemlerimiz sonrasında gerçekleştirilen morfolojik analizler ve deneysel işlemlerde modifikasyon işlemlerinin membranlara başarılı bir şekilde uygulanmış olduğu görülmektedir. Ticari membranların tüm alanları membran rulosunda aynı homojen yapıya sahip olmasa bile modifikasyon işlemleri sonrasında ortalama olarak tüm membranlar tekrar edilen deneylerde farklı basınç altında bile olsa aynı performansları gösterdiği tespit edilmiştir.

Tez çalışması kapsamında asetoklor, alaklor, metolaklor ve fentiyon pestisitlerinin saf ve modifiye edilmiş membranlarla giderimi incelenmiştir. BW30-XFR ve SW30-HR saf ve tüm modifikasyonlu membranları 20 bar basınç altında işletilerek pestisit giderim deneyleri gerçekleştirilmiştir. Saf ve modifiye BW30-XFR ve SW30-HR membranları ile asetoklor için %97.6, alaklor için %97.5, metolaklor için %97 ve fentiyon için %97.5'un üzerinde pestisit giderim verimleri elde edilmiştir. SW BW30-XFR ve SW30-HR membranlarının pestisit giderim performanslarına bakıldığında genel olarak pestisit gideriminde tam etkili olduğu görülmektedir. Sektörde bu membranların modifikasyonları üretildiği takdirde akı değerlerinde, iletkenlik giderim ve akı geri kazanım noktalarında daha sürdürülebilir ve daha ekonomik olarak pestisit giderim veyahut arıtma işlemlerinin yapılmasına olanak sağlanacağı görülmektedir. Tez kapsamında incelenen dört pestisit NF90 ve NF270 saf membranları ve tüm modifikasyonları ile 10 bar basınç altında gerçekleştirilen deneyler esnasında deneye başlamadan önce hamsudan ve deneyde akı değeri sabitlendikten sonra alınan süzüntü

sularında pestisit analizleri yapılmıştır. Süzüntü suyu numunesinde yapılan analizlerde pestisit tespit edilmemiştir. NF90 ve NF270 membranlarının saf ve tüm modifikasyonları %97'nin üzerinde pestisit giderimi başarıyla gerçekleştirmiştir. Licona vd, 2018 de gerçekleştirdikelri laboratuvar ortamında hazırlanan hamsu içerisine 10 mg/L farmasötik aktif bileşikler eklenerek hazırlanan çözeltiyi ticari NF90 saf membranı kullanarak 5, 10, 15 ve 20 bar basınç altında gerçekleştirmiştir. Bu deneyler sonucunda %88 giderim verimi elde etmişlerdir (Licona vd., 2018). Evsel atıksu niteliği taşıyan içerisinde 300 ng/L mikrokirletici olan hamsuyu NF90 membranı ile kullanılarak gerçekleştirilen deneylerde %95 oranında mikrokirletici giderim verimi elde edilmiştir (Xu vd., 2005). Atıksu arıtma tesisi çıkış suyu kullanılarak yapılan bir araştırmada farklı oranlarda mikrokirletici olduğu analiz edilmiş olup bu hamsu NF90 ve NF270 membranlarının saf halleri kullanılarak %95-98 bandında mikrokirletici giderim verimi elde edilmiştir (Azaïs vd., 2016).

Tez çalışmasında, hem NF hemde RO membranların nanomalzemeler ile modifikasyonu akı değerlerinin yükselmesine, iletkenlik giderim verimlerinin artmasına, geri kazanım oranlarının artmasına ve en önemlisi olarak saf ve modifiye RO ve NF membranları ile asetoklor için %97,6, alaklor için %97,5, metolaklor için %97 ve fentiyon için %97,5'in üzerinde pestisit giderim verimleri elde edilmiştir.

6. SONUÇLAR

Tez çalışmasında 2 farklı RO membranı olan BW30-XFR, SW30-HR ve iki farklı NF membranı olan NF90 ve NF270 membranlarına L-DOPA ve L-DOPA+(Al_2O_3 ve TiO_2) nanomalzemelerle yüzey modifikasyonları gerçekleştirilerek membranların karakterizasyonunu için SEM, yüzey temas açısı, FTIR ve AFM analizleri gerçekleştirilmiştir. Modifiye edilen tüm membranlarla yapılan saf su, ham su ve pestisit içerikli ham su deneylerinde L-DOPA ve L-DOPA+nanomalzeme modifikasyonları sonucu membranların akı değerleri açısından saf hallerine göre artış elde edilmiştir.

10 bar basınç altında en yüksek saf su akısı değerini BW30-XFR L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 ile modifiye edilmiş membran göstermiş olup saf su akısı 46,3 L/m^2sa'dir. 20 bar basınç altında en yüksek saf su akısı değerini BW30-XFR L-DOPA+%0,5 w/w Al_2O_3 ile modifiye edilmiş membran göstermiş olup saf su akısı 96,7 L/m^2sa'dir.

5 bar basınç altında en yüksek saf su akısı değerini NF270 L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 membran göstermiş olup saf su akısı 97,3 L/m^2sa'dir. 10 bar basınç altında en yüksek saf su akısı değerini NF270 L-DOPA+%0,1 w/w Al_2O_3 membran göstermiş olup 192 L/m^2sa'dir.

