T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEKSTİL SANAYİNDE DENİM KUMAŞ ÜRETİMİNDEN ÇIKAN ATIK SULARDAKİ KİRLETİCİLER, ARITILMALARI VE ATIK SUDA RENK GİDERİLMESİ İÇİN UYGULANAN TEKNOLOJİLERE GENEL BİR BAKIŞ

MUHAMMED ALHİLEL
YÜKSEK LİSANS TEZİ

UYGULAMALI BİLİMLER VE TEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

TezDanışmanı: Doç. Dr. NİLGÜN BECENEN

EDİRNE-2022

Muhammed ALHİLEL'in hazırladığı "**TEKSTİL SANAYİNDE DENİM KUMAŞ ÜRETİMİNDEN ÇIKAN ATIK SULARDAKİ KİRLETİCİLER, ARITILMALARI VE ATIK SUDA RENK GİDERİLMESİ İÇİN UYGULANAN TEKNOLOJİLERE GENEL BİR BAKIŞ**"başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Uygulamalı Bilimler ve Teknoloji Anabilim Dalında bir **Yüksek lisans tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Ünvan, Ad, Soyad): İmza

Doç. Dr. Nilgün BECENEN

Prof. Dr. Özlen ALTUN

Dr. Öğr. Üyesi Beyza BUZOL MÜLAYİM

Tez Savunma Tarihi: 23 / 12 / 2022

Bu tezin Yüksek Lisans olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

İmza

Dr. Nilgün Becenen
Tez Danışmanı

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Onayı

Prof.Dr. Hüseyin Rıza Ferhat KARABULUT
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

T.Ü.FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
UYGULAMALI BİLİMLER VE TEKNOLOJİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMIDOĞRULUK BEYANI

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

23 / 12 / 2022 .
Muhammed Alhilel
İmza .

Yüksek Lisans Tezi

Tekstil Sanayinde Denim Kumaş Üretiminden Çıkan Atık Sulardaki Kirleticiler, Arıtılmaları ve Atık suda Renk Giderilmesi İçin Uygulanan Teknolojilere Genel Bir Bakış

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Uygulamalı Bilimler ve Teknoloji Anabilim Dalı

ÖZET

Tekstil atık sularının içeriği ve kirleticilerin miktarları üretim işlemlerine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bu nedenle, tekstil endüstrisinde ürün çeşidine bağlı olarak atık su özelliklerinin bilinmesi ve kirliliğin azaltılması için en uygun arıtma yöntemlerinin kullanılması çevresel etkilerin azaltılması için önemlidir. En fazla kullanılan tekstil ürünlerinden olan denim kumaş üretiminde taleplere göre birçok farklı kimyasal madde kullanılmaktadır. Bu nedenle çevre ve insan sağlığı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.Bu tez çalışmasının amaçı; denim (kot) üretimi atık sularının kalitesini, gerçek denim atık sularında kirlilik parametrelerini ölçerek araştırmak, bu parametredeğerlerini atıksu mevzuatlarında izin verilendeğerlerle karşılaştırarak mevcut durumu belirlemek, arıtma için kullanılan yöntemin verimini tespit etmek ve denim boyamada kullanılan ındigo boyarmaddesinin atık sudan giderimi için kitosanın etkisini ortaya koymaktır.Bu amaçla denim üretimi yapan fabrikadan arıtılmamış ve arıtılmış atık su numuneleritoplanarak,deneysel çalışmasının bir parçası olarakanalizler yapılmıştır.Çalışma iki bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde; denim kumaş konusunda uzmanlaşmış bir fabrikadan, farklı zamanlarda alınan atık su numunelerinin arıtma öncesi ve sonrasında kirlilik dereceleri, işletme verileri ile değil işletme dışında bir laboratuarlarda yapılan ölçümler ile belirlenmiştir. Standartlara uygun olarak alınan gerçek atık su numunelerinin pH, biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam organik madde (TOC), askıda katı madde (AKM), toplam klor(Cl), toplam alkalinite, toplam katı madde, toplam fosfor(P), toplam azot(N),yağ ve gres, krom (Cr),kurşun (Pb), demir (Fe), kobalt (Co), nikel(Ni), bakır (Cu), çinko(Zn),

arsenik (As), kadminyum(Cd), iletkenlik, renk, parametreleri açısından kirlilik yükleri, test ve analizlerle tespit edilmiş,elde edilen sonuçlar ülkemizdeki su kirliliği kontrolü yönetmeliği, kıta içi su kaynaklarının sınıflandırılması kriterlerinde belirtilen kabul edilebilir sınır değerleriyle karşılaştırılmıştır. Uygulanan fiziksel, kimyasal/biyolojik arıtma işlemlerinin denim atık sularının kirliliğini ve renkliliğini azaltma etkileri tespit edilmiştir. Denim atık suları için sırasıyla fiziksel, kimyasal/biyolojik arıtma yöntemlerinin $BOİ_5$, toplam klor(Cl) ve toplam katı madde miktarlarının azaltılmasında % 90 'nın üzerinde bir verim sağlandığı, alkanilite ve renk gideriminde ise yeterli olmadığı belirlenmiştir.OH alkanilite gideriminde verimin % 0,18 olduğu bulunmuştur. İkinci bölümde;denim kumaşların boyanmasında kullanılan indigo boyarmaddesi ile laboratuvar ortamında hazırlananrenk içeren sularda, renk giderimi için doğal bir polimer olan kitosanın absorban madde olarak kullanımının etkisi deneysel bir çalışma ile belirlenmiştir. Renk giderilme etkisi CIE *L *a * b renk ölçüm yöntemi ile ortaya konmuştur. Tez çalışmasının sonuçununda, denim atık suyunun, fiziksel, kimyasal/biyolojik arıtma ile atık su yönetmeliklerinde belirtilen parametreleri ve sınır değerleri karşılayacak şekilde temizlendiği belirlenmiştir. Ancak insan sağlığı açısından risk oluşturabilecek ağır metaller içinde sınır değerlerinin deşarj parametrelerine dâhil edilmesinin gerekli olduğu tespit edilmiştir.Atık biyo malzemelerden üretilen kitosanın Indigo blue boyarmaddeleri içeren çözeltilerin renginin gideriminde absorban olarak kullanılabileceği ve renk giderme veriminde çökeltme süresi ile kitosan çeşidinin etkili olduğu tespit edilmiştir.Ulusal ve uluslararası endüstriyel kirlilik mevzuatlarının incelenmesinin sonunda alt katagorilerde en fazla üretim çeşitlerinden olan denim üretimi atık sularına ilişkin kirlilik parametlerinin olmadığı ve atık su deşarjı için önemli olduğu görülmüştür. Bu nedenle tekstil ürün çeşitlerine göre deşarj standartlarının güncellenmesinin ve yeni alt katogarilerin oluşturulmasıönerilmektedir.

Yıl:2022

SayfaSayısı:12**6**

Anahtar kelimeler:Denim üretimi, tekstil atık suları, kitosan, renk giderimi

Master Thesis

An Overview of Pollutants in Resultant Waste Water of Denim Fabric Production in Textile Industry, Their Purification and Technologies Applied for Color Removal From Waste water

Trakya UniversityInstitute of Natural Sciences

Department of AppliedScienceandTechnology

ABSTRACT

The content of textile wastewater and the amount of pollutants vary depending on the production processes. For this reason, it is important to know the wastewater properties depending on the product type in the textile industry and to use the most appropriate treatment methods to reduce pollution in order to reduce environmental impacts.In the production of denim fabric, which is one of the most used textile products, many different chemicals are used according to the demands.Therefore, it has a significant impact on the environment and human health.The aim of this thesis study; To investigate the quality of denim (denim) production wastewater by measuring the pollution parameters in real denim wastewater, to determine the current situation by comparing these parameter values with the values allowed in wastewater legislation, to determine the efficiency of the method used for purification and to reveal the effect of chitosan for the removal of indigo dyestuff used in denim dyeing. For this purpose, untreated and treated wastewater samples were collected from the factory that produces denim, and analyzes were made as part of the experimental study.The study consists of two parts.In the first part; The pollution levels of wastewater samples taken at different times from a factory specialized in denim fabric, before and after treatment, were determined not with operational data, but with measurements made in laboratories outside the enterprise.pH, biological oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), total organic matter (TOC), suspended solids (AKM), total chlorine (Cl), total alkalinity, total solids of real wastewater samples taken in accordance with standards , total phosphorus(P), total nitrogen(N), oil and grease, chromium (Cr), lead (Pb), iron

(Fe), cobalt (Co), nickel(Ni), copper (Cu), zinc(Zn)), arsenic (As), cadmium (Cd), conductivity, color, pollution loads in terms of parameters were determined by tests and analyzes and the values of these parameters were compared with the acceptable limit values specified in the water pollution control regulation in our country, the classification criteria of inland water resources.The effects of the applied physical, chemical/biological treatment processes on reducing the pollution and coloration of denim wastewater were determined. It has been determined that the physical, chemical/biological treatment methods for denim wastewater, respectively, provide an efficiency of over 90% in reducing the amounts of BOD5, total chlorine (Cl) and total solids, but are not sufficient in alkanility and color removal. It was found that the efficiency in OH alkanilite removal was 0.18%.In the second part; In an experimental study, the effect of the use of chitosan, a natural polymer, as an absorbent substance, for color removal in waters containing color prepared in the laboratory with indigo dyestuff used in the dyeing of denim fabrics.The color removal effect was demonstrated by the CIE *L *a * b color measurement method. With the results of the analysis, it was determined that the denim waste water was cleaned by physical, chemical/biological treatment and to meet the parameters and limit values specified in the waste water regulations. However, it has been determined that limit values for heavy metals that may pose a risk to human health should be included in the discharge parameters.It has been determined that the chitosan produced from waste biomaterials can be used as an absorbent in the removal of the color of solutions containing Indigo blue dyestuffs, and the precipitation time and the chitosan variety are effective in the color removal efficiency.At the end of the examination of national and international industrial pollution legislation, it was seen that there are no pollution parameters related to denim production wastewater, which is one of the most production types in sub-categories, and it is important for wastewater discharge.For this reason, it is recommended to update the discharge standards according to the textile product types and to create new sub-categories.

Year: 2022

Number of Pages:12**6**

Keywords:Denim production, textile waste water, chitosan,color removal

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanmasında değerli zamanını bana ayıran, beni her anlamda yönlendiren ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen danışman hocam Doç.Dr. Nilgün BECENEN'e teşekkür ederim. Tez projeme (TUBAP-2021/96) maddi destek veren Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederim. Tez hazırlama aşamalarında bana yardımcı olan hocam İsmail BECENEN ve sevgili aile fertlerime sonsuz teşekkürler ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET iv
ABSTRACT vi
TEŞEKKÜR viii
İÇİNDEKİLER ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ xi
ŞEKİLLER DİZİNİ xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ xiv

BÖLÜM 1 1

GİRİŞ 1

BÖLÜM 2 3

TEKSTİL ATIK SULARI 3
2.1. TEKSTİL ATIK SULARININ ÖZELLİKLERİ 3
2.2. TEKSTİL ATIK SULARDAKİ KİRLETİCİLER 4
2.2.1. Boyarmaddeler 5
2.2.2. Yüzey Aktif Maddeler ve Deterjanlar 7
2.2.3. Ağır Metaller 8
2.2.4. Sülfatlar (-SO4) 8
2.2.5. Yağ ve Gres 8
2.2.6. Klorlu Solventler 9
2.3. SU KALİTESİNİ BELİRLEYEN PARAMETRELER 9
2.4. TEKSTİL ATIK SULARININ ARITILMA YÖNTEMLERİ 11
2.4.1. Fiziksel ve Fizikokimyasal Arıtım 12
2.4.2. Kimyasal yöntemler 13
2.4.3. Biyolojik Arıtma Yöntemleri 14
2.4.4. İleri Arıtma yöntemleri 15
2.5. TEKSTİL ATIK SULARI İÇİN RENKGİDERİM UYGULAMALARI 15
2.6. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 17

BÖLÜM 3 20

DENİM KUMAŞ ÜRETİMİ 20
3.1. DENİM KUMAŞ 20
3.2. DENİM ÜRETİM ATIK SULARININ ÖZELLİKLERİ 22
3.3. DENİM ATIKSULARININ ARITILMA PROSESLERİ 23

BÖLÜM 4 26

ATIKSU KALİTE STANDARTLARI 26
4.1. TÜRKİYE SU DEŞARJ STANDARTLARI 26
4.2. BAZI ÜLKELERİN ATIK SU YÖNERGELERİ 28
4.3. BAZI ÜLKELERDE KULLANILAN RENK PARAMETRESİ VE STANDARTLARI 31

BÖLÜM 5 33

DENEYSEL ÇALIŞMA 33
5.1. MATERYAL 33
5.2. METOD 34

BÖLÜM 6 41

BULGULAR VE TARTIŞMA 41
6.1 pH BULGULARI 41
6.2. BİYOLOJİK OKSİJEN İHTİYACI ($BOİ_5$) TAYİNİ BULGULARI 42
6.2. KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI (KOİ) TAYİNİ BULGULARI 47
6.3. ASKIDA KATI MADDE (AKM) TAYİNİ BULGULARI 51
6.4. TOPLAM ORGANİK KARBON (TOC) TAYİNİ BULGULARI 55
6.5. SERBEST (AKTİF) KLOR TAYİNİ BULGULARI 58
6.6. TOPLAM KLOR TAYİNİ BULGULARI 60
6.7. TOPLAM ALKALİNİTE TAYİNİBULGULARI 62
6.8. OH ALKALİNİTE TAYİNİ BULGULARI 64
6.9. TOPLAM KATI MADDETAYİNİ BULGULARI 66
6.10. AMONYUM AZOT (NH_4-N)TAYİNİBULGULARI 68
6.11. YAĞ VE GRES TAYİNİBULGULARI 72
6.12. TOPLAM FOSFOR TAYİNİ BULGULARI 75
6.13. İLETKENLİK ÖLÇÜM BULGULARI 78
6.14. AĞIR METAL ANALİZİ BULGULARI 79
6.15. GERÇEK DENİM ATIK SUYU RENK ÖLÇÜM BULGULARI 84
6.16. ATIK SU NUMUNELERİNİN KİRLİLİK PARAMETRELERİ AÇISINDAN GENEL DEĞERLENDİRİLMESİ 86
6.17. KİTOSAN İLE RENK GİDERİMİ BULGULARI 90
BÖLÜM 7 93
SONUÇ VE ÖNERİLER 93
KAYNAKLAR 95
ÖZGEÇMİŞ 111

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AB:Avrupa Birliği

AKM:Askıda katı madde

BOİ:Biyolojik oksijen ihtiyacı

CIE:Commission International de I'Ecclairage(Uluslar arası Aydınlatma Komisyonu)

CIELAB,CIEL *a*b:Colar Space,Color Scale (Renk Uzayı)

dk: Dakika

ECA:Bangladeş Çevre

EEB:Avrupa çevre Bürosu

EPA: Avrupa Birliği Çevre Koruma Standartı

HPLC:High Performance Liguid Chromatography(Yüksek Preformanslı Sıvı Kromotografisi)

Mg/L:Miligram/litre

KOİ:Kimyasal oksijen ihtiyacı

SKKY:Su kirliliği kontrol yönetmeliği

IED:Avrupa Endüstriyel Emüsyon Direktifi

İSKİ: İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi

TOC:Toplam organik karbon

TSE:Türk Standartları Enstitüsü

%:Yüzde

As: Arsenik

Cu: Bakır

Cd: Kadmiyum

Cr: Krom

Fe: Demir

Pb: Kurşun

Ti: Titan

Ni: Nikel

Pt-Co: Platin- Kobal

pH: Suyun Asitik Bazik Derecesini belirleme

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1.CIE L* a *b *renk uzayı 32

Şekil 6.1. Giriş ve çıkış BOİ değerleri 45

Şekil 6.2. Atık su numunelerinin koi değerleri 49

Şekil 6.3. Atık su numunelerinin akm değerleri 53

Şekil 6.4. Atık sularının toc değerleri 57

Şekil 6.5. Atık su numuneleri serbest (aktif) klor değerleri 60

Şekil 6.6. Atık su numuneleri toplam klor değerleri 62

Şekil. 6.7. Toplam alkalinite değerleri 64

Şekil 6.8. OH alkalinite değerleri 66

Şekil 6.9. Toplam katı madde değerleri 68

Şekil 6.10.Toplam azot değerleri 70

Şekil 6.11. Yağ ve gres değerleri 74

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1.Tekstil kimyasal işlemlerinden kaynaklanan kirleticiler ve özellikleri 4

Çizelge 2.2. Boyarmaddelerle ilişkili kirleticiler 6

Çizelge 3.1.Denim boyamada kullanılan kimyasallar ve miktarları 22

Çizelge 3.2.Denim boyama prosesi atık sularının içerikleri 23

Çizelge 3.3.Temel arıtma yöntemleri..... 25

Çizelge 4.1.Tekstil sektörü için ıfc-ehs yönergelerinde belirtilen deşarj kriterleri.... 30

Çizelge6.1. Arıtma girişi atık sularının boi analiz sonuçları..... 43

Çizelge 6.2. Arıtma çıkışı atık sularının boi analiz sonuçları 44

Çizelge 6.3. Farklı ülkelerde endüstriyel/tekstil atık suları için boi standartları 46

Çizelge6.4. Tekstil atık sularının alıcı ortama salınımı için koi değerleri 47

Çizelge 6.5. Arıtma girişi atık sularının koi analiz sonuçları..... 48

Çizelge 6.6. Arıtma çıkışı atık sularının koi analiz sonuçları 48

Çizelge6.7. Farklı ülkelerde endüstriyel su deşarj koi sınır değerleri..... 50

Çizelge 6.8. Tekstil atık sularının alıcı ortama salınımı için akm sınır değerleri 51

Çizelge 6.9. Arıtma girişi atık sularının akm analiz sonuçları..... 52

Çizelge 6.10. Arıtma çıkışı atık sularının akm analiz sonuçları 52

Çizelge 6.11.Bazı ülkelerin endüstri/tekstil atıksu deşarj akm sınır değerleri..... 54

Çizelge 6.12. Arıtma girişi atık sularının toc analiz sonuçları..... 55

Çizelge: 6.13. Arıtma çıkışı atık sularının toc analiz sonuçları 56

Çizelge 6.14. Arıtma girişi atık sularının serbest (aktif) klor analiz sonuçları 58

Çizelge 6.15. Arıtma çıkışı atık sularının serbest (aktif) klor analiz sonuçları..... 58

Çizelge 6.16. Arıtma girişi atık sularının toplam klor tayini analiz sonuçları 61
Çizelge 6.17.Arıtma çıkışı atık sularının toplam klor tayini analiz sonuçları..... 61
Çizelge 6.18. Arıtma girişi atık sularının toplam alkalinite tayini analiz sonuçları... 63
Çizelge 6.19. Arıtma çıkışı atık sularının toplam alkalinite tayini analiz sonuçları .. 63
Çizelge 6.20. Arıtma girişi atık sularının oh alkalinite tayini analiz sonuçları..... 65
Çizelge 6.21. Arıtma çıkışı atık sularının oh alkalinite tayini analiz sonuçları 65
Çizelge 6.22. Arıtma giriş atık sularının toplam katı maddetayini analiz sonuçları .. 67
Çizelge6.24. Arıtma giriş atık sularının toplam azot tayini analiz sonuçları 69
Çizelge 6.25. Arıtma çıkışı atık sularının toplam azot tayini analiz sonuçları 69
Çizelge 6.26. Farklı ülkelerin amonyum azot sınır değerleri..... 71
Çizelge 6.27. Arıtma girişi atık sularının yağ ve gress tayini analiz sonuçları..... 72
Çizelge 6.28. Arıtma çıkışı atık sularının yağ ve gres tayini analiz sonuçları 73
Çizelge 6.29.Arıtma girişi atık sularının toplam fosfor analiz ölçüm sonuçları 76
Çizelge 6.30.Arıtma çıkışı atık sularının toplam fosfor analiz ölçüm sonuçları..... 76

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Kirlilik yükü yüksek olan endüstriyel suların direkt veya indirekt temiz su kaynaklarına karışması, çevre ve insan sağlığı açısından büyük bir sorundur. Bu sorunların gelecekte iklim değişikliği ile daha da ağırlaşacağı öngörülmektedir (Aprile & Fiorillo, 2017; Sukruay & Chaysiri, 2019).Çevre kirliliğini önlemek ya da kabul edilebilir seviyeye indirebilmek için özellikle en büyük atık su miktarına sahip tekstil endüstrisi atık suların temizlenmesi zorunluluk halini almıştır. Çevreye önem veren ülkelerde her yıl binlerce atık su arıtma sistemleri kurulmakta, fiziksel, kimyasal ve biyolojik pek çok işlem uygulanmaktadır. Tekstil atık sularının kirletici içeriği ve miktarları ürünlerin üretim aşamalarına görefarklılık göstermektedir. Arıtma işlemlerinin verimli olabilmesi için atık suyun kirlilik özelliklerineuygun olması, bunun içinde kirletici parametrelerin ne olduğunun ve miktarlarının bilinmesi gerekmektedir.

Denim kumaş üretiminde, ön terbiye, ağartma, boyama ve baskı gibi işlemlerde büyük miktarlarda su kullanılmaktadır (He, Li, Zuo, Xu &Yi, 2019; Morali, 2010).Tek bir kot pantolon üretimi için su kullanımının yaklaşık 11.000 L olduğu ve aynı anda benzer miktarda atık su üretildiği hesaplanmıştır (Pal,Chatterjee &Sharma, 2017). Denim endüstrisi tarafından üretilen atık sular, organik madde, toksik kimyasallar, deterjanlar, boyarmaddeler, tuzlar gibi karmaşık bileşikler içermekte ve bunların çoğuda biyolojik olarak parçalanamaz özellikte olup çevre kirliliği açısından risk oluşturmaktadır (Kahraman&Şimşek, 2020; Yaseen & Scholz, 2019). Bu nedenle, üretimi artan denim ürünler için, temiz üretim ve etkili atıksu arıtma yöntemleri araştırılmaktadır (Du, Zuo, Gan &Yi, 2019; Hina, Zou, Qian, Zuo &Yi, 2018).

Tekstil endüstrisi farklı üretim süreçleri uygulayan bir sektör olduğu için, atık su deşarj yönetmeliklerinde yün, örgü, halı, sentetik, dokuma gibi alt kategoriler belirlenmiştir. Ancak denim üretimi, dünyadaki en önemli ve yaygın tekstil faaliyeti olmasına rağmen deşarj standartlarında denim atık sularına yönelik ayrı bir kategori mevcut değildir.

Amaçlar;

Bu çalışmada;

-denim üretimi yapan tekstil fabrikasından alınan gerçek atık su numunelerinin arıtma öncesi ve sonrası kirlilik parametresi olarak belirlenen pH, BOİ, KOİ, TOC, AKM, toplam azot, toplam fosfor, toplam serbest klor, yağ ve gres, ağır metal miktarlarını daha önceden raporlanmış verilerle

değil, işletme dışındaki bir laboratuarda yapılacak analizlerle belirlemek,

-Analizlerden elde edilen kirlilik parametre değerlerini farklı deşarj yönetmeliklerinin belirlediği değerleri ile karşılaştırarak mevcut kirlilik derecesini ortaya koymak,

-Seçilen işletmede denim atık suları için uygulanan arıtma yönteminin verimliliğini tespit etmek

-Kitosanın denim üretiminde yaygın kullanılan İndigo boyarmaddesi renginin atık sulardan giderimine etkisini belirlemek

-Çalışmada elde edilen veriler ile tekstil atık suları için hazırlanan deşarj yönetmeliğine katkı sağlayacak ön bilgilerin oluşturulması amaçlanmıştır.

BÖLÜM 2

TEKSTİL ATIK SULARI

2.1. Tekstil Atık Sularının Özellikleri

Tekstil atıksılarından kaynaklanan kirlilik, tarih boyunca bir sorun olmasına rağmen, günümüzde büyük miktarlarda kalıcı ve tehlikeli kimyasalların kullanılmaları nedeniyle daha büyük bir tehdit oluşturmaktadır.

