



**DERİ ENDÜSTRİSİ PROSESİNDE ATIKSULARIN  
KOAGÜLASYON, UV/PS VE NANOFİLTRASYON  
YÖNTEMİ İLE ARITIMI**

**FERİHA KARACA**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Danışman: Doç. Dr. Ali Rıza DİNÇER**

**İkinci Danışman: Doç. Dr. Deniz İzlen ÇİFÇİ**

**2022**

T.C.  
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



DERİ ENDÜSTRİSİ PROSES ATIKSULARININ KOAGÜLASYON, UV/PS VE  
NANOFİLTASYON YÖNTEMİ İLE ARITIMI

FERİHA KARACA

ORCID: 0000-0002-5003-188X

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman: Doç. Dr. Ali Rıza DİNÇER

İkinci Danışman: Doç. Dr. Deniz İzlen ÇİFÇİ

ŞUBAT-2022

Her hakkı saklıdır.

## BİLİMSEL ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ KURALLARINA UYUM BEYANI

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans olarak sunulan ve Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlanan “Deri Endüstrisi Proses Atıksularının Koagülasyon, UV/PS Ve Nanofiltrasyon Yöntemi İle Arıtımı” isimli bu tez çalışmasıyla ilgili olarak;

- Bu tez çalışmasının tarafımda hazırlanan özgün bir çalışma olduğunu,
- Hazırlık, veri toplama, analiz ve bulguların sunumu olmak üzere tüm aşamalarında “bilimsel araştırma ve yayın etiği kurallarına” uygun davrandığımı,
- Bu çalışma kapsamında elde edilmemiş olan tüm veri ve bilgiler için bilimsel normlara uygun kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara tezin “Kaynaklar” bölümünde yer verdiğimi,
- Tez çalışmamın Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesinde kullanılan “bilimsel intihal programı” ile tarandığını ve öngörülen standartları karşıladığımı,
- Çizelgede verilen bilgilerin doğruluğunu,

---

Şekil Sayısı	40	Çizelge Sayısı	4	Kaynak Sayısı	24
--------------	----	----------------	---	---------------	----

---

Ek Sayısı	-	Sayfa Sayısı	43	<b>Tez Savunma Tarihi</b>	22/03/22
-----------	---	--------------	----	---------------------------	----------

---

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Feriha Karaca

28/03/2022

## ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ BEYANI

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans olarak sunulan ve Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tez çalışması; Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi BAP tarafından NKUBAP.06.YL.21.336 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Feriha Karaca

28/03/2022

## ÖZET

### DERİ ENDÜSTRİSİ PROSES ATIKSULARININ KOAGÜLASYON, UV/PS VE NANOFİLTRASYON YÖNTEMİ İLE ARITIMI

Feriha KARACA

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Ali Rıza DİNÇER

İkinci Danışman: Doç. Dr. Deniz İzlen ÇİFÇİ

Deri endüstrisi üretim prosesi adımlarından kaynaklı kirlilik seviyesi yüksek atıksu oluşturmaktadır. İçerisinde bulunan proteinler, yağ, krom bileşikleri, kireç, sodyum sülfat ve sodyum hidroksit, hacimleri çok fazla ve en önemli kirlilik parametrelerindedir. Bu çalışmada, deri endüstrisinin üç aşamasında bulunan yıkama, pikle ve yağ giderme ünitelerinden kaynaklanan atıksular ile çalışma yapılmıştır. Bu atıksuların alum ile çöktürme işleminden sonra persülfat (UV/PS) ile kirlilik giderimi ve en son adım olarak nanofiltrasyon yapılarak atıksu arıtımı araştırılmıştır. KOİ sonuçları ile karşılaştırılması yapılarak optimum miktarlar belirlenmiştir. Atıksuyun geri kazanımı amacıyla öncelikle alum ile çöktürme yapılarak optimum tercih edilen 100 mg/L alum konsantrasyonu ve pH 7 belirlenmiştir. UV/PS oksidasyon çalışmalarında, Yıkama ünitesi atıksuyu için 8000 mg/L S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> konsantrasyonu ve pH 8 ve Yağ giderme ünitesi atıksuyu için 16000 mg/L S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> konsantrasyonu ve pH 6 optimum seçilmiştir. Pickle ünitesi atıksuyu için UV/PS oksidasyonu verimsizliği gözlemlenmiştir. Nanofiltrasyon sistemi ile 4 bar basınç altında NP030 filtresi kullanılarak farklı pH'larda KOİ giderimi karşılaştırılması yapılmıştır. Yıkama ve Yağ giderme ünitelerinde en iyi KOİ giderim verimi pH 7 değerinde elde edilmiştir. Sonuç olarak deri üretimi sırasında yıkama ve yağ giderme ünitelerinde oluşan atıksuların koagülasyon, UV/PS ve nanofiltrasyon sistemi ile oluşan atıksuyun geri kazanımı mümkün olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Deri Endüstrisi Atıksuyu, KOİ Giderimi, Nanofiltrasyon, Membran, Persülfat Oksidasyonu

## ABSTRACT

### TREATMENT OF LEATHER INDUSTRY PROCESS WASTEWATER BY COAGULATION, UV/PS AND NANOFILTRATION METHOD

Feriha KARACA

Department of Environmental Engineering

MSc. Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ali Rıza DİNÇER

Co-Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Deniz İzlen ÇİFÇİ

The leather industry produces wastewater with a high level of pollution due to the production process steps. Proteins, oil, chromium compounds, lime, sodium sulphate and sodium hydroxide contained in it are among the most important pollution parameters. In this study, the wastewater from the washing, pickling and degreasing units in the three stages of the leather industry was studied. After precipitation with alum, pollution removal with persulfate (UV/PS) and nanofiltration as the last step of these wastewaters were analyzed. Optimum amounts were determined by comparing with the COD results. In order to recover the wastewater, first of all, precipitation with alum was performed to determine the optimum preferred alum concentration of 100 mg/L and pH 7. In UV/PS oxidation studies, 8000 mg/L  $S_2O_8$  concentration and pH 8 for Washing unit wastewater and 16000 mg/L  $S_2O_8$  concentration and pH 6 for Degreasing unit wastewater were selected as optimum. UV/PS oxidation inefficiency observed for the Pickling unit wastewater. A comparison of COD removal at different pHs was made using the nanofiltration system and the NP030 filter under 4 bar pressure. The best COD removal efficiency was obtained at pH 7 in the washing and degreasing units. As a result, it has been observed that the wastewater generated in the Washing and Degreasing units during leather production can be recovered by coagulation, UV/PS and nanofiltration system.

**Keywords:** Leather Industry Wastewater, COD Removal, Nanofiltration, Membrane, Persulfate Oxidation

# İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>v</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Literatür Özeti .....	1
1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı .....	2
<b>2. LİTERATÜR ÖZETİ</b> .....	<b>3</b>
2.1 Deri Endüstrisi Üretim Aşamaları ve Atıksu Kaynakları.....	3
2.1.1 Deri Endüstrisi Üretimi Aşamaları .....	3
2.1.2 Deri Endüstrisinde Su Kullanımı.....	5
2.1.3 Deri Endüstrisinde Üretiminde Kullanılan Kimyasal Maddeler ve Atıksu Karakterizasyonu .....	6
2.1.4 Deri Endüstrisi Mevzuata Göre Deşarj Standartları.....	7
2.2 Koagülasyon Prosesi.....	8
1.1 Persülfat Oksidasyon Prosesi .....	9
1.2 Membran Prosesi .....	9
<b>3. MATERTAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>12</b>
3.1 Deri Endüstrisi Atıksularının Karakterizasyonu .....	12
3.2 Koagülasyon Çalışmaları.....	12
3.3 UV/PS İle Oksidasyon Çalışmaları.....	14
3.4 Membran İle Su Geri Kazanımı Çalışmaları .....	14
<b>4. DENEYSEL BULGULAR</b> .....	<b>16</b>
4.1 Deri Endüstrisi Atıksularında Koagülasyon Çalışmaları Bulguları .....	16
4.1.1 Alum İle Farklı pH Değerlerinde Koagülasyon Çalışmaları.....	16
4.1.2 Alum İle Farklı Koagülant Dozlarında Koagülasyon Çalışmaları.....	18
4.2 Koagülasyon Sonrası UV/PS Oksidasyonu Çalışmaları Bulguları .....	21
4.2.1 Yıkama Ünitesi Atıksuyunda UV/PS Çalışmaları .....	21
4.2.2 Pikle Ünitesi Atıksuyunda UV/PS Çalışmaları .....	28
4.2.3 Yağ Giderme Ünitesi Atıksuyunda UV/PS Çalışmaları .....	29
4.3 Koagülasyon – UV/PS Sonrası Membran Çalışmaları Bulguları.....	35
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER</b> .....	<b>38</b>

<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>40</b>
<b>TEZDEN ÜRETİLMİŞ ESERLER .....</b>	<b>42</b>





## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Deri Üretimi Sırasında Her Bir Proseste Kullanılan Su Miktarları.....	6
Çizelge 2.2. Deri Endüstrisi için Deşarj Standartları.....	7
Çizelge 2.3. Membran Proseslerinin Özellikleri (Süren, 2019). ....	10
Çizelge 3.1. Deri Endüstrisi Atıksularının Karakterizasyonu .....	12



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Deri İşleme Endüstrisi Akım Şeması .....	4
Şekil 3.1. Yıkama Ünitesi Farklı pH'larda Sabit Alum Kullanımı (100 mg/L kons. Alum) ...	13
Şekil 3.2. Pikle Ünitesi Farklı pH'larda Sabit Alum Kullanımı (100 mg/L kons. Alum).....	13
Şekil 3.3. Yağ Giderme Ünitesi Farklı pH'larda Sabit Alum Kullanımı (100 mg/L kons.Alum) .....	14
Şekil 3.4. Çalışmada Kullanılan Membran Sistemi.....	15
Şekil 4.1. Yıkama Ünitesi Atıksuyunda Farklı pH'lardaki KOİ Giderim Verimi.....	16
Şekil 4.2. Pikle Ünitesi Atıksuyunda Farklı pH'lardaki KOİ Giderim Verimi .....	17
Şekil 4.3. Yağ Giderme Ünitesi Atıksuyunda Farklı pH'lardaki KOİ Giderim Verimi.....	18
Şekil 4.4. Yıkama Ünitesi Atıksuyunda Farklı Alum Dozlarında KOİ Giderim Verimi .....	18
Şekil 4.5. Pikle Ünitesi Atıksuyunda Farklı Alum Dozlarında KOİ Giderim Verimi.....	19
Şekil 4.6. Yağ Giderme Ünitesi Atıksuyunda Alum Dozlarında KOİ Giderim Verimi.....	20
Şekil 4.7. Yıkama, Pikle ve Yağ Giderme Ünitesi Atıksularında Optimum Alum Dozlarında AKM Giderim Verimi .....	20
Şekil 4.8. Yıkama Ünitesi Atıksuyunda UV/PS Oksidasyonu İle Elde Edilen KOİ Giderim Verimi (pH: 7, S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> : 4000 mg/L).....	21
Şekil 4.9. Yıkama Ünitesi Atıksuyunda UV/PS Oksidasyonu İle Elde Edilen KOİ Giderim Verimi (pH: 7, S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> : 6000 mg/L).....	22
Şekil 4.10. Yıkama Ünitesi Atıksuyunda UV/PS Oksidasyonu ile Elde Edilen KOİ Giderim Verimi (pH: 7, S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> : 8000 mg/L).....	22
Şekil 4.11. Yıkama Ünitesi Atıksuyunda UV/PS Oksidasyonu ile Elde Edilen KOİ Giderim Verimi (pH: 7, S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> : 10000 mg/L).....	23
Şekil 4.12. Yıkama Ünitesi Atıksuyunda UV/PS Oksidasyonu ile Elde Edilen KOİ Giderim Verimi (pH: 7, S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> : 12000 mg/L).....	23
Şekil 4.13. Yıkama Ünitesi Atıksuyunda Farklı S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> Konsantrasyonlarında ile Elde Edilen KOİ Giderim Verimi (pH: 7).....	24
Şekil 4.14. Yıkama Ünitesi Atıksuyunda UV/PS Oksidasyonu ile Elde Edilen KOİ Giderim Verimi (pH: 5, S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> : 8000 mg/L).....	25
Şekil 4.15. Yıkama Ünitesi Atıksuyunda UV/PS Oksidasyonu ile Elde Edilen KOİ Giderim Verimi (pH: 7, S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> : 8000 mg/L).....	25

Şekil 4.16. Yıkama Ünitesi Atıksuyunda UV/PS Oksidasyonu ile Elde Edilen KOİ Giderim Verimi (pH: 8, S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> : 8000 mg/L).....	26
Şekil 4.17. Yıkama Ünitesi Atıksuyunda UV/PS Oksidasyonu ile Elde Edilen KOİ Giderim Verimi (pH: 9, S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> : 8000 mg/L).....	26
Şekil 4.18. Yıkama Ünitesi Atıksuyunda UV/PS Oksidasyonu ile Elde Edilen KOİ Giderim Verimi (pH: 11, S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> : 8000 mg/L).....	27
Şekil 4.19. Yıkama Ünitesi Atıksuyunda Farklı pH Değerlerinde ile Elde Edilen KOİ Giderim Verimi (S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> : 8000 mg/L).....	27
Şekil 4.20. Pikle Ünitesi Atıksuyunda UV/PS Oksidasyonu ile Elde Edilen KOİ Giderim Verimi (pH: 7, S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> : 8000 mg/L).....	28
Şekil 4.21. Pikle Ünitesi Atıksuyunda UV/PS Oksidasyonu ile Elde Edilen KOİ Giderim Verimi (pH: 7, S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> : 12000 mg/L).....	29
Şekil 4.22. Yağ Giderme Ünitesi Atıksuyunda UV/PS Oksidasyonu ile Elde Edilen KOİ Giderim Verimi (pH: 7, S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> : 8000 mg/L) .....	29
Şekil 4.23. Yağ Giderme Ünitesi Atıksuyunda UV/PS Oksidasyonu ile Elde Edilen KOİ Giderim Verimi (pH: 7, S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> : 12000 mg/L) .....	30
Şekil 4.24. Yağ Giderme Ünitesi Atıksuyunda UV/PS Oksidasyonu ile Elde Edilen KOİ Giderim Verimi (pH: 7, S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> : 14000 mg/L) .....	30
Şekil 4.25. Yağ Giderme Ünitesi Atıksuyunda UV/PS Oksidasyonu ile Elde Edilen KOİ Giderim Verimi (pH: 7, S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> : 16000 mg/L) .....	31
Şekil 4.26. Yağ Giderme Ünitesi Atıksuyunda UV/PS Oksidasyonu ile Elde Edilen KOİ Giderim Verimi (pH: 7, S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> : 18000 mg/L) .....	31
Şekil 4.27. Yağ Giderme Ünitesi Atıksuyunda Farklı S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> Konsantrasyonlarında ile Elde Edilen KOİ Giderim Verimi (pH: 7) .....	32
Şekil 4.28. Yağ Giderme Ünitesi Atıksuyunda UV/PS Oksidasyonu ile Elde Edilen KOİ Giderim Verimi (pH: 6, S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> : 16000 mg/L) .....	33
Şekil 4.29. Yağ Giderme Ünitesi Atıksuyunda UV/PS Oksidasyonu ile Elde Edilen KOİ Giderim Verimi (pH: 7, S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> : 16000 mg/L) .....	33
Şekil 4.30. Yağ Giderme Ünitesi Atıksuyunda UV/PS Oksidasyonu ile Elde Edilen KOİ Giderim Verimi (pH: 9, S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> : 16000 mg/L) .....	34
Şekil 4.31. Yağ Giderme Ünitesi Atıksuyunda Farklı pH Değerlerinde ile Elde Edilen KOİ Giderim Verimi (S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> : 18000 mg/L) .....	34
Şekil 4.32. Yıkama Ünitesi Atıksuyunda Nanofiltrasyon Çalışmalarında Elde Edilen KOİ Giderim Verimi .....	36

Şekil 4.33. Yıkama Ünitesi Atıksuyunda Koagülasyon sonrası ve UV/PS sonrası Nanofiltrasyon Çalışmalarında Elde Edilen KOİ Giderim Verimi .....	36
Şekil 4.34. Yıkama Ünitesi Atıksuyunda Nanofiltrasyon Çalışmalarında Elde Edilen KOİ Giderim Verimi .....	37
Şekil 4.35. Yıkama Ünitesi Atıksuyunda Koagülasyon sonrası ve UV/PS sonrası Nanofiltrasyon Çalışmalarında Elde Edilen KOİ Giderim Verimi .....	37



## KISALTMALAR DİZİNİ

KOI	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (Chemical Oxygen Demand )
BOI	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (Biochemical Oxygen Demand )
TKN	Toplam Khejdahl Azotu (Total Khejdahl Nitrogen)
UV/PS	UV Işını İle Persülfat Oksidasyonu
H <sub>2</sub> S	Hidrojen sülfür ( Hydrogen sulfide )
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sülfürik asit (Sulfuric acid )
NF	Nanofiltrasyon ( Nanofiltration )
UV	Ultraviyole (Ultraviolet )
pH	Asitlik ve bazlık derecesini tarif eden ölçü birimi (Unit of measure describing the degree of acidity and alkalinity)
AKM	Askıda Katı Madde (Suspended Solids )
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	Sodyum Persülfat (Sodium Persulfate )
rpm	Dakikadaki devir sayısı ( Revolutions per minute )
HCl	Hidroklorik asit (Hydrochloric acid )
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Sülfat ( Sulfate )
S <sup>2-</sup>	Sülfür ( Sulfur )
µm	Mikrometre ( Micrometer )
l	Litre ( Liter )
mg	Miligram ( Milligram )
mg/l	Miligram/litre (Milligram/liter)

# 1. GİRİŞ

## 1.1 Literatür Özeti

Atıksularda bulunan kirletici maddeler artan endüstrileşme ile beraber artmakta ve üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Geri kazanılmış su, standartlara uygun kalitede olduğu sürece tekrar kullanıma uygun işlenmiş bir atık sudur. Atıksuyun yeniden kullanımı, arıtma verimliliğini artırır. Atık suların geri kazanımındaki amaç var olan su kaynaklarının temiz su kaynaklarına düşen yükün azaltılmasıdır. Ancak atıksuyun geri kazanım ve yeniden kullanılmasında belli parametreleri ve standartları göz önünde bulundurulması gerekmektedir. (Büyükkamacı, 2009). Atıksuların uygun koşullar ve ekonomik imkanlar doğrultusunda yeniden kullanımı teorik olarak mümkündür.

Endüstrilerde üretim aşaması esnasında fazla su tüketimi oluşur ve bu proseslerden oluşan atıksuların arıtımı sonrasında belirtilmiş standartlarla arıtılmış sular alıcı ortama deşarj edilmektedir. Ancak endüstrilerde oluşan atıksuların arıtma sistemleri ile tam arıtımı yapılamamakta ve bu suların alıcı ortama deşarj edilmesi ile alıcı ortamda yaşayan canlılar için toksik etkileri ortaya çıkmaktadır. Bu nedenden dolayı endüstriyel atıksuların çevreye zarar vermemesi açısından ileri arıtım yöntemlerinin sağlanması önemlidir. Bunun yanı sıra endüstrilerde su tüketiminin fazla olması sebebi sonucunda atıksular da yüksek debiler oluşmaktadır ve bu atıksuların ileri arıtımı sonrasında geri kazanımının sağlanması ve proses içerisinde tekrar kullanılması su tüketiminin azaltılması açısından önemlidir. Üretim aşamasında ileri teknoloji tercih edilmesine rağmen yün, kıl yağ ve et parçaları ile beraber gönderilmektedir. Bu durum ile arıtımın zorlaşması söz konusudur. Tabaklama işleminde kullanılan krom, atıksuyun kirlilik miktarını etkilemektedir.  $Cr^{+6}$ 'nın insan sağlığı üzerinde kansorejen etkisinin olduğu rapor edilmiştir (Küçükpelvan vd., 2017).