Deneylerde kullanılan tüm RO ve NF membranlar ile yapılan pestisit giderim çalışmalarında besleme (giriş) suyunda bulunan asetoklor, alaklor, metolklor ve fentiyon pestisitleri, arıtım sonucunda permeat (süzüntü, çıkış) suyunda tespit edilememiştir. Bu belirtilen pestisitler saf RO ve NF membranlar ile de gideriebildiği tespit edilmiştir ancak L-DOPA ve L-DOPA+nanomalzemeler ile modifiye edilen RO ve NF membranların akı değerlerinde oldukça yüksek değerler elde edilmiştir. Optimize edilmiş şartlarda pestisit içerikli filtrasyon deneylerinde RO membranlar 20 bar, NF membranlar 10 bar basınç altında gerçekleştrilen SW30-HR saf membranına kıyasla %60,3, BW30-XFR saf

membranına kıyasla %4,4, NF90 saf membranına kıyasla %163,2, NF270 saf membranına kıyasla %24,0 akı değerinde artış gözlemlenmiştir.

Saf ve modifiye RO ve NF membranları ile asetoklor için %97,6, alaklor için %97,5, metolaklor için %97 ve fentiyon için %97,5'in üzerinde pestisit giderim verimleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçların tıkanma sorununa karşı RO ve NF membranların pesitisit gideriminde önemli avantajlar sağlayacağı değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

Affum, A. O., Acquaah, S. O., Osae, S. D., & Kwaansa-Ansah, E. E. (2018). Distribution and risk assessment of banned and other current-use pesticides in surface and groundwaters consumed in an agricultural catchment dominated by cocoa crops in the Ankobra Basin, Ghana. **Science of the Total Environment, 633**, 630-640. **https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.129**

Agbekodo, K. M., Legube, B., & Dard, S. (1996). Atrazine and simazine removal mechanisms by nanofiltration: Influence of natural organic matter concentration. **Water Research, 30**(11), 2535-2542. **https://doi.org/10.1016/S0043-1354(96)00128-5**

Ahmad, A. L., Tan, L. S., & Shukor, S. R. A. (2008). Dimethoate and atrazine retention from aqueous solution by nanofiltration membranes. **Journal of Hazardous Materials, 151**(1), 71-77. **https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.05.047**

Akarsu, C., Isik, Z., M'barek, I., Bouchareb, R., & Dizge, N. (2022). Treatment of personal care product wastewater for reuse by integrated electrocoagulation and membrane filtration processes. **Journal of Water Process Engineering, 48**, 102879. **https://doi.org/10.1016/J.JWPE.2022.102879**

Akdoğan, A., Divrikli, Ü., & Elçi, L. (2012). Pestisitlerin Önemi ve Ekosisteme Etkileri. **Akademik Gıda - Academic Food Journal, 10**(1), 125-132. **http://www.academicfoodjournal.com**

Albuquerque, A. F., Ribeiro, J. S., Kummrow, F., Nogueira, A. J. A., Montagner, C. C., & Umbuzeiro, G. A. (2016). Pesticides in Brazilian freshwaters: A critical review. Içinde **Environmental Science: Processes and Impacts** (C. **18**, Sayı 7, ss. 779-787). **https://doi.org/10.1039/c6em00268d**

Alleva, R., Manzella, N., Gaetani, S., Bacchetti, T., Bracci, M., Ciarapica, V., Monaco, F., Borghi, B., Amati, M., Ferretti, G., & Tomasetti, M. (2018). Mechanism underlying the effect of long-term exposure to low dose of pesticides on DNA

integrity. **Environmental Toxicology, 33**(4), 476-487. **https://doi.org/10.1002/tox.22534**

Al-Rifai, J. H., Khabbaz, H., & Schäfer, A. I. (2011). Removal of pharmaceuticals and endocrine disrupting compounds in a water recycling process using reverse osmosis systems. **Separation and Purification Technology, 77(**1), 60-67. **https://doi.org/10.1016/j.seppur.2010.11.020**

Altıkat, A., Turan, T., Torun, F. E., & Bingül, Z. (2009). Türkiye'de pestisit kullanımı ve çevreye olan etkileri. **Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 40**(2), 87-92. **http://uvt.ulakbim.gov.tr/uvt/index.php?cwid=3&vtadi=TPRJ%2CTTAR%2CTTIP%2CTMUH%2CTSOS%2CTHUK&c=google&s_f=_5&detailed=1&keyword=107625**

Anderson, A., Bijlmer, H., Fournier, P.-E., Graves, S., Hartzell, J., Kersh, G. J., Limonard, G., Marrie, T. J., Massung, R. F., McQuiston, J. H., Nicholson, W. L., Paddock, C. D., & Sexton, D. J. (2013). Diagnosis and management of Q fever--United States, 2013. **MMWR. Recommendations and reports : Morbidity and mortality weekly report. Recommendations and reports / Centers for Disease Control, 62**(3), 1-23.