Tekstil endüstrisinde moda ve performans etkisi ile sentetik liflerin, polimerlerin ve apre kimyasallarının kullanımı hızla artmaktadır. Tekstil atık sularının içeriği de ürün çeşidi,uygulanan yöntem, kullanılan kimyasallar, arıtma teknolojileri gibi etkenlere bağlı olarak farklılık göstermektedir.Örneğin pH 2–13, iletkenlik 0,1–120 mS/cm, askıda katı maddeler 5–9000 g/cm3, toplam KOİ 0,3–60.000 g/m^3 aralıklarında değişmektedir (Vajnhandl & Valh, 2014).Ön terbiye, boyama, baskı ve apre tekstil endüstrisinin temel işlem aşamalarıdır (Zhou & Zhou, 2019).Bu işlemler sonunda oluşanatık sular, boyarmaddeler, ağır metaller,yüzey aktif maddeler ve diğer kirleticileri içeren bir karışımdır. Kükürt, naftol, reaktif, direkt,vb.tekstil boyarmaddelerini, asetik asit, sabun, nitrat, gibi kimyasalları, krom bakır, kurşun, arsenik, kadmiyum, cıva, nikel ve kobalt gibi ağır metalleri içeren atık su geniş bir kirletici çeşidine sahiptir. Sıcaklık ve pH, da atık suyun zararlı etkisini artırmaktadır. Renk pigmentleri ve yağ molekülleri, bulanıklığıarttırarak suya kötü bir görünüm ve kötü koku vermektedir (Parshetti, Parshetti, Telke, Kalyani, Doong & Govindwar**,** 2011**).** Atık su içerisindeki kirleticiler, toksik etkilerine ek olarak ulaştıkları toprağı, yüzey ve yer altı sularını da kirleterek küresel çaptabüyük miktarda çevre kirliliğine yol açabilmektedirler.Tekstil kirleticilerine uzun süreli maruz kalma insanlarda kanser, akut toksisite, cilt hastalığı, alerjenik ve mutajenik etkileri teşvik edebilmektedir (Avagyan, Luongo, Thorsén & Östman, 2015).

Tekstil boyama endüstrilerinde açığa çıkan aşırı derecede kirli atık sular, yüksek renk yoğunluğuna, yüksek BOİ, KOİ ve toplam katı madde içeriğine sahiptir. Su kaynaklarında mevcut organizmaların fotosentetik aktivitesi ve gelişimi, deşarj edilen atık suyun yüksek oranda renkli olması ile doğrudan engellenmektedir. Bu nedenle ekosisteme verilen atık sular renksiz ve toksik bileşiklerden arındırılmış olmalıdır.

2.2. Tekstil Atık Sulardaki Kirleticiler

Tekstil malzemelerinin üretim işlemlerinin nedenolduğu ana kirleticiler, katı, sıvı ve gaz olarak sınıflandırılmaktadır.

1.Katı atıklar; Kumaş-ip parçaları, elyaf tozları,ambalaj atıkları ve kimyasal madde ambalajları

2.Sıvı atıklar; ön terbiye, boyama, baskı, apre işlemlerinden açığa çıkan kimyasal madde içeren sular

3.Gaz atıklar; kurutma ve fikse işlemlerinden çıkan gazlardır (Wei &Yang, 2000).

Çizelge 2.1.Tekstil Kimyasal İşlemlerinden Kaynaklanan Kirleticiler ve Özellikleri (Ghaly, Ananthashankar, Alhattab & Ramakrishnan, 2014)

İşlem	Kirleticiler	Atık özellikleri
Haşıl sökme	Nişasta, glikoz, PVA, reçineler, yağlar ve mumlar	Yüksek BOİ (toplamın %30-50'si), PVA.
Ağartma	Hipoklorit, klor, kostik soda, hidrojen peroksit, asitler.	Kuvvetli alkali, düşük BOİ (toplamın %5'i)
Merserize	Kostik soda	Kuvvetli alkali, düşük BOİ (toplamın %1'inden az)
Boyama	Boyalar, metal tuzları, organik boyama yardımcıları, mordan ve indirgeyici maddeler, asetik asitler, alkaliler, sabun ve diğer yüzey aktif maddeler.	Koyu renkli, orta BOİ (toplamın %6'sı)
Baskı	Boya, nişasta, sakız, yağ, asitler, üre, solventler, baskı yardımcıları ve metalik tuzlar	Yağlı görünüm, yüksek BOİ
Apre	Nişasta, silikon, tuz, yağ, parafin, özel kimyasallar	Düşük alkali, düşük BOİ

Çizelge 2.1’de tekstil kimyasal işlemlerinden kaynaklanan olası kirleticiler ve özellikleri verilmiştir.

2.2.1. Boyarmaddeler

Tekstil ürünlerinin renklendirilmesi antik çağlara kadar uzanan, 4000 yılı aşkın bir süredir devam eden bir işlemdir.Antik çağlarda renklendirmede doğal boyarmaddeler kullanılıyormuş. İlk sentetik boya, 1856'da William E. Perkin tarafından saf olmayan anilinin oksidasyonu ile elde edilmiş ve bu buluş geçmişten gelen boyarmadde üretim, uygulama teknolojilerini değiştirmiştir. Tekstil maddelerine hızlı ve kolay uygulanması, parlak ve farklırenk imkânları, kolay temin ve ucuz olmaları gibi etkenler doğal boyarmaddelerin yerine sentetik boyar maddelerin kullanılmasına yol açmıştır.

Tekstil boyama ve terbiye endüstrilerinde, müşteri taleplerindeki hızlı değişimler nedeniyle çok çeşitli boyarmaddeler ve kimyasallar kullanmaktadır (Khehra, Saini, Sharma, Chadha & Chimni, 2005). 100.000'den fazla ticari olarak temin edilebilen sentetik boyarmaddebulunmaktadır (Pearce, Lloyd & Guthrie, 2003). Boyarmaddeler bir yandan kumaş ve ipliklere renk vererek tekstil üretimini arttırırken, diğer yandan da endüstriyel atık sularda önemli bir kirletici grubunu oluşturmaktadır. Boyarmadde üretiminde kullanılan kimyasalların genellikle toksik, kanserojen ve hatta patlayıcı olduğu bildirilmektedir (Sharma, Kaur, Sharma& Sahore, 2011). Bu nedenle tekstil boyama işleminden çıkan atık sular, suda yaşayan canlı organizmalar, ekosistem veya insanlar üzerinde yüksek derecede tehlikeli etkiye sahip biyolojik olarak parçalanamayan kimyasallar içermektedirler (Çalışkan, 2021; Mohamed, Ibrahem, El-Sayed, Galal, Handal, Mousa & Labib, 2020).Çizelge 2.2’de, çeşitli boyalarla ilişkili kirleticilerin ayrıntılarını vermektedir.

Çizelge 2.2. Boyarmaddelerle ilişkili kirleticiler (Sivaram, Gopal & Barik, 2019).

Boyarmadde sınıfı	**Lif çeşidi**	**Kirlilik türü**
Direkt Boyarmaddeler	Pamuk	Tuz, fikse edilmemiş boya, bakır tuzu, katyonik fiksaj maddeleri
Reaktif boyalar	Pamuk	Tuz, alkali, sabitlenmemiş boya
Kükürt boyaları	Pamuk	Alkali, oksitleyici ve indirgeyici maddeler, sabitlenmemiş boyalar
Krom boyalar	Yün	Organik asitler, sabitlenmemiş boyalar, metaller, sülfür
1:2Metal kompleks boyalar	Yün	Organik asitler, metaller
Asit boyalar	Yün	Organik asitler, sabitlenmemiş boyalar
dispers boyalar	Polyester	İndirgeyici ajanlar, organik asit taşıyıcılar

Boyama işlemi sonunda atık sularda %10-15 oranlarında tekstil malzemelerine bağlanmamış, boyama çözeltisinde kalan boyarmadde oluşmaktabudurumda büyük miktarlarda renkli atık su oluşumunu desteklemektedir. Boyarmaddeler, genellikle sentetik kaynaklıkompleks aromatik moleküler yapıya sahip organik bileşiklerdir (Rangabhashiyam, Sujata & Balasubramanian, 2018).

Sentetik boyarmaddeler, beklenen yüksek haslık gereksinimlerini karşılamak için yüksek derecede kimyasal ve fotolitik stabilite gösterecek özellikte üretilmektedirler. Ayrıca boyama işleminde, boyarmadde adsorpsiyonunu iyileştirmek için, metaller, tuzlar, yüzey aktif maddeler, sülfit ve formaldehit gibi birçok yardımcı kimyasal da boya banyosuna eklenmektedir (Sarayu & Sandhya, 2012). Bu nedenle, boyama atık suları ya biyolojik arıtma tesisinin aerobik koşulları altında bozunmazdan kalırlar,ya dauzun bir süre de bozunmaktadırlar (Khatri, Peerzada, Mohsin & White,2015). Tekstil ürünleri kullanımının artması ve buna paralel olarak tekstil üretiminin artması, tekstil boyarmaddelerinin çevreye yayılımını arttırmıştır (Choudhury, 2021).Bu nedenle de sentetik boyarmaddeler**,** canlılar için dünya çapında ciddi bir çevre sorununa neden olmaktadırlar (Ashtoukhy, 2014).

Boyarmaddelerin yapısında bulunan koloidal maddeler bulundukları su ortamının bulanıklılığını artırmakta, kötü görünüm ve kötü kokuya neden olmaktadırlar. Doğal su kaynaklarına atıksu ile karışmış tekstil boyarmaddeleri, su kaynaklarının yüzeyinde ince bir boya filmi oluşturarak oksijen transfer mekanizmasına, su içindeki canlı yaşamına etki ederek, fotosentez için gerekli olan güneş ışınlarının su içine girmesine engel olurlar. Sonuç olarak su ortamındaki biyolojik ve fotosentez süreçlerini olumsuz etkilemektedir (Carmen & Daniela, 2012).Ayrıca, özellikle renkli atıkların çevreye salınması, sadece renklerinden dolayı değil, aynı zamanda parçalanma ürünleri nedeniyle de istenmemektedir (Aravind, George, Baburaj, Thomas, Thomas & Aravindakumar, 2010**).** Tekstil boyarmaddelerinin ayrışması ile oluşan aromatik aminler, ağır metaller ve klorür varlığı canlı organizmalarda toksit ve genotoksit etkiye neden olabilmektedir (Yaseen & Scholz, 2017). Arıtma işlemi sonrasında ya da arıtma olmadan çevreye verilen atık su içerisinde boyarmaddelerin 1 mg/l'den daha yüksek konsantrasyonlarda bulunması çevre şikâyetlerini ve endişelerini arttırmaktadır. Ayrıca renk veren bileşiklerin varlığı, suyun tekrar kullanımı için de engel olmaktadır.

2.2.2. Yüzey Aktif Maddeler ve Deterjanlar

Deterjanlar, tekstil üretiminde genel olarak ön terbiye, boya, baskı gibi işlemlerin yıkama aşamalarında kullanılan, yapısında bir yüzey aktif madde ve temizleme işlemini kolaylaştıran yardımcı kimyasal maddeler bulunduran, tozveya sıvıyapıdaki kıvamlı karışımlardır. Tekstil üretim işlemlerinde, doğal liflerin yıkanması ve ağartılması sırasında farklı özelliklerde noniyonik ve noniyonik/anyonik yüzey aktif maddeler (ıslatıcı maddeler) kullanılmaktadır.

Deterjan veya sabunlar da tekstil atık suları ile çevreye yayılan kirleticilerdir. Düşük miktarlarda bile yüzey gerilimini azaltabilme özellikleri ile yüzey aktif maddeler (surfaktan) olarak da adlandırılırlar. Atık su içinde çözünmüş veya adsorbe edilmiş şekilde bulunabilirler, su kütlelerinin yüzeylerinde köpük tabakaları oluşturabilirler. Köpük tabakası sucul yaşamı olumsuz etkiler, bulunduğu su kütlesinin oksijen konsantrasyonunu azaltarak havalandırmayı zorlaştırmaktadırlar. Yüzey aktif maddelerin kimyasal yapısına göre köpük oluşumu için tehlikeli sınır değeri 0,1-0,5 mg

L/1 arasındadır. Su kalitesi için en önemli etkileri; oksijen azaltma, su tabanında aşırı birikim nedeni ile alg ve bulanıklık artışına neden olma, organizma türünde azalmaya yol açmasıdır. Atık sularda deterjandan kaynaklanan fosfor miktarı %15-20 arasında olmaktadır. Bu özellikteki atık sular insan sağlığı için tehlike yaratabilmekte, suyun temizlenme yeteneğini ise azalmaktadır.

En önemli yüzey aktif maddeler noniyonik tip, lineer alkil polietilen glikoller ve glikol eterlerdir. Noniyonik yüzey aktif madde olarak glikollerin biyolojik olarak parçalanmasının, ana bileşikten daha toksik olan hidrofobik metabolit ürettiği bilinmektedir. Alkol sülfatlar gibi anyonik yüzey aktif maddeler, tekstil terbiye endüstrisinde en yaygın olarak kullanılan yüzey aktif maddeler arasındadır ve biyolojik olarak parçalanmalarının zor olduğu gösterilmiştir.

2.2.3. Ağır Metaller

Tekstilatık sularında krom, kurşun, çinko ve bakır gibi metaller bulunmaktadır (Panigrahi & Santhoskumar, 2020). Atık sular içerisindeki ağır metallerin varlığı, zehirlilikleri, bitki ve hayvan yaşamına yönelik tehditleri nedeniyle büyük bir endişe kaynağıdır (Romera, Gonzalez, Ballester, Blazquez & Munoz, 2007).

2.2.4. Sülfatlar (-SO4)

Sülfatlar, deşarj için verilen miktarların altındaki konsantrasyonlar da bitkiler veya hayvanlar için toksik olarak kabul edilmez. Sülfatların neden olduğu en önemli problem, pH'ı değiştiren güçlü asitler oluşturma yetenekleriyle ilgilidir (Tüfekci, Sivri & Toroz, 2007).

2.2.5. Yağ ve Gres

Tekstil üretiminde bitim işlemlerinde ve yıkamalarda köpük kesici olarak kullanılan kimyasallar atık su içerisindeki gres kaynaklarıdır. Atık suları ile ekosistem içindeki sulara karışan gres, su yüzeyinde görüntü olarak hoş olmayan film

tabakasınaneden olur ve sudaki yaşam için zararlıdır. Ayrıca biyolojik arıtma süreçlerine de olumsuz yönde etkileri vardır.

2.2.6. Klorlu Solventler

Klorlu çözücüler, klor içeren geniş bir kimyasal bileşik ailesidir, tekstil üretiminde yıkama, haşıl sökme, boyama ve temizleme işlemlerinde kullanılmaktadırlar (Karthik & Gopalakrishnan, 2014).

Tekstil endüstrisinde yaygın olarak kullanılan klorlu çözücüler; karbon tetraklorür (CCl_4), kloroform ($CHCl_3$), metilen klorür veya diklorometan (CH_2Cl_2), tetrakloroetilen (C_2Cl_4), trikloroetan ($C_2H_3Cl_3$) ve trikloretilendir (C_2HCl_3) (Ghaly, vd., 2014).Klorlu solventlerin insan ve çevre sağlığına zararlı etkileri vardır .Alerjik ve kansorojen olduklarından şüphelenilmektedirler. Ayrıca sudaki organizmalar içinde zararlıdırlar.

2.3. Su Kalitesini Belirleyen Parametreler

pH: Bu parametre canlı yaşamı için önemlidir. Sudaki canlıların ve balıkların büyük bir çoğunluğu sadece 6-9 arasındaki pH aralığında hayatta kalmaktadır. Uygulanan arıtma yöntemine uygun olmayan bir pH'a sahip atık suyun arıtılması da zorlaşmaktadır. Örneğin Aktif çamur yöntemi ile arıtmada etkin bir arıtma için su pH değeri 6,5-8,5 aralığında olmalıdır, bu aralığın dışındaki değerler için ek işlem olarak nötralizasyon yapılmalıdır (Eltem, 2008).

Sıcaklık: Sıcaklık artışı her canlı organizma da farklı etkilere neden olmaktadır. Yüksek sıcaklık, bazı canlıların daha hızlı çoğalmalarına sebep olabilir. Bu durumda su içerisindeki canlılık türü oranı değişir ve hızlı çoğalan canlı suda baskın hale gelir (Eltem, 2008).

Elektrik İletkenliği: Elektriksel iletkenlik, suyun elektrik akımını iletme kapasitesinin bir ölçüsü olduğundan, suda çözünen tuzların konsantrasyonu ve dolayısıyla toplam çözünmüş katı maddelerin miktarı ve çeşidi ile doğrudan ilişkilidir (Siddique, Rizwan, Shahid, Ahmad & Rizvi, 2017).

Yoğunluk: Atık suyun sıcaklığa bağlı olarak değişen önemli bir fiziksel özelliğidir. Atık sudaki toplam katı madde miktarına bağlı olarak değer almaktadır (Eltem, 2008).

Renk: Tekstil atık suları, içerisindeki kimyasal maddeler ve boyarmaddeler nedeniyle renklidirler. Renk atık suyun fiziksel özellik parametrelerindendir.

Bulanıklılık: Atık suyun, ışığı geçirme derecesini belirlemek için kullanılan fizksel parametrelerdendir. Atık su içerisindeki organik ve inorganik maddeler katı maddeler bulanıklığın kaynağıdır (Erkuş, Oygun, Türkmenoğlu & Aldemir, 2018).

Toplam Çözünmüş Katı Madde Miktarı: Atık su içerisinde bulunan çözünmüş ve askıda katı maddelerin toplamını gösteren parametre, toplam çözünmüş katı madde miktarı olarak adlandırılır.

Katı maddelerin su kirliliğine etki derecesi; türüne, miktarına, boyutunagöre değişmektedir. Suyun bulanıklılığını, toksisitesini arttırarak, ışık geçirgenliğini ve oksijen miktarını azaltarak su canlıları için tehdit oluşturmaktadırlar.

Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ): Atık suların organik kirlilik miktarının belirlenmesinde kullanılan ölçütlerden biri de BOİ değeridir(Eltem, 2008).BOİ, parçalanabilen maddelerin belirli bir sıcaklıkta (20 ^{o}C), 5 günlük bir sürede oksitlenmesi için aerobik bakteriler tarafından tüketilen oksijen miktarını ifade etmektedir (Öztürk, Timur & Koşkan, 2010).

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ): Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) atık su içindeki yükseltgenebilir maddelerin kimyasal yolla oksitlenmeleri için gerekli olan oksijen miktarını ifade etmektedir (Eltem, 2008). Endüstriyel atıksuların kirlilik seviyesini belirlemek için kullanılan en önemli parametrelerdendir.

Azot-Fosfor Miktarı: Azot ve fosfor elementleri, besi elementleri olup, mikroorganizmaların büyümesi için çok gereklidir. Atık suların biyolojik yöntemlerle arıtılmasında verimlilik açısından azot miktarının bilinmesi önemlidir.

2.4. Tekstil Atık Sularının Arıtılma Yöntemleri

Tekstil endüstrilerisi atıksularına, ekosistem üzerinde zararlı etkileri olan azot, organik maddeler, fosfor ve metal miktarlarının zararsız seviyelere indirilmesi için arıtmayaişlemi uygulanmaktadır. Pek çok yöntem geliştirilmiştir, biyolojik ve fizikokimyasal arıtma uzun yıllardır uygulanmaktadır (Amar, Kechaou, Palmeri, Deratani & Sghaier, 2009).Fiziko-kimyasal arıtma işleminin dezavantajları olarak, çamur oluşumu ve bertarafı, tesisin kurulumu için geniş alan ihtiyacının olması sayılabilmektedir. Biyolojik arıtma proseslerinin dezavantajı, toksik ağır maddelerin varlığı, kullanılan boyaların çoğunun doğada biyolojik olarak parçalanamaması nedeni ile yetersiz kalışı, atık suyun arıtılması için gereken sürenin uzun olmasıdır.

Tekstil boyarmaddeleri, geleneksel atık su arıtma işlemleriyle bozulmaya dirençli, biyolojik olarak parçalanamayan kirleticilerdir (Khataee, Dehghan, Ebadi, Zarei& Pourhassan, 2010).Yapılan çalışmalar biyolojik ve fizikokimyasal arıtma işlemlerinin genellikle azo boyarmaddeler (Chang, Huang, Hsueh, Lu & Huang, 2004), tuzlar, yüzey aktif maddeler, fenol, ağır metaller ve toksit bileşikler (pestisitler) gibi biyolojik olarak parçalanmayan bileşiklerin uzaklaştırılmasında yetersiz kaldıklarını göstermektedir (De Jager, Sheldon & Edwards, 2014).Biyolojik adsorpsiyon, membran ayırma, ilerioksidasyon prosesleri, elektro koagülasyon vegözenekli malzemelerüzerinde adsorpsiyon ile uzaklaştırmagibi çok sayıda arıtma prosesi,şu anda boya içeren atıkların arıtılması için kullanılmaktadır (Daneshvar, Aber, Khani & Khataee, 2007).Yukarıda bahsedilen yöntemler, yalnızca sıvı fazdaki boya moleküllerini katı üzerinde biriktirdikleri için etkili değildir.Bu nedenle, tam arıtma için daha fazla ayırma gereklidir (Tanaka, Padermpole& Hisanaga, 2000).

Yüksek kalitede arıtılmış atıksu ve suyun üretim süreçlerinde yeniden kullanımı hedefleniyorsa ileri arıtma teknolojilerinin kullanılması gerekmektedir (Sert, Bunani, Yörükoğlu, Kabay, Egemen, Arda & Yüksel 2017).

Nano filtrasyon ve ters ozmoz membranları, boyaları, makromolekülleri ve çözünmüş iyonları mükemmel şekilde uzaklaştırmaları ile birlikte kullanım kolaylığı ve ekonomik olmaları nedeniyle atık suyun temizlenmesi için en umut verici yöntemler olarak düşünülmektedir(Liu, Lü, Chen, Yu & Gao, 2011). TÜİK verilerine göre; 2018

yılında, Türkiye'de arıtılan atıksuyun %47,9'una ileri, %27,6'sına biyolojik, %24,2'sine fiziksel ve %0,3'üne doğal arıtma uygulanmıştır (Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığı, 2019).

2.4.1. Fiziksel ve Fizikokimyasal Arıtım

Atık su içerisinde yer alan yüzer maddeler ile kendiliğinden çökebilen katı maddelerin giderilmesi için fiziksel yöntemler uygulanır. Bu amaçla; ızgaralar, elekler, kum ve yağ tutucular ön arıtma işleminde kullanılır.

Tekstil atık sularından boyarmaddeleri kolayca uzaklaştırmak için adsorpsiyon işlemi uygulanmaktadır. Atık su içerisinde çözünmüş halde bulunan boyarmaddeler katı olan adsorbentin yüzeyinde tutulur. Her birinin adsorpsiyon kapasitesi birbirinden farklı olan çeşitli organik ve inorganik adsorbantler renk giderimi için kullanılmaktadır. İnorganik materyaller, mekanik ve kimyasal olarak dayanıklılık, yüksek özel yüzey alanı, mikrobiyal parçalanmaya karşı direnç gösterme gibi avantajlara sahipken; organik materyallerin yenilenebilir olmaları, ticari değeri düşük endüstriyel yan ürün veya atıklar olmaları gibi avantajlara sahiptir. Aktif karbon, mineraller, tarımsal atıklar (yani, talaşlar, pirinç kabuğu ve diğer malzemeler) düşük maliyetlidirler ancak verimleri de düşüktür (Pérez-Calderón, Santos & Zaritzky, 2020). Yeni çalışmalarda, hidrojeller (Qi, Ma, Liu, Fan, Li, Yu & Chu, 2020; Sinha& Chakma 2020) ve metal-organik yapılar gibi fonksiyonel absorbanların geliştirilmesine çalışılmaktadır.

Kitosan, biyolojik uyumluluk, bozunabilirlik toksik olmamasının yanında iyi adsorpsiyon yeteneğine de sahiptir (Kasiri, 2019).

Memran teknolojisinin, tekstil atık su arıtımı için uygun olduğu çalışmalarda bildirilmiştir. Arumugham et al. Çalışmalarında Atık suda bulunan katyonik boyanın >%99'unu giderebilen yeni bir polifenilsülfon membran üretmiştir (Arumugham, Kaleekkal & Rana, 2018). Membran teknikleri, basit kurulum ve çalıştırma, daha küçük alan ve sınırlı bakım ihtiyaçları gibi avantajlara sahiptir (Rondon vd., 2015). Nano filtrasyon membranlar, 0,5 nm'den küçük partikül boyutunu filtrelemek için

kullanılmaktadır. Genellikle atık suyun rengini, kokusunu ve ağır metal iyonlarını azaltmak için kullanılırlar (Mulyantive & Susanto, 2018).