Deri endüstrisinde üretim süreci içerisindeki farklılıklar ve kimyasal kullanımlarından dolayı oluşan atıksuların da özellikleri birbirinden farklıdır ve bu farklılık çevre ve insan sağlığını tehlikeye sokmaktadır. Bahsedilen bu farklılıklardan dolayı bu çalışma deri endüstrisinde üretim bazlı atıksuların ileri oksidasyon prosesi ile arıtımı ve sonrasında nanofiltrasyon membranı ile su geri kazanımı çalışması yapılarak süreçler esnasında atıksuların arıtımı karşılaştırmasını da içermektedir. Böylece üretim bazlı atıksuların arıtımı ve geri kazanımı ile yüksek arıtım ve su geri kazanımı sağlanan proseste atıksuların tekrar kullanımı da mümkün olabilecektir.

## 1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Yapılan bu çalışmanın amacı, deri endüstrisi atıksuyun ileri oksidasyon süreçlerinde olan UV/PS oksidasyon işlemi ile arıtılabilirliğinin araştırılması ve bu prosesler ile arıtılan atıksu nanofiltrasyon membran proses ile ileri arıtmanın sağlanarak atıksu geri kazanımının incelenmesidir. Yapılan bu çalışmada deri endüstrisindeki üretim aşamalarından alınan atıksular kullanılmış olup, bu atıksular alum koagülasyonu ön arıtma yapılmış ve sonrasında UV/PS ve nanofiltrasyon ile arıtımı araştırılmıştır.

Çalışmada ilk olarak alum koagülantı ile farklı pH değerlerinde koagülasyon yapılmıştır. Alum ile koagülasyon prosesi ile daha yüksek KOİ giderimi sağlanmış olduğundan alum ile koagülasyon çalışmasında farklı alum dozları kullanılarak en iyi KOİ giderimi sağlanan alum dozu belirlenmiştir. Çalışmada UV/PS prosesi için PS konsantrasyonu, pH ve süre gibi sürece etki eden parametreler çalışılarak en iyi KOİ giderimi sağlanan koşullar belirlenmiştir. Membran çalışmalarında ise en iyi KOİ giderimi sağlanan UV/PS koşullarında elde edilen arıtılmış su membran aşamaları ile de arıtılarak su geri kazanımı araştırılmıştır. Membran işlemi çalışmalarında NP030 filtre kullanılmış, basınç, pH ve süre etkisi araştırılarak sürecin en iyi şartları belirlenmiştir.

Bu kapsamda yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir:

- Öncelikle deri endüstrisinde farklı aşamalarda oluşan atıksular alınmış ve bu aşamalar sonrasındaki atıksuların karakterizasyonu yapılmıştır.
- Atıksuların organik madde ve katı madde içeriği fazla olmasından dolayı alum ile koagülasyon işlemi aracılığı ile ön arıtım yapılmıştır. Alum ile koagülasyon çalışmalarında en iyi KOİ giderimi sağlanan alum dozu ve pH değeri belirlenmiştir.
- Koagülasyon ile ön arıtım sonrasında proses atıksularında UV/PS ileri oksidasyon işlemleri ile arıtım çalışmaları yapılmıştır. Bu arıtım çalışmalarında da en iyi KOİ giderimi sağlanan  $S_2O_8$  konsantrasyonu ve pH değeri belirlenmiştir.
- İleri oksidasyon çalışmalarında belirlenen koşullar altında arıtılmış suda nanofiltrasyon çalışmaları yapılmıştır. Nanofiltrasyon çalışmalarında NP030 nanofiltrasyon membranında farklı basınçlarda ve pH değerlerinde su geri kazanımı çalışmaları yapılarak, en iyi su geri kazanımı sağlanan koşullar belirlenmiştir.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

### 2.1 Deri Endüstrisi Üretim Aşamaları ve Atıksu Kaynakları

#### 2.1.1 Deri Endüstrisi Üretimi Aşamaları

Dericilik; koyun, geyik, domuz vb. hayvanların post ve derilerinin özel yöntemlerle işlenerek insan kullanıma uygun hale getirilmesi işlemidir. Derilerin çeşitli amaçlar için işlenerek ürün haline getirilmesi deri işleme sanayinin temel faaliyet alanı olarak tanımlanmaktadır (Thomson ve Kite, 2006).

Deri endüstrisi, tüketilen yüksek miktardaki su ve bunun sonucunda oluşan kirlilik yükü nedeniyle çevre kirlenme potansiyelinin fazla olduğu endüstrilerin ilk sırasında bulunmaktadır. Büyük hacimlerde atıksu oluşumu sağlayan deri endüstrileri, Türkiye’de en yaygın endüstrilerindendir. Üretim sırasında meydana gelen bu atıksu kıllar, yünler, deri parçaları, kan, proteinler, krom bileşikleri, kireç, sodyum sülfat, sodyum hidroksit ve fenollü maddeleri içermektedir. Bahsedilen bu maddelerin hacimleri çok fazla ve geri dönüşüm olanakları oldukça dardır. Atıksularda bulunan sülfür, krom, organik madde, yağ ve gres, çeşitli azot türleri en önemli kirlenme parametrelerindendir. Deri atıksuyundaki bu kirlenme parametrelerinin giderilmesi için fiziksel, kimyasal, biyolojik, ileri arıtım ve bu arıtım metotlarının kombinasyonları üzerine çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Atıksudan kaynaklı kimyasal maddeler alıcı ortama toksik etki oluşturarak insan sağlığını ve doğayı olumsuz etkilemektedir.

Deri endüstrisi atıksularındaki en önemli kirlenme parametreleri ise organik maddeler (KOI ve BOI<sub>5</sub>), AKM, yağ ve gres, pH, azot türleri (TKN, NH<sub>3</sub>-N), sülfür ve kromdur. Deri endüstrisindeki atıkların özellikleri uygulanan işlemin türüne, işlem süresine ve işleme giren kimyasal maddelerin özelliklerine göre değişmektedir.

Bu kuruluşların bünyesinde yer alan prosesler;

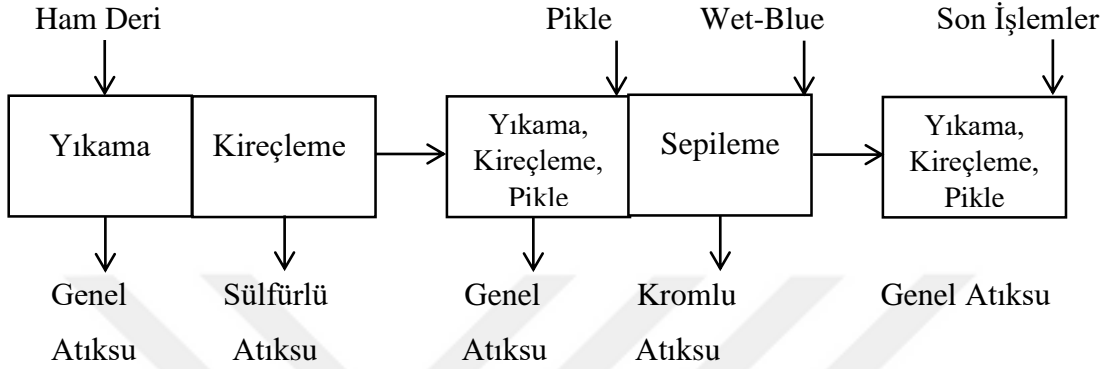
- Ön İşlemler (Islatma, Kireçleme, Kıl giderme)
- Pikle
- Tabaklama (sepilme)
- Tıraşlama



- Nötralizasyon
- Son işlemler (yağlama, boyama) olarak sayılabilir.

Deri işleme endüstrisi için akım şeması Şekil 2.1’de verilmiştir.

Şekil 2.1. Deri işleme endüstrisi akım şeması



Derinin ham olarak geldiği ilk aşamada ön işlem prosesinin uygulanması, ileri ki proseslerde kullanılan kimyasal maddelerin deriye işlenmesini kolaylaştıracaktır (Küçükpelvan vd., 2017). İslatma işlemindeki amaç tuzlanmış derinin su kazanarak tekrar ilk ham haline dönmesini sağlamaktır. Bu amaçla ıslatma aşamasında bol miktarda su ve az miktarda koruyucu maddeler kullanılır (Thanikaivelan ve ark., 2005). İslatma işlemi genelde yıkama teknelerinde gerçekleşir ve iki aşamadan oluşur. Deri; kir ve tuzun giderildiği birinci aşama sonrasında ana ıslatma aşamasından geçer. İslatma teknelerindeki su, bakteri üremesini engellemek amacıyla 8 saatte bir değiştirilir. Bu işlem sırasında kullanılan katkı maddeleri yüzey aktif madde, enzim preparatları, bakterisitler ve alkali ürünlerdir (Karabay, 2008).

Ön işlemlerin uygulanmasıyla deri, bir sonraki aşamaya hazır hale getirilir. Pickle işleminde kullanılan asitler ile derilerde kalan kireç kalıntıları nötralize edilir, yağların parçalanması sağlanır. Pickle işleminde 8.5-9 aralığında olan pH 2.5-3.5 arasına getirilir. Yani bir sonraki aşama tabaklama işlemine hazırlanmış olur (Özgünay vd., 2007).

Tabaklama işlemi deride kararlı bir form yakalamak ve yüksek ısı dayanıklılığını artırmak için tabaklama maddeleri eklenmesi ile gerçekleştirilir. Tabaklamada kullanılan maddeler mineral, bitkisel ve sentetik organik maddeler olarak sayılabilir. En çok kullanılan mineral tabaklama maddesi kromdur (Özgünay vd., 2007). İşlemden ortamda buluna derilerin şişmesini engellemek için belli oranda tuz ilavesi yapılmaktadır.

Kromla buluşan deri, önce merdanelerden geçirilerek sıkılır ve fazla nemi alınır. Derilerin eşit uzunluğa getirilmesi için tıraşlama işlemine geçilir.

Nötralizasyon işlemine geçmeden önce fazla nemi alınmış olan deriler en az 48 saat olmak üzere dinlendirilmeye bırakılmaktadır. Nötralizasyon işleminde pH, 5, 5,5 civarına yükseltilir. Nötralize etmek için kullanılan maddeler sodyum bikarbonat, boraks, soda olarak sayılabilir.

Boyama ve kurutma işlemlerinden geçen deri birkaç işleme daha tabi tutulmaktadır. Bu işlemlerin amacı küçük hataları gidermek ve daha yumuşak deri elde etmektir. Deri organik çözücü veya su bazlı boya ve vernik ile işlenerek derinin dayanıklılığı artırılır, görünümü düzelir ve yüzeyi homojen hal alır. Bu işlemden sonra konfeksiyon aşamasıyla deriye son şekli ve modeli verilerek sonlandırılmaktadır (Küçükpelvan vd., 2017).

### **2.1.2 Deri Endüstrisinde Su Kullanımı**

Deri endüstrisi üretim akışı esnasında yüksek oranda su tüketilmektedir. Başlıca suyun kullanım alanları ise;

- Derinin ıslanma ve yıkanma aşaması,
- Asidik ortamda kimyasalların deri ile temas sağlanma aşaması,
- Yağ giderme aşaması,
- Kromlama ve boyama aşamalarındaki kimyasal maddelerin uygulanması,
- Boyama sonrası istenmeyen kalıntı maddelerin uzaklaştırılması,
- Üretim aşamaları ve üretim alanının temizliği nedeniyle kullanılmaktadır.

Endüstride endüstrisinde su tüketimi, uygulanan üretim aşamalarına bağlı olmaktadır. Ham deri soğuk depoda tuzlanarak bekletilmektedir. Tuzun giderilmesi, toprak, kan, ekipman temizliğinde ve dışkı gibi maddelerin deriden arındırılması ve işlenmesi için su kullanımına fazla ihtiyaç vardır. Üretimden kaynaklanan suyun yaklaşık %20'si buradan kaynaklanmaktadır. Özellikle et parçaları ve yağ giderimin de su kullanımı artmaktadır. Bu adımda katı maddelerin çöktürülmesi yöntemiyle devam edilmesiyle su tasarrufu

sağlanmaktadır (Küçülpelvan vd., 2017). Deri üretimi sırasında proseslerde kullanılan su miktarları Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Deri üretimi sırasında her bir proseste kullanılan su miktarları

Proses	Günlük atık su (ton)
Islatma	40
Pikle	10
Yağ Giderme	30
Tabaklama Kromlama	10
Dış Toplam Deşarj	200

Deri sektöründe su tüketimi, yıkamada kullanılan suya, üretim sürecine, derinin türüne, işlemlerin dolaplarda ve havuzlarda kirliliğinin oluşmasına bağlı olarak büyük değişiklik gösterebilmektedir. Literatürde yer verilen fazla su kullanımının nedeni de budur (Genceli, 1997).

### 2.1.3 Deri Endüstrisinde Üretiminde Kullanılan Kimyasal Maddeler ve Atıksu Karakterizasyonu

Türkiye, deri üretiminde ilk sıralarda gelen ülkelerdendir. Bu nedenle deri sektörü ile ilgilenen firmalar organize ilerlemesi gerekmektedir. Organize olmanın çevre ve arıtma üzerine de etkili olmalıdır. Problemler karşısında organize sanayi bölgesinde bulunmaları çözümleri hızlandıracaktır.

Deri endüstrisinden kaynaklanan atık sulardaki kirletici parametreler; KOİ, BOİ, toplam askıda katı madde, pH, yağ ve gres, amonyak, TKN, sülfür, toplam çözünmüş katı,  $SO_4^{-2}$ ,  $Cr^{+6}$ , yüzey aktif madde vb. olarak sayılabilmektedir. Arıtma sisteminin daha kolay ve etkili devam etmesi için derinin işleme esnasında krom ve sülfür içeren atıksular ayrı toplanıp ön işlemler uygulanarak daha sonra diğer atıksular ile birleştirilmektedir (Küçülpelvan vd., 2017).

Sülfürlü atıksu; kıl giderme işlemi esnasında yıkama sularından kaynaklı oluşmakta, bu atıksuların arıtılması genelde dengeleme sonrası sülfür oksidasyonu, nötralizasyon ve karbonizasyon prosesleri uygulanmaktadır (Kabdaşlı vd.,1992).

Kromlu atıksuların ön işlem uygulanarak arıtılması ile kromun geri kazanımı sağlanarak tehlikeli atık oluşumu azaltılmaktadır. Ayrım yapıldığı durumda basit çöktürme işleminin

uygulanması yeterli olurken, yapılmadığı durumda krom giderimi için kimyasal çöktürme uygulanmaktadır (Kabdaşlı vd., 1992).

Deri endüstrisinin atıksu karakteri ve arıtılabilirlik kriterlerine göre kategorize edilmesi net biçimde yapılamamaktadır. Bunun nedeninin, deri atıksularının benzer veya aynı arıtma alternatifleri ile arıtılması olduğu düşünülebilir. Başka bir deyişle üretim proseslerindeki farklılık sonucu farklılaşan atıksu karakteri ön arıtma yapılarak homojenize edilebilir. Ön arıtma sonrasında ise atıksular benzer arıtma teknolojileri ile arıtılabilmektedir (Töre vd., 2004).

Deri atıksularının ortak arıtma tesislerinde arıtılması için deri üretiminin Organize Sanayi Bölgelerinde yapılması tercih edilmektedir. Endüstri atıksuları için her bir endüstri kuruluşunun ayrı arıtma tesisi yapması, çok büyük yatırımlar gerektirdiği için merkezi arıtma tesisi yapılması tercih edilmektedir. Organize Sanayi Bölgelerinde ilk yatırım ve işletme maliyeti, uygun arıtma tesisinin seçilmesi bölgedeki endüstrilerin katılım paylarının hesaplanması için önemli olmaktadır (Küçükpelvan, 2019).

#### **2.1.4 Deri Endüstrisi Mevzuata Göre Deşarj Standartları**

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği kapsamında sanayiler üretim türlerine göre sınıflandırılmıştır. 16 sektör bulunmakta ve bu sektörlerden biri de deri ve deri ürünleri sektörüdür. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde yer alan Tablo 12: Deri, Deri Mamulleri ve Benzeri Sanayilerin Atık Sularının Alıcı Ortama Deşarj Standartları başlığı altında yer almaktadır. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde verilen deri endüstrisi için deşarj standartları Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Deri endüstrisi için deşarj standartları

Parametre	Birim	Kompozit Numune	Kompozit Numune
		2 Saatlik	24 Saatlik
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/L	300	200
Askıda Katı Madde (AKM)	mg/L	125	-
Toplam Kjeldahl-Azotu (TKN)*	mg/L	120	90
Toplam Kjeldahl-Azotu (TKN)**	mg/L	60	45
Yağ ve Gres	mg/L	30	20
Sülfür	mg/L	2	1
Krom (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	0,5	0,3
Toplam Krom	mg/L	3	2
Balık Biyodenyi	mg/L	4	4
pH	mg/L	6-9	6-9
Renk	Pt-Co	280	260

\*Büyükbaş hayvan derisi işleyen endüstriler.

\*\*Küçükbaş hayvan derisi işleyen endüstriler ile atık sularının miktarca %20-%65'i deri sektöründen kaynaklı karışık endüstriler için uygulanmaktadır.

## 2.2 Koagülasyon Prosesi

Koagülasyon, kolloid ve askıda bulunan partiküllerin azaltmak ve çökmesi yoluyla su kaynaklarından giderilmesini sağlamak için çeşitli koagülantların ilave edildiği fiziksel ve kimyasal giderimin bir arada olduğu prosestir (Gheraout, 2014). Koagülasyon için kullanılan konvansiyonel koagülantlar, genellikle alüminyum ile demir bazlı tuzlardır (Jiang, 2001).

Koagülasyon, su arıtımında konvansiyonel olarak askıda partiküller ve patojenleri gidermek, renk ve bulanıklığı azaltmak için kullanılmaktadır (Volk C. vd., 2000). Koagülantlar suya ilave edildiğinde kolloidal taneciklerin sabitliklerini farklı şekillerde karmaşıktırır ve bir araya getirerek büyümelerini sağlamaktadır. Bu şekilde bir araya gelen partiküllerin çapları büyür ve daha kolay çökebilir bir yapı kazanmaktadır.

Su ve atıksular, koagülasyon ve flokülasyon prosesleri ile arıtımında ortaya çıkan en büyük dezavantaj yüksek oranda çamur oluşumu, kimyasal madde harcanımı, suyun elektriksel iletkenliğinin ve toplam çözünmüş madde miktarının artmasıdır. Bu sebeple yeni arıtma yöntemlerinin araştırılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır (Erciyes Üni., 2016).

Alüminyum sülfat (alum), demir (II) sülfat, demir (III) klorür ve demir klorosülfat ( $\text{FeClSO}_4$ ), en yaygın olarak tercih edilen koagülant seçenekleridir (Amokrane vd., 1997). Her koagülant, sadece belirli bir pH aralığında maksimum kirletici giderimi gerçekleştirmektedir. pH aralığının büyüklüğü; koagülantın tipine, atıksu karakteristiğine ve koagülant dozuna bağlı olarak değişmektedir (Song vd., 2004).

