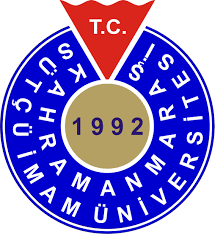
EK–1



T.C.

KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

|  |
| --- |
| TEKSTİL ATIKSUYU ARITIMINDA ANAEROBİK PERDELİ REAKTÖR PERFORMANSININ VE BAKTERİ POPÜLASYON DİNAMİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ |

BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ KOORDİNASYON BİRİMİ

**EKİM 2018 KAHRAMANMARAŞ**

EK–2

TEKSTİL ATIKSUYU ARITIMINDA ANAEROBİK PERDELİ REAKTÖR PERFORMANSININ VE BAKTERİ POPÜLASYON DİNAMİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

PROJE NO:2016/6-43M

DOÇ. DR. KEVSER CIRIK

**EKİM 2018**

**KAHRAMANMARAŞ**

**ÖNSÖZ**

Tekstil endüstrileri yüksek miktarda su tüketirler ve boyama ve tamamlama proseslerinde farklı aşamalarda, çevresel açıdan büyük önem taşıyan renk materyalleri, büyük miktarda askıda katı madde (AKM), ve yüksek kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) içeren büyük miktarlarda atıksu üretmektedirler.

Bu atıksular içerdikleri kompleks aromatik moleküler yapıdaki boyar maddelerden dolayı gerek biyolojik olarak parçalanmalarının zor olması, gerekse de canlılar üzerinde toksik etki oluşturmaları sebebiyle arıtılmaları zorunlu ve problemli atık sulardır. Literatürde yapılan çalışmalarda, çeşitli kimyasal arıtım prosesleri bu atıksuların renginin giderilmesinde kullanılmış fakat bu proseslerin sonucunda ayrıca uzaklaştırılması gereken yüksek miktarda kimyasal bir çamur üretimi sorunu ortaya çıkmıştır. Bunların yanı sıra, elektrokimyasal yıkım, ileri oksidasyon ve adsorpsiyon gibi çeşitli teknolojiler renk giderimi amacıyla kullanılmaktadır. Fakat bu teknikler genellikle kompleks prosesler içermektedirler veya ekonomik olarak uygun olmamaktadır. Fiziksel ve kimyasal yöntemlerin her boya türünde renk gideriminin aynı verimlilikte olmaması, bu yöntemlerle yapılan uygulamalarının da sınırlı olmasına neden olmuştur. Bu nedenle, büyük hacimli tekstil atıksularından boyar maddelerin etkili ve ekonomik bir şekilde giderilebilmesi için, biyolojik sistemler gibi alternatif yöntemlere gereksinim duyulmuştur.

Bu çalışmanın temel amacı, Anaerobik perdeli reaktör (APR) kullanılarak gerçekleştirilen bu çalışmanın ana hedefi anaerobik biyolojik parçalanma işleminde (harici substrat eklemesi yapılarak) gerçek tekstil atıksuyunda KOİ ve renk gideriminin sağlanmasıdır.

Bu projenin başarılı olarak gerçekleşmesinde görev alan tüm lisansüstü öğrencilerine ve

araştırıcılarına katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Bu proje KSÜ Araştırma Projeleri Yönetim Birimince 2016/6-43Mno’lu “Tekstil Atıksuyu Arıtımında Anaerobik Perdeli Reaktör Performansının Ve Bakteri Popülasyon Dinamiğinin Değerlendirilmesi” isimli Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında (BAP) desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

[1. GİRİŞ 1](#_Toc527460329)

[2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 3](#_Toc527460330)

[2.1. Tekstil Endüstrisinin Tanımı ve Sınıflandırılması 3](#_Toc527460331)

[2.1.1. Pamuklu tekstil endüstrisi 3](#_Toc527460332)

[2.1.2. Yünlü tekstil 3](#_Toc527460333)

[2.1.3. Rejenere ve sentetik tekstiller 4](#_Toc527460334)

[2.2. Tekstil Endüstrisinin Alt Kategorilere Ayrılması 4](#_Toc527460335)

[2.3. Tekstil Endüstrisi Genel Prosesleri 4](#_Toc527460336)

[2.3.1. Haşıllama 8](#_Toc527460337)

[2.3.2. Haşıl sökme 9](#_Toc527460338)

[2.3.3. Yıkama yıkama 9](#_Toc527460339)

[2.3.4. Yün karbonizasyonu 10](#_Toc527460340)

[2.3.5. Keçeleştirme 10](#_Toc527460341)

[2.3.6. Ağartma 10](#_Toc527460342)

[2.3.7. Pamuk merserizasyonu 11](#_Toc527460343)

[2.3.8. Boyama 11](#_Toc527460344)

[2.3.9. Baskı 12](#_Toc527460345)

[2.3.10. Apreleme 12](#_Toc527460346)

[2.4. Tekstil Endüstrisinde Kullanılan Boyar Maddeler 13](#_Toc527460347)

[2.4.1. Boyar maddelerin kimyasal yapılarına göre sınıflandırılması 16](#_Toc527460348)

[2.5. Renk Giderme Yöntemleri 16](#_Toc527460349)

[2.5.1. Fiziksel yöntemler 16](#_Toc527460350)

[2.5.2. Kimyasal yöntemler 18](#_Toc527460351)

[2.5.3. Biyolojik yöntemler 19](#_Toc527460352)

[2.6. Anaerobik perdeli reaktör (APR) 21](#_Toc527460353)

[2.6.1. APR’nin gelişimi 22](#_Toc527460354)

[2.6.2. APR’nin uygulama alanları 23](#_Toc527460355)

[3. MATERYAL VE METOT 25](#_Toc527460356)

[Deneysel Plan 25](#_Toc527460357)

[3.1. Mikroorganizma temini 25](#_Toc527460358)

[3.2. Atıksu içeriği 25](#_Toc527460359)

[3.3. APR’ de biyolojik arıtım 25](#_Toc527460360)

[3.4. Analitik Yöntemler 27](#_Toc527460361)

[3.4.1. KOİ analizi 27](#_Toc527460362)

[3.4.2. Renk analizi 27](#_Toc527460363)

[3.4.3. Mikroorganizma popülasyon dinamiğinin belirlenmesi 27](#_Toc527460364)

[3.4.4. DNA izolasyonu ve polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) 27](#_Toc527460365)

[3.4.5. Denatüre gradyan jel elektroforezi (DGGE) 28](#_Toc527460366)

[4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 30](#_Toc527460367)

[4.1. Biyolojik KOİ Gideriminin APR’ de İncelenmesi 30](#_Toc527460368)

[4.2. Biyolojik Renk Gideriminin APR’ de İncelenmesi 32](#_Toc527460369)

[4.3 Mikroorganizma popülasyon dinamiğineetkisi 33](#_Toc527460370)

[5. SONUÇ 33](#_Toc527460371)

[6. YARARLANILAN KAYNAKLAR LİSTESİ 35](#_Toc527460374)

**ŞEKİLLER DİZİNİ**

[Şekil 2 1 Tekstil endüstrisinde yer alan genel proses basamakları. Dikdörtgen şeklindeki basamaklar proseste her zaman bu sırayla yer almaktadır, altıgen şeklindeki basamaklar uygulanan proseslere göre değişiklik göstermektedir. Çizgi stilleri prosesin sadece özel elyaf türlerine uygulandığını göstermektedir (•••• sentetik elyaf;―••― pamuk elyaf; ―― yün elyaf). 6](#_Toc527466324)

[Şekil 2 2 APR ve çeşitli modifikasyonları a) APR, b) PAPR, c) CAPR, d) MAPR 23](#_Toc527466327)

[Şekil 3 1 Çalışma da kullanılan APR 26](#_Toc527466328)

[Şekil 4 1 Anaerobik Perdeli Reaktör’de KOİ giderim verimleri 31](#_Toc527466329)

[Şekil 4 2 Anaerobik Perdeli Reaktör’de Renk giderim verimleri 32](#_Toc527466330)

**ÇİZELGELER DİZİNİ**

Sayfa

Sayfa

[Çizelge 2 1 Farklı tekstil endüstrilerine ait işlem basamakları ve atıksu karakterizasyonu (Bisschops ve Spanjers, 2003*)* 6](#_Toc527465806)

[Çizelge 2 2 Boyama prosesinde kullanılan kimyasal maddeler (Kocaer ve Alkan, 2002) 11](#_Toc527465807)

[Çizelge 2 3 Boyama atıksularının karakteristikleri 13](#_Toc527465808)

[Çizelge 2 4 Boyama atıksularının karakteristikleri 15](#_Toc527465809)

[Çizelge 2 5 APR‘nin avantaj ve dezavantajları 21](#_Toc527465810)

[Çizelge 3 1 Gerçek tekstil atıksuyunun karakteristikleri 25](#_Toc527465811)

[Çizelge 3 2 APR’ de uygulana deneysel aşamalar 26](#_Toc527465812)

[Çizelge 3 3 PCR içeriği 28](#_Toc527465813)

[Çizelge 3 4 Poliakrilamid jel yüzdesinin belirlenmesi 29](#_Toc527465814)

[Çizelge 3 5 Denatürant miktarları 29](#_Toc527465815)

[Çizelge 3 6 Toplayıcı (Stacking) jel (% 4) içeriği 29](#_Toc527465816)

[Çizelge 4 1 Biyolojik arıtma sonrası atıksu karakterizasyonu 32](#_Toc527465817)

**ÖZET**

Tekstil endüstrisi atıksuları, dünya çapında ciddi kirlilik problemlerinin ana kaynaklarından biri olarak bilinmektedir. Özellikle çevreye toksik ve kalıcı etkilerinden dolayı, yüksek şekilde renkli atıksuların salınması ciddi çevresel problemler oluşturmakla birlikte bu durum halk sağlığını yakından ilgilendirmektedir. Bu sebeple, birçok araştırmacı tekstil atıksularından renklerin giderilmesi konusunda araştırma yapmaktadır.

Bu çalışmada renk içeren gerçek tekstil atıksularının anaerobik perdeli reaktör(APR) kullanılarak biyolojik olarak arıtılabilirliği ve reaktör çıkış suyuna uygulanan ozonlama prosesinin uygunluğu incelenmiştir. Çalışmada, 19 litre çalışma hacimli dört fazlı APR, ortalama 1000mg/L kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), yaklaşık 3500 Pt-Co renk içeren gerçek tekstil atıksuyu ile beslenmiş ve farklı işletme şartları altında değerlendirilmiştir. İlk olarak APR performansı üzerinde harici substrat olarak glikozun etkisi değerlendirilmiştir. Dış substratın eklenmesi ile ortalama 1500 ve 2000 mg/L giriş KOİ ye bağlı olarak, KOİ nin arttığında APR’ nin daha iyi çalıştığı ve APR’ nin KOİ ve renk giderim veriminin Pt- Co(λ465), sırasıyla % 66,92 ve% 69,69’a ulaştığı görülmüştür. Ayrıca APR’ de maruz kalan mikroorganizmaların popülasyon dinamiğindeki değişimler denatüre gradyan jel elektroforezi (DGGE) ile tanımlanmıştır. Mikroorganizma popülasyon dinamiğinin değişerek arttığı gözlemlenmiştir.

Çalışmadan elde edilen bilimsel verilerin tekstil atık su arıtımı yapan tesislerde kullanılarak, arıtımın yapılmasına yardımcı olması amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Anaeorobik Perdeli Reaktör, Biyolojik Arıtma, Tekstil Endüstrisi Atıksuları, Mikrooraganizma Popülasyonu

**ABSTRACT**

Textile industry wastewater is known as one of the main sources of serious pollution problems worldwide. Due to its environmental and toxic effects, the release of highly colored wastewaters creates serious environmental problems, which is of great concern to public health. For this reason, many researchers are researching the removal of colors from textile wastewater.

In this study, the biodegradability of the color-containing real textile wastewater using the anaerobic curtain reactor (APR) and the suitability of the ozonation process applied to the reactor effluent were investigated. In the study, four-phase APR with a working volume of 19 liters was fed with an average of 1000 mg/L of chemical oxygen demand (COD), approximately 3500 Pt-Co of color containing real textile wastewater and evaluated under different operating conditions. First, the effect of glucose as an external substrate was assessed on APR performance. Depending on the input COD of an average of 1500 and 2000 mg / L with the addition of the outer substrate, the APR was better to work when the COD increased and the COD and color removal efficiencies of the APR were found to be Pt-Co (λ465), respectively, 66.92% and 69%, respectively. It was seen that it reached 69. In addition, changes in population dynamics of exposed microorganisms in APR were defined by denatured gradient gel electrophoresis (DGGE). It has been observed that microorganism population dynamics increase.

The aim of this study is to help the treatment of the scientific data obtained from the study by using the wastewater treatment plants.