2.4.2. Kimyasal yöntemler

Atık su içindeki kirletici maddeler tanecik boyutlarına göre; askıda maddeler, kolloidal maddeler (1 mikron ila 1 milimikron arasındaki partiküller) ve çözünmüş maddeler olarak adlandırılırlar. Kimyasal arıtma işlemi, tekstil atık suların içerdiği kirliliğe neden olan çözünmüş, koloidal ve askıdaki maddelerin uzaklaştırılması içinuygulanmaktadır. Bu yöntemde, kimyasal reaksiyonlar yardımı ile kirleticiler, suda çözünmüş halde ise çözünürlüğü düşük bileşiklere, koloidal ve askıda katı şeklinde ise pıhtı ve yumak şekline dönüştürülerek çökeltilmeleri sağlanır. Kimyasal yöntemlerin farklı uygulamaları vardır.

Nötralizasyon; endüstriyel atık suların diğer arıtma işlemleri ve ekosisteme uygun pH değerine getirilmesi amacıyla uygulanan bir işlemdir.

Kimyasal oksidasyon; atık suyun içinde yer alan istenmeyen kimyasal bileşiklerin ve rengin oksitlenerek azaltılması ve uzaklaştırılmasını sağlamak amacıyla ozon(O_3), klor (Cl_2),hidrojen peroksit (H_2O_2) veya potasyum permanganat ($KMnO_4$) kullanılarak yapılan işlemleritanımlamaktadır. Oksidasyon, atık sudaki boyarmaddeleri uzaklaştırmak için kolay uygulanabilir olması nedeniyle kabul gören bir kimyasal yöntemdir. Boyaların ozonla oksidasyonu suda çözünebilen, hidrofilik yapılı tekstil boyalarının (reaktif, asit ve direkt boyalar) parçalanmasında etkili olmaktadır. Sodyum hipoklorit ile asit ve direkt boyalar için renk giderimi yeterli olmaktadır ancak ekosistem için olumsuz etkilerinden dolayı sodyum hipoklorit kullanımı azalmıştır. Hidrojen peroksit atık sularda renkli organik maddelerdeki kromofor grupları parçalayarak renk giderimi sağlanmaktadır.

Pıhtılaşma- flokülasyon- çöktürme; bu yöntemde ilk adım hızlı karıştırma işlemi olan pıhtılaşma, ikinci adım yavaş karıştırma işlemi flokülasyon, son adım ise oluşan yumakların çöktürmeleridir. Bu işlem, organik ve inorganik bulanıklığın, renk, bakteri, patojen, Alg, organizmaların, koku yapıcı maddelerin, fosfat ve metallerin azaltılması veya giderilmesi için kullanılmaktadır.

Atık suda çözünmeden bulunan ve askı halindeki maddeler kısa sürede atık sudan ayrılamazlar. Atık suya bulanıklılık ve renk veren bu maddelerin hızlı bir şekilde çökelmesini sağlamak için kullanılan kimyasal maddeler pıhtılaştırıcı olarak adlandırılırlar. Pıhtılaşma, yüksek verimliliği, kolay çalışması ve maliyetinin düşüklüğü nedeniyle bulanıklık partiküllerini ve askıda kalmış maddeleri uzaklaştırmak için atık suyun ön arıtımı olarak uygulanmaktadır. Pıhtılaşma süreci ile atık suda bulunan istenmeyen tanecikler kümeleşerek, küçük yığınlar oluştururlar (Liang, Sun, Li, Ong, & Chung, 2014).

Flokülasyon işleminde (yumaklaştırma) atık su yavaş ve uygun şekilde bir süre karıştırılır, bu sayede küçük tane ve pıhtılar birbiriyle birleşerek yumaklaşıpsonuçta kolayca çökebilecek hale dönüşmektedir.

Çökeltme işlemi ile de, çökebilen büyük yumaklar oluşturulur. Kolloidal maddeler negatif iyon yüküne sahiptirler. Bu nedenle demir, alüminyum gibi üç değerli metal tuzların etkisiyle pıhtılaştırılırlar. Bu işlem kutupsal çekimle gerçekleşir.$Al_2(SO_4)_3$, $AlCl_3$, $Fe_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$, CaO, $Ca(OH)_2$ gibi geleneksel pıhtılaştırıcıların kullanımı yüksek çamur üretimi, pH'a duyarlılık ve sınırlı uygulama nedeniyle kademeli olarak azalmıştır.

2.4.3. Biyolojik Arıtma Yöntemleri

Günümüzde yapılan çalışmalarda, birçok boya türünü atık sudan giderebilme yeteneğine sahip mikroorganizma türlerinin olduğu bildirilmiştir(Poyraz, 2018).Ölü bakteriler, maya ve mantarlar boyarmadde içeren atıksuların renginin giderilmesinde kullanılabilmektedir (Önder,2020). En yaygın kullanılan mikroorganizma grupları: bakteriler, mantarlar ve alglerdir (Sansarcı, 2020). Tekstil boyarmaddelerinin mikroorganizmalarla olan etkileşimleriboyarmaddenin ve mikrobiyal kütlenin spesifik kimyasına bağlıdır (Poyraz, 2018). Biyolojik arıtmada mikroorganizmalar anahtar rol oynamaktadır.

2.4.4. İleri Arıtma yöntemleri

Nanoparçalar ile atıksu arıtımı: gümüş (Ag),demir (Fe),çinko(Zn),titan(Ti) gibi metallerin nano boyutları ve oksitlerin endüstriyel atık sularda asılı haldeki maddelerin ve ağır metallerin uzaklaştırılması için kullanım potansiyeline sahiptir (Kuzu, 2018). Ancak nanoteknoloji çalışmalarının çoğu laboratuarlarla sınırlı kalmıştır. Atıksu arıtımında kullanılabilmeleri için endüstri tarafından benimsenmesi gerekmektedir.Karbon nano parçalar, metal iyonlarını elektrostatik çekim ve kimyasal bağlanma yoluyla adsorbe etmektedir (Jun vd.,2018). $Zn^{2+,}$ $Cu^{2+,}$ Cd^{2+}, $Pb^{2+,}$metallerinin nano partikülleri diklorobenzen, etil benzen ve boya molekülleri gibi kirleticiler için mükemmel adsorpsiyon kapasitelerine ve yüksek adsorpsiyon verimliliklerine sahiptirler (Thines vd., 2017). TiO_2 yüksek fotokatalitik verimliliğe, fotostabiliteye, kimyasal ve biyolojik stabiliteye sahiptir.TiO_2'nin sahip olduğu yüksek bant enerjisi(3,2 eV) kirleticilerin içindeki yüklerin ayrışmasına neden olur ve onları çok kısa sürede tamamen bozulabilen türe dönüştürebildiği tespit edilmiştir (Rauf & Ashraf, 2009). Bu yöntem, katı atık bertarafı sorunlarına ve termal kirliliğe yol açmaması nedeniyle diğer yöntemlere göre daha avantajlıdır (Hadjltaief, Da Costa, Beaunier, Gálvez & Zina, 2014).

2.5. Tekstil Atık Suları İçin RenkGiderim Uygulamaları

1990'ların sonlarında, boya atık deşarj limiti olmadığı için, ön arıtma işlemi olan çökeltme boya giderme yöntemi olarak kullanılmıştır (Robinson, McMullan, Marchant & Nigam, 2001). Kabul edilebilir atık deşarj standartlarının oluşturulmasından sonra, etkin boya giderme istenmesi nedeniyle boya giderim uygulamalarında iyileştirmeler yapılmıştır.

Renk giderimi atık sudan renk kaybı sürecini ifade ederken, renksiz su hala organik maddeler açısından zengin olabilmektedir (Hao, Kim & Chiang, 2000).Büyük boya molekülleri, boya bozunma sürecinde kimyasal olarak daha küçük yapılara parçalanır.Bu süreçte karbondioksit, su ve mineral gibi yan ürünleri oluşmaktadır (Singh, Singh, & Singh, 2015).Araştırmacılar, tekstil atık suları için renk giderim

işleminde kullanılabilecek çeşitli bakteri suşları önermiştir (Togo, Mutambanengwe & Whiteley,2008). *Pseudomonas, Aeromonas*sp., *Bacillus, Shigella, Klebsiella* ve *Rhodococcus*, gibi birçok bakteri azo boyalarını verimli bir şekilde biyolojik olarak parçalama yeteneğine sahiptir (Chang vd., 2001).

Atık sudan yüksek boya konsantrasyonlarını alabilen boya adsorbanları olarak kullanılabilecek maya türlerinin olduğu ve renk giderme verimlerinin yüksek olduğu bildirilmiştir (Šafaříková, Ptáčková, Kibrikova & Šafařík, 2005).

Enzimler, karmaşık kirleticileri parçalayarak basit ürünlere dönüştürebildiklerigibi bunları atık sudan uzaklaştırmak için çökmelerini de sağlayabilmektedirler (Gholami-Borujeni vd., 2011). Bu özellikleri nedeni ile enzimler, biyoteknolojik uygulamalarda kullanılmaktadır (Katheresan, Kansedo & Lau, 2018). Lakkazlar ve azo redüktazlar, azo boya bozunması ve enzimatik renk giderme için iyi bir potansiyel göstermiştir.

Atık sudan boya giderimi için kullanılan kimyasal işlemler biyolojik ve fiziksel işlemlere kıyasla genellikle daha pahalıdır. Dezavantajlarından bazıları, çok miktarda ekipman ve kimyasal madde ihtiyaçları, yüksek elektrik enerjisi tüketimidir.TiO_2 ve ZnO gibi yarı iletken malzemeler, boya moleküllerinin bozulmasına yol açan delikler ve serbest radikaller oluşturmak için fotokatalizörler olarak kullanılabilir (Asghar, Raman & Daud, 2015).

Elektrokimyasal yöntem, içme suyu ve tekstil atıksularındaki organik, inorganik maddeler ve renk gibi safsızlıkları gidermek için başarıyla kullanılmaktadır (Martínez-Huitle, Rodrigo, Sires & Scialdone,2015). Elektrokimyasal yöntem, özellikle sentetik tekstil boyalarının atık sularından uzaklaştırılması için uygun bir alternatif işlemdir (Khan & Husain, 2005).

Atık sudan renk giderimi için sodyum hipoklorit (NaOCl) oksidan olarak kullanılır. İşlemde, 150 mg/L'de klor gazı veya sodyum hipoklorit kullanıldığında atık suyun rengi %77 oranında azaldığı tespit edilmiştir (Joshi, Bansal& Purwar, 2004).Hidrojen peroksit, boya içeren atık sudan kimyasal reaksiyonlarla rengin giderilmesinde kullanılan oksitleyici ajanlardan biridir. Peroksitin boyaları içeren su ile etkileşimi, boya moleküllerinde aromatik halkalarının bölünmesine neden olmaktadır.

Ozonlama, renk giderme işleminde diğer oksidanlara göre en güçlü olanıdır. Ayrıca reaksiyon sırasında herhangi bir zararlı ürün açığa çıkmamaktadır. Ozon boya molekülleri ile reaksiyona girmektedir. Ozonlama işleminin, atıksuda bulunan azoik, bazik ve kükürt boyarmaddelerin arıtımında başarılı olduğu ve dispers boyaların için uygun olmadığı tespit edilmiştir (Pizzolato, Carissimi, Machado& Schneider, 2002).

Kitosan, atık sudaki aktif maddeleri yeniden kullanım için topaklaştıran doğal bir polimerdir. Makro moleküler zincirdeki çok sayıda aktif hidroksil (-OH) ve amin ($-NH_2$) grupları nedeniyle, kitosan boya molekülleri için iyi bir adsorpsiyon kapasitesi sergiler ve bu nedenle kitosan bazlı malzemeler boyaların ve metallerinin uzaklaştırılmasında kullanılanbilmektedirler (Sharma, Shahnaz, Subbiah & Narayanasamy, 2020). Kitosan ve türevlerinin, aktif bölgeler olarak hareket edebilen amino ve hidroksil gruplarının varlığı nedeniyle ağır metal iyonları ve organikler üzerinde şelatlayıcı ve adsorbe edici etkiye sahiptir. Endüstriyel atık sulardaCd^{2+}, Hg^{2+}, Co^{2+}, Cu^{2+}, Pb^{2+} gibiağır metal iyonlarını adsorbe edebildiklerini çalışmalar göstermiştir (Kavitha vd., 2019).

2.6. Önceki Çalışmalar

Bu tez çalışma konusuna benzer bazı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların özetleri şöyledir:

Allegre vd. (2004); reaktif boyaların kullanıldığı pamuk boyama atık suyunun arıtılması için dört adımdan oluşan bir süreç geliştirmiştir: ön filtrasyon, nötralizasyon, nanofiltrasyon ve ters osmoz. Çalışmada doğrudan endüstriyel atık su kullanılmıştır. Tüm süreci optimize etmek için sürecin her adımı ayrı ayrı ve birlikte incelenmiştir. Sadece atık suyun yeniden kullanımını değil, aynı zamanda tuzların ve kimyasalların geri kazanımını da sağlayan endüstriyel bir süreç geliştirilmiştir. Geri kazanımın da başarılı sonuçlar elde edilmiştir(Allègre, Moulin, Maisseu & Charbit, 2004).

Biroğul (2012); Tez çalışmasında, tekstil atık sularının artılmasında koagülasyon-flokülasyon ve membran filtrasyon yöntemlerinin renk giderme ve KOİ

indirgenmesine etkisi araştırılmıştır. pH 6 ve 0,5 g/L $Al_2(SO_4)_3$ kullanılarak % 80 renk giderimi, ve KOİ indirgenmesi sağlanabildiği tespit edilmiştir (Biroğul, 2012).

Verma, Dash ve Bhunia (2012); çalışmalarında, denim tekstil atıksu kalitesini yeniden kullanım kriterlerine göre iyileştirmek için aktif çamur arıtma ile nanofiltrasyon yöntemlerini birleştirerek arıtma işlemi uygulamışlardır. Sonuçlar, biyolojik arıtma sonrasında nanofiltrasyon işlemiuygulanan denim atık sularının yeniden kullanımı için istenen kriterlerisağlanabildiğini göstermişlerdir (Verma, Dash & Bhunia, 2012).

Kumar ve Saravanan (2017); çalışmalarında; tekstil atıksu kavramlarının terminolojisini ve geleneksel arıtma yöntemleriniele almışlardır. Uygun arıtma yapılmadan doğrudan su sistemlerine deşarj edilen tekstil atıksularının, ekosistemler için en büyük tehlike kaynakları olduğunu bildirmişlerdir (Kumar & Saravanan, 2017).

Solak ve Öztürk (2018); çalışmalarında, denim kumaş üretimi ile oluşan atıksuların kimyasal (kimyasal koagülasyon (KK)-oksidasyon (Ox)) ve elektrokimyasal yöntemlerle (elektrokoagülasyon (EK)-elektrooksidasyon (Eox)) ile arıtılmalarını karşılaştırarak verim açıdan değerlendirmişlerdir. Kolloidalkirleticilern arıtımında koagülasyon, elektrokoagülasyon, çözünmüş ve kompleks organik kimyasalların arıtımında oksidasyon, elektrooksidasyon yöntemlerinin uygun olacağını bildirmişlerdir (Solak & Öztürk, 2018).

Shetti vd. (2019); elektrokimyasal bozunma yöntemini kullanarak azo boya gruubundan, Kongo kırmızısı (CR) giderimini araştırmışlardır.Yenilikçi bir yöntem olarak camsı karbon elektrot üzerinde üretilen grafen oksit nanoparçacıklarını kullanarak, 0,01 µM ila 0,2 µM CR konsantrasyonu aralığında doğrusal bir bozunma ilişkisi bulmuşlardır (Shetti vd.,2019).

Mohammed, Hamed, Alabdraba & Ali (2019); Blue 79 dispers boyarmaddesinin bir ozon-Fenton (O_3 /H_2O_2 /Fe^{2+}) kombine oksidasyon işlemi ile giderilmesini araştırmışlardır. 150 mg/L H_2O_2, 20 mg/L Fe^{2+} kullanarak 60dk.Süre ve 288 mg/L ozon akış hızıile %85 KOİ giderimi sağlandığını tespit etmişlerdir(Mohammed, Hamed, Alabdraba & Ali, 2019).

Deniz (2020); çalışmada; atık biyomateryallerden en yaygın deniz çayırı türü olan *Zostera marina* L. bitkisi kimyasal olarak modifiye edilmiş ve tekstil endüstrisi atıksularının arıtılması için ilk kez denenmiştir. Bazik kırmızı 46, renkli tekstil endüstrisi atıksuyunu simüle etmek için tipik bir model tekstil boyası olarak kullanılmıştır. Deniz çayırı bitkisinin arıtım performansı, izoterm, kinetik ve karakterizasyon çalışmaları ile araştırılarak, umut verici sonuçlar elde edilmiştir (Deniz, 2020).

Kalaycı, (2021) tez çalışmasında; tekstil işletmesinde boyama işlemi atık suyundan ısı geri kazanımını araştırmıştır. Atıksudan ısı geri kazanımı ile sağlanan enerji tasarrufu ve sistemin kurulum maliyetini hesaplamış, önerilerde bulunmuştur (Kalaycı, 2021).

Çelik (2021) çalışmasında; şeker pancarı posası vekitosandan elde edilen biyokompozit materyal yardıımı ile sulu çözeltilerden Asit Kırmızısı 1 ve Reaktif Kırmızısı 2 boyarmaddelerinin giderimini denemişlerdir. Sonuçlar, bu biyokompozit sorbanın oldukça yüksek renk giderim performasının olduğunu ve anyonik boyarmaddenin atık sudan uzaklaştırılması için kullanılabileceğini göstermiştir (Çelik, 2021).

Bu tez çalışmasında önceki çalışmalardan farklı olarak, denim kumaş üretimi yapan bir işletmeden alınan gerçek atık sunumulerininuluslararası standartlara uygun test ve analizlerle kirlilikyükleri arıtma öncesi ve sonrasında ölçülmüştür. Ölçülen parametre değerleri deşarj yönetmelikleri ile karşılaştırılarak, denim atık suyunun kirlilik kalitesi, belirlenmiştir. Uygulanan fiziksel, kimyasal/biyolojik arıtma işlemlerinin denim atıksuyunu arıtma verimlilikleri tespit edilmiştir. Laboratuar şartlarında hazırlanan, İndigoblue boyarmaddesi ile renklendirilmiş suyun renginin giderimi için kitosanın etkisi, absorbsiyon işlemi uygulanmış renkli çözeltilerin CIE L a, b renk uzayı yöntemine göre spektrofotometre ile ölçülen L değerleri ile belirlenmiştir.

BÖLÜM 3

DENİM KUMAŞ ÜRETİMİ

3.1. Denim Kumaş

Denim, dünyanın en eski kumaşlarından biridir, her alanda kullanım imkânlarıve modanınetkisiyle üretim miktarı gittikçe artmaktadır. Artan tüketici talepleri sonucunda daha fazla kimyasal kullanılarak farklı özellikte denim ürünler geliştirilmiştir. (Akçakoca, 1999).

Denim üretimi genel olarak; iplik üretimi, dokuma ve terbiye işlemlerinden oluşmaktadır. Denim ürünlerde yaygın olarak Ne5 ile Ne30 numara aralığında Ring pamuk iplikleri tercik edilmektedir. Esneklik performansına bağlı olarak atkı ipliğinde elastomerli ve Lycralı pamuk iplikleri de tercih edilmeye başlanmıştır. % 100 pamuk veya farklı oranda pamuk karışımlı elyaflar kullanılarak ring veya rotor (open end) iplik üretim teknikleri ile iplik üretilir. İpliklere daha sonra, çözgü hazırlama, çözgü boyama, haşıllama işlemleri sırası ile uygulanır. Halat sarma işleminde, iplikler çağlıklar yardımıyla 10.000-15.000 m.uzunluğunda sarılarak boyanmaya hazır hale getirilip indigo boyama işlemi uygulanmaktadır. Boyama sonrasında halat halindeki çözgü iplikleri halat açma makinesinde açılarak leventlere sarılıp, haşıllama işlemi ile dokumaya hazır hale getirilmektedir.

Hazırlanan çözgü iplikleri ile atkı iplikleri mekikli veya hava jetli makinelerde diğer kumaşlara benzer şekilde birleştirilerek dokunmaktadırlar. Denim kumaşlara daha sonra terbiye işlemleri uygulanmaktadır.

Haşıl sökme; dokuma işlemi sırasında yüksek hız ve sürtünmenin etkisiyle oluşabilecek iplik kopmalarını önlemek için verilen doğal veya sentetik haşıl maddelerinin kumaş üzerinden uzaklaştırılma işlemidir. Kullanılan haşıl maddesinin

yapısına uygun olan bir yıkama işlemi ile uzaklaştırılma yapılmaktadır. Nişasta bazlı haşıllar için özel kimyasallar kullanılarak yıkamaların yapılması gerekmektedir.

Boyama işlemi; tüketici taleplerine göre belirlenmektedir. Boyama işleminin çeşidine göre kullanılan kimyasal madde değişmektedir. Bu nedenle atık su içeriğide farklı olmaktadır.

Mavi denim/ indigo denim: Çözgü iplikleri indigo boyarmaddeler ile mavi renge boyanır, atkı iplikleri boyanmadan bırakılarak dokuma yapılır. Denim kumaşın bir yüzeyi mavi, bir yüzeyi doğal pamuk rengindedir (Gill & Gill 2020). İndigo boyarmaddesinin orjinali doğal bir boyarmadde olup, '*indigofera tinctoria'* bitkisinin yapraklarından veya çivit otundan üretilmektedir. Doğal indigo Afrika, Hindistan, Endonezya ve Çin'de bulunmuş ve tarih boyunca kullanılmıştır. Günümüzde sentetik olarak üretilmektedir. İndigo boyarmaddesi, çözünmeyen koyu mavi kristal bir tozdur. Sodyum hidrosülfit gibi indirgeyici maddeler onu suda çözünür hale getirir. Normalde indigo boyarmaddelerin pamuğa karşı bir afinitesi yoktur, ancak indirgenmiş bir durumda pamuk liflerindeki boşluğa girme eğilimindedirler. Elyafın içindeki boya molekülleri daha sonra havaya maruz kalır, bu da onu tekrar çözünmez hale getirir ve lif içinde kolayca hapsolur. Bu boyar maddeler ile mavi kot pantolonların ana rengi elde edilir.

Renkli Denim: Kükürt boyarmaddeler kullanılarak kırmızı, mor, gri, siyah, yeşil, pembe gibi değişik renklere boyanmış çözgü iplikleri ve boyanmamış atkı ipliklerinden dokunan kumaştır (Gill & Gill 2020).

Ekru Denim: Boyasız denim kumaştır. Çözgü ve atkı iplikleri boyanmadan kullanılır, doğal pamuk rengindedir.

Denim kumaşlarda kendine özgü renk ve aşınma görünümü, boyalı kumaşa uygulanan farklı yıkama işlemleri ile sağlanmaktadır. Uygulanan yıkama işlemleri, uygulanan teknoloji ve kullanılan kimyasalların özelliklerine göre değişmektedir.

Rinse yıkama: Bu yıkama işleminde, şişirici ve kayganlık artırıcı etki gösteren çeşitli yumuşatıcı kimyasal maddeler kullanılır. Bu kimyasallar sert özellikte olan denim kumaşa, yumuşaklık sağlarlar (Çetiner, 2006).

Enzim yıkama: Bu yıkama işleminde selülaz enzimi kullanılmaktadır. Selülaz enzimleri ile denim kumaşlara, eskimiş görünüm kazandırmak için renk sökümü yapılmaktadır.

Taş yıkama: Bu yıkama işleminde denim kumaş üzerinde eskimiş ve yıpranmış etkisi elde edilir. Bu yıkamada mekanik etki olarak makineler ve kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Kimyasal olarak enzim, ponza taşı kullanılmaktadır (Çetiner, 2006).

3.2. Denim Üretim Atık sularının Özellikleri

Denim kumaş üretimi, tekstil endüstrisinin en önemli alt sektörlerinden biridir. Boyama ve apre/yıkama işlemleri, bu sektördeki başlıca atık su kirliliği kaynaklarıdır. Ortaya çıkan atık su, büyük miktarlarda boyarmadde, alkali ve çeşitli kimyasallar içermektedir. Yılda üretilen kot ürün sayısı dikkate alındığında, bu endüstrinin çevreye verdiği olumsuz etki çok büyüktür. Denim (kot) üretim işletmelerinde, farklı işlemlerden gelen atık suların arıtımı ayrı ayrı yapılmaz. Bunun yerine, her türlü atık su bir yerde toplanarak, merkezi arıtma tesislerinde arıtılırlar. Bu durum, arıtma işlemini zorlaştırmaktadır (Lotito, Fratino, Bergna, & Di Iaconi, 2012).