Azaïs, A., Mendret, J., Petit, E., & Brosillon, S. (2016). Evidence of solute-solute interactions and cake enhanced concentration polarization during removal of pharmaceuticals from urban wastewater by nanofiltration. **Water Research, 104**, 156-167. **https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.08.014**

Bajwa, W. I., & Kogan, M. (2002). Compendium of IPM Definitions (CID) What is IPM and how is it defined in the Worldwide Literature? **IPPC Publication, 998**(998), 133-142.

Ben-David, A., Bernstein, R., Oren, Y., Belfer, S., Dosoretz, C., & Freger, V. (2010). Facile surface modification of nanofiltration membranes to target the removal of endocrine-disrupting compounds. **Journal of Membrane Science, 357**(1-2), 152-159. **https://doi.org/10.1016/j.memsci.2010.04.015**

Bhadouria, B. S., Mathur, V. B., & Kaul, R. (2012). Monitoring of organochlorine pesticides in and around Keoladeo National Park, Bharatpur, Rajasthan, India.

Environmental Monitoring and Assessment, 184(9), 5295-5300. **https://doi.org/10.1007/s10661-011-2340-z**

Bieber, S., Rauch-Williams, T., & Drewes, J. E. (2016). An Assessment of International Management Strategies for CECs in Water. Içinde **ACS Symposium Series** (C. **1241**, ss. 12-22). **https://doi.org/10.1021/bk-2016-1241.ch002**

Boussahel, R., Bouland, S., Moussaoui, K. M., & Montiel, A. (2000). Removal of pesticide residues in water using the nanofiltration process. **Desalination, 132**(1-3), 205-209. **https://doi.org/10.1016/S0011-9164(00)00151-X**

Boussahel, R., Montiel, A., & Baudu, M. (2002). Effects of organic and inorganic matter on pesticide rejection by nanofiltration. **Desalination, 145**(1-3), 109-114. **https://doi.org/10.1016/S0011-9164(02)00394-6**

Cartagena, P., El Kaddouri, M., Cases, V., Trapote, A., & Prats, D. (2013). Reduction of emerging micropollutants, organic matter, nutrients and salinity from real wastewater by combined MBR-NF/RO treatment. **Separation and Purification Technology, 110**, 132-143. **https://doi.org/10.1016/j.seppur.2013.03.024**

Caus, A., Vanderhaegen, S., Braeken, L., & Van der Bruggen, B. (2009). Integrated nanofiltration cascades with low salt rejection for complete removal of pesticides in drinking water production. **Desalination, 241**(1-3), 111-117. **https://doi.org/10.1016/J.DESAL.2008.01.061**

Ccanccapa, A., Masiá, A., Andreu, V., & Picó, Y. (2016). Spatio-temporal patterns of pesticide residues in the Turia and Júcar Rivers (Spain). **Science of the Total Environment, 540**, 200-210. **https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.06.063**

Chaza, C., Sopheak, N., Mariam, H., David, D., Baghdad, O., & Moomen, B. (2018). Assessment of pesticide contamination in Akkar groundwater, northern Lebanon. **Environmental Science and Pollution Research, 25**(15), 14302-14312. **https://doi.org/10.1007/s11356-017-8568-6**

Chen, T., Tan, J., Wan, Z., Zou, Y., Afewerky, H. K., Zhang, Z., & Zhang, T. (2017). Effects of commonly used pesticides in China on the mitochondria and ubiquitin-proteasome system in Parkinson's disease. **International Journal of Molecular Sciences, 18**(12), 1-16. **https://doi.org/10.3390/ijms18122507**

Chesters, G., Simsiman, G. V., Levy, J., Alhajjar, B. J., Fathulla, R. N., & Harkin, J. M. (1989). Environmental fate of alachlor and metolachlor. Içinde **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology** (C. **110**, ss. 2-74). **https://doi.org/10.1007/978-1-4684-7092-5_1**

Cole, M. A., Rayner, A. J., & Bates, J. M. (1997). The environmental Kuznets curve: An empirical analysis. **Environment and Development Economics, 2**(4), 401-4016. **https://doi.org/10.1017/S1355770X97000211**

Comerton, A. M., Andrews, R. C., Bagley, D. M., & Hao, C. (2008). The rejection of endocrine disrupting and pharmaceutically active compounds by NF and RO membranes as a function of compound and water matrix properties. **Journal of Membrane Science, 313**(1-2), 323-335. **https://doi.org/10.1016/j.memsci.2008.01.021**

Cui, Y., Liu, X. Y., Chung, T. S., Weber, M., Staudt, C., & Maletzko, C. (2016). Removal of organic micro-pollutants (phenol, aniline and nitrobenzene) via forward osmosis (FO) process: Evaluation of FO as an alternative method to reverse osmosis (RO). **Water Research, 91**, 104-114. **https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.01.001**

Dabrowski, J. M., Peall, S. K. C., Reinecke, A. J., Liess, M., & Schulz, R. (2002). Runoff-related pesticide input into the lourens river, South Africa: Basic data for exposure assessment and risk mitigation at the catchment scale. *Water, Air, and Soil Pollution*, *135*(1-4), 2433-2443. **https://doi.org/10.1023/A:1014705931212**

