Tıbbi Maske ve El Dezenfektanı Endüstrileri Atık Sularının Nanofiltrasyon Yöntemi ile Arıtımı

Zeynep Ece Güden

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran 2022

Treatment of Medical Mask and Hand Sanitizer Industries Wastewater by Nanofiltration Method

Zeynep Ece Güden

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Chemical Engineering

June 2022

Tıbbi Maske ve El Dezenfektanı Endüstrileri Atık Sularının Nanofiltrasyon Yöntemi ile Arıtımı

Zeynep Ece Güden

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisans Yönetmeliği Uyarınca
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı
Proses ve Reaktör Tasarımı Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof. Dr. Duygu Kavak

Haziran 2022

ONAY

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Zeynep Ece Güden'in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Tıbbi Maske ve El Dezenfektanı Endüstrileri Atık Sularının Nanofiltrasyon Yöntemi ile Arıtımı" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oybirliği ile kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Duygu Kavak

İkinci Danışman : ----

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye: Prof. Dr. Duygu Kavak
Üye: Prof, Dr. Yeliz Aşçı
Üye: Doç. Dr. Hande Çelebi

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun…….…….tarih ve …….sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hürriyet ERŞAHAN
Enstitü Müdürü

ETİK BEYANI

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Duygu Kavak danışmanlığında hazırlamış olduğum "Tıbbi Maske ve El Dezenfektanı Endüstrileri Atık Sularının Nanofiltrasyon Yöntemi ile Arıtımı" başlıklı Yüksek Lisans tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 21/06/2022

Zeynep Ece Güden

İmza

ÖZET

Son yıllarda kentleşme ve endüstrileşmenin hızla artması sonucu su kıtlığının artması nedeniyle endüstriyel atık suların arıtım çalışmalarına yönelim artmış, artan ihtiyaç doğrultusunda bu yönde yapılan arıtım araştırmaları çoğalmıştır. Bu amaçla atık suların geri kazanımında oldukça etkili bir arıtım yöntemi olan membran teknolojileri önem kazanmıştır.

Bu çalışmanın amacı tıbbi maske atık suyu ve el dezenfektanı atık suyunun nanofiltrasyon yöntemi ile arıtımının incelenmesidir. Ticari NF270 membran çalışılmıştır. Farklı iki endüstriye ait atıksular ile farklı besleme sıcaklıklarında (25°C, 35°C, 45°C) ve farklı basınçlarda (6 bar, 12 bar, 18 bar) çalışılmış, bu değişkenlerin renk, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve iletkenlik giderim verim değerleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Birim zamanda süzüntü suyuna ait akı değerleri otomatik olarak bilgisayar sistemine kaydedilmiş olup her bir değişken için akı değerlerindeki değişimler irdelenmiştir. Belirlenen zamanlarda alınan süzüntü numunelerine iletkenlik, pH ve KOİ analizleri yapılmış ve verimleri hesaplanmıştır. Sonuçlara bakılarak tıbbi maske ve el dezenfektanı atık sularının arıtımı için ideal çalışma parametreleri önerilmiştir.

Tıbbi maske atıksuyuna yapılan deneylerin neticesinde 25°C ve 18 bar' ın; 138,379 L/m^2saat akı ve %99,49 renk giderim verimiyle en ideal çalışma koşulu belirlenmiştir. El dezenfektanı atıksuyunda ise 25°C ve 6 bar' ın; 33,36 L/m^2saat akı ve %100 renk giderim verimiyle en ideal çalışma koşulu belirlenmiştir. Bu çalışma şartlarında tıbbi maske atıksuyundan %95,66, el dezenfektanı atıksuyundan ise %82,3 KOİ giderim verimi alınmıştır. Ayrıca bu çalışma şartlarında tıbbi maske atıksuyunda %79,68, el dezenfektanı atıksuyunda ise %88,18 iletkenlik giderimi sağlanmıştır. Giderim verimleri dikkate alındığında tıbbi maske ve el dezenfektanı atık sularının ticari nanofiltrasyon membranı NF270 kullanımıyla etkili bir arıtım sağlanabileceği sonucu çıkarılabilir.

Anahtar Kelimeler: Atıksu arıtımı, Nanofiltrasyon, NF270 membran, Tıbbi maske atıksuyu, el dezenfektanı atıksuyu, KOİ

SUMMARY

In recent years, due to the increase in water scarcity as a result of the rapid increase in urbanization and industrialization, the focus on the treatment of industrial wastewater has increased, and the treatment researches in this direction have increased in line with the increasing need. For this purpose, membrane technologies, which are a very effective treatment method in the recovery of wastewater, have gained importance.

The aim of this study is to examine the treatment of medical mask waste water and hand disinfectant waste water by nanofiltration method. Commercial NF270 membrane has been studied. Wastewaters from two different industries were studied at different feed temperatures (25°C, 35°C, 45°C) and at different pressures (6 bar, 12 bar, 18 bar), and the color, chemical oxygen demand (COD) and conductivity removal of these variables were studied. The effects on the yield values were investigated. The flux values of the permeate water per unit time were automatically recorded in the computer system and the changes in the flux values for each variable were examined.Conductivity, pH and COD analyzes were performed on the permeate samples taken at the specified times and their yields were calculated. By looking at the results, ideal operating parameters for the treatment of medical mask and hand sanitizer waste water have been proposed.

As a result of the experiments on the medical mask wastewater, 25°C and 18 bar; With 138,379 L/m2h flux and 99.49% color removal efficiency, the most ideal working condition was determined. If the hand disinfectant is in the wastewater, 25°C and 6 bar; The optimum working condition was determined with 33.36 L/m2h flux and 100% color removal efficiency. Under these working conditions, 95.66% COD removal efficiency was obtained from the medical mask wastewater and 82.3% from the hand disinfectant wastewater. In addition, under these operating conditions, 79.68% conductivity removal was achieved in the medical mask wastewater and 88.18% in the hand disinfectant wastewater. Considering the removal efficiencies, it can be concluded that an effective treatment can be achieved with the use of commercial nanofiltration membrane NF270 for medical mask and hand sanitizer wastewater.

Keywords: Waste water treatment, Nanofiltration, NF270 membrane, Medical mask wastewater, hand sanitizer wastewater, COD

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam boyunca her zaman yardım eden, yol gösteren, anlayışı ve paylaştığı deneyim ve tecrübesiyle akademik danışman olmanın çok ötesine geçmiş biricik hocam Prof. Dr. Duygu Kavak'a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Tüm hayatım boyunca beni her adımımda destekleyen biricik ailem; annem Tuğba Dilsu Güden, babam Bahri Kaya Güden, sevgi dolu kardeşim Bengisu Güden ve ablam Cansu Güden Tektel ve eşi Erdal Tektel ile dünyalar tatlısı kızları Derin Tektel'e sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Hayatımda her adımımda desteğini hissettiren, bir ömür samimiyetini istediğim biricik Esatcan Torun'a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET ..... **vi**
SUMMARY ..... **vii**
TEŞEKKÜR ..... **viii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **xii**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **xiv**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **xvi**
1.GİRİŞ VE AMAÇ **1**
2. ATIKSULAR **4**
2.1. Su Potansiyeli: Türkiye 6
2.2. Atıksuların Kirlenmesinin Başlıca Sebepleri 7
2.3. Atıksuların Karakterizasyonunda Temel Etkenler 10
2.3.1. Fiziksel Etkenler 10
2.3.2. Kimyasal Etkenler 11
2.3.3. Biyolojik Etkenler 11
2.4. Arıtma Yöntemleri 11
2.4.1. Kimyasal Ayrıştırma Yöntemi 13
2.4.2. Biyolojik Ayrıştırma Yöntemi 14
2.4.3. Fiziksel Ayrıştırma Yöntemi 14
3.MEMBRAN NEDİR **16**
3.1. Membran Çeşitleri 17
3.2. Membran Prosesleri 18
3.3. Membran Proseslerde Avantaj ve Dezavantajlar 21
3.4. Membran Sınınflandırma 23
3.4.1. Mikrofiltrasyon (MF) 27
3.4.1.1. Mikrofiltrasyona Ait Kullanımlar 28
3.4.1.2. Mikrofiltrasyon İçin Membran ve Membran Modülleri 28
3.4.2. Ultrafiltrasyon (UF) 29
3.4.2.1. Ultrafiltrasyona Ait Kullanımlar 31
3.4.2.2. Ultrafiltrasyon için Membran ve Membran Modülleri 32
3.4.3. Nanofiltrasyon (NF) 32

3.4.3.1. Nanofiltrasyona Ait Kullanımlar 33
3.4.3.2. Nanofiltrasyon İçin Membranlar ve Membran Modülleri 34
3.4.4. Ters Osmoz (RO) 35
3.4.4.1. Ters Osmoza Ait Kullanımlar 36
3.4.4.2. Ters Osmoz İçin Membran ve Membran Modülleri 37
4. TIBBİ MASKE ENDÜSTRİSİ 39
4.1. Tıbbi Maskenin Tarihçesi 39
4.2. Tekstil Endüstirisinin Tıbbi Maskeler ile İlişkisi 40
4.3. Tekstil Endüstrisi 42
4.4. Tıbbi Maskelerin Materyalleri 42
5. EL DEZENFEKTANI ENDÜSTRİSİ 44
5.1. Tüm Dezenfektanlar ve Antiseptikler 44
5.1.1. El Dezenfektanı 45
5.1.1.1. El ve Cilt Antiseptikleri için Kriterler 46
5.1.2. Alkoller 46
5.2. Covid-19 ile El Dezenfektanı Arasındaki Bağlantı 46
6. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 48
7. MATERYAL VE YÖNTEM 52
7.1. Düzeneğin Çalıştırılması 52
7.2. Deneysel Çalışmada Kullanılan Membran Özellikleri 56
7.3. Deneyde Kullanılan Ham Atık Su Özellikleri 56
7.4. Uygulanan Analitik Yöntemler 57
7.5. Akı Değerlerinin Hesaplanması 58
7.6. Renk Giderim Verimlerinin Hesaplanması 58
8. BULGULAR VE TARTIŞMA 60
8.1.Tıbbi Maske Atıksuyu için Deney Sonuçları 60
8.1.1. Akı Değerleri 60
8.1.2. Renk Giderim Verimi Değerleri 64
8.1.3. KOİ, İletkenlik ve pH Sonuçları 66
8.2. Dezenfektan Atıksuyu için Deney Sonuçları 71
8.2.1.Akı Değerleri 72
8.2.2. Renk Giderim Verimi Değerleri 75
8.2.3. KOİ, İletkenlik ve pH Sonuçları 77

8.3. Tıbbi Maske ve Dezenfektan Atık Sularının Karşılaştırılması 83
9. SONUÇ VE ÖNERİLER 84
KAYNAKLAR DİZİNİ 87

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil **Sayfa**

2.1. Tatlı Su Kaynakları 6
3.1. Membran Mekanizmalarının Gözenek Büyüklüğüne Göre İşleyişi. 19
3.2. Membran Akış Türlerin Şematik Gösterimi 23
3.3. Dâhili ve Harici Basınç Filtrasyon Şekilleri 24
3.4. Hollow fiber bir modülün ara kesiti. 24
3.5. TO Proseslerde Kullanılan Bir Levhasal Modül Örneği 25
3.6. Spiral sarım bir membran 25
3.7. Spiral sarım membran modülleri ve basınç kabı 26
3.8. Tabakalı Spiral Sargılı Modül Örneği 26
3.9. Mikrofiltrasyon (MF) Membran 27
3.10. Ultrafiltrasyon (UF) Membranı 30
3.11. 250 m^2 Membran Yüzey Alanlı UF Görüntüsü 31
3.12. Nanofiltrasyon 33
3.13. Nanofiltrasyonun Sızıntı Atık Suyunan Arıtımı İçin Uygulanma Şeması 34
3.14. Osmotik basınç ve ters ozmos 35
3.15. Tipik Bir Acısu RO Tesisinin Akım Şeması. 37
3.16. Ters Ozmoz Sistemi Tanımlaması 38
5.1. El Dezenfektanı Türleri 45
7.1. Çapraz akış prensipli membran sistemi (a), Isıtıcı (b), Membran modülü (c), Besleme tankı ve pompa (d), Hassas terazi ve bilgisayar (e) 55
8.1. Maske Atık Suyu için 25°C'deki Akı (L/m2saat) Değerleri 61
8.2. Maske Atık Suyu için 35°C'deki Akı (L/m2saat) Değerleri 62
8.3. Maske Atık Suyu için 45°C'deki Akı (L/m^2saat) Değerleri 63
8.4. Maske Atık Suyu için 25°C'deki (%) Renk Giderimi Değerleri 64
8.5. Maske Atık Suyu için 35°C'deki (%) Renk Giderimi Değerleri 65
8.6. Maske Atık Suyu için 45°C'deki (%) Renk Giderimi Değerleri 66
8.7. Maske atık suyunun KOİ değerleri grafiği 68
8.8. Maske atık suyunun KOİ giderim verimi grafiği 69
8.9. Maske atık suyunun İletkenlik değerleri grafiği 70
8.10. Maske atık suyunun iletkenlik giderim verimi değerleri grafiği 70

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil **Sayfa**

8.11. Maske atık suyunun pH değerleri grafiği 71
8.12. Dezenfektan Atık Suyu için 25°C'deki Akı (L/m^2saat) Değerleri 72
8.13. Dezenfektan Atık Suyu için 35°C'deki Akı (L/m2saat) Değerleri 73
8.14. Dezenfektan Atık Suyu için 45°C'deki Akı (L/m2saat) Değerleri 74
8.15. Dezenfektan Atık Suyu için 25°C'deki (%) Renk Giderimi Değerleri 75
8.16. Dezenfektan Atık Suyu için 35°C'deki (%) Renk Giderimi Değerleri 76
8.17. Dezenfektan Atık Suyu için 45°C'deki (%) Renk Giderimi Değerleri 77
8.18. Dezenfektan atık suyunun KOİ değerleri grafiği 79
8.19. Dezenfektan atık suyunun KOİ giderim verimi grafiği 80
8.19. Dezenfektan atık suyunun İletkenlik değerleri grafiği 80
8.21. Dezenfektan atık suyunun iletkenlik giderim verimi değerleri grafiği 81
8.22. Dezenfektan atık suyunun pH değerleri grafiği 82

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

2.1. 2020'de Türkiye'de Harcanan Suyun Sektörel Dağılımı ve Tüketimleri Miktarları. 7
2.2. Atıksu Arıtım Teknikleri 12
3.1. Membran Materyal Tipleri 18
3.2. Arıtma proseslerinde kullanılan membran süreçleri ve kullanım amaçları. 21
3.3. Membran Ayırma Donanımlarının Sınıflandırılması 23
3.4. Farklı Taneciklerin Giderim Veriminin NF ve TO İçin Karşılaştırılması 34
4.1. Tıbbi Tekstillerin Sınıflandırılması. 41
4.2. Maske İçeriğine Göre Partikül Tutma Yüzdesi 43
5.1. Dezenfektanlar İçin Önerilen Temas Etme Süreleri-Konsantrasyon Yüzdeleri 45
5.2. El Dezenfektanlarının Antimikrobiyal Spekturum ve Etki Süreleri 46
7.1. Nanofiltrasyon Deney Parametreleri 52
7.2. Çalışmada kullanılan cihazlar 54
7.3. NF 270 membranın özellikleri 56
7.4. Ham tıbbi maske ve el dezenfektanı atıksularına ait özellikler 57
8.1.Maske Atık Suyu için 25°C'deki Akı (L/m^{2}saat) Değerleri 60
8.2.Maske Atık Suyu için 35°C'deki Akı (L/m^{2}saat) Değerleri 61
8.3.Maske Atık Suyu için 45°C'deki Akı (L/m2saat) Değerleri 62
8.4. Maske Atık Suyu için 25°C'deki (%) Renk Giderimi Değerleri 64
8.5. Maske Atık Suyu için 35°C'deki (%) Renk Giderimi Değerleri 65
8.6. Maske Atık Suyu için 45°C'deki (%) Renk Giderim Değerleri 65
8.7. Maske atık suyunun iletkenlik, pH ve KOİ değerleri 67
8.8. Maske atık suyunun KOİ giderim verimi değerleri 68
8.9. Maske atık suyunun iletkenlik giderim verimi değerleri 69
8.10.Dezenfektan Atık Suyu için 25°C'deki Akı (L/m2saat) Değerleri 72
8.11.Dezenfektan Atık Suyu için 35°C'deki Akı (L/m^{2}saat) Değerleri 73
8.12.Dezenfektan Atık Suyu için 45°C'deki Akı (L/m2saat) Değerleri 74
8.13. Dezenfektan Atık Suyu için 25°C'deki (%) Renk Giderimi Değerleri 75
8.14. Dezenfektan Atık Suyu için 35°C'deki (%) Renk Giderimi Değerleri 76
8.15. Dezenfektan Atık Suyu için 45°C'deki (%) Renk Giderimi Değerleri 76
8.16. Dezenfektan atık suyunun iletkenlik, pH ve KOİ değerleri 78

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

Çizelge **Sayfa**

8.17. Dezenfektan atık suyunun KOİ giderim verimi değerleri 79

8.18. Dezenfektan atık suyunun 2 iletkenlik giderim verimi değerleri 81

8.19. Maske ve Dezenfektan AtıkSuları % Renk, %KOİ, % İletkenlik ve pH Değerleri ... 83

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simge	Açıklama
C	Konsantrasyon
f	Akı
K	Konsantre
Q	Akı
P	Basınç
pH	Çözeltideki hidrojen iyonu konsantrasyonunun (-) logaritması
S	Süzüntü
T	Sıcaklık

Kısaltma	Açıklama
AKM	Askıda Katı Miktarı
BOİ	Biyolojik Oksijen İhtiyacı
DSİ	Devlet Su İşleri
dk	Dakika
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
MWCO	Molecular Weight Cut Off
UF	Ultrafiltrasyon
MF	Mikrofiltrasyon
NF	Nanofiltrasyon
TO	Ters Osmoz
pH	Asitlik-baziklik değeri
RO	Reverse Osmosis
SKKY	Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
sn	Saniye
TKM	Toplam Katı Madde
TOİ	Toplam Oksijen İhtiyacı
TOK	Toplam Organik Karbon
WHO	World Health Organization

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Son yıllarda hızla artan nüfus ve endüstrileşme gibi sebepler, en önemli doğal kaynakların başında gelen suya duyulan ihtiyacı arttırmıştır. Suya duyulan bu ihtiyacın suyun içme ve kullanma suyu olarak, tarımsal faaliyetlerde ve endüstriyel ölçekte kullanılmasının artmasıyla zaten sınırlı olan su kaynaklarını tehdit etmektedir. Nüfustan kaynaklanan ve talepten kaynaklanan kıtlık (su stresi) olarak ikiye ayrılan su kıtlığı giderek artmaktadır (Falkenmark, Bertell, vd., 2007).

Yoğun su tüketimi ve artan atıksu hacmi su kaynaklarının azalmasına ve su kıtlığının artmasına neden olmaktadır. Var olan su kaynaklarının azlığı ve su kıtlığının artışı atıksuların arıtılıp tekrar kullanımını gündemde tutmaktadır (Demir vd, 2017). Suyun tüketimi sonucu oluşan atıksuların arıtıldıktan sonra alıcı ortama verilmeleri su kaynaklarını korumak için yeterli değildir. Endüstrilerde temiz su yerine arıtılmış suların kullanılması, hem tesislerde temiz su maliyetini azaltabilir hem de atıksuların bertaraf maaliyetlerini azaltabilir (Dumlupınar, 2014).

Özellikle 2019 yılı Aralık ayında Çin'in Wuhan kentinde ortaya çıkan Covid-19 virüsünün yarattığı viral pandeminin de dünyaya yayılmasıyla tıbbi tekstil ürünlerine olan talep hızla arttı ve bu da atıksu miktarının önemli ölçüde artmasına neden oldu. Çevresel sorunlarla alakalı kamusal bilincin artması ve sosyal sorumluluk çalışmaları, tıbbi tekstil endüstrilerini çevreye duyarlı, sürdürülebilir ve yeniden kullanılabilir ürünler üretmeye yöneltmiştir. Ancak yine de bertaraf oranı şu anda yeniden kullanım oranından çok daha yüksektir (Yuliana vd, 2022).

Tekstil endüstrisi atıksuları tehlikeli boyalar, pigmentler, askıda ya da çözünmüş katılar ve ağır metaller içerebilmeleri sebebiyle kimyasal yükün en yoğun olduğu endüstrilerden biridir. Bu kimyasal yükü ve çeşitliliği fazla olan endüstride meydana gelen atıksuların alıcı ortama deşarjından önce etkili bir şekilde arıtılması büyük önem taşır. Tekstil atıksuyunun arıtımı alanında büyük ilerlemeler elde edilmiş de olsa geliştirilen arıtım yöntemlerinin uygulanabilirliğinin artması ve daha ekonomik olması için geliştirilmeye devam edilmesi gerekmektedir (Wang vd, 2022).

Covid-19 pandemi döneminin başlangıcından itibaren tüm dünyada hem antiseptik hem de dezenfektan olmak üzere sterilizasyon ajanları kullanılması tavsiye edilmektedir. Gündelik hayatta yaygın kullanılan antiseptik türleri; alkol, fenol, permanganat ve iyot gibi kimyasallardır. Dezenfektanlar ise fiziksel materyaller, ozon ve ultraviyole ışık şeklinde olabilseler sıklıkla kullanılan temel bileşen klordur (WHO, 2004). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve araştırmacılar etanol ve sodyum hipokloriti dezenfektan içeriği olarak tavsiye etmektedirler.

Antiseptiklerin ve dezenfektanların sık kullanımının doğal bir sonucu olarak kişisel hijyeni sağlamak için su kullanımı da artmıştır (Ludang vd., 2022). Pandemi sonrasında atıksu miktarında ve atıksu toksisitesinde bir artış olmuştur (León Molina, ve Abad-Corpa, 2021; Meyers vd, 2021). Artan dezenfektan kullanımıyla beraber dezenfektan endüstrisi atıksuyu miktarının artması da mantıksal bir sonuçtur. Kimyasal kirlilik yükü fazla olan dezenfektan endüstrisi atıksularının alıcı ortama verilmeden önce arıtılmaları su kaynaklarını korumak, su kıtlığını azaltmak ve endüstriyel atıksuların arıtılıp tekrar tesis içerisinde kullanımının sağlanması açısından büyük önem arz etmektedir (Dumlupınar, 2014).

Arıtılmış atıksuların doğal şartlarına zarar vermemesi için alıcı ortama uygun değerlere sahip olması gerekmektedir. Türkiye'de bu değerler Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY)'nde verilmiştir.

Atıksuların arıtımı için yapılacak çalışmalar için öncelikle atıksuyun karakterizasyonu uygun yöntemlerle analiz edilmelidir (Oğur ve Tekbaş, 2005). Yapılan analizler sonucunda atıksuyun karakterizasyonuna uygun yöntemlerin aynı zamanda uygun maliyette olması da gerekmektedir. Bu durumda endüstrilere göre atıksu arıtımı yapılabilmesi için optimum arıtma yönteminin belirlenmesi gerekmektedir (Haller, 1994). Optimum arıtma yönteminin belirlenebilmesi için ise her sektöre geleneksel, modern ve hibrit yöntemlerin bir veya birkaçının fazlasıyla incelenmesini gerektirmektedir.

Atıksuların arıtımında geleneksel yöntemler (koagülasyon/flokülasyon, oksidasyon, adsorpsiyon vb.) etkin ve yaygın olsa da süreç yavaş ilerler ve performans denge ile sınırlanır (Gupta vd, 2000). Bu nedenle alternatif bir yöntem olarak membran sistemleri bu konuda

1970'lerde büyük umut vaat etmiş (Marcucci vd, 1970) ve yıllar içinde yapılan birçok çalışmada bu vaat doğrulanmıştır.

Çalışma esnasında tıbbi maske ve el dezenfektanı atık suları ile çalışılmış bir inceleme literatür araştırmasında bulunamamıştır. Tıbbi maske endüstrisine en yakın endüstri olan tekstil endüstrisi atık suyu için de literatür araştırması yapılmış, nanofiltrasyon membranıyla çalışmanın uygun olduğu gözlemlenmiştir. Bu sebeple NF270 membran ile çalışılarak etkili bir arıtım metodu olan çapraz akışlı pilot ölçekli membran prosesi işletilmiştir. Çalışmada basınç ve sıcaklık değişkenlerinin süzüntü suyunun kalitesiyle olan bağlantısı irdelenmiştir.

Bu çalışmada daha önce membran sistemleri ile arıtımı çalışılmamış, tıbbi maske atık suyu ve el dezenfektanı atık suyunun arıtımı incelenmiştir. Bu çalışmada, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği' nde (SKKY) belirtilen şartlara uygun süzüntü suyu eldesi ile bu atık suların doğaya olumsuz etkilerini önlemek amaçlanmıştır. Literatür araştırması sonucu membran arıtım yönteminin bu atık suların arıtımında etkin ve yeterli olduğu öngörülmüştür. Bu sebeple arıtım işleminde etkin özelliklerinden dolayı laboratuvar ölçekli membran filtrasyon modülü ve hem endüstri hem de tekstil atık suları için uygun olan ticari NF270 nanofiltrasyon membranı kullanılmıştır. Bu doğrultuda farklı sıcaklık (25°C, 35°C ve 45°C) ve farklı basınçlarda (6 bar, 12 bar ve 18 bar) 18 adet deney uygulanarak bu parametrelerin akı, renk, KOİ ve iletkenlik değerleri üzerine etkilerinin incelenmesi ve tıbbi maske ve el dezenfektanı için optimum çalışma parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. ATIKSULAR

Her ne kadar Dünya yüzeyinin %75'i su ile kaplı olsa da bu oranın yalnızca %2,5'i içilebilir sudur, gerisi tuzlu sudur. Bu nedenle zaten sınırlı olan su kaynaklarının günümüzde aşırı kullanılması ile içilebilir suya duyulan ihtiyaç da artmıştır (Tzanakakis vd., 2007). Bedeninin büyük çoğunluğu sudan oluşan insanın hayatı için su oldukça büyük bir öneme sahiptir. Su yalnızca insanların hayatlarını sağlıklı bir biçimde sürdürmeleri için değil aynı zamanda ülkelerin gelişebilmesi için de temel bir ihtiyaçtır (Lofrano ve Brown, 2009). Ülkeler orta seviyede ekonomik olarak büyüme gösterirken su tüketimini azaltmazlarsa günümüzde 4.500 milyar metreküp olan küresel su ihtiyacı 2030 yılına dek 6900 metreküp olacaktır. Küresel su ihtiyacının %16'sını endüstri sektörünün bu ihtiyacının da 2030 yılına dek %22'ye çıkması ihtimali vardır (Addams vd., 2009).

Suyun kalitesini direkt olarak ya da dolaylı olarak etkileyen fiziksel ya da kimyasal değişiklikler su kirliliği olarak tanımlanmaktadır (Cheremisinoff, 2002). Bu kirlilik suda yaşayan, suyu tüketen ve suda bulunan canlıları olumsuz olarak etkiler ve su kullanımının gerekli olduğu yerlerde suyu kullanılamaz hale getirebilir (Sawyer vd, 1994).

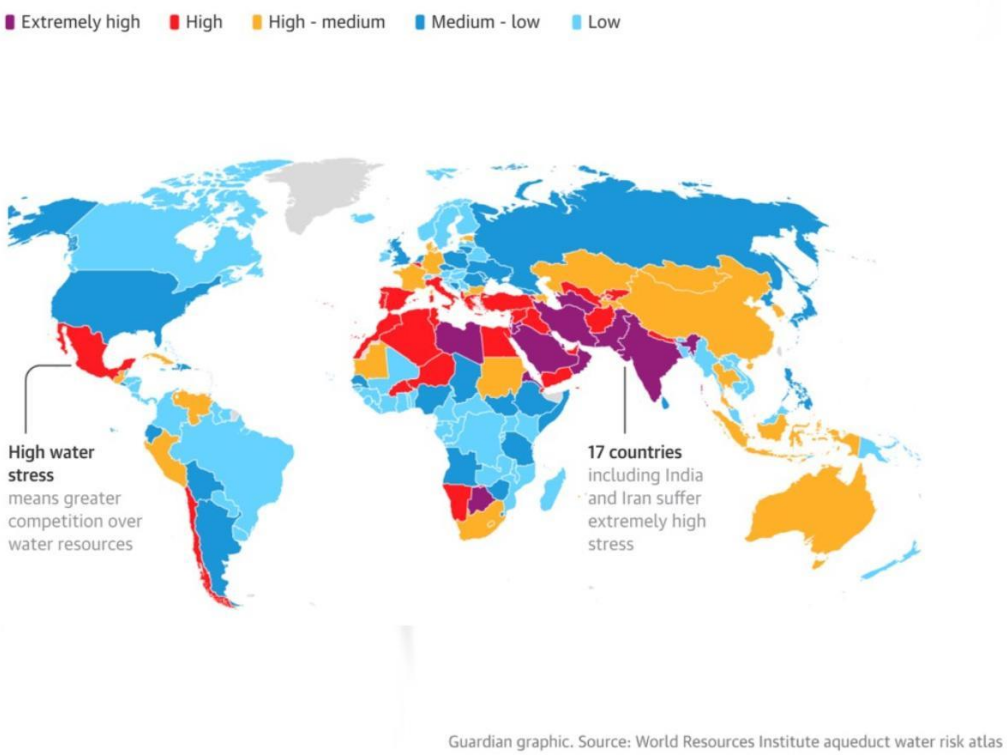
Atıksu ise suyu kirleten bu bileşenlerden ya yalnızca birisidir ya da birkaçının birleşimidir. Suyu kirleten başlıca bileşenler:

- Endüstriyel faaliyetlerde yapılan işlemler ve oluşan atıklar,
- Tarımsal faaliyetler,
- Evsel atıklar olarak sınıflandırılır (Öztürk, 2005).

Gelişen dünya ile birlikte su kullanımının olduğu alanlar da artmıştır. Bu nedenle su kirliliği de artmıştır ve bu kirlilik insan sağlığını tehdit etmeye başlamıştır. Bu tip sorunları birçok farklı etkenle ilişkilendirebiliriz (Chaidez vd., 2014). Su çözücülüğü yüksek olan bir maddedir. Bu da suyun kirlenmesine neden olan önemli bir etkidir (Yaşar, 2009). Suyun bu özelliği maddenin yapısından da etkilenir. Suyun yüksek çözücü özelliği; üre, iyonik maddeleri, şeker ve alkol gibi organik maddeleri çok yüksek oranda çözebilir. Ancak bazı tuzları, yağları ve hidrokarbonları çözme yeteneğine sahip değildir. Dolayısıyla suda

çözünmeyen bu maddeler suyu kirletirler (Öztürk, 2005). Kirlenen su çevrimi esnasında suyun özellikleri de değişir. Kaynak suları ve yer altısuları yeryüzünde yüzeyden akarak hareket ederler. Bu nedenle dolaştıkları bölgelerin kimyasal ve jeolojik yapısına uygun katyon ve anyonlarla birlikte başka maddeler de içerebilirler (Tan, 2006). Atıksular bünyesinde biyolojik ve kimyasal kirlilik barındırabilir. Atıksuyun bünyesinde bulunan bu kirliliklerin miktarı değişiklik gösterebilir. Endüstrilerin kullandıkları günlük yıkama ünitelerinde açığa çıkan atıklar, atıksuyun %40'dan fazlasını oluşturmaktadır. Yıkama prosesleri de yapılan işlemin özelliği göz önünde bulundurularak birçok farklı basamaktan oluşmaktadır. Buna ek olarak, yıkama proses işlemlerinin son basamağı ise bütün safsızlıkları barındırmaktadır (Muro vd., 2012). Atıksular su döngüsünün sağlanabilmesi, kaynaklarımızın doğru bir şekilde yönetilebilmesi için tekrar kullanılabilir hale getirilmelidir (Akar, 2000). Bu hem ekonomik sıkıntılar yaşanan dünyamızda ekonomik açıdan hem de çevremiz ve doğamız açısından oldukça önemlidir. Tüm dünyanın nüfusu hızla artmaktadır. Ancak su kaynaklarımız ise sınırlıdır. Bu sebeple atıksular dönüştürülmeli ve su yeniden kullanılmalıdır (Külah, 2018).