Denim üretiminde, en yaygın kullanılan boyarmadde çeşitleri indigo, kükürt ve reaktif boyarmaddelerdir. Boyama işlemlerinde yüksek düzeyde alkali kimyasallar ile yıkama maddeleri kullanılmaktadır. Bu kimyasalların alıcı ortama gönderilmeden önce giderilmesi veya azaltılması gerekmektedir (Ibrahim, Moneim, Halim &Hosni,2008).Ayrıca kot üretimi, boyama ve terbiye atık suları, önemli miktarda askıda katı madde, dispersiyon ajanı, tuz ve eser miktarda metal içerir. Çizelge 3,1'de, denim boyamada kullanılan kimyasallar ve miktarları görülmektedir .

Çizelge 3.1. Denim boyamada kullanılan kimyasallar ve miktarları (Sahinkaya, Uzal, Yetis & Dilek, 2008).

Madde	% miktar
Boyarmadde	34
Sodyum hidrosülfit ($Na_2S_2O_4$)	31
Sodyum hidroksit (NaOH)	29
Stabilize edici ajan	1

Çizelge 3.2'de tipik denim tesisi atık sularının yanı sıra indigo ve kükürt boyama atık sularının kirlilik içerikleri verilmiştir.

Çizelge 3.2. Denim Boyama Prosesi Atık Sularının İçerikleri

Parametre	Denim fabrikası merkezi atık suları	Kükürt boyama atık suları	İndigo boyama atık suları
Kimyasal oksijen ihtiyacı (mg/L)	1500–3100	2500–3500	750–950
Toplam askıda katı maddeler (mg/L)	150–300	100–340	50–300
pH	9–13	10–11	10,5–11,5
İletkenlik (mS/cm)	6–12	-	-
Toplam fosfor (mg/L)	0–3	-	-
Toplam azot (mg/L)	17–23	-	-

Denim üretiminde oluşan kirli atık su, yüksek miktarda askıda katı madde ve yüksek kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) nedeniyle ciddi çevre sorunlarına neden olabilmektedir. Ayrıca kot üretimine artan talep nedeniyle boya tüketimi her yıl giderek artmaktadır (Boussu vd., 2006). Bu artış, çevre kirliliği için önemlidir.Arıtılmamış atık suların yeraltı suyunun kalitesi üzerinde ciddi zararlı etkileri vardır. Nehirlere direkt deşarj edilen yüksek sıcaklıktaki atık sular, temiz su kaynaklarının sıcaklığını artırabilir ve bu da ortamdaki flora ve fauna için risk oluşturmaktadır (Joshi &Santani, 2012). Büyük miktardaki arıtılmamış tekstil atıksuları, ekosistemlerinde hızlı değişikliklere yol açarak iklim değişikliğine de neden olabilirler (Franke & Mathews, 2013; Nevill vd., 2010 ; Vivekanandan, Hermes, & O'Brien, 2016).

3.3. Denim Atıksularının Arıtılma Prosesleri

Denim Atıksularının yüksek miktarda askıda katı madde içeriğini ve yüksek kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) nı azaltabilmek için çeşitli yöntemler uygulanmaktadır.

Mevcut seçenekler arasında tek veya kombinasyon arıtma yöntemleri vardır. Her birinin belirli avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır.

Tekstil işletmelerinde, merkezi bir yerde toplanan çıkış suyuna (ham atıksu) , önce fiziksel veya mekanik işlemi içeren bir ön arıtma yapılmalıdır. Ön arıtmada amaç, sonraki arıtmalar için kolaylık teşkil edebilecek süspansiyon veya flotasyonlardaki katı elementleri atık sudan çıkarmak ve uzaklaştırmaktır. Bu adımda, atıksular, kâğıt, plastik, lif parçaları gibi katı atık partiküllerin ayrışması için metal ızgaralardan geçirilmektedir. Ön arıtma atık suyun doğal bir alıcı ortama serbest bırakılması için gerekli olan deşarj kriterlerini karşılamaya yeterli olmamaktadır. Ancak, bu işlem, askıda katı maddelerin yarısından fazlasını giderir ve kimyasal/biyolojik arıtma işlemlerini kolaylaştırmaktadır. Bu işlemde, farklı fiziksel veya kimyasal teknikler kullanılabilmektedir. Ön arıtma ile askıdaki inorganik ve organik maddelerin yaklaşık %90'nı giderilebilmektedir(Khan, Lee, Nisar, Yeap & Malik, 2015).

Ön arıtma sonrasında, atık su ikinci aşamaya akar, buradada birincil işlemden arta kalan askıda katı maddeler ayrıştırılmaktadır. İkincil bir aşamayı genel olarak biyolojik süreç temsil etmektedir. Bu aşamada biyolojik olarak parçalanabilen kirleticilerin çoğu ayrıştırılmaktadır.Atık su, havalandırma cihazlarıyla donatılmış belirli bir havzadan geçirilirken üflenen hava, mikro organizmalarınbüyümelerini , organik ve inorganik kirleticileri tüketmelerini sağlar.Atıksuyu daha fazla saflaştırmak ve tüm askıda katı maddeleri ve mikro organizmaları uzaklaştırmak için ek arıtmalar yapılmaktadır (Chiavone Filho, Albuquerque, Salgueiro, & Melo, 2013; Nawaz & Ahsan, 2014; Paschoal & Tremiliosi-Filho, 2005).

Sanayi atıksuların kirlertici parametrelerinin giderilmesinde kullanılan temel arıtım yöntemleri Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge3.3. Temel Arıtma Yöntemleri (Martinez, Fernandez, Segura & Ferrer,2003).

Fiziksel Yöntemler	**Kimyasal yöntemler**	**Biyolojik yöntemler**
Izgaralar Öğütücüler Dengeleme Karıştırma Yumaklaştırma Çökeltme Yüzdürme Mikroelekler Gaz aktarımı Uçurma ve gaz ile sıyırma	Kimyasal çöktürme Adsorpsiyon (soğurma) Dezenfeksiyon Klor ile giderme Klor ile dezenfeksiyon Klordioksitle dezenfeksiyon Brom klorür ile dezenfeksiyon Ozon ile dezenfeksiyon	**Havalandırmalı Süreçler** •Askıda büyüyen süreçler • Yüzeyde büyüyen süreçler • Birleşik-askıda ve yüzeyde büyüyen süreçler **Oksijensiz Süreçler** •Askıda büyüyen süreçler •Yüzeyde büyüyen süreçler **Havasız Süreçler** •Askıda büyüyen süreçler •Yüzeyde büyüyen süreçler **Birleşik Havalandırmalı-Oksijensiz ve Havasız Süreçler** •Askıda büyüyen süreçler •Birleşik askıda ve yüzeyde büyüyen süreçler **Stabilizasyon (Yükseltgeme) Havuzları**

BÖLÜM 4

ATIKSU KALİTE STANDARTLARI

4.1. Türkiye Su Deşarj Standartları

Endüstriyel kaynaklardan gelen atık su deşarjları, alıcı suların kalitesini etkileyebilecek veya bu deşarjları alan yerel yönetimlere ait arıtma işlerine müdahale edebilecek miktarlarda kirleticiler içermektedir. Bu nedenle atık suların herhangi bir ortama deşarj edilebilmesi için belirli kriterleri sağlamış olması gerekmektedir. Atık su kalite standartları ile deşarjı oluşturan işletme ve faaliyet türüne bağlı olarak belirli sınırlamalarla deşarj limitleri ve koşulları belirlenmektedir. Atık su deşarj standartlarının uluslararası, ulusal, bölgesel gibi çeşitleri vardır.

Deşarj standartları, atık su kalitesi ve alıcı ortam su kalitesini koruyabilmek için planlanmış atık su denetim yöntemidir. Su kalitesininstandartlarını, parametrelerini, belirleyen, sivil (Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı (TEMA) v.b.) ve kamu (Çevre ve Orman Bakanlığı, belediyeler) kuruluşları vardır.

2004 yılında yürürlüğe giren SKKY'de (Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği), alıcı ortam; atıksuların direkt olarak akıtıldığı veya dolaylı olarak katıldığı göl, akarsu, kıyı ve deniz suları ile yeraltı suları gibi yakın veya uzak çevre olarak tanımlanmaktadır. Arıtılmamış tekstil vb.endüstri atık suları, içerdikleri hammade ve kimyasal kirleticiler nedeni ile alıcı ortamdaki ekolojikdengeyi bozarak çevresel tehlikelere neden olabilecekleri için direkt olarak alıcı ortamlara akıtılamazlar. Bu nedenle endüstriyel atık sularına, içeriklerine uygun yöntemlerle arıtma işlemi uygulanarak, Çevre ve Orman Bakanlığı'nın yayınlamış olduğu Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği'nde

belirtilen kirletici parametrelerin miktarları, yönetmelikte izin verilen değerlere düşürülmektedir.

Su kalitesi değerlendirmesindekimyasal, fiziksel ve biyolojik olarak üç tür parametre kullanılmaktadır. Kimyasal parametreler; çözünmüş veya askıya alınmış birçok element ve molekülün kimyasal özelliklerinin değeridir. Atık suyun sertlik, pH, alkalinite, BOİ, Nitrat, Fosfatdeğerlerikimyasal parametrelerdendir. Biyolojik parametreler, mevcut organizmaların sayısı ve türlerini ifade eder. Sıcaklık, koku, renk ve bulanıklılık da fiziksel parametreler olarak belirlenmiştir. Bu parametrelerin insan sağlığıve tarım üzerindeki etkileri önemlidir(Verma, Chaudhary, Gurbaxani, Thakkar & Shah, 2019). SKKY'de su ve çevresi için önemli risk teşkil eden, zehirlilik, kalıcılık ve biyolojik birikme özelliğinde olan maddeler tehlikeli maddeler olarak tanımlanmıştır.

Tekstil üretimi atık suları için 7 alt sınıf oluşturulmuştur. Alt sınıflarda üretim işlemlerine bağlı olarak atık su deşarj limitlerinde farklılıklar bulunmaktadır. Tekstil sektörü deşarj standartları, su kirliliği kontrol yönetmeliğinde Tablo 10'da verilmiştir.(Tablolar; 10.1: Tekstil Sanayii (Açık Elyaf, İplikÜretimi ve Terbiye), 10.2: Tekstil Sanayii (Dokunmuş Kumaş Terbiyesi ve Benzerleri),10.3: Tekstil Sanayii (Pamuklu Tekstil ve Benzerleri),10.4: Tekstil Sanayii (Yün Yıkama, Terbiye, Dokuma ve Benzerleri,10.5: Tekstil Sanayii (Örgü Kumaş Terbiyesi ve Benzerleri),10.6: Tekstil Sanayii (Halı Terbiyesi ve Benzerleri),10.7: Tekstil Sanayii (Sentetik Tekstil Terbiyesi ve Benzerleri) (SKKY, 2004).

İSKİ atıksuların atıksu alt yapı tesislerine deşarj yönetmeliğinde, Atıksu arıtma bedeli tahakkukuna esas tekstil üretimine ait kirlilik parametreleri pH, KOI, AKM, yağ-gres olarak belirtilmiştir(Atıksuların Deşarj Yönetmeliği-İSKİ, 2019).

SSKY'de atıksu altyapı tesisleri, evsel veya endüstriyel atıksuları toplayan kanalizasyon sistemi ile atıksuların arıtıldığı ve arıtılmış atıksuların nihai bertarafının sağlandığı sistem ve tesislerin tamamını ifade etmektedir (SKKY, 2004). Alıcı ortama deşarj standartlarını sağlayamayan veya işletme yakınında, deşarj yapacak alıcı ortam bulunmayan işletmeler atık sularını altyapı tesislerine göndermektedirler. Bu durumda atık su içerisindeki kirletici parametrelerin miktarları atıksu altyapı tesisleri için öngörülen deşarj standartlarına düşürülmektedir.

4.2. Bazı Ülkelerin Atık Su Yönergeleri

Avrupa Parlamentosu ve Konseyi'nin endüstriyel atık sulara ilişkin 2010/75/EU sayılıEndüstriyel Emisyonlar Direktifi (IED**),** Avrupa Birliği'nin (AB) endüstriyel tesislerden kaynaklanan kirletici emisyonlarını düzenleyen kuralları belirtmektedir.

IED, 24 Kasım 2010'da kabul edilmiştir ve daha önce mevcut olan 7 direktifi yeniden şekillendiren bir düzenlemedir. 6 Ocak 2011'de yürürlüğe girmiştir ve üye devletler tarafından 7 Ocak 2013'e kadar iç hukuka aktarılması zorunlu tutulmuştur. AB'nin budirektifi, hava, su ve toprak kirliliğini kontrol etmek için entegre bir yaklaşımı kabuletmektedir. Direktif kirletici emisyonlarıazaltan, enerji ve kaynak açısından verimli tekniklerin kullanımını teşvik ederken, zararlı endüstriyel emisyonları önlemeyi ve azaltmayı amaçlamaktadır (Garbarino, Orveillon, & Saveyn, 2020).

AB çevre politikaları ve mevzuatı, doğal yaşam alanlarını korumak, havayı ve suyu temiz tutmak, atıkların uygun şekilde bertaraf edilmesini sağlamak, toksik kimyasallar hakkındaki bilgileri geliştirmek ve işletmelerin sürdürülebilir bir ekonomiye doğru ilerlemesine yardımcı olmak amacı ile hazırlanmıştır. Avrupa çevre politikası önleme, kirliliği kaynağında giderme ilkelerine ve 'kirleten öder' ilkesine dayanmaktadır (Sarr, Hayes & DeCaro, 2021).

Büyük ölçekli endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan kirliliği önlemek ve kontrol etmek için Avrupadüzeyinde özel yasalar mevcuttur. AB'deki 50.000'den fazla endüstriyel tesis, tek bir Avrupa yasası olan Endüstriyel Emisyonlar Direktifinde belirlenen kurallara tabidir.Bu standartlar 'Mevcut En İyi Teknikler' (veya BAT) olarak bilinir.Toplulukta yer alanülkelerin, Ulusal karar makamları, çevre üzerinde yıkıcı ve trajik bir etkiye sahip olabilecek kimyasalları içeren üretim süreçlerini uygun ve etkili bir şekilde düzenlenlemekle yükümlüdürler.

Avrupa Çevre Bürosu (EEB), Avrupa'daki en büyük çevreci sivil topluluktur. EEB'nin sanayi çalışma grubu, endüstriyel kirlilikle ilgili sorunları ve bunların nasıl ele alınacağını tartışmak için Avrupa'nın dört bir yanından uzmanları bir araya getirerek periyodik olarak toplanır.Çevre kazalarının meydana gelme riskini azaltmak için endişe verici maddelerin kaynağında giderilmesini talep etmektedir.

Avrupa Birliğindeki, Kentsel Atıksu Arıtma Direktifi 91/271/EEC (Bayram, Altıkat & Torun, 2011). Endüstriyel atık suların bir merkeze gönderilmesi için ön arıtma yönergelerini belirtir. Bu direktif özellikle endüstriyel atık suların suya deşarjı için geçerli olmasa da AB tarafından izin verilen su kütlesi deşarj parametrelerinin sınırları hakkında bilgi sağlar.

IFC-EHS Yönergelerindebelirtilen tekstil üretimi deşaj parametreleri ve sınır değerleri Çizelge 4,1'de verilmiştir.

Tekstil üretiminin fazla olduğu Bangladeş'de 'Çevre Koruma Yasası (ECA, 1995)' ve 'Çevre Koruma Kuralları (ECR 1997)' kapsamında, tekstil boyama endüstrileri atık su kalitesini ulusal deşarj kalite standardına uygun olarak işlemesi ve izlemesi gereken standartlar bildirilmektedir (Sharif & Hannan, 1999; Huq, 2003). Bangladeş endüstriyel kirliliği kontrol etmek için çevresel yönetmelikler olmasına rağmen, etkili yaptırımların olmamasının çevre kalitesi için risk oluşturduğu düşünülmektedir (Haque, 2017).

Çizelge 4.1.Tekstil Sektörü İçin IFC-EHS Yönergelerinde Belirtilen Deşarj Kriterleri (Textile Industry Wastewater Discharge Quality Standards, 2015**)**

Parametre	Sınır değeri(mg/l)
PH	6-9
$BOİ_5$	30
KOİ	160 mg/l
AOX	1
Askıda katı Madde	50
Yağ ve gres	10
Pestisit	Toplam pestisitler için 0,05 mg/l (organofosforlu pestisitler hariç organofosforlu pestisitler için 0.10
Kadmiyum	0,02
ToplamKrom,	0,5
Krom vı	0,1
Bakır	0,5
Kobalt	0,5
Nikel	0,5
Çinko	2
Fenol	0,5
Sülfür	1
Toplam fosfor	2
Amonyum- azot	10
Toplam azot	10
Renk	7 m-1 (436 nm, sarı), 5 m-1 (525 nm, kırmızı), 3 m-1 (620 nm, mavi)
Balık yumurtaları için toksisite	2
Sıcaklık artışı	<3 °C

4.3. Bazı Ülkelerde Kullanılan Renk Parametresi ve Standartları

Son dönemlerdeki çevresel duyarlılığın artması ile SKKY mevzuatına, tekstil, kozmetik gibi renkli atık suya sahip endüstriler için kirletici parametrelere renk parametreside ilave edilmiştir.

Atık suda iki çeşit renk kavramı vardır. Biri atık suya bulanıklılık veren partiküllerin santrüfüj veya filtrasyon ile giderilmesinden sonra ölçülen gerçekrenk,diğeri bulanıklılık veren maddeleriuzaklaştırmadan doğrudan ölçülen görünen renktir (APHA, 2005).

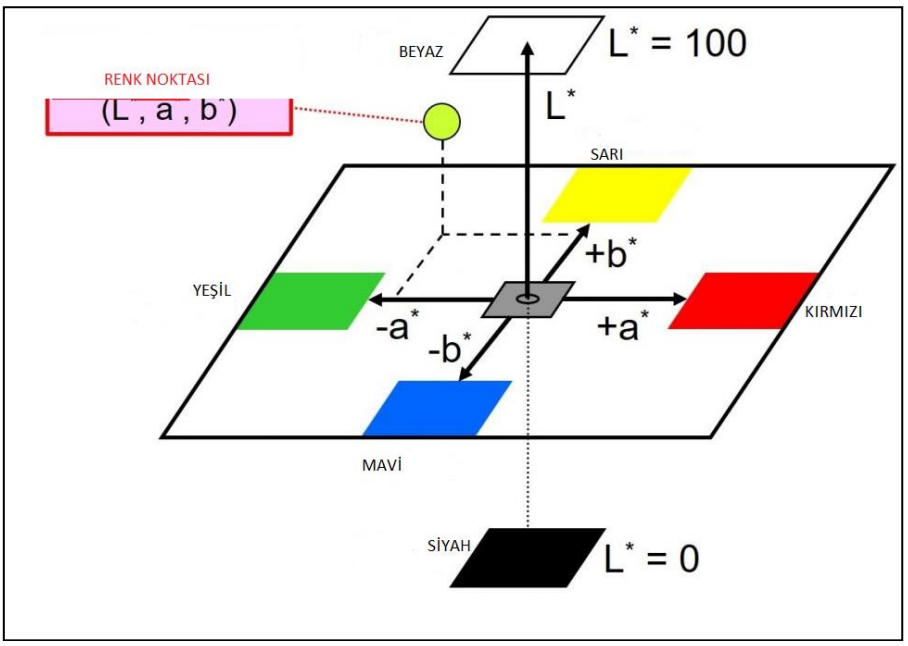
Atık sularda her iki renginde ölçülmesi gereklidir. Renk ölçümünde; standart çözeltilerle görsel karşılaştırma veya spektrofotometre, kalorimetre gibi aletlerle ölçme yöntemleri kullanılmaktadır.

Platin-kobalt renk ölçme metodu da görsel karşılaştırma yöntemlerindendir. Bu yöntemde, renk içeren su numunelerinin renginin belirlenmesi içinkimyacı Allen Hazen tarafından geliştirilen renkli standart çözeltilerlegörsel olarak karşılaştırma yapılmaktadır. Renk ölçümü için, 500 mg/L platin içeren potasyum kloroplatinat (K_2PtCl_6)'dan stok çözelti hazırlanır ve ton elde etmek için kobalt klorür eklenir. Stok çözeltinin rengi 500 birimdir. Çalışma standartları bu çözelti seyreltilerek hazırlanır. Hazırlanan standart çözeltiler,"Nessler Tüpleri" olark adlandırılan camdan yapılmış tüplere aktarılmaktadır. Bu cam tüpler görsel karşılaştırmada kullanılmaktadır (Partal, 2014). Platin-kobalt standart yöntemin daha çok içme sularında renk ölçümünde kullanımı önerilmektedir. Özellikle tekstil atık suları gibi çok renkli atık sularda cihazlarla ölçüm daha güvenilir sonuçlar vermektedir.

Renk ile ilgili standart değerlerde uluslararası geçerliliği olan sınır mevcut değildir. Ülkelere göre kabul değeri farklılk göstermektedir. Tayvan'da Atıksu deşarj Standartlarında (Taiwan Effluent Standards, 2003) tekstil atık sularında renk için deşarj sınırı 550 Pt-Co olarak belirlenmiştir (Textile Industry Wastewater Discharge Quality Standards ,2015). Hindistan'da atıksu mevzuatlarında renk parametresi deşarj standartı 440 Pt-Co olarak belirtilmiştir(Textile Industry Wastewater Discharge Quality Standards ,2015). Ülkemizde Renk parametresi kirlilik parametresi olarak 2011 yılında kabul edilmiş ve SKKY'de renk parametresi sınır değerleri, 280-260 Pt-

Co'belirlenmiştir. Sri Lanka ve Almanya tekstil sularının alıcı ortama deşarjında renk parametresinde Avrupa Normlarında Pt-Co standardı değil RESölçüm değerlerini kabul etmektedir(Textile Industry Wastewater Discharge Quality Standards ,2015).

İnsan gözü renkleri sayısal olarak tanımlayamamaktır. Renkleri sayısal olarak tanımlamak amacı ile renk ölçüm sistemleri geliştirilmiştir .Bunlardan birisi de,Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) tarafından geliştirilen, CIE L*a* b* renk uzayı kullanılarak rengin sayısal ifadesidir. CIELa b 3 boyutlu renk uzayı, birbirine dik olan üç eksenden oluşturulmuştur. L* ekseni açıklığı verir: beyaz bir nesnenin L* değeri 100'dür ve siyah bir nesnenin L* değeri o'dır. Gerçek renkler, yatay düzlemde iki eksen kullanılarak tanımlanır. a* ekseni yeşil-kırmızı eksenidir ve b* ekseni maviden (-b*) sarıya (+b*) geçer. Her renk, renk uzayında bir renk noktası (L*, a*, b*) ile temsil edilir; L*, a* ve b*, renk noktasının renk koordinatlarıdır. Şekil 4.1de CIE L* a *b *renk uzayı gösterilmiştir.



Şekil 4.1.CIE L* a *b *renk uzayı (Özcan, 2008)

BÖLÜM 5

DENEYSEL ÇALIŞMA

5.1. Materyal

Denim Üretimi Atık Su Numuneleri: Deneysel çalışmalarda kullanılan atık sular, İstanbul'un Avrupa yakasında bulunandenim kumaş üreten tekstil fabrikasından alınmıştır.İşletmede denim kumaş üretim işlemi, müşteri tarafından belirtilen talepleri karşılayacak şekilde uygulanmaktadır. Üretim aşamaları; iplik boyama, dokuma, kumaş boyama ve yıkama olup, üretimde; pamuk ve polyester iplikleriçin, kükürt İndigove reaktif boyalar, nişasta, kostik, hidrosülfit kullanılmaktadır. Dönemsel ve günlük debi değişimlerinde önemli bir fark olmadığı söylenmiştir. Fabrikadan çıkan atık sular tek bir kanal ile toplanarak, fiziksel ön arıtma ile biyolojik/kimyasal arıtma işlemleri uygulanmaktadır. Fabrikadan ayda bir defa olacak şekilde üç aylık bir sürede, Eylül-Ekim-Kasım / 2021 aylarında atık su numuneleri alınmıştır. Bu şekilde farklı boyama ve yıkama işlemlerinden gelenatık su numunelerinintoplanması sağlanmıştır.

