

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**POLİMER ADSORBSİYONU İLE TEKSTİL ENDÜSTRİSİ
ATIKSULARINDA RENK GİDERİMİ**

152781

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre.Müh. Rabia KÖKLÜ

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
Tez Danışmanı : Doç. Dr. Bülent ŞENGÖRÜR

OCAK 2004

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

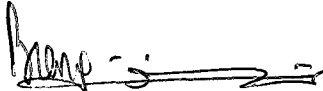
**POLİMER ADSORBSİYONU İLE TEKSTİL ENDÜSTRİSİ
ATIKSULARINDA RENK GİDERİMİ**


YÜKSEK LİSANS TEZİ


Çevre Müh. Rabia KÖKLÜ

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
Tez Danışmanı : Doç. Dr. Bülent ŞENGÖRÜR

Bu tez 08/01/2004 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.


Doç. Dr. Bülent Şengörür
Jüri Başkanı


Prof. Dr. Recep İleri
Jüri Üyesi


Yrd. Doç. Dr. Mustafa Şaşal
Jüri Üyesi

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım sırasında bu konu hakkında beni yönlendiren, araştırmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen ve okul hayatım boyunca desteğini esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Bülent ŞENGÖRÜR'e teşekkürlerimi sunarım.

Öğrenim ve çalışma hayatım boyunca bana destek olan, çok değerli bilgilerinden yararlandığım bölümümüzün saygıdeğer öğretim üyelerine teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca bölümümüzde birlikte çalıştığım, manevi desteklerini hissettiğim sevgili arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Hayatım boyunca her zaman yanımda olan, maddi manevi desteklerini esirgemeyen sevgili aileme teşekkürlerimi sunarım.

Numunelerin alınması sırasında yardımlarını esirgemeyen Deniz Tekstil çalışanlarına ve özellikle sevgili kuzenim Barış KARACA'ya teşekkür ederim. Çalışmalarım sırasında bilgilerinden faydalandığım değerli arkadaşım Çevre Mühendisi Emel ÜREN'e teşekkür ederim. Çalışmamı hazırlarken manevi desteğini esirgemeyen arkadaşım Yeliz BURAN'a teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca her zaman yanımda olan ve beni her konuda destekleyen aileme ithaf olunur...

Saygılarımla,
Rabia Köklü

İÇİNDEKİLER

| | |
|--|-----|
| TEŞEKKÜR..... | ii |
| İÇİNDEKİLER..... | iii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ..... | v |
| ŞEKİLLER LİSTESİ..... | vi |
| TABLolar LİSTESİ..... | vii |
| ÖZET..... | vii |
| SUMMARY..... | ix |
| BÖLÜM 1. | |
| GİRİŞ..... | 1 |
| 1.1 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı..... | 2 |
| 1.2 Adsorbsiyonla Renk Giderimi Yapılan Çalışmalar..... | 2 |
| BÖLÜM 2 | |
| TEKSTİL ATIKSULARI VE RENK..... | 5 |
| 2.1 Tekstil Atıksularının Özellikleri..... | 5 |
| 2.1.1 Pamuklu tekstil endüstrisi atıksularının arıtım yöntemleri | 7 |
| 2.2 Renk..... | 8 |
| 2.2.1 Rengin tanımı..... | 8 |
| 2.2.2 Rengin önemi..... | 9 |
| 2.2.3 Halk sağlığı açısından önemi..... | 9 |
| 2.2.4 Renk ölçüm metodları..... | 10 |
| 2.2.5 Renklilik Sayısı (RES)..... | 10 |
| 2.3 Boyarmaddeler..... | 11 |
| 2.4 Adsorbsiyon..... | 12 |
| 2.4.1 Adsorbsiyon türleri..... | 13 |

| | |
|--|-----------|
| 2.4.2 Adsorpsiyon izotermi..... | 13 |
| 2.4.2.1 Langmuir izotermi..... | 14 |
| 2.4.2.2 Freundlich izotermi..... | 15 |
| 2.4.2.3 B.E.T. izotermi..... | 15 |
| BÖLÜM 3. | |
| MATERYAL VE METOT..... | 17 |
| 3.1 Çalışmada Kullanılan Tekstil Atıksuyunun Özellikleri..... | 17 |
| 3.2 Laboratuvar Donanım..... | 17 |
| 3.3 Çalışmada Adsorbent Olarak Kullanılan Polimerin Özellikleri..... | 18 |
| 3.3.1 Akrilamid..... | 18 |
| 3.3.2 Poliakrilamid..... | 19 |
| 3.4 Deneysel Tasarım..... | 20 |
| 3.4.1 Deney 1..... | 20 |
| 3.4.2 Deney 2..... | 21 |
| 3.4.3 Deney 3..... | 21 |
| 3.4.4 Deney 4..... | 22 |
| BÖLÜM 4. | |
| SONUÇLAR..... | 23 |
| 4.1 Denge Eşitliği ve İzotermi..... | 26 |
| BÖLÜM 5. | |
| TARTIŞMA VE ÖNERİLER..... | 30 |
| KAYNAKLAR..... | 32 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 34 |

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

- A : Spektrofotometrede Ölçülen Değer
a_L : Langmiur İzoterm Sabiti
C_B : Bet İzotermi için Başlangıçtaki Sıvı Faz Konsantrasyonu
C_e : Denge Durumunda Sıvı Fazda Kalan Madde Konsantrasyonu
d : Küvet Genişliği
f : Faktör(1000)
k : Adsorbsiyon hız sabiti (saat⁻¹)
k' : Gözenek difüzyon hız sabiti (saat⁻¹)
K_B : BET İzoterm Sabiti
K_f : Freundlich İzoterm Sabiti
K_L : Langmiur İzoterm Sabiti
m : Adsorban Maddenin Ağırlığıdır
n : Freundlich İzoterm Sabiti
q_e : Denge Durumundaki Katı Fazda Tutunan Madde Konsantrasyonu
X : Freundlich İzotermde Adsorplanan Madde Miktarı
α : m⁻¹ Cinsinden Renk
AKM : Askıda Katı Madde
BOİ : Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
KOİ : Kimyasal Oksijen İhtiyacı
RES : Renklilik Sayısı

ŞEKİLLER LİSTESİ

| | |
|--|----|
| Şekil 2.1 Pamuklu Tekstil Endüstrisi Atıksularının Arıtım Şeması | 8 |
| Şekil 2.2 Langmuir İzoterminin Grafikselsel İfadesi | 14 |
| Şekil 2.3 Freundlich İzoterminin Grafikselsel İfadesi | 15 |
| Şekil 4.1 Farklı Poliakrilamid Miktarları İçin Zamana Bağlı Renk Giderim Verimi..... | 23 |
| Şekil 4.2 Farklı pH'lar için Zamana Bağlı Renk Gideri Verimi | 24 |
| Şekil 4.3 Farklı Karıştırma Hızları için Zamana Bağlı Renk Giderim Verimi | 24 |
| Şekil 4.4 Optimum Şartlarda Zamana Bağlı Renk Giderim Verimi | 26 |
| Şekil 4.5 Lagergren Eşitliği Eğrisi..... | 27 |
| Şekil 4.6 Weber-Morris Eşitliği Eğrisi..... | 27 |
| Şekil 4.7 Renk Giderimi için Adsorbsiyon İzoterm Eğrisi..... | 28 |

TABLolar LİSTESİ

| | |
|--|----|
| Tablo 2.1 Tekstil Endüstrisi Atıksularının Arıtılması İçin Çeşitli Teknolojiler..... | 6 |
| Tablo 2.2 Kullanılan Boya Türüne Göre Boyama Suyuna Geçen Boya Yüzdeleri Değişim Aralığı..... | 12 |
| Tablo 3.1 Tesisten Çıkan Atıksuyun Özellikleri..... | 17 |
| Tablo 3.2 Birinci Deney Sonuçları | 20 |
| Tablo 3.3 İkinci Deney Sonuçları | 21 |
| Tablo 3.4 Üçüncü Deney Sonuçları | 22 |
| Tablo 3.5 Dördüncü Deney Sonuçları | 22 |
| Tablo 4.1 Zamana Göre Absorbans ve Renk Değerleri..... | 25 |
| Tablo 4.2 Optimum Şartlarda Zamana Bağlı Renk Giderim Verimi | 25 |
| Tablo 4.3 Adsorbsiyon Eşitliği Değerleri | 27 |
| Tablo 4.4 Adsorbsiyon İzotermi Değerleri | 28 |

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Tekstil Endüstrisi, Adsorbsiyon, Polimer, Renk Giderimi

Türkiye endüstrilerden kaynaklanan su kirliliği tekstil merkezi olan bölgelerde önemli bir problemdir. Türkiye’de tekstil boyama ve son işlemlerden kaynaklanan atıksuların toplam hacmi yılda yaklaşık 150 milyon ton’dur. Çeşitli bölgelerimizde faaliyet gösteren tekstil fabrikaları önemli ve kullanımları gerekli olan bazı su ortamlarının kirlenmesine neden olmaktadır. Tekstil atıksularının iyileştirilmesi için firmalar fiziksel, kimyasal, biyolojik ve daha değişik arıtma sistemleri kullanmaktadırlar. Tekstil endüstrisi atıksularında boyarmaddeler önemli kirletici kaynaklarıdır. Boya maddelerinin tamamen parçalanması ise sadece kimyasal ve biyolojik oksitleme ile başarılabilir.

Bu çalışmada, adsorbsiyon yönteminde poliakrilamid kullanılarak tekstil endüstrisi atıksuyunda renk giderimi incelenmiştir. Adsorbent miktarı ve atıksu pH’ı değiştirilerek renk giderimi için optimize edilmiştir. Adsorbent miktarı 0,4 gr ve pH değeri 3 olduğunda renk giderimi için maksimum adsorbsiyon kapasitesi elde edilmiştir. Aynı zamanda çökeltme süresi 2-4 saat olduğunda renk giderim veriminin arttığı saptanmıştır. Sonuçta bu optimum şartlar sağlandığında rengin % 68’i giderilmiştir. Elde edilen bu değerlerle Lagergren ve Weber-Morris eşitliklerine göre adsorbsiyon hız sabiti (k) ve gözenek difüzyon hız sabiti (k) hesaplanmıştır. Polimer adsorbsiyonu ile renk giderimi için en uygun adsorbsiyon izotermi Langmiur eşitliği ile elde edilmiştir.

COLOR REMOVAL IN TEXTILE INDUSTRY WASTEWATER BY POLYMER RESIN ADSORPTION

SUMMARY

Keywords: Textile industry, adsorption, polymer, color removal

Water pollution originated from industries is a big problem in Turkey especially area of textile industry. The total volume of wastewater originated from textile dyeing and finishing processes in Turkey is around 150 million tons/year. Textile firms studied at various regions pollute the important and usable water sources. Firms have started using physical, chemical, biological and different treatment systems for rehabilitation of textile wastewaters. Dyestuff is important pollution source in textile industry wastewater. Degradation of dyestuff can be accomplished only by chemical and/or biological oxidation.