### 1.1 Persülfat Oksidasyon Prosesi

$\text{SO}_4^{\bullet-}$  esas olarak iki bileşikte tuz olan persülfat ( $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ ) ve peroksimonosülfat ( $\text{HSO}_5^-$ ) ile üretilmektedir (Xiao vd., 2018). Persülfat, renksiz veya beyaz kristal haldedir ve yüksek doygunluğa sahiptir. 730 g/L çözünürlüğü ile suda hızlıca çözünmektedir (Wang ve Wang, 2018). Persülfatın sulu çözeltisi asidik özelliktedir. Çalışmalarda kullanılan yaygın persülfat, sodyum persülfat ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ) ve potasyum persülfattır ( $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ) (Wang ve Wang, 2018).

### 1.2 Membran Prosesi

Membran biyoreaktör (MBR) sistemleri biyolojik arıtım yöntemlerinden biri olan aktif çamur prosesini membran ayırma prosesiyle birleştiren sistemlerdir. Bu arıtma yönteminde, son çöktürme havuzu ve kum filtrasyonu gibi üçüncül arıtma aşamalarına gerek duyulmamaktadır. Membran prosesi hidrolik ve çamur çekme sürelerini birbirinden farklı olmasına olanak sağlamaktadır. Böylece tüm çamur membran içerisinde tutmakta ve çamur yaşını olabildiğince uzun olması sağlanmaktadır. (Gürel, 2011).

MBR teknolojisi, endüstriyel atıksuların arıtılması ve geri kullanılmasında günümüzde kullanımı yaygınlaşmıştır. Membranlar, tekstil atıksu geri kazanımı ve arıtılmasında kullanılan geri kazanım, ileri arıtma ve yeniden kullanım yöntemlerinden biridir. Membran arıtma yöntemleri, deniz ve kuyu suyu arıtmalarında, endüstriyel proseslerde oluşan atıksuların arıtılarak üretime geri döndürülmesinde kullanılmakta ve atıksular için yönetmelikte belirtilen deşarj standartlarına uygun arıtılmasını sağlamaktadır (Süren, 2019).

Membran prosesleri, gelişmekte olan bir teknolojiye sahiptir. Modüler olarak kullanılabilir, taşınabilir, fazla çalışma alanı gerektirmemekte, yüksek

konsantrasyonlarda faaliyet göstermekte değişken hava değişimlerine karşı tepki göstermemekte, kaliteli çıkış suyu sağlanmakta, çevreye olumsuz etkileri olmamakta ve ilk yatırım ve işletme maliyetinin düşürektedir. Bu gibi avantajları olması sebebiyle en yaygın olarak tercih edilen teknolojidir (Süren, 2019).

Membran proseslerinde, kullanım alanlarına göre sınıflara ayrılmaktadır; mikrofiltrasyon (MF), nanofiltrasyon (NF), ultrafiltrasyon (UF), ters osmoz (RO) ve elektrodializ (ED)'dir. Membran proseslerin özellikleri Çizelge 2.3'de verilmiştir.

Çizelge 2.3. Membran proseslerinin özellikleri (Süren, 2019).

PROSES	GÜÇ	SÜZÜNTÜ	TUTULAN
<b>Mikrofiltrasyon</b>	Basınç	Su, koloidal	Su, çözülmüş sıvılar
<b>Ultrafiltrasyon</b>	Basınç	Su, Büyük moleküller	Su, küçük moleküller
<b>Nanofiltrasyon</b>	Basınç	Küçük moleküller	Tek değerlikli iyonlar
<b>Osmoz</b>	Kimyasal Potansiyel	Çözünen, su	Su
<b>Ters Osmoz</b>	Basınç	Tüm çözünenler, su	Su
<b>Diyaliz</b>	Konsantrasyon Farkı	Su, Büyük moleküller	Su, küçük moleküller

Mikrofiltrasyon, basınç kuvveti altında çalışmakta ve verimliliği en düşük olan membran teknolojisidir. Mikrofiltrasyon ile atıksudaki mikron ve daha büyük boyutlardaki partiküller ayrışmaktadır. Mikrofiltrasyon membranlarının gözenek çapları, 0,05 ile 5 µm arasındadır. Membran ortalama 2 bar'a kadar olan basınçlarda çalıştırılarak en iyi verimi sağlamaktadır. Mikrofiltrasyon sistemlerinde herhangi bir kimyasal madde kullanımı olmamaktadır. Mikrofiltrasyonların diğer bir uygulama alanı ise nanofiltrasyon ve ters osmoz membranlarından önce ön arıtma olarak kullanılmaktadır. Ayrıca suların geri kazanılmasında mikrofiltrasyonlar nanofiltrasyon ve ters osmoz membranlarından önce ön arıtma olarak kullanılmaktadır. (Demiral, 2008).

Nanofiltrasyon, düşük basınçlı ters osmoz veya membran yumuşatma olarak da adlandırılan nanofiltrasyon, yumuşatma işlemlerinde çok değerlikli iyonların (kalsiyum ve magnezyum) uzaklaştırılması için membran seçiciliği açısından ters osmoz ve ultrafiltrasyon arasında kalır. Nanofiltrasyonlarda, tek yüke sahip iyonların filtre tarafından uzaklaştırması düşüktür. Bu da nanofiltrasyonun ters osmoz ile karşılaştırdığımızda çok daha düşük bir ozmotik

basınca yol açtığını açıklamaktadır. Sonuç olarak, NF’de kullanılan işletme basıncı RO’dan çok daha düşük ve yetersizdir (Mallevalle, vd., 1996).

Ultrafiltrasyon, su arıtma ve dezenfeksiyon işlemi olarak tanımlanabilmektedir. Ultrafiltrasyon membran filtresi gözeneklidir ve sadece en kaba çözünen maddeleri değil virüs ve bakteri gibi mikroorganizmaların uzaklaştırılmasını sağlamaktadır (50 ila 500 kPa) (Mallevalle, vd., 1996).

Ters osmoz, atıksuyu, partiküllerinden geçirgen membranlar vasıtasıyla ayrılarak yüksek basınçta pompalanmaktadır. Atıksuda bulunan membranları tıkayacak parçacıkları gidermek için ön işlemden geçirilmektedir. Arıtılan suyun kalitesi basınca, beslenen atıksuyun konsantrasyonuna ve membranların partikül geçirgenlik oranına bağlıdır. (Sonune, Ghate, 2004).



### 3. MATERTAL VE YÖNTEM

#### 3.1 Deri Endüstrisi Atıksularının Karakterizasyonu

Tekirdağ Çorlu bölgesinde bulunan deri endüstrisinden atıksular alınmıştır. Endüstri içerisindeki ıslatma ünitesi, pikle ve yağ giderme aşamalarında ayrı ayrı atıksular alınmış olup, bu farklı atıksularda arıtım çalışmaları da ayrı ayrı yapılmıştır. Alınan atıksuların karakterizasyonu Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deri endüstrisi atıksularının karakterizasyonu

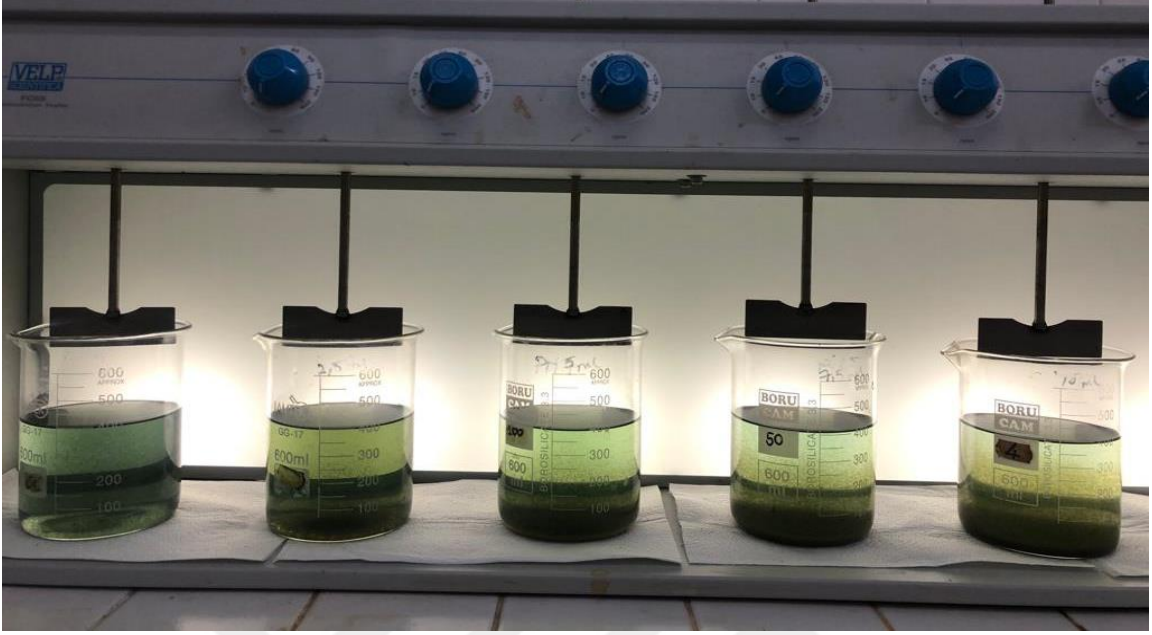
Proses Atıksuyu	pH	KOİ (mg/L)	AKM (mg/L)	Günlük Atıksu Miktarı (ton)
1. Islatma Ünitesi	9,65	4450	391	40
2. Pikle	3,70	8316	1157	10
3. Yağ Giderme	9,00	6350	590	30

#### 3.2 Koagülasyon Çalışmaları

Alınan atıksularda katı madde içeriği yüksek olmasından dolayı koagülasyon ile ön arıtma yapılmıştır. Koagülasyon çalışmaları Jar Test cihazında 120 rpm hızda 2 dakika hızlı karıştırma ve 45 rpm hızda 30 dakika yavaş karıştırma ile koagülasyon gerçekleştirilmiştir. Koagülasyon sonrasında 30 dakika çöktürme yapılarak üst fazdan arıtılmış atıksu alınarak KOİ analizi yapılmıştır. Koagülasyonda 600 mL beher içerisinde 500 mL atıksu koyularak çalışmalar yapılmış, atıksu içerisine istenilen dozda koagülant ilave edildikten sonra pH değeri pH metre yardımıyla ve H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ve NaOH kullanılarak istenilen pH değerine ayarlanmıştır.

Koagülasyon çalışmasında alum koagülantı kullanılmıştır. Koagülant 10 g/L stok olarak hazırlanmıştır ve bu stok çözeltiler içerisinde istenilen miktarda koagülant alınarak atıksu içerisine ilave edilmiştir. İlk olarak pH 5, 7 ve 9 değerlerinde koagülasyon yapılarak KOİ giderim verimi belirlenmiştir. Daha sonra en iyi pH değerinde farklı alum dozlarında çalışmalar yapılarak en iyi KOİ giderimi elde edilen alum dozları belirlenmiştir.

Yıkama ünitesi, pikle ünitesi ve yağ giderme ünitesi atıksuyunda yapılan jar test resimleri Şekil 3.1, 3.2 ve 3.3’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Yıkama ünitesi farklı pH'larda sabit alum kullanımı (100 mg/L kons. alum)



Şekil 3.2. Pikle ünitesi farklı pH'larda sabit alum kullanımı (100 mg/L kons. alum)



Şekil 3.3. Yağ giderme ünitesi farklı pH'larda sabit alum kullanımı (100 mg/L kons. alum)

### 3.3 UV/PS İle Oksidasyon Çalışmaları

UV/PS oksidasyon çalışmaları 250 mL mezür içerisine 200 mL atıksu konularak gerçekleştirilmiştir. UV lamba olarak 15 W UV-C lamba kullanılmış ve oksidasyon ile arıtım çalışması sırasında sadece UV ışığı ile arıtımın sağlanabilmesi için mezürün etrafı alüminyum folyo ile kapatılmıştır. 200 mL atıksu içerisine belirlenen miktarda persülfat konulduktan sonra atıksuyun pH değeri istenilen değerine  $H_2SO_4$  ve  $NaOH$  yardımı ile ayarlanmıştır. pH ölçümü için pH metre (WTW 3210i) ile yapılmıştır. Daha sonra atıksu mezür içerisine alınarak UV lamba açılarak ve farklı zamanlar numune alınarak  $KOİ$  analizleri yapılmıştır. Persülfat için  $Na_2S_2O_8$  kimyasalı kullanılmıştır

UV/PS oksidasyon çalışmalarında ilk olarak pH 7 değerinde farklı  $S_2O_8$  konsantrasyonları ile çalışmalar yapılmıştır ve en iyi  $KOİ$  giderimi elde edilen  $S_2O_8$  konsantrasyonu belirlenmiştir. Çalışmalarda 15, 30, 45, 60, 90, 120 ve 150 dakika sürelerde numune alınarak  $KOİ$  deneyleri yapılmıştır.

### 3.4 Membran İle Su Geri Kazanımı Çalışmaları

Membran çalışmalarında, UV/PS çalışmalarında en iyi  $KOİ$  giderimi sağlanan koşullarda elde edilen su nanofiltrasyon membran proseslerinde arıtılmıştır. Membran ile arıtım çalışmalarında NP030 nanofiltrasyon membranı kullanılmıştır. Membranda 4 bar basınç altında arıtım gerçekleştirilerek en iyi su geri kazanımı sağlanan pH belirlenmiştir.

Bu basınçta pH 3, pH 7 ve pH 11 değerlerinde membran arıtımı yapılarak da su geri kazanımı için en iyi pH değeri belirlenmiştir. Membran ile su geri kazanım çalışmalarında 5 farklı zamanlarda (15-30-45-60-75 dakika) alınan numunelerde KOI analizi yapılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan laboratuvar ölçekli düzenek Şekil 3.4'de verilmiştir. Mevcut düzenekte yer alan üniteler: Giriş besleme tankı, Pompa, Basınç gösteren vanalar, Barometre, laboratuvar ölçekli nanofiltrasyon ünitesi (CF042) ve sızıntı suyu toplama kabı.



Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan membran sistemi

Yapılan çalışmanın sonrasında alınan UV/PS çıkışı atıksuyunun optimum pH seçimiyle KOI analizleri yapılarak en yüksek giderim verimi seçilmiştir. UV/PS oksidasyonunun yeterli olup olmadığını test etmek için UV/PS sonrası membran sonucunun en iyi seçilen optimum değerlere sahip atıksuyun, koagülasyon sisteminin atık suyun membran değerine göre pH ayarlaması ile membran filtreden geçirilmiştir.

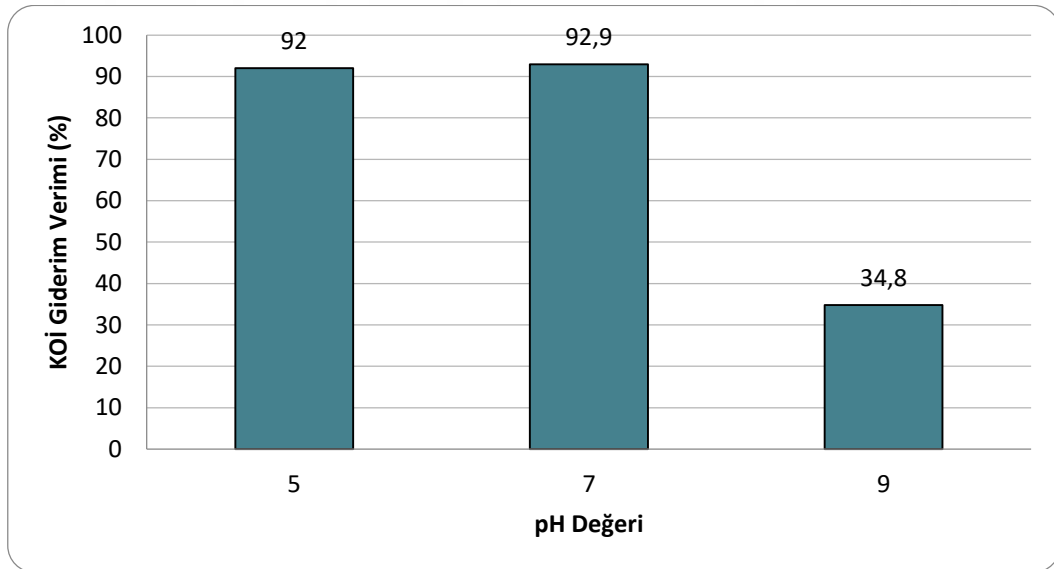
## 4. DENEYSEL BULGULAR

### 4.1 Deri Endüstrisi Atıksularında Koagülasyon Çalışmaları Bulguları

Koagülasyon çalışmalarında ilk olarak sabit alum dozunda (100 mg/L alüm konsantrasyonunda) pH 5, 7 ve 9 değerlerinde koagülasyon yapılarak KOİ giderimi belirlenmiştir. Daha sonra en iyi KOİ giderimi elde edilen pH değerinde farklı koagülant dozlarında koagülasyon yapılarak en iyi KOİ giderimi belirlenmiştir.

#### 4.1.1 Alum İle Farklı pH Değerlerinde Koagülasyon Çalışmaları

Deri endüstrisinden yıkama ünitesi, pikle ve yağ giderme ünitesinden alınan atıksular ile koagülasyon çalışmaları yapılmıştır. Çalışmalarda alum konsantrasyonları hazırlanarak koagülant eklenmiştir. Öncelikle 100 mg/L alüm konsantrasyonu denenerek yıkama ünitesi atıksuyunda pH 5, 7 ve 9 değerlerinde elde edilen KOİ giderim verimleri Şekil 4.1’de verilmiştir. pH 5 ve 7 değerinde birbirine benzer KOİ giderimi elde edilirken, pH 9 değerinde KOİ giderimi düşmüştür. En yüksek KOİ giderimi pH 7 değerinde %92,9 olarak elde edilmiştir. Yıkama ünitesi atıksuyununun KOİ konsantrasyonu 4434 mg/L olup, pH 5, 7 ve 9 değerlerinde KOİ konsantrasyonu sırasıyla 356, 314 ve 2893 mg/L değerlerine azalmıştır.

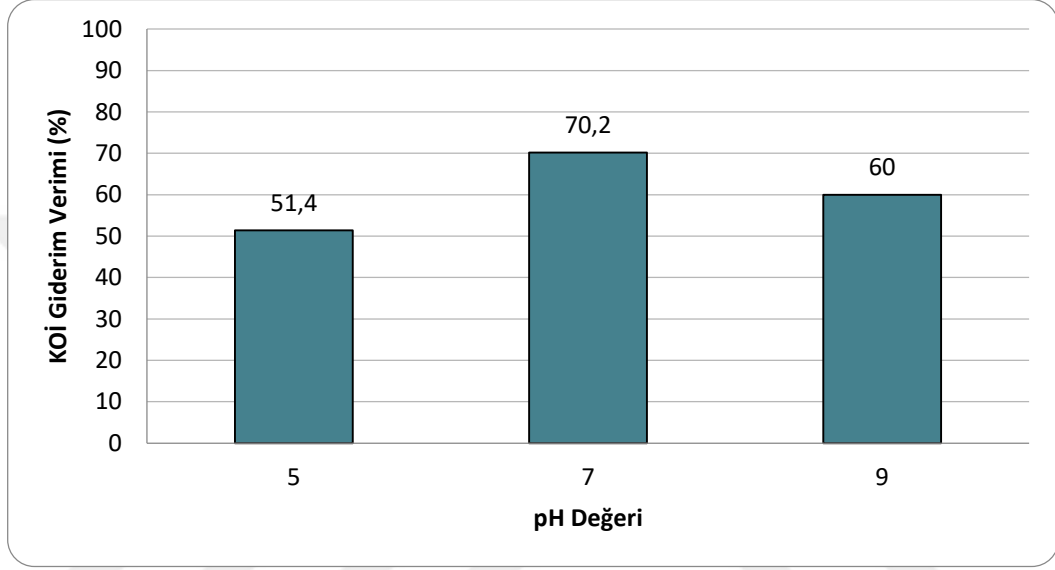


Şekil 4.1. Yıkama ünitesi atıksuyunda farklı pH’lardaki KOİ giderim verimi

Pikle ünitesi atıksuyunda 100 mg/L alüm konsantrasyonundaki alum ilave edilerek pH 5, 7 ve 9 değerlerinde elde edilen KOİ giderim verimleri Şekil 4.2’de verilmiştir.

pH 5 değerinde %51,4 KOİ giderimi elde edilirken, pH 7 değerinde KOİ giderimi %70,2 değerine artmıştır. Ancak pH 9 değerinde KOİ giderimi %60 değerine düşmüştür.