Kitosan: Deneysel araştırmanın ikinci aşamasında, biyo malzeme olan kitosanın Indigo Blue boyarmaddesi ile renklendirilmiş sularda renk azaltma etkisi araştırılmıştır. Bunun için farklı özelliklere sahip ticari iki çeşit kitosan kullanılmıştır.

Kitosan A: Deasitilasyon derecesi %85.Karides atıklarından üretilmiş.

Kitosan B: Sigma ürünü. Deasitilasyon derecesi %75. Deniz canlıları atıklarından üretilmiş.

İndigo Blue: Görünüm: koyu mavi toz, konsantrasyon,%100 lük. Denim boyama ve baskı işlemlerinde kullanılan sentetik boyarmaddedir.

Çeşitli Cam Laboratuar Malzemeleri: Beher, erlen, cam huni, baget gibi cam eşyalar deneylerde kullanılmıştır.

Süzgeçkâğıdı: Deneylerde kullanılmıştır.

Isıtıcılı manyetik karıştırıcı: Deneylerde ısıtma ve karıştırma işlemlerinde kullanılmıştır. Sıcaklık ve karıştırma hızı ayarlanabilmektedir. SCILOGEX Marka MS-H-Pro model.

5.2. Metod

Denim üretimi atık su numunelerinde kirlilik yüklerinin belirlenmesi için; pH, BOİ, KOİ, AKM, TOC, serbest aktif klor, toplamklor, toplam alkalinite, toplam katı madde, toplam fosfor, toplam azot, yağ-gres, Cr, Fe, Cu, Ni, As, Zn, Cd, Co, Pb ve iletkenlik değerleri parametre olarak seçilmiştir. Bu parametrelerinin arıtma giriş ve çıkışından alınan atık su numuneleri içerisindeki miktarları standartlara uygun test ve analizler yapılarak belirlenmiştir. Önceki çalışmalarda da tekstil atıksularında temel kirlilik yükü belirleme parametreleri KOİ, BOD_5, pH, katı yağlar, sıvı yağ, azot, fosfor, sülfat ve askıda katı maddeler olarak belirtilmiştir (Tüfekçi vd., 1998).Atık su numuneleri denim kumaş üretimi yapan işletmeden farklı zamanlarda alınmıştır. Alınan atık su numunelerinin, kirlilik derecesi belirlenen parametrelerin standartlara uygun olarak yapılan analizlerle ölçümü ile belirlenmiştir. Ölçülen su kirlilik parametre değerleri, Atıksuların Kanalizasyona Deşarj Yönetmeliği (İSKİ Genel Müdürlüğü), SKKY'de belirtilen tekstil endüstrisi deşarj standartları ve kıta içi su kaynaklarının sınıflarılması mevzuatlarında belirtilen sınır değerleri ile karşılaştırılarak kirlilik derecesi belirlenmiştir. Ayrıca farklı ülkelerin atık su mevzuatlarındaki sınır değerleriyle de karşılaştırılarak yorumlanmıştır.Atıksu kirlilik parametrelerinin SKKY'ya göre değerlendirilmeside tekstil endüstrisi deşarj standartlarında dokunmuş kumaş terbiyesi altkatogorisi kirlilik parametreleri ve sınır değerleri kullanılmıştır. Elde edilen bulgular ile denim atık su numunelerinin kirlilik yükü ve arıtılma verimlilikleri tespit edilmiştir.

Numuneler alındığı anda işletme dışında analiz edildiği için analiz sonuçları 2 saatlik kompozit numune limitleri ile değil 24 saatlik kompozit numune limitleri ile karşılaştırılmıştır.

Atıklardan elde edilen ve bio bozunur malzeme olan kitosanın İndigo boyarmaddesi içeren sularda renk giderimi için kullanılabilirliği deneysel bir çalışma ile ortaya konmuştur. İki çeşit ticari kitosan kullanılarak absorpsiyondeneyleriyapılmış, renk ölçüm sonuçları yorumlanarak kitosanın atık sularda renk giderme performansı belirlenmiştir.

Genellikle,atık su renk ölçüm metodu olarak kullanılanPlatin Kobalt (Pt-Co) Metodundan farklı olarak spektrofotometrik ölçüm ile CIE L*a*b* renk okuma yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin renk giderim değerlendirilmesi açısından uygunluğu araştırılmıştır.

Atık Su Numunelerinin Alınması: Atık su numunelerinin alınması TS ISO 5667-10 Su kalitesi – Numune alma – Bölüm 10: numune alma ve analiz metodları tebliğine göre yapılmıştır. Atık su numuneleri arıtma tesisene ilk giriş noktasından ve arıtma çıkışındaki otomatik numune alma ağzından 250 ml hacimli plastik şişeye alınmıştır. Numuneler aynı gün analizi yapacak laboratuara teslim edilerek 1 gün sonra analizlere başlanmıştır. Numuneler hızlı bozulmayı önlemek için herhangi bir kimyasal ilavesi yapılmadan analizlerin yapılma aşamasına kadarbuzdolabında +4 ^{o}C'de saklanmıştır (TS ISO 5667-10 Su kalitesi – Numune alma – Bölüm 10).

Atık su numunelerinin toplanması TS EN ISO 5667-3 standardardına uygun olarak; numune kaplarındayapılmıştır. Numune kabı 2–3 defa atık su ile çalkalanmış, numune alındıktan sonra şişelerinin ağzı kapak ile suyun üst yüzeyi arasında hava kalmayacak şekilde kapatılmıştır. Endüstriyel atık sular zaman içerisinde bileşim yönünden değişiklikler gösterebildiği için numune alınırken, atık sulardan birkaç numune alınarak, analiz yapılmadan hemen önce karıştırılıpkompozithazırlanmıştır. Analizler hazırlanan kompozit numuneden yapılmıştır(SKKY, 2004).

pH ölçümü: Atıksuların pH ölçümleri Mettler Toledo pH metter SG2 pH metre ile yapılmıştır.

Toplam Fosfor Tayini-Spektrofotometrik Yöntem: Toplam fosfor tayini SM4500-PD standartlarına göre yapılmıştır. SM 4500-PD: Kalay klorür yöntemi, 0,01 ila 6 mg P/L aralığı için daha uygundur (Su ve Atıksu Muayenesi İçin Standart Yöntemler: 4500-P Fosfor, 2018).

Toplam Katı Madde Tayini: Atık su örneklerinde toplam katı madde tayini analizi SM 2540 B yöntemine göre belirlenmiştir(Su ve Atıksu Muayenesi İçin Standart Yöntemler: 540 B Katı, 2018).

Analizde;iyi karıştırılmış atık su numunesi fırında 103^{o}C-105^{o}C' de sabit ağırlığa gelene kadar ağırlığı bilinen kroze de buharlaştırılarak kurutulmuştur. Boş kroze ağırlığı ile toplam ağırlık arasındaki fark toplam katı madde miktarı olarak belirlenmiştir (Su ve Atıksu Muayenesi İçin Standart Yöntemler: 2540 Katı, 2018).

Toplam Organik Karbon Tayini: Atık su örneklerinde toplam katı madde tayini analizi SM 5310 B yöntemine uygun olarak belirlenmiştir. SM 5310 B: Yükseksıcaklıkta yakma yöntemiolarak adlandırılmaktadır(Su ve Atıksu Muayenesi İçin Standart Yöntemler: 5310 B-Organik Karbon, 2018).

Analizde, atık su numunesi saf oksijen gazı 900-1000°C de ile oksitlenir. Yanma işleminde katalizör olarak Kobalt kullanılmaktadır. Yanma sonunda oluşan su buharı yoğunlaşarak ayrılır. CO_2 gazının infrared analizörde miktarı ölçülür. CO_2 miktarı ile atıksudaki karbon miktarı tayin edilmektedir.

Askıda Katı Madde (AKM) Tayini: Gravimetrik Standard Metodagöre yapılmıştır.(2540 D: 103–105 °C'de Kurutulmuş Toplam Askıda Katı Madde) (Su ve Atıksu Muayenesi İçin Standart Yöntemler: 2540-D- AKM, 2020).

Bu analizde, iyi karıştırılmış atık su numunesi, tartılmış standart bir cam elyaf filtreden süzülüp, filtre üzerinde kalan kalıntı, 103 – 105 °C'de sabit bir ağırlığa kadar kurutulmuştur. Filtrenin ağırlığındaki artış toplam askıda katı maddeyi göstermektedir(Su ve Atıksu Muayenesi İçin Standart Yöntemler: 2540-D- AKM, 2020).

Toplam Azot Tayini: Bu çalışmada tekstil atık suları için kullanılan SM 4500-NO2 – B,TS 6231 standart metoda uygun olarak toplam azot tayini yapılmıştır.

Bu analiz ile atık su numunelerinde toplam Azot miktarının belirlenmesi amaçlanmaktadır. Atık suda nitrat ve nitrat azotu miktarının belirlenmesi, çeşitli bileşenlerinde bulunması nedeniyle karmaşık işlemler gerektirmektedir. Bu nedenle testlerin uygulanışı kolay değildir. Uygulanacak standart test yöntemi atık suyun içerdiği nitrat konsantrasyonuna uygun olarak seçilmelidir (TS 6231-Standart Detayı, 2021).

Biyolojik Oksijen İhtiyacı Tayini (BOİ) (5-gün BOİ Testi): Atık su numunelerinde toplam katı madde tayini analizi SM 5210 B yöntemine göre belirlenmiştir.

Analizde, atık suyun kendiliğinden temizlenmesinde 20 °C de 5 gün içinde tüketilen oksijen miktarını belirlenmektedir. Analizde, bir miktar atık su, bakteri içeren bir miktar çamur ile karıştırılarak üstte hava boşluğu kalacak şekilde bir BOİ ölçüm şişesine konularak, şişenin ağzı sıkıca kapatılıp, manometreye bağlanmış, bu şekilde 20 °C de beş gün bekletilip. Manometre yardımı ile azalan hava basıncı ve buna bağlı olarak tüketilen oksijen miktarı belirlenmiştir(Su ve Atıksu Muayenesi İçin Standart Yöntemler: 521- Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOD), 2019).

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ): Atık su örneklerinde kimyasal oksijen ihtiyacı SM 5220 B yöntemine göre belirlenmiştir. Bu analizin amacı atık sularda KOİ miktarının titri metrik olarak tespit edilmesidir. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), kontrollü koşullar altında numune ile reaksiyona giren belirli bir oksidan miktarı olarak tanımlanır. Tez çalışmasında analiz 5220B metodu göre yapılarak oksidan olarak dikromat iyonu ($Cr_2O_7^{2-}$) kullanılmıştır. Bir miktar atık su örneğinde bulunan organik madde $K_2Cr_2O_7$ ile okside edilerek suda mevcut tüm organik maddelerin ölçüme katılması sağlanmıştır (Su ve Atıksu Muayenesi İçin Standart Yöntemler: 5220 B Kimyasal oksijen İhtiyacı Tayini,2022).

Toplam Klor, Serbest Klor, Aktif Klor Tayini: Analiz 4500-Cl G–spektrofotometrik metoduna göre yapılmıştır.Önemli miktarda organik madde içeren veçok sayıda numuneyi analiz etmek için uygun bir yöntemdir. Analizde kolorimetrik bir prosedüruygulanmaktadır (Su ve Atıksu Muayenesi İçin Standart Yöntemler: 4500-Cl G, 2022).

Alkalinite Tayini, OH Alkalinite Tayini: Atık su numunelerinde alkalinite miktarının titrimetrik olarak tespit edilmesini amaçlamaktadır. Analiz SM2320 B standardına uygun olarak yapılmıştır.Atık su numunesi, karma indikatörkullanılarak 0.02 N Sülfirik Asit (H_2SO_4) ile titre edilerek alkanite değeri bulunmuştur. Karma indikatörolarak metilkırmızısıve brom krezol yeşilkarışımı kullanılmıştır (Alkalite analiz yöntemi, 2013).

Yağ ve Gres Tayini: Çalışmada atık su numulerinin yağ ve gres içeriğinin belirlenmesi SM 5520 B standart yöntemine uygun olarak yapılmıştır. Bu yöntemde sıvı numuneler için dört temel yöntem sunulmaktadır. Numunelerin analizinde bu dört yöntemden sıvı/sıvı bölme-gravimetrik yöntem (5520B) yöntemi uygulanmıştır. Organik çözücüler sadece yağ ve gresi değil, diğer organik maddeleri de çözme yeteneğine sahiptir. Sadece yağ ve gressi çözebilen olarak bilinen bir çözücü yoktur. Bu nedenle yağ ve gresstayininde, belirli bir maddenin miktarı ölçülmez. Bunun yerine, çıkarılan ve geri kazanılan herhangi bir filtre edilebilir solventte çözünür madde yağ ve gres olarak tanımlanmaktadır(Su ve Atıksu Muayenesi İçin Standart yöntemler: 5520B yağ ve gres, 2021).

İletkenlik Ölçüm Metodu: Bu ölçümde amaç, atık su numunelerinin elektrik iletkenliğini ölçerek kirlilik yükünü belirlemektir. Atık su numunelerinde iletkenlik ölçümü IC iyon kromatoğrafisi cihazı ile yapılmıştır. Metrohm IC-881 Compact Pro marka-model ölçüm cihazı kullanılmıştır(TÜTAGEM, 2022).

Ağır Metal Tayini Metodu: Endüktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometrisi (ICP-MS) kullanılmıştır. Bu analiz ile Krom (Cr), Demir (Fe), Kobalt (Co), Nikel (Ni), Bakır (Cu), Çinko (Zn), Arsenik (As), Kadmiyum (Cd), Kurşun (Pb) metal iyonları ve miktarlarıtespit edilmiştir. Agilent 7700/7700 marka model cihaz ile analiz gerçekleştirilmiştir. Numunelerin Argon plazması ile iyonlaştırılması ve iyonlaşan elementlerin kütle spektrofotometresi ile ayrıştırılması, element konsantrasyonlarının dedektör yardımı ile ölçülmesi işlemleri sonucunda belirlenen ağır metal miktarları ölçülmüştür (TUTAGEM, 2022).

pH Ölçümü:0 – 14 Aralığında, ölçüm yapabilen ve sıcaklık ayarıyla donatılmış metler marka pH ölçer kullanılmıştır.

Renk ÖlçümüYapılacak Suların Hazırlanması

Kitosanın, renklendirilmiş sularda absorban olarak kullanılabilirliğinin araştırılmasında, laboratuvar ortamında,ındigo blue boyarmaddesi ile 10 adet renkli su hazırlanmıştır. Kitosan miktarı ve boyarmadde miktarı 50g/L de sabit tutulmuş, kitosan çeşidinin etkisini araştırmak için de iki farklı ticari kitosan kullanılmıştır. Absorbsiyon koşullarının etkisini ortaya koyabilmek için 30dk,45dk ve 60dk. olarak farklı çökeltme süreleri ile denemeler yapılmıştır. Deneylerde saf su kullanılmıştır. Indigoboyarmadde, denim kumaş üretiminde en çok kullanılan boyarmadde çeşidi olduğu için seçilmiştir. Absorbsiyon işleminde, hızlı karıştırma, yavaş karıştırma ve çökeltim aşamaları uygulanmıştır.Hızlı karıştırma 200 rpm hızla 5 dk. yavaş karıştırma 40 rpm hızla 45 dk. olarakmanyetik karıştırıcıda gerçekleştirilmiştir. Farklı sürelerde bekletilerek çökeltme işlemi uygulanmıştır. Çökeltme sonrası beherin üst kısmından pipetle su numune alınmış, renk ölçümü yapılmıştır.Her ölçüm üç kez tekrarlanarak,ortalamaları kullanılmıştır.

Numune 1.50 g/L Indigo Blue Boyarmaddesi

Numune 2: 50 g/L Indigo Blue Boyarmaddesi+50 g/L Akitosan 30 dk. Bekletme süresi

Numune 3: 50 g/L Indigo Blue Boyarmaddesi+50 g/L A kitosan 45 dk. Bekletme süresi

Numune 4: 50 g/L Indigo Blue Boyarmaddesi+50 g/L Akitosan 60 dk. Bekletme süresi

Numune 9: 50 g/L Indigo Blue Boyarmaddesi+50 g/L B kitosan 30 dk. Bekletme süresi

Numune 10.50 g/L Indigo Blue Boyarmaddesi+50 g/L B kitosan 45 dk. Bekletme süresi

Numune11: 50 g/L Indigo Blue Boyarmaddesi+50 g/L B kitosan 60 dk. Bekletme süresi

Renk ölçümü, spektrofotometre ile *L, *a ve *b değerleri okunarak gerçekleştirilmiştir. Açıklık koyuluk göstergesi olan L değerleri karşılaştırılarak kitosanın sulu çözeltilerdeki indigo boyarmaddesini azaltma etkisi, süre ve kitosan çeşidine bağlı olarak ortaya konmuştur.

Renk Ölçümü: Spektrofotometrik Metoda göre yapılmıştır. RA-600 model refraktometre kullanılmıştır. Atık suların L *, a * ve b * renk koordinat değerleri uygun dalga boylarında spektrofoto metre ile ölçülmüştür.

Ülkemizde, atık su renkdeğeri Platin-Cobalt(Pt-Co) metoduna göre ölçülmektedir. Bu yöntem, 456 Nm dalga boyunda sarı ve turuncu renk tonlarında doğru sonuçlar vermektedir. Ancakbu yöntem, çok renkli tekstil atıksuları içinyanıltıcı olabilmektedir (Polat, 2018).

Bu nedenle buçalışmada denim atık suları için spektrofotometrik ölçüm veCIE La b renk okuma yöntemi kullanılmıştır. CIE*L *a *b alanı: Rengi sayısal olarak ifade etmek için kullanılan bir yöntemdir. L: Değerindeki artış rengin açıklığını verirken, azalış ise rengin koyulaştığını göstermektedir. L=0 en koyu rengi ve L=100 en açık rengi gösterir. A: Kırmızı-yeşil koordinatları (+a: Rengin kırmızı yoğunluğunu, -a: Rengin yeşil yoğunluğunu), b: Sarı-mavi koordinatları (+b: Rengin sarı yoğunluğunu, –b: Rengin mavi yoğunluğunu) ifade etmektedir.

BÖLÜM 6

BULGULAR VE TARTIŞMA

Denim üretimi atık su numunelerinde kirlilik yüklerinin belirlenmesi için; arıtma giriş (arıtılmamış) ve çıkışından(arıtılmış) alınan atık su numunelerinin; pH, BOİ, KOİ, AKM, TOC, serbest aktif klor, toplamklor, toplam alkalinite, toplam katı madde, toplam fosfor, toplam azot yağ-gres, Cr, Fe, Cu, Ni, As, Zn, Cd, Co, Pb ve iletkenlikparametreleri standartlara uygun analizler yapılarak belirlenmiştir.

6.1 pH Bulguları

Atık suyun pH değeri kimyasal kirlilik parametrelerindendir. Denim atık sularının direkt veya dolaylı yollardan göllere veya akarsulara akacağı dikkate alındığında burada yaşayan canlılar ve su kalitesi için oldukça önemli bir parametredir. Arıtma tesisi girişinden alınan arıtılmamış atık su numunelerini pH değerleri 10,8–11,5 Aralığında, bazik özellikte olduğu görülmüştür. Boyama da kullanılan sodyum karbonat, sodyum hidroksit, sodyum bikarbonatın atık suyun bazik karekterde olmasına neden olduğu düşünülmektedir.

Arıtma çıkışında ölçülen pH parametre değerleri 8-9 Aralığında olmuştur. SKKY'de tüm tekstil(alt katogoriler dâhil) atık suları için belirlenen kirlilik parametrelerinde pH sınır değeri 6-9 Aralığında verilmişolup, denim atık suyu arıtma çıkışında bu limitleri sağlamıştır (SKKY,2004).Kıta içi su kaynaklarının sınıflarılmasında belirtilen pH limitlere göre değerlendirildiğinde incelenen atıksuyun III.Kalite su değerinde olduğu tespit edilmişdir (6,0-9,0) (SKKY, 2004).

İSKİ'nin, atıksuların altyapı tesislerine deşarjında istenen standartlarında pH sınır değerleri 6-12 Aralığında verilmiştir(İSKİ Genel Müdürlüğü Atıksuların Kanalizasyona Deşarj Yönetmeliği,2013). İncelenen atık su numunelerinin arıtma girişi

pH değeri 10,8–11,5 Aralığında olup pH açısından bir ön arıtma uygulamadan İSKİ standartlarını sağladığı tespit edilmiştir.

Bangladesh, Hindistan, Endonezya, Tayland, Sri Lanka, Tayvan, Vietnam, Avrupa Birliği, Çin ve Pakistan endüstriyel/tekstilatık su yönergelerinde de pH parametresi için sınır değer 6-9 Aralığı olarak verilmiştir. İncelenen gerçek atık su numunelerinin arıtma çıkışında pHparametre açısından bazı ülkelerin ve SKKY'nın sınır değerlerini sağladığı tespit edilmiştir. Arıtma çıkışı atık su pH değerlerinin önceki çalışmalarla uyumlu olduğunu tespit edilmiştir (Hayat, Qaisar, Arshid, Zulfiqar & Shams, 2015) çalışmasında, kirleticilerin toksit etkileri ile suyun pH değeri arasında bir etkileşimin olduğu bildirilmiştir. Amonyumun pH 8'deki toksit etkisinin pH 7 ye oranla 10 kat daha fazla olduğu ve atık sularda renk yoğunluğunun pH değerinin artmasıyla birlikte arttığı bildirilmiştir (Tan, 2006).

6.2. Biyolojik Oksijen İhtiyacı ($BOİ_5$) Tayini Bulguları

Atıksuyun BOİ değeri, suyun kirlenme derecesini, içerdiği organik madde konsantrasyonu ve akıtıldığı su ortamındaki canlılarına etki derecesinin değerlendirilebilmesi için önemli bir parametredir. İşletmelerde arıtma bölümlerine gelen organik yüklerin bilinmesinive arıtma verimini belirlememize yardımcı olmaktadır.

Atık su numunelerinin toplandığı denim üretim işletmesinde farklı zamanlarda arıtma giriş ve çıkışından kriterlere uygun olarak alınan atık su numunelerinde yapılan $BOİ_5$ analizlerinin sonuçları çizelge6,1 ve 6,2.de verilmiştir. $BOİ_5$ ölçümü ile biyolojik olarak ayrışabilen organik maddelerin ayrışması için gerekli olan 5 günlük oksijen miktarını belirlenmiştir. Gerçek anlamda organik maddelerin ayrışması için gerekli süre çok uzundur. Ayrışmanın yaklaşık olarak ~%90 lık bir kısmı ilk 5 günlük süre içerisinde olmaktadır. Kısa zamada verilere ulaşmak için 5 günlük sürede ölçülen BOİdeğeri mevzuatlarda yeterli kabul edilmiştir. Sınır değerlerinden yüksek $BOİ_5$ değerine sahip atık sular akıtılacağı su ortamında oksijenin eksilmesi için potansiyel oluşturmaktadır.(Yıldız, 2022).

Çizelge 6.1. Arıtma Girişi Atık Sularının BOİ Analiz Sonuçları

Aylar	Numune 1Mg/L	Numune 2Mg/L	Numune 3Mg/L
Eylül	398.23	400,56	401,00
Ekim	378,00	379,87	380,13
Kasım	316,48	317,09	318,94

Atık suyun, arıtma bölümüne girişteki BOİ değeri biyolojik arıtma teknolojilerini kullanan işletmelerin verimlilikleri için önem arz etmektedir.Çizelge6.1'de, numunelerinin arıtma giriş BOİ değerileri içinde en yüksek değerin 401,00 mg/L olarak eylül ayında, en düşük değerin 316,48 mg/L olarak kasım ayında olduğu görülmektedir. Bu çalışmadaki BOİ değerleri Zhang ve arkd. Çalışmaları ile uyumludur. (Zhang vd.,2021). Çin'in Guangdong eyaletindekidenim tekstil atık su arıtma sistemini incelemişler ve arıtılmamış atık suyun BOİ değerini 400–550mg/L aralığında olduğunu bildirmişlerdir**.**

BOİ sonuçlarının atıksulardaki tüm organik bileşikleri belirlemediği için tek başına atıksuların karakterizasyonu için çok yeterliolmadığı düşünülmektedir (Altun, 2016).SKKY'de tekstilatık suları kirlilik parametreleri içinde BOİ ait bir limit değer belirtilmemiştir. Denim atık sularının direkt veya dolaylı yollardan göllere veya akarsulara akacağı dikkate alındığında burada yaşayan canlılar ve su kalitesi için oldukça önemli bir parametre olan atık su (BOİ) (mg/L) değeri, kıta içi su kaynaklarının sınıflarılmasında belirtilen limitlere göre yorumlanabilir. SKKY'de BOİ 4 mg/L ise I. Kalite, 8 mg/L ise II. Kalite, 20 mg/L ise III. Kalite, > 20 ise IV. Kalite su olarak sınıflandırma yapılmıştır (SKKY,2004). Arıtma tesisi girişinden alınan numunelerin BOİ ölçümlerinin ortalamalarına göre su kalitesinin IV. Sınıf olduğu görülmektedir.