In this study, the removal of color from textile industry wastewater was investigated using poliakrilamid for adsorption method. By changing the amount of adsorbent, mixing speed and wastewater pH, color removal was optimized. The maximum adsorption capacity for color removal was obtained, when the amount of adsorbent was 0,4 g, mixing speed was 150 rpm and at pH 3. At the same time, color removal efficiency increased when the precipitating time was 2-4 hours. As a result of this study, % 68 of color was removed at this optimum conditions. Adsorption rate constant (k) and pore diffusion rate constant (k') was calculated with the results according to Lagergren and Weber-Morris equations. Suitable adsorption isotherm for color removal with polymer adsorption was obtained by langmiur equation.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Tekstil atıksularından kaynaklanan kirlilik birçok ülke tarafından genel bir problem olarak bilinmektedir. Endüstriler, ürünlerini boyamak için pigment ve boyalar kullanmaktadırlar. Tekstil atıksuları genelde yüksek Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ), Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), katı madde içeriği ve yüksek miktarda renk özelliklerine sahiptir. Kimyasal ve biyolojik arıtma organik madde ve rengin gerektiği ölçüde giderilmesinde yeterli olmamaktadır. Genelde kimyasal koagülasyon, adsorbsiyon ve aktif çamur prosesi gibi birden fazla prosesin kombine edilmesi ile tekstil atıksularındaki tüm kirlilikler yeterli ölçüde giderilebilmektedir [1,2].

Koagülasyon ve flokülasyon ile atıksulardan renk giderimi yaygın bir yöntem olmasına rağmen oluşan kimyasal çamurun özelliği ve çokluğu nedeniyle çamur bertarafı problemi doğmaktadır. Ozon üretiminin ekonomik olmaması, klorlama sonucunda kansorejen klorlu organik bileşiklerin meydana gelmesi bu yöntemlerin kullanımını da kısıtlamaktadır. Ters ozmos, ultrafiltrasyon ve iyon değişimi yöntemleri de ekonomik nedenlerden dolayı uygulanamamaktadır [2].

Aktif karbon, organiklerin adsorbsiyonu için yüksek kapasiteye sahip olduğundan kullanılan en yaygın adsorbenttir. Fakat yüksek dozlarda kullanılması ve bunun da maliyeti artırması nedeniyle kullanımı sınırlıdır. Bu da daha ucuz ve daha etkili maddeler için araştırmalar yapılmasına neden olmuştur. Son yıllarda polimerler üzerindeki çalışmalar büyük bir hızla gelişmektedir. Özellikle poliakrilamid su arıtımında, biyolojik araştırmalarda, tekstil endüstrisinde ve yağların geri kazanılması gibi değişik alanlarda farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda poliakrilamidin adsorbent madde olarak kullanılmasıyla da aktif karbona göre daha düşük maliyetle daha yüksek verimler elde edilmiştir [3].

1.1 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Tekstil endüstrisi genel olarak üretim, hammadde, su kullanımı ve kullanılan teknolojiler yönünden farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar endüstriden kaynaklanan atıksu karakteri üzerinde de etkisini büyük ölçüde göstermektedir. Tekstil endüstrisinde atıksu miktarı ve karakterini etkileyen en önemli faktör hammadde kullanımıdır. Bu hammaddeler pamuk, yün gibi doğal elyaflar ile suni olarak elde edilen elyaflar ve bunların karışımından oluşmaktadır. Atıksu miktar ve karakterini etkileyen diğer önemli faktör, kimyasal maddeler ve su kullanımındaki değişikliklerdir [1].

Günümüzde tekstil atıksularının adsorbsiyon teknikleriyle arıtılması gittikçe önem kazanmaktadır. Su kaynaklarının korunması ve kullanılan suların tekrar kullanılabilir hale getirilmesi için atıksu arıtımı önemli bir konudur. İnsanın yaşamını devam ettirebilmesi ve koruyabilmesi için endüstriyel gelişme sağlanmalı bununla beraber arıtma tesislerinin kurulması ve işletilmesine önem verilmelidir. Bunun için de çevre yönünden arıtılması zorunlu olan ancak biyolojik olarak parçalanamayan boyaların arıtılabilmesi için adsorbsiyon geçerli bir yöntemdir.

Boyahane atıksuları çok çeşitli organik madde, ağır metal, çözülmüş tuzlar, renk ve bulanıklık içermektedir. Boyarmaddelerin formülleri tam olarak açıklanamamaktadır. Ancak bunların karmaşık fonksiyonel gruplar ve çift bağlar taşıdığı bilinmektedir. Bu nedenle boyarmaddelerin biyolojik parçalanabilirlikleri son derece zordur.

İncelenen çalışmalarda aktif karbon kullanılarak renk gideriminin olumlu sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Fakat bu adsorbsiyon çalışmalarında aktif karbon kullanımının maliyeti oldukça yükselttiği de gözden kaçmamıştır.

Adsorbsiyonla boyarmadde giderimi için aktif karbon yerine daha ucuz adsorbanların araştırılması amacıyla, bu çalışmada bir tekstil fabrikasından alınan atıksu numunesinin adsorbent madde olarak poliakrilamid kullanımında adsorbsiyonla renk giderim deneyleri gerçekleştirilmiştir.

1.2 Adsorbsiyonla Renk Giderimi Yapılan Çalışmalar

Atıksularda daha önce yapılan boyarmadde giderimine yönelik adsorbsiyon çalışmaları aşağıda sıralanmıştır.

Yünlü tekstil endüstrisi atıksuyunun renk giderimi için bentonit, bamza taşı ve pirinç kabuğu gibi düşük maliyetli doğal adsorban maddeler kullanılmıştır.

Atıksuyun içerisindeki yağ ve gres oranının azaltılması durumunda renk giderim veriminin arttığı gözlenmiştir. Bu durumda renk giderim verimi % 85 civarında olmuştur. Metilen mavisinin seyreltik sulu çözeltilerinden boya renginin gideriminde kullanılan düşük maliyetli çeltik sapı, boyanın %90'ını giderme kapasitesine sahip olmuştur [2].

Pamuklu tekstil endüstrisi atıksularının renk giderim verimi laboratuvar şartlarında bir aktif çamur modeli ile incelenmiş ve havalandırma bölümüne toz aktif karbon ilave edilmiştir. Toz aktif karbon havalandırma bölümündeki katı madde konsantrasyonunu arttırmıştır. 400 mg/l toz aktif karbon ilavesinde verimin % 86 olduğu gözlenmiştir [4].

Tekstil atıksularından düşük maliyetli naturel adsorbent maddeler kullanılarak yapılan renk giderim çalışmasında pH=4-5 olduğu durumda %50'nin üzerinde renk giderim verimi elde edilmiştir. Endüstriyel şartların laboratuvar şartlarına uygulanmasıyla hazırlanan sabit yataklı reaktörde 1.6 saatlik hidrolik bekleme süresiyle ve 25 günlük bir periyotta bu sonuçlar elde edilmiştir [5].

Aktif karbon ve polimer reçine üzerinde kağıt fabrikası çıkış suyu için yapılan adsorbsiyon çalışmasında maksimum kapasite aktif karbon için pH=2'de elde edilmiştir. Polimer reçine renk gideriminde aktif karbondan daha etkili olmuştur. Bu çalışmada 1 kg atıksudan % 95 renk giderimi için 6 gr polimer reçine veya 30 gr

aktif karbona ihtiyaç duyulmaştur. Bu çalışmada pH'in düşük olduğu şartlarda yani asidik ortamda maksimum verim elde edilmiştir [6]

Aktifleştirilmiş kil ile yapılan adsorbsiyon çalışmasında bazik boyar maddelerin daha iyi adsorblandığı belirlendi. Bu çalışmalarda aktif kilin bazik boyalar için iyi bir adsorbent olduğu belirlendi. Bu adsorbenti sırasıyla aktif karbon, naturel kil, tahta ve mısır koçanı takip etmekteydi. Aktifleşmiş kilin adsorbsiyon kapasitesi bazik boyalar için 30 °C'de 394 mg/gr tespit edildi [7].

Ayçiçeği saptarının adsorbsiyon kapasitesini belirlemek için yapılan çalışmada katyonik boyar maddelerin adsorblanma kapasitesini yüksek olduğu belirlendi. Katyonik boyalar anyonik boyalara göre daha hızlı adsorblandılar. Katyonik boyaları içeren atıksularda % 80'in üzerinde adsorblanma kapasitesi elde edildi [8].

BÖLÜM 2. TEKSTİL ATIKSULARI VE RENK

2.1 Tekstil Atıksularının Özellikleri

Tekstil endüstrisi atıksuları miktar ve bileşim yönünden değişkendirler. Bu atıkların kaynakları liflerde bulunan doğal safsızlıklar ve proseslerde kullanılan kimyasal maddelerdir. Tekstil boyamada ayrışmaya dayanıklı boyar maddelerin kullanımı tercih edildiğinden, oluşan boya atıkları biyolojik ayrışmaya karşı oldukça dayanıklıdırlar.

Tekstil fabrikalarında kirliliği yaratan işlemlerden birisi haşılamaadır. Haşılama, tekstil hammaddelerinin geçirdikleri işlemler sırasında dayanıklılık kazanmaları için yapılan işlemdir. Diğer kirlilik yükleri haşıl sökme, pişirme, ağartma, mercerizasyon işlemleri, baskı, çalkalama, yeniden haşılama ve bitirme işlemlerinden kaynaklanmaktadır [1].

Yıkama ve durulama işlemlerinde çok fazla suya ihtiyaç duyulduğundan tekstil endüstrisindeki su kullanımı çok büyüktür. Su kullanımı ve atıksu oluşumu alt kategori bazında ele alınabilir veya yünlü, pamuklu, sentetik gibi işlenen elyaflara göre incelenebilir. Her kategoride işlem türleri, işlemler için kullanılan teknoloji ve diğer faktörlere bağlı olarak su kullanımı bazen geniş aralıklarda değişmektedir. Bunun başlıca sebebi ise proseslerde kullanılan yöntemlerin, ekipmanların ve kullanılan kimyasal maddelerin farklı olmasıdır. Atıksu karakteri elyaf cinsi, uygulanan işlemler ve kullanılan kimyasal maddelere bağlı olarak değişkendir. Tekstil endüstrisinde temel kirlitici parametreler; BOİ, KOİ, AKM, yağ ve gres, toplam krom, fenol ve sülfürdür. Bunların dışında özellikle kullanılan boya ve diğer kimyasal maddelere bağlı olarak hem organik nitelikli hem ağır metal olarak çok sayıda mikrokirlitici atıksularda bulunmaktadır [9].

