

**BİR PAMUKLU TEKSTİL FABRİKASI
ATIKSUYUNUN ADSORPSİYON YÖNTEMİYLE ARITILABİLİRLİĞİNİN
İNCELENMESİ**

Ayden Doğan

**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

Anadolu Üniversitesi
Mühür

Ayden Doğan'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı " Bir Pamuklu Tekstil Fabrikası Atıksuyunun Adsorpsiyon Yöntemiyle Arıtılabilirliğinin İncelenmesi " başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

30 / 10 /1989

Üye: Doç. Dr. M. Ercengiz Yıldırım

Üye: Doç. Dr. M. Ersan Pütü.

Üye: Y. Doç. Dr. Oğuz İnel

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ... 8 KASIM 1989
gün ve 225/6... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof.Dr.Rüstem KAYA
Enstitü Müdürü

ÖZET

Bir pamuklu tekstil fabrikası atıksuyunun karakter belirleme çalışmalarının yanısıra adsorpsiyon yöntemiyle arıtımı incelenmiştir. Bu yöntemle arıtım sonucunda elde edilen değerler SKKY 'de öngörülen sınır değerlerle karşılaştırılmıştır.

Ödeneme çalışmalarında sarı ve lacivert olmak üzere iki ayrı renkte bazik reaktif boyanın 100 mg/l 'lik çözeltileri kullanıldı. Sarı boya lacivert boyaya göre daha iyi adsorplanmaktadır. Sarı boya çözeltisi ile 200 mesh' ten geçirilmiş aktif karbon ve cüruf kullanılarak yapılan deneylerde sıcaklık ve pH 'ın adsorpsiyona önemli bir etkisinin olmadığı gözlemlendi. 12 - 40 mesh arası cüruf ve 40 - 120 mesh arası aktif karbon kullanılarak adsorban boyutunun etkisinin incelenmesine yönelik çalışmalarda ise boyut büyüdükçe adsorpsiyon kapasitesinde önemli düşmeler gözlenmiştir.

İşletme atıksuyunun adsorpsiyonla arıtımında aktif karbon cürufa göre daha iyi renk ve pH gidermekte, cüruf ise aktif karbona göre daha iyi KOD gidermektedir. Her iki adsorbanla da kirlilik parametreleri sınır değerlerin altına düşürülebilmektedir. Cüruf ucuz bir malzeme olması nedeniyle aktif karbona göre daha fazla miktarda kullanılsa bile tekstil atıksularının arıtımında ekonomik olabilecektir. Perlit ise tekstil atıksularında gerekli arıtımı sağlayamamaktadır.

SUMMARY

Characterization and treatment by adsorption of a cotton textile mill wastewater were studied. After the treatment, parameters were compared with the prescribed limit values of the Turkish Water Pollution Control Act.

First of all, experiments were made using the 100 mg/l solutions of yellow and blue basic reactive dyes. Yellow dye was adsorbed more than blue one under same conditions. Activated carbon and lignite bottom ash(both under 200 mesh) were used as adsorbents with the yellow dye solutions, and effects of temperature and pH on adsorption were not pronounced. Experiments with 12 - 40 mesh lignite bottom ash and 40 - 120 mesh activated carbon were showed that as particle dimensions were increased adsorption capacity were evidently decreased.

Treatment of textile mill wastewater by adsorption showed that activated carbon removed color and pH better than lignite bottom ash, but it was vice versa for chemical oxygen demand. Pollution parameters could be reduced under the limit values. Lignite bottom ash can be more economical than activated carbon to treat textile mill wastewaters: Although it must be used great quantities, it is cheaper than activated carbon. Required reduction of pollution parameters in textile mill wastewater could not be achieved with perlite.

TEŞEKKÜR

Çalışma konumu veren, gerekli ön bilgileri kazanmamı sağlayan, yapıcı ve yönlendirici eleştirileriyle bana yol gösteren her zaman yakın ilgi ve yardımlarını gördüğüm, Sayın Hocam Doç. Dr. M. Ercengiz YILDIRIM'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Sürekli yardımlarına başvurduğum, her zaman yakın ilgi ve desteğini gördüğüm Arş. Gör. Neşe UYGAN' a teşekkürü bir borç bilirim.

Öğrenimim süresince bana her türlü imkanı sağlayan Anadolu Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölüm elemanlarına en içten teşekkürlerimi sunarım.

Atıksuyu ile çalıştığımız işletme yetkililerine gerekli kolaylıkları sağladıkları için teşekkürü bir borç bilirim.

Yaşantım boyunca maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve her an yanımda hissettiğim aileme bana bu imkanları sağladığı için ne kadar teşekkür etsem azdır.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER DİZİNİ	xvi
KISALTMALAR DİZİNİ	xviii
1. GİRİŞ	1
1.1. Ülkemizdeki Yasal Düzenlemeler	2
1.2. Daha Önce Yapılan Çalışmalar	3
2. TEKSTİL ATIKSULARI	8
2.1. Pamuklu Tekstil İşletmesinin Önemli İşlem Basamakları	8
2.1.1. İplik yapma, haşıllama ve dokuma	9
2.1.2. Yakma	9
2.1.3. Haşıl sökme	9
2.1.4. Pişirme	10
2.1.5. Kasar	10
2.1.6. Mercerize etme	11
2.1.7. Boyama	11
2.1.8. Basma	13
2.1.9. Apre ve diğer bitirme işlemleri	14
2.2. Tekstil Atıksularının Zararlı Etkileri	14
2.2.1. Renk	14
2.2.2. Koku ve tat	15
2.2.3. Çözülmüş oksijen, sıcaklık ve pH	15
2.2.4. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı	16
2.2.5. Kimyasal oksijen ihtiyacı	16
2.2.6. Toplam, askıda ve çökebilen katı maddeler	17
2.2.7. Yağ ve gres	18
2.2.8. Azotlu bileşikler	18
2.2.9. Kükürtlü bileşikler	19

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
2.2.10. Zehirlilik seyrelme faktörü	20
2.2.11. Serbest klor	20
2.2.12. Toplam krom	21
2.3. Tekstil Atıksularının Kaynakları	22
2.4. Tekstil Atıksularının Arıtım Yöntemleri	26
2.4.1. Mekanik arıtım	26
2.4.2. Kimyasal arıtım	26
2.4.3. Biyolojik arıtım	27
3. ADSORPSİYONUN KURAMSAL TEMELLERİ	28
3.1. Temel Kavramlar	28
3.2. Adsorpsiyon Türleri	28
3.3. Adsorpsiyon İzotermi	30
3.3.1. Langmuir izotermi	30
3.3.2. Freundlich izotermi	31
3.3.3. BET izotermi	32
3.3.4. Temkin izotermi	32
3.4. Sıvı Çözeltilerden Adsorpsiyon	33
3.5. Adsorpsiyon Düzeneklerinin Türleri	36
3.6. Sabit Yataklı Kolonda Adsorpsiyon	36
4. KULLANILAN ADSORBANLAR VE DENEYSEL ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ	39
4.1. Kullanılan Adsorban Türleri ve Genel Özellikleri	39
4.1.1. Aktif karbon	39
4.1.2. Cüruf	40
4.1.3. Perlit	40
4.2. Adsorpsiyon İzotermlerinin Elde Edilişi	41
4.2.1. Çalışma eğrisinin hazırlanması	41
4.2.2. Adsorpsiyon izotermi hazırlanması	42
4.3. Kolonda Adsorpsiyon Deneysel Çalışmaları	43
5. DENEYSEL BULGULAR	44
5.1. Ödeneme Bulguları	44
5.1.1. Sıcaklığın etkisi	44

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
5.1.2. pH 'ın etkisi	51
5.1.3. Boyutun etkisi	54
5.2. Atıksu Analizi Bulguları	56
5.3. Kesikli Adsorpsiyonla Arıtım Bulguları	58
5.4. Kolonda Adsorpsiyonla Arıtım Bulguları	67
6. DENEYSEL BULGULARIN TARTIŞILMASI	76
6.1. Üdeneme Bulgularının Tartışılması	76
6.1.1. Sıcaklığın etkisi ile ilgili bulguların tartışılması	76
6.1.2. pH 'ın etkisi ile ilgili bulguların tartışılması	76
6.1.3. Boyutun etkisi ile ilgili bulguların tartışılması	76
6.2. Atıksu Analizi Bulgularının Tartışılması	77
6.3. Kesikli Adsorpsiyonla Arıtım Bulgularının Tartışılması	78
6.4. Kolonda Adsorpsiyonla Arıtım Bulgularının Tartışılması	80
7. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER	81
7.1. Genel Sonuçlar	81
7.2. Öneriler	81
EK AÇIKLAMALAR - A	83
ELEK ANALİZLERİNİN YAPILIŞI VE SONUÇLARI	83
A.1. Elek Analizlerinin Yapılışı	83
A.2. Elek Analizlerinin Sonuçları	84
A.2.1. Aktif karbonun elek analizi sonuçları	84
A.2.2. Cürufun elek analizi sonuçları	85
A.2.3. Perlitin elek analizi sonuçları	86
EK AÇIKLAMALAR - B	88
ÇALIŞMA EĞRİLERİ	88
B.1. Sarı Boya İçin Çalışma Eğrisi	88
B.2. Lacivert Boya İçin Çalışma Eğrisi	89
EK AÇIKLAMALAR - C	90
SPEKTROFOTOMETRE İLE RENK TAYİNİ	90
C.1. Gereçler	90
C.2. Tayin Yöntemi	90

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
EK AÇIKLAMALAR - D	94
BASINÇ DÜŞÜŞÜ HESABI	94
KAYNAKLAR DİZİNİ	95

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Tekstil fabrikalarında atıksuyun akış şeması.....	23
2.2. Tekstil fabrikalarında toplam BOİ değerinin % olarak uygulanan işlemlere göre dağılışı.....	24
2.3. Tekstil fabrikalarında toplam BOİ değerinin kirliliği meydana getiren faktörlere göre % dağılışı.....	25
3.1. Çözeltiden katı adsorpsiyonu için tipik bir izoterm.....	34
3.2. Çözeltiden katı adsorpsiyonu için izotermelerin sınıflandırılması.....	35
3.3. Sabit yataklı adsorpsiyon kolonundan geçen çözelti hacmine karşı çıkış akımındaki çözünen derişiminin değişimi	38
5.1. Sarı boya çözeltisiyle 200 mesh'ten geçirilmiş cüruf ve aktif karbon kullanılarak değişik sıcaklıklarda elde edilen izotermeler	47
5.2. Lacivert boya çözeltisi ile 200 mesh'ten geçirilmiş cüruf ve aktif karbon kullanılarak orjinal pH 'ta, değişik sıcaklıklarda elde edilen izotermeler	50
5.3. Sarı boya çözeltisiyle 200 mesh'ten geçirilmiş cüruf ve aktif karbon kullanılarak pH 'ın etkisini gözlemek için çizilen izotermeler.....	53
5.4. Sarı boya çözeltisiyle 12 - 40 mesh arası cüruf ve 40 - 120 mesh arası aktif karbon kullanılarak 20 °C 'de boyutun etkisini gözlemek için çizilen izotermeler.....	55
5.5. Erlende arıtım sonrası KOİ değerlerine karşı x/m grafiği.....	64
5.6. Erlende arıtım sonrası KOİ değerlerine karşı x/m değerlerinin logaritmik kağattaki grafiği.....	65
5.7. Adsorban niceliğine karşı erlende arıtım sonrası % berraklık değerleri.....	66
5.8. 11.5.1989 tarihli ham atıksuyun cürufu kolonda arıtımında geçen atıksu hacmine karşı arıtımdan sonraki pH değerleri.....	69
5.9. 11.5.1989 tarihli ham atıksuyun cürufu kolonda arıtımı sonucunda elde edilen KOİ değerlerinin geçen atıksu hacmine karşı değişimi.....	70

ŞEKİLLER DİZİNİ(devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.10. 29.5.1989 tarihli ham atıksuyun cürufle kolonda arıtımı sonucunda elde edilen pH değerlerinin geçen atıksu hacmine karşı değişimi.....	72
5.11. 29.5.1989 tarihli ham atıksuyun cürufle kolonda arıtımı sonucunda elde edilen KOİ değerlerinin geçen atıksu hacmine karşı değişimi.....	73
5.12. 29.5.1989 tarihli ham atıksuyun perlitle kolonda arıtımı sonucunda elde edilen pH değerlerinin geçen atıksu hacmine karşı değişimi.....	75
5.13. 29.5.1989 tarihli ham atıksuyun perlitle kolonda arıtımı sonucunda elde edilen KOİ değerlerinin geçen atıksu hacmine karşı değişimi.....	75
B.1. Sarı boya için çalışma eğrisi.....	88
B.2. Lacivert boya için çalışma eğrisi.....	89
C.1. Renk grafiği(chromaticity diagram).....	92

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Fiziksel ve kimyasal adsorpsiyonun karşılaştırılması....	30
5.1. Sarı boya çözeltisi ile 200 mesh'ten geçirilmiş çüruf kullanılarak 21 °C 'de yapılan deneysel çalışmanın sonuçları	44
5.2. Sarı boya çözeltisi ile 200 mesh'ten geçirilmiş çüruf kullanılarak 30 °C 'de yapılan deneysel çalışmanın sonuçları	45
5.3. Sarı boya çözeltisi ile 200 mesh'ten geçirilmiş çüruf kullanılarak 40 °C 'de yapılan deneysel çalışmanın sonuçları	45
5.4. Sarı boya çözeltisi ile 200 mesh'ten geçirilmiş aktif karbon kullanılarak 20 °C 'de yapılan deneysel çalışmanın sonuçları	46
5.5. Sarı boya çözeltisi ile 200 mesh'ten geçirilmiş aktif karbon kullanılarak 40 °C 'de yapılan deneysel çalışmanın sonuçları	46
5.6. Lacivert boya çözeltisi ile 200 mesh'ten geçirilmiş çüruf kullanılarak orjinal pH 'ta 20 °C 'de yapılan deneysel çalışmanın sonuçları	48
5.7. Lacivert boya çözeltisi ile 200 mesh'ten geçirilmiş çüruf kullanılarak orjinal pH 'ta 40 °C 'de yapılan deneysel çalışmanın sonuçları	48
5.8. Lacivert boya çözeltisi ile 200 mesh'ten geçirilmiş aktif karbon kullanılarak orjinal pH 'ta 20 °C 'de yapılan deneysel çalışmanın sonuçları	49
5.9. Lacivert boya çözeltisi ile 200 mesh'ten geçirilmiş aktif karbon kullanılarak orjinal pH 'ta 40 °C 'de yapılan deneysel çalışmanın sonuçları	49
5.10. Sarı boya çözeltisi ile 200 mesh'ten geçirilmiş çüruf kullanılarak pH 11 ve 22 °C 'de yapılan deneysel çalışmanın sonuçları	51
5.11. Sarı boya çözeltisi ile 200 mesh'ten geçirilmiş aktif karbon kullanılarak pH 11 ve 22 °C 'de yapılan deneysel çalışmanın sonuçları	52

ÇİZELGELER DİZİNİ(devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
5.12. Sarı boya çözeltisi ile 12 - 40 mesh arası cüruf kullanılarak 20 °C 'de yapılan deneysel çalışmanın sonuçları.....	54
5.13. Sarı boya çözeltisi ile 20 - 40 mesh arası cüruf kullanılarak 20 °C 'de yapılan deneysel çalışmanın sonuçları.....	54
5.14. Kullanılan atıksuların analiz sonuçları	57
5.15. 27.4.1989 tarihli ham atıksuyun erlende cüruf ile arıtım sonuçları	58
5.16. 27.4.1989 tarihli ham atıksuyun erlende cüruf ile arıtımından elde edilen renk verileri	59
5.17. 11.5.1989 tarihli ham atıksuyun erlende aktif karbonla arıtım sonuçları	60
5.18. 11.5.1989 tarihli ham atıksuyun erlende aktif karbonla arıtımından elde edilen renk verileri	60
5.19. 29.5.1989 tarihli ham atıksuyun erlende cüruf ile arıtım sonuçları	61
5.20. 29.5.1989 tarihli ham atıksuyun erlende cüruf ile arıtımından elde edilen renk verileri	62
5.21. 29.5.1989 tarihli ham atıksuyun erlende aktif karbon ile arıtım sonuçları	62
5.22. 29.5.1989 tarihli ham atıksuyun erlende aktif karbon ile arıtımından elde edilen renk verileri	63
5.23. 11.5.1989 tarihli ham atıksuyun cüruf ile kolonda adsorpsiyonla arıtımından elde edilen analiz sonuçları...	68
5.24. 11.5.1989 tarihli ham atıksuyun cüruf ile kolonda adsorpsiyonla arıtımından elde edilen renk verileri ...	69
5.25. 29.5.1989 tarihli ham atıksuyun cüruf ile kolonda adsorpsiyonla arıtımından elde edilen analiz sonuçları..	71
5.26. 29.5.1989 tarihli ham atıksuyun perlit ile kolonda adsorpsiyonla arıtımından elde edilen analiz sonuçları..	74
5.27. 29.5.1989 tarihli ham atıksuyun perlit ile kolonda adsorpsiyonla arıtımından elde edilen renk verileri.....	74
A.1. Aktif karbonun elek analizi sonuçları	85

ÇİZELGELER DİZİNİ(devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
A.2. Cürufun elek analizi sonuçları.....	86
A.3. Perilitin elek analiz sonuçları	87
B.1. Sarı boya için çalışma eğrisi verileri	88
B.2. Lacivert boya için çalışma eğrisi verileri	89
C.1. Spektrofotometrik renk tayini için geçirgenliklerin okunduğu dalga boyları	91
C.2. Baskın dalga boyu aralığına göre renkler	93

SİMGELER DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
A_w	Özgül yüzey alanı, cm^2/g , m^2/g
A_0	Bir sabit
a	Bir sabit
a_0	Bir sabit
b	Bir sabit
c	Çözünen maddenin denge derişimi, mg/l
c_b	b noktasında çözünenin denge derişimi, mg/l
c_c	c noktasında çözünenin denge derişimi, mg/l
c_s	Çözünenin çözeltideki son derişimi, mg/l
c_0	Çözünenin başlangıçtaki derişimi, mg/l
D_N	Üst üste iki eleğin delik açıklıklarının ortalaması, cm
D_p	Ortalama tanecik çapı, cm
h	Sabit
K_H	Henry sabiti
K_h	Hidroliz sabiti
k	Reaksiyon hız sabiti
L	Kolon uzunluğu, cm
m	Adsorban niceliği, mg , g
N	c denge derişiminde bir gram adsorban başına adsorplanan maddenin mol sayısı, mol/g
N_m	Adsorplanan maddenin adsorbanın tüm yüzeyini bir molekül kalınlığında bir tabaka ile kaplayabilmesi için bir gram adsorban tarafından adsorplanması gerekli maddenin mol sayısı, mol/g
N_w	Özgül tanecik sayısı ($tanecik/g$)
n	Reaksiyon hız mertebesi
P	Toplam basınç, atm
P_0	Doygunluk basıncı, atm
pH	Sudaki hidrojen iyonu molar derişiminin eksi logaritması
pK_a	Ayrışma sabitinin eksi logaritması
Q_{ads}	Adsorpsiyon ısısı
$Q_{ads,0}$	Boş yüzeydeki adsorpsiyon ısısı

SİMGELER DİZİNİ(devam)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
R	İdeal gaz sabiti, l atm/mol °K
r_a	Reaksiyon hızı, mol/s m ³
T	Sıcaklık, °K
v_0	Boş kule hızı, cm/s
x	Adsorplanan niceliği, mg, g
Yunan alfabesi	
α	Bir sabit
ΔP	Basınç farkı, cm-su sütunu
ΔQ_n	n. elek tarafından tutulan miktarın toplam miktara göre kütle kesri
ΔQ_1	En büyük delik açıklı elekte kalanın kütle kesri
ϵ	Boşluk kesri
θ	Adsorban yüzeyindeki örtülü kesir
λ	Bir sabit
μ	Akışkanın viskozitesi, g/cm s
\varnothing	En büyük delik açıklı elekte kalanın kütle kesrinden başlanarak ayrı ayrı eleklerde kalanların kütle kesirlerinin toplamı
ρ	Yoğunluk, g/cm ³
γ	Korelasyon katsayısı

KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Kısaltma</u>	<u>Açıklama</u>
APHA	American Public Health Association
aq	Sulu
bkz.	Bakınız
BM	Boyarmadde
BOİ	Biyokimyasal oksijen ihtiyacı
cm	Santimetre
ÇO	Çözünmüş oksijen
dk	Dakika
DSİ	Devlet Su İşleri
et al.	Ve diğerleri(yabancı dildeki kaynaklarda)
g	Gaz
g	Gram
İSKİ	İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
KOİ	Kimyasal oksijen ihtiyacı
l	Litre
ml	Mililitre
nm	Nanometre
m	Metre
SKKY	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
s	Saniye
TL50	Tolerans limiti
vd.	Ve diğerleri (Türkçe kaynaklarda)
ZSF	Zehirlilik seyrelme faktörü
WHO	World Health Organization

1. GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde çevre kirliliğinin sürekli arttığı bilinen bir gerçektir. Çevre kirliliği insan yaşamını olumsuz yönde etkilemekte ve genel olarak tüm canlı çevreye zarar vermektedir.

Çevre kirliliği, genelde her ülkenin kendi problemleri olmayıp, evrenseldir. Bir ülkedeki çevre kirliliğinin etkisi diğer bir ülkede de görülebilmektedir. Çernobil nükleer kazasından sonra meydana gelen radyasyon etkisi örnek olarak verilebilir. Bu nedenle çevre kirliliği ile mücadelede milletlerarası işbirliği gerekmektedir.

Gelişmiş olan ülkelerde çevre kirliliğine yaklaşım daha sağlıklı ve bilinçli olmaktadır. Bu ise toplumsal yapının, bilim ve teknolojinin, ayrıca denetim mekanizmalarının belirli bir düzeye erişmiş olmasından kaynaklanmaktadır.

Gelişmekte olan ülkelerde ise çevre kirliliğine olan yaklaşım toplumsal bilinçlenmeye dayanmadığından sürekli bir denetleme yöntemine dönüşmemektedir.

Aslında çevre kirliliğinin oluşum nedenleri sadece bilim ve teknolojideki yetersizliklerde değil, sosyo-ekonomik yapılardaki olumsuzluk ve yetersizliklerde de bulunmaktadır.

Ülkemizde son yıllarda çevre sorunları ile etkili mücadele için bir taraftan Başbakanlığa bağlı Çevre Genel Müdürlüğü, üniversitelerde Çevre Mühendisliği Bölümleri kurulmuş diğer taraftan halkın bu konuda bilinçlenmesi için çeşitli çalışmalar başlatılmıştır.

Çevre kirliliğinin bir parçası olan su kirliliği, alıcı su ortamlarının çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkilerle doğal niteliğinin ve görünümünün istenmeyen derecede bozulması olarak tanımlanır. Bu kirlenme insanların buldukları çeşitli yerlerden gelen atıklar ile çeşitli üretim ve endüstri işlemleri sonucu ortaya çıkan atıksulardan kaynaklanır.

Atıksu arıtımı; suların çeşitli kullanımlar sonucu kirlenerek kaybettikleri fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özelliklerinin bir kısmını veya tamamını tekrar kazandırabilmek ve boşaldıkları alıcı ortamın doğal fiziksel, kimyasal, bakteriyolojik ve ekolojik özelliklerini değiştirmeyecek hale getirebilmek için

uygulanan fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtım işlemlerinin birini veya birkaçını kapsar(Resmi Gazete, 1988).

Çalıştığımız atıksu numunesinin alındığı Basma Tekstil İşletmesinde atıksu çıkışında pH ayarı için sülfürik asit, arıtım için alüminyum sülfat, renk giderimi için ise sodyum hipoklorit kullanılmaktadır. Geçici olarak uygulandığı bildirilen bu arıtım yöntemi günde yaklaşık 600.000 TL.'lık bir kimyasal madde tüketimi gerektirdiğinden daha ekonomik yöntemler araştırılmıştır.

Bu nedenle çalışmada arıtım için işletmenin kendi katı atığı olan cüruf, perlit ve karşılaştırmak amacıyla da oldukça pahalı olan aktif karbon adsorban olarak kullanılmıştır.

1.1 Ülkemizdeki Yasal Düzenlemeler

Su kirliliğinin önlenmesi amacıyla ülkemizde çeşitli yasal düzenlemeler yapılmış bulunmaktadır. Yurdumuzda ilk olarak su kirliliği kontrolü ile ilgili olarak 1971' de 1380 sayılı "Su Ürünleri Kanunu" ile su ürünleri üretimi ve üretim yerlerinin sınırlandırılmasına dair hükümler getirilmiş ve uygulanacak cezai hükümler belirtilmiştir(Resmi Gazete, 1971). Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığının her yıl çıkarmış olduğu sirkülerlerden 1985 tarihinde yayımlanan 18680 sayılı sirkülerin dördüncü bölümünde sulara boşaltılacak atıklar için deşarj kriterleri, beşinci bölümünde deniz ve içsularla ilgili genel hükümler verilmiştir. Altıncı bölümünde ise 1380 sayılı kanunda belirtilen cezaların uygulanacağı açıklanmıştır(Resmi Gazete, 1985).

11 Ağustos 1983 tarihli Resmi Gazete' de yayımlanan 2872 nolu "Çevre Kanunu" , çevrenin korunmasını kabul edebilir bir yaklaşımla ele almıştır(Resmi Gazete, 1983).

İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi(İSKİ) tarafından çıkarılan ve 13 Mart 1984 tarihli Resmi Gazete' de yayımlanan "Atık Suların Kanalizasyona Deşarj Yönetmeliği", İSKİ yetki sınırları dahilinde bulunan endüstriyel kuruluşların atıksularını kanalizasyona vermeden önce önarıtım yapmalarını zorunlu kılmakta, şartları yerine getirmeyenlerin atıksuların kirleticisi yüküne bağlı olarak bir ceza ödemelerini öngörmektedir(Resmi Gazete, 1984).

Son olarak 4 Eylül 1988 tarihinde "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği" yayımlanmıştır. Bu yönetmeliğin amacı ülkenin yeraltı ve yerüstü su kaynakları potansiyelinin her türlü kullanım amacı ile korunmasını, en iyi şekilde kullanımını ve su kirlenmesinin önlenmesinin hukuki ve teknik esaslarını ortaya koymaktır. Yönetmelikte farklı endüstrilerin ölçülmesi gereken parametreleri ve bunların öngörülen sınır değerleri çizelgeler halinde verilmiştir(Resmi Gazete, 1988).

"Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği" nin öngördüğü "İdari Usuller Tebliği" 12 Mart 1989 tarihinde yayımlanmıştır. Bu tebliğin amacı; SKKY'nin öngördüğü sorumluluk, izin alma esaslarıyla ilgili idari usul ve uygulamaları düzenlemektir. Yine aynı tarihli "Suda Tehlikeli ve Zararlı Maddeler Tebliği" nin amacı ise SKKY' nin yüzeysel ve yeraltı sularının korunması açısından suda tehlikeli ve zararlı olarak kabul edilen maddeleriyle ilgili düzenlemelerin yapılmasıdır(Resmi Gazete, 1989). SKKY'de sözü edilen "Numune Alma ve Analiz Metodları", "Teknik Usuller", "Atıksu Deşarjında İnilebilecek En Düşük Kirlilik Konsantrasyonları" tebliğleri henüz yayımlanmamıştır(Ağustos, 1989'da)

1.2 Daha Önce Yapılan Çalışmalar

Yapılan bir çalışmada bu tezde atıksuyu ile çalışılan fabrikanın Porsuk çayını kirletme durumu belirlenmiştir. Bu çalışmada, basma sanayi atıksu problemlerine genel bir bakıştan sonra incelenen fabrikanın atıksu karakter belirleme çalışmaları yapılmıştır. Kirlilik doğurabilecek parametrelerin 1380 sayılı su ürünleri yasasının öngördüğü standartlara uyabilmesi için gerekli olan seyrelme oranları hesaplanmıştır(Enuysal,1977).

Devlet Su İşleri(DSİ) ve Dünya Sağlık Örgütü'nün(WHO) birlikte yürütmüş oldukları projede Porsuk çayı üzerinde, kaynaktan Sakarya nehrine kadar on örnekleme noktası seçilmiştir. Bu noktalardan ve Porsuk çayına karışan endüstriyel sıvı artıklardan örnekler alınarak kirlilik belirleme çalışmaları yapılmıştır(DSİ,1980).

Tekstil sanayi sıvı atıklarının zararlı etkileri ve arıtma yöntemlerinin genel olarak incelendiği bir çalışmada; pamuklu ve yünlü dokuma fabrikaları sıvı atıklarının mekanik, kimyasal ve çeşitli

biyolojik arıtmaları üzerinde durularak tekstil endüstrisi sıvı atıklarının şehir kullanılmış suyu ile karıştırılması ile biyolojik arıtımına ait bilgiler verilmiştir(Kor, 1975). Çeşitli tekstil boyalarının aktif çamur üzerindeki adsorpsiyon davranışları değişik pH değerlerinde incelenmiş ve aktif çamur davranışının aktif karbona benzer olduğu gösterilmiştir(Nakaoka et al.,1983; Judkins 'den, 1984).

Başka bir çalışmada tekstil sanayii atıksularında organik madde ve renk gideriminde çöktürücü olarak demir(II) sülfat, alüminyum sülfat ve uçucu kül kullanılmıştır. Renk giderme için aktif karbon ve sodyum hidrosülfat($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 'de denenmiştir. 2 g/l alüminyum sülfat için % 85 KOD giderme ve % 35 renk giderme verimi elde edilmiştir. 6 g/l uçucu kül ile % 75 KOD ve % 36 renk giderme verimi elde edilmiştir. 1 g/l demir(II) sülfat ile % 78 KOD ve % 38 renk giderme verimi bulunmuştur. Uçucu külün tekstil atıksularında renk gidermede alüminyum sülfat ve demir(II) sülfat kadar verimli sonuç verdiği görülmüştür. Aktif karbon ile yapılan çalışmada ise 4 g/l aktif karbon için % 82 - 94 renk giderme verimi, % 55 KOD ve % 77 renk giderme verimi bulunmuştur(Şengül, 1983).

Anadolu Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümünde yapılan konuyla ilgili bazı çalışmalar aşağıda tanıtılmaktadır.

Eskişehir'in bazı evsel ve endüstriyel atıksuları ile yapılan arıtma deneyleri çalışmasında; aktif kömür, odun kömürü ve linyit gibi adsorbanlar kullanılmıştır. Evsel atıksu ile yapılan çalışmalarda permanganat tüketimi açısından % 67 arıtım sağlanmıştır. Endüstriyel atıksularda yapılan arıtma deneylerinde % 50 'nin üzerinde arıtım için çok yüksek olmayan atıksu geçiş hızlarında adsorban olarak linyit kömürü kullanılması gerektiği belirlenmiştir(Akdeniz, 1985).

Tekstil atıksularında bulunan boyanın adsorpsiyon yöntemi ile giderilmesi üzerinde çalışılmıştır. Deneyler hazırlanan 100 mg/l derişiminde kırmızı boya çözeltisi ile yapılmış, adsorban olarak aktif karbon, linyit kömürü ve kiremit parçaları kullanılmıştır. Ayrıca çok ince öğütülmüş adsorbanlar ile denge adsorpsiyon değerleri ölçülerek Freundlich izotermi çizilmiş ve denklemler elde edilmiştir(Uzunonat, 1986).