Tekstil atık suyunun karekterizasyonu ile ilgili çalışmalarda, arıtılmamış tekstil atık sularının BOİ değerinin 80-6,000mg/L aralığında olduğu belirtilmiştir (Wambuguh & Chianelli, 2008).

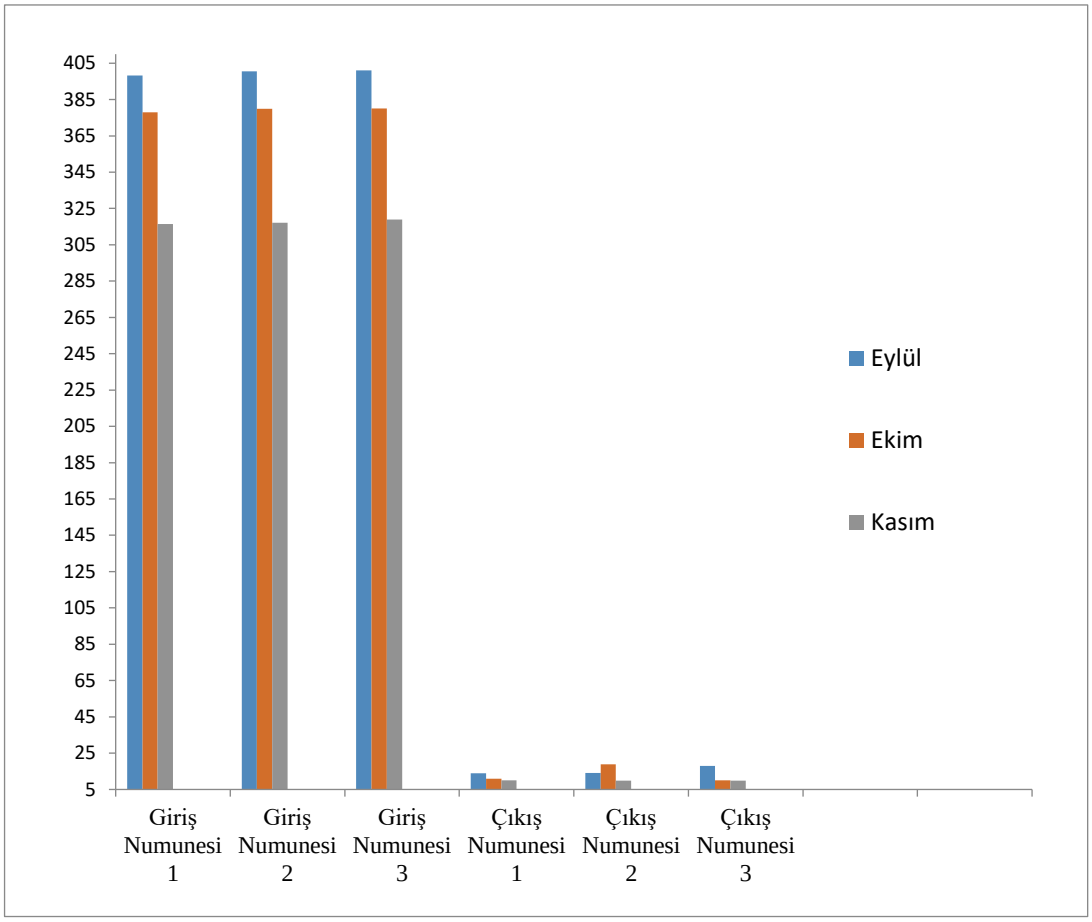
Çizelge 6.2. Arıtma Çıkışı Atık Sularının BOİ Analiz Sonuçları

Aylar	Numune 1Mg/L	Numune 2Mg/L	Numune 3Mg/L
Eylül	13,88	14,01	17,90
Ekim	10,91	10,82	10,06
Kasım	9,97	9,88	9,88

Çizelge6.2İncelendiğinde, arıtma çıkışında alınan numunelerin BOİ ölçümlerine göre eylül ayında 17,90 mg/Len yüksek değere ulaşılmıştır. Eylül, ekim ve kasım aylarında su kalitesinin III. Sınıf değerlerinde olduğu görülmektedir. Eylül, ekim ve kasım aylarında ölçülen BOİ değerlerinin ortalama değerleri üzerinden arıtma işleminin azaltma verimleri sırası ile % 96,18, %97,22 ve % 96,85 olmuştur.

Ghaly vd. 2014; çalışmalarında tekstil boyar maddelerinin, bozunması zor olan ve aerobik bozunmaya karşı dirençli olan büyük miktarda organik madde içerdiğini bildirilmişlerdir. Çalışmamızda ise bunun aksine biyolojik arıtma çıkışında yüksek oranda BOİ azaltımının sağlandığı görülmektedir (Şekil 6.1). Bunda, denim renklendirilmesinde kullanılan boyarmadde çeşidi ve miktarının etkisinin olduğu düşünülmektedir.

Şekil6.1'de arıtma giriş ve çıkış numunelerinin BOİ değerleri birlikte görülmektedir.



Şekil 6.1. Giriş ve Çıkış BOİ Değerleri

Çizelge 6.3. Farklı Ülkelerde Endüstriyel/Tekstil Atık Suları İçin BOİ Standartları

Ülkeler	BOİ deşarj (mg/L)	Kaynak
Bangladesh (tekstil)	50	Dey& Islam (2015)
Hindistan (dye and dye industry)	100	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Endonezya (tekstil)	60	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Tayland (tekstil)	60	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Sri Lanka (tekstil)	60	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Tayvan (tekstil)	30	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Vietnam (tekstil e, used for drinking water),	30	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları, 2015
Avrupa Birliği (Tekstil)	30	IFC-EHS Yönergeleri (2007)
Almanya (endüstri)	25	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)

Farklı zamanlarda arıtma çıkışında ölçülen BOİ değerlerinin Çizelge 6,3'te verilen ülkelerin sınır değerlerinin çok altında olduğu görülmektedir. Bu da numunelerin alındığı denim işletmesinde, arıtma girişinde BOİ değerinin yüksek olmasına rağmen uygulanan fiziksel, kimyasal /biyolojik arıtma arıtma işlemlerinin BOİ giderimi için yeterli olduğunu göstermektedir. Düşük BOİ li atık sular, mevcut organik maddelerin bozunması için gerekli olan oksijeni olumsuz etkilemedikleri için ekosisteme zararlı etkileri yoktur.

6.2. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Tayini Bulguları

SKKY'de, Tekstil sanayi atık sularının alıcı ortama deşarj standartlarına göre KOİ parametresinin limit değerleri; (2 saatlik ve 24 saatlik kompozit numuneler için) Çizelge 6.4'te verilmiştir.

Çizelge6.4. Tekstil Atık Sularının Alıcı Ortama Salınımı için KOİ değerleri (SKKY, 2004)

Alt sektör	2 saatNumune (mg/L)	24 saatNmune (mg/L)
Açık elyaf, iplik üretimi ve terbiye	350	240
Dokunmuş kumaş terbiyesi ve benzerleri	400	300
Pamuklu Tekstil ve Benzerleri	250	200
Yün yıkama, terbiye, dokuma ve benzerleri	400	300
Örgü Kumaş Terbiyesi ve Benzerleri	200	300
Halı terbiyesi ve benzerleri	300	200
Sentetik tekstil terbiyesi ve benzerleri	400	300

KOİ atıksuların organik madde içeriği açısından kirlilik derecesinin belirlenmesi için mevzuatlarda yer alan kimyasal parametrerindendir. Çizelge6.5'te arıtma girişinden alınan numunelerin analiz sonuçları gösterilmektedir. Farklı zamanlarda alınan atıksu numunelerinde en yüksek KOİ değeri eylül ayında 1090,78 mg/l olarak en düşük KOİ değeri 784,70 mg/l olarak kasım ayında olduğu görülmüştür. Önceki çalışmalarda, hava sıcaklıklarının suların KOİdeğerleri üzerine etkisinin olduğu belirtilmiştir (Mutlu, Yanık & Demir, 2013).Bu çalışmanın KOİ bulgularıda hava sıcaklığının etkili olduğunu desteklemektedir.

Çizelge 6.5. Arıtma Girişi Atık Sularının KOİ Analiz Sonuçları

Aylar	Numune 1 (mg/L)	Numune 2 (mg/L)	Numune 3 (mg/L)
Eylül	1090,78	1090,12	1089,10
Ekim	1087,34	1076,86	1064,92
Kasım	787,30	784,70	800,12

Çizelge 6.5' e göre; denim atık suyunun arıtma sistemine girişte ölçülen KOİ değerlerinin İSKİ Genel Müdürlüğü Atıksuların Kanalizasyona Deşarj Yönetmeliği (1000-600 mg/L) ve SKKY'de (Dokunmuş kumaş terbiyesi için; 300 mg/L) KOİ parametresi için verilen deşarj standartlarını aştığı görülmektedir. Analiz sonuçları, denim işletme sularının KOİ kirlilik parametrelerinin düşürülmeden doğrudan alıcı ortama veya atıksu altyapı tesislerine akıtılmalarının uygun olmadığını, işletme tarafından mutlaka KOİ azaltımının sağlanması gerektiğini göstermektedir. Bu değerin arıtma çıkışında 300 mg/lt'nin altına düşmesi gerekmektedir.

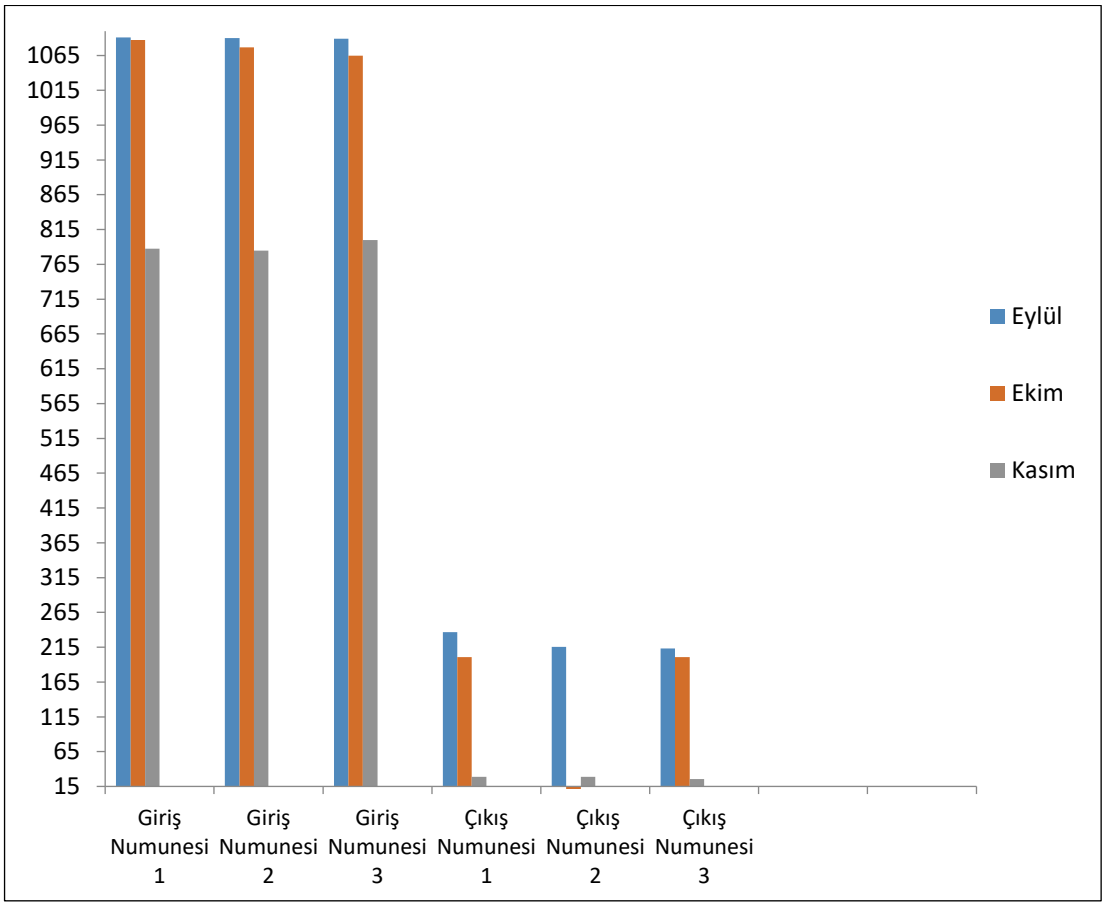
Çizelge 6.6. Arıtma Çıkışı Atık Sularının KOİ Analiz Sonuçları

Aylar	Numune 1 (mg/L)	Numune 2 (mg/L)	Numune 3 (mg/L)
Eylül	236,65	215,45	213,10
Ekim	201,00	201, 78	200,99
Kasım	28,69	28,60	25,60

Çizelge 6.6'ya göre, farklı zamanlarda işletmenin arıtma çıkışından alınan atıksu numunelerinde ölçülen KOİ değerlerinde en yüksek eylül ayında 236,65 mg/l en düşük kasım ayında 25,60 mg/l olmuştur. Kıta içi su kaynaklarının KOİ değerine göre sınıflarılmasında I. II. III. Ve IV. Sınıf sular için sırası ile 25, 50, 70 ve < 70 olarak verilmiştir. Buna göre arıtılmış atık su kasım ayında II. Sınıf iken eylül ve ekim aylarında IV. sınıf su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir. Denim üretimindesiparişlerindeki ürün özelliklerine göre üretimde kullanılan boyarmadde ve kimyasalları değişmektedir. Buna bağlı olarak atık suyun KOİ değerinin değiştiği

düşünülmektedir. Sonuçlar,Sanal'nin çalışması ile uyumludur. Tekstil atık suları karekterizasyonu ile ilgili yaptığı birçalışmada sentetik tekstil üretimi yapan bir işletmede, arıtma girişinde ölçülen KOİdeğerlerin 350-5000, mg/L aralığında, arıtma sonrasında da 77-381 mg/L aralığında olduğu belirtmiştir (Sanal, 2010).

KOİ sonuçları, SKKY standartlarındaki KOİ sınır değeri ile karşılaştırıldığında deşarj standardını aşan herhangi bir değer görülmemektedir. Kasım aylarında atık su KOİ parametresinin sınır değerinin çok altında olduğu görülmektedir. İşletme tarafından uygulanan arıtma işlemleri KOİ değerlerinde yeterli azalma sağlandığı (Şekil 6.2) ve atık suyun doğrudan alıcı ortama gönderilmesi için uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 6.2. Atık Su Numunelerinin KOİ Değerleri

Şekil 6.2'de, denim işletmesindei arıtma uygulamaları sayesinde etkili bir KOİ sağlandığı görülmektedir. Orhon, Germirli Babuna & Insel (2001); yaptıkları çalışmada; denim işleme atık sularının %90 oranında biyolojik olarak parçalanabilen yüksek KOİ içerdiğini bildirmiştir. Ayrıca, uygun tasarlanmış aktif çamur işlemi ile atık suyun

KOİ'sinin yaklaşık 2000 mg/L'den yaklaşık 150-300 mg/L'ye düşürülebileceğinibelirtmişlerdir. Fiziko-kimyasal ve biyolojik işlemlerin sayesinde KOİ'nin %85'inden fazlasının giderildiği belirtilmiştir(Birgül,2006).Tekstil endüstrisi çıkış suyuna Biyolojik arıtma dan sonra uygulanan $H_2O_2/TiO_2/Fe3+$ fotokalitik oksidasyon işlemleri ile biyolojik arıtmaya ilave olarak % 97 KOI gideriminin elde edildiği tespit edilmiştir (Erol, 2007).Bu çalışma da önceki çalışmalarla uyumlu olarak ölçülen KOİ değerlerinin ortalamaları üzerininden yapılan hesaplamada fiziksel, biyolojik/kimyasal arıtma yöntemleri ile % 85 KOİ azaltımının sağlandığı tespit edilmiştir.Çizelge6.7'de bazı ülkelerin atık su yönergelerindeki endüstriler için KOİ sınır parametreleri verilmiştir.

Çizelge 6.7. Farklı Ülkelerde Endüstriyel Su Deşarj KOİ Sınır Değerleri

Ülkeler	KOİdeşarj (mg/L)	Kaynak
Bangladesh (tekstil)	200	Dey& Islam(2015)
Hindistan (endüstri, yüzey suyu)	250	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Endonezya (tekstil)	150	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Tayland (tekstil)	400	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Sri Lanka (tekstil)	250	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Tayvan (tekstil)	100	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Vietnam (tekstil, içme suyu),	75	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Avrupa Birliği (Tekstil)	160	IFC-EHS Yönergeleri (2007)
Almanya (endüstri)	160	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Çin (tekstil, doğrudan deşarj)	100	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)

Pakistan(tekstil)	150	Dey& Islam(2015)

Atık su numunelerinin toplandığı denim işletmesinin kasım ayı arıtma çıkışı KOİ değerleri farklı ülke standartları ile karşılaştırıldığında deşarj sınır değerlerinin aşılmadığı, eylül ve ekim aylarında ise Pakistan, Çin, AB, Vietnam gibi 200 mg/L'nin altında sınır değeri olan ülkelerin KOI sınırlarını aştığı tespit edilmiştir.

6.3. Askıda Katı Madde (AKM) Tayini Bulguları

SKKY 'de,tekstil sanayi atık sularının alıcı ortama deşarj standartlarına göre AKM parametresinin sınır değerleri Çizelge 6.8'de verilmiştir.

Çizelge 6.8. Tekstil Atık Sularının Alıcı Ortama Salınımı İçin AKM Sınır Değerleri (SKKY, 2004)

Alt sektör	2 saatlik kompozit Numune (mg/L)	24 saatlik kompozit numune (mg/L)
Açık elyaf, iplik üretimi ve terbiye	-	-
Dokunmuş kumaş terbiyesi ve benzerleri	140	100
Pamuklu Tekstil ve Benzerleri	160	120
Yün yıkama, terbiye, dokuma ve benzerleri	400	300
Örgü Kumaş Terbiyesi ve Benzerleri	-	-
Halı terbiyesi ve benzerleri	160	120
Sentetik tekstil terbiyesi ve benzerleri	-	-

Denim işletmesinin arıtma girişi ve çıkışından atık su numunelerinde yapılan AKM parametresi sonuçları sırası ile Çizelge 6.9 ve Çizelge 6.10'da verilmiştir.

Çizelge 6.9. Arıtma Girişi Atık Sularının AKM Analiz Sonuçları

Aylar	Numune 1 (mg/L)	Numune 2 (mg/L)	Numune 3 (mg/L)
Eylül	34,10	36,95	35,22
Ekim	36,60	37,45	35,98
Kasım	56,95	56.78	57.10

Çizelge 6.10. Arıtma Çıkışı Atık Sularının AKM Analiz Sonuçları

Aylar	Numune 1 (mg/L)	Numune 2 (mg/L)	Numune 3 (mg/L)
Eylül	12,56	12,98	13,43
Ekim	13,62	13,96	15,60
Kasım	34,10	36,90	35,22

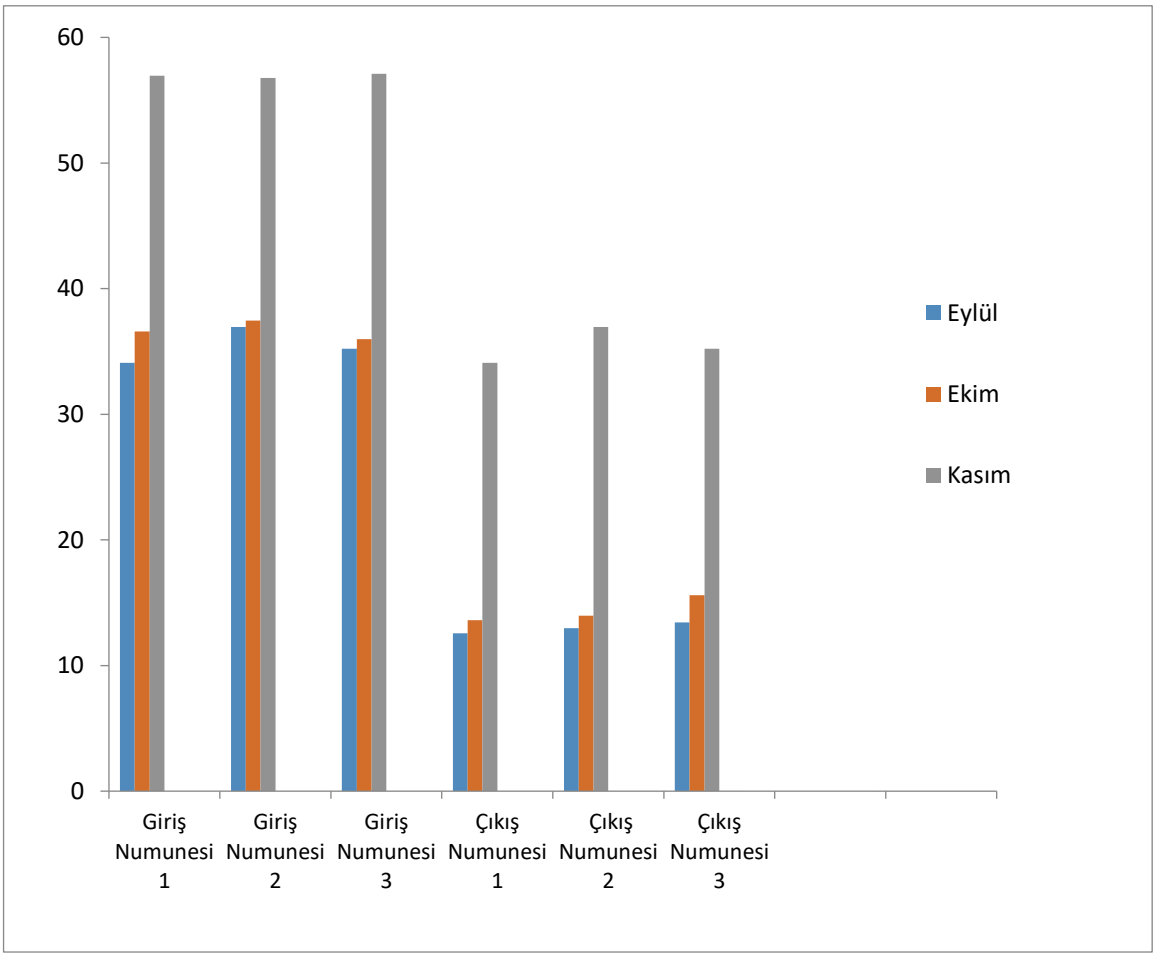
Çizelge 6.9ve Çizelge 6.10'da görüldüğü gibi AKM miktarlarıarıtma girişinde 34,10-57,10 mg/L arasında, arıtma çıkışında 12,56-36,90 mg/L arasında olarak ölçülmüştür. Atık su numunelerine ait giriş ve çıkış AKM değerlerinin kasım ayında eylül ve ekim aylarına göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

İSKİ Genel Müdürlüğü Atıksuların Kanalizasyona Deşarj Yönetmeliğinde; Kanalizasyon Sistemleri Tam Arıtma İle Sonuçlanan Atıksu Altyapı Tesislerine deşarj için sınır değer 500 mg/L, Kanalizasyon Sistemleri Ön Arıtma + Derin Deniz Deşarjı İle Sonuçlanan Atıksu Altyapı Tesislerine deşarj için sınır değer 350mg/L olarak belirtilmiştir (İSKİ Mevzuat, 2013).

SKKY'de dokunmuş kumaşlar için alıcı ortama deşarj AKM sınır değeri 100 mg/L olarak verilmiştir (SKKY, 2004).

Arıtma sistemine girişte ve çıkışta ölçülen AKM değerleri deşarj standartları sınır değerleri ile karşılaştırıldığında oldukça düşük olduğu ve bu sınırları karşıladığı görülmektedir.