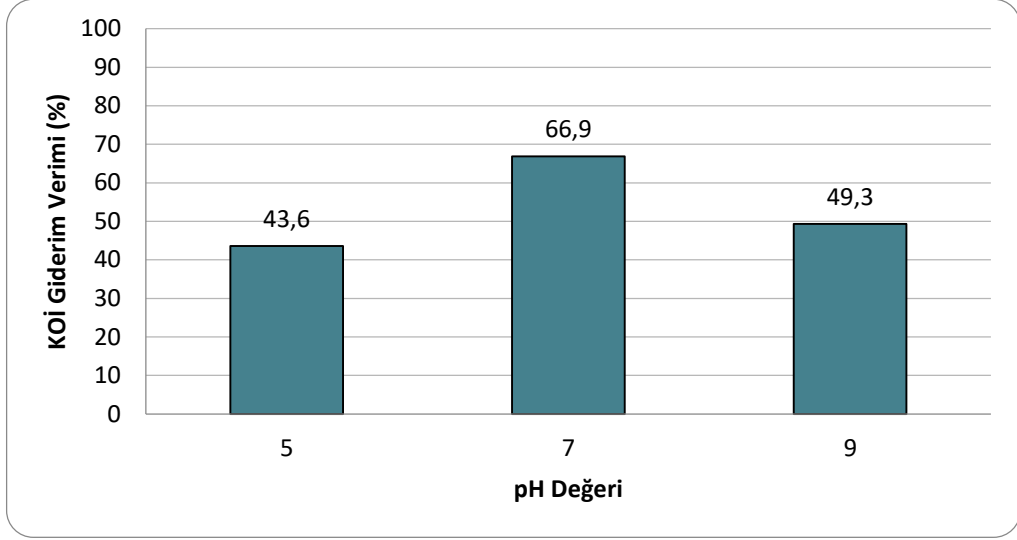
Pikle ünitesi atıksuyunda da yıkama ünitesi atıksuyunda olduğu gibi pH 7 değerinde en yüksek KOİ giderimi elde edilmiştir. Pickle ünitesi atıksuyunun KOİ konsantrasyonu 8287 mg/L iken, pH 5, 7 ve 9 değerlerinde KOİ konsantrasyonu sırasıyla 4024, 2473 ve 3312 mg/L değerlerine düşmüştür.



şekil 4.2. Pickle ünitesi atıksuyunda farklı pH'lardaki KOİ giderim verimi

Yağ giderime ünitesi atıksuyunda 100 mg/L alüm konsantrasyonu ilave edilerek pH 5, 7 ve 9 değerlerinde elde edilen KOİ giderim verimleri şekil 4.3'de verilmiştir. pH 5 değerinde %43,6 KOİ giderimi elde edilirken, KOİ giderimi pH 7 değerinde %66,9 değerine artmıştır. pH 9 değerinde ise KOİ giderimi %49,3 değerine düşmüştür. Pickle ve yıkama ünitesi atıksularında olduğu gibi pH 7 değerinde en yüksek KOİ giderimi elde edilmiştir. Yağ giderme ünitesi atıksuyu KOİ değeri 5833 mg/L olarak elde edilmiştir ve pH 5, 7 ve 9 değerlerinde KOİ konsantrasyonu 3291, 1928 ve 2955 mg/L değerlerine azalmıştır.

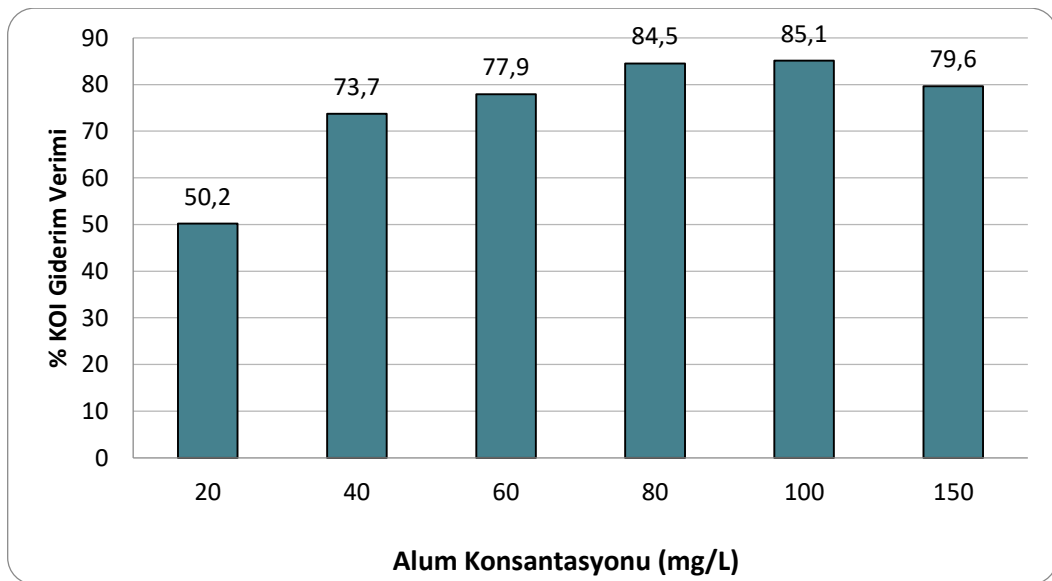
Farklı pH değerlerinde yapılan çalışmalarda yıkama, pickle ve yağ giderme ünitelerinde en yüksek KOİ giderimi elde edilen optimum değer pH 7 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.3. Yağ giderme ünitesi atıksuyunda farklı pH'lardaki KOİ giderim verimi

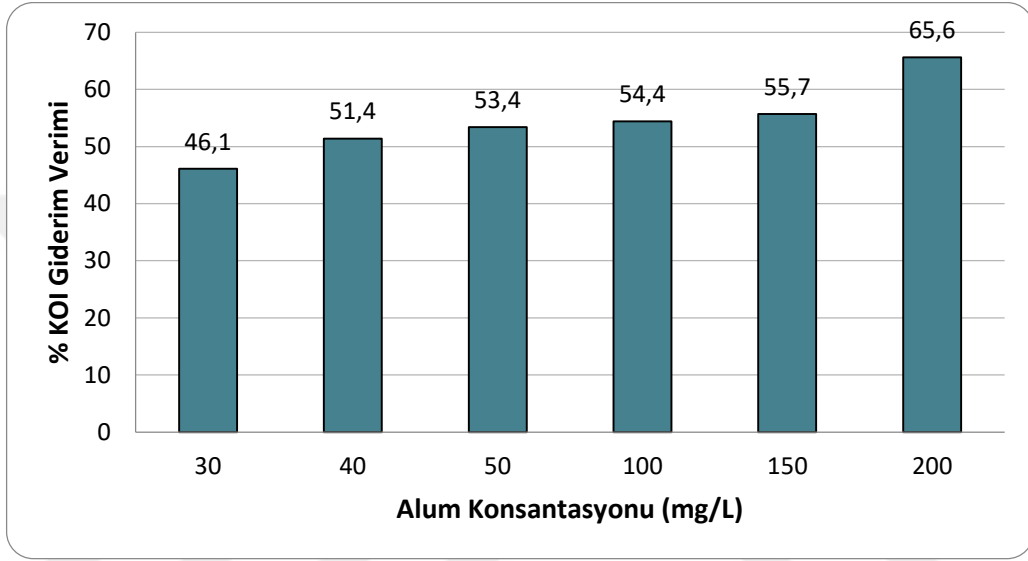
#### 4.1.2 Alum İle Farklı Koagülant Dozlarında Koagülasyon Çalışmaları

Bu aşamada optimum pH değerleri olarak belirlenen pH 7'de farklı alum dozajlarında koagülasyon yapılarak en iyi KOİ giderimi elde edilen alum dozu belirlenmiştir. Yıkama ünitesi atıksuyunda 20, 40, 60, 80 ve 150 mg/L alum konsantrasyonuna denk gelen dozlar eklenerek elde edilen KOİ giderim verimleri Şekil 4.4'de verilmiştir. Alum dozu 20 mg/L konsantrasyonda iken KOİ 4434 mg/L değerinde 2220 mg/L değerine azalarak %50,2 KOİ giderimi elde edilmiştir. Alum dozu 100 mg/L konsantrasyonuna sahip değere kadar artması ile KOİ giderimi de artmış ve en yüksek KOİ giderimi 100 mg/L konsantrasyonuna sahip alum miktarında %85,1 olarak gözlenmiştir.



Şekil 4.4. Yıkama ünitesi atıksuyunda farklı alum dozlarında KOİ giderim verimi

Pikle ünitesi atıksuyunda 30, 40, 50, 100, 150 ve 200 mg/L alum konsantrasyonuna denk gelen dozlar eklenerek elde edilen KOİ giderim verimleri Şekil 4.5’de verilmiştir. 30 mg/L konsantrasyona sahip alum kullanımında %46, 40 mg/L alum konsantrasyonu kullanımında %51, 50 mg/L alum konsantrasyonu kullanımında %53, 150 mg/L konsantrasyona sahip alum kullanımında %56 ve 200 mg/L konsantrasyoana sahip alum kullanımında %66 giderim verimi elde edilmiştir. En yüksek KOİ giderimi 200 mg/L konsantrasyoana sahip alum dozunda gözlenmiştir.



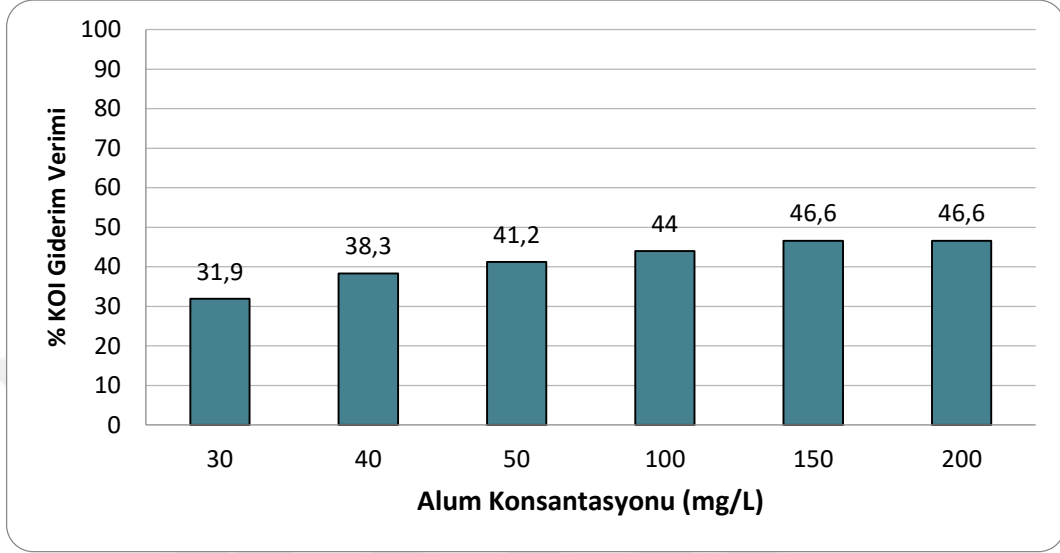
Şekil 4.5. Pickle ünitesi atıksuyunda farklı alum dozlarında KOİ giderim verimi

Yağ giderme ünitesi atıksuyunda 30, 40, 50, 100, 150 ve 200 mg/L alum konsantrasyonuna denk gelen dozlar eklenerek elde edilen KOİ giderim verimleri Şekil 4.6’da verilmiştir. 30 mg/L konsantrasyona sahip alum kullanımında %32, 40 mg/L konsantrasyona sahip alum kullanımında %38, 50 mg/L konsantrasyona sahip alum kullanımında %41, 150 mg/L konsantrasyona sahip alum kullanımında %47 ve 200 mg/L konsantrasyona sahip alum kullanımında %47 giderim verimi elde edilmiştir.

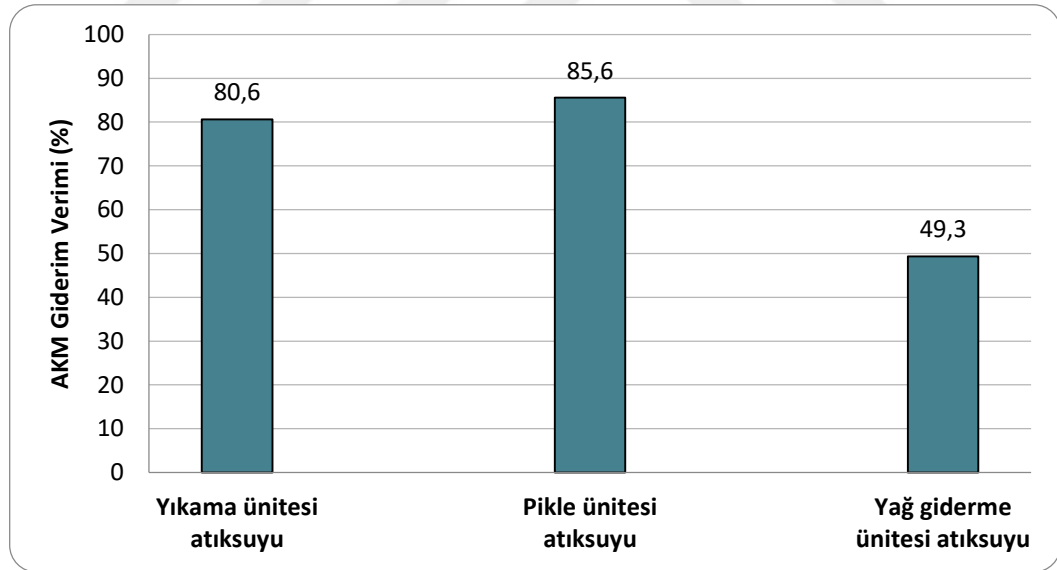
Farklı alum dozlarında yıkama, pickle ve yağ giderme ünitesi atıksularında elde edilen sonuçlar neticesinde yıkama ünitesi atıksuyunda en iyi KOİ giderimi 100 mg/L konsantrasyoana sahip alum dozunda gözlenmiştir. Pickle ünitesi atıksuyunda ve yağ giderme ünitesi atıksuyunda en yüksek KOİ giderimi sırasıyla 200 mg/L konsantrasyoana sahip alum alum dozunda ve 150 mg/L konsantrasyoana sahip alum dozunda elde edilmiştir. Yıkama, pickle ve yağ giderme ünitelerinde optimum alum dozlarında elde edilen AKM giderim verimleri Şekil 4.7’de verilmiştir. Yıkama ünitesi atıksuyunun AKM konsantrasyonu 391 mg/L olup, optimum dozlarda AKM konsantrasyonu 76 mg/L değerine azalarak %80,6 AKM giderimi elde



edilmiştir. Pickle ünitesi atıksuyunda ise optimum alum dozlarında AKM konsntrasyonu 1157 mg/L değerinden 167 mg/L değerine azalarak %85,6 AKM giderimi gözlenmiştir. Yağ giderme ünitesinde ise AKM konsntrasyonu 590 mg/L değerinden 299 mg/L değerine düşerek %49,3 AKM giderimi elde edilebilmektedir.



Şekil 4.6. Yağ giderme ünitesi atıksuyunda farklı alum dozlarında KOİ giderim verimi



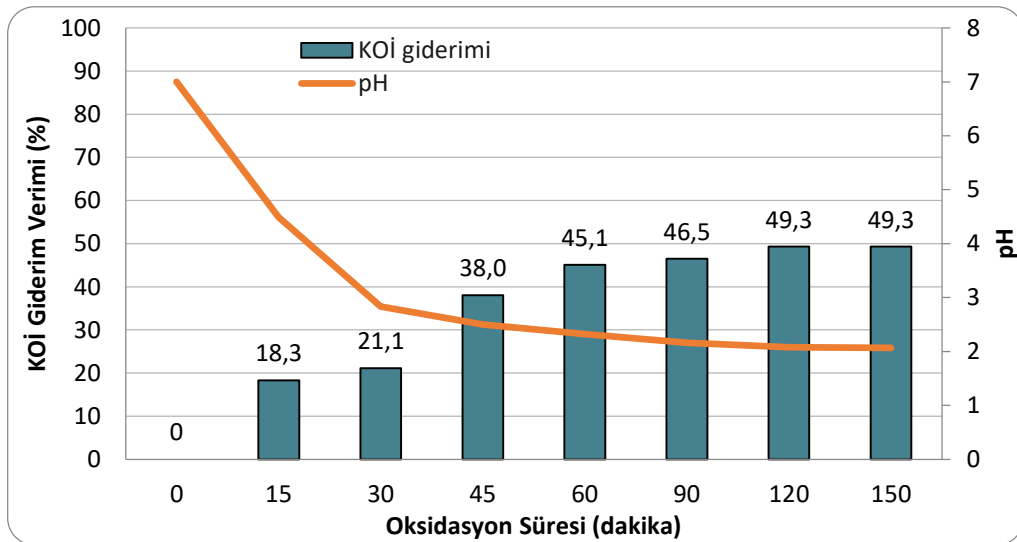
Şekil 4.7. Yıkama, pickle ve yağ giderme ünitesi atıksularında optimum alum dozlarında AKM giderim verimi

## 4.2 Koagülasyon Sonrası UV/PS Oksidasyonu Çalışmaları Bulguları

Koagülasyon çalışmalarında belirlenen alum dozlarında atıksuların ön arıtımı yapıldıktan sonra UV/PS oksidasyonu ile arıtım çalışmaları yapılmıştır. Yıkama, pikle ve yağ giderme ünitelerinden oluşan atıksular için ayrı ayrı koagülasyon sonrası UV/PS oksidasyon çalışmaları yapılmıştır. İlk olarak atıksuya farklı miktarlarda sodyum persülfat ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ) ilave edilerek pH 7 değerinde ultraviyole ışık altında oksidasyon yapılmıştır. Sodyum persülfat ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ) miktarı belirlendikten sonra da farklı pH değerlerinde ultraviyole ışık altında oksidasyon yapılmıştır.