Tekstil atıksuları genellikle boyamada kullanılan esas boyanın rengindedir. BOİ, toplam çözülmüş madde, alkalinite ve sıcaklık değerleri yüksektir. Ayrıca bazen elyaftan gelen doğal kirleticiler ve elyafın işlenmesinde kullanılan kimyasal maddeler de içerirler. Atıksuyun miktar ve kalite özelliklerini belirleyen faktörler; işlenen elyafın cinsi, tüm tekstil prosesini kapsayan temel işlemler, proseslerde kullanılan kimyasal maddeler, tesis içi kontrollerin uygulanma derecesi olarak sıralanabilir [9].

Tablo 2.1 Tekstil Endüstrisi Atıksularının Arıtılması İçin Çeşitli Teknolojiler (SEVİMLİ 2000)

| Proses | Arıtma Kademesi | Uygulama Durumu | Performans | Sınırlama |
|---|-------------------------------------|--|---|---|
| Fenton prosesi | Ön arıtma | Güney Afrika'da büyük ölçek tesisler mevcut. | Çok iyi renk giderimi, Düşük ilk yatırım ve işletme maliyeti. | Toksik çamur oluşumu. |
| Elektroliz | Ön arıtma | Pilot ölçek çalışıyor. | Çok iyi renk giderimi, Ucuz. | Köpük oluşumu. Elektrot ömrü kısa. |
| Flotasyon | Ön arıtma | Laboratuvar ölçek çalışıyor. | %90 renk giderimi, %40 KOL giderimi, Ucuz. | |
| Membran | İkinci kademe veya ileri arıtma | Güney Afrika'da kullanımı yaygın. | Yüksek performans, Su ve kimyasal madde geri kazanımı. | Konsantrenin arıtımı ve bertarafı zor ve pahalı. |
| Aktif çamur | İkinci kademe arıtma | Yaygın kullanım. | KOL ve N giderimi. | Yüksek kalıcı KOL, N, renk ve yüzey aktif maddeler. |
| Anaerobik+Aerobik | İkinci kademe arıtma | Çok az tesis mevcut. | İyi KOL, renk ve toksik madde giderimi. | Yüksek kalıcı renk ve KOL |
| Biyofilm Reaktörler | İkinci kademe arıtma | Çin'de bazı pilot ölçek tesisler mevcut. | İyi KOL ve renk giderimi. | |
| Mantar(Fungi)/H ₂ O ₂ | İkinci kademe arıtma | Laboratuvar ölçek çalışıyor. | Çok iyi renk giderimi. | |
| Koagülasyon-Flokülasyon | Ön, ikinci kademe veya ileri arıtma | Çok yaygın kullanım. | Çok iyi renk giderimi, Su geri kazanımı. | Her zaman etkili değildir, Çamur problemi |
| Ozon | İleri arıtma | Büyük ölçek tesisler mevcut. | Çok iyi renk giderimi, Su geri kazanımı. | Pahalı, Aldehit oluşumu. |
| Sorpsiyon(karbon, kil, biyokütle) | Ön veya ileri arıtma | Sorbent tipine bağlı olarak laboratuvar veya tam ölçek | Yeni sorbentler etkili ve ucuz. Su geri kazanımı. | Yüksek bertaraf ve rejenerasyon maliyeti. |
| Fotokataliz | İleri arıtma | Pilot ölçek çalışıyor. | İyi renk ve toksik madde giderimi. | Sadece son adımda kullanılır. |

Tekstil endüstrisi atıksuları, sodyum hidroksit, sodyum klorür, asetik asit, sodyum bikromat ve benzeri gibi boyamada kullanılan yardımcı kimyasal maddeler ile birlikte sülfür, küp, reaktif, dispers ve diğer boya tiplerinin tüm renk aralıklarını içine alan boyar maddeleri ihtiva eder. Ayrıca, bu tür atıksular ıslatma ve yıkama maddeleri olarak kullanılan naniyonik, anyonik ve katyonik yüzey aktif materyalleri ihtiva edebilir. Bunun yanında tekstil mamullerinin terbiyesinde kullanılan çeşitli kimyasal maddeleri de bulundurabilir [11].

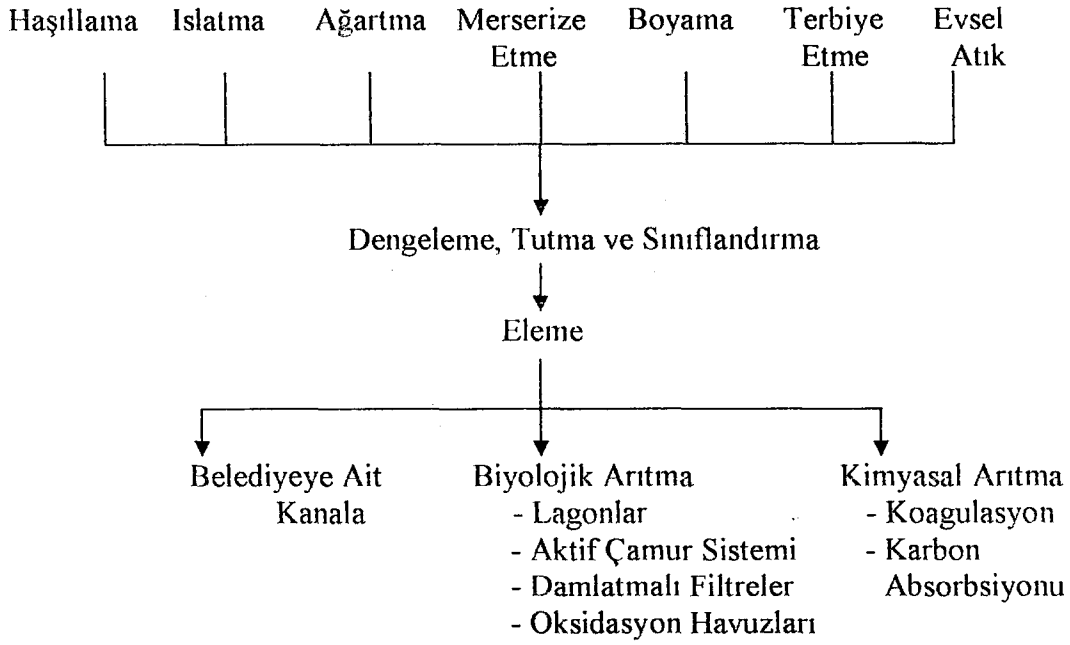
Tekstil endüstrisi atıksularındaki kirleticiler ya çözünmüş ya da süspansiyon halindedir. Biyolojik oksijen ihtiyaçları oldukça yüksek ve genellikle sodyum hidroksit ihtiva ettiği için pH değeri, 7'nin üstündedir. pH'nın yüksek olması (pH 9.5) biyolojik ayrışma güç hale getirdiğinden biyolojik arıtma öncesi pH'nın ayarlanması gereklidir [9].

2.1.1 Pamuklu tekstil endüstrisi atıksularının arıtım yöntemleri

Pamuklu tekstil endüstrisinde arıtmadan önce tekstil atıksularının hacmini ve kirlilik yükünü azaltacak önlemler alınmalıdır. Temiz çalışma, kapalı devre kontrolü, geri kazanım ve benzeri yöntemlerle atıkların miktarı azaltılabilir. Fazla BOİ miktarını istenen seviyelere düşürmek için kimyasal ve biyolojik arıtım uygulanmaktadır.

Tekstil atıksularının arıtılarak alıcı ortamlara deşarjı için, dengeleme, nötralizasyon, renk giderimi ve organik maddelerin miktarını azaltma gibi işlemlerin uygulanması gerekmektedir. Yapılan çalışmalar tekstil atıksularının arıtımı için biyolojik arıtmanın başarılı bir yöntem olduğunu göstermiştir.

Pamuklu tekstil atıksularının arıtımında son kademe olarak adsorbsiyon işlemi uygulanabilmekte ve böylece renk giderimi sağlanabilmektedir [4].



Şekil2.1 Pamuklu Tekstil Endüstrisi Atıksularının Arıtım Şeması (KIRDAR 1995)

2.2 Renk

2.2.1 Rengin tanımı

Renk kelimesi birkaç anlamada kullanılmaktadır.

-Psikolojik renk, beyinde uyandırılan bir duygudur. Gözleri ve beyni normal olan herkes aynı tür dalga boyu tarafından uyandırılan duyguları aynı kelime ile belirtir.

-Fizyolojik renk, değişik ışık türleri tarafından gözümüzün retinasında ve görme sinirlerinde oluşturulan fizyolojik olaylar topluluğudur.

-Fiziksel renk, fiziksel bir olaydır. Belirli bir ışığın hangi dalga uzunluklarını hangi oranda içerdiğinin ölçü ve rakamlarla kesin olarak belirtilmesidir. Fiziksel renk, spektroskopik metodla ışığın her dalga uzunluğuna düşen enerji payını ölçmek suretiyle incelenebilir.

-Maddelerin rengi: Bir maddenin renkli oluşu, içinden geçen beyaz ışıktan bazı dalga boylarının absorblanmasından ileri gelmektedir [1].

2.2.2 Rengin önemi

Yüzeysel suların çoğu, özellikle bataklık alanlardan beslenenler renklidir. Bu nedenle renk giderimi yapılmaksızın evsel ve endüstriyel nitelikli kullanılmamalıdır. Renklenmeye yeşil bitkiler, kabuklar, bitki artıkları ve organik maddelerin çürümesi neden olur. Genelde bu renklenmenin sebebi askıda katı maddelerdir. Suyun gerçek rengi askıda katı maddeler tamamen giderildikten sonra ölçülmelidir. Renk yoğunluğu pH'nın yükselmesi ile artar. Yüzeysel sularına renk derecesi yüksek atıksuların deşarji renk oranlarını yükseltmektedir. Özellikle tekstil endüstrilerinin boya bölümü ve kağıt endüstrilerinin kağıt hamuru bölümü atıksuları yüzeysel sularını renkli hale getirmektedir.

Tekstil endüstrisine bağı olarak birlikte veya ayrı çalışan kumaş boyama kuruluşlarının atıksuları çevresel açıdan önemli sorunlara yol açar. Boyahanelerde kullanılan boyarmaddelerin formülleri tam olarak açıklanmayıp genelde ticari kullanım adları ile anılmaktadır. Ayrıca boya molcküllerine, kumaşın türüne ve boyama işleminin özelliğine göre çeşitli katkı maddeleri ilave edilmesi, bunların arıtılma işlemini daha da zorlaştırmaktadır. Çok çeşitli türde olan bu maddeler, genelde uzun, birden fazla aromatik çift halka ve çift bağ, değişik fonksiyonel gruplar taşırlar. Bunlar biyolojik olarak ayrışmaları zor, dayanıklı ve kalıcı kimyasal maddelerdir [1].

