



T.C.

KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TEKSTİL ATIKSULARININ MEMBRAN
FİLTASYON YÖNTEMLERİ İLE GERİ KAZANIMI**

MEHMET NURULLAH GERGİN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

KAHRAMANMARAŞ 2017

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEKSTİL ATIKSULARININ MEMBRAN
FİLTASYON YÖNTEMLERİ İLE GERİ KAZANIMI

MEHMET NURULLAH GERGİN

Bu tez,
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS
derecesi için hazırlanmıştır.

KAHRAMANMARAŞ 2017

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Mehmet Nurullah GERGİN tarafından hazırlanan “TEKSTİL ATIKSULARININ MEMBRAN FİLTREASYON YÖNTEMLERİ İLE GERİ KAZANIMI” adlı bu tez, jürimiz tarafından 26/10/2017 tarihinde oy birliği ile Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doc. Dr. Yakup CUCİ (DANIŞMAN)
Çevre Müh.Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Doç. Dr. Kevser CIRIK (ÜYE)
Çevre Müh.Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Yavuz DEMİRCİ (ÜYE)
Çevre Müh.Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Mustafa ŞEKKELİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, alıntı yapılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Mehmet Nurullah GERGİN

Bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 2017/2-29 YLS

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

**TEKSTİL ATIKSULARININ MEMBRAN FİLTASYON YÖNTEMLERİ İLE
GERİ KAZANIMI
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

Mehmet Nurullah GERGİN

ÖZET

Bu çalışmada her geçen gün tükenmekte olan su kaynaklarının sürdürülebilirliği için tekstil endüstrisindeki atık suların geri kazanılmasında, membran sistemlerin kullanılması ve bu geri kazanım çalışmasında kimyasal ön arıtmıla birlikte kullanılarak geri kazanım için giderim verimlerini arttırmak hedeflenmiştir. Kimyasal bir önarıtma için $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$, PACs, $MgCl_2$, DCD-F koagülantları hamsu da uygulanarak pH, iletkenlik, renk, KOİ giderim verimleri belirlenerek kıyaslandı ve en iyi renk giderimine sahip koagülant olan DCD-F maddesi kimyasal ön arıtmada kullanıldı. kimyasalın bu parametrelerde ileri arıtımın verimini arttırmada etkili olduğu görüldü ve atıksuyun mevcut karaktrestliğine göre nano özellikli ters osmoz ve ters osmoz membran çıkış suyunda KOİ 0 mg/L ve renkte 0 pt-co değerlerine ulaşıldı. Kullanılan DCD-F Koagülantın atıksuda meydana getirdiği KOİ giderim verimi %20-26 civarında olması suyun daha iyi gidermesinde bir katkı sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler : Koagülant, Ters osmoz, DCD-F, atıksu

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı haziran/2017

Danışman: Yrd. Doc. Dr. Yakup CUCİ

Sayfa sayısı: 79

RECOVERY OF TEXTILE WASTE WITH MEMBRANE FILTRATION

METHODS

(M.Sc. THESIS)

MEHMET NURULLAH GERGİN

ABSTRACT

In this study, it is aimed that in order to recover the waste water of the textile industry for sustainability of the running water resources, membrane systems, and in combination with chemical pre-treatment in this recovery operation, to increase recovery efficiencies for recovery. To a chemical pretreatment of $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$, PACS, $MgCl_2$, DCD-F by applying the coagulant of raw water pH, conductivity, color, COD removal efficiencies were compared by determining and DCD-F, the coagulant with the best color removal, was used in chemical pretreatment it was seen that the chemical was effective in increasing the efficiency of advanced treatment in these parameters and nano-specific reverse osmosis and reverse osmosis membrane outlet water reached 0 mg / L of COD and 0 pt-CO of color according to the present characterization of wastewater. The COD removal rate of the DCD-F coagulant used in the wastewater is around 20-26 % , which makes the water better.

Key words: Coagulant, Reverse osmosis, DCD-F, Wastewater

Kahramanmaraş Sütçü İmam University

Institute for Graduate Studies in Science and Technology

Department of Environment Engineering , July / 2017

Supervisor: Yrd. Doc. Dr. Yakup CUCİ

Page Numbers: 79

TEŐEKKÖR

Bu tez çalışması süresince engin bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım ve çalıőmamın her aşamasında sağladığı bilimsel katkılardan dolayı değerli hocam Yrd. Doc. Dr. Yakup CUCİ'ye, her fırsatta bilgi birikimlerinden ve laboratuvar koşullarından yararlandığım Doç.Dr. Kevser CIRIK, Doç.Dr. Yağmur UYSAL'a ve laboratuvar çalışmalarında bana destek olan Ahmet DUYAR 'a ve son olarak bu günlere gelmemde her türlü maddi ve manevi desteklerini gördüğüm aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	İ
ABSTRACT	İİ
TEŞEKKÜR.....	İİİ
İÇİNDEKİLER	İV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
TABLOLAR DİZİNİ	İX
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	X
1. GİRİŞ	1
2. TEKSTİL ENDÜSTRİSİ	3
2.1. Tekstil Endüstrisi Genel Tanımı	3
2.1.1. İplik imalatı	3
2.1.1.1. Dokuma	3
2.1.1.2. Boyama (renklendirme).....	4
2.1.1.3. Örgü kumaşlara yapılan ıslak işlemler	5
2.1.1.4. Dokuma kumaşlara yapılan ıslak işlemler.....	6
2.1.2. Tekstil Endüstrisi Atıksu Kaynakları ve Özellikleri	7
2.1.2.1. Haşılama ve haşıl sökme	7
2.1.2.2. Yıkama	7
2.1.2.4. Yün karbonizasyonu.....	8
2.1.2.5. Keçeleştirme.....	8
2.1.2.6. Ağartma.....	8
2.1.2.7. Merserizasyon	8
2.1.2.8. Boyama.....	8
2.1.2.9. Baskı.....	10
2.1.2.10. Apreleme (bitim işlemleri).....	10
2.1.2.11. Tekstil endüstrisinde kullanılan boyar maddelerin çevresel riskleri	11
2.2. Membran Teknolojileri	11
2.2.1. Mikrofiltrasyon (MF)	14
2.2.2. Ultrafiltrasyon (UF).....	15
2.2.3. Nanofiltrasyon (NF)	16
2.2.4. Ters Ozmos (RO)	17
2.3. Ön Arıtma Metodları	19
2.3.1. Atıksulardan renk giderim metodları	19
2.3.1.1. Biyolojik arıtım	19
2.3.1.2. Fizikokimyasal arıtım.....	19
2.4. Önceki Çalışmalar	20
2.5. Geri Kazanım Değerlendirmesi.....	23
3. MATERYAL VE METOD	25
3.1. Karakterizasyon Çalışmaları	25
3.2. Arıtılabilirlik Çalışmaları	25
3.3. Deneysel Metodlar	25
3.3.1. Koagülasyon deneyleri.....	25
3.3.2. Askıda katı madde (akm) metodu	26

3.3.3. Ph ve iletkenlik ölçüm metodu	27
3.3.4. Kimyasal oksijen ihtiyacı ölçüm metodu	27
3.3.5. Renk tayini	28
3.3.6. Laboratuvar ölçekli çalışma düzeneği	28
4. DENEYSEL SONUÇLAR	31
4.1. Karakterizasyon.....	31
4.2. Laboratuvar Ölçekte Arıtılabilirlik Çalışmaları	31
4.2.1. Gerçek tekstil atık sularda yapılan ön arıtma için kimyasal belirleme çalışmaları	31
4.2.1.1. $Al_2(SO_4)_3$ koagülasyon çalışması	32
4.2.1.2. Demir üç klorür ($FeCl_3$) koagülasyon çalışması	36
4.2.1.3. PACs koagülasyon çalışması.....	41
4.2.1.4. $MgCl_2$ koagülasyon çalışması.....	45
4.2.1.5. DCD-F koagülasyon çalışması.....	50
4.2.2. Gerçek tekstil atık sularda koagülant ile birlikte dekolorantın uygulama çalışması	54
4.2.2.1. $Al_2(SO_4)_3$ + DCD-F koagülant çalışması.....	54
4.2.2.2. $FeCl_3$ + DCD-F koagülant çalışması.....	57
4.2.2.3. PACs+ DCD-F koagülant çalışması.....	59
4.2.2.4. $MgCl_2$ + DCD-F koagülant çalışması	61
4.2.3. Koagülantlarla uygulanan ön arıtma sonrası su kalitesi parametrelerinin grafik ve değerlendirmeleri	64
4.2.4. İleri arıtmada membranın uygulanması ve analiz sonuçları.....	67
5. YAPILAN ÇALIŞMANIN ÖNCEKİ ÇALIŞMALARLA KARŞILAŞTIRILMASI	73
6. SONUÇ	75
KAYNAKLAR	77
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Tekstil üretim zinciri (Babu vd., 2007).	4
Şekil 2.2. Örgü kumaşlara yapılan ıslak uygulamalar (Kalliala ve Talvenmaa, 2000).	5
Şekil 2.3. Dokuma kumaşlara uygulanan ıslak işlemler (Kalliala ve Talvenmaa, 2000).	6
Şekil 2.4. Membran akımlarının şematik görünümü.	12
Şekil 2.5. UF membranın çalışma mekanizması (Aslan, 2016).	15
Şekil 2.6. Nano filtrasyonun membran çalışma mekanizması.	17
Şekil 2.7. Ozmos ve Ters Ozmos Arasındaki İlişki (Baker, R. W., 2004).	18
Şekil 2.8. RO membran çalışma mekanizması.	18
Şekil 3.1. Jar testi görünüm	26
Şekil 3.2. AKM düzeneği	27
Şekil 3.3: KOİ deneyi	28
Şekil 3.4. Laboratuvar ölçekli arıtma sisteminin akım şeması	29
Şekil 3.5. Laboratuvar ölçekli düzeneğin gösterimi (a: üç aşamalı kartuş filtre, b: membran filtrasyon bölümü).	30
Şekil 4.1. $Al_2(SO_4)_3$ miktarının renk giderimi üzerindeki etkisi	32
Şekil 4.2. $Al_2(SO_4)_3$ miktarının KOİ giderimi üzerindeki etkisi	33
Şekil 4.3. $Al_2(SO_4)_3$ miktarının iletkenlik giderimi üzerindeki etkisi	33
Şekil 4.4. $Al_2(SO_4)_3$ miktarının AKM giderimi üzerindeki etkisi	34
Şekil 4.5. pH değerinin renk giderimi üzerindeki etkisi.	34
Şekil 4.6. pH değerinin KOİ giderimi üzerindeki etkisi.	35
Şekil 4.7. pH değerinin iletkenlik giderimi üzerindeki etkisi.	35
Şekil 4.8. pH değerinin AKM giderimi üzerindeki etkisi.	36
Şekil 4.9. $FeCl_3$ miktarının renk giderimi üzerindeki etkisi.	37
Şekil 4.10. $FeCl_3$ miktarının KOİ giderimi üzerindeki etkisi.	37
Şekil 4.11. $FeCl_3$ miktarının iletkenlik giderimi üzerindeki etkisi.	38
Şekil 4.12. $FeCl_3$ miktarının AKM giderimi üzerindeki etkisi	38
Şekil 4.13. pH değerinin renk giderimi üzerindeki etkisi.	39
Şekil 4.14. pH değerinin KOİ giderimi üzerindeki etkisi.	39
Şekil 4.15. pH değerinin iletkenlik giderimi üzerindeki etkisi.	40
Şekil 4.16. pH değerinin AKM giderimi üzerindeki etkisi.	40
Şekil 4.17. PACs miktarının renk giderimi üzerindeki etkisi.	41
Şekil 4.18. PACs miktarının KOİ giderimi üzerindeki etkisi.	42
Şekil 4.19. PACs miktarının iletkenlik giderimi üzerindeki etkisi.	42
Şekil 4.20. PACs miktarının AKM giderimi üzerindeki etkisi	43
Şekil 4.21. pH değerinin renk giderimi üzerindeki etkisi.	43
Şekil 4.22. pH değerinin KOİ giderimi üzerindeki etkisi.	44
Şekil 4.23. pH değerinin iletkenlik giderimi üzerindeki etkisi.	44
Şekil 4.24. pH değerinin AKM giderimi üzerindeki etkisi.	45
Şekil 4.25. pH değerinin renk giderimi üzerindeki etkisi.	46

Şekil 4.26. pH değerinin KOİ giderimi üzerindeki etkisi.....	46
Şekil 4.27. pH değerinin iletkenlik giderimi üzerindeki etkisi.....	47
Şekil 4.28. pH değerinin AKM giderimi üzerindeki etkisi.....	47
Şekil 4.29. $MgCl_2$ miktarının renk giderimi üzerindeki etkisi	48
Şekil 4.30. $MgCl_2$ miktarının KOİ giderimi üzerindeki etkisi	48
Şekil 4.31. $MgCl_2$ miktarının iletkenlik giderimi üzerindeki etkisi	49
Şekil 4.32. $MgCl_2$ miktarının AKM giderimi üzerindeki etkisi	49
Şekil 4.33. DCD-F miktarının renk giderimi üzerindeki etkisi	50
Şekil 4.34. DCD-F miktarının KOİ giderimi üzerindeki etkisi	51
Şekil 4.35. DCD-F miktarının iletkenlik giderimi üzerindeki etkisi	51
Şekil 4.36. DCD-F miktarının AKM giderimi üzerindeki etkisi.....	52
Şekil 4.37. pH değerinin renk giderimi üzerindeki etkisi.....	52
Şekil 4.38. pH değerinin KOİ giderimi üzerindeki etkisi.....	53
Şekil 4.39. pH değerinin iletkenlik giderimi üzerindeki etkisi.....	53
Şekil 4.40. pH değerinin AKM giderimi üzerindeki etkisi.....	54
Şekil 4.41. DCD-F miktarının renk giderimi üzerindeki etkisi	55
Şekil 4.42. DCD-F miktarının KOİ giderimi üzerindeki etkisi	55
Şekil 4.43. DCD-F miktarının iletkenlik giderimi üzerindeki etkisi	56
Şekil 4.44. DCD-F miktarının AKM giderimi üzerindeki etkisi.....	56
Şekil 4.45. DCD-F miktarının renk giderimi üzerindeki etkisi	57
Şekil 4.46. DCD-F miktarının KOİ giderimi üzerindeki etkisi	57
Şekil 4.47. DCD-F miktarının iletkenlik giderimi üzerindeki etkisi	58
Şekil 4.48. DCD-F miktarının AKM giderimi üzerindeki etkisi.....	58
Şekil 4.49. PACs miktarının renk giderimi üzerindeki etkisi.....	59
Şekil 4.50. PACs miktarının KOİ giderimi üzerindeki etkisi.....	60
Şekil 4.51. PACs miktarının iletkenlik giderimi üzerindeki etkisi.....	60
Şekil 4.52. PACs miktarının AKM giderimi üzerindeki etkisi	61
Şekil 4.53. DCD-F miktarının renk giderimi üzerindeki etkisi	62
Şekil 4.54. DCD-F miktarının KOİ giderimi üzerindeki etkisi	62
Şekil 4.55. DCD-F miktarının iletkenlik giderimi üzerindeki etkisi	63
Şekil 4.56. DCD-F miktarının AKM giderimi üzerindeki etkisi.....	63
Şekil 4.57. Renk giderim verimlerine göre kıyaslama grafiği.....	65
Şekil 4.58. KOİ % giderim verimlerine göre kıyaslama grafiği.....	65
Şekil 4.59. İletkenlik kıyaslama grafiği.....	66
Şekil 4.60. AKM giderim verimleri.....	67
Şekil 4.61. Nano özellikli ters osmoz membran kullanımı	68
Şekil 4.62. Ters osmoz membran kullanımı	69
Şekil 4.63. Nano özellikli ters osmoz ve ters osmoz membranların birlikte kullanımı.....	69
Şekil 4.64. Membrandan çıkan süzüntü suları.....	70
Şekil 4.65. pH değişim grafiği.....	70
Şekil 4.66. KOİ değişim grafiği	71
Şekil 4.67. Renk değişim grafiği	71
Şekil 4.68. İletkenlik değişim grafiği	72

Şekil 4.69. Akı-Zaman grafiği.....	72
------------------------------------	----



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 2.1. Boyama prosesinde kullanılan kimyasal maddeler	9
Tablo 2.2. Çeşitli tekstil proseslerinin atıksuları ve temel atıksu bileşenleri.	10
Tablo 2.3. Membranların türleri ve yapıları.	13
Tablo 2.4. Tekstil endüstrisinde yeniden kullanılabilir suların özellikleri.	24
Tablo 3.1. Tekstil atıksuyunun karakterizasyonu	25
Tablo 4.1. Noktaların ifade ettiği konsantrasyon ve pH değerleri.....	64
Tablo 4.2. Membran özellikleri	68
Tablo 4.3. Arıtmanın her aşamasında alınan atık su numunelerinin analiz sonuçları	69



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AKM	: Askıda Katı Madde
$\text{Al}_2 (\text{SO}_4)_3$	: Alüminyum sülfat
FeCl_3	: Demir III Klorür
H_2SO_4	: Sülfürik Asit
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
NaOH	: Sodyum Hidroksit
Pt-CO	: Platin Kobalt
RPM	: Dakikadaki Devir Sayısı
DCD-F	: Diciandiamid-Formaldehit

1. GİRİŞ

Hızlı nüfus artışı, sanayileşme, teknolojinin gelişmesi, artan kuraklık ve küresel ısınma gibi faktörlerle birlikte su tüketimi ve suya olan talep artmış, tüketimin artmasıyla birlikte ise su kaynakları hızla tükenmeye başlamıştır. Türkiye her ne kadar su kaynakları bakımından avantajlı görünse de artan taleple birlikte su fakiri sınıflandırmasına doğru ilerlemektedir. Özellikle sanayileşme sonucunda ortaya çıkan endüstriyel atıksular ve evsel nitelikli atıksuların yeterince arıtılmadan alıcı ortamlara deşarj edilmesi hem su kaynaklarının tükenmesine hem de çevresel açıdan alıcı ortamların ve sucul ve/veya karasal ekosistemin zarar görmesine neden olabilmektedir.

Ülkemiz ekonomisine katkı sağlaması bakımından tekstil endüstrisi önemli bir konuma sahiptir. Tekstil endüstrilerinde özellikle boyama ve terbiye işlemlerinde yüksek miktarlarda su, boyar madde ve kirlilik oluşturacak diğer kimyasallar kullanılmaktadır. Bunun sonucu kirlilik yükü oldukça fazla atıksular ortaya çıkmaktadır. Tekstil endüstrilerinde ortaya çıkan bu atıksular, hem alıcı ortamda olumsuz etkiler oluşturmakta hem de üretim süreçlerinde geri kullanım potansiyelini azaltmaktadır. Alıcı ortamda estetik problemler, sucul ekosisteme zararlı etkiler, çözünmüş oksijen miktarının azalması gibi birçok istenmeyen etkiye de sebep olabilmektedir. Ülkemizde su kaynaklarını korumak için 2004 tarihinde Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) yürürlüğe konulmuş ve tekstil, deri, maya, kağıt vb. sanayi atıksularının alıcı ortama deşarj kriterlerini tanımlayan tablolar oluşturulmuştur. Bu yönetmelik ile tekstil endüstrisinden kaynaklanan atıksu içindeki çeşitli kirlilik parametrelerinin alıcı ortama verilmesi ile ilgili deşarj kriterleri getirilmiştir.

Tekstil atıksuların arıtımında kullanılan klasik yöntemler; biyolojik, fiziksel, kimyasal süreçler, adsorbsiyon ve kimyasal oksidasyon bulunmaktadır.

Biyolojik arıtmada boyaların yapıları ve zehirliliği biyolojik faaliyete kötü bir etki yaptığından dolayı yeterli bir giderim sağlanamamaktadır. Kimyasal yöntemlerde kullanılan kimyasalların miktarı ve oluşan çamurun artışı gibi sorunlar teşkil etmektedir. Adsorbsiyonda ve kimyasal oksidasyonda ise zararlı ürünlerin teşkil etmesi bu yöntemlerin en önemli dez avantajlarıdır. Kalsik yöntemler entegre edilerek farklı prosesler yardımıyla arıtmaya çalışılmıştır. Fakat bu prosesler suyun geri kazanımı için yeterli olmamaktadır.

Endüstriyel atık suların sınıflandırılması için tanımlanan kirletici parametreler arasında bulunan “renklilik”, genellikle daralan deşarj sınırları ve arıtılan suların yeniden kullanım ihtiyacı renkliliği ön plana çıkarmaktadır (Barlas 1999).

Son dönemde Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği’nde (SKKY) yapılan ilaveler ile tekstil ve birçok endüstriler için alıcı ortamı korumak amacıyla “renk parametresi” yeni bir atıksu kirletici parametresi olarak tanımlanmıştır. Ülkemizde 24.04.2011 tarihinde deşarj standartlarına renk parametresi de eklenmiştir.

Bu çalışmada tekstil endüstrisinin ham atıksuyun renk giderimi için Koagülasyon/Flokülasyon teknolojisi kullanılarak bir ön arıtım işlemiyle en uygun kimyasalın belirlenmesi ve bu prosese entgre membran sistemleriyle ileri arıtım yöntemiyle tekstil atık suların geri kazanımı konusunda laboratuvar çalışmaları yürütülmüştür.

Bu projenin amacı tekstil atıksularında oluşan çok çeşitli atık su örneklerine dayalı arıtılabilirlik çalışmaları ile tekstil piyasasından kaynaklanan atıksuların zararsız hale getirilerek deşarj etmenin yanı sıra bu atıksuların geri kazanılmasında ön görülen seviyelere arıtılmasında en uygun koagülantı($Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$, $MgCl_2$, PACs, DCD-F) belirleyerek renk, KOİ, ve askıda katı madde gideriminin sağlanmasıyla üç aşamalı kartuş filtrelerden geçirilen atıksumembran sistemlerine gelen askıda katı yükü azaltarak membran ömrünü uzatmak ve atıksu geri kazanımında sistemin giderim verimini artırarak tekstil atık suların geri kazanılmasını sağlamak ve membran sisteminden çıkan 2 çeşit sudan durusu tekstil fabrikasına proses suyu olarak iletirken diğer çıkış suyu ise yoğun kirli suyu arıtmanın başına devredilecektir. Bu çalışma sonunda elde edilen sonuçları deşarj standartlarına ve atıksuların geri kazanılması konusunda farklı akademik yaklaşımlara göre değerler yorumlanmıştır.

2. TEKSTİL ENDÜSTRİSİ

2.1. Tekstil Endüstrisi Genel Tanımı

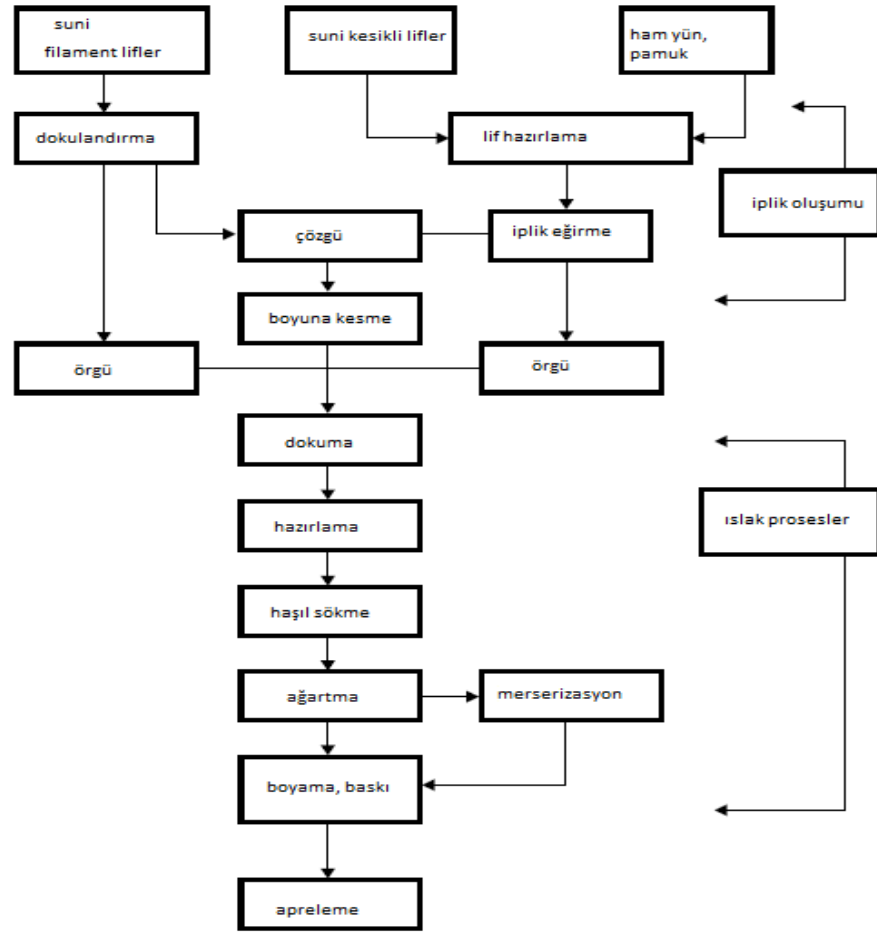
Tekstil sektörü, birçok alt sektörden meydana gelmiş olup homojen olmayan bir yapıya sahiptir. Endüstride sentetik elyaf üretimi, iplik üretimi, kumaş dokuma, örme, kumaş ve halı imalatı proseslerini kapsamaktadır. Tekstil endüstrisi üretim aşamasında terbiye, boyama, baskı ve apreleme uygulamaları gibi ıslak işlemler ile dokuma, örme, eğirme, kurutma, fikse uygulamalarına benzer kuru süreçlerden faydalanılmaktadır. Endüstride genellikle işlenecek lif türü ve müşteri isteklerine göre boyama işlem türü, apre işlemleri ve kullanılan boya türü değişikliklik göstermektedir. Endüstride kullanılan hammaddeler genellikle yünlü, pamuklu ve sentetik tekstil olarak üç sınıfa ayrılabilir. Genellikle elyaf iplik imalatı, iplikten kumaş imalatı ve kumaştan son ürün sağlanmaktadır. Endüstri ıslak ve kuru üretim proseslerinden oluşmaktadır. Tekstil endüstrisi hammaddenin nihai ürüne dönüştürülmesi süreci boyunca üretimdeki işlemlerin süreçleri Şekil 2.1’de şematik olarak sunulmuştur.

2.1.1. İplik imalatı

Tekstil ürünler kesikli ve kesiksiz ipliklerden oluşur. Kesiksiz ipliklerin çoğu yapay merkezlidir ve doğal kesiksiz iplik yalnız ipekten oluşur. Eğirme işlemi öncesinde ipliklerin şerit haline getirmek amacıyla kısa lifler ve safsızlıkları uzaklaştırarak tarama işlemine maruz bırakılır ipliklerin şerit haline getirmek amacıyla. Eğirme sürecinde şeritler iplik halinde uzatılır. Kısa lifler prosesin başlangıç aşamasına geri devredilir. Eğirme işlemi sırasında liflerin %19,70’ si pamuk liflerden ve % 1,29’u polyester liflerden malzeme kaybı olarak ortaya çıkmaktadır (Kalliala, 1997).

2.1.1.1. Dokuma

Dokuma sürecinde ipliklere dayanıklılık kazandırmak ve kolay işlenmesini sağlamak amacıyla haşıllama malzemeleri uygulanır. Haşıllama uygulaması, iplikler leventler üzerine geçirilerek haşıl banyosuna sokulur ve sonra kurutulur. Haşıllama malzemeleri nişasta veya sentetik (polivinil alkol, karboksimetil selüloz) kullanılabilir. Kullanılan haşıl maddesi nihai ürün ağırlığının yaklaşık olarak % 5 ila 30 ‘u arasında değişen bir miktara sahiptir.



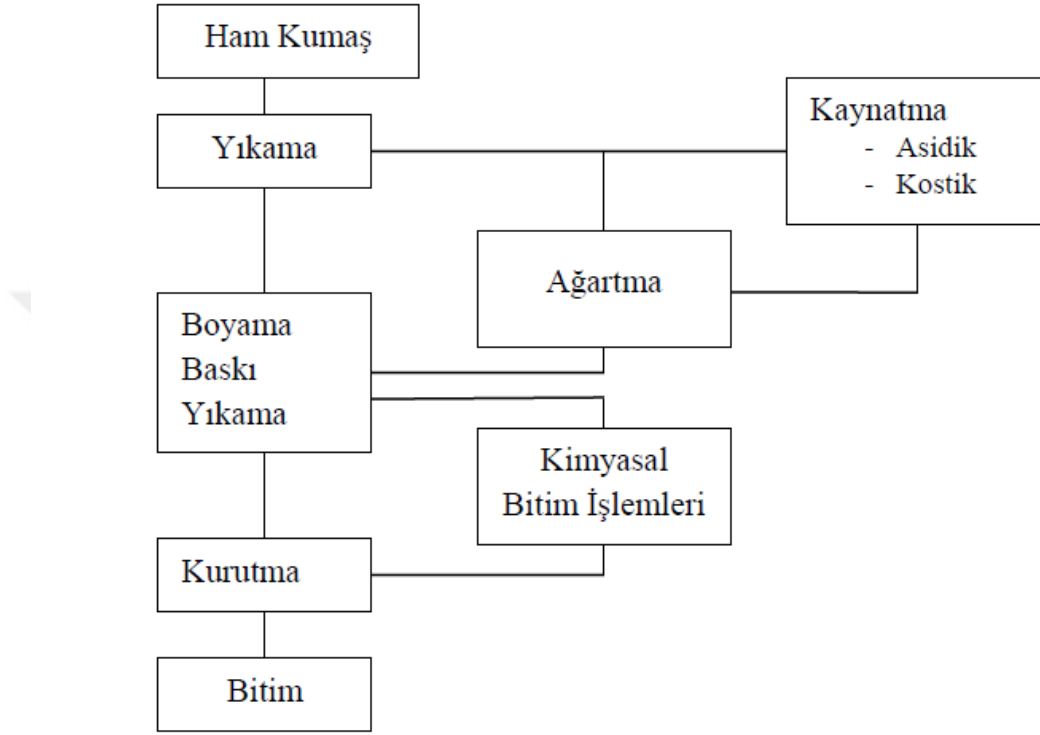
Şekil 2.1. Tekstil üretim zinciri (Babu vd., 2007).

2.1.1.2. Boyama (renklendirme)

Ön terbiye işlemlerinde tekstil ürünleri kullanıma hazır hale getirmek için alıcıların kişisel zevklerine uygun bir şekilde renklendirilmesi yapılır. Renklendirme boyama ya da baskı teknikleriyle yapılır. Boyama tekniğiyle kumaş homojen bir renkli yüzey görüntüsü alır, baskı tekniğiyle kumaş bölgesel ve çoklu renklendirme görüntüsü verilen bir işleme sahiptir. Selülozik lifleri boyamada kullanılan boyalar; direkt, reaktif, küp, kükürt, pigment, azoik boyar maddelerdir. Bu boyalar genel olarak selülozik lifleri yüzey boyamalarında adsorbsiyon temellidir.

2.1.1.3. Örgü kumaşlara yapılan ıslak işlemler

Örgü kumaşlara yapılan ıslak uygulamaların aşamaları Şekil 2.2’de şematik olarak sunulmuş olup örgü kumaşa yapılan ıslak uygulamaların aşamaları, yıkama, kostik/asidik kaynatma, ağartma, boya/baskı, yıkama, kimyasal bitim, kurutma ve son bitim işlemlerini içermektedir.



Şekil 2.2.Örgü kumaşlara yapılan ıslak uygulamalar (Kalliala ve Talvenmaa, 2000).

İşlenmemiş kumaşlar, safsızlıklardan ve makine yağlarından temizlenmesi için yıkanılırlar. Pamuklu kumaşlar, vaks ve gresden arındırılmak için kostikli suda kaynatılırlar. Boyamadan önce gerçekleştirilen yıkama, kaynatma ve daha sonra pamuklu kumaşların renk tonlarının ayarlanması için ağartma işlemine maruz bırakılır. Boyama işlemi ağartma işleminden sonra gerçekleştirilir, ağartılmış kumaşlar ya baskıya gönderilir ya da beyaz kumaş olarak değerlendirilir. Pamuklu lifler reaktif boyalarla basınç altında maruz bırakılarak boyanır, polyester lifler dispers boyalar ile basınç altında maruz bırakılarak boyanırlar. Pamuk ve pamuklu kumaşlar baskı makineleri ile reaktif veya pigment boyalar kullanılarak baskı işlemi yapılır. Polyester kumaşlar ise dispers boyalar kullanılarak ısı aktarma yöntemiyle baskı işlemi yapılır. Mekanik ve kimyasal tekniklerle örgü kumaşlara bitim işlemi uygulanmaktadır. Mekanik bitim işlemi perdah, şardon ve jet makineleriyle

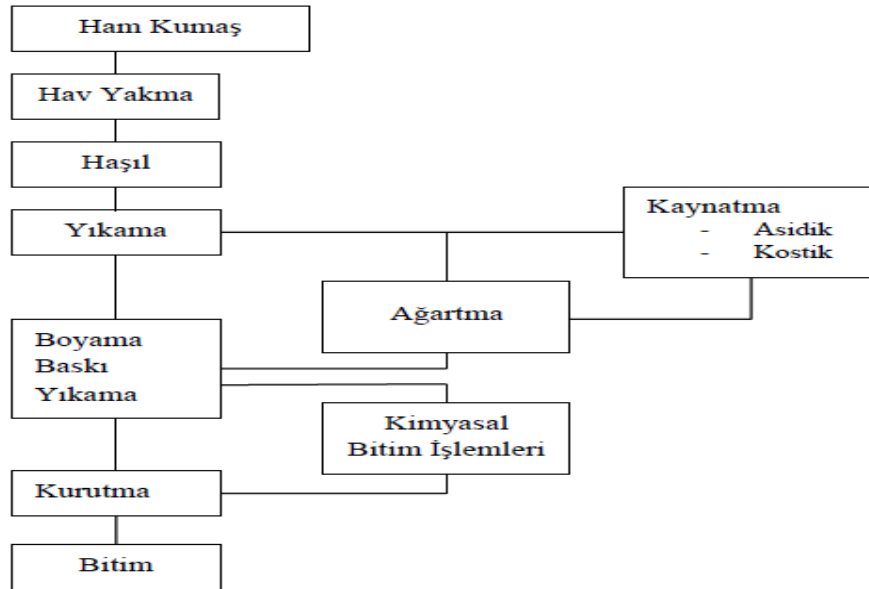
uygulanabilmektedir. Fular makinalarında buhar ve ısıнын yanı sıra bazen de kimyasallarla ayarlama işlemleri yapılır.

2.1.1.4. Dokuma kumaşlara yapılan ıslak işlemler

Dokuma kumaşlara yapılan ıslak işlemler Şekil 2.3'te şematik olarak sunulmuştur. Önce haşıl sökme işlemine tabi tutulan pamuk ve pamuk polyesterler sonra ıslak işlemler uygulanır. Nişasta enzimleri haşıl sökmede yıkama ile giderilir. Havların giderilmesi, pamuk – polyester karışımlarında topaklanmayı önlemek için yapılarak hav yakma ıslak işleme prosesinin ilk basamağı olarak uygulanır.

İşlenmemiş dokuma kumaşlara yıkama, kaynatma ve ağartma gibi ön işlemler uygulanır. Reaktif, küp ve direkt boyalar pamuklu kumaşların boyamasında kullanılır. Polyester kumaşlar dsipers boyalarla basınç altında, poliamitler asidik, metal kompleks, dispers ve krom boyalar uygulanır. Boyanan kumaşlar santrifüj edilerek bitim işlemine tabi tutulup daha sonra kurutulma işlemine tabi tutulur.

Dokuma kumaşları ısı ya da buhar tekniğiyle stabilizasyon işlemi yapılır. Fular boyama makinalarında veya kurutma makinalarında genellikle kimyasal bitim işlemleri de yapılabilmektedir.



Şekil 2.3.Dokuma kumaşlara uygulanan ıslak işlemler (Kalliala ve Talvenmaa, 2000).

2.1.2. Tekstil Endüstrisi Atıksu Kaynakları ve Özellikleri

Tekstil endüstrisi üretimi ile birlikte kullanılan temiz su kaynakların tüketimi sonucunda oluşan atıksu miktarları artmaktadır. Tekstil endüstrisinde atıksuların miktarı ve bileşim yönünden çok değişkenliğe sahiptir. Haşılama işleminde oluşan atıksuların miktarı az olsada kirliliği fazla olabilmektedir. KOİ'nin yaklaşık %30-70'ini teşkil etmektedir (TTSD, 2002).