### 4.2.1 Yıkama Ünitesi Atıksuyunda UV/PS Çalışmaları

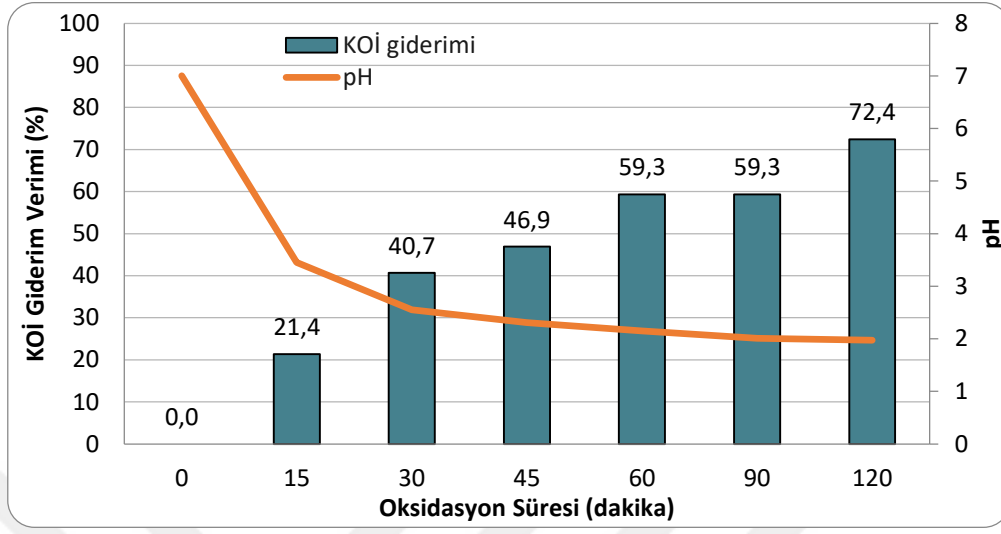
Yıkama ünitesi atıksuyunda pH 7 değerinde 4000 mg/L  $\text{S}_2\text{O}_8$  konsantrasyonunda elde edilen KOİ giderim verimleri Şekil 4.8’de verilmiştir. İlk 30 dakikalık oksidasyon sonunda yaklaşık %20 KOİ giderimi elde edilirken, oksidasyon süresi arttıkça KOİ giderimi verimi de artmıştır. Oksidasyon süresi 120 dakika olduğunda %49,3 KOİ giderimi elde edilirken, 150. Dakikada KOİ gideriminde bir değişim görülmemiştir. Bu yüzden sonraki çalışmalarda 120 dakika oksidasyon yapılmıştır. Yapılan çalışmada pH değişimi de incelenmiş olup, 15. ve 30. dakikalarda pH 4,49 ve 2,83 değerlerine azalırken, 150 dakika sonunda pH değeri 2,07’dir.



Şekil 4.8. Yıkama Ünitesi Atıksuyunda UV/PS Oksidasyonu İle Elde Edilen KOİ Giderim Verimi (pH: 7,  $\text{S}_2\text{O}_8$ : 4000 mg/L)

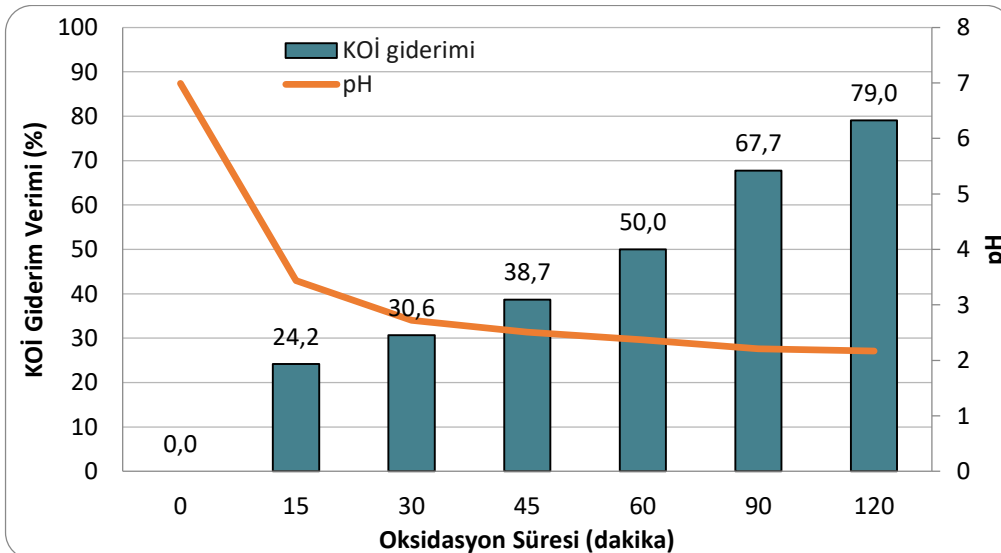
Yıkama ünitesi atıksuyunda pH 7 değerinde 6000 mg/L  $\text{S}_2\text{O}_8$  konsantrasyonunda elde edilen KOİ giderim verimleri Şekil 4.9’da verilmiştir. İlk 15 dakikada KOİ giderimi %21,4 ve 30 dakika sonra da KOİ giderimi %40,7 değerine artmıştır. Oksidasyon süresi 120 dakikada ise

%72,4 KOİ giderimi elde edilmiştir. Yapılan çalışmada pH değişimi de incelenmiş olup, ilk 15 dakikada pH 3,45 değerlerine azalırken, 120 dakika sonunda 1,97 değerine düşmüştür.



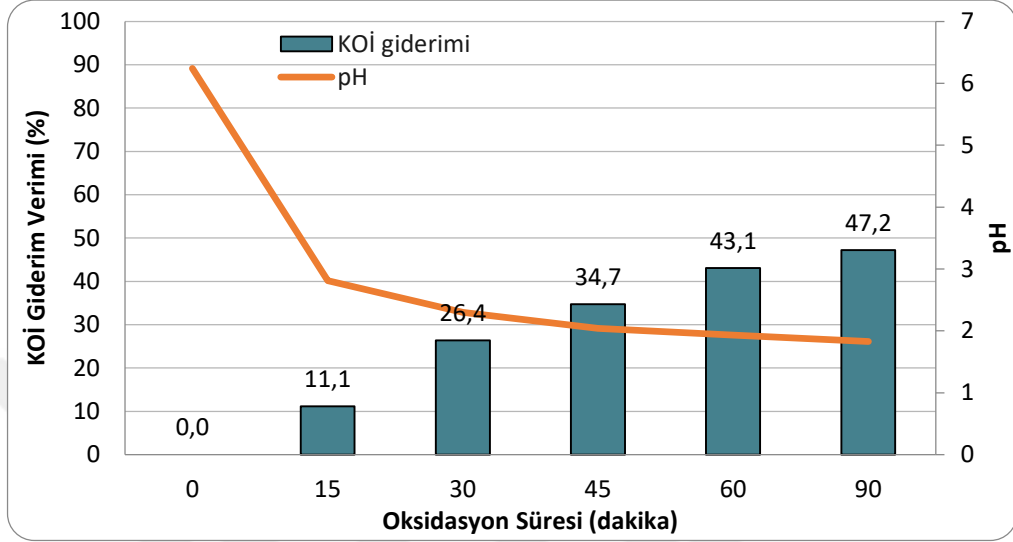
Şekil 4.9. Yıkama ünitesi atıksuyunda UV/PS oksidasyonu ile elde edilen KOİ giderim verimi (pH: 7, S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>: 6000 mg/L)

Yıkama ünitesi atıksuyunda pH 7 değerinde 8000 mg/L S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> konsantrasyonunda elde edilen KOİ giderim verimleri Şekil 4.10'da verilmiştir. İlk 60 dakikada KOİ giderimi %50 iken, 120 dakika oksidasyon sonunda KOİ giderimi %79 değerine yükselmiştir. pH ise ilk 15 dakikada 7 değerinden 3,44 değerlerine ve 120 dakika sonunda da 2,17 değerine düşmüştür.



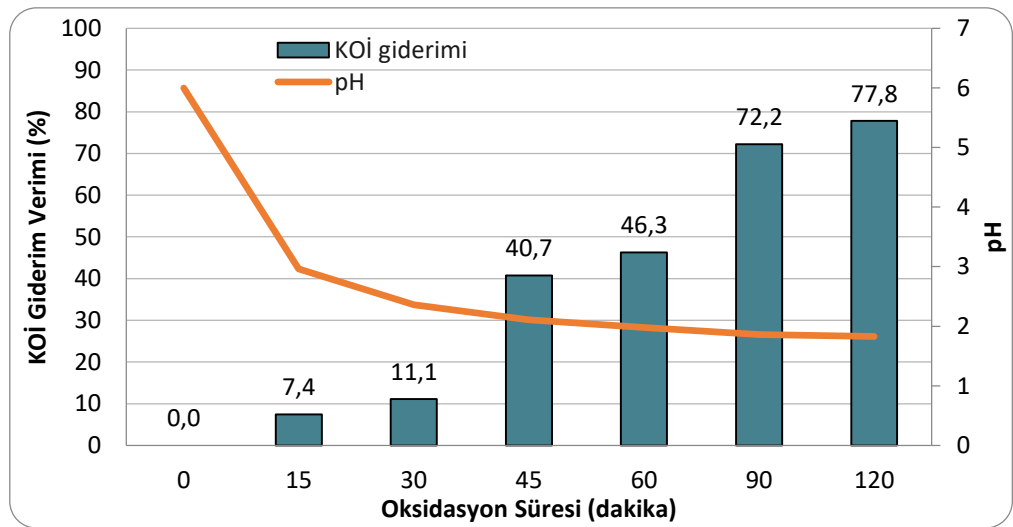
Şekil 4.10. Yıkama ünitesi atıksuyunda UV/PS oksidasyonu ile elde edilen KOİ giderim verimi (pH: 7, S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>: 8000 mg/L)

Yıkama ünitesi atıksuyunda pH 7 değerinde 10000 mg/L  $S_2O_8$  konsantrasyonunda elde edilen KOİ giderim verimleri Şekil 4.11’de verilmiştir. İlk 90 dakikada KOİ giderimi %47,2 olarak elde edilmiş olup, pH değeri de 120 dakika oksidasyon sonunda 1,83 değerine düşmüştür.



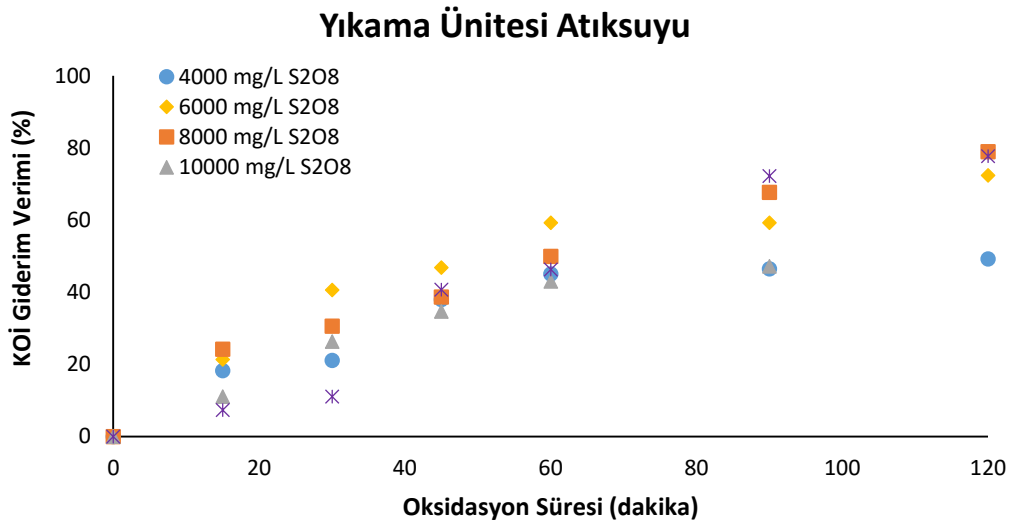
Şekil 4.11. Yıkama ünitesi atıksuyunda UV/PS oksidasyonu ile elde edilen KOİ giderim verimi (pH: 7,  $S_2O_8$ : 10000 mg/L)

Yıkama ünitesi atıksuyunda pH 7 değerinde 12000 mg/L  $S_2O_8$  konsantrasyonunda elde edilen KOİ giderim verimleri Şekil 4.12’de verilmiştir. Yapılan 120 dakika oksidasyon sonunda %77,8 KOİ giderimi elde edilmiştir ve pH değeri de 1,83’e azalmıştır.



Şekil 4.12. Yıkama ünitesi atıksuyunda UV/PS oksidasyonu ile elde edilen KOİ giderim verimi (pH: 7,  $S_2O_8$ : 12000 mg/L)

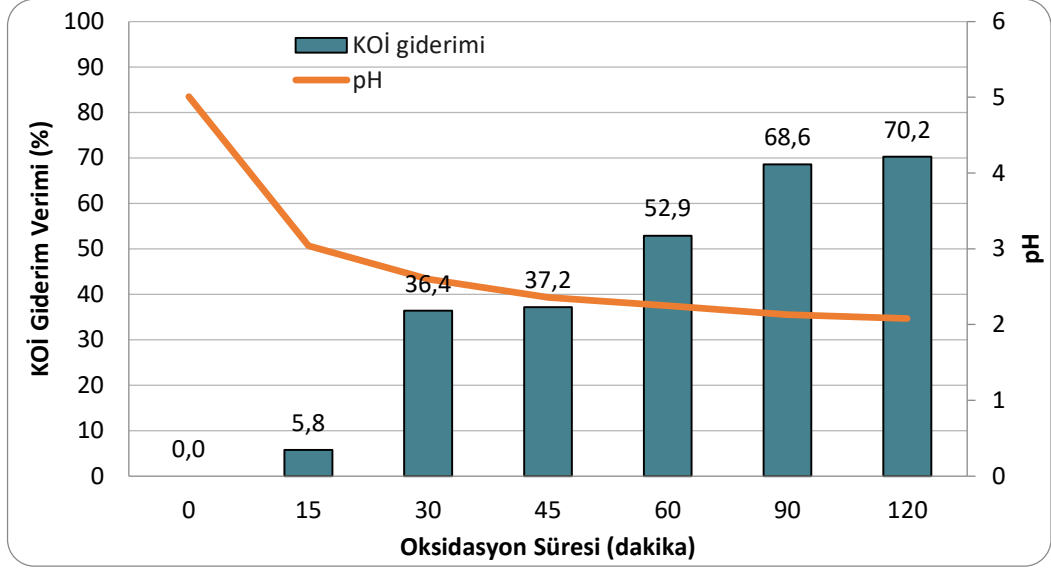
Yıkama ünitesi atıksuyunda pH 7 değerinde 4000-12000 mg/L S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> konsantrasyonu aralığında oksidasyon çalışmaları yapılmıştır. Elde edilen KOİ giderim verimlerinin karşılaştırması Şekil 4.13’de verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi 4000 mg/L S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> konsantrasyonunda 120 dakika oksidasyon sonunda %49,3 KOİ giderimi elde edilirken, 6000 mg/L S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> konsantrasyonunda KOİ giderimi %72,4 değerine artmıştır. 8000 mg/L S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> konsantrasyonunda ise %79,0 KOİ giderimi elde edildikten sonra 10000 ve 12000 mg/L S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> konsantrasyonlarında KOİ gideriminde önemli bir artış gözlenmemiştir. Bu yüzden yıkama ünitesi atıksuyundan UV/PS oksidasyonu için optimum persülfat konsantrasyonu 8000 mg/L S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> olarak belirlenmiştir.



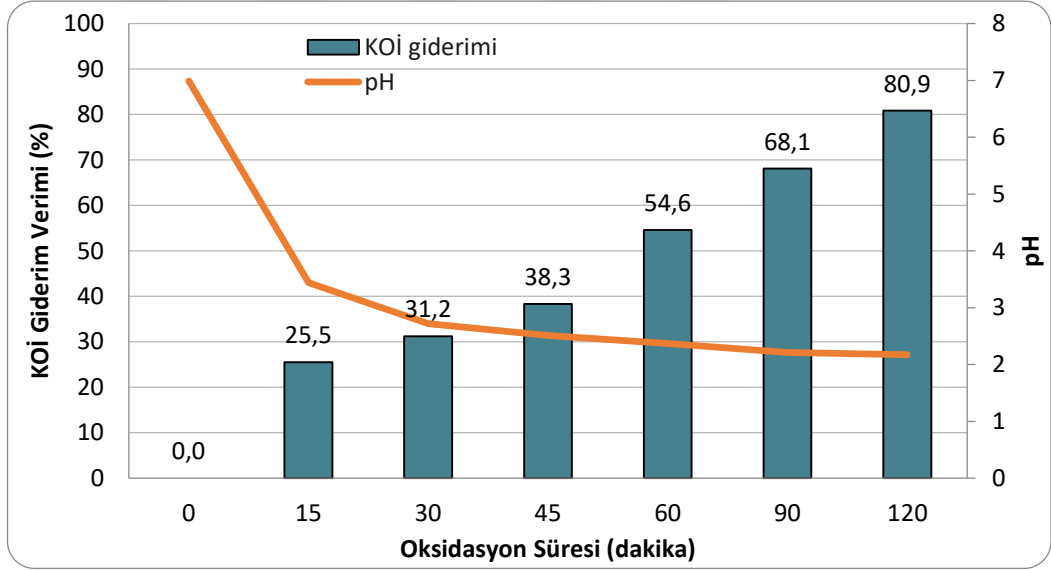
Şekil 4.13. Yıkama ünitesi atıksuyunda farklı S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> konsantrasyonlarında ile elde edilen KOİ giderim verimi (pH: 7)

Optimum persülfat konsantrasyonu belirlendikten sonra farklı pH değerlerinde UV/PS oksidasyon çalışmaları yapılmıştır. pH 5 değerinde elde edilen KOİ giderim verimleri Şekil 4.14’de verilmiştir. İlk 60 dakika oksidasyon ile KOİ giderimi %52,9’ye artarken, 120 dakika oksidasyon sonunda KOİ giderimi %70,2 olarak elde edilmiştir. pH değeri ise 120 dakika oksidasyon sonunda 2,08 değerine azalmıştır.

pH 7 değerinde 8000 mg/L S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> konsantrasyonunda oksidasyon çalışmaları tekrar edilmiş olmuştur, 120 dakika sonunda %80,9 KOİ giderimi elde edilmiştir (Şekil 4.15). İlk denemelerde de 120 dakika oksidasyon sonunda %79,0 KOİ giderimi gözlemlendiğinden her iki denemede sonuçların yakın olduğu görülmüştür.

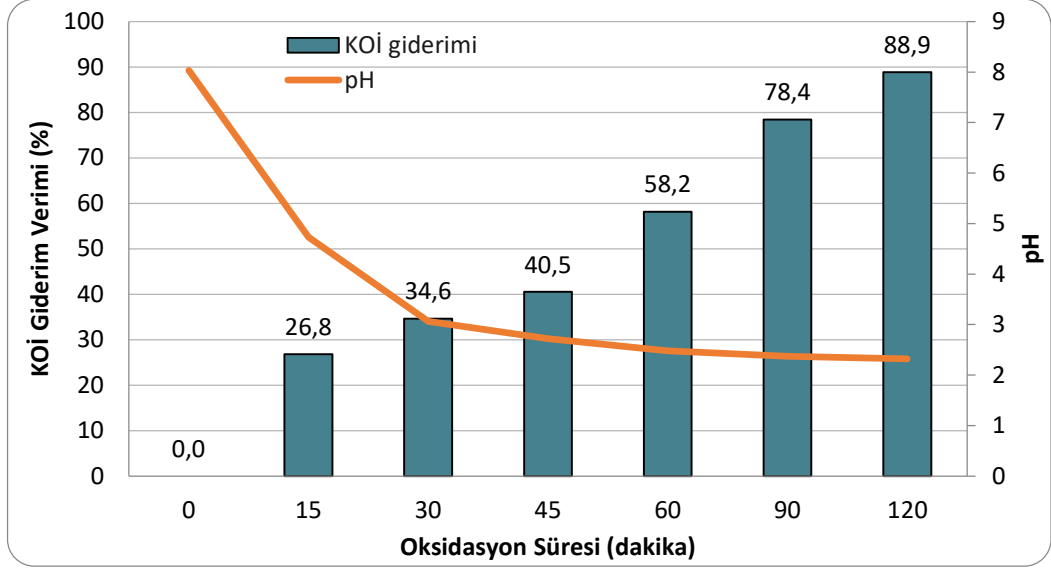


Şekil 4.14. Yıkama ünitesi atıksuyunda UV/PS oksidasyonu ile elde edilen KOİ giderim verimi (pH: 5, S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>: 8000 mg/L)



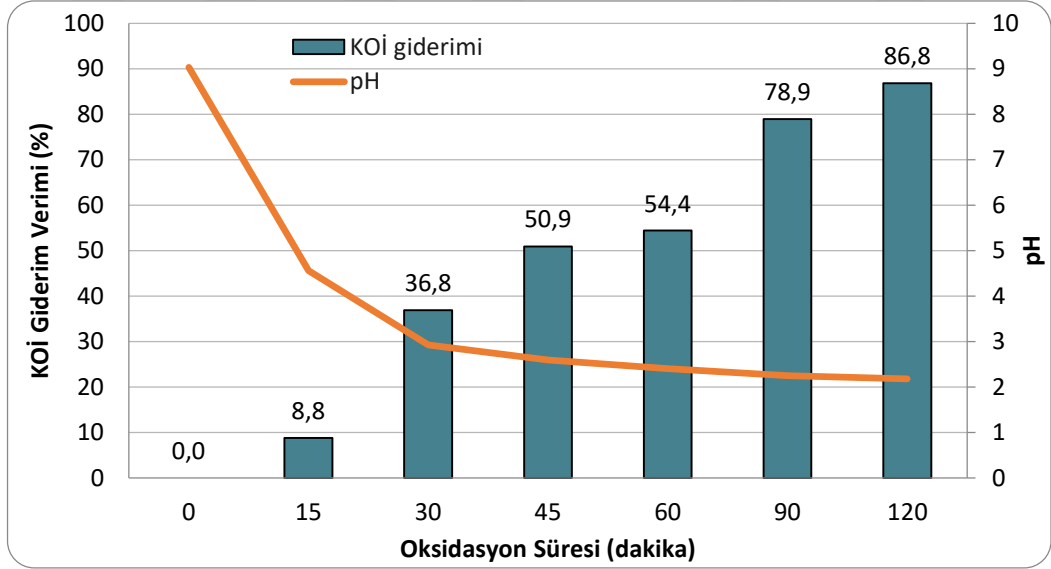
Şekil 4.15. Yıkama ünitesi atıksuyunda UV/PS oksidasyonu ile elde edilen KOİ giderim verimi (pH: 7, S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>: 8000 mg/L)

pH 8 değerinde yapılan oksidasyon çalışmalarında elde edilen KOİ giderim verimleri Şekil 4.16'da verilmiştir. pH 8'de 120 dakika persulfat oksidasyonu ile yıkama ünitesi atıksuyunda KOİ giderim verimi %88,9 olmuştur. pH ise 2,32 değerine düşmüştür.



