

8835

BOZUYUK YORESİNDEKİ FABRİKALARIN ATIKSULARININ
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ VE ARITIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Neşe Uygan

Anadolu Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Kimyasal Teknolojiler Bilim Dalında

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman Doç. Dr. M. Ercengiz YILDIRIM

Eylül-1989

Y. G.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

Nese Uygan'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Bozuyuk Yoresindeki Fabrikaların Atıksularının Özelliklerinin Belirlenmesi ve Arıtım Olanaklarının Araştırılması" başlıklı bu çalışma, jürimizde lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

30 / 10 / 1989

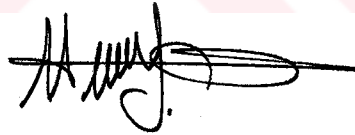
Üye Doç. Dr. M. Erçengiz Yıldırım



Üye Doç. Dr. Tefik Gedikbey



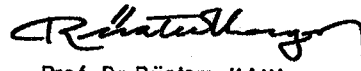
Üye Y.Doç. Dr. M. Rıza Alıcakka



Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kuruluna

8 KASIM 1989

225/5 sayılı kararına bağlanmıştır.



Prof. Dr. Rüstem KAYA
Enstitü Müdürü

ÖZET

Bozüyük yöresindeki bazı fabrikaların atıksularının özelliklerinin belirlenmesinin yanısıra, kimyasal pıhtılaştırma yöntemiyle arıtılabilirliğinin incelenmesi çalışmanın hedefidir. Üç ayrı seramik fabrikası ve saf selülozdan üretim yapan bir kağıt fabrikası atıksularının özellikleri belirlenmiştir. Seramik fabrikalarından biri ve kağıt fabrikası atıksularında bazı parametrelerin Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğindeki sınır değerleri aştığı gözlenmiştir. Seramik fabrikalarından biri ve kağıt fabrikasının atıksularında daha etkin arıtım sağlayabilmek amacıyla, ham atıksularından örnekler alınıp pıhtılaştırma-yumaklaştırma ile arıtım deneyleri yapılmıştır. Pıhtılaştırıcı olarak $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ve farklı iki organik polielektrolit artan dozlarda denenmiştir. Seramik fabrikasında tüm dozlarda tüm parametreler sınır değerlerin altına düştüğü halde kağıt fabrikasında denenilen hiçbir dozda KODI sınır değerinin altına indirilememiştir. $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ve $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ dozu seçilirken pH değerinin 6'nın altına düşmemesi gerektiği, sedipur ve superfloc dozu seçilirken dozun artışıyla polielektrolitlerin kendilerinin KODI değerini artırdığı göz önüne alınmalıdır.

SUMMARY

Characterisation of some factories' wastewaters in Bozüyük(Bilecik-Turkey) area and treatment of them by chemical coagulation method were the purposes of this M.S. thesis. Wastewater from three different ceramic factories and a paper factory that uses cellulose for production were analysed. Some parameters of one of the ceramic factories and paper factory wastewaters exceed limit values of the Turkish Water Pollution Control Act. For the aim of effective treatment, untreated wastewater samples were taken from one of the ceramic factories and paper factory; then experiments of treatment by chemical coagulation method were made. $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ and two different organic polyelectrolytes were investigated as coagulants with increasing doses. All doses could reduce all parameters under allowed values for ceramic factory wastewater; but none of the used doses were sufficient for reduction COD values under allowed value for paper factory wastewater. It should be noted that selecting doses of $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ and $FeCl_3 \cdot 6H_2O$, pH must not reduce under 6, and COD increases with increasing the doses of polyelectrolytes.

TEŞEKKÜR

Bozuyuk yoresindeki fabrikaların atıksularının özelliklerinin belirlenmesi ve arıtım olanaklarının araştırılması amacıyla Anadolu Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümünde yapılan bu çalışma konusunda öneren, çalışmalarımı yönlüten, yapıcı ve yönlendirici eleştirileriyle hiçbir zaman yardımlarını esirgemeyen hocam Sayın Doç.Dr.M.Ercengiz YILDIRIN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım

Çalışmam sırasında her zaman yakın ilgi ve desteğini gördüğüm Kimya Mühendisi Ayten DOĞAN'a teşekkürlerim bir borç bilirim.

Bilgi işlem merkezinde tezimi yazabilmem için gerekli izni sağlayan Kimya Mühendisliği Bölüm Başkanı Doç.Dr.Mustafa KARA'ya, şekillerimin çiziminde emeği geçen Teknik Ressam Ahmet GÜN'e, manevi desteklerini esirgemeyen Kimya Mühendisliği BÖLÜMÜ elemanlarına ve Yüksek Lisans arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca atıksu numunelerinin alınmasında her türlü kolaylığı sağlayan işletme yetkililerine teşekkürlerimi sunarım.

Bu seviyeye gelmemi sağlayan hocalarıma, maddi ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan aileme de sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Ülkemizdeki Yasal Düzenlemeler	2
1.2. Daha önce Yapılan Çalışmalar	3
2. SULARI KIRLETEN BAZI KAYNAKLAR	8
2.1. Kağıt Endüstrisinde Su Kirliliği	10
2.2. Seramik Endüstrisinde Su Kirliliği	11
3. ATIKSULARIN ARITIM YÖNTEMLERİ	13
3.1. Fiziksel Yöntemler	14
3.1.1. Izgaralar	14
3.1.2. Kum tutucular	14
3.1.3. Yağ yakalama düzenekleri	15
3.1.4. Çöktürme havuzları	15
3.2. Fizikokimyasal Yöntemler	15
3.3. Biyolojik Yöntemler	16
3.3.1. Aktif çamur yöntemi	17
3.3.2. Damlatmalı filtreler	17
3.3.3. Oksidasyon havuzları	18
3.4. Arıtım Yöntemlerinin Karşılaştırılması	18
3.5. Çamur Arıtımı ve Faydalanma Süreçleri	20
4. KİMYASAL PIHTILAŞTIRMANIN KURAMSAL TEMELLERİ	21
4.1. Kolloidler	21
4.2. Yüzey Yükü	22

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.3. Elektrolitlerin Filtreleme Etkilevi	29
4.4. Polielektrolitler	29
4.5. Filtreleme Sistemleri	31
5. ATIKSULARI İLE ÇALIŞILAN FABRİKALAR, ATIKSULARDA YAPILAN ANALİZLER VE ÖNEMLERİ, FİLTRELEME İLE ARITIM DENEY YÖNTEMİ	33
5.1. Atıksuların Özelliklerinin Belirlenmesi Çalışmaları	33
5.1.1. pH değeri	35
5.1.2. Sıcaklık	35
5.1.3. Toplam, askıda ve çökebilir katılar	36
5.1.4. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı	37
5.1.5. Kimyasal oksijen ihtiyacı	38
5.1.6. Kükürük	39
5.1.7. Kadmium	42
5.2. Filtreleme ile Arıtım Deney Düzenliği ve Deney Yöntemi	44
6. DENEYSEL SONUÇLAR	45
6.1. Arıtım Tecrübelerinden Çıkan Atıksuların Özellikleri	45
6.1.1. A Seramik Fabrikası atıksularının özellikleri	47
6.1.2. B Seramik Fabrikası atıksularının özellikleri	48
6.1.3. C Seramik Fabrikası atıksularının özellikleri	50
6.1.4. D Kağıt Fabrikası atıksularının özellikleri	52
6.2. Filtreleme-Yumaklaştırma Yöntemiyle Arıtım Sonuçları	53
6.2.1. C Seramik Fabrikası atıksuyunun filtreleme-yumaklaştırma ile arıtım sonuçları	57
6.2.2. D Kağıt Fabrikası atıksuyunun filtreleme-yumaklaştırma ile arıtım sonuçları	64
7. SONUÇLARIN TARTIŞILMASI	74
7.1. Atıksuların Özelliklerinin SKEM'le Uyumluğunun Tartışılması	74
7.1.1. A Seramik Fabrikası atıksularının özelliklerinin tartışılması	74

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
7.1.2 B Seramik Fabrikası atıksularının özelliklerinin tartışılması	74
7.1.3. C Seramik Fabrikası atıksularının özelliklerinin tartışılması	75
7.1.4. D Kağıt Fabrikası atıksularının özelliklerinin tartışılması	76
7.2. Pıhtılaştırma ile Arıtım Bulgularının Tartışılması	77
7.2.1. C Seramik Fabrikası ham atıksuyunun pıhtılaştırma ile arıtım bulgularının tartışılması	77
7.2.2. D Kağıt Fabrikası ham atıksuyunun pıhtılaştırma ile arıtım bulgularının tartışılması	78
8. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER	80
8.1. Genel Sonuçlar	80
8.2. Öneriler	81
EK AÇIKLAMALAR	83
Ek Açıklamalar-A	
ENDÜSTRİYEL ATIKSU DEĞARJ STANDARTLARI	
A.1. Maden Sanayii Atıksularının Alıcı Ortama Değarj Standartları	83
A.2. Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayilerin Atıksularının Alıcı Ortama Değarj Standartları	84
KAYITLAR	86

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Kirletici türüne ve tanecik büyüklüğüne göre uygulanan temel atıksu arıtım işlemleri	13
3.2. Fizikokimyasal arıtım tesisi akım şeması	16
4.1. Negatif yüklü kolloid parçacığı için çift tabaka	23
4.2. Yüklü bir hidrofilik kolloid parçacığı çevresindeki elektrostatik potansiyeller	24
4.3. Hidrofobik kolloidin zeta potansiyelinin zıt yüklü iyon kullanımıyla düşürülmesi	24
4.4. İki kolloidal parçacık arasındaki uzaklığın itme ve çekme kuvvetleri üzerindeki etkisi	25
4.5. Alüminyum ve demirin hidroksitlerinin çözünürlüklerinin pH'la değişimi	29
4.6. Gerekli karıştırma hızı ve pıhtılaştırıcı kimyasal maddenin optimum dozunun belirlenmesi için laboratuvar düzeneği	32
6.1. C Seramik Fabrikası ham atıksuyunun superfloc'la arıtımında superfloc niceliğine karşı arıtmadan sonraki KDI değerleri	58
6.2. C Seramik Fabrikası ham atıksuyunun superfloc'la arıtımında superfloc niceliğine karşı arıtmadan sonraki AKI değerleri	59
6.3. C Seramik Fabrikası ham atıksuyunun superfloc'la arıtımında superfloc niceliğine karşı arıtmadan sonraki KDI değerleri	60
6.4. C Seramik Fabrikası ham atıksuyunun superfloc'la arıtımında superfloc niceliğine karşı arıtmadan sonraki AKI değerleri	60
6.5. C Seramik Fabrikası ham atıksuyunun $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ile arıtımında $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ niceliğine karşı arıtmadan sonraki pH değerleri	61
6.6. C Seramik Fabrikası ham atıksuyunun $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ile arıtımında $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ niceliğine karşı arıtmadan sonraki KDI değerleri	62
6.7. C Seramik Fabrikası ham atıksuyunun $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ile arıtımında $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ niceliğine karşı arıtmadan sonraki AKI değerleri	62
6.9. D Kağıt Fabrikası ham atıksuyunun $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ve $FeCl_3 \cdot 6H_2O$	

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
ile arıtımında çöktürücü niceliğine karşı arıtımdan sonraki pH değerleri	66
6.9. D Kağıt Fabrikası ham atıksuyunun $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ve $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ile arıtımında çöktürücü niceliklerine karşı arıtımdan sonraki KODI değerleri	66
6.10. D Kağıt Fabrikası ham atıksuyunun $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ve $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ile arıtımında çöktürücü niceliklerine karşı arıtımdan sonraki AKM değerleri	67
6.11. D Kağıt Fabrikası ham atıksuyunun superfloc ve sedipur ile arıtımında çöktürücü niceliklerine karşı arıtımdan sonraki KODI değerleri	70
6.12. D Kağıt Fabrikası ham atıksuyunun superfloc ve sedipur ile arıtımında çöktürücü niceliklerine karşı arıtımdan sonraki AKM değerleri	70
6.13. D Kağıt Fabrikası ham atıksuyunun $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ve superfloc'un bir arada kullanımıyla arıtımında çöktürücü niceliğine karşı arıtımdan sonraki KODI değerleri	72

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Atıksuların kirlilik özellikleri ve bunlara neden olan kaynaklar	8
3.1. Arıtım tesisi birimlerinin etkinlikleri	19
4.1. Elektrolitlerin görelli pıhtılaştırma yetenekleri	26
6.1. 26.10.1988 tarihinde A Seramik Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin analiz sonuçları	46
6.2. 28.10.1988 tarihinde A Seramik Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin analiz sonuçları	46
6.3. 3.11.1988 tarihinde A Seramik Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin analiz sonuçları.....	47
6.4. A Seramik Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin kirlilik parametrelerinin üç işgünü için ortalama değerleri	47
6.5. 26.10.1988 tarihinde B Seramik Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin analiz sonuçları	48
6.6. 28.10.1988 tarihinde B Seramik Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin analiz sonuçları	48
6.7. 3.11.1988 tarihinde B Seramik Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin analiz sonuçları	49
6.8. B Seramik Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin kirlilik parametrelerinin üç işgünü için ortalama değerleri	49
6.9. 19.1.1989 tarihinde C Seramik Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin analiz sonuçları	50
6.10. 14.2.1989 tarihinde C Seramik Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin analiz sonuçları.....	50
6.11. 22.5.1989 tarihinde C Seramik Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin analiz sonuçları	51
6.12. C Seramik Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin kirlilik parametrelerinin üç işgünü için ortalama değerleri	51
6.13. 20.10.1988 tarihinde D Kağıt Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin analiz sonuçları	52

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
6.14. 26.10.1988 tarihinde D Kağıt Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin analiz sonuçları	52
6.15. 28.10.1988 tarihinde D Kağıt Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin analiz sonuçları	53
6.16. D Kağıt Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin kirlilik parametrelerinin üç işgünü için ortalama değerleri	53
6.17. 18.7.1989 tarihinde D Kağıt Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin analiz sonuçları	54
6.18. 19.7.1989 tarihinde D Kağıt Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin analiz sonuçları	55
6.19. 20.7.1989 tarihinde D Kağıt Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin analiz sonuçları	55
6.20. D Kağıt Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin kirlilik parametrelerinin üç işgünü için ortalama değerleri	56
6.21. C İşletmesinden 22.5.1989'da saat 16.15'te alınan ham atıksuyun özellikleri	57
6.22. C Seramik Fabrikası ham atıksuyunda superfloc'la pıhtılaştırma ile elde edilen analiz sonuçları	59
6.23. C Seramik Fabrikası ham atıksuyunda superfloc'la pıhtılaştırma ile elde edilen analiz sonuçları	39
6.24. C Seramik Fabrikası ham atıksuyunda $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ile pıhtılaştırmayla elde edilen analiz sonuçları	61
6.25. Çökelme hızına $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ 'nun etkisi	63
6.26. C Seramik Fabrikası ham atıksuyunda $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ve superfloc'un birlikte kullanımıyla pıhtılaştırmada elde edilen analiz sonuçları	63
6.27. D İşletmesinden 18.7.1989'da alınan ham atıksuyun özellikleri	64
6.28. D Kağıt Fabrikası ham atıksuyunda $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ile pıhtılaştırmayla elde edilen analiz sonuçları	65

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
6.29. D Kağıt Fabrikası ham atıksuyunda $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ 'le pıhtılaştırma ile elde edilen analiz sonuçları	65
6.30. $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ 'nun çökelme hızına etkisi	67
6.31. $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ 'nun çökelme hızına etkisi	68
6.32. D Kağıt Fabrikası ham atıksuyunda superfloc ile pıhtılaştırmayla elde edilen analiz sonuçları	69
6.33. D Kağıt Fabrikası ham atıksuyunda sedipur ile pıhtılaştırmayla elde edilen analiz sonuçları	69
6.34. Sedipur'un çökelme hızına etkisi	71
6.35. D Kağıt Fabrikası ham atıksuyunda $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ve superfloc'un bir arada kullanılmasıyla pıhtılaştırmada elde edilen analiz sonuçları	72
6.36. Superfloc ve $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ 'ın birlikte kullanımının çökelme hızına etkisi	73
A.1. Maden sanayi (seramik ve topraktan kap-kacak yapımı ve benzerleri) atıksularının alıcı ortama deşarj standartları	83
A.2. Selüloz, kağıt, karton ve benzeri sanayilerin (nişasta katkısız kağıt) atıksularının alıcı ortama deşarj standartları	84
A.3. Selüloz, kağıt, karton ve benzeri sanayilerin (nişasta katkılı kağıt) atıksularının alıcı ortama deşarj standartları	85
A.4. Selüloz, kağıt, karton ve benzeri sanayilerin (saf selülozdan elde edilen ince dokulu kağıt) atıksularının alıcı ortama deşarj standartları	85

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
A	van der Waals çekim kuvvetini gösteren eğri (Şekil 4.4'te)
E_b	Enerji engeli (Şekil 4.4'te)
H	Sıvı yüksekliği (m)
L	Savak genişliği (m)
P_m	Minimum potansiyel enerji noktası (Şekil 4.4'te)
Q	Debi (m^3/s)
R	Elektrostatik kuvveti gösteren eğri (Şekil 4.4'te)
R_1	Birinci elektrolit derişimi için elektrostatik kuvveti gösteren eğri (Şekil 4.4'te)
R_2	İkinci elektrolit derişimi için elektrostatik kuvveti gösteren eğri (Şekil 4.4'te)
R_3	Üçüncü elektrolit derişimi için elektrostatik kuvveti gösteren eğri (Şekil 4.4'te)
S	Net kuvveti veren eğri (Şekil 4.4'te)

Kısaltmalar

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AKM	Akıda katı madde (mg/l)
BASF	Batı Almanya'da kimyasal madde pazarlayan bir firmanın adı
BOI	Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (mg/l)
BOİ ₅	Biyokimyasal oksijen ihtiyacının beş günlük değeri (mg/l)
ÇKMH	Çökebilir katı madde hacmi (ml/l)
dk	Dakika
g	gram
İTÜ	İstanbul Teknik Üniversitesi
KOI	Kimyasal oksijen ihtiyacı (mg/l)
kg	kilogram
l	litre
m	Metre
mg	Miligram

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
pH	Hidrojen iyonu molar derişiminin eksi logaritması
PVC	Poli Vinil Klorür
SKKY	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
st	Saat
vb	ve böyle

1. GİRİŞ

Çevre kirliliği fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkenlerle çevrenin doğal durumunun bozulması olarak tanımlanabilir. Hızlı nüfus artışı, endüstrileşme ve kentleşme sonucu çevre kirliliği büyük bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır.

Çevre kirliliği kapsamı içerisinde yer alan su kirliliği; su kaynağının kimyasal, fiziksel, bakteriyolojik, radyoaktif, ekolojik özelliklerinin olumsuz yönde değişmesi şeklinde gözlenen ve doğrudan ya da dolaylı yoldan biyolojik kaynaklarda, insan sağlığında, balıkçılıkta, su kalitesinde, suyun diğer amaçlarla kullanımında engelleyici bozulmalar yaratacak madde ya da enerji atıklarının boşaltılmasını kapsar (Resmi Gazete, 1988).

Su kirliliğinin oluşmasının asıl nedeni, giderek artan atık miktarının doğanın özümleme sınırlarını aşmasıdır. Su kirliliğinin bugün ulaştığı düzey, atıksuların mutlaka arıtılarak alıcı ortamlara verilmesini zorunlu kılmaktadır. Ancak arıtım amacıyla tesislerin kurulmasının ve çalıştırılmasının kâr getirmeyen yatırımlar olarak görülmesi, bazı atıklar için arıtım tesislerinin karşılanamayacak düzeyde mali yük getirmesi, bu alana yatırım yapılmasını engellemekte ya da geciktirmektedir.

Endüstriyel tesisler için su kirliliğinin önlenmesi amacıyla sürece dönük önlemlerle atık miktarının azaltılması ve atık niteliğinin değiştirilmesi büyük önem taşır.

Su kirliliği tüm dünya için çözümlenmesi gereken bir sorun haline gelmiştir. Yurdumuzda da nüfusun yirminci yüzyılın başlarından bu yana hızla artması, göçlerin çoğalması, artan şehirleşme; bunların sonucu olarak endüstri ve ulaşım gelişimi çevre sorunlarının kapsamını genişleterek içinde bulunduğumuz durumu yaratmıştır. Haliç, İzmit Körfezi ve Marmara Denizi akut kirlenme problemleri gibi. Yasa ve yönetmelikler çerçevesinde uygulamaya yönelik giderek daha etkin önlemler alınmaya başlanması ve kamuoyunun bilinçlenmesi paralelinde soruna sahip çıkılmaya başlanmıştır (Müezzinoğlu, 1973, Çelebi, 1989).

Bu çalışmada Bozüyük (Bilecik) yöresindeki farklı üç seramik fabrikası ve bir kağıt fabrikasının atık sularının özellikleri belirlenmiştir. Fabrikalarda atıksu arıtımı uygulanmasına rağmen seramik fabrikalarından ikisinde ve kağıt fabrikasında kirlilik parametreleri, "Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği"nde öngörülen sınır değerlerin altına düşürülememektedir. Bu yüzden fabrikalardaki arıtım tesislerine uygun olarak, bir seramik fabrikası ve

kağıt fabrikası ham atıksularının arıtılması pıhtılaştırma-yumaklaştırma yöntemiyle incelenmiştir. Bu yöntemde pıhtılaştırıcı olarak $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, $FeCl_3 \cdot 6H_2O$, ticari isimleri sedipur (BASF Firması) ve superfloc 220 (American oyanamid firması) olan organik polielektrolitler kullanılmıştır. Ayrıca superfloc 220 ve $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ 'nun bir arada kullanımını da denenenmiştir.

1.1 Ülkemizdeki Yasal Düzenlemeler

Su kirliliğinin önlenmesi amacıyla ülkemizde çeşitli yasal düzenlemeler yapılmış bulunmaktadır. Yurdumuzda bu konuyla ilgili ilk düzenleme de 22 Mart 1971'de 1380 sayılı "Su Ürünleri Kanunu"yla su ürünleri üretimi ve üretim yerlerinin sınıflandırılmasına ait hükümler getirilerek uygulanacak cezai hükümler belirtilmiştir (Resmi Gazete, 1971). Buna bağlı olarak her yıl sirkülerler yayımlanmaktadır. Örneğin, Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığının çıkarmış olduğu 1985 tarihli ve 18680 sayılı sirkülerin dördüncü bölümünde sulara boşaltılacak atıklar için deşarj kriterleri, beşinci bölümünde deniz ve iç sularla ilgili genel hükümler verilmiştir. Altıncı bölümde ise 1380 sayılı kanunda belirtilen cezaların uygulanacağı açıklanmıştır (Resmi Gazete, 1985).

11 Ağustos 1983 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan 2872 nolu "Çevre Kanunu" çevrenin korunmasına kabul edilebilir bir yaklaşımla ele almıştır.

13 Mart 1984 tarihinde 18340 sayılı Resmi Gazete'de İSKİ (İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi) Genel Müdürlüğünce "Atık Suların Kanalizasyon Şebekesine Deşarj Yönetmeliği" yayımlanmıştır. Bu yönetmelik atıksuların kanalizasyon şebekelerine bağlanmalarına, vidanjör ve benzeri bir araç ile taşınarak kanalizasyon şebekelerine boşaltılmalarına, kanalizasyon şebekesi bulunmayan yerlerde çevre kirlenmesine yol açmayacak bir düzeyde arıtılarak uzaklaştırılma ve uygun alıcı ortama verilmeleri ile kanalizasyon şebekesinin kullanım ve korunmasına ilişkin esas yöntem ve kısıtlamaları belirlemektedir. Son olarak 4 Eylül 1988'de 19919 sayılı Resmi Gazete'de "Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY)" yayımlanmıştır. Yönetmeliğin amacı; Ülkenin yeraltı ve yerüstü su kaynakları potansiyelinin her türlü kullanım amacıyla korunmasını, en iyi bir biçimde kullanımın sağlanmasını ve su kirlenmesinin önlenmesini ekonomik ve sosyal kalkınma hedefleriyle uyumlu olarak gerçekleştirmek üzere su kirliliğinin kontrolü esaslarının belirlenmesi için gerekli olan hukuki ve teknik esasların ortaya konulmasını sağlamaktır.

Yönetmelikte evsel atıksular ve farklı endüstrilerin atıksuları için ölçülmesi gereken parametreler, bunların öngörülen sınır değerleri çizelgeler halinde verilmiştir. SKKY'ni takiben 12 Mart 1989' da 20106 sayılı Resmi Gazete'de SKKY "İdari Usuller Tebliği" yayımlanmıştır. Bu tebliğin amacı; SKKY'nin öngördüğü sorumluluk, izin alma esaslarıyla ilgili idari usul ve uygulamaları düzenlemektir. Yine aynı tarih ve sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Suda Tehlikeli ve Zararlı Maddeler Tebliği" nin amacı ise SKKY'ne yüzeysel ve yeraltı sularının korunması açısından suda tehlikeli ve zararlı olarak kabul edilen maddelerle ilgili düzenlemelerin yapılmasıdır(Resmi Gazete, 1989). SKKY' nde sözü edilen "Numune Alma ve Analiz Metodları", "Teknik Usuller", "Atıksu Altyapı Tesisleri", "Atıksu Deşarjında İnilebilecek En Düşük Kirlilik Konsantrasyonları" tebliğleri henüz yayımlanmamıştır(Ağustos 1989'da).

1.2 Daha Önce Yapılan Çalışmalar

İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Cevher Hazırlama Kürsüsünce Mayıs 1978'de Bozüyük yöresindeki bir seramik fabrikası endüstriyel atıksuyunun arıtılması ile ilgili olarak fabrika alanında incelemeler ve debi ölçümleri yapılmış, çeşitli zamanlarda alınan numuneler laboratuvarında çöktürme deneylerinde kullanılmıştır. Atıksulardaki katı miktarının bir gün boyunca 1,5-13 kg/m³ arasında değiştiği belirlenmiştir. Debinin ise 3-12 m³/st arasında değiştiği gözlenmiştir. Atıksuların arıtımı için inorganik bileşiklerle yapılan çöktürme deneylerinde sodyum hidroksit, kireç ve alüminyum sülfatın çökme hızını artırdıkları, duru su elde edilmesine yardımcı oldukları görülmüştür. Kullanılan inorganik bileşiklerin miktarları 0,5 g/l civarındadır. Organik pıhtılaştırıcı olarak American Cyanamid firmasının superfloc 220 isimli polielektroliti kullanılmış 0,1-0,4 mg/l mertebesindeki polielektrolitle çok uygun çökme durumları ölçülmüştür(Bayraktar vd., 1978).

Bozüyük yöresindeki endüstriyel atıksuların özelliklerinin belirlenmesi ve pıhtılaştırma- yumaklaştırma ile arıtımına yönelik daha önceden yapılan başka bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bununla beraber Eskişehir yöresindeki bazı atıksular için pıhtılaştırma ile arıtıma yönelik çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Yeğin ve Özdemir (1988) Eskişehir'de bir pamuklu tekstil fabrikası atıksuyunun kimyasal pıhtılaştırma ve adsorpsiyon yöntemleriyle arıtılması

üzerinde çalışmıştır. Bu çalışmada alınan atıksu örneklerinin çok kirli olduğu ve doğrudan Porsuk çayına verilmemesi gerektiği anlaşılmıştır. 1390 sayılı Su Ürünleri Yasası (1971) uyarınca her yıl yayımlanan sirkülerde yer alan sınır değerlerin çoğunun bu atıksuda aşıldığı gözlenmiştir. Atıksuyun sirkülerde yer almayan renk konusunda da son derece olumsuz bir görünüme sahip olduğu görülmüştür. Fıhtılaştırma-yumaklaştırma ile arıtım deneylerinde çöktürücü olarak $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ve uçucu kül kullanılmıştır. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) gideriminin düşük dozlarda (100 mg/l) $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ 'ün, yüksek dozlarda (1000 g/m³) $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ 'ın daha etkin olduğu, biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) ve pH değerindeki azalmada tam bir paralellik olduğu görülmüştür. Uçucu külün KOİ gideriminde fazla etkin olmamakla beraber BOİ gideriminde diğer çöktürücülerden aşağı kalmadığı, çok ucuza sağlanabildiği; ancak pH giderimini sağlayamadığından asitle beraber kullanılmasının gerektiği ve renk gideriminde etkin olmadığı belirlenmiştir.

Öztürk vd.(1989)'de yine aynı pamuklu tekstil fabrikası atıksuyunun arıtılabilirliğini incelemek için bir çalışma yapmıştır. Kimyasal pıhtılaştırma da $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ve $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ile istenen arıtım sağlanmıştır. 100 mg/l $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ 'ın bile KOİ ve pH değerini SKKY'nce öngörülen sınırların altına indirdiği görülmüştür. pH değerinin SKKY'nce öngörülen aralığın altına inmemesi için $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ 'ın 700 mg/l ve $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ 'ün 450 mg/l'den daha fazlasının kullanılmaması gerektiği belirlenmiştir. Organik polielektrolit kullanımıyla pek olumlu sonuçlar elde edilememiştir.

Özgen ve Sürücü (1983) tarafından yapılan bir çalışmada $NaAlO_2$ (sodyum alüminat) ve kullanımı daha yaygın olan alüminyum sülfat, kanalizasyon suyunun fizikokimyasal yöntemle arıtılmasında yumaklaştırıcı olarak kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan atıksu; Heberlee (Belçika) şehri kanalizasyon suyu olup, evsel atıksularla yüzey sularını içermektedir. Jar testleri ve paralel olarak çalıştırılan sürekli akımlı pilot tesislerde yapılan deneyler sodyum alüminatın alüminyum sülfata göre daha az verimli olduğunu göstermiştir. Sodyum alüminat için çalışılabilir pH aralığının daha dar olduğu, suyun sistemde kalış süresinin, yumaklaştırıcı seçimi ve çamur arıtımı açısından önemli bir parametre olduğu belirlenmiştir.