**Keywords:** Anaerobic Baffle Reactor, Biological Treatment, Textile Industry Wastewater, Microoraganism Population

1. GİRİŞ

Tekstil endüstrileri yüksek miktarda su tüketirler ve boyama ve tamamlama proseslerinde farklı aşamalarda, çevresel açıdan büyük önem taşıyan renk materyalleri, büyük miktarda askıda katı madde (AKM), ve yüksek kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) içeren büyük miktarlarda atıksu üretmektedirler. Boyama proseslerinden çıkan atıksular genellikle oldukça renkli oldukları için herhangi bir arıtımdan geçmeden alıcı su kaynaklarına verilmesi olanaksızdır. Bu atıksular içerdikleri kompleks aromatik moleküler yapıdaki boyar maddelerden dolayı gerek biyolojik olarak parçalanmalarının zor olması, gerekse de canlılar üzerinde toksik etki oluşturmaları sebebiyle arıtılmaları zorunlu ve problemli atık sulardır. Literatürde yapılan çalışmalarda, çeşitli kimyasal arıtım prosesleri bu atıksuların renginin giderilmesinde kullanılmış fakat bu proseslerin sonucunda ayrıca uzaklaştırılması gereken yüksek miktarda kimyasal bir çamur üretimi sorunu ortaya çıkmıştır. Bunların yanı sıra, elektrokimyasal yıkım, ileri oksidasyon ve adsorpsiyon gibi çeşitli teknolojiler renk giderimi amacıyla kullanılmaktadır. Fakat bu teknikler genellikle kompleks prosesler içermektedirler veya ekonomik olarak uygun olmamaktadır. Fiziksel ve kimyasal yöntemlerin her boya türünde renk gideriminin aynı verimlilikte olmaması, bu yöntemlerle yapılan uygulamalarının da sınırlı olmasına neden olmuştur. Bu nedenle, büyük hacimli tekstil atıksularından boyar maddelerin etkili ve ekonomik bir şekilde giderilebilmesi için, biyolojik sistemler gibi alternatif yöntemlere gereksinim duyulmuştur. Boya malzemeleri, kimyasal ve ışık kaynaklı oksidatif etkiler sonucu renklerinin solmamasını sağlayacak şekilde sentezlenmeleri sebebiyle genellikle aerobik arıtım prosesleri ile biyolojik yıkıma uygun değildirler. Azo bileşiklerinin biyolojik ayrışmasında ilk basamak, azo bağının kırılmasıdır. Bu reaksiyon, anaerobik koşullar altında çeşitli biyolojik sistemler tarafından katalizlenir ve aromatik amin birikimine yol açar. Anaerobik arıtımda oluşan aromatik aminler görünür bölgede ışığı absorplamadığı için renksizdirler. Bu sebeple, boyar maddelerin arıtımında ilk aşama olan anaerobik basamakta azo boyaların rengi giderilir. Anaerobik arıtım sonucunda oluşan aromatik amin metabolitlerinin büyük çoğunluğunun anaerobik koşullar altında rekalsitrant yani biyolojik parçalanmaya dayanıklı, fakat aerobik şartlar altında bakteriler tarafından biyolojik ayrışmaya uygun olduğu gözlenmiştir. Bu sebeple, azo boyaların tamamen parçalanmasını sağlamak için, iki aşamalı biyolojik arıtım sistemleri geliştirilmiştir. İlk aşamada azo boyanın indirgenmesi ile oluşan aromatik amin bileşiklerinin ikinci aşamada aerobik oksidasyonla mineralizasyonu sağlanmaktadır. Biyolojik arıtım prosesinde, en önemli ve ilk basamağı oluşturan anaerobik süreçte azo boyaların indirgenmesi, mikrobiyal elektron taşınım zincirinde bir son elektron alıcısı olarak boyanın indirgenmesiyle gerçekleşmektedir. Bu reaksiyonda atıksudaki organik maddeler çoğunlukla elektron vericisi olarak görev yapmaktadır. Eğer atıksularda yeterli miktarda organik madde yoksa (KOİ), renk giderimi yetersiz kalmaktadır. Biyolojik metotlar genelde ucuzdur ve uygulamak kolaydır ve hâlihazırda boyama ve tekstil atıksularından organikleri ve rengi giderir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Tekstil Endüstrisinin Tanımı ve Sınıflandırılması

Tekstil endüstrisi kategorisi tabii ve fabrikasyon elyafları kullanarak kumaş ve diğer tekstil ürünleri üreten tesisleri kapsar. Fabrikasyon elyafların üretimi ve giyim sanayii bu kategori dışındadır. Tekstil endüstrisi tabii ve fabrikasyon ipliklerin hazırlanması, dokuma örme veya başka yöntemlerle kumaş, triko, halı gibi tekstil ürünleri haline getirilmesi, iplik ve kumaşlara boya, baskı, apre gibi terbiye işlemlerinin uygulanması işlemlerini içerir (Tünay, 1996; Gökkuş, 2006).

Tekstil endüstrilerinde kullanılan hammadde göz önünde bulundurulduğunda, endüstri genel olarak yünlü tekstil, pamuklu tekstil ile rejenere ve sentetik tekstiller olarak 3’e ayrılmaktadır. Şekil 2.1.’de gösterildiği gibi proses basamakları uygulanan işleme göre değişiklik göstermektedir ve açığa çıkan atıksular uygulanan materyal ve prosese göre farklı kirlilik yüklerine sahip olmaktadır. Örneğin haşıllama işleminde açığa çıkan atıksu miktarı düşük, fakat kirlilik yükü yüksektir. Yıkama, boyama ve ağartma işlemleri büyük miktarda su kullanımını gerektirdiğinden açığa çıkan atıksu hacimleri oldukça yüksektir.

2.1.1. Pamuklu tekstil endüstrisi

Pamuk elyafı, iplik yapımı, dokuma hazırlık ve ürünlerin terbiyesi olarak üç aşamada işlenir. İplik yapımı, açma temizleme, tarama, çekme, eğirme, bobinleme gibi işlemleri kapsar. Bunlar çoğunlukla mekanik kuru işlemlerdir. Dokuma, hazırlık işlemleri, bobin ve çile hazırlanması, çözgüler, haşıllama ve dokuma işlemlerini kapsar, bu işlemler de kuru işlemlerdir. Terbiye işlemlerinde önemli miktarlarda su kullanımı vardır. Başlıca terbiye işlemleri; haşıl sökme, yıkama, pişirme, merserizasyon, kasar, boyama ve apreleme işlemlerdir (Gökkuş, 2006).

2.1.2. Yünlü tekstil

Pamuklu tekstil ile aynı aşamalarda gerçekleştirilen yünlü tekstil işlemlerinde ilk ve en önemli fark yünün yıkanmasıdır. Çok kirli yağlı atıksu oluşturan bu işlem ayrı bir altkategori oluşturur. İlk aşamada yüne, taraklama gibi işlemler yapılır ve kamgarn veya strayhgarn iplik olarak sentetik madde katkıları da yapılarak bobinlere sarılır ve dokunur. Terbiye işlemleri arasında karbonizasyon, dinkleme, yıkama, boyama ve apre işlemleri yapılır. Boyamada başlıca asit, metalize ve mordant boyalar kullanılır, sonra sıcak suveya kimyasal maddeler ile fiksaj yapılır. Apre işlemleri keçeleşmezlik işlemi ve pamuklu kumaşlara uygulanan diğer işlemleri kapsar (Gökkuş, 2006)

2.1.3. Rejenere ve sentetik tekstiller

Selülozik ve organik polimerlerin elyafları pamuk ve yünlülere karıştırılarak veya ayrı olarak iplik hazırlama, haşıl sökme, boyama ve apre işlemlerinden geçer. Boyamada asit, bazik dispers, naftol gibi boyalar kullanılır. Sentetik, iplik üretiminde lif çekimi, liflerin terbiyesi, yıkama, ağartma, boyama işlemleri bulunur. Halı üretimi lateks ile taban kaplaması işlemlerini içerir. Keçeleştirilmiş ve dokusuz yüzeyli kumaş üretimi de keçeleştirme, yıkama, boyama vb. işlemleri kapsar (Gökkuş, 2006).

2.2. Tekstil Endüstrisinin Alt Kategorilere Ayrılması

Tekstil endüstrisinin alt kategorizasyonlara ayrılmasının amacı, üretim farklılıkları olan veya aynı ürünü farklı proses ve yöntemlerle üreten proseslerin atıksularında oluşacak karakter farklılıklarını ortaya koymaktır. Kirlenme karakterizasyonu ve kontrol önlemleri ancak bu şekilde kontrol içerisinde homojen birimlerin değerlendirilmesiyle gerçekleşebilir (Gökkuş, 2006).

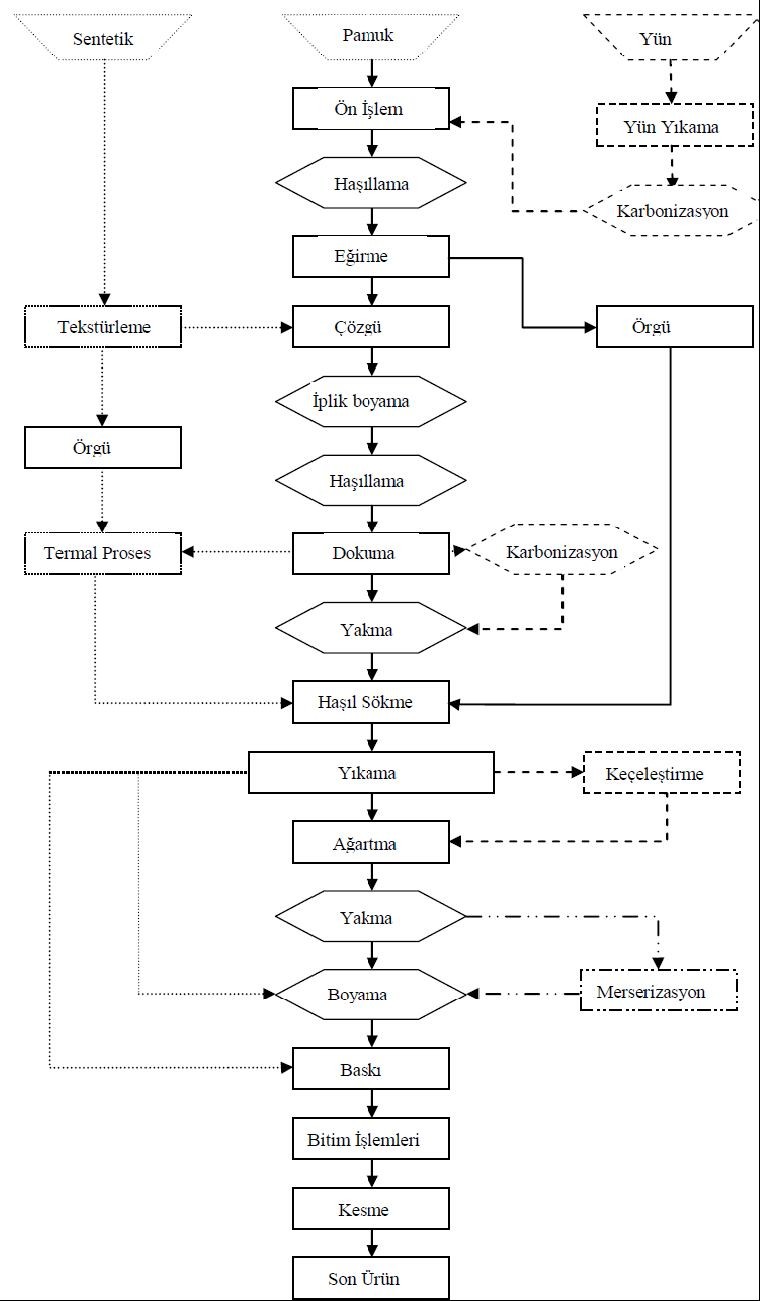
Tekstil endüstrisi yapısı gereği değişken olduğundan, bu endüstri için sağlıklı uygulanabilirliği olan kirlenme bazlı bir altkategorizasyon oluşturabilmek, ancak endüstriye ilişkin detaylı veri toplanması ve daha sonra verilerin değerlendirilmesi ile gerçekleştirilebilir (Germirli, vd., 1997).

Tekstil endüstrisi hammaddeleri, üretim işlemleri, ürünler, su kullanımı ve atıksu özellikleri kriterleri dikkate alınarak alt kategorilere ayrılmaktadır. Bu kategoriler: yapağı yıkama, yün son işlemleri, dokunmuş kumaş son işlemleri, örgü kumaş son işlemleri, açık elyaf ve iplik son işlemleri, halı son işlemleri, dokusuz yüzeyli kumaş üretimi, keçeleştirilmiş kumaş üretimi, az su kullanılan işlemler, koza işleme ve doğal ipek üretimidir (Gökkuş, 2006).

2.3. Tekstil Endüstrisi Genel Prosesleri

Tekstil endüstrisinde oluşan atıksular genel olarak miktar ve bileşim yönünden oldukça değişkenlik göstermektedir. Proseslerde. KOİ, pH, biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), renk ve tuzluluk gibi birçok parametre yüksek değerler göstermektedir.

Tekstil atıksuyunun kompozisyonu, endüstrinin ıslak ve kuru proses basamaklarında kullanılan farklı organik kökenli bileşiklere, kimyasallara ve boyalara göre değişiklik göstermektedir. Tekstil endüstrilerinde kullanılan hammadde göz önünde bulundurulduğunda, endüstri genel olarak yünlü tekstil, pamuklu tekstil ile rejenere ve sentetik tekstiller olarak 3’e ayrılmaktadır. Şekil 2.1.’de gösterildiği gibi proses basamakları uygulanan işleme göre değişiklik göstermektedir ve açığa çıkan atıksular uygulanan materyal ve prosese göre farklı kirlilik yüklerine sahip olmaktadır. Endüstride uygulanan ana işlemler, haşıllama, haşıl sökme, ağartma, merserize etme, boyama, apreleme olmak üzere gruplandırılabilirler (Kırdar, 1995). Gerçekleşen işletme koşullarına bağlı olarak gerek boyamada gerekse diğer işlemlerde kullanılan organik ve inorganik formdaki bileşiklerin çeşitliliğine bağlı olarak, ortaya çıkan atıksuların özellikleri de farklı olmaktadır. Birçok tekstil endüstrisi; haşıllama, haşıl sökme, merserizasyon, yıkama ve boyama gibi işlem proseslerini içermektedir. Her bir işlemde kullanılan maddeler aynı zamanda atıksuyun kompozisyonunu oluşturmaktadır.



Şekil 2 1 Tekstil endüstrisinde yer alan genel proses basamakları. Dikdörtgen şeklindeki basamaklar proseste her zaman bu sırayla yer almaktadır, altıgen şeklindeki basamaklar uygulanan proseslere göre değişiklik göstermektedir. Çizgi stilleri prosesin sadece özel elyaf türlerine uygulandığını göstermektedir (•••• sentetik elyaf;―••― pamuk elyaf; ―― yün elyaf).

Çizelge 2.1.’de ise, Farklı tekstil endüstrilerine ait işlem basamakları ve atıksu karakterizasyonu verilmiştir.