Şekil 2.1'de Dünya'da bulunan tatlı su kaynakları ve su stresleri verilmiştir. Şekilden anlaşılabileceği gibi Türkiye, yüksek riskli bir bölgedir ve yeterli su yoğunluğu da bulunmamaktadır (Öztürk, 2021).



Şekil 2.1. Tatlı Su Kaynakları

2.1. Su Potansiyeli: Türkiye

Dünya'nın nüfusu hızla artmaktadır ancak yeryüzünde sıvı halde bulunan tatlı su yüzdesi bu hızlı nüfus artışını karşılamamaktadır. Sınırlı su kaynaklarına ek olarak çevre kirliliği de sürekli olarak artmaktadır. Bu da durumun ne denli önemli olduğunu göstermektedir.

Ülkeler bir yılda birey başına düşen kullanıma uygun su miktarlarına göre 3'e ayrılırlar. Bir yılda birey başına düşen kullanıma uygun su miktarı 1000 m^3 'ten az ise su fakiri, 2000 m^3 'ten az ise su azlığı bulunan, 8000-10000 m^3 'ten fazla ise su zengini olan ülke olarak tanımlanmaktadırlar. Bizim ülkemizde yılda birey başı kullanıma uygun su miktarı 1,519 m^3'tür. Bu tanımlamaya göre Türkiye su azlığı yaşayan bir ülkedir. Tüm bunlara ek olarak Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'nun yaptığı araştırmaya göre artan nüfusla birlikte 2030 yılında birey başına düşen kullanıma su miktarının 1,120 m^3 civarına düşeceği tahmin ediliyor. Üstelik bu tahmin yapılırken su kaynaklarının tahrip olmayacağı, kaynakların idareli kullanılacağı düşünülmüştür. Nüfus hızla artarken su tüketim hızı da artacaktır. Bu durum göz önüne alınırsa başka sonuçlarla karşılaşılabilir (DSİ, 2018).

Çizelge 2.1, Türkiye'de 2020 yılında tahmini harcanan su miktarını göstermektedir. Çizelgeden de anlaşılacağı üzere termik santraller, imalat sanayii ve belediyeler başta olmak üzere farklı birçok sektörde yoğun miktarda yeraltı ve yüzey suları kullanılmaktadır (Öztürk, 2005). Gelişen dünyada bu durumun artması ve atık suların ciddi problemlere yol açması beklenmektedir.

Çizelge 2.1. 2020'de Türkiye'de Harcanan Suyun Sektörel Dağılımı ve Tüketimleri Miktarları (Tüik, 2020).

Doğrudan kaynaklardan çekilen su miktarı, 2020				**(bin m^3)**
	Toplam	Yüzey suyu	Yeraltı suyu	Deniz
Toplam	**18 238 294**	**3 916 376**	**4 104 754**	**10 217 163**
Belediyeler	**6 491 320**	3 574 184	2 916 585	551
Köyler	**415 642**	3 544	412 097	0
İmalat sanayi işyerleri	**2 599 013**	175 386	448 051	1 975 576
Termik santraller	**8 277 650**	78 852	33 506	8 165 292
Organize sanayi bölgeleri	**182 043**	c	129 704	c
Maden işletmeleri	**272 626**	c	164 811	c

Tablodaki rakamlar, yuvarlamadan dolayı toplamı vermeyebilir.

c Gizli bilgi

Bütün bu etmenler göz önünde bulundurulduğunda, hem karşılaşılabilecek problemleri azaltmak ve hem de halihazırda doğaya bırakılan atık suların daha çok soruna yol açmaması için kullanılan atıksuların kesinlikle arıtılmasına, böylece içeriğinde zararlı kimyasallar olmamasına ve hasta edici organizmalardan temizlenmesine, her açıdan arıtılan atık suların sanayide yan aşamalarda değerlendirilmesine ve böylece tekrar kullanılmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019). Atıksuların bu uygulama şartlarını dikkate alarak istenmeyen maddelerin canlı yaşamını olumsuz etkilemeyecek seviyenin altında tutulması amaçlanmış ve bu doğrultuda çeşitli standartlar oluşturulmuştur (Eroğlu, 2008).

2.2. Atıksuların Kirlenmesinin Başlıca Sebepleri

Su doğası gereği çok yüksek çözücü özelliğe sahiptir. Temas ettiği birçok maddeyi çözebilir ve saflığını kaybeder. Canlıların bu suyu kullanmaları, suyun çözdüğü veya temas

ettiği maddelerin de suyla beraber bünyelerine alınması anlamına gelir. Suyu saflığını bozacak kirleticilerden bazıları şunlardır:

•Canlıların bünyesinden seyreltilerek atılan organik bileşenler
•Doğada bulunan elementler, bileşenler, tuzlar vb.
•Suya karışmış olan mikroorganizmalar; virüs, bakteri, alg vb.
•Element konsantrasyonunun fazla olması
•Suyun ısınması ile çözünürlüğünün artması
•Karbon kökenli olup, insan yapımı kirleticiler (petrol, plastik, boya vb.)
•Farklı tane boyuna sahip, su tabanına çöken gerek askıda kalan gerekse su üstünde yüzen taneler
•Radyoaktif özellik taşıyan enerji potansiyeli yüksek maddeler (Akar, 2000).

Suyu içerisinde bulunan mikroorganizmalar birkaç farklı tür olabilir. Hayvansal kökenli veya bitkisel kökenli olabilirler. Atıksuların içerisinde bulunan besin öğelerini parçalayarak hayatlarını sürdüren hayvansal kökene sahip zooplanktonlar suyun kalitesinin arttığının bir göstergesidir. Zooplanktonlar, bitkisel kökene sahip fitoplanktonlar ile beslenebilirler (Ayres, R.U., 1999).

Hayvansal ve bitkisel kökenli bu canlılar aerobik olarak adlandırılabilir, suyun medeniyetimizde karşımıza çıkan canlıların hayatta kaldığının bir göstergesi olarak kabul edilebilir. Bu canlılar organik maddeleri parçalamak için oksijene ihtiyaç duyarlar (Akar, 2000).

Anaerobik canlılar ise yaşamlarına devam etmek için oksijene ihtiyaç duymazlar. Fermantasyon yaparak hayatlarını sürdürebilirler, bunun için ortamda kullanabilecekleri besin öğelerinin varlığına ihtiyaç duyarlar. Kötü kokuların kaynağı olarak bilinen bu canlılar çürümüş yumurta gibi kokar. Bu koku amin, fosfin ve kükürtlü bileşenlerdir. Oksijene ihtiyaç duymadıkları için besin buldukları her yerde yaşamlarını sürdürebilirler. Okyanusun derinliklerinde suyun kaynama noktasından daha yüksek sıcaklıklarda dahi hidrotermal bacalarda dahi yaşarlar. Çok geniş bir habitat ortamına sahiptirler. (NASA Astrobiology Institute, 2019)

Anaerobik parçalanmanın gerçekleştiği atıksu ortamlarında çürük yumurtayı andıran bir koku oluşur. Bu kokunun ana kaynağı aminler, fosfın ve kükürtlü bileşiklerdir (Öztürk, 1999).

Tekstil endüstrileri, yüksek su tüketimine ihtiyaç duyarlar, bunun asıl sebebi tekstilde kullanılan boyalar ve ürünlerin yıkanmalarıyla suya karışan mikro partiküllerdir. Kaliteli su kullanmak bu sektörde ürünün kaliteli olmasını sağlar, doğal olarak fazla miktarlarda kaliteli suya ihtiyaç duyulur (Judd ve Jefferson, 2003; Schoeberl vd., 2005).

Tekstil endüstrisinde kullanıldıktan sonra su içerisinde çözünen ve askıda kalan partiküller suyu oldukça fazla kirletir. Bu kirlenme sonucunda su tekrar kullanılamaz hale gelir. Suyun içerisinde organik madde artar; su bulanıklaşır, iletkenlik kazanabilir, rengi değişir ve kokar (Nemerow ve Dasgupta, 1991; Terras vd., 1999; Vandevivere vd., 1998).

Atıksular kullanıldıkları yerlere göre farklılık kazanırlar, yerlerin kökenine bağlı olarak büyük farklılıklar gösterir ve bu farklılıklardan arındırmak için farklı metotlar uygulanmalıdır. Son zamanda birçok atölye ve fabrika işletmelerinde; Uluslararası Standartlar Organizasyonu tarafından hazırlanmış olan “ISO 14000” uygulamak zorundadır. İşletmeler ürünlerinin kalitesini arttırmak için kullandıkları suları kirletiyorlar, bu kirli atık suların geri kazanımının sağlanması, atıksuların arıtılması sağlanmalı ve suyun kalitesinin arttırılarak tekrar işletmelerde kullanılması gereklidir (Akar, 2000).

Atıksuların geri kazanılması için uygulanacak yöntemlerin, suyun kökenine bağlı olduğunu unutmamak gerekir, her atıksu aynı yöntemle arıtılmak zorunda değildir. İstenilen kalitede su arıtımı sağlamak yeterli olacaktır. Bu şekilde maliyet azaltılmış olup boşa enerji ve ekipman kullanımından kaçınılmış olunur. İstenilen kalitede su arıtımı için parametreler belirlenmeli ve uygulanmalıdır. Parametreler belirlendikten sonra yöntem seçilerek arıtma işlemi gerçekleştirilebilir.

2.3. Atıksuların Karakterizasyonunda Temel Etkenler

2.3.1. Fiziksel Etkenler

Atıksularda bulunan katı taneciklerin yoğunluğu, suyun sıcaklığına, kokusuna, pH değerine, rengine ve bulanıklığına bakılması atıksulardaki en önemli karakterizasyon parametrelerinden olan fiziksel kirlilik oranlarının öngörülmesini sağlar. Bulanıklık, suyun bulanık görünmesine neden olan askıda kalmış katı partiküllerden ileri gelir, su arıtım yöntemleriyle bulanıklık giderilebilir (Metcalf ve Eddy, 1991; Akgül, 2006). Sudaki bulanıklık (türbidite), mikroorganizmalar, boyar maddeler gibi katı partiküllerin yoğunluğuna dair bilgi verir (Tchobanoglous ve Stensel, 2003). Suyun bulanıklığına sebep olan katı partiküller belli frekanslardaki ışığı absorbe edebilir ya da ışığın dağılmasına sebep olabilir. Suda bulunan askıda kalmış kolloidal partiküller suya gri bir renk vererek su içeriği hakkında bilgi verirken farklı renklerin gözlenmesi suda endüstriyel atık bulunduğunun bir işaretidir. Sulardaki renk oluşumu; metal iyonlarından, organik materyallerden ve boyar madde varlığından ileri gelmektedir. Sadece estetik bir sorun olmayan renk kirliliği aynı zamanda salık açısından da olumsuz etkiler doğabileceğini gösterir (Metcalf ve Eddy, 1991; Akgül, 2006).

Sudaki toplam katı madde miktarını, askıda kalmış patiküller, çözünmüş katılar ve çökebilen katılar oluşturur. Toplam katı madde miktarı, kaba kirleticilerden oluştuğu için fiziksel ayrıştırma yöntemleriyle büyük oranda giderilebilir (Metcalf ve Eddy, 1991). Çökeltme havuzlarında, yer çekiminden yararlanılarak dinlendirilmiş sularda dibe çöken katı ve partiküller filtreden süzdürülme yoluyla sudan uzaklaştırılırlar.

Su içerisinde çözünmüş olarak bulunan bileşenler ileri arıtım yöntemlerinden olan membran sistemlerden geçirilse dahi süzüntü suyuna geçebilirler. Atıksuların deşarj edildiği doğal kaynakları olumsuz etkileyen en önemli parametrelerin başında sıcaklık ve ph gelmektedir. Sıcaklık ve pH sulu ortamların biyolojik ve çözünmüş oksijen ihtiyacını doğrudan etkileyen parametreler oldukları için önemli parametrelerdir. Koku ve tat da atıksularda oldukça etkili parametrelerdendir. Kullanıldıktan sonra arıtılmadan deşarj edilen sular hoş olmayan tat ve kokuya sahiptirler. Bu sebeple tat ve koku da atıksularda incelenen önemli parametreler arasındadır (Metcalf ve Eddy, 1991).

2.3.2. Kimyasal Etkenler

Atıksuyun kimyasal özelliğini; içeriğindeki fosforlu, azotlu, toksik maddeler ve çözünmüş organik maddelerin varlığı ve miktarı ifade eder. Atıksuyun içerdiği KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı), organik maddeler BOİ (Biyolojik Oksijen İhtiyacı), TOK (Toplam Organik Karbon) gibi kimyasal parametrelerle atıksuyun kimyasal özelliği belirlenir (Tchobanoglous ve Stensel, 2003).

Atıksularda bulunan inorganik materyaller, toksik etki yaratmasalar da kirleticilik açısından oldukça etkilidirler. Mineral tuzları, kum ve çakıl gibi materyaller organik bileşenlere örnektir. Önemli inorganik kirleticilerden fenol ve bileşikleri, toksik etki yapmaları nedeniyle biyolojik bozunmayı önemli ölçüde azaltır ve sularda istenmeyen tat ve koku oluşumuna sebep olurlar (Tchobanoglous ve Stensel, 2003). Atıksuların çeşitli parametrelere bağlı olarak farklı oranlarda çözünmüş gazlar bulunmaktadır. Atıksuların arıtımında en önemli faktörlerden olan çözünmüş oksijen miktarı, havayla temas eden atıksu yüzeyinden suya geçer (Özyonar, 2007).

2.3.3. Biyolojik Etkenler

Kullanma ve içme sularının güvenilirliği ve kalitesini ölçmek için bazı bakteriyolojik analizler yapılmaktadır. Tek hücreli ya da çok hücreli hastalık yapısı mikroorganizmaların varlığı, çeşitliliği ve miktarı yapılan bakteriyolojik analizlerle belirlenir. Hastalık yapıcı mikroorganizmalardan en yaygın türler streptekok ve koli basilidir (Tchobanoglous ve Stensel, 2003). Suyun sağlık açısından olumsuz sonuçlar doğurmadan tüketilebilmesi için bakteriyolojik analiz ve ölçümler büyük önem taşır (Tan, 2006).

2.4. Arıtma Yöntemleri

Atıksuların arıtımında etkili sonuçlar veren arıtma sistemleri mevcuttur. Bu sistemlere ait ana başlıklar Çizelge 2.2’de verilmiştir (Tan, 2006).

Çizelge 2.2. Atıksu Arıtım Teknikleri

Fiziksel	Kimyasal	Biyolojik
Izgaralar	Kimyasal çöktürme	**Aerobik Prosesler**
Elekler	Adsorpsiyon	Askıda, yüzeyde, birleşik askıda büyüyen prosesler
Kum tutucular	Dezenfeksiyon	
Yüzdürme sistemleri	Klor ile giderme	**Anoksik Prosesler**
Çöktürme havuzları	Klor ile dezenfeksiyon	Askıda ve yüzeyde büyüyen prosesler
Dengeleme Havuzları	Klordioksitle Dezenfeksiyon	
Gaz transferi, Debi ölçümleri	Brom klorür ile Dezenfeksiyon	**Anaerobik Proses**
		Askıda ve yüzeyde büyüyen prosesler
Mikroelekler		**Birleşik Aerobik, Anoksik ve Anaerobik**
Yumaklaştırma		Askıda, yüzeyde, birleşik askıda büyüyen prosesler
Karıştırma		
Öğütücüler		
Gaz ile sıyırma		**Stabilizasyon Havuzları**
İleri Yöntemler		
Mikroelekler	Kimyasal oksidasyon	Biyolojik Nitrifikasyon/ denitrifikasyon
Uçurma ve gaz ile sıyırma	Ultraviyole ışığı ile kimyasal oksidasyon	Biyolojik denitrifikasyon
İyon değiştirme		Biyolojik nitrifikasyon
Hava ile sıyırma	Kırılma noktası klorlaması	Biyolojik fosfor giderme
Filtrasyon Ultrafiltrasyon Ters Ozmos	Metal tuzları ile kimyasal çöktürme	Aktif çamur-toz aktif karbon
Elektrodiyaliz	Kireç ile kimyasal çöktürme	
Karbon adsorpsiyonu		

Bu arıtım yöntemleri özetle;

•Atıksudaki yüzen, askıda ve çökelen katı partiküllerin sudan uzaklaştırılarak arıtımını sağlayan yöntemler fiziksel arıtım yöntemleridir.

•Suda bulunan metal ve organik materyal gideriminde ayrı ayrı ya da birlikte biyolojik ve kimyasal arıtma yöntemleri kullanılır.
•İleri arıtma sistemleriyleyse biyolojik ve kimyasal arıtma yöntemleriyle giderilemeyen kirlilik etkenleri sudan ayırılır (Anonim, 2018).

Atıksuya uygun arıtma yönteminin seçilmesinde aşağıdaki parametreler etkin rol oynar (Eckenfelder, 2000):

• Giderim Kalitesinin Belirlenmesi: Suyun boşaltılacağı ortama veya endüstriye göre belirlenmiş limitlerin şartlarının bilinmesi gereklidir.
• Atıksuyun Karakterizasyonu: Atıksu içerisinde çözünmüş partikül, kolloidal ve askıda kalmış halde bulunan kirletici unsurların ve inorganik ya da organik materyallerin miktarının tayin edilmesi gerekir.
• Atıksu Giderim İşlemi Maliyeti ve Giderim Yönteminin Uygulanabilirliği: Bir yöntemle ya da birden fazla yöntemin birleştirilmesiyle uygun arıtma yöntemi sağlanabilir. Ancak bu seçeneklerin maliyeti yüksek olabilmektedir. Bu nedenle arıtım yönteminin tasarımında detaylı bir maliyet analizi yapılmalıdır.

2.4.1. Kimyasal Ayrıştırma Yöntemi

Çözünmüş halde suda bulunabilen kirletici etkenlerin birtakım kimyasal işlemler sayesinde sudaki çözünebilme kapasitesi daha düşük bileşiklere dönüştürülmesiyle veya askıdaki maddelerin ve kolloidal maddelerin gruplar oluşturularak çökeltilmesi işlemidir (Anonim, 1991b). Atıksular ile birlikte; moleküllerin kutuplaşması ile suya tutunan maddeler, sudan kaçma eğilimi olan maddeler veya tane boyutu çok küçük olan askıda durabilen maddeler olabilirler (American Public Health Association, 2005). Atıksuda içerisinde bulunan çözünmüş iyonların, sudaki çözünürlüklerinin daha düşük oranlarda olduğu yapılara dönüştürülmesiyle sudan ayrılması, kimyasal olarak çöktürme işlemidir (Akyatan, 2010). Koagülasyon işlemi esnasında oluşan öbeklerin büyük yapılı birlikler (floklar) haline getirilmesi işlemine flokülasyon denir (Aliplik Akın, 2010).

Atıksuların içerisinde askıda, metrenin milyarda biri boyutlarında parçalar olarak bilinen kolloid, kendi halinde çökmesi çok uzun zaman alacaktır. Bilinen metotlar ile

ayrıştırılması çok enerji gerektirir. Bu parçaların ağırlaştırılıp dibe çökmesini sağlamak için koagülasyon ve flokülant adı verilen maddeler kullanılır (Öztürk vd., 2005).

Bu maddeler kullanılarak; inorganik mineraller, nadir de olsa organik mineraller ve bazı elementlerin birleşmesi sağlanır ve daha büyük öbekler oluşturulur. Tane boyu artan maddeler daha rahat çökelir. İnorganik mineraller (Al2(SO4)3 vb.) genellikle koagülasyon kullanılarak çökertilir (Karcıoğlu Karakaş vd., 2012).

2.4.2. Biyolojik Ayrıştırma Yöntemi

Biyolojik ayrıştırma yöntemlerinde; atıksu içinde çözünmüş ya da asıltıda kalmış olan organik materyaller, mikroorganizmalarca parçalanıp, çözünebilen ya da gaz formunda havaya karışan kararlı yapıya sahip inorganik yapılara dönüşür. Bu sayede organik materyaller fiziksel olarak ayrıştırılabilecekleri hücre ve atıklara, mikroorganizmalarca dönüştürülmüş olur. Organik materyallerin doğaya olumsuz etkileri bu sayede inhibe edilmiş olur.

Biyolojik ayrışma yöntemi esas olarak oksijenin kullanıldığı (aerobik) ve oksijenin kullanılmadığı (anaerobik) olarak 2 kategori altında sınıflandırılabilir. Oksijenin kullanıldığı proseslerde oksijen ile birleştirilen mikroorganizma, organik materyalleri bazı basit inorganik tuz formlarına dönüştürür. Oksijenin kullanılmadığı anaaerobik sistemlerde ise mikroorganizma organik materyalleri karbondioksit (CO_2) ve metan gazı (CH_4) formuna dönüştürür. Biyolojik ayrıştırma sistemleri endüstriyel atıksularda bulunan çok miktardaki kirlilik yükünü arıtmada düşük maliyetli ve etkisi yüksek bir yöntemdir (Aliplik Akın, 2010).

2.4.3. Fiziksel Ayrıştırma Yöntemi

Fiziksel ayrıştırma yöntemleri biyolojik ve kimyasal ayrıştırma yöntemleriyle kıyaslandığında kolay bir ayrıştırma yöntemidir. Atıksu yüzeyinde yüzen veya çökebilen katıların bertarafında fiziksel ayrıştırma yöntemleri kullanılır. Fiziksel ayrıştırma elemanları genel olarak; elekler, ızgaralar, kum ve yağ tutucu, dinlendirme havuzu gibi bölümlerden oluşurlar.

Fiziksel ayrıştırma yöntemleri, biyolojik ya da kimyasal ayrıştırma sistemlerinin ön arıtımında kullanıma uygundurlar. Fiziksel ayrıştırma yöntemlerinin kimyasal ya da biyolojik ayrıştırma yöntemlerinin öncesinde ön arıtım olarak kullanıldığı tesislerde, kirlilik yükünün oranı azaltığı için tesisin işletmesinin maliyeti düşer. Ayrıca arıtım tesisine zarar verebilecek kirlilik etkenleri uzaklaştırıldığı için tesis ömrü de uzamış olur (Tchobanoglous ve Stensel, 2003).

Atıksular çöktürme havuzundan geçirildiğinde yüzeydeki kirletici etkenler uzaklaştırılır. Katı formda ve büyük boyuttaki madde ve tanecikler çeşitli gözenek boyutuna sahip ızgaralarda filtrelenerek atıksudan ayırılır. Ön çökeltme havuzu ve kum tutuculardа ise atıksu içerisindeki kum,taş ve çakıl benzeri katı tanecikler uzaklaştırılır. Ön çökeltim havuzlarının yüzeyinde oluşabilecek köpük tabakaları havuz yüzeyinin havayla temasını engelleyebildiğinden debisi yüksek havuzlarda daha yüksek verim alınabilir (Aliplik Akın, 2010).

İlerleyen teknolojilerle birlikte arıtımda, ileri arıtma prosesleri ve membran prosesleri yaygınlaşmıştır. İşletmenin maliyetini, kimyasal ilavesine ihtiyacın azlığı büyük oranda düşürür. Arıtma karakterizasyonunda istenilen standartların sağlanmasında oldukça etkilidirler. Membran kullanımının popülerleşmesinde, mobil olarak taşınabilmeleri ve otomatik sistemlerle uyumlu olmaları esas etkenlerdir (Pak, 2011; Koyuncu vd., 2018).

3.MEMBRAN NEDİR

Membranlar, ayırmanın seçici olduğu ve seçilen maddelerin taşındığı yarı geçirgen zar olarak nitelendirilebilirler. Membranda ayırma işlemi hem membranın kimyasal yapısına hem de membranın fiziksel yapısına göre değişir. Membrandaki diğer itici güçlerden olan kimyasal ve potansiyel farkı, sıcaklık ve basınç farkı gibi etmenlerden de bir veya birkaçı ayırma işleminde rol oynar (Tchobanoglous ve Stensel, 2003). Ayırma mekanizması gözenekli ve gözeneksiz membranlarda farklı işleyiş gösterir. Gözenekli membranlarda yüke, boyuta ve şekle göre işlerken, gözeneksiz membranlarda bu işleyiş difüzyon modeli ve sorpsiyona göredir. Performans ölçümü ise membranlarda akı ve seçicilik değişkenlerine bağlıdır (Aslan, M., 2016). Membranlar, ayırma işleminin ve taşınımın seçici bir şekilde kontrol edilebildiği bariyerler olarak tanımlanabilirler.

İlk olarak deniz suyundan içme suyu eldesi için uygulanmaya başlayan membranlar sonrasında kimya alanına, daha sonraları ise ilaç ve en yaygın olarak da gıda sanayiinde kullanılmaya başlanmıştır.

Membranlar prosesler sıvılarda süzülme ve sıvıların derişik hale getirilmesinden endüstriyel atık suların arıtımı ve yeniden kullanılmasına kadar birçok alanda etkilidirler. Adsorpsiyon, destilasyon, ekstraksiyon ve absorpsiyon, gibi alışılagelmiş tekniklere alternatif bir ayırma teknolojisidir.

Membranların ayırma işlemlerindeki hedefi; karışımlardaki ayırmak istenilen bileşenlerin membrandan geçerken, reddi istenilen bileşenlerin bu zardan geçememesidir.

Membran teknolojiler ayırma ve arıtım gibi alanlarda önemli katkılara sahiptir. Membranların kullanım alanları sadece atık su arıtımından ibaret değildir. Fizikokimyasal proses veya biyolojik proses gibi, birçok ayırma sürecini de içerirler (Ateş, A., 2008).

Membran sistemleri;

• Gazlardan katıları,
• Gazlardan gazları,
• Sıvılardan askıda kalan (çözünmeyen) ve çözünmüş maddeleri,
• Sıvılardan katıları
• Sıvılardan gazları,
• Sıvılardan sıvıları

ayırmak için de verimlidir (Anonim, 1991a).

3.1. Membran Çeşitleri

Günümüzde membran malzemeleri, malzeme özellikleri, gözenek boyutu ve diğer benzer özellikler açısından büyük farklılıklar gösterir. Fiziksel ve kimyasal yapılarında birçok varyasyon vardır. Ancak en temel ve önemli özelliği, ayırmanın ideal olarak işlediği mekanizmalardır. Buna dayanarak, membranlar, yoğunluk ve gözenek boyutu özelliklerine göre ayrılabilir.

Daha uygun membran kategorizasyonu genellikle organik (polimer) ve inorganik (seramik veya metal) olan malzeme bileşimine göre yapılır. Bu malzemelerin içeriğine göre membranların fiziksel yapısı, malzemenin doğasına ve/veya nasıl kullanıldığına bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Membran malzemelerinin üretim yöntemleri, yapıları ve uygulandıkları alanlar Çizelge 3.1.'de gösterilmiştir.

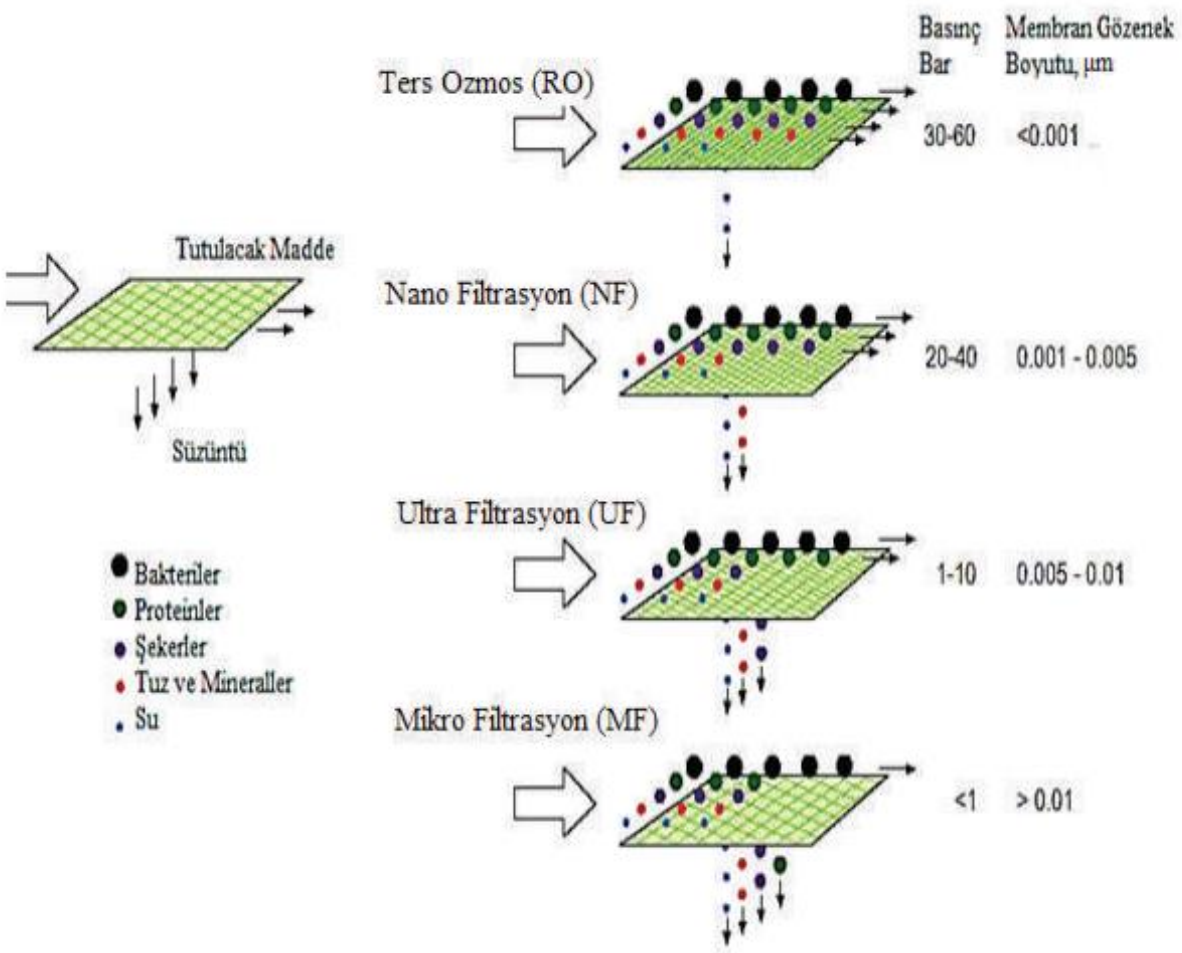
Çizelge 3.1. Membran Materyal Tipleri

Membran	**İmalat Yöntemi**	**Yapısı**	**Uygulamalar**
Seramik	İnce tozların sıkıştırılması ve kristalleştirilmesi	0,1-10 µm	MF, gaz ayrımı, izotop ayrımı
Gerilmiş kristal	Kristal yaprakların kısmen gerilmesi	0,1-1 µm	Steril filtrasyonu, medikal teknolojisi
Oyulmuş Polimer	Asitle oyulmayı takiben radyasyon uygulanması	0,5-10 µm silindirik	Analitik ve medikal kimya, steril filt.
Destekli Akışkan	İnert polimer matriksinde sıvı film oluşumu	Sıvı dolgulu gözenek	Gaz ayrımı, taşıyıcı- ortam transferi
Simetrik Mikrogözenekli	Faz değiştirme reaksiyonları	0,05-5 µm	Steril filt., dializ, membran damıtma
Tam Asimetrik Mikrogözenekl	Faz değiştirme reaksiyonlarını takiben buharlaştırma	1-10 nm	UF, NF, gaz ayrımı
Karma Asimetrik Mikrogözenekli	Mikro-gözenekli membranlara ince film tabakasının uygulanması	1-5 nm	UF, NF, gaz ayrımı
İyon Değiştirici	Polimer materyali	Pozitif ve negatif yük	ED

3.2. Membran Prosesleri

Membran prosesleri, seçici olarak ayırılacak bileşenlerin niteliğine ve bulunduğu duruma göre sınıflandırılabilir. Örnek olarak su arıtımı için membran proseslerinden önerilenler; Ultrafiltrasyon, nanofiltrasyon, mikrofiltrasyon, ters osmoz, elektrodiyaliz, membran distilasyonu, mikrobiyal yakıt hücreleri olarak sayılabilir.