2.2.3 Halk sağığı açısından önemi

Bataklık ve orman alanlarından kaynaklanan, doğal maddeleri içeren sular, zararlı ya da toksik özellik taşıyabilirler. Doğal yapıdaki maddeler bu sulara kahverengi-sarı bir renk verirler. Bu tür suların estetik ve psikolojik nedenlerden dolayı içme suyu olarak kullanılması istenmez.

Halk sağığı ile ilgilenen kuruluşlar kullanma suyu temin edilecek kaynaklarda estetik nedenlerden dolayı, renk parametresine bir standart getirmişlerdir. Bu standartlara göre bir su kaynağında renk birimi 15'i aşyorsa bu kaynak kullanma suyu temininde kullanılmaz [1].

2.2.4 Renk ölçüm metodları

Görsel karşılaştırma metodunda renk, numunenin bilinen konsantrasyonlardaki renk çözeltileri ile görsel olarak karşılaştırılması sonucu tespit edilir. Karşılaştırma aynı zamanda kalibre edilmiş cam disklerle de yapılabilir. Platin-kobalt metodu standart bir metottur. 1 mg/l platin ile üretilen renk standart renk birimi olarak kabul edilir. Platin-kobalt metodu aşırı renkli ve endüstriyel atıksular için uygulanabilir değildir. Bulanıklık olduğu takdirde kesin ölçüm sonuçları elde edilemeyeceğinden, gerçek renk ölçümünden önce bulanıklık giderilmelidir.

Spektrofotometrik metot da renk, görünen rengin dalga boyunun absorplanması ile tespit edilir. Bir çözeltinin rengi demek bunun içinden geçen ışığın fiziksel ve psikolojik rengi demektir. Spektrofotometre yardımıyla absorplanma miktarı tespit edilir ve renklilik hassas bir şekilde ölçülür. Bu metot tüm atıksu tiplerine uygulanabilir.

Tristumulus filtre metodunda filtre fotometresi içindeki 3 adet tristumulus filtresi amaçlara uygun renk verileri oluşturmak için kullanılır. Çözelti vasıtasıyla her üç filtre için de tristumulus ışık iletkenliği oranı tespit edilir. Bu değerler trikromatik sabitlere ve renk karakteristiği değerlerine dönüştürülür [1].

2.2.5 Renklilik sayısı (RES)

1994 yılında yayınlanan uluslararası Avrupa Normu EN ISO 7887'ye göre doğal sular ve endüstriyel atıksuların rengi optik bir cihaz yardımıyla ölçülmektedir. Bir su numunesinin renginin şiddeti en yüksek absorpsiyonlarının görüldüğü dalga boylarındaki ışık absorpsiyonları ile karakterize edilir ve bunun bir spektrofotometre yardımı ile ölçülmesiyle de belirlenir [1].

Avrupa Normu EN ISO 7887'ye göre renklilik sayısı (RES) parametresinin birimi m^{-1} olarak verilmektedir. Standartlarda RES değerinin toplamda 15 m^{-1} değerini aşmaması gerektiği belirtilmektedir. Bu standartlarla karşılaştırma yapabilmek amacıyla ölçölen absorbans değerleri m^{-1} birimine çevrilmelidir. Bu işlem için aşağıdaki formöl kullanılmaktadır [4].

$$\alpha=(A/d)*f \quad (2.1)$$

α : m^{-1} cinsinden renk

A: Spektrofotometrede ölçölen değer

d: Küvet genişliği (mm)

f: Faktör(1000) [4]

2.3 Boyarmaddeler

Boyarmaddeler kimyasal yapılarına veya boyama özelliklerine sınıflandırılırlar. Boyarmaddeler, başka maddelerle az ya da çok kalıcı renk verebilen, kendisi de bizzat renkli olan maddelerdir. Renklilik ve elyaf üzerine bağlanabilirlik boyar maddenin tekstil boyama prosesinde kullanılabilmesi için gerekli iki özelliktir. Genellikle suda çözünebilir yapıda oldukları halde, bazıları proses sırasında çözünebilirlik kazanır ve sonra çözünemez duruma gelir.

-Asit Boyalar: Anyonik boyalardır. Sudaki çözünlükleri oldukça yüksektir. Tekstilde naylon ve yün boyama da yaygın olarak kullanılırlar.

-Direkt Boyalar: Anyonik boyalardır. Pek çoğu yapı bakımından azo boyarmaddeleri grubuna girerler. Sudaki çözünlükleri yüksektir. Pamuk ve viskoz boyamada kullanılırlar. Islak sabitlikleri zayıftır.

-Dispers Boyalar: Kolloidal dağılım gösterirler. Sudaki çözünlükleri oldukça zayıftır. Islak sabitlikleri iyidir. Polyester, naylon, akrilik boyamada yaygın olarak kullanılırlar.

-Reaktif Boyalar: Anyonik boyalardır. Sudaki çözünürlükleri yüksektir. Islak sabitlikleri iyidir. Birçok hallerde soğuk çözelti de boyayabildiklerinden ısıdan tasarruf sağlarlar. Pamuk, viskoz ve yün boyamada kullanılırlar.

-Azoik Boyalar: Elyafı reaksiyon gösterirler. Sonrasında kolloidal yapıda olurlar. Suda çözünmezler. Islak sabittirler. Pamuk ve viskoz boyamada kullanılırlar. Boya elyaf içinde çöker.

-Bazik Boyalar: Organik bazların hidroklorürü şeklinde bulunurlar. Bu tip boyalara katyonik boyalar da denilmektedir. Eskiden yün ve pamuk boyamak için kullanılan bu boyalar, bugün poliakrilonitril elyaf boyanmasında kullanılmaktadır [12].

Tablo 2.2 Kullanılan Boya Türüne Göre Boyama Suyuna Geçen Boya Yüzdeleri Değişim Aralığı (ŞEKER 2000)

| Kullanılan Boya Türü | Suya Geçen Kısım, % |
|----------------------|---------------------|
| Direkt | 5-30 |
| Reaktif | 5-50 |
| Dispers | 8-20 |
| Asit | 7-20 |
| Bazik | 2-3 |

2.4 Adsorbsiyon

Adsorbsiyon, gaz ayırma işlemlerinde, havanın ve diğer gazların nemini gidermede, endüstriyel gazlardan istenmeyen koku ve safsızlıkların giderilmesinde, sulu şeker çözeltilerinin ve petrol ürünlerinin renginin giderilmesinde kullanılmaktadır.

Adsorbsiyon, gaz veya sıvılardaki çözünebilir maddelerin katı adsorbentlerin yüzeyinde tutunmasıdır. Katı yüzeyindeki moleküller arasındaki kuvvetlerin denkleşmemiş olmasından dolayı akışkan içindeki moleküllerle katı yüzeyindeki moleküllerin etkileşmesi sonucunda adsorbsiyon meydana gelir. Adsorbsiyon derecesi, adsorbent maddenin ve adsorbent cinsine, sıcaklığa, adsorbent maddenin derişimine veya basıncına ve adsorbent madde ile adsorbent arasındaki

kimyasal benzerliğe bağlıdır. Sıcaklık, pH ve ortamdaki diğer çözünmüş maddeler de adsorbsiyon derccesini etkilemektedirler [2].

2.4.1 Adsorbsiyon türleri

Adsorbsiyon işlemi fiziksel ve kimyasal adsorbsiyon olarak gerçekleşir.

Adsorbanla adsorblanan arasındaki bağ dipol dipol etkileşmesi ve Van der Waals kuvvetleri sonucu oluşuyorsa adsorbsiyon fiziksel adsorbsiyondur. Fiziksel adsorbsiyon, karışımdaki bileşenlerin bir fazdan diğer bir faza aktarılmasında; adsorbanların yüzey alanını, gözenek büyüklüğünü, gözeneklerin dağılımını belirlemede ve heterojen katalizörlü reaksiyonlarda önem kazanır. Isısı düşüktür. Genellikle çok hızlı meydana gelir. Bu nedenle hız yüzey aktarım hızı ile kontrol edilir. Kritik sıcaklığın üstündeki sıcaklıklarda önemli miktarda gözlenmez.

Adsorbanla adsorblanan arasındaki elektron aktarımıyla gerçekleşen, yani bunların aralarındaki kimyasal bağların oluştuğu adsorbsiyon kimyasal adsorbsiyondur. Kimyasal adsorbsiyon ısısı kimyasal reaksiyon ısısı mertebesindedir. Kimyasal adsorbsiyon hızı fiziksel adsorbsiyona göre daha düşüktür. Çünkü kimyasal adsorbsiyon süreçleri belirli bir aktivasyon enerjisi ile karakterize edilir ve bu nedenle belirli bir minimum sıcaklık üzerindeki sıcaklıklarda reaksiyon hızla gerçekleşir [2].

2.4.2 Adsorpsiyon izotermeleri

Adsorpsiyon izotermeleri, birim adsorban kütlesi başına adsorplanan madde miktarı ile madde konsantrasyonu arasındaki ilişkiyi verir ve başlangıç madde konsantrasyonu ile denge konsantrasyonu ölçülerek çizilir. Adsorpsiyon izotermeleri geniş ölçüde, sulardaki organik maddelerin giderim proseslerinde kullanılan aktif karbonun adsorpsiyon özelliklerini tanımlamak ve adsorpsiyon kapasitesini tespit etmek için kullanılmaktadır [1].

2.4.2.1 Langmiur izotermi

Bu izotermde;

Adsorpsiyonun yüzeydeki tek bir madde tabakası ile sınırlı olduğu,

Adsorplanan maddelerin katı yüzeyinde hareket etmediği,

Adsorpsiyon entalpisinin bütün moleküller için aynı olduğu varsayılmaktadır.

Langmiur izoterm eşitliği aşağıdaki gibidir:

$$C_e/q_e = 1/a_L + (a_L/K_L)C_e \quad (2.2)$$

Burada a_L : Langmiur izoterm sabiti (L/g)

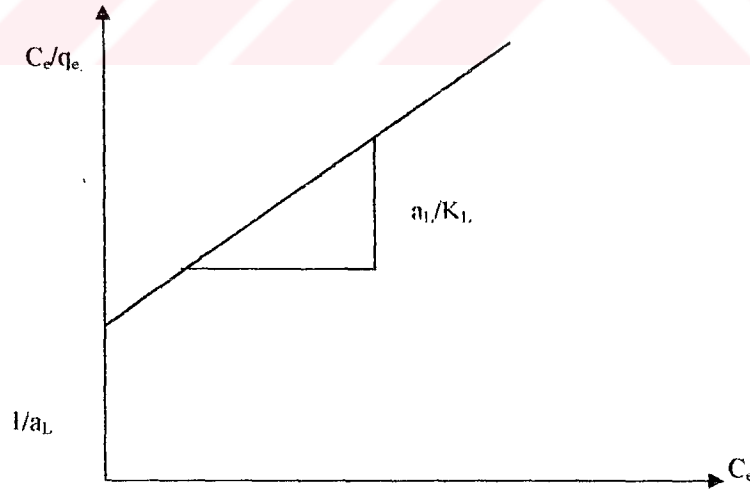
C_e : Denge durumunda sıvı fazda kalan madde konsantrasyonu (mg/L)

K_L : Langmiur izoterm sabiti (L/mg)

q_e : Denge durumundaki katı fazda tutunan madde konsantrasyonu (mg/g)

Ayrıca K_L/a_L , mg/g cinsinden adsorpsiyon kapasitesini vermektedir.