Şengil (1983) tarafından yapılan bir çalışmada doğal bir şap minerali olan alünitin ($KAl_2(SO_4)_2(OH)_6$) kalsine edilip ya da kalsinasyonu takiben

sülfürik asitle reaksiyona sokulduktan sonra pıhtılaştırıcı madde olarak kullanılabilceği belirlenmiştir. Deneylerde kil ile bulanıklık ve sodyum karbonatla alkaliliğin sağlandığı yapay atıksular kullanılmıştır. Kalsine alümit ve sülfürik asitle reaksiyona sokulmuş alümitin (silisli süspansiyon), alüminyum sülfatla benzer özelliklere sahip pıhtılaştırıcılar olduğu, kalsine alümitin, alüminyum sülfata göre daha geçirgen ve daha büyük çaplı yumaklar oluşturduğu, silisli süspansiyonun alüminyum sülfata göre daha geçirgen fakat biraz daha küçük çaplı yumaklar verdiği gözlenmiştir. Bu sonuçlara göre kalsine alümitin alüminyum sülfattan daha etkin bir pıhtılaştırıcı olduğu anlaşılmıştır. Fakat alüminyum sülfattan beş kez daha pahalı olması nedeniyle kalsine alümitin ekonomik olmadığına karar verilmiştir. Silisli süspansiyon ise alüminyum sülfattan daha küçük çaplı yumaklar oluştursa da her iki pıhtılaştırıcının yumak hacimleri arasında pek fazla fark gözlenmemiştir. Ucuz olması nedeniyle silisli süspansiyonun alüminyum sülfatın yerine kullanılabilceğine karar verilmiştir.

Çelebi ve Yeşilnacar (1988) tarafından yapılan bir çalışmada evsel atıksu ve yapay olarak kirletilmiş nehir suyu örneklerinin pıhtılaştırma-yumaklaştırma yöntemiyle arıtımı denemiştir. Çalışmalarda temel pıhtılaştırıcı olarak alüminyum sülfat ya da demir (III) klorür, pıhtılaştırma yardımcısı olarak da katyonik ya da anyonik polielektrolitler kullanılmıştır. Pıhtılaştırıcı, polimer dozları ve pH standart jar-testi yardımıyla optimize edilmiş ve çeşitli konsantrasyonlarda kirlilik içeren nehir sularının arıtılmasında KOD, renk ve bulanıklık parametreleri izlenmiştir. Elde edilen sonuçlar nehir suyu arıtımında polielektrolitlerin kullanımı açısından ümit verici bulunmuştur.

Şengül (1983) tekstil sanayi atıksularında organik madde ve renk giderme konusunda çalışmıştır. Çöktürücü olarak demir (II) sülfat, alüminyum sülfat ve uçucu kül kullanılmıştır. Renk giderme için aktif karbon ve sodyum hidro sülfid ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)'de denemiştir. 2 g/l alüminyum sülfatla KOD'de % 85 ve renkte % 35 giderim sağlanmıştır. 1 g/l demir (II) sülfatla KOD'de % 78 ve renkte % 38 giderim sağlanmıştır. 6 g/l uçucu külle KOD'de % 75 ve renkte % 36 giderim sağlanmıştır. Uçucu külün tekstil sanayi atıksularında renk gidermede alüminyum sülfat ve demir (II) sülfat kadar verimli olduğu gözlenmiştir.

Boya endüstrisi atıksularında pıhtılaştırma-yumaklaştırma-çöktürme işleminden sonra üstte kalan atıksu ile evsel atıksu 2/1 oranında

karıştırılmış ve elde edilen atıksu aktif çamur yöntemiyle arıtılarak % 95 tesis arıtım verimine ulaşılmıştır(Baban ve Çamlılar, 1986).

Şengül (1983) tarafından yapılan çalışmada bazı zeytinyağı tesislerinden alınan atıksuların kirlilik özellikleri belirlenmiştir. Atıksuların arıtımı için kireçle kimyasal pıhtılaştırma ve flotasyon denenmiştir. Çalışma sonunda kimyasal arıtım ve flotasyonla arıtımın verimlerinin hemen hemen eşit olduğu belirlenmiştir. Kimyasal pıhtılaştırma deneyleri sonuçlarına göre optimum doz KOİ'de % 56 giderim sağlayan 10 g/l CaO olarak belirlenmiştir. Kimyasal pıhtılaştırma ve flotasyonun ayrı ayrı önarıtım işlemi olarak zeytinyağı işletmeleri atıksularının arıtımında etkin olduğu belirlenmiştir.

Yapılan bir çalışmada üniversitelerde sanatsal ve mesleki aktiviteler sonucunda oluşan atıksulardaki boyanın giderimi incelenmiştir. Organik maddeler aktif karbonla adsorpsiyon yöntemiyle giderilirken ağır metaller demir (III) klorürle giderilmiştir(Ikatsu et al., 1987).

Atıksu arıtımında kullanılan pıhtılaştırıcılar (alüminyum sülfat ve demir (III) klorür) çamurların anaerobik çürütülmelerini olumsuz etkilemektedir. Yapılan bu çalışma çürütülebilirliği pıhtılaştırıcılardan en çok etkilenen organik maddelerin belirlenmesini içermektedir. Ham atıksu, aktif çamur, proteinler, glisin, selüloz, glukoz, bütirik ve palmitik asitler üzerinde çalışılmıştır. Ham atıksu Cayuga Heighs NY (ABD) atıksu arıtım tesisinden alınmış olup, evsel atıksuları içermektedir. Üzerinde çalışılan maddelerin çürütülebilirlikleri suda çözünmemeleri ya da alüminyum ve demirle kompleks oluşturmalarından fazlaca etkilenmektedir. Amino asitler, proteinler, uzun zincirli asitler özellikle etkilenirken, glukoz ve bütirik asit etkilenmemektedir. Selüloz ılımlı olarak etkilenir. Kimyasal etkileşimlerin pıhtılaştırıcı etkisini belirlemede önemi vardır(Dental and Gosset, 1981).

Wang (1977) tarafından yapılan bir çalışmada evsel kaynaklı karışık bir atıksu büyük ama taşınabilir sistemde 750 mg/l toz karbon 50 mg/l katyonik pıhtılaştırıcı ilave edilip durultma işleminden sonra diatomit içeren süzgeçten süzülerek arıtılmış ve bulanıklıkta % 99,9; BOİ'de % 81 arıtım sağlanabilmektedir.

Bir başka çalışmada evsel atıkların arıtımında birleşik fizikokimyasal ve biyolojik sürecin kullanılabilirliği incelenmiştir. Pıhtılaştırma-yumaklaştırma basamağında 300 g/m³ FeClSO₄, 200 g/m³ Ca(OH)₂ ve 0,5 g/m³ anyonik polimer birlikte kullanıldığında askıda katı maddede % 94, BOİ'de %74,

KOI'de % 72 giderim sağlanmıştır. İkinci basamak olan biyolojik filtrasyonda saf oksijen kullanılarak 20 kg BOİ/(m²)(gün) yükleme için askıda katıda % 71, BOİ'de % 54 giderim sağlanmıştır. Böylece sistemin toplam etkinliği çok yüksek olmaktadır (Picard, 1978).

Yapılan bir çalışmada akrilamid ve akrilik asit monomerlerinin değişik molar oranları ile beş anyonik polielektrolit hazırlanmıştır. Optimum flokülasyon koşulları polielektrolit ve numunenin özelliklerine bağlı olarak belirlenmiştir. Çalışmalarda yapay bulanıklık ve alkaliliğin sağlandığı atıksu kullanılmıştır. Alüminyum sülfat ve polielektrolitler için optimum hızlı karıştırma süresi 1-2 dk yavaş karıştırma süresi 10-25 dk ve karıştırma şiddeti 20-30 devir/dk olarak belirlenmiştir. Flokülasyonun etkinliğinin ortamın pH değeriyle ters orantılı olduğu gözlenmiştir. KOİ ve koliform bakterilerinde sırasıyla % 65 ve 98 azalma olduğu belirlenmiştir (Bhaskar and Gupta, 1987).

Demokratik Alman Cumhuriyeti ve Sovyetler Birliğinde ortaklaşa yürütülen bir çalışmada (Böhler et al., 1978) pıhtılaştırıcı (flokülant) maddelerin içme ve kullanma suyu hazırlanmasında, kolloidal bulanıklık ve renk veren maddelerin gideriminde çok önemli rol oynadığı; özellikle metal tuzları yanı sıra organik polielektrolitlerin kullanımının çökeltme davranışını iyileştirdiği belirlenmiştir. Ayrıca filtre işleminden önce pıhtılaştırıcı madde ilavesi filtre verimini artırmaktadır. Bu uygulama özellikle aşırı yükleme durumlarında yararlı olmaktadır. Atıksu arıtımında pıhtılaştırıcı madde kullanımı özellikle biyolojik olarak arıtılamayan endüstriyel atıksularda önemlidir. Fosfor giderme amacıyla da bu maddeler kullanılabilir ve bu işlem sırasında üçüncül arıtımla erişilebilecek nitelikte atıksu elde edilebilecek şekilde BOİ, KOİ ve bulanıklık giderimlerinde sağlanabilmektedir. Biyolojik arıtımla arıtılabilen atıksularda yalnızca biyolojik arıtım uygulamakla elde edilecek su niteliği; pıhtılaştırma-yumaklaştırma-çökeltme-süzme işlemleri dizisiyle erişilenden daha düşüktür. Ancak evsel atıksularda biyolojik arıtım daha ekonomiktir.

Çamurun mekanik işlenmesi sırasında özellikle pıhtılaştırıcı ilavesi olumlu etki yapmaktadır. Organik pıhtılaştırıcılar içme suyu hazırlamada kullanılacaksa monomer içermemelidir (Böhler et al., 1978).

2 SULARI KIRLETEN BAZI KAYNAKLAR

Günümüzde kentlerde ya da yakın çevrelerinde kurulmuş, özellikle kimya, besin, kağıt, deri endüstrisi gibi çeşitli fabrikalarda oluşan atıksular; kentsel atıklar ve kanalizasyon sularının yanında yüzeysel suları kirleten en önemli kaynaklar haline gelmiştir. Fabrikaların yerleşimi, yararlanılan su kaynakları ve kontroller için pratik gereksinimlerin değişik olması nedeniyle, genel olarak kullanılabilir kontrol kriterleri ve standartların belirlenmesi çok güçtür. Fabrikalardan çıkan atıksuların kirlilik özellikleri kullanılan suyun doğasına bağlıdır ve atıksuyun boşaltılacağı alıcı ortamın kullanım amacına göre değişebilir. Bu amaca göre alıcı sular; halkın kullanabileceği, balık ve sudaki canlıların yaşamlarını sürdürebilecekleri, zirai amaçla ya da endüstriyel olarak kullanılabilir sular şeklinde gruplara ayrılabilir. Buna göre belirli kirleticilerin sınır değerleri belirlenebilir (Santaniello, 1971).

Atıksuların genel kirlilik özellikleri ve bunlara neden olan kaynaklar Çizelge 2.1'deki gibi özetlenebilir.

Çizelge 2.1 Atıksuların kirlilik özellikleri ve bunlara neden olan kaynaklar(Pekin, 1983)

Atıksuyun kirlilik özelliği	Kirlenmeye neden olan kaynaklar
1)Fiziksel Kirlenme	
Renk	Kentsel ve endüstriyel atıklardan Doğal organik maddelerin ayrışmasından
Koku	Kentsel ve endüstriyel atıklardan Doğal organik maddelerin ayrışmasından
Sıcaklık	Özellikle endüstriden
Katı tanecikler	Kentsel ve endüstriyel atıklardan Toprak aşınmasından (erozyon)
2)Kimyasal kirlenme	
Karbonhidratlar	Kentsel ve endüstriyel atıklardan
Yağlar, petrol ve gres- ler	Kentsel ve endüstriyel atıklardan ve pet- rol tankerlerinin depolarını yıkayarak de- nize dökmelerinden(sintine ve balast suyu)

Çizelge 2.1. (devam)

Festisitler	Endüstriyel ve tarımsal artıklardan
Fenoller	Endüstriden
Proteinler	Kentsel ve endüstriyel atıklardan
Yüzey aktif maddeler	Kentsel ve endüstriyel atıklardan
Öteki organik maddeler	Endüstri atıkları ve doğal organik maddelerin ayrışmasından
Klorür	Kentsel ve endüstriyel atıklardan, topraktan, suların sertliklerini gidermek amacıyla kullanılan iyon değiştiricilerden
Ağır metaller	Endüstriden
Azot	Kentsel, endüstriyel ve tarımsal atıklardan
Fosfor	Kentsel, endüstriyel ve tarımsal atıklardan
Kükürt	Kentsel ve endüstriyel atıklardan
Zehirli bileşikler	Endüstriden
Hidrojen sülfür	Endüstriden, özellikle kentsel atıkların bozunmasından
Metan	Kentsel atıkların havasız ortamda ayrışmasından
pH	Kent ve özellikle endüstri atıklarından
3)Biyolojik kirlenme	
Kayvansal	Açıkta kalan sular ve su arıtma tesislerinden
Bitkisel	Açıkta kalan sular ve su arıtma tesislerinden
Protista	Kentsel atıklardan ve su arıtma tesislerinden
Virüsler	Kentsel atıklardan

Suları kirleten endüstriyel kaynaklardan atıksuları ile çalışılan ikizi izleyen altbölümlerde kısaca tanıtılacaktır.

2.1. Kağıt Endüstrisinde Su Kirliliği

Kağıt fabrikası ürünleri genelde katkısız kağıt, kitap kağıdı, ince kağıt, kalın kağıt ve özel türler olarak sınıflandırılabilir.

Katkısız kağıt üretiminde başlıca askıda katı maddelerin giderimi gerekir.

Kitap kağıdı ya da basımda kullanılan kağıtlar, uygun bir dolgu maddesi genelde kille, kimyasal kağıt hamuru ve mekanik kağıt hamuru karışımlarından üretilir. Genelde parlaklığı sağlamak için kaplamada kil ya da kalsiyum karbonat ve beyazlığı artırmak için titanyum dioksit kullanılır. Temel kirlilik problemi dolgu ve kaplama süreçlerinden gelen minerallerden, lifli parçacıklar ilavesiyle oluşan askıda katı maddeden ileri gelir. Bu tip üretimde biyokimyasal oksijen ihtiyacı da oldukça yüksektir.

İnce kağıt; bu tür kağıtlar dekoratif kağıt dahil tuvalet kağıdı vb'yi kapsar. Bunlar, temelde kimyasal kağıt hamuru ve değişik miktarlarda lif içerir. Kimyasal pıhtılaştırma yöntemiyle bu tip üretimlerde oluşan atıksularda biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve çökebilene katı madde hacmi azaltılır. Bu atıksularda çok az miktarlarda da çözülmüş madde bulunur.

Kalın kağıtlar; karton, mukavva, inşaat kağıdı vb'yi kapsar. Kalın kağıtların üretilmesiyle oluşan atıksularda temel kirlilik askıda katı maddelerden kaynaklanır.

Özel kağıtlar; sadece belirli amaçlarla kullanılan kağıtları kapsar (sigara kağıdı gibi).

Kağıt ve kağıt hamuru endüstrilerinde pek çok fabrika aynı ürünü üretir. Fakat bazı fabrikalar kirlilik problemlerini çözmek için ideal yolları kullanır.

Kağıt fabrikası atıksularının özellikleri beş ayrı grupta incelenebilir.

Askıda katılar: Lifler ya da lifli parçacıklardan, kaplama ve dolgu maddelerinden (killer, kalsiyum karbonat, titanyum dioksit) ileri gelen katılar kağıt fabrikası atıksularında bulunur. Çökebilene katılar toplam askıda katı yükünün % 75-90'ını içerir. Bunlar çamur halinde alıcı suyun dibine çöker. Nehir hızı düşük olduğunda birikerek kokuya neden olabilirler. Çökemeyen kısım titanyum dioksit, kil, parçalanmış dolgu ve kaplama maddelerini içerir. Bu kolloidal parçacıklar nehrin güneş ışığından yararlanarak kendi kendini temizleme özelliğini azaltır (Yurtseven, 1987; Shreve, 1985)

Çözülebilen organik maddeler: Selülozik lifler, kağıt hamuru yapımında kullanılan, ağaç kütüğünden alınması istenen tek maddedir ve doğada kütüğün yaklaşık yarısı lifsiz yapıdadır. Dolayısıyla kullanılan kağıt hamuru sürecine bağlı olarak organik maddenin % 50'si desarj edilebilir. Bu atığın önemli bölümü odun çekeri, karbonhidratlar ve diğer bileşiklerden oluşur. Bu maddeler sudaki mikroorganizmalara besin maddesi olurlar. Eğer atık küçük ve uniform miktarlarda desarj edilirse yararlı hale olabilir. Fazla miktarlar sudaki mikroorganizmaların aşırı büyümesine neden olur. Oksijen bu büyüme süreçleri sırasında tüketilir. Çözülmüş oksijenin tamamı kullanıldığında anaerobik bakteriler aktif hale gelir, çürümeyle beraber hoş olmayan kokular oluşur. Yüksek derisimler nehir yatağındaki çamuru artırır. Çamur büyümesi sonucunda biyolojik denge bozulur.

Estetik kirlilik: Renk, köpük, görünür kil ve titanyum dioksit parçaları şeklinde kendini gösterebilir. Kağıt endüstrisinin bu problemi çözebilen ve yüzebilen maddelerin birincil arıtımla giderilmesiyle ortadan kaldırılabılır (Billings, 1984).

Sulaki canlıların zehirlenmesine neden olan kirlilik: Bu daha çok kağıt üretimi yanında sabun üretimi söz konusu olduğunda geçerlidir. Fabrika çalışmaya başladığında borularda biriken maddelerin desarjı ile balıklar zarar görebilir.

Çözülebilen inorganik maddeler: Kağıt endüstrisi atıklarından gelen çözülebilen inorganik maddeler büyük sorun yaratabilir. Ancak sulaki klorür içeriğinin artması suyun korozyon etkisini artırır. Çözünmüş inorganik ve organik maddelerin değiştirilip, ayrılması ve suyun tekrar fabrikada kullanımı için ileri yöntemler (elektrodializ ve ters osmoz dahil) kullanılabilir. Ancak bu tecrübe gerektirir ve pahalıdır.

Kağıt fabrikalarında kaplama maddesi hazırlanmasında bazı iyonlar kullanılabilir. Kimyasal arıtımla isparatuvar ve pilot ölçekteki tesislerde sızdırları % 70-80 giderime ulaşılabilmektedir.

2.2. Seramik Endüstrisinde Bu Kirlilik

Seramik endüstrileri, bazen kil ürünleri ya da silikat endüstrileri olarak anılırlar. Bunun nedeni bu endüstri ürünlerinin esasen silikatlardan oluşmasıdır.

Klasik seramik ürünlerinin yapımında, üç ana hammadde kullanılır; bunlar

kil, feldispat ve kumdur. Killer az ya da çok safsızlık içeren hidratize alüminyum silikat olup, volkanik kayaların havadan etkilenmesiyle oluşmuştur ve feldispat önemli bir mineraldir.

Kil mineralleri olarak adlandırılan pek çok mineral türü vardır, fakat bunların en önemli olanları kaolinit ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$), montmorillonite [$(Mg, Ca)O \cdot Al_2O_3 \cdot 5SiO_2 \cdot nH_2O$] ve illite ($K_2O, MgO, Al_2O_3, SiO_2, H_2O$ hepsi değişik miktarlarda)'dir.

Endüstriyel yönden önemli kil minerallerinde, çeşitli miktarlarda feldispat, kuartz ve demir oksitleri gibi diğer safsızlıklar vardır. Seramik endüstrisinde kullanılan killerin hemen hepsinde önde gelen mineral kaolinittir. Bununla birlikte çok yüksek plastiklik istenilen yerlerde, montmorilloniti esas alan bentonit bir miktar kullanılır. Killerin fiziksel özellikleri ve içerisinde bulunan yabancı maddeler çok çeşitlidir, genellikle kalitenin yükseltilmesi gerekebilir. İyileştirme işlemi için köpük flotasyonu da kullanılabilir. Sodyum silikat ve şap gibi uygun bir katkı maddesi ile, kilin kolloidal özellikleri kontrol edilir.

Feldispatın üç genel tipi vardır, potas ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$), soda ($Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$) ve kireç ($CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$); bunların tümü belirli bir dereceye kadar seramik ürünlerde kullanılır. Bu mineraller ya kilin kendisinde vardır ya da sonradan katılır.

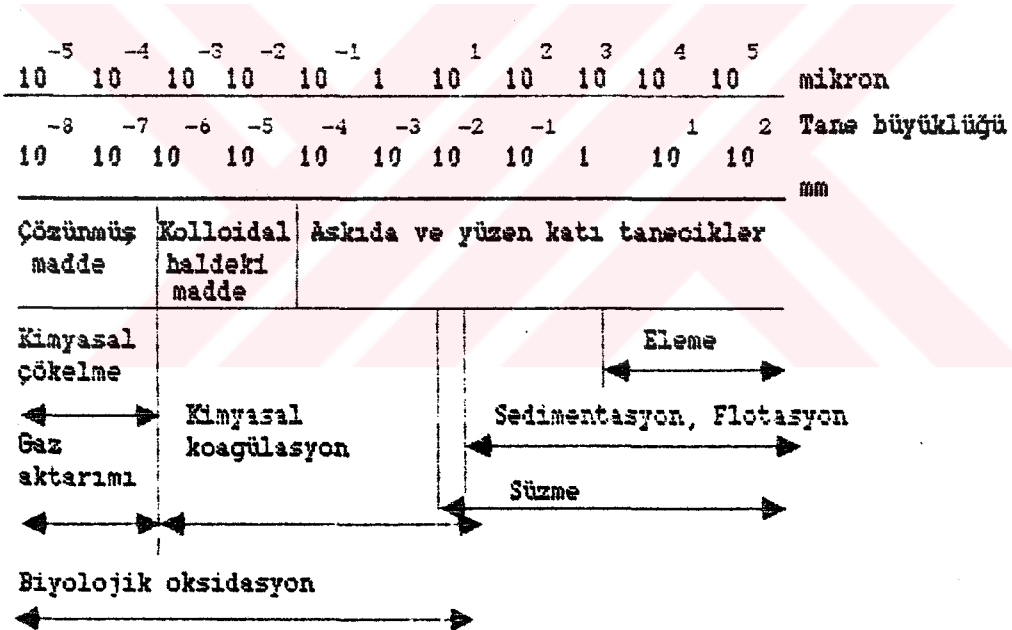
Üç temel maddeden başka eritici madde ve özel refrakter maddesi olarak diğer mineraller, tuzlar ve oksitler de kullanılır.

Üretimde hammaddenin yıkanması sırasında kil ve kaolin atıksularda askıda katı maddenin artmasına neden olur. Elek vb. gibi aletlerin yıkanmasında; sırlamada kabin yıkama, bant yıkamada; alçı kalıpta yıkama sırasında çok fazla miktarda su kaybı olmaktadır. Oluşan atıksularda özellikle askıda katı madde değeri yüksek olup, sırlamada boyalar ve sırdan kurşun ve kadmiyum sulara karışabilmektedir (Shreve, 1983).

3 ATIKSULARI ARITIM YÖNTEMLERİ

Suların çeşitli kullanımlar sonucunda atıksu haline dönüşerek kaybettikleri fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin bir kısmını ya da tamamını tekrar kazandırabilmek ya da boşaldıkları alıcı ortamın doğal fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştirmeyecek hale getirebilmek için uygulanan fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtım yöntemlerinden biri ya da birkaçı ile atıksular arıtılabilir (Resmi Gazete, 1988).

Atıksulardaki çözünmüş ve çözünmemiş organik ve inorganik maddeler büyüklüklerine göre askıda, kolloidal ve çözünmüş hallerde bulunurlar. Atıksudaki tanecik büyüklüğüne göre kullanılan arıtım işlemleri Şekil 3.1'deki gibi özetlenebilir (Pekin, 1983).



Şekil 3.1 Kirlenici türüne ve tanecik büyüklüğüne göre uygulanan temel arıtım işlemleri.

Atıksularda hastalık yapıcı mikrobiyolojik ya da kimyasal etkenler bulunabilir. Arıtılmamış ya da yetersiz arıtılmış atıksuların yaratacağı kirlilik klorlama ya da ozonlamayla giderilemez. Dozlama ve maliyet önemli faktörlerdir. Ayrıca arıtılmamış atıksulardaki kimyasal maddelerin elementel klor ile verdiği yeni bileşikler çevreye daha zararlı olabilir. Ancak

arıtımdan sonra dezenfeksiyon açısından klorlama ve ozonlama önemlidir (Bayraktar vd., 1987).

Atıksuların ileri düzeyde arıtımları amacıyla aktif karbonla adsorpsiyon, iyon değiştiricilerle istenmeyen iyonları ayırma, ters osmoz yöntemleri kullanılabilir (Pekin, 1988).

Aşağıda temel atıksu arıtım yöntemleri kısaca tanıtılacaktır.

3.1 Fiziksel Yöntemler

Fiziksel arıtımda iri askıda maddeler, yüzebilen ve kendi ağırlığıyla çökebilen maddeler atıksulardan aşağıda kısaca tanıtılan düzeneklerle ayrılabilir.

3.1.1 Izgaralar

Belik açıklığı 5 cm'den büyük olan izgaralar kaba 0,6 mm ile 5 cm arasında kalanlar orta ve 0,6 mm'den daha küçük olanlar ince izgaralar olarak sınıflandırılır. Genelde orta ya da kaba izgaralar pompa istasyonları ve arıtım sistemlerinde, büyük yüzen cisimleri ve bez parçalarını tutarak pompaları ve tasıma hatlarını korur. Izgaraların sabit, kaldırılabilen ya da bir akışın etrafında dönebilen şekilleri olabilir. Kaba izgaralarda 10^6 l atıksu başına 2,5-57 l malzeme atıksulardan ayrılır. Orta izgaralar yüzebilen maddelerin yüzde 6 ile 12'sini, kaba izgaralar ise en çok yüzde birkaçını tutabilir. Orta izgaraların yüzebilen maddeleri kurma yetenekleri 400x1000 mm'lik, malzeme 400x1000, yüksek basınçlı suyla, kaba kum ya da kagıt katmanları koyularak artırılabilir (Rudolf, 1987, Peavy, 1988).

3.1.2 Kum tutucular

Kum tutucular, genel olarak uzun, dikdörtgen şekilli iki ya da daha fazla bölüme oluşup, atıksulardan kolayca ayrılabilen inorganik maddeleri ayırır. Su hızını 0,15-0,30 m/s arasında tutacak şekilde tasarlanırlar. Kuramsal olarak sadece kum, kil ve diğer yüksek yoğunluklu maddeler tutulur ancak pratikte çökelti ile birlikte yavaş yavaş dibe çöker. Küçük tesisler genelde elle temizlenir. Büyük tesislerde ise mekanik temizleme yapılır (Rudolf, 1987).

3.1.3 Yağ yakalama düzenekleri

Önemli miktarda petrol, gres, sabun ve yağları içeren atıksuların önarıtımı için bu maddeleri sudan uzaklaştıracak özel havuzlar kullanılır. Kısa süre ile (3-5 dakika) suya hava verilirse gres ve petrol zerrelere hava kabarcıklarına yapışarak yüzeğe taşınır. Az miktarda asitler ya da klor bunların sudan ayrılmasını hızlandırır. Yağ yakalama havuzlarının yüzeylerinde toplanan maddeler elle ya da mekanik olarak ayrılır. Yağ ve benzeri yüzcü cisimlerin hacmi 7-28 l/m³ atıksu arasında değişir (Rudolfs, 1967).

3.1.4 Çöktürme havuzları

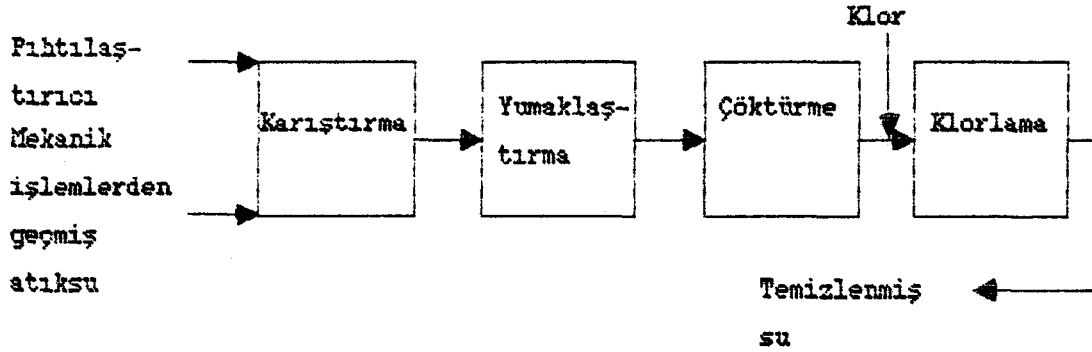
Çökebilien katı maddeler atıksulardan çöktürme havuzlarında ayrılır. Çökelme hızına etki eden faktörler: atıksuyun viskozitesi; taneciklerin büyüklüğü, şekli, özgül ağırlığı; sıcaklık; suyun mekanik olarak karıştırılması; suya kimyasal madde ve bazı ticari artıklar ilavesidir. Çökelme olayına etki eden faktörler ise; çöktürme havuzunun tasarım şekli, akış hızı ve kalış süresi, atıksuların özellikleri, havuzların temizliği, atıksu çamurlarının uzaklaştırılma şekli, tesisin işletilme yöntemidir. Mekanik olarak temizlenen ilk çöktürme havuzları iki saat kalış süresine göre, elle temizlenenler ise daha fazla kalış süresine göre tasarlanır (Rudolfs, 1967).