Yıkama, boyama ve ağartma işlemlerinde yüksek miktarlarda su tüketimine ihtiyaç duymakta olup atıksuyun renkli ve düşük organik madde içeren büyük hacmini teşkil eder. Atık suların yapısını oluşturan kirliliğin kaynağı, uygulanan işletme imkanları, ıslak ve kuru işletme süreçlerin aşamalarında kullanılan farklı bileşiklere, boyama ve daha farklı işlemlerde uygulanan organik ve inorganik türden kimyasalların çeşitliliğiyle ilgili olarak değişiklik arz eder. Bu atıksulardaki belli başlı temel parametreler, KOİ, pH, BOİ₅, renk ve tuzluluk gibi çoğu kirlilikler yüksek değerlere sahip olup arıtılmasını güçleştirmektedir. Tekstil setöründe belli başlı yaygın prosesler: haşılama, haşıl sökme, mersevizasyon, yıkama ve boyamadır. Bu prosesler de kullanılan yöntem, uygulama ve kimyasal maddeler atıksuyun kirlilik bileşimini meydana getirir.

2.1.2.1. Haşılama ve haşıl sökme

Haşılama: temel olarak iplikleri dokuma esnasında mekanik etkilerden korumak ve dayanım kazandırmak için yapılan işlemdir. Kullanılan haşıl maddeleri; doğal veya yapay maddeler olarak iki türe sahiptir. Nişasta, selüloz türevleri ve yumurta akı doğal kaynaklı haşıl maddelerini oluşturur. Stiren-maleik asit kopolimerleri, PVA, poliakrilatlar ise yapay kaynaklı haşıl maddeleridir. Biyolojik bozunmaya karşı dirençli olan PVA ve KMS'nin yanı sıra nişasta biyolojik olarak kolay ayrışabilir maddelerdir. Haşılamadan kaynaklanan atıksular düşük miktarlarda olup yüksek seviyelerde KOİ, BOİ₅ ve AKM değerlerine sahiptirler. Haşıl sökme, haşılamayı takip eden çözgü iplikleri üzerindeki haşıl maddelerini yıkama işlemi uygulayarak uzaklaştırılmasıdır. Haşıl sökmede nişastanın kullanıldığında yıkama işlemi kullanılan enzimler tarafından yapılmaktadır.

2.1.2.2. Yıkama

Yıkama işlemi pamuktan harman yağları ve diğer yabancı bileşenlerden arındırma işlemidir. Bu uygulamada kullanılmış kimyasalların kalıntıları suya dahil olarak zehirli

madde ihtivasıyla KOİ ve katı madde değeri yüksek bir atıksu meydana gelir ve bu atıksuyun alkali değeri pH 10-12 arasında değişmektedir.

2.1.2.4. Yün karbonizasyonu

Uygulamada, yüne zarar vermeyecek şekilde selülozu parçalamak için yüksek sıcaklıkta güçlü asitler kullanılır. Yün malzemesinin içindeki giderilmesi zor kirleticilerin giderilmesi ve arındırılması için yapılan bir işlemdir. Bu işlem sırasında yüksek sıcaklıkta güçlü asitler kullanılır. Kirlilik yükü düşük olup katı içeriği fazla olan bir prosestir

2.1.2.5. Keçeleştirme

Bu proseste yün elyaf malzemesine keçeleştirme işlemi gerçekleştirilir ve bu işlem için kullanılan maddeler sıcak soda ve sülfürik asit olduğu için bu işlem sonunda yıkama suyunda oluşan atıksu yüksek KOİ değerlerine sahiptir.

2.1.2.6. Ağartma

Bu proseste kumaşa istenmeyen renkleri giderme işlemi gerçekleştirilir. Bu işlem için daha çok sodyum hipoklorit, sodyum silikat, hidrojen peroksit ve enzimler kullanılır. Bünyesinde ihtiva edilen klorür ve peroksit bileşenleri biyolojik arıtmayı güçleştirir. Bu proseste BOİ₅ değeri düşük, katı madde içeriği fazla olan bir atık su meydana gelir.

2.1.2.7. Merserizasyon

Bu proses kumaşa canlılık katmak ve boyanın nüfuz etmesi sağlamak için uygulanmaktadır. Bu proseste sodyum hidroksit sarfiyatı fazla olduğundan atıksuyun pH'nın artmasına neden olur. Bu proseste BOİ₅ ve katı madde oranı düşük bir atıksu meydana gelmektedir.

2.1.2.8. Boyama

Dokumaya renklendirmek için çoğunlukla katran ve petrol kaynaklı ürünlerden kazanılan yapay boyalar kullanılmakta olup dünya çapında 100000'den fazla ticari boyar madde çeşitleri mevcut iken yıllık 109 kg boyar madde imal edilmektedir (Dos Santos vd., 2007). Bu proses lifleri renklendirme işlemidir. Boyama işlemi sonunda yapılan yıkama ve durulamada çok su tüketilir. Bu işlemde boyamanın tutunmasını arttırmak için kullanılan bileşikler (metaller, tuzlar, formaldehit v.b.) atık suda kirlilik yaratmanın temel nedenidir. Bu işlem sonunda yüksek renk ve düşük organik maddeye sahip atıksular medyana gelmektedir(Kocaer ve Alkan, 2002). Bu boyar maddeler biyolojik olarak parçalanabilirliği

zor olduğu için biyolojik olarak arıtılabilirliği çok düşük ve yetersizdir. Boyama işleminde kullanılan kimyasalların bileşimi ve fonksiyonları tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1. Boyama prosesinde kullanılan kimyasal maddeler (Kocaer ve Alkan, 2002)

Kimyasal Madde	Bileşim	Fonksiyon
Tuzlar	Sodyum klorür Sodyum sülfat Sodyum nitrat	Elyafın zeta potansiyelini nötralize edici
Asitler	Asetik asit Sülfürik asit	pH kontrolü
Bazlar	Sodyum hidroksit Sodyum karbonat	pH kontrolü
Tamponlar	Fosfat	pH kontrolü
Kompleks Yapıcılar	Etilen diamin tetraasetikasit (EDTA)	Kompleks yapma, yavaşlatıcı
Dispers edici/düzgünleştirici Ve yüzey aktif maddeler	Anyonik, katyonik ve noniyonik	Boyaları dağıtma, boya uygulamasını düzene sokma
Okside Edici Maddeler	Hidrojen peroksit Sodyum nitrit	Boyaları çözünemez yapma
İndirgeyici Maddeler	Sodyum hidrosülfid Sodyum sülfid	Boyaları çözünebilir yapma, reaksiyona girmemiş boyanın uzaklaştırılması
Taşıyıcılar	Fenil fenoller Klorlu benzenler	Adsorpsiyonun artırılması

2.1.2.9. Baskı

Boyamada kullanılan maddeler baskı prosesinde de kullanılmaktadır ve boyama prosesinden ayıran farkı elyaf veya kumaşın bölgesel olarak renklendirme işlemine maruz kalmasıdır. Proses sonrası meydana gelen atıksuların renkli olması ve çeşitli kimyasallar içermesi bu atıksuyun KOİ, renk ve azot değerlerini yükseltmektedir.

2.1.2.10. Apreleme (bitim işlemleri)

Apreleme işlemi, ürüne kazandırılacak özellik için yapılan bir bitim işlemidir. Nihayi son dokuma ürününe antimikrobiyal özellik vermek ve ürünü mikroplardan korumayı sağlayacak biyosit apreleme ajanları kullanılır (EPA, 1997). Çeşitli tekstil proseslerinin atıksuları ve temel atıksu bileşenleri Tablo 2.2 'de gösterilmektedir.

Tablo 2.2.Çeşitli tekstil proseslerinin atıksuları ve temel atıksu bileşenleri(Verma ve Bhunia, 2011).

Proses	Atıklar	Atıksu bileşeni
Haşılama	İplik atığı, kullanılmayan nişasta bazı atıklar	Yüksek BOI ₅ , orta miktarda KOI
Haşıl Sökme	Enzimler, nişasta, parafin, amonyak	BOI ₅ (% 34-50), yüksek KOI, yüksek sıcaklık (70-80 °C)
Pişirme	Dezenfektanlar, insektisit kalıntıları, NaOH, yüzey aktif maddeleri, sabunlar	Yağlar, BOI ₅ (%30), yüksek pH, Yüksek sıcaklık (70-80°C), koyu renk
Ağartma	H ₂ O ₂ , AOX, NaOCl, organik maddeler	Yüksek pH, çözülmüş maddeler
Merserizasyon	NaOH	Yüksek BOI ₅ , yüksek pH, askıda katı maddeler
Boyama	Renk, metaller, sülfid, tuzlar, asidite/alkalinite, formaldehit	Yüksek toksisite, BOI ₅ (%6), yüksek miktarda çözülmüş madde, yüksek pH, yoğun renk
Baskı	Üre, solventler, renk, metaller	Yüksek toksisite, yüksek KOI, yüksek BOI ₅ , yüksek miktarda çözülmüş madde, yüksek pH, yoğun renk
Apreleme	Klorlü bileşikler, reçineler, solventler, yumuşatıcılar, asetat	Düşük alkalinite, düşük BOI ₅ , yüksek toksisite

2.1.2.11. Tekstil endüstrisinde kullanılan boyar maddelerin çevresel riskleri

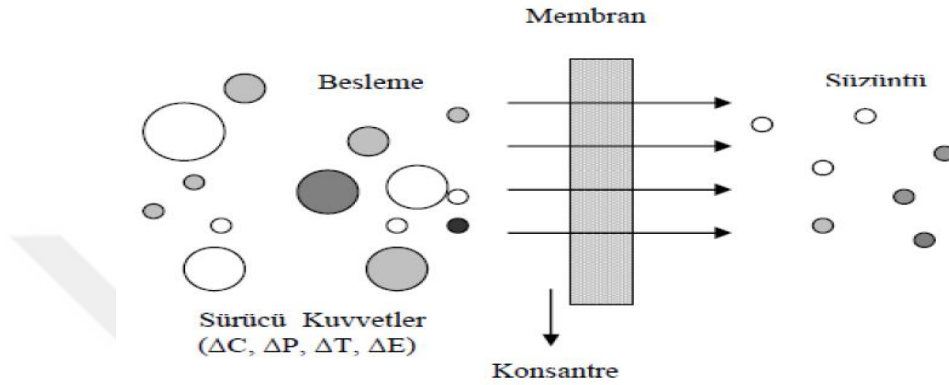
Renkli Tekstil atıksularında çoğlukla 10-20 mg/L arasında boyar madde bulunmaktadır (O'Neill vd., 2000). Bu atıksular belirli bir arıtmaya maruz bırakılmadan doğrudan alıcı ortama deşarj edildikleri takdirde boyaların zehir etkisi göstermelerine neden olur. Boyar maddeler inert özellik göstermeleri sonucu ortamda kalıcıdırlar ve çok renkli bir atık suya sahip oldukları için ayrıca estetik problemlere de neden olmaktadır. Besin zincirine dahil olan toksik boya bileşikleri gıda olarak su canlılarının bünyelerinde geçerek insanlar tarafından tüketilmesi sonucu bu toksik maddelerin insanın bünyesine de geçtiği bilimsel çalışmalarda belirtilmiştir (Chung ve Stevens, 1993). Boyar maddeler derelerde, göllerde v.b. su kaynaklarında bulanıklığa sebebiyet vererek güneş ışınlarının geçişini engelleyerek sudaki bitkisel canlıların fotosentezi yavaşlatır ve çözünmüş oksijen seviyelerini düşürerek su canlılarının doğal yaşam alanındaki dengeyi bozmaktadır

2.2. Membran Teknolojileri

Membran teknolojisi yüksek arıtma kapasitesiyle ileri arıtma tekniklerinin en önemlilerinden biri olarak görülmektedir. Son yıllarda deşarj standartlarının sınırlandırılması, aşırı su tüketimiyle temiz su kaynaklarının gittikçe azalması ve bu su kaynaklarının kirlenmesi ile suların yeniden kullanılma ihtiyacının doğması, ileri arıtma tekniklerini gerekli kılmaktadır. Membran metal, organik veya anorganik polimerlerden yapılan yarı geçirgen bir maddedir. Membranlar gaz ayrıştırma, katı-sıvı ve sıvı-sıvı ayırımı gerçekleştirmekte kullanılır. Membran ayırma işlemi çözünmüş maddelerin ayırımı ve tutulabilen çözünmemiş partikül maddelerin ayrılmasında kullanılır. Membranlar genel olarak kullanım amaçları (Kaleli, 2006);

1. Sıvılardan ve gazlardan mikron boyutundaki partiküllerin ayırımı,
2. Sıvılardan kolloid ve büyük boyuttaki moleküllerin ayırımı,
3. Sadece iyonik türlerin filtrasyonu,
4. Sulardan veya farklı sıvılardan askıda katı veya çözünmüş maddelerin filtrasyonu,
5. Konsantre olmuş bir çözelti sağlamak

Membranlarda ayırma mekanizması, sürücü kuvvetleri sayesinde besleme akımları işlem sonunda iki akıma ayrılır. Bu iki akımlardan biri membrandan geçen akıma “süzüntü”, diğeri ise membrandan geçemeyen akıma “konsantre” adı verilir. Şekil 2.4’ de bu akımların şematik olarak görünümü sunulmuştur. Membranlar sürücü kuvvetleri, basınç, konsantrasyon, elektrikselsel potansiyel ve sıcaklık farklılığı olmak üzere dört gruba ayrılır.



Şekil 2.4. Membran akımlarının şematik görünümü.

Membran sistemler ilk zamanlar deniz, göl, baraj, akarsu ve kuyu suların arıtımında kullanılırken farklı endüstriyel alandaki atıksularda da kullanımı yaygın hale gelmeye başladı. Teknolojinin gelişmesiyle kullanım alanına ve amacına uygun olarak yüksek akılı, yüksek sıcaklıkta, kimyasallara dayanımlı ve geniş pH aralığında çalışan membranlar geliştirildi. İlk zamanlar membran sistemler pahalı iken gelişen membran teknolojileri sayesinde membran sistemler daha uygun hale geldi.

Membran proseslerinin en büyük avantajları;

1. Enerji ihtiyacının az olması,
2. Kimyasal gerektirmemesi,
3. Ekipmanların basitliği
4. İşletim kolaylığıdır.

Membran sistemlerinin kullanım alanları (Kaleli, 2006);

1. Katı partiküllerin sıvıdan ayrıştırılması
2. Çözeltinin yoğunlaştırılması
3. Atıksudan değerli maddelerin yeniden kazanılması
4. Kirli suların arıtılması işlemidir.

Membran sistemlerin kapasitesi: akı ve giderme verimi (seçicilik) gibi terimlerle ifade edilir. Membranlarda yüksek akı ve seçicilik istenir (zkan, 2007). Membran kapasitesinde, çalışma koşulları, membran tipi, sistem dizaynı çok önemli bir etkiye sahiptir. Membran tipi belirlenirken değerlendirilen özellikler; yüksek sıcaklığa dayanım, kimyasallardan etkilenmeme, yüksek basınç dayanımı, geniş pH aralığında çalışabilme, mekanik çalışma istikrarı, ekonomik olmalarıdır. Membran sistemler zet olarak yapılarına göre sınıflandırılması; doğal, sentetik, organik, anorganik, boşluklu, boşluksuz, simetrik veya asimetrik membranlar olarak sınıflandırılabilirler. Membranların türleri ve yapıları Tablo 2.3' te gösterilmiştir.

Tablo 2.3. Membranların türleri ve yapıları (zkan, 2007).

Geliştirilmiş doğal rnler	Selüloz asetat (Selüloz-2-asetat, selüloz-2,5-asetat, selüloz-3-asetat), Selüloz asetobutirat, selüloz rejenerat, selüloz nitrat.
Sentetik rnler	Poliamid (aromatik poliamid, kopoliamid, poliamid hidrazide), polibenzimidazole, polisulfone, vinil polimerler, polifuran, polikarbonat, polietilen, polipropilen, PVA, PAN, polieter sulfone, poliolefin, polihydantion, silikon, naylon
Karışık rnler	Boşluklu cam, ZrO ₂ -poliakrilik asit, ZrO ₂ -karbon, Al ₂ O ₃ , SiC, metaller (kurşun, gümüş, paslanmaz elik, alüminyum)

Membran mdl tipleri:

- Plaka ve ereve membranlar
- Boru tipi membranlar
- Spiral sargılı membranlar
- Boşluklu elyaf membranlar olarak sınıflandırılmaktadır.

Bu sürücü kuvvetler iki faz arasındaki basınç, sıcaklık, konsantrasyon ve elektriksel potansiyel farklarıdır. Basınçlı membran prosesler dört gruba ayrılır;

Membranlarda arıtma sürücü kuvvetleriyle gerçekleştirilir ve sürücü kuvvetleri akımın yarı geçirgen membrandan geçmesini sağlar.

Membranlar dört gruba ayrılır;

1. Mikrofiltrasyon (MF)
2. Ultrafiltrasyon (UF)
3. Nanofiltrasyon (NF)
4. Tersosmoz(RO)

2.2.1. Mikrofiltrasyon (MF)

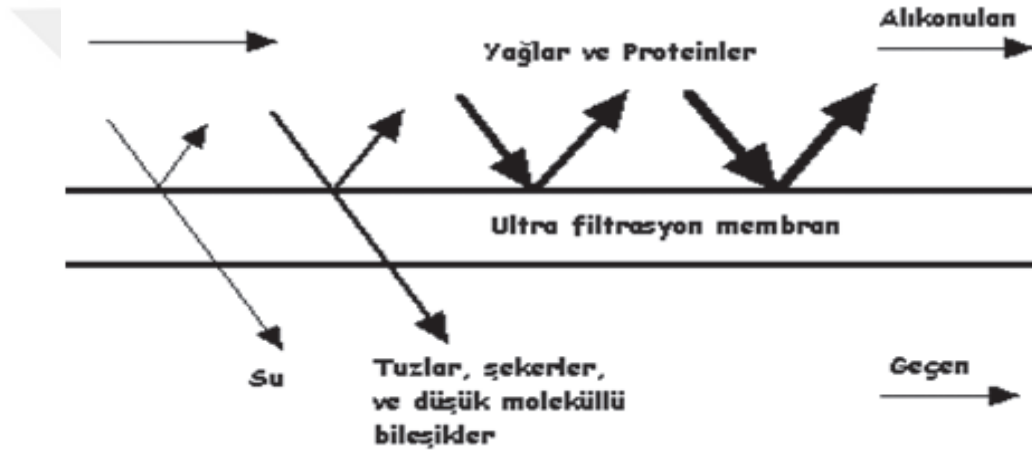
Mikrofiltrasyon membranlar 0,1-2 mikron arasındaki partikül boyutlarını tutmak için çalışır. Membranda ayırma işlemi, işletme koşullarının yanı sıra partikül boyutuna, yapısına ve membran porlarının çapına ve yapısıyla ilgilidir. Mikrofiltrasyon membranların üretiminde kullanılan malzemeler; PP(polipropilen), PTFE(politetrafloretilen), polikarbonat malzemelerden yapılmalarının yanı sıra son yıllarda anorganik (seramik, alüminyum, çelik, elyafla güçlendirilmiş karbon) malzemelerde membran üretiminde kullanılmaktadır. Membranlar sisetmler 1-13 arasında geniş pH aralığında çalışabildikleri gibi daha yüksek sıcaklıklardaki çözeltilere ve oksidantlara karşıda dayanıklıdır. Mikrofiltrasyon membranlar düşük dirence sahip olmalarından dolayı 2-4 bar basınç aralığında çalıştırılmaktadır. Membranlarda sıvı akım membran yüzeyine paralel bir şekilde verilmekte ve membrandan geçemeyen yoğun madde membran yüzeyinde toplanmaktadır. Membran yüzeyinde biriken yoğun madde arttıkça membran yüzeyinde oluşan direnç artmaktadır ve akı değeri azaldığından dolayı membranlar temizlenmeli ya da değiştirmek gerekmektedir. Genel olarak membranlarda ve MF membranlarda karşılaşılan en büyük problem membran yüzeyindeki biriken partiküllerden dolayı membranın tıkanmasıdır(Kaleli, 2006). MF membranlarda, yüzeyi kirlendikten sonra azalan süzöntü akısını yeniden sağlamak için iki şekilde bakım yapılabilir. İşletme sırasında oluşan yoğun polarizasyonu ve katı kek tabakasının etkisini azaltmak için;

- Yatay hız değiştirme,
- Vorteksli akımlar,
- Sesler ve titreşimler,
- Elektriksel alanlar gibi çeşitli metotlar uygulanmaktadır (Aslan,2016).

Son zamanlarda atıksuların geri kazanımında kullanılmakta olup MF membranlar NF (Nanofiltrasyon) ve RO (Ters ozmos) membranları öncesinde önarıma amacıyla kullanımıdır.

2.2.2. Ultrafiltrasyon (UF)

Ultrafiltrasyon membranlar 0.05-1 nm arasında por çapına sahiptirler. UF membranların üst tabakası 50-250 nm arasındadır kalınlığa sahiptir, yüksek geçirgenlik ve seçiciliğe sahip olan bir de alt tabakaya sahiptirler. UF membranlar, çözünmüş molekülleri ve küçük partikülleri ayırabilirler. Ayırma işleminde molekül büyüklüğü, molekül şekli ve elektiriksel yüküde de önemli bir etkindir. UF membranın çalışma mekanizması Şekil.2.5 'te gösterilmiştir (Aslan,2016).



Şekil 2.5. UF membranın çalışma mekanizması (Aslan, 2016).

UF membranlarda maddeleri tutma oranları moleküler ağırlık engelleme sınırı (MWCO) ile tanımlanır. Belirli bir MWCO değerinden daha düşük maddeler membranda tutulamiyıp membrandan geçerler. UF membranlar, 1000-1000000 arasındaki maddeleri tutabilmektedirler. UF membranlar, atıksuda membran tarafından tutulan maddelerin yoğunlaştırılması ya da membrandan geçirilen sıvının membrandan çıkan saf süzüntüye dönüştürülmesinde kullanılmaktadır.

UF membranların Kullanım alanları (Aslan, 2016):

Kullanım Alanları;

1. Kaba moleküller ve kolloidal parçacıklar ayrılmasında
2. Belirli boyutlarda ve ağırlıktaki molekülleri ayırmada,
3. Trihalometanların (THM) giderilmesinde,
4. İlaç ve gıda endüstrisinde,
5. Evsel ve endüstriyel atık sularının arıtımında ve sterilizasyonunda
6. Elektro-kaplama endüstrisinde,
7. Tekstil endüstrisinde sularının geri kazanılması,
8. RO prosesiden önce, ön arıtma prosesi olarak,

MF ve UF membran sistemlerinde kullanılan kimyasallar (HCl, HNO₃ gibi asitler veya NaOH ve EDTA gibi maddeler ve NaOCl, H₂O₂, deterjanlar gibi oksidantlar) ile temizlemek için kullanılan su geri yıkama suyu olarak kullanılabilir. Bu atıksuların çökelme ve susuzlaştırmadan önce nötralize edilmesi gerekmektedir (Aslan, 2016).

Kullanılan Membran ve Modüller;

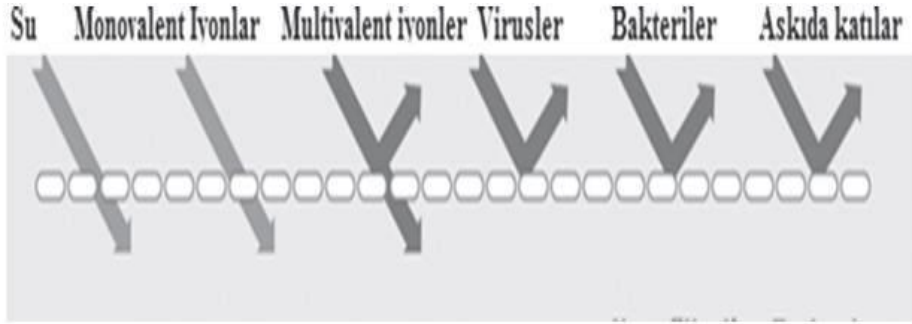
1. Selüloz asetat (CA) membranlar
2. Polisülfan (PS) membranlar
3. Polieter sülfan (PES) membranlar
4. Polietilen (PE) membranlar
5. Poliakrilonitril (PAN) membranlar
6. Polivinildin florid (PVDF) membranlar
7. Polivinilklorid (PVC) membranlar
8. Poliakrilonitril (PAN) kopolimer membranlar
9. Bazı aromatik poliamit (PA) membranlar

Kullanılan membran modüller, tübüler, düz ve çerçeve biçiminde olmalarının yanı sıra daha ucuz olan spiral sargılı ve kapiler membran modüler de yaygın olarak kullanılmaktadır (Aslan, 2016).

2.2.3. Nanofiltrasyon (NF)

Nano filtrasyon, RO ve UF arasında bir ayırım yapan filtrasyon işlemidir. NF 0.001-0.005µm arasında boyutlardaki partikülleri divalent iyonlarını tutarken daha küçük olan monovalent iyonlarını tutamamaktadır. 200-300 molekül ağırlıklı organik bileşikler

tutabilmektedir. Sulardan renk, tat ve kokunun giderilmesinde önemli bir yöntemdir. RO(ters ozmos) uygulamasından daha düşük basınçlarda çalıştırılabilir. Nano filtrasyonun membran çalışma mekanizması Şekil 2.6' te gösterilmiştir (Aslan, 2016).



Şekil 2.6. Nano filtrasyonun membran çalışma mekanizması

Uygulama Alanları;

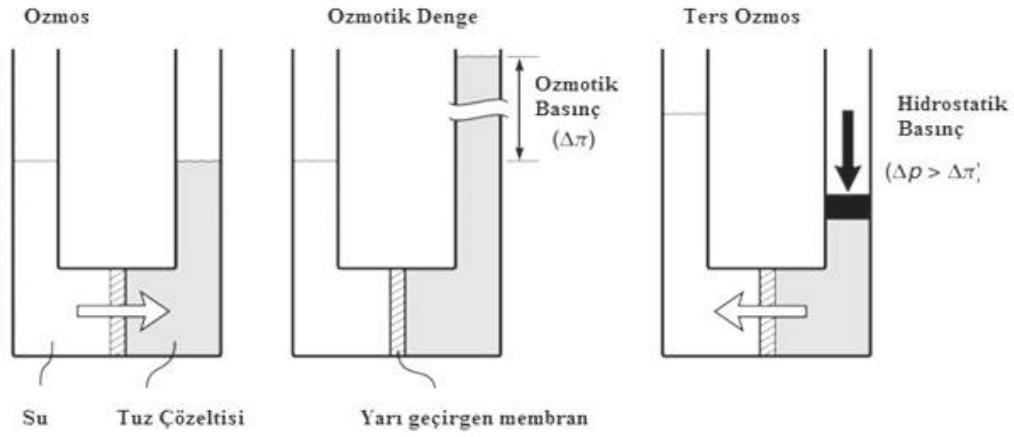
1. Kısmi tuz ayırma işleminde,
 2. kan ve su temizlenmesinde,
 3. Tekstil atıksularında renk ve TOK arıtımında,
 4. Metal endüstrisinde atıksu arıtımında
 5. Pestisit ayırımında,
 6. Dezenfeksiyonda ve Trihalometanların (THM) giderilmesinde
- kullanılmaktadır (Aslan, 2016).

Kullanılan Membran ve Modüller;

1. Polisülfan (PS) membranlar
2. Poliamit (PA) membranlar
3. İnce film kompozit membranlar (Aslan, 2016).

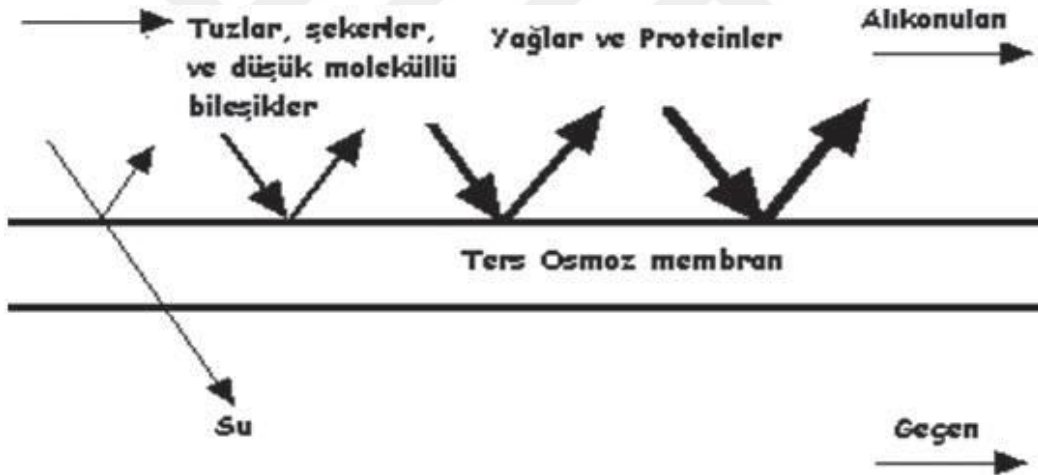
2.2.4.Ters Ozmos (RO)

Ozmos işlemi, bir çözeltide yarı geçirgen membrandan ozmotik basınç eşitlenene kadar, saf su ortamdan çok yoğun ortama doğru sıvı akışı olur. Ters ozmos ise, yarı geçirgen membranın yoğun çözelti tarafına basınç uygulanarak saf su (az yoğun) tarafına arıtılmış su (saf su) geçişi sağlanması işlemidir. RO (ters ozmos) çözeltide çözünmüş maddelerin arıtılması işleminde uygulanmaktadır. Ozmos ve Ters Ozmos Arasındaki İlişki şekil 2.7'de gösterilmiştir (Aslan, 2016).



Şekil 2.7. Ozmos ve Ters Ozmos Arasındaki İlişki (Baker, R.W., 2004).

RO membranların por çapları 0.1-1.5 nm arasındadır. RO membranlar nano boyuttaki su, bazı solvent ve virüsler geçebilirken, düşük molekül ağırlıklı organik ve inorganik bileşenlerin geçişine izin verilmemektedir. RO membran çalışma mekanizması şekil.2.8’ de gösterilmiştir.



Şekil 2.8. RO membran çalışma mekanizması.

Uygulama Alanları; RO uygulamaları, su kalitesini iyileştirmek, atık suları geri kazanmak ve içme suyu yokluğu çeken bölgelerde deniz suyundan içme suyu elde etmek ve sulardaki sertliği gidermek için kullanılır. RO uygulamaları, ilaç ve tıp alanında, atıksulardan değerli metallerin geri kazanmak ve temiz su ihtiyacı duyulan gıda sektörlerinde kullanılmaktadır. Tekstil endüstrisinde renk gideriminde, Buhar kazanlarında kazan taşı oluşumunu önlemek, Toksik maddeleri, istenmeyen bileşenleri ve mikroorganizmaları gidermede kullanılmaktadır (Aslan, 2016).

2.3. Ön Arıtma Metodları

2.3.1. Atıksulardan renk giderim metodları

2.3.1.1. Biyolojik arıtım

Biyolojik arıtma yöntemleri kimyasal ve fiziksel giderim tekniklerine nazaran daha az çamur oluşumu, düşük maliyet, alıcı ortama zarar verecek oluşumlara neden olmaması gibi önemli avantajlardan dolayı çok tercih edilen bir arıtma metodudur. Biyolojik renk giderme metodu, renk içeren boyar maddelerin mikroorganizmalar tarafından biyolojik yollarla daha zararsız bir forma (ürüne) dönüştürülmesi yoluyla gerçekleştirilmektedir. Bu arıtma metodunda mikroorganizmalar önemli bir role sahiptir. Atıksulardan renk gideriminde kullanılan biyolojik yöntemler aşağıdaki gibidir:

Atıksulardan renk gideriminde kullanılan biyolojik yöntemler:

1. Bakteriyel Arıtım
2. Mantarlarla Gerçekleştirilen Arıtım
3. Alglerle Gerçekleştirilen Arıtım

Tekstil Atıksuların Anaerobik-Aerobik Arıtımı

1. Anaerobik Renk Giderimi
2. Aerobik Aromatik Amin Giderimi

2.3.1.2. Fizikokimyasal arıtım

Fizikokimyasal arıtma metodu, boyar madde içeren tekstil endüstrisi atıksularından renk gidermek için etkili olan yöntemlerden biridir. Bu arıtma metodunda uygulanan işlemler olarak çeşitli koagülant, deklorant, yardımcı koagülant ve/veya polimerler kullanılarak koagülasyon-flokülasyon-çökeltim, elektrokoagülasyon işlemleri gerçekleştirilir. Koagülasyon – flokülasyon prosesi boyar madde içeren tekstil endüstrisi atıksularında renk gideriminde uzun süredir kullanılmaktadır. Fizikokimyasal prosesler atıksu karakteristiği değişmesiyle renk giderme veriminde değişiklikler meydana gelsede genel olarak başarılı bir prosestir. Bu proses biyolojik proseslere nazaran daha fazla enerji ve kimyasal sarfiyatı gerçekleştirir (Shaw vd., 2002; Uzal, 2007).

Koagülasyon-Flokülasyon; su ve atık sudaki yavaş çökelen ve çökelemeyen katıları bir araya getirip hızlı çökelmelerini sağlamak için kimyasalların kullanıldığı proseslerdir. Kolloidal süspansiyonda belli bir elektrikselsel yüke sahip partiküllerin zıt yüklerle karşılıklı

etkileşime girmesiyle nötralize olan partikülleri bir araya getirerek çömesini sağlar. Sulardaki katı maddeler ve boyutları; çözünmüş maddeler çapları 0,001µm'den küçük, kolloidal maddeler çapları 0,001µm - 1µm arasında ve askıda katı madde çapları 1µm'den büyüktür (Şanlı, 2006).

2.4. Önceki Çalışmalar

Tekstil atık suların geri kazanımı için yapılan bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir; (Kayacan vd., 2010)' de Membran teknolojilerinin konvansiyonel arıtma tesislerinden sonra ileri arıtma hatta geri kazanım imkanları ile kullanılabilirliğini arttırmak için yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

Arıtılmamış tekstil atıksuyunun membran çalışması sonucunda elde edilen süzöntü suyu çok yüksek miktarlarda KOİ, renk ve iletkenlik içerdiğinden tekrar kullanıma uygun bulunmamaktadır.

Çalışma sonuçlarına göre; koyu renkli boyama ve boyama sonrası yıkama prosesleri dışında daha hassas tekstil endüstrisi basamaklarında atıksuların yeniden kullanımı için, ultrafiltrasyon ardından ters ozmoz alternatifinin uygun olacağı düşünülmektedir.

(Adoğdu Vd., 2012)' de Anaerobik, Aerobik ve Ozon prosesleri ile tekstil atıksularından renk ve KOİ gideriminin incelendiği bu çalışmanın sonuçları aşağıdaki gibidir;

Tekstil boyama fabrikası bünyesinde bulunan mevcut aerobik arıtmanın renk gideriminde etkili olmadığı gözlenmiştir. Teksil atıksuyundan renk giderim yöntemleri araştırılmış ve bu çalışmada fabrikada mevcut olan aerobik arıtmaya ek olarak anaerobik ve ozonlama prosesleri ile renk giderimi amaçlanmıştır. Anaerobik reaktörde, boyar maddeye rengini veren azo bağının kırılması yani mevcut sistemde giderilemeyen rengin giderilmesi amaçlanmıştır. Anaerobik ortamda renk ve KOİ giderim verimleri incelenmiştir. Reaktöre Ham Atıksu I,II ve III ile ayrı zamanlarda besleme yapılmıştır. Ham Atıksu I ile anaerobik reaktörün işletmeye alma aşamasında besleme yapılmış ve 35 °C' de Renk ve KOİ giderim verimleri % 47 ve % 72 iken 55 °C'de ise % 26 ve % 57 olmaktadır.

Ham Atıksu II ile beslenen anaerobik reaktörde mezofilik ve termofilik şartlarda KOİ giderim verimi sırasıyla, % 45 ve % 39; renk giderim verimleri sırası ile (Pt-Co, 436 nm, 525 nm, 620 nm) % 50, % 42, % 55, % 53 ve % 39, % 35, % 43, % 47 olmaktadır. Bu yüzden KOİ, renk giderim verimlerinin yüksek olması ve tekstil atıksuyunun ekstra ısıtılmaması için mezofilik (35 °C) koşullar devam ettirilmiştir.

Bu aşamada Anaerobik + Aerobik proseslerinin KOİ giderimi % 65, renk giderimi (sırası ile Pt-Co, 436 nm, 525 nm, 620 nm) % 47, % 45, % 47, % 53 olmaktadır.

Tez kapsamında anaerobik/aerobik proseslerle birlikte istenilen desarj standartları sağlanamamıştır. Bu yüzden ileri oksidasyon prosesi olan ozanlamanın biyolojik arıtmaya etkisi incelenmiştir.