Çizelge 2 1 Farklı tekstil endüstrilerine ait işlem basamakları ve atıksu karakterizasyonu (Bisschops ve Spanjers, 2003*)*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Parametre | Elyaf Türü | Haşıl Sökme | Yıkama | Ağartma | Boyama | Baskı |
| KOI  (mg/L) | Yün Pamuk Sentetik | -  950-20000  - | 5000-90000  8000  - | - 288-  13500  - | 7920  1115-4585  620 | -  - 1515 |
| BOI5  (mg/L) | Yün  Pamuk Sentetik | -  -  - | 2270-60000  100-2900  500-2800 | 400  90-1700  - | 400-2000  970-1460  530 | -  - 590 |
| Renk (ADMI) | Yün  Pamuk Sentetik | -  64-1900  - | 2000  694  - | - 153  - | 2225  1450-4750  1750 | -  -  - |
| ToplamKatı (mg/L) | Yün Pamuk Sentetik | -  -  - | 28900-49300  - | 910  2300-  14400  - | -  -  - | -  - 150-  250 |
| Toplam Askıdaki Katı  (mg/L) | Yün Pamuk Sentetik | -  18-800  - | 1000-26200  184-17400  600-3300 | 900  130-  25000  - | - 120-190  140 | -  -  - |
| Toplam |  |  |  |  |  |  |
| Çözünmüş  Katı | Pamuk | 530-6900 | - | 4760-  19500 | - | - |
| (mg/L) |  |  |  |  |  |  |
| Çözünmüş |  |  |  |  |  |  |
| Organik | Yün | - | 5800 | - | - | - |
| Karbon | Pamuk | 250-2750 | - | 320 | - | - |
| (mg/L) |  |  |  |  |  |  |
| Toplam | Pamuk | 70 | - | 40 | - | - |
| Kjeldahl | Sentetik | - | - | - | - | 164 |
| Azotu  (mg/L) |  |  |  |  |  |  |
| Amonyum | Yün | - | 604 | - | - | - |
| Azotu | Pamuk | 9-19 | - | 8-19 | - | - |
| (mg/L) | Sentetik | - | - | - | - | 129 |
| Toplam  Fosfor (mg/L) | Pamuk Sentetik | 4-10  - | -  - | 6-60  - | -  - | - 21 |
| Sülfür | Yün | - | 0.2 | - | - | - |
| (mg/L) | Pamuk | - | - | - | 325-900 | - |
| Sülfat  (mg/L) | Pamuk | - | - | - | 1750-2690 | - |
| Klorür  (mg/L) | Genel  Elyaflar | - | - | 90-100 | 26000 | - |
| Yağ-Gres  (mg/L) | Yün | - | 580-55000 | - | - | - |
|  | Yün | - | 7.6-10.4 | 6 | 4.6-8 | - |
| pH | Pamuk | 8.8-9.2 | 7.2-13 | 6.5-13.5 | 9.2-10.1 | - |
|  | Sentetik | - | 8-10 | - | 11.7 | - |
| Su  Tüketimi (L.kg-1  elyaf) | Yün Pamuk Sentetik | -  -  - | 4-77.5  2.5-43  17-67 | - 30-50  - | 40-150  38-143  38-143 | 280-  520  -  - |

2.3.1. Haşıllama

İnce kumaşların dokunması esnasında çok ince iplik kullanılır. Fakat bu incelikteki iplik, dokuma sırasında maruz kalacağı gerilimlerin etkisiyle kopar. Bu tür durumlarda, nişasta ve dekstrin gibi maddeler kullanılarak kumaş geçici olarak sağlamlaştırılır. Bu işleme haşıllama denir (Kırdar, 1995; EPA, 1997; EPA, 2000).

Haşıl maddesi, dokuma sırasında meydana gelebilecek aşınma ve kopmaları önlemek için çözgü ipliklerine uygulanır. Böylece çeşitli mekanik zorlamalarla karşı karşıya kalan lifler birbirine daha iyi yapışarak, daha kapalı, daha sağlam bir hale gelir ve kayganlıklarının artması sağlanarak dokumada performans arttırılır (Kanlıoğlu, 2000).

Kullanılan haşıl maddeleri; makro moleküllü, film oluşturabilen ve liflere belirli bir yapışma, tutunma yeteneğine sahip olan doğal veya yapay maddelerdir. En çok kullanılan haşıl maddeleri yapay ve doğal kaynaklı olmak üzere iki çeşittir. En çok kullanılan doğal kaynaklı haşıl maddeleri, nişasta ve türevleri (doğal nişasta, kısmen parçalanmış veya kimyasal olarak modifiye edilmiş nişasta türevleri), selüloz türevleri (karboksimetilselüloz, metilselüloz, oksietilselüloz), yumurta akı haşıl maddeleridir (tutkal, jelatin). Stiren-maleik asit kopolimerleri, polivinilalkoller (PVA), poliakrilatlar ise yapay kaynaklı haşıl maddeleri grubunda yer almaktadır (Cırık, 2010).

Kullanılan haşıl maddeleri bu prosesten çıkan atıksulardaki en büyük kirlilik kaynağını oluşturmaktadır. Oluşan atıksular hacimsel olarak düşük fakat yüksek seviyelerde Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ) ve Askıda Katı Madde (AKM) içermektedir.

2.3.2. Haşıl sökme

Haşıllama işlem basamağını takip eden haşıl sökme işlemi, çözgü iplikleri üzerindeki haşıl maddelerini uzaklaştırmak için uygulanır. Sonrasında doğal yağları, doymuş ve doymamış yağları, vaksları ve sürfaktanları gidermek için bazı alkali çözeltiler (çoğu zaman sodyum hidroksit) kullanılarak yıkama işlemi gerçekleştirilir. Haşıl maddesi olarak nişastanın kullanıldığı durumlarda ise yıkama işleminde enzimler kullanılmaktadır. Haşıl sökme işleminde açığa çıkan atıksular haşıl maddesi olarak nişasta kullanıldığında tekstil atıksularının BOİ5 yükünün yaklaşık yarısından sorumludur (Cırık, 2010).

2.3.3. Yıkama yıkama

prosesi elyaf üzerindeki tozun ve kimyasal maddelerin giderildiği bir ön yıkamayı ve enzimatik veya ön işlemler ile bazı yardımcı maddelerin uzaklaştırıldığı haşıl sökme kademelerini içermektedir. Bu işlem, tekstil atıksularında toplam kirlilik yükünün yaklaşık %50’sini oluşturur. Boyama ve apreleme için temiz kumaş hazırlamak amacıyla sodyum hidroksit, klor, silikatlar, sodyum bisülfıt ve deterjanlar, nişastanın hidrolizi için asitler ve enzimler kullanılır. Uygulanan elyafın cinsine göre; kullanılacak kimyasal, suyun sıcaklığı ve temas süreleri değişir. Yıkama toplam atık yükünün %30 artmasına sebep olur. Boyama proseslerinden önce haşıl maddelerinin giderilmesi önemlidir. Aksi halde haşıl maddeleri boyanın elyafa nüfus etmesini engeller veya boyanın rengini değiştirir (Kırdar, 1995; EPA, 1997; EPA, 2000; Gökkuş, 2006).

Yıkama prosesi ham elyafta bulunan yağ, vaks, mineral ve bitki gibi safsızlıkların giderilmesi için su veya solvent kullanılarak uygulanmaktadır. Sentetik elyaflar yün ve pamuk elyaflara oranla daha az yıkama prosesine ihtiyaç duyarlar. Yıkama için deterjanlar, sabunlar, yüzey aktif maddeler, köpük gidericiler, yağlayıcılar gibi kimyasallar kullanılmaktadır. Uygulama sırasında artık kimyasallar suya karışarak kimyasal ve toksik madde içeriği yüksek bir atıksu bileşimi oluştururlar. Atıksu yüksek KOİ ve katı madde içeriğine sahiptir.

Yünün yıkanması ise tekstil endüstrisinde kirlilik yükü en fazla olan basamaktır. Ham yünün yaklaşık ağırlıkça % 30-70’i safsızlık (yün yağı, katı madde, dışkı) içermektedir. Biyolojik arıtımdan önce yağın uygun bir prosesle atıksudan ayrılması atıksu arıtma verimi açısından önemli ve şarttır (Cırık, 2010).

2.3.4. Yün karbonizasyonu

Mekanik işlemle veya yıkama ile giderilemeyen yünün içindeki güçlü kirleticilerin giderilmesi için uygulanmaktadır. Uygulamada, yüne zarar vermeyecek şekilde selülozu parçalamak için yüksek sıcaklıkta güçlü asitler kullanılır. Yün karbonizasyon basamağını takip eden işlem basamağına geçmeden önce kullanılan güçlü asitlerin etkisini gidermek için nötralizasyon ve yıkama gerekmektedir. Bu basamakta oluşan atıksuların organik madde içeriği düşük fakat katı madde içeriği yüksektir (Cırık, 2010).

2.3.5. Keçeleştirme

Bu basamakta daha küçük, mat ve yoğun bir materyal elde etmek için genellikle karbonizasyon basamağından sonra yün elyafa uygulanır. Proseste kullanılan maddeler sıcak soda çözeltileri ve sülfürik asittir. İşlemi bitirmiş elyaf yıkandığında oluşan atıksu yüksek miktarda BOİ içermektedir (Cırık, 2010).

2.3.6. Ağartma

Haşıl sökme ve yıkama ile giderilemeyen renk verici maddeleri gidermek için ağartma prosesi uygulanır. Doğal renklendiricileri gidermek için bu aşamada hidrojen peroksit, sodyum hipoklorit, sodyum klorür ve SO2 gazı gibi maddeler kullanılır. Bunlardan hidrojen peroksit özellikle pamuklu kumaşların ağartılmasında kullanılır. Peroksit su ve oksijene bozunur ve çözünmemiş katı parçalar yada gözlenebilen artıklar bırakır. Peroksit ilavesi atık akımında oksijen miktarını arttırır (Kırdar, 1995; EPA, 1997; EPA, 2000; Gökkuş, 2006).

Ağartma prosesi 3 adımda gerçekleştirilir;

1. Kumaş; ağartıcı maddeler, aktifleştirici katkı maddeleri, stabilizör ve diğer gerekli kimyasallarla doyurulur.

2. Kumaşın, yeterli sıcaklıkta, yeterli süre ağartıcıyla teması sağlanır. Kumaş yıkanır ve kurutulur (Kırdar, 1995; EPA, 1997).

3. Tekstil atıksularında toplam BOİ'nin yaklaşık %5'i ağartma prosesinden gelmektedir (EPA, 1997).

2.3.7. Pamuk merserizasyonu

Merserizasyon işlemi genellikle kumaş yüzeyinde bir parlaklık elde etmek, boyutsal stabiliteyi sağlamak, daha yüksek mukavemet elde etmek, selüloz liflerinin muntazam şekilde şişmesini sağlamak, iç yüzeydeki artış nedeniyle daha iyi boya tutmak amacıyla uygulanmaktadır. Merserizasyon işleminde en yaygın kullanılan maddelerden biri pH’ı arttırmak için eklenen sodyum hidroksittir. Oluşan atıksuların BOİ ve katı madde içeriği düşüktür (Cırık, 2010).

2.3.8. Boyama

Boyama işleminde elyafa renk verilir ve genellikle büyük hacimlerde su kullanılır. Boyama prosesine bağlı olarak; metaller, tuzlar, sürfaktanlar, sülfür ve formaldehit gibi birçok kimyasal madde, elyaf üzerindeki boya adsorpsiyonunu arttırmak için kullanılır. Boya banyosunda en çok kullanılan tuzlar ise, sodyum nitrat, sodyum sülfat ve sodyum klorittir (Carliell vd., 1998). Boyama prosesinde en sık kullanılan kimyasal maddeler ve prosesteki fonksiyonu Çizelge 2.2.’de verilmiştir.

**Çizelge 2 2**Boyama prosesinde kullanılan kimyasal maddeler (Kocaer ve Alkan, 2002)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Kimyasal Madde | Bileşim | Fonksiyon |
| Tuzlar | Sodyumklorür Sodyumsülfat  Sodyumnitrat | Elyafın zeta potansiyelini nötralize edici, yavaşlatıcı |
| Asitler | Asetik asit  Sülfürik asit | pH kontrolü |
| Bazlar | Sodyumhidroksit  Sodyumkarbonat | pH kontrolü |
| Tamponlar | Fosfat | pH kontrolü |
| Kompleks Yapıcılar | Etilen daimintetra  asetikasit(EDTA) | Kompleks yapma, yavaşlatıcı |
| Dispers edici/düzgünleştirici Ve yüzey aktif maddeler | Anyonik, katyonik ve noniyonik | Boyaları dağıtma, boya uygulamasını düzenesokma |
| Okside edici Maddeler | Hidrojen peroksit  Sodyum nitrit | Boyaları çözünemez yapma |
| İndirgeyici Maddeler | Sodyum hidrosülfit  Sodyum sülfit | Boyaları çözünebilir yapma, reaksiyona girmemiş boyanın  uzaklaştırılması |
| Taşıyıcılar | Fenil fenoller Klorlu benzenler | Adsorpsiyonun arttırılması |

Boyama prosesi sonrasında oluşan atıksular genellikle yüksek renk içeren atıksulardır. Kullanılan kimyasal madde içeriği yüksek olduğundan atıksu toksik özellikte ve biyolojik arıtılabilirliği içerdiği boyar maddelerden dolayı zordur. Endüstri atıksuyunun metal, tuz ve renk içeriğinin neredeyse tamamı bu prosesten gelmektedir (Cırık, 2010).

2.3.9. Baskı

Bu proseste kullanılan materyaller boyamada kullanılanlarla aynıdır, basamaklar arasındaki tek fark elyafın sadece belirli bölgelerinin boyanmasıdır. Açığa çıkan atıksu renkli olup inceltici, boyar madde, üre, sürfaktan ve solventler gibi çeşitli kimyasallar içermektedir. Ürenin kullanım amacı, pamuk viskoz ve ipeklerin baskı işlemlerinde, çözünürlüğü düşük boyar maddelerin çözünürlüklerini arttırmak ve elyaf üzerinde tutunmasını sağlamaktır. Bu basamakta oluşan atıksu, endüstri atıksuyunun KOİ, renk ve azot parametrelerinin değerini arttırıcı özellik taşımaktadır (Cırık, 2010).