Langmiur izoterminin grafiksel ifadesi aşağıdaki gibidir [13]:



Şekil 2.2 Langmiur İzoterminin Grafiksel İfadesi

2.4.2.2 Freundlich izotermi

Freundlich izoterm denklemleri aşağıdaki gibidir.

$$X/M = K_f C_e^{1/n}, K_f \text{ ve } n \text{ birer sabittir ve } n > 1 \text{ 'dir.}$$

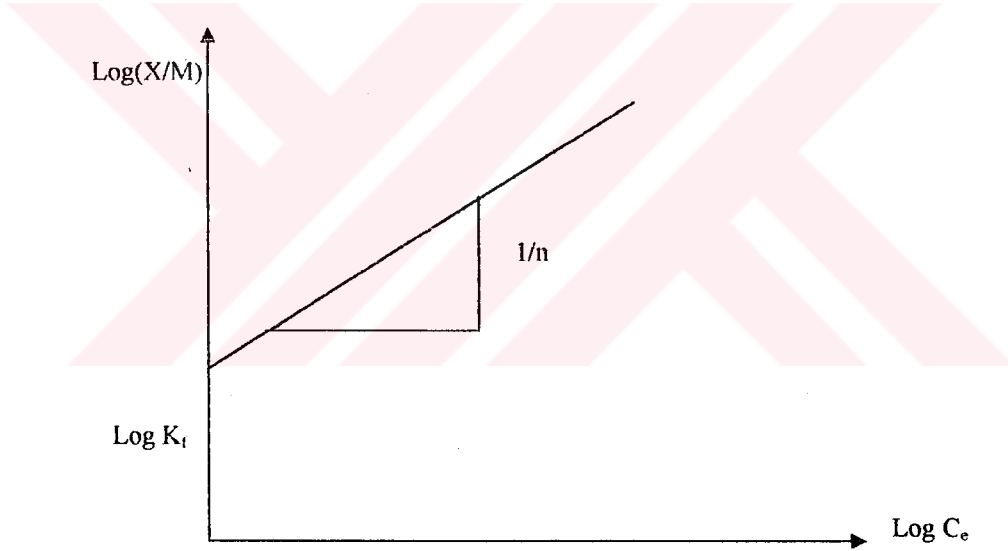
Burada X Adsorplanan madde miktarı, M ise adsorban maddenin ağırlığıdır.

Eşitlikteki her iki tarafın da logaritması alınıp lineerize edilirse:

$$\log(X/M) = \log K_f + (1/n) \log C_e \quad (2.3)$$

halini alır.

Freundlich izoterminin grafiksel ifadesi aşağıdaki gibidir:



Şekil 2.3 Freundlich İzoterminin Grafiksel İfadesi

Freundlich izotermi, seyreltik çözeltiler ve dar konsantrasyon aralıkları için uygundur [13].

2.4.2.3 B.E.T. izotermi

Çok tabakalı adsorpsiyon için kullanılır. Bu izotermde,

1. Adsorplanan moleküllerin yüzeyde hareket etmedikleri,
2. Belli bir tabakada tüm moleküllerin adsorpsiyon entalpisinin aynı olduğu,

3. Birinci tabakadan sonra bütün moleküllerin adsorpsiyon enerjilerinin eşit olduğu,
4. Başka bir tabakanın başlaması için önceki tabakanın tamamlanmış olması gerekmediğidir.

$$\frac{X}{M} = \frac{a_l K_b C_e}{(C_b - C_e) \cdot (1 + (K_b - 1) \cdot (C_b / C_e))} \quad (2.4)$$

Burada a_l ve K_B sabit, C_B başlangıçtaki sıvı faz konsantrasyonudur [13].



BÖLÜM 3. MATERYAL VE METOT

3.1 Çalışmada Kullanılan Tekstil Atıksuyunun Özellikleri

Çalışmada kullanılan tekstil atıksuyu pamuklu kumaş üzerine boyama ve baskı yapılan bir tesisten alınmıştır. Tesiste ana üretim emprime baskı, kasar ve boya apre üretimidir. Boyahanelerde remazol grubu, everzol grubu, ciba cs, evercion grubu gibi boyarmaddeler kullanılmaktadır. Baskı bölümünden kaynaklanan atıksular boyahane atıksularına göre daha az renklidir. Arıtma tesisi girişinde atıksuyun pH'sı 8-9 olup alkali özelliktedir.. Sıcaklık ise 35-40 °C civarındadır.

Tablo 3.1 Tesisten Çıkan Atıksuyun Özellikleri

| | |
|----------|-----------|
| PH | 8-9 |
| Sıcaklık | 35-40 |
| KOI | 2500 mg/l |
| BOI | 1500 mg/l |

Üretimden arıtma tesisine gelen atıksu önce ızgaralardan geçerek dengeleme havuzuna doğal akış ile gelmektedir. Daha sonra suya H₂SO₄ verilerek pH'ı ayarlanmakta buradan da aktif çamur esaslı havalandırma havuzuna verilmektedir. Havalandırma havuzundan çökeltim havuzuna verilen atıksu burada bekletilerek fazla çamurun çökmesi sağlanır. Buradan alınan fazla çamur, çamur yoğunlaştırma tankında sıvı ve katı olarak ayrıldıktan sonra katı kısmı filtre prese verilmektedir. Çökeltim havuzundan alınan arıtılmış çıkış suyu ise kanala verilmektedir.

3.2 Laboratuvar Donanım

Çalışmada absorbans ölçümleri için UV/visible tarayıcı spektrofotometre (DRLANGE), polimer malzeme miktarını belirlemek için hassas terazi, pH metre, jar test cihazı, santrifüj, çeşitli büyüklüklerde beherler kullanılmıştır.

Bunun yanında adsorbent malzeme olarak ticari adı CT 175 olan poliakrilamid polimeri kullanılmıştır.

3.3 Çalışmada Adsorbent Olarak Kullanılan Polimerin Özellikleri

3.3.1 Akrilamid

Akrilamid, açık formülü $H_2C=CH-C-NH_2$ olan beyaz toz halinde toksik bir maddedir. Molekül ağırlığı 71.08 gr ve erime noktası $85\text{ }^{\circ}C$ 'dir. Sudaki çözünürlüğü oldukça yüksektir.

Aktif bir monomer olup kolaylıkla polimerizasyon ve kopolimerizasyon reaksiyonlarına girmektedir. Akrilamid, biri amid grubu, diğeri ise çifte bağ olmak üzere iki reaktif merkez içerir. Bundan dolayı amid grubunda ya da çifte bağda reaksiyona girebilir.

Akrilamidin en önemli reaksiyonları vinil katılma polimerlerinin elde edildiği katılma polimerizasyonlarıdır. Bu reaksiyonlarda molekül ağırlığı birkaç binden, birkaç milyona kadar değişebilen polimerler elde edilebilmektedir. Ayrıca akrilamidden çeşitli tipteki kopolimerler hazırlanabilir. Bunların molekül ağırlıkları benzer şartlar altında hazırlanan poliakrilamidden daha düşüktür.

Akrilamid monomeri, serbest radikal üreten peroksitler, azo bileşikler veya redoks tipi başlatıcılar ile, kolayca çözelti polimerizasyonuna girerek poliakrilamidi meydana getirir. Polimerizasyonunda, değişik çözücülerin kullanılmasıyla genellikle polimerler çökerek ayrılırlar.

Akrilamid yağların geri kazanılması, çöktürücü, kağıt yapımında yardımcı madde ve kıvam arttırıcı olarak sanayide kullanılmaktadır. Ayrıca akrilamid ve akrilik asitten oluşan kopolimerler atıksuların arıtılmasında flokülasyon işlemlerinde, yüzey örtü maddeleri ve tekstil sanayiinde kullanılmaktadır [3].

3.3.2 Poliakrilamid

Çeşitli yapıdaki ticari ürünlerin ve proseslerin geliştirilmesinde kullanılan çok yönlü sentetik polimerlerdir. Katı poliakrilamid sert camsı bir polimerdir. İyonik olmayan polimer ise katı granüler halinde ve beyaz renktedir. Yoğunluğu 1.302 gr/ml ve camsı geçiş sıcaklığı 153 °C 'dir. Poliakrilamidin en önemli özelliği ,suda çözülebilen en yüksek molekül ağırlıklı bir polimer olmasıdır. Ayrıca genellikle diğer akrilik grubu monomerlerle birlikte kolaylıkla kopolimerlerinin hazırlanabilmesi kullanım alanını genişletmektedir. Bunun gibi kimyasal reaksiyonlara girme yeteneğinden dolayı ticari değere sahiptir.

Akrilamid, direkt ısıtmakla, yüksek radyasyon enerjisi ile, ultrasonik dalgalarla, ultraviyole radyasyonla polimerize edilmektedir. Poliakrilamid üretiminde kullanılan yöntemler aşağıda anlatılmaktadır.

Sulu çözelti polimerizasyonu en çok kullanılan yöntemdir. Bu yöntemde başlatıcı olarak peroksitler, azot bileşikleri, redoks çiftleri gibi başlatıcılar kullanılmaktadır. Reaksiyon ortamı sulu akrilamid çözeltisidir. Polimerin molekül ağırlığı başlatıcı konsantrasyonu, polimerizasyon sıcaklığı ve elektrolit konsantrasyonlar ile çalışılarak kontrol edilir.

Karışık-çözücü çözelti polimerizasyonunda akrilamid ve diğer bileşenler su ve organik kosolvent karışımında çözünürler. Kosolvent olarak genelde alkoller kullanılır. Maksimum molekül ağırlığı, sulu çözelti polimerizasyonundan daha düşüktür.

Dispers-faz polimerizasyonunda sulu reaksiyon kütlesi bir inert organik taşıyıcı içinde dağıtılır. Ksilen, parafin yağı, fuel oil gibi çeşitli taşıyıcılar kullanılabilir.