Derbalah, A., Ismail, A., Hamza, A., & Shaheen, S. (2014). Monitoring and Remediation of Organochlorine Residues in Water. **Water Environment Research, 86**(7), 584-593. **https://doi.org/10.2175/106143014x13975035525221**

Devitt, E. C., Ducellier, F., Cote, P., & Wiesner, M. R. (1998). Effects of natural organic matter and the raw water matrix on the rejection of atrazine by pressure-driven membranes. **Water Research, 32**(9), 2563-2568. **https://doi.org/10.1016/S0043-1354(98)00043-8**

Díaz, G., Ortiz, R., Schettino, B., Vega, S., & Gutiérrez, R. (2009). Organochlorine pesticides residues in bottled drinking water from mexico city. **Bulletin of**

Environmental Contamination and Toxicology, 82(6), 701-704. **https://doi.org/10.1007/s00128-009-9687-7**

Doulia, D., & Xiarchos, I. (2007). Ultrafiltration of micellar solutions of nonionic surfactants with or without alachlor pesticide. **Journal of Membrane Science, 296**(1-2), 58-64. **https://doi.org/10.1016/j.memsci.2007.03.013**

El-Nahhal, I., & El-Nahhal, Y. (2021). Pesticide residues in drinking water, their potential risk to human health and removal options. Içinde **Journal of Environmental Management** (C. **299**, s. 113611). **https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113611**

Etana, A., Larsbo, M., Keller, T., Arvidsson, J., Schjønning, P., Forkman, J., & Jarvis, N. (2013). Persistent subsoil compaction and its effects on preferential flow patterns in a loamy till soil. **Geoderma, 192**(1), 430-436. **https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.08.015**

Fatoki, O. S., & Awofolu, O. R. (2004). Levels of Organochlorine Pesticide Residues in Marine-, Surface-, Ground- and Drinking Waters from the Eastern Cape Province of South Africa. **Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes, 39**(1), 101-114. **https://doi.org/10.1081/PFC-120027442**

Flury, M. (1996). Experimental Evidence of Transport of Pesticides through Field Soils—A Review. **Journal of Environmental Quality, 25**(1), 25-45. **https://doi.org/10.2134/jeq1996.00472425002500010005x**

Fosu-Mensah, B. Y., Okoffo, E. D., Darko, G., & Gordon, C. (2016). Assessment of organochlorine pesticide residues in soils and drinking water sources from cocoa farms in Ghana. **SpringerPlus, 5**(1), 1-13. **https://doi.org/10.1186/s40064-016-2352-9**

Fujioka, T., Kodamatani, H., Yujue, W., Yu, K. D., Wanjaya, E. R., Yuan, H., Fang, M., & Snyder, S. A. (2020). Assessing the passage of small pesticides through reverse osmosis membranes. **Journal of Membrane Science, 595**, 117577. **https://doi.org/10.1016/j.memsci.2019.117577**

Garcia, N., Moreno, J., Cartmell, E., Rodriguez-Roda, I., & Judd, S. (2013). The application of microfiltration-reverse osmosis/nanofiltration to trace organics removal for municipal wastewater reuse. **Environmental Technology (United Kingdom), 34**(24), 3183-3189. **https://doi.org/10.1080/09593330.2013.808244**

Gillespie, J. J., Wattam, A. R., Cammer, S. A., Gabbard, J. L., Shukla, M. P., Dalay, O., Driscoll, T., Hix, D., Mane, S. P., Mao, C., Nordberg, E. K., Scott, M., Schulman, J. R., Snyder, E. E., Sullivan, D. E., Wang, C., Warren, A., Williams, K. P., Xue, T., … Sobral, B. W. (2011). Patric: The comprehensive bacterial bioinformatics resource with a focus on human pathogenic species. **Infection and Immunity, 79**(11), 4287-4298. **https://doi.org/10.1128/IAI.00207-11**

Goswami, L., Vinoth Kumar, R., Borah, S. N., Arul Manikandan, N., Pakshirajan, K., & Pugazhenthi, G. (2018). Membrane bioreactor and integrated membrane bioreactor systems for micropollutant removal from wastewater: A review. Içinde **Journal of Water Process Engineering** (C. **26**, ss. 314-328). **https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2018.10.024**

Heidar, H., Seyed Taghi Omid, N., & Abbasali, Z. (2017). Monitoring Organophosphorous Pesticides Residues in the Shahid Rajaei Dam Reservoir, Sari, Iran. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 98**(6), 791-797. **https://doi.org/10.1007/s00128-017-2080-z**

Heydens, W. F., Lamb, I. C., & Wilson, A. G. E. (2010). Chapter 82 - Chloracetanilides. **Hayes' Handbook of Pesticide Toxicology (Third Edition),** 1753-1769.