Tekstil sanayinin farklı üretim alanlarındaki atık sular ile yapılan çalışmalarda, arıtma çıkışı atık su AKM parametre değerleri; Yün- polyester karışımı iplik ve kumaş üretimi yapılan bir tekstil işletmesi için 22 mg/L (Üner, 2002). Pamuklu bir tekstil işletmesi için 106 mg/Lolarak ölçülmüştür (İleri & Karaer, 2011).Bu çalışmada da, 12,56-36,90 mg/L arasında olan denim atık su AKM miktarlarının Tekstil üretimine ait çalışmalarda bildirilrn AKM miktarları ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6.3. Atık Su Numunelerinin AKM Değerleri

Çizelge 6.11.Bazı Ülkelerin Endüstri/Tekstil Atıksu Deşarj AKM Sınır Değerleri

Ülkeler	AKM sınır degerleri (mg/L)	Kaynak
Bangladesh (tekstil)	150	Dey& Islam (2015).
Hindistan(endüstri, yüzey suları)	100	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Endonezya (tekstil)	50	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Tayland (tekstil)	50	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Sri Lanka (tekstil)	50	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Tayvan (tekstil)	30	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Vietnam (tekstil, içme suları)	50	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Avrupa Birliği (Tekstil)	50	IFC-EHS Yönergeleri (2007)
İtalya (endüstri)	80	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Çin (tekstil, doğrudan deşarj)	70	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Kanada (endüstri)	25	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)

Arıtma çıkışındaki AKM değerleri Çizelge 6.11'deki ülkelerin AKM parametresi sınır değerleri ile karşılaştırıldığında, eylül ve ekim ayı değerlerinin incelenen 11 ülke AKM deşarj sınır değerlerini aşmadığı görülmüştür. Kasım ayında ölçülen AKM değerlerinin ise sadece Kanada ve Tayvan'nın AKM parametresi sınır değerlerinden yüksek olduğu görülmektedir. Aynı işletmeye ve aynı ürün çeşidine ait farklı AKM değerlerinin olması üretim aşamalarında istenilen renk ve yıkama

özelliklerini sağlamak için kullanılan hammadde ve kimyasal madde farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Askıda katı maddeler içeriği yüksek olan sular, akıtıldıkları sulu ortamlarda suyun ışık geçirgenliğini azaltarak dolaylı olarak ötrofikasyonun oluşmasına, çökerek de dip çamurlarının oluşmasına ve işletmelerdeki arıtma tesislerinde tortulara tıkanmalara neden olduğu bildirilmektedir.

6.4. Toplam Organik Karbon (TOC) Tayini Bulguları

Atık sudaki organik karbon, çoklu organik bileşiklerden oluşmaktadır. Toplam organik karbon parametresi, organik moleküllerde kovalent olarak bağlı tüm karbon atomlarını ifade etmektedir. TOC, organik kirlilik değerlendirilmesinde uygun bir göstergedir. BOİ veya KOİ de organik kirlilik parametrelerindendir ancak TOC onlarla aynı tür bilgiyi sağlamamaktadır. TOC, organik maddenin oksidasyon durumundan bağımsızdır ve BOİ, KOİ ile ölçülen oksijen ihtiyacına katkıda bulunabilecek diğer organik olarak bağlı elementleri (örneğin, nitrojen ve hidrojen) veya inorganikleri kapsamamaktadır.

Bu nedenle çalışmada, organik kirlilik parametresi olarak BOİ, KOİ VE TOC birlikte kullanılmıştır. Denim üretim işletmesinin arıtma girişinden ve çıkışından alınan atık su numunelerinde yapılan TOC ölçüm sonuçları sırası ile çizelge 6.12 ve çizelge 6.13 de verilmiştir.

Çizelge 6.12. Arıtma Girişi Atık Sularının TOC Analiz Sonuçları

Aylar	Numune 1 (mg/L)	Numune 2 (mg/L)	Numune 3 (mg/L)
Eylül	178,10	178,78	180,23
Ekim	188,80	188,99	190.07
Kasım	196,56	198,29	198,90

Çizelge 6.12'de verilen arıtma girişinde ölçülen toplam organik maddenin bir kısmının denim üretiminde kullanılan yüzey aktif madde kaynaklı olabileceği

düşünülmektedir. Bir sıvının yüzey gerilimini düşürerek daha kolay yayılmasına izin veren yüzey aktif maddeler genellikle hem hidrofobik hem de hidrofilik gruplardan oluşan organik bileşiklerden üretilmektedir. Yüzey aktif maddeler çevresel bazı risklerine rağmen yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin, yaygın olarak kullanılan alkilfenol polietoksilat yüzey aktif cisimlerinden belirli bozunma ürünlerinin östrojenik olduğu ve biyolojik olarak biriktiği gösterilmiştir**(**Snyder, Keith, Pierens, Snyder & Giesy, 20011**).**

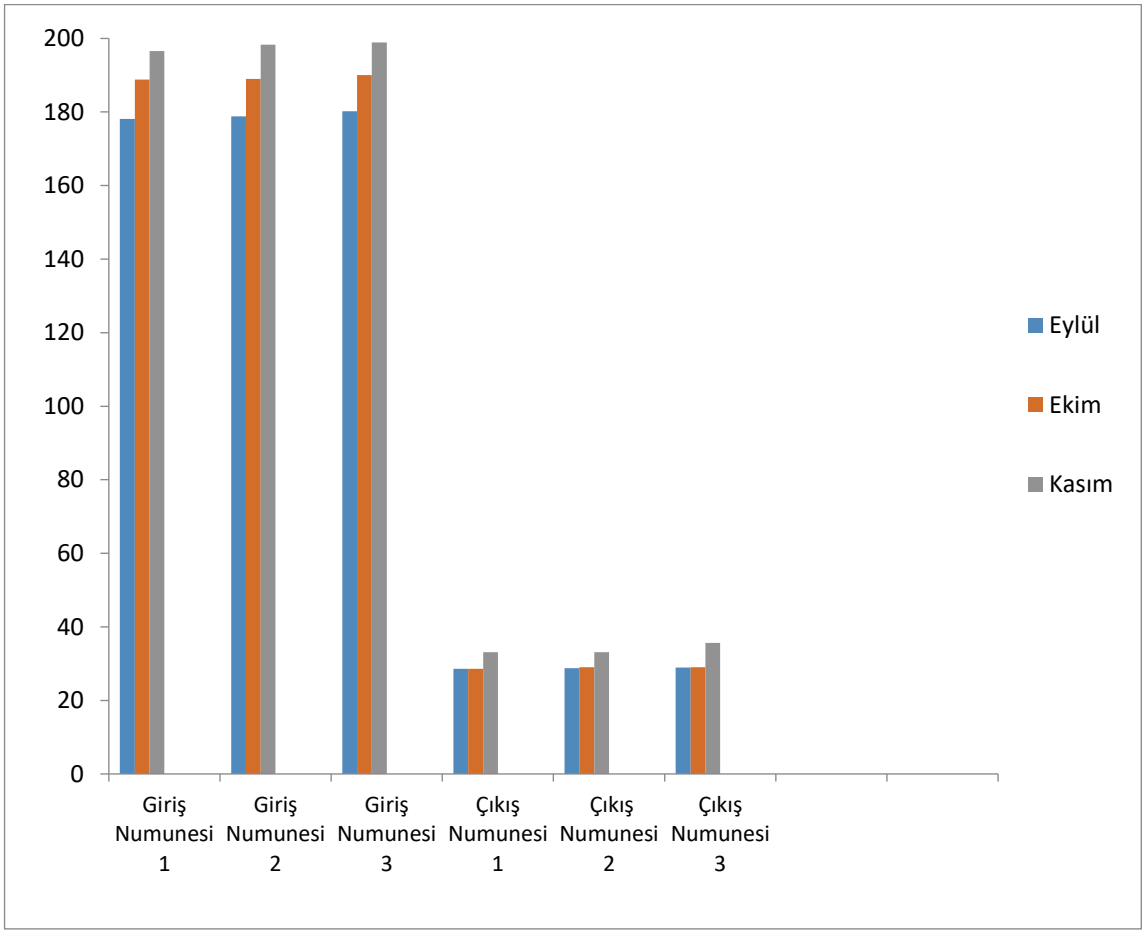
Çizelge: 6.13. Arıtma Çıkışı Atık Sularının TOC Analiz Sonuçları

Aylar	Numune 1 Mg/L	Numune 2 Mg/L	Numune 3 Mg/L
Eylül	28,6	28,72	28,91
Ekim	28,6	29,00	29,01
Kasım	28,12	28,12	28,61

Analiz sonuçlarına göre arıtma girişinde TOC parametre değerleri 178,10-198,90 mg/L arasında iken arıtmaçıkışında azalarak 28,12 -26,91 mg/L arasında olmuştur.

İSKİ Genel Müdürlüğü Atıksuların Kanalizasyona Deşarj Yönetmeliğinde; kirlilik parametreleri ve sınır değerlerinde TOC için standart belirtilmemiştir (İSKİ Mevzuat, 2013).

SKKY standartlarındaki kirlilik parametrelerinde TOC ve sınır değerine ait bir standart verilmemiştir (SKKY,2004).Arıtma çıkışı denim işleme atık su TOC kirlilik parametre sınır değeri >12 olduğu için SKKY'de kıta içi su kaynaklarının kalite sınıflandırılmasına Göre IV. Sınıf olduğu tespit edilmiştir (SKKY, 2004).



Şekil 6.4. Atık Sularının TOC Değerleri

Şekil 6.4'te atık suları arıtma girişi ve çıkışındaki TOC değerleri ve arıtmanın etkisi görülmektedir. İncelenen denim atık suyunda arıtma işleminde yaklaşık % 85 TOC azaltımının gerçekleştirildiği tespit edilmiştir.

Sudaki organik kirleticiler, istenmeyen biyolojik büyüme için bir karbon veya enerji kaynağı olarak hizmet edebilir, ortamdaki farklı bileşenlerle reaksiyona girerek insan sağlığına veya suda yaşayan organizmalara zarar verebilecek veya suyun amacına zarar verebilecek yan ürünler oluşturabilmektedir (Levine, Tchobanoglous & Asano, 1985).

6.5. Serbest (Aktif) Klor Tayini Bulguları

Suyun doğal yapısında bulunmayan, kimyasal olarak suya eklenen "ClO^{-}" iyonu ölçülebilmektedir ve bu ölçümde elde edilen değer "serbest klor miktarı" olarak adlandırılmaktadır (Su & Çevre, 2013).

Denim üretim işletmesinin arıtma girişinden ve çıkışından alınan atık su numunelerinde yapılan serbest (aktif) klor tayinisonuçları sırası ile Çizelge 6.14 ve Çizelge 6.15'te verilmiştir.

Çizelge 6.14. Arıtma Girişi Atık Sularının Serbest (Aktif) Klor Analiz Sonuçları

Aylar	Numune 1 Mg/L	Numune 2 Mg/L	Numune 3 Mg/L
Eylül	1,41	1,40	1,37
Ekim	1,56	1,60	1,68
Kasım	1,41	1,45	1,49

Çizelge 6.15. Arıtma Çıkışı Atık Sularının Serbest (Aktif) Klor Analiz Sonuçları

Aylar	Numune 1 Mg/L	Numune 2 Mg/L	Numune 3 Mg/L
Eylül	0,078	0,076	0,074
Ekim	0,074	0,072	0,071
Kasım	0,069	0,066	0,065

Çizelge 6.14 ve Çizelge 6.15'te görüldüğügibi arıtma girişinde serbest klor parametre değerleri 1,68- 1,37 mg/L arasında, arıtma çıkışında 0,065 -0,078 mg/L arasında olmuştur. Sodyum klorür (NaCl) boyama işlemlerinde kullanılan bir tuzdur. Arıtma girişindeki serbest klor miktarında NaCl etkisi olduğu düşünülmektedir. Bazı işletmelerde atık suyun dezenfeksiyonu amacıyla klorlama yapılabilmektedir. Ayrıca denim işletmelerinde su, üretimin yanında, temizlik işleri için de kullanılmaktadır. Atık

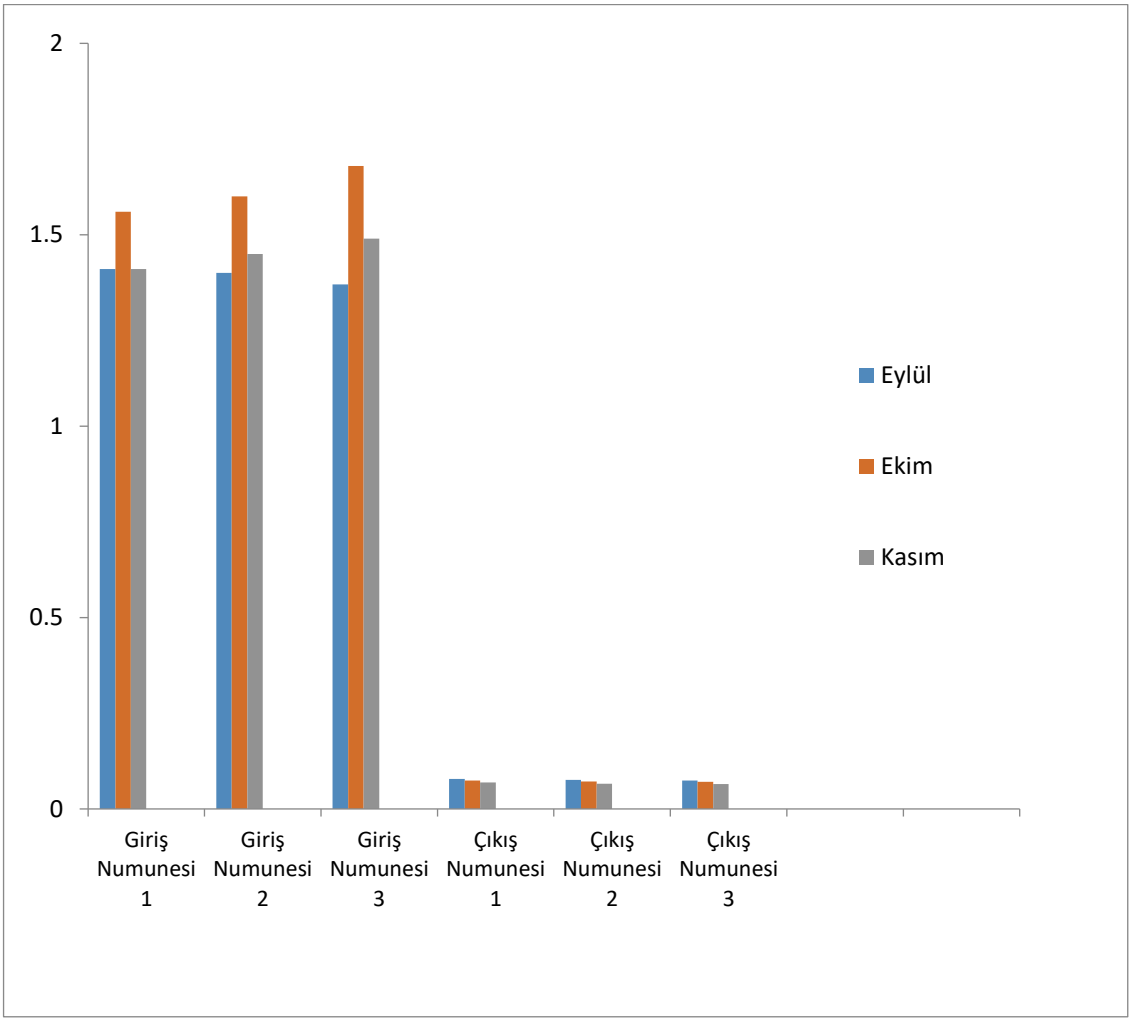
su içerisindeki serbest klor miktarında temizlik amaçlı kullanılan maddelerindeetkisinin olduğu düşünülmektedir.

İşletmelerde atık suyun toksisitesini azaltmak ve alıcı su ortamı olan göllere, nehirlere veya okyonusa gönderilmeden önce deşarj sınır değerlerine uyumlu olmasını sağlamak için klor uzaklaştırma işlemi uygulanmaktadır. Bu nedenle analiz edilen atık su numunelerinde arıtma etkisi ile serbest klor gideriminin sağlandığı görülmüştür. Alıcı ortama deşarj edilecek atık su içerisinde sınır değerlerinden daha fazla miktarda klorun bulunması dolaylı olarak insan sağlığı açısından risk oluşturmaktadır. Klor, bulunduğu ortamdaki bazı organik maddelerle birleşerek trihalometanlar ve haloasetik asit gibi kimyasal bileşikler oluşturabilmektedir. Bu bileşiklerin insan sağlığına olumsuz etkilerinin olduğu bildirilmiştir (Akçay, İnan & Yiğit, 2007).Klor içeriği yüksek suların riskli kimyasal birleşikleri oluşturması mümkün olabilmektedir.

İSKİ Genel Müdürlüğü Atıksuların Kanalizasyona Deşarj Yönetmeliğinde; Kanalizasyon Sistemleri Tam Arıtma ile Sonuçlanan Atıksu Altyapı Tesislerine deşarj için kirlilik parametrelerinde serbest klor olarak değil, Cl^- (Klorür) iyonu parametre olarak ve sınır değeri 15000 mg/L verilmiştir. Kanalizasyon sistemleri ön arıtma + derin deniz deşarjında ise sınır değeriverilmemiştir(İSKİ Mevzuat, 2013).

SKKY ‘de dokunmuş kumaşlar için alıcı ortama deşarj sınır parametrelerinde serbest klor sınır değeri 2 saatlik kompozit numune için 0,3 mg/L olarak verilmiştir (SKKY,2004).Arıtma sistemi çıkışında ölçülen serbest klor değerlerinin sınır değerlerini karşıladığı görülmektedir. 24 saatlik kompozit numune için ise sınır değeri belirtilmemiştir. Bunun nedeni su içerisindeki serbest klor iyonlarının birçok maddeyi okside ederek miktar olarak zaman içinde azalması veya tamamen yok olabilmesidir.

Kıtaiçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterlerinde klorür iyonuna ait sınır değerleri verilmiştir, serbest klor sınır değeri bulunmaktadır (SKKY,2004).



Şekil 6.5. Atık Su Numuneleri Serbest (Aktif) Klor Değerleri

Şekil 6.5'te arıtma giriş değerlerinin çıkışında azalma oranı ve klor gideriminin yüksek olduğu görülmektedir.

6.6. Toplam Klor Tayini Bulguları

Denim üretim işletmesinin arıtma girişinden ve çıkışından alınan atık su numunelerinde yapılan toplam klor tayini sonuçları sırası ile Çizelge 6.16 ve Çizelge 6.17'de verilmiştir.

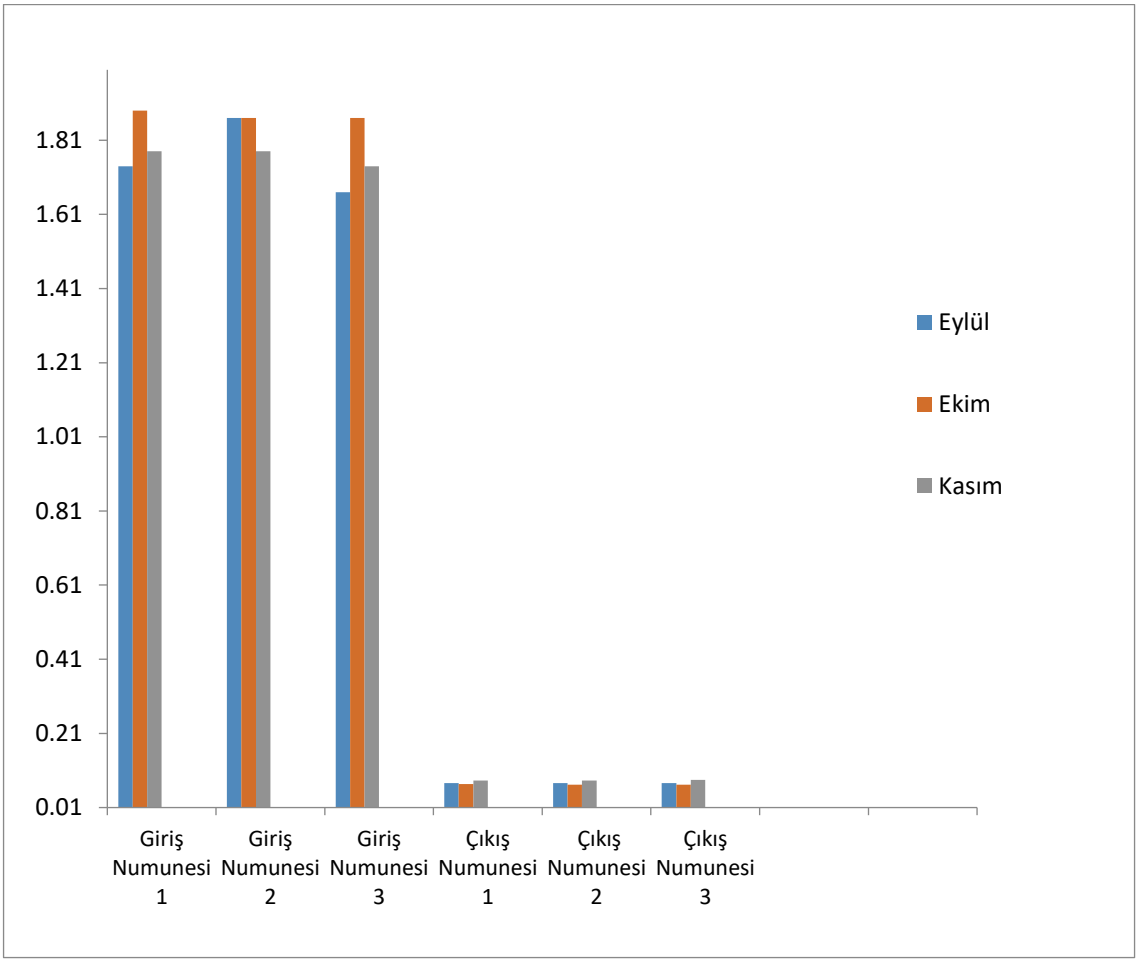
Çizelge 6.16. Arıtma Girişi Atık Sularının Toplam Klor Tayini Analiz Sonuçları

Aylar	Numune 1 Mg/L	Numune 2 Mg/L	Numune 3 Mg/L
Eylül	1,74	1,67	1,67
Ekim	1,89	1,87	1,87
Kasım	1,78	1,78	1,74

Çizelge 6.17. Arıtma Çıkışı Atık Sularının Toplam Klor Tayini Analiz Sonuçları

Aylar	Numune 1 Mg/L	Numune 2 Mg/L	Numune 3 Mg/L
Eylül	0,076	0,076	0,076
Ekim	0,073	0,072	0,072
Kasım	0,0 83	0,0 83	0,0 85

Toplam klor kirlilik kontrolünde kullanılan parametreler içerisinde bulunmamaktadır. Toplam klor ifadesi, serbest klor ve inorganik kloroaminin toplamını vermektedir. Arıtma girişi ve çıkışında ölçülen toplam klor miktarlarının, serbest klor mikrarlarından çok büyük olmadığı görülmektedir. Bu nedenle inorganik kloroamin olmadığı veya ihmal edilebilecek kadar az olduğu, toplam klor miktarının büyük oranda serbest klor kaynaklı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 6.6. Atık Su Numuneleri Toplam Klor Değerleri

Şekil 6.6'da arıtma işleminin toplam klor azatlımına etkisi görülmektedir. Kirli suların klorlanması, öncelikle hastalık üreten mikroorganizmaları yok etmeye veya etkisiz hale getirmeye hizmet eder. Ancak sınır değerlerinin aşılması alıcı ortamda risk oluşturabilmektedir. Klorlamanın olumlu etkilerini kullanmak aynı zamanda da oluşabilecek olumsuz etkiyi en düşük seviyeye indirmek için atık suların klor içeriğinin düşürülmesi önemlidir (Meltem, 2019, s.32).

6.7. Toplam Alkalinite TayiniBulguları

Denim üretim işletmesinin arıtma girişinden ve çıkışından alınan atık su numunelerinde yapılan toplam alkalinitetayini sonuçları sırası ile Çizelge 6.18 ve Çizelge 6.19'da verilmiştir.