2.3.10. Apreleme

Fiziksel ve kimyasal özellikleri değişen kumaşın işlenmesi apreleme olarak adlandırılır. Apreleme işlemi ile görünüş, yumuşaklık, sağlamlık, pürüzsüzlük ve parlaklık gibi özelliklerin daha iyi olması sağlanır. Kullanılan maddeler; nişasta (kola) ve dekstrin kolası, doğal ve sentetik balmumu, sentetik reçineler, amonyum ve çinko klorit, yumuşatıcı maddeler ve çeşitli özel kimyasallar içerir. Bu kimyasalların kullanımı ile aşınma kalitesi düzelir, su geçirmeme, yanmama ve küflenmeme gibi özellikler sağlanır (Kırdar, 1995; EPA, 1997; EPA 2000; Gökkuş, 2006).

2.4. Tekstil Endüstrisinde Kullanılan Boyar Maddeler

Cisimlerin yüzeyinin ya dış tesirlerden korunması ya da güzel bir görünüm sağlanması için renkli hale getirilmesinde kullanılan maddelere “boyarmadde” denir (Köseoğlu, 2004). Tekstil endüstrisinde boyama işlemi kumaşa renk vermek için yapılır. Boyalı atıksuların karakterizasyonu, boyaların kimyasal yapısındaki farklılıklardan ve prosesin değişim göstermesinden dolayı oldukça zordur. Çizelge 2.3’de farklı boyaların kullanıldığı ve farklı elyafların boyandığı boyahane atıksularının karakterizasyonuna ilişkin bazı değerler görülmektedir (Correia vd., 1994).

**Çizelge 2 3**Boyama atıksularının karakteristikleri

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Kimyasal Madde | Bileşim | Fonksiyon |
| Tuzlar | Sodyumklorür Sodyumsülfat  Sodyumnitrat | Elyafın zeta potansiyelini nötralize edici, yavaşlatıcı |
| Asitler | Asetik asit  Sülfürik asit | pH kontrolü |
| Bazlar | Sodyumhidroksit  Sodyumkarbonat | pH kontrolü |
| Tamponlar | Fosfat | pH kontrolü |
| Kompleks Yapıcılar | Etilen daimintetra  asetikasit(EDTA) | Kompleks yapma, yavaşlatıcı |
| Dispers edici/düzgünleştirici Ve yüzey aktif maddeler | Anyonik, katyonik ve noniyonik | Boyaları dağıtma, boya uygulamasını düzenesokma |
| Okside edici Maddeler | Hidrojen peroksit  Sodyum nitrit | Boyaları çözünemez yapma |
| İndirgeyici Maddeler | Sodyum hidrosülfit  Sodyum sülfit | Boyaları çözünebilir yapma, reaksiyona girmemiş boyanın  uzaklaştırılması |
| Taşıyıcılar | Fenil fenoller Klorlu benzenler | Adsorpsiyonun arttırılması |

\*Amerikan Boya İmalatçıları Enstitüsü renk birimi

Boyarmaddeler genellikle iki ana bileşenden oluşan küçük moleküllerdir. Rengi veren kromofor ve boyayı ipliğe bağlayan fonksiyonel gruptur. Literatürde kimyasal yapısına göre veya uygulandığı ipliğin türüne göre sınıflandırılmış yüzlerce çeşit boya mevcuttur. Boyanın iplik üzerine adsorbe olması tekstil ipliğine ve boyanın tipine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Adsorbsiyonun derecesi zaman, sıcaklık, pH ve yardımcı kimyasallar gibi çeşitli faktörlerin de etkisi altındadır (Kocaer, 2002).

Boyama prosesinde sıkça kullanılan yardımcı kimyasallar gibi çeşitli faktörlerin de etkisi altındadır. Boyama prosesinde sıkça kullanılan yardımcı kimyasallar Çizelge 2.3’de listelenmiştir (Correia vd., 1994; Kocaer ve Alkan, 2002). Çizelge 2.3, boyama prosesi çıkış sularında boyarmaddeler haricinde çok sayıda farklı bileşenlerin de bulunacağını göstermektedir.

Tek bir boyama işlemi için farklı kimyasal sınıftaki boyarmaddelerin birlikte kullanılabiliyor olması çıkış suyu bileşimini daha da karmaşık hale getirmektedir. Boyama prosesi çıkış sularındaki kimyasal yük, prosesin kimyasının yanı sıra boyama işleminin kesikli ya da sürekli olmasına bağlı olarak da farklılıklar göstermektedir (Kocaer, 2002). Tekstil endüstrisinde kullanılan boyar maddeler her çeşit tabii ve sentetik elyafın renklendirilmesinde kullanılan kimyasal maddelerdir. Boyar maddeler organik yapıda olup, çözelti veya süspansiyon halinde çeşitli yöntemlerle cismin yüzeyi ile kimyasal veya fizikokimyasal bir reaksiyona girerek birleşirler ve cismin yüzey yapısını değiştirerek renk oluştururlar. Tekstil endüstrisinde kullanılan boyar maddeler, zararlı atık olarak kabuledilmektedirler. Boyalar kompleks organik bileşikler olup, biyolojik olarak indirgenmeye uygun değildirler (Ölmez, 1999).

Boyar maddeler genellikle suda çözünebilir yapıda oldukları halde, bazıları proses sırasında çözünebilirlik kazanır ve sonra çözünemez duruma gelirler (Ölmez, 1999).

Tüm renkli organik bileşikler, rengi oluşturan doymamış kromofor grubunu içerirler. Bu grupları taşıyan bileşiklere kromojen denir. Kromojen gruplar, kromofor adı verilen grupları içeren aromatik yapılardır. Kromofor renk veren anlamına gelmektedir. Kromofor içeren boyar maddelerin içerisinde en önemli yeri azo boyar maddeler teşkil eder. Azo boyalar en az bir tane N=N bağı içeren boyar maddelerdir. Monoazo boyar maddeler bir tek çift bağlı azot içerirken diazo ve triazo boyaları 2 ve 3 adet N=N bağı içerir. Azo boyalar genelde benzen ve naftalin halkaları içermektedirler (Zollinger, 1991).

Bir kromojenin boyarmadde olması için molekülde kromofordan başka oksokrom denilen amino [ - NH2 ], yer değiştiren amino [NHR, -NR2], hidroksil [- OH], metoksil [-OCH3], sülfonik [SO3H] ve karboksil [COOH] gruplarının da bulunması gerekir. Bu gruplar aynı zamanda molekülün suda çözünmesi ve elyafa karşı afiniteye sahip olmasını da sağlar. Kromofor grupları; nitro [R.NO2], nitrozo [-N2O], azo [-N=N-], karbonil [C=O], etilenik çifte bağ [- C=C-], tiyokarbonil [-C=S] gibi çifte bağlı gruplardan oluşur (Ölmez, 1999). Boyarmaddeler ya kimyasal yapılarına göre ya da boyama özelliklerine göre sınıflandırılırlar. Bu iki sınıflandırma şekli arasında çok az ilişki vardır. Örneğin kimyasal yapı bakımından büyük bir grubu meydana getiren azo boyarmaddeleri, boyama özelliklerine göre yapılan bir sınıflandırmada her grupta yer alırlar. Boyamada boyar maddelerin kimyasal yapısındansa boyama özellikleri bakımından hangi gruba girdiği daha yaygın olarak kullanılmaktadır (Ölmez, 1999). Bu sınıflamalardan farklı olarak boyar maddeler, çözünürlüklerine göre suda çözen ve su da çözünmeyen boyarmaddeler olarak iki ayrı grupta sınıflandırılmaktadır (Köseoğlu, 2004).

**Çizelge 2 4** Boyama atıksularının karakteristikleri

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Boya Sınıfı** | **Tanımlaması** | **Tipik Uygulamaları** |
| Asit Boyalar | Suda çözünebilen anyonik bileşenlerdir | Yün, naylon |
| Bazik Boyalar | Suda çözünebilen, zayıf asidik boyar maddelerdir ve oldukça parlak boyalardır | Akrilik, bazı polyesterler |
| Direkt Boyalar | Suda çözünebilen, anyonik bileşenler olup mordantsız selüloziklere doğrudan uygulanabilir. | Pamuk, rayon ve diğer selüloziklere |
| Dispers Boyalar | Suda çözünmeyen boyalardır | Polyester, asetat ve diğer sentetikler |
| Reaktif Boyalar | Suda çözünebilen, anyonik bileşenlerdir  ve bu boyalar en geniş sınıf aralığına sahiptir. | Pamuk, diğer selülozikler yün |
| Sülfür Boyalar | Sodyum sülfatın sülfür içeren organik  bileşenleridir | Pamuk, diğer selülozikler |
| Vat Boyalar | En eski boyalardır ve kimyasal yapıları oldukça karışıktır. Suda çözünmezler | Pamuk, diğer selülozikler |

2.4.1. Boyar maddelerin kimyasal yapılarına göre sınıflandırılması

Boyar maddeler kimyasal yapılarına göre;

a) Nitro ve Nitrozo boyar maddeler

b) Trifenilmetan boyarmaddeler

c) Fitaleyn ve Ksanten boyarmaddeler

d) Azo boyarmaddeler

e) Antrakinon boyarmaddeler

f) İndigo boyarmaddeler

g) Fitalosiyanin boyarmaddeler olarak sınıflandırılırlar.

2.5. Renk Giderme Yöntemleri

Boyarmadde içeren atıksulardan renk giderimi için kulanılan kesin bir yöntem yoktur. Atıksuyun çeşidine göre uygulanacak yöntem de değişiklik göstermektedir. Bu yöntemler fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemler olarak sıralanabilir.

2.5.1.Fiziksel yöntemler

Fiziksel renk giderme yöntemleri adsorpsiyon, membran prosesler, iyon değişimi ve radyasyon (ışınlama) olarak sınıflandırılmaktadır.

Adsorpsiyon, su ve atıksu arıtımında fizikokimyasal metotlar arasında en etkin metotlardan biri olarak düşünülmektedir. Adsorpsiyon ile renk giderim prosesi adsorpsiyon ve iyon değişimi mekanizmalarının bir sonucu olarak gerçekleşmekte olup, boya/adsorban etkileşimi, adsorban yüzey alanı, partikül büyüklüğü, sıcaklık, pH ve temas süresi gibi birçok parametreden etkilenmektedir (Anjaneyulu vd., 2005).

Proseste düşük maliyetli adsorbanların seçimi önemlidir. En yaygın olarak kullanılan adsorban madde aktif karbon olmakla birlikte, zeolit, bentonit, bataklık kömürü, ağaç kırıntıları, uçucu kül+kömür karışımı, silika jeller, doğal killer, mısır koçanı gibi bazı üretimi kolay ve ucuz adsorban maddeler de renk gideriminde kullanılmaktadır. Kitin gibi amino nitrojen içeren adsorbanların asit boyalar üzerinde adsorpsiyon kapasitesi daha yüksektir. Ancak adsorpsiyonda ilk yatırım maliyetinin yüksek olması ve adsorbanın periyodik olarak yenilenmesi gerekliliği işletim maliyetini arttırmaktadır (Cırık, 2010). Membran iki fazı birbirinden ayıran ve özel bir şekilde kimyasal veya organik bileşiklerin transferini sınırlayan bir filtrasyon aracıdır. Membran kullanılarak uygulanan filtrasyon teknikleri; mikrofiltrasyon, ultrafiltrasyon, ters ozmoz ve elektrodiyaliz olarak 4’e ayrılmaktadır (Gökkuş, 2006). Membran prosesleri, tekstil endüstrisi atıksularının arıtımında kullanılan en yaygın metotlardan birisidir. Her ne kadar filtrasyon yüksek yatırım maliyetleri gerektirse de, bu maliyet atıksuyun, tuzların ve boyaların geri kazanımı ile elde edilen yüksek kazançlarla karşılanmaktadır (Cırık, 2010).

Membran ayırma teknolojisinin tekstil atıksuyunda ulaşılan arıtım verimi ve kıymetli hammaddenin geri kazanımı, geleneksel arıtım teknolojilerine göre avantajları arasında yer almaktadır. Tekstil atıksularının arıtımında elde edilen renk giderme verimleri genellikle %70’in üzerindedir (Alves ve Pinho, 2000; Frank vd., 2002; Mutlu vd., 2002). Bunun yanında, membranların tıkanma problemleri ve sık temizlik gereksinimleri, modüllerindüzenli yer değiştirmesi gibi işletme titizliği gerektirmesi işletme maliyeti açısından yüksektir (Cırık, 2010). Bu sistemin tekstil endüstrisinde kullanılabilmesi için membran sistemin ve membranda yoğunlaşan maddenin arıtımının beraber sunulmasıdır. Membran sistemi tek başına sorunu çözmeyecektir (Başıbüyük vd., 1998). Boya içeren atıksuların arıtılmasında iyon değiştiricilerin kullanılması henüz yeterince yaygın değildir. Bunun ana nedeni, iyon değiştiricilerle arıtılarak olumlu sonuç alınan boya sınıfının kısıtlı oluşudur. Yöntemde, atıksu mevcut değişim bölgeleri doygunluğa erişene kadar iyon değiştirici reçineler üzerinden geçer. Bu şekilde, boyarmadde içeren atıksulardaki hem katyonik, hem de anyonik boyalar uzaklaştırılabilmektedir. Yöntemin avantajları, rejenerasyonla adsorban kaybının bulunmaması, çözücünün kullanıldıktan sonra iyileştirilebilmesi ve çözünebilir boyaların etkin şekilde giderilebilmesidir. En büyük dezavantajı ise yöntemin maliyetidir. Organik çözücüler oldukça pahalıdır. Ayrıca iyon değişimi metodu dispers boyalar için pek etkili değildir (Robinson vd., 2001). Gamma veya elektron demeti kullanılarak uygulanan radyasyon yöntemi ile renk gideriminin, hem kolay hem de geniş aralıkta organik kirleticileri elimine etmesi ve zararlı mikroorganizmaları dezenfekte etmesi açısından etkili bir yöntem olduğu düşünülür. Fakat tam ölçekli bir arıtma tesisinde uygulanabilirliği düşük, işletme maliyeti yüksektir (Cırık, 2010).