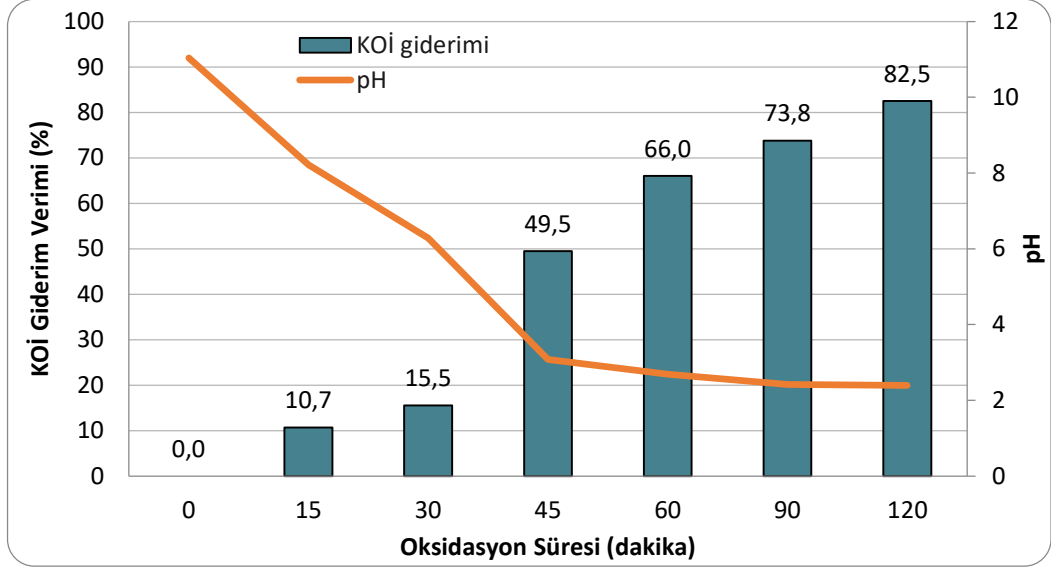
Şekil 4.16. Yıkama ünitesi atıksuyunda UV/PS oksidasyonu ile elde edilen KOİ giderim verimi (pH: 8, S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>: 8000 mg/L)

pH 9 değerinde yapılan çalışmada 60 ve 120 dakika oksidasyon süreleri sonunda sırasıyla %54,4 ve %86,8 KOİ giderimi elde edilmiştir. pH 9 değerinde zamana bağlı olarak elde edilen KOİ giderim verimleri Şekil 4.17’de verilmiştir.



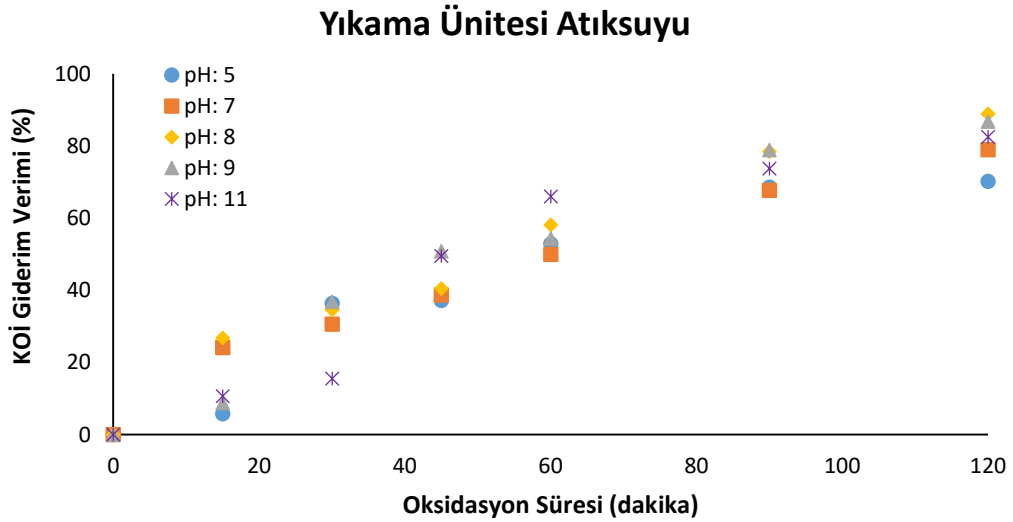
Şekil 4.17. Yıkama ünitesi atıksuyunda UV/PS oksidasyonu ile elde edilen KOİ giderim verimi (pH: 9, S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>: 8000 mg/L)

pH 11 değerinde elde edilen KOİ giderim veriminin zamana bağlı değişimi Şekil 4.17’de verilmiştir. 120 dakika oksidasyon sonunda %82,5 KOİ giderim verimi elde edilmiştir.



Şekil 4.18. Yıkama ünitesi atıksuyunda UV/PS oksidasyonu ile elde edilen KOİ giderim verimi (pH: 11, S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>: 8000 mg/L)

Farklı pH değerlerinde elde edilen KOİ giderim verimleri Şekil 4.19'da verilmiştir. pH 5 değerinde yani asidik koşullarda KOİ giderimi azalmaktadır. pH 7 üzerinde birbirine yakın KOİ giderim verimleri elde edilmesine rağmen en yüksek KOİ giderim verimine pH 8 değerinde ulaşılmıştır.

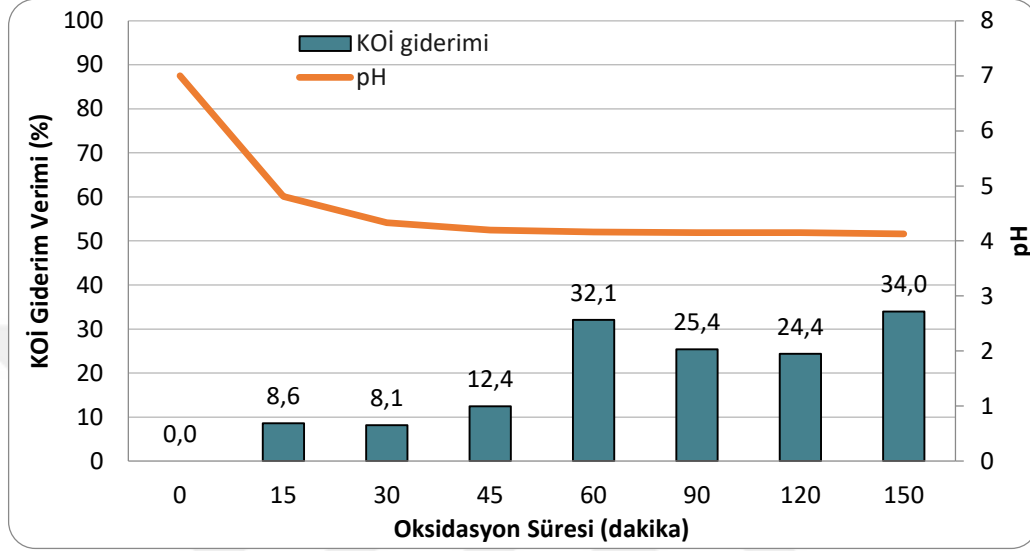


Şekil 4.19. Yıkama ünitesi atıksuyunda farklı pH değerlerinde ile elde edilen KOİ giderim verimi (S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>: 8000 mg/L)



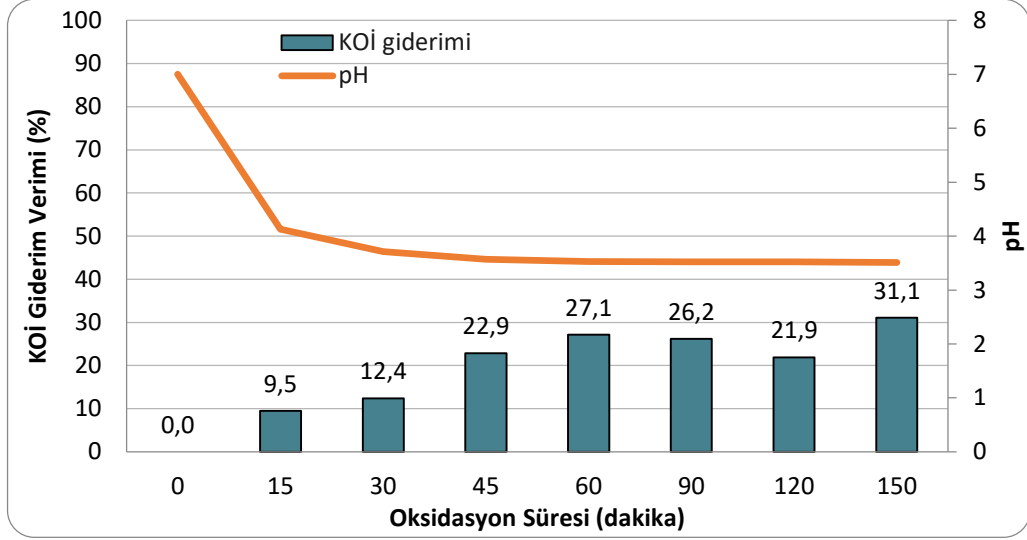
#### 4.2.2 Pikle Ünitesi Atıksuyunda UV/PS Çalışmaları

Pikle ünitesi atıksuyunda pH 7 değerinde ve 8000 mg/L S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> konsantrasyonunda elde edilen KOİ giderim verimleri Şekil 4.20’de verilmiştir. 120 dakika oksidasyon sonunda KOİ giderimi %34 olarak elde edilirken, pH değerinin de 4,13 olduğu görülmüştür.



Şekil 4.20. Pikle ünitesi atıksuyunda UV/PS oksidasyonu ile elde edilen KOİ giderim verimi (pH: 7, S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>: 8000 mg/L)

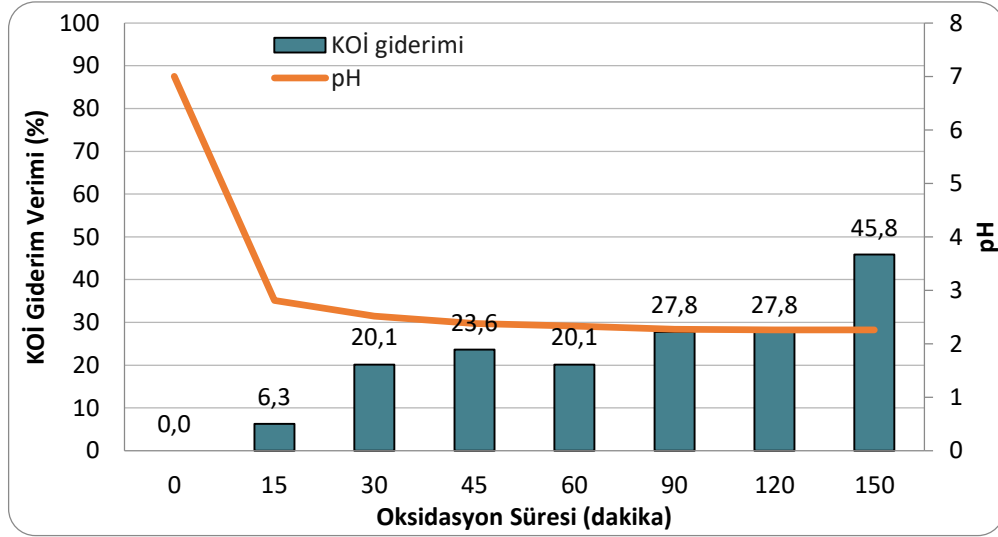
Pikle ünitesi atıksuyunda pH 7 değerinde 12000 mg/L S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> konsantrasyonunda zamana bağlı olarak KOİ giderimi Şekil 4.21’de verilmiştir. 120 dakika sonunda %31,1 KOİ giderimi gözlenmiştir ve pH da 3,51 değerine düşmüştür. Her iki S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> konsantrasyonu denemesi karşılaştırıldığında S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> konsantrasyonu artırılmasına rağmen KOİ giderimi artmamıştır. pH değerinin yıkama ünitesi atıksuyunda yapılan çalışmalara göre daha yüksek olduğu da görülmektedir. Sonuç olarak pikle ünitesi atıksuyunda UV/PS oksidasyonu ile yeterli KOİ giderimine ulaşılamamıştır. Bu yüzden bu atıksu için farklı pH değerlerinde denemeler yapılmamıştır. Pikle ünitesi atıksuyunda bulunan formik asit, sülfürik asit bulunmasından kaynaklanan giderim veriminde düşüklük olduğu görülmektedir.



Şekil 4.21. Pikle ünitesi atıksuyunda UV/PS oksidasyonu ile elde edilen KOİ giderim verimi (pH: 7, S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>: 12000 mg/L)

#### 4.2.3 Yağ Giderme Ünitesi Atıksuyunda UV/PS Çalışmaları

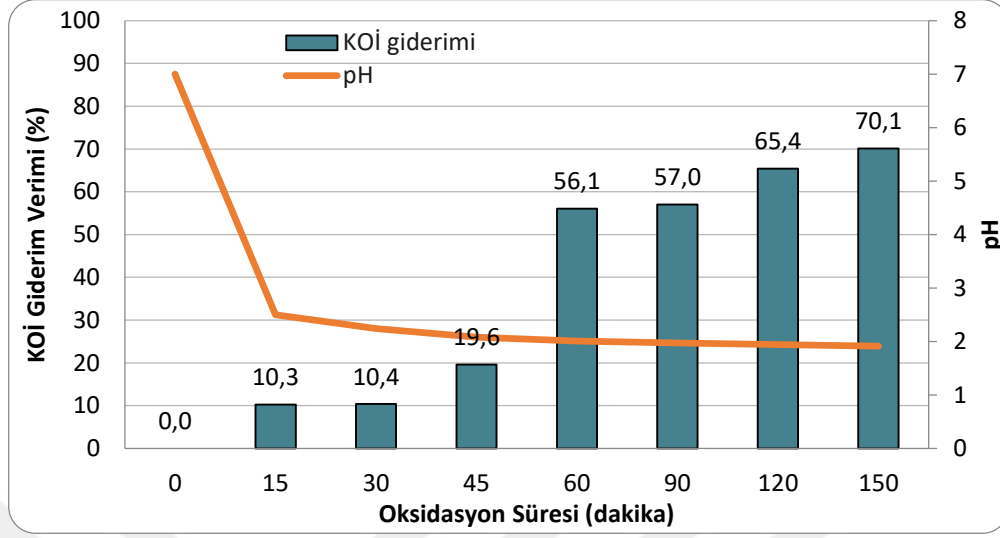
pH 7 değerinde 8000 mg/L S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> konsantrasyonunda elde edilen KOİ giderim veriminin zamana bağlı olarak değişimi Şekil 4.22'de verilmiştir. 120 dakika oksidasyon sonunda %45,8 KOİ giderimine ulaşılmıştır.



Şekil 4.22. Yağ giderme ünitesi atıksuyunda UV/PS oksidasyonu ile elde edilen KOİ giderim verimi (pH: 7, S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>: 8000 mg/L)

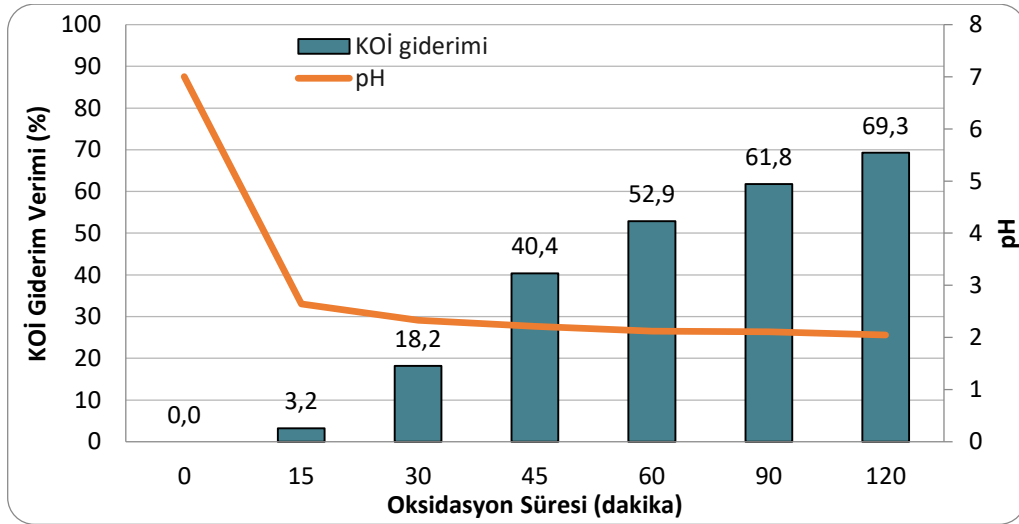
Yağ giderme ünitesi atıksuyunda pH 7 değerinde 12000 mg/L S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> konsantrasyonunda UV/PS oksidasyon çalışmalarında elde edilen KOİ giderim verimleri Şekil 4.23'de verilmiştir. S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> konsantrasyonunun 8000 mg/L değerinden 12000 mg/L değerine artırılması ile 120 dakika oksidasyon sonunda KOİ giderim verimi de %45,8 değerinde %70,1 değerine artmıştır. İlk 60

dakika sonunda %57,0 KOİ giderimi elde edilmiştir. pH değeri ise ilk 15 dakika 2,5 değerine düşmüş ve 120 dakika oksidasyon sonunda da 1,91 olarak gözlenmiştir.