Anaerobik reaktör çıkış suları 11,1 mg/dk ozon dozunda, 30 dk ozonlandıktan sonra KOİ, renk giderimleri sırası ile % 36, % 76 (Pt-Co), % 77 (436 nm), % 85 (525 nm), % 93 (620 nm) olmaktadır. Ancak literatürde ozonlama süresi olarak 30 dk oldukça uzundur. Yapılan ozonlama deneylerinde optimum süreyi belirlemek için atıksu 3 ile beslenen anaerobik çıkışından 500 ml atıksuya 15 dk ozon süresinde ve 13,61 mg/dk ozon uygulanmıştır. İlk 5 dk içerisinde renk giderim verimi % 80' lere ulaşmıştır. Anaerobik çıkış suları 5 dk ozon süresinde ozonlandıktan sonra KOİ ve Renk giderimleri sırası ile, % 33, % 71 (Pt-Co), % 61 (436 nm), % 75 (525 nm), % 75 (620 nm) olarak bulunmuştur.

(Türkay Yılmaz Vd., 2012)'de bu tez kapsamında, tekstil sanayi atıksularının membran proseslerle (ultrafiltrasyon ve nanofiltrasyon) arıtılması sonucu oluşan konsantrenin anaerobik olarak arıtılabilirliği, ve ozonla ön arıtmanın bu atıksuların arıtma verimine etkisi konularında derlenen deneysel sonuçlar literatür bilgileri ışığında aşağıda özetlenmiştir;

Tam karışımli reaktör sistemleri için KOİ parametresinin zamanla değişimi incelendiğinde, çalışma boyunca ozonlanmış konsantre ile beslenen reaktördeki KOİ giderim verimi % 34-79 arasında bulunmuş ve ortalama KOİ giderim verimi % 63 olarak belirlenmiştir. Ozonlanmamış konsantre ile beslenen reaktördeki KOİ giderim verimi ise % 36-74 arasında bulunmuş ve ortalama KOİ giderim verimi % 56 olarak belirlenmiştir. Her iki sistem karşılaştırıldığında, ozonla işlem görmüş konsantre ile beslenen reaktörün KOİ giderim performansı, ozonlanmamış konsantre ile beslenen reaktörden yaklaşık % 7 daha fazla tespit edilmiştir.

(Ergül vd., 2014)' de MBR sistemi, iyi filtreleme yeteneği ve biyolojik arıtma sistemini destekleme niteliği nedeniyle endüstriyel sistem için yeni bir sistem olarak değerlendirildi;

Bu tez çalışmasında, batık membran biyoreaktörler (MBR) sırasıyla laboratuvar ölçeğinde ve pilot ölçekli olarak çalıştırıldı. Laboratuvar ölçekli MBR sisteminde, sırasıyla 436, 525, 620 nm' de % 50 KOİ giderme ve % 41.5, 49.1, 45.3 renk giderme elde edilmiştir. İçi ultrafiltrasyonu (UF-MBR) ve mikrofiltrasyon (MF-MBR) kullanan pilot ölçekli bir MBR ile gerçek tekstil atıksuyunun KOİ ve renk giderim verimliliği sırasıyla KOİ için % 60 ve renk için % 47,1 olarak bulundu (Pt-Co). Pilot ölçek sisteminde sırasıyla % 37, 39, 40 renk giderme oranı 436, 525, 620 nm' de elde edilmiştir. Pilot ölçekli sistemde, üçüncü operasyonda maksimum KOİ ve renk giderme verimliliği (% 70-80) bulundu. Bu, biyolojik arıtma işleminden önce tekstil atıksuyunun anaerobik gibi ön işleme tabi tutulması gerektiğini göstermektedir. Tekstil endüstrisinde, düşük molekül ağırlıklı renk molekülleri, MF ve UF membranlarından geçebilir ve bu nedenle, renk, su gereksinimlerine bağlı olarak suyun yeniden kullanımı sürecinde bir sorun teşkil edebilir.

Sonuç olarak, suyun yeniden kullanılması, tekrar kullanılan suyun oranını arttırmak için nanofiltrasyon veya ters ozmoz gibi ilave işlem gerektirir. Bu nedenle MBR atık akışı için RO-XLE ve NF-270 membranları kullanılmıştır. Bu zarların akı değerleri, NF-270 için 4.0 L / m².h ve RO-XLE için 14.6 L / m².h olarak bulunmuştur. NF-270' de KOİ ve renk giderim verimleri KOİ için % 70 ve renk için % 85,3 olarak hesaplandı. Bununla birlikte, RO filtrasyonunda, KOİ ve renk giderme verimliliği KOİ için % 92 ve renk için % 98 olarak bulunmuştur.

(Ünlü vd., 2008)' de Bu çalışma, Kayseri' de bulunan bir denim tekstil fabrikasından kaynaklanan durulama atıksuların için indigo boyama işleminin uygun ön işleme (koagülasyon ve MF / UF) ve membran filtrelemesine (NF) ilişkin operasyonel veriler sunmaktadır.

Çalışma iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, indigo boyama durulama atıkları için, optimum ön muamele türünü ve koşullarını belirlemek için ön hazırlık alternatifleri değerlendirildi. İkinci aşamada, yeniden kullanılabilir su elde edebilmek için ön-muamele edilmiş atık suya NF uygulanmıştır.

Elde edilen sonuçlara dayanarak şu sonuca varılabilir;

Koagülan olarak alüm ve ferrik klorür kullanan pıhtılaşma testleri, 1000 mg / L' lik çok yüksek bir dozda ferrik klorür uygulaması ile sırasıyla % 52 ve % 50 maksimum renk ve KOİ giderme sağladı. Bu bulgu, yüksek dozda pıhtılaşma gereksinimi nedeniyle koagülasyonun, denim tekstil indigo boyama atıksuları için etkin ve verimli bir ön muamele yöntemi olmadığını gösterdi.

Üç farklı gözenekli boyut filtresi (0.45, 2.5 ve 8 µm) kullanılarak 0.7 bar ve 3 bar basınçta gerçekleştirilen tekli MF testi, en iyi genel performansın, 3 bar' da 0.45 µm MF zar yoluyla elde edildiğini ortaya koymuştur. Bu MF membranı 0.7 ila 3 bar arasındaki zar geçiş basıncını arttırarak süzüntü akışını % 25 oranında artırdı (1.2 L / s / m²' den 1.5 L / s / m²' ye) ve bunun sonucunda % 74 renk ve % 29 KOİ giderme yapıldı. 0.45 µm MF zarından (3 bar' da) geçirgenlik için UF testleri, test edilen tüm UF zarları (5, 10, 50 ve 100 kDa) arasında 100 kDa' luk (4 bar' lık bir transmembran basıncında) en iyi performansı sağladığını gösterdi en yüksek başlangıç ve kararlı hal akılarıyla.

MF ve UF'nin ardışık uygulama sonuçları sırasıyla % 69 ve % 4 kümülatif renk ve KOİ giderme sağladı; 410 Pt-Co renk değerine ve 634 mg / L' lik bir KOİ' ye yol açtı. İki set NF testi toplam geri dönüşüm modunda NF 270 zar kullanılarak gerçekleştirildi. İlk NF testi sadece MF atıksuyuna (3 bar' da 0.45 µm) uygulanmıştır; ikincisi ardışık MF'den (3 bar' da 0.45 µm) ve UF' de (4 bar' da 100 kDa' dan) nüfuz etmekte. Bu alternatifler arasında, MF + NF alternatifi, daha yüksek bir sızdırma akışı ile birlikte 15 Pt-Co rengi, 20 mg/L KOİ veren, kararlı halde çok yüksek (% 99- 97) renk ve KOİ retensiyonu (tutma) sağladı. Bu işlem şemasının devamında iletkenlik de çok yüksekti ve sonuçta 1070 mS/cm bir iletkenlik elde edildi.

2.5. Geri Kazanım Değerlendirmesi

Tekstil endüstrisi birçok prosese sahip olduğundan dolayı çok farklı kalitede sulara ihtiyaç duymaktadır. Yeniden kullanılmaları için geri kazanılan atıksuların özelliklerine göre proses belirlemek çok zordur. Literatürde de tekstil endüstrisinde kullanılabilecek suların özellikleri hakkında net bilgiye ulaşılamamaktadır. Yapılan araştırmalar sonunda tekstil endüstrisinde yeniden kullanılabilecek suların özellikleri Tablo.2.4' te sunulmuştur.

Tablo 2.4. Tekstil endüstrisinde yeniden kullanılabilir suların özellikleri.

Kaynak	Parametre			Tekrar Kullanım Kriteri
	KOI, mg/L	İletkenlik, $\mu S/cm$	Renk	
Li ve Zhao, 1999	0-160	800-2.200	0-2 Lovibond	Reaktif ve asit boyama proseslerinde tekrar kullanım
Rozzi vd.,1999	30	1.800	0.01 (426 nm)	Sentetik elyaf boyaması
Rozzi vd., 1999	<10	<40	Renksiz	Tekstil fabrikaları için tekrar kullanım
Goodman ve Porter, 1980 (Uzal,2007)	178-218	1.650-2.200	20-30 Pt-Co	%100 pamuklu kumaşın reaktif boyama prosesi için tekrar kullanım
Brik vd., 2006	<30	<1.800	<1m ⁻¹ (426 nm)	Tekstil endüstrisinde tekrar kullanım için genel kriterler
Gonzalez-Zafrilla vd., 2008	<20	<500	-	Tekstil endüstrisinde tekrar kullanım suyu için spesifikasyonlar
Lu vd.,2009	<50	-	-	Boyama ve baskı prosesleri için tekrar kullanım
Comodo vd.,1993	40	2.000	0,02 (426 nm)	Düşük kalitede yün boyama için tekrar kullanım
Ciardelli vd., 2001	34	35	0,002 (420 nm)	Tekstil fabrikalarının bütün prosesleri için uygun su kalite özellikleri
Marcucci vd., 2001	8-10	330-2.350	-	Doğal ve sentetik iplik boyama ve açık renklerin yıkanması için tekrar kullanım
Bes-Pia vd., 2005, 2003	100	1.000	-	Ağartma prosesinde tekrar kullanım için yeterli kalite

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Karakterizasyon Çalışmaları

Tekstil fabrikaları yaygın olarak reaktif dispers indigo boyalar kullanılmaktadır. Bu boyaların kullanıldığı tekstil fabrikaların prosesleri sonucu meydana gelen denim atıksuların arıtılması ve fabrikalara bu atıksuların geri kazandırılması çalışmasında Kahramanmaraş bölgesinde faaliyet göstermekte olan bir firmanın denim atıksularının arıtıldığı arıtma tesisinin girişinden çalışma boyunca numuneler alınmış olup denim atıksu karakterizasyonu laboratuvar ölçekte yapılmıştır. Alınan denim atıksu örneklerin, renk, iletkenlik, AKM, çamur hacmi ve KOİ analizleri yapılmıştır. Bu tesise ait atıksu karakteristiğine ait parametre değerleri Tablo 3.1’ de verilmiştir.

Tablo 3.1. Tekstil atıksuyunun karakterizasyonu

PARAMETRE	DEĞERİ
Ph	12,15 (23,6 °C’ de)
İletkenlik	5,98 mS/cm (23,8 °C’ de)
Renk	2960 (pt-co)
KOİ	951,34 mg/L
AKM	94 mg/L

3.2 Arıtılabilirlik Çalışmaları

Yapılan çalışmada kullanılan atıksular için önce bir kimyasal ön arıtma işlemi uygulanmakta olup daha sonra kartuş filtrelerle askıda katıları tutarak membran sistemler üzerine gelen katı madde yükü azaltılarak son arıtım olan membranın kullanım ömrü ve giderim verimleri arttırılmaya çalışılarak atıksuyun tesise yeniden geri kazandırılması sağlanmaya çalışılmıştır.

3.3. Deneysel Metodlar

3.3.1. Koagülasyon deneyleri

Çalışma kapsamında yürütülen kimyasal ön arıtma da kullanılacak koagülant ya da çalışılacak dekolorant maddesinin en uygun dozaj miktarları belirlendi. Bu deneyler

sonucunda elde edilen pH, renk, KOİ, AKM, iletkenlik değerleri göz önüne alınarak en iyi giderim verimine sahip kimyasalın belirlenmesi işlemi yapıldı. Kullanılan kimyasal maddeler; $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$, FeCl_3 , $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, PACs, DCD-F' tır. Bu çalışmada öncelikle her bir kimyasalın en uygun kullanım dozu ve pH değerleri belirlendi daha sonra her bir kimyasal için belirlenmiş uygun doz ve pH sağlanarak koagülant ilavesinden sonra düşük farklı konsantrasyonlarda DCD-F ilavesi yapılarak daha fazla renk giderimin sağlanması hedeflenmiştir. Bu ikinci koagülasyon çalışmasında en iyi giderimi sağlayan kimyasal madde belirlenerek tekstil atıksuyun ön artma işleminde kullanılacaktır.

Koagülasyon çalışmaları 500 ml cam beher kullanarak klasik jar testi cihazı kullanılmıştır.

Koagülasyon işlemi, koagülant ilavesinden sonra 120 RPM' de 2 dakika hızlı karıştırma işlemi uygulandı daha sonra 30 RPM' de 30 dakika yavaş karıştırma işlemine tabi tutulduktan sonra 1 saat çöktürme işlemi uygulandı. Bu bir saatlik çöktürme sonucunda oluşan çamur hacmi hesaplanmıştır. Çöktürme işleminden sonra üstte kalan duru su alınarak kaba filtreden geçirilip pH, iletkenlik, renk, KOİ, AKM ölçümleri yapılmıştır. Şekil.3.1' de Jar test deneylerinin yapıldığı düzenek ve çalışmalardan örnek görüntüler gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Jar testi görünüm

3.3.2. Askıda katı madde (AKM) Tayini

AKM ölçümü Gravimetrik Metoda (2540B, APHA, 2005) uygun olarak yapıldı. Jar testi sonucunda üstte kalan duru su fazından alınan her bir numune için AKM deneyi yapılmıştır. AKM deneyinde 0,45 mikron cam elyaf filtre kağıtları sabit tartıma gelmesi için 105 °C 1 saat bekletildikten sonra desikatörde 1 saat soğutulur daha sonra filtre kağıtlarının ilk sabit ağırlıkları dijital tartı (KERN ABJ-NM/ABS-N Marka Hassas terazi (0,0001–220 gr)) ile tartılır. Duru su fazından alınan numuneler filtrelerden 30 ml hacimde

atık su süzdürülerek geçirilir. Bu filtreler 105 °C’ de 1 saat kurutulmaya bırakıldıktan sonra, desikatörde soğutularak filtrelerin son tartımları yapılır. AKM deney düzeneği Şekil 3.2’ de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. AKM düzeneği

3.3.3. pH ve iletkenlik

Jar testi sonucunda elde edilen duru su fazının iletkenlik ölçümleri ‘Thermo Orion Star A121 Portable ile yapılmıştır. pH ölçümleri ise ‘HANNA instruments HI 2211 Ph/ORP meter’ ile yapılmıştır.

3.3.4. Kimyasal oksijen ihtiyacı ölçüm metodu

Deney tüpüne 2,5 ml alınan atıksu numunesine 1,5 ml (15,324 gr $K_2Cr_2O_7$, 49,95 $HgSO_4$ ve 250,5 gr H_2SO_4 balon jojeye ilave edilerek 1000 ml’ ye tamamlanarak hazırlandı) ve 3,5 ml sülfrik asit-civa sülfat çözeltisi (10,12 gr Ag_2SO_4 balon joje içerisinde H_2SO_4 ile 1000 ml’ ye tamamlanır) eklenir ve tüpün ağzı sıkıca kapatıldıktan sonra birkaç defa ters düz yapılarak karışması sağlanır. Hazırlanan deney tüpleri termo reaktörde (Spectroquant® Thermoreactor TR 320) 148 °C de 2 saat bekletildikten sonra 600 nm dalga boyunda ‘Hach DR/5000 portable scanning Spectrophotometer’ cihazıyla ölçümü yapılmıştır. Bu cihazla 0-1000 mg/L KOİ ölçüm aralığında çalışılmıştır. KOİ deneyi Şekil 3.3’te gösterilmiştir.



Şekil 3.3: KOİ deneyi

3.3.5. Renk tayini

Renk tayini 'Hach DR/5000 portable scanning Spectrophotometer cihazıyla ve (Pt-Co)' birimi cinsinden 465 nm dalga boyunda ölçümler gerçekleştirilmiştir. Analiz öncesinde tüm su örnekleri kaba filtreden geçirilmiştir.

3.3.6. Laboratuvar ölçekli çalışma düzeneği

Tekstil atıksuların geri kazanımı için tasarlanan laboratuvar ölçekteki membran sistemi, bir adet basınç pompası, 1 adet yıkanabilir filtre, üç adet kartuş filtre (sediment filtre 75 μm , Blok aktif karbon filtre 5 μm , GAC (Granüler Aktif Karbon) filtre 1 μm), iki adet plastik membran modülü (ters osmoz, nano özellikli ters osmoz filtrasyon), üç adet barometre, süzüntü hattı, geri devir hattı, besleme tankı, süzüntü tankı ünitesinden oluşmaktadır. Arıtma çalışmalarında kullanılan pilot membran sistemi dört ana bölümden oluşmaktadır:

1. Hamsu su bölümü

- Hamsu tankı
- Yüksek basınç pompası

2. Ön filtrasyon bölümü

- Yıkanabilir filtre
- Sediment filtre (75 μm)
- Blok aktif karbon filtre (5 μm)
- GAC (Granüler Aktif Karbon) filtre (1 μm)

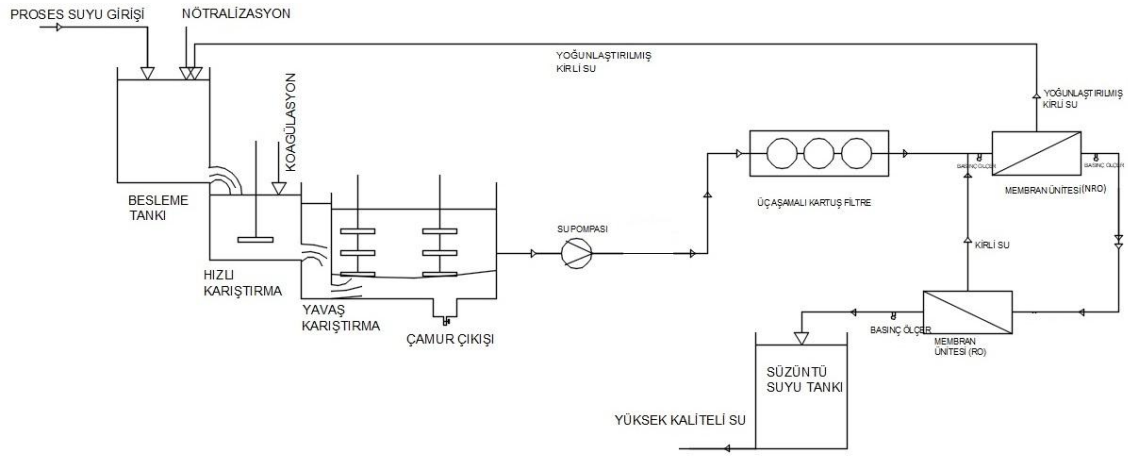
3. İleri arıtma bölümü

- Membran housing
- Metal manometreler

4. Süzüntü bölümü

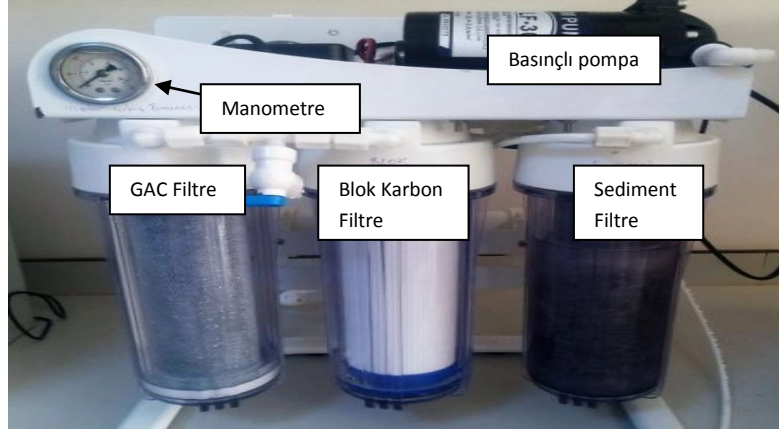
- Atık kısıc1
- Süzüntü çıkışı

Laboratuvar ölçekli membran geri kazanım sisteminin akış diyagramı ve resimleri Şekil 3.4. ve Şekil.3.5’ te gösterilmiştir. Laboratuvar ölçekli arıtma sisteminin bölümleri aşağıda genel olarak tanımlanmıştır:

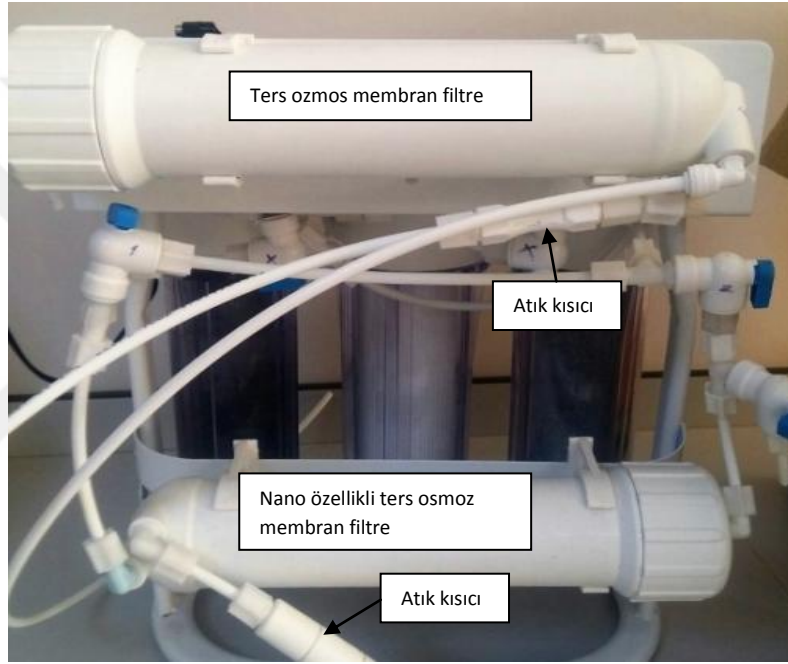


Şekil 3.4. Laboratuvar ölçekli arıtma sisteminin akım şeması

Hamsu bölümü, ham tekstil atıksu sisteme buradan beslenir ve sisteme verilen su önce nötrale edilir ya da kimyasal ön arıtım için ideal pH değerine getirilir ve hızlı karıştırmada koagülant ilave edilerek tam karışım sağlanır daha sonra atıksu yavaş karıştırmada flokülasyona uğratarak renk ve AKM değerleri daha düşük seviyelere çekilir. Kimyasal ön arıtıma tabii tutulan su daha sonra üç aşamalı (75µ, 5µ, 1µ gözenek çaplarına sahip) kartuş filtrelerle verilerek AKM değerleri azaltılır ve membran filtrasyona gelen kirlilik yükleri azaltılarak hem membranın ömrünü arttırmak hemde tam arıtımı sağlamak hedeflenmiştir. Önarıtıma uğrayan atıksu membran sistemlere verilerek ileri arıtıma uğrayan su süzüntü tankında toplanır ve membrandan çıkan ikinci akım olan kirli su ise sistemin başına geri devir ettirilir. Laboratuvar ölçekli düzeneğin gösterimi Şekil 3.5’ te verilmiştir.



a: üç aşamalı kartuş filtre



b: membran filtrasyon bölümü

Şekil 3.5. Laboratuar ölçekli düzeneğin gösterimi (a: üç aşamalı kartuş filtre, b: membran filtrasyon bölümü)

4. DENEYSEL SONUÇLAR

4.1. Karakterizasyon

Tekstil endüstrisinde farklı proseslerde meydana gelen atık suların bir araya toplanarak ortak bir arıtma tesisine gelen giriş atıksuyunun karakterizasyonu yapılmış olup tesisin girişinden düzenli olarak numuneler alınarak önce bir kimyasal ön arıtmaya tabii tutularak pH, iletkenlik, KOİ, renk, AKM ve çamur hacimleri hesaplanmıştır.

4.2. Laboratuvar Ölçekte Arıtılabilirlik Çalışmaları

4.2.1. Gerçek tekstil atık sularda yapılan ön arıtma için kimyasal belirleme çalışmaları

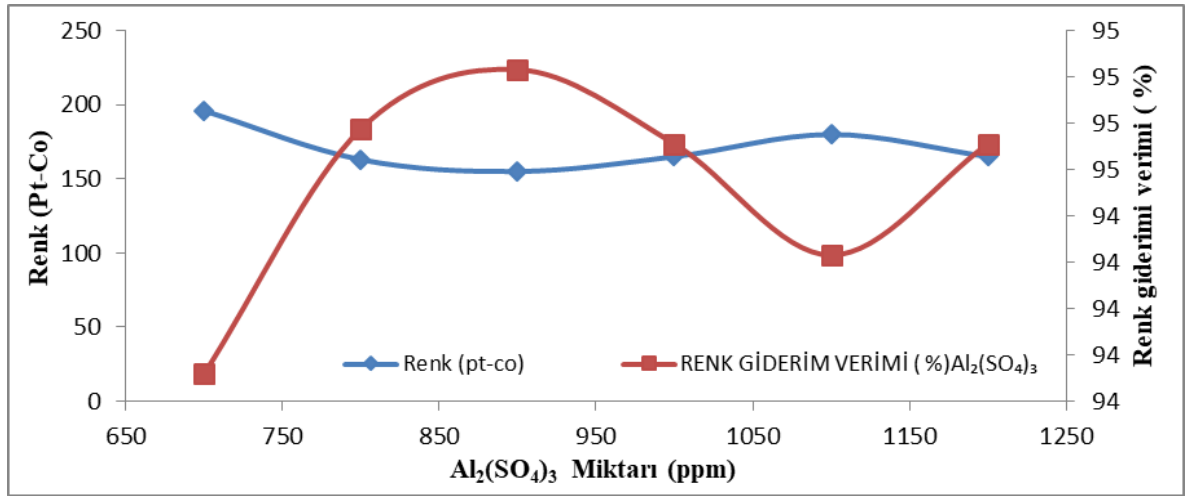
Atık suyu arıtmak için ileri arıtma öncesi atık suda var olan renk ve askıda katı maddeleri gidermek için kimyasal bir ön arıtma tabii tutuldu. Kimyasal ön arıtma işleminde beş farklı kimyasal denendi bunlardan dördü koagülant iken bir adette renk giderici dekolorant maddesi denenmiştir. Bu kimyasallar atıksuya ilk olarak ayrı ayrı uygulanmıştır daha sonra da tüm koagülantlar ayrı ayrı olarak dekolorant maddesiyle birlikte atık suda uygulanmıştır. Bu deneysel çalışmaların hepsinde kullanılan kimyasal maddelerin öncelikle en ideal dozaj ve pH çalışmaları yapıldı daha sonra bu uygulama sonucunda atık suda renk, iletkenlik, pH, KOİ ve çamur hacimleri belirlenerek kimyasal ön işleminde uygulanacak kimyasal belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan kimyasallar: $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$, PACs, $MgCl_2$, DCD-F' tir. Bu kimyasal çalışmaların sonuçları detaylı olarak verilmiştir. Tüm kimyasallar için aynı metod uygulandı. Her kimyasalın uygulamasında 500 ml' lik denim atık su örnekleri ilk aşamada pH 7' de sabit tutularak kimyasalın farklı konsantrasyonları denim atık suyuna ilave edildi ve jar testi düzeneğinde 120 RPM de 2 dk hızlı, 30 RPM' de 30 dk yavaş karıştırma yapıldıktan sonra 60 dk çökelmeye bırakılarak çamur hacimleri belirlendi. Çökelme işleminden sonra her bir beherin duru fazından renk, iletkenlik, pH, KOİ analizleri için numune alındı. Bu analizler sonucu uygun konsantrasyon belirlenir. İkinci aşamada ise belirlenen uygun konsantrasyon üzerinde pH'nın etkisinin araştırılması için belirlenen konsantrasyon sabit tutularak farklı pH' lara ayarlanan atık sular jar testi düzeneğinde 120 RPM' de 2 dk hızlı, 30 RPM' de 30 dk yavaş karıştırma yapıldıktan sonra 60 dk çökelmeye bırakılarak çamur hacimleri belirlendi. Çökelme işleminden sonra her bir beherin duru fazından renk, iletkenlik, pH,

KOİ, AKM analizleri için numune alındı. Uygulanan her kimyasal için çalışılan konsantrasyonları ve pH aralıkları ve bu uygulama sonucu elde edilen sonuçlar detaylı olarak verilmiştir.

4.2.1.1. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ koagülasyon çalışması

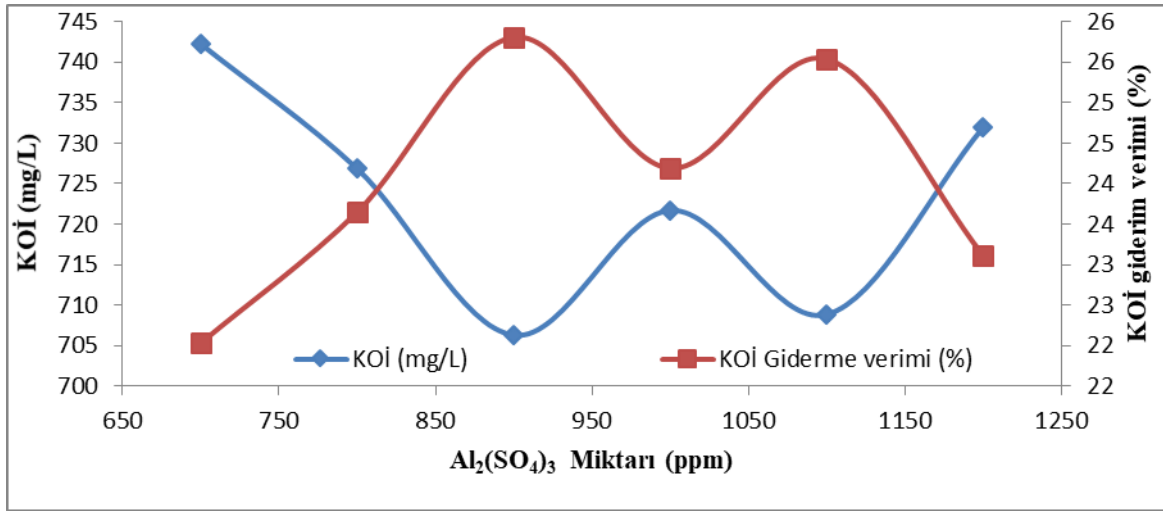
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ miktarının denim atık suyunun renk, iletkenlik, KOİ, AKM giderimi üzerine etkileri araştırılan deneysel çalışmanın verileri aşağıda sunulmuştur.

PH 7’de sabit olmak üzere, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ’ın değişken miktarlarda (700-1200 ppm) uygulanması:



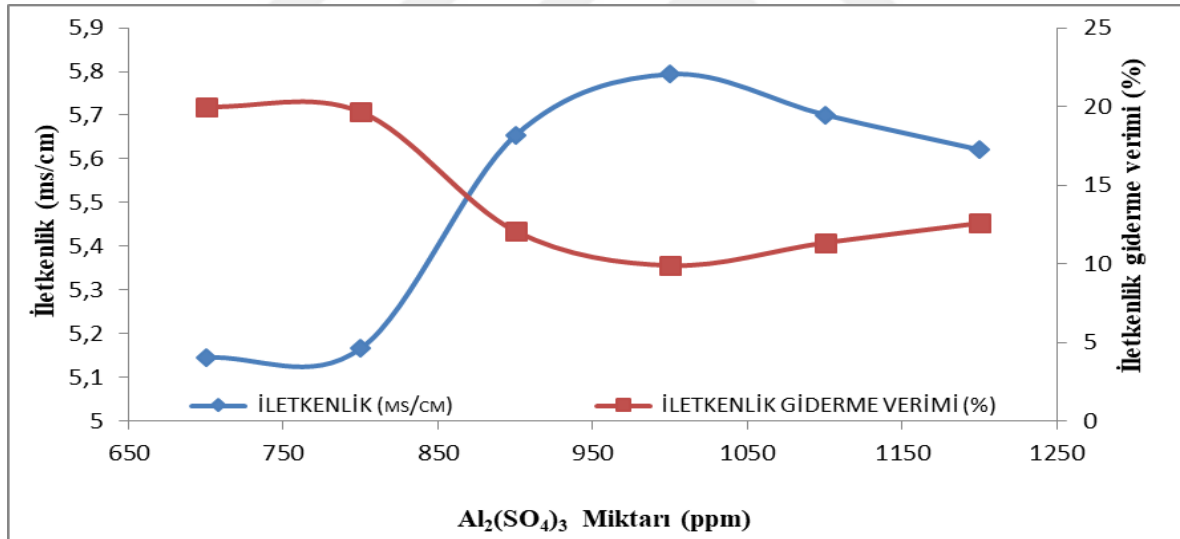
Şekil 4.1. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ miktarının renk giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.1; $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ miktarının renk giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere en iyi renk giderim verimi % 95,032 ile 900 ppm de elde edilmiştir ve daha yüksek konsantrasyonların kullanılmasından sonra giderim verimleri düşüşe geçmiştir.



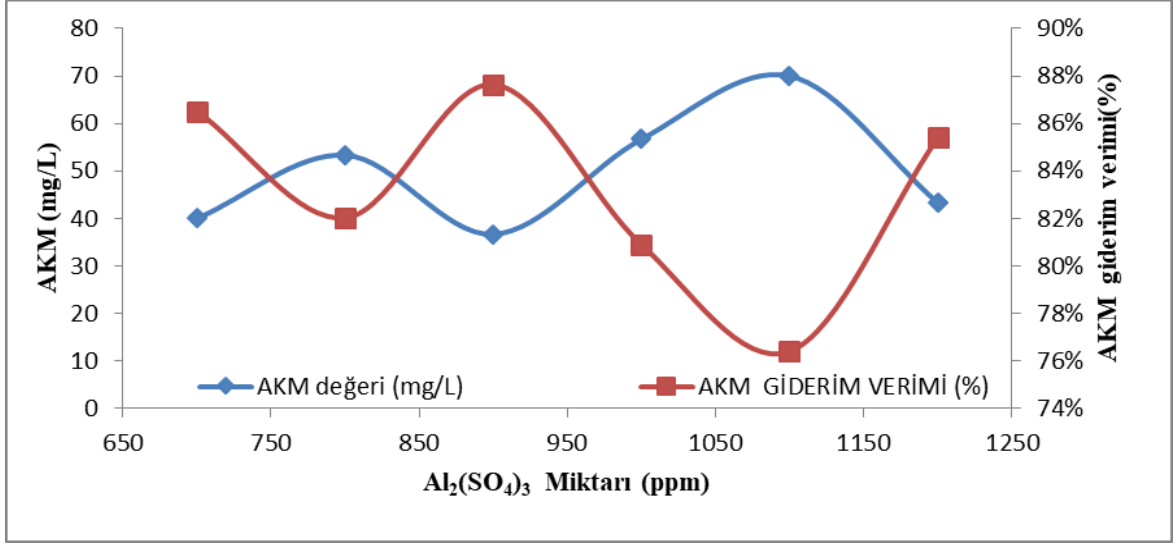
Şekil 4.2. $Al_2(SO_4)_3$ miktarının KOİ giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.2; $Al_2(SO_4)_3$ miktarının KOİ değeri ve giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere en iyi KOİ giderim verimi % 25,81 ile 900 ppm' de elde edilmiştir ve daha yüksek konsantrasyonların kullanılmasından sonra giderim verimleri düşüşe geçmiştir.



Şekil 4.3. $Al_2(SO_4)_3$ miktarının iletkenlik giderimi üzerindeki etkisi

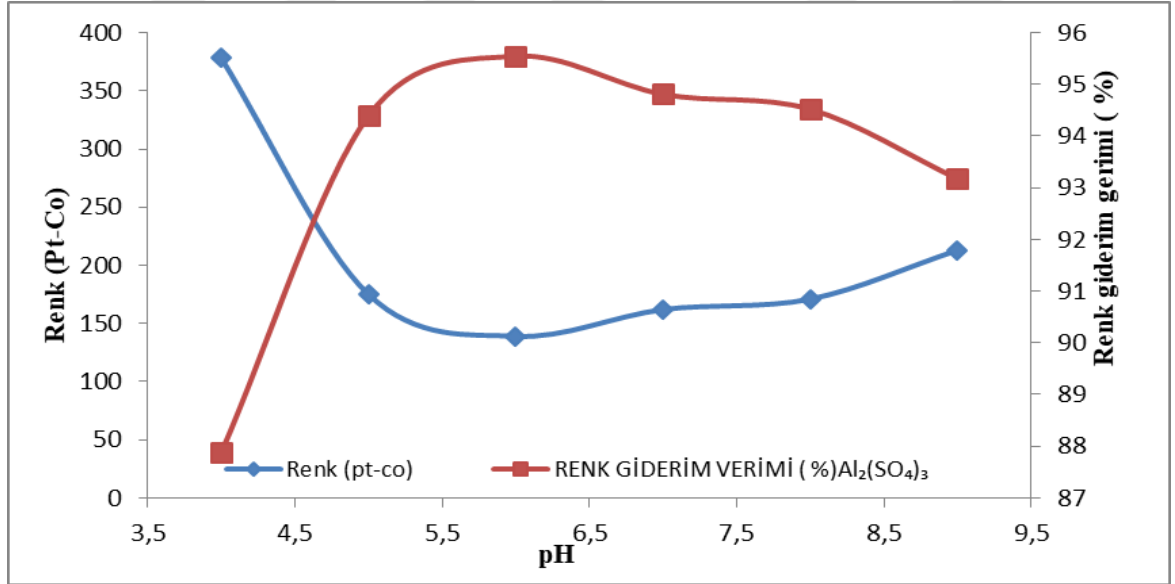
Şekil 4.3; $Al_2(SO_4)_3$ miktarının iletkenlik değeri ve giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere en iyi iletkenlik giderim verimi 700 ppm' de % 19,98 ve 900 ppm' de ise % 12,07 giderim verimi sağlanmıştır ve daha yüksek konsantrasyonların kullanılmasından sonra giderim verimleri düşüşe geçmiştir.