Akrilamidin polimerleri, reaktivlikleri ve değişkenlikleri nedeniyle yaygın kullanım alanı bulurlar. Çeşitli şartlarda suda çözünebilirliği nedeniyle birçok proseste kullanılmaktadır. Çöktürücü ve yardımcı olarak madencilikte mineral işlenmesi, endüstride atıkların ve atıksuların arıtılmasında sıvı-katı ayrılması işlemleri esas

uygulama alanlarıdır. Polimer, sulu süspansiyonda katıları iyice uzaklaştırmak için çok etkin bir flokülandır. Kanalizasyon, endüstriyel atıklar ve kimyasal çöktürücülerde geniş uygulama alanı bulur [3].

3.4 Deneysel Tasarım

3.4.1 Deney 1

Bölüm 3’de bahsedilen tekstil fabrikasının arıtma tesisi girişinden alınan atıksu numunesi 100ml’lik beherlerde üzerine çeşitli miktarlarda CT175 eklenerek optimum polimer miktarını belirlemek için 1 saat karıştırıldı. Polimerin zamana bağlı renk giderim etkinliğinin ve adsorbsiyon izotermelerinin belirlenmesi için jar test cihazı kullanıldı.

Deneyler 30 °C’de ve suyun pH’ı değiştirilmeden yapılmıştır. 1 saat sonra numunelerden 10 ml alınmış santrifüjlenmiş ve standart metotlara göre spektrofotometrede 343 nm’de absorbens ölçülmüştür. Deneyler yapılmadan önce atıksuyun absorbens değeri 0,823 olarak hesaplanmıştır. Deney sonuçları tablo 3.2’de verilmiştir.

Birinci deney sonucunda elde edilen absorbens değerleri incelendiğinde; değerlerin düzensiz bir şekilde azalıp arttığı ve istenilen sonuçların elde edilemediği gözlemlenmiştir. Bunun sebebinin düşük poliakrilamid miktarı ve yüksek pH olabileceği düşünülmüş ve diğer denemelerde bu şartlara dikkat edilmiştir.

Tablo 3.2 Birinci Deney Sonuçları

| Poliakrilamid Miktarı | Şartlar | Absorbans Değerleri |
|-----------------------|---------------|---------------------|
| 0,5mg | 30 °C ve pH=9 | 0,760 |
| 1,0 mg | 30 °C ve pH=9 | 0,756 |
| 1,5 mg | 30 °C ve pH=9 | 0,924 |
| 2,0 mg | 30 °C ve pH=9 | 0,936 |
| 2,5 mg | 30 °C ve pH=9 | 0,822 |

3.4.2 Deney 2

Bu denemede CT175 miktarı artırılarak çalışmalar yapılmıştır. Amaç optimum poliakrilamid miktarını belirlemektir. Yüksek pH'da çalışılmaması gerektiği gözönüne alınarak suyun pH'sı 3 değerine numuneye H₂SO₄ ilave edilerek ayarlanmıştır. Sıcaklık yine 30 °C olarak belirlenmiştir.

Tablo3.3 İkinci Deney Sonuçları

| Zaman (Saat) | 0,3 g | 0,4 g | 0,6 g |
|--------------|-------|-------|-------|
| 1 | 0,525 | 0,451 | 0,456 |
| 2 | 0,378 | 0,394 | 0,426 |
| 3 | 0,375 | 0,365 | 0,362 |
| 4 | 0,316 | 0,311 | 0,355 |
| 5 | 0,298 | 0,301 | 0,329 |
| 6 | 0,289 | 0,256 | 0,321 |

100 ml'lik beherlerde atıksu üzerine çeşitli miktarlarda poliakrilamid ilave edilmiş ve karıştırılmıştır. 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 saat sonra numunelerden 10 ml alınmış 10 dk santrifüjlenmiş ve sonra spektrofotometrede 343 nm dalga boyunda ölçüm yapılmıştır. Deneyler yapılmadan önce atıksuyun absorbans değeri 0,823 olarak bulunmuştur. Deney sonuçları tablo 3.3'de verilmiştir.

3.4.3 Deney 3

Bu deneyde poliakrilamid (CT 175) miktarı ikinci deneyde elde edilen optimum poliakrilamid miktarı olan 0,4 g'dır. Yüksek pH'da çalışılmaması gerektiği göz önüne alınarak suyun pH'sı 2, 3 ve 4 değerlerine numuneye H₂SO₄ ilave edilerek ayarlanmıştır. Sıcaklık yine 30 °C olarak belirlenmiştir.

100 ml'lik beherlerde farklı pH'daki atıksulara poliakrilamid ilave edilmiş ve karıştırılmıştır. 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 saat sonra numunelerden 10 ml alınmış 10 dk santrifüjlenmiştir. Sonra atıksu 2-4 saat için çökelmeye bırakılmış ve ardından spektrofotometrede 343 nm dalga boyunda ölçüm yapılmıştır. Deney sonuçları tablo 3.4'de verilmiştir.

Tablo 3.4 Üçüncü Deney Sonuçları

| Zaman (saat) | pH=2 | pH=3 | pH=4 |
|-----------------|-------|-------|-------|
| 1 | 0,471 | 0,516 | 0,702 |
| 2 | 0,544 | 0,449 | 0,579 |
| 3 | 0,452 | 0,386 | 0,648 |
| 4 | 0,397 | 0,346 | 0,916 |
| 5 | 0,356 | 0,312 | 0,822 |
| 6 | 0,352 | 0,289 | 0,886 |

3.4.4 Deney 4

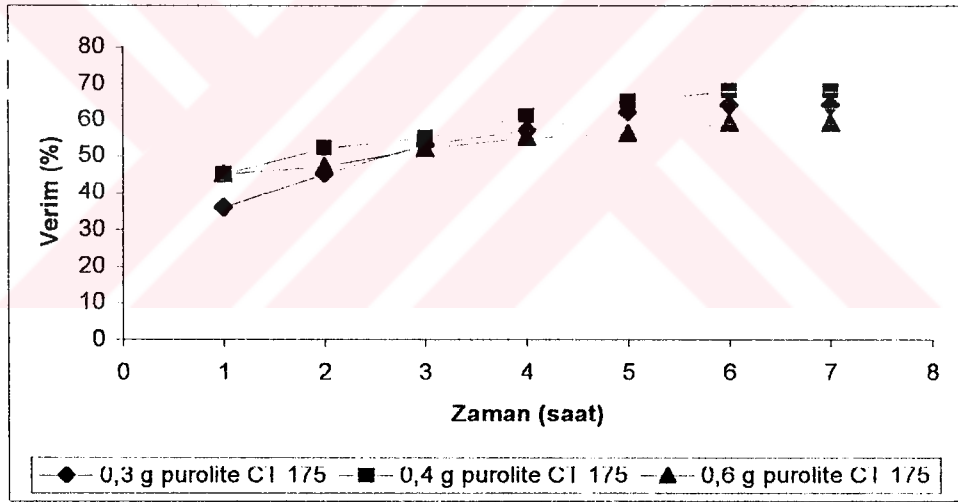
Önceki deneylerde belirlenen optimum şartlara ilave olarak jar test cihazında farklı hızlarda optimum karıştırma hızı belirlenmiştir. 50, 100, 150, 200 rpm için ayrı ayrı adsorbsiyon kapasitesi ölçülmüştür. Önceki deneylerde elde edilen optimum pH, adsorbent miktarı gibi şartlarda optimum karıştırma hızı 150 rpm olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.5 Dördüncü Deney Sonuçları

| Zaman (saat) | 50 rpm | 100 rpm | 150 rpm | 200 rpm |
|-----------------|--------|---------|---------|---------|
| 1 | 0,515 | 0,425 | 0,437 | 0,519 |
| 2 | 0,437 | 0,422 | 0,407 | 0,444 |
| 3 | 0,407 | 0,420 | 0,386 | 0,384 |
| 4 | 0,394 | 0,406 | 0,365 | 0,365 |
| 5 | 0,363 | 0,375 | 0,322 | 0,358 |
| 6 | 0,345 | 0,324 | 0,290 | 0,314 |

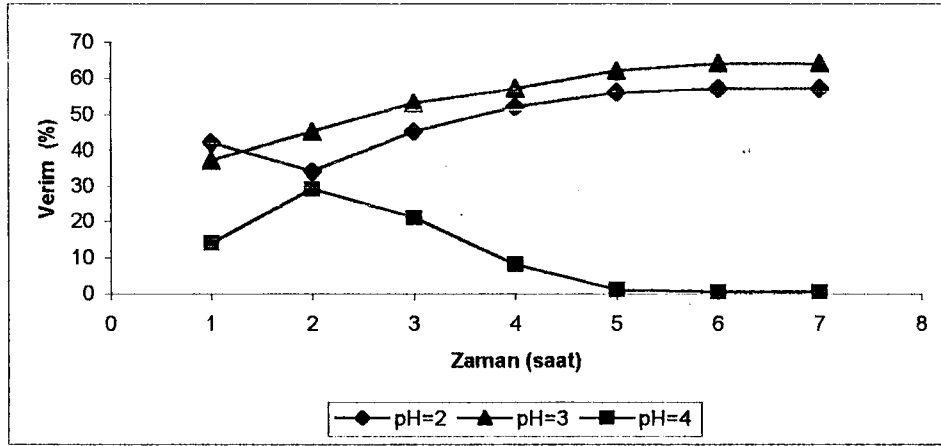
BÖLÜM 4. SONUÇLAR

Poliakrilamid ile yapılan denemeler sonucunda tüm denemeler için verim eğrileri çizildi. Elde edilen optimum şartlar için verim eğrisi ve adsorbsiyon izotermi belirlendi. Rengi giderilmek istenen tekstil atıksuyu arıtma tesisi girişinden alındı. Yapılan denemelerde askıda katı maddelerin adsorbsiyon sistemini etkilediği görüldü. Askıda maddelerden kaynaklanan bulanıklığın renk değerini olduğundan farklı şekilde etkilediği anlaşılmıştır. Bu nedenle adsorbsiyon işleminin tamamlanmasından sonra 2-4 saat arasında çökelmeye bırakılmasının uygun olduğu anlaşılmıştır.