3.2 Fizikokimyasal Yöntemler

Modern fizikokimyasal arıtım işlemi atıksuya pıhtılaştırıcı madde ekleyerek çökemeyen katıları atıksudan ayırmaktan oluşur. Pıhtılaştırıcı maddeler su içindeki kolloidal parçaları bir araya getirerek yumaklar oluşturur (bkz. Bölüm 4).

Sadece fizikokimyasal arıtım, biyolojik arıtım kadar etkin değildir. Tipik bir fizikokimyasal arıtım tesisi akım şeması Şekil 3.2'de verilmiştir. Atıksu akımıyla orantılı olarak, iyi bir pıhtılaştırma ve çökebilien yumak oluşturacak miktarda pıhtılaştırıcı kuru halde ya da çözelti halinde atıksuya eklenir. Pıhtılaştırıcının atıksuyla iyice temas etmesi için hızlı karıştırma uygulanır. Yumaklaştırma biriminde atıksu ya döner kanatlarla ya da hava

verilerek yavaş yavaş karıştırılır. Atıksudaki pıhtılar çöktürme havuzundan geçerken çöker. Üstteki berrak su dezenfekte edilip alıcı ortama boşaltılabilir(Rudolfs, 1967).



Şekil 3.2 Fizikokimyasal arıtım tesisi akım şeması(Rudolfs, 1967).

Pıhtılaştırıcıların atıksu ile iyice karışması önemli faktörlerdendir. Çabuk çöken yumaklar oluşturmak için atıksularla pıhtılaştırıcı maddeler 1 dk hızlı karıştırılıp sonra 20-30 dk süreyle yavaş dönen kanatların arasından geçirilirler.

Fizikokimyasal arıtım işleminin verimi pıhtılaştırıcı madde miktarına ve atıksuyun özelliklerine göre değişir. Ekonomik dozlarla 50 g/m^3 askıda katı madde değerine inilebilir. Daha yüksek dozlarla askıda katı maddenin % 90 ve BOİ değerinin % 70 kadarı giderilebilir(Rudolfs, 1967).

3.3 Biyolojik Yöntemler

Biyolojik yöntemlerde kendi ağırlığıyla çökemeyen asılı ya da kolloidal taneceklerle, çözünmüş organik maddelerin giderimi mikroorganizmalar tarafından sağlanır. Bu maddeleri suda yaşayan canlılar besin ve enerji kaynağı olarak kullanır. Bu maddelerin bir kısmı enerjiye dönüştürülürken diğer bir kısmı hücre için gerekli yeni maddelerin biosentezinde kullanılır. Atıksularda gelişen ve arıtımda önem taşıyan başlıca organizmalar; bakteriler, mantarlar, algler, protozoalar, rotiferler, kabuklular ve virüslerdir. Organizmalar ve buna bağlı olarak arıtım sistemleri, oksijenin kullanılıp kullanılmadığına göre iki ana gruba ayrılır. Birinci grup moleküler oksijenden yararlanan ve oksijen bulunan yerlerde yaşayan aerobik organizmalar, diğer grup ise oksijensiz yerlerde yaşayabilen anaerobik

organizmalardır. Aerobik organizmaların bulunduğu sistemlerde organik karbonlu maddeler oksijenle yükseltgenerek enerji düzeyleri düşük ürünlere dönüşür. Azotlu maddeler ise nitrit ve nitratlara yükseltgenir. Havasız ortamda organik maddeler anaerobik mikroorganizmalar aracılığıyla ayrıştırılır. Anaerobik bozunma iki basamakta gerçekleşir. İlk basamakta karmaşık yapıdaki organik maddeler daha basit organik asitlere, ikinci basamakta organik asitler metan ve karbondioksite dönüştürülür(Pekin, 1983).

Biyolojik yöntemler etkin arıtım sistemleri olup yüksek ve hızlı arıtım kapasitesi, az yer kaplaması, pis koku ve zararlı böceklenmenin kontrol edilebilmesi nedeniyle özellikle kentlerde ve yoğun endüstri bölgelerinde yaygın uygulama alanı bulmaktadır(Pekin, 1983).

Uygulamada aerobik arıtım yönteminin kullanıldığı en önemli üç sistem aşağıda kısaca tanıtılmaktadır.

3.3.1 Aktif çamur yöntemi

Bu yöntem çok çeşitli atıksulara uygulanabilmesi ve yüksek verim sağlaması nedeniyle günümüzde en çok kullanılan biyolojik arıtım yöntemidir. Aktif çamur tesisleri düşük ya da yüksek hızlı olarak çalıştırılabilir. Aktif çamur yöntemi, organik maddeler içeren atıksuların sürekli olarak havalandırılan bir tanka gönderilmesi ve burada mikroorganizmalar topluluğunun etkisiyle arıtılmasına dayanır. Tankta üreyen mikroorganizmalar topluluğu, aktif çamur tankının çıkışında bulunan bir durultucuda çöktürülür ve aktif çamur denilen bu çamurun bir kısmı aktif çamur tankına geri gönderilir. Aktif çamur tesislerine genellikle bir öndurultucu da konularak atıksudaki askıdaki katılar çökeltilerek ayrılır. Tankın çıkışındaki son durultucudan alınan arıtılmış suda bulunabilecek mikroorganizmaların zararsız hale getirilmesi için klorlama ya da ozonlama yapılır(Pekin, 1983; Arceivala, 1973).

3.3.2 Damlatmalı filtreler

Damlatmalı filtreler dairesel ya da dikdörtgen kesitli yataklardan oluşur. Yatak; çakıl, taş parçaları, kok, klinker ya da belirli boyutlarda yuvarlak ya da rachig halkalarına benzer biçimlerde plastik maddelerle doldurulmuştur. Dolgu maddelerinin çapı 40 mm dolaylarında olup, boyutlar filtre tabanına doğru 150 mm çapa kadar artırılabilir. Derinlikleri genelde 1-3 m iken son yıllarda özel dolgu maddelerinin kullanımıyla 9-12 m'ye kadar

artırılabilmiştir. Atıksu filtrenin üstünden, genelde dönen bir dağıtıcıyla, homojen olarak yayılır. Filtreden geçerek arıtılan sular bir boşaltma sistemiyle alınır. Havalandırma filtre tabanından yapılır. Filtre içindeki dolguların yüzeyinde üreyen mikroorganizmalar bir film tabakası oluşturur. Atıksu içindeki organik maddeler filtre içinde ilerlerken film tabakasının dışındaki mikroorganizmalar tarafından aerobik olarak parçalanır. Film tabakasının kalınlaşmasıyla alt tabakalar havasız hale gelir. Tabaka, dolgu maddelerinin yüzeylerine yakın kısımlar atıksu ile temas edemeyecek kadar kalınlaştığında, buradaki mikroorganizmalar sudaki besin maddeleriyle beslenemediklerinden öler ve kopar. Bu şekilde film tabakası sürekli olarak yenilenir. Filtreden alınan su durultucuya alınarak çamur kısmı ayrılır. Bu çamurun bir kısmı aktif çamur sisteminde olduğu gibi filtreye geri verilir. Damlatmalı filtreler de düşük ya da yüksek hızlı olarak çalıştırılabilir (Pekin, 1983; Rudolfs, 1967).

3.3.3 Oksidasyon havuzları

Birincil mekanik işlemlerden geçmiş atıksuların havalandırılmak üzere bırakıldığı geniş havuzlardır. Bu sistemlerde bakteriler tarafından ortama verilen karbondioksit CO_2 ve PO_4^{2-} gibi suda çözünebilen diğer maddeleri klorofil içeren yeşil algler kullanır. Alglerde oluşan fotosentez olayıyla açığa çıkan oksijen bakterilerin daha hızlı gelişmelerini sağlar. Bu nedenle güneşli havalarda oksidasyon havuzlarında arıtım daha hızlı olur.

Büyük alanlara kurulan ve doğal olarak havalandırılan oksidasyon havuzlarında oksijenin yeterli olmaması durumunda anaerobik koşullar ortaya çıkar ve havuzun dibine çöken maddeler çürümeye başlar. Bunun sonucu çevre kirliliği oluşur. Bu durum havuzun derinliğine de bağlıdır. Aerobik oksidasyon havuzları 0,5-1 m derinliğinde olup fazla miktarda algleri içerir. Fakültatif (aerobik-anaerobik) havuzlar 1-2 m derinliğinde olup üst kısmında aerobik altında anaerobik koşullar vardır (Pekin, 1983; Ellis, 1982).

3.4 Arıtım Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Arıtım yöntemlerinin karşılaştırılabilmesi için kimyasal oksijen ihtiyacı, askıda katı madde, bakteri sayısı gibi kirlilik parametreleri seçilmelidir. Seçilen kirlilik parametrelerinde arıtım sonucunda yüzde azalma değerleri çeşitli arıtım yöntemleri için belirlenir. Belirlenen yüzde azalma

değerleri karşılaştırılarak arıtım yöntemlerinin etkinlikleri karşılaştırılabilir. Bu arada çeşitli atıksular için kirlilik parametrelerinin izin verilen sınır değerleri de göz önünde bulundurulmalıdır (Selek, 1988).

Çeşitli atıksu arıtım tesislerini oluşturan birimlerin etkinlikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir (Kor, 1974).

Çizelge 3.1 Arıtım tesisi birimlerinin etkinlikleri

Arıtım yöntemleri	% Azalma		
	BOİ'de	AKM'de	Bakteri Sayısında
İnce ızgara ya da elek	5-10	5-20	10-20
Ham ya da durulmuş atıksuyun klorlanması	15-30	-	90-95
Çöktürme havuzu	25-40	40-70	25-75
Yumaklaştırma havuzu	40-50	50-70	-
Kimyasal pıhtılaştırma havuzu	50-85	70-90	40-80
Yüksek hızlı damlatmalı filtre	65-90	65-92	70-90
Düşük hızlı damlatmalı filtre	80-95	70-92	90-95
Yüksek hızlı aktif çamur sistemi	50-75	80	70-90
Düşük hızlı aktif çamur sistemi	75-95	85-95	90-98
Zemin filtreleri	90-95	85-95	95-98
Biyolojik arıtmadan geçmiş suyun klorlanması	-	-	98-99

3.5 Çamur Arıtımı ve Faydalanma Süreçleri

Sular arıtıldıktan sonra, ayrılan çamurların da yeni bir kirlilik oluşturmamaları için arıtılmaları gerekir.

Ön çökeltme havuzlarında sudan ayrılan, bir miktar geri dönen çamuru da içeren askıdaki maddeler kapalı bir yerde anaerobik ayrışmaya (çürütme) tabi tutulur. Aktif çamur tesisinden çıkan çamurlar da benzer şekilde çürütülebilir. Fakat iki tanktan elde edilen çamurun birlikte çürütülmesi daha iyi bir çözümdür.

Çamurlar özel kum yatakları üzerine yayılarak suları giderilebilir. Ancak çok büyük kurutma yatakları yerine vakum filtrelerinin kullanımı daha uygundur.

Çamur kekleri yakılabilir, dolgu malzemesi olarak araziye serilebilir. Suyu alınan çamurun çöple karıştırılıp yakılması yoluna da gidilebilir.

Atıksu çamurlarının ikinci derecede gübre ve toprak yapıcı olarak da değeri vardır. Atıksu çamurlarında gübrenin esasını oluşturan bileşiklerden az miktarda bulunur. Ancak toprağa faydalı olacak maddeleri içerir. Toprakların su tutma kapasitesini artırır.

Sıcakta kurumuş aktif çamurlar ve havada çürütülmüş çamurlar ziraatte bahçıvanlıkta ve çiçekçilikte güvenle kullanılabilir (Baykut vd. , 1987; Uygan, 1988).

4. KİMYASAL PİHTILAŞTIRMANIN KURAMSAL TEMELLERİ

Kimyasal pıhtılaştırma, sulara birtakım kimyasal maddeler ekleyerek çökelme özellikleri iyi olmayan çok ince askıda katı madde ya da kolloidlerin daha iyi çökebilen yumaklar haline getirilmesidir. Bu yöntem atıksuların arıtımında sık sık kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemle boyutları 10^{-7} - 10^{-1} mm arasında olan tanecekler giderilebilmektedir (Fair et al., 1968; Şengül vd., 1982).

4.1 Kolloidler

Kolloidal tanecekler makromoleküllerden ya da küçük taneceklerden oluşur. Kolloidlerin ölçüleri 10^{-6} - 10^{-3} mm arasındadır. Buna göre kolloidlerin atom ve moleküllerle normal süspansiyonlar arasında bir davranış göstermeleri beklenir (Şengül vd., 1982; Constable, 1975).

Katı taneceklerin oluşturduğu kolloidler, ortamdaki sıvı moleküllerine karşı ilgiliyse liyofilik, ilgisizse liyofobik olarak tanımlanır. Kullanılan sıvı ortam su ise, suya karşı ilgili olan kolloidler hidrofilik, ilgisizlerle hidrofobik olarak isimlendirilir. Pek çok kolloidin suya karşı olan ilgisi parçacık çevresinde polar özellik taşıyan -OH, -COOH ve -NH₂ gibi grupların varlığından kaynaklanır. Hidrofilik parçacığın etrafını saran su tabakası hidrasyon suyu ya da bağlı su olarak tanımlanır. Hidrofilik kolloidler bağlı su ile iştirahmiş olarak hareket eder. Hidrofobik kolloidler bağlı su kütlesine sahip değildir (Üneri, 1969; Dean, 1956; Şengül vd., 1982; Berkem, 1984).

Kolloidlerin önemli bir özelliği de yüzey alanlarının çok büyük olmasıdır. Bu yüzden adsorplama yetenekleri yüksektir (Berkem, 1984).

Kolloidleri şekillerine göre iki grupta toplamak mümkündür. Küre, küp, elipsoid, disk ve hatta levhacık şeklinde olanlar yuvarlak kolloidler grubuna; çubuk, iplik ve şerit şeklinde olanlar uzun kolloidler grubuna girerler. Yuvarlak ve uzun kolloidlerin özellikleri arasındaki en büyük fark viskoziteleridir. Uzun kolloidler birbiri içine kolaylıkla girer, ağ yapma özelliği göstererek iplerine çözelti moleküllerini hapseder. Böylece belirli derişimden sonra jel oluşabilir. Yuvarlak kolloidler serbestçe hareket eder ve ağ oluşturmazlar (Üneri, 1969; Voyutsky, 1976).

Kolloidler kimyasal bileşimlerine göre inorganik ve organik olmak üzere ikiye ayrılırlar. İnorganik kolloidler de bileşimlerine göre metal (Au, Ag, Pt

solleri), metal olmayan (S, grafit), hidroksit (demir(III)hidroksit) ve tuz kolloidleri ($AgCl$, $BaSO_4$) olarak sınıflandırılabilir. Organik kolloidler de homopolar (benzen içinde kağıt), heteropolar (su içinde protein), hidroksil içeren kolloidler (su içinde glikojen) olmak üzere üç bölümde incelenebilir (Üneri, 1969).

4.2 Yüzey Yükü

Kolloidal proteinler genelde hareketlerini etkileyen elektriksel yüke sahiptir. Parçacık yüzeylerinde elektriksel alan oluşturan yükler birincil yük olarak tanımlanır. Bunlar iki nedenle oluşur (Fair et al., 1968; Şengül, 1982).

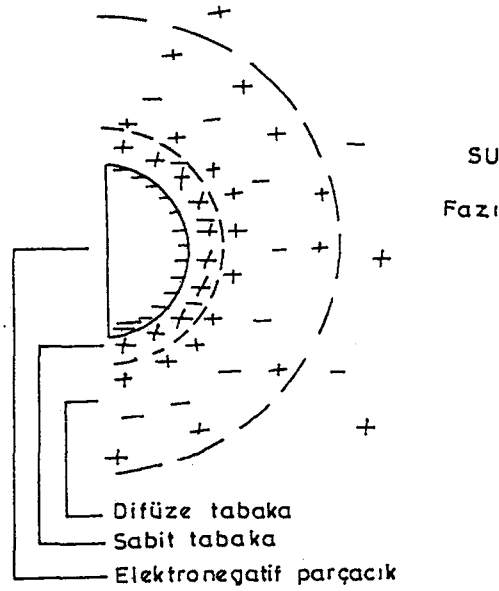
1) Parçacıkları oluşturan moleküllerin uç kısımlarındaki reaktif grupların iyonik açıdan aktifleşmesi,

2) Su içindeki iyonların kolloidler üzerinde adsorpsiyonu

Hidrofilik kolloidler üzerindeki birincil yükler $-COOH$ ve $-NH_2$ gibi polar grupların iyonlaşmasıyla olur. Bunların yükleri iyonlaşma derecelerine dolayısıyla ortamın pH değerine de bağlıdır. Yükün sıfır olduğu pH değerine izoelektrik nokta denir. Örneğin protein molekülünün elektriksel yükü; yüksek pH değerinde negatif, düşük pH değerinde pozitif ve izoelektrik noktada sıfırdır. pH'da izoelektrik noktadan sonra artma hidrate amino grupların iyonlaşmasını bastırır ve negatif yüke neden olur, azalma ise karboksilik asit grubunun iyonlaşmasını bastırır ve moleküllerin pozitif yüklenmesine neden olur (Fair et al., 1968; Şengül, 1982).

Hidrofobik kolloidler üzerinde birincil yükler ortamdaki iyonların tercihi adsorpsiyonuyla gerçekleşir. Yük pH değerinin değişimiyle değişebileceğinden hidrojen ya da hidroksil gruplarının adsorpsiyonuyla birincil yükler oluşur (Şengül, 1982).

Kolloid parçacığı üzerindeki birincil yük çözeltideki zıt yüklü iyonları çeker. Birincil yük, parçacığı çeviren yüklü iyonların zıt yüklü tabaka oluşturmasıyla kısmen dengelenir. Bu tamamlayıcı tabaka sabit tabaka adını alır. Bunu çeviren ikincil tabaka ise difüze tabaka (Gouy tabakası) adını alır. Bu tabakadaki zıt yüklü iyonların derişimi, sabit tabakada bulunan yüksek derişimlerden sulu fazın derişimlerine kadar değişir. Negatif yüklü bir kolloid parçacığı için çift tabaka Şekil 4.1'de görülmektedir (Fair et al., 1968; Şengül vd., 1982).



Şekil 4.1 Negatif yüklü kolloid parçacığı için çift tabaka (Şengül, 1982)

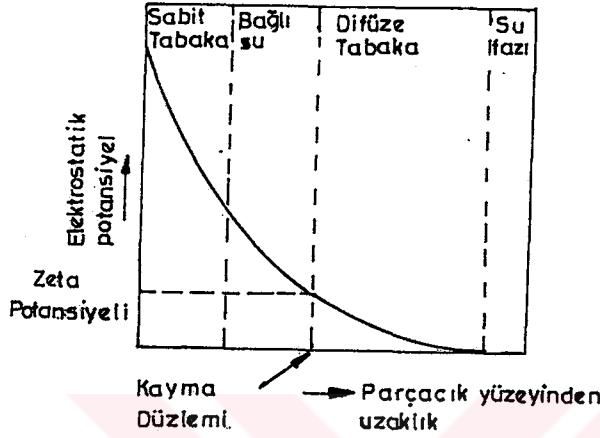
Katyon ve anyonlar arasındaki derişim farklılıkları elektrostatik alan oluşumuna yol açar. Çözeltinin sulu fazının potansiyelinin sıfır olduğu göz önüne alınırsa çift tabakanın içindeki herhangi bir noktada potansiyel ölçülebilir.

Kayma düzlemi parçacıkla birlikte hareket eden etrafındaki çözelti kısmı ile parçacığın bağımsız hareket edebilen kısmı arasındaki sınırı oluşturur. Hidrofobik kolloidlerde bu düzlem sabit tabakayı difüze tabakadan ayırır. Hidrofilik parçacıklar arasındaki kayma düzlemi dıştaki bağlı su ile çakışır. Bu kayma düzlemindeki potansiyel zeta potansiyeli olarak tanımlanır. Yüklü kolloidal parçacığın çevresindeki elektrostatik potansiyeller Şekil 4.2'de görülmektedir (Fair et al., 1968; Şengül vd., 1982).

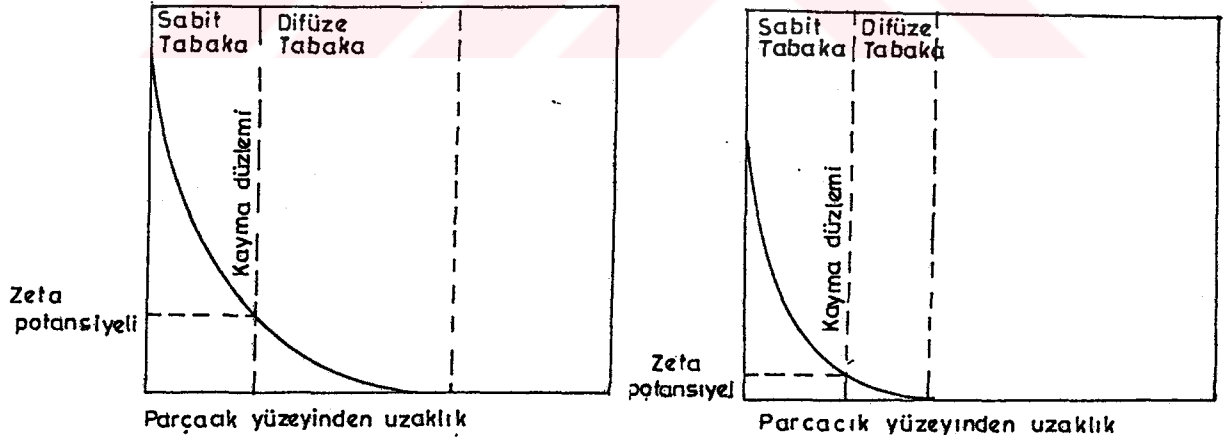
Kolloidal parçacıklar dengede olmadıkları sürece yumaklaşıp çöker. Dengeli bir kolloidde parçacığa etki eden çekme ve itme kuvvetleri dengededir. Çekme moleküller arası van der Waals kuvvetlerinden kaynaklanır. İtme kuvveti ise hidrofobik sistemlerde zeta potansiyelinden kaynaklanırken, hidrofilik sistemlerde hem zeta potansiyelinden hem de parçacığın çevresindeki bağlı su kütesinden kaynaklanır (Fair et al., 1968; Şengül vd., 1982).

Dengede bulunan kolloidlerin yumaklaştırılıp, çöktürülebilmesi için zeta potansiyelinin düşürülmesi gerekir. Zeta potansiyeli sistemin pH değerini izoelektrik noktaya ayarlayarak düşürülebilir. Bu noktada birincil yük sıfırdır ve zeta potansiyelini oluşturan çift tabaka yoktur. Zeta potansiyeli

kolloidler üzerine zıt yüklü iyon ya da kolloidler eklenerek de düşürülebilir. İyonlarla olan pıhtılaştırmada eklenen iyonun değeri arttıkça pıhtılaştırma yeteneği artar. Hidrofobik bir kolloidin zıt yüklü iyonlarla pıhtılaştırılmasında zeta potansiyeli Şekil 4.3'teki gibi değişir.



Şekil 4.2 Yüksek bir hidrofilik kolloid parçasının çevresindeki elektrostatik potansiyeller (Şengül vd., 1982).



Şekil 4.3 Hidrofobik kolloidin zeta potansiyelinin zıt yüklü iyon kullanımıyla düşürülmesi (Şengül, 1982).

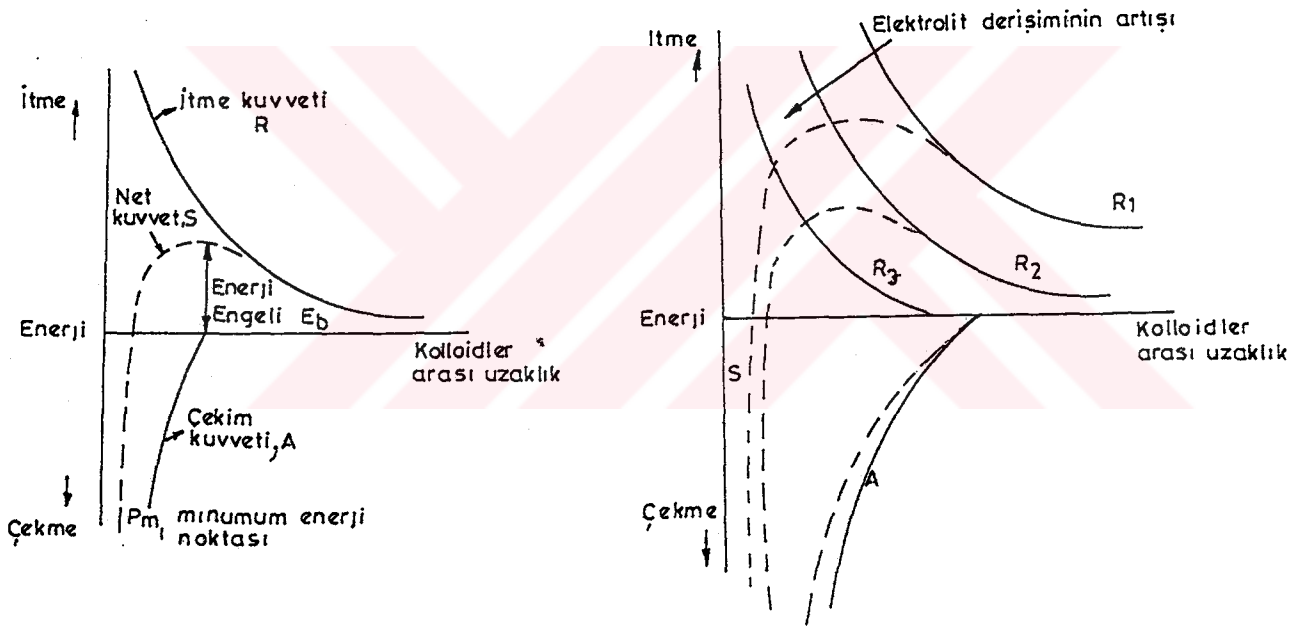
- Zıt yüklü iyon eklenmeden önce
- Zıt yüklü iyon eklendikten sonra

Hidrofilik kolloidlerin dengesini bozmak için bağlı suyun uzaklaştırılması

gerekir. Bunun için suya tuz eklenir. Bu tuzların en etkilileri SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , I^- anyonlarını içerir. Bu anyonlar suya duyarlı olduklarından kolloidlerdeki bağlı suyu ayırıp alır(Şengül, 1982).

4.3 Elektrolitlerin Pıhtılaştırma Etkileri

Kolloidleri birbirine doğru çeken van der Waals kuvveti kolloidler arasındaki uzaklık arttıkça hızla azalır, uzaklık azaldıkça çekim kuvveti artar; aynı işaretli elektrik yüklerinin birbirlerini itme kuvvetleri önem kazanır. Bu etkilerin net bileşkesi kolloidin iyon şiddetine bağlıdır. Bu durum Şekil 4.4'te görülmektedir(Fair et al., 1968).



Şekil 4.4 İki kolloidal parçacık arasındaki uzaklığın itme ve çekme kuvvetleri üzerindeki etkisi(Fair et al., 1968).

Şekil 4.4'e göre van der Waals çekim kuvvetini gösteren A ve elektrostatik kuvveti gösteren R eğrileri toplanırsa net kuvveti veren S eğrisi elde edilir. Minimum potansiyel enerji noktası P_m 'de dengeye ulaşılır. Bu noktada parçacıklar arasındaki uzaklık yaklaşık olarak sıfırdır ve parçacıklar birleşir. Parçacıkların birbirlerine yaklaşabilmeleri için enerji engeli E_b 'yi aşmaları gerekir. Sadece parçacıkların kinetik enerjisi bunu gerçekleştirecek kadar büyük ise kolloidler kararsız hale gelir ve pıhtılaşma

olur. İtme kuvvetini gösteren eğrinin şekli çözeltilerin elektrolit içeriğine göre değişir. Eklenen elektrolit kolloidlerin yüküne zıt yöndeki iyonları artırır ve itme kuvvetini gösteren eğriyi dikleştirir. Eğrinin şekli aynı zamanda kolloidlerin doğasına, kolloidler tarafından adsorplanan çöktürücü iyonların adsorplanma yeteneğine ve iyonların yüküne bağlıdır (Fair et al., 1968; Şengül vd., 1982).

Kolloidlerin enerji engelini aşarak pıhtılaşmaları dört şekilde sağlanabilir:

- 1) Kaynatma,
- 2) Dondurma,
- 3) Elektrolitlerin kullanımı,
- 4) Zıt yüklü kolloid eklenmesiyle elektrik yükünü nötrleştirerek çökeltme.