Yoğun membranlarda ayırma, önemli derecede, membrandan geçen bileşenler ile membran malzemesi arasındaki fizikokimyasal etkileşimlere bağlıdır ve en yüksek seçiciliğe sahip ayırma işlemleriyle alakalıdır (Tchobanoglous ve Stensel, 2003). Membran ayırma mekanizması gözenek boyutuna göre boyuta uygun bileşenleri geçirirken boyuttan büyük bileşenleri tutacak şekilde işler. Bu mekanizmanın şekilsel anlatımı Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Membran Mekanizmalarının Gözenek Büyüklüğüne Göre İşleyişi (Smart Membran Solutions Ltd.) (Aslan, M., 2016).

Membran proseslerin uygulandığı alanlardan bazıları aşağıdaki gibi verilmiştir;

- Atık su ve içme suyu arıtımı,
- Acı ve tuzlu sulardan içme suyu eldesi,
- Buhar jeneratörünün ve buhar kazanının besleme suyu arıtımı,
- Deniz suyunun içme ve kullanma suyu için arıtımı,
- Ön arıtım işlemi olarak su arıtım işleminde kullanılması,
- Süt endüstrisinde tuzsuzlaştırmada, yağ gideriminde, ayırma ve arıtım aşamalarında,
- Endüstriyel ve evsel atık suyun arıtım ve yeniden kullanımı,
- Biyoenerji üretimi,
- Kimyasal yumuşatma (sulardaki sertliğin giderimi),
- Organik maddelerin seçilerek giderimi,

- Meyve sularının eldesi ve bulanıklıklarının giderilmesi,
- Gıda endüstrisinde ham maddelerin geri kazanım ve üretimleri,
- Kimya endüstrisi, ilaç sanayii ve biyo teknoloji alanının üretim süreçlerinde derişiklerştirme, üretim veriminin yükseltilmesi,
- Lak kaplamanın daldırma methoduyla atık su arıtımının bir arada uygulanışında optimizasyonunun yapılması,
- Metal içerikli sulardan metalin giderilmesinde,
- Protein içerikli solüsyonların derişikleştirilmesi,
- Gıda sanayiinde glikoz, protein ve maya benzeri bileşen üretimi için besiyeri filtresi ve primer hücrelerin eldesi,
- Alkol endüstrisinde içeceklerin bulanıklığının giderilmesi ve alkolsüzleştirilmelerinde,
- Azetrop karışımlardan bileşen ayırmada,
- Gaz bileşenlerin ayrılmasında,
- Biyogaz üretiminde ve ayrılması,
- Sulardan, atıksulardan ve sıvı solüsyonlardan kıymetli metal geri kazanımı (Aslan, 2016; Özkan, 2007).

Çizelge 3.2. Arıtma proseslerinde kullanılan membran süreçleri ve kullanım amaçları (Ho WSW,1992 /Büyükgüngör H. 2003).

Membran Prosesler	Kullanım Amaçları
Diyaliz	Kandan toksik maddelerin giderimi
Elektrodiyaliz	Tuz giderimi, aminoasitlerin ayrılması, sülfürik asit ve sodyum hidroksit üretimi
Ters Osmoz (RO)	Deniz suyundan içme suyu eldesi, su yumuşatma, nitrat, renk, toplam organik karbon (TOK), ve trihalometan (THM) giderimi
Mikrofiltrasyon (MF)	Askıda katı madde (AKM) giderimi, biyolojik arıtım
Ultrafiltrasyon (UF)	Virüsler ve kolloid partiküller, biyolojik arıtım
Nanofiltrasyon (NF)	Renk giderimi, su yumuşatma
Gaz Yayılımı	Hidrojen geri kazanımı, oksijen azot ayırımı, karbondioksit geri kazanımı, biyogaz işleme
Pervaporasyon	Sudan organiklerin giderimi, sıvı organiklerden suyun uzaklaştırılması
Sıvı Membran	Özel kirletici türlerinin giderimi (Cu, Pb, Zn, fenol, siyanür vb.)

3.3. Membran Proseslerde Avantaj ve Dezavantajlar

Membran sistemleri temelinde kolay bir sistem diyagramı sağlarlar. Kompresör ve pompa harici taşıma gerektiren ekipman fazla bulundurmazlar. Çalışma süreçleri ve sürecin kontrolü oldukça basittir. Farklı ve çok çeşitli sistemlerle kıyaslama yapılacak olursa ekstra ekipmana ihtiyaç duymazlar. Membran sistemlerinin basitliği doğrudan işletilebilir olmaları nedeniyle bakım ve onarımlarında kolaylık getirme opsiyonundan kaynaklıdır. Membran üretimi ayrımı istenilen bileşenler için yüksek seçicilik özellikleri sağlanacak şekilde yapılabilir (Aslan, 2016).

Membran avantajlarından başlıcaları aşağıdaki gibidir:

• Ayırma işlemi devamlı olarak sürdürülebilir.
• Membran özellikleri değişebilir ve şartlara göre ayarlanabilir.
• Enerji tüketimleri düşüktür.
• Kirletici yapı ve kimyası üzerinde etki yapmaz.
• Sistem geniş bir pH ve sıcaklık aralığında çalıştırılabilir,
• Basınç karşısında dirençlidir.
• Kirlilik oluşumunda, kirlilik etkenleri temizlenerek ya da giderilerek yeniden kullanıma alınabilir.
• Farklı membran sistemlerinin bir arada kullanılmasıyla hibrit prosesler oluşturabilirler.
• Boyutlandırılmaları basittir.
• Yardımcı kimyasal maddelere gerek duymazlar.
• Ölçeklendirilmelerinde bir sınırları olmadığı için taşınabilirler.
• Modüler bir şekilde tasarlanabilirler.
• Çıkış suyunun kalitesi oldukça yüksektir.
• Tasarım seçenekleriyle çok yer kaplamalarına gerek kalmaz.
• Çok sayıda ve farklılıkta inorganik madde ve polimerden üretimleri mümkündür.
• Derişimi yüksek bileşiklerde kullanılabilirler.
• Diğer arıtım ve giderim sistemlerine kıyasla daha zararsız materyallerden oluşturulabilirler.

Dezavantajlarından bazıları aşağıdaki gibidir;

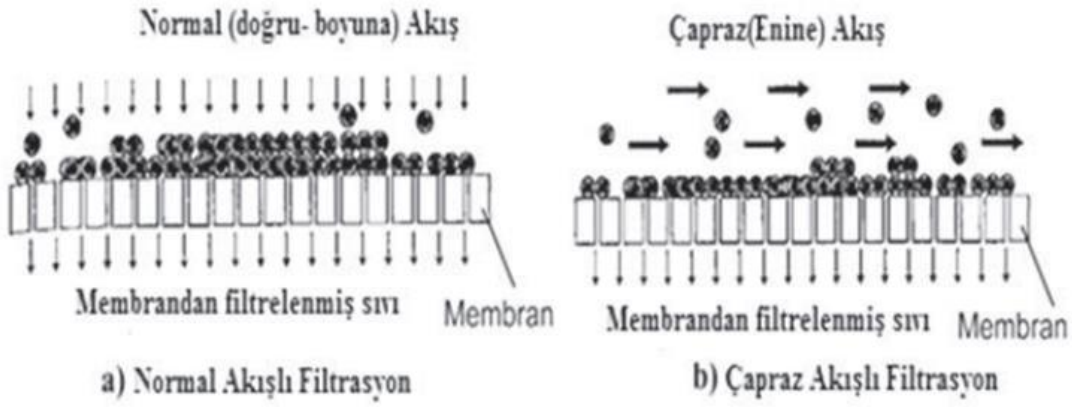
• Membran ömrü düşük olabilir.
• Konsantrasyon polarizasyonu ve membran kirlenmesi oluşabilir.
• Akış hızında ve seçicilikte düşül gözlemlemek mümkündür.
• Membranların üretimi ve pazarlanma maliyeti yüksek olabilir.
• Yüksek sıcaklıkta polimerik membran sistemleri çalıştırılamaz.
• Beslemenin içeriği, akı miktarı ve yoğunluk sebebiyle hızlıca kirlilik oluşabilir ve oluşan kirlilik nedeniyle gözeneklerde tıkanma ve akıda düşüş olabilir.
• Pompalama işlemi dolayısıyla yüksek maliyet getirebilir.
• Ölçekleme faktöründe sınırlamalar çıkabilir.

• Distilasyon gibi geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında işletilmeleri daha zordur..
• Genellikle tek aşamalı sistemler yetersiz kalır.
• Prosese ait çözeltilerle verimin düşmesine sebep olan kimyasal uyumsuzluk bulunabilir.
• Kısa sürede membran değişim ya da temizleme işlemi gerekebilir, bu da ek maliyet getirebilir (Aslan, 2016; Yalçın, 2008).

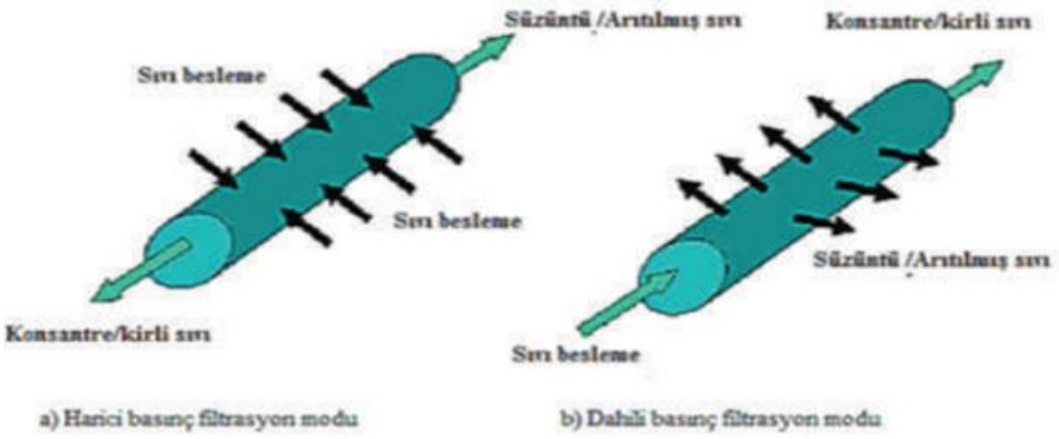
3.4. Membran Sınınflandırma

Çizelge 3.3. Membran Ayırma Donanımlarının Sınıflandırılması. (Aslan, M., 2016).

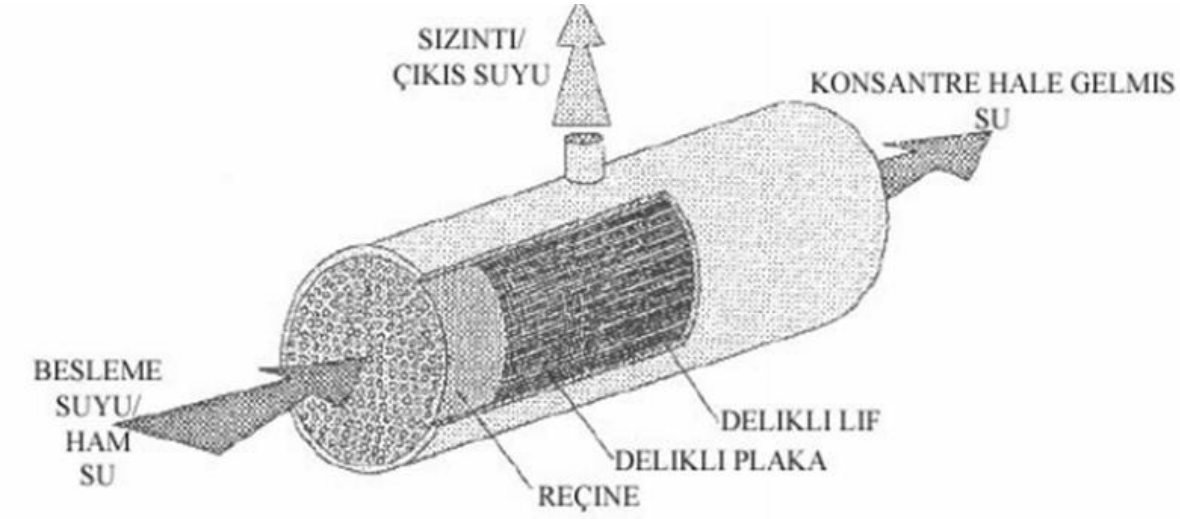
	Sınıflandırma
Filtrasyon Metodu	b)-Normal Akımlı filtrasyon b)-Çapraz akımlı filtrasyon
	a)-Dâhili basınç b)- Harici basınç
Sürücü Basinç Metodu	Pompa ile basınç tipi
	Pompa ile emme tipi
	Su seviyesi farkı tipi
Membran Modüle Tipi	Hallow fiber modülü
	Düz- plaka modülü
	Tupuler modül
	Spiral sargılı modül
Membranin Temizle-me Metodu	Fiziksel Temizleme
	Kimyasal Temizleme



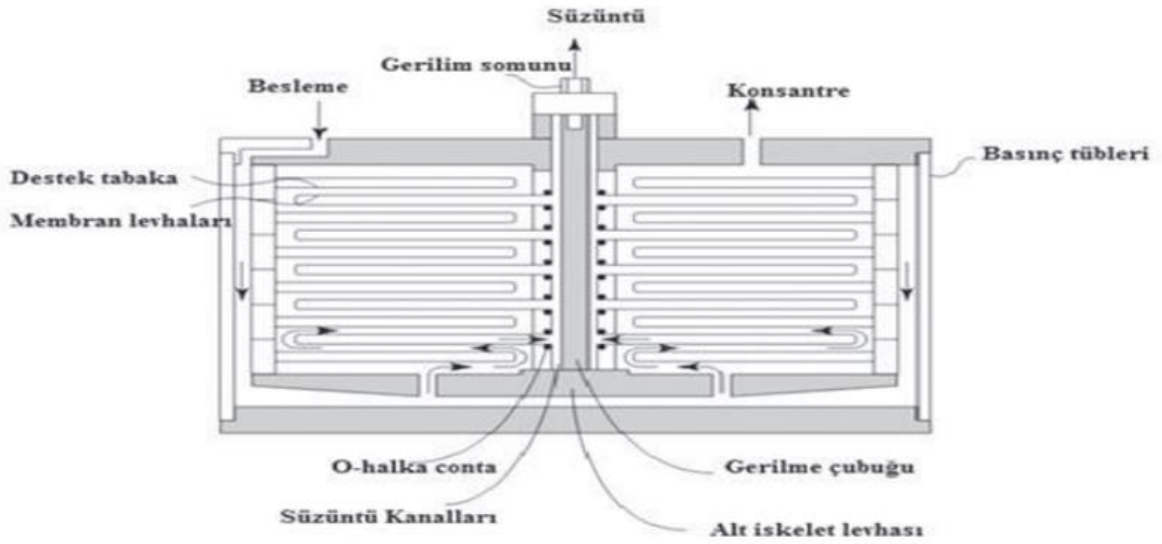
Şekil 3.2. Membran Akış Türlerin Şematik Gösterimi



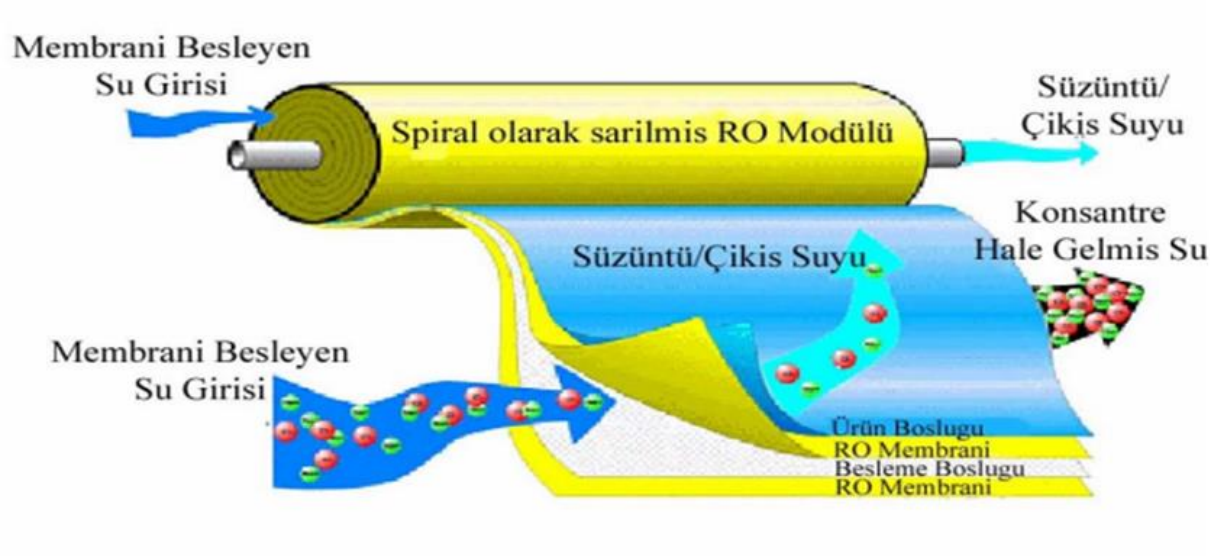
Şekil 3.3. Dâhili ve Harici Basınç Filtrasyon Şekilleri



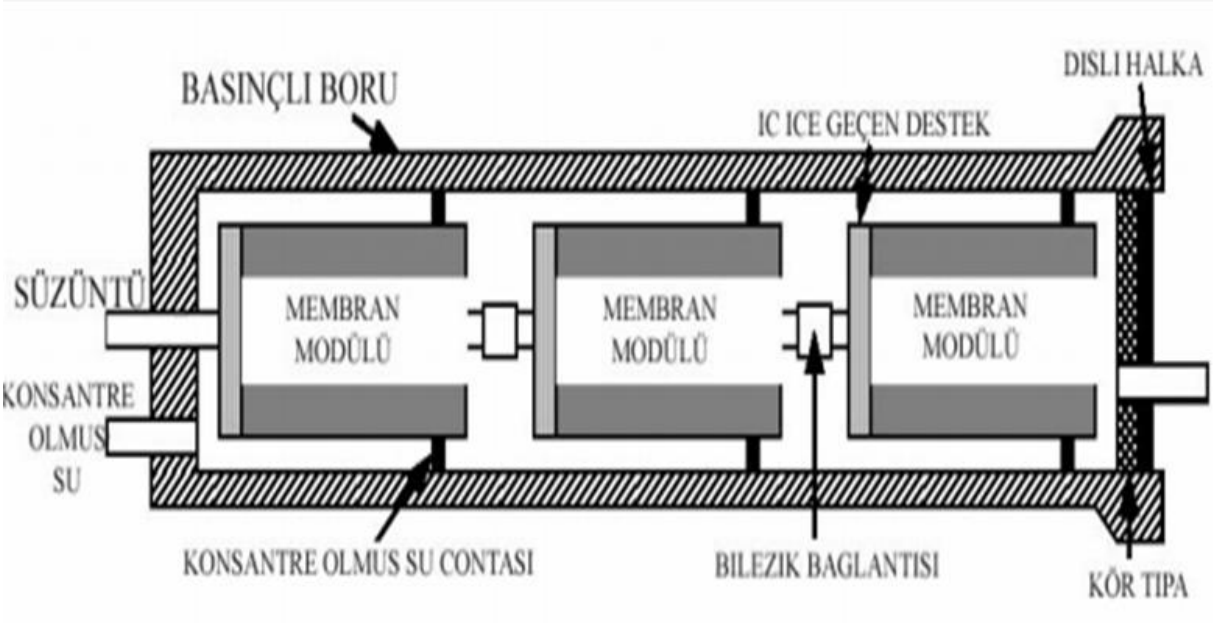
Şekil 3.4. Hollow fiber bir modülün ara kesiti (Ateş, A., 2008).



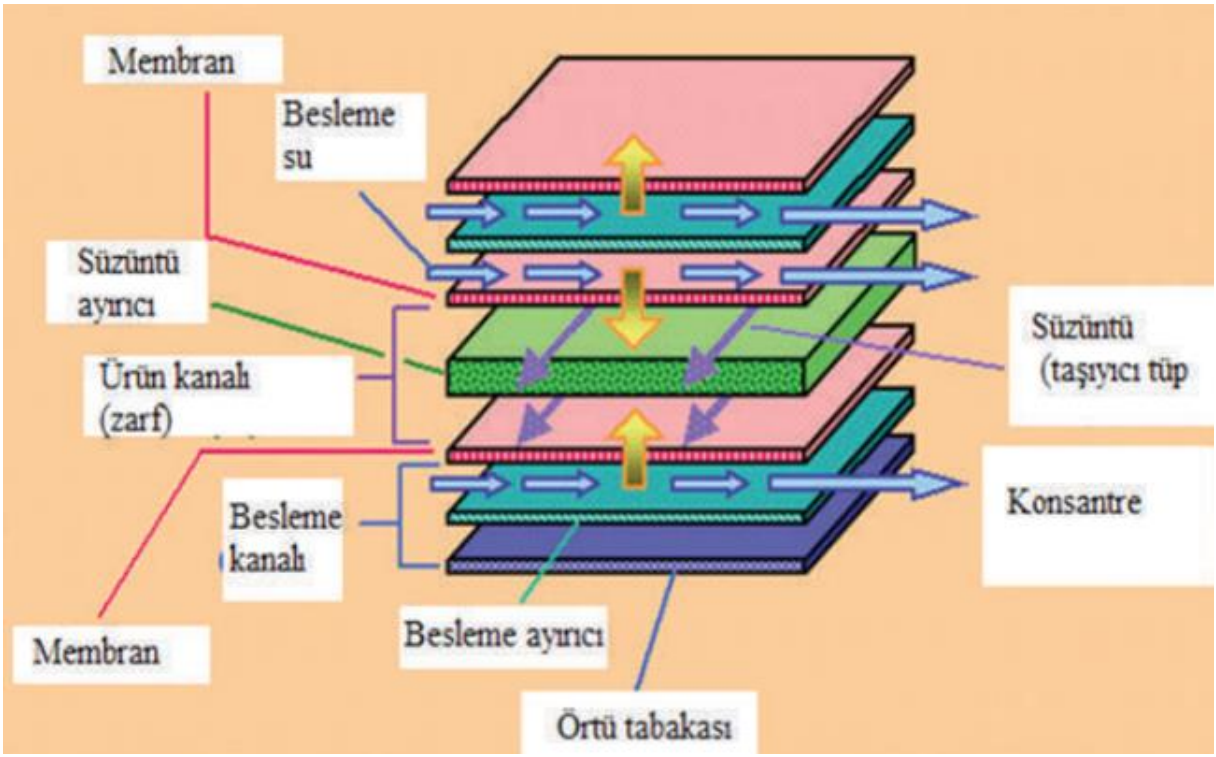
Şekil 3.5. TO Proseslerde Kullanılan Bir Levhasal Modül Örneği (Wang J vd. 2014).



Şekil 3.6. Spiral sarım bir membran



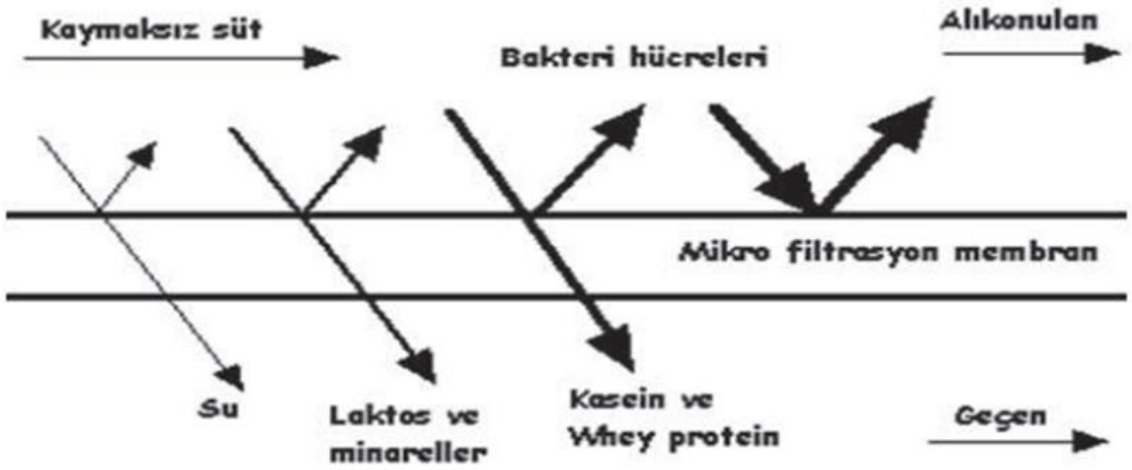
Şekil 3.7. Spiral sarım membran modülleri ve basınç kabı



Şekil 3.8. Tabakalı Spiral Sargılı Modül Örneği

3.4.1. Mikrofiltrasyon (MF)

Basıncın itici güç olduğu membran sistemlerinde en sık kullanılan membran mikrofiltrasyondur. Mikrofiltrasyon (MF) sıvılarda ya da gazlarda mikron ve mikrondan da küçük tanecikleri ayırmada kullanılabilir. Gözeneklerin büyüklüğü 0.1 ile 1.4 µm aralığındadır. "MF 100.000 daltondan daha büyük bir moleküler ağırlık engelleme sınırında (MWCO), yaklaşık olarak 100-400kPa (15-60 Psi) aralığında nispeten düşük basınç uygulamalı bir membran ayırma prosesi olarak tarif edilir" (Aslan, M., 2016) Yaklaşık olarak 0.05 µm ile 2 µm çap aralığında bulunan büyük yapılı moleküllerle ve askıda kalan katıları ayırmakta yeterlidir. Genel olarak nişasta, bakteriler, yağ moleküller, mayalar ve algler ve benzeri partiküller MF sistemiyle giderilebilir.



Şekil 3.9. Mikrofiltrasyon (MF) Membran

Bu membranlar geçirgenlikte seçici özelliğe sahip olduğundan, büyük molekül yapısına sahip organik maddenin yüksek yoğunluklarda saflaştırılabilmesine imkan sağlayan mekanik filtreleme işlemi sunarlar. Metal kaplamanın yapıldığı işletmelerde üretilen mikron boyutu küçük olan partikülleri ayırabilirler. Geçirgenliğin seçici olabilmesi için gereken basınç düşük olursa (0.2-0.5 bar), ayırma işlemi için gereken enerjinin miktarı da düşebilir.

Ayırma işlemlerinde diğer membran süreçleriyle kıyaslandığında mikrofiltrasyon büyük oranda farklıdır. Uygulamada en sık kullanılan türü tek sefer kullanılabilen modül tipidir. Mikrofiltrasyon ile arıtılan çözeltinin hacmi doğrudan suda bulunan tanecik miktarıyla orantılıdır. "Bir kural olarak kritik olmayan bir kullanımda kartuş filtrenin

partikül tutma kapasitesi membran alanının 100-300 g/m2 arasındadır" (Aslan, M., 2016) Bu sayede mikrofiltrasyonun kullanıldığı elektronik atıksu proseslerinde arıtıma uygun sıvı hacminin verimi yüksektir. Ancak gıda endüstrisi atık suları ve kirli yüzeyselsuların arıtımında yeterli verimi sağlamayabilir, mikrofiltrasyona kıyasla ultrafiltrasyonun kullanımı tercih edilmelidir. Ayrıca ultrafiltrasyon membranı kullnılmadan önce atıksuların 5µm'lik filtrelemeden geçebilirler.

3.4.1.1. Mikrofiltrasyona Ait Kullanımlar

• Çözelti içinde farklı boyutlarda dağılan silika ve ya asıltılı çözeltilerden yağ gibi madde giderimlerinde,
• Atık su ve su arıtımında,
• Metal sanayiinin nihai işlem atık çıkış sularının arıtımında,
• Boya tesisine ait atık çıkış sularının arıtımında,
• Ön arıtım işlemi olarak nanofiltrasyon ve ters osmoz sistemleri öncesinde,
• Suyun kalitesini arttırmak için suda bulunabilecek protozoa, alg, virüs gibi canlılarla beraber silt, kum ve yakın büyüklükteki kolloidal madde gideriminde,
• Yapay ya da doğal organik maddenin ayırımında ,
• Tek başına kullanıldığında organik maddeyi az gidermesine rağmen bir ön arıtım işlemi olarak kullanılırsa sentetik ya da doğal madde gideriminde verimli olabilir.

3.4.1.2. Mikrofiltrasyon İçin Membran ve Membran Modülleri

Mikrofiltrasyonda 0,1'den 20 µm boyut aralığına sahip moleküller membran bariyerince tutulurlar. Genellikle borusal ve kapiler membran modülü kullanımı yaygındır. Ayırma işleyişinin mekanizması boyutsal farka dayanır (Aslan, M., 2016).

Çoğunlukla kullanım tipleri aşağıdaki gibidir;

• Selüloz asetat (CA) membranları
• Polisülfan (PS) membranları
• Polieter sülfan (PES) membranları
• Poliakrilonitril (PAN) membranları

• Polivinildin florid (PVDF) membranları
• Polipropilen (PP) membranları
• Polietilen (PE) membranları
• Polivinilklorid (PVC) membranları
• Paliamid (PA) membranları
• Politetrafloroetilen (PTFE) (teflon) membranları

Atık su ve su arıtım sistemlerinde, mikrofiltrasyon modüllerinin sıklıkla hallow fiber, tübüler ve spiral sargılı türleri kullanılır. Membran yüzeyi temizliğinin uzun süre sağlanması kolay olmadığı için modül çeşitlerinde spiral sargılı tipi çok kullanışlı değildir ve tercih edilmez. Modüller arasında spiral sargılıya kıyaslandığında tübüler modül ve hallow fiber modül kullanımları daha yaygın olmaktadır. Nedeni ise hallow fiber ve tübüler modüllerin kullanımında kirletici bileşenleri kontrol etmek spiral sargılıya kıyasla daha kolaydır.

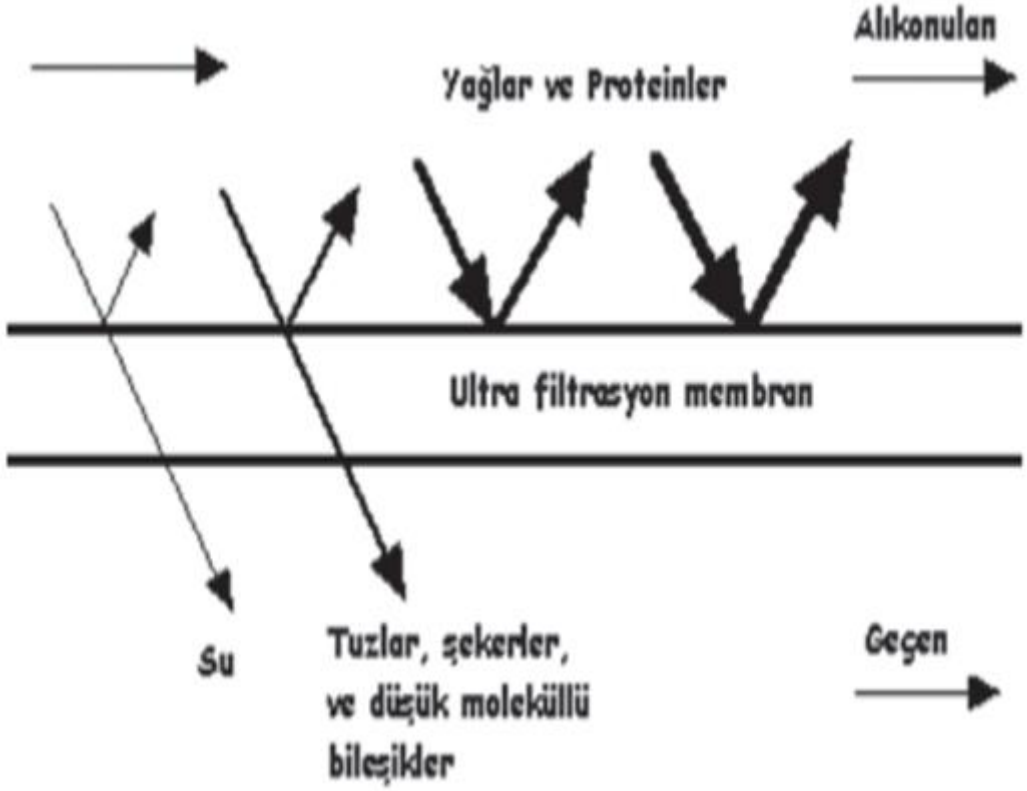
Memran kirlenmesinden sonra, mikrofiltrasyon membran sistemlerine yapılacak 2 çeşit bakımdan sonra süzüntü akısı tekrar sağlanabilir. Bu iki şekilde yapılacak bakımdan biri konsantrasyon polarizasyonu iken diğeri katı kek tabakası etkisinin azaltılmasıdır. Bu bakımların yapılması;

• Yatay yöndeki hızın değiştirilmesi,
• Vorteksli akımların sağlanması,
• Sisteme ses ve titreşim verilmesi,
• Elektrik alanlarının kullanılması gibi yöntemlerler sağlanabilir.