Şekil 4.23. Yağ giderme ünitesi atıksuyunda UV/PS oksidasyonu ile elde edilen KOİ giderim verimi (pH: 7, S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>: 12000 mg/L)

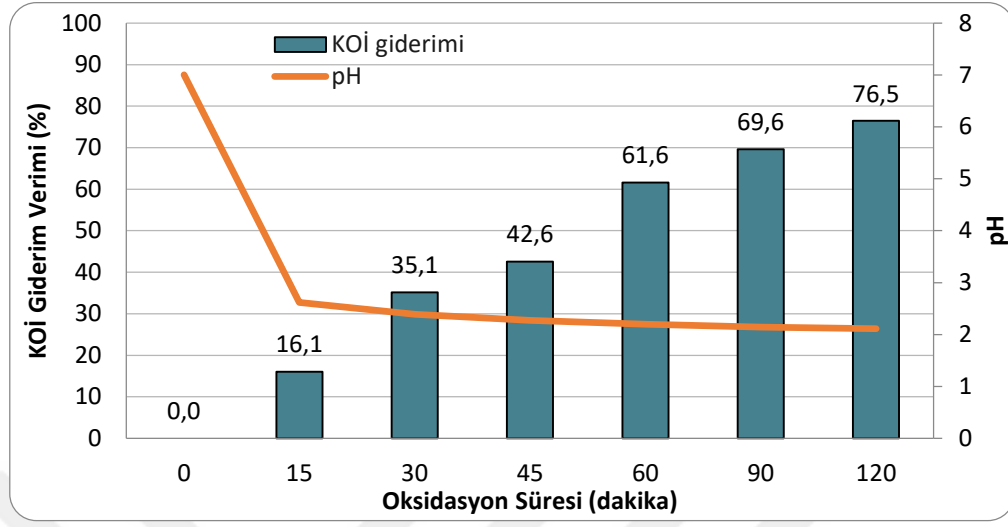
Yağ giderme ünitesi atıksuyunda 14000 mg/L S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> konsantrasyonu ile yapılan arıtım çalışmalarında elde edilen KOİ giderim verimleri Şekil 4.24'de verilmiştir. 120 dakika UV/PS oksidasyonu sonunda %69,3 KOİ giderimi gözlenmiştir.



Şekil 4.24. Yağ giderme ünitesi atıksuyunda UV/PS oksidasyonu ile elde edilen KOİ giderim verimi (pH: 7, S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>: 14000 mg/L)

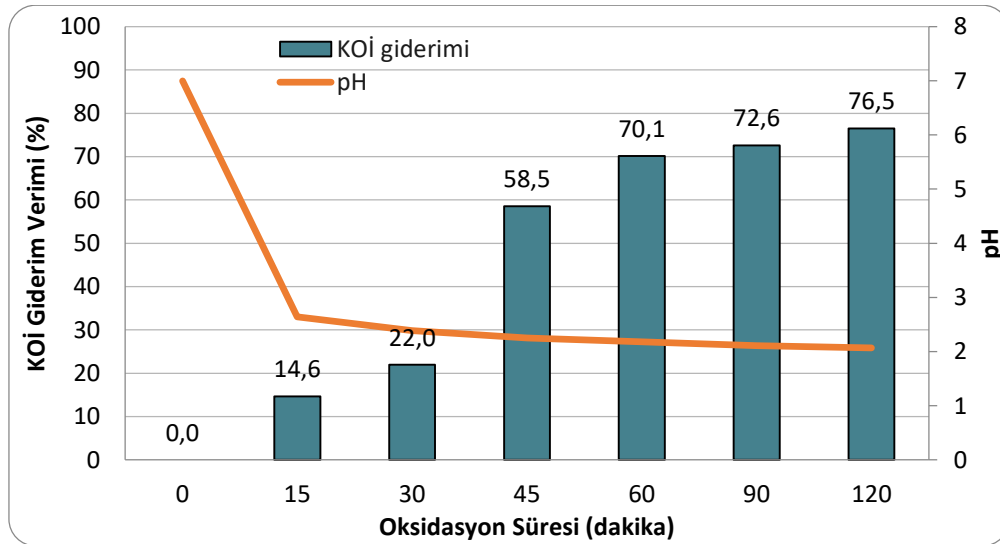
Yağ giderme ünitesi atıksuyunda 16000 mg/L S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> konsantrasyonu ile yapılan UV/PS arıtımında gözlenen KOİ giderim verimleri Şekil 4.25'de verilmiştir. Oksidasyon süresi 60

15 dakika iken %16,1 KOİ giderimine ulaşıırken, 120 dakika sonunda %76,5 KOİ giderimi elde edilmiştir.



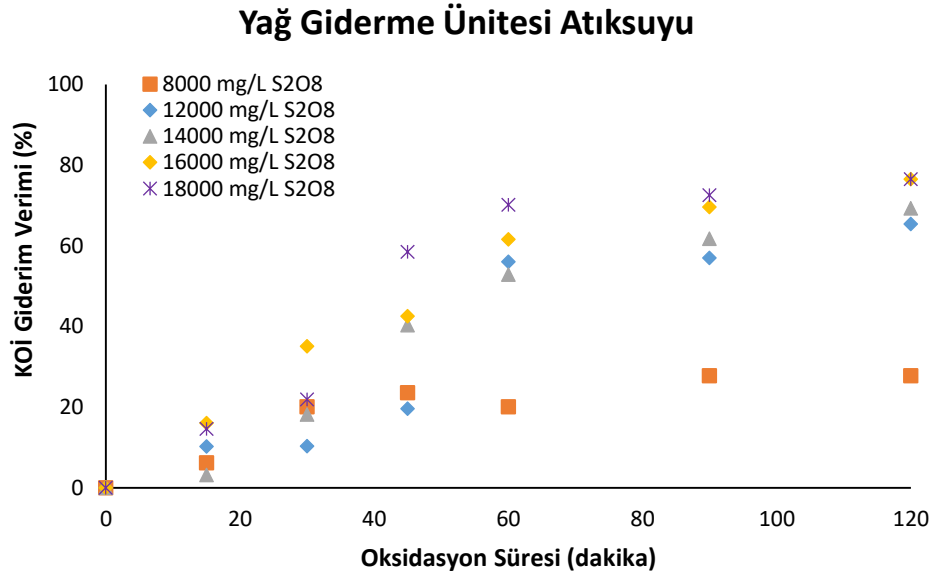
Şekil 4.25. Yağ giderme ünitesi atıksuyunda UV/PS oksidasyonu ile elde edilen KOİ giderim verimi (pH: 7, S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>: 16000 mg/L)

Yağ giderme ünitesi atıksuyunda 18000 mg/L S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> konsantrasyonunda hesaplanan KOİ giderim verimleri Şekil 4.26’da verilmiştir. Bu çalışmada da 130 dakika oksidasyon sonunda %76,5 KOİ giderimi elde edilmiştir. S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> konsantrasyonunun artması KOİ giderim verimini arttırmamıştır.



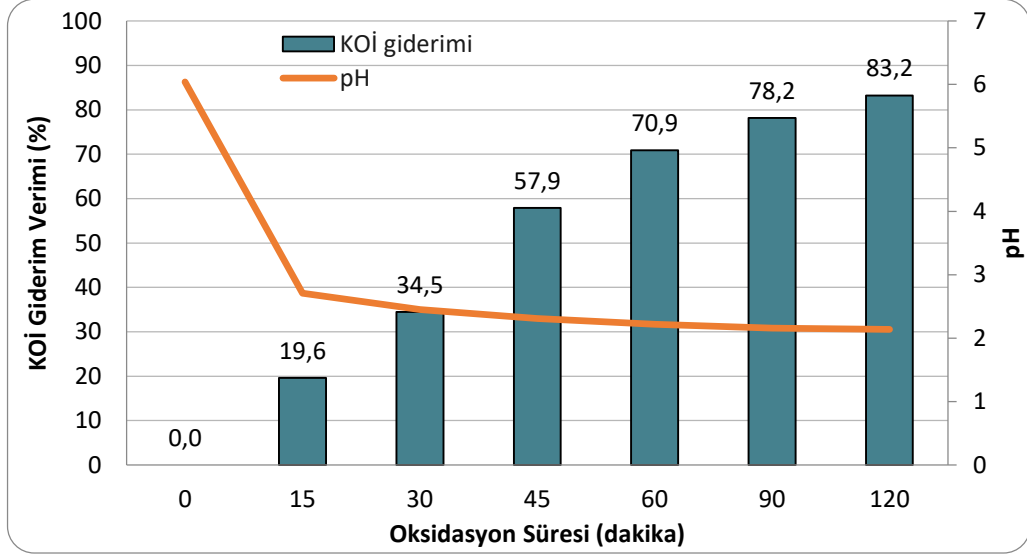
Şekil 4.26. Yağ giderme ünitesi atıksuyunda UV/PS oksidasyonu ile elde edilen KOİ giderim verimi (pH: 7, S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>: 18000 mg/L)

Yağ giderme ünitesi atıksuyunda 8000-18000 mg/L  $S_2O_8$  konsantrasyonunda pH 7 değerinde elde edilen KOİ giderim verimleri Şekil 4.27’de özetlenmiştir.  $S_2O_8$  konsantrasyonu 8000 mg/L değerinden 16000 mg/L değerine artması ile KOİ giderim verimi %45,8’den %76,6 değerine artmıştır. Ancak  $S_2O_8$  konsantrasyonu 16000 mg/L değerinden 18000 mg/L değerine arttırıldığı çalışmalarda KOİ giderim veriminde bir artış görülmemiştir. Bu yüzden optimum  $S_2O_8$  konsantrasyonu 16000 mg/L olarak seçilmiştir.



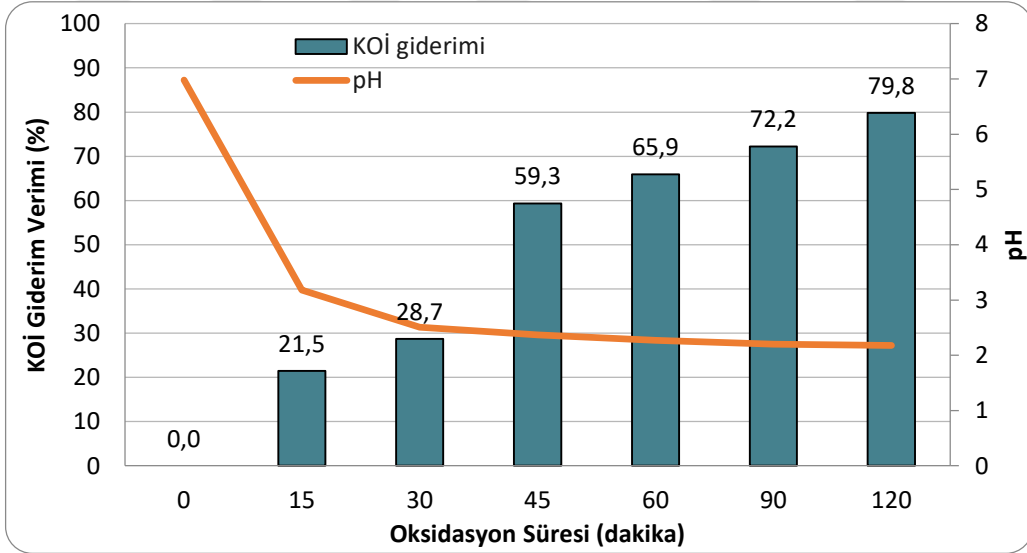
Şekil 4.27. Yağ giderme ünitesi atıksuyunda farklı  $S_2O_8$  konsantrasyonlarında ile elde edilen KOİ giderim verimi (pH: 7)

$S_2O_8$  konsantrasyonu 16000 mg/L olarak belirlendikten sonra farklı pH değerlerinde arıtım çalışmaları yapılarak optimum pH değeri araştırılmıştır. pH 6 değerinde farklı zamanlarda elde edilen KOİ giderim verimleri Şekil 4.28’de verilmiştir. pH 6 değerinde ilk 15 dakikada %19,6 KOİ giderimi elde edilirken, 60 dakika sonunda %70,9 KOİ giderim verimine ulaşılmıştır. 120 dakika oksidasyon sonunda ise %83,2 KOİ giderimi gözlenmiştir.



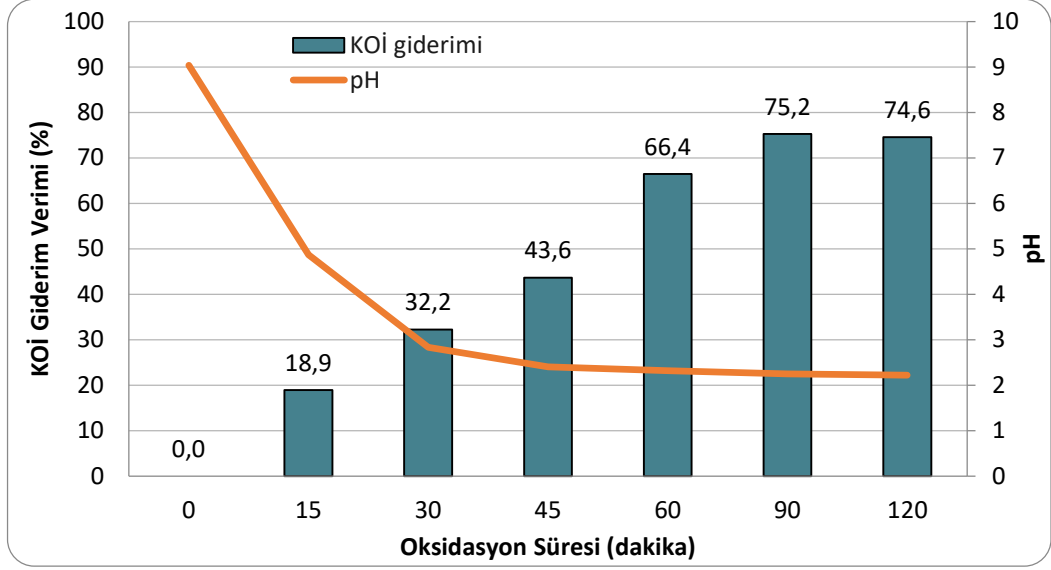
Şekil 4.28. Yağ giderme ünitesi atıksuyunda UV/PS oksidasyonu ile elde edilen KOİ giderim verimi (pH: 6, S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>: 16000 mg/L)

pH 7 değerinde 16000 mg/L S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> konsantrasyonunda çalışma tekrar edilmiştir ve KOİ giderim verimleri Şekil 4.29'da verilmiştir. 16000 mg/L S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> konsantrasyonunda 120 dakika oksidasyon ile %79,8 KOİ giderimi gözlenmiştir.



Şekil 4.29. Yağ giderme ünitesi atıksuyunda UV/PS oksidasyonu ile elde edilen KOİ giderim verimi (pH: 7, S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>: 16000 mg/L)

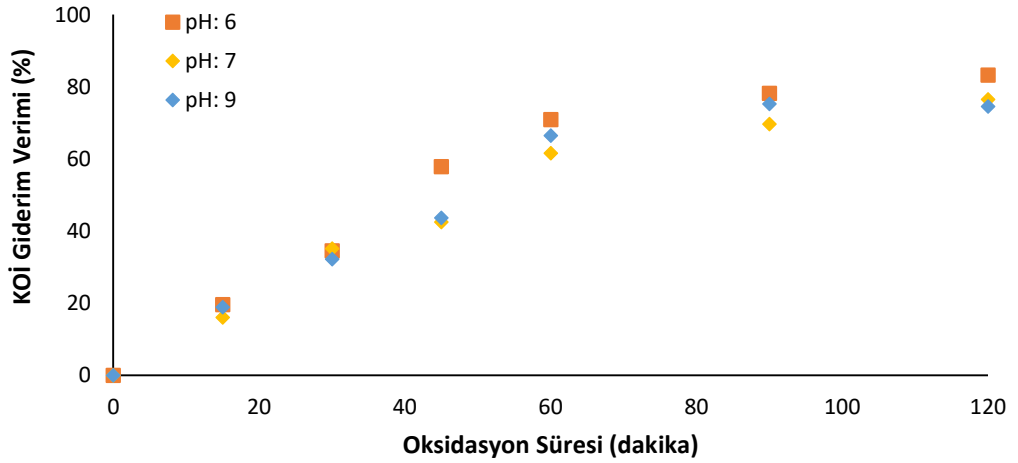
Yağ giderme ünitesi atıksuyunda pH 9 değerinde yapılan arıtma ile elde edilen KOİ giderim verimleri Şekil 4.30'da verilmiştir. Bu çalışmada da 120 dakika arıtım sonunda %74,6 KOİ giderimi elde edilmektedir.



Şekil 4.30. Yağ giderme ünitesi atıksuyunda UV/PS oksidasyonu ile elde edilen KOİ giderim verimi (pH: 9, S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>: 16000 mg/L)

Farklı pH değerlerinde yapılan arıtım çalışmalarında elde edilen KOİ giderim verimleri Şekil 4.31’de özetlenmiştir. Farklı pH değerlerinde elde edilen sonuçlar incelendiğinde pH 6 değerinde en yüksek KOİ giderimi elde edildiği görülmektedir. pH 6 değerinde 120 dakika oksidasyon sonunda %83,2 KOİ giderimine ulaşılmıştır.

### Yağ Giderme Ünitesi Atıksuyu



Şekil 4.31. Yağ giderme ünitesi atıksuyunda farklı pH değerlerinde ile elde edilen KOİ giderim verimi (S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>: 18000 mg/L)

### 4.3 Koagülasyon – UV/PS Sonrası Membran Çalışmaları Bulguları

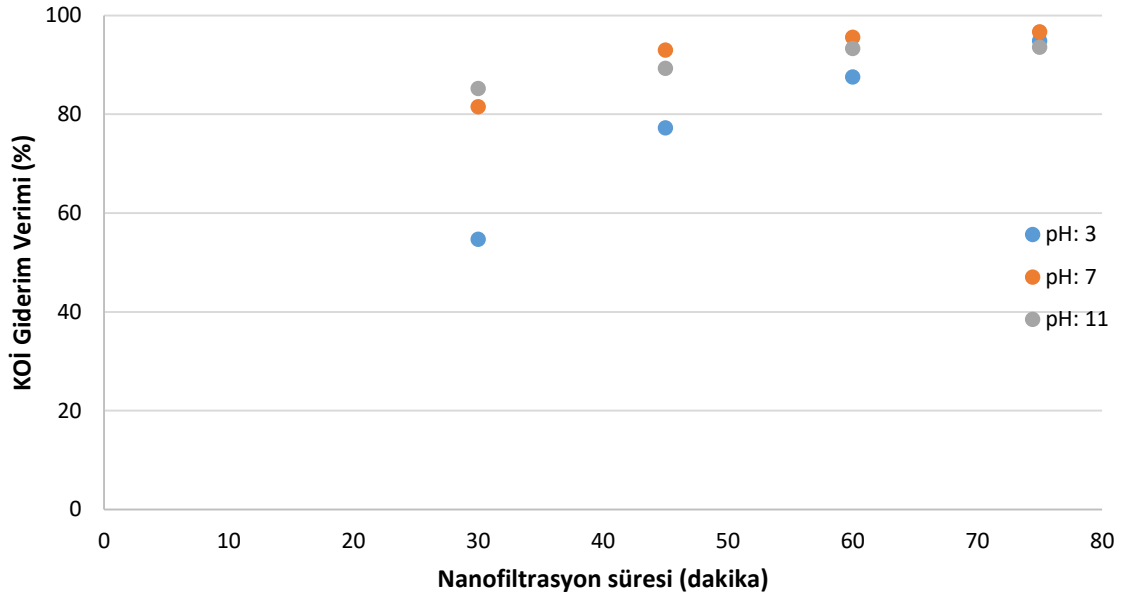
Deri endüstrisine ait atıksuda yapılan koagülasyon işleminin ardından UV-C ışını altında farklı dozajlarda sodyum persülfat ilavesi ile KOİ giderimi araştırılmıştır. En iyi giderim verimini elde ettiğimiz PS miktarı ve uygun pH aralığında elde ettiğimiz sularımızı NP030 filtresinden geçirmek üzere membran sistemine geçiş yapılmıştır. Yapılan çalışmada pikle ünitesinde verim elde edilememesinden kaynaklı sonuçlandırma yapılamamıştır. Membran çalışmaları yıkama ve yağ giderme üniteleri atıksuları ile devam edilmiştir.