Bir pamuklu tekstil fabrikası atıksuyunun kimyasal pıhtılaştırma ve adsorpsiyon yöntemleriyle arıtılabilirliğinin incelendiği bir

çalışmada; yapılan arıtlımlarda kimyasal pıhtılaştırma ve adsorpsiyon yöntemleri, çalışılan koşullar altında ve incelenen özellikler bakımından birbirine yakın sonuçlar vermiştir(Yeğin ve Özdemir, 1988).

Aynı tekstil fabrikası atıksuyunun kimyasal pıhtılaştırma ve adsorpsiyonla arıtılabilirliğinin incelendiği diğer bir çalışmada ise, kimyasal pıhtılaştırmada $Al_2(SO_4) \cdot 18H_2O$ ve $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ile istenilen derecede arıtım sağlayabilmektedir. 100 mg/l $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ dahi KDI ve pH değerini sınırların altına indirmek için yeterli olmaktadır. Çalışmada kullanılan organik polielektrolitlerle pek olumlu sonuç elde edilmemiştir. Adsorpsiyonda aktif karbon renk gideriminde cüruftan daha etkindir. Cüruf tekstil atıksuyu arıtımında kullanılabilecek bir malzeme olarak görünmektedir(Öztürk vd., 1989).

Balıkesir - Bigadiç yöresinden alınan zeolit ve Eskişehir yöresinden alınan lületaşı örnekleri üzerinde bazik bir boyarmadde olan metilen mavisinin 25 °C 'de sulu çözeltiden adsorpsiyonun incelendiği çalışmada elde edilen adsorsiyon izotermelerinden fiziksel ve kimyasal olarak adsorplanan metilen mavisi miktarları belirlenmiştir. Ayrıca verilerin Langmuir izotermine uyduğu saptanmış ve örnekler için Langmuir doğruları çizilerek Langmuir sabitleri hesaplanmıştır(Gün, 1989).

Yurdumuzda yapılan başka bir çalışmada boya endüstrisi kullanılmış su kaynakları incelenmiş yerinde ve laboratuvarında yapılan ölçüm ve analizlerle kullanılmış su miktar ve özellikleri belirlenmiştir. Boyaların bünyesinde canlı hayata zararlı maddeler bulunduğundan üretimden doğan atıkların çevreye ve canlı hayata olan zararlı tesirleri üzerinde durulmuştur. Fabrika içinde atıksuların kontrol edilmesinin uygun olacağı düşünülerek atık kontrol alternatifleri araştırılmıştır. Boya endüstrisi kullanılmış sularında sadece dengeleme yeterli olmadığından fiziksel-kimyasal arıtım imkanları incelenmiştir. Kurulu tesislerdeki araştırmalar, bu tür arıtımın boya kullanılmış sularını temizlemede çok etkili olduğunu göstermiştir. Bununla beraber, alıcı ortamın özelliği ve kullanılmış suyun kirlilik derecesine göre biyolojik arıtımın tatbikinin de söz konusu olabileceği anlaşılmıştır. Ayrıca bu araştırmada ileri arıtım metotları ve bunların uygulanabilirlikleri de tartışılmıştır(Şengül, 1983).

Evsel kaynaklı karışık bir atıksu büyük fakat taşınabilir sistemde 750 mg/l toz karbon, 50 mg/l katyonik flokülant katılıp durultma işleminden sonra diatomit içeren süzgeçten süzülerek arıtılmış ve bulanıklıkta % 99,9, BOİ 'de % 81 arıtım sağlanmıştır(Wang, 1977).

Demokratik Alman Cumhuriyeti ve Sovyetler Birliği'nde ortaklaşa yürütülen bir çalışmada pıhtılaştırıcı maddelerin içme suyu ve kullanma suyu hazırlanmasında kolloidal bulanıklık veren ve renk veren maddelerin giderilmesinde çok önemli rol oynadığı, özellikle metal tuzları yanı sıra organik polielektrolitlerin kullanımının çökeltme davranışını iyileştirdiği belirlenmiştir. Ayrıca filtre işleminden önce pıhtılaştırıcı madde verilmesi de filtre verimini artırmaktadır. Bu uygulama özellikle aşırı yükleme durumlarında yararlı olmaktadır(Böhler et al., 1978).

Sanat ve mesleki aktiviteler sonucu oluşan atıksulardaki boyanın giderilmesi üzerine yapılan bir çalışmada; organik maddelerin aktif karbon üzerinde adsorpsiyonuyla KO_2 , $FeCl_3$ ile ise ağır metaller koagülasyon sonucunda giderilmiştir(Ikatsu et al., 1987).

Odun talaşı üzerinde boyanın adsorplanma kapasitesine adsorban boyutunun, odun miktarının, temas zamanının ve adsorbanın yapısının etkilerinin incelendiği çalışmada boyanın odun üzerinde adsorpsiyonu Freundlich izotermine uyduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışmalara göre odun talaşı iyi bir adsorbandır. Adsorplama kapasitesi boyutuna göre ve boyanın yapısına göre değişmektedir. Toz aktif karbon aynı çalışmalar için referans olarak kullanılmıştır(Abo - Elele and El - Dib, 1987).

Toz aktif karbon aktif çamur bakterilerine zehirli etki yapan kirleticileri elimine etmek için atıksuya eklenir. Toz aktif karbonun $Cr(VI)$ için adsorplama kapasitesi aktif çamurdan daha fazladır ve ilk andaki adsorpsiyon 30 dakika sonundaki değerlerin % 66 'sı gibi yüksek bir değerdedir. $Cr(VI)$ toz aktif karbon ilavesiyle bir günde geri kazanılır, oysa toz aktif karbon ilave edilmediğinde geri kazanma için yedi günden fazla zaman gereklidir(Sang et al., 1988).

Orto kresol ve anilin ilavesiyle aktif çamur yönteminin (C nemli hava ile rejenere ediliyor) kullanılmasıyla incelenmiştir. Toz aktif karbonun kullanılması zehirli bileşikler içeren endüstriyel çıkış akımlarından çeşitli bileşiklerin giderilmesi için uygundur. Zehirli maddelerin giderimi bu yolla iyi ama oldukça pahalı olmaktadır(Van Luin and Teurlinckx, 1988).

Atıksu arıtımı için aktif karbonlu aktif çamur sürecinde organik maddelerin C üzerindeki adsorpsiyon hızı biyolojik oksidasyonun ilerlemesiyle azalır. Biyolojik oksidasyonu takiben aktif karbon adsorpsiyonu yerine her ikisinin de aynı anda uygulanması daha uygundur. Çökme hızı aktif C için aktif çamurunkinden daha büyüktür. Fakat aktif karbon - aktif çamur karışımı ile yalnız çamurun çökme hızları birbirine eşittir(Makono, 1987).

2. TEKSTİL ATIKSULARI

2.1 Pamuklu Tekstil İşletmesinin Önemli İşlem Basamakları

Pamuk tek hücreli bir lif olup yetiştiği bölgeye göre 75 mm uzunluğa ve 6 ile 0,025 mm kalınlığa kadar bulunur. Pamuk lifinin kesiti incelendiğinde, iç içe halkalardan meydana geldiği görülür. Pamuğun kimyasal bileşimi ise aşağıdaki gibidir(Başer, 1983):

Selüloz	% 88 - 96
Pektin	% 0 - 1,2
Kül	% 0,7 - 1,0
Mum ve yağlar	% 0,4 - 1,0
Proteinler	% 1,1 - 1,9
Diğer organik bileşikler	% 0,5 - 2,0

Ham lifler ürün durumuna gelinceye kadar birçok önemli üretim basamaklarından geçer. İplik yapma, başıllama, dokuma ve terbiye işlemleri bu basamakların en önemlileridir. Bunlardan iplik yapma ve dokuma kuru işlemler olduğundan konumuz dışında kalmaktadır. Dokumaya hazırlık bölümünde yapılan başıllamanın dışında bütün yaş işlemler terbiye bölümünde yapılmaktadır. Terbiye bölümündeki işlemleri yapılış sırasına göre üç grupta incelemek mümkündür.

1. Önterbiye (başıl sökme, yakma, pişirme, kasar, merserizasyon gibi).

2. Boyama

3. Bitirme

(a) Apre ve yüksek terbiye gibi kimyasal bitirme işlemleri.

(b) Kesme, kalandırlama, şardonlama, sanforizasyon gibi mekanik bitirme işlemleri.

Bir kimyasal terbiye işlemi genellikle üç kısımdan meydana gelmektedir:

(a) Kimyasal maddenin tekstil malzemesi üzerine aktarılması. (Bu işlem sonunda kalan atıklar ve kullanılan aletlerin temizlenmesinden meydana gelen atıksu işletmenin atıksularına karışmaktadır.)

(b) Yıkama, durulama. (Bu işlem sırasında tekstil malzemesi üzerindeki kirler ve yıkama için kullanılan maddelerin artıklarını işletmenin atıksuyuna karışmaktadır.)

(c) Kurutma

Pamuğun terbiyesinden kumaş haline gelinceye kadar geçirdiği işlemlerden önemli olanlar aşağıdaki altbölümlerde kısaca açıklanmıştır(Samsunlu, 1978b).

2.1.1 İplik yapma, başıllama ve dokuma

Pamuk liflerinden istenilen kalitede iplikler üretilerek bu ipliklerin mekanik zorlamalar karşısında kolayca kopmasını engellemek amacıyla başıllama işlemi uygulanır.

Haşıl maddesi olarak daha çok nişasta kullanılır. Nişastadan başka karboksimetilselüloz veya sentetik polivinil alkol ve poliakrilikesit gibi haşıl maddeleri de kullanılmaktadır.

Haşıllamadaki atıksu, başıllama makinalarının temizlenmesinden ileri gelir(Samsunlu, 1978b).

2.1.2 Yakma

Bu basamakta ham kumaş birçok gaz alevi üzerinden hızlı bir şekilde geçirilerek yüzeyindeki dik duran tüylerin yakılması sağlanır. Yangın tehlikesini önlemek için yakma kısmının sonuna kıvılcım söndürücüler eklenmiştir. Burada arasına su banyosunun boşaltılması sonucunda atıksu meydana gelir(Başer, 1983).

2.1.3 Haşıl sökme

Patetes haşılı veya nişasta özelliğindeki diğer haşıl maddeleri yıkamayla kumaştan ayrılmaz. Haşılı ürün bir tankta haşılı çıkarıcı maddelerle(diastaför gibi) birkaç saat işleme tabi tutulur. Bu arada haşıl maddeleri enzimlerin tesiri ile parçalanarak suda kolayca çözünürler. İyi bir durulama neticesinde kumaştan uzaklaşabilecek hale gelirler(Samsunlu, 1978b; Başer, 1983).

Nişasta özelliğinde olmayan haşıl maddeleri genellikle suda çözünebilen maddelerdir. Kumaş çok kuvvetli bir yıkamayla haşıldan kurtulur. Bu yıkama sonucunda haşıl çıkarma atıksuyu oluşur.

2.1.4 Pişirme

Haşıl çıkarmadan sonra ham kumaş genellikle kalevilerle işleme tabi tutularak pamuk liflerinde bulunan yağ, mum, protein, pektin gibi yabancı maddelerle pamukların toplanması sırasında karışmış olan yaprak ve koza artıkları, pamuğun çırçırlanması sırasında karışmış olan çekirdek kabuğu artıkları gibi kirlilikler kumaştaki uzaklaştırılır. Bu kirlilikler ve pişirme sırasında kullanılan sudkostik, soda ve yardımcı madde artıklarıyla, kumaşın nötrleştirilmesi için yapılan asitli durulama artıkları pişirme işleminden gelen atık suyu oluşturur(Başer, 1983).

2.1.5 Kasar (Ağartma)

Her pamuk lifinde pamuğa hafif sarı - kahverengi renk veren doğal boya maddesi bulunmaktadır. Bu renkler kasarla giderilir.

Birçok kasarlama yöntemi vardır : Klorlu kasar, peroksit veya oksijen kasarı, klorür kasarı ve nadiren redüksiyon ağartması gibi. İlk üç yöntemde renkler oksidasyonla giderilir. Redüksiyon ağartmasında hidrosülfid gibi maddeler kullanılarak renkler yalnızca bir aşağı oksidasyon kademesine geçirilir. Böylece renk özelliği kaybolur.

Ağartmada sertliği giderilmiş, demir ve mangan içermeyen sular kullanılır. Yalnız peroksit ağartmasında sert suların kullanılmaması istenir. Kuvvetli şekilde yıkamayla ürün, içerisindeki kimyasal maddelerden ve kirliliğinden ayrılır.

Hidrojen peroksit ve klorla ağartmadan gelen atıksu bazik özellik, redüksiyon ağartmasından gelen atıksu ise asidik özellik gösterir. Bu atıksuyun arıtılmasında yüksek alkalilik bulunması durumunda, asitli ağartmadan gelen atıksu kullanılarak atıksuyun dengelenmesi arıtımı kolaylaştıracaktır. Hidrojen peroksit, hipoklorit ve klorür kasarı atıkları oksitleyici, hidrosülfid kasarı atıkları ise indirgeyici özellikler gösterebilir(Başer, 1983; Samsunlu, 1978b).

2.1.6 Merserize etme

Pamuk lifi sudkostikle(NaOH) temas ettiğinde şişerek uzunlamasına olan doğrultuda büzülür. Eğer bu kimyasal etki ile meydana gelen büzülme makina yardımıyla düzeltilirse ve gerilirse, bu işleme merserize etme(merserizasyon) denir. Merserizasyonda esas; pamuklu iplik veya kumaşın kuvvetli sudkostik ile işleme tabi tutulması esnasında gerilmesi ve çekilmesidir.

Üretimdeki ham kumaş veya bez merserizasyon makinesinde uzunlamasına bastırma merdaneleri, enine ise esnek silindirler yardımıyla gerdirilir. Daha sonra bazik olan merserizasyon sıvısından geçirilir. Makinenin ikinci kısmında kumaş buhar veya su yardımıyla üzerindeki merserizasyon sıvısından ayrılır. Bu ayırma iki ayrı kısımda yapılmakta olup birinci kısımdaki durulama sonunda akan ve oldukça fazla sudkostik içeren durulama suyu toplanarak içerisindeki sudkostik yeniden değerlendirilmektedir. İkinci kısımda bulunan ve az miktarda sudkostik içeren durulama suyu ise işletme atıklarına karışmaktadır. Aynı şekilde kumaş üzerindeki sudkostik atıklarını nötrleştirmek için yapılan asitli durulamanın atıkları da işletme atıksularına karışmaktadır. Merserizasyon makinesinde, kumaş merserizasyon sıvısından su buharı yardımıyla da ayrılabilir.

Merserizasyon sıvısı olarak genellikle % 25 ' lik sudkostik çözeltisi kullanılmaktadır. Merserizasyon sırasında merserizasyon sıvısı yavaş yavaş organik maddeler ve havadaki CO₂' in tesiri altında kalmaktadır. Bu nedenle devamlı olarak NaOH ilave edilir ve NaOH derişimi uygun olarak tutulur. Belli bir zaman sonra NaOH çözeltisinin kullanılması zor olmaktadır. Bu kirlilik NaOH ' ten bir ayırıcı yardımıyla ayrılır. Bu esnada meydana gelen atıksu fabrikanın diğer atıksularına karışır(Dul et al., 1971 ; Samsunlu, 1978b).

2.1.7 Boyama

Pamuklu tekstil maddesini boyamada en çok kullanılan boyarmaddeler aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

Direkt boyarmaddeler: Bunlar genellikle sülfonik asitlerin bazen de karboksilli asitlerin sodyum tuzlarıdır; yani renkli kısmı oluşturan iyon anyon şeklindedir.

Küp boyarmaddeler: Bunlar suda çözünmezler, fakat NaOH ve $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ gibi indirgenlerin etkisiyle suda çözünebilen leuko bileşiklerine dönüşür. Selülozun leuko bileşiklerine karşı ilgisi vardır. Leuko bileşiği elyaf tarafından adsorplandıktan sonra derhal yükseltgenerek suda çözünmeyen pigmente dönüştürülür.

Kükürtlü boyarmaddeler: Kükürt içeren karmaşık yapıllı organik bileşiklerdir. Selülozik elyafın boyanmasında kullanılırlar.

Azoik boyarmaddeler: Direkt(mordan kullanmaksızın doğrudan boyanabilen) ve develope (belirli bir kimyasal maddenin etkisiyle indirgenmiş; çözünen bileşiklerden yararlanarak elyaf üzerinde doğrudan meydana getirilen çözünmüş boyarmadde) boyarmaddeler olup, özellikle pamuk boyanmasında kullanılırlar.

Reaktif boyarmaddeler: Bu boyarmaddeler, selülöz ile kimyasal tepkimeye girerek kovalent bağ oluşturdıklarından yaş haslıkları çok yüksektir. Birçok durumlarda soğuk çözeltide boyayabildiklerinden ısıdan tasarruf sağlarlar.

Lagroin boyarmaddeler: Selülozik elyafın boyanmasında kullanılan ftalosiyanın boyarmaddeleridir. Ftalodinitrol türevleriyle bakır, nikel gibi bazı metal tuzlarının elyaf içerisinde birleşmesiyle oluştuklarından, haslıkları çok yüksektir.

Oksidasyon boyarmaddeler: Bu gruba anilinyum hidroklorürün elyaf içinde yükseltgenmesiyle oluşturulan anilin siyahı girer. Selülozik elyafın boyanmasında kullanılan bu boyarmaddenin başlığı çok yüksektir.

Bazik boyarmaddeler: Bunlar organik bazların genellikle hidroklorürü şeklinde bulunur. Yani renkli kısım katyon halinde olup($\text{BMNH}_3^+\text{Cl}^-$ genel förmülüyle gösterilebilirler.(Burada BM boyarmaddeyi gösterir.) Bu nedenle bunlara son zamanlarda katyonik boyarmaddeler denilmeye başlanmıştır.

Pigment boyarmaddeler: Boyarmaddelerin özel bir grubu olan pigment boyarmaddelerinin tekstil elyafa karşı ilgisi yoktur. Bu nedenle reçine gibi bağlayıcı bir madde yardımıyla elyafa bağlanırlar. Bunların üstünlüğü elyafın kimyasal bileşimine ve histolojik yapısına bakmaksızın basit bir teknikle her türlü elyafa uygulanabilmeleridir (Kolukısa, 1986 ; Shreve and Brink, 1985).

Boyama difüzyon, adsorpsiyon ve kimyasal reaksiyonlarla gerçekleşir. Boyamada boya molekülleri moleküler bir hareket yaparak şişmiş liflerin dış kısmından iç kısmına doğru difüzlenir. Daha sonra iç kısımlardaki selüloz moleküllerine çeşitli çekim kuvvetleriyle bağlanır. Büyük boyarmadde molekülleri difüzyonla lifin içine giremez, lifin dış kısmına tutunur. Yeni boya maddeleri selülozla reaksiyona girerek kimyasal bağ meydana getirir. Boyama kısmından gelen atıksu artık boyarmaddeleri ve kullanılan diğer kimyasal maddeleri içerir(Samsunlu, 1978b).

2.1.8 Basma

Boyama işleminde kumaşın tümü boyanmaktadır. Basmada ise istenilen belirli bir desen boyama yardımıyla oluşturulur. Sıvı halindeki bileşiklerin basma işleminde kullanılmasında iplik ve dokuma boşluklarının kapiler etkisi ile tam kesin olarak sınırlandırılmış şekiller ve renkli yüzeyler oluşturulamadığından ; boyalar bazı kimyasal maddeler(pat) yardımıyla kıvamlaştırılıp basılmaktadır. Patı oluşturmakta genellikle nişasta, arap zamkı, keçi boynuzu unu, alginatlar ve gazyağı kullanılır. Boyarmaddeyi içeren pat ya rulo basması veya film basması metoduna göre kumaşa aktarılır.

Rulo basmasında aktarma silindirleri boyaya boya kuvvetinden almakta ve basma silindirlerine taşımaktadır. Rakle fazla olan boyayı basma silindirinden uzaklaştırmaktadır. Yalnız gravürler üzerindeki boyarmadde kumaşa basılmaktadır. Basılan kumaş baskı kısmından bir taşıma bandı yardımıyla uzaklaştırılır ve buradan kurutma kısmına gönderilir. Burada pat içeren ürün hava ile kurutulur ve böylece basılmış kumaşta, desenin bozulması ve bulaşması tehlikesi ortadan kalkar.

Boyamada kullanılan birçok boyarmadde basmada da kullanılabilir. Küp boyarmaddeler buharlama işleminde redüksiyon maddelerinin, baz ve sıoaklığın tesiri altında suda çözünebilir hale dönüşerek lif tarafından emilen leuko şekline geçer. Buhardan sonra leuko şekli oksitleyici maddelerle işleme tabi tutularak su tarafından çözölemeyen boya haline geri oksitlenir. En sonunda kumaştan patı ve kimyasal maddeleri uzaklaştırmak için yıkanır. Bunun sonucunda bütün pat, kullanılan kimyasal maddeler ve lif tarafından bağlanmayan boya maddeleri işletme atıksuyuna karışır(Samsunlu, 1978b).

2.1.9 Apre ve diğ er bitirme iş lemleri

Apre sonucunda tekstil ürünleri satılabilir duruma gelir ve güzel görünüm kazanır. Ürün ya geçici olan bir dış görünüm kazanır veya yapısı devamlı olacak şekilde değiştirilir. Apre kumaşa daha fazla parlaklık, dolgunluk, ağırlık ve sertlik kazandırır. Ayrıca özel bitirme iş lemleriyle kumaş buruşmaz, çekmez, su geçirmez, zor yanan hale getirilir. Ürün apre iş leminden sonra bir daha yıkanmaz ve durulanmaz. İş letme atıksuyuna yalnız flotte hazırlama kaplarının boşaltılması, yıkanması ve ayrıca makinelerin temizlenmesi sonucu apre flottesini atıksuları gider(Samsunlu, 1978b; Başer, 1983).

Bazı özel bitirme iş lemlerinden sonra kumaşın yıkanması ve bazı iş lemlerden geçirilmesi gerekmektedir. Bu durumda atıksu miktarı da artacaktır.

2.2 Tekstil Atıksularının Zararlı Etkileri

Tekstil atıksularındaki boya, nişasta ve deterjanlar gibi organik maddeler kimyasal ve biyolojik değişimler sırasında döküldüğü suyun çözünmüş oksijenin miktarını azaltır. Bundan dolayı ortamdaki balıkların yaşama ş ansları azalır. Çözünmüş inorganik tuzların yüksek derişimlerde bulunması alıcı suyun endüstriyel veya diğ er amaçlar için kullanılmasını güçleştirir, sandallara ve diğ er yapılara korozif etki yapar(Kor, 1975).

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine(Resmi Gazete, 1988) göre tekstil atıksularında incelenmesi gereken parametrelerin çevresel önemi aşağıdaki altbölümlerde kısaca açıklanmıştır. Yönetmelikte bulunmamakla birlikte önemi nedeniyle renk, koku ve tat, çözünmüş oksijen ve sıcaklık parametrelerinin de çevresel önemi açıklanmıştır. Bu parametrelerin tayin yöntemleri Standart Methods(1967) kaynağında bulunabilir. Ayrıca Bölümümüzde yapılan çalışmalardan Selek(1988), Yeğ in ve Özdemir(1988), Öztürk vd.(1989) kaynaklarında da bulunabilir.

2.2.1 Renk

Dinlenme amacıyla yararlanılan ve iç me suyunun sağlandığı sularda renk genellikle estetik yönden istenmez. Balıklar ve suda yaşayan

diğer canlılar için koyu renkli sular güneş ışınlarının geçişini engellediğinden zararlıdır. Güneş ışınlarının geçişi engellenince fotosentez yavaşlar, buna bağlı olarak çözünmüş oksijen seviyesi düşer ve suda yaşayan canlılar arasındaki denge bozulur(Göknül, 1978; Kor, 1975).Renk tayin yöntemi Ek Açıklamalar C' de verilmiştir.

2.2.2 Koku ve tat

Atıksulardaki koku genellikle çözünmüş gazlar ve uçucu organik bileşiklerden ileri gelir. Atıksulardaki belirli anorganik ve organik bileşikler sudaki balık ve diğer canlılarda karakteristik ve hoş gitmeyen bir tat meydana getirirler.

2.2.3 Çözünmüş oksijen, sıcaklık ve pH

Çözünmüş oksijen (ÇO), havalı ortamda yaşayan mikroorganizmaların yaşayabilmeleri için olduğu gibi havalı ortamda yaşayan diğer canlılar için de gereklidir. Oksijenin suda çözünürlüğü sıcaklıkla azalır, basınçla artar. Oksijen kullanan biyokimyasal tepkimelerin hızı artan sıcaklıkla arttığından, çözünmüş oksijen düzeyi yaz aylarında daha da önem kazanır.

Atıksuyun sıcaklığı su kaynaklarının sıcaklığından genellikle daha yüksektir. Suyun özgül ısısı havadan çok daha yüksek olduğundan gözlenen atıksu sıcaklıkları, yılın çoğu zamanlarında yerel hava sıcaklıklarından daha yüksektir ve sadece en sıcak yaz aylarında biraz daha düşüktür.

Döküldüğü su ortamında 1,5 °C ' lik değişiklik meydana getiren atıksular canlı yaşamının dengesini bozar. Yüksek sıcaklık farklılığı suların döküldüğü kanallarda da tahribat yapar. Suyun sıcaklığı; denizdeki yaşama, kimyasal reaksiyonlara ve reaksiyon hızlarına önemli ölçüde etki ettiğinden çok önemli bir parametredir(Göknül, 1978; Selek, 1988).

Hidrojen iyonu derişimi ile ilgili olan pH değeri, doğal ve atıksularda önemli bir kalite parametresidir. Çoğu biyolojik yaşam türleri için uygun pH aralığı dar ve kritiktir(Tchobanoglaus, 1979). Türkiye' de sulara boşaltılacak atıklar için verilen pH aralığı 6,0 - 9,0 ' dur.(Resmi Gazete, 1988).

Atıksularda çözünmüş oksijen ve sıcaklık değerleri oksijenmetre (0 - 15 g / m³ kapasitede, Chemtrix Inc. Type 300) ile, pH değerleri pH metre (Elektro - mag, M - 820) ile örnek alınırken ölçülmüştür.

2.2.4 Biyokimyasal oksijen ihtiyacı

Biyokimyasal oksijen ihtiyacı(BOİ), havalı ortamda bakterilerin organik maddeleri parçalayarak kararlılaştırmaları için gereken oksijen miktarıdır. Atıksularda BOİ meydana getiren maddeler, havalı ortamda yaşayan mikroorganizmalar tarafından parçalanabilen organik maddeler, anorganik ve organik formdaki oksitlenebilen azot, demir(II),sülfür ve sülfid gibi indirgeyici iyonlardır. Balıkların ve suda yaşayan diğer organizmaların yaşamlarını devam ettirebilmek için belirli derişimlerde oksijene ihtiyaçları vardır. Yüksek derişimlerde parçalanabilen organik maddeler içeren atıksular bakteriler tarafından kullanılırken yüzeysel sudaki oksijenin azalmasına ve oksijensiz yaşayamayan canlı hayatın sona ermesine neden olur. Ortamdaki oksijenin kaybolması ile havasız çürüme başlar ve etrafa rahatsız edici kokular yayılır.

Biyolojik atıksu arıtım tesislerine giren ham atıksuda BOİ' nin artması, bakteriyel aktivitenin ve oksijen ihtiyacının artmasını gerektirir. Bu durum tesisin boyutlarının büyük olmasına sebep olur. Bu ise hem ilk tesis hem de işletme masraflarını artırır(Göknal, 1978).

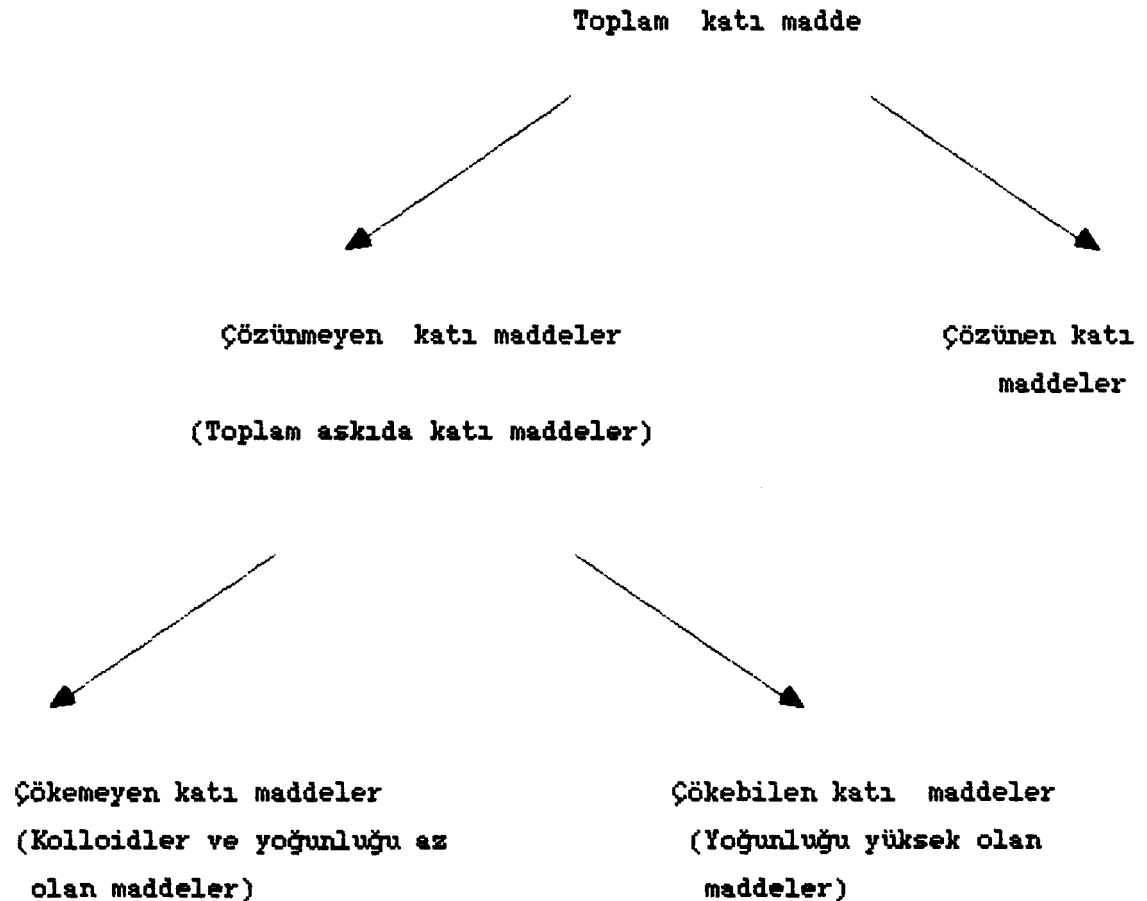
2.2.5 Kimyasal oksijen ihtiyacı

Kimyasal oksijen ihtiyacı(KOİ), atıksuların kirlilik derecesini belirlemede kullanılan önemli bir parametredir. BOİ gibi, ancak ondan farklı olarak yükseltgenebilen anorganik ve organik maddelerin biyokimyasal tepkimelerle değil redoks tepkimeleriyle yükseltgenmesi esasına dayanır. Biyokimyasal yükseltgenmenin bazı organik maddelerde çok hızlı olmasına karşın diğer bazı maddelerde çok yavaş olması mümkündür. Buna karşılık kimyasal yükseltgenmede, maddenin biyolojik olarak ayrışıp ayrışmadığına bakılmaz. Yükseltgen ortamda organik maddelerdeki karbon, artı 4 değerliğe yükseltgenerek karbondioksit dönuşür.