3.4.2. Ultrafiltrasyon (UF)

Ultrafiltrasyon membran sistemleri çalışma prensibi olarak mikrofiltrasyon membran sistemlerine benzerlik gösterir. Ultrafiltrasyonda membranın gözenek boyutunun çapı 0.05-1 nm aralığındadır. Ultrafiltrasyon membranlar üst tabakasının et kalınlığı, 50-250 nm aralığında olan ve seçiciliği ve geçirgenliği yüksek bir alt tabakadan oluşur. Temel filtre işlemi üst tabakada işlemektedir. Alt tabakanın görevi üst tabakaya destek olmaktan ibarettir.

Çözeltideki çözünmüş bileşenleri ve küçük tanecikleri ayırmak için ultrafiltrasyon Membranlar kullanılır (Şekil 3.10.). Ayırma işleminde esas olan faktör moleküllerin boyutsal farkı olsa da moleküllerin şekli ve molekül yükü de ayırma işlemine etki etmektedir. “UF membranlarında, maddelerin tutulma seviyeleri moleküler ağırlık engelleme sınırı (MWCO) ile ifade edilmektedir” (Aslan, M., 2016). Her bir membranın moleküler ağırlık engelleme sınırı membranı üreten firma tarafından bildirilmektedir. Belirli bir moleküler ağırlık engelleme sınırının altında kalan maddeler membran tarafından tutulamaz. Ultrafiltrasyon membranı, moleküler ağırlığı 1000-1000000 aralığındaki maddeleri tutar.



Şekil 3.10. Ultrafiltrasyon (UF) Membranı

Membran bariyer tarafından reddedilen maddelerin derişiminin arttırılması ya da membran bariyerinden geçen sıvının saflaştırılması gibi işlemlerde ultrafiltrasyon membranları kullanılır.

Genel olarak ultrafiltrasyon prosesleri ters osmoz proseslerinden çok daha ufaktır. Standart akış oranları 40-400 m^3/gün aralığındadır. Standart akış oranı olarak verilen bu değer aralığı ortalama bir ters osmoz sisteminin onda biri oranındadır.



Şekil 3.11. 250 m^2 Membran Yüzey Alanlı UF Görüntüsü

3.4.2.1. Ultrafiltrasyona Ait Kullanımlar

• Büyük moleküller, kolloid partiküllerin gideriminde,
• Yalnızca belirli boyutlarda ve ağırlıkta olan moleküllerin filtrelenme işleminde,
• İçeriğinde yağ olan atık suların arıtılmasında,
• Mikroorganizma gideriminde,
• Farklı virüs türlerinin gideriminde,
• Sulara yapılan klor dozlamaları neticesinde oluşan trihalometan (THM) gideriminde,
• İlaç sanayii ve gıda endüstrisinde,
• Evsel atıksu ve endüstriyel atıksuların sterilize edilmesi, temizlenme ve arıtıımasında,
• Süt ve meyve suyu gibi içecek endüstrilerinin üretim aşamalarında,
• Mikrofiltre prosesinin yerine,
• Elektro-kaplama yapılan boya sanayiinde,

• PAS'ın (peynir altı suyunun) arıtılarak tesiste tekrar kullanımında,
• Peynir üretim işlemlerinde,
• Tekstil sanayiinde yün yıkama suyunun arıtılarak geri kazanımında,
• Boya sanayii ile kağıt endüstrisinde,
• Ön arıtım olarak ters osmoz sistemlerinde,
• Deniz suyundan içme suyu eldesinde, ön arıtma olarak ters osmoz işlemi öncesinde kullanılmaktadırlar.

3.4.2.2. Ultrafiltrasyon için Membran ve Membran Modülleri

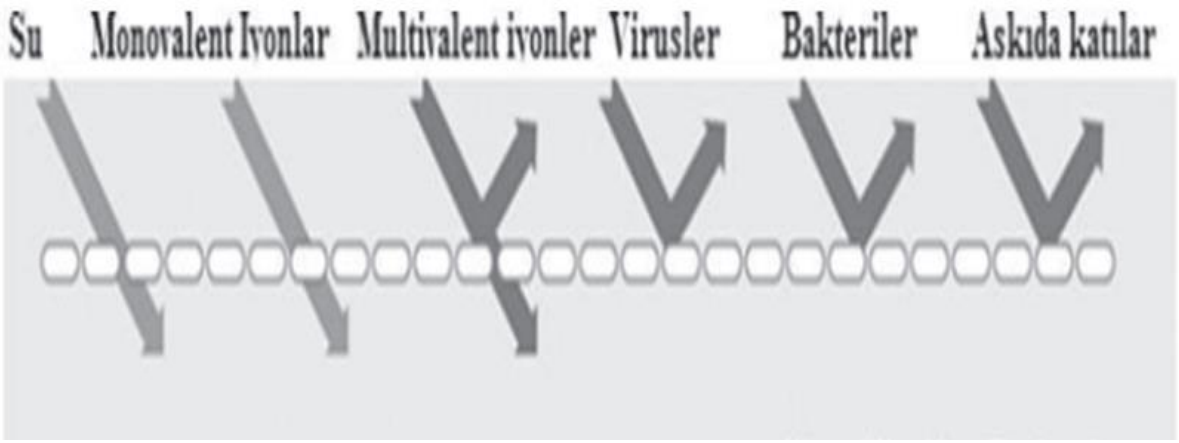
• Selüloz asetat (CA) membranları
• Polisülfan (PS) membranları
• Polieter sülfan (PES) membranları
• Polietilen (PE) membranları
• Poliakrilonitril (PAN) membranları
• Polivinildin florid (PVDF) membranları
• Polivinilklorid (PVC) membranları
• Poliakrilnitril (PAN) kopolimer membranları
• Çeşitli aromatik poliamit (PA) membranları

Konsantrasyon polimerizasyonundan kaynaklanan organik kirlenmenin daha yüzeysel olduğu sistemler mikrofiltrasyon ve ultrafiltrasyon sistemleridir. Ancak kimyasal bağlar nedeniyle iyon ve organik polimer gibi bazı kirletici maddeler arasında bulunan etkileşimden ötürü varsayılandan çok daha fazla kirlenme oranı görülebilir. Membran sistemlerinde ön arıtım amacıyla uygulanan oksidasyon ve koagulasyon benzeri işlemler, gerektiği şekilde öngörülemez ya da uygulanamazsa, membranın yüzey kısmında veya membranın gözenekleri içinde metal hidroksitlerinin oluşumu gözlenebilir.

3.4.3. Nanofiltrasyon (NF)

Ultrafiltrasyon ile ters osmoz ayırma sınırları arasında kalan bölgede ayırma yapan sistem nanofiltrasyondur. Nanofiltrasyon membranları 0.001-0.005 µm'den küçük çapa sahip tek değerlikli iyonları geçirirken, çift değerlikli iyonları geçirmez. Molekül ağırlığı 200-300

aralığında olan organik bileşenleri tutar. Bu membran sistemi geri kazanımı istenilen değerli bileşenleri tutar ve istenmeyen bileşiklerin de giderimini gerçekleştirir. Suda istenmeyen tat, renk ve koku oluşumuna neden olan bileşenlerin gideriminde oldukça iyi etkili bir membran türüdür. Ters osmoz membranlarıyla kıyaslandığında daha düşük basınç değerlerinde çalışmasına rağmen kirlilik oluşturan bileşenlerin çoğunu giderir.

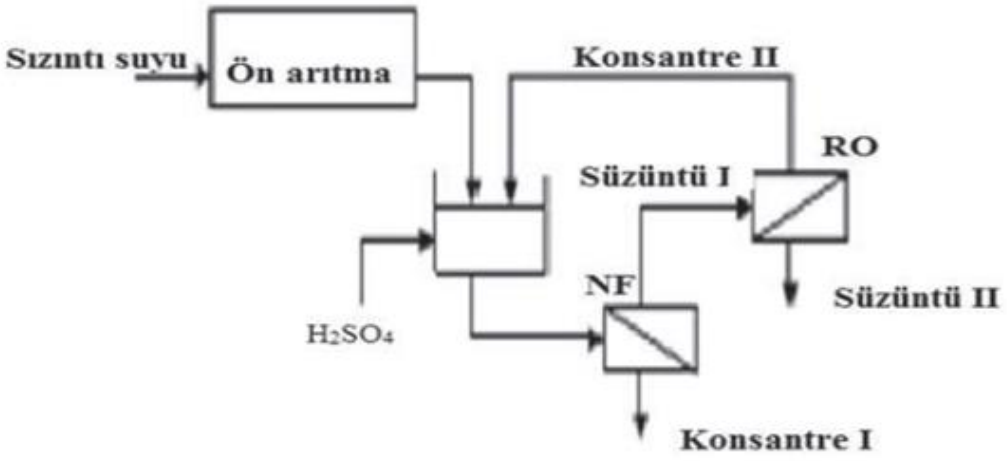


Şekil 3.12. Nanofiltrasyon (Aslan, M., 2016)

3.4.3.1. Nanofiltrasyona Ait Kullanımlar

• Tuzun kısmen giderimi,
• Albümin, sakkaroz ve benzerlerinin yüzeyde tutulmasında,
• Kandaki suyun arıtılmasında, kanın arıtılmasında,
• Peynir endüstrisi tuzlu sularının arıtılmasında,
• Tekstil endüstrisi yıkama sularından toplam organik katı ve renk giderilmesinde,
• Süt sanayii atık çıkış sularının arıtılmasında,
• Eczacılık endüstrisi, gıda endüstrisi ve tekstil endüstrisinde organik maddelerin konsantrelerinin eldesinde,
• Metal endüstrisi atık sularından metal sülfat ve nitratın ayrılmasında,
• Pestisitlerin giderilmesinde,
• Dezenfeksiyon endüstrisi üretiminden çıkan yan ürünlerin azaltılmasında ve gideriminde kullanılır.

Nanofiltrasyonun çıkış suyundaki kirletici miktarını azaltmak için ikincil bir arıtma sistemiyle atıksuya ön işlem uygulanabilir. Bu sistem membranın kirlenmesinin önemli ölçüde önüne geçer. Öte yandan, ikincil arıtma çıkışından nanofiltrasyon sistemine verilen ürünlerin boyutu ayrıştırılmış oldukları için oldukça küçüktür ve membran tarafından tutulmaları daha zordur.



Şekil 3.13. Nanofiltrasyonun Sızıntı Atık Suyunan Arıtımı İçin Uygulanma Şeması (Aslan, M., 2016).

3.4.3.2. Nanofiltrasyon İçin Membranlar ve Membran Modülleri

• Polisülfan (PS) membranları
• Poliamit (PA) membranları
• Çeşitli ince film kompozit membranları

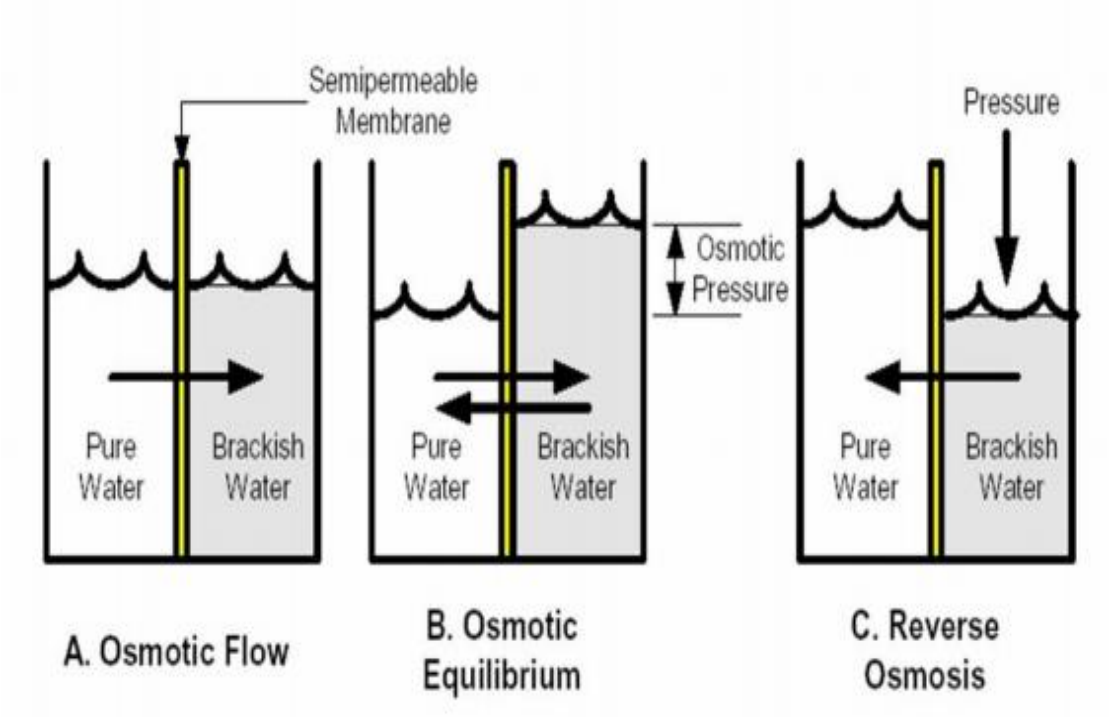
Çizelge 3.4. Farklı Taneciklerin Giderim Veriminin Nanofiltrasyon ve Ters Osmoz İçin Karşılaştırılması

Çözünen Madde		R_{RO}, %	R_{NF},%
Tek değerlikli iyonlar (Na, K, Cl, NO3)		>98	<50
Çift değerlikli iyonlar (Ca, Mg, SO4, CO3)		>99	>90
Bakteri ve virüsler		>99	>99
Mikro boyutlu maddeler	(MW>100)	>90	>50
Mikro boyutlu maddeler	(MW<100)	0-99	0-50

3.4.4. Ters Osmoz (RO)

Çözeltilerde bulunan düşük molekül ağırlığına sahip çözünmüş maddelerin gideriminde ters osmoz kullanılır. Kullanıldıkları ilk dönemlerde hiperfiltrasyon (HF) şeklinde de adlandırılmışlardır.

Osmoz (diyaliz) ile ters osmoz birbirleriyle doğrudan bağlantılı mekanizmalardır. "Normal şartlarda, su, osmotik basınç ile, osmotik denge sağlanana dek, saf su tarafından konsantre çözelti kısmına doğru akar." (Aslan, M., 2016). Ters osmoz proseslerinde, yoğun çözelti tarafına uygulanan basınçla saf suyun az yoğun olan çözelti tarafına geçmesi sağlanır (Şekil 3.14). Suyun akışını, yoğun çözeltinin olduğu bölüme uygulanan basınç sayesinde az yoğun olan çözelti tarafına geçecek şekilde değiştirmek mümkündür. Bu yöntemle giderimi istenilen yoğun ortamdaki kirletici bileşenlerin membran tarafından reddedilerek saf suyun elde edilmesi sağlanabilir. Suyun daha yoğun olan çözeltiden daha az yoğun olan çözeltiye yüksek basınç ile geçirildiği bu işemi ters osmoz (RO) veya hiperfiltrasyon (HF) olarak adlandırırız.



Şekil 3.14. Osmotik basınç ve ters ozmos (Ateş, A., 2008).

Membran sistemleri kıyaslandığında en karmaşık işletme mekanizması ters osmoza aittir. Ters osmoz membranlarının gözeneklerinin çapı 0.1 nm ila 1.5 nm aralığındadır. Nano ölçekli su, bazı virüs ve bazı solventlerin geçmesine izin veren ters osmoz membranları, molekül ağırlığı düşük inorganik ve organik bileşenleri membrandan geçirmez.

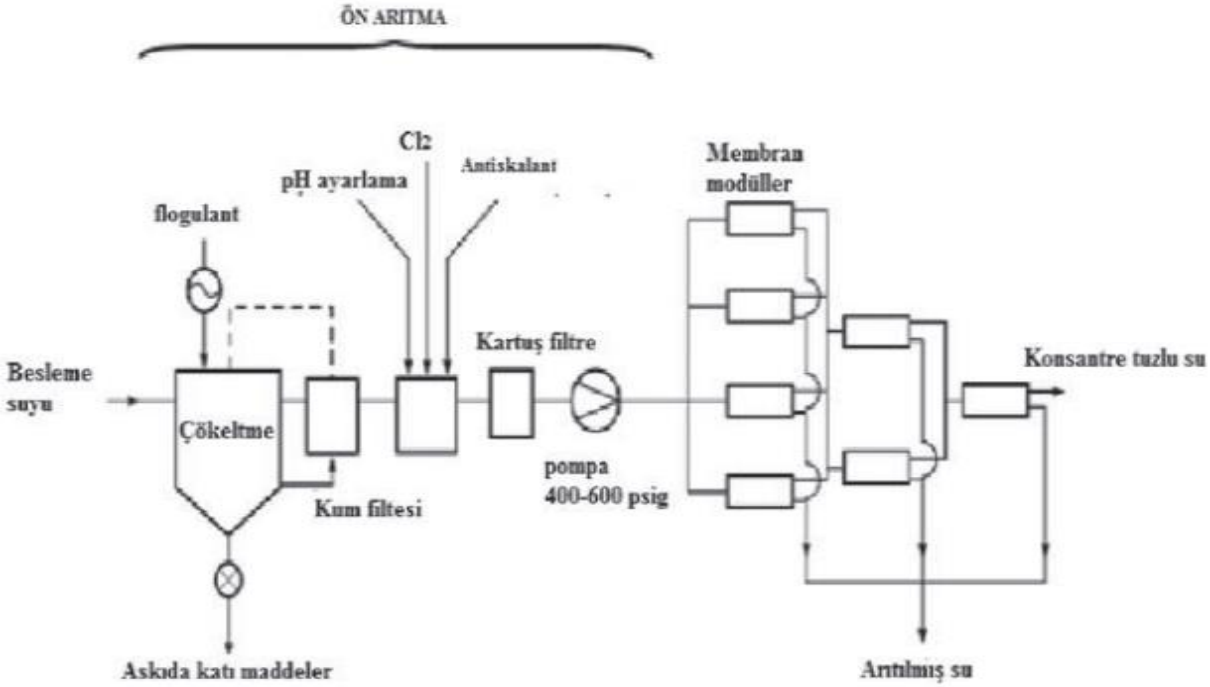
3.4.4.1. Ters Osmoza Ait Kullanımlar

Atıksuların arıtılması ve suyun kalitesinin iyileştirilmesi amacıyla ters osmoz prosesleri kullanılmaktadır. Deniz suyundan tatlı su elde edilerek içme suyu ihtiyacı olan yerlerde ve sularının sertliğinin giderilmesinde ters ozmos sistemleri kullanılmaktadır. Tıp sektöründe ve ilaç sendüstrisinde ters osmozun geniş bir uygulama alanı vardır. Ayrıca kullanılmış suların yeniden kullanımı ve metallerin geri kazanılmasında, meyve suyu gibi bazı kaliteli su ihtiyacı duyan sektörlerde de kullanılmaktadır.

• İçme suyu eldesi için deniz suyu tuzsuzlaştıma ve arıtılmasında,
• Temiz kullanma suyunun ve içme suyunun arıtımında,
• Boyar madde içeren tekstil endüstrisinde rengin giderilmesinde,
• Son işleme sanayinde ve metal kaplama endüstrisinde kullanılan metallerin geri kazanılmasında,
• Mezbahanelerin atık çıkışı suyunun arıtılmasında,
• Gıda sanayiinde,
• Sızıntı suyunun arıtılmasında,
• Kağıt sanayinnde renk içeren maddelerin gideriminde,
• Demir çelik sanayiinde,
• Madencilikte,
• Drenaj sularının tarımda geri dönüşümünde,
• Atıklardaki renklendirici maddelerin tekrar kullanımı için arıtılmalarında,
• Emülsuyonların yağ içeriğinde, kirletici ve boyar madde atıklarının arıtımında,
• Alkolü seyreltmek ya da gidermek amacıyla bira ve şarap endüstrilerinde
• Çözünmüş tuz geri kazanımı amacıyla endüstrilerde,
• İstenilen kalitede su elde ederek sanayi ve çeşitli alanlarda,
• Kazan taşlarının oluşmasını engellemek için buhar kazanlarında,

• Kalsiyum ve magnezyum gibi bileşenlerin giderimiyle suların sertliğinin giderilmesinde,
• Alkollü içecek, meyve suyu konsantresi ve gıda konsantresi eldesinde,
• Mikroorganizma, zararlı bileşen ve toksik madde gideriminde kullanılmaktadır.

Özellikle son yıllarda daha yaygın bir şekilde, içme sularında tat, renk, bulanıklık ve koku oluşumuna sebep olan çözünmüş maddelerin gideriminde ters osmoz yöntemi kullanılmaktadır.



Şekil 3.15. Tipik Bir Acısu RO Tesisinin Akım Şeması (Büyükgüngör, 2015).

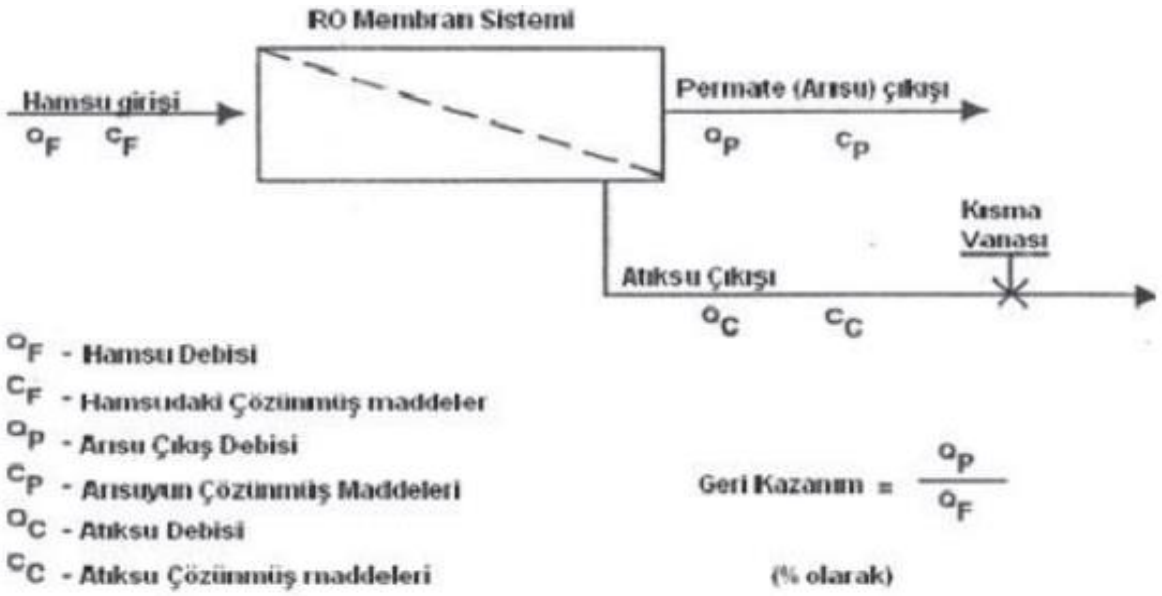
3.4.4.2. Ters Osmoz İçin Membran ve Membran Modülleri

• Selüloz asetat (CA) Membranlar,
• Selüloz triasetat (CTA) Membranlar,
• Poliamit (PA) Membranlar,
• Polisülfan (PS) Membranlar,
• polietersülfan (PES) Membranlar,
• Polivinilklorür (PVC) Membranlar,

• Polivinilidinflorür (PVDF) Membranlar,
• Kompozit membran olarak isimlendirilebilirler.

Yaygın kullanılan modüller ise;

• Spiral sargılı modül,
• Tübüler modül,
• Hollow fiber modül,
• Levhasal modüller olarak belirtilebilir.



Şekil 3.16. Ters Ozmoz Sistemi Tanımlaması (Aslan, M., 2016).

4. TIBBİ MASKE ENDÜSTRİSİ

4.1. Tıbbi Maskenin Tarihçesi

Tıp tarihçileri tarafından tarihteki tıbbi amaç ile kullanılan ilk maskenin kuş gagası şeklinde tasarlanan maske olduğu kabul edilir. Bu maskeler genellikle hekimin vücudunda açık yer bırakmayacak biçimde, kimi zaman deriden kimi zaman da mumyalanmış bir kumaş türü (kanvas) kullanılarak yapılırlardı. Bu gaga şeklinde maske bir elbisenin parçası şeklinde göze çarpmaktadır. Bu kıyafet, 1656 Vebası sırasında veba doktorları tarafından giyilmiştir.

İngiliz cerrah olan Joseph Lister, 1867 yılında, yara hastalığının, Louis Pasteur'ün tarif ettiği mikroskobik olarak küçük canlıların mikroplarından kaynaklandığını öne sürdü. Joseph Lister, mikropları ortadan kaldırmak için antisptik maddeler kullanmayı önerdi. Fakat 1880'lerdeki cerrahlar mikropların yaralara girmesini durdurmak amacıyla asepsi yöntemini geliştirdiler. Fakat bu riskli bir yöntemdi. Çünkü mikroskobik canlılar ellere, aletlere, kıyafetlere her yere bulaşıyorlardı.

Mikuciz, 1897'de "ağzı, burnu, yüzü ve sakalı kapatacak şekilde süpüren ve kapağa iki iple bağlanan bir gazlı bez parçası" olarak tanımladığı bir maskesi takmaya başladı. Yüz maskesi, mikropları kimyasal yöntemlerle öldürmek yerine onları uzak tutmayı hedefleyen bir stratejiydi.

1935 yılında Avrupa ve ABD hastanelerindeki ameliyathanelerdeki çoğu cerrahların maske kullandığı belirtildi.

Grip salgını ve veba gibi hastalıklarda yüz maskelerinin kullanımı tıbbi çalışanları, hastaları ve sağlıklı bireyleri bulaşıcı hastalıklardan korumanın bir aracı haline getirildi. Zamanla maske takan kişiyi enfeksiyona karşı koruduğu anlaşıldı.

Tıbalanındaki gelişmeler, tıp uygulama ve teknolojilerinin gelişmesiyle beraber doktorların kullandığı maskeler değişmiş ve gelişmiştir (Strasser, 2020).

Tıbbi maskeler boyar madde içermesi ve giyilebilir olmaları nedeniyle tekstil endüstrisi başlığı altında kategorize edilebilirler.

4.2. Tekstil Endüstirisinin Tıbbi Maskeler ile İlişkisi

Teknolojinin gelişmesiyle beraber gelişen tıbbi tekstil, cerrahi alanda kullanılan kıyafet ve cerrahi malzemelerin, sargı bezlerinden, damar greftlerine ve yapay organlardan birçok farklı üründe kullanılırlar. Tıbbi tekstil sektörü, içinde bulunduğumuz dönemin şartları göz önüne alındığında tekstil sanayiindeki hızla gelişen önemli bölümlerinden biri haline gelmiştir.

Cerrah Giysileri: Ameliyatlarda kullanılan önlükler, günümüzde her alanda kullanılan tıbbi maskeler, boneler ve galoşlar cerrahi giysilerdendir. Bu giysiler hijyen açısında büyük önem arz ettikleri için genellikle tek kullanımlıktırlar. Cerrahi giysi üretim sektöründe en çok tercih edilen kumaşlar genellikle; pamuk/polyester karışımı, polyester, polyester/karbon karışımı, spunlace-spunbond ve pamuk türü materyallerdir (Ersoy vd, 2015).

Çizelge 4.1. Tıbbi Tekstillerin Sınıflandırılması (Duran vd, 2015).

Lif Tipi	Kumaş Yapısı	Uygulama Alanı
Pamuk, viskoz, liyosel, aljinat, kitosan, ipek	Dokusuz yüzey	Emici ped
Pamuk, viskoz, liyosel	Dokuma, örme, dokusuz yüzey	Yara temas tabakası
Pamuk, viskoz, liyosel poliamid, plastik filimler	Dokuma, dokusuz yüzey	Taban malzemesi
Elastomerik, Pamuk, viskoz, liyosel	Dokuma, örme, dokusuz yüzey	Basit elastik olmayan ve elastik olan bandajlar
Elastomerik, Pamuk, viskoz, liyosel	Dokuma, örme, dokusuz yüzey	Yüksek takviyeli bandajlar
Elastomerik, Pamuk, viskoz, liyosel, polyester	Dokuma, örme,	Kompresyon bandajları
Pamuk, viskoz, plastik filimler, poliüretan, polyester, cam	Dokuma, dokusuz yüzey	Ortopedik bandajlar
Polipropilen	Dokuma, örme, dokusuz yüzey	Yara bandı
Pamuk, viskoz, liyosel, aljinat, kitosan,	Dokuma, örme, dokusuz yüzey	Yara bandı, gazlı bez
Pamuk, viskoz, selülozik(kağıt hamuru), polilaktik, poliglikolid	Dokusuz yüzey	Vatka veya tela formundaki tıbbi malzemeler
Karbon	Spunlaid, dokusuz yüzey	Yapay damar ya da organ
Kolajen, poliglikolid, polilaktik, polyester, poliamid, polipropilen	Örgülü, mono-flament	Biyobozunur dikişler
Polietilen, polyester, kolajen, ipek	Örgülü, mono-flament	Biyobozunur olmayan dikişler
Poliamid	Dokuma, örgülü	Yapay tendon
Polyester, karbon, kolajen, düşük yoğunlukta polietilen	Örgülü	Yapay kıkırdak ve yapay bağlar
Kitin, polimetilmetakrilat	Dokusuz yüzey	Yapay deri
Slikon, kolajen, polyacetil,	Dokusuz yüzey	Kontak lens ve yapay kornea
Polietilen	Dokusuz yüzey	Yapay eklem ve kemik

Kaynak: *Akter ve Diğerleri; European Scientific Journal, 2014*

Endüstri destekli araştırmalar, sentetik maskelerin, eski geleneksel pamuklu yeniden kullanılabilir maskelerden daha faydalı ve kullanışlı olduğunu buldu. 1975 yılında, son çalışmalardan birinde, yazar, dört katlı pamuklu muslin'den yapılmış yeniden kullanılabilir maskenin popüler maskeden daha avantajlı olduğu sonucuna varmıştır.

İyi bir maske tasarımında pamuklu kumaşlardan tasarlanan maskenin sentetik kumaşlardan tasarlanan maske kadar etkili olabileceği anlaşıldı. Bazı araştırmalar, yeniden kullanılabilir maskelerin yıkanmasının, belki de maskelerin liflerini sıkılaştırarak bakteri filtreleme verimliliğini artırabileceğini öne sürdü (Strasser, 2020).

4.3. Tekstil Endüstrisi

Tekstil ürünlerinin üretildiği ve tasarlandığı endüstri tekstil endüstrisidir. Bu sektörün varlığının öne çıktığı ilk dönemler sanayii devrimine dayanır. Tekstil ürünlerinin yaygınlaşması 1700'lü yılların sonlarında, gelişen iplik eğirme yöntemiyle birlikte öne çıkmıştır (Yılmaz vd., 2015).

4.4. Tıbbi Maskelerin Materyalleri

Tıbbi (cerrahi) maske olarak içte polipropilen "spunbond nonwoven" kumaş, orta katta polipropilen "meltblown nonwoven" bir kumaş, en dışta ise yine polipropilen "spunbond nonwoven" kumaş bulunan üç katlı, üretimi ve kontrolleri EN 14683 standardına göre yapılmış olan tıbbi maske seçilmiştir (Kalkancı vd., 2021).