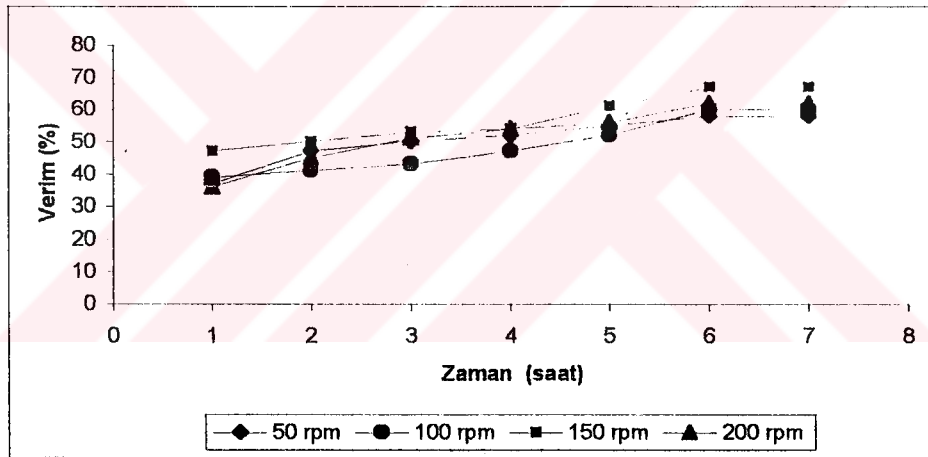
Şekil 4.1 Farklı Poliakrilamid Miktarları İçin Zamana Bağlı Renk Giderim Verimi

Şekil 4.1.'de farklı poliakrilamid miktarları için zamana bağlı renk giderim verimi grafiği verilmiştir. Şekil incelendiğinde en yüksek verimin 0,4 g purolite (CT 175) kullanımında elde edildiği anlaşılmaktadır.



Şekil 4.2 Farklı pH'lar için Zamana Bağlı Renk Gideri Verimi

Şekil 4.2.'de farklı pH değerleri için zamana bağlı renk giderim verimi grafiği verilmiştir. pH değerinin 3 olduğu durumda en yüksek renk giderim verimi elde edilmiştir.



Şekil 4.3 Farklı Karıştırma Hızları için Zamana Bağlı Renk Giderim Verimi

Şekil 4.3.'de farklı karıştırma hızları için zamana bağlı renk giderim verimi verilmiştir. Karıştırma hızının 150 rpm olduğu durumda en yüksek renk giderim verimi elde edilmiştir.

Deneyler sonucunda poliakrilamid adsorbsiyonu için elde edilen optimum şartlar kullanılarak aşağıdaki gibi her saat için ayrı ayrı RES değerleri hesaplanmıştır. Avrupa Normu EN ISO 7887'ye göre renklilik sayısı (RES) parametresinin birimi m^{-1} olarak verildiği için, bulunan sonuçlar, bu değere uydurmak amacıyla formüle uygun olarak hesaplanmıştır. En yüksek verimin elde edildiği şartlar olan poliakrilamid miktarının 0,4 g, pH'nın 3 ve karıştırma hızının 150 rpm olduğu şartlar için renk giderim verimi belirlenmiştir. Bu değerler tablo 4.2.'de verilmektedir.

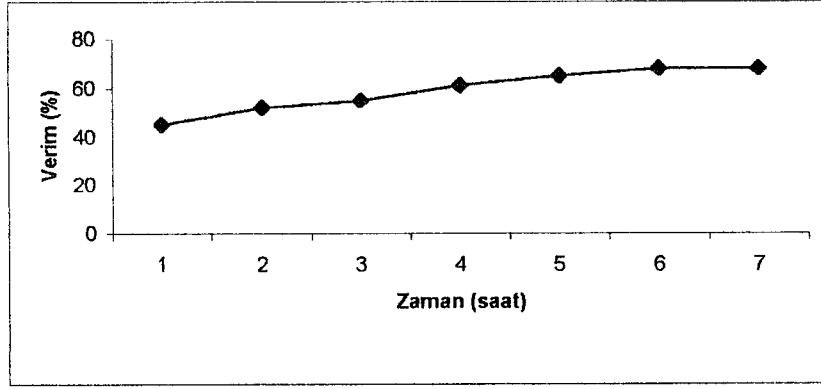
Tablo 4.1 Zamana Göre Absorbans ve RES Değerleri

| Zaman (saat) | Absorbans Değerleri | RES Değerleri (m^{-1}) |
|--------------|---------------------|--|
| 1 | 0,451 | $\alpha = \frac{0,451}{10} \times 1000 = 45,1m^{-1}$ |
| 2 | 0,394 | $\alpha = \frac{0,394}{10} \times 1000 = 39,4m^{-1}$ |
| 3 | 0,365 | $\alpha = \frac{0,365}{10} \times 1000 = 36,5m^{-1}$ |
| 4 | 0,311 | $\alpha = \frac{0,311}{10} \times 1000 = 31,1m^{-1}$ |
| 5 | 0,301 | $\alpha = \frac{0,301}{10} \times 1000 = 30,1m^{-1}$ |
| 6 | 0,256 | $\alpha = \frac{0,256}{10} \times 1000 = 25,6m^{-1}$ |

Tablo 4.2 Optimum Şartlarda Zamana Bağlı Renk Giderim Verimi

| Zaman (saat) | Giriş Rengi (m^{-1}) | Çıkış Rengi (m^{-1}) | Renk Giderimi (%) |
|--------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|
| 1 | 82,3 | 45,1 | 45 |
| 2 | 82,3 | 39,4 | 52 |
| 3 | 82,3 | 36,5 | 55 |
| 4 | 82,3 | 31,1 | 61 |
| 5 | 82,3 | 30,1 | 65 |
| 6 | 82,3 | 25,6 | 68 |

RES değeri ve buna bağlı olarak renk giderim verimi hesaplandığında optimum şartlarda 6 saat sonra % 68 oranında renk giderim verimi elde edilmiştir. Şekil 4.4.'de optimum şartlar için renk giderim verimi eğrisi verilmektedir.



Şekil 4.4 Optimum Şartlarda Zamana Bağlı Renk Giderim Verimi

4.1 Denge Eşitliği ve İzotermi

Adsorbsiyon için geliştirilmiş olan Lagergren ve Weber-Morris eşitliklerine göre adsorbsiyon hız sabiti (k) ve gözenek difüzyon hız sabiti (k') hesaplanmıştır.

Lagergren Eşitliği:

$$(q_e - q) / q_e = e^{-kt} \quad (4.1)$$

$$\ln(q_e - q) = \ln q_e - kt \quad (4.2)$$

Weber-Morris Eşitliği:

$$C / C_0 = k' t^{1/m} \quad (4.3)$$

$$\ln(C / C_0) = \ln k' + (1/m) \ln t \quad (4.4)$$

q = Herhangi bir t anında adsorbent üzerine adsorblanan boya miktarı ($m^{-1}/0,4$ g)

q_e = Denge konumunda adsorblanmış boya miktarı ($m^{-1}/0,4$ g)

k = Adsorbsiyon hız sabiti (saat^{-1})

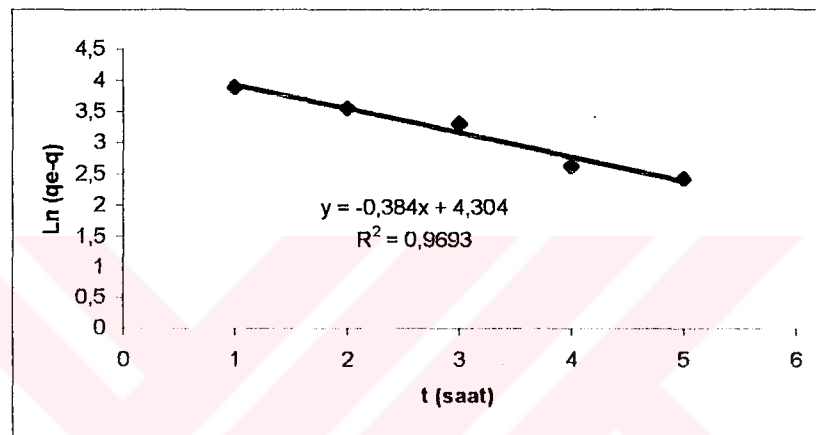
C_e = Denge durumunda sıvı fazdaki boyarmadde konsantrasyonu ($m^{-1}/0,1$ l)

C_0 = Başlangıçta sıvı fazdaki boyarmadde konsantrasyonu ($m^{-1}/0,1$ l)

k' = Gözenek difüzyon hız sabiti (saat^{-1}) [14].

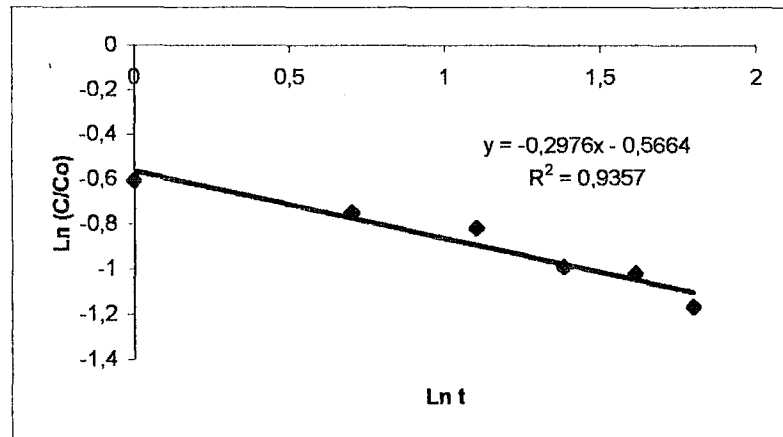
Tablo 4.3 Adsorbsiyon Eşitliği Değerleri

| t (saat) | Ln t | C (m ⁻¹) | C/C ₀ | Ln (C/C ₀) | q (m ⁻¹ /0,4 g.0,1 l) | q _e -q | Ln (q _e -q) |
|-------------|------|----------------------|------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------|------------------------|
| 0 | - | 82,3 | - | - | - | - | - |
| 1 | 0 | 45,1 | 0,54 | -0,61 | 93 | 48,75 | 3,88 |
| 2 | 0,7 | 39,4 | 0,47 | -0,75 | 107,25 | 34,5 | 3,54 |
| 3 | 1,1 | 36,5 | 0,44 | -0,82 | 114,5 | 27,25 | 3,30 |
| 4 | 1,38 | 31,1 | 0,37 | -0,99 | 128 | 13,75 | 2,62 |
| 5 | 1,61 | 30,1 | 0,36 | -1,02 | 130,5 | 11,25 | 2,42 |
| 6 | 1,8 | 25,6 | 0,31 | -1,17 | 141,75 | 0 | - |



Şekil 4.5 Lagergren Eşitliği Eğrisi

Şekil 4.5'deki Ln(q_e-q)-t arasındaki eğrinin eğiminden adsorbsiyon hız sabiti $k=0,365$ saat⁻¹ olarak hesaplanmıştır. k değeri 1 saat için adsorbsiyon hızını ifade etmektedir.