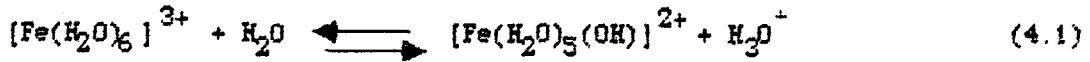
Hidrofobik kolloidlerin pıhtılaştırılmasında en çok elektrolit eklenmesi yöntemine gidilir. Çok kullanılan çift tabaka sıkıştırması yönteminde kullanılan elektrolitler Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Elektrolitlerin görelî pıhtılaştırma yetenekleri

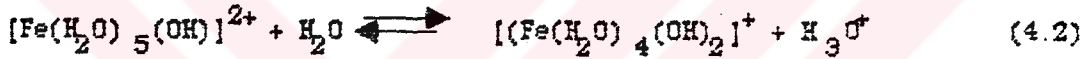
Elektrolit	Görelî Pıhtılaştırma Yeteneği	
	Pozitif kolloidler	Negatif kolloidler
NaCl	1	1
K_2SO_4	30	1
Na_3PO_4	1000	1
$BaCl_2$	1	30
$MgSO_4$	30	30
$AlCl_3$	1	1000
$Al_2(SO_4)_3$	30	>1000
$FeCl_3$	1	1000
$Fe_2(SO_4)_3$	30	>1000

Çizelgeden de anlaşıldığı gibi elektrolitlerin pıhtılaştırma yetenekleri kolloidlerin elektrik yükünün zıt işaretine sahip değerlik sayısı arttıkça artmaktadır. Bu kural Schulze-Hardy kuralı olarak bilinir. Bu kurala göre Al^{3+} ve Fe^{3+} negatif kolloidlerin pıhtılaştırılmasında çok etkin olmasına rağmen, pıhtılaştırma sırasında serbest halde Fe^{3+} ve Al^{3+} iyonu ortamda çok azdır. Pıhtılaştırmayı sağlayan hidroliz ürünleridir (Fair et al., 1968).

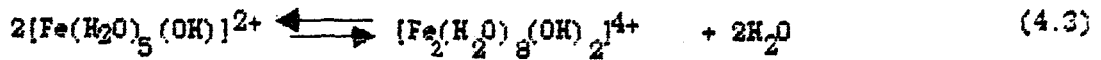
Hidrate metal iyonları Bronsted asitleridir. Demir (III) iyonu için asit-baz dengesi



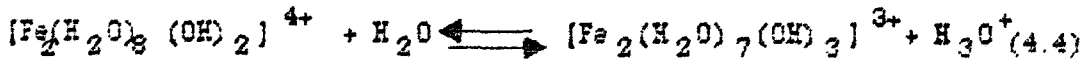
şeklinde. Yukarıdaki konjuge baz bir proton daha verebilir.



Benzer alışverişler devam edebilir. Sulu demir (III) iyonunun birinci asitlik sabiti fosforik asidinki gibidir. $FeCl_3$ 'ün 10^{-3} M çözeltisinin pH'ının yaklaşık 3,2 olmasına bağlı olarak demir (III) tuzlarının suya eklenmesi pH'da düşmeye alkalilikte azalmaya neden olur. Demir (III) hidroksi kompleksleri polimerleşme eğilimindedir.

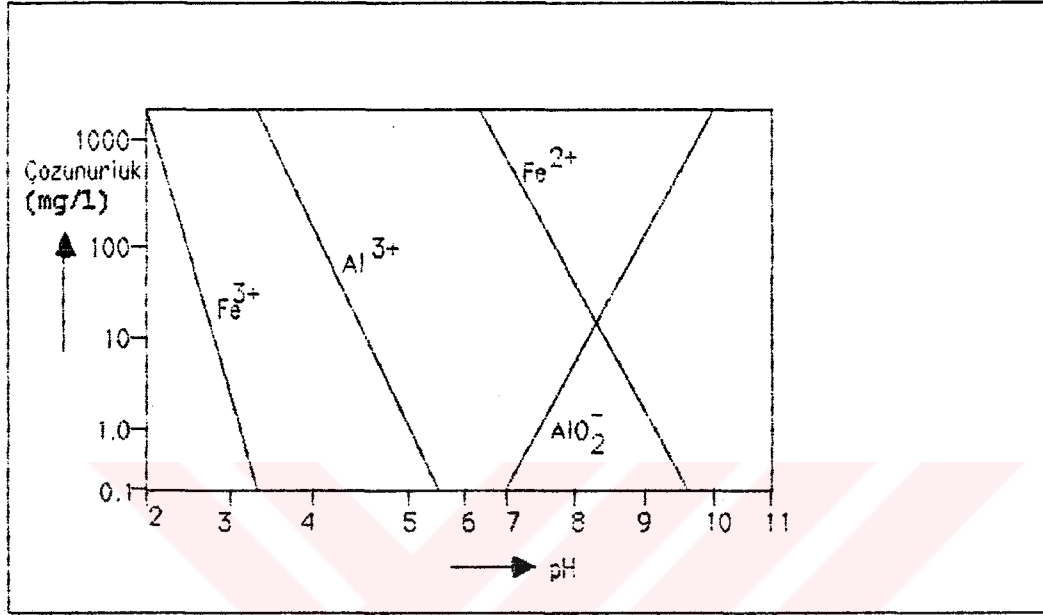


Bundan sonra daha fazla hidroksit bağının yardımıyla daha büyük hidroksi kompleksleri oluşur.



Demir (III) iyonunun hidroksit gruplarıyla düzenlenmesiyle yükü azaldığından iyonlar arasında daha az itme olur ve polimerleşmeye büyük eğilim görülür. Sonuçta kolloidal hidroksi polimerler ve son olarak çözünmeyen sulu demir (III) oksit bu şekilde çöker. Sulu demir (III) oksit polimerik yapısının oluşumu, sulu demir (III) oksidin manyetik momentinin demir (III) tuzlarından küçük olmasına dayanır. Çünkü katyonik demir (III) hidroksi kompleksleri az

Bu çökelmeler sırasında kolloidal tanecikler de sürüklenerek çöker(Şengül vd.,1982).

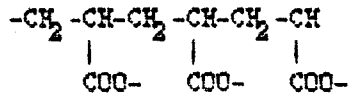


Şekil 4.5 Alüminyum ve demirin hidroksitlerinin çözünürlüklerinin pH'la değişimi.

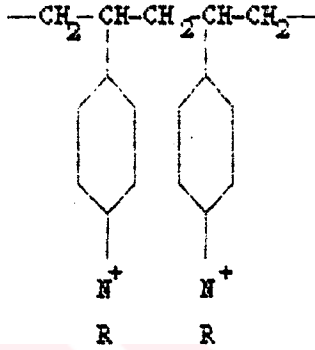
4.4 Polielektrolitler

Polielektrolitler; belirli tekrarlanabilen küçük altbirimlerin bazen iki ya da üç değişik alt birimin, oluşturduğu doğrusal ya da dallanmış zincirlerden oluşur. Altbirimler $-COOH$, $-OH$, $-NH_2$ ve $R_4NR_2^+$ gibi iyonlaşabilen grupları içerir ve iletken çözelti oluşturur. Biyolojik orijinli polimerler gibi bazı doğal polielektrolitler biyolojik yapının düzenlenmesinde önemlidir. Proteinler; nükleik, peptik ve alginik asitler, polisakkaritler ve pek çok poliasit doğal polielektrolitlerdir. Sentetik polielektrolitler monomerlerin polimerizasyonu ile oluşur. Bu tip uzun zincirli moleküller 2'den 10^6 'ya kadar altbirim içerecek şekilde üretilebilir. Katyonik, anyonik ve amfolitik (hem anyonik hem katyonik) polielektrolitler uygun monomerler yardımıyla hazırlanabilir(Fair et al., 1968; Mc Graw Hill, 1968).

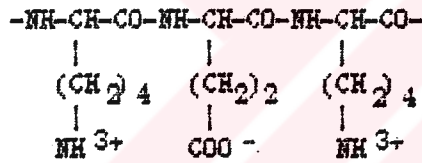
Anyonik polielektrolite örnek poli akrilat,



kationik polielektrolite örnek polivinil piridinyum,



amfolitlere örnek polilisin glutamik asit gibi poli aminoasitler



verilebilir.

Prensipte bu polimerler doğal sularda bulunan bazı polielektrolitik kolloidlerle aynı değildir. Parçacık yükü iyonlaşma derecesine dolayısıyla ortamın pH'ına bağlıdır. Doğal ve sentetik makromoleküllerin kolloid çözeltilerin kararlılığı üzerinde belirgin etkisi vardır. Polielektrolitler su saflaştırma, çamur koşullandırma ve atıksu arıtımında kullanışlı pıhtılaştırıcılardır.

Polimerlerle kolloidal dağılmış katıların yumaklaştırılması;

1) Katılar üzerinde polimerlerin adsorpsiyonuyla,
2) Dağılan kolloidal parçacıklar arasında köprü oluşturmak için polielektrolitlerin parçalarının karşılıklı bağlanmasıyla,

3) Gevşek üç boyutlu yapının oluşması sonucunda gerçekleşir. Prensipte, dağılmış parçacıkların optimum yumaklaştırılması için gereken polielektrolit dozu eğer dağılan parçalar üzerinde polielektrolit için adsorpsiyon izotermi bilinirse tahmin edilebilir. Polielektrolitlerle yumaklaştırma sonucunda süzmeyle hızla giderilebilen poröz yumaklar oluşur.

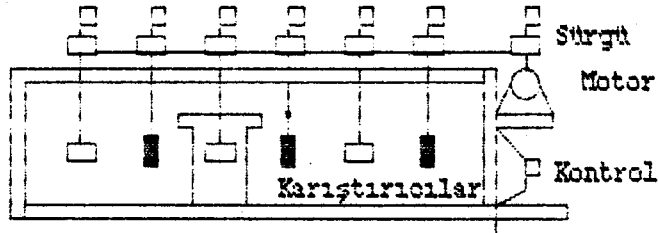
Poli-elektrolitlerle yumaklaştırma köprü kurma mekanizmasıyla kimyasal etkileşimlere yol açtığından hidrojen bağı oluşumu ve düzenleyici bağlar elektrostatik etkileşimden daha önemlidir. Buna göre polielektrolitler yumaklaştırılacak parçacıkların aynı işaretinde net yüke sahip olduklarında bile yumaklaşma olabilir. Örneğin negatif yükli kullar, negatif yükli poliakrilamidlerle uygun şekilde çöktürülebilir. Nötral tuzlarla (CaCl₂ gibi, koloidal çözeltilerin pıhtılaştırılması tamamen değişiktir; kolloidler birleşir, çünkü parçacıkların etrafındaki çift tabakaların itme potansiyeli azalır. İki mekanizmayla oluşturulan yumaklar değişik özelliklere sahiptir. Bu nedenle çökeltme ve süzmede farklı davranış gösterirler (Fair et al., 1966 (Mc Graw Hill, 1992; Mishra, 1989).

4.5 Pıhtılaştırma Sistemleri

Suların ve atıksuların kalitesi geniş bir aralıkta değişim gösterdiğinden, pıhtılaştırma-yumaklaştırma için gerekli pıhtılaştırıcı dozları laboratuvarda kesin ayarlanabilir karışımların kullanıldığı jar (kavanoz, deneyleriyle bulunur (bkz. Sekil 4-6). Pıhtılaştırma birçok değişkene bağlıdır ve bu değişkenler de birbirine bağlı olduğundan deneyde olabildiğince fazla parametre sabit tutulmalıdır. pH değeri pıhtılaştırıcının hidroliz ya da iyonlaşmasının etkilediğinden ve koloidal sızıcılıkların yükünü belirlemede rol oynadığından sabit tutulmalıdır. pH ve alkaliliğin pıhtılaştırıcı etkilenmesiyle değiştiği unutulmamalıdır. Karıştırma derecesi ve su sıcaklığı da belirlenmelidir.

Pıhtılaştırma, kolloidlerin kritik külesini ve pıhtılaştırma hızını artıran maddeler (pıhtılaştırma yardımcı maddeleri) kullanılarak geliştirilebilir. Az bulanık su orta bulanıklıkta su kadar kolay ve iyi pıhtılaştırılabilir. O zaman pıhtılaştırmaya artırılsınak için suya bulanıklığı veren kolloidlerle aynı yükli kolloidler eklenir. Buna örnekler benzenin ayonik polielektrolitler ve artifiyelendirilmiş sülükadır. Bu maddelerin ilavesiyle kullanılan pıhtılaştırıcı için sudaki kolloidlerin kritik külesi artacağından pıhtılaştırma süreci hızlanır. Bazen pıhtılaştırma yardımcıları sürecin kinetiğinin hızlanmasıyla pıhtılaştırıcı dozunu azaltabilir. Aynı zamanda yumakların fiziksel özelliklerini de geliştirebilir. Metal iyon pıhtılaştırıcıları içeren çözeltiler de, örneğin

bazı anyonlar, polisilikatlar ve diğer anyonik polielektrolitler; yoğun, hızla çökebilir ve kolayca filtre edilebilir çökelekler oluşturur.



Şekil 4.6 Gerekli karıştırma hızı ve pıhtılaştırıcı kimyasal maddenin optimum dozunun belirlenmesi için laboratuvar düzeneği.

5 ATIKSULARI İLE ÇALIŞILAN FABRİKALAR, ATIKSULARDA YAPILAN ANALİZLER VE İNCELEMELER, FİLTRELEME İLE ARITIM DENEN YÖNTEMLER

Bu bölümde atıksuların özelliklerinin belirlenmesi için yapılan deneysel çalışmalar, pıhtılaştırma ile arıtım deney düzeneği ve deney yöntemi hakkında bilgi verilecektir.

5.1 Atıksuların Özelliklerinin Belirlenmesi Çalışmaları

Bu çalışmada Bozüyük yöresindeki üç seramik fabrikası (A, B, C) ve bir kağıt fabrikası (D) atıksularının özellikleri belirlenmiştir.

A ve B seramik fabrikaları proses atıksuları, arıtım tesislerinde pıhtılaştırma-yumaklaştırma yöntemiyle arıtılmaktadır. Pıhtılaştırıcı olarak alüminyum sülfat ve superfloc ticari adlı organik polielektrolit birlikte kullanılmaktadır. A İşletmesi ilgüllerince isteğimiz üzerine arıtım tesisi çıkışındaki açık kanala 10 cm genişlikte dikdörtgen kesitli bir savak yerleştirilmiştir. Debi ölçümleri bu savak yardımıyla yapılmış örnekler de buradan alınmıştır. B İşletmesi ilgüllerince de isteğimiz üzerine arıtım tesisi çıkışına uygun bir kanal ve ucuna 13,5 cm genişlikte dikdörtgen kesitli bir savak yerleştirilmiş bulunmaktadır. Bu savak yardımıyla debi ölçümleri yapılmıştır. Savak yardımıyla debi ölçümünde kullanılan ifade

$$Q = 1,84 (L-0,2H) H^{3/2} \quad (5.1)$$

şeklinde dir. Burada, Q debi (m^3/s), L savak genişliği (m), H suyun yüksekliği (m).

C Seramik Fabrikası atıksuları da pıhtılaştırma-yumaklaştırma ile arıtılmaktadır. Pıhtılaştırıcı olarak superfloc ticari adlı polielektrolit kullanılmaktadır. Atıksu parsel çıkışına yuvarlak kesitli bir boru ile geldiğinden savakla debi ölçümü söz konusu değildir. Bu yüzden debi ölçümleri atıksuların parsel çıkışında 55 litrelik derecelendirilmiş bir plastik bicon ve kronometre kullanılarak yapılmıştır.

Debi ölçümlerini yaparak belirli miktarların kullanılacağı B İşletmesinde pıhtılaştırma-yumaklaştırma yöntemiyle arıtım için tasarlanıp kurulan bir arıtım tesisi bulunmaktadır. Tesiste çöktürme tankından sonra çamur

filtre-preslerde ve üstten taşan su ise kum süzgeçlerinde süzülerek suyun ileri düzeyde arıtımı amaçlanmıştır. Arıtılan suyun önemli bir bölümü prosese döndürülerek kullanılmaktadır. İşletmede zaten bol miktarda alüminyum sülfat kullanıldığı gerekçesiyle atıksu arıtım tesisinde herhangi bir pıhtılaştırıcı (flokülant) kullanılmamaktadır. Arıtma tesisinden çıkan atıksu ve işletmeden gelen, pek kirli olmadığı söylenen sular birleşerek açık bir kanaldan 50-60 m kadar aktıktan sonra kapalı kanala girmekte ve daha sonra fabrikanın parselini terketmektedir. İsteğimiz üzerine açık kanalın son ucuna 20 cm yarık açıklığı bulunan dikdörtgen kesitli bir savak fabrika ilgililerince yerleştirilmiştir. Atıksu örnekleri buradan alınmış ve debi ölçümleri de bu savakla yapılmıştır.

Fabrikaların atıksu örnekleri 4 Eylül 1988 tarih ve 19919 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan ve aynı tarihte yürürlüğe giren SKKY uyarınca üç ayrı işgününde iki saatlik kompozit örnekler halinde alınmıştır. D Fabrikası için yönetmeliğin kağıt sanayileri için öngördüğü (bkz. Ek Açıklamalar-A.2) 24 saatlik kompozit örneklerin alınması bizim için olanaksız olduğundan iki saatlik kompozit örnekler alınmıştır.

Tüm atıksulardan geniş ağızlı 500 ml hacminde şişelerle yarım saatte bir anlık örnekler alınmıştır. Her seferinde debiler, pH ve sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Böylece beş kez anlık örnek alınmış ve iki saatin sonunda bu anlık örneklerden debilerle orantılı hacimler alınarak birleştirilmiştir. Böylece kompozit örnekler elde edilmiştir. Kompozit örneklerdeki parametre tayinleri standart olarak kabul edilmiş yöntemlere göre yapılmıştır. D Fabrikası için ayrıca yönetmelikte öngörüldüğü gibi Imhoff konilerine de birer litre anlık örnekler alınarak bir saat bekleme sonunda çökebilir katı madde hacimleri okunmuştur.

A ve C fabrikalarında seramik gereçler üretimi B Fabrikasında karo ve fayans üretimi yapılmaktadır. Bu yüzden maden sanayi sektörüne (seramik ve topraktan kap kacak yapımı ve benzerleri) sokulabilecek A, B ve C fabrikaları için geçerli parametre sınır değerlerinin yönetmelikte Tablo 7. 4'teki değerler olacağı sonucuna varılmıştır. Burada kimyasal oksijen ihtiyacı, askıda katı madde, kurşun, kadmiyum ve pH parametrelerinin sınır değerleri verilmiştir(bkz. Ek Açıklamalar-A.1).

D İşletmesinde satın alınan saf selülozdan yola çıkılarak çeşitli kağıtlar üretilmektedir. Selüloz üretimi ve eski kağıt kullanımı yoktur. Bu nedenle yönetmelikteki Tablo 13.5, 6 ve 7'deki değerler geçerli olacaktır (bkz. Ek Açıklamalar-A.2). Yönetmeliğin 26. maddesi F bendine göre bunların

içinde en kısıtlayıcı olan temel alınmalıdır. En küçük sınır değerler Tablo 13.5'te yer almaktadır (bkz. Çizelge-A.2). Burada pH, sıcaklık, çökebilir katı madde, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, parametrelerinin sınır değerleri verilmiştir.

A, B, C ve D fabrikalarının atıksularında yapılan analizler aşağıdaki altbölümlerde tanıtılacaktır.

5.1.1 pH değeri

Bilindiği gibi pH değeri hidrojen iyonu molar derişiminin eksi logaritması olarak tanımlanmıştır.

pH değeri doğal sularda ve atıksularda önemli bir kalite parametresidir. Pek çok doğal suyun pH değeri 4-9 arasındadır. pH değeri örneğin taşınması sırasında değişebileceğinden yerinde ölçülmelidir. Endüstriyel atıksuların pH değerinin kontrolü hidrojen ve hidroksil iyonu derişiminin ayarlanmasını gerektirir. pH değeri gerektiğinde alkali ya da asit ilavesiyle değiştirilebilir. Hidrojen ya da hidroksil iyonunun derişiminin ayarlanması iyon değiştirici sisteminde gerçekleştirilebilir. Sabit yataklı ya da sürekli sistemler kullanılabilir. Sürekli sistemler oldukça etkindir (Santaniello, 1971).

Çoğu biyolojik yaşam türleri için pH aralığı dar ve kritiktir (Tchobanoglous, 1979).

Bu çalışmada atıksuların pH değeri örnek alınırken pH-metre (Elektro-Mag, M-820) ile ölçülmüştür.

5.1.2 Sıcaklık

Su sıcaklığı; canlı yaşamına, kimyasal tepkimelere ve tepkime hızlarına önemli ölçüde etki ettiğinden çok önemli bir parametredir (Kirk Othmer, 1934). Bazı durumlarda ısı kirlenmeye en ekonomik çözüm prozeste ısı kullanımının daha etkin olması ya da daha etkin ısı değiştiricilerle daha iyi bir şekilde ısının geri kazanımıdır. Isıl kirlenme problemi büyük ölçüde atık soğutma suyundan kaynaklandığından, soğutma kulelerinin kullanımı ya da soğutma suyunun sistemde yeniden kullanımı pratik bir çözümdür (Santaniello, 1971).

5.1.3 Toplam, askıda ve çökebilan katılar

Sudaki ya da atıksudaki askıda (süspanse) ve çözünmüş maddelerin uçucu olmayanları katı maddeler olarak adlandırılır. Buharlaştırma işleminden ve 103-105 °C'de kurutmadan sonra geriye kalan maddeler toplam katı maddeler olarak adlandırılır ve iki gruba ayrılabilir:

1) Çözünmeyen katı maddeler (toplam askıda katı maddeler); bunlar da iki gruba ayrılabilir:

a) Çökemeyen katı maddeler: kolloidler ve yoğunluğu az olan maddeler

b) Çökebilan katı maddeler: yoğunluğu yüksek olan maddeler

2) Çözünen katı maddeler

Askıda katı madde (AKM) atıksuyun belli hacminin 103-105 °C 'de sabit tartıma getirilen filtreden süzülmesi ve sonra filtrenin aynı sıcaklıkta kurutulmasıyla sabit tartıma getirilmesiyle tayin edilir. Ağırlık farkı askıda katıların verir. Buradan litrede miligram olarak AKM değeri hesaplanır. AKM tayini evsel atıksuların kirlilik derecesini ve arıtma tesislerinin verimlerini belirlemede önemli bir parametredir. Arıtma tesisi çıkışında AKM değerinin belli bir limiti aşmasına izin verilmez; çünkü alıcı su ortamlarında çökelmelere ve fazla miktarda dip çamuru oluşumuna neden olur (Şengül vd. , 1982).

Çökebilan katı maddeler yerçekimi etkisiyle çöker. Atıksularda çökebilan katı maddelerin ölçümü, çökeltme ünitelerinin hacminin ve veriminin belirlenmesinde önemlidir. Çökebilan katıların tayini Imhoff konisinde yapılır. Süspansiyon bir litrelik Imhoff konisine konur bir saat çökelmeye izin verildikten sonra çökebilan katı madde miktarı (ÇKM) ml/l olarak koniden okunur.

Çözünen katılar cam filtreden geçen ve 180 °C'de buharlaştırma ve kurutmadan sonra geriye kalan maddelerdir. Çözünen maddelerin atıksudan uzaklaştırılması güçtür ve pek çok durumda pahalı yöntemler gereklidir (Santaniello, 1971).

Bu çalışmada atıksularda AKM ve ÇKM tayinleri standart yöntemlere göre yapılmıştır (Standart Methods, 1967).

5.1.4 Biyokimyasal oksijen ihtiyacı

Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) havalı ortamda bakterilerin organik maddeleri parçalayarak kararlı hale getirmesi için gerekli oksijen miktarıdır. BOİ testi evsel ve endüstriyel atıksuların kirlilik derecesini belirlemede yaygın olarak kullanılır. Arıtma tesislerine gelen kirlilik yükleri ve arıtma tesislerinin verimlerinin belirlenmesinde de kullanılır.

BOİ 20 °C'de karışık bir mikroorganizma topluluğu tarafından kullanılan oksijen miktarının ölçümünü içeren bir yaşam (bioassay) testidir. Oksijenin sudaki sınırlı çözünürlüğü yüzünden (20 °C'de 9 mg/l), çok kirli atıklarda, test sırasında kapta çözünmüş oksijen bulunması için bu tip numuneler seyreltilmelidir. Bu test biyolojik bir test olduğundan, işlem sırasında çevresel koşulların canlı organizmaların fonksiyonlarını yapabilmelerine olanak verecek şekilde olması gerekir. Bakteriyel büyüme için gerekli tüm besin maddeleri (azot, fosfor ve bazı iz elementler gibi) ortamda bulunmalıdır. Bu nedenle belli miktarlarda atıksu, hazırlanan seyreltme suyu ile seyreltilerek yaklaşık 300 ml'lik özel BOİ şişelerine konur. Seyreltme suyu, fosfor tamponu (pH=7,2), magnezyum sülfat, kalsiyum klorür, demir (III) klorür içerir ve çözünmüş oksijenle doymuş haldedir. Eğer atıksu numunesinde organik maddeleri parçalamak için gerekli mikroorganizma yoksa, ortama aşılı mikroorganizmalar ilave edilir. Aşılı olarak pöktürülerek 24 saat bekletilmiş taze kanalizasyon suyu, toprak özütleri ya da en iyisi BOİ'si tayin edilecek suyun döküldüğü akarsuyun birkaç km aşağısından alınan su kullanılabilir. Aşının BOİ değeri de ayrıca tayin edilmeli ve aşılı düzeltmesi yapılmalıdır. Atıksu organik madde (biyolojik besin) sağlar, seyreltme suyu gerekli besin elementlerini ve çözünmüş oksijeni sağlar. BOİ testinde genel tepkime; organik madde ve çözünmüş oksijenin bakteriler tarafından alınıp, karbondioksit ve bakterilere dönüştürülmesidir. İkincil tepkime ise bakteri hücrelerinin protozoalar tarafından besin olarak tüketilip yeni protozoa hücrelerinin oluşumudur. BOİ şişesindeki çözünmüş oksijenin azalması doğrudan doğruya ayrışabilen organik madde miktarıyla ilgilidir. Evsel atıksular gibi doğal olarak mikroorganizma içeren atıksularda, dışarıdan ayrıca mikroorganizma (aşılı) eklemeye gerek yoktur. Standart BOİ testinde inkübasyon periyodu 20 °C'de 5 gündür.

BOİ testinde oluşan tepkimeler biyolojik aktivitenin sonucudur. Bu yüzden tepkime hızı mikroorganizma topluluğu sayısına ve sıcaklığa bağlıdır.

Tepkime 20 °C'de günlerce devam edebilir. Kuramsal olarak organik maddenin tam biyolojik oksidasyonu için sonsuz zaman gereklidir; fakat pratikte tepkimenin 20 günde tamamlandığı varsayımı yapılabilir. Ancak 20 gün beklemek çok zaman alıcı olduğundan BOİ testinde 5 günlük süre kabul edilerek, inkübasyon süresi 5 gün ile sınırlandırılmış ve BOİ5 adını almıştır. Beş günlük değerler, toplam BOİ değerinin % 70-80 kadari olup yeterli görülmüştür (Şengül, 1982; Kirk Othmer, 1984).

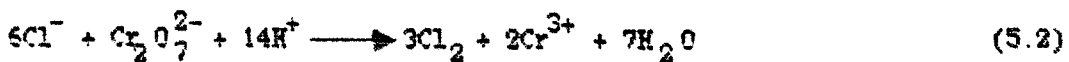
Atıkların BOİ5 değerleri biyolojik arıtım birimlerinin projelendirilmesinde büyük önem taşır. Arıtım yönteminin seçiminde ve bazı birimlerin boyutlarının saptanmasında da kullanılır. Ayrıca arıtım tesisleri çalışmaya başladıktan sonra çeşitli birimlerin arıtım verimlerini değerlendirmede BOİ testinin kullanımı uygun olmaktadır.

BOİ5 deneyleri standart yöntemlere göre yapılmıştır (Standart Methods, 1967). Çözünmüş oksijen değerleri oksijenmetre (0-15 g/m³ kapasitede, Chemtrix Inc. Type 300) ile ölçülmüştür.

5.1.5 Kimyasal oksijen ihtiyacı

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) evsel ve endüstriyel atıksuların kirlilik derecesini belirlemede kullanılan önemli bir parametredir. Biyolojik yaşam için zehirli maddeler içeren kullanılmış sularla, endüstri atıklarında BOİ5 deneyi sonuçları çok küçük çıkar, hatta sıfır olabilir. Bu durumda BOİ5 deneyi sonucu bu suyun içerdiği organik madde derişiminin bir ölçüsü olamaz. Böyle durumlarda organik maddelerin yükseltgenmesi için oksijen yerine asidik ortamda kuvvetli yükseltgen olan kimyasal bir madde kullanılır. Bu amaç için potasyum dikromat çok uygun bir maddedir; ancak bu maddenin yağ asitlerini yükseltgene gücü yetersizdir. Bu gibi durumlarda, ortamda gümüş iyonlarının bulunması katalitik etki yapmakta ve yükseltgenme kolaylaşmaktadır. Bu nedenle gümüş sülfatlı sülfirik asit kullanılır. Bazı aromatik organik maddelerin yükseltgenmesi ise hiçbir koşulda mümkün olmamaktadır.

Bazı indirgen inorganik iyonlar, KOİ testi ile benzer koşullarda yükseltgenebilir ve hatalı sonuçların ortaya çıkmasına neden olur. Ortamda klorür bulunması halinde, bu iyon hem gümüşü çöktürmesi, hem de potasyum dikromat ile redoks reaksiyonuna girmesi açısından girişim oluşturur.