KOI deneyinde biyolojik yollarla ayrışabilen veya ayrışamayan organik ve anorganik maddelerin ayırt edilebilmesinin olanaksızlığı, bu parametre için en büyük sakıncadır. KOI değerleri BOI değerlerinden daha yüksektir(Selek, 1988; Şengül vd., 1982).

2.2.6 Toplam, askıda ve çökebilen katı maddeler

Sudaki veya atıksudaki askıda ve çözünmüş olan maddelerin uçucu olmayanları katı maddeler olarak adlandırılır. Buharlaştırma işleminden ve 103 - 105 °C kurutulduktan sonra geride kalan maddeler toplam katı madde(veya buharlaştırma kalıntısı) olarak adlandırılır ve bunlar aşağıda verilmiş olan şemadaki gibi sınıflandırılabilir:



Askıda katı madde atıksuda filtre üstünde kalan maddelerin kurutulup tartılmasıyla bulunur. Atıksularda askıda katı madde tayini

oldukça önemlidir. Arıtım tesisi çıkışında askıda madde derişiminin belli bir limit değeri aşmasına izin verilmez. Çünkü alıcı su ortamlarında çökelmelere, fazla miktarda dip çamuru oluşumuna neden olur(Şengül vd. , 1982).

Askıda maddeler döküldüğü su ortamındaki ışık geçişini engeller, fotosentez ile oksijen kazanılmasını azaltır. Askıda maddeler organik ise çözülmüş oksijeni azaltır ve rabatsız edici koku meydana getirerek bozunmaya başlar(Göknil, 1978).

2.2.7 Yağ ve gres

Sıvı yağlar, hayvansal yağlar, mumlar ve yağ asitleri evsel atıksularda yağ ve gres olarak sınıflandırılan esas bileşiklerdir. Endüstriyel atıksular bu gruba girenlerden başka bileşikleri (hidrokarbonlar gibi) de içerebilir(Selek, 1988).

Yağ ve gresler, suların estetik görünüşünü bozar. Su yüzeyinde bir film tabakası meydana geldiğinde oksijen aktarımına ve fotosenteze engel olur. Su ortamındaki alg, plankton ve diğer mikroorganizmaları tahrip eder. Sahildeki bitki örtüsüne de önemli ölçüde zarar verir. Bazı balık türleri ve su kuşları için de zararlıdır. Yüzeyde fazla miktarda biriktiğinde yangın tehlikesi meydana getirir. Tesislerde kolay temizlenmeyen artıklar bırakır ve cihazlarda arızalar meydana getirir(Göknil, 1978).

2.2.8 Azotlu bileşikler

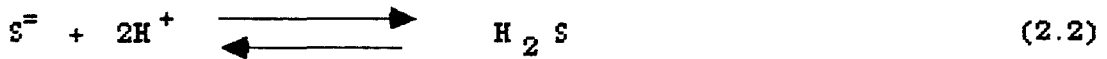
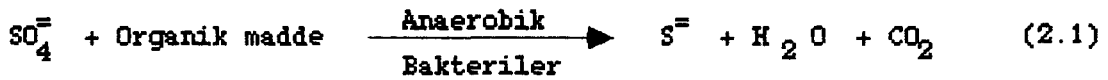
Yüzeysel sular ve atıksularda bulunan organik ve anorganik azotlu bileşiklerin ölçümü önemlidir. NO_3^- iyonlarının sulara fazla miktarda bulunmasının, bu suyu içen toplumdaki bebekler arasında kalp ve dolaşım bozukluklarına neden olduğu ileri sürülmektedir.

Diğer taraftan atıksularla atılıp yüzeysel sulara karışan azotlu maddeler, karbon ve fosfor gibi genelde aynı kaynaklı sayılabilecek diğer besleyici maddelerle birlikte, bu su ortamlarında aşırı beslenme ile ilgili "ötrofikasyon" olayına neden olur. Göl ve benzeri yerlerde ortaya çıkan bu olayda su bitkilerinin, alglerin ve mikroorganizmaların aşırı üremeleri ve daha sonra ölüp

çökelmeleri ile dip çamuru sürekli yükselerek bataklıklar oluşur (Şengül vd. , 1982).

2.2.9 Kükürtlü bileşikler

Kükürt kısmen organik yapıya girebilen, onun dışında doğal dolanımında en çok anorganik durumda yer alan bir elementtir. Sularda az miktarda sülfür ve daha çok miktarda da sülfat halinde bulunabilir. Özellikle anaerobik ayrışma sonunda indirgenen kükürt, ikinci aşamada kötü kokulu ve zehirli bir gaz olan H_2S 'e dönüşür (Gerçel ve Koparal, 1989). Aynı zamanda suda çözülmüş halde de bulunan H_2S gazı, aşağıdaki dengeye göre suyun pH' ını düşüreceğinden, tam dolu akmayan beton kanalizasyon borularında korozyona neden olur.



Organik madde yönünden zengin bir ortamda, oksijen ve nitrat bulunmuyorsa anaerobik bakteriler yukardaki reaksiyonda görüldüğü gibi sülfat iyonunu parçalayarak oksijeninden yararlanır. Bu sırada kükürt sülfür haline indirgenir. Oluşan S^{2-} sudaki protonlarla bir denge reaksiyonu olan ikinci reaksiyonu meydana getirir. Borunun su bulunmayan kısmında yoğunlaşan su buharında çözünen H_2S , kükürt oksitleyen aerobik bazı bakteriler tarafından yukarıdaki reaksiyonların tersine



halinde sülfürik asite oksitlenir. Bu ise kuvvetli bir asit olan H_2SO_4 ' in beton borulara etkiyip, borunun içten korozyona uğrayıp incelmesine yol açar. Korozyon bölgesinin özellikle en üstteki kısımda oluşu sülfür oksitleyen bakterilerin en çok burada yerleşme imkanı bulmaları nedeniyledir. Çünkü atıksu akımı ile bakteri

kolonilerinin en az sürüklenme olasılığı bu üst kısımda mevcuttur. Bu olaya taç korozyonu adı verilir(Şengül vd., 1982).

2.2.10 Zehirlilik seyrelme faktörü

Çevre sularına dökülen sanayi atıkları ve her türlü çöpün zehirlilik ve hastalık yapıcı etkilerini ortaya çıkarmak amacıyla birçok çalışmalar yapılmaktadır.

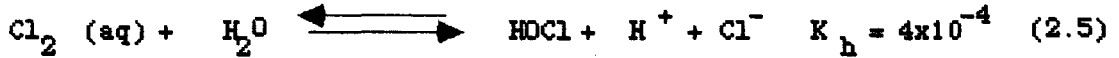
Çevre sularında yaşayan canlılardan özellikle balıklar bazı hastalıklara yakalanmakta veya zehirlenmelerle karşı karşıya kalmaktadır. Deri ülseri, yüzgeç tahribatı, iskelet bozulması bulaşıcı parazitsel hastalıklar daha yaygın olmakla birlikte, dokular ve metabolizmada meydana gelen bozulmalar gibi etkileri görmemezlikten gelmek mümkün değildir. Bu hastalık ve zehirlenmelerde sanayi atıklarının rolü büyüktür(Budak, 1989). Bu nedenle toksik etkinin ölçülmesi, sorunun derecesi ve alınan teknik önlemlerin yeterliliği bakımından oldukça önemlidir. Bu amaçla su kirliliğinde balıklarla yapılan deneysel çalışmalar(balık biyodeneyle) bu konuyla ilgili bazı parametrelerin kullanılmasını zorunlu kılmıştır. Yaygın şekilde kullanılan parametrelerden birisi tolerans limiti(TL₅₀), diğeri ise zehirlilik seyrelme faktörüdür(ZSF). Tolerans limiti balıkların %50'sini öldüren derişim olarak tanımlanır. Zehirlilik seyrelme faktörü bir atıksuda yapılan biyodeneyle tüm test balıklarının canlı kaldığı en küçük seyrelme değeri olarak tanımlanır(Orhon ve Övez, 1988).

2.2.11 Serbest klor

Klor, su ve atıksu arıtımında hem yükseltgen hem de dezenfektan olarak kullanılmaktadır. Yükseltgen olarak sularda tat, koku ve renk giderilmesinde, doğal sularda Fe(II) ve Mn(II) yükseltgenmesinde, endüstriyel atıksularda siyanür yükseltgenmesinde ve evsel atıksularda ise koku kontrolü, sülfür yükseltgenmesi, amonyak giderimi ve dezenfeksiyon için kullanılır. Dezenfeksiyon amacıyla klor içme sularında ve atıksularda uygulanmaktadır, ayrıca soğutucularda ve endüstriyel soğutma kulelerinde, yüzme havuzlarında yosunlanmayı ve kirlenmeyi önlemekte kullanılmaktadır.

Seçimli dezenfeksiyon adı verilen yöntemde klor aktif çamur ünitelerinde bazı mikroorganizmaların giderilmesinde de uygulanır. Klor çeşitli şekillerde uygulanmakla beraber en çok gaz olarak uygulanmaktadır. Ayrıca sodyum hipoklorit ve kalsiyum hipoklorit gibi hipokloröz asit tuzları da kullanılabilir.

Klor suda aşağıdaki deklemlere göre çözünür ve su ile reaksiyona girer. Bu reaksiyonda klor atomlarından biri +1 ' e yükseltgenirken diğeri -1 ' e indirgenir.



İkinci denkleme görüldüğü gibi çözülmüş klor gazı ile suyun reaksiyonundan oluşan HCl kuvvetli bir asittir ve suda tamamen iyonlarına ayrışır; halbuki HOCl zayıf bir asittir ve aşağıdaki denge reaksiyonuna göre iyonlaşır.



Suyun klor ihtiyacı, klorun suda çeşitli reaksiyonlarla tüketilmesinden ileri gelmektedir. Bu reaksiyonlar güneş enerjisi ile klorun bozunması, anorganik türlerle ve amonyakla reaksiyonlar ve organik maddelerle reaksiyonlar şeklinde guruplandırılabilir (Çelebi, 1983).

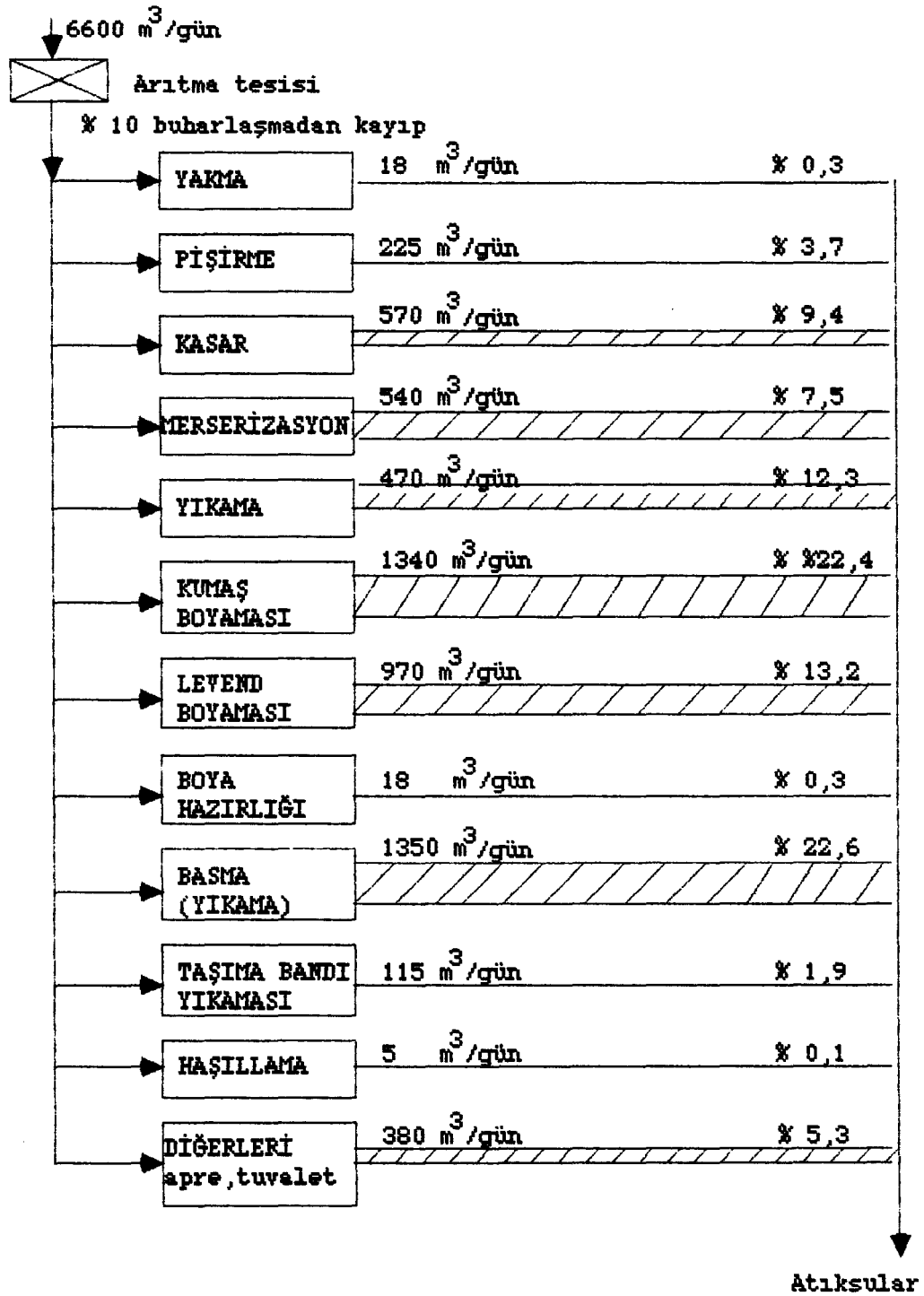
2.2.12 Toplam krom

Krom; alaşım, katalizör, krom oksit, kaplama ve krom tuzları endüstrilerinde kullanılır. İçme sularında belirtilen sınırları aştığında, deri hastalıklarına ve karaciğer bozukluklarına yol açar(Şengül vd. , 1982).

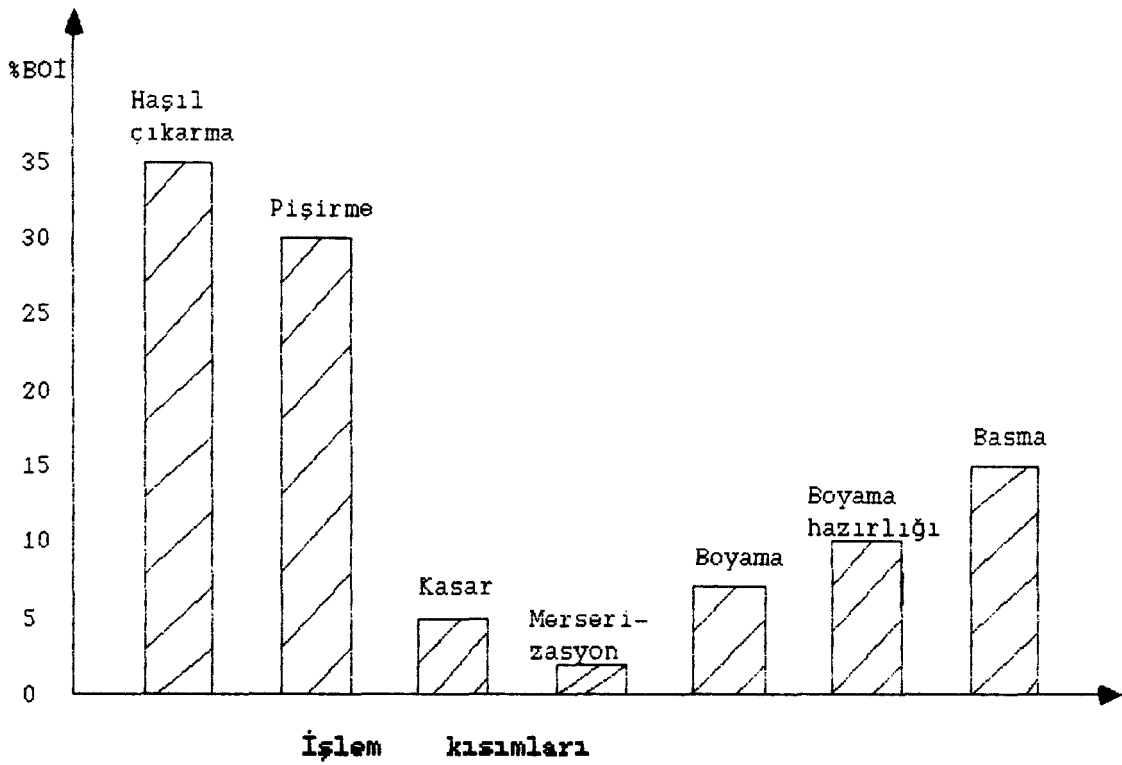
2.3 Tekstil Atıksularının Kaynakları

Son yıllardaki hızla sanayileşme, endüstri tesislerinin sayısını gün geçtikçe artırmaktadır. Bu artışa paralel olarak su kullanımı artmakta, dolayısıyla atıksu miktarı da artarak önemli derecede çevre kirliliğine neden olmaktadır(Samsunlu, 1978a). Tekstil endüstrisi de yurdumuzda hızla gelişen bir endüstri kolu olarak çevre kirliliğinin artmasında son derece etkili olmuştur. Tekstil atıksularının büyük bir kısmını ağartma, boyama ve yıkama işlemlerinden gelen sular oluşturmaktadır. Yünlü, pamuklu ve basma üretiminde, üretim safhalarına bağlı olarak çeşitli atıksular oluşur. Bunların özellikleri birbirinden az da olsa farklıdır(Samsunlu, 1978b).

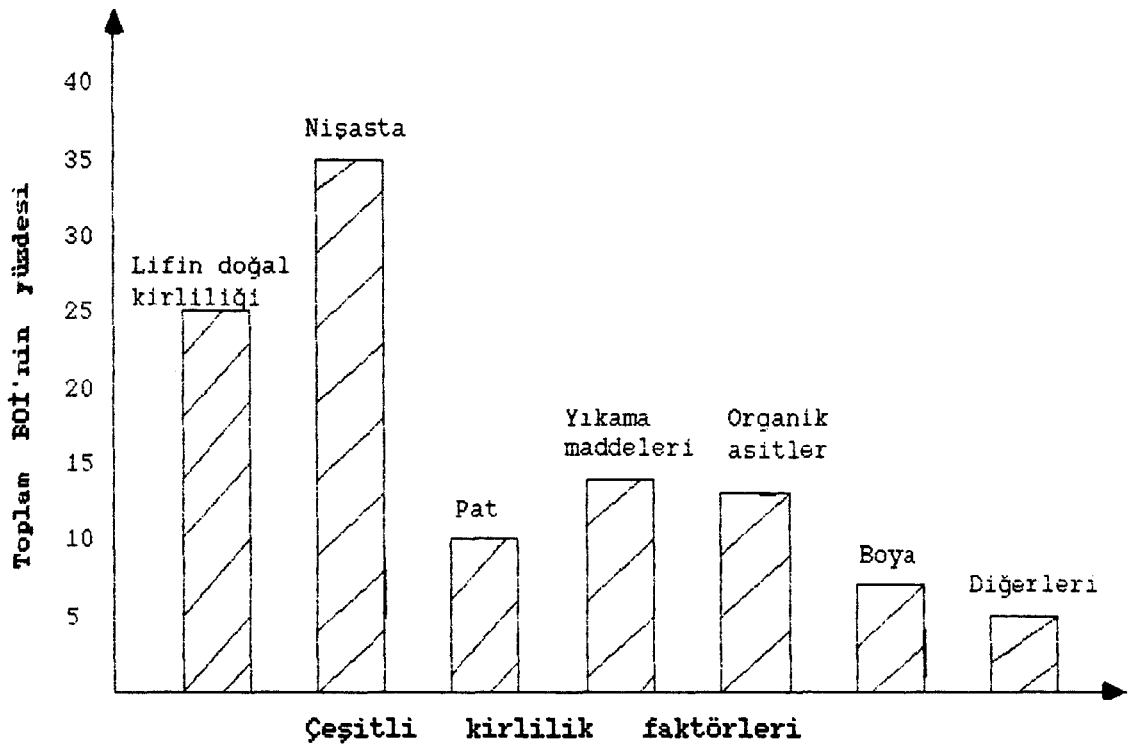
Günde 6600 m³ su kullanan bir pamuklu tekstil fabrikasının, üretim basamaklarına göre kullandığı su miktarının dağılımı Şekil 2.1 'de verilmiştir. Tekstil fabrikalarında toplam BOİ değerinin uygulanan işlemlere göre yüzde olarak dağılımı Şekil 2.2 'de, kirliliği meydana getiren faktörlere göre yüzde dağılımı ise Şekil 2.3 'te verilmiştir.



Şekil 2.1. Tekstil fabrikalarında atıksuyun akış şeması (Samsunlu, 1978a).



Şekil 2.2 Tekstil fabrikalarında toplam BOİ değerinin % olarak uygulanan işlemlere göre dağılışı(Samsunlu, 1978a).



Şekil 2.3. Tekstil fabrikalarında toplam BOİ değerlerinin kirliliği meydana getiren faktörlere göre % dağılışı (Samsunlu, 1978a).

2.4 Tekstil Atıksularının Arıtım Yöntemleri

Tekstil fabrikaları atıksularının arıtılmaları genellikle üç ana faktöre bağlı olarak geliştirilmiştir. Bunlardan fiziksel olaylara dayanan mekanik arıtımda, atıksulardaki bazı maddeler çökeltme yoluyla giderilmektedir. İkincisi, fiziksel ve kimyasal olaylara bağlı arıtım, üçüncüsü ise mikroorganizmaların temizleme özelliğine dayalı biyolojik arıtımdır(Kor, 1975; Samsunlu, 1978a).

2.4.1 Mekanik arıtım

Mekanik arıtımda, kendi ağırlığıyla tabana çöken veya yüzeye çıkan katı maddeler ile yağ ve benzeri yüzücü maddeler tutularak sudan ayrılır. İri maddeleri tutmak için ızgaralar, kum ve benzeri maddeleri tutmak için kum yakalayıcılar, yüzen maddeleri ayırmak için yağ ayırıcılar, kendi halinde çökebilen maddeleri ayırmak için ise çöktürme havuzları kullanılır(Kor, 1975; Karpuzcu, 1977).

Tekstil fabrikalarında mekanik arıtım, atıksuyun özelliklerini dengelemeye ve ayarlamaya yarayan havuzlarla birlikte uygulandığı zaman önem kazanmaktadır.

Mekanik arıtımda, dengeleme havuzlarının yanısıra çökeltme havuzları da önemli yer tutar. Çökeltme havuzlarında suyun iki saat kalması genellikle yeterlidir(Samsunlu, 1978a). Eğer yalnızca mekanik arıtım Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği' ndeki sınır değerleri sağlamaya yeterli değilse daha ileri arıtım işlemleri gerekir.

2.4.2 Kimyasal arıtım

Tekstil fabrikalarının atıksularının arıtılmasında mekanik arıtım yeterli olmamasından dolayı, mekanik arıtıma ek olarak kimyasal arıtım uygulanabilir. Kimyasal arıtımda kendi ağırlığıyla çökemeyen katı maddelerle, kolloidler ve çözünmüş maddelerin suya pıhtılaştırıcı ve pıhtılaştırmaya yardımcı maddeler ilave etmek ve karıştırmak suretiyle yumaklar halinde çökeltmeleri sağlanır(Samsunlu, 1978; Kor, 1975).

Kimyasal arıtım sistemleri bir seri fiziksel ve kimyasal süreçlerin birleşmesinden meydana gelmiştir. Bu sistem içerisinde dengeleme, hızlı karıştırma, yumaklaştırma, çöktürme, çamur giderme, filtrasyon ve dezenfeksiyon üniteleri bulunabilir(Göknil, 1978).

Kimyasal arıtım özellikle renkli veya ince dağılmış katı partiküller içeren atıksulara uygulanmaktadır. Kimyasal arıtım sonucunda genellikle büyük hacimlerde çamur oluşur.

Kimyasal arıtım ile biyolojik arıtım arasındaki başlıca fark her ikisinin de BOİ ve organik katı maddeleri azaltmakla beraber bunu farklı bir şekilde yapmalarıdır. Biyolojik süreçler organik maddeleri artık oksijen tüketemeyecekleri bir seviyeye getirir, stabilize eder. Kimyasal arıtım yönteminde ise organik maddeler ilave edilen pıhtılaştırıcılarla birlikte çöker(Göknil, 1978).

2.4.3 Biyolojik arıtım

Yüzyılımızın başında geliştirilmeye başlanan biyolojik arıtma, organik kirleticileri içeren evsel ve endüstriyel atıksulara uygulanır. Günümüzde yüksek arıtım gücüne sahip biyolojik yöntemler geniş çapta kullanılmaktadır.

Biyolojik arıtımda atıksudaki organik maddeler, mikroorganizmalar tarafından besin ve enerji kaynağı olarak kullanılır. Atıksuda gelişen ve arıtımda önemli olan başlıca organizmalar; bakteriler, mantarlar, algler, protozoa, rotiferler, kabuklular ve virüslerdir. Organizmalar ve buna bağlı olarak arıtma, oksijen kullanımına göre ikiye ayrılır. Birinci grup moleküler oksijen kullanan ve oksijenli ortamda yaşayabilen organizmalar, diğeri oksijenin bulunmadığı yerlerde yaşayabilen organizmalardır. Mikroorganizmaların gelişmesi yaşadıkları çevreye bağlıdır. Yaşamalarına etki eden başlıca faktörler; pH, sıcaklık, gerekli besi maddelerinin, eser elementlerin, yeterli oksijenin bulunması ve uygun karıştırmadır(Selek, 1988; Kor, 1975).

Tekstil atıksularınının geniş alanları kaplayan yöntemlerle arıtımında olumlu sonuçlar alınmamıştır. Atıksuyun büyük havuzlarda uzun süre bekletilerek biyolojik olarak arıtımı beklenen limit değerleri sağlayacak yeterlilikte olmamıştır. Bu nedenle biyolojik arıtım yöntemlerinden, daha küçük yer kaplayan ve daha yüksek arıtma verimi sağlayan damlatmalı filtre ve aktif çamur metodu geniş uygulama alanı bulmuştur(Samsunlu, 1978a; Kor, 1975).

3. ADSORPSİYON YÖNTEMİNİN KURAMSAL TEMELLERİ

3.1 Temel Kavramlar

Adsorpsiyon, gaz veya sıvılardaki çözünebilir maddelerin katı adsorplayıcıların yüzeyinde toplanmasıdır. Katı yüzeydeki moleküller arasındaki kuvvetlerin denkleşmemiş olmasından dolayı akışkan içindeki moleküllerle katı yüzeyindeki moleküllerin etkileşmesi sonucunda adsorpsiyon meydana gelir. Eğer kütle aktarımı katı fazdan sıvı veya gaz faza doğru gerçekleşiyorsa, bu olay desorpsiyon adını alır(Satterfield, 1980; Treybal, 1969).

Adsorpsiyon derecesi, adsorplananın ve adsorbanın cinsine, sıcaklığa, adsorplanan maddenin derişimine veya basıncına ve adsorban ile adsorplanan arasındaki kimyasal benzerliğe bağlıdır(Uzunonat, 1986).

Adsorpsiyonda, adsorplanan miktar adsorplananın temas ettiği yüzeyle orantılı olduğundan adsorplayıcının geniş bir temas yüzeyine sahip olması gerekir(Var ve Uygan, 1988).

Günümüzde adsorpsiyonun pek çok uygulamaları vardır. Gaz ayırma işlemlerinde, havanın ve diğer gazların nemini gidermede, endüstriyel gazlardan istenmeyen koku ve safsızlıkların giderilmesinde, sulu şeker çözeltilerinin ve petrol ürünlerinin renginin giderilmesinde, sudan istenmeyen koku ve lezzetin giderilmesinde, aromatik ve parafinik hidrokarbon karışımlarının kesimlerine ayrılmasında adsorpsiyon işlemi önem kazanır(Treybal, 1969).

3.2 Adsorpsiyon Türleri

Gaz, sıvı veya herhangi bir çözeltide çözülmüş katı maddelere ait molekül, atom veya iyonların katı bir maddenin yüzeyinde toplanması olarak tanımlanan adsorpsiyon işlemi fiziksel veya kimyasal olarak gerçekleşir(Satterfield, 1980).

Adsorban ile adsorplanan arasındaki bağ dipol-dipol etkileşmesi ve van der Waals kuvvetleri sonucunda oluşuyorsa adsorpsiyon fiziksel adsorpsiyondur. Adsorban ile adsorplanan arasındaki elektron aktarımıyla gerçekleşen, yani aralarında kimyasal bağların olduğu adsorpsiyon ise kimyasal adsorpsiyondur(Berkem, 1984).

Fiziksel adsorpsiyon, karışımlardaki bileşenlerin bir fazdan diğer faza aktarılmasında; adsorbanların yüzey alanını, gözenek büyüklüğünü, gözeneklerin dağılımını belirlemede ve heterojen katalizli reaksiyonlarda önem kazanır. Fiziksel adsorpsiyon ısısı düşük olup, çoğu gazlarda sıvılaşıma ısısı mertebesindedir. Bu tür adsorpsiyonda, adsorplanmış tabaka birden fazla molekül kalınlığındadır. Fiziksel adsorpsiyon genellikle çok hızlı olduğundan gözlenen hız, adsorpsiyon süreci yerine moleküllerin yüzeye aktarım hızı ile kontrol edilir. Fiziksel adsorpsiyonda adsorplanan gaz miktarı artan sıcaklıkla azalır. Fiziksel adsorpsiyon, kritik sıcaklığın üstündeki sıcaklıklarda önemli miktarda gözlenmez.

Kimyasal adsorpsiyonda ise aktivasyon enerjisi kimyasal reaksiyon ısısı mertebesindedir. Adsorplanmış tabaka monomoleküler kalınlıktadır. Kimyasal adsorpsiyon hızı fiziksel adsorpsiyona göre daha düşüktür. Çünkü kimyasal adsorpsiyon süreçleri belirli bir aktivasyon enerjisiyle karakterize edilir ve bu yüzden ancak belirli bir minimum sıcaklık üzerindeki sıcaklıklarda reaksiyon hızla gelişir. Kimyasal adsorpsiyon, maddenin kaynama noktasının hatta kritik sıcaklığının üzerindeki sıcaklıklarda da gerçekleşir (Satterfield, 1980).

Bir katıyla katalizlenen hemen hemen tüm reaksiyonlarda, yani heterojen katalizli reaksiyonlarda, girdilerden bir veya birkaçının kimyasal adsorpsiyonu bütün reaksiyon mekanizmasında bir ara basamak oluşturmaktadır (Çetişli, 1988).

Çizelge 3.1 ' de fiziksel ve kimyasal adsorpsiyon türlerinin belirlenmesinde önemli parametreler açıklanmıştır.