Şekil 4.4. $Al_2(SO_4)_3$ miktarının AKM giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.4; $Al_2(SO_4)_3$ miktarının AKM değeri ve giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere en iyi AKM giderim verimi % 87,64 ile 900 ppm'de sağlanmış olup daha düşük ve daha yüksek konsantrasyonların kullanılmasıyla giderim verimleri düşüşe geçmiştir.

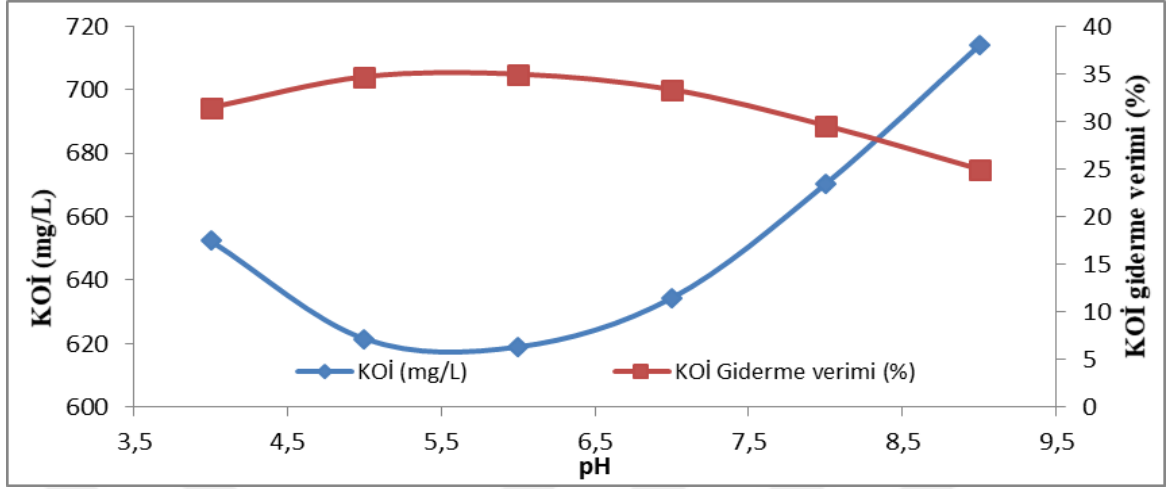
$Al_2(SO_4)_3$ Koagülasyon işleminde, pH'nın etkisinin (4 – 9 pH) araştırılması:



Şekil 4.5. pH değerinin renk giderimi üzerindeki etkisi

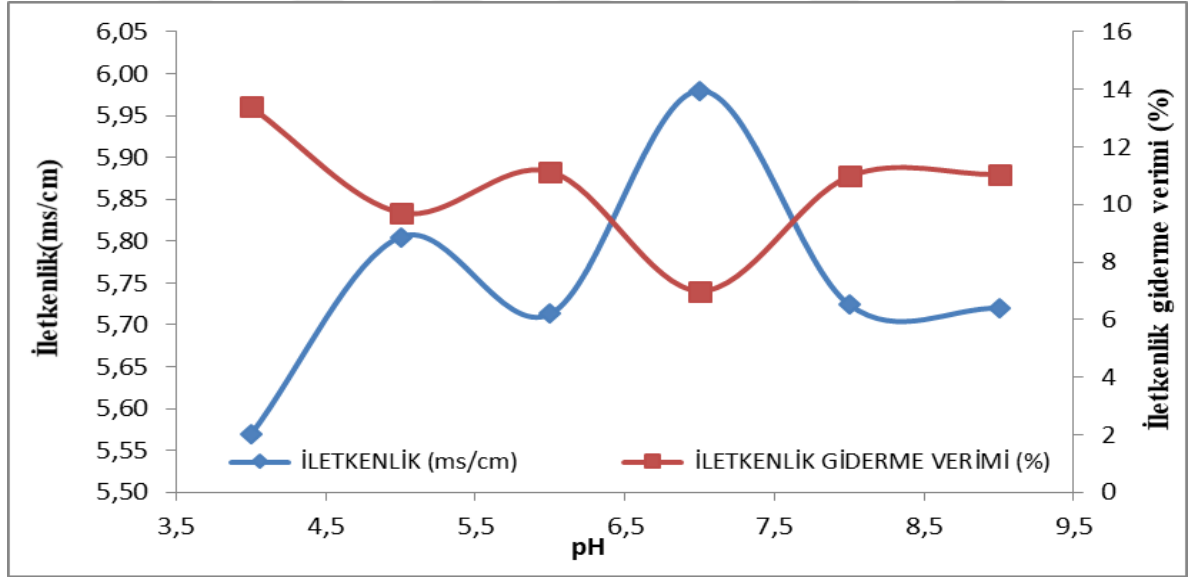
Şekil 4.5; pH değerinin renk giderimi üzerindeki etkisi göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere en iyi renk giderim verimi % 95,4 ile pH 6'da sağlanmış

olup daha düşük pH değerlerinde artmaya başlayıp pH 6 'da en yüksek değere ulaşmış ve daha yüksek pH değerlerinde giderim verimleri düşüşe geçmiştir.



Şekil 4.6. pH değerinin KOİ giderimi üzerindeki etkisi

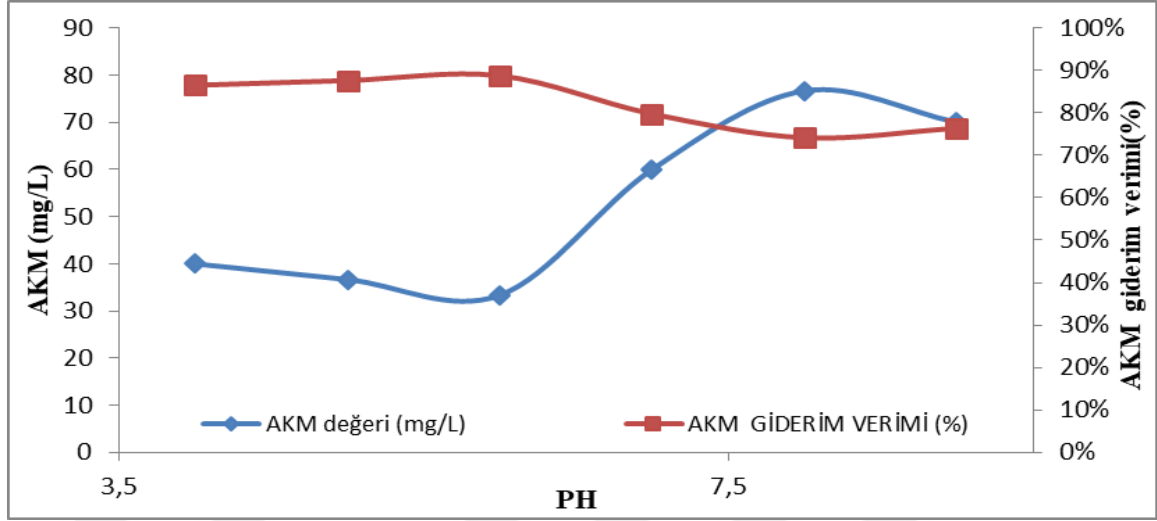
Şekil 4.6; pH değerinin KOİ giderimi üzerindeki etkisi göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere en iyi KOİ giderim verimi % 34,98 ile pH 6' da sağlanmış olup daha düşük pH değerlerinde artmaya başlayıp pH 6 'da en yüksek değere ulaşmış ve daha yüksek pH değerlerinde giderim verimleri düşüşe geçmiştir.



Şekil 4.7. pH değerinin iletkenlik giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.7; pH değerinin iletkenlik giderimi üzerindeki etkisi göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere en iyi iletkenlik giderim verimi pH 4' te % 13,39 daha sonra en yüksek giderim verimi pH 6'da % 11,15 giderim verimi sağlanmış olup pH 4 değerinde

en yüksek giderim verimi görülürken pH 5 'te düşüş kaydedilip pH 6 'da tekrar yükselme görülmektedir.



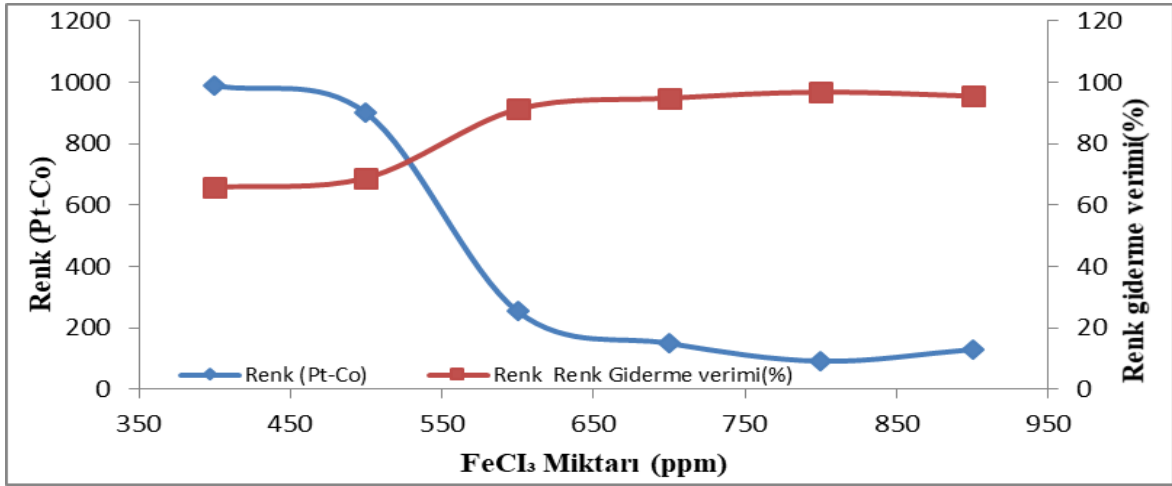
Şekil 4.8. pH değerinin AKM giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.8; pH değerinin AKM giderimi üzerindeki etkisi göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere en iyi AKM giderim verimi % 88,76 ile pH 6'da sağlanmış olup pH 6 değerine ulaşıncaya kadar giderim verimi artmaktadır ve pH 6 değerinde en yüksek giderim verimi görülürken, daha yüksek pH değerlerinde giderim verimi azalmaktadır. Yapılan analizler sonucunda $Al_2(SO_4)_3$ ' ın ideal dozajı ve pH değeri 900 ppm ve pH 6 olarak belirlenmiştir.

4.2.1.2. Demir üç klorür ($FeCl_3$) koagülasyon çalışması

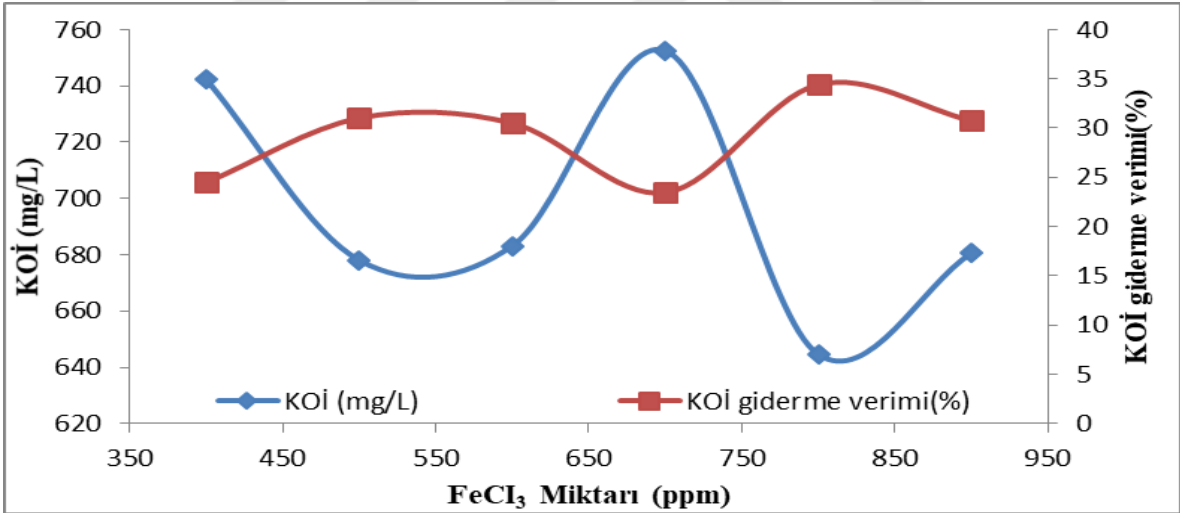
$FeCl_3$ miktarının denim atık suyunun renk, iletkenlik, KOİ, AKM giderimi üzerine etkileri araştırılan deneysel çalışmanın verileri aşağıda sunulmuştur.

pH 7 de sabit olmak üzere, $FeCl_3$ 'ın değişken miktarlarda (400-900 ppm) uygulanması:



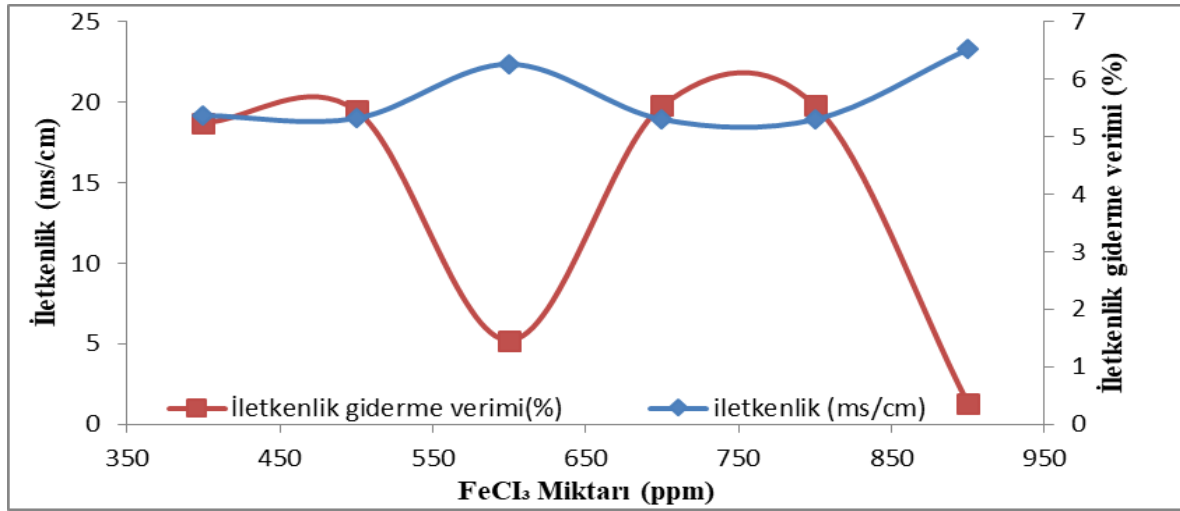
Şekil 4.9. FeCl₃ miktarının renk giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.9; FeCl₃ miktarının renk giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere FeCl₃ 'ün artan miktarıyla doğru orantılı olarak giderim verimi artmakta olup en iyi renk giderim verimi % 96,85 ile 800 ppm'de elde edilmiştir ve daha yüksek konsantrasyonların kullanılmasından sonra giderim verimleri düşüşe geçmiştir.



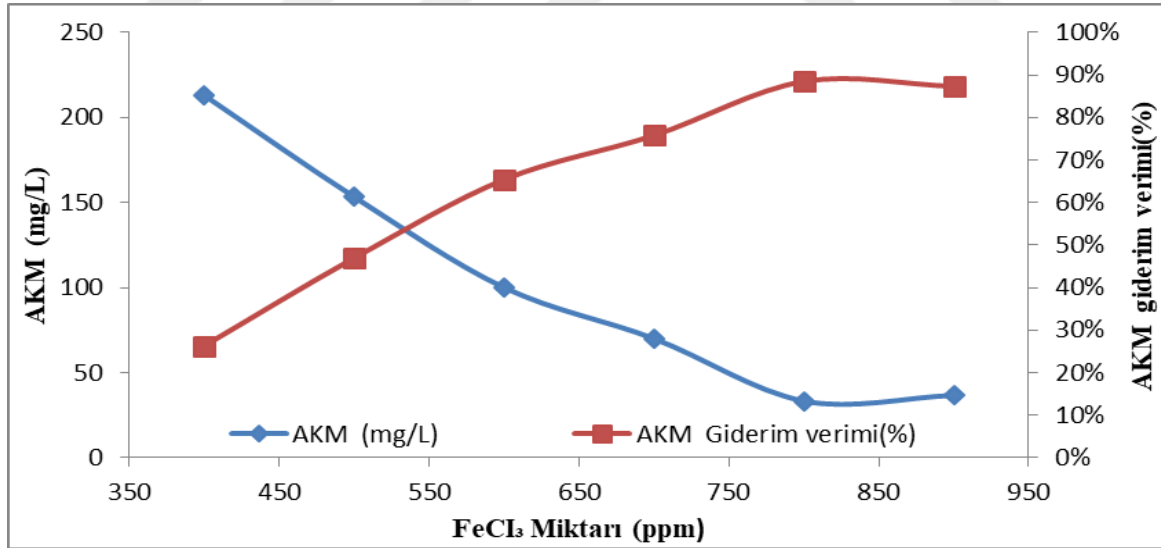
Şekil 4.10. FeCl₃ miktarının KOİ giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.10; FeCl₃ miktarının KOİ giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere FeCl₃ 'ün artan miktarıyla doğru orantılı olarak giderim verimi artmakta olup 600 ve 700 ppm gibi artan konsantrasyonlarda giderim veriminde düşüş görülse de en iyi KOİ giderim verimi % 34,42 ile 800 ppm'de elde edilmiştir ve daha yüksek konsantrasyonların kullanılmasından sonra giderim verimleri düşüşe geçmiştir.



Şekil 4.11. FeCl₃ miktarının iletkenlik giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.11; FeCl₃ miktarının iletkenlik giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere FeCl₃ 'ün artan miktarıyla doğru orantılı olarak giderim verimi artmakta olup 600 ppm gibi artan konsantrasyonlarda giderim veriminde düşüş görülse de en iyi iletkenlik giderim verimi % 19,77 ile 700 ve 800 ppm'de elde edilmiştir ve daha yüksek konsantrasyonların kullanılmasından sonra giderim verimleri düşüşe geçmiştir.

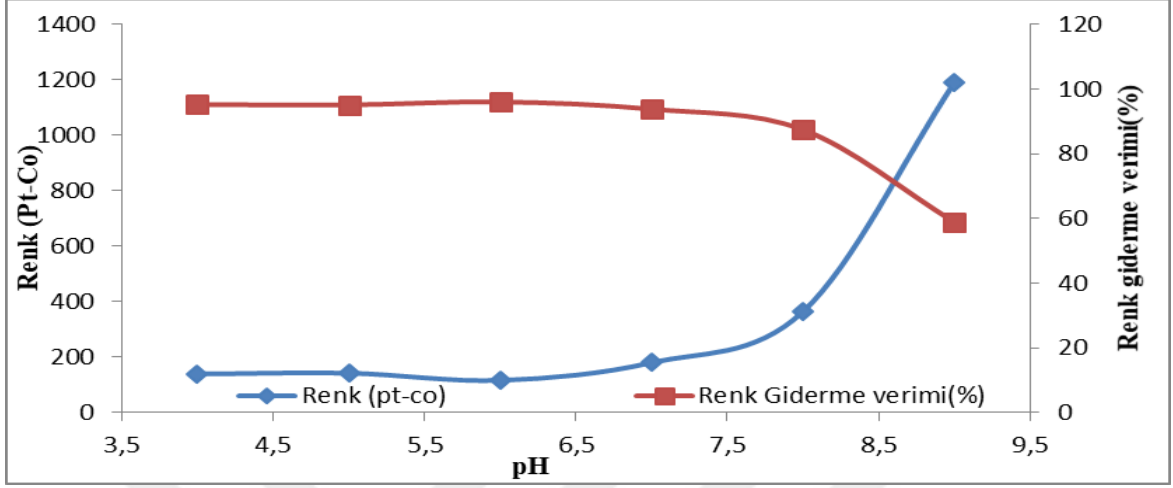


Şekil 4.12. FeCl₃ miktarının AKM giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.12; FeCl₃ miktarının AKM giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere FeCl₃ 'ün artan miktarıyla doğru orantılı olarak giderim verimi artmakta olup en iyi AKM giderim verimi % 88,47 ile 800 ppm'de elde edilmiştir

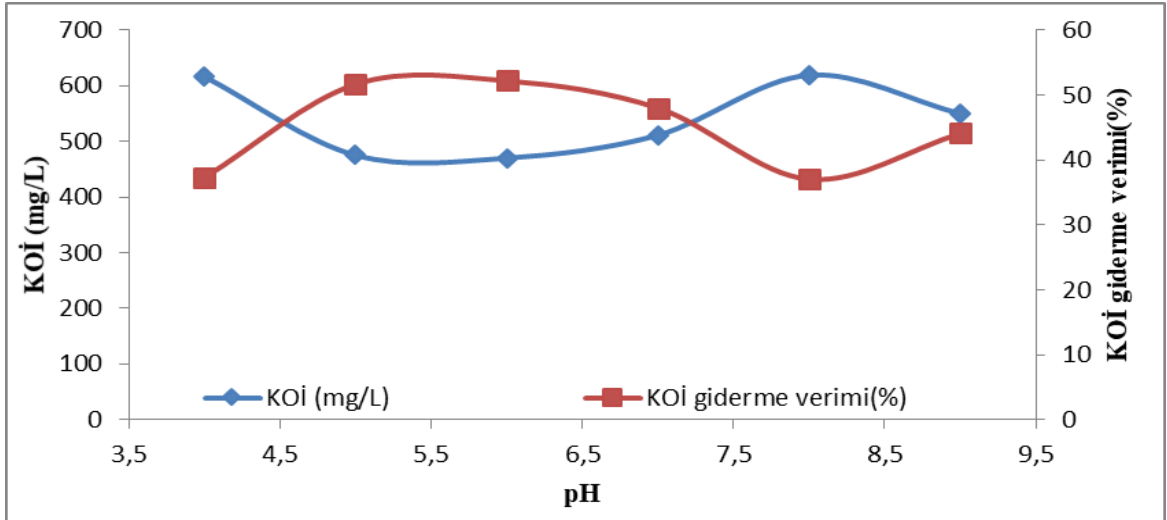
ve daha yüksek konsantrasyonların kullanılmasından sonra giderim verimleri düşüşe geçmiştir.

FeCl_3 Koagülasyon işleminde, pH'nın etkisinin (4-9 pH) araştırılması:



Şekil 4.13. pH değerinin renk giderimi üzerindeki etkisi

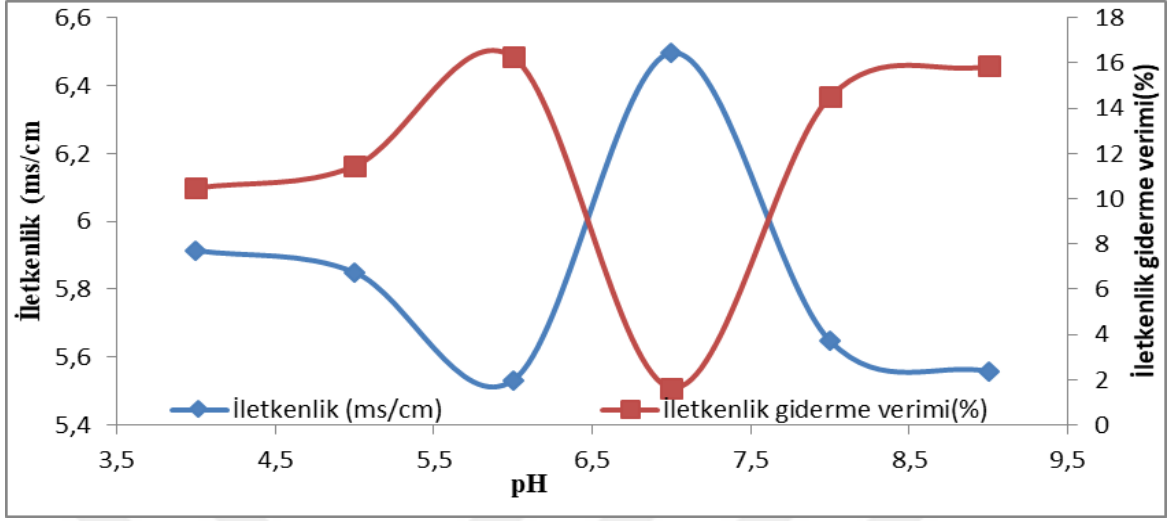
Şekil 4.13; pH değerinin renk giderimi üzerindeki etkisi göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere pH 4 - 6 arasında giderim verimleri birbirine yakın değerler gösterir iken, en iyi renk giderim verimi % 95,99 ile pH 6' da sağlanmış olup daha yüksek pH değerlerinde giderim verimleri düşüşe geçmiştir.



Şekil 4.14. pH değerinin KOİ giderimi üzerindeki etkisi

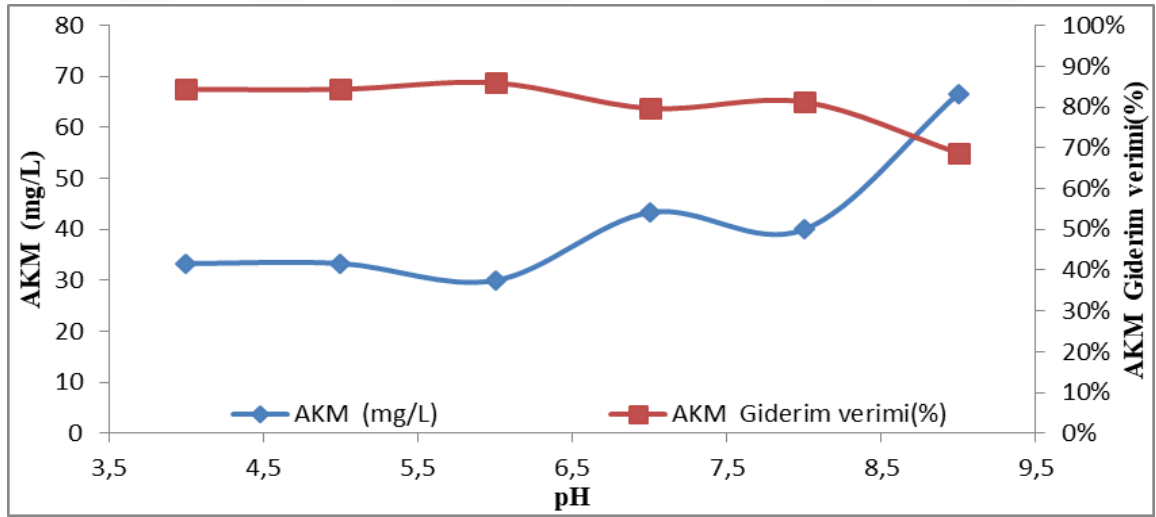
Şekil 4.14; pH değerinin KOİ giderimi üzerindeki etkisi göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere pH 4 - 6 arasında giderim verimlerinde artış gösterir iken, en

iyi KOİ giderim verimi % 52,18 ile pH 6' da sağlanmış olup daha yüksek pH değerlerinde giderim verimleri düşüşe geçmiştir.



Şekil 4.15. pH değerinin iletkenlik giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.15; pH değerinin iletkenlik giderimi üzerindeki etkisi göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere pH 4 - 6 arasında giderim verimlerinde artış gösterir iken, en iyi iletkenlik giderim verimi % 16,26 ile pH 6' da sağlanmış olup daha yüksek pH değerlerinde giderim veriminde dalgalanma görülmüştür.



Şekil 4.16. pH değerinin AKM giderimi üzerindeki etkisi

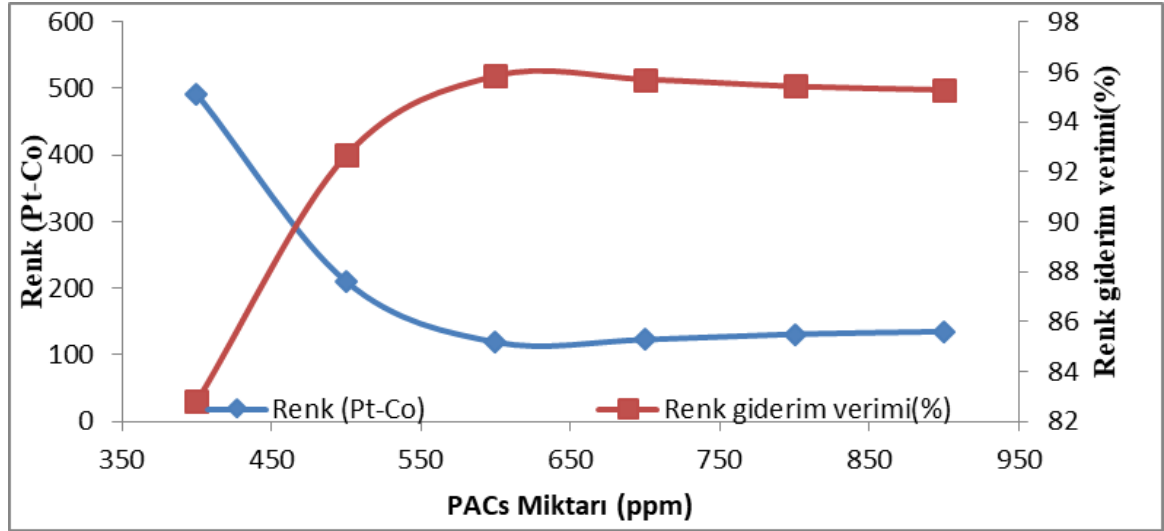
Şekil 4.16; pH değerinin AKM giderimi üzerindeki etkisi göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere pH 4 - 6 arasında giderim verimlerinde artış gösterir iken, en iyi AKM giderim verimi % 85,94 ile pH 6' da sağlanmış olup daha yüksek pH

değerlerinde giderim veriminde dalgalanma görülmüştür. Yapılan analizler sonucunda FeCl_3 ' in ideal dozajı ve pH değeri 800 ppm ve pH 6 olarak belirlenmiştir.

4.2.1.3. PACs koagülasyon çalışması

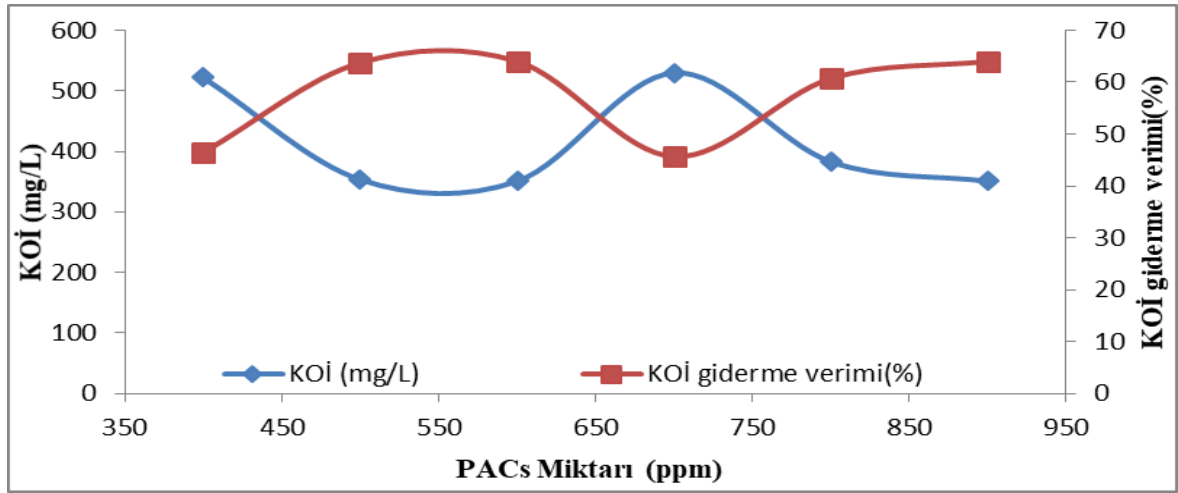
PACs miktarının denim atık suyunun renk, iletkenlik, KOİ, AKM giderimi üzerine etkileri araştırılan deneysel çalışmanın verileri aşağıda sunulmuştur.

PH 7' de sabit olmak üzere, PACs' in değişken miktarlarda (400 - 900 ppm) uygulanması:



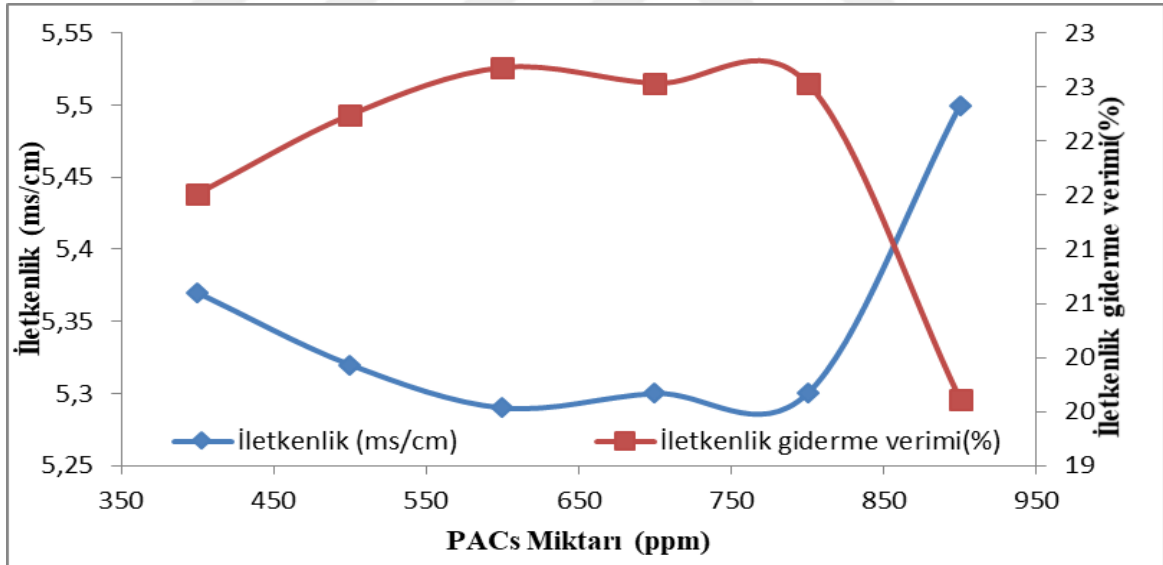
Şekil 4.17. PACs miktarının renk giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.17; PACs miktarının renk giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerde görüldüğü üzere PACs' in artan miktarıyla doğru orantılı olarak giderim verimi artmakta olup en iyi renk giderim verimi % 95,84 ile 600 ppm' de elde edilmiştir ve daha yüksek konsantrasyonların kullanılmasından sonra giderim verimleri düşüşe geçmiştir.