Kumaş maskelerin üç kez partikül geçirme özelliği test edilmiştir. Bunlar yıkanmadan önce, 10 kez yıkandıktan sonra ve cerrahi maske ile birlikte kullanıldığı durumlardır. Sonuçlarda yıkamanın etkisi, kumaşların birbirlerine üstünlük durumları, çift maske kullanımının tek maske kullanımına göre üstünlüğü gibi durumlar gösterilmiştir (Kalkancı vd., 2021).

Yıkama işlemi 40°C suda, standart çamaşır deterjanı ile kimyasal kullanmadan, 50 dk boyunca, uygulanmıştır. Aerosol yakalama yüzdesinin kontrolü olarak, respiratör denilen, aerosol büyüklüğündeki partikülleri en az %95 oranında tutması gereken N95/FFP-2 maskeler kullanılmıştır (Kalkancı vd., 2021).

Çizelge 4.2. Maske İçeriğine Göre Partikül Tutma Yüzdesi (Kalkancı vd., 2021).

MASKE NİTELİĞİ	**PARTİKÜL TUTMA YÜZDESİ (VERİMLİLİK)***		
	Yıkanmamış	**10 kez yıkanmış**	***p* değeri**
%100 saf ipek	9,1	15,5	0.2448
%80 ipek+%20 polyester	53,5	14,5	0.001
%100 saten	7,8	5,1	0.6189
%100 polyester	51,9	7,6	0.001
%100 pamuklu	26,2	46,1	0.03
%100 bambu	30,5	41,1	0.1203
%50 polyester+%50 pamuklu (alpaka)	14,7	32,6	0.004
Tıbbi maske	18,2	*p*=0.0262*	-
Çift tıbbi maske	31,6		-
N95/FFP-2 respiratör	99,7	-	-

5. EL DEZENFEKTANI ENDÜSTRİSİ

Tıbbi uygulamada belirli bir yüzeyin ya da ortamın mikroorganizma bakımından temiz hale getirilmesi işlemine dezenfeksiyon adı verilir. Fakat mikroorganizmaların farklı formlarda bulunabilmesinden dolayı ve bu işlemin uygulandığı bölgeler çeşitlilik arz ettiğinden, dezenfeksiyonun farklı formları tanımlanmıştır.

Bir ortamda mikroorganizmaların ve mikroorganizmaların sporlarının da yok edilmesi işlemine sterilizasyon denir. Cansız ortamlarda ve cansız yüzeylerde mikroorganizmaların hastalık yapıcı etkenlerinin yok edilmesine dezenfeksiyon denir. Fakat dezenfeksiyon sırasında mikroorganizmaların sporları işlemden etkilenmez, yüzeyde kalır. Vücut yüzeylerinin mikroorganizmalardan arındırılması işlemine ise antisepsi denir.

Dezenfeksiyonda kullanılan bir madde vücut yüzeylerinin mikroorganizmalardan arındırılması için uygun olmayabilir. Genellikle vücut yüzeylerinin mikroorganizmalardan arındırılması, vücut yüzeylerinin olumsuz etkilenmemesi için biyolojik ortamlarla uyumlu, hijyen gücü daha düşük olan ürünler kullanılır. Özellikle el bölgesinin mikroorganizmalardan arındırılması için kullanılan ürünlere el veya cilt dezenfektanı adı verilebilir.

5.1. Tüm Dezenfektanlar ve Antiseptikler

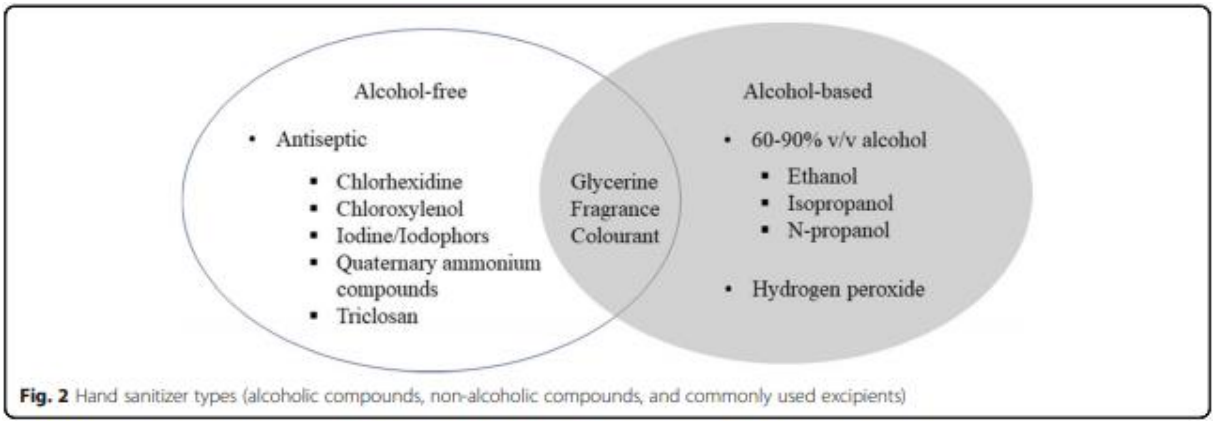
Ortamda kan, balgam, vücut sıvıları gibi organik maddelerin varlığında antibakteriyel özellikleri azalır. Sulandırıldıkları durumlarda en az 24 saat boyunca etkilerini kaybetmezler. Çevreye ve sağlığa zarar vermezler (Nakipoğlu ve Gürler, 2004).

Çizelge 5.1. Dezenfektan Preparatları İçin Önerilen Temas Etme Süreleri ve Tavsiye Edilen Konsantrasyon Yüzdeleri (Nakipoğlu ve Gürler, 2004).

Preparat adı	İçerik	Konsantrasyon	Temas süresi
A.Yüzey dezenfektanları			
Desam OX	Hidrojen peroksit, kuaterner amonyum bileşikleri	% 1	60 dakika
Desam extra	Didesildimetilamonyum klorür, alkildimetilbenzilamonyum klorür	% 1	60 dakika
Cloramin B	Benzensulfokloramid	% 2	30 dakika
Chloramix DT	1-monoatrium-3,5-dikloro-s-triazin-2,4,6-trion	5 tablet/ 8 litre su	30 dakika
Dikonit	1-monoatrium-3,5-dikloro-s-triazin-2,4,6-trion	% 0.3	30 dakika
Savo prim	Sodyum hipoklorit	% 3	30 dakika
Antiseptica combi spray	Etanol, 1-propanol	Sulandırılmaz	5 dakika
Predex CD 40	Kuaterner amonyum bileşikleri	% 2	20 dakika
Predex D220	Alkol	Sulandırılmaz	15 dakika
B.Alet dezenfektanları			
Chirosan	Sodyum peroksaoborat,TAED	% 0.8	15 dakika
Chiroseptol	Glioksal, glutaraldehit	% 1 % 10	60 dakika, (sporlara karşı) 6 saat
Desco drill Bohrerbad (dişhekimliği)	Kokospropilenendiaminguanindiasetat	Sulandırılmaz	15 dakika (sporlara karşı) 120 dakika
Perfektan endo	Kokospropilenendiaminguanindiasetat	% 1	60 dakika
C. Antiseptik preparatlar			
Prosavon	Klorheksidin,triklosan	Sulandırılmaz	30 saniye
Septoderm spray	Etanol, 2-propanol	Sulandırılmaz	Kuruyuncaya kadar
Predex HS 550	Sodyum laureth sulfat	Sulandırılmaz	1 dakika

5.1.1. El Dezenfektanı

El antiseptiği olarak da bilinen el dezenfektanı ellere uygulanan bir üründür. El dezenfektanlar genellikle köpük, jel veya sıvı olarak bulunur. El dezenfektanları sabuna alternatif olarak ortaya çıkmıştır (Chandarana vd., 2022).



Şekil 5.1. El Dezenfektanı Türleri (Chandarana vd., 2022).

5.1.1.1. El ve Cilt Antiseptikleri için Kriterler

Miko bakterilere ve vejetatif bakterilere etkisi araştırılmalıdır. Antiseptiklerin uygulama süreleri 15 saniye ile 3 dakika arasında bittiğinden, uzun temas süresi gerektiğinde, sporlara karşı etki göstermesi beklenilmemektedir.

Cildde tahrişe sebep olup olmayacağı kullanım öncesinde gerekli alerji testlerinin yapılması ile kontrol edilmelidir (Nakipoğlu ve Gürler, 2004).

5.1.2. Alkoller

Bilimsel anlamda 1800'lü yıllardan sonra kullanılmaya başlanmıştır. Yapılan çalışmalar doğrultusunda, %50-70'lik alkol çözeltilerinin elde bulunan bakterilerin inhibe edilmesi ve öldürmesinde başarı gösterdiği bulgulanmıştır. Bu amaçla, etanol, izo ve n-propanol tercih edilir (Albay, A., 2005).

Çizelge 5.2. El Dezenfektanlarının Antimikrobiyal Spekturum ve Etki Süreleri (Albay, 2005).

Tablo 1. El antiseptiklerinin antimikrobiyal spektrum ve etki süreleri.

Grup	Gram-pozitif	Gram-negatif	Mikobakteriler	Funguslar	Virüsler	Etki hızı
Alkoller	+++	+++	+++	+++	+++	Hızlı
Klorheksidin	+++	++	+	+	+++	Orta
İyodin bileşikleri	+++	+++	+++	++	+++	Orta
İyodoforlar	+++	+++	+	++	++	Orta
Fenol türevleri	+++	+	+	+	+	Orta
Triklosan	+++	++	+	-	+++	Orta
Kuarterner amonyum	+	++	-	-	+	Yavaş

+++: Mükemmel etkinlik, ++: İyi etkili ancak tüm bakterileri kapsamaz, +: Vasat etkili, -: Etkisiz.

5.2. Covid-19 ile El Dezenfektanı Arasındaki Bağlantı

Virüsler DNA ve RNA gibi genetik materyaller içerirler. Virüsler kapsid adı verilen bir protein kılıf tarafından korunur.

Virüsitler, virüs üzerinde öldürücü etki yapan maddeler ya da kimyasallardır. Virüslerin protein kılıfına zarar verdiğini düşünülmektedir. Virüsitlerde yaygın olarak kullanılan madde N-Propanol'dür. El dezenfektanları genelde izopropil alkol içerir. WHO, 'alkol bazlı el dezenfektanları için' 2015 yılında etanol için %80 konsantrayon ve izopropil alkol için %75 konsantrasyon önermiştir (Chandarana, 2022).

6. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Kurt vd, dokuma endüstrisinde boya yıkama işleminde ayrılan atık suların KOİ ve tuz giderimi için ters osmoz (RO-XLE) ve nanofiltrasyon (NF270) membranlarını kesikli konsantre geri dönüşümlü ve sürekli konsantre geri dönüşümsüz olmak üzere 2 farklı süreçte incelemişlerdir. İncelemelerinde KOİ, renk ve iletkenlik değerlerini anlık akıyla ilişkilendiren ampirik bir denklem elde etmişlerdir. Çalışma sonucunda tekstil atık suları için yüksek KOİ, iletkenlik ve renk giderimi verimi elde ederek, yüksek oranda kirlenmiş boya yıkama atık sularının geri dönüşümünde membranların kullanımının uygun olduğunu öngörmüşlerdir (Kurt vd, 2012).

Puszczalo ve Marszatek, şekerleme fabrikası atık suyunu DK, TS40, NF270 ve NP010 olmak üzere düz levhasal nanofiltrasyon membranları ile arıtımını çalışmışlardır. Çalışma sonucunda Dow Filmtec firmasına ait NF270 membranının en yüksek süzüntü kalitesini (KOİ giderim verimi %98,7) verdiğini gözlemlemişlerdir. Nf proseslerde arıtımı sonrası atık suların doğal bir alıcıya deşarj edilebileceğini öngörmüşlerdir (Puszczalo ve Marszatek 2019).

Thamaraiselvan vd., altı farklı Nf membranı kıyaslamak amacıyla 3 farklı tekstil boyasını (AB 1, AR 87 ve BG 4) 2000 ppm NaCl çözeltisinde, 3, 7 ve 10 pH' da incelemişlerdir. Çalışmada kullanılan membranlardan sadece NF270 en verimli şekilde 78,07 ile 114,80 $Lh^{-1}.m^{-1}$ arasında değişen yüksek akışla %56-70'e varan boya atık suyundan tuzlu su geri kazanımı yapabilmiştir. Ayrıca düşük pH tuzlu su geri kazanımını arttırmıştır (membran yüzeyindeki pozitif yükün artması ile) (Thamaraiselvan vd, 2017).

Racar vd., işletme tesislerinin atık sularını arıtmak ama UF ile ön işlem uyguladıkları, NF ve TO sistemlerini incelemişlerdir. Çalışmada uygulanan ön işlem olan ultrafiltrasyon işlemini düz levhasal olarak ve hollow fiber olarak uygulayarak membran kirlenmesine etkisini gözlemlemeyi amaçlamışlardır. Hollow fiber UF ön arıtım sistemi akı düşüşünü NF270'de %67, NF90' %1,6 ve XLE' de %38 azaltırken; düz levhasal UF ön arıtım sistemi akı düşüşünü NF270' %72,4, NF90' da %50,1 ve XLE' de %68,1 olarak ölçmüşlerdir. Bu çalışma NF270 ve XLE membranlarının NF90 membranına kıyasla daha düşük membran

kirlilik direnci gösterdiğini ortaya koymuştur. En yüksek kalitede süzüntü akısı ise XLE membranından elde edilmiştir (Racar vd., 2019).

Gozalvez-Zafrilla vd. çalışmalarında İspanya bölgesinden bi pamuk ipliği fabrikasının biyolojik olarak arıtılmış atık suyunu kullanmışlardır. UF/NF ve NF olarak iki farklı NF sisteminde çalışmışlardır. Dow-Filmtec firmasına ait NF90, NF200 ve NF270 membranlarını dört farklı basınçta, süzüntü akısı, tuz tutma ve KOİ giderimi yönünden incelemişlerdir. %99 KOİ giderimi ve %75-95 tuz reddi ile NF90 en yüksek verimi sağlamıştır. UF ile NF90 birleştirildiğinde süzüntü akısının da yaklaşık %50 arttığını gözlemlemişlerdir (Gonzalvez-Zafrilla vd, 2007).

Yalabak vd, tekstil yıkama atıksuyu arıtımında NF90 ve NF270 membranları kullanmışlardır. Kritik altı su oksidasyonu (SCWO) yöntemiyle %54,5 KOİ, %91,7 renk giderimi elde etmişlerdir. Çalışmalarında oksidasyonun membran sistemleri ile uyumunu gözlemlemek için membranlara ayrı ayrı doğrudan atık su ve oksidasyon işlemi sonrası atıksuyu göndermişlerdir. 10 bar, 20 bar, 30 bar ve 40 bar basınç altında çalışmışlardır. Sonuçlar oksidasyonun ön arıtım olarak kullanıldığında 30 bar' da NF270 için akının 6,6'dan 23,5 L/m2.s'ye 40 bar basınçta NF90 için akının 10'dan 12,4 L/m2.s'ye yükseldiğini gözlemlemişlerdir. SCWO/NF90 sisteminde 40 bar basınçta maksimum KOİ ve renk giderim veriminin alındığını (sırasıyla %96,1 ve %99,3) gözlemlemişlerdir (Yalabak vd 2020).

Fersi vd. yaptıkları çalışmada tekstil atık suyunu membran proseslerle arıtmışlardır. Bu amaçla farklı membran türleriyle çalışarak kıyas yapmışlardır. KOİ, renk, TDS, bulanıklık ve iletkenlik parametrelerini inceledikleri deneyde UF, MF/UF ve NF membranları incelemiş ve MF/UF nin süzüntü kalitesinin UF'den daha iyi olduğunu ancak tekrar kullanılabilir kalitede süzüntü almak için NF membranın uygun olduğunu gözlemlemişlerdir (Fersi vd, 2005).

Alcaina-Miranda vd. bu çalışmalarında tekstil atık suyunu UF/NF hibrit membran sistemiyle arıtmışlardır. Kıyaslama yapmak amacıyla 2 farklı NF (NF270 ve Duraslick NF) kullanmışlardır. Yüksek akış ve tuz reddinde NF270 membranın Duraslick NF membrandan daha yüksek sonuçlar verdiğini gözlemlemişlerdir. KOİ, bulanıklık ve renk gideriminde her

iki membran da yüksek değerler vermesine rağmen, Duraslick NF'nin renk ve KOİ giderim veriminin nispeten yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir. Ayrıca besleme suyu pH' ının süzüntü akısına herhangi bir etkisine rastlanmazken, tuz reddinde etkin rol oynadığını keşfetmişlerdir (Alcaina-Miranda vd, 2009).

Yarmuhammet yüksek lisans çalışmasında yüksek performanslı membran prosesleri ön arıtım uygulayarak giderim verimine etkilerini incelemiştir. Çalışmasında MF (0,05µm ve 0,2µm), UF(UC010T), NF(NF270) ve TO(ROXLE) membranlarına MF, UF, ozonlama, UV_TiO2, modifiye edilmiş ve edilmemiş zeolit ve ses dalgası kullanmıştır. Sonuç olarak her bir ön arıtma işleminde birbirinden çok farklı değerler elde etmiş ve ön arıtım işleminde atık suyun karakterinin ön arıtım işlemlerinde rol oynadığını gözlemlemiştir (Yarmuhammet, 2012).

Yurtsever vd., 6 çeşit nanofiltrasyon membranı (NF90, NF270, NFTS40, NFXN45, NFDK, NFDL) ve 3 çeşit ters ozmoz membranı (ROX201, ROBW30FR, ROACM5) tekstil endüstrisi atıksuyu arıtımında kullanmışlardır. NF270 membranın en yüksek geçirgenlik değerine ulaşmasına rağmen, diğer nanofiltrasyon membranlarına kıyasla birim zamanda geçirgenlikteki en yüksek azalmayı da yine NF270 membranında gözlemlemişlerdir (Yurtsever vd, 2020).

Kurt yüksek lisans çalışmasında tekstil endüstrisi yıkama atık sularının en yüksek kalitede geri dönüşümü üzerine çalışmıştır. Bu amaçla NF270 ve RO XLE membranlarını ayrı akımlarda 3 ay boyunca çalıştırarak, KOİ, iletkenlik, pH, sıcaklık, debi ve renk analizlerini incelemiştir. Çalışmasında NF270 membranın akı değerlerinin düşmemesine bağlı olarak membran kirliliğinin uzun süreli çalışmalarda bir engel teşkil etmediğini gözlemlemiştir. Yapılan çalışma sonucunda her iki membran türünde de sadece yıkama atık sularının membran ünitelerinde arıtılmasıyla %50'den fazla suyun geri kazanılabileceğini öngörmektedir (Kurt, 2012).

Aydıner vd. bu çalışmalarında tekstil yıkama atık suyundan proseste tekrar kullanılabilecek en yüksek kalitede geri kazanım suyunu elde etmeye hedeflemişlerdir. Bu amaçla 4 adet UF, 4 adet NF ve 5 adet TO olmak üzere toplamda 13 farklı membran türü üzerinde çalışmışlardır. Her bir membran türünü kendi içinde incelediklerinde sırasıyla

UH050, NF270 ve LFC-3 membranlarının en yüksek giderim verimlerini verdiklerini gözlemlemişlerdir. Bulguları doğrultusunda oluşturdukları UF/NF/TO hibrit membran prosesinden hedefledikleri su kalitesini elde etmişlerdir (Aydıner vd,2016).

Kavak, bu çalışmasında tekstil endüstrisi atık suyunda bulunan asit siyahı 194 boyasının DL nanofiltrasyon ile reddini çalışmıştır. Çapraz akışlı pilot ölçekli membran sisteminde; 5, 10 ve 15 bar basınçlarda, 3, 7 ve 10 besleme pH' larında, 25, 35 ve 45°C sıcaklıklarda, 50, 500 ve 1000 mg/L besleme çözeltileri parametrelerinin membran performansını incelemiştir. Çalışması sonunda DL membranın 5 bar, 1000mg/L konsantrasyonunda, pH 7'de ve 25°C besleme sıcaklığında %99,72 ile optimum boya giderimi verdiğini gözlemlemiştir (Kavak, 2017).

7. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada tıbbi maske ve dezenfektan atıksularından nanofiltrasyon yöntemiyle boyar madde ve Kimyasal Oksijen Giderimi (KOİ) giderimi, ph, iletkenlik, süzüntü akısı ve giderim verimine basınç (6 bar, 12 bar ve 18 Bar) ve sıcaklık (25°C ve 35°C) parametrelerinin etkisi incelenmiştir. Belirlenen her bir çalışma koşulunda (sıcaklık ve basınç) 5, 15, 30, 45, 60 ve 90. dakikalarda alınan numunelerin renk ölçümleri yapılarak renk giderim verimleri hesaplanmıştır. Giderim verimlerinin incelenmesi için yapılan KOİ, iletkenlik ve pH analizleri yapılmıştır. Böylelikle sıcaklık ve basıncın süzüntü suyunun kalitesine etkisi gözlemlenerek ideal çalışma şartları öngörülmüştür.

Çizelge 7.1. Nanofiltrasyon Deney Parametreleri

Çalışma Koşulları	**PARAMETRELER**	**DEĞİŞKENLER**
Basınç (Bar)	6 , 12 ve 18	Süzüntü Akısı Tayini KOİ Giderim Verimi (%) Renk Giderim Verimi (%) İletkenlik Giderim Verimi (%) pH değişimi (%)
Sıcaklık (°C)	25, 35 ve 45	

Deneyler sırasında çapraz akışlı membran filtrasyon düzeneği kullanılmıştır. Membran filtrasyon düzeneği paslanmaz çelikten yapılmış olup agresif/korozif kimyasallara dayanıklı malzemeden üretilmiştir. Düzenek membran modülü, ısıtıcı, süzüntü toplama bölümü, santrifüj pompa, hidrolik el pompası, bilgisayar ve hassas teraziden oluşmaktadır. Düzenekte yer alan membran modülüne takılabilecek membranın etkin alanı 150cm² ’dir.

7.1. Düzeneğin Çalıştırılması

Çalışmaya başlamadan önce; membran düzeneğindeki safsızlıkların arındırılması için %2 lik zayıf asit içeren yıkama solüsyonu sistemden geçirilir. Yıkama solüsyonunun sistemden arındırılması amacı ile sistemden saf su geçirilir. Membran modüle yerleştirilir.

Deneye başlarken bilgisayar açılır, hassas terazi vasıtası ile süzüntü miktarını kaydedecek program çalıştırılır. Kullanılacak atık su içinde membran düzeneğini tıkayacak partiküllerden filtreleme yöntemi ile arındırılır. Atık su besleme tankına beslenir.

Deneye başlarken, sisteme elektirik verilmeden önce; hidrolik el pompası 900 Psi'a ayarlanır, membran modülü sıkıştırılır. Gösterge yardım hidrolik el pompasının 900 Psi'a sabitlendiği kontrol edilir. Elektirik mandalı vasıtası ile sisteme elektirik verilir. Isıtıcı çalıştırılır ve belirlenen sıcaklık parametresine ayarlanır. Besleme tankının sıcaklığı ayarlanan sıcaklığa geldiğinde devir ayarı yapılır, vana yardımıyla belirlenen basınç değerine ayarlanılır. Düzenekten gelen ilk süzüntü damlası ile süzüntü miktarını kaydeden program çalıştırılır. Bu program sayesinde süzüntünün tartımı dakika başı bilgisayara kaydedilir. Deneyin başlatılmasından itibaren 5,15,30,45,60 ve 90. dakikalarda süzüntüden numune alınır.

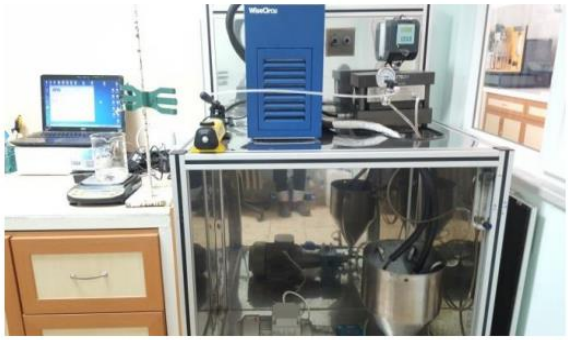
Alınan numunelerin renk giderim veriminin hesaplanmasında referans olarak cihaza saf su için dalga boyu taraması yaptırılır. Ardından ham atık suyun maksimum absorbans değerinin ölçüldüğü dalga boyu kaydedilir. Ardından sırası ile alınan numunelerin absorbansı ham atık suyun dalga boyunda taratılır. Cihazdan okunan değerler kaydedilir. Alınan numunelerin KOİ verimlerinin hesaplanmasında ham atık su ve deneylerin sonunda süzüntülerden alınan numuneler KOİ kitine belirlenen ölçüde damlatılır. Kitler bekletilmeden termoreaktörde ısıtılır, kitlerin oda sıcaklığına soğutulmasının ardından cihaza KOİ kitleri yerleştirilir. Cihazda okunan KOİ değerleri kaydedilir.

Alınan numunelerin, iletkenlik giderim veriminin hesaplanması için ham atık suyun ve deneylerin sonunda süzüntülerden alınan numunelerin iletkenlik değerleri, iletkenlik ölçer ile ölçülür. Ölçülen değerler kaydedilir.

Alınan numunelerin, pH değişiminin hesaplanması için ham atık suyun ve deneylerin sonunda süzüntülerden alınan numunelerin pH değerleri, pH ölçer ile ölçülür. Ölçülen değerler kaydedilir.

Çizelge 7.2. Çalışmada kullanılan cihazlar

ÇALIŞMADA KULLANILAN EKİPMANLAR	**KULLANILIŞ AMACI**
Bilgisayar, Exper	Süzüntü tartım verilerinin program vasıtasıyla kaydedilmesinde kullanılmıştır.
Hassas Terazi, A&J EJ6100	Birim zamanda süzüntü akısının tartımında kullanılmıştır.
Hidrolik El Pompası, Enerpac	Membran modülünün sıkıştırılmasında kullanılmıştır.
Isıtıcı, WiseCircu	Besleme tankında ki atık suyun istenilen sıcaklığa ısıtılmasında kullanılmıştır.
Çapraz Akışlı Membran Modülü, Sterlitech	İçerisine yerleştirilen flat sheet membran ile atık suyun arıtımında kullanılmıştır.
Saf Su Cihazı	Membran sisteminin yıkanmasında ve referans saf su eldesinde kullanılmıştır.
İletkenlik Ölçer, Janvey 4310	İletkenlik ölçümünde kullanılmıştır.
Termoreaktör, Hach LT 200	KOİ kitlerinin hazırlanmasında kullanılmıştır.
pH Metre, Mettler Toledo, SevenCompact	pH ölçümünde kullanılmıştır.
UV Spektrofotometresi, Hach Lange DR 3900	KOİ ve renk analizlerinde kullanılmıştır.
KOİ Kiti, Hach LCK 514	KOİ değerlerinin tayininde kullanılmıştır.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Şekil 7.1. Çapraz akış prensipli membran sistemi (a), Isıtıcı (b), Membran modülü (c), Besleme tankı ve pompa (d), Hassas terazi ve bilgisayar (e)

7.2. Deneysel Çalışmada Kullanılan Membran Özellikleri

Bu çalışmada kullanılan membran ince film kompozit (TFC) flat sheet (plaka tipi) nanofiltrasyon membranıdır. Ticari NF 270 nanofiltrasyon membran, GE Osmonics ABD firması aracılığıyla tedarik edilmiştir. Hem endüstriyel atık suların arıtımında hem de gıda endüstrisinde kullanılabilen membranın özellikleri Çizelge 7.3.'te verilmiştir. Tıbbi maske ve el dezenfektanı atıksularının arıtımı için birer NF 270 membranları kullanılmıştır. Her bir atık su için çalışma esnasında, önceden belirlenmiş çalışma koşullarında yeni membran kullanılmamış, kullanılan membranlar saf su ile temizlenerek, tekrar kullanılmıştır.

Çizelge 7.3. NF 270 membranın özellikleri (*MWCO: Moleküler ayırma sınırı, birimi Dalton)

Membranın Adı	NF 270
Besleme	Gıda / Endüstriyel Atık Suyu
Tip	Organik Giderme Yumuşatma
pH Aralığı	2-11
$MgSO_4$ Reddetme	%99
Gözenek Boyutu / MWCO*	~150 Da
Akı (GFD) / PSİ	20/110
Polimer	Poliamid - TFC

7.3. Deneyde Kullanılan Ham Atık Su Özellikleri

Bu çalışmada kullanılan ham tıbbi maske ve el dezenfektanı endüstrisi atıksularının özellikleri Çizelge 7.4.' te verilmiştir. Deneyde kullanılan tıbbi maske atıksuyu Tekirdağ'da bulunan bir fabrikadan, el dezenfektanı atıksuyu ise Ankara'da bulunan bir fabrikadan temin edilmiştir. Bu atıksular karakterizasyon işleminden önce kaba bir filtreden geçirilmiş, katı maddeleri önemli ölçüde uzaklaştırılmıştır. Karakterizasyon işleminin uygulaması KOİ, pH, iletkenlik ve renk analizlerinın yapılmasıyla gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 7.4. Ham tıbbi maske ve el dezenfektanı atıksularına ait özellikler

Parametre	**Tıbbi Maske AtıkSuyu**	**El Dezenfektanı AtıkSuyu**
Maksimum Absorbans (nm)	609	321
Maksimum Absorbans A_0 (abs)	4,476	0,252
pH	7,42	7,27
İletkenlik (µs/cm)	1,088	1,236
KOİ (mg/L)	786	1899

7.4. Uygulanan Analitik Yöntemler

İşlem sırasıyla 5,15,30,45,60 ve 90. Dakikalarda numune alınması ve alınan numunenin Hach Lange DR 3900 markalı cihazla UV ölçümlerinın yapılmasıyla sürdürülmüştür. Ölçüm sonuçlarından renk giderimi verimi hesaplandı. 90. dakikalarda alınan numunelere uygulanan işlemler; KOİ, iletkenlik ve pH analizleridir. Atıksuların ham haldeki değerleri ile karşılaştırılarak giderimler yorumlandı. Bu analizler ve yöntemleri aşağıda anlatılmıştır.

KOİ : Suyun kimyasal oksijen ihtiyacını ifade eden en önemli parametrelerden birisidir. Organik kirlilik miktarı hakkında bilgi verir.

Tıbbi maske ve el dezenfektanı endüstrilerinden alınan atık suların organik kirlilik miktarının belirlenmesinde hazır halde temin edilen KOİ test kitleri kullanılmıştır. Test kitlerinin her birine 2'şer mL'lik atıksu numunesinden eklenilmiştir. Kitler Hach LT 200 marka termoreaktöre yerleştirilip iki saat boyunca 148 °C' de bekletilmiştir. İki saat sonunda kitler termoreaktörden çıkarılıp oda sıcaklığında soğumaları için bırakılmışlardır. Oda sıcaklığına gelen test kitlerinin KOİ değerleri spektrofotometreyle okunmuş mg/L biriminden değerler kaydedilmiştir.

İletkenlik : Sulu çözeltiler içerisindeki iyonların meydana getirdiği elektrik akımının iletim kapasitesi ölçülerek, sulu çözeltinin iyon konsantrasyonu tayin edilmesidir.

pH : Sulu çözeltilerin asitlik / bazlık değerleri hakkında fikir veren bir parametredir. Deneylerde alına numunelerin pH ölçümleri Mettler markalı pH-metre ile belirlenmiştir.

7.5. Akı Değerlerinin Hesaplanması

Süzüntü akısının hesaplanması için hassas teraziden birim zamanda (dakika) alınan verileri kaydeden programdan (AND, A&D Company, Limited) yararlanılmıştır. Bilgisayar bağlanan terazinin üzerine süzüntü toplama kabı konularak her dakika alınan tartım sonuçları AND programı kullanılarak bilgisayara otomatik aktarımı yapılmıştır.

Akı değerleri ve işlemleri ile giderim verimleri M.S.Excel programıyla hesaplanarak zamana karşı akı ve giderim verimi grafikleri çizilmiştir. Akı, birim zamanda membran birim alanından geçen akım miktarı olarak tanımlanır.