Çizelge 3.1 Fiziksel ve kimyasal adsorpsiyonun karşılaştırılması

Parametre	Kimyasal adsorpsiyon	Fiziksel adsorpsiyon
Bağ kuvvetleri	Moleküller içinde	Moleküller arasında
Adsorplayıcı	Bazı katı maddeler	Tüm katı maddeler
Adsorplanan	Kimyasal reaktif maddeler	Kritik sıcaklığın altındaki tüm gazlar sıvılar ve çözülmüş katılar
Tersinirlik	Tersinir veya tersinmez olabilir	Tersinir
Hız	Sıcaklığa bağlı olarak hızlı veya yavaş olabilir	Hızlı ve difüzyonla denetimli
Entalpi etkisi	Çoğunlukla ekzotermik reaksiyon ısıları mertebesinde	Daima ekzotermik yoğunlaşma mertebesinde

3.3 Adsorpsiyon İzotermi

Sabit sıcaklıkta adsorplanan madde miktarı ile denge basıncı veya derişimi arasındaki bağıntıya adsorpsiyon izotermi denir(Döğeroğlu, 1985). Fiziksel ve kimyasal adsorpsiyonlarda, dengeyi belirlemek amacıyla çeşitli matematiksel modeller verilmiştir. Bu modeller Langmuir, Freundlich, Brauner-Emmett-Teller(BET) ve Temkin izotermi olarak bilinir. Bu izotermi gerçekte dengeye ulaşıldığı ve adsorpsiyonun tersinir olduğu varsayımı yapılarak türetilmiştir (Satterfield, 1980).

3.3.1 Langmuir izotermi

Özellikle kimyasal adsorpsiyon için türetilen Langmuir izotermi kataliz uygulamalarında basitliği ve katalizli reaksiyonlar için kinetik ifadelerin türetilmesinde başlangıç noktası oluşturması açısından önemlidir(Çetişli,1989).

Türetme yüzeyde adsorplanan gazın derişimi veya örtülmüş yüzey kesri, adsorplanan miktarın ölçüsü olarak kabul edilip yapılır.

Türetmede şu varsayımlar geçerlidir: Katalizlerin bütün yüzeyi, adsorpsiyon için eşit aktiviteye sahiptir. Adsorplanmış moleküller arasında etkileşme yoktur. Bütün adsorpsiyon aynı mekanizmayla gerçekleşir. Yüzeyin her noktası aynı özelliktedir. Adsorplanan gaz tabakasının katı üzerindeki kalınlığı en fazla monomoleküler bir tabaka olabilir. Adsorpsiyon ilk başladığında yüzeye çarpan her molekül yüzeyde tutulabilir; fakat adsorpsiyon ilerledikçe ancak yüzeyin örtülmemiş kısmına çarpan moleküller adsorbe edilebilir.

Adsorpsiyon tam bir monomoleküler tabaka örtüsüyle sınırlandırıldığından, herhangi bir andaki yüzey iki kısımda düşünülebilir. Adsorplanan moleküllerle örtülmüş kesir θ olsun, boş kesir $1-\theta$ olduğundan, sadece yüzeyin örtülmemiş kısımlarına çarpan moleküller adsorplanabileceğinden, birim toplam yüzey başına adsorpsiyon hızı $1-\theta$ ile orantılı olacaktır (Satterfield, 1980).

$$r_a = k_p (1-\theta) \quad (3.1)$$

Langmuir adsorpsiyon izoterminin genel denklemi şu şekildedir:

$$x/m = \frac{abp}{1 + bp} \quad (3.2)$$

Burada a ve b sıcaklığa bağlı sabitlerdir. Langmuir izotermi basıncın yüksekliğine göre farklı şekillerde de ifade edilebilir. Alçak basınçlarda, 1 yanında bp terimi ihmal edilebilir:

$$x/m = abp = k_p \quad (3.3)$$

yüksek basınçlarda ise bp yanında 1 ihmal edilebileceğinden

$$x/m = a \quad (3.4)$$

şeklinde ifade edilebilir. Ara basınçlarda ise bu iki denklemden esinlenerek yazılan denklem Freundlich izoterminin denklemiyle aynı olmaktadır (bkz. Denk 3.5) (Üneri, 1969).

3.3.2 Freundlich izotermi

Freundlich bağıntısı adsorplanan madde miktarının denge basıncı ile ilişkisini vermektedir. Freundlich izoterminin genellikle sıvı çözeltilerden adsorpsiyon için kullanıldığı gibi, gazların adsorpsiyonu için de kullanılır (Satterfield, 1980).

Freundlich izoterminin, adsorpsiyon ısısının yüzey örtüsü ile logaritmik olarak azaldığını kabul etmektedir. Freundlich izoterminin aşağıdaki denklemlerle ifade edilebilir:

$$x/m = kp^{1/n} \quad (3.5)$$

veya

$$x/m = kc^{1/n} \quad (3.6)$$

Yukarıdaki denklemlerden birincisi yalnız gazlar için diğeri ise sabit sıcaklıkta gazlar veya çözünmüş maddelerin adsorpsiyonu için kullanılır. Burada c adsorplanan maddenin derişimini, x adsorplanmış maddenin kütlesini veya hacmini, m adsorplayanın kütlesini göstermektedir. k ve n her bir sıcaklıkta adsorplanan madde ve adsorplayan için deneyle tayin edilen sabitlerdir. Bu bağıntılar, orta derişim ve basınçlar için deneysel sonuçlar ile uygunluk gösterir. Freundlich denkleminde n'nin değerinin büyük olması adsorpsiyon izoterminin keskin bir köşe yaptığını ve adsorpsiyonun şiddetli olduğunu ifade eder, n'nin en küçük değeri birdir.

Freundlich denklemini logaritmik olarak da

$$\log(x/m) = \log k + (1/n)\log c \quad (3.7)$$

şeklinde ifade edilir(Üneri, 1968).

3.3.3 Brauner - Emmet - Teller(BET) izotermleri

Brauner, Emmet ve Teller, adsorban üzerinde adsorplanan gaz moleküllerinin sıkışarak çok tabakalı bir adsorpsiyon oluştuğu varsayımından hareketle bir izoterm türetmişlerdir. BET izotermi olarak bilinen bu eşitlik, Langmuir izoterminden izlenen yolun bütün tabakalara uygulanmasıyla çıkarılır (Üneri, 1969).

BET eşitliği aşağıdaki denklemle ifade edilir:

$$\frac{P}{(x/m)(P_0 - P)} = \frac{1}{ah} + \frac{(h-1)p}{ahP_0} \quad (3.8)$$

Burada P buhar basıncını, P₀ buharın doymuluk basıncını, a ve h ise birer sabiti gösterir.

3.3.4 Temkin (Slygin - Frumkin) izotermleri

Temkin izotermi, Langmuir izoterminden, adsorpsiyon ısısının yüzey örtüsüyle doğrusal olarak değiştiği kabul edilerek

türetilmiştir. Buna göre adsorpsiyon ısısı

$$q_{ads} = q_{ads,0} (1 - Q\theta) \quad (3.9)$$

şeklinde ifade edilir. Burada $q_{ads,0}$ boş yüzeydeki adsorpsiyon ısısı ve Q ise bir sabittir. θ ise

$$\theta = \frac{RT}{q_0 Q} \ln A_0 P \quad (3.10)$$

ile ifade edilir. A_0 ise şu denklemle verilir (Satterfield, 1980).

$$A_0 = a_0 \exp(-q_{ads,0} / RT) \quad (3.11)$$

3.4 Sıvı Çözeltilerden Adsorpsiyon

Atıksulardan organik bileşiklerin ve diğer safsızlıkların giderilmesi için adsorpsiyon yöntemi sık sık kullanılır (Tchobanoglous, 1982).

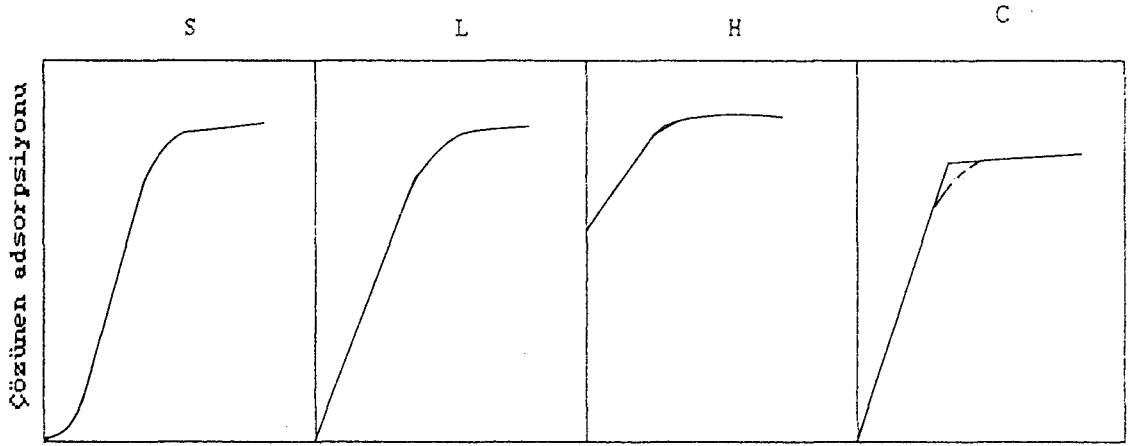
Bu konu ile ilgili ilk çalışmalar Freundlich tarafından yapılmıştır. İlk deneylerde genellikle sulu çözeltiler ve adsorban olarak da çeşitli tipte odun kömürü kullanılmıştır.

Özellikle sıvı çözeltilerden katı çözünenin adsorpsiyonunda gözlenen en yaygın izoterm şekil 3.1 'deki gibidir. Bu tür izotermeler için Freundlich eşitliği düşük ve yüksek derişimlerde genelde iyi sonuç vermez. Çünkü düşük derişimlerde x/m , c' nin birinci kuvvetiyle orantılıdır, yüksek derişimlerde ise x/m , c' den bağımsız olan sabit bir limit değere ulaşır. Freundlich eşitliği orta derişim aralığında kullanılır. Bu nedenle olayı açıklayacak başka eşitlikler üzerinde de çalışılmıştır. Bunların arasında Langmuir eşitliği önemlidir. Gazlar için iyi sonuç veren Langmuir eşitliği modifiye edilerek çözeltiden adsorpsiyona uygulanmıştır (Gün, 1989).

Langmuir eşitliği, Langmuir tarafından kinetik, Volmer tarafından termodinamik, Fowler tarafından da istatistik olarak türetilmiştir (Gün' den, 1989).

Langmuir eşitliği tamamen karışan sıvı çözeltilere uygulanamamasına rağmen seyreltik çözeltilerden katıların adsorpsiyonu için elde edilen izotermlere uygunluk gösterir.

Giles tarafından çözeltilerden katıların adsorpsiyonunda gözlenen izotermler aşağıda gösterildiği şekilde başlıca dört tipe ayrılmıştır (Gün' den, 1989).



Sıvı fazda çözünen derişimi

Şekil 3.2 Çözeltiden katı adsorpsiyonu için izotermlerin sınıflandırılması (Gün, 1989).

S tipi izotermlere şu hallerde rastlanır:

- Çözününün kuvvetle adsorplandığı haller,
- Adsorbe tabakalar arasındaki çekim kuvvetlerinin büyük olduğu haller,

c) Adsorplanan moleküllerin tek fonksiyonlu olduğu haller.

L (Langmuir) tipi izotermlerin rastlanıldığı haller:

Bu izoterme yüzeydeki merkezlere çözücünden kuvvetli bir rekabet olmadığı hallerde rastlanır. Bu izoterme sahip sistemlerde adsorplanan moleküller doğrusal veya düzlemsel yapıda olup S tipinin aksine ana eksenleri yüzeye paraleldir.

H tipi izotermlerin rastlanıldığı haller:

Adsorplanan ile adsorban arasında kuvvetli bir çekimin olduğu hallerde rastlanır. Bu tip izoterme sahip sistemlerde, çözeltinin çok seyreltik olduğu hallerde bile kimyasal adsorpsiyon söz konusudur.

C tipi izotermilerin rastlanıldığı haller:

Bu tip izoterm, çözelti ile adsorban arasında adsorplananın sabit paylaşımını gösterir ve özellikle tekstil elyafında gözlenir.

Çözeltiden adsorpsiyonda sıcaklığın etkisi, düşük derişimlerde izoterm, sıcaklığın artmasıyla azalarak kendisini gösterir. Yüksek derişimlerde ise izotermier aynı limit değere yaklaşır. Bunun sebebi, sıcaklık arttıkça çözünen ile yüzey arasındaki çekim kuvvetlerinin zayıflamasıdır. Ayrıca sıcaklık arttıkça çözünen maddenin çözücüdeki çözünürlüğü de artmaktadır(Gün, 1989).

3.5 Adsorpsiyon Düzeneklerinin Türleri

Adsorpsiyon düzenekleri kesikli veya sürekli olarak çalıştırılabilir. Kesikli süreçlerde adsorban ve atıksu uygun bir reaksiyon kabında çözünen derişimi istenilen seviyeye ininceye kadar karıştırılır. İşlem sonunda kullanılan adsorban türüne göre, adsorban tekrar kullanılabilir durumuna getirilebilir.

Pek çok sürekli akım adsorpsiyon düzenekleri sabit yataklı adsorpsiyon kolonları olarak çalıştırılır. Bu düzenekler büyük hacimdeki hem endüstriyel hem de evsel atıksuların arıtımında kullanılabilir. Sabit yataklı adsorplayıcılar tek kolon veya daha fazla kolon serileri halinde bulunabilir. Bu kolonlar aşağıya veya yukarıya doğru akışlı olarak çalıştırılır. Aşağıya doğru akışlı olan düzenekte adsorpsiyon daha etkilidir.

Yukarı doğru akışlı kolonlar sabit veya kabarmış yataklı olarak kullanılır. Kabarmış yataklı kolonlar, sabit yataklı kolonlara göre daha avantajlıdır.

Yukarı veya aşağıya doğru akışlı kolonların seriler halinde olması adsorban kullanımını optimize eder ve işletme maliyetini düşürür.

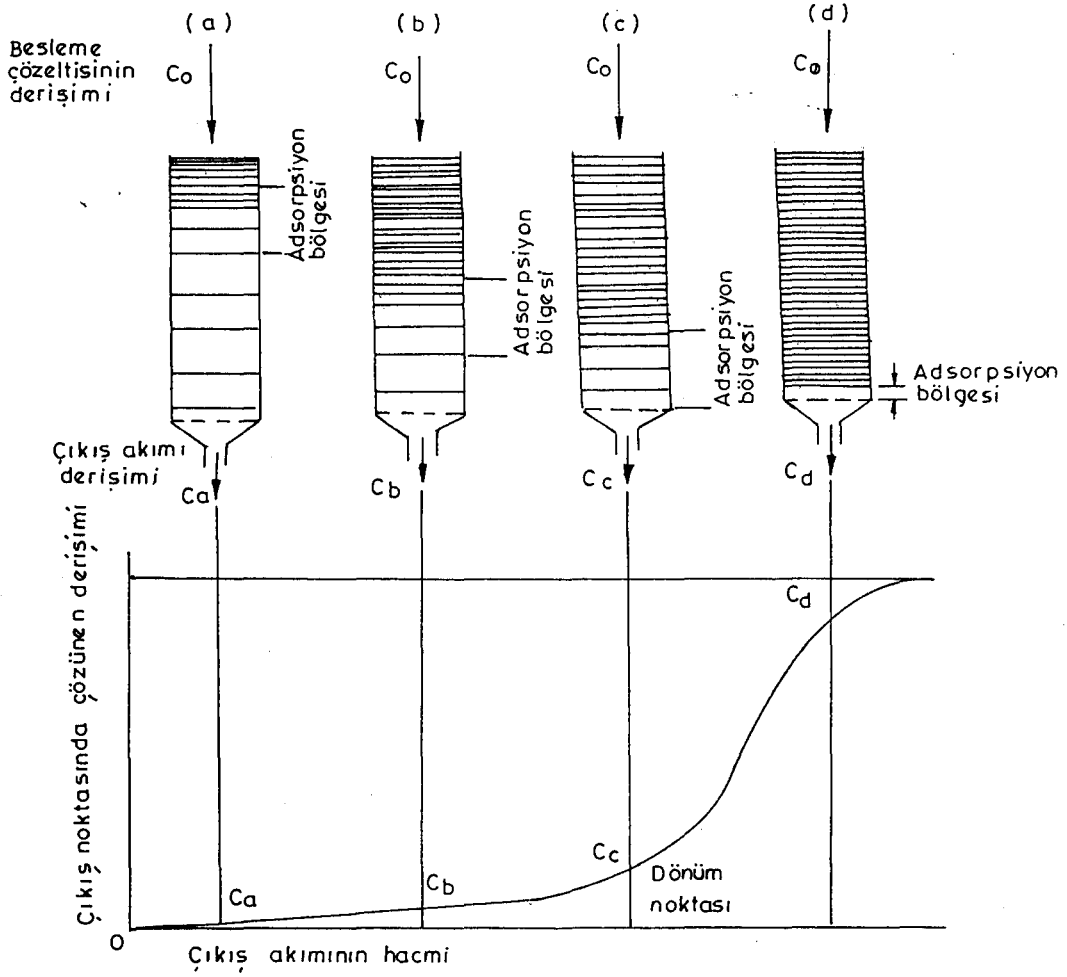
3.6 Sabit Yataklı Kolonlarda Adsorpsiyon

Sabit yataklı kolondan sürekli olarak sıvı çözelti geçirildiğinde çözünen bileşen ilk önce yatağın üst kısmında hızlı ve etkili bir şekilde adsorplanır. Çözeltide kalan az miktardaki çözünen ise yatağın alt kısımlarındaki adsorbanlar tarafından

adsorplanır. Bir süre sonra kolonun üst kısmı çözünence doygun hale gelir ve adsorpsiyon bölgesi aşağıya doğru kayar. Adsorpsiyon bölgesinin yatağın alt kısmına doğru kaymasıyla birlikte çıkış akımındaki çözünen derişimi de artmaya başlar. Sabit yataklı adsorpsiyon kolonundan geçen çözelti hacmine karşı çıkış akımındaki çözünen derişiminin değişimi Şekil 3.3 ' te gösterilmiştir.

Çözünenin sıvı içindeki başlangıç derişimi c_0 olsun. Çözelti başlangıçta temiz adsorban yatağının içinden geçeceğinden yatağın üst kısmındaki adsorbanlar tarafından çözünen hızlı bir şekilde adsorplanır. Adsorpsiyon bölgesi aşağıya doğru kaydıkça, çıkış akımındaki çözünen derişimi de artarak c_0 değerini alır. Kolondan, Şekil 3.3c ' deki duruma gelinceye kadar çözelti geçtiğinde adsorpsiyon bölgesinin alt kısmı yatağın alt sınırına ulaşır ve çıkış akımındaki çözünen derişimi ilk kez önemli ölçüde artarak "dönüm noktasında" c_0 değerine ulaşır. Çözelti geçmeye devam ettikçe çıkış akımındaki derişim hızla yükselerek Şekil 3.3d durumuna geldiğinde kolon, çözüneni adsorplama yönünden doygunluğa ulaşmış sayılabilir. Böylece doygun bölgenin alt sınırı kolonun dibine erişmiştir. Çıkış akımında istenen standart aşıldıkında adsorbanın rejenere edilmesi veya değiştirilmesi gerekecektir(Treybal, 1969).

Sabit yataklı kolonda adsorpsiyon sürecinin gerçek hızı ve mekanizması, akışkan hızına ve beslemedeki çözünen derişimi yüksek olduğunda yatağın yüksekliğine bağlıdır. Çalışma sırasında dönüm noktasına ulaşma zamanı önemlidir ve bu zaman yatak yüksekliğinin azalması, adsorbanın tanecik boyutunun artması ve beslemedeki başlangıç derişiminin artmasıyla azalır.



Şekil 3.3. Sabit yataklı adsorpsiyon kolonundan geçen çözelti hacmine karşı çıkış akımındaki çözünen derişiminin değişimi (Treybal, 1969).

4. KULLANILAN ADSORBANLAR VE DENEY YÖNTEMİ

4.1 Kullanılan Adsorban Türleri ve Genel Özellikleri

Bütün katıları adsorban olarak kabul edebiliriz; fakat endüstride kullanılan adsorban sayısı oldukça kısıtlıdır. Bir adsorbanın endüstriyel süreçlerde kullanılabilmesi için şu özellikleri taşıması istenir:

- a) Ucuz ve bol miktarda olmalı,
- b) Rejenere edilerek tekrar tekrar kullanılabilmeli,
- c) Fiziksel sağlamlığı olmalı,
- d) Kimyasal reaksiyonlara girmemeli,
- e) Kapasitesi yüksek olmalı,
- f) Bir karışımdan belirli bir veya birkaç maddenin ayrılması isteniyorsa bu maddelere karşı seçicilik özelliği göstermeli.

Adsorplanan madde miktarı, adsorbanın yüzey alanı ile doğru orantılıdır. Bu yüzden adsorbanların özgül yüzey alanlarının büyük olması istenir. Bu büyük özgül yüzey alanına sağlayabilmek için de, adsorbanların gözenekli yapıları vardır. Adsorplanan maddelerin büyük bir kısmı gözeneklerin meydana getirdiği iç yüzey alanında adsorplanır. Bugün birçok ayırma ve saflaştırma işlemleri özel olarak geliştirilmiş adsorbanlar ile yapılmaktadır.

Yaptığımız çalışmada aktif karbon, cüruf ve perliti adsorban olarak kullandığımızdan, bu adsorbanlar hakkında genel bilgi aşağıdaki altbölümlerde kısaca verilmiştir.

4.1.1 Aktif karbon

Aktif karbonun su arıtımında kullanımı giderek yaygınlaşan bir yöntemdir. Bu yöntemle düşük kaliteli sular arıtılarak yüksek kaliteli sular elde edilebilmektedir. Ayrıca endüstriyel atıksulardan fiziksel - kimyasal arıtımla safsızlıkların giderimi için de aktif karbon kullanılabilir.

Aktif karbonların adsorpsiyon kapasiteleri ve seçicilik özellikleri türetildiği maddenin cinsine göre ve üretildiği koşullara göre farklılık gösterir. Ortak özellikleri, yüzey polariteleri az olduğundan diğer adsorbanlara göre polar olmayan molekülleri

daha iyi tutarlar. Bu özelliklerinden dolayı hava ve diğer gazlardan organik madde buharlarının ayrılıp geri kazanılmasında önemli uygulamaları vardır.

Aktif karbon, çok gözenekli bir grafit yapıya sahiptir. Deneylerde kullandığımız bitkisel kökenli toz aktif karbonun yoğunluğu piknometre ile ölçülerek $1,4118 \text{ g/cm}^3$ değeri bulundu. Ayrıca elek analizi sonucunda özgül yüzey alanı $1219,67 \text{ cm}^2/\text{g}$, ortalama tanecik çapı ise $6,097 \times 10^{-3} \text{ cm}$ olarak bulundu. Elek analizi sonuçları Ek Açıklamalar A.2.1 'de verilmiştir.

4.1.2 Cüruf

Çalışmamızda kullanılan cüruf işletmenin buhar kazanında Seyitömer linyit kömürünün yakılması sonucunda meydana gelen katı atıktır. İşletme yetkililerinden alınan bilgiye göre cüruf % 5-6 civarında karbon içermektedir. Fakat cürufun siyaha yakın renkte olması daha fazla karbon olabileceğini çağrıştırmaktadır.

Alınan cüruf etüvde $105 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de sabit tartıma getirilerek yapılan tayinde nem içeriği % 22,1 olarak bulunmuştur. Yine alınan cürufun havada 5 gün kurutulduktan sonra $105 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de sabit tartıma getirilerek yapılan tayinde ise % 11,3 oranında nem bulunmuştur.

$105 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de kurutulmuş cürufun fırında $600 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de sabit tartıma getirilmesiyle % 17,8 kayıp olmakta ve % 82,2 kül geride kalmaktadır. Bu kayıp bağlı suyun(hidroksit, kristal suyu vb.) uçması ve karbonun yanması sonucunda ortaya çıkabilir.

Piknometre ile yapılan ölçüm sonucunda cürufun yoğunluğu $1,935 \text{ g/cm}^3$ olarak bulunmuştur. Elek analizi sonucunda ise özgül yüzey alanı $147,95 \text{ cm}^2/\text{g}$ ortalama tanecik çapı $0,0366 \text{ cm}$ olarak bulunmuştur. Elek analizi sonuçları Ek Açıklamalar A.2.2 'de verilmiştir.

4.1.3 Perlit

Perlit küresel ve oldukça fazla çatlaklara sahip doğal bir camdır. Perlitik kırılmalar sonucunda meydana gelen çatlaklarda oluşan ince hava filmlerinin gelen ışığı geri yansıtması nedeniyle inci parlaklığında ve genellikle gri veya yeşil renktedir. Genellikle

ağırlığının % 3-4 ' ü sudur. Cam lavların hızla soğuması sonucunda meydana gelir. Bu soğuma sırasındaki büzölmeler sonucunda çatlakların meydana geldiği kabul edilmektedir. Bazı araştırmacılar ise camsı özelliğinden dolayı su adsorbe ederken bu çatlakların oluştuğunu kabul etmektedirler.

Perlit 815 - 1093 °C gibi yüksek sıcaklıklara ısıtıldığında yumuşayan cam içindeki sular çok küçük buhar kabarcıkları haline gelir ve perlitin patlatarak onu başlangıçtaki hacminin 15 - 20 katı kadar genişletir. Bu olay tümüyle mısırın patlamasına benzemektedir. Bu nedenle süzme yardımcı, dolgu, destek ve izolasyon maddesi olarak kullanılabilir (McGraw-Hill, 1982).

Kullandığımız perlitin yoğunluğu piknometre ile ölçülerek 0,3223 g/cm³ olarak bulunmuştur. Yapılan elek analizi sonucunda özgül yüzey alanı 472,96 cm²/g, ortalama tanecik çapı ise 0,0688 cm olarak bulunmuştur. Elek analizi sonuçları Ek Açıklamalar A.2.3' de verilmiştir.

4.2 Adsorpsiyon İzotermelerinin Elde Edilişi

Deneylerde sıcaklığı sabit tutmak için termostatlı su banyosu kullanıldı. Adsorban olarak ise 105 °C 'de kurutulup pirinç havanda dövülerek 200 mesh'ten (delik açıklığı 0,071mm) geçirilen aktif karbon ve cüruf kullanıldı. Öndeneme olarak yapılan deneylerde derişimi bilinen saf boya çözeltileriyle farklı sıcaklık ve renklerde çalışılarak renk ve sıcaklığın etkisi incelendi. Atıksuyu ile çalışılan işletmenin atıksuyunun pH 'ı genellikle 10 - 11 arasında olduğundan pH 'ın da etkisi incelendi.

Ayrıca boyutun etkisini de belirlemek amacıyla 12 - 40 mesh arasındaki cüruf ve 40 - 120 mesh arasındaki aktif karbonla da çalışıldı.

4.2.1 Çalışma eğrisinin hazırlanması

Çalışmada atıksuyu ile çalışılacak işletmeden sağlanan sarı ve lacivert olmak üzere iki ayrı bazik reaktif boya kullanıldı. Boya çözeltileri litresinde 1000 mg boya içeren stok çözeltiden 200 cm³ alınıp 1800 cm³ damıtık su ve 2,0 g NaCl ilave edilerek hazırlandı.

Çözeltiye tuz, boyarmaddenin çözünürlüğünü azaltmak ve bunun sonucu olarak boyarmaddenin, boyama banyosundan daha iyi tüketimini sağlamak için konuldu. Hazırlanan boya çözeltileri için ilk önce spektrofotometrede maksimum absorbansın olduğu dalga boyları belirlendi. Bu dalga boyları sarı boya için 425 nm, lacivert boya için 590 nm olarak bulundu. Bu dalga boylarında değişik derişimlerde hazırlanan boya çözeltilerinin referans olarak saf suya karşı absorbans değerleri okundu. Her bir renk için farklı derişimlere karşı okunan absorbans değerleri Ek Açıklamalar B'de verilmiştir. Daha sonra her bir renk için derişime karşı absorbans değerleri grafiğe geçirilerek çalışma eğrisi çizildi. Hazırlanan çalışma eğrisinin orjinden geçen bir doğru olması gerekir. Her bir renk için çalışma eğrisi Ek Açıklamalar B'de verilmiştir.

4.2.2 Adsorpsiyon izotermelerinin hazırlanması

Altı tane erlene farklı miktarlarda adsorban ve derişimi bilinen saf boya çözeltilisinden 100 'er ml eşit hacimlerde konuldu. Erlenler su banyosuna yerleştirildi ve mümkün olduğunca sık aralıklarla çalkalandı. Daha önceden yapılan çalışmalarda dengeye geliş süresi yaklaşık 2 saat olarak belirlendiğinden bu süre sonunda mavi bant süzgeç kağıdından süzüldü. Bu süzüntülere karşılık gelen absorbans değerleri spektrofotometreden okundu. Belirlenen absorbans değerlerinden çalışma eğrisinin yardımıyla her bir süzüntüdeki derişim bulundu. Adsorplanan madde miktarı x , ilk derişimden son derişim çıkarılıp bir litre çözelti ile değil de 100 ml çözelti ile çalışıldığından 10 ile bölünerek elde edildi. Geride kalan boya derişimlerine(c) karşılık birim adsorban(1g) başına adsorplanan madde miktarları (x/m), grafiğe geçirilerek izotermeler elde edildi. Bu işlemler her bir renk için değişik sıcaklıklarda tekrarlanarak sıcaklığın etkisi incelendi.

Atıksular birçok rengi bir arada içerebileceğinden çalışma eğrisi hazırlanamamakta ve dolayısıyla boya derişimi belirlenememektedir. Atıksular için yukarıda anlatıldığı şekilde ve oda sıcaklığında işlemler yapıldı. Yalnız burada derişimi bilinen saf boya çözeltilisi yerine atıksudan eşit hacimlerde konuldu. Elde edilen süzüntüde çevresel önemleri olan pH, KODI ve renk (bkz. Altbölüm 2.2.1)

tainleri yapıldı. Arıtmadan sonra elde edilen KDI değerlerine karşı birim adsorban başına giderilen KDI(x/m) logaritmik kağıda geçirilerek Freundlich izotermleri çizildi.

4.3 Kolonda Adsorpsiyon Deneysel Çalışmaları

Kolonda arıtım çalışmasında adsorban olarak hiçbir önışlemeden geçirilmemiş cüruf ve perlit kullanıldı.

Toplam yüksekliği 60 cm, yatak yüksekliği 50 cm olan 5,0 cm iç çaplı dibi musluklu cam kolona adsorban madde doldurularak hazırlanan dolgulu yataktan geçirilen atıksu içindeki istenmeyen maddeler adsorpsiyon yolu ile tutularak arıtım sağlandı.

Kolonun ağız çapı 3 cm olduğundan cürufun, ağız kısmından geçmeyen iri parçaları ayrıldı. Kolonun dibine yeteri kadar cam pamuğu konularak adsorban taneciklerinin kolondan çıkması önendi.

Kolona önce su doldurularak adsorban madde azar azar ilave edildi. Yeteri kadar adsorban doldurulduktan sonra bol su ile yıkandı. Tüm işlemler boyunca adsorban madde taneciklerinin arasına hava girmemesi için musluk ayarlanarak kolondaki su düzeyi adsorban madde taneciklerinin üstünde tutuldu.

Arıtım deneylerinde atıksu, kolona kolonun üst kısmına uyan 500 ml'lik rodajlı ayırma hunisi ile beslendi. Kolondan geçen atıksuyun hızının belirlenmesi için belli zaman aralığında toplanan su hacmi ölçüldü. Sonra boş kule hızı hacimsel hızın kolon kesit alanına bölünmesiyle bulundu.

Arıtılmış numuneler buzdolabında +4 °C 'de korunarak 24 saat içerisinde pH, KDI ve renk tainleri yapıldı.

5. DENEYSEL BULGULAR

5.1 Ündeneme Bulguları

Ündeneme olarak yapılan deneylerde sıcaklığın, pH 'ın ve boyutun etkisi incelendi.