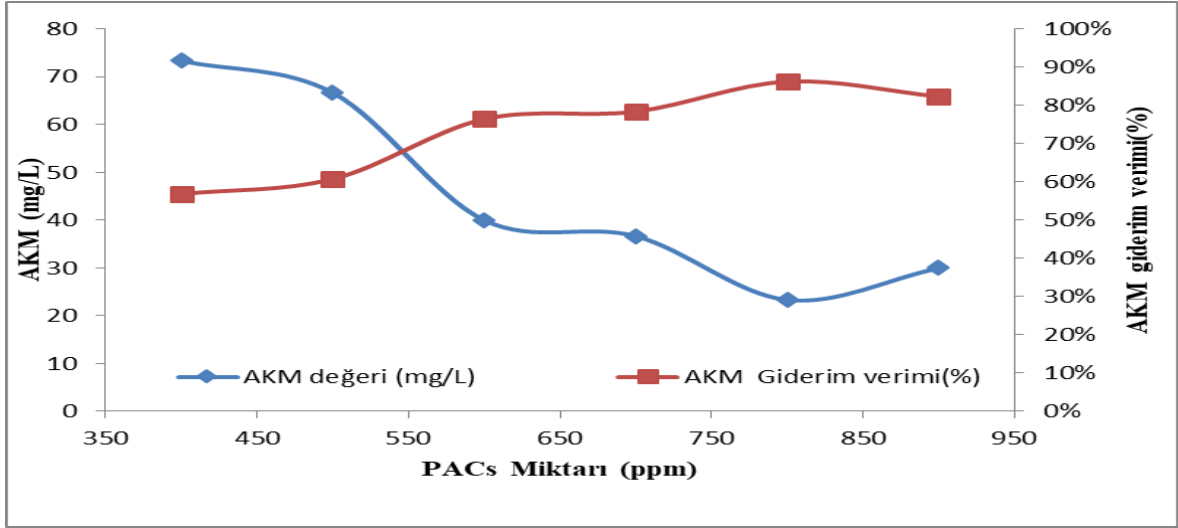
Şekil 4.18. PACs miktarının KOİ giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.18; PACs miktarının KOİ giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerde görüldüğü üzere 400 - 600 ppm arasında PACs' in artan miktarıyla doğru orantılı olarak giderim verimi artmakta olup en iyi KOİ giderim verimi % 64,03 ile 600 ppm'de elde edilmiştir ve daha yüksek konsantrasyonların kullanılmasından sonra giderim verimlerinde dalgalanma görülmüştür.



Şekil 4.19. PACs miktarının iletkenlik giderimi üzerindeki etkisi

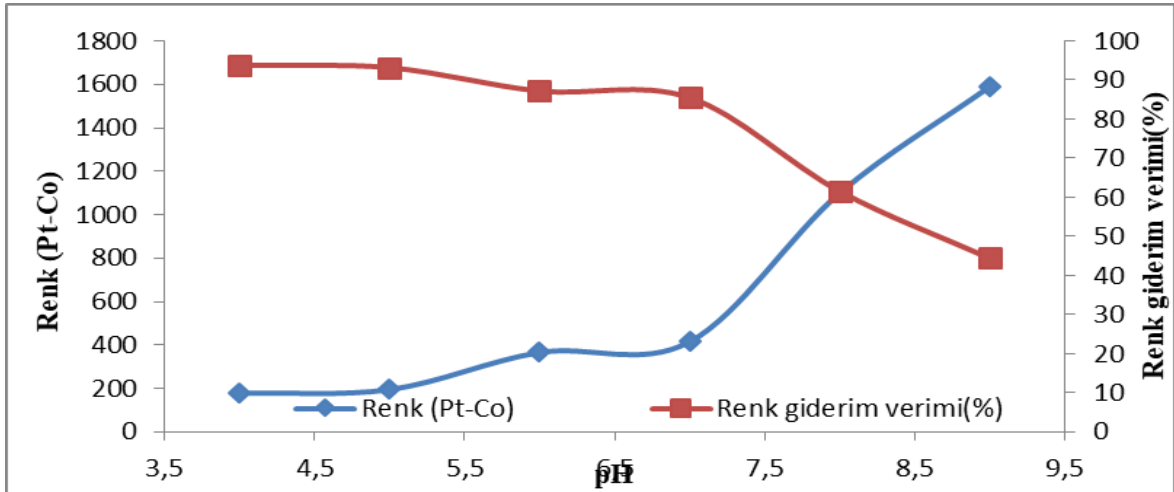
Şekil 4.19; PACs miktarının iletkenlik giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerde görüldüğü üzere 400 - 600 ppm arasında PACs' in artan miktarıyla doğru orantılı olarak giderim verimi artmakta olup en iyi iletkenlik giderim verimi % 22,68 ile 600 ppm'de elde edilmiştir ve daha yüksek konsantrasyonların kullanılmasından sonra giderim verimlerinde dalgalanma görülmüştür.



Şekil 4.20. PACs miktarının AKM giderimi üzerindeki etkisi

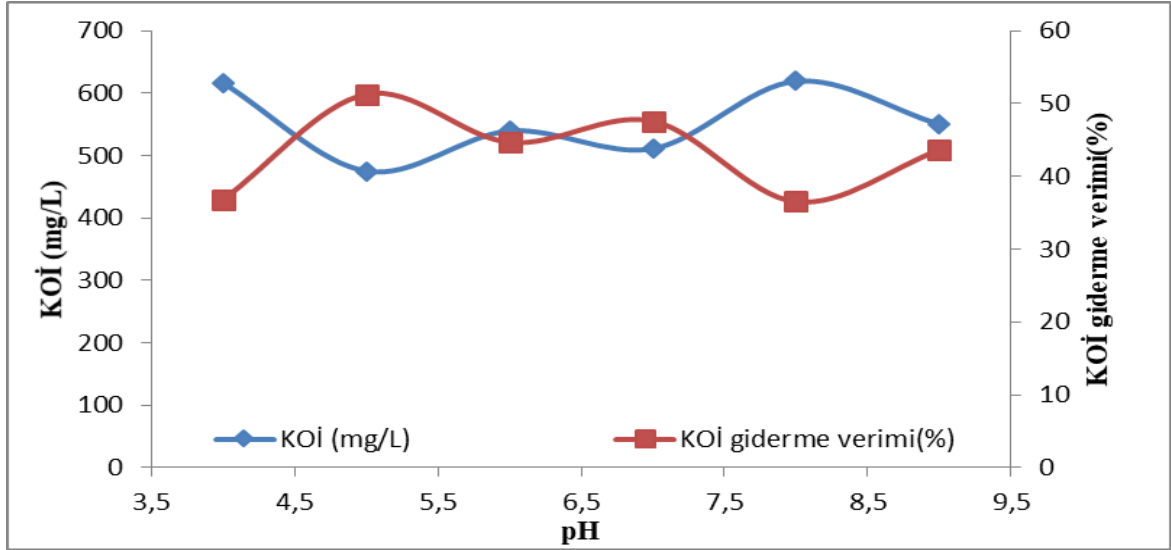
Şekil 4.20; PACs miktarının AKM giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerde görüldüğü üzere 400 - 800 ppm arasında PACs' in artan miktarıyla doğru orantılı olarak giderim verimi artmakta olup en iyi AKM giderim verimi % 86,27 ile 800 ppm' de sağlanırken 600 ppm' de % 76,47 elde edilmiştir ve daha yüksek konsantrasyonların kullanılmasından sonra giderim verimlerinde düşüş görülmüştür.

PACs Koagülasyon işleminde, pH'nın etkisinin (4 - 9 pH) araştırılması:



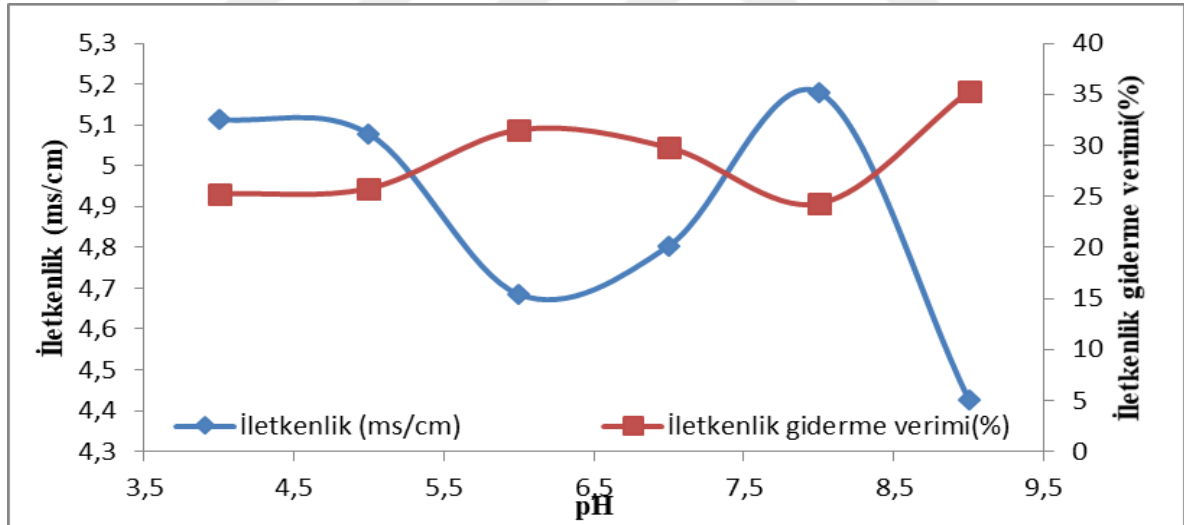
Şekil 4.21. pH değerinin renk giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.21; pH değerinin renk giderimi üzerindeki etkisi göstermektedir. Grafiklerde görüldüğü üzere en iyi renk giderim verimi pH 4' te % 93,77 ve pH 5 'te % 93,18 sağlanmış olup daha yüksek pH değerlerinde giderim veriminde düşüş görülmüştür.



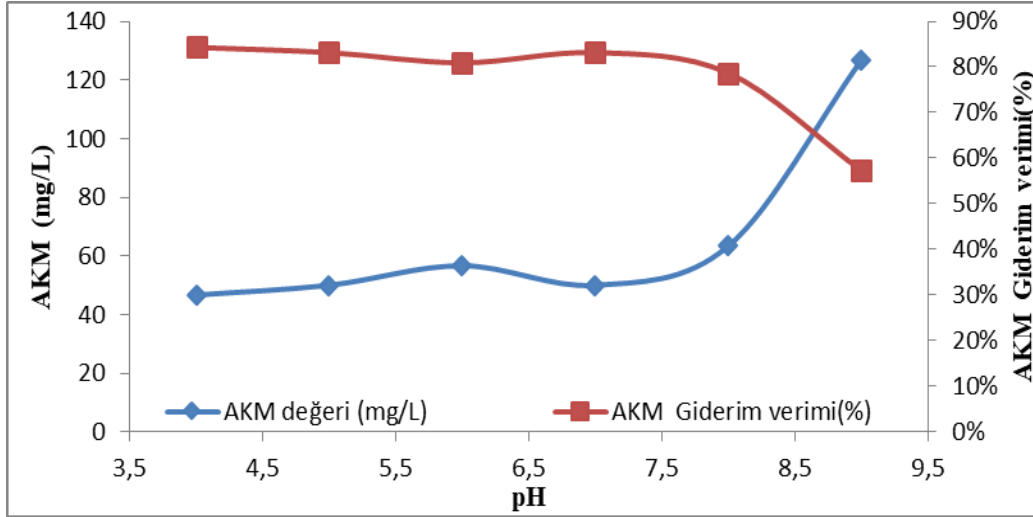
Şekil 4.22. pH değerinin KOİ giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.22; pH değerinin KOİ giderimi üzerindeki etkisi göstermektedir. Grafiklerde görüldüğü üzere pH değişimine bağlı olarak giderim verimlerinde dalgalanma görülürken en iyi KOİ giderim verimi pH 5' te % 51,26 sağlanmış olup daha yüksek pH değerlerinde giderim verimleri dalgalı bir düşüş izlemiştir.



Şekil 4.23. pH değerinin iletkenlik giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.23; pH değerinin iletkenlik giderimi üzerindeki etkisi göstermektedir. Grafiklerde görüldüğü üzere pH değişimine bağlı olarak giderim verimlerinde dalgalanma görülürken en iyi iletkenlik giderim verimi pH 9' da % 35,31 elde edilirken pH 5' te % 25,78 giderim verimi sağlanmıştır.



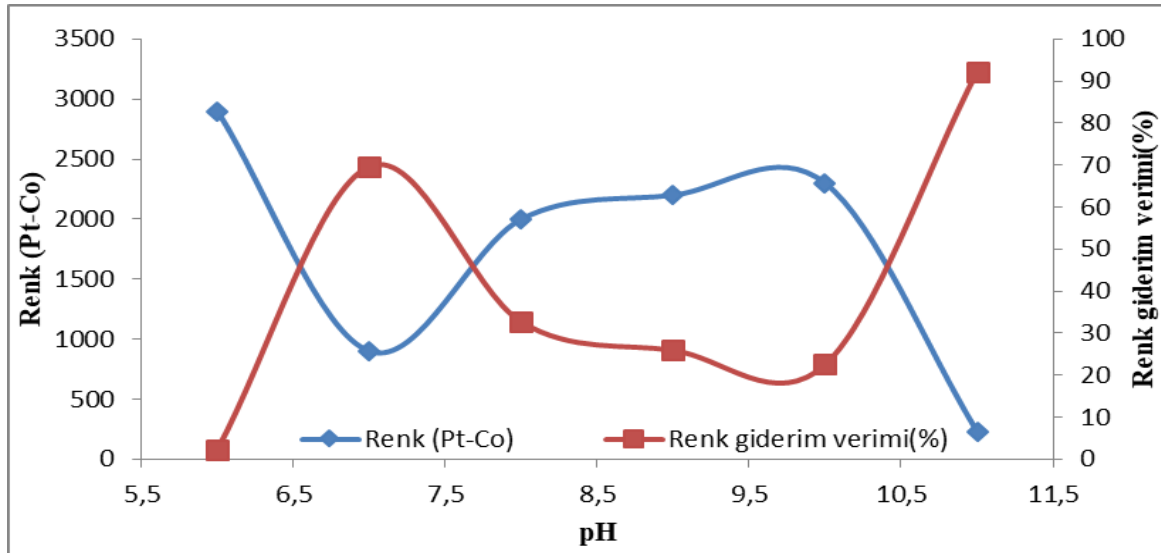
Şekil 4.24. pH değerinin AKM giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.24; pH değerinin AKM giderimi üzerindeki etkisi göstermektedir. Grafiklerde görüldüğü üzere pH değişimine bağlı olarak giderim verimlerinde dalgalanma görülürken en iyi AKM giderim verimi pH 5' te ve pH 7' de % 83,15 sağlanmış olup daha yüksek pH değerlerinde giderim verimleri doğrudan bir düşüş izlemiştir. Yapılan analizler sonucunda PACs' ın ideal dozajı ve pH değeri 600 ppm ve pH 5 olarak belirlenmiştir.

4.2.1.4. MgCl₂ koagülasyon çalışması

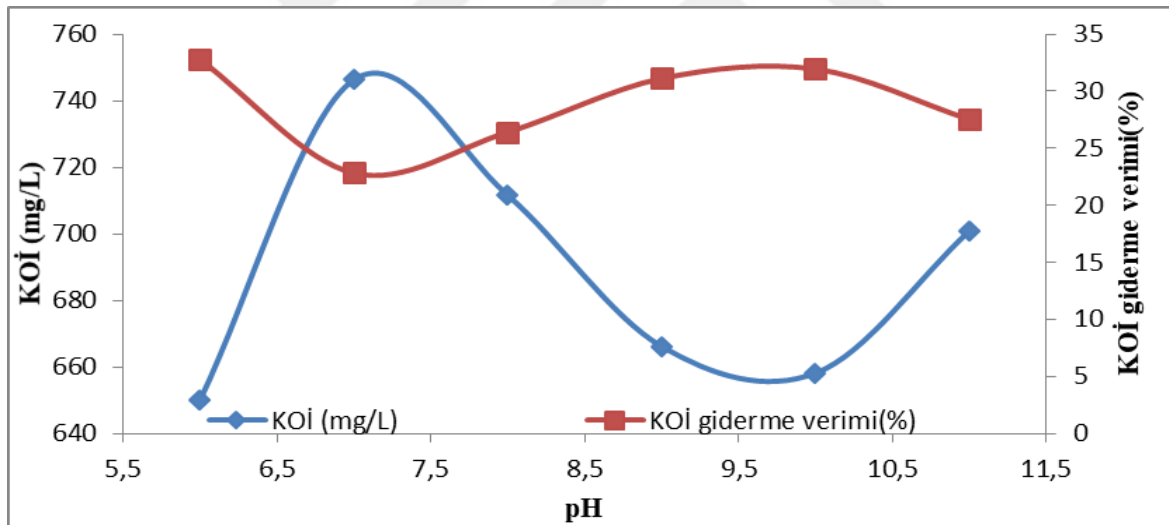
MgCl₂ miktarının denim atık suyunun renk, iletkenlik, KOİ, AKM giderimi üzerine etkileri araştırılan deneysel çalışmanın verileri aşağıda sunulmuştur.

1000 ppm' de sabit MgCl₂ Koagülasyon işleminde, pH' ın etkisinin (6-11 pH) araştırılması:



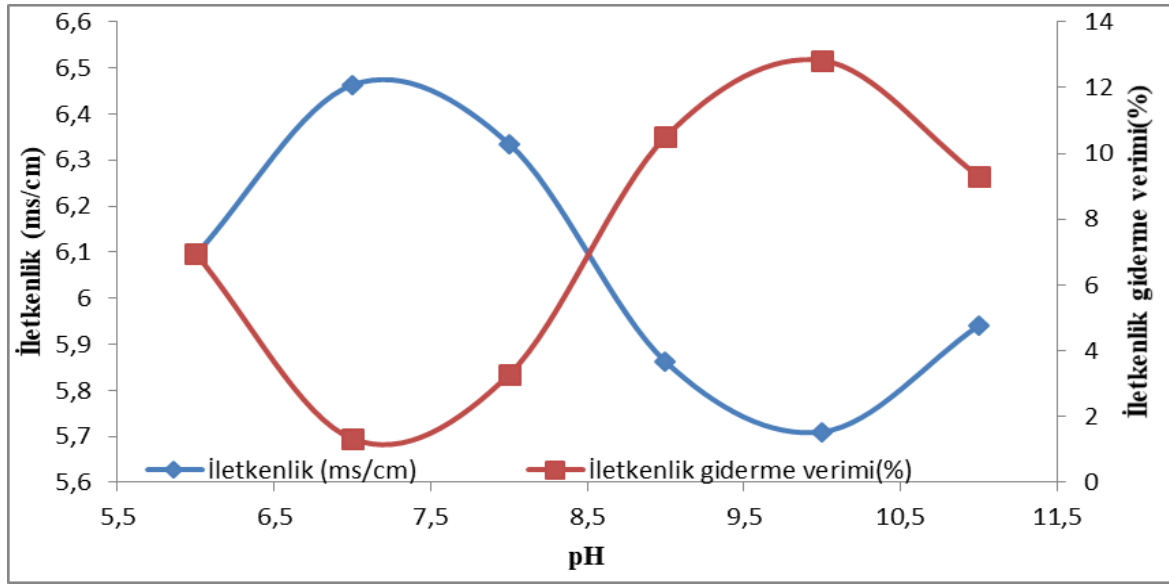
Şekil 4.25. pH değerinin renk giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.25; pH değerinin renk giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerde görüldüğü üzere pH değerinin değişimine bağlı olarak giderim verimlerinde dalgalanma görülürken en iyi renk giderim verimi pH 11' de % 92,16' de elde edilmiştir.



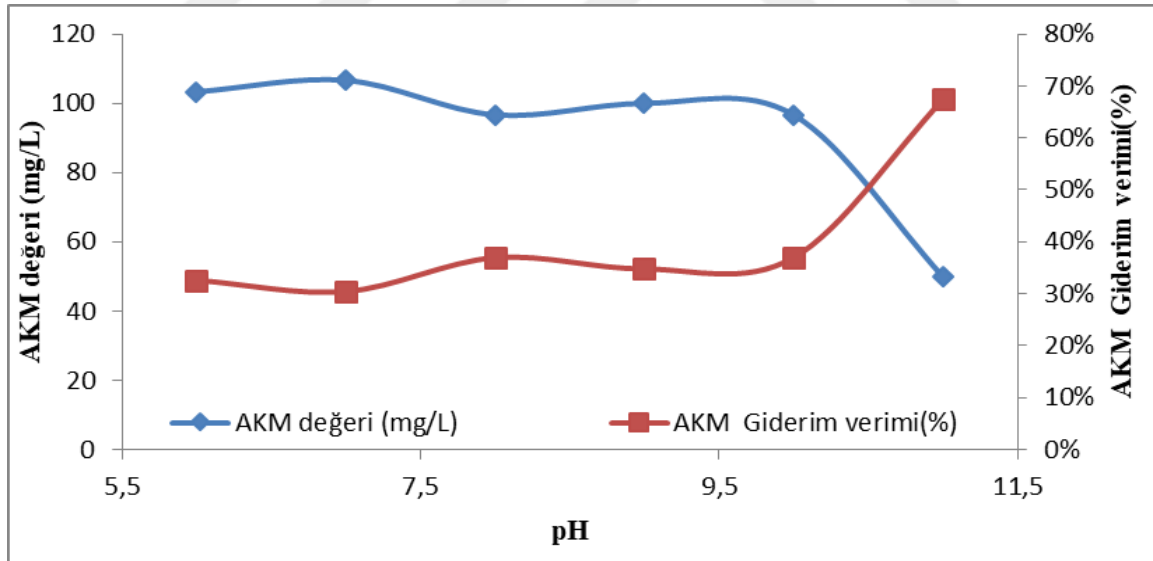
Şekil 4.26. pH değerinin KOİ giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.26; pH değerinin KOİ giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerde görüldüğü üzere pH değerinin değişimine bağlı olarak giderim verimlerinde dalgalanma görülürken en iyi KOİ giderim verimi pH 10' da % 31,94 ve pH 11' de % 27,52 elde edilmiştir.



Şekil 4.27. pH değerinin iletkenlik giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.27; pH değerinin iletkenlik giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerde görüldüğü üzere pH değerinin değişimine bağlı olarak giderim verimlerinde dalgalanma görülürken en iyi iletkenlik giderim verimi pH 10' da % 12,82 ve pH 11'de % 9,30 elde edilmiştir.

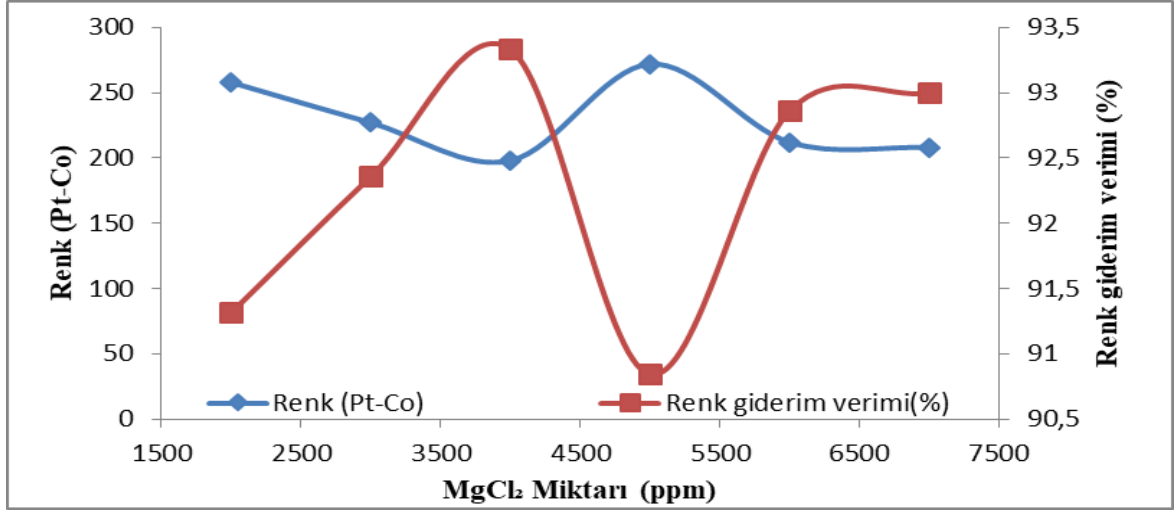


Şekil 4.28. pH değerinin AKM giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.28; pH değerinin AKM giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerde görüldüğü üzere pH 6 - 10 değerleri arasındaki değişime bağlı olarak giderim verimlerinde dalgalanma görülürken en iyi AKM giderim verimi pH 11' de % 67,39 elde edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda en iyi giderim pH 11' de eldedildi. (Tan ve Teng

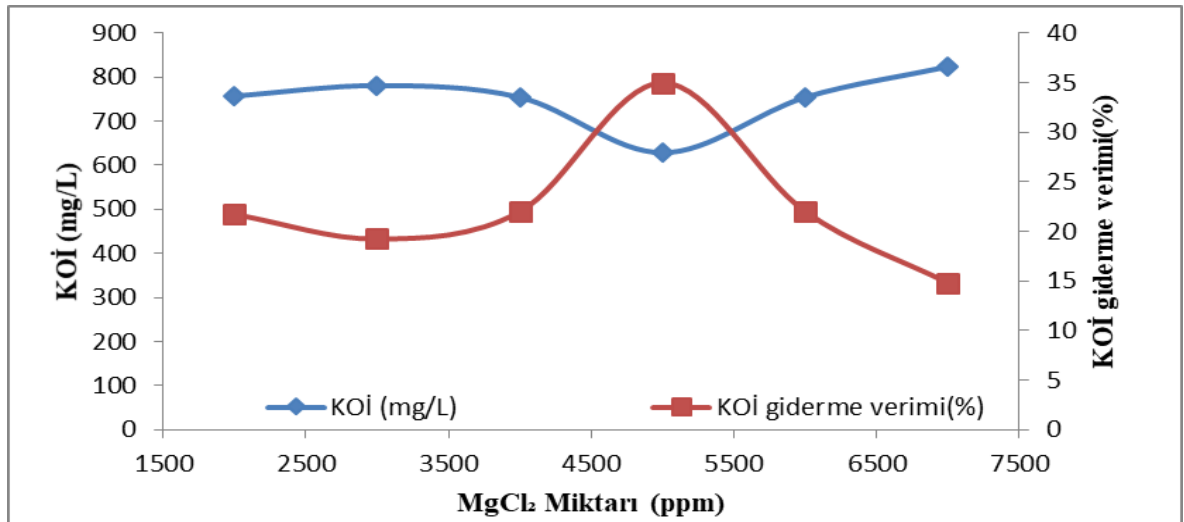
2000)’ in araştırması dikkate alındığında elde ettiğimiz sonuç bu bilimsel çalışmayı doğrulamaktadır.

PH 11’ de sabit olmak üzere, $MgCl_2$ ’ ın değişken miktarlarda (2000 -7000 ppm) uygulanması:



Şekil 4.29. $MgCl_2$ miktarının renk giderimi üzerindeki etkisi

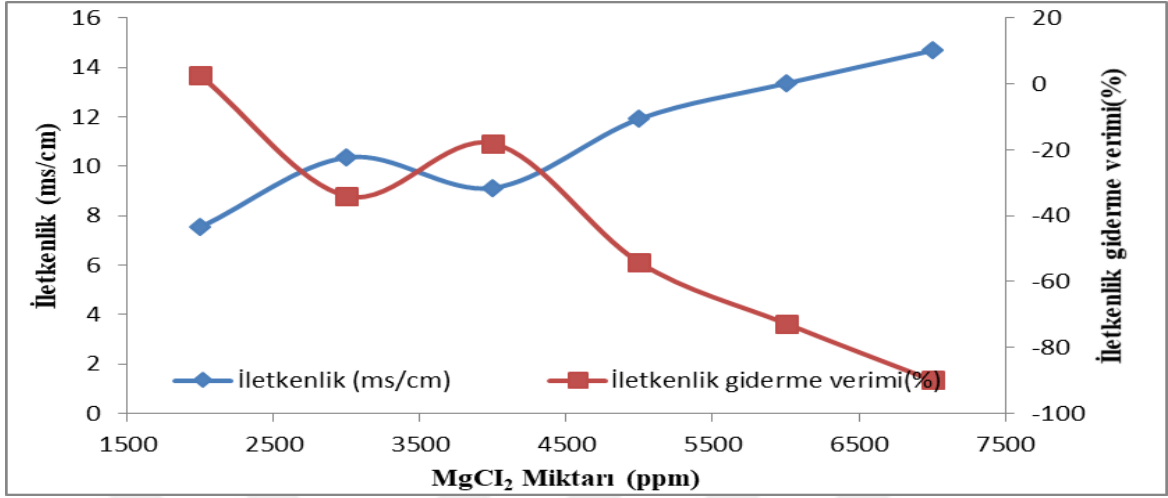
Şekil 4.29; $MgCl_2$ miktarının renk giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerde görüldüğü üzere $MgCl_2$ ’ ün artan miktarıyla doğru orantılı olarak giderim verimi artmakta olup 5000 ppm’ de en düşük değere sahip iken, en iyi renk giderim verimi 4000 ppm’ de % 93,33 elde edilmiştir.



Şekil 4.30. $MgCl_2$ miktarının KOİ giderimi üzerindeki etkisi

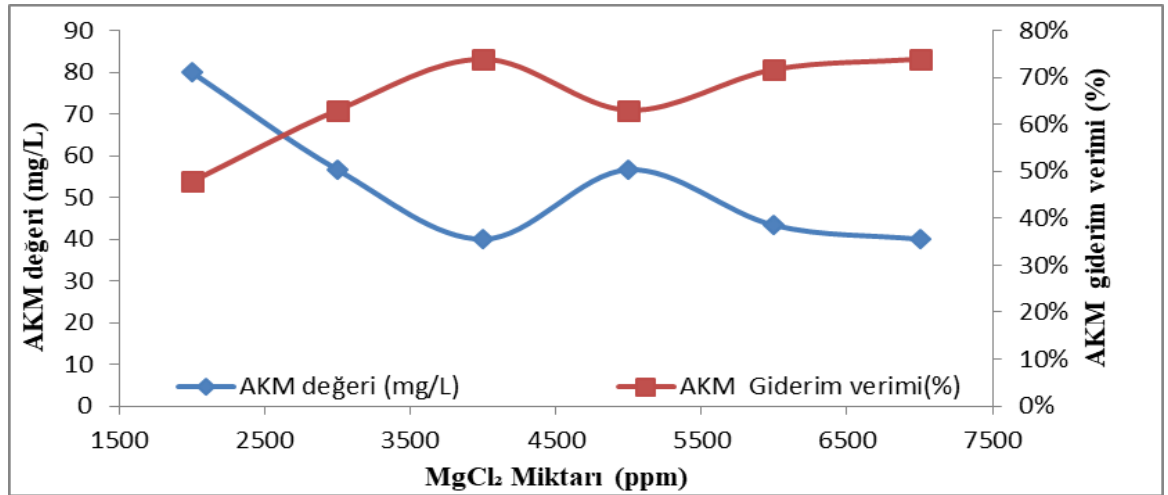
Şekil 4.30; $MgCl_2$ miktarının KOİ giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerde görüldüğü üzere $MgCl_2$ ’ ün artan miktarıyla doğru orantılı olarak giderim

verimi artmakta olup, en iyi KOİ giderim verimi 5000 ppm' de % 34,98 ve 4000 ppm' de % 21,98 elde edilmiştir ve daha yüksek konsantrasyonların kullanılmasından sonra giderim verimleri düşüşe geçmiştir.



Şekil 4.31. MgCl₂ miktarının iletkenlik giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.31; MgCl₂ miktarının iletkenlik giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerde görüldüğü üzere MgCl₂' ün artan miktarıyla doğru orantılı olarak giderim verimi artmakta olup, en iyi iletkenlik giderim verimi verimi 2000 ppm' de % 2,51 ve 2000 ppm' den sonra artan konsantrasyon ile doğru orantılı olarak iletkenlik değerinin arttığı gözlenmiştir.



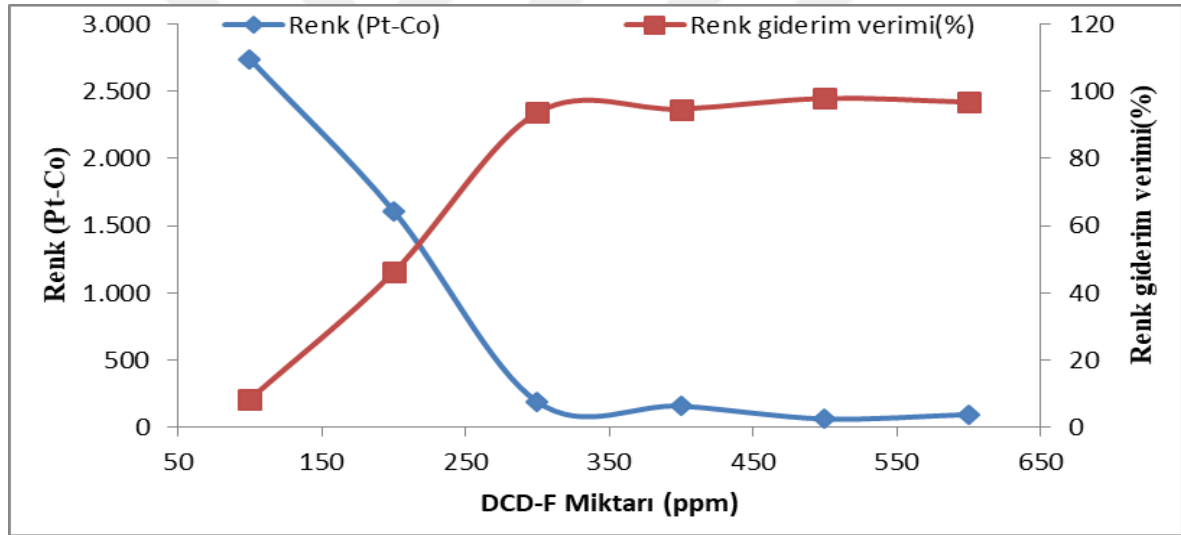
Şekil 4.32. MgCl₂ miktarının AKM giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.32; $MgCl_2$ miktarının AKM giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerde görüldüğü üzere $MgCl_2$ 'ün artan miktarıyla doğru orantılı olarak giderim verimi artmakta olup en iyi AKM giderim verimi 4000 ppm ve 7000 ppm' de % 73,91 elde edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda 4000 ppm' de % 93,33 renk giderimi, % 21,98 KOİ ve %73,91 AKM ile en iyi giderimlerin sağlanmasından dolayı $MgCl_2$ ' nin ideal dozajı ve pH değeri 4000 ppm ve pH 11 olarak belirlenmiştir. Yüksek konsantrasyonlarda giderimlerin yanı sıra iletkenliğin artırıcı etkiye sahip olup, dezavantaj teşkil etmektedir.

4.2.1.5. DCD-F koagülasyon çalışması

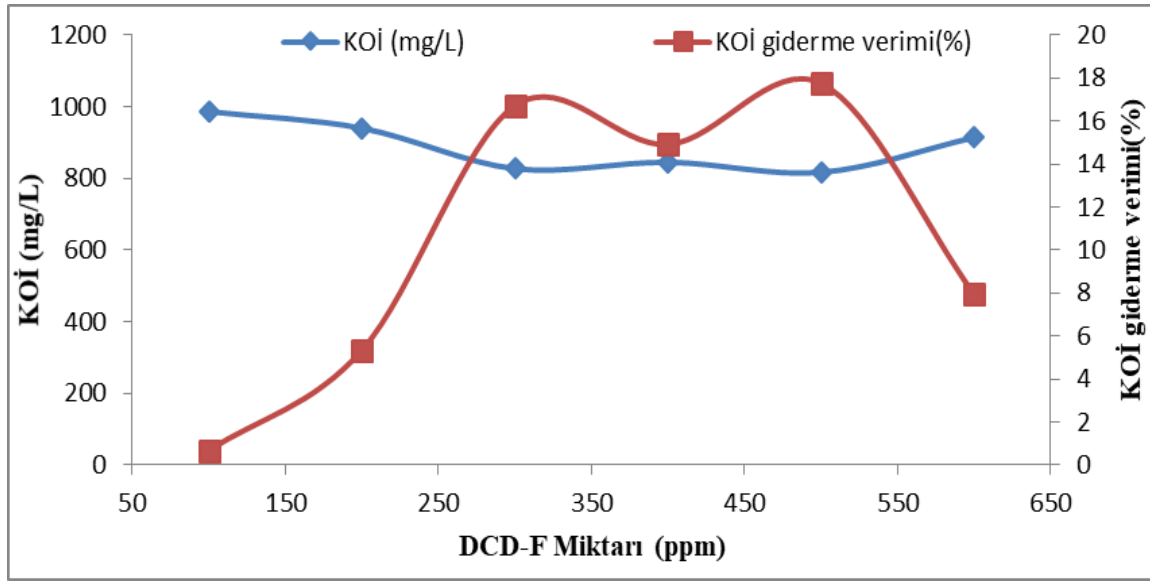
DCD-F miktarının denim atık suyunun renk, iletkenlik, KOİ, AKM giderimi üzerine etkileri araştırılan deneysel çalışmanın verileri aşağıda sunulmuştur.