Akı, $\frac{\mathrm{m3}}{m^2\ g\ddot{u}n}$ veya $\frac{L}{m^2 saat}$ birimiyle ifade edilmektedir ve cihazın kaydettiği birimi akı birimine dönüştürmek için aşağıdaki denklem kullanılıp değer dönüşüm işleminin yapılmış ve elde edilen veriler çizelgelere aktarılmıştır.

$$J_v = \frac{Q}{A} \qquad [7.1]$$

t_1 (dk) için $V=V_1$ ve t_2 (dk) için $V=V_2$
Q (t_2-t_1) (dakikada membrandan geçen süzüntünün miktarı) = V_2-V_1
A (membranın yüzey alanı) = 150cm³ (sabit)

7.6. Renk Giderim Verimlerinin Hesaplanması

Atıksuların 6, 12 ve 18 bar' da membran filtrasyon düzeneğinden geçirilmesi ile elde edilen süzüntü absorbans değerleri UV spektrofotometrede okunmuş, aşağıdaki eşitlikte okunan absorbans değerleri kullanılarak yüzde giderim verimleri hesaplanmıştır.

$$\%R = 100\frac{(A_0) - A}{A_0} \qquad [7.2]$$

R: Giderim verimi

A_0: Beslemenin maksimum absorbans değeri

A: Süzüntüdeki maksimum absorbans değeridir

8. BULGULAR VE TARTIŞMA

8.1.Tıbbi Maske Atıksuyu için Deney Sonuçları

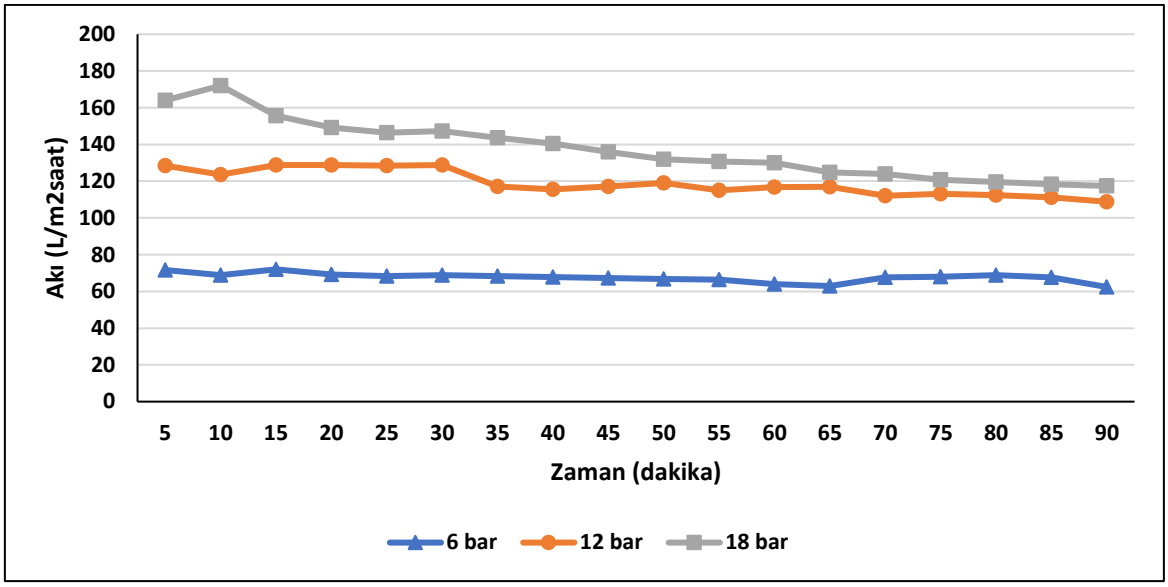
Çalışmada çapraz akış mekanizmalı membran sisteminde NF270 membranı ile Tekirdağ'da bulunan bir tıbbi maske fabrikasından elde edilen maske atıksuyu arıtımı araştırılmıştır. Sıcaklığın deney değişkenlerine etkisini incelemek için 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklıklarda, basıncın etkisini incelemek için ise 6, 12 ve 18 bar basınçlarda çalışılmıştır. Süzüntü suyunun akısı bilgisayar tarafından dakikada bir olacak şekilde kaydedilmiştir. Renk giderim verimi için numunelerin ve ham atık suların dalga boyları UV spectrofotometrede incelenmiştir. Ayrıca pH, KOİ ve iletkenlik analizleri de yapılmıştır.

8.1.1. Akı Değerleri

Çalışmada temel parametrelerinden biri olan membran akısı, birçok farklı değişkenden etkilenebilir. Bu çalışmada, sıcaklık ve basınç değişkenlerinin akı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Aşağıdaki Çizelge 8.1., Çizelge 8.2. ve Çizelge 8.3.'te ve Şekil 8.1., Şekil 8.2. ve Şekil 8.3.'de sırasıyla 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklıklar için çalışılan 6, 12 ve 18 bar basınçlardaki akı değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 8.1.Maske Atık Suyu için 25°C'deki Akı (L/m^{2}saat) Değerleri

Zaman (Dakika)	**Akı (L/m^{2}saat)**		
	6 bar	**12 bar**	**18 bar**
5	71,65	128,4	164
15	72	128,8	155,6
30	68,8	128,8	147,2
45	67,2	117,2	136
60	64	116,8	130
90	62,4	108,8	117,4

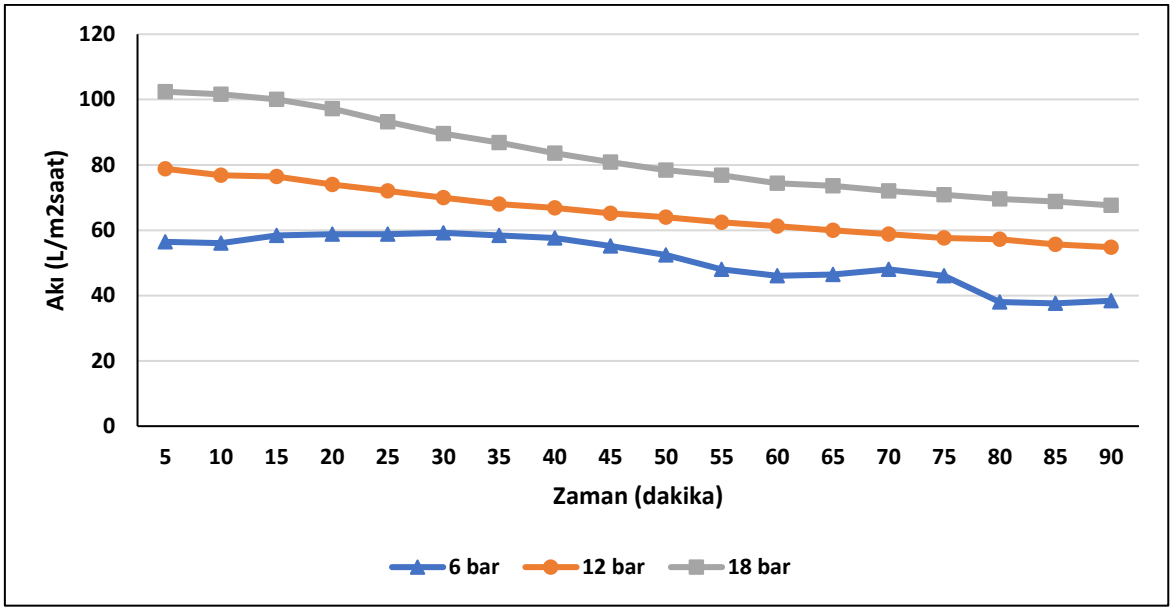


Şekil 8.1. Maske Atık Suyu için 25°C'deki Akı (L/m2saat) Değerleri

Çizelgede 8.2. ve Şekil 8.2.'de 35°C için çalışılan 6, 12 ve 18 bar basınçlardaki akı değerleri verilmiştir.

Çizelge 8.2.Maske Atık Suyu için 35°C'deki Akı (L/m^{2}saat) Değerleri

Zaman (Dakika)	**Akı (L/m^{2}saat)**		
	6 bar	**12 bar**	**18 bar**
5	56,4	78,8	102,4
15	58,4	76,4	100
30	59,2	70	89,6
45	55,2	65,2	80,8
60	46	61,2	74,4
90	38,4	54,8	67,6

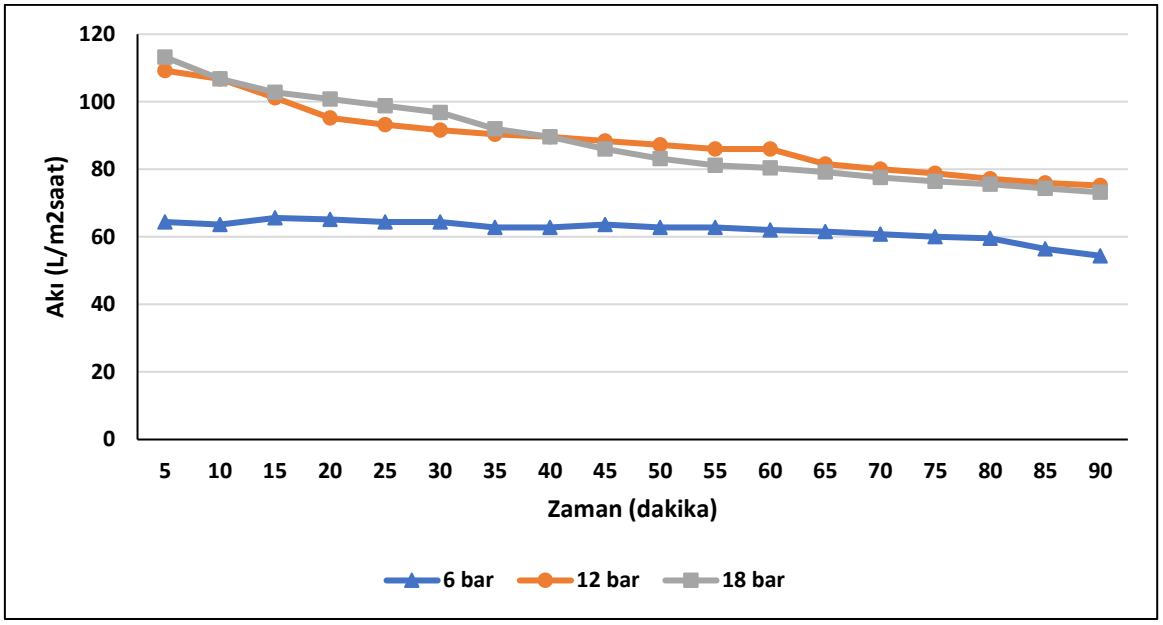


Şekil 8.2. Maske Atık Suyu için 35°C'deki Akı (L/m2saat) Değerleri

Çizelgede 8.3. ve Şekil 8.3.'de 45°C için çalışılan 6, 12 ve 18 bar basınçlardaki akı değerleri verilmiştir.

Çizelge 8.3.Maske Atık Suyu için 45°C'deki Akı (L/m2saat) Değerleri

Zaman (Dakika)	**Akı (L/m^{2}saat)**		
	6 bar	**12 bar**	**18 bar**
5	64,4	109,2	113,2
15	65,6	101,2	102,8
30	64,4	91,6	96,8
45	63,6	88,4	86
60	62	86	80,4
90	54,4	75,2	73,2



Şekil 8.3. Maske Atık Suyu için 45°C'deki Akı (L/m^{2}saat) Değerleri

Çizelge 8.1. Çizelge 8.2. ve Çizelge 8.3.'e göre basıncın artmasıyla akı değerlerinin de paralel olarak arttığı görülmektedir. Basınç sürgülü membran arıtım sistemlerinde basıncın artmasına bağlı olarak akının da artması beklenen bir durumdur.

Şekil 8.1, Şekil 8.2. ve Şekil 8.3.'e göre tüm sıcaklık ve basınç parametrelerinde zaman içerisinde akının düştüğünü görülmektedir. Akı düşüşünün membran kirlenmesinin bir sonucu olduğu varsayılabilir. Ancak akı değişikliklerinde ani düşüş ya da yükselişlerin gözlemlenmemesi, membran kirliliğinin gözenekleri tıkamadığı ihtimalini düşündürür.

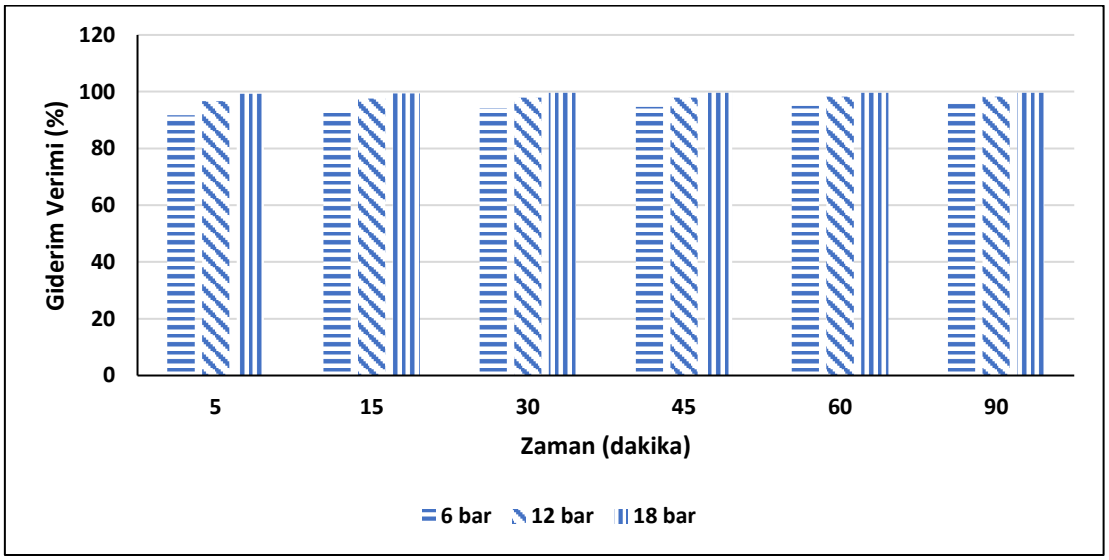
Gong vd. (2012), süt fabrikası atıksuyunu UF ve NF membran türleri ile arıtımında çalışmışlardır. Nanofiltrasyon olarak NF270 çalışılarak, 10 bar basınçta oda sıcaklığında 60 dakikalık filtreleme süresi sonrasında süzüntü akısının %60 düştüğü kaydedilmiştir. Çizelge 8.1. Çizelge 8.2. ve Çizelge 8.3.'deki akı verilerine bakıldığında akı düşüşünün Gong vd. nin çalışmasındaki akı düşüşüne kıyasla makul olduğu kabul edilebilir.

8.1.2. Renk Giderim Verimi Değerleri

Aşağıdaki Çizelge 8.4., Çizelge 8.5. ve Çizelge 8.6.'da 25°C için çalışılan 6, 12 ve 18 bar basınçta UV spectrofotometrede analiz edilen değerlerle renk giderim verimleri hesaplanmış ve değerleri verilmiştir.

Çizelge 8.4. Maske Atık Suyu için 25°C'deki (%) Renk Giderimi Değerleri

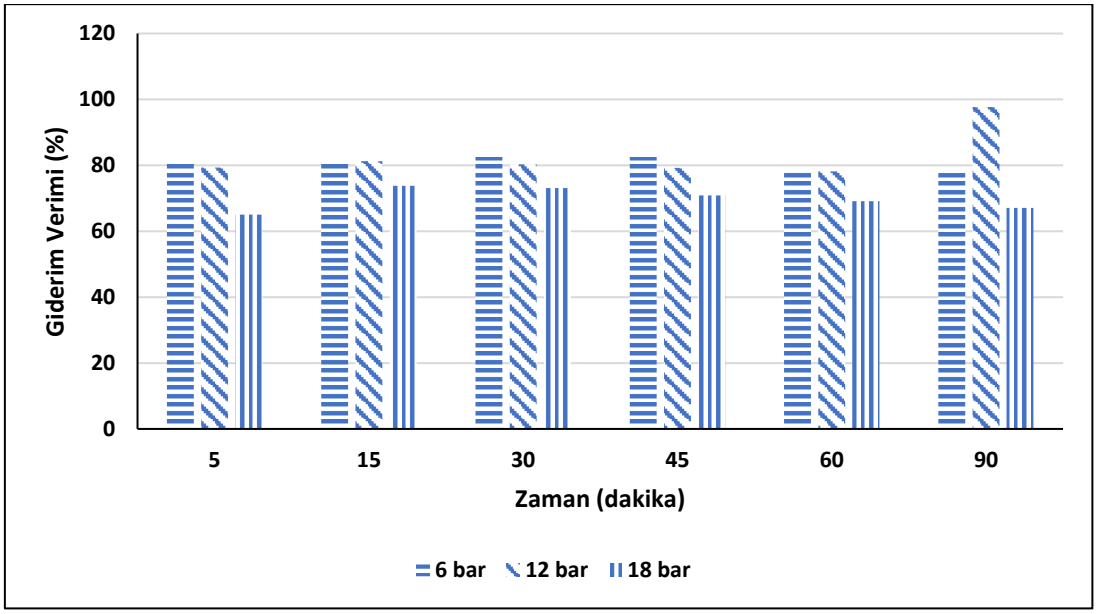
Zaman (Dakika)	25°C		
	6 bar	12 bar	18 bar
5	91,66	96,64	99,27
15	93,90	97,58	99,33
30	94,21	97,94	99,54
45	94,59	97,94	99,57
60	95,01	98,23	99,60
90	95,88	98,21	99,61



Şekil 8.4. Maske Atık Suyu için 25°C'deki (%) Renk Giderimi Değerleri

Çizelge 8.5. Maske Atık Suyu için 35°C'deki (%) Renk Giderimi Değerleri

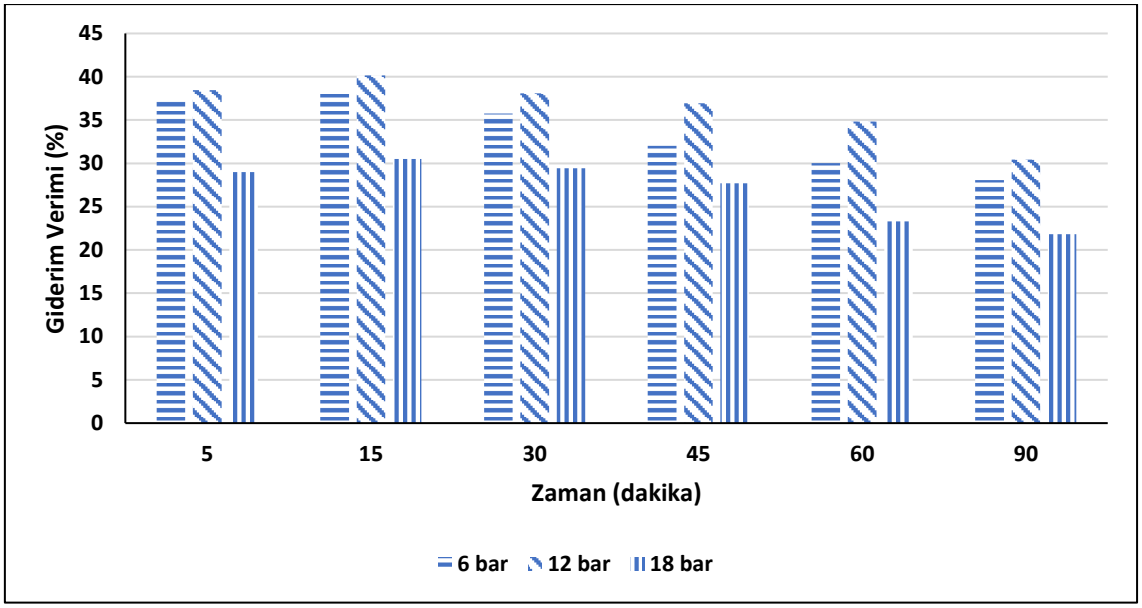
Zaman (Dakika)	35°C		
	6 bar	12 bar	18 bar
5	80,58	79,26	65,08
15	81,00	81,30	73,81
30	82,48	80,25	73,14
45	82,50	79,17	70,82
60	78,46	78,15	69,07
90	77,88	97,72	67,09



Şekil 8.5. Maske Atık Suyu için 35°C'deki (%) Renk Giderimi Değerleri

Çizelge 8.6. Maske Atık Suyu için 45°C'deki (%) Renk Giderim Değerleri

Zaman (Dakika)	45°C		
	6 bar	12 bar	18 bar
5	37,22	38,44	28,97
15	38,36	40,16	30,49
30	35,74	38,09	29,42
45	32,01	36,93	27,68
60	30,02	34,83	23,27
90	28,08	30,42	21,80



Şekil 8.6. Maske Atık Suyu için 45°C'deki (%) Renk Giderimi Değerleri

Çizelge 1.4., Çizelge 1.5. ve Çizelge 1.6. ile Şekil 1.4., Şekil 1.5. ve Şekil 1.6. incelendiğinde maske atıksuyu için sıcaklık ve basınç parametreleri paralel olarak arttırıldığında renk giderim veriminin giderek düştüğü gözlemlenmiştir. Sıcaklık ve basıncın paralel olarak arttırılmasının maske atıksuyu içerisindeki kirleticilerin membran süzüntüsüne geçmesine sebep olduğu sonucu öngörülebilir. Maske atıksuyu için optimum çalışma şartlarının en yüksek giderim veriminin (>%90) kaydedildiği 25°C ve 6 bar olarak önerilebilir.

8.1.3. KOİ, İletkenlik ve pH Sonuçları

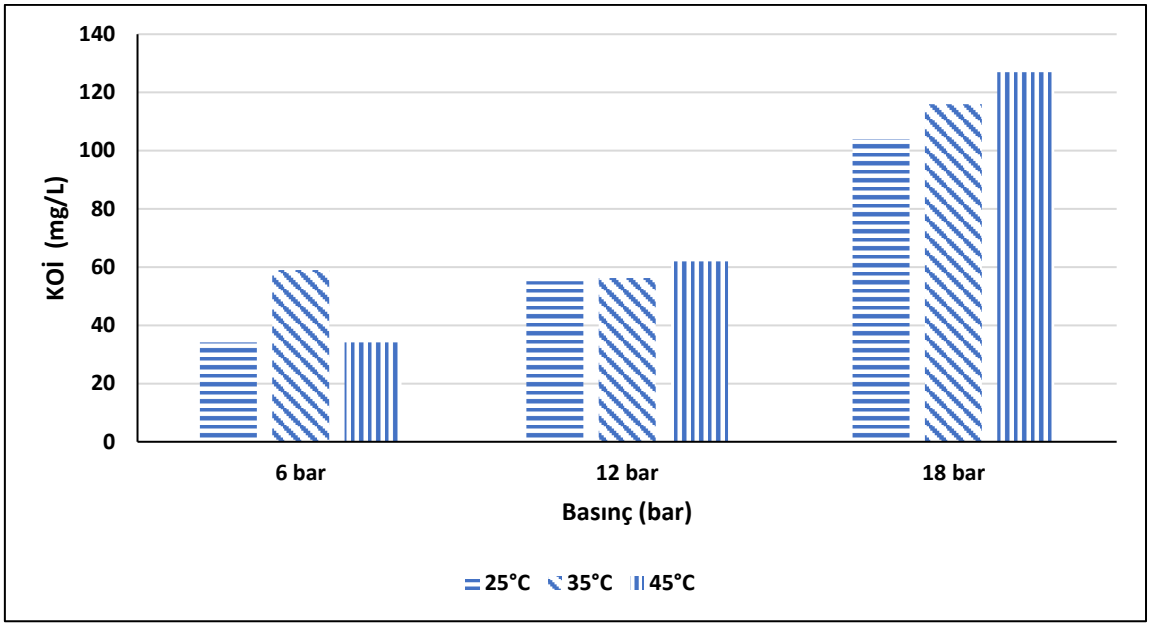
Aşağıdaki Çizelge 8.7.'de 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklık değerlerinde 6, 12 ve 18 bar' da NF270 kullanılarak Maske atık suyunun ve arıtımının 90. dakikalarından elde edilen süzüntülerin sırasıyla KOİ, pH ve iletkenlik değerleri verilmiştir. Şekil 8.7., Şekil 8.9. ve Şekil 8.11. ise 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklık değerlerinde 6, 12 ve 18 bar' da KOİ, pH ve iletkenlik değerleri grafikleri verilmiştir.

Çizelge 8.7. Maske atık suyunun 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklık değerlerinde 6, 12 ve 18 bar' da iletkenlik, pH ve KOİ değerleri

	25°C			35°C			45°C		
	KOİ (mg/L)	pH	İletkenlik (µs/cm)	KOİ (mg/L)	pH	İletkenlik (µs/cm)	KOİ (mg/L)	pH	İletkenlik (µs/cm)
Ham Atık Su	786	7,42	1088	786	7,42	1088	786	7,42	1088
6 bar	34,1	7,41	230	55,2	7,66	450	104	7,68	571
12 bar	59	6,6	222	56,2	7,79	478	116	6,81	699
18 bar	34,1	7,43	221	62	7,65	528	127	7,85	734

Maske atık suyunun işlem görmemiş ve arıtılmış tüm numunelerinin SKKY'nde belirtilen 6-9 pH aralığında olduğu gözlemlenmiştir. Membran süzüntü geçirgenliği ve akısıyla pH arasında anlamlı bir bağlantı tespit edilememiştir.

Aşağıdaki Çizelge 8.8. ve Çizelge 8.9'da 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklık değerlerinde 6, 12 ve 18 bar' da NF270 kullanılarak Maske atık suyunun ve arıtımının 90. dakikalarından elde edilen süzüntülerin sırasıyla KOİ ve iletkenlik giderim verimi değerleri verilmiştir. Şekil 8.8. ve Şekil 8.10. ise 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklıklarda 6, 12 ve 18 bar' da KOİ ve iletkenlik giderim verimi grafikleri verilmiştir.

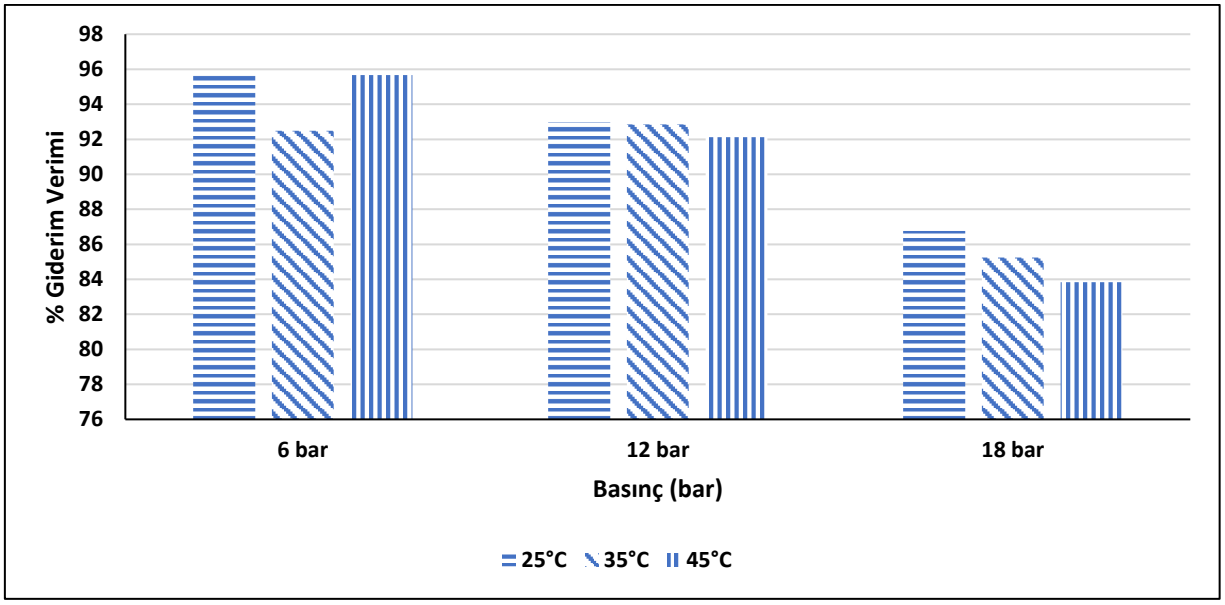


Şekil 8.7. Maske atık suyunun 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklıklarda 6, 12 ve 18 bar' da KOİ değerleri grafiği

Çizelge 8.8. Maske atık suyunun 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklık değerlerinde 6, 12 ve 18 bar'da KOİ giderim verimi değerleri

	KOİ Giderim Verimi (%)		
	25°C	35°C	45°C
6 bar	95,66	92,97	86,76
12 bar	92,49	92,84	85,24
18 bar	95,66	92,11	83,84

Maske atık suyunun tüm süzüntü numuneleri KOİ değerleri SKKY'de verilen 300-400 mg/L değer aralığının da altında çıkmıştır.

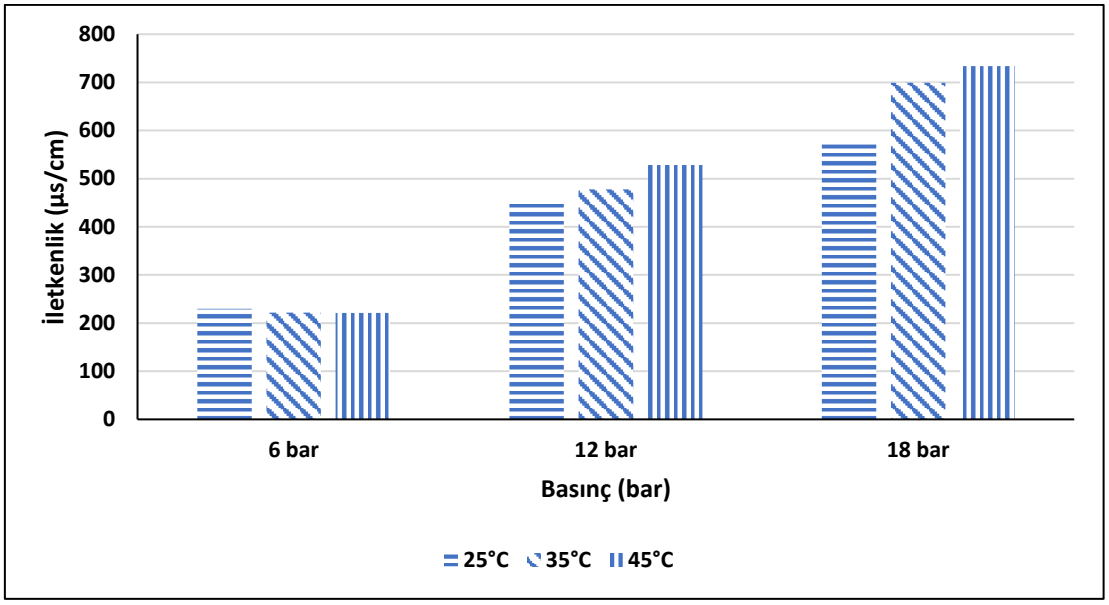


Şekil 8.8. Maske atık suyunun 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklıklarda 6, 12 ve 18 bar' da KOİ giderim verimi grafiği

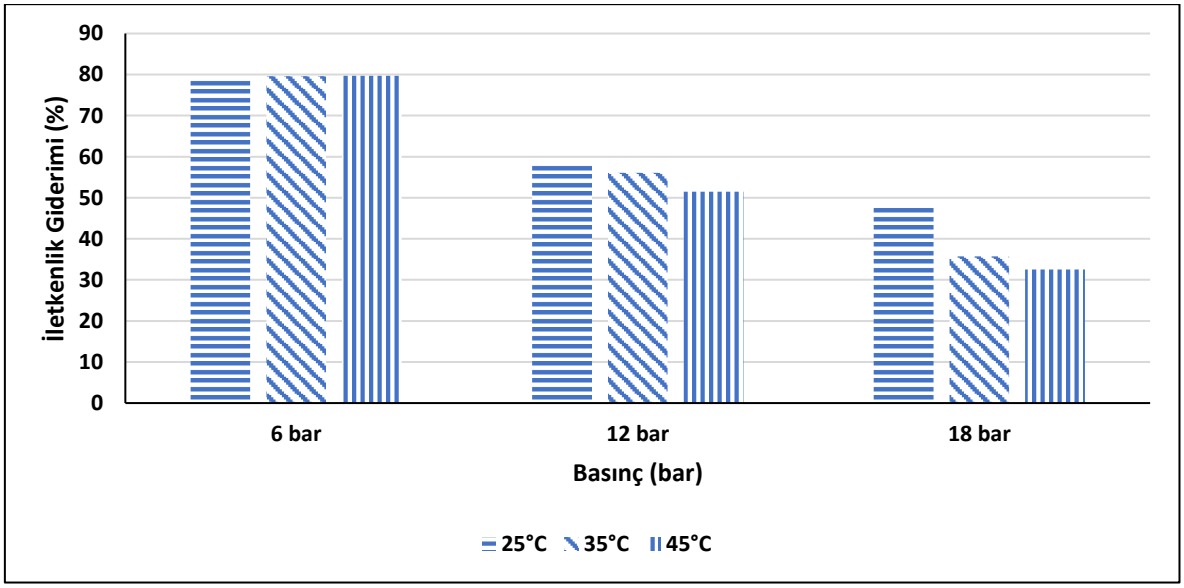
Çizelge 8.9. Maske atık suyunun 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklık değerlerinde 6, 12 ve 18 bar'da iletkenlik giderim verimi değerleri

	İletkenlik Giderim Verimi (%)		
	25°C	35°C	45°C
Ham Atık Su	1088	1088	1088
6 bar	78,86	58,63	47,51
12 bar	79,59	56,06	35,75
18 bar	79,68	51,47	32,53

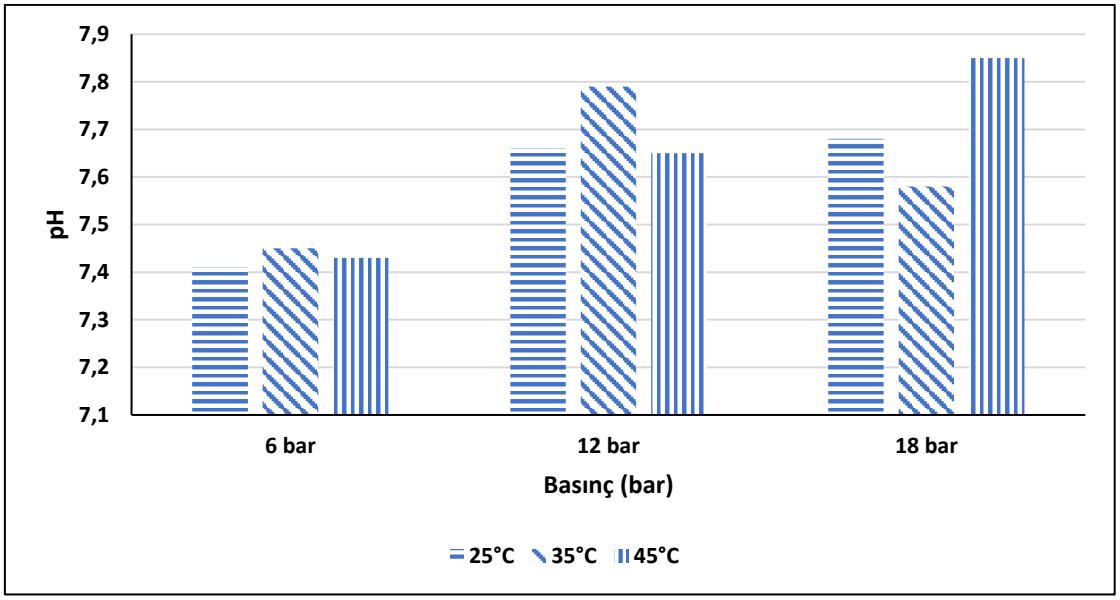
Çizelge 8.8. ve Çizelge 8.9. incelendiklerinde sıcaklık ve basınç parametreleri paralel olarak arttığında KOİ ve iletkenlik giderim verimlerinin ciddi oranlarda düştüğü gözlemlenmiştir.