5.1.1 Sıcaklığın etkisi

Derişimi 100 mg/l olan sarı boya çözeltilisinin 100 ml'si ile 200 mesh'ten geçirilmiş cüruf kullanılarak orjinal pH 'ta sırasıyla 20, 30 ve 40 °C sıcaklıklarda çalışıldı. 20 °C 'de yapılan deneyin sonuçları Çizelge 5.1 'de, 30 °C 'de yapılan deneyin sonuçları Çizelge 5.2 'de, 40 °C'de yapılan deneyin sonuçları ise Çizelge 5.3' te verilmiştir.

Çizelge 5.1. Sarı boya çözeltilisi ile 200 mesh'ten geçirilmiş cüruf kullanılarak 21 °C 'de yapılan deneysel çalışmanın sonuçları

m (g)	0,10	0,50	1,00	2,00	4,00	5,00
Absorbans	0,704	0,469	0,231	0,039	0,005	0,035
c_s (mg/l)	82	55	26	3	0	2
x (mg/l)	1,8	4,5	7,4	9,7	10,0	9,8
x/m(mg/g)	18,0	9,0	7,4	4,8	2,5	2,0

Çizelge 5.2. Sarı boya çözeltisi ile 200 mesh'ten geçirilmiş cüruf kullanılarak 30 °C 'de yapılan deneysel çalışmanın sonuçları

m(g)	0,10	0,50	1,00	2,00	4,00	5,00
Absorbans	0,693	0,477	0,189	0,099	0,016	0,010
c_s (mg/l)	80	55	21	10	1	0
x(mg)	2,0	4,5	7,9	9,0	9,9	10,0
x/m(mg/g)	20,0	9,0	7,9	4,5	2,5	2,0

Çizelge 5.3. Sarı boya çözeltisi ile 200 mesh'ten geçirilmiş cüruf kullanılarak 40 °C 'de yapılan deneysel çalışmanın sonuçları

m(g)	0,10	0,50	1,00	2,00	5,00
Absorbans	0,712	0,440	0,180	0,039	0,009
c_s (mg/l)	82	50	20	4	0
x (mg)	1,8	5,0	8,0	9,6	10,0
x/m(mg/g)	18,0	10,0	8,0	4,0	2,0

Yine aynı çözelti ile 200 mesh'ten geçirilmiş aktif karbon kullanılarak orjinal pH 'ta ve cüruf için sıcaklığın etkisinin pek fazla olmadığı gözlemlendiğinden, sadece 20 ile 40 °C sıcaklıklarda çalışıldı. 20 °C 'de yapılan deneyin sonuçları Çizelge 5.4 'te, 40 °C sıcaklıkta yapılan deneyin sonuçları ise Çizelge 5.5 'te verilmiştir.

Çizelge 5.4. Sarı boya çözeltisi ile 200 mesh'ten geçirilmiş aktif karbon kullanılarak 20 °C 'de yapılan deneysel çalışmanın sonuçları

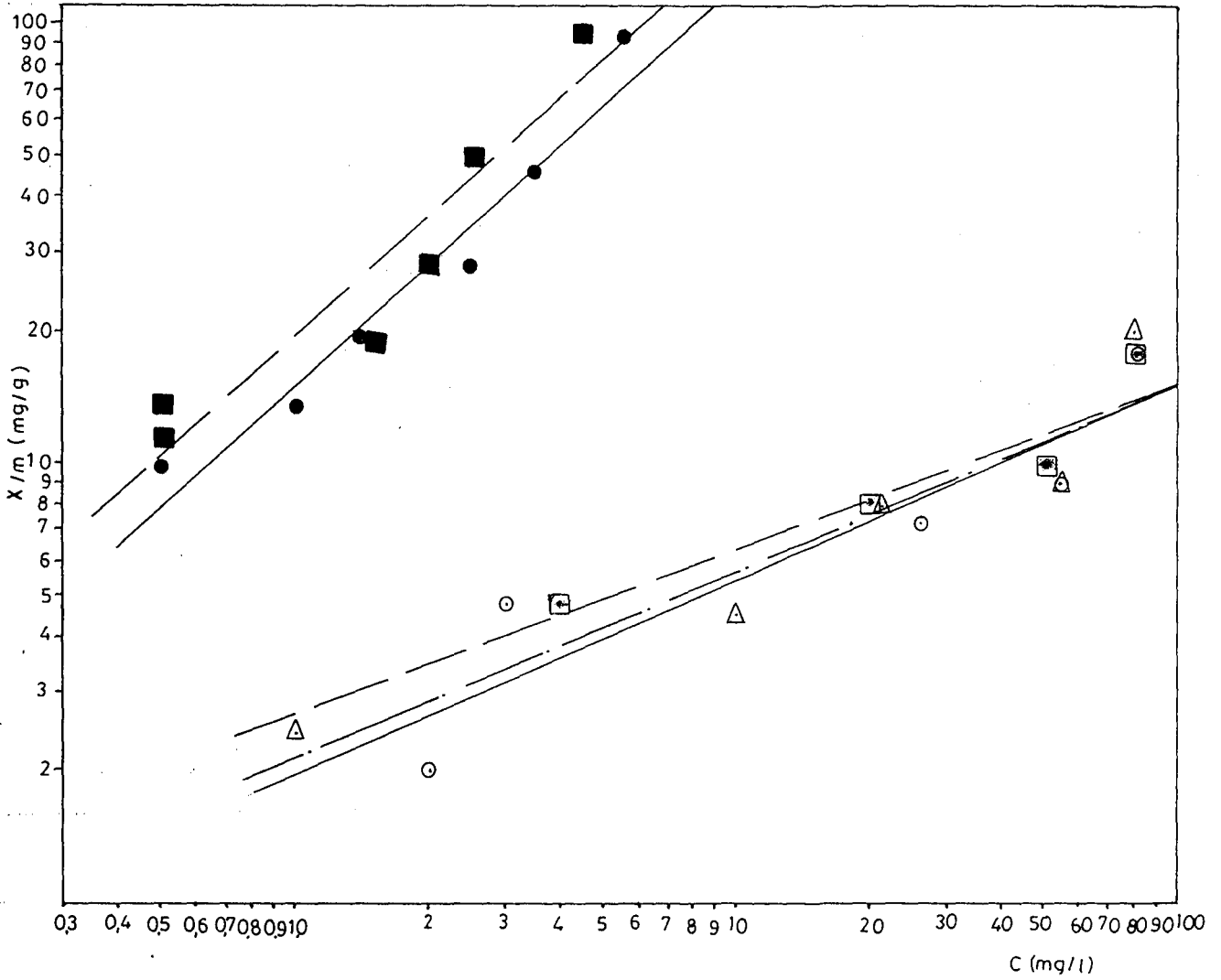
m (g)	0,10	0,20	0,35	0,50	0,75	1,00
Absorbans	0,061	0,041	0,032	0,021	0,015	0,013
c_s (mg/l)	5,5	3,5	2,5	1,5	1,0	0,5
x (mg)	9,45	9,65	9,75	9,85	9,90	9,95
x/m(mg/g)	94,5	48,2	27,8	19,7	13,2	10,0

Çizelge 5.5. Sarı boya çözeltisi ile 200 mesh'ten geçirilmiş aktif karbon kullanılarak 40 °C 'de yapılan deneysel çalışmanın sonuçları

m (g)	0,10	0,20	0,35	0,50	0,75	0,86
Absorbans	0,047	0,029	0,026	0,020	0,009	0,007
c_s (mg/l)	4,5	2,5	2,0	1,5	0,5	0,5
x (mg)	9,55	9,75	9,80	9,85	9,95	9,95
x/m(mg/g)	95,5	48,7	28,0	19,7	13,3	11,6

Elde edilen bulgular ilk önce c 'ye karşı $c/(x/m)$ değerleri alınarak aritmetik kağıda geçirildi. Fakat bu değerler grafik kağıdına geçirildiğinde doğru elde edilemediğinden izotermilerin Langmuir tipinde olmadığı anlaşıldı. Sonra logaritmik kağıtta c 'ye karşı x/m değerleri grafiğe geçirildi. Bu değerler logaritmik kağıtta doğru verdiğinden Freundlich izotermine uygunluk göstermektedir. Her iki adsorban için çizilen Freundlich izotermeleri Şekil 5.1 'de verilmiştir.

Yapılan çalışmalardan elde edilen tüm izotermilerin denklemleri ve korelasyon katsayıları CASIO fx - 3600P marka hesap makinasının kendi programıyla regresyon analizi yapılarak hesaplandı. Doğruların denklemleri ve korelasyon katsayıları şekillerle birlikte verilmiştir.



Cüruf

21 °C	○ — — — ○	$x/m = 1,963 \times 10^{-3} c^{0,443}$	$Y = 0,92$
-------	-----------	--	------------

30 °C	△ — — — △	$x/m = 2,160 \times 10^{-3} c^{0,424}$	$Y = 0,94$
-------	-----------	--	------------

41 °C	□ — — — □	$x/m = 2,622 \times 10^{-3} c^{0,392}$	$Y = 0,95$
-------	-----------	--	------------

Aktif karbon

20 °C	● — — — ●	$x/m = 15,08 c^{0,930}$	$Y = 0,97$
-------	-----------	-------------------------	------------

40 °C	■ — — — ■	$x/m = 0,012 c^{0,864}$	$Y = 0,95$
-------	-----------	-------------------------	------------

Şekil 5.1. Sarı boya çözeltisi ile 200 mesh'ten geçirilmiş cüruf ve aktif karbon kullanılarak değişik sıcaklıklarda elde edilen izotermler.

Atıksuyu ile çalışılan işletme her zaman değişik renkte boyalar kullandığından, rengin etkisini de incelemek amacıyla aynı derişimde lacivert boya çözeltisiyle de çalışıldı. Lacivert boya çözeltisi ile 200 mesh'ten geçirilmiş cüruf kullanılarak orjinal pH 'ta ve 20 ile 40 °C sıcaklıklarda çalışıldı. 20 °C 'de yapılan deneyin sonuçları Çizelge 5.6 'da, 40 °C 'de yapılan deneyin sonuçları ise Çizelge 5.7' de verilmiştir.

Çizelge 5.6. Lacivert boya çözeltisi ile 200 mesh'ten geçirilmiş cüruf kullanılarak orjinal pH 'ta 20 °C 'de yapılan deneysel çalışmanın sonuçları

m (g)	0,25	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	3,00
Absorbans	0,782	0,669	0,573	0,437	0,291	0,217	0,035
c_s (mg/l)	86,0	74,0	63,0	49,0	33,0	23,0	3,5
x (mg)	1,4	2,6	3,7	5,1	6,7	7,7	9,7
x/m(mg/g)	5,6	5,2	4,9	5,1	4,5	3,9	3,2

Çizelge 5.7. Lacivert boya çözeltisi ile 200 mesh'ten geçirilmiş cüruf kullanılarak orjinal pH 'ta 40 °C 'de yapılan deneysel çalışmanın sonuçları

m (g)	0,10	0,25	0,75	1,00	2,00
Absorbans	0,832	0,794	0,605	0,476	0,178
c (mg/l)	93,0	87,5	66,0	52,0	19,0
x (mg)	0,70	1,25	3,40	4,80	8,10
x/m(mg/g)	7,0	5,0	4,5	4,8	4,1

Daha sonra aynı çözelti ile 200 mesh'ten geçirilmiş aktif karbon kullanılarak orjinal pH 'ta ve 20 ile 40 °C sıcaklıklarda çalışıldı. 20 °C 'de yapılan deneyin sonuçları Çizelge 5.8 'de, 40 °C 'de yapılan deneyin sonuçları ise Çizelge 5.9 'da verilmiştir.

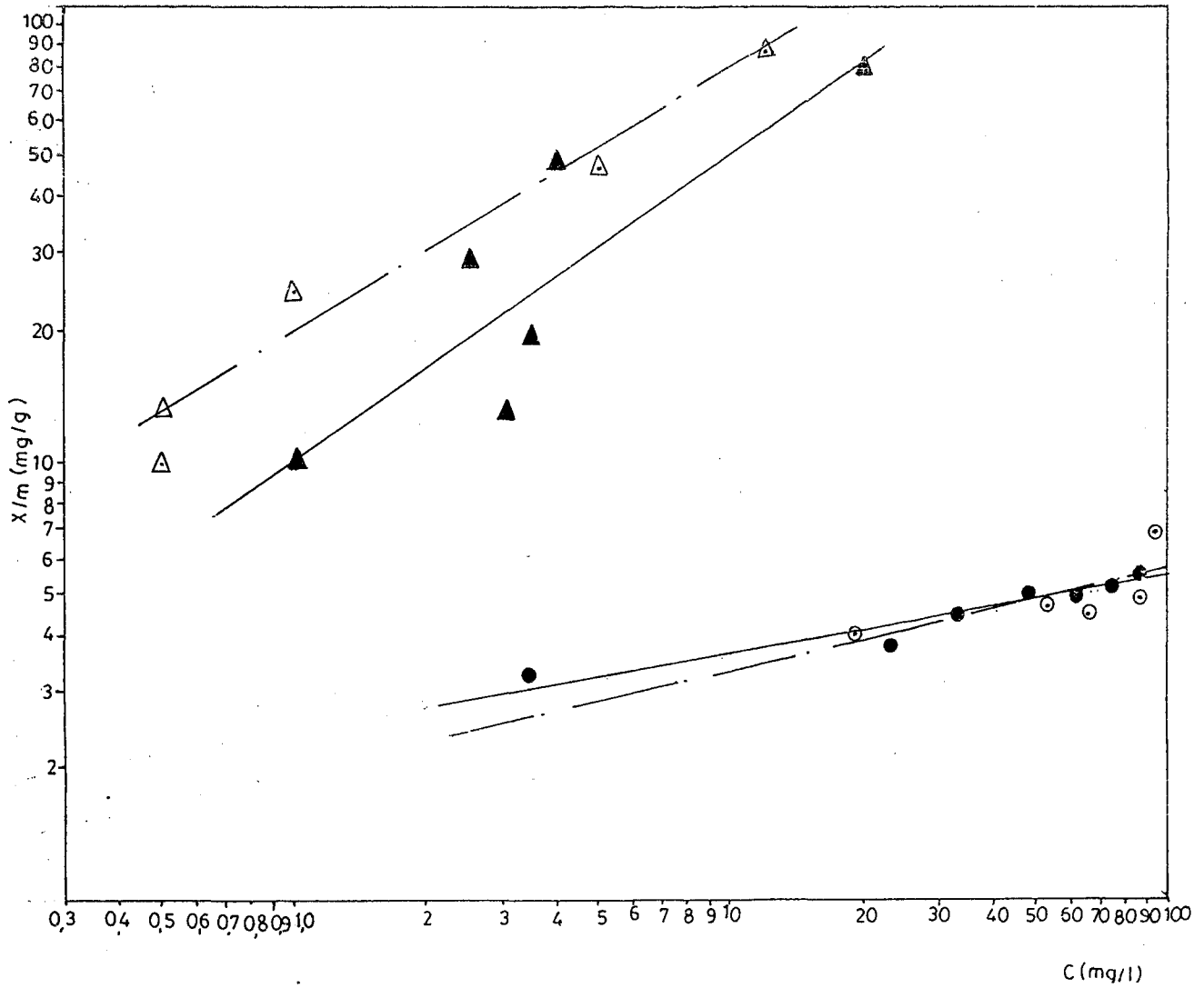
Çizelge 5.8. Lacivert boya çözeltisi ile 200 mesh'ten geçirilmiş aktif karbon kullanılarak orjinal pH'ta 20 °C 'de yapılan çalışmanın sonuçları

m (g)	0,10	0,20	0,35	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	3,00
Absorbans	0,184	0,037	0,027	0,034	0,029	0,016	0,001	0,001	0,005
c_s (mg/l)	20,0	4,0	2,5	3,5	3,0	1,0	0,0	0,0	0,0
x (mg)	8,00	9,60	9,75	9,65	9,70	9,90	10,00	10,00	10,00
x/m(mg/g)	80,0	48,0	27,8	19,3	12,9	9,9	6,7	5,0	3,3

Çizelge 5.9. Lacivert boya çözeltisi ile 200 mesh'ten geçirilmiş aktif karbon kullanılarak orjinal pH 'ta 40 °C 'de yapılan deneysel çalışmanın sonuçları

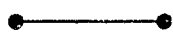
m (g)	0,10	0,20	0,35	0,50	0,75	1,00
Absorbans	0,103	0,048	0,020	0,004	0,009	0,010
c_s (mg/l)	12,0	5,0	1,0	0	0,5	0,5
x (mg)	8,80	9,50	9,90	10,00	9,95	9,95
x/m(mg/g)	88,0	47,5	28,0	20,0	13,2	9,95

Lacivert boya çözeltisi için de elde edilen sonuçlar logaritmik kağıda geçirilerek izotermeler elde edildi. Bu izotermeler Şekil 5.2 'de verilmiştir.



Cüruf

20 °C



$$x/m = 2,486 \times 10^{-3} c^{0,171}$$

Y = 0,96

40 °C



$$x/m = 1,960 \times 10^{-3} c^{0,232}$$

Y = 0,73

Aktif karbon

20 °C



$$x/m = 0,010 c^{0,702}$$

Y = 0,86

40 °C



$$x/m = 0,020 c^{0,605}$$

Y = 0,97

Şekil 5.2. Lacivert boya özeltisi ile 200 mesh'ten geçirilmiş cüruf ve aktif karbon kullanılarak orjinal pH 'ta, değişik sıcaklıklarda elde edilen izotermler.

5.1.2 pH 'ın etkisi

Atıksuyu ile çalışılan işletmenin atıksuyunun pH değeri genellikle 10-11 arasında olduğundan, boya çözeltisinin orjinal pH değeri 6,8 iken 6N 'lik NaOH ile pH 11 'e ayarlanarak pH 'ın etkisi de incelendi. pH 'ın değişmesiyle absorbans değeri değişebileceğinden orjinal çözeltinin pH 11 'deki absorbansı okundu; ancak önemli bir fark gözlenmediğinden aynı çalışma eğrisi kullanıldı. Deneyler 22 °C' de 200 mesh'ten geçirilmiş cüruf ve aktif karbon kullanılarak sarı boya çözeltisi ile yapıldı. Cüruf ile yapılan deneyin sonuçları Çizelge 5.10' da, aktif karbonla yapılan deneyin sonuçları ise Çizelge 5.11 'de verilmiştir.

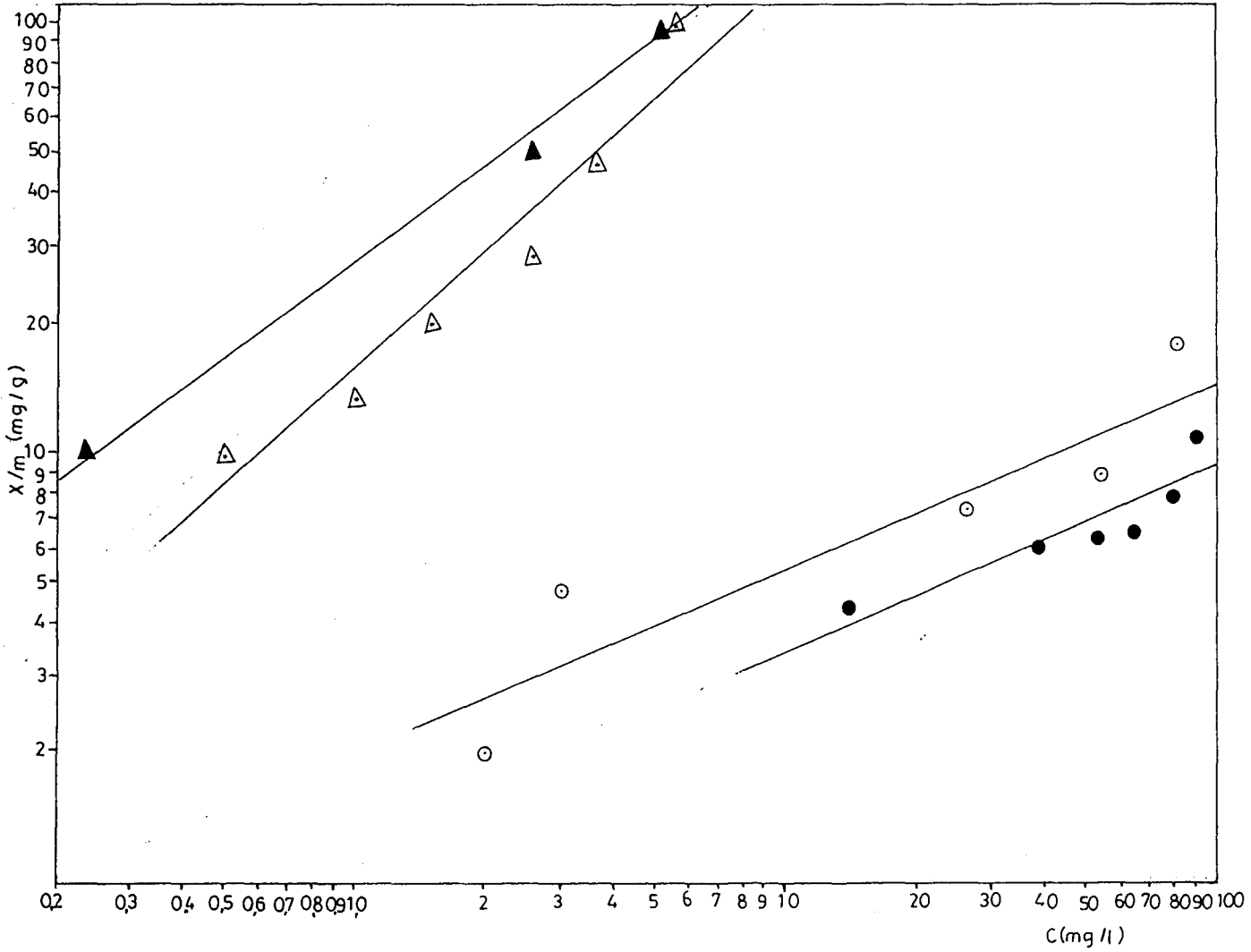
Çizelge 5.10. Sarı boya çözeltisi ile 200 mesh'ten geçirilmiş cüruf kullanılarak pH 11 ve 22 °C 'de yapılan deneysel çalışmanın sonuçları

m (g)	0,10	0,25	0,50	0,75	1,00	2,00
Absorbans	0,768	0,686	0,567	0,460	0,441	0,131
c_s (mg/l)	89,0	80,0	65,5	53,0	39,0	14,0
x (mg)	1,10	2,00	3,45	4,70	6,10	8,60
x/m(mg/g)	11,0	8,0	6,5	6,3	6,1	4,3
pH	10,9	10,7	10,5	10,0	10,0	9,6

Çizelge 5.11. Sarı boya çözeltisi ile 200 mesh'ten geçirilmiş aktif karbon kullanılarak pH 11 ve 22 °C 'de yapılan deneysel çalışmanın sonuçları

m (g)	0,10	0,20	0,35	0,50	0,75	1,00
Absorbans	0,058	0,036	0,011	0,009	0,007	0,016
c_s (mg/l)	5,14	2,57	0	0	0	0,23
x (mg)	9,49	9,74	10,00	10,00	10,00	9,98
x/m(mg/g)	95,00	48,70	28,60	20,00	13,30	9,98
pH	10,8	10,7	10,5	10,4	10,2	9,9

Elde edilen sonuçlar logaritmik kağıda geçirilerek izotermler elde edildi. Bu izotermler Şekil 5.3 'te verilmiştir. Karşılaştırmak amacıyla aynı şekil üzerinde 20 °C 'de orjinal pH değerinde elde edilen izotermler de gösterilmiştir.



Cüruf

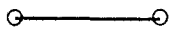
pH = 11



$$x/m = 1,370 \times 10^{-3} \text{ } \circ 0,409$$

$$Y = 0,89$$

Orjinal pH



$$x/m = 1,963 \times 10^{-3} \text{ } \circ 0,443$$

$$Y = 0,92$$

Aktif karbon

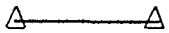
pH = 11



$$x/m = 2,76 \times 10^{-3} \text{ } \circ 0,708$$

$$Y = 0,99$$

Orjinal pH



$$x/m = 15,08 \text{ } \circ 0,93$$

$$Y = 0,97$$

Şekil 5.3. Sarı boya çözeltisi ile 200 mesh'ten geçirilmiş cüruf ve aktif karbon kullanılarak pH 'ın etkisini gözlemek için çizilen izotermler.

5.1.3 Boyutun etkisi

Kullanılan cüruf orjinal haliyle genellikle iri taneciklere sahip olduğundan boyutun etkisi de incelenmiştir. Deneyler, daha önceki çalışmalarda sıcaklığın etkisinin pek fazla olmadığı gözlemlendiğinden, sadece 20 °C sıcaklıkta ve sarı boya çözeltisi ile yapıldı. 12 - 40 mesh arası cüruf kullanılarak yapılan deneyin sonuçları Çizelge 5.12 'de, 40 - 120 mesh arası aktif karbon kullanılarak yapılan deneyin sonuçları ise Çizelge 5.13 'te verilmiştir.

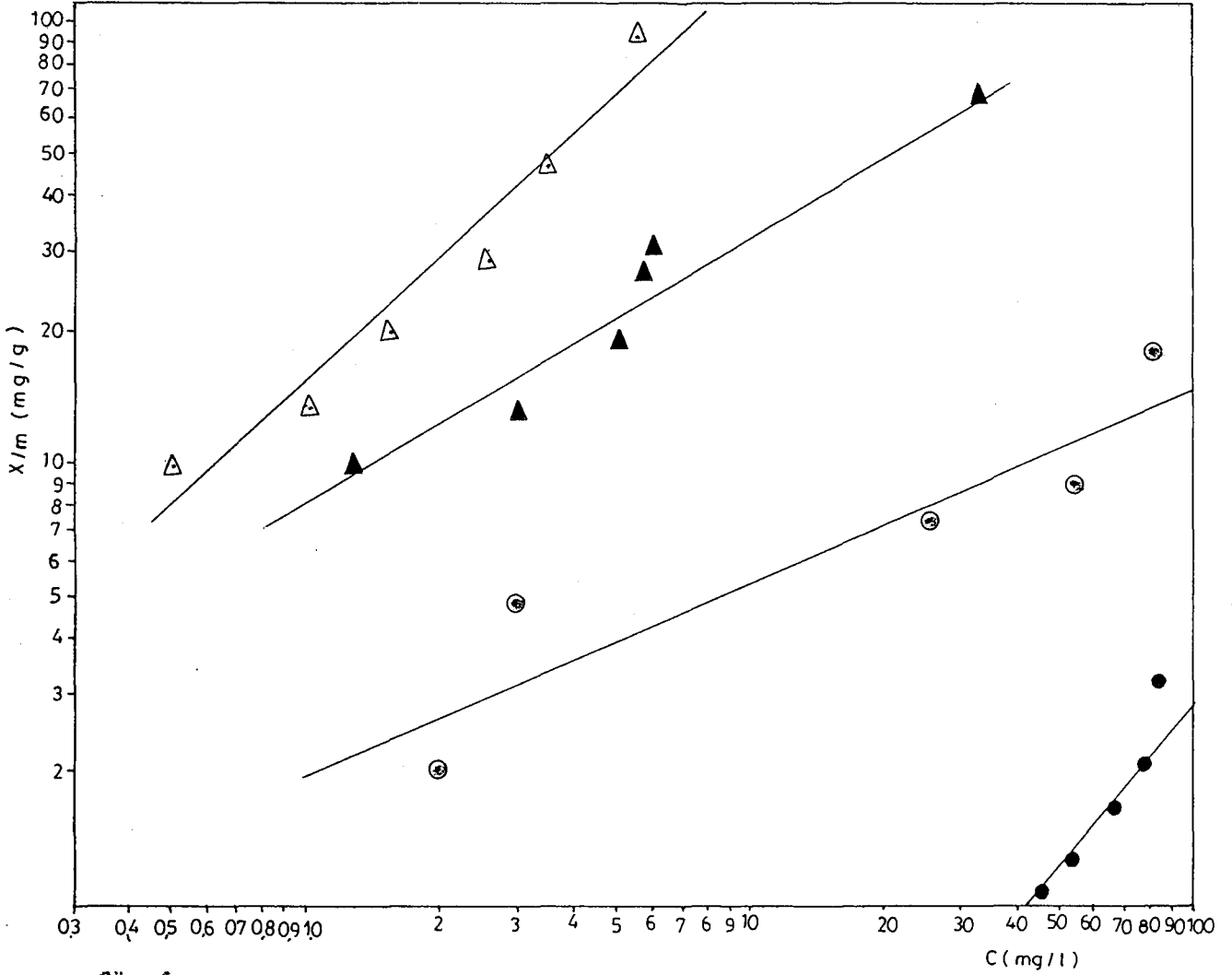
Çizelge 5.12. Sarı boya çözeltisi ile 12 - 40 mesh arası cüruf kullanılarak 20 °C 'de yapılan deneysel çalışmanın sonuçları

m (g)	0,10	0,50	1,00	2,00	4,00	5,00
Absorbans	0,745	0,721	0,675	0,583	0,446	0,397
c_s (mg/l)	86,5	84,0	78,5	67,0	51,5	45,5
x (mg)	1,35	1,60	2,15	3,30	4,85	5,45
x/m(mg/g)	13,50	3,20	2,20	1,70	1,21	1,10

Çizelge 5.13. Sarı boya çözeltisi ile 20 - 120 mesh arası aktif karbon kullanılarak 20 °C 'de yapılan çalışmanın sonuçları

m (g)	0,10	0,20	0,35	0,50	0,75	1,00
Absorbans	0,293	0,064	0,062	0,057	0,037	0,021
c_s (mg/l)	33,00	6,00	5,75	5,00	3,00	1,25
x (mg)	6,70	9,40	9,43	9,50	9,70	9,88
x/m(mg/g)	67,0	47,0	26,9	19,0	12,9	9,88

Elde edilen bu sonuçlar logaritmik kağıda geçirilerek izotermler elde edildi. Bu izotermler Şekil 5.4 'de verilmiştir. Ayrıca karşılaştırma amacıyla 200 mesh'ten geçirilmiş cüruf ve aktif karbon için bulunan izotermler de yeniden verilmiştir.



Cüruf

12 - 40 mesh arası

●—●

$$x/m = 9,366 \times 10^{-6} C^{1,238} \quad \gamma = 0,99$$

200 mesh'ten geçirilmiş

○—○

$$x/m = 1,963 \times 10^{-3} C^{0,443} \quad \gamma = 0,92$$

Aktif karbon

40 - 120 mesh arası

▲—▲

$$x/m = 8,570 \times 10^{-3} C^{0,626} \quad \gamma = 0,91$$

200 mesh'ten geçirilmiş

△—△

$$x/m = 15,08 \times 10^{-3} C^{0,930} \quad \gamma = 0,97$$

Şekil 5.4. Sarı boya çözeltilisiyle 12 - 40 mesh arası cüruf ve 40 - 120 mesh arası aktif karbon kullanılarak 20 °C 'de boyutun etkisini gözlemek için çizilen izotermler.

5.2 Atıksu Analizi Bulguları

İşletmenin çıkışından üç farklı zamanda alınan iki saatlik kompozit bsm atıksuyun gerekli analizleri yapılarak, aynı işletmenin DSI 'den alınan (DSİ, 1986) veriler ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği 'nde öngörülen sınır değerleri Çizelge 5.14 'te verilmiştir. DSI verileri altı ay süreyle ve ayda bir alınan kompozit örneklere dayanmaktadır. Atıksularda serbest Cl tayini malzeme eksikliği nedeniyle yapılamamıştır.