PH 7' de sabit olmak üzere, DCD-F' in değişken miktarlarda (100 - 600 ppm) uygulanması:



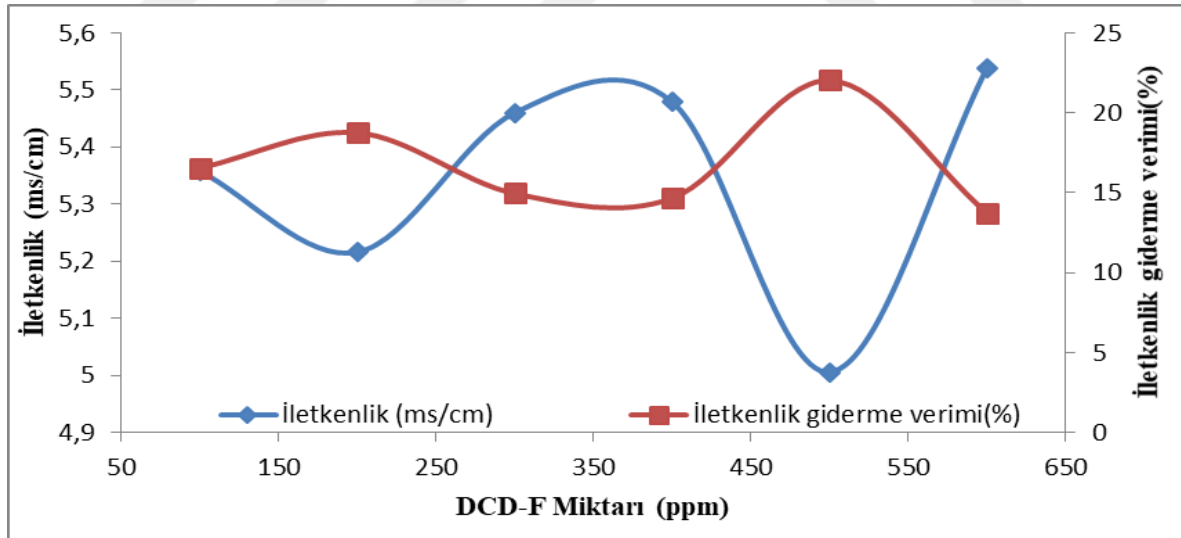
Şekil 4.33. DCD-F miktarının renk giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.33; DCD-F miktarının renk giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere DCD-F' in artan miktarıyla doğru orantılı olarak giderim verimi artmakta olup en iyi renk giderim verimi 500 ppm'de % 97,86 ppm' de elde edilmiştir ve daha yüksek konsantrasyonların kullanılmasından sonra giderim verimleri düşüşe geçmiştir.



Şekil 4.34. DCD-F miktarının KOİ giderimi üzerindeki etkisi

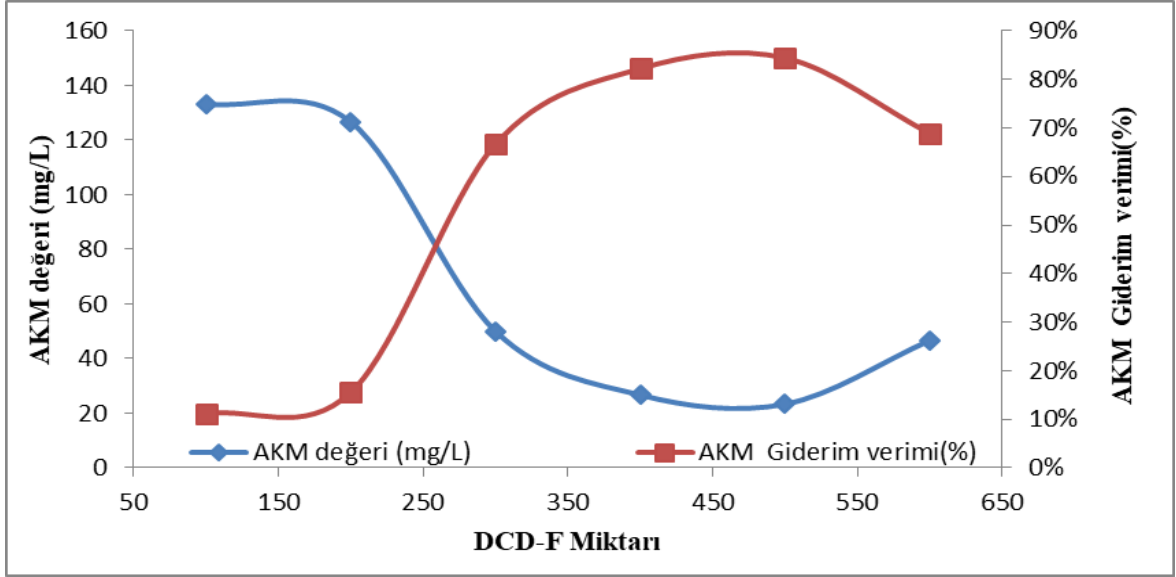
Şekil 4.34; DCD-F miktarının KOİ giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere DCD-F 'ün artan miktarıyla doğru orantılı olarak giderim verimi artmakta olup en iyi KOİ giderim verimi 500 ppm' de % 17,75 ppm'de elde edilmiştir ve daha yüksek konsantrasyonların kullanılması sonucu giderim verimleri düşüşe geçmiştir.



Şekil 4.35. DCD-F miktarının iletkenlik giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.35; DCD-F miktarının iletkenlik giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere DCD-F' in artan miktarıyla birlikte giderim veriminde dalgalanma görülmekte olup en iyi iletkenlik giderim verimi 500 ppm' de %

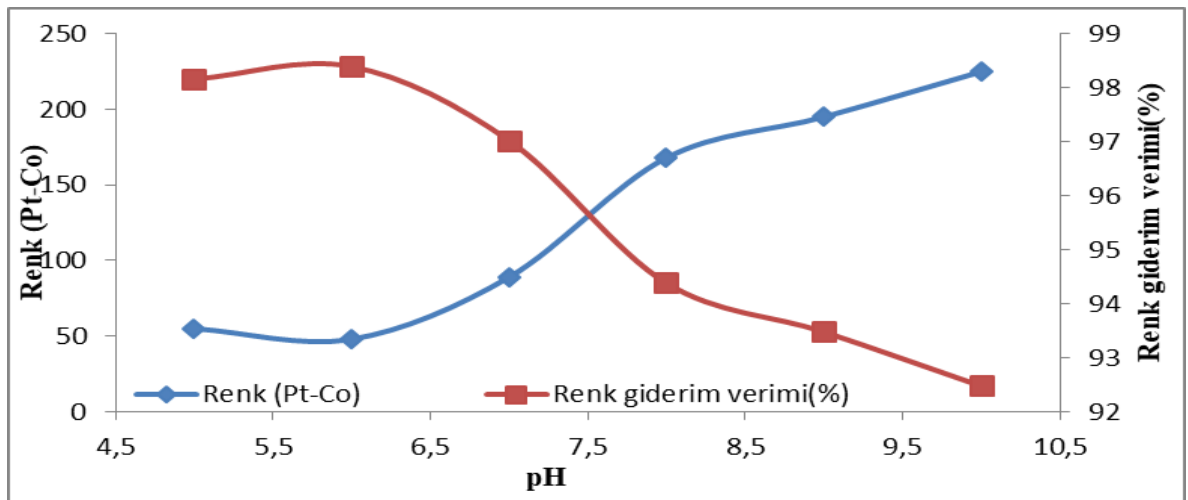
22,02 ppm’ de elde edilmiştir ve daha yüksek konsantrasyonların kullanılması sonucu giderim verimleri düşüşe geçmiştir.



Şekil 4.36. DCD-F miktarının AKM giderimi üzerindeki etkisi

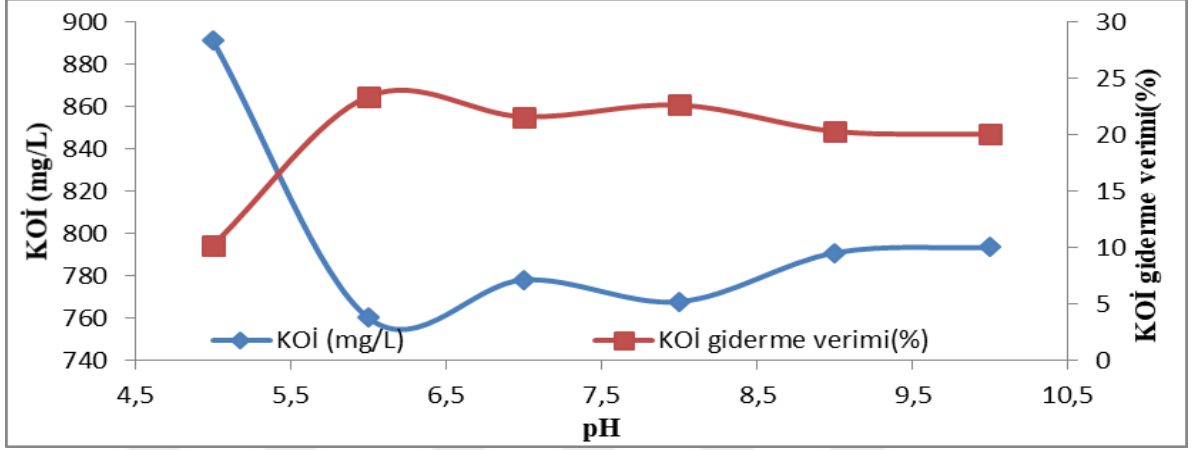
Şekil 4.36; DCD-F miktarının AKM giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere DCD-F ‘ün artan miktarıyla doğru orantılı olarak giderim verimi artmakta olup en iyi AKM giderim verimi 500 ppm’ de % 84,44 ppm’ de elde edilmiştir ve daha yüksek konsantrasyonların kullanılması sonucu giderim verimleri düşüşe geçmiştir.

DCD-F Koagülasyon işleminde, pH’nın etkisinin (5 – 10 pH) araştırılması:



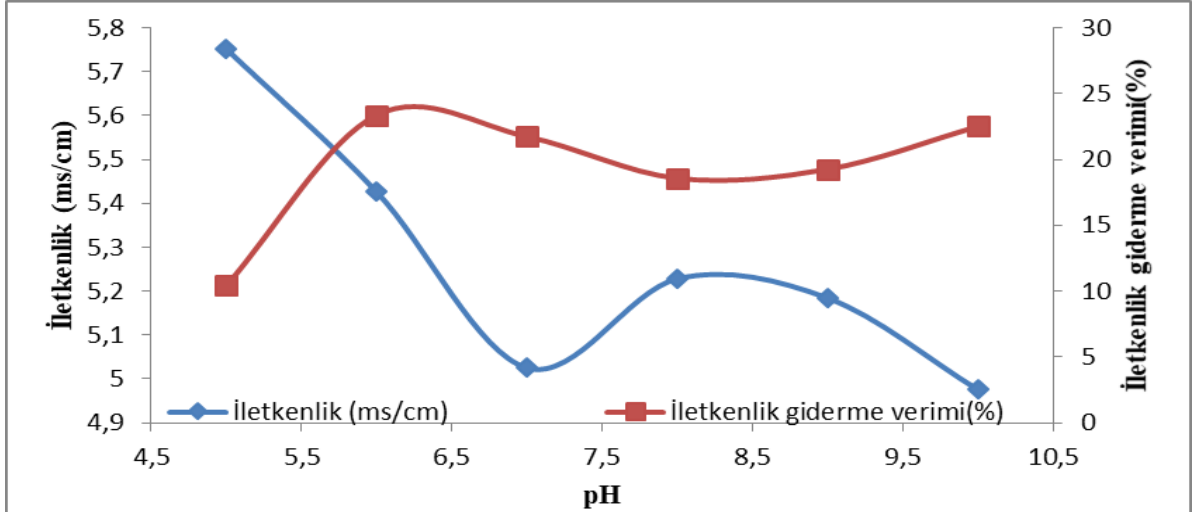
Şekil 4.37. pH değerinin renk giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.37; pH değerinin renk giderimi üzerindeki etkisi göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere en iyi renk giderim verimi pH 6' da % 98,39 sağlanmış olup pH 6' dan sonra artan pH değerleriyle doğru orantılı olarak renk giderim verimleri azalmaktadır.



Şekil 4.38. pH değerinin KOİ giderimi üzerindeki etkisi

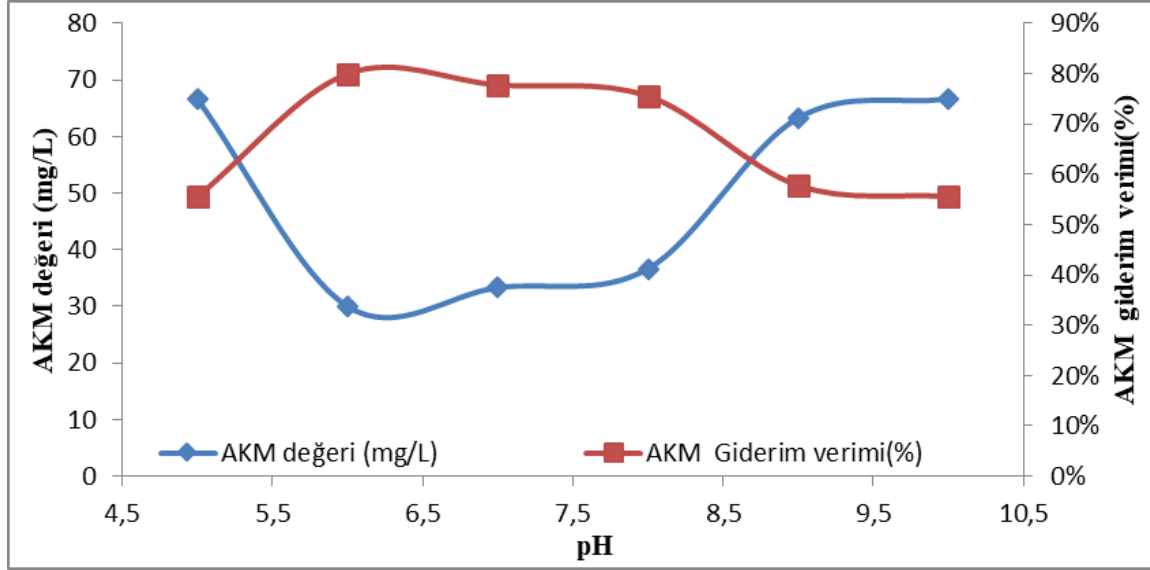
Şekil 4.38; pH değerinin KOİ giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerde görüldüğü üzere pH değerinin değişimine bağlı olarak giderim verimlerinde dalgalanma görülürken en iyi KOİ giderim verimi pH 6' da % 23,44 elde edilmiştir. pH 6' dan sonra giderim verimleri bir düşüş izlemiştir.



Şekil 4.39. pH değerinin iletkenlik giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.39; pH değerinin iletkenlik giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerde görüldüğü üzere pH değerinin değişimine bağlı olarak giderim verimlerinde dalgalanma görülürken en iyi iletkenlik giderim verimi pH 6' da % 23,36 elde edilmiştir.

pH 6' dan sonra giderim verimleri bir düşüş izlerken pH 10 - 11 de tekrar giderim verimlerinde bir artış gözlenmiştir.



Şekil 4.40. pH değerinin AKM giderimi üzerindeki etkisi

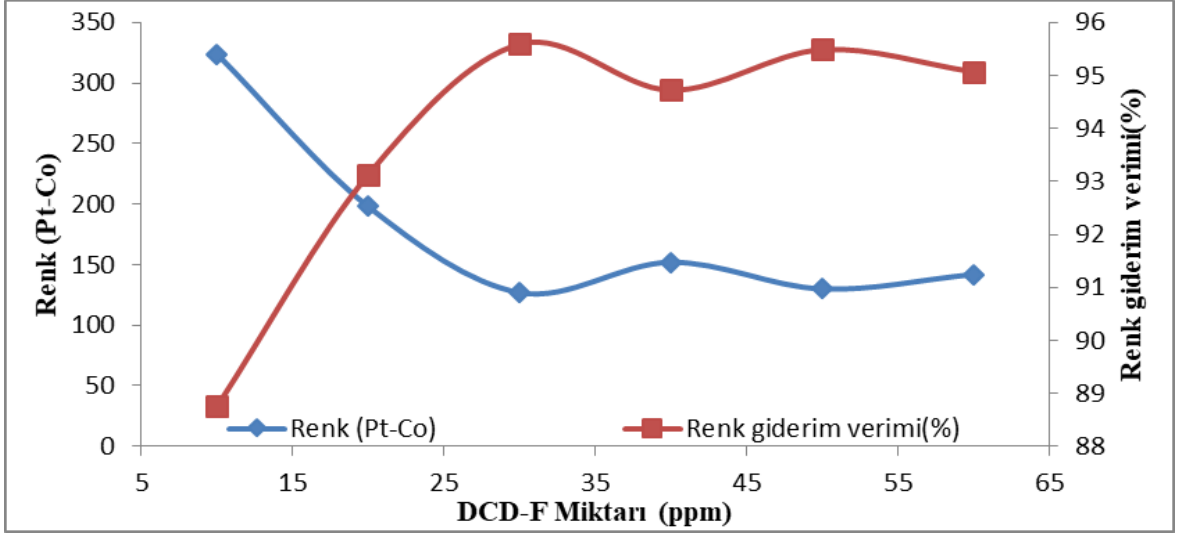
Şekil 4.40; pH değerinin AKM giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerde görüldüğü üzere pH değerinin değişimine bağlı olarak giderim verimlerinde dalgalanma görülürken en iyi AKM giderim verimi pH 6' da % 80 elde edilmiştir. pH 6' dan sonra giderim verimleri bir düşüş izlemektedir. Yapılan analizler sonucunda DCD-F 'ın ideal dozajı ve pH değeri 500 ppm ve pH 6 olarak belirlenmiştir.

4.2.2. Gerçek tekstil atık sularda koagülant ile birlikte dekolorantın uygulama çalışması

Bu çalışmada kullanılan koagülant maddeleri bu sefer de DCD-F dekolorant maddesiyle birlikte kullanılarak daha fazla renk giderimi amaçlanmıştır. Bu bölümde koagülantlar ideal pH ve dozaj koşullarına ayarlanarak 10 - 60 ppm arasında değişken konsantrasyonlarda DCD-F ilave edilerek bu çalışmada kullanılan ideal kimyasal miktarı ve sonuçları detaylı olarak incelenmiştir.

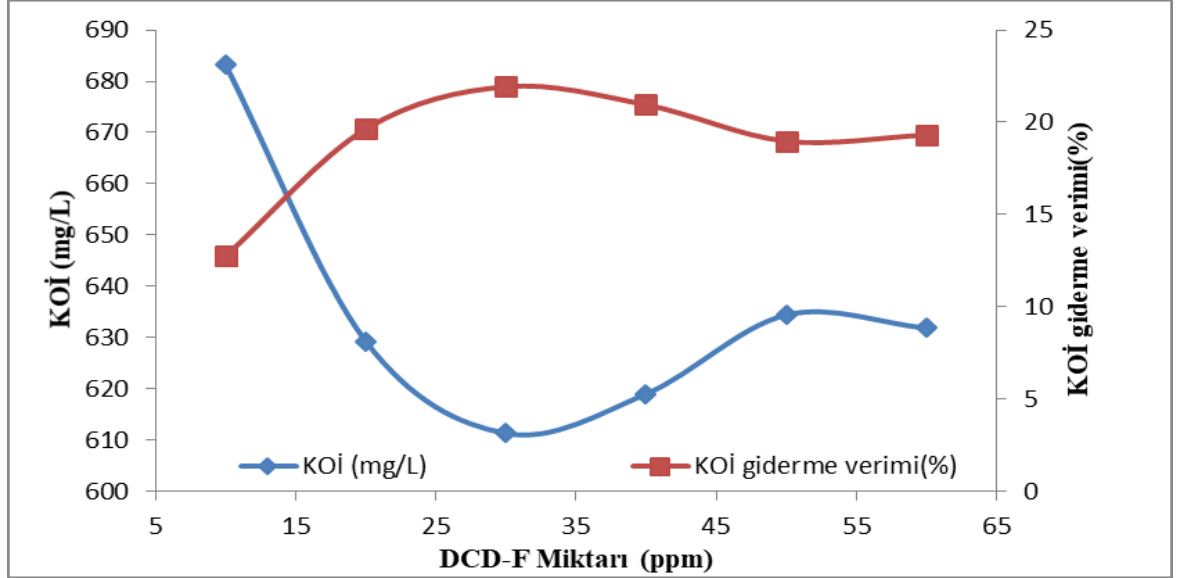
4.2.2.1. $Al_2(SO_4)_3$ + DCD-F koagülant çalışması

Yapılan analizler sonucunda $Al_2(SO_4)_3$ 'ın ideal dozajı ve pH değeri 900 ppm ve pH 6 olarak belirlenmiştir. Bu ideal koşullarda ilave edilecek DCD-F miktarının denim atık suyunda renk, iletkenlik, KOİ, AKM giderimi üzerine etkileri araştırılan deneysel çalışmanın verileri aşağıda sunulmuştur.



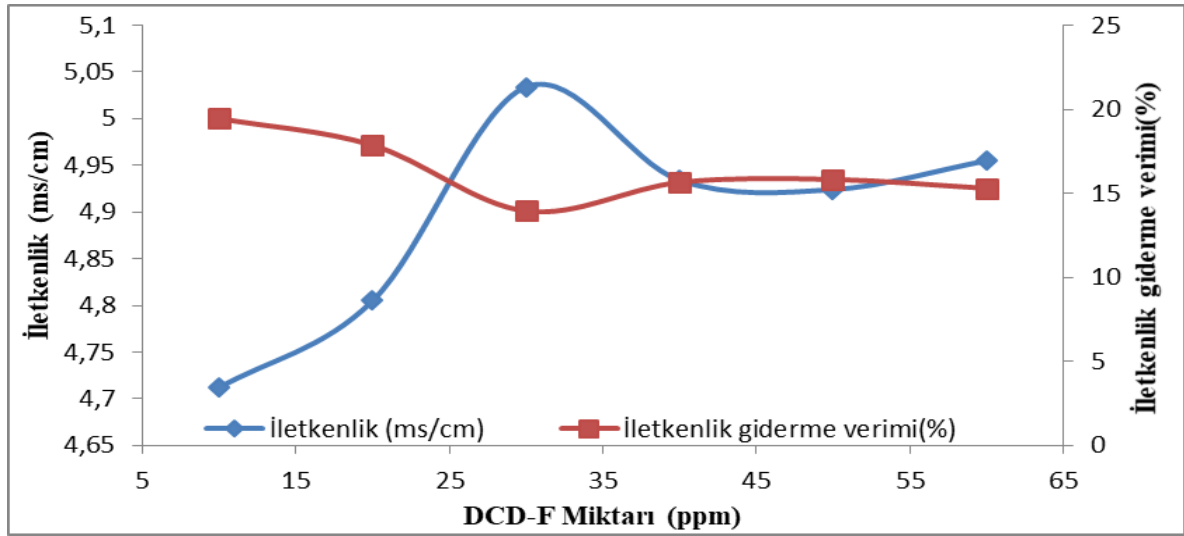
Şekil 4.41. DCD-F miktarının renk giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.41; DCD-F miktarının renk giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere DCD-F' in artan miktarıyla doğru orantılı olarak giderim verimi artmakta olup en iyi renk giderim verimi 30 ppm' de % 95,59 elde edilmiştir ve daha yüksek konsantrasyonlarda ise düzensiz bir şekilde artış ve azalışlar görülmektedir.



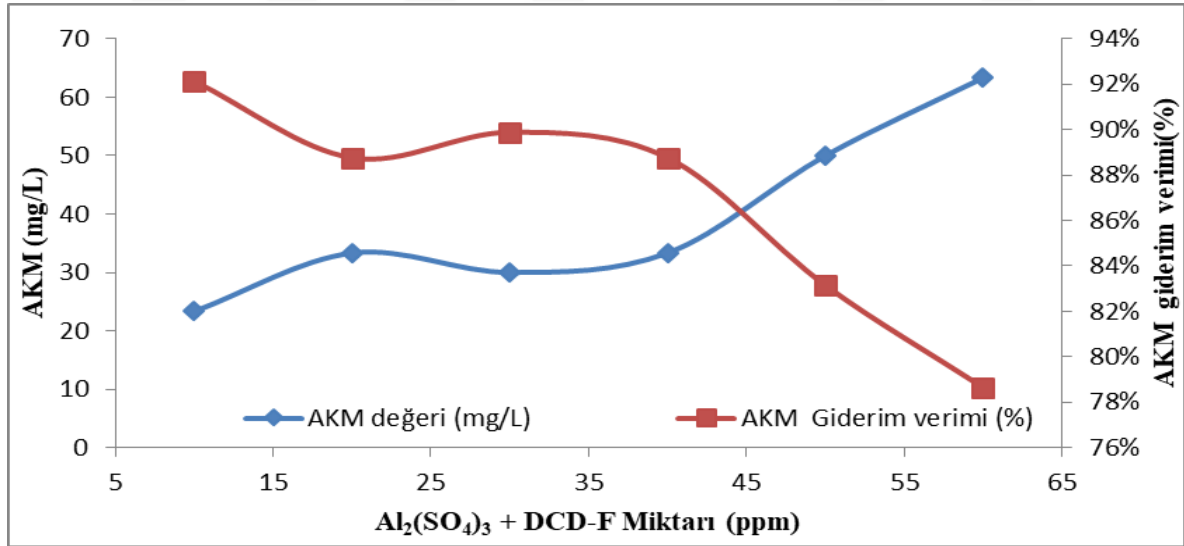
Şekil 4.42. DCD-F miktarının KOİ giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.42; DCD-F miktarının KOİ giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere DCD-F' in artan miktarıyla doğru orantılı olarak giderim verimi artmakta olup en iyi KOİ giderim verimi 30 ppm' de % 21,93 elde edilmiştir ve daha yüksek konsantrasyonlarda ise düzenli bir şekilde azalış görülmektedir.



Şekil 4.43. DCD-F miktarının iletkenlik giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.43; DCD-F miktarının iletkenlik giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere DCD-F'in 10 - 30 ppm arasında artan miktarıyla ters orantılı olarak giderim verimlerinde azalma olup en iyi iletkenlik giderim verimi 10 ppm'de % 19,45 iken 30 ppm'de % 13,95 elde edilmiştir ve 30 ppm'den sonra daha yüksek konsantrasyonlarda ise düzenli bir şekilde artış görülürken 60 ppm'de azalma görülmektedir.



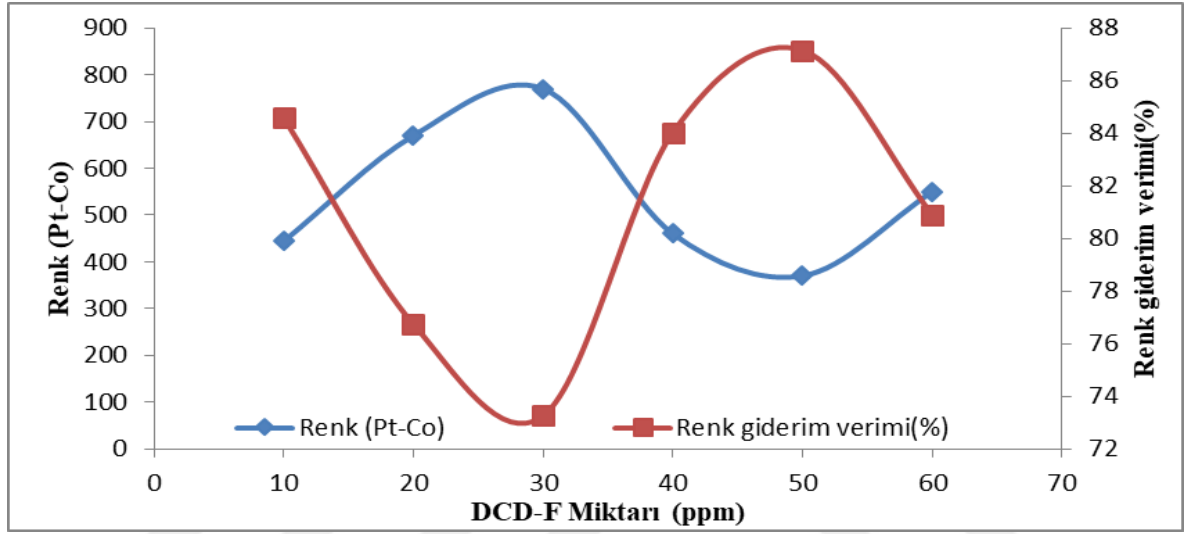
Şekil 4.44. DCD-F miktarının AKM giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.44; DCD-F miktarının AKM giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere DCD-F'in 10-30 ppm arasında artan miktarıyla ters orantılı olarak giderim verimlerinde düzensiz bir azalma olup en iyi AKM giderim verimi 10 ppm

'de % 92,13 iken 30 ppm'de %89,89 elde edilmiştir ve 30 ppm'den sonra daha yüksek konsantrasyonlarda ise düzenli bir şekilde azalma görülmektedir.

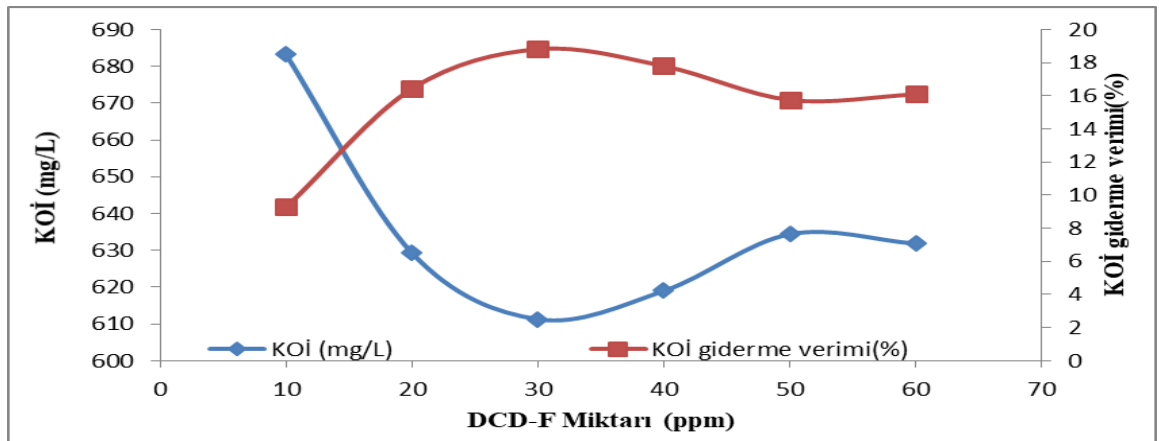
4.2.2.2. FeCl₃+ DCD-F koagülant çalışması

Yapılan analizler sonucunda FeCl₃'ın ideal dozajı ve pH değeri 800 pmm ve pH 6 olarak belirlenmiştir. Bu ideal koşullarda ilave edilecek DCD-F miktarının denim atık suyunda renk, iletkenlik, KOİ, AKM giderimi üzerine etkileri araştırılan deneysel çalışmanın verileri aşağıda sunulmuştur.



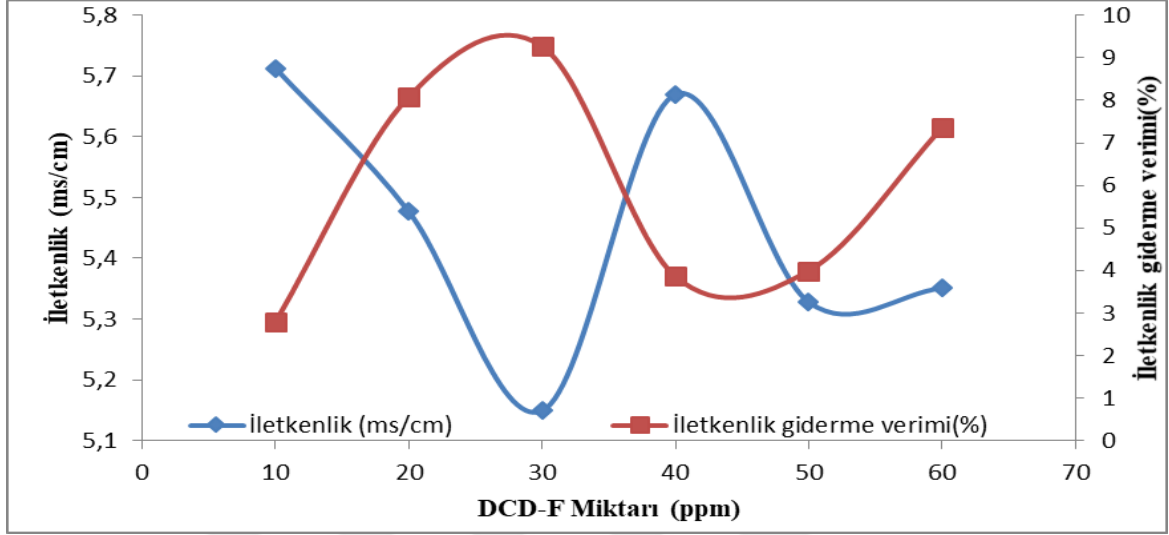
Şekil 4.45. DCD-F miktarının renk giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.45; DCD-F miktarının renk giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere DCD-F'in 10-30 ppm arasında artan miktarıyla ters orantılı olarak giderim verimlerinde düzenli bir azalma olup 30 ppm'den sonra giderim verimleri artmaktadır ve en iyi renk giderim verimi 50 ppm'de % 87,15 elde edilmiştir.



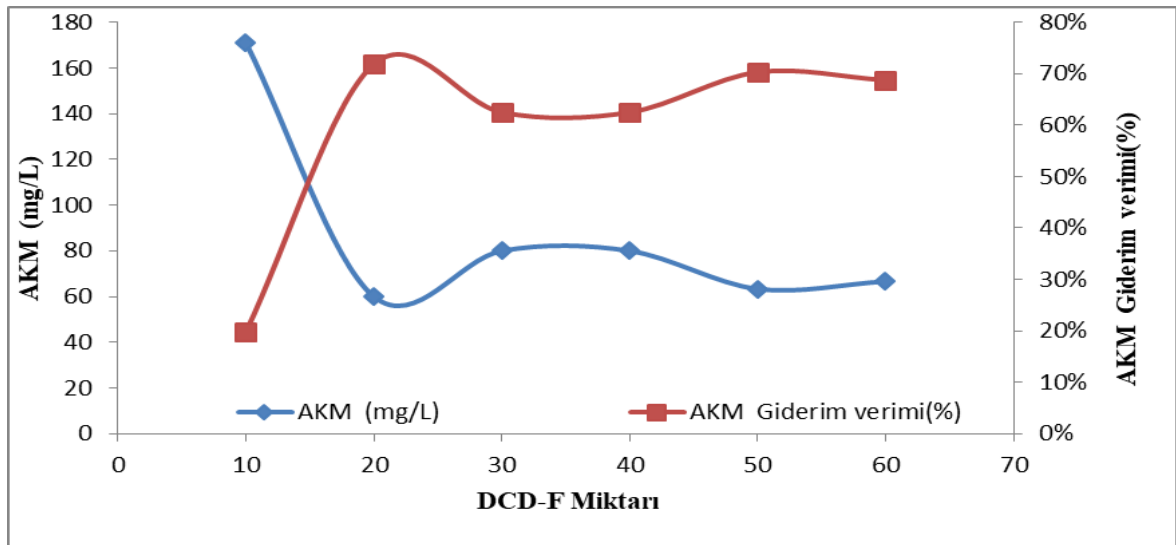
Şekil 4.46. DCD-F miktarının KOİ giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.46; DCD-F miktarının KOİ giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere DCD-F 'in artan miktarıyla doğru orantılı olarak giderim verimi artmakta olup en iyi KOİ giderim verimi 30 ppm'de %18,82 iken 50 ppm'de % 15,75 elde edilmiştir.



Şekil 4.47. DCD-F miktarının iletkenlik giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.47; DCD-F miktarının iletkenlik giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere 10-30 ppm arasında DCD-F'in artan miktarıyla doğru orantılı olarak giderim verimi artmakta olup 30 ppm'den sonra azalma görülmektedir ve en iyi iletkenlik giderim verimi 30 ppm'de % 9,27 iken 50 ppm % 3,99 elde edilmiştir.