2.5.2. Kimyasal yöntemler

Tekstil atıksularının kimyasal yöntemlerle arıtılması uzun yıllardan beri en çok rağbet gören yöntem olmuştur. Bunun en büyük nedeni şüphesiz atıksu kalitesinde meydana gelen değişikliklerin kullanılan kimyasal da veya uygulanan dozda yapılan değişikliklerle kolayca tolere edilebilir olmasıdır (Socha, 1991). Tekstil endüstrisi atıksularının arıtımında en yaygın olarak kullanılan kimyasal yöntemler oksidasyon yöntemleri, kimyasal çöktürme ve flokülasyon yöntemi ve Cucurbituril ile arıtımdır (Kocaer ve Alkan, 2002). Kimyasal Çöktürme ve Yumaklaştırma yönteminde; floklaşma ve çökelme kimyasal maddeler yardımıyla sağlanır. Atıksuya katılan kimyasal maddeler yardımıyla meydana gelen floklaşma ile çözünmüş maddeler ve kolloidler giderilirler. En çok kullanılan kimyasallar arasında, Al2(SO4)3, FeCl3, FeSO4 ve kireç sayılabilir. Kimyasal çöktürme yönteminde inşaat masraflarından ziyade işletme masrafları önem taşımaktadır. Özellikle floklaşma maddeleri ve meydana gelen çamurun bertaraf edilmesi, giderlerin önemli birkısmını teşkil etmektedir. Koagülasyon/flokülasyon ham atıksudan kısmi bir KOİ ve renk giderimi sağlamak için ön arıtma olarak veya ileri arıtma bazen de atıksu arıtımı olarak uygulanmaktadır. Prosesin prensibi, koagülant eklenerek flok oluşturulması, flokların çökelti oluşturarak veya flotasyonla atıksudan ayrılmasına dayanır (Kocaer ve Alkan, 2002). Sıcaklık, pH, tuz konsantrasyonu, boyarmadde cinsi ve konsantrasyonu renk giderimini etkileyen parametrelerdir. Çöktürme ve yumaklaştırma ile optimum koşullar sağlandığında % 80-90 verim elde edilebilir (Arıcı, 2000). Kimyasal Oksidasyon yöntemi; renk giderimi için uygulanan en yaygın kimyasal yöntemdir. H2O2-Fe(II) Tuzları (Fenton ayıracı), UV/peroksit, UV/ozon ve bunların kombinasyonu en sık kullanılan kimyasal oksidasyon prosesleridir. Fenton oksidasyonunda yüksek oranda KOİ, renk ve atıksudaki toksisite giderilebilmektedir. Bu yöntemin dezavantajı ise kirliliğin çamurda tutunması ve tekrar giderilmesi gereken bir kirliliğin oluşmasıdır (Robinson vd., 2001). Kimyasal oksidasyon prosesi; kimyasal türler arasında elektronların transferine dayanır. Bu proses indirgenme-yükseltgenme prosesi olarak da bilinir. Kimyasal oksidasyonun amacı, su içerisinde bulunan bir maddenin kimyasal olarak oksitlenerek kararsız son ürüne dönüştürülmesidir (Arıcı, 2000). Kimyasal oksidasyon, genelde bir son arıtma olarak veya istenmeyen bileşiklerin azaltılarak daha sonraki arıtma işlemleri için kirlilik yükünün azaltılması için ön arıtma olarak uygulanmaktadır ve rengin yanında ilave organik madde giderimini de sağlamaktadır (Dikmen, 1998). Cucurbituril; glikoluril ve formaldehitten oluşan bir polimerdir. Şeklinin, Cucurbitaceae bitki sınıfının bir üyesi olan balkabağına benzemesinden dolayı bu şekilde isimlendirilmiştir. İsimdeki uril, bu bileşiğin üre monomerini de içerdiğini ifade etmektedir. Endüstriyel açıdan uygulanabilir bir proses için sabit yataklı sorpsiyon filtrelerine ihtiyaç vardır. Böylece adsorbanın fiziksel kuvvetlerle yıkanması ve cucurbiturilin katyonların varlığıyla bozunması engellenebilir. Son yıllarda yapılan çalışmalar kimyasal mekanizmaların anlaşılması üzerinde yoğunlaşmakta ve proses üzerine pH’ın, sıcaklığın ve hidrolizin etkileri araştırılmaktadır (Karcher vd., 1999). Çoğu kimyasal yöntem gibi bu yöntemde de en büyük dezavanataj maliyettir (Kocaer ve Alkan, 2002).

Konvansiyonel kimyasal oksidasyon tekniklerinin kimyasal sınırlamaları, bir ışık kaynağının varlığında veya yokluğunda, güçlü oksidasyon elemanlarının (O3, H2O2) ve/veya katalizörlerin (Fe, Mn, TiO2) kullanıldığı, ileri oksidasyon prosesleri olarak adlandırılan gelişmeler yoluyla aşılabilir. İleri oksidasyon prosesleri (AOPs) genellikle, ayrışmaya karşı dirençli ve tehlikeli kirleticileri içeren yer altı suyu, yüzey suyu ve endüstriyel atıksuları gidermek için çok güçlü ve seçici olmayan oksitleyici elemanların (hidroksil radikalleri) oluşumunu kapsar (Alaton ve diğ. 2001; Gökkuş, 2006).

2.5.3. Biyolojik yöntemler

Teorik olarak biyolojik arıtma sistemleri kimyasal ve fiziksel arıtma yöntemlerine göre daha az çamur üretmesi, maliyetinin daha düşük olması veya alıcı ortamlar için zararlı yan ürünlerin oluşmaması gibi özelliklerinden dolayı tekstil endüstrisi atıksularının arıtımı için ideal çözüm olarak kabul edilmektedir (Kocaer ve Alkan, 2002).

Biyosorpsiyon; kimyasal maddelerin mikrobiyal kütle tarafından adsorpsiyonu veya kütlede birikimi biyosorpsiyon olarak ifade edilmektedir. Ölü bakteriler, maya ve mantarlar boyar madde içeren atıksuların renginin giderilmesinde kullanılabilmektedir. Tekstil boyalarının kimyası geniş bir yelpazede değişiklik gösterdiği için mikroorganizmalarla olan etkileşimler boyanın kimyasına ve mikrobiyal kütlenin spesifik kimyasına dayanmaktadır. Bu nedenle kullanılan mikroorganizmanın cinsine ve boyaya bağlı olarak farklı bağlanma hızları ve kapasiteleri sözkonusudur. Boyar madde içeren atıksu çok toksik olduğunda biyosorpsiyon avantajlı olmaktadır (Robinson vd., 2001; Kocaer ve Alkan, 2002)

Aerobik yöntemler; tekstil endüstrisi atıksuları, pH değişimlerine duyarlılığı yüksek olan konvansiyonel biyolojik arıtma tesislerinde önemli zorluklara sebep olmaktadır. Endüstriyel atıksuların arıtılmasında yaygın olarak kullanılan konvansiyonel aktif çamur sistemleri için tekstil endüstrisindeki birçok boya bileşiği ya biyolojik olarak çok zor indirgenebilmekte ya da inert kalmaktadır. Suda iyi çözünen bazik, direkt ve bazı azo boya atıklarının olması durumunda mikroorganizmalar bu tür bileşikleri biyolojik olarak indirgeyememekle birlikte boyanın bir kısmını adsorbe ederek atıksuyun rengini almakta ve renk giderimi sağlanabilmektedir (Kocaer ve Alkan, 2002).

Azo boyar maddeler gibi sentetik boyaların aerobik şartlar altında mikrobiyal parçalanmaya karşı dirençli olmasının nedeni boya malzemelerinin, kimyasal ve ışık kaynaklı oksidatif etkiler sonucu renklerinin solmamasını sağlayacak şekilde sentezlenmeleridir. Boyar maddelerin aerobik biyodegredasyonunu zorlaştıran diğer bir faktör ise moleküler ağırlıklarının yüksek olması nedeniyle biyolojik hücre zarından geçişlerinin zor olmasıdır (Willmott vd., 1998). Genel olarak tekstil endüstrisi atıksularında aktif çamur prosesi ile renk giderimi boyar maddenin aktif çamuraadsorpsiyonu ile gerçekleşmektedir (Grau, 1991).

Anaerobik yöntemler; boyar maddelerle yapılan anaerobik parçalanma çalışmaları, özellikle aerobik ortamda parçalanamayan suda çözünebilir reaktif azo boyar maddeler üzerinde yoğunlaşmıştır. Çift bağlı azot halkasına bağlı bu boyaların aerobik proseslerle arıtılabilirliğinin mümkün olmaması anaerobik arıtmanın ön arıtma olarak kullanılmasını gerektirmektedir (Kocaer ve Alkan, 2002).

Boyar maddelerin anaerobik parçalanması, özellikle aerobik ortamda parçalanamayan reaktif azo boyar maddelerde etkili olmaktadır. Anaerobik olarak renk gideriminin gerçekleşebilmesi için ilave karbon kaynağına ihtiyaç vardır. İlave karbon, metan ve karbondioksite dönüştürülmekte ve elektronlar açığa çıkmaktadır. Bu elektronlar elektron taşıma zincirinden son elektron alıcısına yani azo-reaktif boyaya taşınmakta ve boyayla reaksiyona girerek azo bağını indirgemektedir. Böylece anaerobik parçalanma sonucunda azo boyar maddelerdeki renkten sorumlu azo bağı kırılmakta ve renk giderimi sağlanmaktadır. Bu olay oksijen tarafından inhibe edilmektedir. Bu nedenle boya atıklarını renksizleştirmek için ilk adım azo köprüsünün indirgenerek parçalandığı anaerobik koşullar altında arıtım olmalıdır. (Robinson vd., 2001).

Azo bağının kırılmasıyla, anaerobik olarak parçalanamayan aromatik aminler de oluşabilmektedir. Boyar maddeler normalde sitotoksik, mutajenik veya kanserojenik değilken, anaerobik parçalanma sonucu oluşan aminler bu özellikleri gösterebilmektedir. Bu nedenle anaerobik sistemler aerobik arıtmadan önce yer alan bir ön arıtım yöntemi olarak önerilmektedirler. Çünkü aromatik aminler, aromatik bileşiğin halkasının açılması ve hidroksilasyonla aerobik ortamda mineralize olabilmektedirler. Böylece boyar madde içeren atıksuların kombine anaerobik-aerobik proseslerle arıtılması sonucu ilk basamakta etkili bir renk giderimi sağlanmakta ve anaerobik ortamda dirençli olan aromatik aminler aerobik basamakta giderilebilmektedir (Oneill vd., 2000b).

Bu çalışmada, anaerobik arıtım yöntemi olan APR kullanılarak gerçek tekstil atık sularının renk giderim performansının değerlendirilmesi yapılarak renk giderimini iyileştirmeye yönelik çalışmalar yapılmıştır Bu doğrultuda harici substrat eklemesi yapılarak ve anaerobik reaktörün çıkış suyuna farklı sürelerde ozon verilerek sistem performansına etkisi değerlendirilmiştir.

2.6. Anaerobik perdeli reaktör (APR)

APR ilk olarak 1981 yılında Standford Üniversitesi‘nde Mc Carty ve arkadaşları tarafından kullanılmış ve yukarı akışlı çamur yataklı reaktörler serisi şeklinde tanımlanmaktadır. Bu reaktörde seri halinde dikey perdeler bulunmakta ve suyun bu perdelerin altından ve üstünden geçmesi sırasında perdelerin yüzeyindeki tutunarak büyüyen mikroorganizmalarla yakından temas sağlanmaktadır (Wang ve ark., 2004; Krishna ve ark., 2007).

APR‘nin en dikkat çeken avantajı farklı bakteri gruplarının aynı reaktör içerisinde birbirinden ayrılabilmesine olanak sağlamasıdır. Atıksu arıtımı ve metan üretimi amaçlayan bir çalışmada asidogenez ve metanogenez safhalarını reaktör boyunca birbirinden ayrılmıştır (Barber ve Stuckey, 1999; Plumb ve ark., 2001; Uyanık ve ark., 2002a). Böylece her bölmede farklı türdeki bakteri popülasyonlarının baskın olması sağlanmaktadır. Reaktörün ilk bölmesinde asidogenez bakterileri baskınken sonraki bölmelerde metanogenez bakterileri baskın olmaktadır (Barber ve Stuckey, 1999; Plumb ve Stuckey, 2001; Uyanık ve ark., 2002b).

APR‘nin avantaj ve dezavantajları Çizelge 2.5‘de kısaca özetlenmektedir

**Çizelge 2 5**APR‘nin avantaj ve dezavantajları



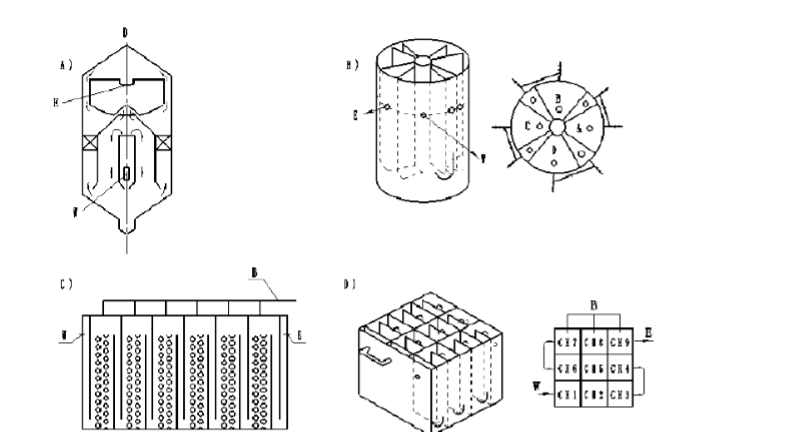
2.6.1. APR’nin gelişimi

İlk orjinal tasarımından bu yana APR‘nin verimliliği ve güvenilirliğini artırmak amacıyla dizaynında çeşitli değişiklikler yapılmıştır.