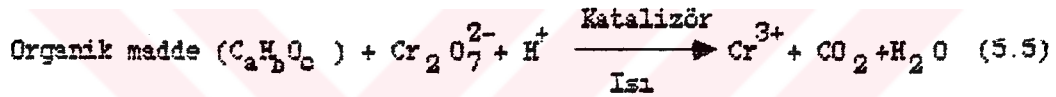




Klorür girişimi, ortama cıva sülfat ilavesiyle giderilebilir. Cıva iyonu klorür iyonuyla birleşerek zayıf iyonlaşabilen cıva klorür kompleksini oluşturur (Şengül vd., 1982).



KDİ tayininde biyokimyasal yükseltgenme yerine kimyasal yükseltgenme gerçekleşir. Krom 6+ değerden 3+ değere düşerken, organik madde yükseltgenerek, karbon 4+ değerini almaktadır. Bu sırada tüketilen dikromatın oksijen eşdeğerine kimyasal oksijen ihtiyacı denir.



KDİ deneyinde biyolojik olarak ayrışabilen ve ayrışamayan organik maddelerin ayırt edilmesinin olanaksızlığı bu parametre için en büyük sakıncadır. KDİ değeri genelde BOİ değerinden daha büyüktür. Çünkü biyolojik olarak oksitlenebilenden daha fazla bileşiğin kimyasal olarak oksitlenmesi mümkündür. Birçok atık madde için BOİ ile KDİ arasında bir bağlantı vardır. BOİs ancak 5 günlük deneylerle bulunabildiği halde, KDİ'nin 3 saat içinde tayini mümkündür. Bu bağlantı bilinirse kısa sürede tayin edilebilen KDİ değerlerinden arıtım tesislerinin kontrol ve işletilmesinde yararlanılabilir (Muslu, 1985; Santaniello, 1971).

Bu çalışmada KDİ deneyleri standart yöntemlere göre yapılmıştır (Standart Methods, 1967).

5.1.6 Kurşun

Kurşun ve bileşikleri genellikle benzin katkı maddesi, alkil kurşunların, akümülatörlerin, su borularının, insektisitlerin üretiminde, boya, tekstil sanayisinde kullanılmaktadır. Elektrolitik kurşun kaplama nadiren uygulanır (bakır ve kalay kaplama ile birlikte elektronik baskı devre üretiminde). Atıksularda kurşun yanında kalay, bakır, çinko, nikel kanyonları

ve tetrafluorborat , sülfat anyonları bulunabilir. Deniz suyu örneklerindeki Pb miktarı değişkendir. Kurşun tuzları deniz suyunun pH'ında ($\text{pH} = 8,1$) genellikle çözünmez haldedir. Bu durum tatlı sularda farklıdır(Baykut vd.,1987).

Kurşunun suda çözünen bileşiklerinin deniz canlılarına çok zehirli olduğu kabul edilmekle beraber, suda çözünmeyen ince dağılmış kurşun sülfürün de balıkları 2 ay içinde öldürebildiği belirlenmiştir.

Kolloidal ya da organik kurşun bileşiklerinin balık solungaçlarında adsorbe edildiği ve solunan CO_2 yüzünden pH'ı düşen solungaç yüzeylerinde kurşunun çözünerek dokuya geçtiği sanılmaktadır. Kurşunun kimyasal bileşiklerinin türü kadar ortamın pH'ı, organik maddelerin ve diğer elementlerin varlığı, suyun sertliği gibi faktörler de kurşunun zehirliliğini etkiler. Deniz canlılarının kurşunu biriktirebilmeleri de kurşunun zehirliliğini etkiler(Baykut vd., 1987).

Kurşun, toprakta ortalama 15 mg/kg derişimi ile önemsiz bir elementtir. Topraklara çok büyük miktarlarda eklendiği halde herhangi bir zehir etkisi gözlenmemiştir. Kurşunun çözünebilir şekli toprağa verildiğinde, diğer kimyasal bileşenlerle hızla tepkime vererek çözünmeyen bileşikler verdiği, bu nedenle de topraktaki kurşunun çözünerek yeraltı suyuna karışmasının mümkün olmadığı belirlenmiştir. Atıksulardaki tipik kurşun derişimi 0,05 mg/l'dir. Yüzey topraklarındaki kurşunun derişimi atıksuların boşaltıldığı suların kullanımıyla artmakla beraber toprakta kurşun birikiminin neden olduğu bitki zehirlenmesi gözlenmemiştir(Doğan, 1988).

İnsan üzerindeki kurşun etkisi, kullanılan kap-kacak, yenilen yemekler ve solunan hava yoluyla toplu ölümlere kadar giden sonuçlarla belirlidir. Kurşunun akut toksik etkisi azdır ve kronik zehirlenmelere neden olur. Kurşun esasen insan ve hayvan bünyesinde bir miktar bulunur. Normal olarak besialerden, sulardan ve havadan 0,4 mg/gün Pb insan vücuduna girer. İnsan ve diğer memelilerin dokularında biriken kurşun bir süre sonra zehirlenmelere yol açar. Çocuklar yetiskinlere göre daha kolay kurşun zehirlenmesinden etkilenir. En bilinen çocuk kurşun zehirlenmesi, kurşun içeren boya parçalarının çocuk tarafından yutulmasıdır. Kurşun vücutta önce alyuvarlar içerisine girer, hücrenin içindeki demiri dışarı atarak onun yerini alır. Vücutta demir eksikliğine bağlı olan kansızlık ortaya çıkar. Kurşunun fazlası dalak, karaciğer, böbrek gibi organlarda bulunmakla beraber en çok kemiklerde toplanır. Kurşunun kükürde karşı eğilimi olduğundan diş kenarlarında ve

bağırsaklarda da bulunur. Kurşun zehirlenmesinin erken döneminde iştahsızlık, zayıflama, yorgunluk, baş ağrısı, anemi, ağızda madeni tat, kansızlık, mide şikayetleri, diş etlerinde mavimsi kızgılar görülür. Daha ileri hallerde; huzursuzluk, sinirlilik, tekrarlayan kusmalar, eklem ağrıları, ellerde felç, duyu bozuklukları görülür. En ileri ağır şekillerinde ise; yüksek tansiyon, devamlı kusma, beyin ödemi, beyin damarlarında spazm sonucu ortaya çıkan merkezi sinir sistemi bozuklukları kendini gösterir (Baykut vd., 1987; Peker, 1989).

Bu çalışmada kurşun tayini standart yöntemlere göre spektrofotometrik olarak yapılmıştır (Standart Methods, 1967).

Örneğe önce perklorik ve nitrik asitle ya da sülfürik ve nitrik asitle önışlem uygulanarak organik maddeler parçalanır ve sonra ditizonu oksitleme yeteneği bulunan element ve bileşikler hidrazin asetatla indirgenir. Demir (II) ve kalay (IV) iyonları oldukça yavaş indirgendiklerinden, indirgen madde olarak hidrazin asetat kullanımı bazı güçlüklerle yol açabilir. İndirgeme dikkatlice ve yöntemine uygun olarak yapılmalıdır. pH 2-3'te ditizon, bakır, bizmut, kalay, cıva ve gümüşle kompleks oluşturur. Böylece bizmut ve kalay uzaklaşır ve bu nedenle pH 8-9'da kurşun özütlemesinde girişim yapamazlar. Bizmut, kalay ya da bakır görelili olarak büyük niceliklerde bulunabileceğinden; bu elementleri özütlemek için ditizonun kloroformda derişik bir çözeltisi kullanılmalıdır.

Girişim yapan elementler uzaklaştırıldıktan sonra, hidroksitlerin oluşumunu önlemek için tartarat katılır ve çözeltinin pH değeri amonyum hidroksit ve sodyum siyanürle 8-9'a getirilir. Sonra kurşun seyreltik bir ditizon çözeltisiyle özütlenir. Ditizonun fazlası kullanıldığından kurşun ditizonatın pembe rengi fazla ditizonun yoğun yeşil rengiyle maskelenir. Bu fazla ditizon alkali siyanür çözeltisiyle karbontetra klorür evresinden özütlenir, kurşun ditizonat organik çözeltide kalır. Kurşun ditizonatın çözeltisi belli bir hacme tamamlanır ve spektrofotometreyle 520 nm'de karbontetraklorüre karşı absorbans belirlenir. Bu çalışmada Shimadzu marka (250-1000 nm kapasitede UV-120-01) spektrofotometre kullanılmıştır.

Yöntem şu elementlerin iyonlarının her birinden 100'er µg bulunduğunda 0-75 µg kurşunu tayin etmek üzere geliştirilmiştir: Ag, Hg, Bi, Cu, Cd, As, Sb, Sn, Fe, Al, Cr, Ni, Co, Mn, Zn, Ca, Ba, Mg, Na, K ve NH₄⁺ (Standart Methods, 1967).

5.1.7 Kadmiyum

Demir-çelik, kadmiyum, çinko, kurşun ve bakır üretiminde; saflaştırma ve ekstraksiyonunda kullanılan süreçler ana kadmiyum kaynaklarıdır.

Kadmiyumun ana kullanım yerleri; elektrolitik kaplama, boya, mürekkep ve plastiklerde kullanılan pigmentler, çoğunlukla PTC için kullanılan plastik stabilizatörler, alaşımlar, nikel-kadmiyum pilleridir. Lastik sertleştirilmesi, fotoğrafçılık, kaydırıcılar, özel aynalar, fungusitlerin ve insektisitlerin üretimi, televizyon tüpleri, nükleer santrallerde merkezsel çubuk üretiminde de kadmiyum kullanım alanı bulur.

Kadmiyum gerek atmosfer yoluyla gerekse drenajlarla su sistemlerine geçmektedir. Bu çeşitli kaynaklardan ekosisteme geçen kadmiyum normal şartlarda iz halinde bulunmasına rağmen bazı organizmalarda yüzlerce defa daha fazla birikmektedir. Bunun sonucunda da gıda zinciri yoluyla insanlarda, özellikle kadmiyumunun üretildiği ve kullanıldığı endüstri dalında çalışan işçilerde kronik bozukluklar, hipertansiyon ve kanser vakalarının meydana geldiği görülmektedir. Besin yolu ile geçen kadmiyum böbrek ve kemik hastalıklarına (Itai-Itai hastalığı) yol açar. Kadmiyumun etkisiyle böbrek-üstü bezlerine olumsuz etkiler, kansızlık, kadın ve erkek yumurtalıklarında doku barabiyeti ve indirgenmiş hemoglobin düzeyleri gözlenmiştir. İnsan vücudu yaklaşık 30 mg kadar kadmiyum içerir ve normal olarak günde 0,2-0,5 mg kadmiyum özümleir(Baykut vd, 1987; Tuncer, 1983).

Kadmiyum ve çinko arasında kuvvetli bir metabolik ilişki vardır ve patojenik tehlike bu iki elementin birlikte birikimi ile birleşir. İnsanlarda çinko genellikle çok az absorbe edilir ve çoğu dışarı atılır.

Japonya'da bir çinko maden işletmesinin atıksularıyla kirlenmiş suların suladığı pirinç tarlalarında toplanan pirinçte, Japon pirincinin içerdiği ortalama kadmiyum düzeyinin 10 katı kadmiyum bulunmuş ve bu pirincin yenmesiyle yaklaşık 100 ölüm olayı olmuştur(Tuncer,1983).

Kadmiyum ve çinko toprağın kimyasal özelliklerine göre bitki zehirlenme etkisi gösterir. Tüm topraklardaki bitki büyümesi bu metallerin topraktaki derişimlerinin artması ve absorpsiyonlarının hızlanmasına bağlıdır. Kadmiyum ve çinkonun zehir etkisi, asidik topraklarda, nötr ve kalkerli topraklarda gözlenenden daha düşük derişimlerde gerçekleşir. Bu elementler toprakta diğer eser elementlerden daha çok sorun oluşturur.

Doğal topraklarda kadmiyum derişimleri 0,05-1,5 mg/ kg ve tipik derişim

0,3 µg/kg'dir. Bitki türlerine göre kadmiyum da gösterilen tolerans ta geniş bir aralıktadır. Örneğin aspanak oldukça duyarlı bir türdür. Fırino ise oldukça toleranslıdır (Joçan, 1988).

Kadmiyum iyonları difeniltiyokarbazona (ditizon) koyu kırmızı renkli bir bileşik verir ve bu kloroformla çözümlenerek kadmiyumun kolorimetrik tayininde kullanılabilir.

Organik maddeleri parçalamak için $HNO_3-H_2SO_4$ ya da HNO_3-HClO_4 ile örneklerin işleminde sonra bulunabilecek büyük nicelikteki gümüş $AgCl$ şeklinde çöktürülür. Bakır ve cıva geride kalan gümüşle birlikte, pH 2'de kloroformdaki ditizon çözeltisiyle çözümlenerek uzaklaştırılır. Çözeltinin pH'ı 9 yaparlar ve nikel, dimetilgliksim katılarak ve kloroformla çözümlenerek uzaklaştırılır; eğer kobalt varsa dimetil gliksimle kompleksleşir ve ditizonla tepkimeye girmez. Sonra çözelti kuvvetli bazik yapılır ve kadmiyum kloroformdaki ditizon çözeltisiyle çözümlenir. Bu bazik çözeltiden kadmiyumla beraber çözümlenen çinko, kloroform çözeltisi 0,5 N NaOH ile yıkılarak uzaklaştırılır. Sonunda kloroformdaki kadmiyum ditizon kompleksi 515 nm'de ölçülür.

Önerilen süreç izlendiği zaman en büyük girişim fazla nicelikteki çinkodan olur. Eğer çinko/kadmiyum oranı büyükse (500/1'den büyük) kadmiyumun son kalıntılarını çözümlenmek güçtür ve düşük sonuçlar elde edilir. 2,5 ile 25 µg arasındaki niceliklerde kadmiyum, bakır, kobalt ve çinkonun her birinden 0,25 µg ayrıca gümüş, cıva, kurşun, bismüt, arsenik, antimon, kalay, krom, alüminyum, demir, mangan, nikel, silyanür, tiyosülfat, fosfat, sülfid, tiyosiyonat, tartarat, asetat ve diğer yaygın iyonların her birinden 2,5 µg bulursa da kolayca tayin edilebilir. Son kloroform çözeltisinde 515 nm'de 0,01'lik net absorpsiyon vermesi için gerekli kadmiyum niceliği yaklaşık 0,5 µg'dir.

Yöntemin çok duyarlı olması ve kadmiyum iyonlarının yüzeylerle kolayca soğurulması nedeniyle örnek alma kaplarının temiz olması önemlidir. Folietlenen kaplar tercih edilir. Cam kaplar normal temizlemeden sonra 1+1 HNO_3 ile palkalanmalı ve sonra yarıdeniyonlanmış suyla durulanmalıdır.

Kadmiyum tayini standart yöntemlere göre yapılmıştır (Standart methods, 1967; Yıldırım, 1989).

5.2 Pıhtılaştırma ile Arıtım Deney Düzenağı ve Deney Yöntemi

Atıksuların arıtımında en iyi pıhtılaştırıcı ya da pıhtılaştırıcı karışımıyla miktarının tayini ve uygun koşulların belirlenmesi için Jar (kavonoz) testi yapılır.

Bu çalışmada çöktürücü olarak $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ve polielektrolitler (Batı Almanya'nın BASF firmasının "sedipur" ve ABD Cyanamid firmasının "superfloc" adlı maddeleri) kullanılmıştır. Ayrıca $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ve superfloc'un bir arada kullanımını da denemiştir.

Pıhtılaştırma-yumaklaştırma deneyleri C ve D fabrikalarının ham atıksularında yapıldı.

Temiz litrelik beherlere iyice çalkalanarak alınan atıksuya belirli dozlarda kimyasal madde eklendi. $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ve $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ küçük beherlerde hassas olarak tartılarak kullanıldı. Sedipur'un (1 mg/ml'lik) ve superfloc'un (0,3 mg/ml'lik) çözeltileri kullanıldı. Kimyasal maddeler atıksu örneklerine hızlı karıştırma anında eklendi. İki dakika hızlı karıştırmadan sonra 10 dakika bağıtle yavaş karıştırıldı. Hızlı karıştırma mekanik karıştırıcı (EMSA-MK1) ile yapıldı. Çökelmenin gerçekleşmesi için 1 saat bekletildi. Ayrıca çökelme hızlarını gözlemek üzere beherlerdeki atıksuların üst seviyesinden itibaren duru bölge yükseklikleri belirli zaman aralıklarıyla ölçüldü. Hızlı karıştırma çöktürücünün homojen dağılımının sağlanması için yavaş karıştırma ise yumaklaştırma için gereklidir. Çökelmeden sonra üstteki berrak kısım sifonla uygun şişelere alındı ve +4 °C'de buzdolabında analizler için saklandı. Bu arıtılmış atıksularda pH, KOD ve AKM tayinleri yapıldı.

6. DENEYSEL BULGULAR

A, B, C seramik fabrikaları ve D Kağıt Fabrikası arıtım tesisleri çıkışından alınan kompozit örneklerde SKKY'nin öngördüğü parametreler tayin edilmiştir. Bu analizlerin sonuçları bu bölümde verilecektir. Daha sonra C ve D fabrikalarının ham atıksularında çeşitli pıhtılaştırıcılarla pıhtılaştırma-yumaklaştırma ile arıtım deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerin sonuçları da izleyen altbölümlerde verilecektir.

6.1 Arıtım Tesislerinden Çıkan Atıksuların Özellikleri

Fabrikaların arıtım tesislerinden çıkan atıksuların analiz sonuçları aşağıdaki altbölümlerde verilmiştir. Analizler standart yöntemlere göre yapılmıştır (Standart Methods, 1967). Atıksuların pH değeri, sıcaklığı, debisi ve D Fabrikası için ayrıca ÇKMH anlık örnekler alınırken ölçülmüştür. Diğer parametrelerin tayinleri için kompozit örnekler uygun şekilde korunarak analizler laboratuvarında yapılmıştır.

6.1.1 A Seramik Fabrikası atıksularının özellikleri

A Seramik Fabrikasından üç ayrı işgününde alınan iki saatlik kompozit örneklerin analiz sonuçları Çizelge 6.1, 2 ve 3'te verilmiştir. Kompozit örnekler için verilen debi değerleri anlık örneklerin debilerinin aritmetik ortalaması alınarak; sıcaklık ve pH değerleri anlık değerlerin debilere göre ağırlıklı ortalaması alınarak elde edilmiştir. Diğer parametrelerin değerleri ise kompozit örnekler üzerinde yapılan analizlerle belirlenmiştir. Üç işgünü için aritmetik ortalama değerler SKKY sınır değerleriyle birlikte Çizelge 6.4'te verilmiştir.

Çizelge 6.1. 26.10.1988 tarihinde A Seramik Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin analiz sonuçları (hava sıcaklığı 8 °C ve yağmurlu, örnekler pek az bulanık ve kokusuz)

Parametre	Anlık örneklerin alınış saati					Kompozit örnek
	14.40	15.10	15.40	16.10	16.40	
Debi(m ³ /saat)	11,56	11,56	11,56	11,56	11,56	11,56
Sıcaklık(°C)	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0
pH	9,05	9,05	9,05	9,00	9,00	9,03
KOD (mg/l)						17,9
AKM (mg/l)						22,5
Cd (mg/l)						0,00
Pb (mg/l)						0,00

Çizelge 6.2. 28.10.1988 tarihinde A Seramik Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin analiz sonuçları (hava sıcaklığı 7 °C ve kapalı, örnekler pek az bulanık ve kokusuz)

Parametre	Anlık örneklerin alınış saati					Kompozit örnek
	10.26	10.56	11.26	11.56	12.26	
Debi(m ³ /saat)	1,18	0,39	10,55	11,56	11,55	6,84
Sıcaklık(°C)	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
pH	8,25	8,45	8,45	8,55	8,50	8,49
KOD (mg/l)						25,1
AKM (mg/l)						27,0
Cd (mg/l)						0,00
Pb (mg/l)						0,00

Çizelge 6.3. 3.11.1988 tarihinde A Seramik Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin analiz sonuçları (hava sıcaklığı 12 °C ve güneşli, örnekler pek az bulanık ve kokusuz)

Parametre	Anlık örneklerin alındığı saati					Kompozit örnek
	11.45	12.15	12.45	13.15	13.45	
Debi(m ³ /saat)	2,49	15,12	0,47	15,12	0,00	6,64
Sıcaklık(°C)	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0
pH	8,80	8,75	8,75	8,75	8,75	8,75
KDI (mg/l)						10,6
AKM (mg/l)						46,0
Cd (mg/l)						0,00
Pb (mg/l)						0,00

Çizelge 6.4. A Seramik Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin kirlilik parametrelerinin üç işgünü için ortalama değerleri

Parametre	Üç işgünündeki ortalama değer	SKKY sınır değerleri
Debi(m ³ /saat)	8,35	-
Sıcaklık(°C)	13,0	-
pH	8,76	6-9
KDI(mg/l)	17,9	80
AKM(mg/l)	31,9	100
Pb(mg/l)	0,00	1,00
Cd(mg/l)	0,00	0,10

6.1.2 B Seramik Fabrikası atıksularının özellikleri

B Seramik Fabrikasından üç ayrı işgününde alınan iki saatlik kompozit örneklerin analiz sonuçları Çizelge 6.5, 6 ve 7'de verilmiştir. Kompozit örnek için verilen değerler Altbölüm 6.1.1'deki gibi bulunmuştur. Üç işgünü için aritmetik ortalama değerler SKKY sınır değerleriyle birlikte Çizelge 6.8'de verilmiştir.

Çizelge 6.5. 26.10.1988 tarihinde B Seramik Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin analiz sonuçları (hava sıcaklığı 8 °C ve yağmurlu, örnekler bulanık ve kokusuz)

Parametre	Anlık örneklerin alınış saati					Kompozit örnek
	11.55	12.25	12.55	13.25	13.55	
Debi(m ³ /saat)	6,63	5,30	5,30	5,30	19,72	8,45
Sıcaklık(°C)	16,5	16,0	16,0	16,0	16,0	16,1
pH	8,20	8,15	8,10	8,05	8,00	8,10
KDİ (mg/l)						50,2
AKM (mg/l)						43,0
Cd (mg/l)						0,00
Pb (mg/l)						0,00

Çizelge 6.6. 28.10.1988 tarihinde B Seramik Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin analiz sonuçları (hava sıcaklığı 8 °C ve yağmurlu, örnekler az bulanık ve kokusuz)

Parametre	Anlık örneklerin alınış saati					Kompozit örnek
	10.40	11.00	11.40	12.10	12.40	
Debi(m ³ /saat)	17,84	23,77	24,09	17,84	23,77	24,09
Sıcaklık(°C)	16,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,2
pH	9,05	9,05	9,15	9,15	9,15	9,11
KDİ (mg/l)						39,4
AKM (mg/l)						179,0
Cd (mg/l)						0,00
Pb (mg/l)						0,00

Çizelge 6.7. 3.11.1988 tarihinde B Seramik Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin analiz sonuçları (hava sıcaklığı 12 °C ve güneşli, örnekler çok bulanık ve son iki örnek pembe renkli, kokusuz)

Parametre	Anlık örneklerin alınış saati					Kompozit örnek
	11.35	12.05	12.35	13.05	13.35	
Debi(m ³ /saat)	7,97	14,84	13,39	20,93	20,61	15,55
Sıcaklık(°C)	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0
pH	8,45	8,45	8,45	8,50	8,60	8,50
KDİ (mg/l)						17,7
AKM (mg/l)						541,0
Cd (mg/l)						0,00
Pb (mg/l)						0,00

Çizelge 6.8. B Seramik Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin kirlilik parametrelerinin üç işgünü için ortalama değerleri

Parametre	Üç işgünündeki ortalama değer	SKKY sınır değerleri
Debi(m ³ /saat)	16,3	-
Sıcaklık(°C)	15,8	-
pH	8,50	6-9
KDİ(mg/l)	35,8	90
AKM(mg/l)	254,3	100
Pb(mg/l)	0,00	1,00
Cd(mg/l)	0,00	0,10

6.1.3 C Seramik Fabrikası atıksularının özellikleri

C Seramik Fabrikasından üç ayrı işgününde alınan iki saatlik kompozit örneklerin analiz sonuçları Çizelge 6.9, 10 ve 11'de verilmiştir. Kompozit örnekler için verilen değerler Altbölüm 6.1.1'deki gibi bulunmuştur. Üç işgünü için aritmetik ortalama değerler SKKY sınır değerleriyle birlikte Çizelge 6.12'de verilmiştir.

Çizelge 6.9. 19.1.1989 tarihinde C Seramik Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin analiz sonuçları (hava sıcaklığı 5 °C ve güneşli. Örnekler biraz bulanık ve kokusuz)

Parametre	Anlık örneklerin alınış saati					Kompozit örnek
	10.30	11.00	11.30	12.00	12.30	
Debi(m ³ /saat)	0,00	0,00	0,00	18,00	13,00	6,20
Sıcaklık(°C)	-	-	-	8,0	8,0	8,0
pH	-	-	-	8,50	8,50	8,50
KDİ (mg/l)						43,0
AKM (mg/l)						76,0
Cd (mg/l)						0,20
Pb (mg/l)						1,08

Çizelge 6.10. 14.2.1989 tarihinde C Seramik Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin analiz sonuçları (hava sıcaklığı 7 °C ve güneşli. Örneklerin görünümü hafif bulanık ve koku yok)

Parametre	Anlık örneklerin alınış saati					Kompozit örnek
	14.00	14.30	15.00	15.30	16.00	
Debi(m ³ /saat)	21,60	15,80	15,80	15,80	15,80	17,00
Sıcaklık(°C)	8,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
pH	8,30	8,40	8,50	8,40	8,40	8,40
KDİ (mg/l)						41,0
AKM (mg/l)						11,0
Cd (mg/l)						0,04
Pb (mg/l)						1,40

Çizelge 6.11. 22.5.1989 tarihinde C Seramik Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin analiz sonuçları (hava sıcaklığı 18 °C, kapalı ve yağmurlu; örnekler biraz bulanık ve kokusuz)

Parametre	Anlık örneklerin alınış saati					Kompozit örnek
	14.00	14.30	15.00	15.30	16.00	
Debi(m ³ /saat)	27,10	29,10	27,10	28,90	0,00	28,10
Sıcaklık(°C)	19,0	19,0	19,0	19,0	-	19,0
pH	8,10	8,10	8,10	8,15	-	8,11
KDİ (mg/l)						19,5
AKM (mg/l)						48,4
Cd (mg/l)						0,00
Pb (mg/l)						0,00

Çizelge 6.12. C Seramik Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin kirlilik parametrelerinin üç işgünü için ortalama değerleri

Parametre	Üç işgünüdeki ortalama değer	SKKY sınır değerleri
Debi(m ³ /saat)	17,10	-
Sıcaklık(°C)	12,0	-
pH	8,34	6-9
KDİ(mg/l)	34,5	80
AKM(mg/l)	45,1	100
Pb(mg/l)	0,83	1,00
Cd(mg/l)	0,08	0,10

6.1.4 D Kağıt Fabrikası atıksularının özellikleri

D Kağıt Fabrikasından üç ayrı işgününde alınan iki saatlik kompozit örneklerin analiz sonuçları Çizelge 6.13,14, ve 15'te verilmiştir. Kompozit örnekler için verilen debi değerleri anlık örneklerin debilerinin ortalaması alınarak; sıcaklık, pH değerleri ve ÇKMH anlık değerlerin debilere göre ağırlıklı ortalaması alınarak elde edilmiştir. Üç işgünü için aritmetik ortalama değerler SKKY sınır değerleriyle birlikte Çizelge 6.16'da verilmiştir.

Çizelge 6.13. 20.10.1988 tarihinde D Kağıt Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin analiz sonuçları (hava sıcaklığı 13 °C ve çok hafif yağışlı, örnekler biraz bulanık ve H₂S kokulu)

Parametre	Anlık örneklerin alınış saati					Kompozit örnek
	10.45	11.15	11.45	12.15	12.45	
Debi(m ³ /saat)	42,80	30,00	27,60	71,20	3,14	34,95
Sıcaklık(°C)	26,0	27,0	28,5	28,0	26,0	27,4
pH	5,30	5,15	5,50	5,25	5,20	5,28
ÇKMH (ml/l)	0,00	0,30	0,20	0,00	0,40	0,09
BOİ ₅ (mg/l)						40,0
KDİ (mg/l)						332,6

Çizelge 6.14. 26.10.1988 tarihinde D Kağıt Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin analiz sonuçları (hava sıcaklığı 9 °C ve yağmurlu, örnekler pek az bulanık ve kokusuz)

Parametre	Anlık örneklerin alınış saati					Kompozit örnek
	10.45	11.15	11.45	12.15	12.45	
Debi(m ³ /saat)	25,20	22,80	26,10	25,20	26,60	25,18
Sıcaklık(°C)	23,0	22,0	23,0	23,0	22,0	23,3
pH	8,55	8,65	9,15	9,10	9,05	8,91
ÇKMH (ml/l)	0,30	0,30	0,20	0,00	0,30	0,22
BOİ ₅ (mg/l)						82,0
KDİ (mg/l)						118,3

Çizelge 6.15. 23.10.1988 tarihinde D Kağıt Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin analiz sonuçları (hava sıcaklığı 7 °C ve kapalı, örnekler biraz bulanık ve hafif H₂S kokulu)

Parametre	Anlık örneklerin alınış saati					Kompozit örnek
	10.15	10.45	11.15	11.45	12.15	
Debi(m ³ /saat)	2,40	2,40	2,40	0,47	2,40	2,01
Sıcaklık(°C)	23,0	24,0	23,0	20,0	30,0	24,7
pH	7,20	5,65	7,90	7,85	7,60	7,12
ÇKİH (ml/l)	0,40	0,70	0,20	0,30	1,50	0,68
BOİ ₅ (mg/l)						76,1
KOİ (mg/l)						207,9

Çizelge 6.16. D Kağıt Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin kirlilik parametrelerinin üç işgünü için ortalama değerleri

Parametre	Üç işgünündeki ortalama değer	SKKY sınır değerleri
Debi(m ³ /saat)	20,70	-
Sıcaklık(°C)	25,8	-
pH	7,10	-
ÇKİH (ml/l)	0,33	0,50
BOİ ₅ (mg/l)	66,0	40,0
KOİ (mg/l)	219,6	100

Fabrika ilgililerinin isteği üzerine ikinci kez D Fabrikasından atıksu örnekleri alınmıştır. Üç ayrı işgününde alınan iki saatlik kompozit örneklerin analiz sonuçları Çizelge 6.17, 18 ve 19'da verilmiştir. Üç işgünü

için aritmetik ortalama değerler SKKY sınır değerleriyle birlikte Çizelge 6.20'de verilmiştir. SKKY'nde sınır değerler hem derişim (mg/l) hem de birim üretim başına kirlilik yükü (kg/t) olarak verilmiştir. Bu yüzden birim üretim başına kirlilik yükleri işletme ilgilileri tarafından verilen günlük toplam kağıt üretim verileri yardımıyla hesaplanmıştır. Bu veriler 18.7.1989 günü 155,100 ton; 19.7.1989 günü 162,600 ton ve 20.7.1989 günü 150,000 ton şeklindedir. İki saatlik kompozit örneklerin günlük ortalama değerleri temsil ettiği varsayımı ile önce bir gündeki BOİ₅ ve KODI deşarjları bulunur ve o günkü kağıt üretimine bölünerek birim üretim başına kirlilik yükü elde edilir.