Horrigan, L., Lawrence, R. S., & Walker, P. (2002). How sustainable agriculture can address the environmental and human health harms of industrial agriculture. Içinde **Environmental Health Perspectives** (C. **110**, Sayı 5, ss. 445-456). **https://doi.org/10.1289/ehp.02110445**

Hylling, O., Nikbakht Fini, M., Ellegaard-Jensen, L., Muff, J., Madsen, H. T., Aamand, J., & Hansen, L. H. (2019). A novel hybrid concept for implementation in drinking water treatment targets micropollutant removal by combining membrane filtration with biodegradation. **Science of the Total Environment, 694**, 133710. **https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133710**

Jatoi, A. S., Hashmi, Z., Adriyani, R., Yuniarto, A., Mazari, S. A., Akhter, F., & Mubarak, N. M. (2021). Recent trends and future challenges of pesticide removal techniques - A comprehensive review. **Journal of Environmental Chemical Engineering, 9**(4), 105571. **https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105571**

Jin, S., Bluemling, B., & Mol, A. P. J. (2015). Information, trust and pesticide overuse: Interactions between retailers and cotton farmers in China. **NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences, 72**, 23-32. **https://doi.org/10.1016/j.njas.2014.10.003**

Kalyabina, V. P., Esimbekova, E. N., Kopylova, K. V., & Kratasyuk, V. A. (2021). Pesticides: formulants, distribution pathways and effects on human health – a review. Içinde **Toxicology Reports** (C**. 8**, ss. 1179-1192). **https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2021.06.004**

Kalyoncu, L., Agca, I., & Aktumsek, A. (2009). Some organochlorine pesticide residues in fish species in Konya, Turkey. **Chemosphere, 74**(7), 885-889. **https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.11.020**

Kaushik, C. P., Sharma, H. R., & Kaushik, A. (2012). Organochlorine pesticide residues in drinking water in the rural areas of Haryana, India. **Environmental Monitoring and Assessment, 184**(1), 103-112. **https://doi.org/10.1007/s10661-011-1950-9**

Kim, K. H., Kabir, E., & Jahan, S. A. (2017). Exposure to pesticides and the associated human health effects. Içinde **Science of the Total Environment** (C. **575**, ss. 525-535). **https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.009**

Kimbrough, R. A., & Litke, D. W. (1996). Pesticides in streams draining agricultural and urban areas in Colorado. **Environmental Science and Technology**, **30**(3), 908-916. **https://doi.org/10.1021/es950353b**

Kiso, Y., Mizuno, A., Othman, R. A. A. binti, Jung, Y. J., Kumano, A., & Ariji, A. (2002). Rejection properties of pesticides with a hollow fiber NF membrane (HNF-1). **Desalination, 143**(2), 147-157. **https://doi.org/10.1016/S0011-9164(02)00236-9**

Kiziewicz, B., & Czeczuga, B. (2002). Bioaccumulation of organochlorine pesticides in the trophic chain alga-freshwater fish. **Acta Ichthyologica et Piscatoria, 32**(1), 41-51. **https://doi.org/10.3750/AIP2002.32.1.04**

Koroša, A., Auersperger, P., & Mali, N. (2016). Determination of micro-organic contaminants in groundwater (Maribor, Slovenia). **Science of the Total Environment, 571**, 1419-1431. **https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.103**

Koseoglu, H., Kabay, N., Yüksel, M., Sarp, S., Arar, Ö., & Kitis, M. (2008). Boron removal from seawater using high rejection SWRO membranes — impact of pH, feed concentration, pressure, and cross-flow velocity. **Desalination, 227**(1-3), 253-263. **https://doi.org/10.1016/J.DESAL.2007.06.029**

Košutić, K., Furač, L., Sipos, L., & Kunst, B. (2005). Removal of arsenic and pesticides from drinking water by nanofiltration membranes. **Separation and Purification Technology, 42**(2), 137-144. **https://doi.org/10.1016/J.SEPPUR.2004.07.003**

Kreuger, J. (1998). Pesticides in stream water within an agricultural catchment in southern Sweden, 1990-1996. **Science of the Total Environment, 216**(3), 227-251. **https://doi.org/10.1016/S0048-9697(98)00155-7**

Leu, J. I. J., Dumont, P., Hafey, M., Murphy, M. E., & George, D. L. (2004). Mitochondrial p53 activates Bak and causes disruption of a Bak-Mcl1 complex. **Nature Cell Biology, 6**(5), 443-450. **https://doi.org/10.1038/ncb1123**

Li, B., Qu, C., & Bi, J. (2012). Identification of trace organic pollutants in drinking water and the associated human health risks in Jiangsu Province, China. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 88**(6), 880-884. **https://doi.org/10.1007/s00128-012-0619-6**

Li, Y., Lohmann, R., Zou, X., Wang, C., & Zhang, L. (2020). Air-water exchange and distribution pattern of organochlorine pesticides in the atmosphere and surface water of the open Pacific ocean. **Environmental Pollution, 265**. **https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114956**

Licona, K. P. M., Geaquinto, L. R. de O., Nicolini, J. V., Figueiredo, N. G., Chiapetta, S. C., Habert, A. C., & Yokoyama, L. (2018). Assessing potential of nanofiltration and reverse osmosis for removal of toxic pharmaceuticals from water. **Journal of Water Process Engineering, 25**. **https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2018.08.002**

Liu, J., Qi, S., Yao, J., Yang, D., Xing, X., Liu, H., & Qu, C. (2016). Contamination characteristics of organochlorine pesticides in multimatrix sampling of the Hanjiang