1993 yılında dikey perdeli anaerobik çamur yataklı reaktör atıksu arıtımında kullanılmıştır (Şekil2.2.a). Bu reaktör anaerobik klasik reaktörün, anaerobik filtrenin hem de UASB‘nin özelliklerini bir arada taşımaktadır (Li ve ark., 2001). APR‘nin bir modifikasyonu olan periyodik anaerobik reaktör (PAPR) 1998 yılında geliştirilmiştir (Şekil 2.2.b). PAPR‘nin en önemli avantajı; giriş suyunun konsantrasyonu ve niteliğine göre farklı işletme periyotlarının seçilebilmesidir (Skiadas ve Lyberatos, 1998).

Anaerobik reaktörün diğer bir modifikasyonu olan taşıyıcı anaerobik perdeli reaktör (CAPR) ise 28oC sıcaklığındaki atıksuların arıtımı için geliştirilmiştir (Şekil 2.2.c). Bu reaktör; APR nin tüm avantajlarının yanı sıra biyofilm reaktörün avantajlarına sahiptir. Bu sistem Çin‘de kırsal kesimlerin evsel atıksu arıtımı için uygun bir arıtma yöntemidir. CAPR‘de biyokütle alıkonma süresi, çeşitli bölmelerin içinden suyun zorlanarak geçmesi probleminden dolayı arttırılmıştır.

APR‘nin diğer bir modifikasyonu olan 9 bölme ile modifiye edilmiş anaerobik perdeli reaktör (MAPR) ise belediyeye ait atıksu arıtım sistemlerinde verimliliği artırmak ve reaktör dizaynı ile işletme parametreleri arasındaki ilgiyi anlamak için geliştirilmiştir (Şekil 2.2.d). Yapılan çalışmalar sonucunda MAPR‘nin bireysel evlerden oluşan veya küçük koloni şeklindeki yerleşim yerleri için Hindistan iklim koşullarında etkili olduğu gözlenmiştir (Bodkhe, 2009).



**Şekil 2 2**APR ve çeşitli modifikasyonları a) APR, b) PAPR, c) CAPR, d) MAPR

2.6.2. APR’ nin uygulama alanları

Literatürde De Smul ve ark., (1997) mezofilik sıcaklıkta (30-35 ºC) etanol ile beslenen genleşmiş granül çamur perdeli anaerobik reaktörde sülfat indirgenme verimini incelenmiştir. Çalışma süresince günlük sülfat yükleme oranı 10-12 g/L olarak belirlenmiş ve çalışmadaki ortalama sülfat giderim veriminin %80 olduğu gözlenmiştir. pH 7,7-8,3 aralığında ve yukarı su akış hızı 3-4,5 m/s mertebesinde çalıştırılan reaktördeki maksimum H2S miktarının 20mM olduğu rapor edilmiştir. Sahinkaya ve ark., (2007) akışkan yataklı reaktörlerde demir içeren atıksuların arıtımında değişen sıcaklık aralıklarının etkisini (8-65 ºC) incelemişlerdir. 8ºC‘de asetat SİB‘ler için karbon ve enerji kaynağı olarak kullanılmıştır. Yeterli asetat oksidasyonunum olmamasından dolayı alkalinite üretilmemiş ve reaktöre dışarıdan alkalinite ilavesine gerek duyulmuştur. 65ºC‘de ise günlük 670 mg/L asetat ve 1500 mg/L sülfat ile beslenen reaktörde ortalama asetat giderimi %52±12 ve ortalama sülfat giderimi %24±8 olarak rapor edilmiştir. Asetat oksidasyonu sonucu üretilen alkalinite pH‘ı 6,4 den 7,5 yükselttiği ve oksidasyon sonucu açığa çıkan elektroların %65‘inin sülfat indirgenmesi için kullanıldığı rapor edilmiştir. APR‘de farklı sıcaklıklarda çalışmalar yapılacağı gibi farklı sülfat oranlarında çalışmalar yapılmış ve sülfat indirgenmesinde yüksek verimler elde edilmiştir. Farklı sülfat oranlarının APR‘de asidik maden suyu (AMS) arıtımı ile ilgili çalışmalardan biri Vossoughi ve ark., (2003) tarafından gerçekleştirilmiş olup bu çalışmada farklı KOİ/SO4-2 (16-7,6) oranlarında sülfat giderim verimi araştırılmıştır. Bu çalışmada, yüksek sülfat yüklemelerinde, sülfat giderim verimi %86-97 arasında değişim göstermiştir ve sülfatın büyük kısmı ilk bölmesinde giderilmiş ve diğer bölmeler ilave giderim sağlamıştır. Fox ve Venkatasubbiah, (1996) yaptıkları çalışmada sülfat içeren ilaç endüstrisi atıksularının APR‘de arıtım verimi incelemişlerdir. 20 gKOİ/L ile KOİ/SO4-2 oranını 8/1 tutmuşlardır. 1 günlük HRT ile işletilen çalışma koşullarında %50 KOİ ve %95 sülfat giderimi elde etmişlerdir. Bu çalışmalar doğrultusunda APR‘de her bir bölmenin arıtım safhaları reaktör boyunca birbirinden bağımsız gerçekleştiğinden sülfat ve azot içeren atıksuların arıtımında kullanılabileceği düşünülmektedir.

Bu amaç doğrultusunda yüksek sülfat ve azot içeren atıksularda farklı amonyum konsantrasyonlarının sülfat indirgenmesine ve farklı nitrat konsantrasyonlarının ve nitrat yükleme oranlarının ototrofik denitrifikasyon prosesi üzerine etkisi incelenmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

Deneysel Plan

3.1. Mikroorganizma temini

Bu çalışmada kullanılan çamur, Gaziantep Su ve Kanal İdaresi’ne bağlı atıksu arıtma tesisindeki anaerobik çamur çürütücüden alınarak aşılanmıştır. Çamur hava almayacak şekilde depolanmıştır.

3.2. Atıksu içeriği

Bu çalışma da kullanılan gerçek tekstil atıksuyu, Kahramanmaraş Merkez’de faaliyet gösteren KİPAŞ İPL. PAMUK TİC. ve SAN. A.Ş endüstrisine ait atıksu arıtma tesisinden haftada bir kez alınmıştır (Giriş atıksuyu +40C’de depolanmıştır). Bu fabrikanın boyama prosesi aktif olarak her gün faaliyette olup birçok farklı reaktif boya kullanılmaktadır. Bu atıksuyun karakterizasyonu Çizelge 3.1.’de verilmiştir.

**Çizelge 3 1**Gerçek tekstil atıksuyunun karakteristikleri

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Parametreler** | | **Birim** | **Değer** |
| **pH** | | - | 11±0,5 |
| **Sıcaklık** | | (0C) | 20,6±3,5 |
| **KOİ** | | (mg/L) | ~1000 |
| **Renk** | **λ436 nm λ525 nm λ620 nm** | m-1 | ~52,07 |
| m-1 | ~55,01 |
| m-1 | ~68,04 |
| **Renk** | | Pt-Co | ~3348 |

Çalışma gerçek atıksu ile yapıldığından dolayı gerçeği yansıtması açısından oldukça büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma gerçek tekstil atıksuyu kullanılarak gerçekleştirildiği için literatüre ve gerçek ölçekli atıksu arıtma tesislerinde karşılaşılan problemlere ışık tutacaktır.

3.3. APR’ de biyolojik arıtım

Deneyler, dikey yönlendiricilerle ayrılmış dört eşit hücreden oluşan 19 L hacimli APR de yürütülmüştür. Sistem +300C de kalacak şekilde derece kontrollü bir odaya yerleştirilmiştir. Sistem içerisindeki gerçek tekstil atıksuyuna ait her bir damlacık sistemin tüm perdelerini dolaşarak sistemi terk etme süresi HRT 2 gündür. Çalışma boyunca 2 günlük bir kalıcı HRT ye sahip olmak için reaktöre peristaltik bir pompa ile sürekli besin çözeltisi pompalanmıştır. Sistemin her bir perdesindeki renk ve KOİ giderimini tespit etmek için numune alma noktalarından numuneler alınarak haftada 3 kez analiz edilmiştir. Çalışma da kullanılan APR, Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



**Şekil 3 1** Çalışma da kullanılan APR

APR’ nin performansı üç farklı periyot altında 143 gün değerlendirilmiştir. İlk periyotta (0- 90 gün) sisteme karbon kaynağı ilavesi yapılmamış KOİ konsantrasyonu ortalama 1000 mg/L olan gerçek tekstil atıksuyu ile çalıştırılmıştır. İkinci (91-127. gün) ve üçüncü (128-143. günler) periyotlarda sisteme sırasıyla ortalama 500mg/L ve 1000mg/L glikoz ilavesi yapılarak KOİ konsantrasyonlarını ortalama 1500mg/L ve 2000mg/L olacak şekilde artan elektron vericisi kaynağının sistem performansına etkisi değerlendirilmiştir. Sistem performansını belirlemek için reaktörden alınan örnekler ile haftada 3 kez analiz yapılmıştır.

**Çizelge 3 2**APR’ de uygulana deneysel aşamalar

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Periyotlar** | | |
| **Parametreler** | **I** | **II** | **III** |
| **Günler** | 0-90 | 91-127 | 128-143 |
| **KOİ Konsantrasyonu (mg/L)** | 1000 | 1500 | 2000 |

3.4. Analitik Yöntemler

Sistem performansını değerlendirmek amacıyla reaktörden alınan numunelerden KOİ ve renk analizleri yapılmıştır. Ölçümlerinden önce numuneler 4000 rpm`de 5 dakika santrifüj edilerek analizler yapılmıştır.

3.4.1. KOİ analizi

Hach-Lange DR 5000 spektrofotometre cihazı kullanılarak KOİ test kitleri ile ölçüm yapılmıştır. Metot US EPA onaylıdır (Standard Method COD, 5220D) ve işlemler standart metodlara eşdeğerdir. Birimi mg/L’dir.

3.4.2. Renk analizi

Çalışma sırasında, renk iki tayin metoduyla yapılmıştır. Bunlardan biri RES (436, 525 ve 620 nm olmak üzere 3 farklı dalga boyunda) ve diğeri ise Pt-Co (465 nm) dır. Seyreltilmiş atıksu numunesi 10 ml cam küvete konularak spektrofotometrede sırasıyla RES ölçüm metodu için 436, 525 ve 620 nm dalga boylarında absorbans; Pt-Co ölçüm metodunda ise 465 nm’de konsantrasyon değerleri ölçülmüştür.

3.4.3. Mikroorganizma popülasyon dinamiğinin belirlenmesi

Çalışma süresince mikroorganizmalar farklı ortam koşullarına maruz kaldığından reaktördeki mikroorganizma popülasyon dinamiğindeki değişimi gözlemlemek amacıyla bazı çalışmalar yapılmıştır. Anaerobik reaksiyon süresinin sonundan alınan bakteri örnekleri aşağıda yer alan işlem basamakları kullanılarak analiz edilmiştir.

3.4.4. DNA izolasyonu ve polimeraz zincir reaksiyonu (PCR)

Bakteri DNA‟sı FavorPrepTM genomik DNA izolasyon kitleri (Favorgen Biotech Corp., Kaohsiung, Tayvan) kullanılarak üretici firma talimatları doğrultusunda izole edilmiştir. DNA izolasyonunun doğrulanması amacıyla izole edilen DNA‟lar agarozjelde (% 2), TBE (Tris-borate-EDTA) (1x) tampon kullanılarak elektroforez edilmiştir (Sub-Cell® Model 96, BioRad, Hercules, CA, ABD). PCR analizi ise DNA ipliğinde çalışmak istenen bölgeyi çoğaltmak için kullanılmıştır. Elde edilen PCR ürünleri DGGE çalışmalarında analiz edilmiştir. İzole edilen DNA‟nın 16S rDNA bölgesi, 341f (GC clamp, 5‟-CGC CCG CCG CGC GCG GCG GGC GGG GCG GGG GCA CGG GGG GCC TAC GGG AGG CAG CAG-3‟) ve 907r (5‟-CCC CGT CAA TTC CTT TGA GTTT-3‟) (İontek, İstanbul, Turkiye) primerleri kullanılarak çoğaltılmıştır. PCR çoğaltma işlemi PCR Thermocycler (Eppendorf, Hamburg, Almanya) cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.3‟de yer alan bileşim PCR optimizasyon çalışmaları yapılarak elde edilmiştir ve PCR çalışmalarında kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan PCR koşulları verilmiştir. Verilen koşullardaki döngü sayısı 30 olarak seçilmiştir. Elde edilen PCR ürünlerinin doğrulanması ve ürünlerdeki DNA büyüklüğünün belirlenebilmesi için PCR ürünleri agaroz jelde (%2), TBE (1x) tampon kullanılarak elektroforez edilmiştir (Sub-Cell® Model 96, BioRad, Hercules, CA, ABD).