Yıkama ünitesinde yapılan alum ile KOİ giderimi üzerine UV-C ışını altında sodyum persülfat ile kirlilik giderimi yapılmıştır. pH 7’de 5 ml alum eklenerek optimum değeri elde ettikten sonra, PS ile pH 8’de 8000 mg/L S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> konsantrasyonunda en iyi verimi elde etmiştir. Yapılan çalışmalar sonunda kullanıma geri kazandırmak için tercih edilen NP030 membran filtreden geçilerek devam edilmiştir.

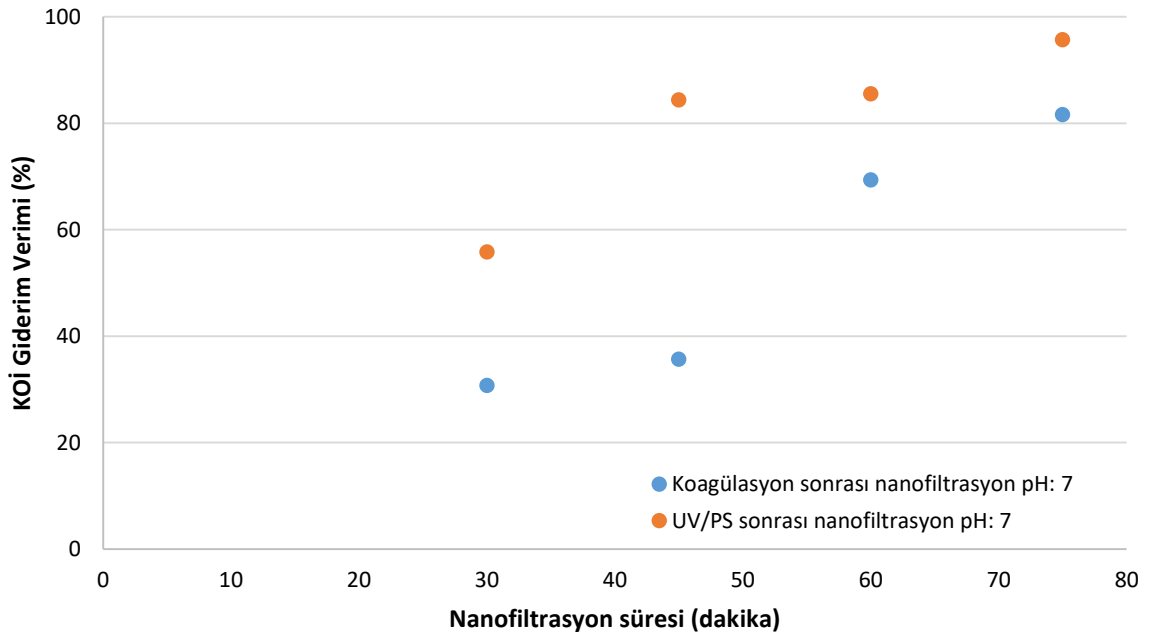
UV/PS oksidasyonu ile KOİ giderim verimi elde edilen atıksuların nanofiltrasyon membran sistemindeki su geri kazanımını görmek için pH’ı 3, 7 ve 11 olarak kuvvetli asit, nötr ve kuvvetli baz ortamında KOİ giderim verimi hesaplanmıştır. Yıkama ünitesi atıksuyunun koagülasyon-UV/PS sonrası nanofiltrasyon membranından geçirilmesi ile elde edilen KOİ giderim verimleri Şekil 4.32’de verilmiştir.

Ayrıca en iyi KOİ giderim verimi elde edilen koagülasyon çalışması sonrası atıksu nanofiltrasyon membranından geçirilmiştir. Böylece UV/PS oksidasyonunun yıkama ünitesi atıksuyu geri kazanımında gerekli olduğu gözlenmiştir. Yıkama ünitesi atıksuyunda koagülasyon sonrası nanofiltrasyon ve koagülasyon-UV/PS sonrası nanofiltrasyon ile elde edilen KOİ giderim verimleri Şekil 4.33’de verilmiştir.





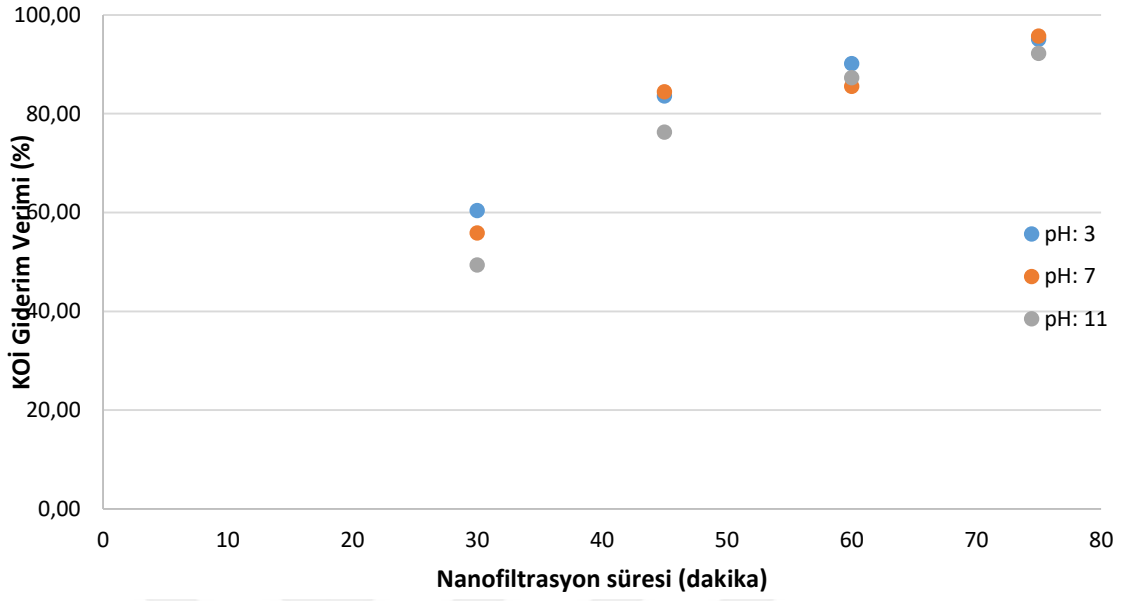
Şekil 4.32. Yıkama ünitesi atıksuyunda nanofiltrasyon çalışmalarında elde edilen KOİ giderim verimi



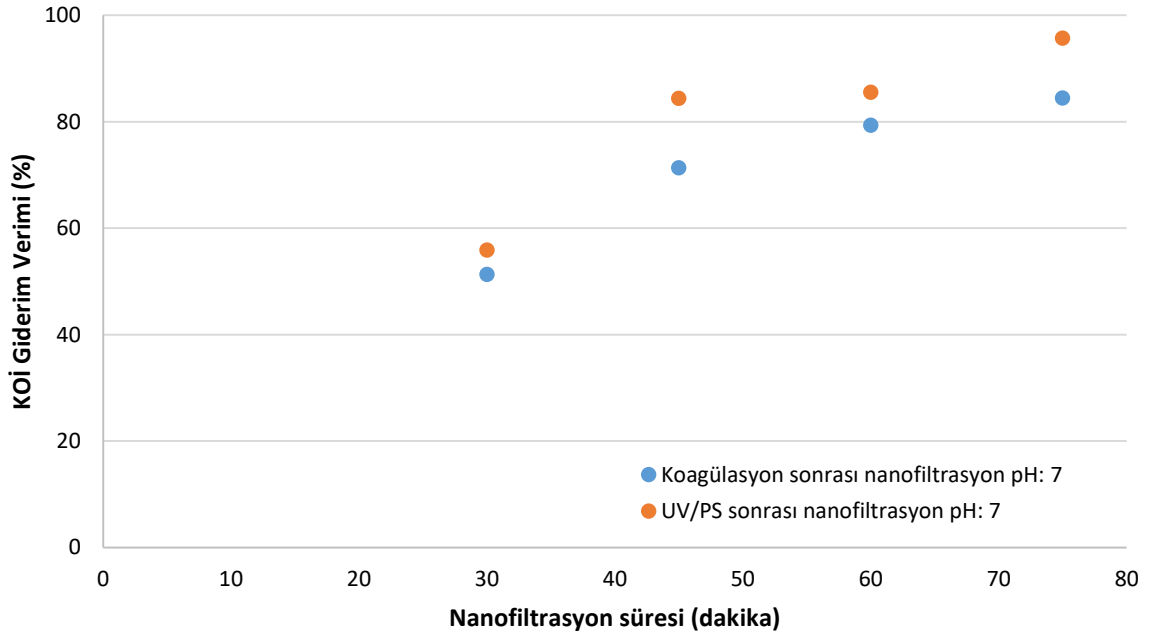
Şekil 4.33. Yıkama ünitesi atıksuyunda koagülasyon sonrası ve UV/PS sonrası nanofiltrasyon çalışmalarında elde edilen KOİ giderim verimi

Yağ giderme ünitesi atıksuyunda koagülasyon-UV/PS oksidasyonu sonrasında farklı pH değerlerinde nanofiltrasyon çalışmaları yapılmıştır. Çalışmalarda elde edilen KOİ giderim verimleri Şekil 4.34’de verilmiştir. Yağ giderme ünitesi atıksuyunda koagülasyon sonrası

nanofiltrasyon ve koagülasyon-UV/PS sonrası nanofiltrasyon ile elde edilen KOİ giderim verimleri Şekil 4.35’de verilmiştir.



Şekil 4.34. Yıkama ünitesi atıksuyunda nanofiltrasyon çalışmalarında elde edilen KOİ giderim verimi



Şekil 4.35. Yıkama ünitesi atıksuyunda koagülasyon sonrası ve UV/PS sonrası nanofiltrasyon çalışmalarında elde edilen KOİ giderim verimi

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Deri endüstrisi atıksularıyla yapılan çalışmalarda jar testi ile askıda katı maddelerin giderimini sağlamak amacıyla farklı alum konsantrasyonlarını optimum belirlenen pH:7'de denenerek verimleri hesaplanmıştır. Çalışmada atıksuda askıda katı giderimi için alum koagülantı konsantrasyonlarının farklı dozlarda ve farklı pH'larda atıksuya ilave edilmiş ve giderim analiz edilmiştir. Koagülasyon çalışmalarında her 3 atıksu içinde optimum pH 7 değeri elde edilmiştir.

UV/PS çalışmalarında ise yıkama ünitesi atıksuyunda 8000 mg/L S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> konsantrasyonu ve pH 8 değerinde en yüksek KOİ giderimi %88,9 olarak tespit edilmiştir. Pikle ünitesi atıksuyunda ise farklı persülfat dozlarında UV/PS yapılmış ancak yeterli atıksu arıtımı gerçekleştirilememiştir. Yıkama ünitesi atıksuyunda ise 16000 mg/L S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> konsantrasyonunda %82,2 KOİ giderimi elde edilmiştir.

Deri endüstrisi üretim aşamalarından birincisi olan yıkama ünitesi kaynaklı oluşan atıksular ile çalışmada optimum sodyum persülfat dozajını 8000 mg/L S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> olarak pH: 8'de %88 giderim verimi elde edilmişti. Bununla beraber membran filtrasyon aşamasına geçilerek atıksuyun deşarj standartlarına uygun hale gelmesi ve geri kazanımı için çalışmalar yapılmıştır.

Yıkama ünitesi ve yağ giderim ünitesi için optimum 4 bar basınç altında, pH değerleri 3, 7, 11 olarak kuvvetli asidik, nötr ve kuvvetli bazik ortamda giderim verimleri ölçülmüştür. Çalışmada en yüksek verimi elde edilen ile PS uygulamadan önce jar testi çıkışındaki atıksuyu deneyerek giderim verimleri karşılaştırılmıştır. Yıkama ünitesinin nanofiltrasyon sisteminde en iyi giderim verimi pH:7'de %97 olarak elde edilmiştir. KOİ değeri 138 mg/L olarak ölçülmüştür. Giderim verimlerini ve PS oksidasyonuna ihtiyacın olup olmamasının karşılaştırılmasını yapmak üzere, çöktürme sonrası biriktirilen atıksuyu MBR sisteminde 4 bar basınç altında NP030 filtre kullanılarak aynı şartlar uygulanmıştır. pH:7'de ve 4 bar basınç altında 75 dk süzdürme işlemi yapılmış ve sırasıyla %0, %35, %44, %75, %86 olarak giderim verimleri elde edilmiştir. 75. dakika sonunda KOİ değeri 1111 mg/L olarak ölçülmüştür. Yapılan çalışmada hem deşarj standartlarına uygunluğu hem de geri kazanımında düşük kirlilik sağlamak amacıyla sodyum persülfat oksidasyonuna ihtiyacın olduğu anlaşılmaktadır.

Deri endüstrisi üretim aşamalarından üçüncü aşaması olan yağ giderme ünitesi kaynaklı oluşan atıksular ile çalışmada optimum sodyum persülfat dozajını 16000 mg/L S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> olarak pH 6'da %83 giderim verimi elde edilmişti. Bununla beraber membran filtrasyon aşamasına

geçilerek atıksuyun deşarj standartlarına uygun hale gelmesi ve geri kazanımı için çalışmalar yapılmıştır.

Yağ giderme ünitesi için optimum 4 bar basınç altında, pH değerleri 3, 7, 11 olarak kuvvetli asidik, nötr ve kuvvetli bazik ortamda giderim verimleri ölçölmüştür. Çalışmada en yüksek verimi elde edilen ile PS uygulamadan önce koagölasyon çıkışındaki atıksuyu deneyerek giderim verimleri karşılaştırılmıştır. Yağ giderme ünitesinin nanofiltrasyon sisteminde en iyi giderim verimi pH:7'de %96 olarak elde edilmiştir. KOİ değeri 212 mg/L olarak ölçölmüştür. KOİ giderim verimlerini ve PS oksidasyonuna ihtiyacın olup olmamasının karşılaştırılmasını yapmak üzere, çöktürme sonrası biriktirilen atıksuyu nanofiltrasyon sisteminde 4 bar basınç altında NP030 filtre kullanılarak aynı şartlar uygulanmıştır. pH:7'de ve 4 bar basınç altında 75. dakika süzdürme işlemi yapılmış ve %88 olarak giderim verimleri elde edilmiştir. 75. dakika sonunda KOİ değeri 859 mg/L olarak ölçölmüştür. Yapılan çalışmada hem deşarj standartlarına uygunluğu hem de geri kazanımında düşük kirlilik sağlamak amacıyla sodyum persölfat oksidasyonuna ihtiyacın olduğu anlaşılmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Amokrane, A., Comel, C. ve Veron, J. (1997). Landfill leachates pretreatment by coagulation-flocculation. *Water Research*, 31, 2775-2782.
- Büyükcamacı, N., (2009). Su Yönetiminin Etkin Bileşini: Yeniden Kullanımı, İzmir Kent Sorunları Sempozyumu, İzmir, 363-77.
- Demiral, N., (2008). Pamuklu Tekstil Endüstrisi Atıksularının Membran Teknolojisi ile Geri Kazanımı, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Erciyes Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Fiziksel ve Kimyasal Temel İşlemler Laboratuvarı Dersi, Kimyasal Koagülasyon ve Flokülasyon (Jar Testi), (2016).
- Genceli, Ateş, E. (1997). Deri Endüstrisi Atıksularının Biyolojik Arıtılabilirliği ve Kinetik Karakterizasyonu, (Doktora Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Gheraout D. (2014). The hydrophilic/hydrophobic ratio vs. dissolved organics removal by coagulation-A review. *Journal of King Saud University-Science*, 26, 169- 180.
- Gürel, L., (2011). Atıksu Arıtımında Membran Biyoreaktörler, İTÜ Dergisi, 21(1),13-23.
- Jiang JQ. (2001). Development of coagulation theory and prepolymerized coagulants for water treatment. *Separation and Purification Methods*, 30(1), 127-141.
- Kabdaşlı, I., Tünay, O. (1992). Deri Endüstrisinde Arıtma Uygulamaları, İTÜ 3. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu.
- Karabay, S. (2008). Waste Management İn Leather Industry, M.Sc.Thesis, Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Küçükpelvan, H., Yarımtepe, C.C, Öz, N.A. (2017). Deri atıksunun arıtım metotları. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 3, 1, 59-96.
- Küçükpelvan, H. (2019). Deri atıksuyundan elektrohizoliz prosesi ile hidrojen gazı üretimi (Yüksek Lisans Tezi), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- L.Y. Wong, C.A. Ng, M.J.K. Bashir, C.K. Koo, N. (2016). Humaira, Enhancement of Membrane Fouling Control in Hybrid Aerobic Membrane Bioreactor System for Domestic Waste Water Application: Effect of Alum Concentration, *Procedia Engineering* 148,726–734.
- Mallevalle, J., Odendaal, P..T., Wiesner, M.R., (1996). Water Treatment, Membrane Processes, 1.6-18.23.
- Özgünay, H., Çolak S., Mutlu M. M., Akyüz F. (2007). Characterization Of Leather Industry Wastes, *Polish J. Of Environ. Stud.* 16, 6, 867-873.
- Song, Z., Williams, C.J. ve Edyvean, R.G.J., (2004). Treatment of tannery wastewater by chemical coagulation, *Desalination*, 164, 249-259.

- Sonune, A., Ghate, R., (2004). Developments in Wastewater Treatment Methods, Desalination, 55-63.
- Süren, E.T., (2019). Tekstil Atıksularının Elektrodializ Arıtma Yöntemi ile Tuzsuzlaştırılması ve Geri Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Cerrah Paşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Thanikaivelan, P. Ve Diğ.,(2005). Recent trends in leather making: Processes, problems, and pathways, Critical Reviews in Environmental Science And Technology, 35:37–79.
- Thomson, R, Kite, M. (2006) Conservation Of Leather And Related Materials. Elsevier, Oxford.
- Töre, G.Y., Kuru, N., Çokgör, E.U., Orhon, D. (2004). Çorlu deri organize sanayi bölgesi üretim profili ve atıksularının biyolojik arıtılabilirlik esaslı karakterizasyonu. SDDK, 16-22.
- Volk C, Bell K, Ibrahim E, Verges D, Amy G, LeChevallier M., (2000). “Impact of enhanced and optimized coagulation on removal of organic matter and its biodegradable fraction in drinking water”. Water Research, 34(12), 3247-325.
- Wang, J. and Wang, S., (2018). Activation of persulfate (PS) and peroxymonosulfate (PMS) and application for the degradation of emerging contaminants, Chemical Engineering Journal, 334, 1502–1517.
- Xiao, R., Luo, Z., Wei, Z., Luo, S., Spinney, R., Yang, W. and Dionysiou, D.D., (2018). Activation of peroxymonosulfate/persulfate by nanomaterials for sulfate radical-based advanced oxidation Technologies, Current Opinion in Chemical Engineering, 19, 51–58.

## **TEZDEN ÜRETİLMİŞ ESERLER**

- A. Uluslararası Hakemli Makaleler**
- B. Uluslararası Makaleler**
- C. Ulusal Hakemli Makaleler**
- D. Ulusal Makaleler**
- E. Uluslararası Konferans Bildirileri**
- F. Ulusal Konferans Bildirileri**
- G. Projeler**
- H. Ödüller**