Çizelge 5.14. Kullanılan atıksuların analiz sonuçları

Parametre	1.Örnek	2.Örnek	3.Örnek	DSİ' den alınan veriler	Yönetmelik sınır değerleri
Tarih	27.4.1989	11.5.1989	29.5.1989	1985 yılı	4.9.1989
Sıcaklık(°C)	32	39	31	28 ± 4,0	—
pH	9,10	8,60	9,50	11 ± 1,3	6,0 - 9,0
AKM(mg/l)	85,0	0,7	102,0	428 ± 70	160,0
KDİ(mg/l)	660	119	678	384 ± 54	250
BOİ(mg/l)	192,0	47,0	87,5	164 ± 32	90,0
NH ₄ ⁺ -N(mg/l)	0,0	6,0	8,1	5,2 ± 2,0	5,0
Serbest Cl (mg/l)	Yapıla- mıyor	Yapıla- mıyor	Yapıla- mıyor	—	0,3
Yağ ve gres (mg/l)	24	12	615	—	10
Toplam Cr (mg/l)	0	0	—	—	2
Sülfür(mg/l)	1,0	1,2	1,6	—	0,1
Sülfid(mg/l)	4,0	6,5	5,0	—	1,0
ZSF	3	1	4	—	4
Renk Verileri					
% Berraklık	41,55	33,66	26,22	—	—
% Saflık	10	10	12	—	—
Baskın dalgaboyu	480	548c	564c	—	—
Renk	Mavi	Kırmızı- mor	Kırmızı- mor	—	—

5.3 Kesikli Adsorpsiyonla Arıtım Bulguları

Kesikli adsorpsiyonla arıtım deneyleri cüruf ve aktif karbon kullanılarak erlenlerde yapıldı. Öndenemelerde sıcaklığın etkisinin pek fazla olmadığı gözlemlendiğinden deneylerin tümü oda sıcaklığında yapıldı. 27.4.1989 tarihli ham atıksuyun cürufu ile arıtım sonuçları Çizelge 5.15 ve 16 'da verilmiştir. Çizelgelerdeki x/m değerleri KOİ için hesaplanmış değerlerdir.

Çizelge 5.15. 27.4.1989 tarihli ham atık suyun erleninde cüruf ile arıtım sonuçları

Adsorban niceliği (g/l)	pH	%Arıtım	KOİ(mg/l)	%Arıtım	x/m(mg/g)
0(Orjinal)	9,10	—	660	—	—
1,0	8,55	6,0	128	80,6	0,53
2,5	8,50	6,6	106	83,9	0,22
5,0	8,45	7,1	82	87,6	0,12
7,5	8,40	7,7	81	87,7	0,08
10,0	8,25	9,3	62	90,6	0,06
20,0	8,05	11,5	53	91,9	0,03

Çizelge 5.16 27.4.1989 tarihli ham atıksuyun erlende cüruf ile arıtımından elde edilen renk verileri

Adsorban niceliği (g/l)	%Berraklık	%Berraklık artışı	%Safılık	Baskın dalgaboyu	Renk
0(Orjinal)	41,6	—	10	480	Mavi
1,0	69,2	27,6	10	460	Eflatun
2,5	71,8	30,2	10	460	Eflatun
5,0	81,3	59,7	10	460	Eflatun
7,5	83,9	42,3	10	483	Mavi - yeşil
10,0	88,7	47,1	10	483	Mavi - yeşil
20,0	98,8	57,2	10	555c	Kırmızı-mor

11.5.1989 tarihli ham atıksu için aktif karbonla erlende yapılan arıtım sonuçları ise Çizelge 5.17 ve 18 'de verilmiştir.

Çizelge 5.17. 11.5.1989 tarihli ham atıksuyun erlende aktif karbonla arıtım sonuçları

Adsorban niceliği (g/l)	pH	% Arıtım	KDI(mg/l)	% Arıtım	x/m(mg/g)
0(Orjinal)	8,60	—	119	—	—
1,0	8,40	2,3	70	41,2	0,049
2,0	8,30	3,5	84	29,4	0,018
3,5	8,20	4,7	63	47,1	0,016
5,0	8,15	5,2	73	38,7	0,009
7,5	8,10	5,8	52	56,3	0,009
10,0	8,00	7,0	35	70,6	0,008

Çizelge 5.18. 11.5.1989 tarihli ham atıksuyun erlende aktif karbonla arıtımından elde edilen renk verileri

Adsorban niceliği (g/l)	% Berraklık	% Berraklık artışı	% Saflık	Baskın dalgaboyu	Renk
0(Orjinal)	33,6	—	10	548c	Kırmızı - mor
1,0	96,8	63,1	10	560c	Kırmızı - mor
2,0	97,2	63,5	10	560c	Kırmızı - mor
3,5	96,8	63,1	10	560c	Kırmızı - mor
5,0	97,2	63,5	10	560c	Kırmızı - mor
7,5	99,3	65,4	10	560c	Kırmızı - mor
10,0	98,6	64,9	10	565c	Kırmızı - mor

Önceki çalışmalarda atıksuların değişik özelliklerinden dolayı meydana gelebilecek etkileri de gözlemek için 29.5.1989 tarihli ham atıksuda her iki adsorbanla da çalışıldı. Bu ham atıksuyun erlende cürufıyla arıtım sonuçları Çizelge 5.19 ve 20 'de verilmiştir.

Çizelge 5.19. 29.5.1989 tarihli ham atıksuyun erlende cürufıyla arıtım sonuçları

Adsorban niceliği (g/l)	pH	% Arıtım	KDI(mg/l)	% Arıtım	x/m(mg/g)
0(Orjinal)	9,50	—	678,0	—	—
1,0	9,10	4,2	284,2	58,1	393,8
2,5	9,05	4,7	215,4	68,2	185,0
5,0	9,00	5,3	169,6	75,0	101,7
7,5	8,90	6,3	174,2	74,3	67,2
10,0	8,80	7,4	78,0	88,5	60,0
20,0	8,40	11,6	36,7	94,6	32,1

Çizelge 5.20. 29.5.1989 tarihli ham atıksuyun erlende cürufıyla artımından elde edilen renk verileri

Adsorban niceliği (g/l)	% Berraklık	% Berraklık artışı	% Saflık	Baskın dalgaboyu	Renk
0(Orjinal)	26,2	—	12	564c	Kırmızı-mor
1,0	33,2	7,0	7	450	Mavi - mor
2,5	36,8	10,6	7	450	Mavi - mor
5,0	42,4	16,1	7	465	Mavi
7,5	45,5	19,3	7	465	Mavi
10,0	52,1	25,9	7	465	Mavi
20,0	71,6	45,4	2	483	Mavi-yeşil

Aynı ham atıksuyun aktif karbonla arıtım sonuçları ise Çizelge 5.21 ve Çizelge 5.22 'de verilmiştir.

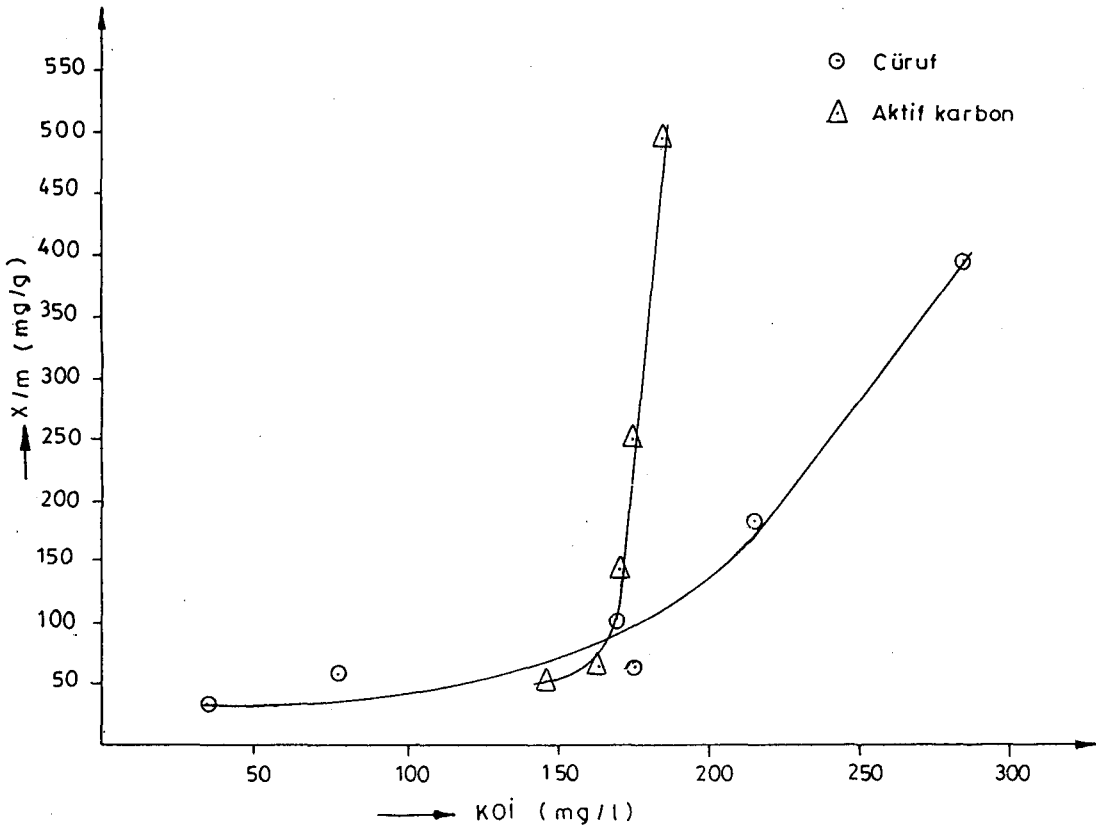
Çizelge 5.21. 29.5.1989 tarihli ham atıksuyun erlende aktif karbonla arıtım sonuçları

Adsorban niceliği (g/l)	pH	% Arıtım	KODI(mg/l)	% Arıtım	x/m(mg/g)
0(Orjinal)	9,50	—	678,0	—	—
1,0	8,50	10,52	184,9	72,7	493,1
2,0	8,45	11,05	174,2	74,3	251,9
3,5	8,30	12,63	170,7	74,8	144,9
7,5	8,10	14,73	163,6	75,9	68,6
10,0	7,95	16,31	145,8	78,5	53,2

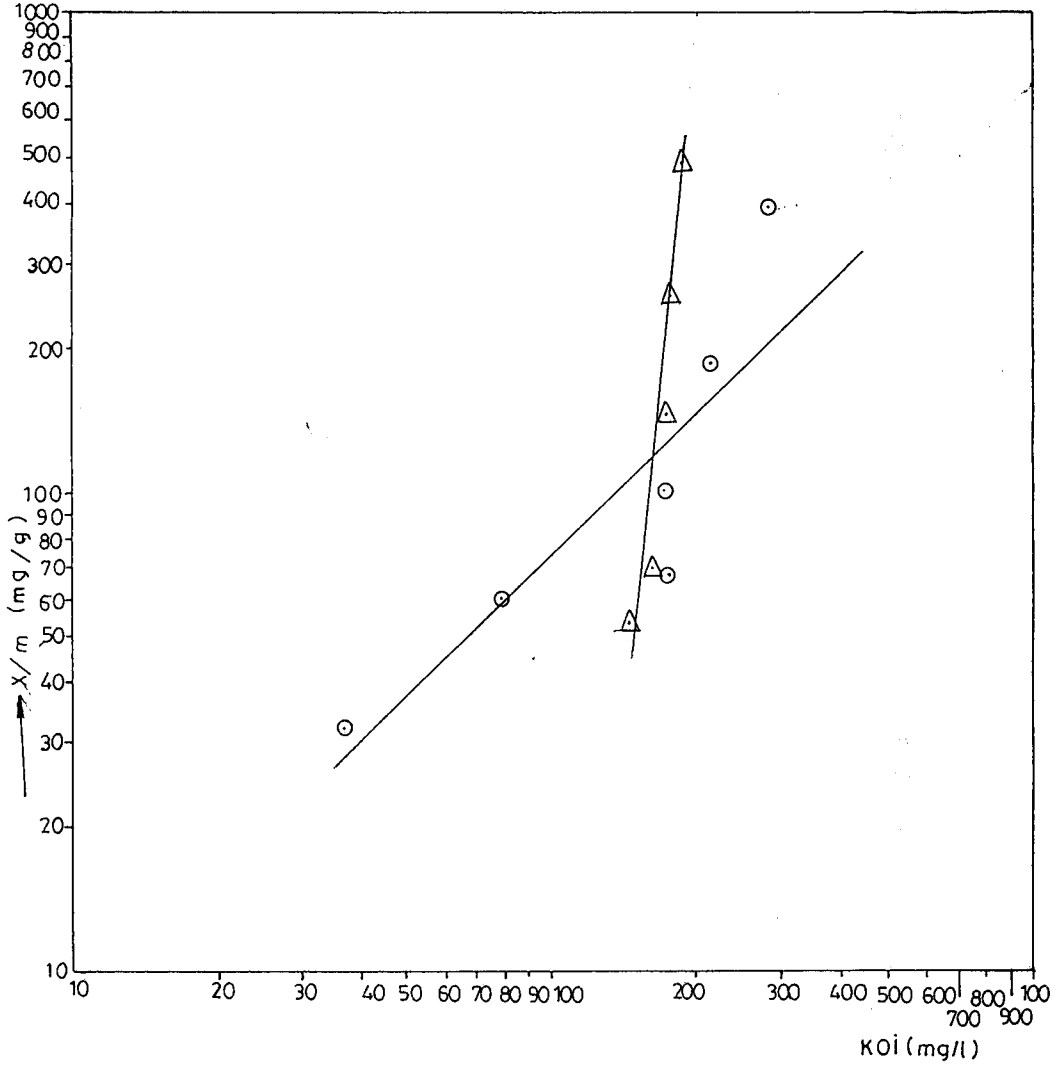
Çizelge 5.22. 29.5.1989 tarihli ham atıksuyun erlende aktif karbonla arıtımından elde edilen renk verileri

Adsorban niceliği (g/l)	% Berraklık	% Berraklık artışı	% Saflık	Baskın dalgaboyu	Renk
0(Orjinal)	26,2	—	12	564c	Kırmızı-mor
1,0	79,6	53,4	6	483	Mavi - yeşil
2,0	90,8	64,6	6	501c	Mavi - mor
3,5	91,8	65,5	6	501c	Mavi - mor
7,5	92,5	66,3	6	505c	Mavi - mor
10,0	93,2	67,0	6	505c	Mavi - mor

29.5.1989 tarihli ham atıksuyun erlende arıtımından sonra elde edilen KDI değerlerine karşı $KDI/(x/m)$ değerleri aritmetik grafik kağıdına geçirildiğinde, bu değerler bir doğru vermediğinden izotermilerin Langmuir tipine uymadığı anlaşıldı. Daha sonra KDI değerlerine karşı x/m değerleri aritmetik kağıda geçirildiğinde Şekil 5.5 'te görüldüğü gibi logaritmik bir değişim elde edildi. Bu verilerin Freundlich tipine uyabileceği düşünülerek bu değerler logaritmik kağıda geçirildi. Logaritmik kağıt üzerinde Freundlich izotermine uyan doğrular elde edildi. Her iki adsorban için elde edilen Freundlich izotermeleri Şekil 5.6 'da verilmiştir. Ayrıca arıtım sonucunda elde edilen % berraklık değerleri adsorban miktarına karşı grafiğe geçirilerek Şekil 5.7' de verilmiştir. Arıtım sonuçlarını daha iyi izleyebilmek ve karşılaştırmaları daha kolayca yapabilmek için iki adsorban için elde edilen veriler aynı şekil üzerinde gösterilmiştir.

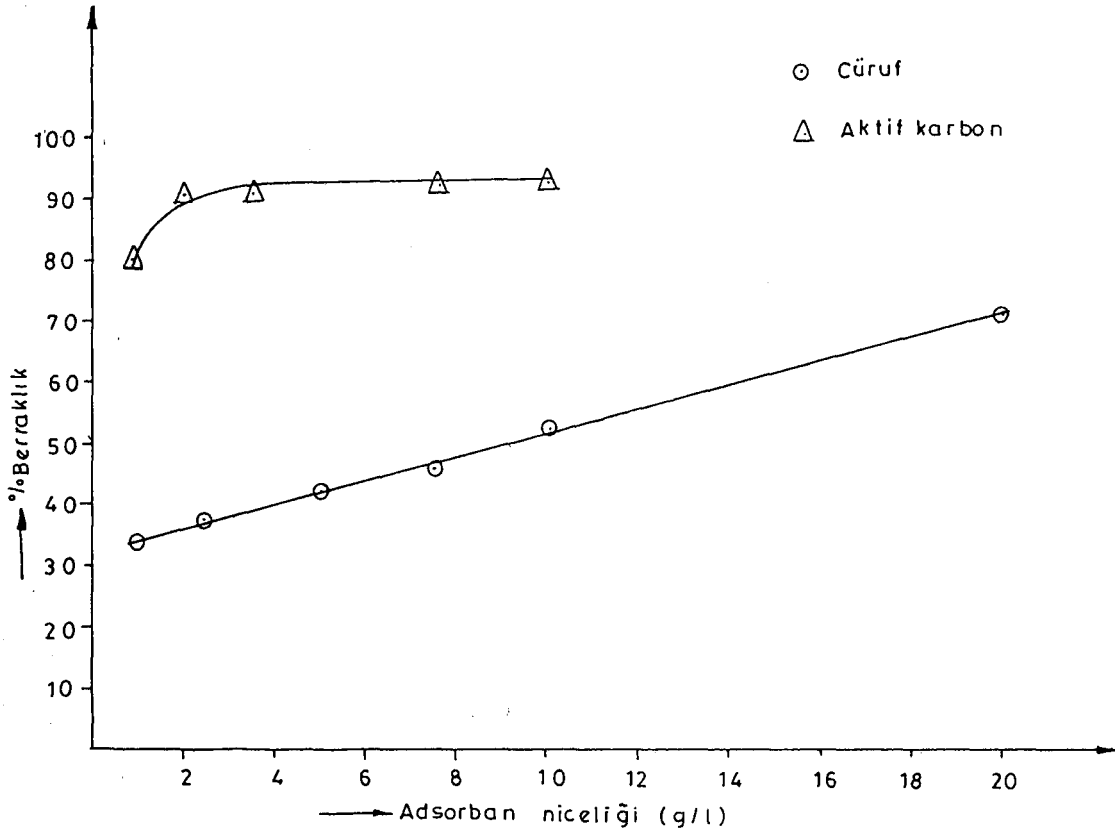


Şekil 5.5. Erlende arıtım sonrası KOİ değerlerine karşı x/m grafiği.



Cüruf	\circ — \circ	$(x/m) = 0,652 (KOİ)^{1,03}$	$Y = 0,88$
Aktif karbon	\triangle — \triangle	$(x/m) = 1,025 \times 10^{-19} (KOİ)^{9,51}$	$Y = 0,92$

Şekil 5.6. Erlende arıtım sonrası KOİ değerlerine karşı x/m değerlerinin logaritmik kağıttaki grafiği.



Şekil 5.7. Adsorban niceliğine karşı erlende arıtım sonrası % berraklık değerleri.

5.4 Kolonda Adsorpsiyonla Arıtım Bulguları

Kolonda adsorpsiyonla arıtım deneylerinde ancak iri tanecikli adsorbanlar kullanılabildiğinden aktif karbonla çalışılamamıştır. Cüruf ve perlitin boyutları aktif karbona göre daha büyük olduğundan bu adsorbanlarla kolonda arıtım deneyleri yapıldı. Ancak cüruf oldukça geniş boyut dağılımına sahip olduğundan akım hızı istenilen sabit bir değere ayarlanamamıştır. Musluk sonuna kadar açıldığında elde edilen akım hızlarında çalışıldı. Ancak zamanla ufak taneciklerin musluğu tıkanmasıyla ve basınç farkının azalmasıyla akım hızı daha da azaldı. 11.5.1989 tarihli ham atıksuyun cüruf kullanılarak kolonda arıtımından sonra elde edilen analiz sonuçları Çizelge 5.23 ve 24 'te verilmiştir.

Kolondan geçen atıksuyun hızının tespiti için belli zaman aralıklarında toplanan su hacimleri okunduktan sonra bu hacimsel hızların ortalamasından ortalama hacimsel hız $34 \text{ cm}^3/\text{dk}$ olarak bulundu. Boş kule hızı ortalama hacimsel hızın boş kolon kesit alanına bölünmesiyle aşağıdaki gibi hesaplandı:

$$(34 \text{ cm}^3/\text{dk}) [1 / (3,14) \times (2,5 \text{ cm})^2] (1 \text{ dk} / 60 \text{ s}) (1 \text{ m} / 100 \text{ cm}) = 2,89 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

Ayrıca aşağıdaki verilerden yararlanarak boşluk kesri ve basınç düşüşü de hesaplandı.

Yatak yüksekliği = 50 cm

Boş kolon hacmi = $3,14(2,5 \text{ cm})^2(50 \text{ cm}) = 981,7 \text{ cm}^3$

Cüruf yoğunluğu = $1,935 \text{ g/cm}^3$ (Piknometre ile ölçüldü)

Cüruf miktarı = 730 g

Cüruf hacmi = $730 \text{ g} / [1,935(\text{g/cm}^3)] = 377,3 \text{ cm}^3$

Boşluk hacmi = $981,7 - 377,3 = 604,4 \text{ cm}^3$

Boşluk kesri = Boşluk hacmi/Boş kolon hacmi

Boşluk kesri = $604,4 / 981,7 = 0,615$

Tanecik çapı = 0,037 cm

Viskozite = 0,01 g/cm s

Basınç düşüşü = 1,042 cm su sütunu (bkz. Ek Açıklamalar - D)

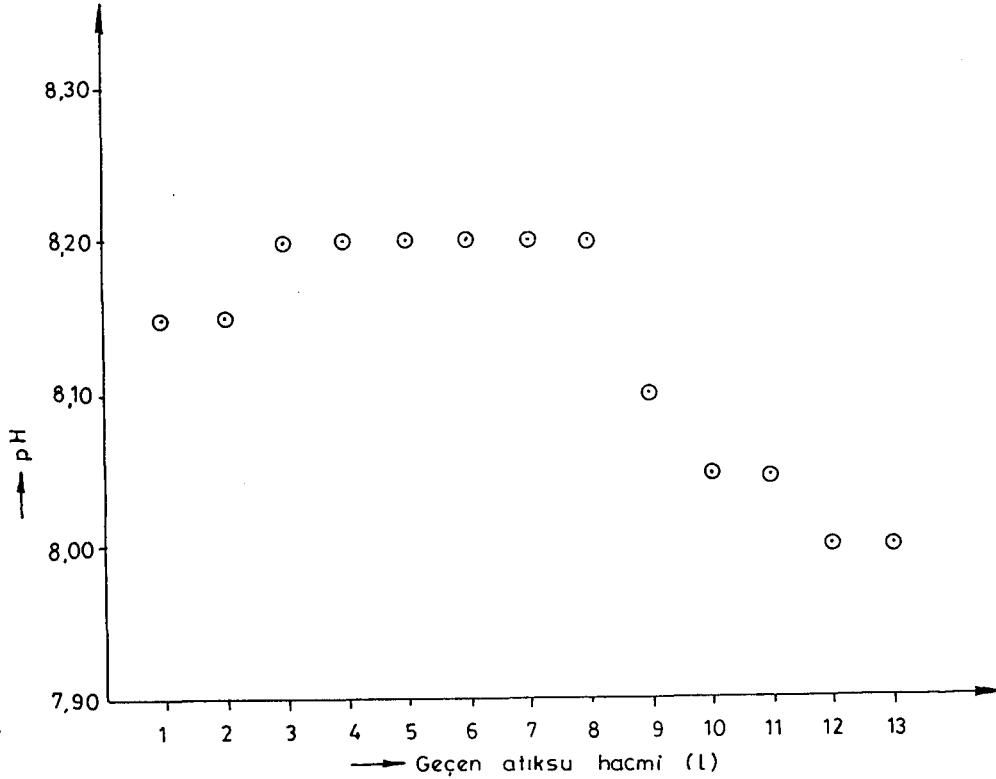
Çizelge 5.23. 11.5.1989 tarihli ham atıksuyun çürük ile kolonda adsorpsiyonla arıtımından elde edilen analiz sonuçları

2,89x10 ⁴ m/s boş kule hızında geçen atıksu hacmi(l)	pH	% Arıtım	KDİ (mg/l)	% Arıtım
0(Orjinal)	8,60	—	119	—
1	8,15	5,2	52	56,3
2	8,15	5,2	42	64,7
3	8,20	4,7	56	52,9
4	8,20	4,7	31	73,9
5	8,20	4,7	51	57,1
6	8,20	4,7	59	50,4
7	8,20	4,7	66	44,5
8	8,20	4,7	62	47,9
9	8,10	5,8	59	50,4
10	8,05	6,4	55	53,8
11	8,05	6,4	70	41,2
12	8,00	7,0	62	47,9
13	8,00	7,0	66	44,5

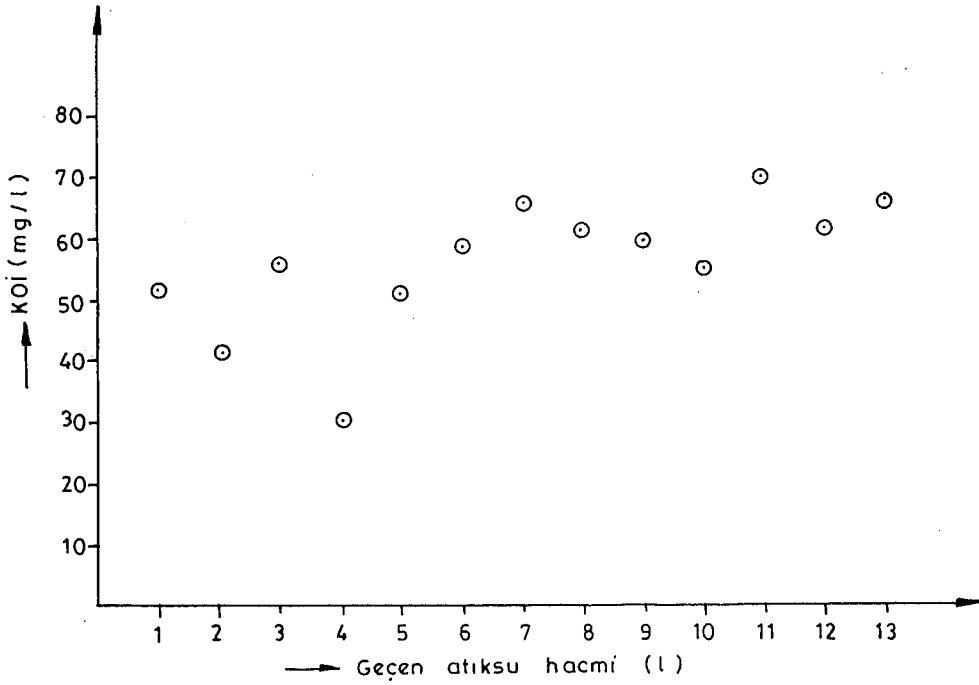
Çizelge 5.24. 11.5.1989 tarihli ham atıksuyun cüruf ile kolonda adsorpsiyonla arıtımından elde edilen renk verileri

$2,89 \times 10^{-4}$ m/s boş kule hızında geçen atıksu hacmi (l)	%Berraklık	%Berraklık artışı	%Saflık	Baskın dalga boyu	Renk
0(Orjinal)	33,7	—	10	548c	Kırmızı-mor
1	97,8	64,2	10	560c	Kırmızı-mor
7	95,0	61,4	10	560c	Kırmızı-mor
13	75,3	41,7	10	500c	Kırmızı-mor

11.5.1989 tarihli ham atık suyun kolonda cürufle arıtımından sonra elde edilen pH değerlerinin geçen atık_su hacmine karşı değişimi Şekil 5.8 'de, KODI değerlerinin değişimi ise Şekil 5.9 'da verilmiştir.



Şekil 5.8. 11.5.1989 tarihli ham atıksuyun cüruf ile kolonda arıtımı sonucunda elde edilen pH değerlerinin geçen atıksu hacmine karşı değişimi.



Şekil 5.9. 11.5.1984 tarihli ham atıksuyun cürüfla kolonda arıtımı sonucunda elde edilen KOl değerlerinin geçen atıksu hacmine karşı değişimi.