**Çizelge 3 3** PCR içeriği

|  |  |
| --- | --- |
| **Kimyasallar** | **PCR için belirlenen miktar**  **(1 örnek için)** |
| dNTP (deoxyribonucleoside triphosphate) (1mM) | 1 |
| Tampon Çözelti (10x) | 2,5 |
| Taq DNA Polimeraz | 0,5 |
| 341 f (1:10) | 1 |
| 907 r (1:10) | 1 |
| DNA (1:10) | 1 |
| Ultra saf su | 1 |
| Toplam hacim | 25 |

3.4.5. Denatüre gradyan jel elektroforezi (DGGE)

DGGE karışık bakteri kültürlerinin profilinin oluşturulmasında ve aynı zamanda aralarındaki etkileşimleri gözlemleme olanağı sağlayan, basit ve hızlı bir yöntemdir. Bu yöntem, farklı nükleik asit zincirlerine sahip fakat aynı boyuttaki denatüre olmuş DNA parçalarının gradient bir jel tarafından ayırt edebilmesi esasına dayanmaktadır. DGGE farklı bölgelerdeki çift sarmal DNA’yı ergiyecek denatürant konsantrasyonunun arttırılması prensibine dayanmaktadır. Bu yöntem ile DNA segmentleri içerisindeki tek baz değişimler tanımlanabilmektedir. Çift sarmal DNA, denatürant gradient akrilamid jel içerisinde artış gösteren bir denatürant konsantrasyonuna maruz bırakılır ve “erime bölgesi” adı verilen farklı segmentler içerisinde erir. DGGE içerisindeki denatüre ortam, üre ve formamid ile oluşturulan lineer denatürant gradientin ve 50-65 º’lik sabit bir sıcaklığın uygulanması ile oluşturulmuştur. Böylece numunedeki biyolojik çeşitliliği direkt olarak yansıtan bantlar oluşmaktadır. Oluşan bant sayısı baskın tür sayısı, aynı zamanda mikrobiyal topluluğun komposizyonu hakkında bilgi vermektedir. Çalışmada denatüre gradyan jel elektroforezi DCodeTM evrensel mutasyon tespit etme cihazı (BioRad, Hercules, CA, ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Numunelerdeki DNA uzunluğu yaklaşık 500 bp olarak belirlendiğinden çalışmada % 6‟lık poliakrilamid (acrilamid:bis-acrilamid, 37.5:1) jel kullanılmıştır.

**Çizelge 3 4**Poliakrilamid jel yüzdesinin belirlenmesi

|  |  |
| --- | --- |
| **Poliakrilamid Jel Yüzdesi (%)** | **Baz Çifti Ayırımı (bp)** |
| 6 | 300-1000 |
| 8 | 200-400 |
| 10 | 100-300 |

Belirlenen jel yüzdesi kullanılarak (%40 - %70) denatüre edici ortam hazırlanmıştır.% 6 ‟lık poliakrilamid jel için hazırlanan denatürant miktarları Çizelge 3.4’de gösterilmektedir.

**Çizelge 3 5**Denatürant miktarları

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Kimyasallar** | | **%40**  **Denatürant** | **%70**  **Denatürant** |
| %40 Akrilamid /Bis (37,5:1) | mL | 2,4 | 2,4 |
| 50 x TAE(Tris-acetate**-**EDTA)Buffer | mL | 0,32 | 0,32 |
| Üre | g | 2,688 | 4,704 |
| Formamid | mL | 2,56 | 4,48 |
| Toplam Hacim | mL | 16 | 16 |

Jel dökülmeden hemen önce Çizelge 3.5.‟de verildiği şekilde hazırlanan denatürantlara 0,09 % konsantrasyonu sağlayacak şekilde APS (%10) ve TEMED eklenmiştir. Jel, polimerizasyona uğramaması için yaklaşık 5-7 dakika içerisinde bir gradient yapıcı yardımı ile dökülmüştür. Dökülen jel tarak mesafesinin altında bırakılmıştır ve izopropanol dökülmüştür. Jel yaklaşık 2-3 saat içerisinde donduktan sonra izopropanol alınarak jelin üzeri 2-3 kere 0,5xTAE buffer ile yıkanmış ve kuruması için beklenmiştir. Jel kuruduktan sonra taraklar poliakrilamid jel yüzdesi 4 olarak hazırlanmış Çizelge 3.6.‟de verilen miktarlarda kimyasal içeren toplayıcı (stacking) jel ile doldurulmuştur. Toplayıcı jelin amacı, tüm DNA örneklerinin jel içerisinde aynı anda koşmaya başlamasını sağlamaktır. Bu amaçla daha az yoğun bir poliakrilamid içermektedir.

**Çizelge 3 6**Toplayıcı (Stacking) jel (% 4) içeriği

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Kimyasallar** | | **%0 Denatürant** |
| %40 Akrilamid /Bis (37,5:1) | mL | 1 |
| 50 x TAE Buffer | mL | 0,2 |
| Toplam Hacim | mL | 10 |

Hazırlanan jele PCR ürünleri yüklenerek 0,5xTAE tampon çözeltisi içeren 60 °C sıcaklıktaki elektroforez tankına yerleştirilmiştir. Güç kaynağı (PowerPacTM, Bio- Rad, Hercules, CA, ABD) 30 dk 120 Volt hemen sonrasında 14 saat 60 Volt olarak programlanmıştır (Su et al., 2009). Elektoforez tamamlandığında jel yarım saat etidyum bromür çözeltisinde (5ppb) bekletilmiş ve sonrasında jelin fotoğrafı jel görüntüleme cihazı (Transilluminator Infinity-1000, Vilber Lourmat, MarnelaVallée, Fransa) ile çekilmiştir.Çekilen jel fotoğrafları BioNumerics 6.1 (Applied Maths, Sint-Martens-Latem, Belçika) bilgisayar yazılımı ile analiz edilmiştir ve her bir hattaki bantların yoğunlukları bulunmuştur.

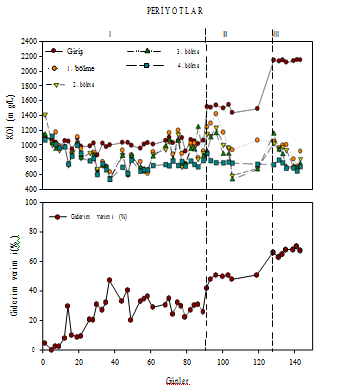
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Proje kapsamında elde edilen çalışma bulguları bu bölümde sunulmuş ve tartışılmıştır. Bu sistemde çalışmanın amacı, APR kullanılarak gerçek tekstil atıksuyunda renk ve KOİ gideriminin biyolojik olarak arıtılabilirliğinin incelenmiştir. Bu kapsamda APR’ ye farklı oranlarda karbon kaynağı (glikoz) ilavesi yapılmış, bu işlem 3 periyotta gerçekleştirilmiştir. Deneysel veriler toplanarak, çalışmanın teorik altyapısı ve amacı tanımlanmış elde edilen bulgular aşağıda sunulmuştur.

4.1. Biyolojik KOİ Gideriminin APR’ de İncelenmesi

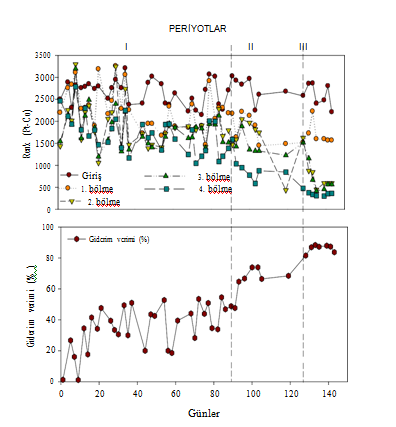
Çalışmanın biyolojik bölümü üç periyottan oluşmuştur (Çizelge 3.1.). APR sabit sıcaklıkta143 gün boyunca farklı glikoz konsantrasyonlarında işletilerek KOİ ve renk arıtım performansları incelenmiştir. APR’ nin KOİ performansı Şekil 4.2.’de gösterilmiştir. APR’nin ilk periyodunda ortalama 1000 mg/L KOİ ye sahip giriş suyu reaktöre verilmiştir. Bu periyotta çıkış suyunda ortalama % 23,11 seviyelerinde düşük KOİ giderimi gözlenmiştir (Şekil 4.1.). II. ve III. periyotlarda giriş atıksuyuna elektron verici kaynağı (glikoz) ilave edilerek renk giderimini artırmak amaçlanmıştır. II. periyotda KOİ konsantrasyonu 1000 mg/L’den, glikozla 1500 mg/L’ye artırıldığında etkili KOİ giderimi her kompartmanda artış göstermiş ve çıkış atıksuyu giderim verimi yaklaşık % 48,60’ a yükseldiği gözlemlenmiştir. III. periyotta reaktör giriş suyu KOİ konsantrasyonu 1500 mg/L’den, 2000 mg/L’ye çıkartıldığında ise çıkış atıksuyu KOİ giderimi % 66,92 civarında arttığı ve çıkış suyu KOİ konsantrasyonunun ortalama 636,55 mg/L civarında olduğu görülmüştür (Şekil 4.1.).

Çalışmada harici substrat eklenmesiyle II. ve III. Periyotlardaki KOİ giderim verimi artmasına rağmen bütün periyotlardaki çıkış KOİ konsantrasyonunun değişmediği gözlemlenmiştir. KOİ giderim verimdeki bu artış eklenen harici substratın kolay parçalanabilir olmasıyla ilişkilendirilebilinir. Yani gerçek tekstil atıksularının biyolojik olarak parçalanması zor atıksular olmasından dolayı Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği’ne göre belirlenen tekstilin türüne göre değişiklik arz eden tekstil atıksularının alıcı ortamadeşarj standartlarında KOİ (200-300 mg/L) parametresini sağlayamamaktadır ve tek başına biyolojik arıtım yeterli olamadığından ikincil bir arıtmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Gianluca ve Nicola (2001) yaptıkları bir çalışmada tekstil atıksularının biyolojik renk giderme prosesinin sistemin KOİ konsantrasyonuna bağlı olduğunu, sistemde KOİ konsantrasyonu arttıkça renk gideriminin de artacağını vurgulamışlardır. Sürekli olarak işletilen yukarı akışı bir kolon reaktörde yapılan bir çalışmada 1 ve 8 g/L organik yükleme oranlarında sırasıyla %5 ve %35 KOİ giderim verimi gözlenmiştir (Kapdan, 2005).



**Şekil 4 1**Anaerobik Perdeli Reaktör’de KOİ giderim verimleri

4.2. Biyolojik Renk Gideriminin APR’ de İncelenmesi

****

**Şekil 4 2**Anaerobik Perdeli Reaktör’de Renk giderim verimleri

Şekil 4.2.’de farklı KOİ konsantrasyonlarının renk Pt-Co (λ465) giderimine etkisi her üç periyotta da APR’ye giriş atıksuyu ve APR deki dört bölmeye ait renk giderimleri ile her bir periyottaki giderim verimleri verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi, Pt-Co (λ465) için I. Periyottaki giderim verimi ortalama 35,27; II. Periyottaki giderim verimi ortalama 65,88 ve III. Periyottaki giderim verimi ortalama 88,39’dur.Çalışmanın birinci aşamasında gerçek tekstil atıksularının biyolojik olarak arıtılması amaçlanmıştır. Çalışmanın 3. Periyodunda yani sistemin elektron verici kaynağının ortalama 2000 mg/L olduğu işletme koşullarında çıkış atıksuyu karakterizasyonu Çizelge 4.1’deverilmiştir. Özellikle gerçek atıksuların arıtımında anaerobik biyolojik arıtmanın tek başına yetersiz kaldığı görülmüştür.

**Çizelge 4 1**Biyolojik arıtma sonrası atıksu karakterizasyonu

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Parametreler** | | **Birim** | **Değer** |
| **pH** | | - | 7,5±0,5 |
| **Sıcaklık** | | (0C) | 20,6±3,5 |
| **KOİ** | | (mg/L) | 650±20 |
| **Renk** | **λ436nm**  **λ525 nm λ620nm** | m-1 | 16,54±0,05 |
| m-1 | 25,00±0,06 |
| m-1 | 27,48±0,03 |
| **Renk** | | Pt-Co | 360±5 |

4.3 Mikroorganizma popülasyon dinamiğine etkisi

APR reaktörünün her bir kompartman(I-II-III-IV) içerisindeki mikroorganizma popülasyon dinamiğine olan etkilerinin incelenmesi amacıyla maruz kalan bakteri örneklerinde öncelikle DNA izolasyonu ve üniversal primerler kullanılarak mutasyona açık bölgenin çoğaltılması (PCR) işlemleri gerçekleştirilmiştir. Çoğaltılan DNA‟lar jel de koşturularak oluşan bantlar görüntülenmiştir. Bakterilerin DNA izolasyonu yapıldıktan sonra elde edilen DNA‟ların341f ve 907r primerleri ile çoğaltılan elektroforez görüntüleri elde edilmiştir. Elde edilen bulgular DNA izolasyonunun ve PCR uygulamasının gerçekleştiğini doğrulamaktadır. Çamur örneklerinden farklı çalışma koşullarında elde edilen mikrobiyal popülasyonların taranması, yirmi iki morfolojik olarak ayrı bakterinin izolasyonuna yol açmıştır. Tüm bakteriyel izolatlar, PCR-DGGE yöntemleriyle 16S DNA için analiz edilmiştir. Bu izolatlar modelleri toplam 16S rDNA modelleriyle karşılaştırıldı. Sadece bir dominant pik içeren elde edilen Bacillus cereus'a atfedilebilir. Bununla birlikte, mikrobiyolojik (elde edilen koloniler) analizi, moleküler parmak izi ile uyumlu olabilir. Mojca ve arkadaşları (2007), Bacillus subtilis ve B. cereus enzimlerinin, NADH varlığında seçilmiş redoks boyalarının (indigo carmine, Lawsone, Diresul Negro RDT liq) keto gruplarını ve sülfür bağlarını azaltma kabiliyetine sahip olduğunu göstermiştir. Aynı bağlamda Pricelius ve arkadaşları, (2007), B. subtilis ve B. cereus'un azorucultaz enzimlerinin boyaların renksizleştirilmesinin, serbest aminlere yol açan molekülü bölerek boyaları dönüştürdüğünü önermiştir.

5. SONUÇ

Proje çalışmasında gerçek tekstil atıksuyunun renk ve KOİ gideriminin öncelikle APR kullanılarak biyolojik olarak arıtımının incelenmesi ve bakteri dinamiği popülasyonu belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Gerçek tekstil atıksularının APR’ de biyolojik arıtımında sisteme harici substrat ilavesi ile renk ve KOİ giderim verimlerinin arttığı ancak Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde yer alan renk parametresi için öngörülen sınır değerleri olan 280 Pt-Co λ465 için; tam olarak sağlayamadığından biyolojik arıtma sonrası ikincil bir arıtım prosesi gerektiği gözlemlenmiştir. Her ne kadar KOİ giderim verimi % olarak artış gösterse de sistemde arıtma sonrası giderilemeyen KOİ miktarının artan harici karbon ilavesi ile değişmediği ve bu değerin yaklaşık olarak 600-700 mg/L değerleri arasında kaldığı gözlemlenmiştir. Mikroorganizma popülasyon dinamiği oldukça değişmektedir ve oluşan her yeni türün biyokimyasal reaksiyonlarda farklı rolü vardır.