Çizelge 6.17. 18.7.1989 tarihinde D Kağıt Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin analiz sonuçları (ortalama hava sıcaklığı 30 °C, parçalı bulutlu, örnekler bulanık ve H₂S kokulu)

Parametre	Anlık örneklerin alınış saati					Kompozit örnek
	15.25	15.55	16.25	16.55	17.25	
Debi(m ³ /saat)	33,57	77,07	63,12	63,12	63,12	60,00
Sıcaklık(°C)	34,0	32,0	34,0	34,0	35,0	33,7
pH	8,05	7,70	7,80	7,70	7,45	7,71
ÇKMH (ml/l)	0,30	0,50	2,00	1,00	0,20	1,00
BOİ ₅	(mg/l)					82,3
	(kg/t)					0,82
KODI	(mg/l)					318,5
	(kg/t)					4,89

Çizelge 6.18. 19.7.1989 tarihinde D Kağıt Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin analiz sonuçları (ortalama hava sıcaklığı 27 °C, parçalı bulutlu, örnekler çok az bulanık ve kokusuz)

Parametre	Anlık örneklerin alınış saati					Kompozit örnek
	10.35	11.05	11.35	12.05	12.35	
Debi(m ³ /saat)	56,84	37,70	0,22	37,70	1,31	26,75
Sıcaklık(°C)	35,0	35,0	34,0	35,0	33,0	35,0
pH	7,25	7,20	7,25	7,25	7,30	7,24
ÇKMK (ml/l)	0,40	1,80	0,00	0,00	0,00	0,70
BOİ ₅	(mg/l)					57,5
	(kg/t)					0,23
KOD	(mg/l)					200,0
	(kg/t)					0,79

Çizelge 6.19. 20.7.1989 tarihinde D Kağıt Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin analiz sonuçları (ortalama hava sıcaklığı 24 °C, çok bulutlu örnekler biraz bulanık ve kokusuz)

Parametre	Anlık örneklerin alınış saati					Kompozit örnek
	12.25	12.55	13.25	13.55	14.25	
Debi(m ³ /saat)	59,68	56,84	65,42	62,54	62,54	61,40
Sıcaklık(°C)	36,0	36,0	36,5	36,0	36,0	36,1
pH	6,50	6,65	6,70	6,75	6,75	6,67
ÇKMK (ml/l)	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BOİ ₅	(mg/l)					33,7
	(kg/t)					0,33
KOD	(mg/l)					274,1
	(kg/t)					2,69

Çizelge 6.20 D Kağıt Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksu örneklerinin kirlilik parametrelerinin üç işgünü için ortalama değerleri

Parametre	Üç işgünündeki ortalama değer	SKKY sınır değerleri
Debi(m ³ /saat)	49,38	-
Sıcaklık(°C)	34,9	-
pH	7,21	-
ÇKMH (ml/l)	0,6	0,5
BOİ ₅	(mg/l)	59,8
	(kg/t)	0,46
KDI	(mg/l)	264,2
	(kg/t)	2,79
		40
		3
		100
		6

B Seramik Fabrikası ve D Kağıt Fabrikası atıksularında SKKY'nde öngörülen sınır değerler en azından bazı parametreler bakımından aşıldığından arıtım tesislerinin etkin şekilde çalışmasını sağlamak amacıyla CveD işletmelerin ham atıksularından örnekler alınarak pıhtılaştırma- yumaklaştırma deneyleri yapılmış ve sonuçlar izleyen altbölümde verilmiştir.

6.2 Pıhtılaştırma-Yumaklaştırma Yöntemiyle Arıtım Sonuçları

Fabrikaların her ikisi de atıksuların arıtımında pıhtılaştırma-yumaklaştırma yöntemini kullanmaktadır. Bu yüzden C ve D Fabrikaları ham atıksularının pıhtılaştırma-yumaklaştırma yöntemiyle arıtımı üzerinde çalışılmıştır. $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ve polielektrolitler (Batı Almanya'nın BASF firmasının sedipur ve ABD Cyanamid firmasının superfloc adlı maddeleri) çöktürücü olarak kullanılmıştır. Ayrıca $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ve superfloc'un birarada kullanımı da denenerak etkin çöktürücü dozunun belirlenmesine çalışılmıştır. Bu bölümde arıtım deneylerinin sonuçları verilerek, çöktürücü niceliğine karşılık arıtılmış sudaki pH, KDI ve AXI

değerleri grafiğe geçirilmiştir. Ayrıca çöküş hızlarına karşılaştırmak için çökeltme sırasında belirli zaman aralıklarıyla atıksuların üst seviyesinden itibaren ölçülen duru bölge yükseklikleri de bu bölümde verilmiştir.

6.2.1 C Seramik Fabrikası atıksuyunun pıhtılaştırma- yumaklaştırma ile arıtım sonuçları

Fabrikadan belli bir günde ve anda alınan ham atıksuyun özellikleri, SKKY'nde öngörülen sınır değerlerle beraber Çizelge 6.21'de verilmiştir. Arıtım hedefi sınır değerlerini aşan parametrelerin bu sınırların altına düşürülmesidir.

Çizelge 6.21. C İşletmesinden 22.5.1989'da saat 16.15'te alınan ham atıksuyun özellikleri (hava yağışlı, su çok bulanık)

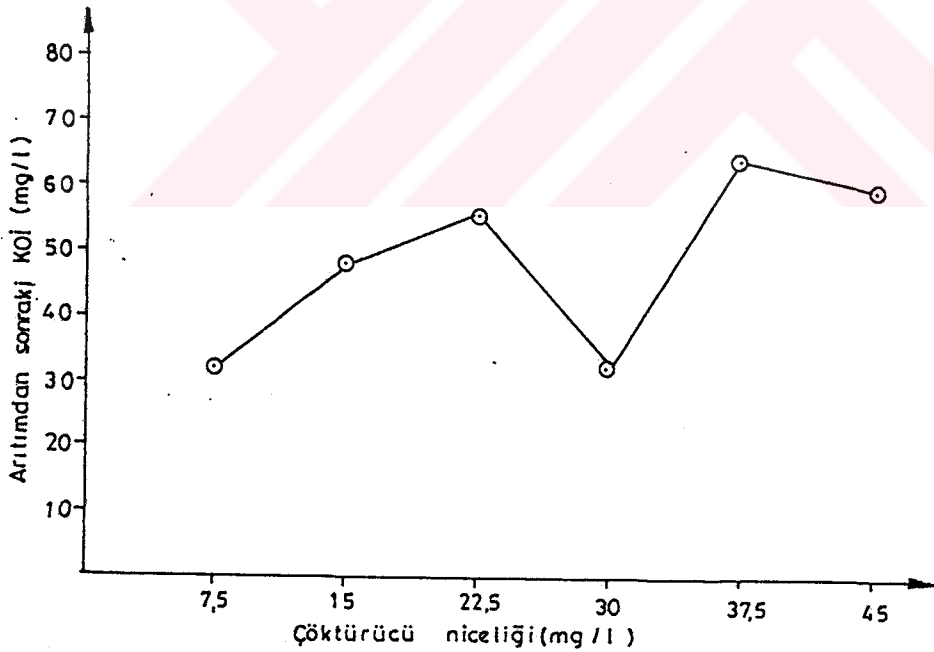
Parametre	Ham atıksu	SKKY sınır değerleri
Sıcaklık (°C)	20,0	-
pH	7,89	6-9
AKM (mg/l)	4194	100
ÇKM (ml/l)	10,0	-
KOI (mg/l)	82,7	80,0
Cd (mg/l)	0,00	0,10
Pb (mg/l)	0,43	1,00

İşletme ham atıksuyunun arıtımında 7,50; 15,00; 22,50; 30,00; 37,50 ve 45,00 mg/l dozlarda superfloc kullanılmıştır. Pıhtılaştırıcı ilavesinden sonra atıksu 2 dk hızlı 10 dk yavaş karıştırılarak 1 saat çökeltme için bekletilmiştir. Ham atıksudaki kadmiyum ve kurşun miktarları SKKY sınır değerlerini aşmadığından arıtımdan sonra kadmiyum ve kurşun tayini yapılmamıştır. Arıtımdan sonra elde edilen pH, KOI, AKM verileri ve pH, KOI ve AKM'de % azalma değerleri Çizelge 6.22'de verilmiştir. Arıtımdan sonraki

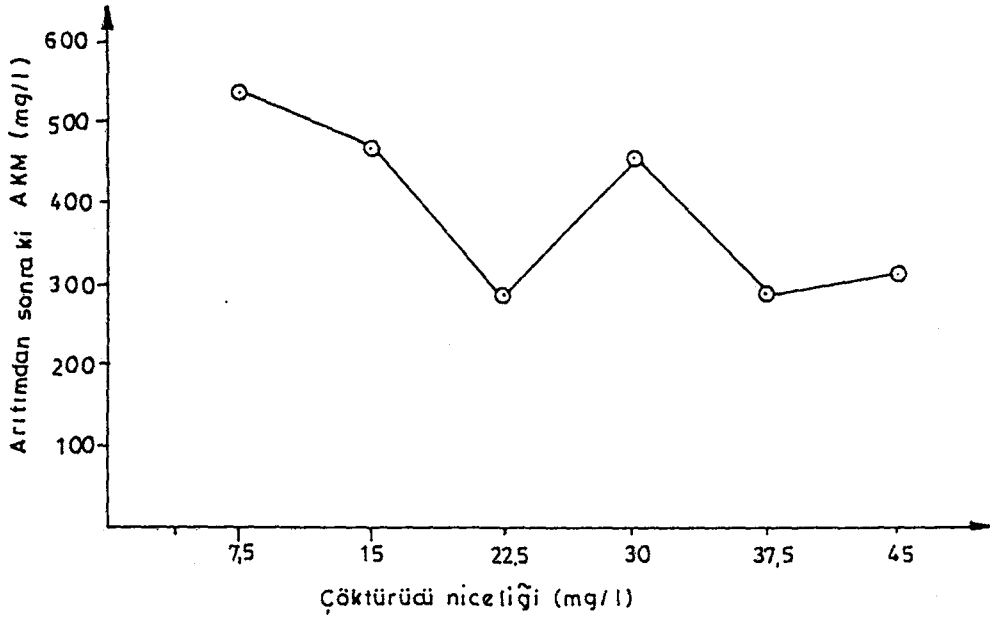
KOI ve AKI verileri çöktürücü niceliğine karşı grafiğe geçirilmiştir. Bu grafikler Şekil 6.1 ve 2'de görülmektedir. Çökelme sırasında duru kısım oluşmadığından duru bölge yükseklikleri ölçülemediği için.

Çizelge 6.22. C Seramik Fabrikası ham atıksuyunda superfloc'la pıhtılaştırma ile elde edilen analiz sonuçları

Çöktürücü dozu(mg/l)	pH	pH'ta % azalma	KOI (mg/l)	KOI'de % azalma	AKI (mg/l)	AKI'de % azalma
7,50	7,75	1,6	32,1	61,2	536	87,2
15,00	7,75	1,6	45,8	44,6	468	88,8
22,50	7,75	1,6	55,0	33,9	284	93,2
30,00	7,75	1,6	32,1	61,2	456	89,1
37,50	7,75	1,6	64,2	22,4	284	93,2
45,00	7,75	1,6	59,6	27,9	308	92,7



Şekil 6.1. C Seramik Fabrikası ham atıksuyunun superfloc'la arıtımında superfloc niceliğine karşı arıtımdan sonraki KOİ değerleri.

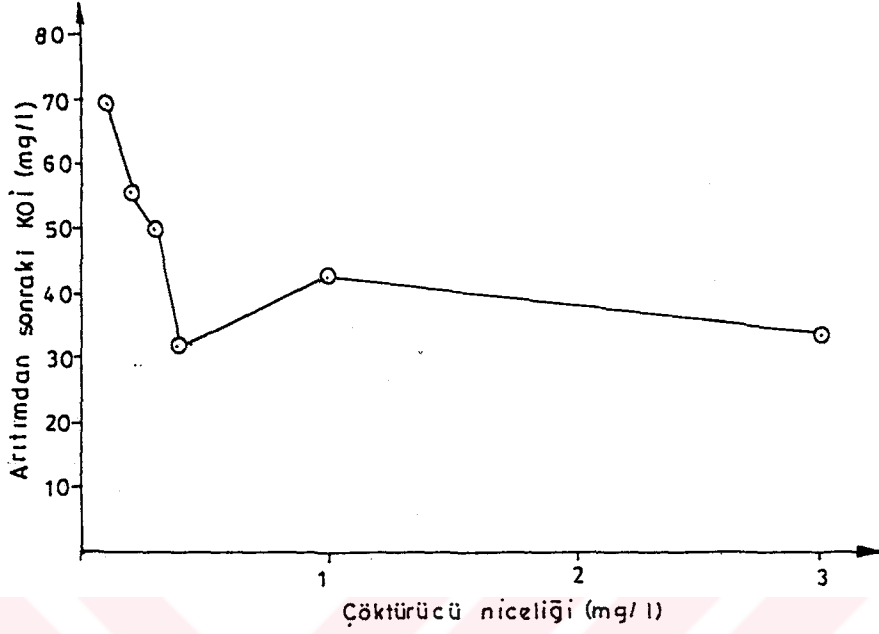


Şekil 6.2. C Seramik Fabrikası ham atıksuyunun superfloc'la arıtımında superfloc niceliğine karşı arıtımdan sonraki AKM değerleri.

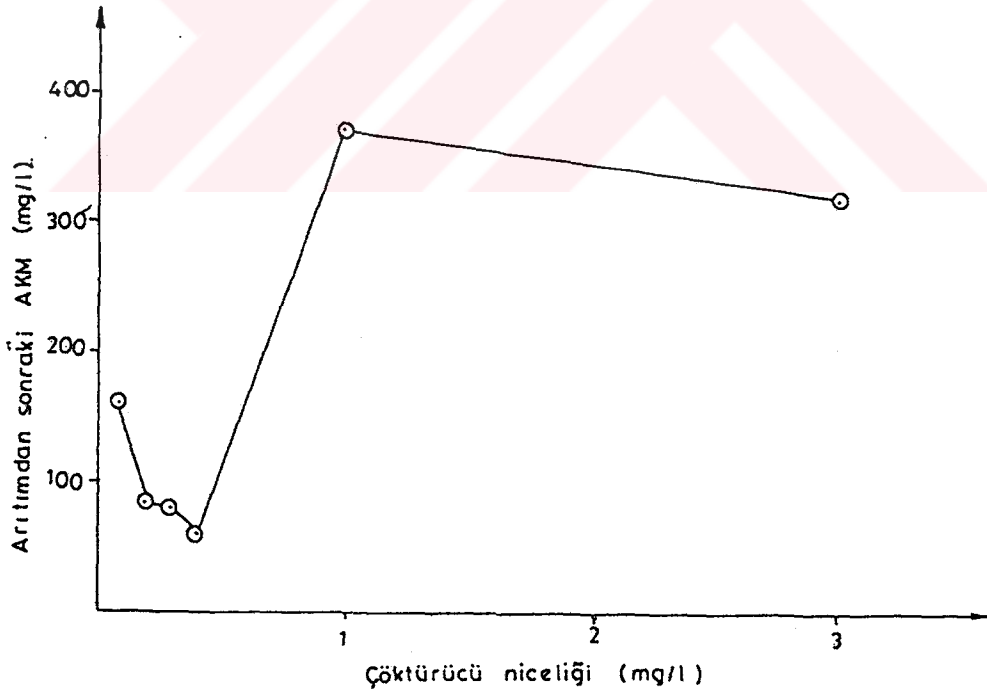
Organik polielektrolit dozu artırıldıkça, KOD giderimindeki azalmanın ilave edilen çöktürücünün KOD değerinden ileri gelebileceği düşünülerek daha sonra 0,10; 0,20; 0,30; 0,40; 1,00 ve 3,00 mg/l gibi oldukça küçük dozlarda superfloc'la çalışılmıştır. Arıtımdan sonra elde edilen pH, KOD, AKM verileri ve pH, KOD, AKM'de % azalma değerleri Çizelge 6.23'te verilmiştir. Arıtımdan sonraki KOD ve AKM değerleri çöktürücü niceliğine karşı grafiğe geçirilmiştir. Bu grafikler Şekil 6.3 ve 4'te görülmektedir. Çökeltme sırasında duru kısım oluşmadığından duru bölge yükseklikleri ölçülemediği için.

Çizelge 6.23. C Seramik Fabrikası ham atıksuyunda superfloc'la pıhtılaştırma ile elde edilen analiz sonuçları

Çöktürücü dozu(mg/l)	pH	pH'ta % azalma	KOD (mg/l)	KOD'de % azalma	AKM (mg/l)	AKM'de % azalma
0,10	7,80	1,0	69,0	16,6	162	96,1
0,20	7,75	1,6	55,0	33,5	85	98,0
0,30	7,85	0,4	50,0	39,5	81	98,1
0,40	7,90	-0,3	32,0	61,3	60	96,6
1,00	7,90	-0,3	42,6	48,5	368	91,2
3,00	7,95	-0,9	33,5	59,5	316	92,5



Şekil 6.3. C Seramik Fabrikası ham atıksuyunun superfloc'la arıtımında superfloc niceliğine karşı arıtımdan sonraki KOİ değerleri.

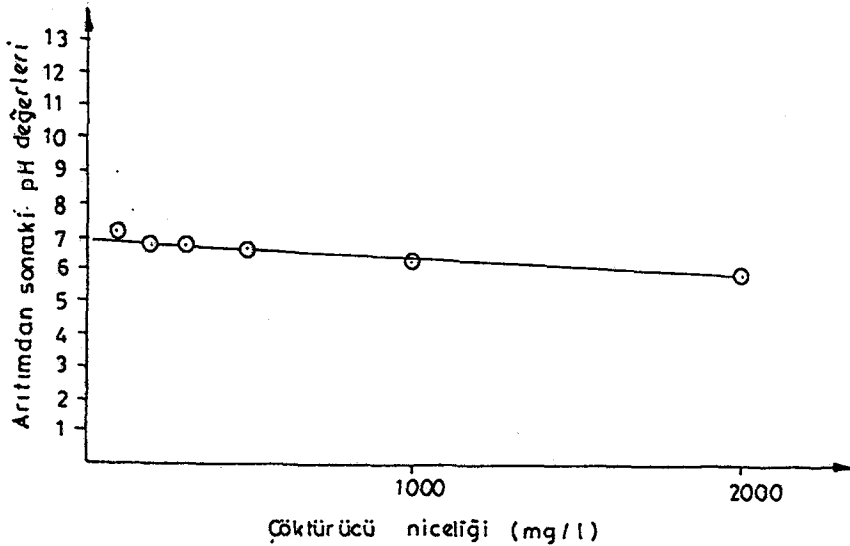


Şekil 6.4. C Seramik Fabrikası ham atıksuyunun superfloc'la arıtımında superfloc niceliğine karşı arıtımdan sonraki AKM değerleri.

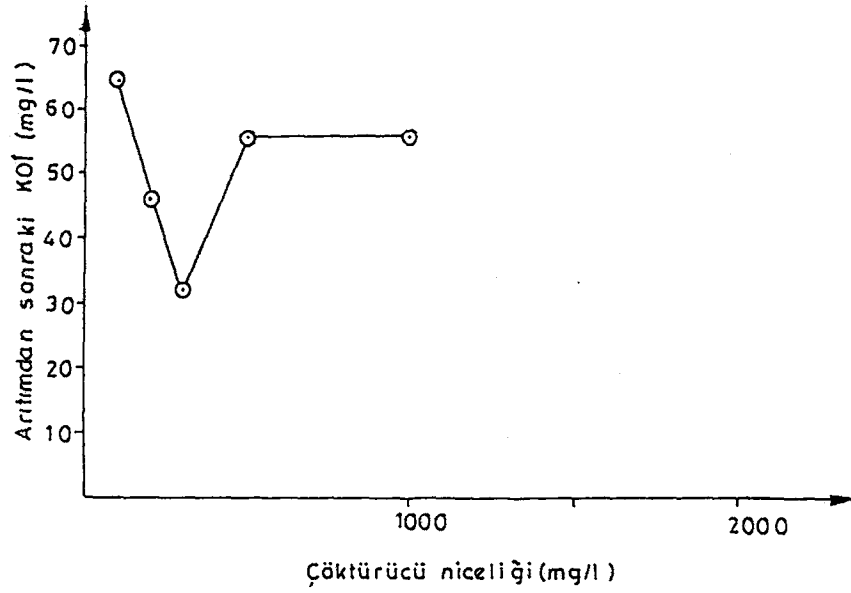
Daha sonra 100, 200, 300, 500, 1000 ve 2000 mg/l dozlarda $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ kullanılarak pıhtılaştırma-yumaklaştırma deneyleri yapılmıştır. Arıtımdan sonra elde edilen pH, KOİ, AKM verileri ve pH, KOİ, AKM'de % azalma değerleri Çizelge 6.24'te verilmiştir. Arıtımdan sonraki pH, KOİ ve AKM değerleri çöktürücü niceliğine karşı grafiğe geçirilmiştir. Bu grafikler Şekil 6.5, 6 ve 7'de görülmektedir. Çökelme sırasında belirli zaman aralıkları ile ölçülen duru bölge yükseklikleri de Çizelge 6.25'te verilmiştir. Burada toplam sıvı yüksekliği yaklaşık 9,5 cm'dir.

Çizelge 6.24. C Seramik Fabrikası ham atıksuyunda $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ile pıhtılaştırma ile elde edilen analiz sonuçları

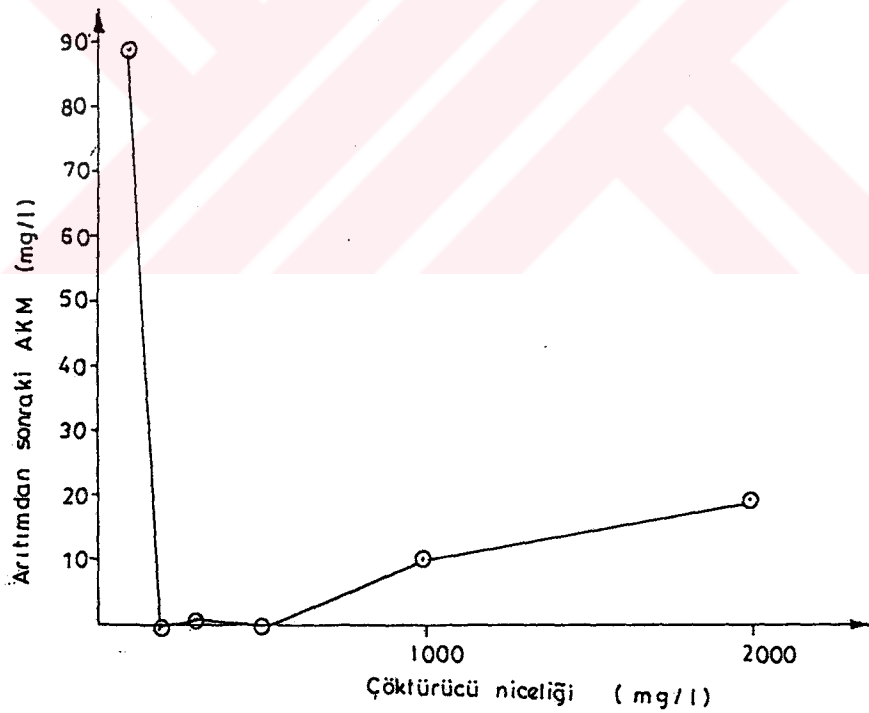
Çöktürücü dozu(mg/l)	pH	pH'ta % azalma	KOİ (mg/l)	KOİ'de % azalma	AKM (mg/l)	AKM'de % azalma
100	7,10	9,9	64,2	22,4	88	97,9
200	6,95	13,1	45,8	44,6	0	100,0
300	6,70	15,0	32,1	61,2	0	100,0
500	6,55	16,9	55,1	33,4	0	100,0
1000	6,20	21,3	55,1	33,4	10	99,8
2000	5,90	25,1	-	-	19	99,6



Şekil 6.5. C Seramik Fabrikası ham atıksuyunun $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ile arıtımında $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ niceliğine karşı arıtımdan sonraki pH değerleri.



Şekil 6.6. C Seramik Fabrikası ham atıksuyunun $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ile arıtımında $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ niceliğine karşı arıtımdan sonraki KOİ değerleri.



Şekil 6.7. C Seramik Fabrikası ham atıksuyunun $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ile arıtımında $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ niceliğine karşı arıtımdan sonraki AKM değerleri.

Çizelge 6.25.Çökeltme hızına $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ 'nun etkisi

Çöktürücü dozu(mg/l)	Duru kısım yükseklikleri(cm)						
	2dk	5dk	10dk	20dk	30dk	60dk	
100	-	8,7	8,7	8,7	8,8	8,9	İsaat sonunda tamamen berraklaşma gözlenmedi
200	-	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	Çok kısa sürede duru kısım oluştu.10dk'da berraklaştı.
300	8,2	8,2	8,3	8,3	8,4	8,4	15 dk sonunda duru kısım oluştu.Sonunda su çok berraktı.
500	8,4	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	Çökme sonunda hafif bulanıklık vardı.
1000	8,4	8,4	8,4	8,4	8,5	8,5	Çökme sonunda az bulanıklık vardı.
2000	7,3	7,7	8,1	8,0	8,0	8,0	Çökme sonunda bulanıklık biraz daha arttı.

Son olarak superfloc ve $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ 'ın birlikte kullanımı denenmiştir. Alüminyum sülfatın 1/10'u kadar superfloc kullanılmıştır. Arttımdan sonraki pH, KDI, AKM verileri ve pH, KDI ve AKM de % azalma değerleri Çizelge 6.26'da verilmiştir. Çökeltme sırasında atıksular bulanık olduğundan duru bölge yükseklikleri ölçülememiştir.

Çizelge 6.26. C Seramik Fabrikası ham atıksuyunda $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ve superfloc'un birlikte kullanımıyla pıhtılaştırmada elde edilen analiz sonuçları

$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ dozu(mg/l)	Superfloc dozu(mg/l)	pH	pH'ta % azalma	KDI (mg/l)	KDI'de % azalma	AKM (mg/l)	AKM'de % azalma
10	1,00	7,40	6,1	110,0	-0,3	72	98,3
20	2,00	7,35	6,7	71,1	0,1	0	100,0
35	3,50	7,10	6,9	64,0	22,6	0	100,0
100	10,00	7,10	9,9	74,7	9,7	0	100,0

6.2.2 D Kağıt Fabrikası atıksuyunun pihtılaştırma yumaklaştırma ile arıtım sonuçları

Fabrikanın ham atıksuyunun özellikleri, SKKY'nde öngörülen sınır değerlerle birlikte Çizelge 6.27'de verilmiştir.