River Basin, southeast China. **Chemosphere, 163**, 35-43. **https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2016.07.040**

Loor-Vela, S. X., Simmons, J. J. C., Simmons, F. W., & Raskin, L. (2003). Dissipation of [14C]Acetochlor Herbicide under Anaerobic Aquatic Conditions in Flooded Soil Microcosms. **Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51**(23), 6767-6773. **https://doi.org/10.1021/jf0341058**

María Arsuaga, J., Sotto, A., del Rosario, G., Martínez, A., Molina, S., Teli, S. B., & de Abajo, J. (2013). Influence of the type, size, and distribution of metal oxide particles on the properties of nanocomposite ultrafiltration membranes. **Journal of Membrane Science, 428**, 131-141. **https://doi.org/10.1016/j.memsci.2012.11.008**

Mohapatra, S. P., Kumar, M., Gajbhiye, V. T., & Agnihotri, N. P. (1995). Ground water contamination by organochlorine insecticide residues in a rural area in the indo-gangetic plain. **Environmental Monitoring and Assessment, 35**(2), 155-164. **https://doi.org/10.1007/BF00633712**

Mollahosseini, A., & Rahimpour, A. (2014). Interfacially polymerized thin film nanofiltration membranes on TiO2 coated polysulfone substrate. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 20**(4), 1261-1268. **https://doi.org/10.1016/j.jiec.2013.07.002**

Mondal, R., Mukherjee, A., Biswas, S., & Kole, R. K. (2018). GC-MS/MS determination and ecological risk assessment of pesticides in aquatic system: A case study in Hooghly River basin in West Bengal, India. **Chemosphere, 206**, 217-230. **https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.04.168**

Mueller, M. A., Kim, T. J., Yetter, R. A., & Dryer, F. L. (1999). Flow reactor studies and kinetic modeling of the H2/O2 reaction. **International Journal of Chemical Kinetics, 31**(2), 113-125. **https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4601(1999)31:2<113::AID-KIN5>3.0.CO;2-0**

Nagafuchi, O., Kakimoto, H., Ebise, S., Inoue, T., & Koga, M. (2001). Runoff of acidic substances that originated from atmospheric deposition on Yakushima Island, a world natural heritage site. **Water Science and Technology, 44**(7), 57-62. **https://doi.org/10.2166/wst.2001.0389**

Navarrete, I. A., Tee, K. A. M., Unson, J. R. S., & Hallare, A. V. (2018). Organochlorine pesticide residues in surface water and groundwater along Pampanga River, Philippines**. Environmental Monitoring and Assessment, 190**(5), 289-297. **https://doi.org/10.1007/s10661-018-6680-9**

Oerke, E. C. (2006). Crop losses to pests. Içinde **Journal of Agricultural Science** (C. **144**, Sayı 1, ss. 31-43). **https://doi.org/10.1017/S0021859605005708**

Palma, P., Fialho, S., Alvarenga, P., Santos, C., Brás, T., Palma, G., Cavaco, C., Gomes, R., & Neves, L. A. (2016). Membranes technology used in water treatment: Chemical, microbiological and ecotoxicological analysis. **Science of the Total Environment, 568,** 998-1009. **https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.208**

Palma, P., Köck-Schulmeyer, M., Alvarenga, P., Ledo, L., Barbosa, I. R., López de Alda, M., & Barceló, D. (2014). Risk assessment of pesticides detected in surface water of the Alqueva reservoir (Guadiana basin, southern of Portugal). **Science of the Total Environment,** 488-489(1). **https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.04.088**

Palma, P., Kuster, M., Alvarenga, P., Palma, V. L., Fernandes, R. M., Soares, A. M. V. M., López de Alda, M. J., Barceló, D., & Barbosa, I. R. (2009). Risk assessment of representative and priority pesticides, in surface water of the Alqueva reservoir (South of Portugal) using on-line solid phase extraction-liquid chromatography-tandem mass spectrometry. **Environment International, 35**(3), 545-551. **https://doi.org/10.1016/j.envint.2008.09.015**

Patakioutas, G., & Albanis, T. A. (2002). Adsorption-desorption studies of alachlor, metolachlor, EPTC, chlorothalonil and pirimiphos-methyl in contrasting soils. **Pest Management Science, 58**(4), 352-362. https://doi.org/10.1002/ps.464

Plakas, K. V., Karabelas, A. J., Wintgens, T., & Melin, T. (2006). A study of selected herbicides retention by nanofiltration membranes-The role of organic fouling. **Journal of Membrane Science, 284**(1-2), 291-300. **https://doi.org/10.1016/j.memsci.2006.07.054**

Rahman, T., & Broughton, S. (2016). Evaluation of thiacloprid and clothianidin (neonicotinoids) as alternative to fenthion (organophosphate) for control of

Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in deciduous fruit orchards**. Crop Protection, 90**, 170-176. **https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.09.001**

Rajesh Rekapalli, & Ram Krishna Tiwari. (2014). Windowed SSA (Singular Spectral Analysis) for Geophysical Time Series Analysis. **Journal of Geological Resource and Engineering, 2**(3), 167-173. **https://doi.org/10.17265/2328-2193/2014.03.004**