29.5.1989 tarihli ham atıksu ile musluk sonuna kadar açıldığında elde edilen akım hızında cüruf kullanılarak yapılan arıtım çalışmalarının sonuçları Çizelge 5.25 'te verilmiştir. Boş kule hızı, boşluk kesri ve basınç düşüşü aşağıdaki verilerden yararlanılarak aynı şekilde hesaplandı:

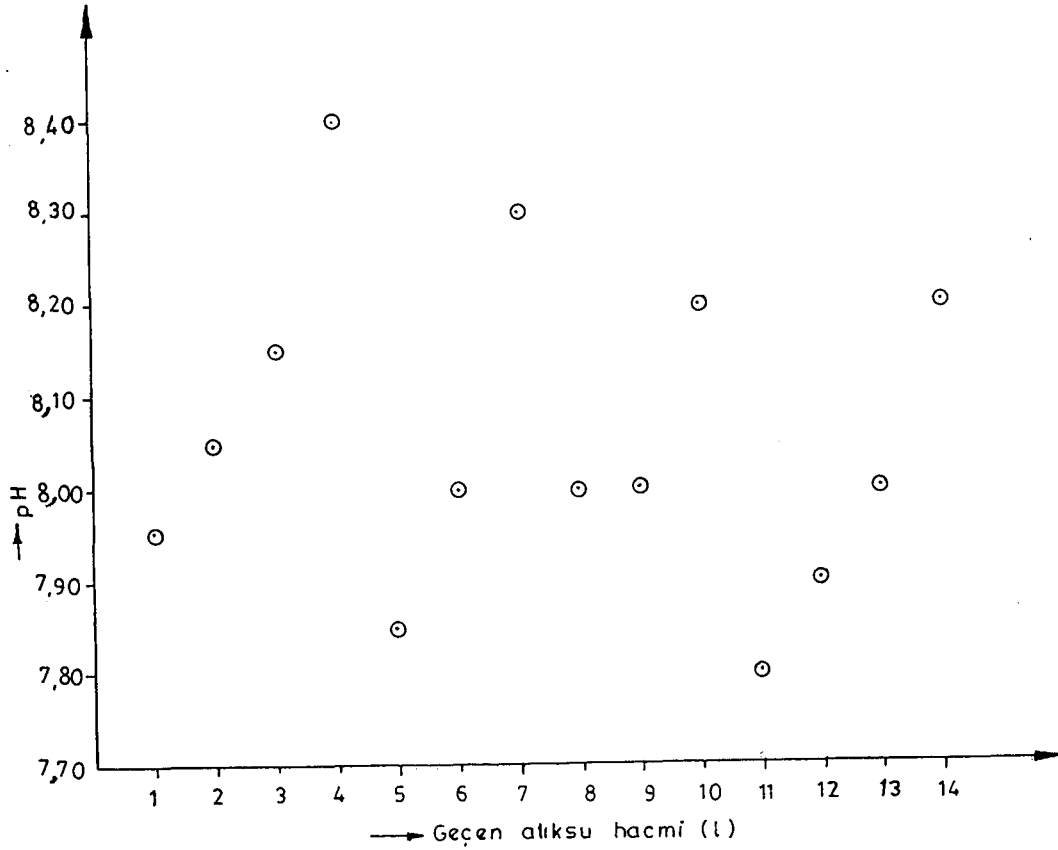
Ortalama hacimsel hız	= 14,3 cm ³ /dk
Boş kule hızı	= 1,21x10 ⁻⁴ cm ³
Yatak yüksekliği	= 50 cm
Boş kolon hacmi	= 981,7 cm ³
Cüruf yoğunluğu	= 1,935 g/cm ³
Cüruf miktarı	= 750 g
Cüruf hacmi	= 387,6 cm ³
Boşluk hacmi	= 594,1 cm ³
Boşluk kesri	= 0,605
Tanecik çapı	= 0,037 cm
Viskozite	= 0,01 g/cm s
Basınç düşüşü	= 0,476 cm su sütunu

Çizelge 5.25. 29.5.1989 tarihli ham atıksuyun cüruf ile kolonda adsorpsiyonla arıtımından elde edilen analiz sonuçları

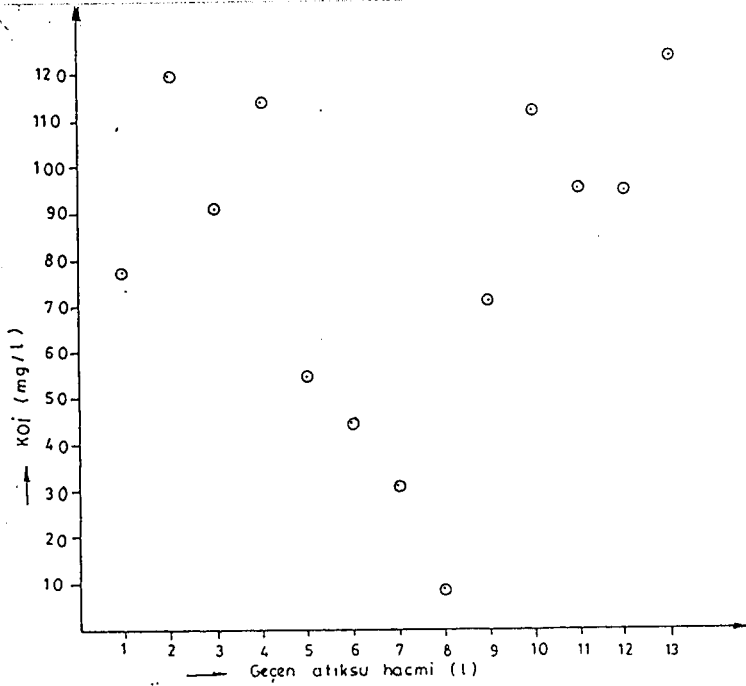
$1,21 \times 10^{-4}$ kule hızında geçen atıksu hacmi (l)	pH	%Arıtım	KDİ(mg/l)	%Arıtım	%Berraklık	%Berraklık artışı
0 (Orjinal)	9,50	—	678,00	—	26,22	—
1	7,95	16,32	77,92	88,50	—	—
2	8,05	15,26	119,18	82,42	—	—
3	8,15	14,21	91,68	86,47	—	—
4	8,40	11,57	114,60	83,09	95,9	69,7
5	7,85	17,36	55,00	91,18	93,7	67,5
6	8,00	15,78	45,84	93,23	95,1	68,9
7	8,30	12,63	32,08	95,26	92,4	66,2
8	8,00	15,78	9,17	98,64	91,0	64,8
9	8,00	15,78	71,11	89,51	89,6	63,4
10	8,20	13,68	113,78	83,21	85,6	59,4
11	7,80	17,89	96,00	85,58	85,3	59,0
12	7,90	16,84	96,00	85,58	79,2	53,0
13	8,00	15,78	124,44	81,16	72,0	45,8
14	8,20	13,68	184,90	72,72	33,5	7,2

x ve y değerleri merkez kısımda birleştigiinden renk ve baskın dalga boyları okunamadı.

29.5.1989 tarihli ham atıksuyun kolonda cüruflla arıtımından sonra elde edilen pH değerlerinin geçen atıksu hacmine karşı değişimi Şekil 5.10' da, KODI değerlerinin değişimi ise Şekil 5.11 'de verilmiştir.



Şekil 5.10. 29.5.1989 tarihli ham atıksuyun cüruflla kolonda arıtımı sonucunda elde edilen pH değerlerinin geçen atıksu hacmine karşı değişimi



Şekil 5.11. 29.5.1989 tarihli ham atıksuyun cüruflla kolonda arıtımı sonucunda elde edilen KOD değerlerinin geçen atıksu hacmine karşı değişimi.

29.5.1989 tarihli ham atıksuyun perlit kullanılarak yapılan arıtımında hacimsel akış hızı daha önce çalışılan hızların ara değerine ayarlanarak akım hızının ve adsorbanın etkisi gözlemlendi. Bu ham atıksuyun perlitte arıtımından elde edilen analiz sonuçları ise Çizelge 5.26 ve 27 ' de verilmiştir. Boş kule hızı, boşluk kesri ve basınç düşüşü aşağıdaki verilerden yararlanılarak aynı şekilde hesaplandı:

Ortalama hacimsel hız	= 24,9 cm ³ /dk
Boş kule hızı	= 2,11x10 ⁻⁴ m/s
Yatak yüksekliği	= 50 cm
Boş kolon hacmi	= 981,7 cm ³
Perlit yoğunluğu	= 0,3223 g/cm ³
Perlit miktarı	= 117 g
Perlit hacmi	= 363,02 cm ³
Boşluk hacmi	= 618,68 cm ³
Boşluk kesri	= 0,63
Tanecik çapı	= 0,0688 cm
Basınç düşüşü	= 0,16 cm su sütunu

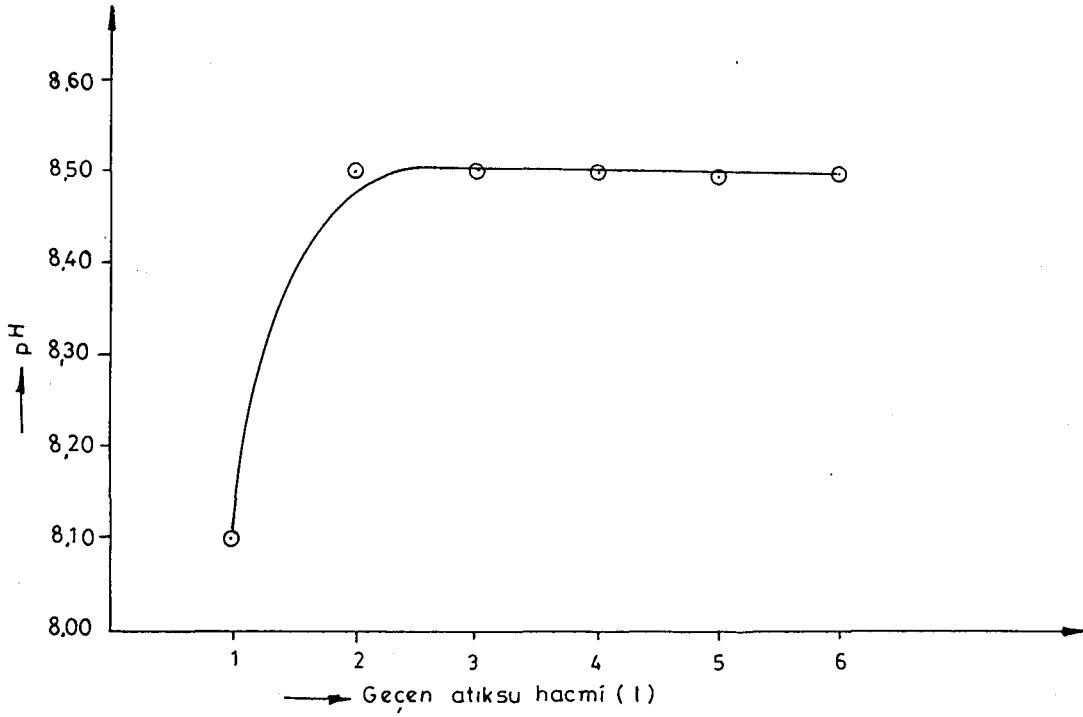
Çizelge 5.26. 29.5.1989 tarihli ham atıksuyun perlitle kolonda adsorpsiyonla arıtımından elde edilen analiz sonuçları

$2,11 \times 10^{-4}$ m/s boş kule hızında geçen atıksu hacmi(l)	pH	% Arıtım	KDİ (mg/l)	% Arıtım
0 (Orjinal)	9,50	—	678,00	—
1	8,10	14,73	245,34	63,81
2	8,50	10,52	291,56	57,00
3	8,50	10,52	288,01	57,52
4	8,50	10,52	291,56	57,00
5	8,50	10,52	288,01	57,52
6	8,50	10,52	—	—

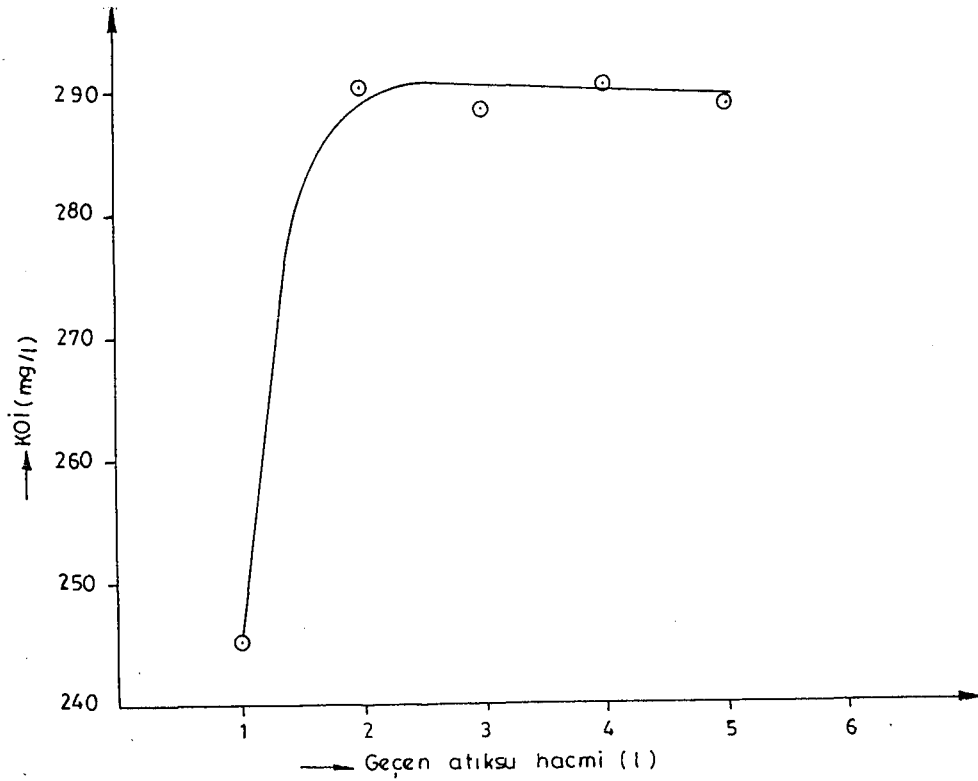
Çizelge 5.27. 29.5.1989 tarihli ham atıksuyun perlitle kolonda adsorpsiyonla arıtımından elde edilen renk verileri

$2,11 \times 10^{-4}$ m/s boş kule hızında geçen atıksu hacmi(l)	%Berraklık	%Berraklık artışı	%Saflık	Baskın dalga boyu	Renk
0 (Orjinal)	26,2	—	12,00	564c	Kırmızı-mor
1	34,0	7,8	12,00	460	Eflatun
2	25,0	0,0	12,00	460	Eflatun
3	24,3	0,0	12,00	460	Eflatun

29.5.1989 tarihli ham atıksuyun kolonda perlitle arıtımından sonra elde edilen pH değerlerinin geçen atıksu hacmine karşı değişimi Şekil 5.12 ' de, KDİ değerlerinin değişimi ise Şekil 5.13 'te verilmiştir.



Şekil 5.12. 29.5.1989 tarihli ham atıksuyun perlitle kolonda arıtımı sonucunda elde edilen pH değerlerinin geçen atıksu hacmine karşı değişimi.



Şekil 5.13. 29.5.1989 tarihli ham atıksuyun perlitle kolonda arıtımı sonucunda elde edilen KOİ değerlerinin geçen atıksu hacmine karşı değişimi.

6. BULGULARIN TARTIŞILMASI

6.1 Öndeneme Bulgularının Tartışılması

Öndenemelerde iki ayrı renkle aynı koşullarda çalışıldığında sarı boyanın lacivert boyaya göre daha iyi adsorplandığı görülmüştür; bu da boyaların farklı yapıda olmasından kaynaklanabilir.

6.1.1 Sıcaklığın etkisiyle ilgili bulguların tartışılması

Cüruf ve aktif karbonla sarı ve lacivert boya çözeltileri kullanılarak farklı sıcaklıklarda yapılan kesikli adsorpsiyon deneylerinin sonuçlarını gösteren Şekil 5.1 ve 2 incelendiğinde, her iki adsorban ve her iki renk için de sıcaklığın önemli bir etkisi olmadığı görülmektedir. Sıcaklığın artışı genellikle adsorpsiyon verimini az da olsa artırmaktadır; ancak artış çok önemli olmadığından ortam koşullarında çalışılması uygun olacaktır.

6.1.2 pH değerinin etkisiyle ilgili bulguların tartışılması

pH değerinin adsorpsiyon verimine etkisini gözlemek amacıyla çizilen Şekil 5.3 incelendiğinde, aktif karbon ve cüruf için zıt durumlar gözlenmektedir. Cüruf bazı metal oksitler gibi suda çözünebilen bileşenler içerdiğinden ve bu metal oksitlerin çoğu bazik karakterde olduğundan, bazik ortamda bu metal oksitler daha zor çözünürler. Yani pH değerinin artmasıyla metal oksitlerin çözünürlüğü azalır. Dolayısıyla cüruftan suya geçen metal katyonları azalacağından pıhtılaştırma etkisiyle arıtım da azalacaktır. Burada pH 'ın adsorpsiyondan çok pıhtılaştırmaya etkisi olduğu söylenebilir.

6.1.3 Boyutun etkisi ile ilgili bulguların tartışılması

Adsorban boyutunun etkisinin incelendiği deneylerin bulgularıyla çizilen Şekil 5.4, doğal olarak beklenildiği gibi, küçük boyutlarda adsorpsiyon verimlerinin büyük boyutlardakine göre daha yüksek olduğunu göstermektedir. Ancak bu etki cürufta aktif karbona göre, her ne kadar büyük boyutların aralıkları iki adsorban için farklıysa da, çok daha belirgindir. Bu da

beklenen bir sonuçtur; çünkü cürufun aktif karbona göre daha az gözenekli oluşu nedeniyle boyut küçültmenin adsorpsiyon verimine etkisi çok daha fazla olacaktır. Tanecik boyutunun küçülmesiyle toplam tanecik dış yüzey alanı önemli ölçüde artmaktadır. Ayrıca cüruf suda az da olsa çözünebilen anorganik maddeler içerdiğinden, boyutun küçültülmesi artan tanecik dış yüzey alanı nedeniyle daha fazla maddenin çözeltiye geçmesine neden olacaktır. Özellikle metal katyonlarının pıhtılaştırıcı etkileri nedeniyle aktif karbon için söz konusu olmayan ilave bir arıtım etkisi sağlanmış olacaktır.

Boyut küçültmenin arıtım verimine önemli etkisi saptanmış olmakla birlikte, boyut küçültme fazla enerji gerektirdiğinden arıtım maliyetini önemli ölçüde etkileyecektir. Bu nedenle gerekli arıtım sağlanabildiği takdirde cürufun orjinal boyut dağılımıyla kullanılması en uygun seçenek olacaktır.

6.2 Atıksu Analizi Bulgularının Tartışılması

Çizelge 5.14 'te verilen analiz bulgularına göre birinci örnek için pH, KOİ, BOİ, yağ ve gres, sülfür, sülfid parametreleri SKKY sınırlarına aşmaktadır. İkinci örnekte atıksuyun pH değeri düşüktür, fakat amonyum azotu, yağ ve gres, sülfür, sülfid değerleri sınır değerlerini aşmaktadır. Üçüncü örnekte ise pH, KOİ, amonyum azotu, yağ ve gres, sülfür, sülfid değerleri sınırı aşmaktadır. Üçüncü atıksu ikinci örneğe göre daha kirli karakterdedir. Her üç örnekte de AKM sınırın ve DSİ 'den alınan verilerin oldukça altındadır. Bunun nedeni işletmenin üretim ünitelerinde yaptığı değişiklikler olabilir. KOİ birinci ve üçüncü örnekte sınır değerinde oldukça üstündedir. BOİ değeri ise birinci örneğin dışında diğer iki örnekte sınır değerinin altındadır. KOİ değerinin BOİ 'ye göre oldukça yüksek olması kimyasal olarak parçalanabilen maddelerin biyolojik olarak parçalanabilenlere göre daha fazla olduğunu gösterir. BOİ değerinin düşük çıkması bize ortamın zehirli olabileceğini düşündürür. Amonyum azotu birinci örnekte hiç olmamasına rağmen ikinci ve üçüncü örnekte sınır değerinin üstündedir. Azotlu bileşiklerin fazla olması dip çamurlarının oluşmasına neden olabileceği için sakıncalıdır (bkz. Alt bölüm 2.2.8).

Birinci ve ikinci örnekte Cr bulunmadı. Bu nedenle üçüncü örnekte Cr analizi yapılmadı. Cr bulunmamasının nedeni işletmenin kromlu boyaları kullanmaktan vazgeçmiş olmasıdır.

Her üç örnekte, özellikle üçüncüsünde yağ ve gres sınır değerinin oldukça üstündedir. Bunun nedeni basma işleminde gazyağı kullanılması olabilir, özellikle son örneğin belirgin gazyağı kokusu bunu doğrulamaktadır.

Sülfür ve sülfid her üç örnekte sınır değerinin oldukça üstündedir. Burada sülfür sudaki hidrojenle birleşerek kötü kokulu ve zehirli H_2S 'i, daha sonra da H_2S aerobik bazı bakteriler tarafından oksitlenerek H_2SO_4 meydana getirebileceğinden oldukça sakıncalı olabilecektir (bkz. Altbölüm 2.2.9).

ZSF değeri üç örnekte de sınır değeri aşmamaktadır, fakat birinci ve üçüncü örnekte ikinciye göre daha fazladır. Bunun nedeni ikinci örnekte suda zehirli etki yapabilecek pH, KOD, yağ ve gres değerlerinin diğerlerine göre daha düşük olmasıdır.

Renk analizleri incelendiğinde her üç örnekte de % berraklık değerleri düşüktür. Tüm örnekler oldukça koyu renkli idi. Koyu renk güneş ışınlarının geçişini engelleyeceğinden, fotosentez yavaşlar, buna bağlı olarak çözünmüş oksijen azalarak, canlılar arasındaki dengenin bozulmasına neden olur. Ayrıca estetik yönden de suyun doğal renginin değişmesi istenmez (bkz. Altbölüm 2.2.1).

Analiz sonuçlarına göre her üç örnekte de özelliklerin çoğu açısından arıtım uygulanması gerekmektedir. Zaten işletme de bu gerek nedeniyle geçiçi bir arıtım yöntemi uygulamaktadır; ancak uygulanan yöntemin tüm parametreleri sınırların altına indirmediği bilinmektedir.

6.3 Kesikli Adsorpsiyonla Arıtım Bulgularının Tartışılması

Birinci örneğin (27.4.1989 tarihli) cürufu erlende adsorpsiyon yöntemiyle arıtımından elde edilen bulguları gösteren Çizelge 5.15 incelendiğinde 1,0 g/l cürufu pH, SKKY sınır değerinin altına düşürülebilmektedir. Cüruf miktarının artışına paralel olarak pH değerinde azalma görülmektedir. Yine Çizelge 5.15 'te görüldüğü üzere 1,0 g/l cürufu KOD sınır değerinin altına düşmektedir. Cürufu KOD giderimi oldukça etkin bir şekilde sağlanmaktadır. Aynı örneğin arıtımından sonra elde edilen renk verilerinin bulunduğu Çizelge 5.16 incelendiğinde ise cürufun renk gideriminde ve berraklık artışında fazla etkin olmadığı görülmektedir.

İkinci örneğin (11.5.1989 tarihli) erlende aktif karbonla arıtımından elde edilen bulguları içeren Çizelge 5.17 incelendiğinde aktif karbonun da pH değerini sınırın altına düşürebildiği görülmektedir. Cüruf ve aktif karbon pH

gideriminde hemen hemen aynı kapasiteye sahiptir. Hatta cüruf pH gideriminde daha etkindir de denilebilir. Aktif karbonla KDI yine sınır değerin altına düşürülebilmekte, fakat Çizelge 5.15 ve 17 karşılaştırıldığında cürufun daha iyi KDI giderimi sağladığı açıkça görülmektedir. Cürufun 10 g/l 'si ile KDI'de % 90,6 arıtım sağlanırken, 10 g/l aktif karbonla % 70,6 arıtım sağlanmaktadır. Fakat Çizelge 5.16 ve 18 incelendiğinde aktif karbonun renk gideriminde ve berraklık artışında cürufa göre çok daha etkin olduğu görülür. Aktif karbonun 10 g/l 'si ile % 98,6 berraklık sağlanırken, cürufun 10 g/l 'si ile ancak % 47,1 berraklık sağlanabilmektedir. Cürufta berraklığın az oluşunun bir nedeni de cüruftaki bazı metal oksitlerin çözünerek suya geçip hidroksitleri oluşturması olabilir.

Üçüncü örneğin(29.5.1989 tarihli) erlende cürufu arıtımından elde edilen bulguları gösteren Çizelge 5.19 incelendiğinde pH 'ı sınır değerin altına düşürmek için 1 g/l cürufun yeterli olmadığı görülmektedir. Bunun nedeni arıtımından önce bu atıksuyun pH değerinin birinci örneğin pH değerine göre daha yüksek olmasıdır.

Üçüncü örneğin aktif karbonla arıtım bulgularına veren Çizelge 5.21 incelendiğinde ise aktif karbonun pH gideriminde daha etkin olduğu görülür. Bu ise birinci ve ikinci örnekte elde edilen sonuçla çelişkili görünmektedir. Bu durumda atıksu örneğinin karakterindeki değişmelerin farklı adsorbanlarla pH giderimini etkilediği sonucu çıkarılabilir.

KDI arıtımına söz konusu olduğunda daha önce gözlenen cürufun üstünlüğü burada yalnızca adsorban miktarı fazla olduğunda görülmektedir. Bu elbette cürufun aktif karbondan daha iyi bir adsorban olduğu yargısına götürmemelidir. En mantıklı açıklama , Altbölüm 6.13 'te vurgulanmış olan cüruftaki çözünen metal katyonlarının pıhtılaştırma etkisinin adsorpsiyona ilave bir arıtım sağlamış olabileceğidir. Kömür küllerinden asidik çözeltilerle metal katyonlarının özütlenmesiyle elde edilen çözeltilerin, atıksu arıtımında pıhtılaştırıcı olarak kullanımı yönünde çalışmalar bu sonucu desteklemektedir (Smith et al., 1983).

KDI giderimiyle ilgili izotermier Freundlich tipindedir(bkz. Şekil 5.6). Aktif karbon için çok dik bir izoterm elde edildiği halde cüruf için daha az eğimli bir izoterm gözlenmektedir. Cüruf için noktaların dağınık oluşu arıtımın yalnızca adsorpsiyon mekanizmasıyla değil, aynı zamanda pıhtılaştırma ile de sağlanıyor olmasından ileri geliyor olabilir.

Genel olarak şu söylenebilir: Toz halinde crf fazla miktarlarda kullanılırsa toz aktif karbondan daha etkin KDI giderimi sağlayabilmektedir. Crfun çok ucuz oluşu fazla kullanılması gerekse de üstünlük sağlamaktadır; ancak öğütme maliyeti unutulmamalıdır.

6.4 Kolonda Adsorpsiyonla Arıtım Bulgularının Tartışılması

11.5.1989 tarihli örneğin kolonda crfla arıtımından elde edilen bulguları içeren izelge 5.23 incelendiğinde 730 g crfla en az 13 l atıksudaki pH ve KDI değerinin belirgin bir şekilde azaldığı görülür. şekil 5.8 'de görüldüğü üzere pH değeri önce düşmekte sonra artarak belirli bir aralıktaki sabit kalmakta daha sonra ise belirgin bir şekilde düşüş göstermektedir. Aynı iniş ve çıkışlı değerler şekil 5.9 incelendiğinde KDI değerlerinde de görülmektedir. Bu iniş ve ıkışlar; yüksek akım hızları sağlanamadığından arıtım işlemlerinin ancak birkaç günde tamamlanabilmesi, dolayısıyla geceleri kolonda bekleyen atıksuların temas sresinin uzun olması nedeniyle pH ve KDI gideriminin daha fazla olmasından ileri gelmektedir. Çizelge 5.24 incelendiğinde ise % berraklık değerinde belirgin bir artış olmadığı gözlenmiştir.

29.5.1989 tarihli örneğin kolonda crfla arıtım bulgularının verildiği izelge 5.25 incelendiğinde 750 g crfla en az 14 l atıksudaki pH ve KDI değerinde oldukça etkin bir arıtım sağlandığı görülmektedir. şekil 5.10 ve 11 incelendiğinde yine aynı iniş ve çıkışların olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ise daha önce de açıkladığımız gibi arıtımın sürekli olarak yapılamamasıdır.

Aynı rneğin kolonda perlitle arıtım bulgularının verildiği izelge 5.26 incelendiğinde pH ve KDI için perlitin iyi bir arıtım sağlamadığı görülmektedir. Bu bulgulardan anlaşıldığı üzere perlit tekstil atıksularının arıtımında kullanılabilecek bir madde değildir.

7. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

7.1 Genel Sonuçlar

Pamuklu tekstil işletmesinden üç ayrı iş gününde alınan arıtılmamış örneklerden üçü de en azından bazı özellikleri açısından arıtım gerektirdiğinden mutlaka bir arıtım yöntemi uygulanması zorunludur.

İşletmenin katı atığı olan cüruf atıksu arıtımı için çok elverişli bir madde olarak görünmektedir. Ancak cürufun arıtımda kullanılabilmesi için bazı sorunların çözülmesi gerekmektedir. Cürufu atıksuyun nasıl temas ettirilip arıtımın sağlanacağı önemli bir sorundur.

Arıtımın etkinliğini artırmak için cürufun öğütülerek kullanılması daha uygun olacaktır. Ancak bu işlemin önemli maliyet artışı meydana getireceği unutulmamalıdır.

Cüruf kullanılarak yapılacak arıtım için her türlü yatırım yerinde olacaktır, çünkü işlem son derece ekonomik görünmektedir.

İşletmede pH düşürmek için sülfürik asit kullanılmaktadır. Oysa Bölümümüzde yapılan çalışmalarda (Üztürk vd., 1989; Yeğin ve Üzdemir, 1988) sadece alüminyum sülfat kullanılmakla da pH değerinin sınıran altına düşürülebileceği ve aynı zamanda pıhtılaşma etkisiyle diğer parametrelerde de arıtım sağlanabileceği kanıtlanmıştır. Yine bölümümüzde yapılan bir çalışmada (Yeğin ve Üzdemir, 1988) granül aktif karbonla sabit yataklı kolonda da tüm parametreler açısından oldukça iyi bir arıtım sağlandığı görülmüştür; fakat ekonomik olmadığı için uygulanması önerilmemektedir. SKKY 'de renk konusunda bir sınır değer verilmemesine karşın rengin hipoklorit kullanılarak ağartılması işletme için olumlu bir davranıştır.

7.2 Öneriler

Atıksu ile cürufun temas ettirilme sorununu çözmek için pilot tesis kurularak çeşitli seçeneklerin denenip uygun sürecin belirlenmesi gerekir.

İşletmede daha önce arıtma tesisi kurulması planlanmış ve ihale edilerek çok sayıda büyük havuzlar yapılmış ve bu aşamada yapım durdurulmuştur. Biyolojik arıtımın hedeflendiği bu tesisin işletmeye alınmaması bir kayıp olarak görülmektedir. Bölümümüzde yapılan bir çalışmada (Selek, 1988) bu

işletmenin atıksuyunun pH değeri 9'un altına düşürüldükten sonra aktif çamur yöntemiyle KOİ bakımından % 87 oranında arıtılabilirliği kanıtlanmıştır. Bu nedenle arıtma tesisinin bir an önce işletmeye alınması uygun olacaktır.

Bir diğer seçenek de bu işletmenin atıksuyunun pH değeri 9 'un altına indirildikten sonra kent kanalizasyon şebekesine verilmesi ve evsel atıksularla birlikte arıtılmasıdır. Ancak bu durumda işletmenin kent atıksu arıtım tesisinin hem yapımında hem de işletilmesinde, vereceği yükle orantılı bir katkı koyması kaçınılmaz olacaktır. Ayrıca çok iyi denetim de gerekecektir; çünkü örneğin pH değeri 9 'dan büyük olduğunda arıtma tesisinde biyolojik faaliyetler durabilir.

Cüruf ince bir elekten geçirildikten sonra üst kısımda kalan iri tanecikler kolona doldurularak çalışılırsa, kolonda tıkanma meydana getiren tanecikler ayrılmış olacağından beklemeden meydana gelebilecek sorunlar ortadan kalkar. Böylelikle istenilen akım hızında, bekleme olmadan çalışılarak daha sağlıklı sonuçlar elde edilebilir.

Bundan sonraki çalışmalarda cürufun kimyasal yapısının incelenmesi ve cürufun suda çözünen bileşenlerinin belirlenmesi uygun olacaktır.

Cüruf ucuz bir asitle muamele edilip metal katyonlarına içeren çözelti pıhtılaştırıcı olarak kullanılabilir. Geride kalan cüruf artığı daha gözenekli bir yapıya sahip olabileceğinden orjinal haline göre daha iyi bir arıtım sağlayabilir. Böylelikle arıtım iki ayrı etki ile sağlanmış olur.

Tekstil atıksularının arıtımında ayrıca, çevrede bol miktarda bulunan(fındık kabuğu, bentonit vb.) ucuz adsorbanlar da denenebilir.

EK AÇIKLAMALAR - A

ELEK ANALİZLERİNİN YAPILIŞI VE SONUÇLARI

A.1 Elek Analizinin Yapılışı

Deneylerde Retsch marka mekanik titreşimli elek analizi cihazı kullanıldı. Tartımı alınan elekler en küçük delikli olan en altta ve en büyük delikli olan en üstte olmak üzere delik büyüklüğüne göre dizilir. Analiz, tartımı belli numuneyi en üstteki eleğe koyarak ve dizi bir süre (bu süre 25 dakika seçildi) mekanik olarak titreştirilerek yapılır. En ince elekten geçen parçacıklar elekaltı kabında toplanır. Her bir elektteki ve elekaltındaki madde miktarı tartılarak bulunur.

Hesaplamalar ayrımsal ve toplamlı analize göre yapılabilir. Ayrımsal analizde bir kesimdeki tüm taneciklerin boyutlarının eşit olduğu varsayımı yapılır. Hesaplamalarda önce her bir elektteki miktarın kütle kesri (ΔQ_n) bulunur. Sonra üst üste olan iki eleğin delik açıklıklarının ortalaması (D_n) bulunarak çizelge oluşturulur. Çizelgedeki bu değerlerden yararlanılarak aşağıdaki denklemlerden sırasıyla özgül yüzey alanı, özgül tanecik sayısı ve ortalama tanecik çapı hesaplanır.

$$A_w = \frac{6\lambda}{\rho_p} \sum_{n=1}^n \frac{\Delta Q_n}{D_n} \quad (A.1)$$

$$N_w = \frac{1}{a \rho_p} \sum_{n=1}^n \frac{\Delta Q_n}{D_n^3} \quad (A.2)$$

$$D_p = \frac{6\lambda}{A_w \rho_p} \quad (A.3)$$

Burada a ve λ birer sabit olup sırasıyla 2 ve 1,75 değerindedirler (Özdamar vd., 1978).