Çizelge 6.27.D İşletmesinden 13.7.1989'da alınan ham atıksuyun özellikleri

Parametre	Ham atıksu	SKKY sınır değerleri
pH	7,80	-
AKM (mg/l)	172	-
ÇKMH (ml/l)	20,0	0,5
KDİ (mg/l)	407,5	100,0
BOİ ₅ (mg/l)	98,4	40,0

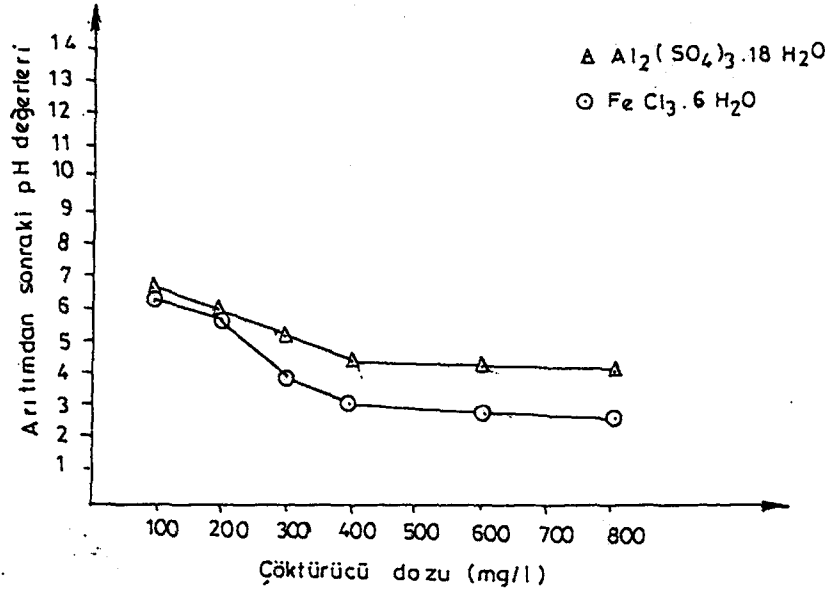
İşletme ham atıksuyunun arıtımında 100, 200, 300, 400, 600, 800 mg/l dozlarda $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ve aynı dozlarda $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ kullanılmıştır. Arıtmadan sonraki BOİ₅ değerleri fazla zaman aldığı için izlenmemiştir. Arıtmadan sonra elde edilen pH, KDİ, AKM verileri ve pH, KDİ ve AKM'de % azalma değerleri Çizelge 6.28 ve 29'da verilmiştir. Arıtmadan sonraki pH, KDİ ve AKM verileri göktürücü niceliğine karşı grafiğe geçirilmiştir. Bu grafikler Şekil 6.8, 9 ve 10'da görülmektedir. Çökeltme sırasındaki duru bölge yükseklikleri Çizelge 6.30 ve 31'de verilmiştir. Pihtılaştırıcı dozunun artışıyla $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ kullanımında bulanıklığın, $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ kullanımıyla sarı renk ve bulanıklığın arttığı gözlenmiştir. $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ 'ün en küçük dozuyla atıksu, çökeltme işleminden sonra oldukça berrak görünüme sahip olmuştur.

Çizelge 6.28. D Kağıt Fabrikası ham atıksuyunda $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ile pıhtılaştırmayla elde edilen analiz sonuçları

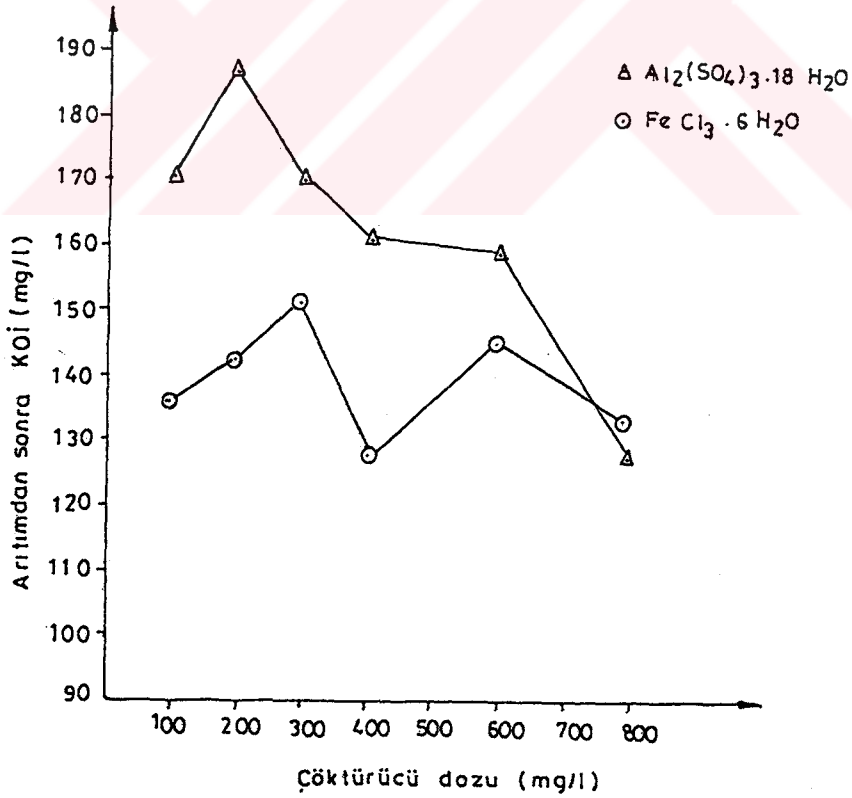
Çöktürücü dozu(mg/l)	pH	pH'ta % azalma	KDİ (mg/l)	KDİ'de % azalma	AKM (mg/l)	AKM'de % azalma
100	6,65	14,7	170,4	58,2	0	100,0
200	5,90	24,3	135,2	54,5	0	100,0
300	5,05	35,3	170,4	58,2	5	97,1
400	4,45	42,9	161,1	60,5	8	95,3
600	4,25	45,5	159,3	60,9	8	95,3
800	4,10	47,4	127,8	68,6	6	96,5

Çizelge 6.29. D Kağıt Fabrikası ham atıksuyunda $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ 'le pıhtılaştırma ile elde edilen analiz sonuçları

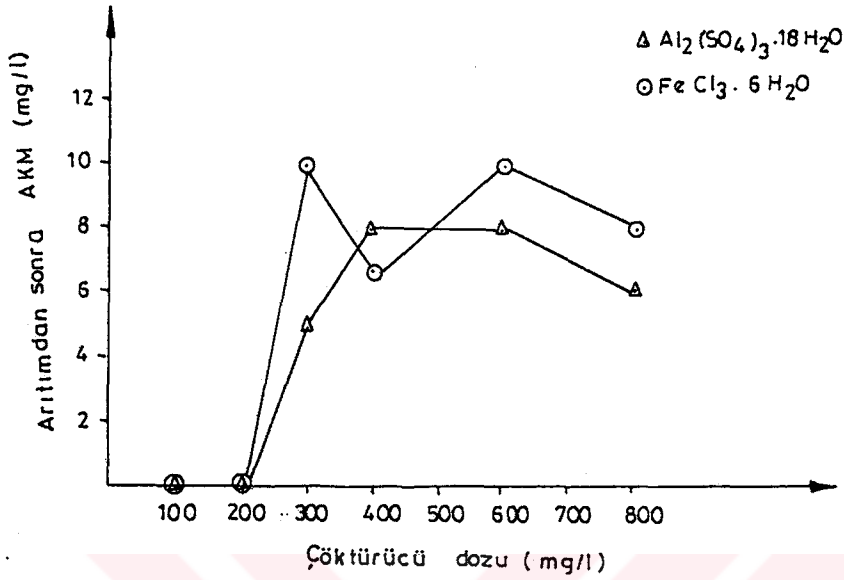
Çöktürücü dozu(mg/l)	pH	pH'ta % azalma	KDİ (mg/l)	KDİ'de % azalma	AKM (mg/l)	AKM'de % azalma
100	6,25	19,9	135,2	66,6	0,0	100,0
200	5,65	27,6	142,6	65,0	0,0	100,0
300	3,95	49,3	151,9	62,7	10,0	94,1
400	3,10	60,2	127,8	68,6	6,6	96,1
600	2,70	65,3	146,3	64,1	10,0	94,1
800	2,55	67,3	133,3	67,3	8,0	95,3



Şekil 6.8. D Kağıt Fabrikası ham atıksuyunun $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ve $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ile arıtımında çöktürücü niceliğine karşı arıtımdan sonraki pH değerleri.



Şekil 6.9. D Kağıt Fabrikası ham atıksuyunun $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ve $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ile arıtımında çöktürücü niceliklerine karşı arıtımdan sonraki KOİ değerleri.



Şekil 6.10. D Kağıt Fabrikası ham atıksuyunun $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ve $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ile arıtımında çöktürücü niceliklerine karşı arıttımdan sonraki AKM değerleri.

Çizelge 6.30. $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ 'nun çökelme hızına etkisi

Çöktürücü dozu(mg/l)	Duru bölge yükseklikleri (cm)					
	2dk	5dk	10dk	20dk	30dk	60dk
100	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,2
200	8,0	8,0	8,3	8,3	8,4	8,5
300	8,2	8,2	8,2	8,3	8,3	8,3
400	8,0	8,3	8,3	8,4	8,5	8,5
600	8,0	8,5	8,5	8,5	8,5	8,6
800	7,9	8,0	8,0	8,0	8,0	8,1

Çizelge 6.31. FeCl₃.6H₂O'nun çökelme hızına etkisi

Çöktürücü dozu(mg/l)	Duru bölge yükseklikleri (cm)					
	2dk	5dk	10dk	20dk	30dk	60dk
100	8,6	8,6	8,7	8,7	8,7	8,8
200	8,6	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7
300	8,1	8,2	8,3	8,3	8,3	8,3
400	8,7	8,7	8,8	8,8	8,8	8,8
600	8,6	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7
800	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6

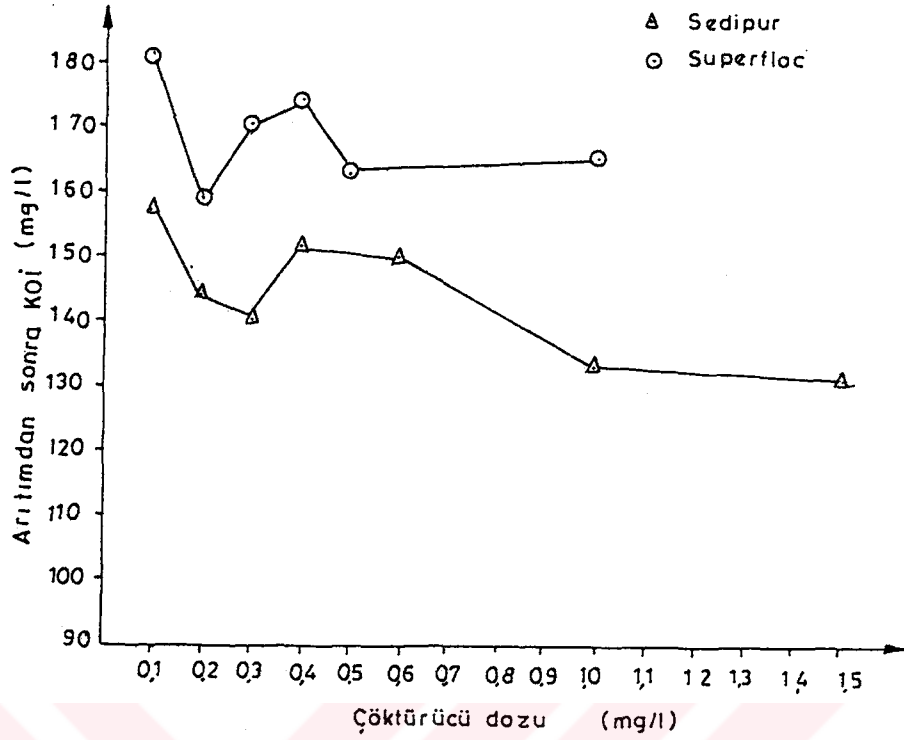
İşletme ham atıksuyunun arıtımında 0,10; 0,20; 0,30; 0,40; 0,50 ve 1,00 mg/l dozlarda superfloc ve 0,10; 0,20; 0,30; 0,40; 0,60; 1,00 ve 1,50 mg/l dozlarda sedipur da kullanılmıştır. Arıtımdan sonra elde edilen pH, KOD, AKM verileri ve pH, KOD ve AKM'de % azalma değerleri superfloc ve sedipurla arıtım için sırasıyla Çizelge 6.32 ve 33'te verilmiştir. Arıtımdan sonraki KOD ve AKM verileri çöktürücü niceliğine karşı grafiğe geçirilmiştir. Bu grafikler Şekil 6.11 ve 12'de görülmektedir. Superfloc kullanımında çöken katılar beherin ortasında yuvarlak yumaklar oluşturduğundan duru bölge yükseklikleri ölçülemedi. Superfloc dozu arttıkça berraklığın arttığı ve bir saat sonunda beherlerin hepsinde de bulanıklık kalmadığı gözlemlendi. Sedipur kullanımında çökelme sırasında zamana karşı duru bölge yükseklikleri Çizelge 6.34'te verilmiştir. Arıtımdan sonra sular berraklaştı, kabarık bir çökelek oluştu.

Çizelge 6.32. D Kağıt Fabrikası ham atıksuyunda superfloc ile pıhtılaştırma ile elde edilen analiz sonuçları

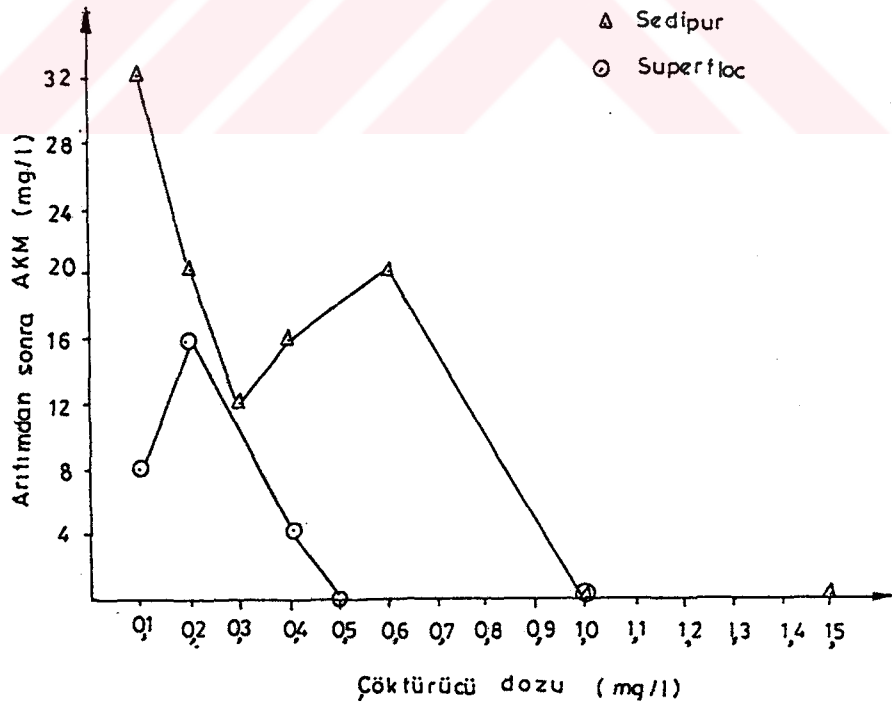
Çöktürücü dozu(mg/l)	pH	pH'ta % azalma	KOI (mg/l)	KOI'de % azalma	AKM (mg/l)	AKM'de % azalma
0,10	7,65	1,9	181,5	55,5	8	95,3
0,20	7,65	1,9	159,3	60,9	16	90,7
0,30	7,60	2,6	170,4	58,2	12	93,0
0,40	7,55	3,2	174,1	57,3	4	97,7
0,50	7,55	3,2	163,0	60,0	0	100,0
1,00	7,50	3,8	166,7	59,1	0	100,0

Çizelge 6.33. D Kağıt Fabrikası ham atıksuyunda sedipur ile pıhtılaştırma ile elde edilen analiz sonuçları

Çöktürücü dozu(mg/l)	pH	pH'ta % azalma	KOI (mg/l)	KOI'de % azalma	AKM (mg/l)	AKM'de % azalma
0,10	7,20	7,7	157,5	61,3	32	81,4
0,20	7,10	9,0	144,5	64,6	20	88,4
0,30	7,10	9,0	140,8	65,5	12	93,0
0,40	7,10	9,0	151,8	62,8	16	90,6
0,60	7,05	9,6	150,0	63,2	20	88,4
1,00	7,00	10,2	133,3	67,3	0	100,0
1,50	7,10	9,0	129,5	68,2	0	100,0



Şekil 6.11. D Kağıt Fabrikası ham atıksuyunun superfloc ve sedipur ile arıtımında çöktürücü niceliklerine karşı arıtımdan sonraki KOİ değerleri.



Şekil 6.12. D Kağıt Fabrikası ham atıksuyunun superfloc ve sedipur ile arıtımında çöktürücü niceliklerine karşı arıtımdan sonraki AKM değerleri.

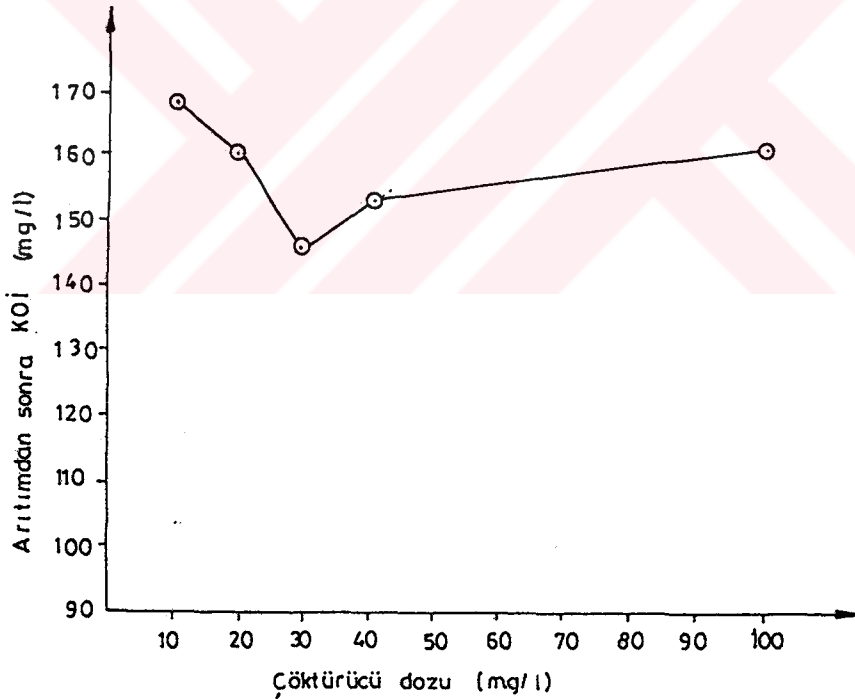
Çizelge 6.34. Sedipur'un çökelme hızına etkisi

Çöktürücü dozu(mg/l)	Duru bölge yükseklikleri (cm)					
	2dk	5dk	10dk	20dk	30dk	60dk
0,10	8,3	8,4	8,4	8,4	8,6	8,6
0,20	8,5	8,5	8,6	8,6	8,6	8,7
0,30	8,3	8,3	8,4	8,4	8,4	8,5
0,40	8,8	8,9	9,2	9,2	9,2	9,2
0,60	9,2	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4
1,00	8,3	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4
1,50	8,3	8,3	8,3	8,3	8,4	8,4

İşletme ham atıksuyunun arıtımında ayrıca superfloc ve $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ 'nun birlikte kullanımı da denenmiştir. Jar testinde bir deneme (30 mg $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ + 0,4 mg superfloc) dışında $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ 'nun 1/100'ü kadar superfloc kullanılmıştır. Arıtımdan sonraki pH, KOD, AKM verileri ve pH, KOD ve AKM'de % azalma değerleri Çizelge 6.35'te verilmiştir. Arıtımdan sonraki KOD verileri çöktürücü niceliğine karşı grafiğe geçirilmiştir. Bu grafik Şekil 6.13'te görülmektedir. Çökelme sırasında zamana karşı duru bölge yükseklikleri Çizelge 6.36'da verilmiştir. Arıtımdan sonra sular berraktı ve kabarık bir çökelek oluştu.

Çizelge 6.35. D Kağıt Fabrikası ham atıksuyunda $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ve superfloc'un bir arada kullanımıyla pıhtılaştırmada elde edilen analiz sonuçları

$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ dozu(mg/l)	Superfloc dozu(mg/l)	pH	pH'ta % azalma	KDİ (mg/l)	KDİ'de % azalma	AKM (mg/l)	AKM'de % azalma
10	0,1	7,00	10,2	168,5	58,6	0	100
20	0,2	6,95	10,9	161,1	60,5	0	100
30	0,3	6,95	10,9	146,3	64,1	0	100
40	0,4	6,90	11,5	153,7	62,3	0	100
80	0,4	6,60	15,4	144,5	64,5	0	100
100	1,0	6,45	17,3	161,1	60,5	0	100



Şekil 6.13. D Kağıt Fabrikası ham atıksuyunun $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ve superfloc'un bir arada kullanımıyla arıtımında çöktürücü niceliğine karşı arıtımdan sonraki KDİ değerleri.

Çizelge 6.36. Superfloc ve $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ 'ın birlikte kullanımının çökeltme hızına etkisi

$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ dozu(mg/l)	Superfloc dozu(mg/l)	Duru bölge yükseklikleri (cm)					
		2dk	5dk	10dk	20dk	30dk	60dk
0,1	10	7,9	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
0,2	20	8,4	8,4	8,4	8,5	8,5	8,5
0,3	30	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1
0,4	40	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,7
0,4	80	8,6	8,6	8,7	8,7	8,7	8,7
1,0	100	8,2	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3

7. BULGULARIN TARTIŞILMASI

A, B, C Seramik Fabrikaları ve D Kağıt Fabrikası arıtım tesisinden çıkan atıksulardan alınan üç işgününe ait kompozit örneklerde SKKY'nin öngördüğü parametreler tayin edilmiştir. Analiz sonuçları Altbölüm 6.1'de verilmiştir. B ve D işletmelerinde bazı parametrelerin SKKY'nde öngörülen sınır değerleri aştığı belirlenmiştir. Arıtım tesislerinin etkin bir şekilde çalışmasını sağlamak amacıyla CveD işletmelerinin ham atıksularından örnekler alınarak pıhtılaştırma-yumaklaştırma deneyleri yapılmış ve sonuçlar Altbölüm 6.2'de verilmiştir. Bu bölümde 6.1 ve 6.2 Altbölmülerinde verilen sonuçlar değerlendirilecektir.

7.1 Atıksuların Özelliklerinin SKKY'ne Uygunluklarının Tartışılması

Fabrikaların atıksularının özelliklerini belirleme çalışmalarının sonuçları tüm işletmeler için ayrı ayrı aşağıdaki altbölümlerde verilecektir.

7.1.1. A Seramik Fabrikası atıksularının özelliklerinin tartışılması

A Seramik Fabrikasından deşarj edilen atıksuların analizlerini ve SKKY sınır değerlerini gösteren Çizelge 6.4 incelendiğinde üç işgünü için ortalama pH değerinin izin verilen aralık olan 6-9 içinde kaldığı görülebilir; ancak üst sınıra çok yakın çalışılması sakıncalı olabilir. Alüminyum sülfat dozunun artırılmasıyla pH değeri biraz düşürülebilir. İşletme yetkililerince işletmede herhangi bir kurşun ve kadmiyum bileşiği kullanılmadığı (sır ve boyalar dahil) belirtilmiştir; ancak yönetmelikte öngörüldüğünden bu tayinler de yapılmıştır. Analiz sonuçlarında örneklerde çok az kadmiyum ve kurşuna rastlanmış olmakla beraber spektrofotometrik tayin yöntemleriyle bile sağlıklı olarak tayin edilemeyecek düzeydedir ve sınır değerlerine yaklaşması dahi söz konusu değildir. Diğer parametreler de sınır değerlerin çok altındadır. Bu işletmeye SKKY uyarınca deşarj izni verilebilir.

7.1.2 B Seramik Fabrikası atıksularının özelliklerinin tartışılması

B Seramik Fabrikası arıtım tesisinden çıkan atıksulardan alınan üç ayrı işgününe ait kompozit örnekler için SKKY'nce öngörülen parametrelerin

aritmetik ortalama değerleri sınır değerlerle birlikte izelge 6.9'de verilmiştir. pH için izin verilen aralık 6-9'dur.  işgününde aritmetik ortalama pH değeri 8,60'tır ve sınırların içindedir; ancak st sınıra oldukça yakın olması arıtım tesisinde kullanılan alüminyum sülfatın yetersiz olabileceğini düşündürmektedir. Askıda katı madde için üç işgünündeki ortalama değer 254,3 mg/l olarak elde edilmiştir, oysa sınır değer 100 mg/l'dir. Diğer parametreler sınır değerlerinin çok altındadır. Sonuç olarak bu fabrikanın atıksuyu askıda katı madde dışında yönetmelik sınır değerlerini aşmamaktadır; ancak askıda katı madde sınırı çok aştığından düşürülmesi için mutlaka önlemler alınmalıdır. 3.11.1988 tarihinde örnek alınması için gidildiğinde, pompa arızası nedeniyle arıtım tesisinin alışmıyor olması bu olumsuz sonucun ortaya çıkmasında etken olmakla beraber, tesisin çalıştığı 28.10.1988 günü alınan örnekte de AKM sınır değeri bir hayli aştığından, arıtım tesisinin uygun şekilde çalıştırılmadığı sonucuna varılmıştır. 26.10.1988 tarihinde olduğu gibi tesis uygun bir şekilde çalıştırılırsa bu parametrenin de 100 mg/l'nin altına düşürülmesi olanaklıdır. pH değerinin de yüksek olması alüminyum sülfat kullanımının yetersiz olabileceği kanısını vermektedir. Bu atıksuda AKM 100 mg/l'nin altına düşürülebildiği taktirde SKKY uyarınca değarj edilebilir.

7.1.3 C Seramik Fabrikası atıksularının özelliklerinin tartışılması

C Seramik Fabrikası arıtım tesisi çıkışından alınan atıksularda üç ayrı işgününe ait kompozit örnekler için SKKY'nde öngörülen parametrelerin aritmetik ortalama değerleri SKKY sınır değerleriyle birlikte izelge 6.12'de görülmektedir. Buradaki parametrelerin hiçbiri sınır değerlerini aşmamaktadır. Bu işletmenin atıksuyu SKKY uyarınca değarj edilebilir. Çizelge 6.9'da analizi verilen 19.1.1989 tarihinde alınan örnekte kurşun sınır değeri biraz aşmakla birlikte kadmiyum sınır değerin iki katı değerindedir. 14.2.1989 tarihinde alınan örnekte (bkz. Çizelge 6.10) kurşun sınır değerini aşmaktadır. Bu yüzden 22.5.1989 tarihinde arıtım tesisi çıkışından örnek alınırken ham atıksu rneği de alınmıştır. Ham atıksuda çeşitli pıhtılaştırıcılar kullanılarak pıhtılaştırma ile arıtım deneyleri yapılmıştır.

7.1.4 D Kağıt Fabrikası atıksularının özelliklerinin tartışılması

D Kağıt Fabrikası arıtım tesisinden çıkan atıksulardan alınan üç ayrı işgününe ait kompozit örnekler için SKKY'nce öngörülen parametrelerin aritmetik ortalama değerleri sınır değerlerle birlikte Çizelge 6.15'de görülmektedir. Burada önemli üç parametreden biri olan çökebilir katı madde baomi için yönetmelik sınır değeri (anlık) 0,5 ml/l'dir. Çizelge 6.13,14 ve 15 incelendiğinde üç ayrı işgününde yapılan 15 ölçümden yalnız ikisinde bu sınır değerin aşıldığı görülebilir; ancak anlık değerlerin hiçbirinin 0,5 ml/l'yi aşmaması gerekir. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı için yönetmelikteki sınır değer 40 mg/l'dir. Üç işgünündeki ortalama değer 66 mg/l'dir ve sınır değeri % 65 oranında aşmaktadır. Kimyasal oksijen ihtiyacı için SKKY sınır değeri 100 mg/l'dir. Üç işgünü için aritmetik ortalama değer ise 219,6 mg/l'dir. Bu parametre de sınır değeri % 120 oranında aşmaktadır. Bu parametrelerin düşürülmesi gerekir. İşletmede atıksu arıtım tesisi uygun olarak çalıştırılırsa bu parametreler sınır değerlerin altına düşürülebilir.

D Kağıt Fabrikası ilgililerinin isteği üzerine ikinci kez alınan üç ayrı işgününe ait kompozit örnekler için SKKY'nce öngörülen parametrelerin aritmetik ortalama değerleri sınır değerlerle beraber Çizelge 6.20'de görülmektedir. SKKY'ndeki sınır değerler hem derişim (mg/l) hem de birim üretim başına kirlilik yükü (kg/t) olarak verilmiştir. Fabrika ilgililerinin isteği üzerine parametrelerin değerleri 6.1.4 Altbölümündeki, ilgililerce verilen günlük toplam kağıt üretim verileri kullanılarak her iki birimle de hesaplanmıştır. Çizelge 6.20'de verilen üç işgünündeki ÇKMH değerlerinin ortalaması olan 0,6 ml/l sınır değer 0,5 ml/l'nin biraz üstündedir; ancak anlık değerlerin de sınırları aşmaması gerektiği unutulmamalıdır. Biyokimyasal oksijen ihtiyacının derişim birimiyle üç işgünündeki ortalaması olan 59,8 mg/l sınır değer 40 mg/l'yi aşmaktadır; ancak birim üretim başına kirlilik yükü olarak ortalama değer 0,46 kg/t, sınır değer 3 kg/t'un çok altındadır. Kimyasal oksijen ihtiyacının derişim birimiyle üç işgünündeki ortalaması 264,2 mg/l sınır değer olan 100 mg/l'yi çok fazla aşmaktadır. Birim üretim başına kirlilik yükü olarak ortalama değer 2,79 kg/t ise sınır değer olan 6 kg/t'un yarısından da azdır. Parametreler derişim birimleriyle ele alındığında işletmenin atıksuyunun özellikleri sınır değerlerini aşmaktadır ve arıtım tesisinin etkin bir arıtım sağlayamadığı sonucuna varılmaktadır. Birim üretim başına kirlilik yükü cinsinden parametreler

incelendiğinde ise atıksuların özelliklerindeki sınır değerlerin bir hayli altında değerler verdiği gözlenmiştir. SKKY'nin 26. maddesi uyarınca her iki sınır değer de ayrı ayrı sağlanması gerektiği açıktır. Alışılacağı deşarj standartları genellikle derişim birimleriyle verilmektedir. Daha kesin bir yargıya varabilmek için SKKY'nde bu tip işletmeler için öngörülen 24 saatlik kompozit örneklerin alınması gereklidir; ancak bu tip örnekler alınmasına olanak bulunamamıştır.