Raschke, A. M., & Burger, A. E. C. (1997). Risk assessment as a management tool used to assess the effect of pesticide use in an irrigation system, situated in a semi-desert region. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 32**(1), 42-49. **https://doi.org/10.1007/s002449900153**

Reichenberger, S., Bach, M., Skitschak, A., & Frede, H. G. (2007). Mitigation strategies to reduce pesticide inputs into ground- and surface water and their effectiveness; A review. Içinde **Science of the Total Environment** (C. **384**, Sayı 1-3, ss. 1-35). **https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.04.046**

Rodriguez-Mozaz, S., Ricart, M., Köck-Schulmeyer, M., Guasch, H., Bonnineau, C., Proia, L., de Alda, M. L., Sabater, S., & Barceló, D. (2015). Pharmaceuticals and pesticides in reclaimed water: Efficiency assessment of a microfiltration-reverse osmosis (MF-RO) pilot plant. **Journal of Hazardous Materials, 282**, 165-173. **https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.09.015**

Schreinemachers, P., Chen, H. pu, Nguyen, T. T. L., Buntong, B., Bouapao, L., Gautam, S., Le, N. T., Pinn, T., Vilaysone, P., & Srinivasan, R. (2017). Too much to handle? Pesticide dependence of smallholder vegetable farmers in Southeast Asia. **Science of the Total Environment,** 593-594. **https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.181**

Schulz, A., & Northridge, M. E. (2004). Social determinants of health: Implications for environmental health promotion. Içinde **Health Education and Behavior** (C. **31**, Sayı 4, ss. 456-471). **https://doi.org/10.1177/1090198104265598**

Shayeghi, M., Khoobdel, M., & Vatandoost, H. (2007). Determination of organophosphorus insecticides (malathion and diazinon) residue in the drinking water. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, **10**(17), 2900-2904. **https://doi.org/10.3923/pjbs.2007.2900.2904**

Shiu, W. Y., Ma, K. C., Mackay, D., Seiber, J. N., & Wauchope, R. D. (1990). Solubilities of pesticide chemicals in water. Part II: Data compilation. Içinde **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology** (C. **116**, ss. 16-187). **https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3434-0_2**

Song, W., Ravindran, V., Koel, B. E., & Pirbazari, M. (2004). Nanofiltration of natural organic matter with H2O2/UV pretreatment: Fouling mitigation and membrane surface characterization. **Journal of Membrane Science, 241**(1), 143-160. **https://doi.org/10.1016/j.memsci.2004.04.034**

Sotto, A., Boromand, A., Balta, S., Kim, J., & Van Der Bruggen, B. (2011). Doping of polyethersulfone nanofiltration membranes: Antifouling effect observed at ultralow concentrations of TiO2 nanoparticles. **Journal of Materials Chemistry, 21**(28), 10311-10320. **https://doi.org/10.1039/c1jm11040c**

Stephenson, A. J., Scardino, P. T., Eastham, J. A., Bianco, F. J., Dotan, Z. A., Fearn, P. A., & Kattan, M. W. (2006). Preoperative nomogram predicting the 10-year probability of prostate cancer recurrence after radical prostatectomy. **Journal of the National Cancer Institute, 98**(10), 715-717. **https://doi.org/10.1093/jnci/djj190**

T.C.Sağlık Bakanlığı. (2005). İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik. Web page:**https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=7510&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5#:~:text=Madde%201%20%E2%80%94%20Bu%20Y%C3%B6netmeli%C4%9Fin%20amac%C4%B1,ilgili%20usul%20ve%20esaslar%C4% B1%20d%C3%BCzenlemektir** (Erişim tarihi: Nisan 2023).

Tamim Younos Caitlin A. Grady. (2014). Potable water, Emerging Global Problems and Solutions. Içinde **The Handbook of Environmental Chemistry** (C. **30**, Sayı 10-12).

Tanabe, A., Mitobe, H., Kawata, K., Yasuhara, A., & Shibamoto, T. (2001). Seasonal and spatial studies on pesticide residues in surface waters of the Shinano River in Japan. **Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49**(8), 3847-3852. **https://doi.org/10.1021/jf010025x**

Toan, P. Van, Sebesvari, Z., Bläsing, M., Rosendahl, I., & Renaud, F. G. (2013). Pesticide management and their residues in sediments and surface and drinking water in the

Mekong Delta, Vietnam. **Science of the Total Environment,** 452-453. **https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.02.026**

Tong, A., Flemming, K., McInnes, E., Oliver, S., & Craig, J. (2012). Enhancing transparency in reporting the synthesis of qualitative research: ENTREQ. *BMC* **Medical Research Methodology, 12**. **https://doi.org/10.1186/1471-2288-12-181**

Tsiaoussis, J., Antoniou, M. N., Koliarakis, I., Mesnage, R., Vardavas, C. I., Izotov, B. N., Psaroulaki, A., & Tsatsakis, A. (2019). Effects of single and combined toxic exposures on the gut microbiome: Current knowledge and future directions. **Toxicology Letters, 312**, 72-97. **https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2019.04.014**