Şekil 4.6 Weber-Morris Eşitliği Eğrisi

Şekil 4.6'daki $\ln t - \ln (C/C_0)$ arasındaki eğrinin eğiminden gözenek difüzyon hız sabiti $k = 0,381$ olarak hesaplanmıştır. k' 1 saat için gözenek difüzyon hızını ifade etmektedir.

$$(C_e/q_e) = 1/a_L + (a_L/K_L) \cdot C_e \quad (4.5)$$

a_L = Langmiur izoterm sabiti

C_e = Denge durumunda sıvı fazdaki boyarmadde konsantrasyonu ($m^{-1}/0,1 l$)

K_L = Langmiur izoterm sabiti

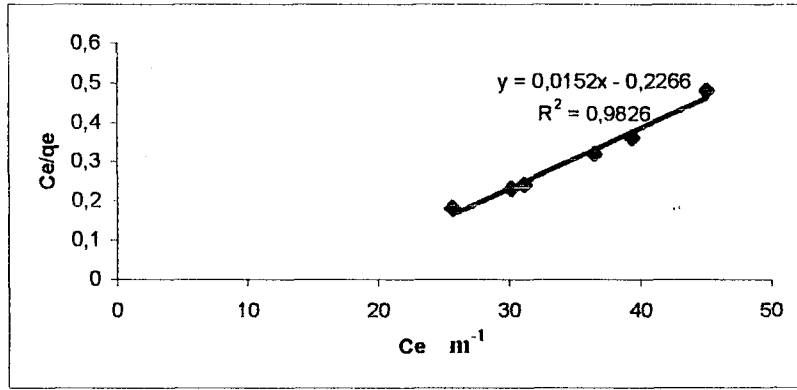
q_e = Dengedeki adsorblanan boya miktarı ($m^{-1}/0,4 g$)

m = Adsorbent miktarı (0,4 g)

Yukarıdaki eşitliğe göre çizilen izotermelerinden a_L ve K_L elde edilmiştir. Langmiur izoterminde, K_L/a_L adsorbsiyon kapasitesini vermektedir. K_L/a_L adsorbsiyon kapasitesinin belirlenmesi açısından bize bilgi vermektedir. K_L/a_L oranının büyük ve aynı zamanda eğimin küçük olması adsorbsiyonun iyi olduğunu, bu oranın küçük ve eğimin büyük olması ise adsorbsiyonun iyi olmadığını göstermektedir [1].

Tablo 4.4 Adsorbsiyon İzotermi Değerleri

| Zaman (saat) | C_0 (m^{-1}) | C_e (m^{-1}) | m (g) | $C_0 - C_e$ (m^{-1}) | $q_e = \frac{C_0 - C_e}{m}$ ($m^{-1}/0,4g, 100 ml$) | C_e / q_e |
|--------------|--------------------|--------------------|---------|--------------------------|---|-------------|
| 1 | 82,3 | 45,1 | 0,4 | 37,2 | 93 | 0,48 |
| 2 | 82,3 | 39,4 | 0,4 | 42,9 | 107,25 | 0,36 |
| 3 | 82,3 | 36,5 | 0,4 | 45,8 | 114,5 | 0,318 |
| 4 | 82,3 | 31,1 | 0,4 | 51,2 | 128 | 0,24 |
| 5 | 82,3 | 30,1 | 0,4 | 52,2 | 130,5 | 0,23 |
| 6 | 82,3 | 25,6 | 0,4 | 56,7 | 141,75 | 0,18 |



Şekil 4.7 Renk Giderimi için Adsorbsiyon İzoterm Eğrisi

Polimer adsorbsiyonu ile renk giderimi için en uygun adsorbsiyon izotermi Langmiur eşitliği ile elde edilmiştir. Korelasyon katsayısının 1'e yakın olması ve K_L/a_L değerinin çok küçük olmaması nedeniyle iyi bir adsorbsiyon kapasitesi elde edildiği söylenebilmektedir.

BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Tekstil atıksularının arıtımında renk parametresi son zamanlarda üzerinde fazla miktarda durulan bir parametreye olmaya başlamıştır. Tekstil terbiye işlemlerinde kullanılan boyarmaddeler atıksuyu yüksek oranda boyamaktadırlar.

Ülkemizde kullanmakta olduğumuz yönetmeliklerde renk parametresi şu anda yer almamaktadır. Fakat Türkiye’de önemli bir yere sahip olan tekstil işletmelerinin boyalı atıksuları hem bölgelerdeki yerleşim yerlerini hem de tümüyle çevreyi olumsuz yönde etkilemektedir.

Bu çalışmada rengini gidermek istediğimiz atıksu, arıtma tesisi girişinden alınan ve hiçbir işlem görmemiş tekstil atıksuyudur.

Çalışmada kullanılan tekstil atıksuyunun rengi purolite (CT175) polimeri tarafından % 68 oranında giderilmiştir. Ancak çalışma incelendiğinde anlaşılacağı gibi bu verimi elde etmek için bazı şartların sağlanması gerekmektedir. Tekstil atıksuları genelde bazik atıksular olduklarından atıksuyun pH değerinin ayarlanması gerekmektedir. Polimer adsorbsiyonu üzerinde pH’ın önemli bir etkisi olduğu gözlemlenmiştir ve düşük pH değerlerinde daha iyi verim elde edilmiştir.

Karıştırma hızının da adsorbsiyon verimini önemli ölçüde etkilediği gözönüne alınarak farklı karıştırma hızlarında çalışılmış ve optimum karıştırma hızı 150 rpm olarak belirlenmiştir. Karıştırma hızı düşük seçildiğinde düşük verim elde edilmesi adsorbsiyonun tam gerçekleşmediğini göstermiştir.

Adsorbent madde olarak polimer (purolite CT 175) miktarı da adsorbsiyon kapasitesini etkilemektedir. Az miktarda kullanıldığında adsorbsiyon kısıtlı oranda

gerçekleşmekte, fazla kullanıldığında ise askıda madde etkisi yaparak renk ölçümünün hassasiyetini bozmaktadır. Ayrıca atıksu içindeki diğer askıda katı maddelerden kaynaklanan kirlilik de renk ölçüm hassasiyetini etkilemektedir. Bu nedenle atıksuyun işleme tabii tutulduktan sonra 2-4 saat arasında çökelmeye bırakılması gerektiği anlaşılmıştır.

Gerekli literatür taraması yapıldığında görülmüştür ki; polimer malzeme aktif karbona göre renk giderimi için daha etkilidir. Çünkü aktif karbona göre daha düşük miktarda polimer malzeme kullanılarak aynı verim elde edilebilmektedir. Ekonomik anlamda polimer malzeme aktif karbona göre daha ucuzdur. Aktif karbonun 1 kg'lık fiyatı 60-70 \$ arasında, polimer malzemenin fiyatı ise 25-30 \$ arasındadır. Ayrıca kullanılan polimer malzeme asitle geri yıkama yapılarak tekrar kullanılabilir hale getirilebilmektedir. Polimer malzeme ilerleyen dönemlerde tekstil atıksularından renk giderimi için aranılan bir adsorbent malzeme özelliği kazanabilir.

Tekstil atıksuları yoğun miktarda boyarmadde içerdiğinden tek başına polimer adsorbsiyonu yerine polimer adsorbsiyonu ve biyolojik arıtma birlikte kullanılarak ekonomik ve yeterli bir arıtma elde edilebilecektir. Bu da çevre kirliliğinin önlenmesi ve suların tekrar kullanılması açısından ülkemiz için yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] AKGÜN, T., "Adsorbsiyon Teknikleriyle Tekstil Atıksularının Renklerinin Giderilmesi", Master Tezi, İstanbul Üniversitesi, 1999.
- [2] MUTLU, G., "Tekstil Fabrikasında Kullanılan Bir Boyarmaddenin Adsorbsiyon Yöntemiyle Gideriminin İncelenmesi", Master Tezi, İstanbul Üniversitesi, 1998.
- [3] AYAR, N., "Poliakrilamidin Çeşitli Adsorbanlar Üzerinde Adsorbsiyon Kinetiğinin İncelenmesi", Master Tezi, İstanbul Üniversitesi, 1994.
- [4] PALA A., TOKAT E., "Pamuklu Tekstil Endüstrisi Atıksuları İçin Toz Aktif Karbon İlaveli Aktif Çamur Sisteminde Renk Giderimi", İTÜ 7. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu, 20-22 Eylül, İstanbul, 2000.
- [5] Meyer V., CARLSSON F.H.H., "Decolourization of Textile Effluent Using a Low Cost Natural Adsorbent Material", Wat.Sci.Tech., 26(5/6), 1205-1211, 1992.
- [6] ZHANG Q., CHUANG K. T., "Adsorption of Organic Pollutants From Effluents of a Kraft Pulp Mill on Activated Carbon and Polymer Resin", Advances in Environmental Research 3 , 251-258, Canada, 2001.
- [7] WU, F.C., TSENG, R.L., JUANG, R.S., "Kinetic Modelling of Liquid-Phase Adsorption of Reactive Dyes And Metal Ions on Chitosan", Wat.Res., Vol.35, No.3, pp.613-618, 2001.
- [8] ZHOU, X., XUE, B., BAI, S., SUN, Y., "Macroporous Polymeric Ion Exchanger of High Capacity for Protein Adsorption", Bio.Eng. Journal, Vol.11, pp.13-17, 2001.
- [9] AKBAŞ, F.A., "Tekstil Atıksularının Ozon İle Oksidasyonu", Bitirme Tezi, Sakarya Üniversitesi, 2000
- [10] SEVİMLİ, M.F. "Tekstil Endüstrisi Atıksularından Ozonlama İle Renk Giderimi Ve Ozonlamanın Biyolojik Arıtılabilirliğe Etkisi", Doktora Tezi, İTÜ, 2000.
- [11] KURAL, E., "Tekstil Boyahane Atıksularının Nanofiltrasyon Membranları İle Geri Kazanımı ve Renk Giderimi", Master Tezi, İTÜ, 2000.

- [12] ŞEKER, S., “Bioremoval of Color From Textile Wastewaters” , Master Thesis, Fatih University, 2000.
- [13] COONEY, D.O. “Adsorption Design for Wastewater Treatment”, Boca Raton, Lewis Publishers, 1999.
- [14] TCHOBANOGLOUS, G., BURTON, L.F., STENSEL, H.D. “Wastewater Engineering, Treatment and Reuse”, 4.bs-Boston, McGraw Hill, 2003.
- [15] KIRDAR, E., “Tekstil Atıksularından Renk Giderimi”, Master Tezi, İTÜ, 1995.
- [16] AY, Z. “Bentonit Üzerine Boyarmaddelerin Adsorbsiyonu”, Master Tezi, Sakarya Üniversitesi, 2002.



ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Adana'nın Bahçe ilçesinde doğdu. İlköğrenimini aynı ilçede tamamladı. Orta öğrenimi yine Adana'da tamamladıktan sonra 1996 yılında Çorlu Lisesinden mezun oldu. 1997 yılında Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2001 yılında bu bölümden mezun oldu ve aynı yıl Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde Yüksek Lisans'a başladı. Halen Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.