D Kağıt fabrikası atıksuyunun sınır değerlerini aşan parametrelerinin sınırların altına düşürülmesini sağlamak için ham atıksu örneği alınarak çeşitli pıhtılaştırıcılarla pıhtılaştırma ile arıtım deneyleri yapılmıştır.

7.2 Pıhtılaştırma İle Arıtım Bulgularının Tartışılması

C Seramik ve D Kağıt Fabrikası atıksularının pıhtılaştırma yöntemiyle arıtımında çeşitli pıhtılaştırıcılar kullanılmıştır. C ve D Fabrikaları atıksularının arıtım bulguları iki ayrı altbölümde ele alınarak değerlendirilecektir.

7.2.1 C Seramik Fabrikası ham atıksuyunun pıhtılaştırma ile arıtım bulgularının tartışılması

C Seramik Fabrikası ham atıksuyunun analiz sonuçları Çizelge 6.21'de SKKY sınır değerleriyle birlikte görülmektedir. Çizelge 6.21'e bakıldığında AKM, KÖİ değerlerinin sınır değerlerini aştığı görülmektedir.

Superfloc'la pıhtılaştırma deneyleri arıtım sonuçları Çizelge 6.22 ve 23'te ve grafikler Şekil 6.1-4'te verilmiştir. Bu çizelge ve grafikler incelendiğinde KÖİ ve AKM değerlerinin superfloc kullanımıyla sınır değerlerin altına indirilebildiği anlaşılabilir. Superfloc'un 0,20-0,40 mg/l dozlarında kullanımıyla AKM sınır değerlerin altına inmektedir. 0,40 mg/l dozundan sonra KÖİ değeri artmakla beraber sınır değerinin üstüne çıkmamaktadır. Superfloc organik bir madde olduğundan fazla kullanıldığında KÖİ değerini artırmaktadır. pH tüm dozlarda sınır değerlerin arasında kalmaktadır; ancak KÖİ değeri açısından düşük dozlar çok daha uygundur.

$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ kullanımıyla elde edilen analiz sonuçları Çizelge 6.24 ve Şekil 6.5-7'den izlendiğinde, KÖİ ve AKM değerlerinin en düşük dozda bile sınır değerlerin altına indiği görülebilir. $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ niceliği

arttıkça AKM değeri artmaktadır. KOİ, $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ niceliğinin artmasıyla belli bir değere kadar azalmakta sonra sabit kalmaktadır. pH ise çöktürücü dozunun artışıyla alüminyum sülfatın hidrolizi nedeniyle azalmaktadır. pH, 2000 mg/l $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ kullanımıyla SKKY alt sınır değerinin altına inmektedir. 100-1000 mg/l dozları arasında $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ kullanımı uygundur; ancak gereksiz madde kullanımından kaçınılmalıdır. Çökelme hızları Çizelge 6.25'ten izlendiğinde 200 mg/l dozunda en hızlı çökelmenin olduğu ve en berrak suyun bu dozda oluştuğu anlaşılmaktadır. Bu doz tavsiye edilebilir.

Superfloc ve $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ 'ın birlikte kullanımıyla arıtım sonuçları Çizelge 6.26'dan izlendiğinde KOİ ve AKM'nin $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ 'ın 20 mg/l ve superfloc'un 2 mg/l'den sonraki dozlarında sınır değerlerin altına indiği anlaşılabılır; ancak doz arttıkça superfloc KOİ değerini artırmaktadır. Uygulanan bu oranda iki maddenin bir arada kullanımı, ayrı ayrı kullanımına göre avantaj sağlamamaktadır.

7.2.2 D Kağıt Fabrikası ham atıksuyunun pıhtılaştırma ile arıtım bulgularının tartışılması

D Kağıt Fabrikasının ham atıksuyunun Çizelge 6.27'de görülebilen özellikleri SKKY sınır değerleriyle karşılaştırıldığında KOİ, ÇKMH ve BOİg değerleri sınırları aşmaktadır. Bunları sınırların altına indirebilmek için çeşitli pıhtılaştırıcılar denenmiştir.

Çizelge 6.28-29 ve Şekil 6.8-10 incelendiğinde $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ve $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ 'ün kullanımıyla KOİ değerinin düşmekle beraber sınır değerinin altına inmediği görülebılır. Doz arttıkça KOİ azalmaktadır. $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ile daha düşük KOİ değerlerine inilmektedir; ancak pH 2,55 gibi çok küçük değerlere düşmektedir. AKM değeri her iki pıhtılaştırıcının tüm dozlarıyla çok iyi giderilebilmektedir. Burada çöktürücü dozu seçilirken gözden kaçırılmaması gereken nokta pH değerinin 6'nın altına düşürülmesidir. Zorunlu olarak yüksek dozlarda çöktürücü kullanılacaksa pH'nın 6'nın üstüne çıkarılması için kireç ilave edilmelidir.

Sedipur ve superfloc kullanımıyla KOİ sınır değerinin altına inmemekle beraber düşme göstermektedir. Tüm dozlarda AKM oldukça iyi giderilmektedir. Sedipur dozu arttıkça KOİ değeri de azalmakta belli bir dozdan sonra sabitleşmektedir. Superfloc dozunun artışıyla KOİ azalmakla birlikte sedipur

kullanımındaki kadar düşmemektedir. Her iki organik polielektrolitin dozu daha da artırılsaydı kardiilerinin KDI değerine katkısı nedeniyle KDI'de artış olması beklenirdi (bkz. Çizelge 6.22-23 ve Şekil 6.1,3). pH her iki çöktürücünün kullanımıyla da pek fazla değişmemektedir.

$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ve superfloc'un bir arada kullanımıyla pH fazla düşmemekte KDI düşmekle beraber sınır değerinin altına inmemektedir. AKI ise % 100 giderilmektedir. Denenen oranda bu iki çöktürücünün bir arada kullanımı ayrı ayrı kullanıma göre bir üstünlük sağlamamaktadır.

Çizelge 6.30, 31, 34 ve 36 incelendiğinde KDI'de yüksek arıtımın elde edildiği çöktürücü dozlarında duru bölge yüksekliklerinin de daha fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca çok kısa bir sürede (2 dk gibi) 8 cm'nin üzerinde (toplam sıvı yüksekliğinin % 84'ü kadar) duru bölge yükseklikleri sağlanmaktadır. Bu da çökeltmenin çok hızlı olduğunu göstermektedir. Tasarım açısından bu oldukça önemli bir sonuçtur; çünkü çöktürme tanklarının hacimleri küçük tutulabilecektir.

GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

8.1. Genel Sonuçlar

Bozöyük yöresindeki A, B, C Seramik ve D Kağıt fabrikalarının arıtım tesislerinden çıkan atıksuların özellikleri belirlenip, SKKY sınır değerleriyle karşılaştırıldığında; B Seramik ve D Kağıt Fabrikaları atıksularında bazı parametrelerin sınır değerleri aştığı, bu yüzden önlem alınıp bunların sınır değerlerin altına indirilmesi gerektiği kararlaştırılmıştır (bkz. Altbölüm 6.1 ve 7.1). A ve C Seramik Fabrikaları atıksularında parametreler sınır değerleri aşmadığından SKKY uyarınca bu işletmenin atıksularını deşarj edebileceği sonucuna varılmıştır (bkz. Altbölüm 6.1.1 ve 6.1.3). Seramik fabrikaları atıksularının özelliklerinin benzer olması nedeniyle fabrikalardan birinin atıksuyunun pıhtılaştırma-yumaklaştırma yöntemiyle arıtımı incelenmiştir.

Seramik fabrikası ham atıksuyunun pıhtılaştırma-yumaklaştırma yöntemiyle arıtımında superfloc'un 0,20-0,40 mg/l ve $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ 'ün 100-1000 mg/l dozlarında parametreleri sınır değerlerin altına indirdiği belirlendiğinden bu aralıklardaki dozlar tavsiye edilebilir; ancak $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ 'ün 200 mg/l dozunda en hızlı çökme gerçekleştiğinden ve en berrak su elde edildiğinden bu doz önerilebilir (bkz. Altbölüm 7.2.1). $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ve superfloc'un bir arada kullanımı ayrı ayrı kullanıma göre avantaj sağlamadığından her iki pıhtılaştırıcının incelenen oranda kullanımı tavsiye edilmemektedir. Parametreleri sınır değerlerin altına indiren iki pıhtılaştırıcı arasında seçim gerekirse sonucu ekonomik etkenler belirleyecektir. Arıtım sonunda oluşan çamurun giderimi de ayrı bir sorundur. İşletmenin pıhtılaştırma-yumaklaştırma yöntemiyle arıtıma yönelik arıtım tesisi bulunduğundan kirlilik parametreleri de bu yöntemle SKKY sınır değerleri altına indirilebildiğinden başka bir yöntemle arıtımın denemesine gerek yoktur.

Kağıt fabrikası ham atıksularında kullanılan pıhtılaştırıcıların tümüyle de KDI düşmekle beraber sınır değerlerin altına inmediği belirlenmiştir (bkz. Altbölüm 7.2.2). Sedipur ve superfloc'un düşük dozlarında KDI sınır değerlerin altına inmediğinden, yüksek dozlarda da polielektrolitlerin kendilerinin KDI değerine katkısı nedeniyle KDI'de artış olması beklendiğinden (bkz. Çizelge

6.22, 23 ve Şekil 6.1.3) bu polielektrolitlerin kullanımı tavsiye edilmemektedir.

$FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ve $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ 'ın düşük dozlarının kullanımıyla KDI sınır değerinin altına indirilememektedir (bkz. Altbölüm 7.2.2). Yüksek dozların kullanımı düşünülebilir; ancak doz arttıkça pH'ta alt sınır olan 6 değerinin altına düşme gözlenmektedir. Bu durumda pıhtılaştırmadan sonra pH'nın 6'nın üstüne çıkarılması gerekir. Bunun için en ekonomik yöntem kireç kullanımıdır. Her iki çöktürücü arasında seçim gerektiğinde sonucu ekonomik etkenler belirleyecektir. Oluşan çamurun giderimi de önemlidir.

Superfloc ve $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ 'ın birlikte kullanımı ayrı ayrı kullanıma göre üstünlük sağlamadığından, en azından incelenen oranda, her iki pıhtılaştırıcının bir arada kullanımı tavsiye edilmemektedir.

Kağıt fabrikası ham atıksuyunun pıhtılaştırma ile arıtımında elde edilen sonuçlara (bkz. Çizelge 6.23, 29, 32 ve 33) göre kirlilik parametreleri SKKY sınırlarına, ham atıksu alınırken arıtım tesisi çıkışından alınan atıksudaki parametrelerden daha yakındır. Fabrikada atıksu deşarj edilmeden önce kum filtrelerinden geçirilmektedir. Bu nedenle uygun dozlarda pıhtılaştırma-yumaklaştırma ile arıtımdan sonra filtrasyon uygulandığında parametrelerin daha fazla düşeceği umulmaktadır.

8.2. Öneriler

Kağıt sanayileri için SKKY'nce öngörülen (bkz. Ek Açıklamalar-A.2) 24 saatlik kompozit örneklerin alınması bizim için olanaksız olduğundan, 2 saatlik kompozit örnekler alınarak, elde edilen sonuçlar 24 saatlik kompozit örnekler için verilen değerlerle karşılaştırılmıştır; ancak 24 saatlik kompozit örnekler alınmadıkça sonuçlar pek gerçekçi olmayacaktır. Ayrıca 24 saatlik ortalama debi bilinmedikçe birim üretim başına kirlilik yükü değerleri de pek fazla gerçekçi olmayabilecektir.

B Seramik Fabrikasında da bazı parametreler sınır değerleri aştığından ham atıksuyunun arıtılabilirliği incelenebilir. Ancak seramik fabrikaları atıksularının özellikleri benzer olduğundan C Seramik Fabrikası atıksuları için elde edilen sonuçların B Seramik Fabrikası atıksuları için de geçerli olduğu düşünülebilir.

Seramik fabrikası atıksuyunun pıhtılaştırma-yumaklaştırma ile arıtımında $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ve superfloc dışındaki pıhtılaştırıcılar da

denenebilir. Superfloc/ $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ oranı küçültülerek her iki pıhtılaştırıcının bir arada kullanımı da denenebilir.

Kağıt fabrikası atıksularında $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ve $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ 'ın yüksek dozlarının kireçle birlikte kullanımı denenebilir. Bu şekilde daha etkin bir arıtım sağlanabileceği ve SKKY sınır değerlerinin altına inilebileceği umulmaktadır. Kağıt fabrikası arıtım tesisinde atıksu son olarak kum filtrelerinden geçmektedir. Bu nedenle ham atıksuyun pıhtılaştırma ile arıtımından sonra filtrasyon uygulanırsa parametreler sınır değerlerin altına inebilir.

Kağıt fabrikası atıksuları için yukarıda önerilenlerin hepsi denendikten sonra parametreler hala sınır değerlerin altına indirilemiyorsa pıhtılaştırma-yumaklaştırma dışındaki diğer arıtım yöntemleri denenmelidir. Arıtım yöntemleri denenirken öncelik, arıtım tesisinin uyarlanabileceği yöntemlerin olmalıdır.

Arıtım deneylerinde ham atıksuların kirlilik parametrelerini SKKY sınır değerleri altına indirecek pıhtılaştırıcı türü ve dozu belirlenmeye çalışılmıştır. Pıhtılaştırma-yumaklaştırma deneylerinde hızlı karıştırma (2 dk), yavaş karıştırma (10 dk) ve çökme süreleri (1 saat) sabit tutulmuştur. Bu süreler değiştirilerek en uygun karıştırma ve çökme sürelerinin belirlenmesi için çalışmalar yapılabilir.

Ek Açıklamalar-A

ENDÜSTRİYEL ATIKSU DEŞARJ STANDARTLARI

SKKY'nin 31. maddesi uyarınca endüstriler üretim tiplerine göre gruplandırılmış ve onaltı sektör oluşturulmuştur. Bu sektörler için öngörülen deşarj standartları SKKY'nde Tablo 5 ve Tablo 20 arasında verilmiştir. Bu bölümde çalışma sırasında kullanılan deşarj standartları verilecektir (Resmi Gazete,1988).

A.1. Maden Sanayii Atıksularının Alıcı Ortama Deşarj Standartları

Maden sanayi sektörü demir ve demir dışı metal cevherleri, kömür üretimi ve nakli, bor cevheri, seramik ve toprak sanayii; çimento, taş kırma, toprak sanayii gibi endüstrileri içerir.

Atıksuları üzerinde çalışılan A, B ve C Seramik Fabrikalarının seramik ve topraktan kap-kacak yapımı ve benzerleri grubunu içeren maden sanayi sektörüne girdiği düşünüldüğünden burada sadece bu grup için SKKY'ndeki Tablo 7.4 ile öngörülen atıksuların alıcı ortama deşarj standartları Çizelge A .1'de verilecektir.

Çizelge A.1. Maden sanayi (seramik ve topraktan kap-kacak yapımı ve benzerleri) atıksularının alıcı ortama deşarj standartları

Parametre	Birim	Kompozit	Kompozit
		numune 2 saatlik	numune 24 saatlik
Kimyasal oksijen ihtiyacı(KOI)	(mg/l)	80	
Akıda katı madde (AKM)	(mg/l)	100	
Kurşun (Pb)	(mg/l)	1	
Kadmiyum (Cd)	(mg/l)	0,1	
pH		6-9	6-9

A.2. Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayilerin Atıksularının Alıcı Ortama Deşarj Standartları

Selüloz, kağıt, karton sanayi sektörü; yarı selüloz, ağartılmamış selüloz, ağartılmış selüloz, saf selüloz, nişasta katkısız kağıt, nişasta katkılı kağıt, çok ince dokulu kağıt, kırpıntı kağıt yüzdesi yüksek olmayan kağıt, kırpıntı kağıttan kağıt, parşömen kağıdı ve benzeri üretimleri içerir.

Atıksuları üzerinde çalışılan D Kağıt Fabrikasında saf selülozdan nişasta katkılı kağıt, nişasta katkısız kağıt ve çok ince dokulu kağıt üretimleri yapılmaktadır. Bu yüzden bu üç tip üretim için geçerli olan SKKY'nde Tablo 13.5, 6 ve 7 ile verilen deşarj standartları Çizelge A.2, 3 ve 4'te verilecektir. SKKY'nin 26. maddesi uyarınca aynı sanayi kuruluşu içinde birden fazla üretim yapılması halinde, bu sektörler için ayrı ayrı verilen deşerler arasında en kısıtlayıcı olanlar esas alınmalıdır. Buna göre D Kağıt Fabrikası için Çizelge A.2'deki (SKKY'ndeki Tablo 13.5) deşerler esas alınmalıdır.

Çizelge A.2. Selüloz, kağıt, karton ve benzeri sanayilerin (nişasta katkısız kağıt) atıksularının alıcı ortama deşarj standartları

Parametre	Birim	Anlık numune	Kompozit numune 24 saatlik
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı	(mg/l)		40
(BOD ₅)	(kg/t)		3
Kimyasal oksijen ihtiyacı	(mg/l)		100
(KOD)	(kg/t)		6
Çökebilir katı madde	(ml/l)	0,5	

Çizelge A.3. Selüloz, kağıt, karton ve benzeri sanayilerin (nişasta katkılı kağıt) atıksularının alıcı ortama değerj standartları

Parametre	Birim	Anlık numune	Kompozit numune 24 saatlik
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı	(mg/l)		40
(BOİ ₅)	(kg/t)		3
Kimyasal oksijen ihtiyacı	(mg/l)		100
(KÖİ)	(kg/t)		8
Çökebilir katı madde	(ml/l)	0,5	

Çizelge A.4. Selüloz, kağıt, karton ve benzeri sanayilerin (saf selülozdan elde edilen ince dokulu kağıt) atıksularının alıcı ortama değerj standartları

Parametre	Birim	Anlık numune	Kompozit numune 24 saatlik
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı	(mg/l)		40
(BOİ ₅)	(kg/t)		6
Kimyasal oksijen ihtiyacı	(mg/l)		120
(KÖİ)	(kg/t)		15
Çökebilir katı madde	(ml/l)	0,5	

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Arceivala, S.J.1973, Simple Waste Treatment Methods, Middle East Technical University, Ankara, 156 s.
- Baban, A. ve Çamlılar, S., 1986, Boya endüstrisi atıksularının arıtılması, Kimya Mühendisliği Dergisi, 119, 13-20.
- Baykut, F., Aydın, A. ve Baykut, S.,1987., Çevre Sorunları ve Korunma, İstanbul Üni Müh. Fak. Yayınları, İstanbul, 419 s.
- Bayraktar, T.C., Önal, G., Atak, S., Yalçın, T., Kaytaç, Y., Mırtalman, D., Ateşok, G., Gürkan, Y., Acarkan, N. ve Acarkan, S., 1978, Bozöyük seramik fabrikası artık sularının arıtılması deneyleri, İTÜ Maden Fakültesi Cevher Hazırlama Kürsüsü, 12 s. (Yayımlanmamış Rapor).
- Bhaskar, G.U. and Gupta, S.K.,1987, Syntheses and application of anionic polyelectrolytes in water and wastewater treatment, Water Air and Soil Pollution, 35,251-260.
- Berkem, A.R.ve Baykut, S., 1980, Fizikokimya, İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 812 s.
- Billings, M.R. and DeHaas, G.G., Pollution control in the pulp and paper industry, Industrial Pollution Control Handbook, H.F. Lund (Ed.), McGraw Hill Book Company, New York, chapter 18,1-17.
- Constable, F.H. , 1975, Fizikokimyaya Giriş, (Çev. D.H. Feridun) İstanbul Üni., Fen Fak. Basımevi, İstanbul, 100 s.
- Cheremisinoff,P.W., 1989, Water and wastewater treatment- fundamentals and innovations, Pollution Engineering, 21,94-99.
- Çelebi, E.,1989, İzmit körfezi bela çukuru, Milliyet Gazetesi,16 s.
- Çelebi, S.ve Yeşilnacar, Ş., 1988, The use of polymers in the treatment of river water, Çevre'88 Dördüncü Bilimsel ve Teknik Çevre Kongresi, İzmir.
- Dean, R.B.,1956,"Modern Kolloidler". (Çev.B.Baysal),T.C. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları,İstanbul,332 s.
- Dental, S.K. and Gosset, I.M.,1982, Effect of chemical coagulation on anaerobic digestibility of organic materials, Water Research, 16 , 707-718.
- Doğan, A.,1988, Atıksulardaki eser elementlerin bitki büyümesine etkileri, topraktaki davranışları, Seminer, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Bölümü, 22 s. (yayımlanmamış).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Ellis, K.V., 1982, Techniques for the treatment of strong biodegradable industrial wastewaters in developing nations, Management of Industrial Wastewater in Developing Nations, D. Stuckey and A. Hamza(Eds.), Pergamon Press Ltd., 499 p.
- Fair, M.G., Geyer, I.C., and Okun, D.A., 1968, "Water and Wastewater Engineering" John Wiley and sons, USA Toppan Company, Japan, chapter 28, 30.
- Gillespie, W.J., 1984, Pulp and paper effluent management, Journal WPCF, 56, 643-646.
- Ikatsu, H., Kaseno, S., Korenaga, T., Takahashi, T., and Shinoda, S., 1987, Collective treatment of wastewaters containing dyes and colors from arts and crafts activities at universities, Suishitsu Odaku Kenkyu, 10(5), 310, 14 (Chemical Abstracts, 28 December 1987, vol.107).
- Kirk-Othmer, 1982, Encyclopedia of Chemical Technology, Third Edition, John Wiley and Sons, vol 18, 950p.
- Kirk-Othmer, 1984, Encyclopedia of Chemical Technology, John Wiley and sons, A Wiley-Interscience Publication, vol. 24, 315-326.
- Kor, N., 1974, Çevre Sağlığı ve Teknolojisi, Kullanılmış suların uzaklaştırılması ve tasfiyesi, İTÜ matbaası, cilt I, Gümüşsuyu, İstanbul, 525s.
- McGraw Hill, 1982, Encyclopedia of Science and Technology, Per-prog., New York, vol.3, 861 p.
- Mishra, S.K., 1989, Polymer flocculation of fine particles, Theoretical developments, Pollution Engineering, part 1, 21, 102-105.
- Muslu, Y., 1985, "Su Temini ve Çevre Sağlığı", İTÜ kütüphanesi İstanbul, cilt III, 741s
- Müezzinoğlu, A., 1973, Modern dünyayı tehdit eden tehlikeli çevre sorunları, Kimya Mühendisliği Dergisi, cilt 6, sayı: 62, 5-14s.
- Özgen, S. ve Sürücü, G., 1983, Kanalizasyon sularının fizikokimyasal arıtımında sodyum alüminat kullanımı, Çevre'83, II. Ulusal Çevre Mühendisliği Sempozyumu, Dokuz Eylül Üniversitesi, ÇT-8, İzmir.
- Öztürk, B., Akyüz, F., Diler, İ. ve Yıldız, G., 1989, Bir Pamuklu Tekstil Fabrikası Atıksuyunun Arıtılabilirliğinin İncelenmesi, Bitirme Ödevi, A.Ü.Müh.Mim.Fak.Kimya Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, 45 s. (yayımlanmamış).

KAYNAKLAR DEZİNİ (devam ediyor)

- Fal, H.S. and Khalafawi, M.S.1982, Purification of industrial wastewaters in Kuwait, 1.Physicochemical treatment using a marine clay and polyeletrolyte, Management of Industrial Wastewater in Developing Nations, D., Stuckey and A. Hamza (Eds.), Pergamon press, 499p.
- Feavy, S.H.,Rowe, D.R. and Tchobanoglous, G.,1986, Enviromental Engineering, McGraw Hill Book Company, Singapore, 700 p.
- Peker, I.,1999, İş güvenliği yönünden kurşun; Kimya ve Sanayi, cilt 31, sayı: 157-158, 145s.
- Pekin, B.,1983, Biyokimya Mühendisliği (Biyoteknoloji), Ege Üni. Kimya Fak. Yayınları, İzmir, 409 s.
- Picard, M.A.,1978, Combined physico-chemical and biological processes for treatment of domestic wastes, New Processes of Wastewater Treatment and Recovery, Ellis-Horwood Ltd. Chichester, chapter 13.
- Resmi Gazete, 4 Nisan 1971, Su Ürünleri Kanunu, No:1380, sayı:13799.
- Resmi Gazete, 11 Ağustos 1983, Çevre Kanunu, No:2872, sayı:18132.
- Resmi Gazete, 13 Mart 1984, Atıksuların Kanalizasyon Şebekesine Deşarj Yönetmeliği, sayı:18340.
- Resmi Gazete, 28 Şubat 1985, Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı 10 Numaralı Sirküleri,sayı:18680.
- Resmi Gazete, 4 Eylül 1988, "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği", sayı:19919.
- Resmi Gazete, 12 Mart 1989, "Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğİ İdarİ Usüller Tebliğİ", sayı:20106.
- Resmi Gazete, 12 Mart 1989, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğİ Suda Tehlikeli ve Zararlı Maddeler Tebliğİ, sayı:20106.
- Rudolfs, W.,1967, Pis Su Tasfiyesinin Prensipleri, (Çev. Y. Muslu), İTÜ Kütüphanesi, sayı:692, 141s.
- Santaniello, R.M.,1971, Water quality criteria and standarts for industrial effluents, Industrial Pollution Control Handbook, H.F. Lund(Ed.), McGraw Hill Book Company, New York,chapter 2, 23-38.
- Selek, A.,1988,"Eskişehir Evsel ve Endüstriyel Atıksularının Aktif Çamur Yöntemiyle Birlikte Arıtılabilirliği", Doktora Tezi, Eskişehir, 172s. (yayımlanmamış).
- Shreve, R.N., Joseph, A. and Brink, Jr., 1983, Kimyasal Proses Endüstrileri, (Çev. A.İ. Çataltaş), İnkılap ve aka basımevi, cilt 1, 567s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Shreve, R.N. and Brink, Jr. J.A., 1985, Kimyasal Proses Endüstrileri, (Çev. A.İ. Çataltaş), İnkılap Kitabevi Yayın Sanayi ve Ticareti A.Ş., İstanbul, cilt 2, 564 s.
- Standart Methods For the Examination of Water and Wastewater, 1967, APHA INC. 1740, Broadway, New York, NY? 10019, 770 p.
- Şengil, A., 1983, Su tasfiyesinde alümit ile pıhtılaştırma üzerine bir araştırma, Çevre'83, II. Ulusal Çevre Mühendisliği Sempozyumu, Dokuz Eylül Üniversitesi, ÇT-19, İzmir.
- Şengül, F., Müezzinoğlu, A. ve Samsunlu, A., 1982, Çevre Mühendisliği Kimyası Ege Üniversitesi İnsaat Fak. Ders Notları, İzmir, 267 s.
- Şengül, F., 1983, Tekstil sanayi atıksularında organik madde ve renk giderme ile ilgili laboratuvar model çalışmaları, Çevre'83, II. Ulusal Çevre Mühendisliği Sempozyumu, Dokuz Eylül Üniversitesi, SÇ-23, İzmir.
- Şengül, F. ve Müezzinoğlu, A., 1983, Zeytinyağı üretim atıklarının arıtılması ile ilgili çalışmalar, Kısım I (Atıksuların karakteristikleri, kimyasal ve fiziksel arıtma çalışmaları) Çevre'83, II. Ulusal Çevre Mühendisliği Sempozyumu, Dokuz Eylül Üniversitesi, SÇ-30, İzmir.
- Tchobanoglous, G., 1979, Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse, Second Edition, Tata-McGraw-Hill Publishing Company Ltd., New Delhi, 920p.
- Tuncer, S., 1983, Kadmium'un bazı akuatik organizmalarda birikimi, Çevre Koruma, sayı :18.
- Uygan, N., 1988, Biyolojik Atıksu Arıtım Yöntemleri, Seminer, Anadolu Üni Fen Bilimleri Ens. Kimya Müh. Böl., 31 s. (yayımlanmamış).
- Üneri, S., 1969, Kolloid Kimyası, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, Ankara 192 s.
- Foyutsky, S., 1978, Colloid Chemistry, Mir Publishers, Moskow, 560 s.
- Wang, L.K., 1977, Adsorption, coagulation and filtration make a useful treatment combination, Part 2, Water and Sewage Works, 124, 32-36.
- Yeğin, M. ve Özdemir, M., 1988, Eskişehir Sümerbank Basma Fabrikası Atıksuyunun Kimyasal Pıhtılaştırma ve Adsorpsiyon Yöntemleriyle Arıtılması, Bitirme Ödevi, A.Ü.Müh. Mim. Fak. Kimya Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, 63 s. (yayımlanmamış).
- Yıldıran, C., 1989, Atık sularda ağır metal kirlenmesi ve bunların tayini, Bitirme Ödevi, A.Ü.Müh. Mim. Fak. Kimya Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, 55 s. (yayımlanmamış).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

Yurtseven, F., 1987, Kağıt üretiminde çevre sorunları, Konferans, A.Ü. Müh.
Mim. Fak. Kimya Müh. Böl. Eskişehir.

Y. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