Turgut, C. (2003). The contamination with organochlorine pesticides and heavy metals in surface water in Küçük Menderes River in Turkey, 2000-2002. **Environment International, 29**(1), 29-32. **https://doi.org/10.1016/S0160-4120(02)00127-7**

Utembe, W., & Kamng'ona, A. W. (2021). Gut microbiota-mediated pesticide toxicity in humans: Methodological issues and challenges in risk assessment of pesticides. Içinde **Chemosphere** (C. **271**, s. 129817). **https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129817**

Van Der Bruggen, B., Everaert, K., Wilms, D., & Vandecasteele, C. (2001). Application of nanofiltration for removal of pesticides, nitrate and hardness from ground water: rejection properties and economic evaluation. **Journal of Membrane Science, 193**(2), 239-248. **https://doi.org/10.1016/S0376-7388(01)00517-8**

Van Der Bruggen, B., Schaep, J., Maes, W., Wilms, D., & Vandecasteele, C. (1998). Nanofiltration as a treatment method for the removal of pesticides from ground waters. **Desalination, 117**(1-3), 139-147. **https://doi.org/10.1016/S0011-9164(98)00081-2**

Vymazal, J., & Březinová, T. (2015). The use of constructed wetlands for removal of pesticides from agricultural runoff and drainage: A review. Içinde **Environment International** (C. **75**, ss. 11-20). **https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.10.026**

Wan, Y., Tran, T. M., Nguyen, V. T., Wang, A., Wang, J., & Kannan, K. (2021). Neonicotinoids, fipronil, chlorpyrifos, carbendazim, chlorotriazines, chlorophenoxy herbicides, bentazon, and selected pesticide transformation products in surface water

and drinking water from northern Vietnam. **Science of the Total Environment, 750,** 141507. **https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141507**

Weed and Pest Control - Conventional and New Challenges. (2013). Içinde **Weed and Pest Control - Conventional and New Challenges**. **https://doi.org/10.5772/50276**

Williams, M. L. (1996). CRC Handbook of Chemistry and Physics, 76th edition. **Occupational and Environmental Medicine, 53**(7), 504-506. **https://doi.org/10.1136/oem.53.7.504**

Wu, C., Luo, Y., Gui, T., & Huang, Y. (2014). Concentrations and potential health hazards of organochlorine pesticides in shallow groundwater of Taihu Lake region, China. **Science of The Total Environment, 470-471**, 1047-1055. **https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2013.10.056**

Xu, P., Drewes, J. E., Bellona, C., Amy, G., Kim, T.-U., Adam, M., & Heberer, T. (2005). Rejection of Emerging Organic Micropollutants in Nanofiltration-Reverse Osmosis Membrane Applications. **Water Environment Research, 77**(1), 40-48. **https://doi.org/10.2175/106143005x41609**

Zablotowicz, R. M., Weaver, M. A., & Locke, M. A. (2006). Microbial adaptation for accelerated atrazine mineralization/ degradation in Mississippi Delta soils. **Weed Science, 54**(3), 538-547. **https://doi.org/10.1614/ws-04-179r3.1**

Zhang, P., Prakash, J., Zhang, Z., Mills, M. S., Efremidis, N. K., Christodoulides, D. N., & Chen, Z. (2011). Trapping and guiding microparticles with morphing autofocusing Airy beams. **Optics Letters, 36**(15), 2883-2885. **https://doi.org/10.1364/ol.36.002883**

Zhou, R., Zhu, L., & Chen, Y. (2008). Levels and source of organochlorine pesticides in surface waters of Qiantang River, China. **Environmental Monitoring and Assessment, 136**(1-3), 277-287. **https://doi.org/10.1007/s10661-007-9683-5**

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: İbrahim ÖZTÜRKMEN
Uyruğu: Türkiye (T.C)

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi, Çevre Mühendisliği	Devam ediyor
Lisans	Karabük Üniversitesi, Çevre Mühendisliği	2019
Lise	Özel Batı Akşam Lisesi, İstanbul	2012

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2023-halen	Lale Orman Ürünleri San. ve Tic. Lltd. Şti	Kalite Yönetim Sistem Uzmanı
2022-2023	Teknochem Kimya A.Ş., KAYSERİ	Teknik Satış Mühendisi, Teknik Mühendis
2020-2022	Erciyes Üniversitesi (118Y402 Nolu Tübitak Projesi)	Bursiyer
2019-2020	Keleş Çevre Danışmanlık - AEM Çevre Laboratuvarı A.Ş.	Çevre Görevlisi – Raporlama Sorumlusu
2018	Yıldızlar Geri Dönüşüm	Saha Şefi
2018	Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü Kayseri	Stajyer Mühendis
2016	Kayseri Su ve Kanalizasyon İdaresi	Stajyer Mühendis

YABANCI DİL

İngilizce

YAYINLAR

1. Öztürkmen İ., Özcan Ö., Uzal N., Ateş N. (2021). Modification of Commercial RO and NF Membranes with Zwitterionic L-DOPA and TiO2 16th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems (SDEWES), Dubrovnik, Hırvatistan, 10 - 15 Ekim 2021, ss.1-8