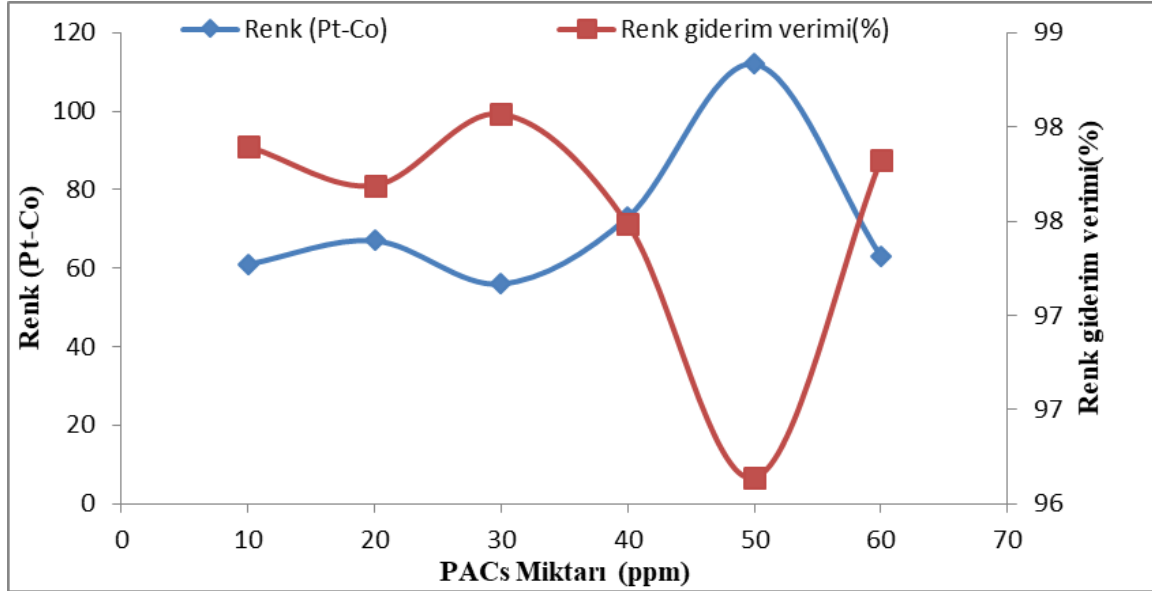


Şekil 4.48. DCD-F miktarının AKM giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.48; DCD-F miktarının AKM giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere DCD-F'in artan miktarına bağlı olarak giderim verimlerinde düzensiz bir artmakta ve azalma görülmekte olup 20 ppm'den sonra azalma görülmektedir ve en iyi AKM giderim verimi 20 ppm'de % 71,87 iken 50 ppm'de % 70,31 elde edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda ilave DCD-F 'in ideal dozajı 50 ppm belirlenmiştir.

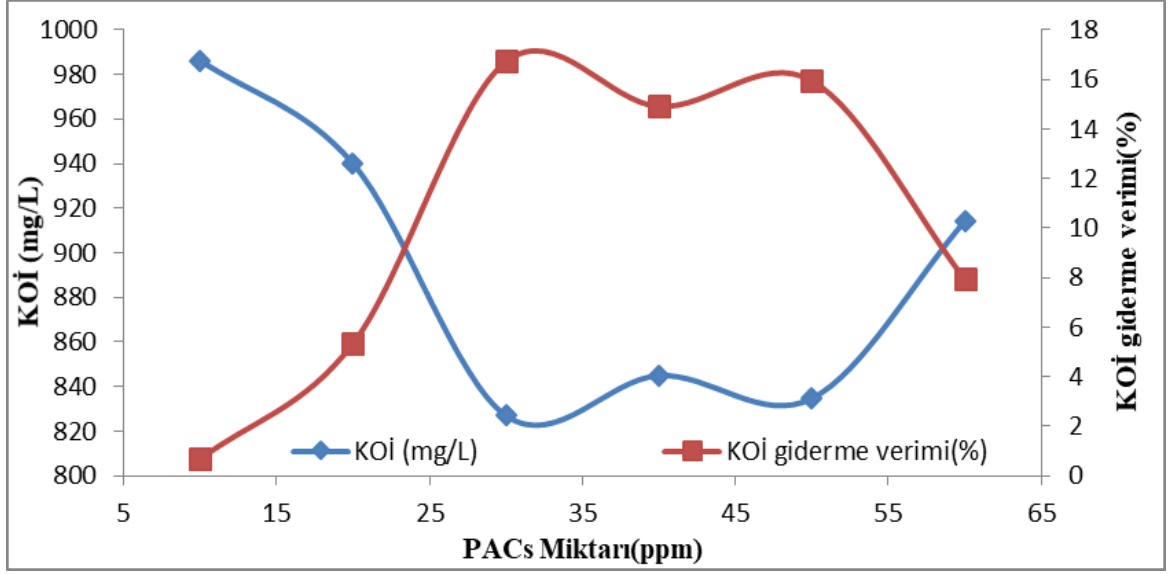
4.2.2.3. PACs+ DCD-F koagülant çalışması

Yapılan analizler sonucunda DCD-F'in ideal dozajı ve pH değeri 500 ppm ve pH 6 olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu koşullarda PACs ilave miktarının denim atık suyunda renk, iletkenlik, KOİ, AKM giderimi üzerine etkileri araştırılan deneysel çalışmanın verileri aşağıda sunulmuştur.



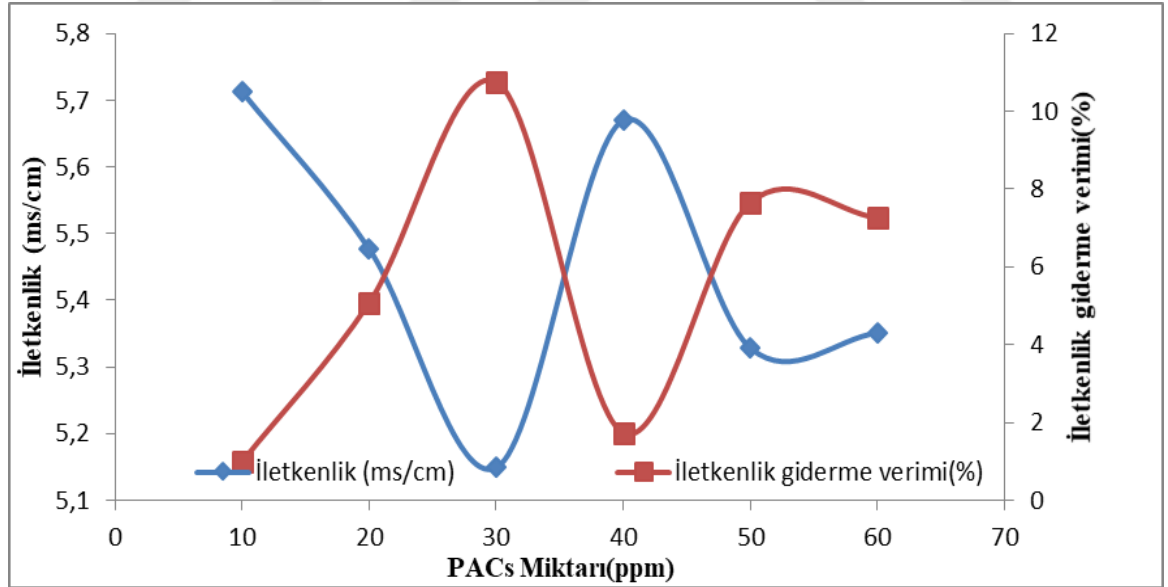
Şekil 4.49. PACs miktarının renk giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.49; PACs miktarının renk giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere PACs'in 10-30 ppm arasında artan miktarıyla orantılı olarak giderim verimlerinde düzenli bir artma olup 30 ppm'den sonra giderim verimleri azalmaktadır ve en iyi renk giderim verimi 30 ppm'de % 98,07 elde edilmiştir.



Şekil 4.50. PACs miktarının KOİ giderimi üzerindeki etkisi

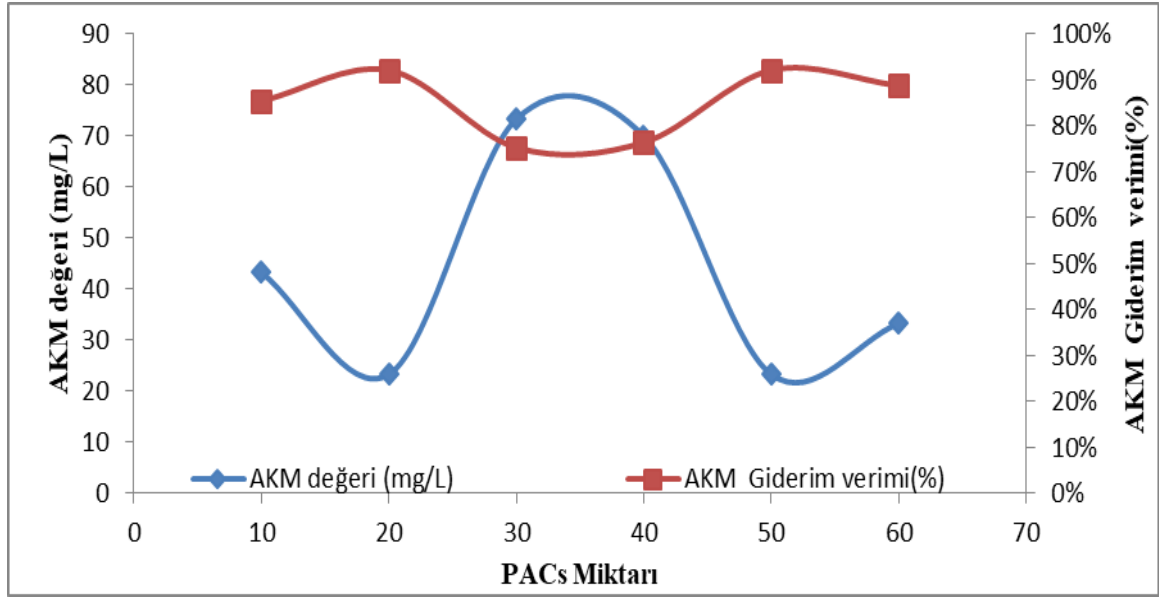
Şekil 4.50; PACs miktarının KOİ giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere PACs'in 10-30 ppm arasında artan miktarıyla orantılı olarak giderim verimlerinde düzenli bir artma olup 30 ppm'den sonra giderim verimleri düzensiz bir şekilde azalmaktadır ve en iyi KOİ giderim verimi 30 ppm'de % 16,72 elde edilmiştir.



Şekil 4.51. PACs miktarının iletkenlik giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.51; PACs miktarının iletkenlik giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere PACs'in 10-30 ppm arasında artan miktarıyla orantılı olarak giderim verimlerinde düzenli bir artma olup 30 ppm'den sonra

giderim verimleri düzensiz bir şekilde azalmaktadır ve en iyi iletkenlik giderim verimi 30 ppm’de % 10,76 elde edilmiştir.

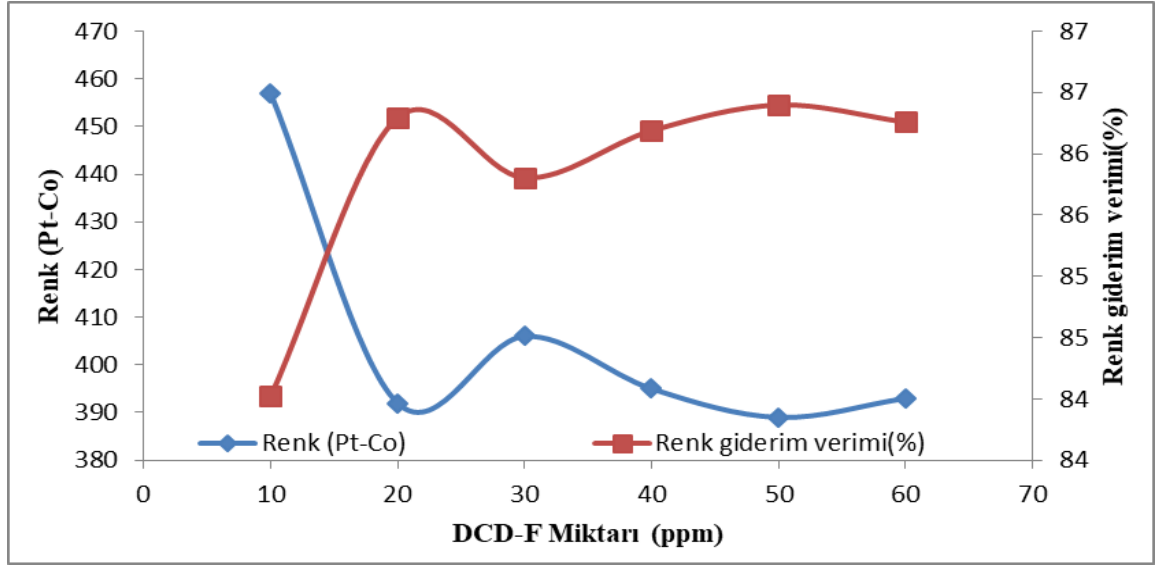


Şekil 4.52. PACs miktarının AKM giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.52; PACs miktarının AKM giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere PACs ‘in artan miktarıyla orantılı olarak giderim verimlerinde düzensiz bir artma ve azalma göstermekte olup en iyi AKM giderim verimi 20 ppm’de % 92,13 iken 30 ppm’de % 75,28 elde edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda ilave PACs ‘in ideal dozajı 30 ppm olarak belirlenmiştir.

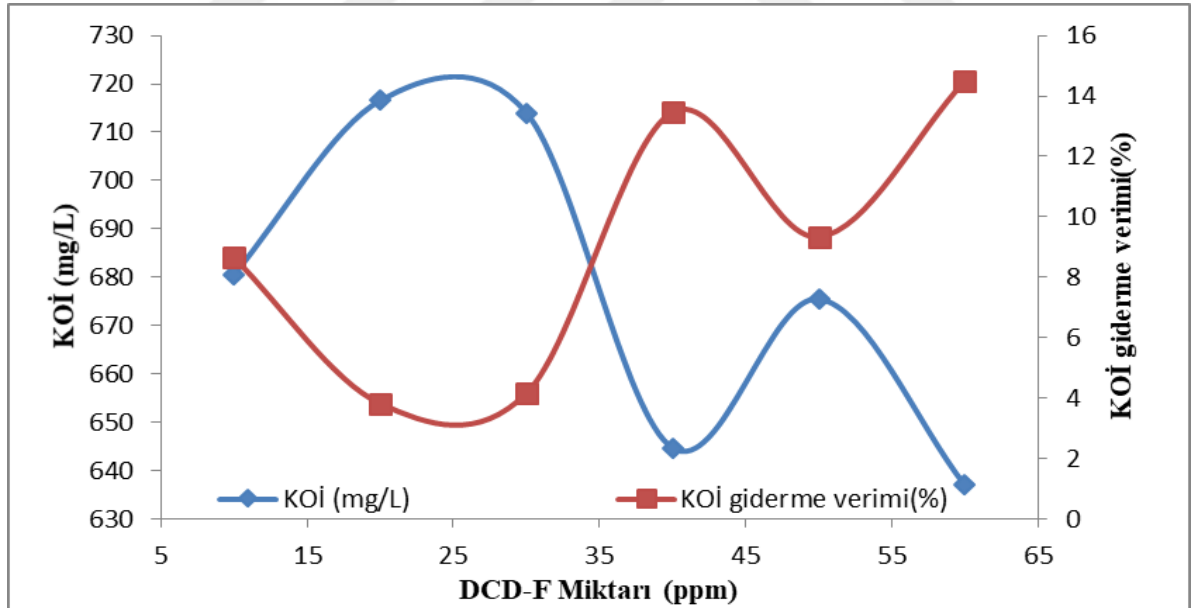
4.2.2.4. $MgCl_2$ + DCD-F koagülant çalışması

$MgCl_2$ ’ün ideal dozajı ve pH değeri 4000 ppm ve pH 11 olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu koşullarda PACs ilave miktarının denim atık suyunda renk, iletkenlik, KOİ, AKM giderimi üzerine etkileri araştırılan deneysel çalışmanın verileri aşağıda sunulmuştur.



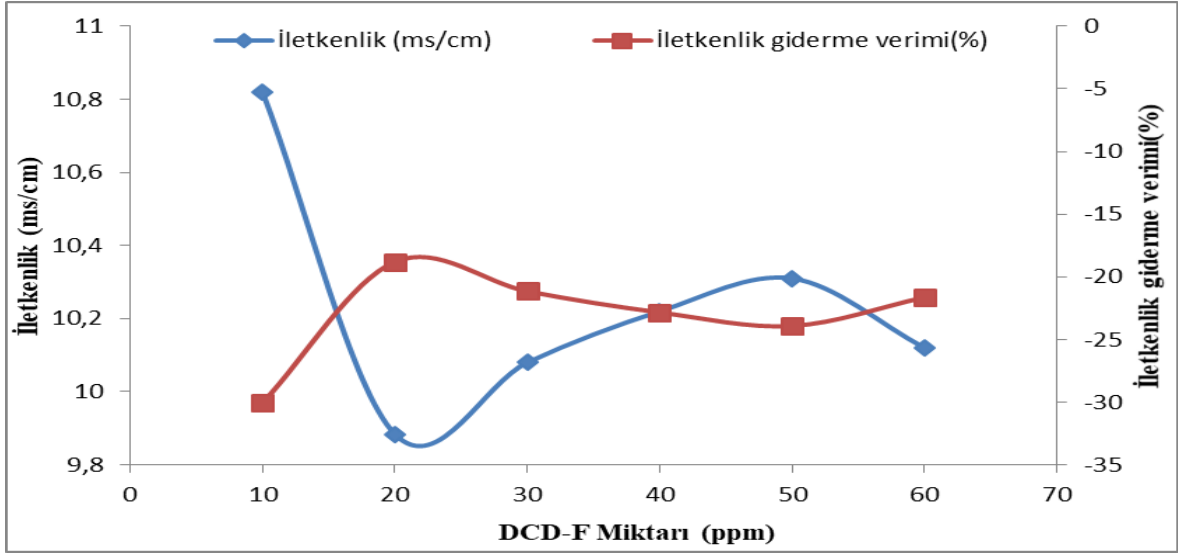
Şekil 4.53. DCD-F miktarının renk giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.53; DCD-F miktarının renk giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere DCD-F'in artan miktarıyla orantılı olarak giderim verimlerinde düzensiz bir artma ve azalma göstermekte olup en iyi renk giderim verimi 50 ppm'de % 86,40 elde edilmiştir.



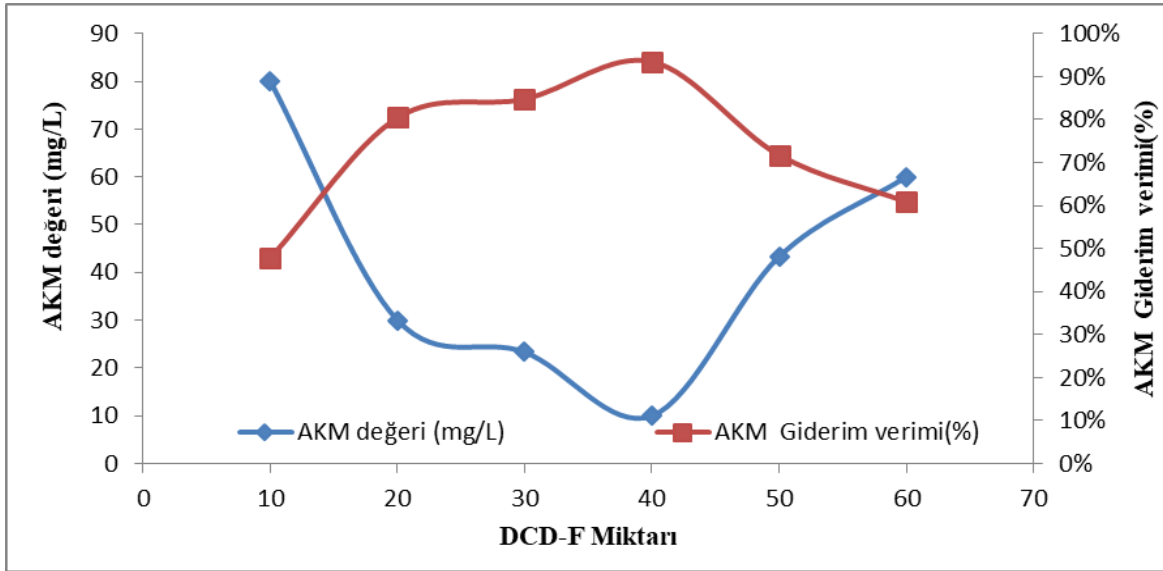
Şekil 4.54. DCD-F miktarının KOİ giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.54; DCD-F miktarının KOİ giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere DCD-F'in artan miktarıyla orantılı olarak giderim verimlerinde düzensiz bir artma ve azalma göstermekte olup en iyi KOİ giderim verimi 60 ppm'de % 14,50 elde edilmiştir.



Şekil 4.55. DCD-F miktarının iletkenlik giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.55; DCD-F miktarının iletkenlik giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere DCD-F'in artan miktarıyla orantılı olarak giderim verimlerinde düzensiz bir artma ve azalma göstermekte olup en iyi iletkenlik giderim verimi 60 ppm'de % -18,80 elde edilmiştir. Bu değerin negatif olmasının sebebi yüksek konsantrasyonda kullanılan $MgCl_2$ 'ün iletkenliğin artırıcı etkisi olarak öngörülmektedir.



Şekil 4.56. DCD-F miktarının AKM giderimi üzerindeki etkisi

Şekil 4.56; DCD-F miktarının AKM giderim verimi üzerine etkisini göstermektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere DCD-F'in 10-40 ppm arasında artan miktarıyla orantılı olarak giderim verimlerinde düzenli bir artma olup 40 ppm'den sonra giderim verimleri düzenli bir şekilde azalmaktadır en iyi AKM giderim verimi 40 ppm'de % 93,48 elde edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda ilave DCD-F'in ideal dozajı 50 ppm belirlenmiştir.

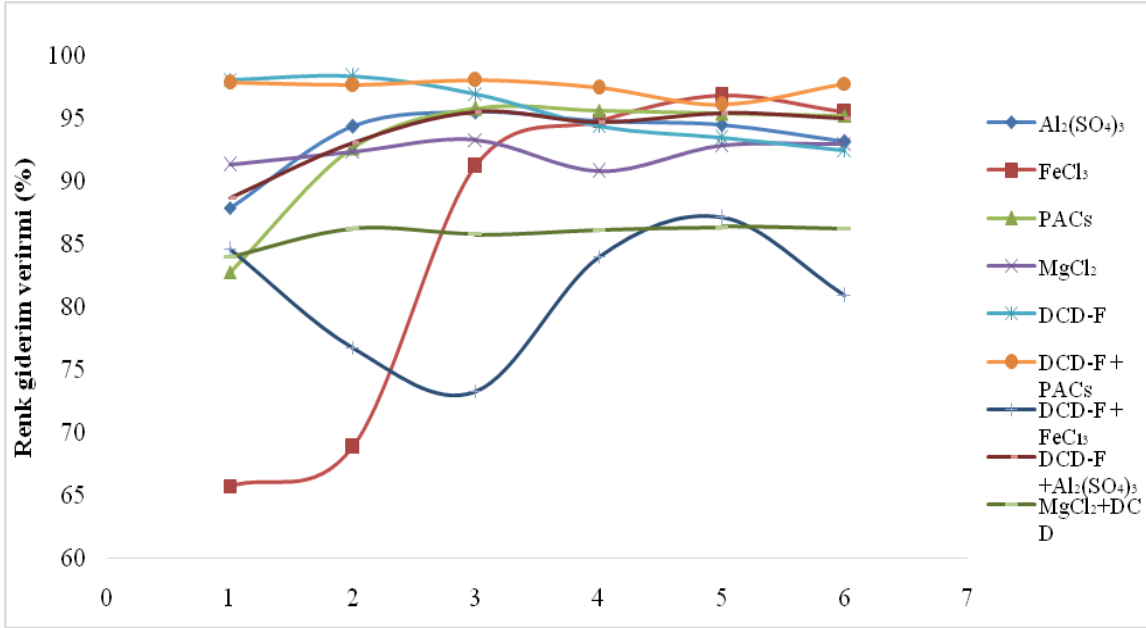
4.2.3. Koagülantlarla uygulanan ön arıtma sonrası su kalitesi parametrelerinin grafik ve değerlendirmeleri

Bu bölümde tüm koagülantların tek başına ve dekolorant maddesiyle birlikte uygulanması ile elde edilen tüm su kalitesi parametrelerin sonuçları ve bu sonuçların kıyaslama grafikleri incelenmiştir. Su kalitesi parametreleri; Gerçek tekstil atıksuyunda uygulanan kimyasal ön arıtma çalışması sonucu suyun iletkenlik, renk, KOİ, AKM parametreleri incelenmiştir. Her bir parametre de koagülant maddelerin giderim verimleri kıyaslanmıştır. Bu kıyaslama grafiğinde yatay ekseninde bulunan 6 farklı noktanın ifade ettiği konsantrasyon veya sabit konsantrasyon da değişken pH larda elde edilen en iyi sonuçları ifade etmekte olduğu için grafiklerde bulunan yatay eksenindeki 6 farklı noktanın ifade ettiği konsantrasyon ve çalışılan pH değerleri tablo.4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Noktaların ifade ettiği konsantrasyon ve pH değerleri.

KOAGÜLASYON	1	2	3	4	5	6
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	pH 4 (900 ppm)	pH 5 (900 ppm)	pH 6 (900 ppm)	pH 7 (900 ppm)	pH 8 (900 ppm)	pH 9 (900 ppm)
FeCl_3	400 ppm	500 ppm	600 ppm	700 ppm	800 ppm	900 ppm
PACs	400 ppm	500 ppm	600 ppm	700 ppm	800 ppm	900 ppm
MgCl_2	2000 ppm	3000 ppm	4000 ppm	5000 ppm	6000 ppm	7000 ppm
DCD-F	pH 5 (500 ppm)	pH 6 (500 ppm)	pH 7 (500 ppm)	pH 8 (500 ppm)	pH 9 (500 ppm)	pH 10 (500 ppm)
DCD-F + PACs	10 ppm	20 ppm	30 ppm	40 ppm	50 ppm	60 ppm
DCD-F + FeCl_3	10 ppm	20 ppm	30 ppm	40 ppm	50 ppm	60 ppm
DCD-F + $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	10 ppm	20 ppm	30 ppm	40 ppm	50 ppm	60 ppm
MgCl_2 +DCD	10 ppm	20 ppm	30 ppm	40 ppm	50 ppm	60 ppm

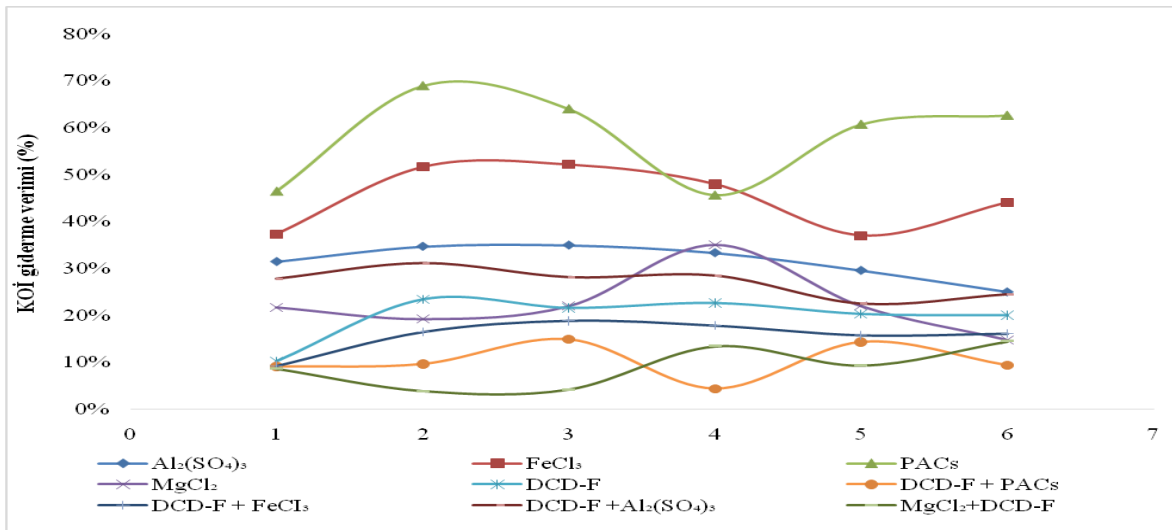
Renk; Her bir koagülant maddesi için kimyasal ön arıtmaya tabii tutulduktan sonra atıksuda meydana gelen renk giderim verimleri 465 nm dalga boyunda Pt-Co biriminde ölçülmüştür ve renk giderim verimleri kıyaslama grafiği Şekil 4. 57'de verilmiştir.



Şekil 4.57. Renk giderim verimlerine göre kıyaslama grafiği.

Bu koagülasyon çalışması sonucu en iyi renk giderimi verimi: % 98,39 DCD-F, % 98,07 DCD-F+PACs , % 96,85 $FeCl_3$, % 95,84 PACs, % 95,59 DCD-F + $Al_2(SO_4)_3$, % 86,40 $MgCl_2$ +DCD-F, % 87,15 DCD-F + $FeCl_3$ ile sağlanmıştır.

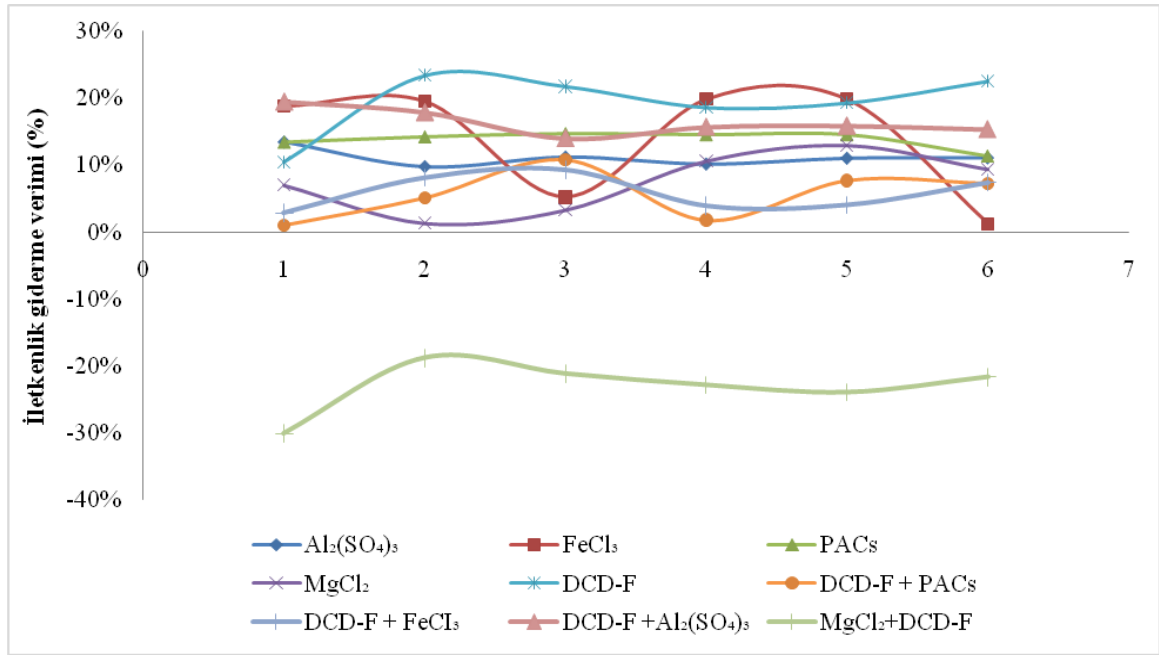
KOİ; Tekstil atıksuyunda uygulanan kimyasal ön arıtma işleminde her bir koagülant için atık suda meydana gelen KOİ giderim verimleri incelenmiştir. KOİ analizleri 'Hach DR/2500 portable scanning Spectrophotometer' ile 600 nm dalga boyunda yapılmıştır. Kimyasalların KOİ giderim verimlerine göre kıyaslama grafiği Şekil 4. 58'de gösterilmiştir.



Şekil 4.58. KOİ giderim verimlerine göre kıyaslama grafiği.

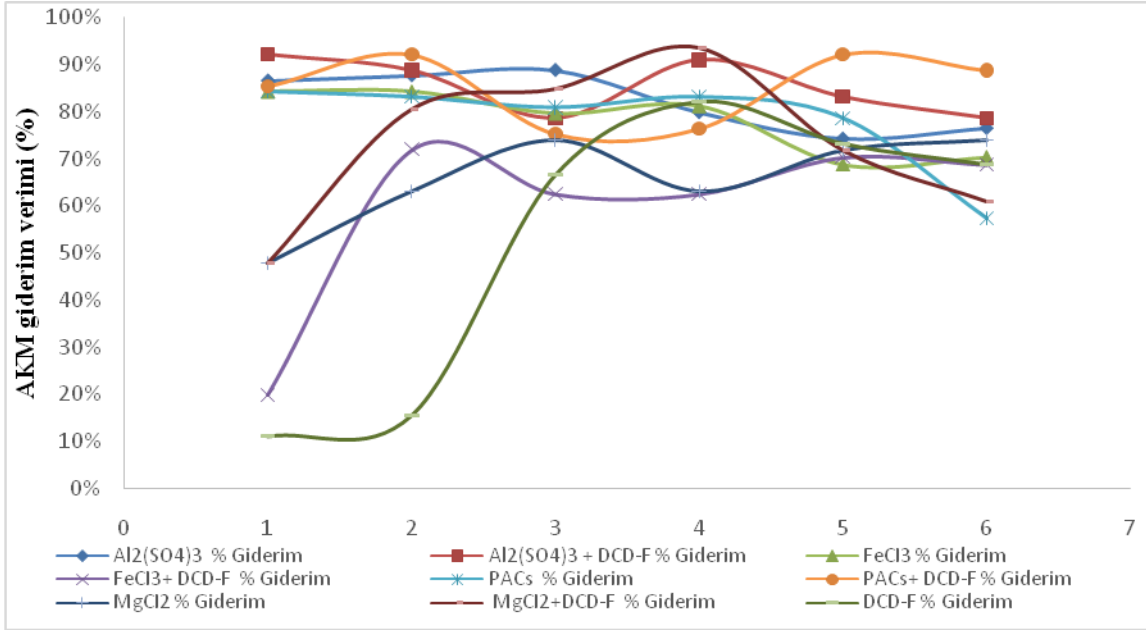
Bu kimyasalların % KOİ giderim verimlerine göre kıyaslama işlemi yapıldığında en iyi KOİ giderim verimleri: % 68,96 PACs, % 52,18 FeCl₃, % 34,98 Al₂(SO₄)₃, % 34,98 MgCl₂, % 31,11 DCD-F + Al₂(SO₄)₃, % 23,44 DCD-F ile sağlanmıştır.

İletkenlik; Tekstil atıksuyunda uygulanan kimyasal ön arıtma işleminde her bir koagülant için atık suda meydana gelen iletkenlik giderim verimleri incelenmiştir. İletkenlik analizleri ‘Thermo Orion Star A121 Portable pH Meter ile yapılmıştır. Kimyasalların iletkenlik giderimlerine göre kıyaslama grafiği Şekil 4. 59’da gösterilmiştir.



Şekil 4.59. İletkenlik giderim verimlerine göre kıyaslama grafiği.

AKM; Tekstil atıksuyunda uygulanan kimyasal ön arıtma işleminde her bir koagülant için atık suda meydana gelen AKM giderim verimleri incelenmiştir. Bu koagülasyon çalışması sonucu en iyi AKM giderimi verimi: % 93,48 MgCl₂+DCD-F, % 92,13 DCD-F+PACs, %92,13Al₂(SO₄)₃+DCD-F, % 91,01 Al₂(SO₄)₃ % 84,37 FeCl₃, % 84,27 PACs, % 82,22 DCD-F, % 73,91 MgCl₂, % 71,87 FeCl₃+DCD-F ile sağlanmıştır. AKM giderim verimleri Şekil 4.60’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.60. AKM giderim verimlerine göre kıyaslama grafiği.

Bu çalışma sonunda elde edilen sonuçlara bakıldığında yüksek KOİ giderim verimiyle PACs ve FeCl₃ dikkat çekmektedir. Ancak çalışmanın son aşaması için tesisten alınan denim atıksuyun içeriği ve karakteristiğinin değişmesi sonucu giderim verimlerine göre ve bu kimyasallar sırasıyla, PACs, FeCl₃, Al₂(SO₄)₃, MgCl₂ ve bu kimyasalların çalışma koşulları sağlanarak uygulanmasına rağmen atık suda giderim gözlenemedi, son olarak en iyi renk, iletkenlik giderim verimine sahip kimyasal olan DCD-F uygulandı ve atıksuda etkili giderim sağlandı. Atık suda yapılan analizler sonucunda DCD-F kimyasal maddesinin 500 ppm konsantrasyonda ve pH 6 da en etkili olduğu belirlenmişti. Çalışmanın son aşaması için DCD-F kimyasalının kullanılmasına karar verildi.