Şekil 8.9. Maske atık suyunun 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklıklarda 6, 12 ve 18 bar 'da İletkenlik değerleri grafiği



Şekil 8.10. Maske atık suyunun 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklıklarda 6, 12 ve 18 bar' da iletkenlik giderim verimi değerleri grafiği



Şekil 8.11. Maske atık suyunun 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklıklarda 6, 12 ve 18 bar' da pH değerleri grafiği

Şekil 8.8. ve Şekil 8.10. deki grafikler; Çizelge 8.4., Çizelge 8.5. ve Çizelge 8.6. ile Şekil 8.4., Şekil 8.5. ve Şekil 8.6.'daki akı verileriyle beraber yorumlandığında süzüntü akısı zaman içerisinde düşse de sıcaklık ve basıncın artmasıyla artmıştır. Akının artmasına bağlı olarak atık su içerisindeki kirleticilerin süzüntü akısına geçtiği KOİ ve iletkenlik giderim verimlerinin düşmesiyle uyuşmaktadır.

8.2. Dezenfektan Atıksuyu için Deney Sonuçları

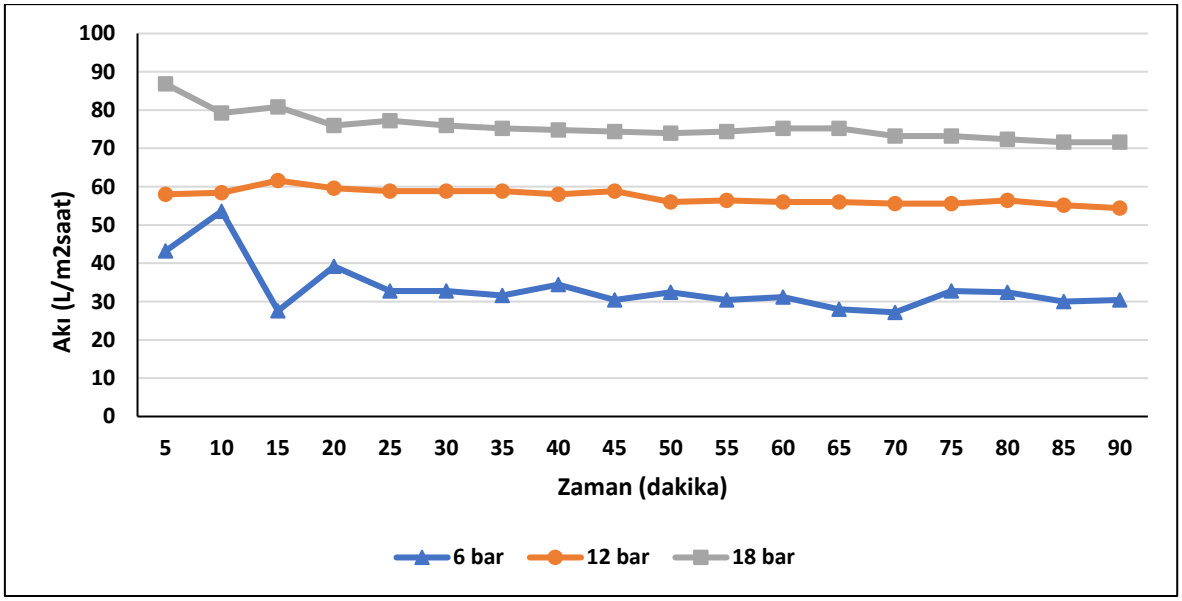
Çalışmada çapraz akış mekanizmalı membran sisteminde NF270 membranı ile Ankara'da bulunan bir dezenfektan fabrikasından elde edilen dezenfektan atıksuyu arıtımı araştırılmıştır. Sıcaklığın etkisini incelemek için 25°C, 35°C ve 45°C' de, basıncın etkisini incelemek amacıyla ise 6, 12 ve 18 bar' da çalışılmıştır. Süzüntü suyunun akısı bilgisayar tarafından anlık olarak kaydedilmiştir. Renk giderim verimi için numunelerin ve ham atık suların dalga boyları UV spectrofotometresinde incelenmiştir. Ayrıca KOİ, iletkenlik ve pH analizleri de gerçekleştirilmiştir.

8.2.1.Akı Değerleri

Çalışmada önemli parametrelerden biri olan membran akısı, birçok farklı değişkenden etkilenebilir. Bu çalışmada, sıcaklık ve basınç değişkenlerinin akı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Aşağıdaki Çizelge 8.10., Çizelge 8.11. ve Çizelge 8.12.'te ve Şekil 8.12., Şekil 8.13. ve Şekil 8.14.'de sırasıyla 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklıklar için çalışılan 6, 12 ve 18 bar basınçlardaki akı değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 8.10.Dezenfektan Atık Suyu için 25°C'deki Akı (L/m2saat) Değerleri

Zaman (dakika)	Akı (L/m^{2}saat)		
	6 bar	12 bar	18 bar
5	43,2	58	86,8
15	27,6	61,6	80,8
30	32,8	58,8	76
45	30,4	58,8	74,4
60	31,2	56	75,2
90	30,4	54,4	71,6

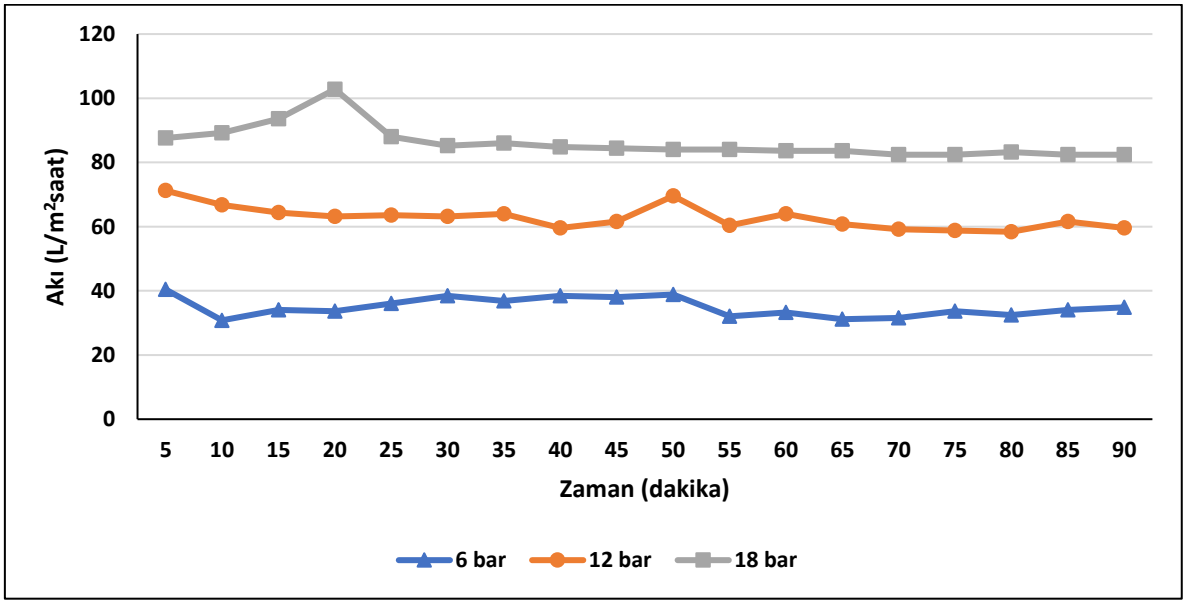


Şekil 8.12. Dezenfektan Atık Suyu için 25°C'deki Akı (L/m^{2}saat) Değerleri

Çizelgede 8.11. ve Şekil 8.13.'de 35°C için çalışılan 6, 12 ve 18 bar basınçlardaki akı değerleri verilmiştir.

Çizelge 8.11.Dezenfektan Atık Suyu için 35°C'deki Akı (L/m^{2}saat) Değerleri

Zaman (dakika)	Akı (L/m^{2}saat)		
	6 bar	12 bar	18 bar
5	40,4	71,2	87,6
15	34	64,4	93,6
30	38,4	63,2	85,2
45	38	61,6	84,4
60	33,2	64	83,6
90	34,8	59,6	82,4

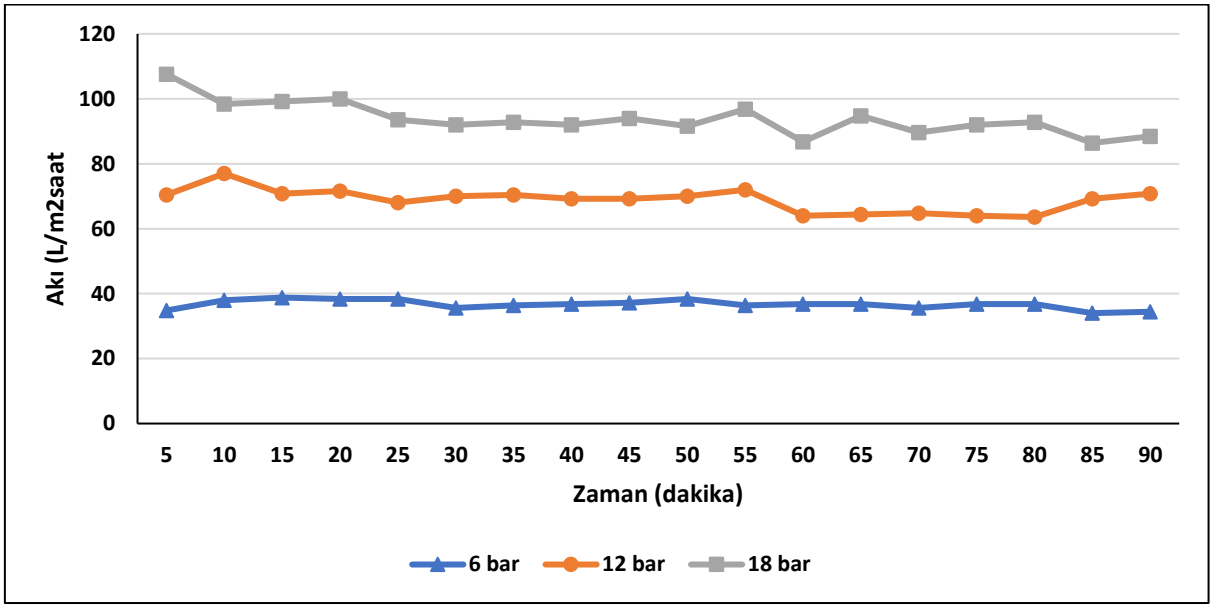


Şekil 8.13. Dezenfektan Atık Suyu için 35°C'deki Akı (L/m2saat) Değerleri

Çizelgede 8.12. ve Şekil 8.14.'de 45°C için çalışılan 6, 12 ve 18 bar basınçlardaki akı değerleri verilmiştir.

Çizelge 8.12.Dezenfektan Atık Suyu için 45°C'deki Akı (L/m2saat) Değerleri

Zaman (dakika)	Akı (L/m^{2}saat)		
	6 bar	12 bar	18 bar
5	34,8	70,4	107,6
15	38,8	70,8	99,2
30	35,6	70	92
45	37,2	69,2	94
60	36,8	64	86,8
90	34,4	70,8	88,4



Şekil 8.14. Dezenfektan Atık Suyu için 45°C'deki Akı (L/m2saat) Değerleri

Çizelge 8.10., Çizelge 8.11. ve Çizelge 8.12.'e göre basınç artışına bağlı olarak akı değerlerinin de arttığı gözlenmiştir. Basınç sürücülü membran arıtım sistemlerinde basınç arttıkça akının da artması beklenen bir durumdur.

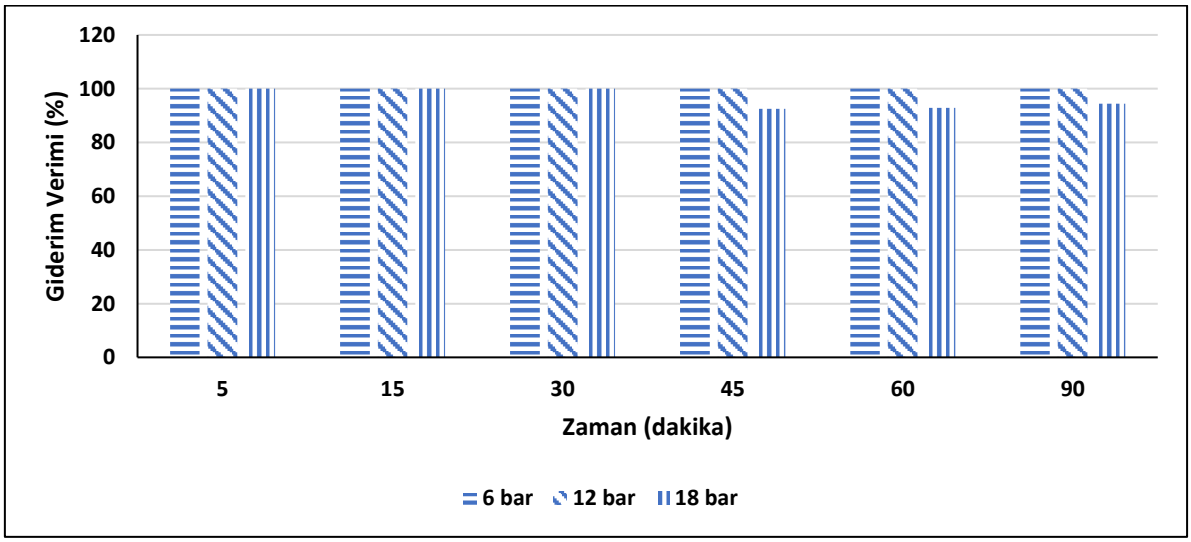
Şekil 8.12., Şekil 8.13. ve Şekil 8.14.'e göre tüm sıcaklık ve basınç parametrelerinde zaman içerisinde akının düştüğünü görülmektedir. Akı düşüşünün membran kirlenmesinin bir sonucu olduğu varsayılabilir. Ancak akı değişikliklerinde ani düşüş ya da yükselişlerin gözlemlenmesi, membran kirliliğinin gözenekleri tıkadığı ihtimalini düşündürür.

8.2.2. Renk Giderim Verimi Değerleri

Aşağıdaki Çizelge 1.4., Çizelge 1.5. ve Çizelge 1.6.'da 25°C için çalışılan 6, 12 ve 18 bar' da UV spectrofotometrede okunan değerlerin hesaplanmasıyla bulunan renk giderim verimi değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 8.13. Dezenfektan Atık Suyu için 25°C'deki (%) Renk Giderimi Değerleri

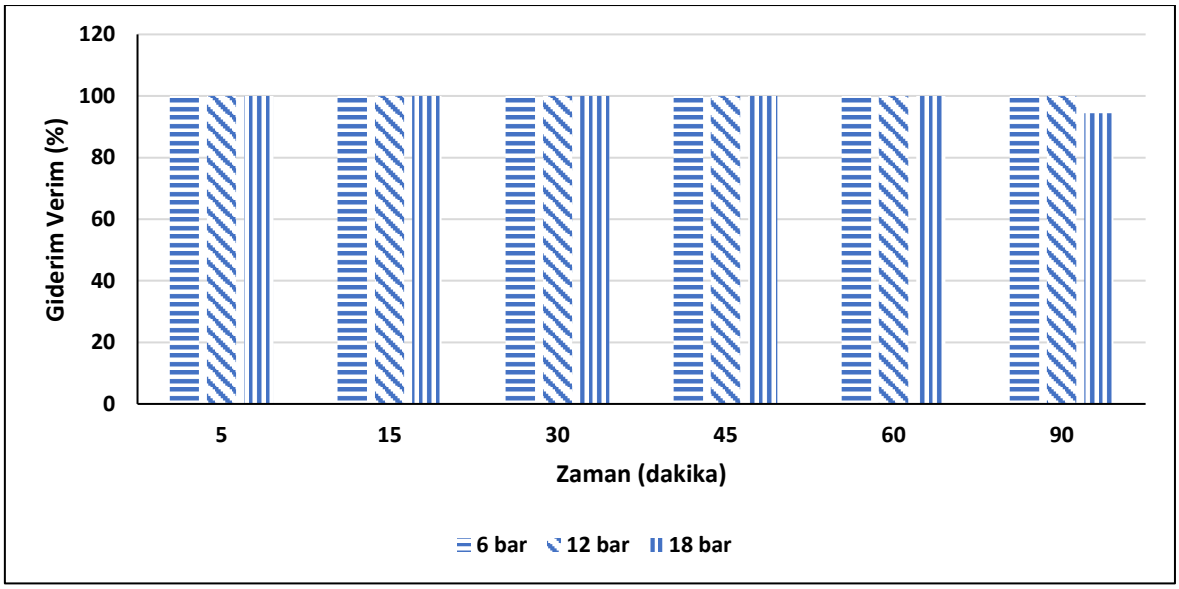
Zaman (Dakika)	25°C		
	6 bar	12 bar	18 bar
5	100	100	100
15	100	100	100
30	100	100	100
45	100	100	92,46
60	100	100	92,89
90	100	100	94,44



Şekil 8.15. Dezenfektan Atık Suyu için 25°C'deki (%) Renk Giderimi Değerleri

Çizelge 8.14. Dezenfektan Atık Suyu için 35°C'deki (%) Renk Giderimi Değerleri

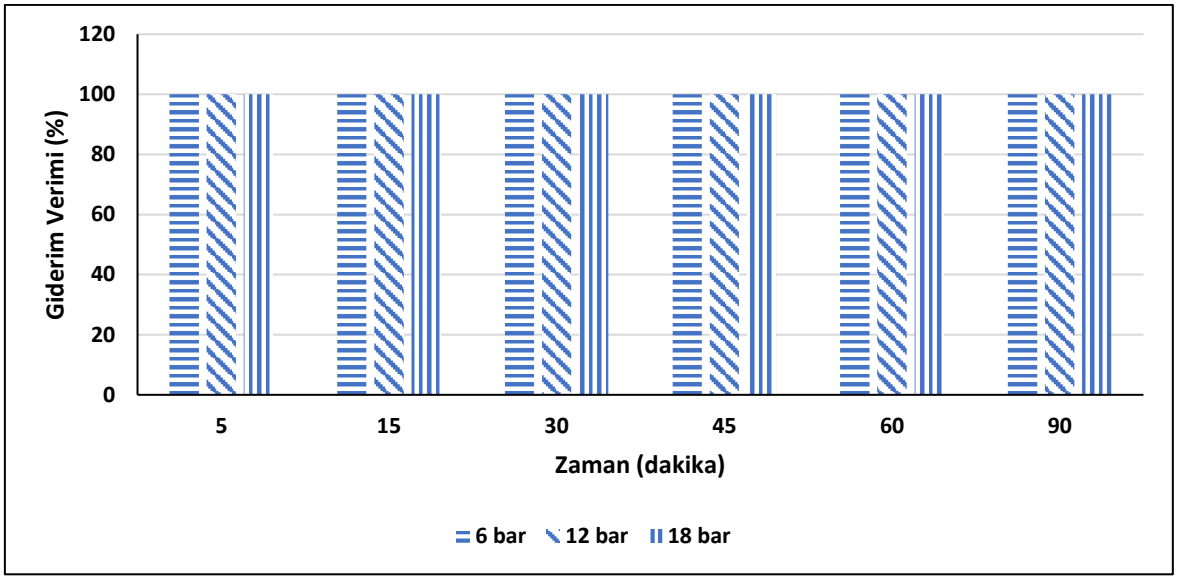
Zaman (Dakika)	35°C		
	6 bar	12 bar	18 bar
5	100	100	100
15	100	100	100
30	100	100	100
45	100	100	100
60	100	100	100
90	100	100	94,44



Şekil 8.16. Dezenfektan Atık Suyu için 35°C'deki (%) Renk Giderimi Değerleri

Çizelge 8.15. Dezenfektan Atık Suyu için 45°C'deki (%) Renk Giderimi Değerleri

Zaman (Dakika)	45°C		
	6 bar	12 bar	18 bar
5	100	100	100
15	100	100	100
30	100	100	100
45	100	100	100
60	100	100	100
90	100	100	100



Şekil 8.17. Dezenfektan Atık Suyu için 45°C'deki (%) Renk Giderimi Değerleri

Çizelge 8. 13, Çizelge 8.14. ve Çizelge 8.15. ve Şekil 8.15., Şekil 8.16. ve Şekil 8.17.'deki veriler ve grafikler incelendiğinde dezenfektan atıksuyu için sıcaklık ve basınç parametreleri incelendiğinde tüm çalışmalarda renk giderim veriminin %92'nin altına düşmediği görülmüştür. Sıcaklık ve basıncın paralel olarak arttırılmasıyla dezenfektan atıksuyu renk giderim veriminin %100'e ulaştığı gözlemlenmiştir. Dezenfektan atıksuyu için optimum çalışma şartlarının en yüksek giderim veriminin (%100) kaydedildiği 45°C değeri için 6 bar, 12 bar ve 18 bar basınçlar uygun olarak önerilebilir.

8.2.3. KOİ, İletkenlik ve pH Sonuçları

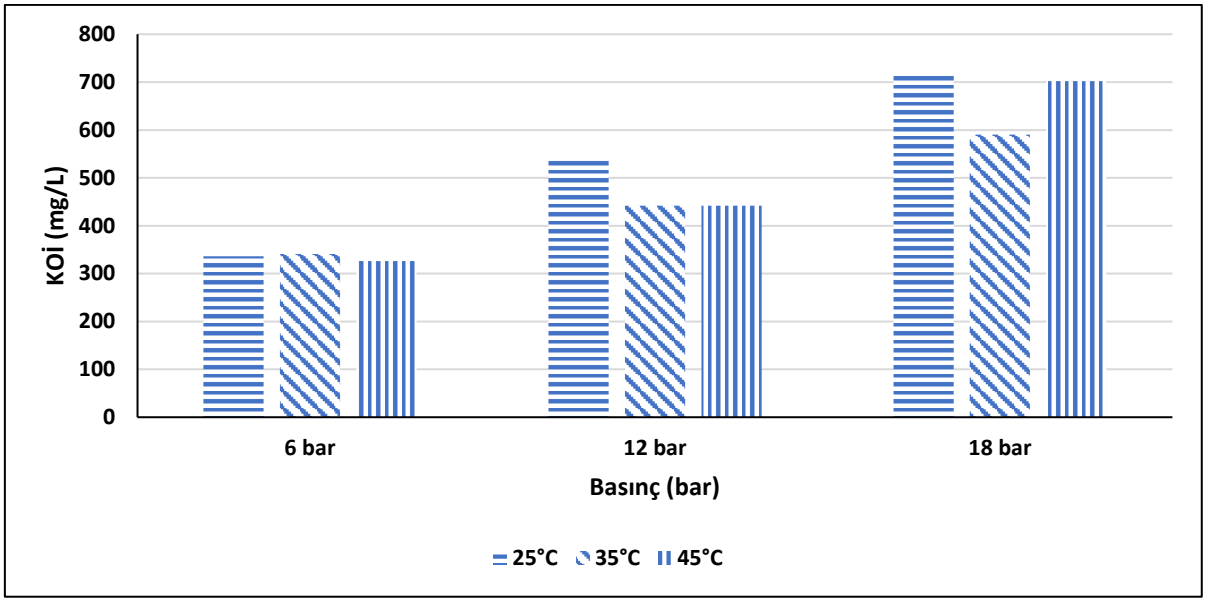
Aşağıdaki Çizelge 8.16.'de 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklık değerlerinde 6, 12 ve 18 bar' da NF270 kullanılarak Dezenfektan atık suyunun ve arıtımının 90. dakikalarından elde edilen süzüntülerin sırasıyla KOİ, pH ve iletkenlik değerleri verilmiştir. Şekil 8.18., Şekil 8.20. ve Şekil 8.22. 'de ise 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklık değerlerinde 6, 12 ve 18 bar' da sırasıyla KOİ, pH ve iletkenlik değerleri grafikleri verilmiştir.

Çizelge 8.16. Dezenfektan atık suyunun 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklık değerlerinde 6, 12 ve 18 bar' da iletkenlik, pH ve KOİ değerleri

	25°C			35°C			45°C		
	KOİ (mg/L)	pH	İletkenlik (µs/cm)	KOİ (mg/L)	pH	İletkenlik (µs/cm)	KOİ (mg/L)	pH	İletkenlik (µs/cm)
Ham Atık Su	1899	7,27	1236	1899	7,27	1236	1899	7,27	1236
6 bar	336	6,94	550	540	7,41	150,4	716	7,85	220
12 bar	341	7,04	132	442	7,34	196,4	590	8,22	153
18 bar	326	7,33	140,2	442	7,54	182,5	702	7,68	232

Dezenfektan atık suyunun süzüntü numunelerinden sadece 6 bar basınçta çalışılan sıcaklıklardaki KOİ değerleri SKKY' de verilen 200-400 mg/L değer aralığında çıkmıştır. Diğer parametrelerde KOİ değerleri SKKY' nde belirtilen değer aralığının üstünde çıkmışlardır.

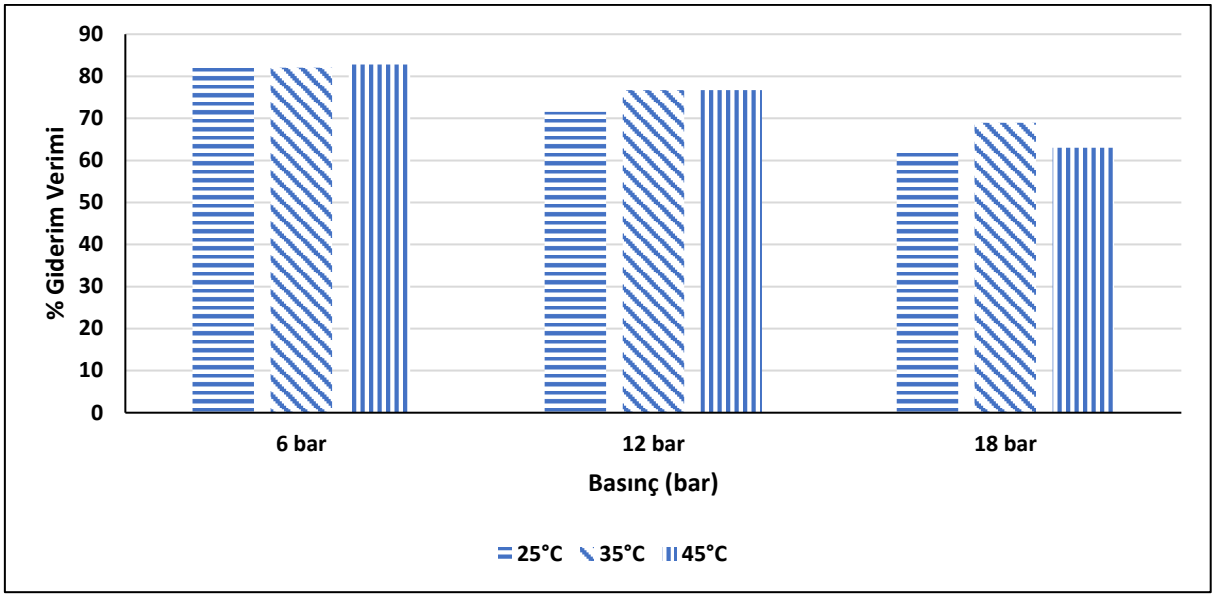
Aşağıdaki Çizelge 8.17. ve Çizelge 8.18'da 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklık değerlerinde 6, 12 ve 18 bar' da NF270 kullanılarak Dezenfektan atık suyunun ve arıtımının 90. dakikalarından elde edilen süzüntülere ait sırasıyla KOİ ve iletkenlik giderimlerinin yüzde verimi gösterilmiştir. Şekil 8.19. ve Şekil 8.21. ise 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklıklarda 6, 12 ve 18 bar' da KOİ ve iletkenlik giderim verimi grafikleri verilmiştir.