6. YARARLANILAN KAYNAKLAR LİSTESİ

Alaton Arslan, İ., Balcıoğlu Akmehmet, İ., 2001. “Photochemical and Heterogeneous Photocatalytic Degredation of Waste Vinylsulphone Dyes:A Case Study with Hydroyzed Reactive Black 5”. J. Photochemistry and Photobiology A Chemistry, Vol. 141, pp. 247-254.

Alves ve Pinho, M.N., 2000. ‘Ultrafiltration for Colour Removal of Tannery Dyeing Wastewaters’. Desalination, vol. 130, pp.147-154.

Anjaneyulu,Y., Sreedhara Chary,N. and Samuel Suman Raj, D., 2005. Decolourization of Industrial Effluents Available Methods and Emerging Technologies A Review. Rev. Env. Sci. Biotech., 4, 245–273.

Arıcı Y., 2000. Tekstil Endüstrisinde Reaktif Boyarmaddelerden Kaynaklanan Rengin Fenton Prosesi ile Giderilmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.

Barber, WP. and Stuckey, DC., 2000. Effect of Sulfate Reduction On Chemical Oxygen Demand Removal in an Anaerobic Baffled Reactor. Water Environment Research, Vol:72, ISSN:1061-4303, Pages:593-601.

Başıbüyük, M., Yüceer, A., Yılmaz, T., 1998. Tekstil Atıksularında Renk Giderilmesinde Kullanılan İleri Teknolojiler. Kayseri I. Atıksu Sempozyumu, Kayseri, s. 82-86.

Bisschops, I., Spanjers, H., 2003. Literature Review on Textile Wastewater Characterisation. Environmental Tecnology, 24 (11), 1399-1411.

Bodkhe, S. Y. (2009). A modified anaerobic baffled reactor for municipal wastewater treatment. Journal of Environmental Management, 90 (8), 2488-2493.

Carliell, C.M., Barclay, S.J., Shaw, C., Wheatley, A.D. and Buckley, C.A., 1998. The Effect of Salts Used in Textile Dyeing on Microbial Decolorization of a Reactive Azo Dye. Environ. Technol. 19 (11), 1133-1137.

Cırık, K., 2010. Farklı Elektron Alıcılarının Anaerobik Renk Giderme Verimine Etkisi. Doktora Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı.

Correia, V.M., Stephonson, T.and Judd, S. J., 1994. Characterisation of Textile Wastewaters a Rewiev. Environmental Technology, 15,917-929.

De Smul, A., Dries, J., Goethals, L., Grootaerd, H., & Verstraete, W. (1997). High rates of microbial sulphate reduction in a mesophilic ethanol-fed expanded-granular-sludge-blanket reactor. Applied Microbiology and Biotechnology, 48(3), 297-303.

Dikmen, F., 1998. Tekstil Atıksularında Ozonla Renk Giderimi Üzerine Bir Çalışma. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul. 75s.

EPA, 1997. Profile Of The Textile Industry. U.S Goverment Printing Office Superintendent of Documents, Washington.

EPA, 2000. Emergency Planning And Community Right- To- Know Act Section 313 Reporting Guidance For The Textile Processing Industry.

Fox, P.,& Venkatasubbiah, V. (1996). Coupled anaerobic/aerobic treatment of high-sulfate wastewater with sulfate reduction and biological sulfide oxidation. Water Science and Technology, 34(5-6), 359-366.

Frank, N., A. Mangini and M.Korfmann, 2002. “TH/U Dating of the Trojan ‘Water Quarries’.” Archaeometry, 44:305-14.

Germirli F., Tünay O., Orhon D., Meriç S., 1997. A Systematic Approach to Assess the Pollution Characteristic in the Textile Industry. Fresenius Environmental Bulletin, 6, pp.254-259.

Gianluca C., Nicola R., 2001. Technical Note, The Treatment and Reuse of Wastewater in The Textile Industry Means of Ozonation and Electroflocculation. Water Res., 35, 567–572.

Gökkuş, Ö., 2006. Dispers Boyarmadde İçeren Tekstil Atıksularında Renk Giderimi,. Yüksek Lisans Tezi. Cumhuriyet Üniversitesi Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı. 85s.

Grau, P., 1991. Textile Industry Wastewaters Treatment. Water Science and Technology, 24, pp., 97-103.

Kanlıoğlu, B.Ü., 2000. Pamuklu Tekstil Endüstrisi Atıksularında İyon Çifti Ekstraksiyonu Metodu İle Renk Giderimi. U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.Yüksek Lisans Tezi. Bursa. 83 s.

Kapdan, I. K., 2005. Kinetic Analysis of Dyestuff and COD Removal from Synthetic Wastewater in An Anaerobic Packed Column Reactor. Process Biochemistry, 40, 2545–2550.

Karcher, S. Kornmüller, A. and Jekel, M., 1999. Removal of Reactive Dyes By Sorption/Complexation With Cucurbituril. Water Science and Technology, 40 (4- 5), 425-433.

Kırdar, E.,1995. Tekstil Atıksularında Renk Giderimi. İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kocaer, F. O., Alkan, U., 2002. Boyar madde İçeren Tekstil Atıksularının Arıtım Alternatifleri. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Bursa. Cilt 7, Sayı 1.

Köseoğlu, G., 2004. Tekstil Endüstrisi Atıksularındaki Renk Sorununun İleri Aktif Çamurlu Ardışık Kesikli Biyoreaktör İle Giderilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 151s.

Krishna, G. G., Kumar, P., & Kumar, P. (2008). Treatment of low strength complex wastewater using an anaerobic baffled reactor (ABR). Bioresource Technology, 99(17), 8193-8200.

Mutlu, S.H., Yetiş, U., Gürkan, T., Yılmaz, L., 2002. Decolorization of Wastewater of a Baker’s Yeast Plant by Membrane Processes. Water Res.36, 609-616.

Oneill, C., Hawkwes, F. R., Hawkws, D. L., Esteves, S. and Wilcox, S. J., 2000. Anaerobic-Aerobic Biotreatment of Simulated Textile Effluent Containing Varied Ratios of Starch and Azo Dye. Water Research, 34(8), 2355-2361.

Ölmez T., 1999. Tekstil Endüstrisinde Reaktif Boya Banyolarında Ozon ile Renk Giderimi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi. İstanbul. 103s.

Pricelius, S., Held, C., Murkovic, M., Bozic, M., Kokol, V., Cavaco-Paulo, A., & Gübitz, G. M. (2007). Enzymatic reduction of azo and indigoid compounds. Applied microbiology and biotechnology, 77(2), 321-327.

Robinson, T. McMullan, G. Marchant, R. and Nigam, P., 2001. Remediation of Dyes in Textile Effluent: A Critical Rewiev on Current Treatment Technologies With a Proposed Alternative. Bioresource Technoloy, 77, pp. 247-255.

Sahinkaya, E., Özkaya, B., Kaksonen, A. H., & Puhakka, J. A. (2007). Sulfidogenic fluidized‐bed treatment of metal‐containing wastewater at low and high temperatures. Biotechnology and bioengineering, 96(6), 1064-1072.

Skiadas, I. V.,& Lyberatos, G. (1998). The periodic anaerobic baffled reactor. Water Science and Technology, 38(8-9), 401-408.

Socha, K., 1991. Treatment of Textile Effluents. Textile Month, 12, 52-56.

Tünay, O., Kabdaslı, I., Eremektar, G. ve Orhon, D., 1996. Color Removal from Textile Wastewaters. Water Science and Technology, 34(11), 9-16.

Uyanik, S., Sallis, P. J., & Anderson, G. K., 2002. The Effect of Polymer Addition on Granulation in An Anaerobic Baffled Reactor (ABR). Part I: Process Performance. Wat. Res., 36, 933–943.

Vossoughi, M., Shakeri, M., & Alemzadeh, I., 2003. Performance of Anaerobic Baffled Reactor Treating Synthetic Wasterwater Influenced by Decreasing COD/SO4 Rations. Chem. Eng and Process., 42, 811-816.

Wang C., Yediler A., Liernert D., Wang Z., Kerrruo A., 2003. Ozonation of An Azo Dye C.I. Remazol Black 5 and Toxicological Assessment of Its Oxidation Products. Chemosphere, 52, 1225–1232.

Willmott, N., Guthrie, J. and Nelson, G., 1998. The Biotechnology Approach to Colour Removal from Textile Effluent. Journal of the Society of Dyers and Colorists, 114, 38-41.Yüksek Lisans Tezi. İstanbul. 116 s.

Zollinger, Heinrich., 1991. Color Chemistry: Synteheses, Properties and Applications of Organic Dyes and Pigments. 496 pp.

KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ KOORDİNASYON BİRİMİ

DANIŞMAN RAPORU

|  |  |
| --- | --- |
| PROJE ADI | PROJE NO |
| TEKSTİL ATIKSUYU ARITIMINDA ANAEROBK PERDELİ REAKTÖR PERFORMANSININ VE BAKTERİ POPÜLASYON DİNAMİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ | 2016/6-43M |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **1. Çalışmanın konusu anlaşılır biçimde yazılmış mı?** | | Evet  Hayır | | |
|  | | 1  2  3  4  5 | | |
| **2. Yararlanılan kaynaklar özet halinde verilmiş mi?** | | Evet  Hayır | | |
|  | | 1  2  3  4  5 | | |
| **3. Çalışmanın amacı net olarak belirtilmiş mi?** | | Evet  Hayır | | |
|  | | 1  2  3  4  5 | | |
| **4. Çalışma yöntemi anlaşılır bir şekilde verilmiş mi?** | | Evet  Hayır | | |
|  | | 1  2  3  4  5 | | |
| **5. Çalışmanın bilime ve ulusal ekonomiye katkısı açıklanmış mı?** | | Evet  Hayır | | |
|  | | 1  2  3  4  5 | | |
| **6. Bütçe ve gerekçesi inandırıcı mı?** | | Evet  Hayır | | |
|  | | 1  2  3  4  5 | | |
| **7. Yararlanılan kaynaklar yeterli mi?** | | Evet  Hayır | | |
|  | | 1  2  3  4  5 | | |
| **8. Önerilen araştırma konusu özgün mü?** | | Evet  Hayır | | |
|  | | 1  2  3  4  5 | | |
| **9. Araştırma konusu, kaynaklar ile ilişkilendirilmiş mi?** | | Evet  Hayır | | |
|  | | 1  2  3  4  5 | | |
| **10. Araştırmanın amacı gerçekçi mi?** | | Evet  Hayır | | |
|  | | 1  2  3  4  5 | | |
| **1 1 . Araştırmanın amacı, bilimsel bakımdan anlamlı mı?** | | Evet  Hayır | | |
|  | | 1  2  3  4  5 | | |
| **12. Kullanılacak yöntem, amacın gerçekleşmesi için uygun mu?** | | Evet  Hayır | | |
|  | | 1  2  3  4  5 | | |
| **13. Araştırmanın yöntemi amacı ile uyumlu mu?** | | Evet  Hayır | | |
|  | | 1  2  3  4  5 | | |
| **14. Araştırmadan beklenen bilimsel katkılar gerçekçi mi?** | | Evet  Hayır | | |
|  | | 1  2  3  4  5 | | |
| **15. Proje yürütücüsünün araştırma deneyimi yeterli mi?** | | Evet  Hayır | | |
|  | | 1  2  3  4  5 | | |
| **16. Bütçenin ne kadarlık bir bölümü uygun?** | | 1/2  3/4  4/4  5/4 | | |
| **17. Proje süresinin ne kadarlık bir bölümü uygun?** | | 1/2  3/4  4/4  5/4 | | |
| Desteklenmesi Uygundur | |  |
| Öneriler Doğrultusunda Düzenlendikten Sonra Desteklenebilir | |  |
| Desteklenmesi Uygun Değil | |  |

EK-7

**KSÜ**

**BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ**

**KESİN RAPOR DEĞERLENDİRME FORMU**

|  |
| --- |
| Proje No:  2016/6-43M |
| Projenin Adı :  TEKSTİL ATIKSUYU ARITIMINDA ANAEROBK PERDELİ REAKTÖR PERFORMANSININ VE BAKTERİ POPÜLASYON DİNAMİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ | | |
| Türkçe BAŞLIK Çalışmayı Yansıtıyor mu ? | Evet Hayır | |
| Yabancı dildeki BAŞLIK çalışmayı yansıtıyor mu ? | Evet Hayır | |
| Türkçe ÖZET çalışmayı yeterli oranda kapsamakta mı ? | Evet Hayır | |
| Yabancı dildeki ÖZET çalışmayı yeterli oranda kapsamakta mı ? | Evet Hayır | |
| METERYAL ve METOD uygun olarak hazırlanmış mı ? | Evet Hayır | |
| ŞEKİL ve TABLOLAR ile ALT YAZILAR yeterli mi ? | Evet Hayır | |
| Elde edilen BULGULAR mevcut kaynaklar uygun şekilde tartışılmış mı ? | Evet Hayır | |
| KAYNAKLAR yerli ve Konu ile İlgili mi ? | Evet Hayır | |
| GÖRÜŞÜNÜZ : Lütfen proje kesin raporu ile ilgili görüşünüzü yan tarafa işaretleyiniz. Ayrıntılar ve Hayır cevaplarının gerekçelerini de ek sayfada belirtiniz. | Bu şekliyle kabul edilebilir.  Öneriler doğrultusunda düzeltildikten sonra kabul edilebilir.  Düzeltildikten sonra tekrar incelemek isterim.  Proje kabul edilmeye değer bulunmamıştır.  Konu ilgi alanıma girmiyor. Başka danışman öneririm. | |

**Not:** Danışman isimleri yazara bildirilmediğinden isim ve soyadınızı arkaya yazarak imzalayınız.