4.2.4. İleri arıtmada membranın uygulanması ve analiz sonuçları

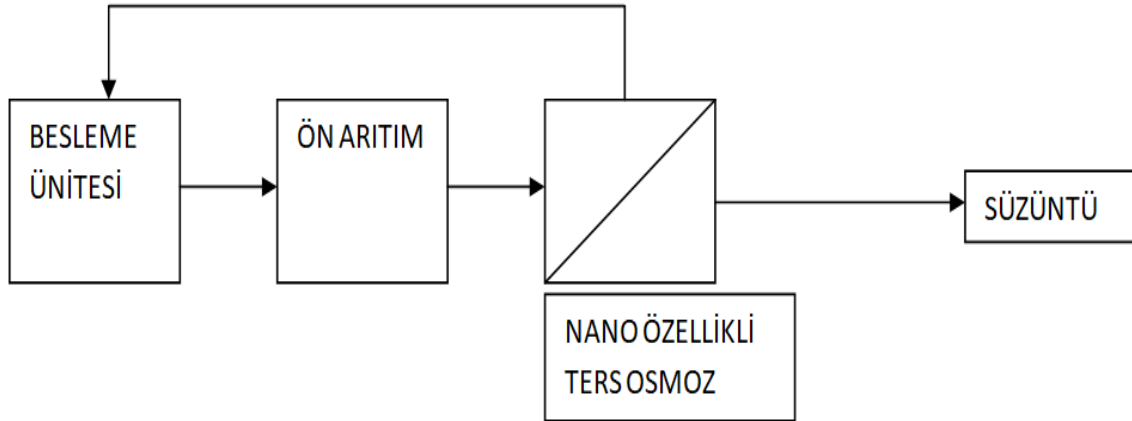
Bu çalışmada kullanılan membran tipi Polyamid Thin-film composite (TFC) tipi ters osmoz ve nano özellikli ters osmoz olmak üzere iki farklı membran kullanılmış olup membrane özellikleri Tablo 4.2'de verilmiştir. Atıksuyu membrandan geçirme çalışmasında yaklaşık olarak % 50 süzüntü ve % 50 yoğunlaştırılmış su çıkacak şekilde olarak ayarlandı. Sistemden çıkan süzüntü miktarı membran basıncı artırılarak süzüntü miktarı arttırılabilir.

Tablo 4.2. Membran özellikleri

Membran Özellikleri	
Filtre ölçüleri	11,8x2,5'', 120 gr
Membran çalışma basıncı	2-5 bar
Maksimum çalışma sıcaklığı	45 °C
pH çalışma aralığı	4,5-10
Membran akısı (RO- Nano/RO)	32,23-33,99 L/m ² .sa
Membran malzemesi	Polyamid (TFC)

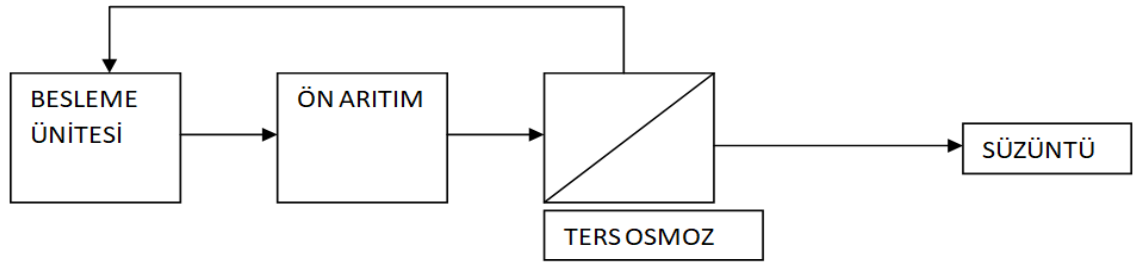
Tekstil fabrikasından çıkan kompleks kirliliğe sahip atık su önce kimyasal ön arıtmaya tabii tutuldu ve sonrasında ileri arıtım olarak membran sistemleri uygulandı. Bu uygulama üç ayrı atıksu numunesine önce giderim verimlerine bağlı olarak en iyi renk giderimine sahip olan koagülant belirlendi ve koagülant bu üç ayrı atık suya uygulandı ve ön arıtım sonucunda su kalitesi parametreleri olan renk, KOİ, PH, iletkenlik ve AKM analizleri yapıldı daha sonra ön arıtmadan çıkan duru suyu ileri arıtım olan laboratuvar ölçekli membran düzeneğinden geçirildi. Tekstil atıksuyu arıtma işlemi boyunca üç farklı metod uygulandı ve bu metodlar **Şekil 4.61**, **Şekil 4.62** ve **Şekil 4.63**' de gösterilmektedir.

1. Metod



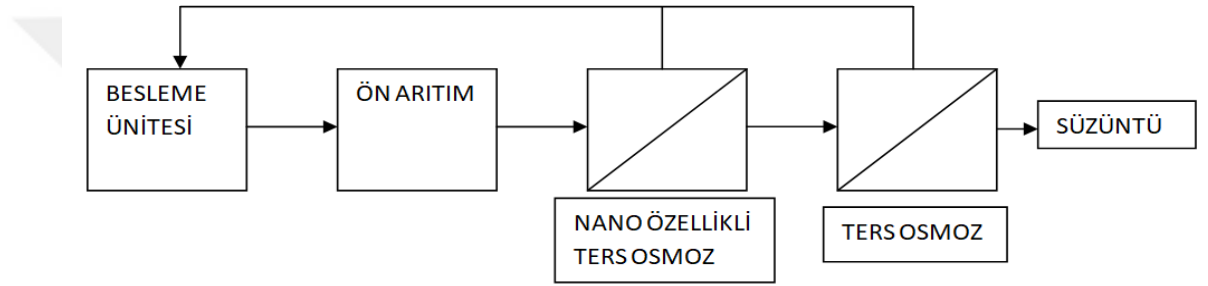
Şekil 4.61. Nano özellikli ters osmoz membran kullanımı

2. Metod:



Şekil 4.62. Ters osmoz membran kullanımı

3. Metod:



Şekil 4.63. Nano özellikli ters osmoz ve ters osmoz membranların birlikte kullanımı

Tekstil atık su ön arıtıma tabii tutulan duru su her üç metotta da membrandan geçirildi ve elde edilen süzüntü suyuna renk, KOİ, pH, iletkenlik analizleri yapıldı. Arıtma işleminin her aşamasında alınan atık su numunelerinin analiz sonuçları **Tablo 4.3**'te ve giderim verimleri verilmiştir. Membrandan geçirilen süzüntü suları **Şekil 4.64**'de gösterilmiştir

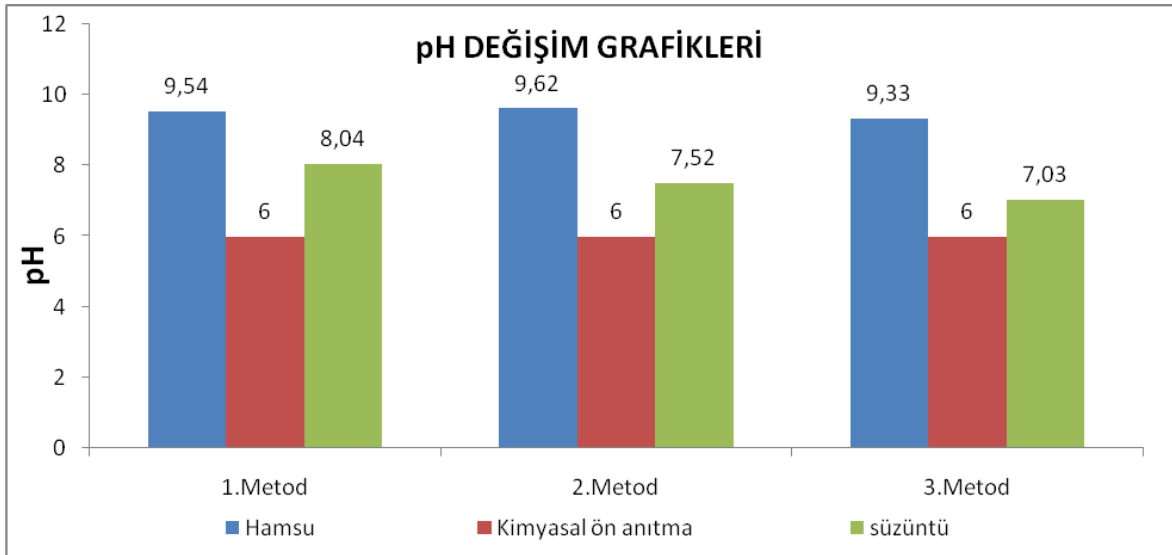
Tablo 4.3. Arıtmanın her aşamasında alınan atık su numunelerinin analiz sonuçları

Sıra No	pH	Renk (pt-co)	İletkenlik (ms/cm)	Son pH	KOİ (mg/l)
Ham Su 1	9,54	1740	8,48	*	541,949
Ham Su 2	9,62	1040	8,95	*	503,429
Ham Su 3	9,33	2550	7,23	*	426,389
Kimyasal Ön Arıtma 1	6,00	54	8,57	7,6	410,981
Kimyasal Ön Arıtma 2	6,00	64	7,38	7,03	369,893
Kimyasal Ön Arıtma 3	6,00	40	7,33	6,73	354,485
Süzüntü (RO) 1	8,04	0	1,40	*	0
Süzüntü(NRO) 2	7,52	0	1,44	*	0
Süzüntü (NRO + RO) 1	7,03	0	1,37	*	0



Şekil 4.64. Membrandan çıkan süzöntü suları.

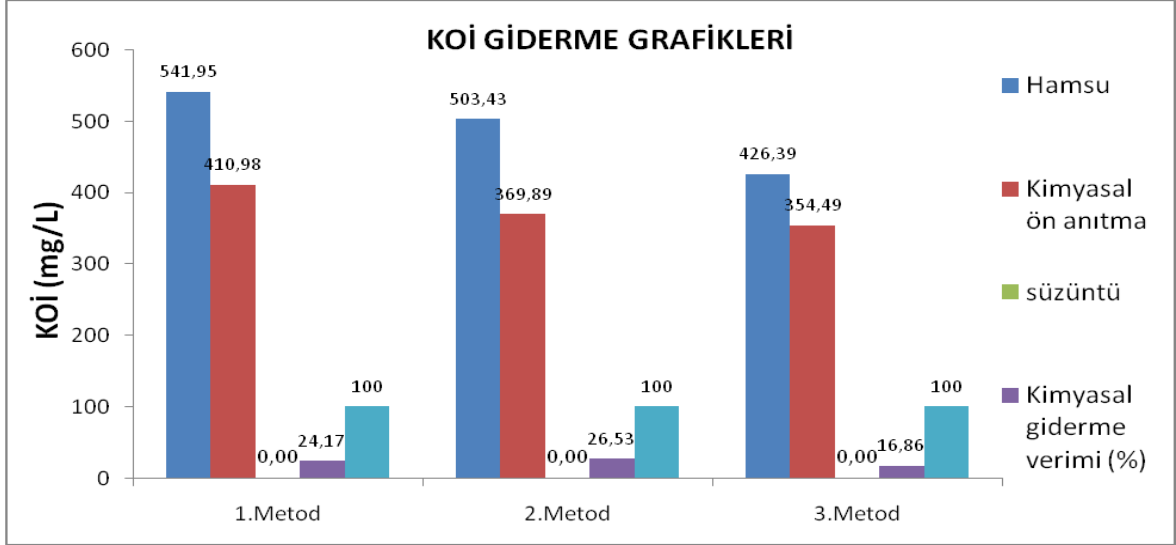
Bu çalışmada iki aşamalı arıtım uygulanması sonucu önce kimyasal ön arıtım daha sonra da üç farklı metotta ters osmozdan geçirilen atıksuyun pH değişim grafiği **Şekil 4.65**'te verilmektedir. Grafikte de görüldüğü üzere pH değerinde doğrusal bir azalma görülmektedir. Kimyasal ön arıtmaya maruz kalan atık su pH'sında bir düşüş görülsede membran arıtımına (Süzüntü (RO) 1, Süzüntü (NRO) 2, Süzüntü (NRO + RO) 3) tabii tutulan atık suyun pH'sında bir artış gözlemlendikten sonra tekrar azalma eğilimi göstermiştir.



Şekil 4.65. pH değişim grafiği

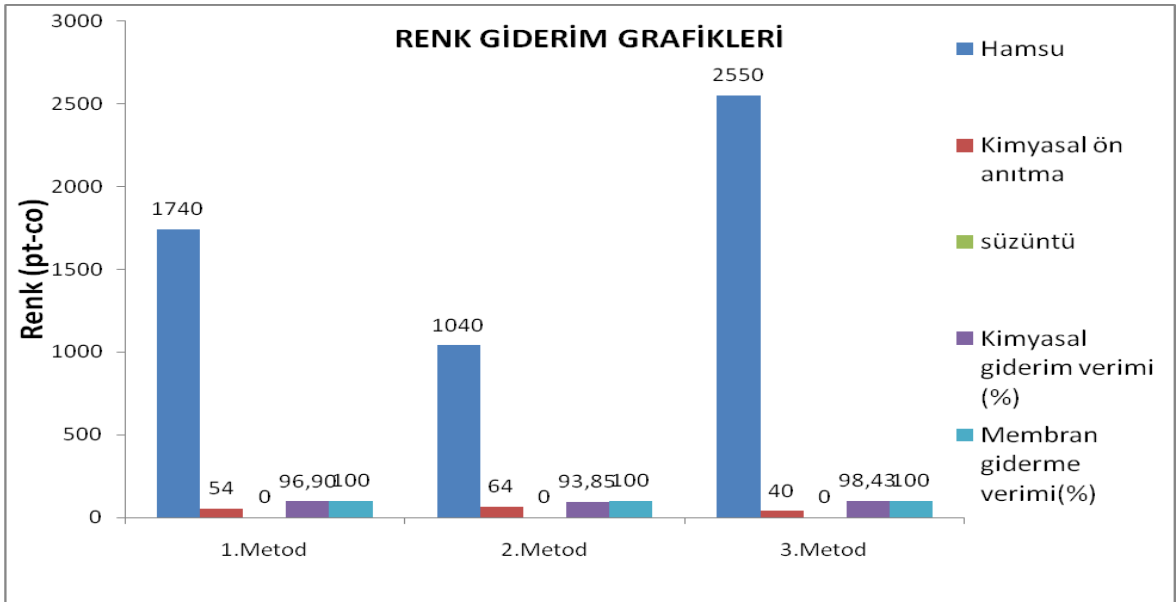
Bu çalışma sonucunda elde edilen KOİ grafiğine bakıldığında, kimyasal ön arıtma da yaklaşık olarak % 26 KOİ giderimi sağlanmıştır. Kimyasal Ön arıtma dan sonra uygulanan üç farklı membran arıtma işlemi (Süzüntü (RO) 1, Süzüntü(NRO) 2, Süzüntü

(NRO + RO) 3) sonunda KOİ nin % 74'ü giderilmiş olup atıksuda ki KOİ miktarı 0 mg/L 'ye düşürülmüştür . Bu çalışma sonunda KOİ'de % 100 giderim sağlanmıştır. KOİ değişim grafiği **Şekil 4.66'** de verilmektedir.



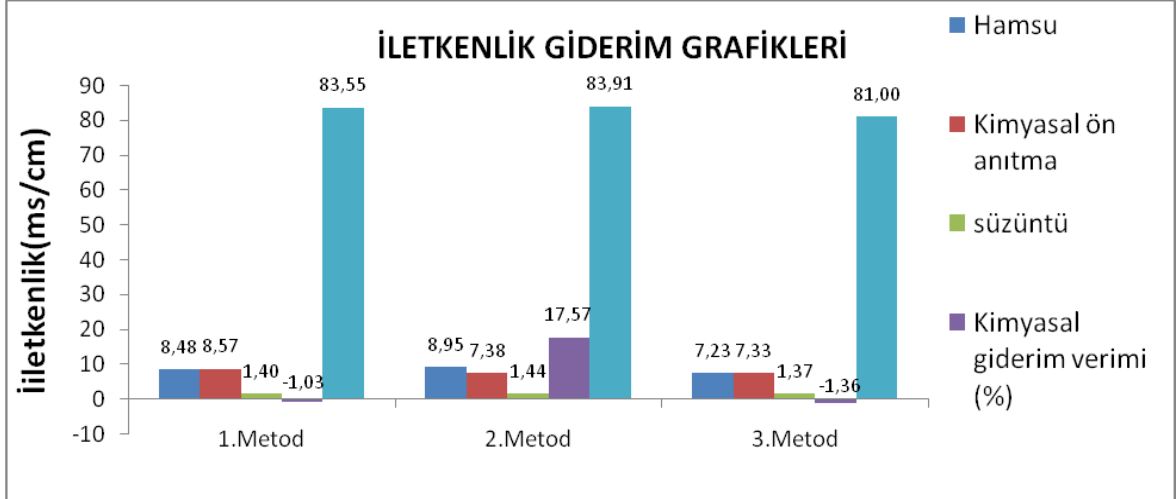
Şekil 4.66. KOİ giderme grafikleri

İletkenlik grafiğine bakıldığında, kimyasal ön arıtma da % 98 renk giderimi sağlanmıştır. Kimyasal Ön arıtmadan sonra uygulanan üç farklı membran arıtma işlemi (Süzüntü (RO) 1, Süzüntü(NRO) 2, Süzüntü (NRO + RO) 3) sonunda rengin tamamı giderilmiş olup atıksuda ki renk miktarı 0 (pt-co) düşürülmüştür. Bu çalışma sonunda renkte % 100 giderim sağlanmıştır. Renk değişim grafiği **Şekil 4.67'** de verilmektedir.



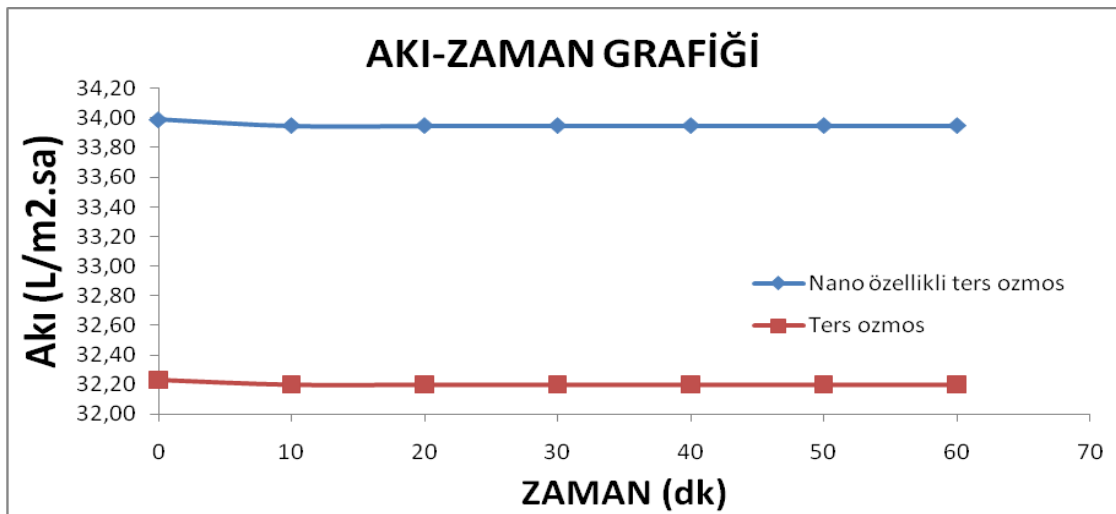
Şekil 4.67. Renk giderme grafiği

İletkenlik grafiğine bakıldığında, kimyasal ön arıtmada iletkenlik gideriminde artma ve azalma görülürken kimyasal ön arıtmadan sonra uygulanan üç farklı membran arıtma işlemi (Süzüntü (RO) 1, Süzüntü(NRO) 2, Süzüntü (NRO + RO) 3) sonunda iletkenlikte toplamda % 84 giderim sağlanmıştır. iletkenlik değişim grafiği Şekil 4.68’de verilmektedir.



Şekil 4.68. İletkenlik giderme grafiği

Membran düzeneğinden geçirilen atık su miktarının % 50’si kirli su ve % 50’si temiz su çıkacak şekilde atık kısıcı aparatları kullanılmış olup bu atık kısıcılar sistemden çıkacak kirli ve temiz su miktarlarını ayarlama da kullanılmaktadır. Farklı kısıcılar kullanılarak çıkan kirli suyun miktarı azaltılabilir ya da arttırılabilir. Kullanılan membranların akı-zaman grafiği Şekil 4.69 verilmektedir.



Şekil 4.69. Akı-Zaman grafiği

5. YAPILAN ÇALIŞMANIN ÖNCEKİ ÇALIŞMALARLA KARŞILAŞTIRILMASI

Tekstil atık suların geri kazanımı için yapılan bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiş olup bu çalışmaların bazılarıyla kıyas edilmiştir.

Fizikokimyasal çalışmalar:

Biroğul, 2012 yılında tekstil atıksuyunda pH 6 değerinde 0,5 g/L $Al_2(SO_4)_3$ dozu ile en iyi renk giderimi % 80, KOİ indirgenmesi % 71,92 olmuştur. Alüminyum için optimum pH 6 bulunmuş ve önceki çalışmaları doğrular niteliktedir.

Pekel, 2008 yılında tekstil fabrikasından alınan değişik özelliklerde atıksuların en iyi arıtma koşulları 5 g/L $MgCl_2$ ve $Ca(OH)_2$ çözeltisi ile ayarlanan pH 12'de olduğu bulunmuştur. 500 ml'lik tekstil atıksuyu için aynı koşullarda yapılan koagülasyon işlemiyle arıtımı sonucunda % 66'lık renk giderimi sağlanmıştır

Pekel, 2008 yılında $FeCl_3$ koagülant ilavesi ile pH 12'de kimyasal arıtmanın sonunda % 84 renk giderimi sağlanmıştır.

Biyolojik çalışmalar:

Adoğdu Vd., 2012 yılında Anaerobik, Aerobik ve Ozon prosesleri ile tekstil atıksularından renk ve KOİ giderimini incelemiştir.

Ham Atıksu I için anaerobik reaktöründe 35°C'de Renk ve KOİ giderim verimleri % 47 ve % 72 iken 55 °C'de ise % 26 ve % 57 olarak belirlemiştir.

Ham Atıksu II için anaerobik reaktörde mezofilik ve termofilik koşullarda KOİ giderim verimi sırasıyla, % 45 ve % 39 ; renk giderim verimleri sırasıyla (Pt-Co, 436 nm, 525 nm, 620 nm) % 50, % 42, % 55, % 53 ve % 39, % 35, % 43, % 47 olarak belirlemiştir.

Anaerobik + Aerobik proseslerinde KOİ giderimi % 65, renk giderimi sırasıyla (Pt-Co, 436 nm, 525 nm, 620 nm) % 47, % 45, % 47, % 53 olarak belirlemiştir.

Anaerobik çıkış suları 5 dk ozon süresinde ozonlama işlemine maruz bırakıldıktan sonra KOİ ve Renk giderimleri sırasıyla, % 33, % 71 (Pt-Co), % 61 (436 nm), % 75(525 nm), % 75(620 nm) olarak bulunmuştur.

Biyolojik entegreli membran çalışması:

Ergül vd., 2014 yılında MBR sistemi, endüstriyel sistem için laboratuvar ölçekli MBR sisteminde, uygulanması sonucu sırasıyla 436, 525, 620 nm'de % 50 KOİ giderme ve % 41.5, 49.1, 45.3 renk giderme elde edilmiştir.

UF-MBR ve MF-MBR kullanan pilot ölçekli bir MBR'da gerçek tekstil atıksuyu denendi, KOİ ve renk giderim verimliliği sırasıyla KOİ için % 60 ve renk için % 47.1 olarak belirlendi (Pt-Co).

Pilot ölçekli sisteminde sırasıyla 436, 525, 620 nm'de renk giderme oranı % 37, 39, 40 elde edilmiştir.

Pilot ölçekli sistemde, maksimum KOİ ve renk giderme verimliliği % 70-80 arasında olarak belirlendi. Kullanılan NF-270'de KOİ ve renk giderim verimleri KOİ için % 70 ve renk için % 85.3 olarak hesaplandı.

RO filtrasyonunda, KOİ ve renk giderme verimliliği % 92 ve % 98 olarak bulunmuştur.

Yapılan koagülasyon çalışması sonucu en iyi renk giderimi verimi: % 98,39 DCD-F, % 98,07 DCD-F+PACs, % 96,85 FeCl₃, % 95,84 PACs, % 95,59 DCD-F + Al₂(SO₄)₃, % 86,40 MgCl₂+DCD-F, % 87,15 DCD-F + FeCl₃ ile sağlanmıştır.

En iyi KOİ giderim verimleri: % 68,96 PACs, % 52,18 FeCl₃, % 34,98 Al₂(SO₄)₃, % 34,98 MgCl₂, % 31,11 DCD-F + Al₂(SO₄)₃, % 23,44 DCD-F ile sağlanmıştır.

DCD-F ile Fizikokimyasal arıtma sonunda renk giderimi % 98 sağlandı ve yaklaşık % 20-26 arasında KOİ giderimi sağlandı. Son arıtım olarak üç farklı metotta membrandan geçirilerek atıksudan iletkenlik % 84, renk ve KOİ % 100'e kadar giderimi sağlandı.

6. SONUÇ

Tekstil atık sularından kaynaklanan denim atık suları, kompleks kirletici içeriği, inert yapısıyla arıtılması güç olan sulardır.

Bu çalışma kapsamında, denim atıksuların fizikokimyasal yöntemlerle entegre halinde işletilen membran arıtma sistemi üzerinde çalışılmıştır. Bu çalışmada öncelikle fizikokimyasal arıtma işlemi için seçilmiş kimyasalların en iyi arıtma koşulları belirlendi, bu koşullara bağlı olarak en iyi giderime ve her değişken koşullara karşı en etkili olan kimyasalın belirlenmesi işlemi yapıldı.

Koagülasyon işlemi için, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, MgCl_2 , FeCl_3 , PACs, DCD-F kimyasalları kullanılmıştır. pH değişimi için literatür incelemesi yapılmış ve çalışılacak pH aralığı hakkında fikir edinilmiştir. Koagülasyon işlemlerinde atıksuyun pH'sı 7'ye ayarlanarak kimyasal miktarı belirlendi, daha sonra kimyasal miktarı sabit tutarak pH'ya etkisi araştırıldı.

Bu koagülasyon çalışması sonucu en iyi renk giderimi verimi: % 98,39 DCD-F, % 98,07 DCD-F+PACs , % 96,85 FeCl_3 , % 95,84 PACs, % 95,59 DCD-F + $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, % 86,40 MgCl_2 +DCD-F, % 87,15 DCD-F + FeCl_3 ile sağlanmıştır.

En iyi KOİ giderim verimleri: % 68,96 PACs, % 52,18 FeCl_3 , % 34,98 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, % 34,98 MgCl_2 , % 31,11 DCD-F + $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, % 23,44 DCD-F ile sağlanmıştır.

En iyi iletkenlik giderim verimi: % 23,36 DCD-F, % 19,45 DCD-F + $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ile sağlanmıştır.

Bu çalışma sonunda elde edilen sonuçlara bakıldığında yüksek KOİ giderim verimiyle PACs ve FeCl_3 dikkat çekmektedir. Ancak çalışmanın son aşaması için tesisten alınan denim atıksuyun içeriği ve karakteristiğinin değişmesi sonucu giderim verimlerine göre ve bu kimyasallar sırasıyla, PACs, FeCl_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, MgCl_2 ve bu kimyasalların çalışma koşulları sağlanarak uygulanmasına rağmen atık suda giderim gözlenemedi ve son olarak en iyi renk ve iletkenlik giderim verimine sahip kimyasal olan DCD-F uygulandı ve atıksuda etkili giderim sağlandı. Çalışmanın son aşaması için DCD-F kimyasalının kullanılmasına karar verildi. Çalışmamızın fizikokimyasal arıtma işleminde DCD-F kimyasalı uygulandı daha sonra bu ön arıtmaya uygulanan atıksu ileri arıtma işlemi için membran sistemlerinde arıtılarak giderim verimlerine bakıldı.

DCD-F ile Fizikokimyasal arıtma sonunda renk giderimi % 98 sağlandı ve yaklaşık % 20-26 arasında KOİ giderimi sağlandı. Son arıtım olarak üç farklı metotta membrandan geçirilerek atıksudan iletkenlik % 84, renk ve KOİ % 100'e kadar giderimi sağlandı. Bu çalışma sonunda geri kazanmış olduğumuz suyun renk, iletkenlik ve KOİ özelliklerine bakıldığında literatür kapsamında tekrar kullanım kriterlerine uygun olup tekstil endüstrisinde, boyama proseslerinde ve bir çok proseste tekrar kullanılması mümkündür.

Öneriler

Bu çalışmada, denim atıksuyu fizikokimyasal entegreli membran sistemlerle arıtılıp geri kazanımı sağlanmaya çalışılmıştır.

Kimyasal ön arıtma için kullanılan kimyasallar arasında bulunan $MgCl_2$ 2000 ppm 'den sonra artan konsantrasyon ile doğru orantılı olarak iletkenlik değerinin arttığı gözlenmiştir. Bu yüzden 2000 ppm'den yüksek konsantrasyonlarda kullanımı dezavantaj teşkil etmesinin yanı sıra $MgCl_2$ 'ün iletkenliği arttırıcı etkisi ayrı bir konu olarak araştırılabilir.

Tekstil endüstrisinde sürekli değişken karaktere sahip atık sularda DCD-F her koşulda etkili giderimin ne derece sağlayabileceği konusu araştırılabilir.

Bu çalışmada olduğu gibi fizikokimyasal ön arıtma uygulandıktan sonra AKM miktarını daha düşük seviyelere çekebilecek MF ve UF membranlarına alternatif ve daha ucuz maliyetli arıtma yöntemleri kullanılarak, ileri arıtma olan RO'a gelen atık yükü azaltılarak atık suların geri kazanım çalışmaları araştırılabilir.

KAYNAKLAR

- Adoğdu, G. (2012),”Boyarmadde Tekstil Atıksularında Renk Gideriminin Entegre Arıtım Yaklaşımıyla İncelenmesi”, İstanbul Teknik Üniverditesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Aslan, M. 2016,”Membran Teknolojileri”, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Türkiye Çevre Koruma Vakfı.
- Babu, B.R., Parande, A.K., Raghu, S., Prem Kumar, T. (2007). Textile Technology. An Overview of Wastes Produced During Cotton Textile Processing and Effluent Treatment Methods. *The Journal of Cotton Science*, 11:110–122.
- Baker. R.W.. 2004. Membran Technology and Applications, Secondedition. John Wiley& Sons. Ltd.. England.
- Barlas H (1999). Endüstriyel Atık sular için Renk Parametresi Önerisi. Türkiye” de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu, 14 (s.15), 576-585, Gebze YTE.(kaynak)
- Biroğul, N. (2012), ” Bir Tekstil Atık Suyunun Koagülasyon – Flokülasyon – Membran Filtrasyon Süreçleri ile Arıtılabilirliğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.
- Chung, K.T., Stevens, S.E.J. (1993). Degradation of azo dyes by environmental microorganisms and helminths. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 12, 2121-2132.
- Dos Santos, A.B., Cervantes, F.J., Van Lier, J.B., 2007. Review paper on current technologies for decolourisation of textile wastewaters perspectives for anaerobic biotechnology, *Bioresearch Technology*, 98, 2369-2385.
- Ergül, M. (2014) “Investigation Of Textile Industry Wastewater Treatment Using Laboratory and Pilot Scale Submerged Membrane Bioreactors (MBR)” İstanbul Technical University, Graduate School of Science Engineering and Technology, Department of Environmental Engineering Environmental Biotechnology Programme.
- Kaleli, B. (2006). Atıksuların İleri Arıtımında Membran Proseslerinin Kullanımının Araştırılması.Yüksek Lisans tezi. İÜ

- Kalliala, E. (1997). *The ecology of textiles and textile services*. Doctoral thesis, Tampere University of Technology, POB 537, Tampere, Finland, (ISBN 951-722-853-8).
- Kalliala, E., Talvenmaa, P. (2000). Environmental profile of textile wet processing in Finland. *Journal of Cleaner Production*, 8, 143–154.
- Kalliala, E., Talvenmaa, P. (2000). Environmental profile of textile wet processing in Finland. *Journal of Cleaner Production*, 8, 143–154.
- Kayacan, B, B. (2010), “Pamuklu Tekstil Endüstrisi Atıksularının Membran Proseslerle Geri Kazanımının Araştırılması”, Yıldız Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Kocaer, F.O., Alkan, U. (2002). Boyar madde içeren tekstil atıksularının arıtım alternatifleri. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 7, Sayı 1. EPA, (1997). Cinninnati: US EPA.
- O’neill, C., Lopez, A., Esteves, S., Hawkes, F.R., Hawkes, D.L., Wilcox, S. (2000). Azo-dye degradation in an anaerobic-aerobic treatment system operating on simulated textile effluent. *Applied Microbiology Biotechnology*, 53, 249-254.
- Özkan, Ü. (2007). Tekstil Endüstrisi Proses Suyu Hazırlanmasında Membran Proseslerin Uygulanması.Yüksek Lisans Tezi.Yıldız Teknik Üniversitesi
- Pekel, L. C. (2008), Çöktürme Yönteminin Kullanıldığı Boya Atıksu Arıtma Sisteminin Genelleştirilmiş Tahmin Edici Kontrol (GPC) ile pH Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi.
- Shaw C.B.,Carliell C.M., Wheatley A.D. (2002). Anaerobic/aerobic treatment of colored textile effluents using sequencing batch reactors. *Water Research*, 36, 1993–2001.
- Şanlı, N., 2006, Deri sanayi atık sularının kimyasal koagülasyon ve elektrokoagülasyon ile arıtımı, Yüksek lisans tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, 98s.
- Tan, B.H., Teng, T.T. and Omar, A.K. 2000. Removal of Dyes and Industrial Dye Wastes by Magnesium Chloride. *Wat.Res.* vol.34, No. 2, pp. 597-601.
- TTTSD. (2002). Türkiye Tekstil Terbiye Sanayicileri Derneği. IPPC Tekstil Sanayi için En Uygun Teknikler (MET) Referans Dokümanı ve İlgili Yönetmelikler. İstanbul, *META Basım Matbaacılık Hizmetleri*, 747. İzmir.

- Türkay Yılmaz, H. (2016), “Tekstil Atıksularının Nanofiltrasyon Membranı ile Arıtımın Oluşturduğu Konsantratin Anaerobik Arıtılabilirliği ve Moleküler Ağırlık Dağılımının İncelenmesi” Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Uzal N. (2007). *Recovery and reuse of indigo dyeing wastewater using membrane technology*. Doktora tezi, ODTÜ, Ankara.
- Ünlü, M. (2008) ,”Indigo Dyeing Wastewater Treatment by the Membrane Based Filtration Process” Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering, Degree of Master of Science in Environmental Engineering.
- Verma, A. K., Dash, R. R. ve Bhunia, P., (2011). “A review on chemical coagulation/flocculation technologies for removal of colour from textile wastewaters”, *Journal of Environmental Management*, 93:154-168.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Mehmet Nurullah GERGİN
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 03.08.1986, NUSAYBİN/MARDİN
Medeni hali : Bekar
e-posta: m.nurullahgergin@gmail.com
Sürücü Belgesi : D
Cep Tel : (542) 585 94 97
Adres Bilgileri : Yeni Turan Mahallesi Çağlayan Cad. No:72 Nusaybin / MARDİN

Eğitim

DereceEğitim Birimi

Yüksek lisans :	KSÜ /Çevre Mühendisliği	(2015-2017)
Lisans :	Fırat Üniversitesi Çevre Mühendisliği	(2011–2015)
Lisans :	Anadolu üniversitesi İşletme Fakültesi	(2009-2013)
Ön Lisans:	Mersin üniversitesi TMYO İnşaat	(2005-2007)
Lise :	Nusaybin Lisesi Fen bilimleri	(2003)

Başarı

Fırat Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölüm Üçüncülüğü (2011–2015)

İş Denevimi

Görev	Yer	Yıl
-------	-----	-----

İnşaat Teknikerliği:

- | | |
|---|-----------|
| 1. YG İnşaat A.Ş. Doğadan çay fabrikası inşaatı ankara şubesi | 2007 |
| 2. Metal Beton inşaat a.ş de laborant | 2008-2011 |
| 3. Mardin Kızıltepe Mova park inşaatı saha şefliği | 2011 |

Staj Denevimi:

- GASKİ İçme suyu arıtma tesisi (2.sınıf yaz stajı)
- GASKİ İleri biyolojik arıtma tesisi (2.sınıf yaz stajı)
- MAZÇEV ÇEVRE DANIŞMANLIK VE MÜHENDİSLİK HİZMETLERİ (3.sınıf yaz stajı)

Yabancı Dil

İngilizce

Katılımlar

1. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi VI. Arge Proje Pazarı (2017)

Projeler

Lisans Bitirme Projesi : Nano Boyutlu Sıfır Değerlikli Demir İle Boyarmadde Giderimi (2015)

Y. Lisans Bitirme Projesi : Tekstil Atıksularının Membran Filtrasyon Yöntemleri İle Geri Kazanımı (2017)

Bilgisayar Bilgisi

Word, Excel, Powerpoint, Outlook: iyi

Autocad : iyi

Belgeler

1. Bilgisayar sertifikası
2. Çevre Görevlisi Belgesi
3. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi VI. Arge Proje Pazarı Katılım Belgesi (2017)

İlgi Alanları ve Faaliyetler

Kitap okumak

Müzik dinlemek

Sosyal faaliyetlerde bulunmak