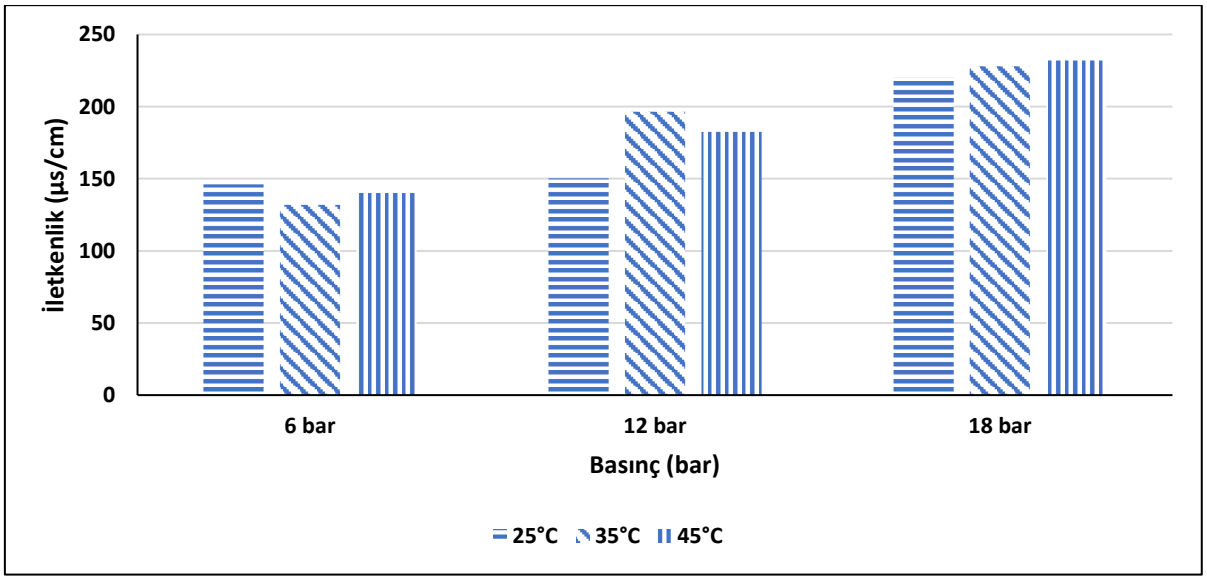
Şekil 8.18. Dezenfektan atık suyunun 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklıklarda 6, 12 ve 18 bar' da KOİ değerleri grafiği

Çizelge 8.17. Dezenfektan atık suyunun 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklık değerlerinde 6, 12 ve 18 bar' da KOİ giderim verimi değerleri

	KOİ Giderim Verimi (%)		
	25°C	35°C	45°C
Ham Atık Su	1899	1899	1899
6 bar	82,30	71,56	62,29
12 bar	82,04	76,72	68,93
18 bar	82,83	76,72	63,03



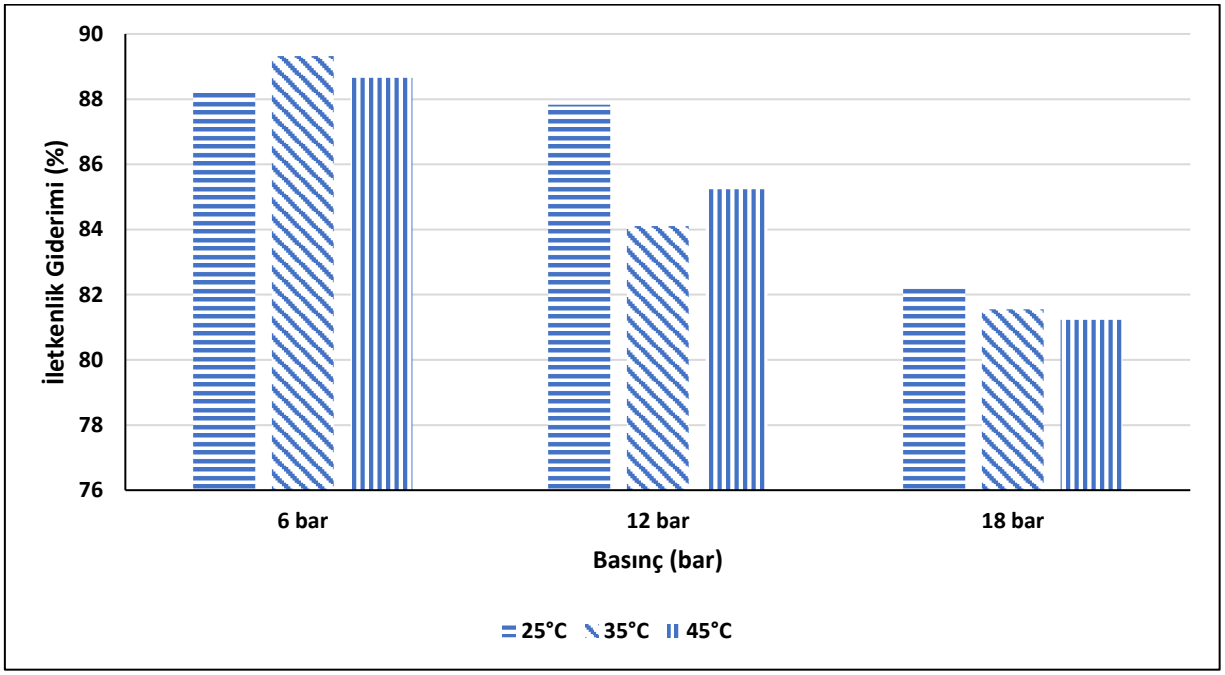
Şekil 8.19. Dezenfektan atık suyunun 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklıklarda 6, 12 ve 18 bar' da KOİ giderim verimi grafiği



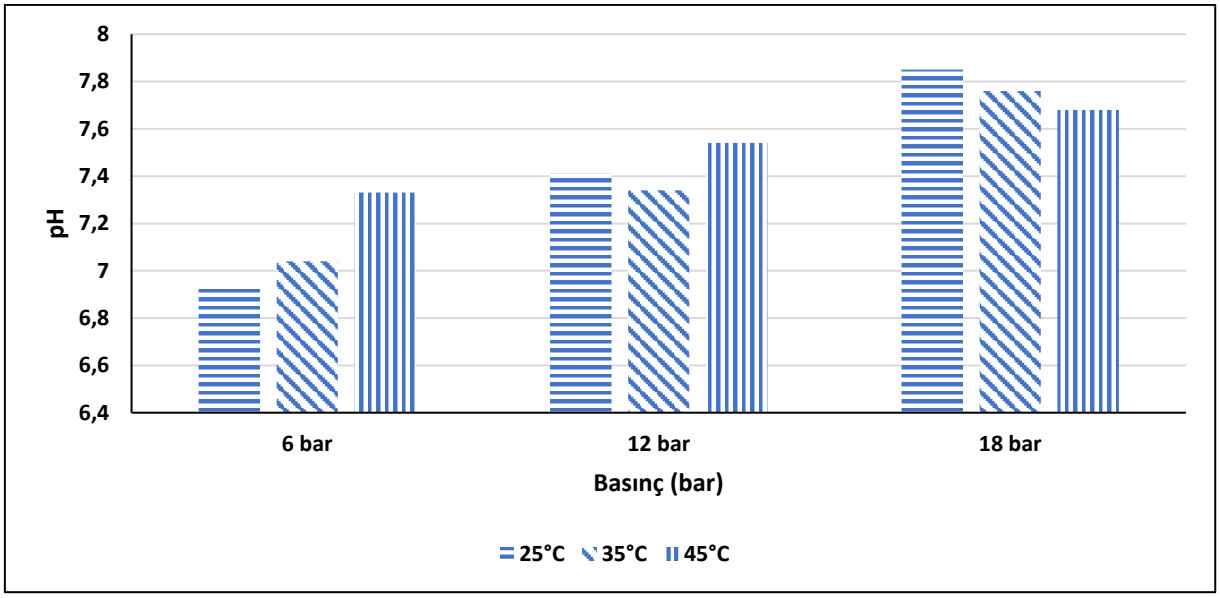
Şekil 8.19. Dezenfektan atık suyunun 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklıklarda 6, 12 ve 18 bar' da İletkenlik değerleri grafiği

Çizelge 8.18. Dezenfektan atık suyunun 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklık değerlerinde 6, 12 ve 18 bar' da iletkenlik giderim verimi değerleri

	İletkenlik Giderim Verimi (%)		
	25°C	35°C	45°C
Ham Atık Su	1236	1236	1236
6 bar	88,18	87,83	82,20
12 bar	89,32	84,11	81,55
18 bar	88,65	85,23	81,22



Şekil 8.21. Dezenfektan atık suyunun 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklıklarda 6, 12 ve 18 bar' da iletkenlik giderim verimi değerleri grafiği



Şekil 8.22. Dezenfektan atık suyunun 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklıklarda 6, 12 ve 18 bar' da pH değerleri grafiği

Dezenfektan atık suyunun işlem görmemiş ve arıtılmış tüm numunelerinin SKKY' nde belirtilen 6-9 pH aralığında olduğu gözlemlenmiştir. Membran süzüntü geçirgenliği ve akısıyla pH arasında anlamlı bir bağlantı tespit edilememiştir.

Çizelge 8.17. ve Çizelge 8.18. incelendiğinde sıcaklık artışıyla KOİ ve iletkenlik giderim verimlerinin düştüğü görülmektedir.

Şekil 8.19. ve Şekil 8.21.' deki grafikler Çizelge 8.10., Çizelge 8.11. ve Çizelge 8.12.'deki akı verileriyle beraber yorumlandığında akılarda zaman içerisindeki hafif düşüşe rağmen paralel artan basınç ve sıcaklık parametreleri doğrultusunda membran akısının da arttığı gözlemlenmiştir. KOİ ve iletkenlik giderim verimlerinin zamanla düştüğü gözlemlenmiştir. Artan süzüntü akısı membrandan geçen kirletici maddelerin miktarının artan sıcaklık ve basınçla arttığı şeklinde yorumlanabilir.

Maske atık suyunda olduğu gibi dezenfektan atık suyunda da paralel artan basınç ve sıcaklıkla beraber membrandan geçen kirletici maddelerin miktarının arttığı şeklinde yorumlanabilir.

8.3. Tıbbi Maske ve Dezenfektan Atık Sularının Karşılaştırılması

Aşağıdaki Çizelge 8.19.'da tıbbi maske üretim tesisinden elde edilen atıksuya yapılan analizler sonucunda öngörülen ideal çalışma parametreleri olarak belirlenen 18 bar ve 25°C sıcaklıktaki değerleri ile dezenfektan üretim tesisinden elde edilen atıksuya yapılan analizler sonucunda öngörülen ideal çalışma parametreleri olarak belirlenen 6 bar ve 25°C sıcaklıktaki değerleri gösterilmiştir. Kısaca, iki atıksuyun da %99 üzeri renk giderimi, %80 üzeri KOİ giderimi, %79 üzeri iletkenlik giderimi sağlanmıştır.

SKKY'ne göre maske atık suyu tüm parametrelerde değer aralıklarında kalırken, dezenfektan atıksuyu 12 ve 18 bar' larda yapılan çalışmalarda KOİ değerlerinde yönetmelikte belirtilen değer aralığının üzerinde çıkmıştır.

Çizelge 8.19. Maske ve Dezenfektan Atık Sularının % Renk, %KOİ, % İletkenlik ve pH Değerleri

	Tıbbi Maske Atık Suyu	**Dezenfektan Atık Suyu**
% Renk Giderimi	99,49	100
% KOİ Giderimi	95,66	82,3
% İletkenlik Giderimi	79,68	88,18
pH	7,43	6,94

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllarda endüstriyel atık su hacminin hızla artmasına ek olarak 2019 yılında tüm dünyada hızla yayılarak küresel bir karantinaya sebep olan Covid-19 virüsüyle birlikte maske ve dezenfektan kullanımı da büyük oranda artış göstermiştir. Bu artış sonucunda bu endüstrilerde çıkan atık su hacmi de paralel olarak artmıştır. Atık su hacminin artışıyla, suların arıtımı da önem kazanmıştır. Endüstrilerden çevreye deşarj edilen atık suları arıtmak için fiziksel bir atıksu arıtım metodu olan membran prosesleri kullanışlı bir yöntem olarak, son yıllarda sıklıkla çalışılan alanlardandır.

Bu deneysel çalışma, tıbbi maske üretimin tesisinden elde edilen boyar madde içeren atık suyun, atık olarak ayrıldığı noktadan alınarak çapraz akışlı membran filtrasyon sisteminde nanofiltrasyon yöntemiyle arıtımını incelemiştir. Bu atık su sadece maskelerin boyanmasında kullanıldığı için ağır ve agresif kimyasallar içermemektedir, renk farklılıklarına sebep olabilecek boyar madde içermektedir. İkinci bir atık su olarak dezenfektan atıksuyunun aynı sistem ve yöntem ile arıtılması çalışılmıştır. Boyar madde ve aromatik alkoller (“%70-90’lık izopropanol, %60’lık n-propanol veya %70’lik etanol”) içermektedir (Albay, A., 2005). Sistem içerisinde tıkanmalara sebep olabilecek ya da atık sulara zarar verebilecek büyük tanecikli oluşumların uzaklaştırılması amacıyla, sisteme beslenmeden önce, atık sular kaba filtreden geçirilmiştir. İstenilen sıcaklığa ısıtılan atık suların her biri ayrı ayrı, sistem çalışma basıncına ayarlandıktan sonra, pompa aracılığıyla sisteme beslenilerek NF270 membranı ile arıtma işlemine alınmıştır. Yapılan bu çalışmalarla basınç ve sıcaklık parametrelerinin, süzüntü akısına, KOİ, renk ve iletkenlik giderimi verimine etkileri araştırılmıştır. Sonuçlar aşağıdaki gibi yorumlanmıştır.

- Ham atıksulara yapılan analizlerin sonucunda KOİ içeriklerini yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Ancak pH değerleri SKKY’nde belirtilen yasal sınırlar içerisindedir.

- Tıbbi maske atıksuyu için uygulanan 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklık analizleri irdelendiğinde akının değerinin basıncın yükseltilmesiyle arttığı görülmektedir. Bu bulgu beklenen bir sonuçtur, çünkü basınç sürücülü membran sistemlerde basınç arttıkça akı da artar. Uygulanan 6 bar, 12 bar ve 18 bar basınçlarda artan sıcaklığa bağlı olarak

akılarda artış saptanamamıştır. 25°C ve 35°C sıcaklıklarda genel olarak daha fazla akı farkı gözlemlenmiş ve en yüksek akı her zaman 25°C' de elde edilmiştir. Ancak 45°C' de 12 bar basınç ve 18 bar basınç parametresinde akı değerleri birbirine çok yakın çıkmıştır. Bu durum membranın yüksek basınçta yüksek miktarda kirliliğe maruz kalması sonucu akının düşmesiyle açıklanabilir. Sistemin 18 bar basınçla çalıştırılmasının bir faydası olmayacaktır.

- Benzer durum maske atık suyu için KOİ ve iletkenlik değerlerinde de gözlenmiştir. 25°C sıcaklık ve 18 bar basınç tüm parametreler için optimum çalışma parametreleri olarak öngörülebilir. Bu durumda tıbbi maske atık sularının NF270 ile arıtılması önerilebilir. pH değerleri ise SKKY' nde belirlenen sınırlar içerisinde kalmıştır ancak çalışma parametreleriyle belirgin bir bağlantısı bulunamamıştır.

- Dezenfektan atıksuyu için uygulanan 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklık analizleri irdelendiğinde akı değerlerinin basıncın yükseltilmesiyle arttığı görülmektedir. Bu bulgu beklenen bir sonuçtur, çünkü basınç sürücülü membran sistemlerde basınç arttıkça akı da artar. Uygulanan 6 bar, 12 bar ve 18 bar basınçlarda artan sıcaklığa bağlı olarak akılarda artış gözlenmiştir. En yüksek akı her zaman 45°C' de elde edilmiştir. Ancak 45°C' de 6 bar basınç ve 18 bar basınç parametresinde akı değerleri birbirine çok yakın çıkmasına rağmen 6 bar basınçta daha yüksek akı elde edilmiştir. Bu durum membranın yüksek basınç ve sıcaklıkta membran geçirgenliğinin artması ile açıklanabilir. Sistemin 18 bar basınçla çalıştırılmasının bir faydası olmayacaktır.

- Benzer durum dezenfektan atık suyu için KOİ ve iletkenlik değerlerinde de gözlenmiştir. 25°C sıcaklık ve 6 bar basınç tüm parametreler için optimum çalışma parametreleri olarak öngörülebilir. Bu durumda dezenfektan atık sularının NF270 ile arıtılması önerilebilir. pH değerleri ise SKKY' nde belirlenen sınırlar içerisinde kalmıştır ancak yine çalışma parametreleriyle belirgin bir bağlantısı bulunamamıştır.

- Sudaki canlıların ve suyun deşarj edildiği ortamın sağlığı açısından suyun kalitesi yüksek düzeyde önem arz etmektedir. Günümüzde Dünya çapında su kirliliğinin artması

nedeniyle su arıtma yöntemleri çokça araştırılmaktadır. Bu nedenle optimum çalışma parametrelerinin araştırıldığı bu çalışmada SKKY standartlarına ulaşılabilmiştir. Atık suların arıtılabilmesi amacıyla çapraz akış mekanizmalı membran filtrasyon yöntemiyle NF270 membranın çalışılmasının uygun olduğu sonucu öngörülebilir.

Literatürde el dezenfektanı ve tıbbi maske atık sularının nanofiltrasyon yöntemi ile arıtımına dair bir çalışmaya rastlanamamıştır. Bu sebeple çalışma literatürdeki bu boşluğu dolduracaktır.

Tüm bu çalışmaya ek olarak atık su özelliklerine uygun olarak çeşitli ön arıtım yöntemleri uygulanarak ya da sisteme farklı sistemlerin entegre edilmesiyle daha yüksek verim sağlanabilir. Süzüntü suyuna yapılacak farklı analizler ile sistem geliştirilebilir. Verimliliği yüksek ve uygulaması kolay olan bu sistemin kullanımı yaygınlaştırılarak suyun geri kazanımı sağlanabilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Addams, L., Boccaletti, G., Kerlin, M., Stuchtey, M., 2009, Charting our water future: economic frameworks to inform decision-making, Technical report, 2030 Water Resources Group, 185s.

Akar, A., 2000, İçme Suyu Kalitesi Açısından Kirlilik Parametrelerinin İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Akgül, D., 2006, Türkiye'de Ters Osmoz ve Nanofiltrasyon Sistemleri ile İçme Suyu Üretiminin Maliyet Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 200 s.

Akyatan, G., 2010, Organize Sanayi Bölgesi Atıksularının Magnezyum Flokülasyonu ile Arıtılabilirliğinin İncelenmesi ve Klasik Koagülantlarla Karşılaştırılması, Yüksek Lisans, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 65 s.

Albay, A., 2005, "El Antiseptiklerinde Cilt Koruyucu Maddeler: Katkıları Nelerdir? Antiseptik Etkinliğinde Değişiklik Yapar mı? El Antiseptiklerinde Kombinasyonlar: Farkları Nelerdir?", 4. Ulusal Sterilizasyon Dezenfeksiyon Kongresi, s.41-58.

Alcaina-Miranda, M. I., Barredo-Damas, S., Bes-Piá, A., Iborra-Clar, M. I., Iborra-Clar, A., Mendoza-Roca, J. A., 2009, Nanofiltration as a final step towards textile wastewater reclamation, Desalination, 240(1-3), p290-297.

American Public Heath Association, 2005, American Water Works Association & Water Environmental Federation, Standard methods for the examination of water and wastewater, 21. baskı. Washington, DC: APHA.

Anonim, http://www.trakyacevre.com/aritma-dosyasi.pdf, erişim tarihi. 02.05.2018

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Anonim, 1991b, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usülleri Tebliği, http://gis.nacse.org/rewab/docs/Directive_on_Water_Pollution_Control_Technical_Procedures__1991_Tu.pdf , erişim tarihi: 01.05.2018.

Anonim, 2021, TUİK, Su ve atıksu istatistikleri, "https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Su-ve-Atiksu-Istatistikleri-2020-37197#:~:text=Su%20kaynaklar%C4%B1ndan%2018%2C2%20milyar%20m3%20su%20%C3%A7ekildi&text=Tatl%C4%B1%20su%20kaynaklar%C4%B1ndan%20%C3%A7ekilen%20suyun,termik%20santraller%20taraf%C4%B1ndan%20temin%20edildi.", 03.07.2022.

Aliplik Akın, B., 2010, Şeker Endüstrisi Atık Sularının Kimyasal Koagülasyon Yöntemiyle Arıtılabilirliğinin İncelenmesi ve Optimum İşletim Koşullarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 98 s.

Aslan, M., 2016, Membran Teknolojileri, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ISBN:978-605-9351-02-7.

Aydıner, C., Kırıl Mert, B., Can Doğan, E., Balcı, E., Tilki, Y.M., 2016, Tekstik Yıkama Atıksularından Basınçlı Membran Proseslere Su Geri Kazanımı Üzerine Membran Türünün Etkisinin Araştırılması, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 21, Sayı 2, 2016.

Ayres, R.U., 1999, The second law, the fourth law, recycling and limits to growth, Ecological Economics, 29:473–83 p.

Chaidez, C., Soto, M., Jimenez, M., 2014, Water: waste, recycling and irrigation in fresh produce processing: Global Safety of Fresh Produce, p. 119-132.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Chandarana, C., Desai, H., Prajapati, P., 2022, Hand sanitizers as a preventive measure in COVID-19 pandemic, its characteristics, and harmful effects: a review, Journal of the Egyptian Public Health Association, p.1-9.

Cheremisinoff, N.P., 2002, Water and Water Pollution Handbook, CRC Pr Lic., January.

Demir, Ö., Yıldız, M., Sercan, ü., Arzum, C.Ş., 2017, Atıksuların geri kazanılması ve yeniden kullanılması, Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 02(2017), s1-14.

Denn, M., 2012, Chemical Engineering: An Introduction, Cambridge, 1st edition, p. 265.
Strasser, B., Schlich, T., 2020, The art of medicine, Published Online, 19-20.

DSİ, 2018. http://www.dsi.gov.tr/hizmet-alanlari/tarim, erişim tarihi: 21.04. 2021.

Dumlupınar, L., 2014, Kağıt endüstrisi atıksularına uygun arıtma teknolojilerinin belirlenmesi ve Türkiye'deki mevcut durumun analizi, Çevre ve Şehircilik Uzmanlık Tezi, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, 98s.

Duran, M., Tayyar, A. E., Ersoy, Y(Derl.), 2015, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, s.451-458.

Eckenfelder Wesley, W., 2000, Industrial Water Pollution Control, McGraw-Hill Companies, p. 378.

Eroğlu, V., 2008, Su Tasfiyesi, Çevre ve Orman Bakanlığı Yayını, s. 410.

Ersoy, Y., Duran, M., Tayyar, A., 2015, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, s.451-458.

Falkenmark, M., Bertell, A., vd. (2007). On the verge of a new water scarcity: A call for good governance and human ingenuity. SIWI Policy Brief, Stockholm.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Fersi, C., Gzara, L., Dhahbi, M., 2005, Treatment of Textile Effluents by Membrane Technologies, Desalination 185, p399-409.

Gozalvez-Zafrilla, J.M., Sanz-Escribano, D., Lora-Garcia, J., Leon Hidalgo, M.C., 2007, Nanofiltration of Secondary Effluent For Wastewater Reuse In The Textile Industry, Desalination 222, p.272-279.

Gupta, V.K., Mohan, D., Sharma, S., Sharma, M., 2000, Removal of basic dyes (Rhodamine B and Methylene blue) from aqueous solutions using bagasse fly ash, Sep. Sci. Technol. 35 (2000) 2097/2113.

Haller, E.J., 1994, Simplified Wastewater Treatment Plant Operations, CRC Prlıc.

Judd, S., Jefferson, B., 2003, Membranes for Industrial Wastewater Recovery and Re-use, Elsevier, p. 291.

Karcıoğlu Karakaş, Z., Yılmaz, M. T., Yılmaz, A. E., 2012, Endüstriyel Atıksulardan Alüminyum Sülfat Koagülantı Kullanılarak Kimyasal Koagülasyon Yöntemi ile Bor Giderimi, Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, p. 15-22.

Kalkancı, A., Tunçcan, Ö, G., Baş, S., Bostan, B., Bay, F., Metin, Ü., Yıldız, P, A., Özger, S., Dizbay, M., İlhan, M, N., 2021, Farklı Kumaş Maskelerin Filtrasyon Özelliklerinin Karşılaştırmalı Analizi, s.1-8.

Kavak, D., 2017, Treatment of dye solutions by DL nanofiltration membrane, Desalination and Water Treatment, 69, p. 116-122.

Koyuncu, İ., vd., 2018, Su/Atıksu Arıtılması ve Geri Kazanılmasında Membran Teknolojileri ve Uygulamalar, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, s. 554.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Kurt, E., Koseoğlu-Imer, D.Y., Dizge, N., Chellam, S., Koyuncu, İ., 2012, Pilot-Scale Evaluation of Nanofiltration and Reverse Osmosis for Process Reuse of Segregated Textile Dyewash Wastewater, Desalination 302, p24-32.

Kurt, E., 2012, Tekstil Endüstrisi Ayrılmış Atıksularının Pilot Ölçekli Membran Sistemi İle Arıtımı Ve Geri Kazanımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 281s.

Külah K., E., 2018, Reçel ve tekstil endüstrileri atık sularının nanofiltrasyon yöntemiyle arıtımı, Yüksek lisans tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, 103s.

León Molina, J., Abad-Corpa, E., Disinfectants and antiseptics facing coronavirus: synthesis of evidence and recommendations. Enferm Clin. 2021;31:S84 – 8.

Lofrano, G., Brown, J., 2009, "Wastewater Management Through the Ages: A History of Mankind", University of Salerno, Department of Civil Engineering, via Ponte don Melillo, Fisciano (SA), Italy, p. 11.

Ludang, Y., Jaya, H.P., Mangkoedihardjo, S., 2022, Potential applications of land treatment systems for disinfectant-rich wastewater in response to the COVİD-19 health protocol: a narrative review, Journal of Environmental Health and Sustainable Development, 7(1):1525-35.

Marcucci, M., Nosenzo, G., Capannelli, G., Ciabatti, I., Corrieri, D., Ciardelli, G., 1970, Treatment and reuse of textile effluents based on new ultrafiltration and other membrane technologies, Desalination 138 (1970) 75_/82.

Metcalf & Eddy, 1991, Wastewater engineering: Treatment disposal reuse, TATA McGraw-Hill Publishing Company LTD., New Delhi.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Meyers, C., Kass, R., Goldenberg, D., vd., 2021, Ethanol and isopropanol inactivation of human coronavirus on hard surfaces. J Hosp Infect. 2021;107:45 – 9.

Molinos-Senante, M., Hernandez-Sancho, F., Sala-Garrido, R., 2012, Economic feasibility study for new technological alternatives in wastewater treatment processes: a review, Water Sci & Tech 65:898–906.

Muro, C., Riera F., Diaz, M., 2012, Membrane Seperation Process in Wastewater Treatment of Food Industry, Food Industrial Processes-Method and Equipment, Valdez, B., (Ed.), Intech, p. 253-280.

Nakipoğlu, Y., Gürler, B., 2004, Çeşitli Dezenfektan ve Antiseptik Maddelerin Antibakteriyel Etkinliğinin Araştırılması, Ankem Dergisi, s.220-223.

NASA Astrobiology Institute, 2019, 2019 Annual Science Report, p93-95.

Nemerow N.L. and Dasgupta A., 1991, Industrial and hazardous waste management New York: Van Nostrand Reinhold.

Oğur, R., Tekbaş, Ö.F., 2005, Temel Su Analiz Teknikleri, Aydın Matbaacılık, Ankara, "http:/www.suhijyeni.com".

Öztürk, İ., Timur, H., Koşkan, U., 2005, Atıksu Arıtımının Esasları: Evsel, Endüstriyel Atıksu Arıtımı ve Arıtma Çamurlarının Kontrolü, Çevre ve Orman Bakanlığı, s. 459.

Öztürk, İ., 1999, Anaerobik Biyoteknoloji ve Atık Arıtımındaki Uygulamaları", Su Vakfı Yayınları, İstanbul.

Öztürk, M., 2021, Su kıtlığı ve kuraklık, Independent Türkiye, "https://www.indyturk.com", 03.07.2022.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Özyonar, F., 2007, Entegre Et ve Et Ürünleri Tesisleri Atık Sularının Kimyasal Koagülasyon ve Elektrokoagülasyon Yöntemleriyle Arıtılabilirliğinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, CÜ, Sivas.

Puszczalo, E., Marszalek, A., 2019, Treatment of Wastewater from the Confectionery Industry Using Pressure Membrane Processes, Proceedings 16, 27, 4p.

Pak, Ü., 2011, Ekmek Mayası Endüstrisi Seperasyon Prosesi Atıksularında Membran Prosesleriyle Renk Giderimi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 181 s.

Ravanchi, M. T., Kargari A., 2009, New Advances in Membrane Technology, Advanced Technologies, Jayanthakumaran K. (Ed.), Intech, p. 369-394.

Racar, M., Obajdin, K., Dolar, D., Kosutic, K., 2019, Pretreatment fort he Reclamation of Rendering Plant Secondary Effluent With NF/RO: UF Flat Sheet Versus UF Hollow Fiber Membranes, Clean Technologies and Environmental Policy, 10p.

Saleh, T. A., Gupta, V. K., 2016, Nanomaterial and Polymer Membranes: Synthesis, Characterization, and Applications, Elsevier, p. 250.

Sawyer C.N., McCarty P.L. and Parkin G.F., 1994, Chemistry for Environmental Engineering 4th.ed., McGraw-Hill, Inc., New York, NY.

Schoeberl, P., Brik, M., Braun, R., Fuchs, W., 2005, Treatment and recycling of textile wastewater -case study and development of a recycling concept, Desalination, 171(2), p. 173-183.

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı "www.çevreorman.gov.tr".

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Thamaraiselvan, C., Michael, N., Oren, Y., 2017, Selective Seperation of Dye and Brine Recovery of Nanofiltration Membranes From Textile Wastewater, Chemical Engineering&Technology, 17p.

Tan, A., 2006, Atık Sularda Bazı Kirlilik Parametrelerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 85 s.

Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019, Ulusal Su Planı (2019-2023), "https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/NHYP%20DEN%C4%B0Z/ULUSAL%20SU%20PLANI.pdf", erişim tarihi: 05.06.2022.

Tchobanoglous, G. and Stensel, H. D., 2003. Membrane Filtration Processes in Wastewater Engineering: Treatment and Reuse/ Metcalf&Eddy, 1104- 1136, The McGraw-Hill Inc., New York.

Tzanakakis, V.E., Paranychianaki, N.V. and Angelakis, A.N., 2007, "Soil as a Wastewater Treatment System: Historical Development", Water Science & Technology: Water Supply, IWA Publishing, pp. 67-75.

Terras, C, Vandevivere, P., Verstraete, W., 1999, Optimal Treatment and Rational Reuse of Water in Textile Industry, Water Science Technology 39, no. 5, p. 81-88.

Vandevivere, P., Bianchi, R., Verstraete, W., 1998, Treatment and Reuse of Wastewater from the Textile Wet-Processing Industry: Review of Emerging Technologies, Journal of Chemical Technology & Biotechnology, p. 289-302.

Yabalak, E., Ozay, Yasin., Gizir, A.M., Dizge, N., 2020, Water Recovery From Textile Bath Wastewater Using Combined Subcritical Water Oxidation And Nanofiltration, Journal Of Clear Production, 36p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Yarar, M., 2009, Wastewater reuse and water optimisation at the pulp and paper industry", Yüksek Lisans Tezi, Dokuzeylül Üniversitesi.

Yarmuhammet, G., 2012, Tekstil Atıksularının Membran Prosesleri İle Geri Kazanımında Ön Arıtmanın Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 248s.

Yılmaz, A., Singil G. N., Kuyzu, G., Tanrıverdi E., 2015, Denizli Ev Tekstil Sektörü Analiz Raporu, Güney Ege Kalkınma Ajansı, 211 s.

Yurtsever, A., Uçar, D., Şahinkaya, E., 2020, Tekstil Endüstrisi Atıksularının Sonlu Filtrasyon Sistemi ile Nanofiltrasyon ve Ters Ozmoz Membranları Kullanılarak Filtrasyonu, BEU Fen Bilimleri Dergisi, s875-891.

Yuliana, M., Santoso, S.P., Putro, J.N., Wijaya, C.J., Lunardi, V.B., 2022, Environmental impact, health hazards and wastewater management of medical textile products, The Textile Institute Book Series, p829-864.

Wang, X., Jiang, J., Gao, W., 2022, Reviewing textile wastewater produced by industries: characteristics, environmental impacts, and treatment strategies, Water Science & Technology, Volume 85 No:7, 21p.

WHO., Disinfectants and antiseptics, 2004, Available from:http://archives.who.in/eml/ wmf/2004/English/ [cited 2020 Jul 12] .