Toplamlı analiz ayrımsal analizden toplama ile elde edilir. Bunun için en büyük delik açıklığında kalanın kütle kesrinden (ΔQ_1) başlanarak ayrı ayrı eleklerde kalanların kütle kesirlerini (ΔQ_n) toplanır (Q) ve bu toplamlar en son eklenen eleğin delik boyutuna (D_p) karşı çizelge veya grafiğe geçirilir.

Grafiksel yöntemle özgül yüzey alanı, ϕ ' ye karşı $1/D_p$ değerleri grafiğe geçirilerek $\phi = 0$ ve $\phi = 1$ arasında eğrinin altında kalan alanın grafiksel integrasyonu ile bulunur.

$$A_w = \frac{6\lambda}{\rho_p} \int_0^1 \frac{d\phi}{D_p} \quad (A.4)$$

Özgül tanecik sayısı ise ϕ ' ye karşı $1/D_p^3$ grafiğe geçirilerek $\phi = 0$ ve $\phi = 1$ arasında eğrinin altında kalan alanın grafiksel integrasyonu ile bulunur (Özdamar vd., 1978).

$$N_w = \frac{1}{a \rho_p} \int_0^1 \frac{d\phi}{D_p^3} \quad (A.5)$$

Hesaplamalar ayrımsal analiz metoduna göre yapılarak sonuçlar bulunmuştur.

A.2 Elek Analizlerinin Sonuçları

A.2.1 Aktif karbonun elek analizi sonuçları

Elek analizi 166,69 g aktif karbon alınarak yapılmıştır. Ayrımsal analize göre sonuçlar Çizelge A.1 ' de verilmiştir.

Çizelge A.1 Aktif karbonun elek analizi sonuçları

Mesh no	D_p (cm)	Her bir elekteki aktif karbon miktarı (g)	ΔQ_n	D_n
20	0,0850	—	—	—
40	0,0425	0,25	0,0015	0,0638
60	0,0224	2,17	0,0130	0,0325
100	0,0140	10,49	0,0629	0,0182
120	0,0112	14,67	0,0880	0,0126
170	0,0080	19,08	0,1144	0,0046
200	0,0071	16,93	0,1015	0,0076
270	0,0053	23,57	0,1414	0,0062
400	0,0038	69,64	0,4177	0,0045
Elekalta	—	9,87	0,0592	—

Özgül yüzey alanı Denk.A.1 ' den $1219,67 \text{ cm}^2/\text{g}$, özgül tanecik sayısı Denk. A.2 ' den $6524815 \text{ tanecik/g}$, ortalama tanecik çapı ise Denk. A.3 ' ten $6,097 \times 10^{-3} \text{ cm}$ olarak hesaplandı.

A.2.2 Cürufun elek analizi sonuçları

Elek analizi $184,31 \text{ g}$ cüruf alınarak yapılmıştır. Ayrımsal analize göre sonuçlar Çizelge A.2 ' de verilmiştir.

Çizelge A.2 Cürufun elek analizi sonuçları

Mesh no	D_p (cm)	Her bir elekteki cüruf miktarı (g)	$\Delta \phi_n$	D_n (cm)
10	0,1651	0	—	—
12	0,1397	9,9	0,0537	0,1524
20	0,085	64,48	0,3498	0,1124
40	0,0425	43,10	0,2338	0,0638
60	0,0224	28,65	0,1554	0,0325
100	0,0140	21,08	0,1143	0,0182
170	0,0080	14,69	0,0797	0,0110
270	0,0053	1,60	0,0087	0,0067
400	0,0038	0,43	0,0023	0,0046
Elekaltı	—	0,07	0,0004	—

Özgül yüzey alanı Denk. A.1 'den $147,95 \text{ cm}^2/\text{g}$, özgül tanecik sayısı Denk. A.2 ' den 35875 tanecik/g , ortalama tanecik çapı ise Denk. A.3 ' ten $0,0366 \text{ cm}$ olarak bulundu.

A.2.3 Perlitin elek analizi sonuçları

Elek analizi $56,32 \text{ g}$ perlit kullanılarak yapılmıştır. Ayrımsal analize göre sonuçlar Çizelge A.3 ' te verilmiştir.

Çizelge A.3 Perlitin elek analizi sonuçları

Mesh no	D_p (cm)	Her bir elekteki perlit miktarı (g)	ΔQ_n	D_n (cm)
10	0,1651	—	—	—
12	0,1397	39,58	0,7027	0,1521
20	0,0850	6,92	0,1228	0,1124
40	0,0425	1,89	0,0335	0,0638
60	0,0224	0,91	0,0161	0,0325
100	0,0140	1,61	0,0286	0,0182
120	0,0112	0,55	0,0098	0,0126
170	0,0080	0,73	0,0129	0,0036
200	0,0071	0,79	0,0140	0,0076
Elekalıtı	—	3,29	0,0584	—

Özgül yüzey alanı Denk.A.1 'den 472,95 cm²/g , özgül tanecik sayısı Denk. A.2 ' den 495703 tanecik/g , ortalama tanecik çapı ise Denk. A.3 ' ten 0,0688 cm olarak bulundu.

EK AÇIKLAMALAR B

ÇALIŞMA EĞRİLERİ

B.1 Sarı Boya İçin Çalışma Eğrisi

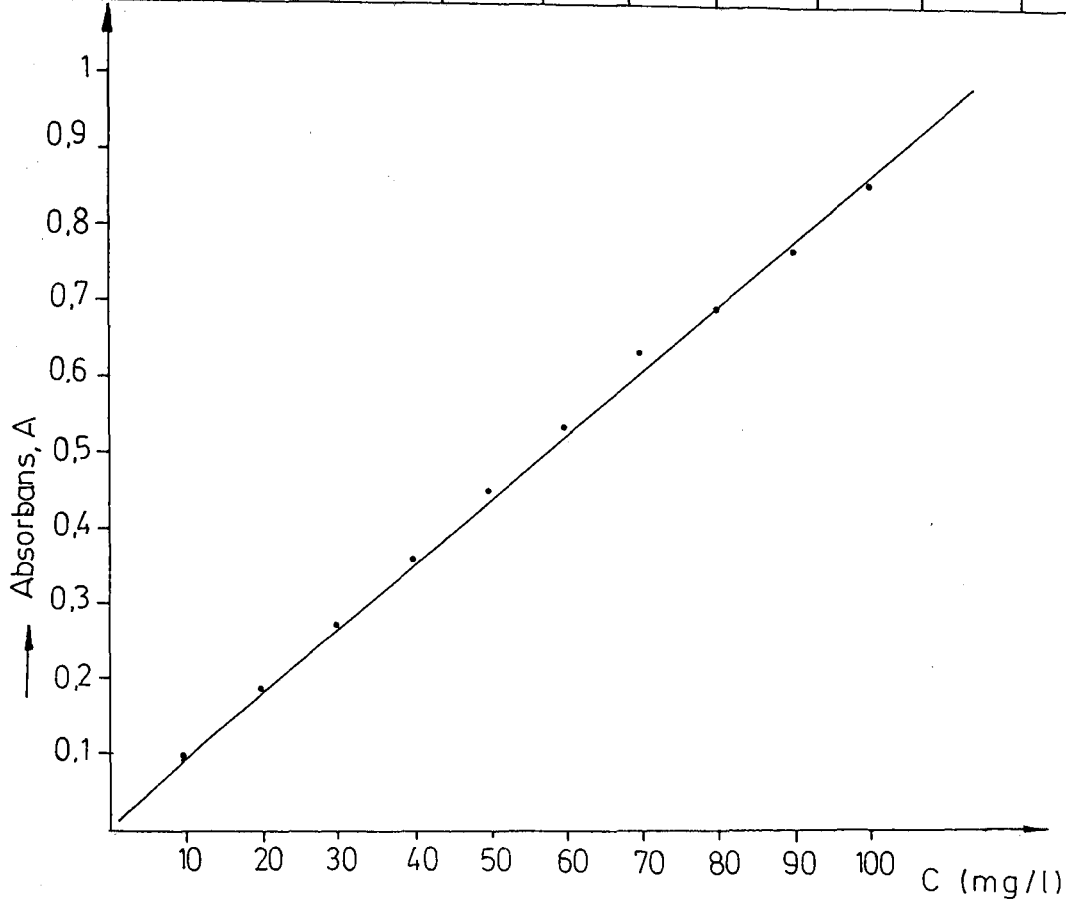
Yapılan deneylerde kullanılan çalışma eğrisini çizmek için farklı derişimlere karşı okunan absorbens değerleri Çizelge B.1 'de, çalışma eğrisi ise Şekil B.1 'de verilmiştir. Şekilde elde edilen deney noktaları işaretlenmiştir ve regresyon analizi yapılarak denklemi

$$A = 8,56 \times 10^{-3} c + 0,014 \quad (B.1)$$

olarak bulunan doğru (korelasyon katsayısı = 0,996) çizilmiştir.

Çizelge B.1 Sarı boya için çalışma eğrisi verileri

c (mg/l)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Absorbans	0,094	0,183	0,270	0,358	0,448	0,531	0,684	0,689	0,762	0,846



Şekil B.1. Sarı boya için çalışma eğrisi.

B.2 Lacivert Boya İçin Çalışma Eğrisi

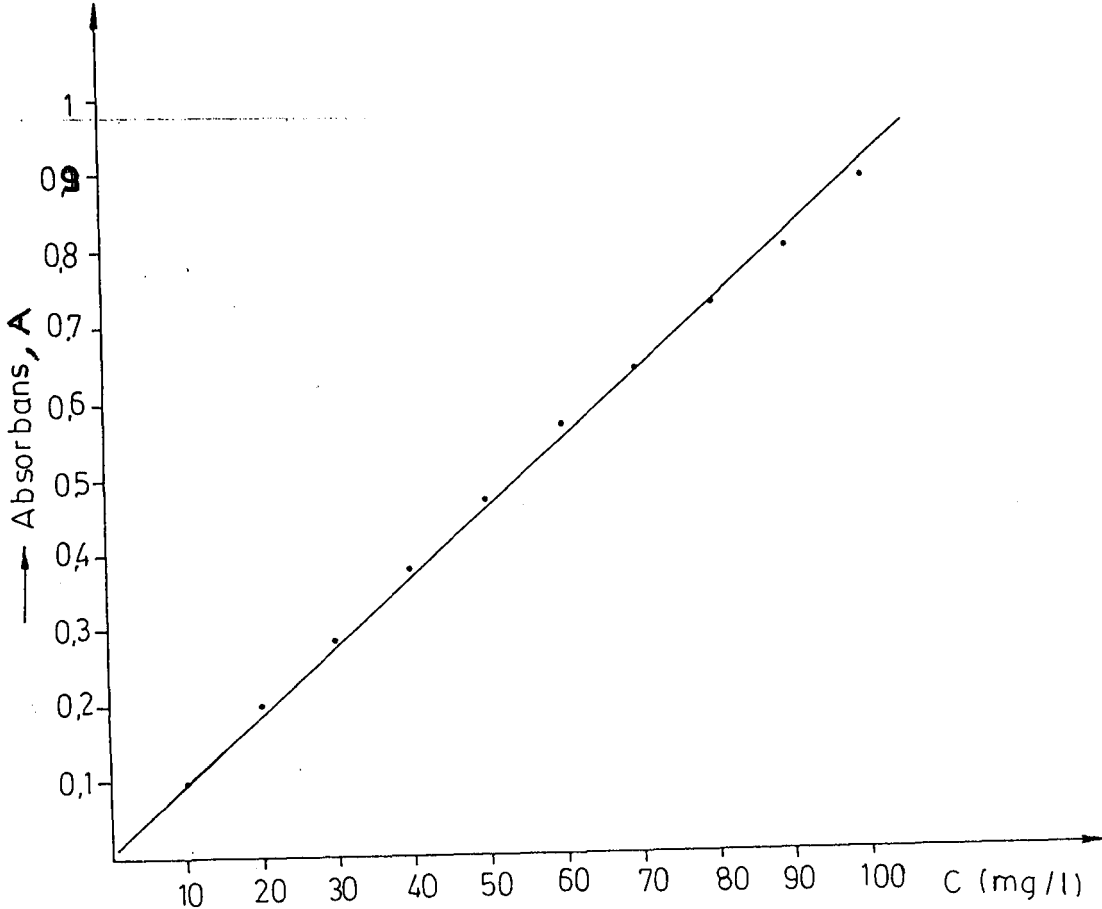
Yapılan deneylerde kullanılan çalışma eğrisini çizmek için farklı derişimlere karşı okunan absorbanans değerleri Çizelge B.1 'de, çalışma eğrisi ise Şekil B.2 ' de verilmiştir. Şekilde elde edilen deney noktaları işaretlenmiştir ve regresyon analizi yapılarak denklemi

$$A = 8,2 \times 10^{-3} c + 0,0586 \quad (B.2)$$

olarak bulunan doğru (korelasyon katsayısı = 0,997) çizilmiştir.

Çizelge B.2 Lacivert boya için çalışma eğrisi verileri

c (mg/l)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Absorbans	0,098	0,195	0,282	0,376	0,466	0,562	0,637	0,722	0,794	0,885



Şekil B.2. Lacivert boya için çalışma eğrisi.

EK AÇIKLAMALAR C

SPEKTROFOTOMETRE İLE RENK TAYİNİ

C.1 Gereçler

Spektrofotometre(U7 - 120 - 01 Shimadzu marka, 250 - 1000 nm kapasitede) ve vakumlu filtrasyon sistemi kullanıldı.

C.2 Tayin Yöntemi

Örneklere renk tayini orijinal pH değerinde ve gerekirse pH değeri H_2SO_4 veya NaOH ile 7,6 ' ya ayarlanarak yapılır.

50 ml kadar örnek alınarak ortalama 40 mikron gözenekli cam filtreden vakumla süzülür. İlk geçen süzüntü atılarak(5 - 10 ml kadar) sonraki alınır. Spektrofotometre kuvetine konur ve demitik suya karşı % geçirgenlik (transmittans) değerleri okunur. Geçirgenlikler Çizelge C.1 ' deki dalgaboylarında okunur.

Hesaplama için X, Y ve Z kolonlarındaki geçirgenlikler ayrı ayrı toplanır ve toplamlar kolonların alt kısımlarındaki faktörlerle çarpılır. Bu şekilde X, Y, Z değerleri bulunur. Y değeri atıksuyun yüzde berraklığıdır.

Trikromatik katsayılar olan x ve y, X, Y, Z değerlerinden şu formüllerle hesaplanır:

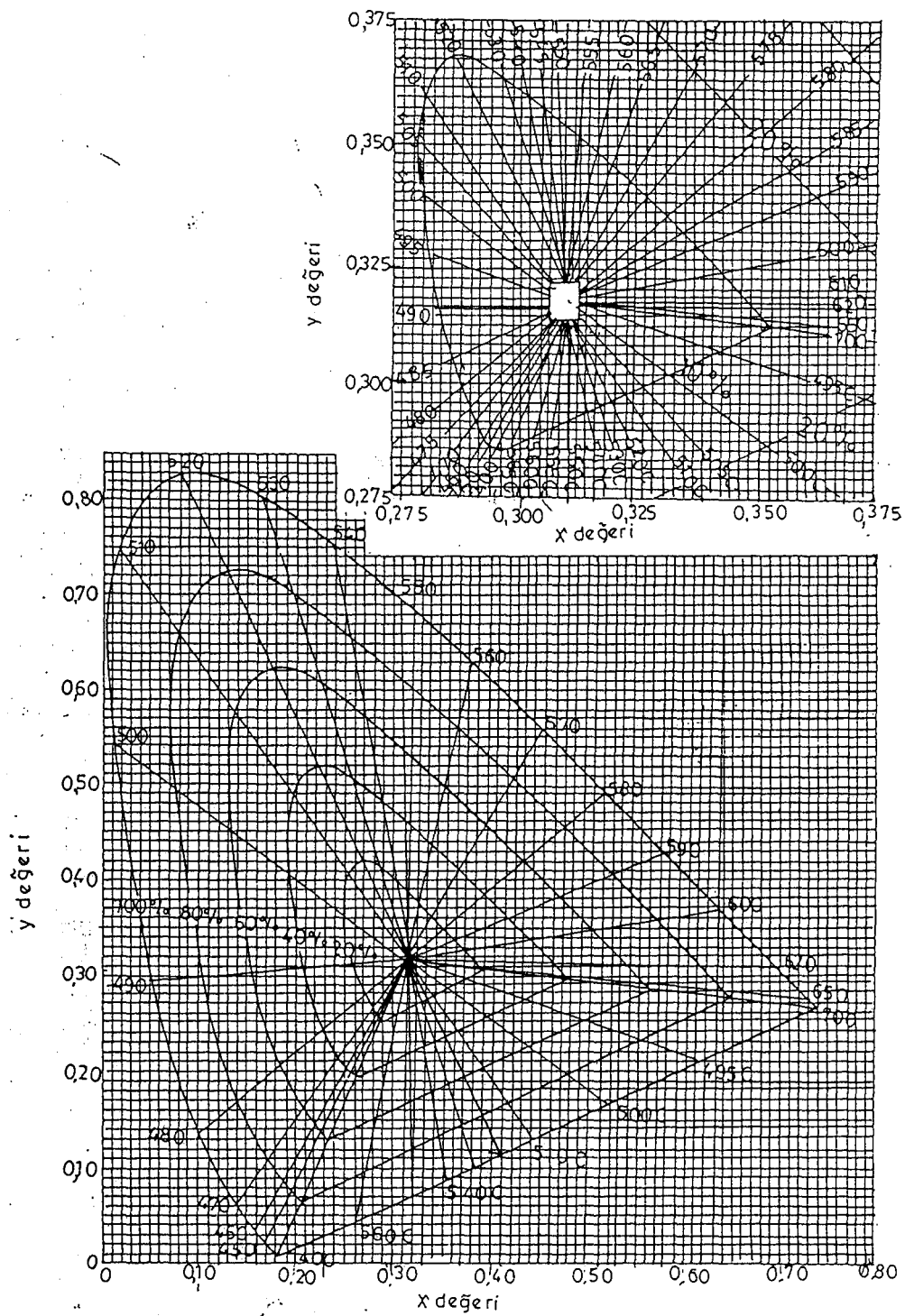
$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad (C.1)$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad (C.2)$$

x ve y değerleri Şekil C.1 ' deki renk grafiğine yerleştirilerek baskın dalgaboyu ile saflık(yüzde olarak) doğrudan grafikten okunur.

Çizelge C.1. Spektrofotometrik renk tayini için geçirgenliklerin okunduğu dalga boyları (Standard Methods, 1967)

X	Y	Z
Dalga boyu (nm)		
435,5	489,5	422,2
461,2	515,2	432,0
544,3	529,8	438,6
564,1	541,4	444,4
577,4	551,8	450,1
588,7	561,9	455,9
599,6	572,5	462,0
610,9	584,8	468,7
624,2	600,8	477,7
645,9	627,3	495,2
Faktörler		
0,09806	0,10000	0,11814



Şekil C.1. Renk grafiği (chromaticity diagram) (Standard Methods, 1967).

Çizelge C.2 ' deki aralıklar yardımıyla baskın dalgaboyu değerinden baskın renk belirlenir.

Çizelge C.2. Baskın dalgaboyu aralığına göre renkler (Standard Methods, 1967)

Dalgaboyu aralığı(nm)	Renk
400 - 465	Eflatun
465 - 482	Mavi
482 - 497	Mavi - yeşil
497 - 530	Yeşil
530 - 575	Yeşilimsi sarı
575 - 580	Sarı
580 - 587	Sarımsı turuncu
587 - 598	Turuncu
598 - 620	Turuncu - kırmızı
620 - 700	Kırmızı
400 - 530c	Mavi - mor
530c - 700	Kırmızı - mor

EK AÇIKLAMALAR - D

BASINÇ DÜŞÜŞÜ HESABI

Kolondaki basınç düşüşleri adsorbanlar için küresel varsayımı yapılarak Ergun denkleminde hesaplandı. 11.5.1989 tarihli ham atıksuyun arıtımında kolondaki basınç düşüşü aşağıdaki verilerden yararlanılarak şu şekilde hesaplandı:

Yatak uzunluğu = 50 cm
 Tanecik çapı = 0,037 cm
 Viskozite = 0,01 g/cm s
 Boş kule hızı = $2,89 \times 10^{-2}$ cm/s
 Boşluk kesri = 0,615

$$-(\Delta P) = \frac{150 \mu (1 - \epsilon)^2 v_0 L}{D_p^2 \epsilon^3} \quad (D.1)$$

$$-(\Delta P) = \frac{150 \times 0,01 (g/cm \ s) (1 - 0,615)^2 \ 2,89 \times 10^{-2} (cm/s) 50 cm}{(0,037 cm)^2 (0,615)^3}$$

$$-(\Delta P) = 1008,90 \text{ dyn/cm}^2 \ (1 \text{ atm} / 106 \text{ dyn/cm}^2) = 1008,9 \times 10^{-6} \text{ atm}$$

$$-(\Delta P) = 1008,9 \times 10^{-6} \text{ atm} (1033 \text{ cm su sütunu} / 1 \text{ atm})$$

$$-(\Delta P) = 1,042 \text{ cm su sütunu}$$

Diğer adsorbanlar için de aynı şekilde hesaplandı.

KAYNAKLAR

- Abo - Elela, S. I. and El - Dib, M. A., 1986, Color removal via adsorption on wood shaving, The Science of the Total Environment, 66(1987)269 - 273(Chemical Abstracts, 25 May. 1987, vol. 107).
- Akdeniz, K. , 1985, Bazı endüstriyel ve evsel atıksuların adsorpsiyon yöntemi ile arıtılması, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Eskişehir, 70s., (Yayımlanmamış).
- Arman, G., 1968, Su Analizleri El Kitabı, DSİ Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi Başkanlığı, Rapor No: KI - 429, 69s.
- Başer, İ., 1983, Tekstil Kimyası ve Teknolojisi, İ.Ü. Mühendislik Fakültesi Kimya Bölümü, Sayı 3124, No 52, İstanbul, 214s.
- Berkem, A. R. ve Baykut, S., 1980, Fizikokimya, İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 812s.
- Böhler, E., Kolobava, Z. A., Vejster, V. I. und Walther, H. J., 1978, Zur Wirkung von Flockulanten bei der Wasser und Schlammbehandlung, Wasserwirtschaft - Wassertechnik, 28, 27 - 33.
- Budak, Y., 1989, Sanayi atıkları ve balıklar, Bilim ve Teknik Dergisi Cilt 22, Sayı 258, Ankara.
- Çelebi, S., 1983, Suda klorun davranışı ve trihalometanların oluşum mekanizması, Çevre ' 83 , II. Ulusal Çevre Mühendisliği Sempozyumu , Dokuz Eylül Üniversitesi, ÇT - 36, İzmir.
- Çetişli, H., 1988, Heterojen katalizler ders notları, A.Ü.Müh.- Mim. Fak. Kimya Mühendisliği Bölümü, Eskişehir.
- Dean, R. B., 1956, Modern Kolloidler, (Çev. A. Baysal), T.C. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, İstanbul, 332s.
- Döğeroğlu, T., 1985, Azot dioksit gazının adsorpsiyonu, Bitirme ödevi, A. Ü. Müh. - Mim. Fak. Kimya Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, 55s., (Yayımlanmamış).
- DSİ, 1980, Department of Water Supply and Sewerage, Protection of Inland Water Quality, Forsuk River Pilot Project, TUR/77/019.
- Dul, E. F., Fridy, T. A. and Schlesinger, H. A., 1971, Pollution control in textile mills, Industrial Pollution Control Handbook, H. Lund(Ed.), Chapter 15, McGraw - Hill, New York, p29.

KAYNAKLAR DİZİNİ(devam ediyor)

- Enuysal, M., 1977, Basma sanayisinin atıksu problemleri , Eskişehir Sumerbank Basma Fabrikasında atıksu karakter belirleme çalışmaları, TÜBİTAK VI. Bilim Kongresi, Çevre Araştırma Grubu Tebliğleri, Ankara, 101 - 112.
- Gerçel, F. ve Koparal, S., 1989, Hidrojen sülfür gazının özellikleri, hava kalitesine etkileri, analiz ve giderilme yöntemleri, Bitirme ödevi, A. Ü. Müh. - Mim. Fak. Kimya Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, 106s.,(Yayımlanmamış).
- Gün, M., 1989, Zeolit ve sepiolitte boyarmadde adsorpsiyonu, Bitirme ödevi, A. Ü. Müh. - Mim. Fak. Kimya Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, 30s.,(Yayımlanmamış).
- Ikatsu, H., Kaseno, S., Korenaga, T., and Shinoda, S.,1987, Collective treatment of wastewaters containing dyes and colors from arts and crafts activities at universities, 10(s), 310, 14 (Chemical Abstracts,28 December 1987, vol.107).
- Judkins, J., F., 1984, Textile wastewater, JWPCF, 56(6), 642.
- Karpuzcu, M.,1977, Bakırköy pamuklu dokuma sanayinin atıksularının tasfiyesi, I.T.Ü. İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 13s.
- Kolukisa, S., 1986, Tekstil elyafları üzerinde boya absorpsiyonu, Bitirme ödevi, A.Ü. Müh. - Mim. Fak. Kimya Mühendisliği Bölümü, Eskişehir,53s.,(Yayımlanmamış).
- Kor, N., 1975, Tekstil sanayi sıvı atıklarının zararlı etkileri ve tasfiye metodları, İTÜ Dergisi, 33, 47 - 58.
- McGraw Hill, 1982, Encyclopedia of Science and Technology, Vol. 10, Per-prog(ress), New York, 30, 854p.
- Nakono, S., 1987, Wastewater treatment by powdered activated carbon activated sludge process, 28(10) 635 - 42(Chemical Abstracts, 28 December 1987, Vol. 107).
- Orhon, R. ve Övez, S., 1988, Su kirlenmesi kontrolünde zehirlilik kavramı ve Türkiye 'de kullanımı, Çevre '88 , Dördüncü Bilimsel ve Teknik Çevre Kongresi, İzmir.
- Özdamar, T., Çalıklılı, A., Saraç, Y., Şenelt, A., Yıldırım, E., Berber, R., Yeniova, H. ve Erol, M., 1978, Firim İşlemler Laboratuvar Notu, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, Ankara, 174s.

KAYNAKLAR DİZİNİ(devam ediyor)

- Öztürk, B., Akyüz, F., Diler, İ. ve Yıldız, G., 1989, Bir pamuklu tekstil fabrikası atıksuyunun arıtılabilirliğinin incelenmesi, Bitirme Ödevi, A. Ü. MÜH. - Mim. Fak. Kimya Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, 45s.,(Yayımlanmamış).
- 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 nolu sirküleri, Sayı: 18680.
- Resmi Gazete, 4 Eylül 1988, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Sayı: 19919.
- Resmi Gazete, 12 Mart 1989, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği İdari Usuller Tebliği, Sayı: 20106.
- Resmi Gazete, 12 Mart 1989, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Suda Tehlikeli ve Zararlı Maddeler Tebliği, Sayı: 20106.
- Samsunlu, A., 1978a, Tekstil atıksularının arıtılması, Sümerbank Araştırma Merkezi Semineri Tebliği, Bursa, 19s.
- Samsunlu, A., 1978b, Tekstil fabrikalarında imalat salfaları ve imalat atıksularının özellikleri, Sümerbank Araştırma Merkezi Semineri Tebliği, Bursa, 25s.
- Sang, E., Shin, H. S., and Paik, B. C., 1988, Treatment of chromium(VI) containing wastewater by addition of powdered activated carbon to the activated sludge process, 47, 121 - 130 (Chemical Abstracts, 30 May, 1988, Vol. 108).
- Satterfield, C. N., 1980, Heterogeneous Catalysis in Practise, McGraw Hill Book Company Ltd., USA, 416p.
- Selek, A., 1988, Eskişehir evsel ve endüstriyel atıksularının aktif çamur yöntemi ile birlikte arıtılabilirliği, Doktora Tezi, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 172s.,(Yayımlanmamış).
- Shoemaker, D. P., Garland, C.W., and Steinfeld, J.I., 1974, Experiments in Physical Chemistry, McGraw Hill Book Company, 336p.
- Shreve, R. N. and Brink, J., A., 1985, Kimyasal Proses Endüstrileri,

KAYNAKLAR DİZİNİ(devam ediyor)

- (Çev. A. İ. Çataltaş), İnkılap kitabevi yayın sanayi ve ticari A.Ş., İkinci cilt, İstanbul, 564s.
- Smith, J. W. and Condra, J., 1983, Recovery of wastewater treatment chemicals from fly ash, Journal of Environmental Engineering, 109 , 5, 1168 - 1180p.
- Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater, 1967, APHA, Inc.1740, Broadway, New York, N. Y.10019, 770p
- Şengül, F., Müezzinoğlu ve A., Samsunlu, A., 1982, Çevre Mühendisliği Kimyası, Ege Üniversitesi İnşaat Fakültesi Ders Notları, No: 39, 267s.
- Şengül, F., 1983, Tekstil sanayi atıksularından organik madde ve renk giderme ile ilgili laboratuvar model çalışmaları, Çevre '83 , II. Ulusal Çevre Mühendisliği Sempozyumu, Dokuz Eylül Üniversitesi ŞÇ - 23, İzmir.
- Şengül, F. ve Türkman, A., 1984, Su ve atıksu analizleri laboratuvar notları, Dokuz Eylül Üniversitesi Müh. - Mim. Fak., İzmir, yayın no.72.
- Şengül, F., 1985, Pamuklu tekstil endüstrilerinin çevresel etki değerlendirmesi açısından incelenmesi, Çevre '85 , Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Tchobanoglous, G., 1982, Wastewater Engineering: Treatment Disposal Reuse, Second Edition, Tata McGraw Hill Publishing Company Ltd., New Delhi, 920p.
- Treybal, R. E., 1969, Mass - Transfer Operations, Third Edition, McGraw Hill Book Company Ltd., Tokyo, 784p.
- Urano, K. and Chanyasak, V., 1978, Industrial wastewater treatment process using granular activated karbon, International Conference on Water Pollution Control in Developing Countries.
- Uzunonat, H., 1986, Adsorpsiyon yöntemi ile sulu çözeltide boyanın giderilmesi, Bitirme ödevi, A.Ü. Müh. - Mim. Fak. Kimya Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, 32s.,(Yayımlanmamış).
- Üneri, S., 1969, Kolloid Kimyası, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, Ankara, 192s.

KAYNAKLAR DİZİNİ(devam ediyor)

- Van Luin, A. B. and Tearlinckx, L. V. M., 1988, The treatment of industrial wastewater in integrated activated sludge / powdered activated carbon systems, 476 - 485 (chemical Abstracts, 30 May. 1988, Vol.108).
- Var, F. ve Uygan, N., 1988, Adsorpsiyon ve iyon değişimi, ileri kütle aktarımı projesi, Eskişehir, 80s., (Yayımlanmamış).
- 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, 63s., (Yayımlanmamış).
- Wang, L., K., 1977, Adsorption, coagulation and filtration make a useful treatment combination, Part 2, Water and Sewage Works, 124, 32 - 36.