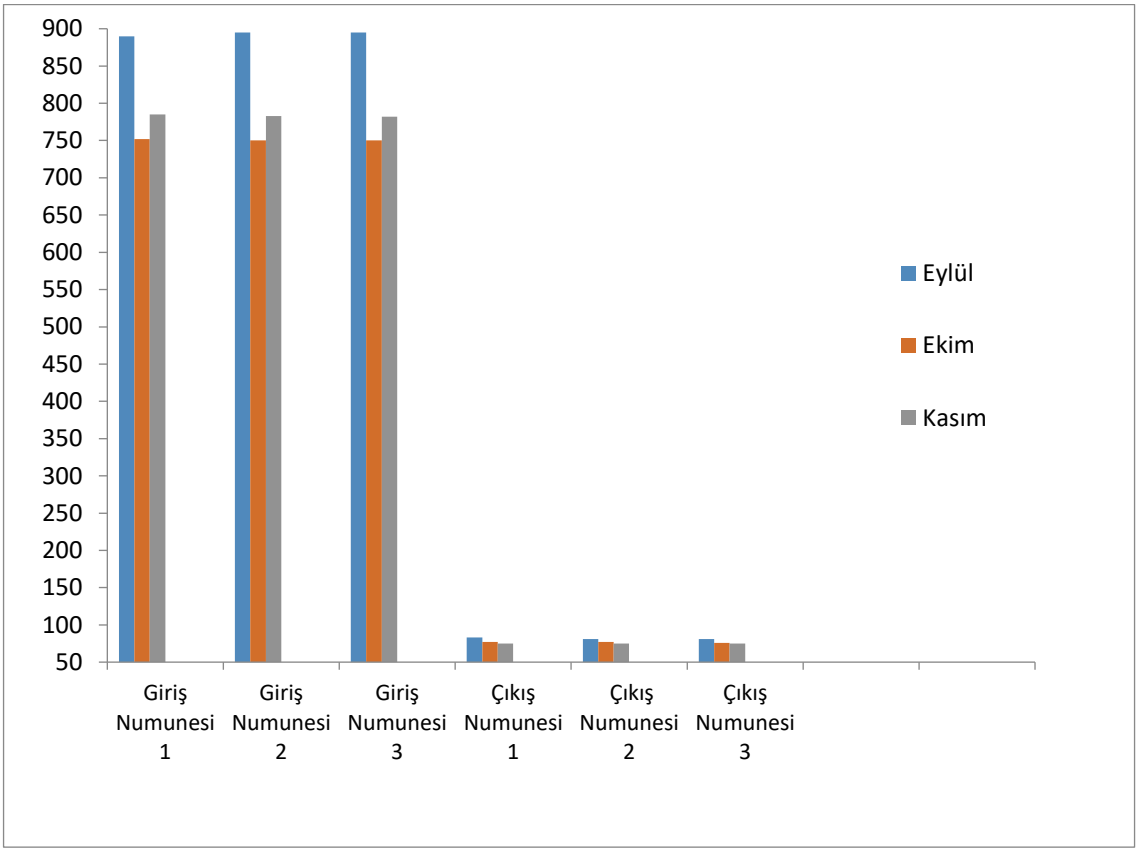
Çizelge 6.18. Arıtma Girişi Atık Sularının Toplam Alkalinite Tayini Analiz Sonuçları

Aylar	Numune 1 (mg/L)	Numune 2 (mg/L)	Numune 3 (mg/L)
Eylül	890	895	895
Ekim	752	750	750
Kasım	785	783	782

Çizelge 6.18'de verilen arıtma girişindeki suyun alkanite değerinin yüksek olduğu görülmektedir. Tekstil atık sularında suyun alkalite kaynağı; hidroksit (OH^-), karbonat $(CO_3)^{-2}$ ve bikarbonat $(HCO_3)^-$ iyonlarıdır (Erol, 2007).Analiz edilen atık suyunalkanite kaynağının boyama öncesi yapılan kostikteme işlemi olduğu düşünülmektedir. Denim üretiminde kumaşların siyah kükürt boyarmaddeler ile boyama işleminde ön işlem olarak kostikleme yapılmaktadır. Kostikleme işlemindesodyum hidroksit (NaOH) içeren çözelti kullanılmaktadır. İplikler kostikleme banyosundan geçerken ağırlığının %70'i kadar kostik almaktadır. İndigo boyamada da ön işlem olarak isteğe bağlı olarak siyah zemin boyası (%2) veya sadece ıslatıcı ve kostik içeren çözeltiler kullanılmaktadır. Ön işlemden sonra yapılan İndigo boyamada da kostik ve hidrosülfit kullanılmaktadır. Bu işlemlerda kullanılan NaOH nedeni ile atık suyuntoplam alkalinite değerini yükselmektedir.

Çizelge 6.19. Arıtma Çıkışı Atık Sularının Toplam Alkalinite Tayini Analiz Sonuçları

Aylar	Numune 1 (mg/L)	Numune 2 (mg/L)	Numune 3 (mg/L)
Eylül	82,00	81,00	81,00
Ekim	77,00	77,00	76,00
Kasım	75,00	75,00	75,00



Şekil. 6.7. Toplam Alkalinite Değerleri

Şekil 6.7'de atık su numunelerinin arıtma girişi ve çıkışındaki toplam alkalinite değerleri birlikte görülmektedir.

6.8. OH Alkalinite Tayini Bulguları

Denim üretim işletmesinin arıtma girişinden ve çıkışından alınan atık su numunelerinde yapılan OH alkalinitetayini sonuçları sırası ile Çizelge 6.20 ve 6.21'de görülmektedir.

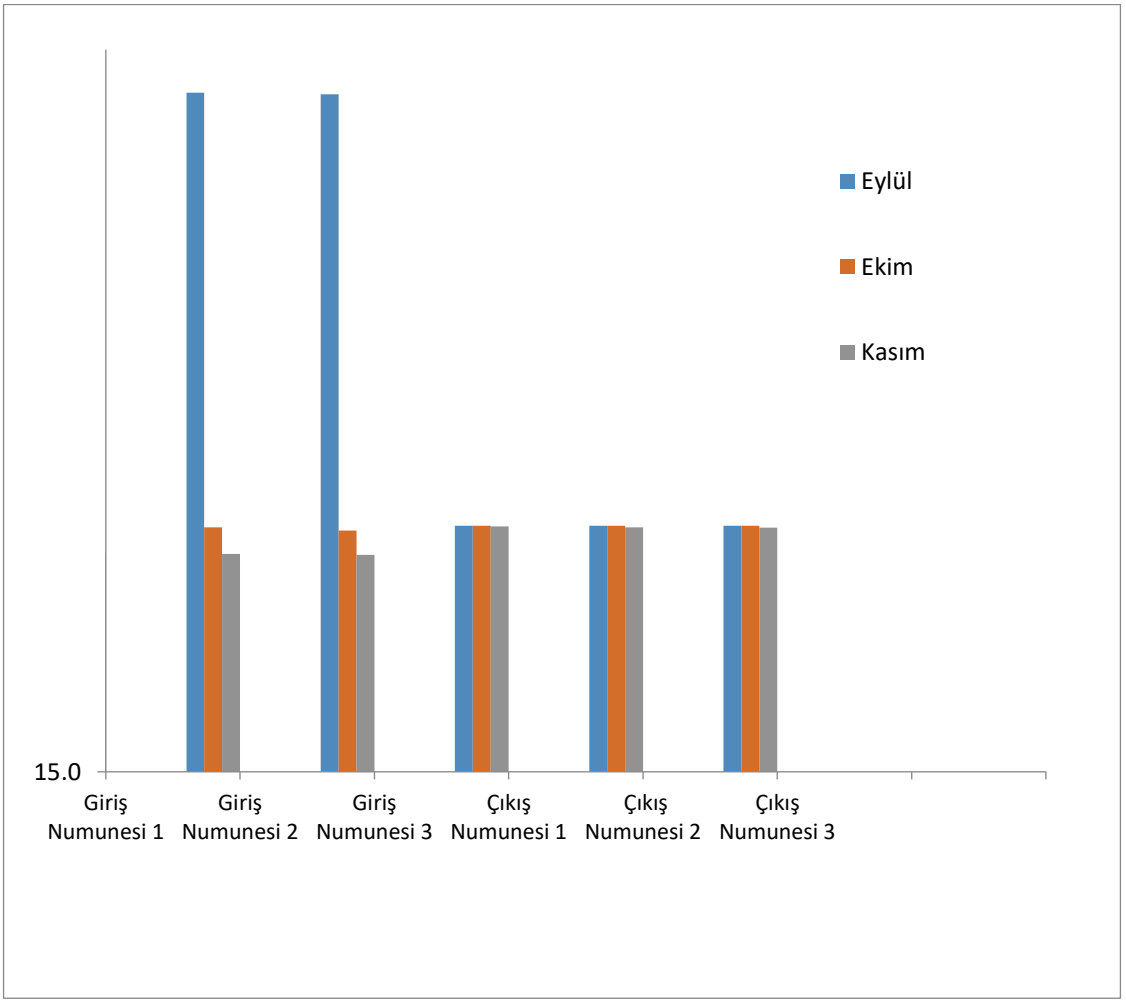
Çizelge 6.20. Arıtma Girişi Atık Sularının OH Alkalinite Tayini Analiz Sonuçları

Aylar	Numune 1 (mg/L)	Numune 2 (mg/L)	Numune 3 (mg/L)
Eylül	19,703	19,703	19,692
Ekim	16,703	16,692	16,671
Kasım	16,513	16,509	16,503

Çizelge 6.21. Arıtma Çıkışı Atık Sularının OH Alkalinite Tayini Analiz Sonuçları

Aylar	Numune 1 Mg/L	Numune 2 Mg/L	Numune 3 Mg/L
Eylül	16,703	16,703	16,703
Ekim	16,703	16,703	16,703
Kasım	16,700	16,693	16,691

Çizelge 6.20ve 6.21'e göre OH alkalinite değerlerinin yüksek olduğu görülmüştür. Sonuçlar ölçülen pH değerlerinle uyumludur. İşletme de uygulanan arıtma işlemlerinin OH Alkalinite değerini azaltma veriminin yüksek olmadığı görülmektedir.



Şekil 6.8. OH Alkalinite Değerleri

Şekil 6.8'de Eylül ayı dışında OH alkalinite giderimi açısından denim işletme arıtma işleminin yeterli olmadığı görülmektedir.

6.9. Toplam Katı MaddeTayini Bulguları

Denim üretim işletmesinin arıtma girişinden ve çıkışından alınan atık su numunelerinde yapılan toplam katı madde tayini sonuçları sırası ile Çizelge 6.22 ve6.23'te görülmektedir.

Çizelge 6.22. Arıtma Giriş Atık Sularının Toplam Katı MaddeTayini Analiz Sonuçları

Aylar	Numune 1 (mg/L)	Numune 2 (mg/L)	Numune 3 (mg/L)
Eylül	3658,20	3655,80	3653,80
Ekim	3651,80	3651,80	3651,80
Kasım	4762,67	4742,67	4742,67

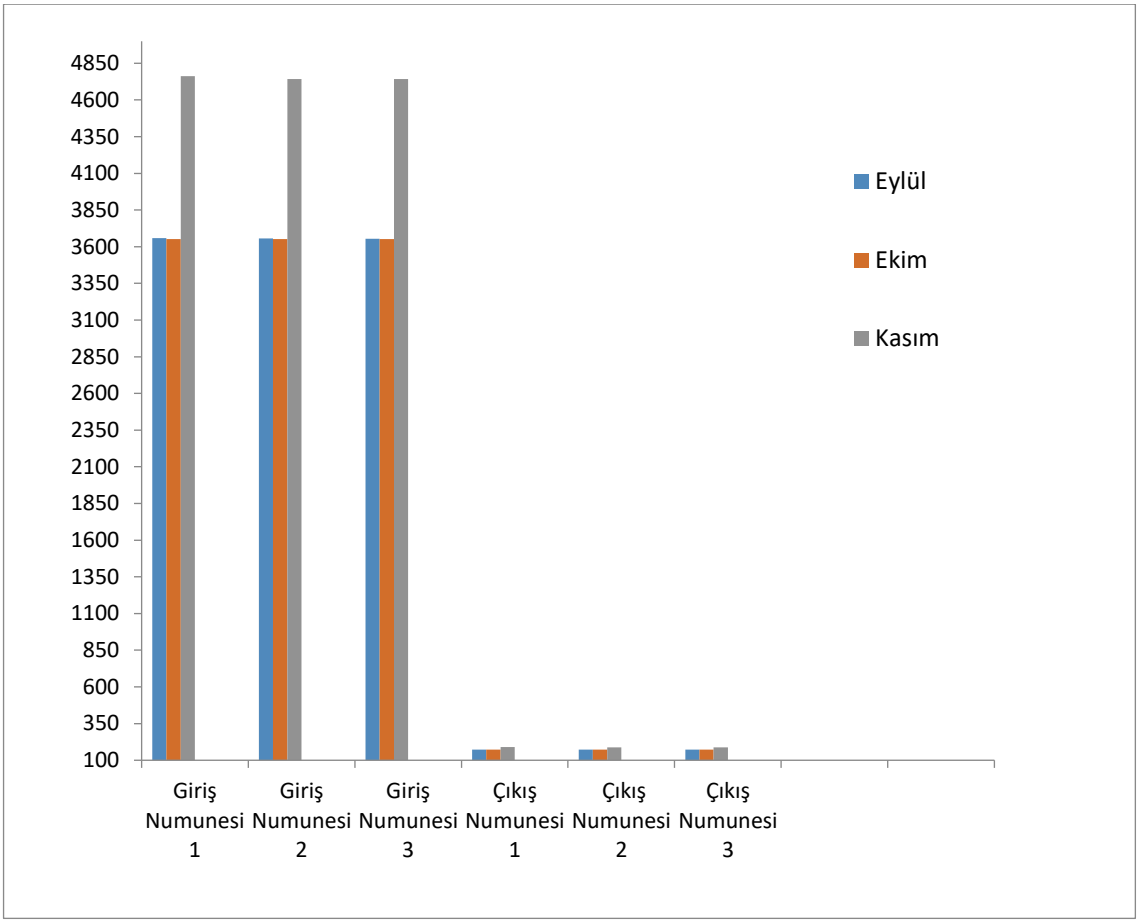
Çizelge 6.22'ye göre; denim üretimi atık suyunun arıtma sistemine girişte ölçülen toplam katı madde değerleri 3653,80-4762,67 mg/L arasında olmuştur. Atık suda toplam katı madde miktarı, askıda katı madde ve filtre edilebilen katı madde toplamını ifade etmektedir. Arıtma girişinde toplam katı miktarı değerleri yüksek olmasına karşın askıda kalan madde miktarları 34,10-57,10 mg/L arasında olmuştur. Bu denim üretim atık sularında filtre edilebilir katı madde içeriğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Filtre edilebilir maddeler; hammadde ve elyaf, iplik, dokuma, kesim atıkları, uçan lif ve iplik parçaları, kumaş kenarları ve ambalaj atıklarıdır. Özellikle, taş/kimyasal yıkama ve durulama bölümlerinde gelen taş, lif, gibi maddelerin atık su içerisine karışmış olan miktarları toplam katı madde miktarını etkilediği düşünülmektedir.

Çizelge 6.23. Arıtma Çıkışı Atık Sularının Toplam Katı MaddeTayini Analiz Sonuçları

Aylar	Numune 1 (mg/L)	Numune 2 (mg/L)	Numune 3 (mg/L)
Eylül	173,00	173,01	173,01
Ekim	173,20	172,09	172,09
Kasım	189,12	187,18	187,12

Çizelge 6.23 ' e göre; denim üretimi atık suyunun arıtma çıkışında ölçülen toplam katı madde değerleri 173,00 -187,18 mg/L arasında olmuştur. Filtre edilebilen katı maddeler arıtmanın ilk aşamasında fiziksel yöntemlerle ayrıldığı için toplam katı madde miktarında önemli bir azalmanın olduğu düşünülmektedir.

İSKİ Genel Müdürlüğü Atıksuların Kanalizasyona Deşarj Yönetmeliğindeve SKKY'de (Dokunmuş kumaş terbiyesi için) toplam katı madde parametre olarak belirtilmemiştir.



Şekil 6.9. Toplam Katı Madde Değerleri

Şekil 6.9'da Giriş suyu yüksek katı madde içeriğine rağmen, çıkışta katı madde içeriğinde azalma olduğu görülmektedir.

6.10. Amonyum Azot (NH_4-N)TayiniBulguları

Denim üretim işletmesi toplanan arıtma girişi veçıkışından toplanan atık su numunelerinde yapılan toplam azot tayini analizlerin sonuçları sırası ile Çizelge 6.24 ve 6.25'tegösterilmektedir.

Çizelge6.24. Arıtma Giriş Atık Sularının Toplam Azot Tayini Analiz Sonuçları

Aylar	Numune 1 (mg/L)	Numune 2 (mg/L)	Numune 3 (mg/L)
Eylül	16,98	16,94	16,93
Ekim	15,39	15,34	15,24
Kasım	18.59	18.56	18.56

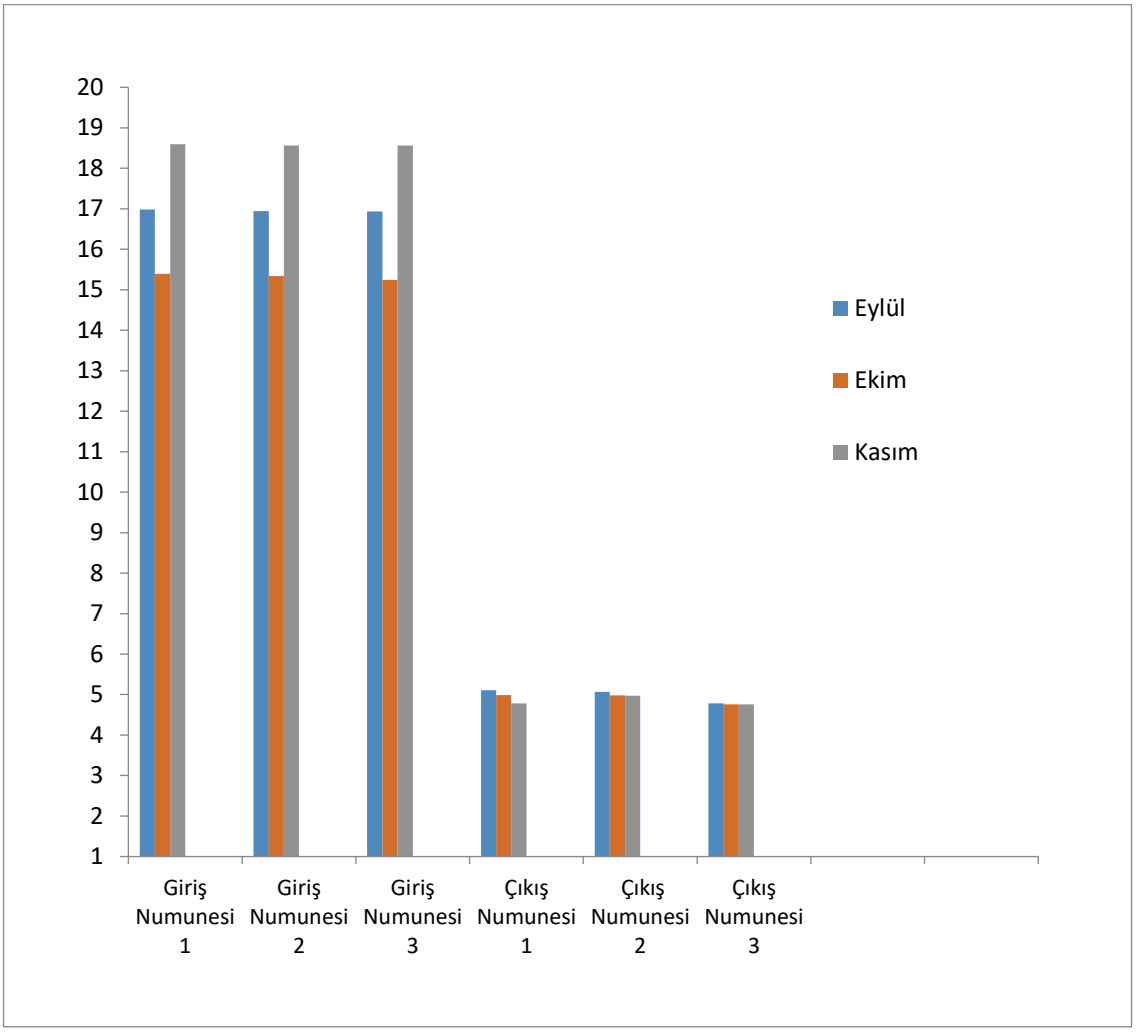
Amonyum azotu atıksuların kirlilik derecesinin belirlenmesi için mevzuatlarda yer alan kirlilik parametrerindendir. Çizelge 6.24'de verilen analiz sonuçlarına göre ölçülen en yüksek Amonyum azot (NH_4-N) değeri kasım ayında 18.56 mg/L olarak en düşük değeri 15,24 mg/L olarak ekim ayında olmuştur. Kasım ayında yüksek olması atık su arıtma tesislerinin azot giderme performansının kış aylarında büyük oranda düşmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Chang, Tran, Park, Zhang & Ahn, 2009).

Denim üretimi atık suyunun arıtma sistemine girişte ölçülen değerlerinin SKKY'de (Dokunmuş kumaş terbiyesi için; 2 saatlik numunede 5 mg/L) (SKKY, 2004) parametresi için verilen deşarj standartlarını aştığı görülmektedir. İSKİ Genel Müdürlüğü Deşarj Yönetmeliğinde kirlilik parametresi olarak belirtilmemiştir.

Çizelge 6.25. Arıtma Çıkışı Atık Sularının Toplam Azot Tayini Analiz Sonuçları

Aylar	Numune 1 Mg/L	Numune 2 Mg/L	Numune 3 Mg/L
Eylül	5.11	5,07	5,07
Ekim	4,99	4.98	4.97
Kasım	4.78	4.76	4.76

Arıtma çıkışında ölçülen amonyum azot değerlerinde SKKY standartlarındaki parametre sınır değerini eylül ayında aştığı, ekim ve kasım ayındaki değerlerin uygun olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6.10.Toplam Azot Değerleri

Şekil 6.10'da Amonyum azotunun arıtma giriş ve çıkış değerleri birlikte görülmektedir. Büyük miktarlarda azot içeren atık sular direkt ekosisteme akıtıldığında, alıcı su ortamı ve insan sağlığı için potansiyel bir tehlike oluşturabilmektedirler (Li vd., 2018).

Çizelge 6.26. Farklı Ülkelerin Amonyum Azot Sınır Değerleri

Ülkeler	Amonyum azot sınır degerleri(mg/L)	Kaynak
Bangladesh (tekstil)	50	Dey& Islam(2015)
India (endüstri, yüzey suları)	50	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Endonezya (tekstil)	8	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Thailand (tekstil)	50	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Sri Lanka (tekstil)	60	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Tayvan (tekstil)	10	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Vietnam (tekstil, içme suları)	5	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Avrupa Birliği (Tekstil)	10	IFC-EHS Yönergeleri (2007)
İtalya (endüstri)	15	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Almanya (endüstri)	10	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Çin (tekstil, doğrudan deşarj)	10	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Kanada (endüstri)	1,25	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Brezilya(endüstri)	20	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)

Denim atık sularınınarıtma çıkışı amonyumazotu miktarları farklı ülke deşarj değerleri ile karşılaştırıldığında; eylül, ekim, kasım aylarındaki sonuçların Kanada ve Vietnam sınır değerlerini aştığı diğerülkelerin sınırdeğerlerini karşıladığı görülmüştür.

Azot ve fosfor gibi besin maddelerinin konsantrasyonları, alıcı ortamın zararlı etkilerden korunması için düşürülmesi önemlidir. Büyük miktarlarda azot kirleticileri su ortamında; ötrofikasyon, yetersiz oksijenlenme, renk, bulanıklık ve koku gibi istenmeyen etkiler oluşturarak su kalitesinin bozulmasına neden olurlar (Li vd., 2018).

6.11. Yağ ve Gres TayiniBulguları

Denim atık sularının arıtma giriş ve çıkışı yağ ve gres analizlerinin sonuçları sırası ile Çizelge 6.27 ve Çizelge 6.28'de verilmiştir.

Çizelge6.27. Arıtma Girişi Atık Sularının Yağ ve Gress Tayini Analiz Sonuçları

Aylar	Numune 1 (mg/L)	Numune 2 (mg/L)	Numune 3 (mg/L)
Eylül	16,15	16,05	16,05
Ekim	15,90	15,87	15,70
Kasım	16,94	16,90	16,86

Arıtma girişindeki yağ ve gressmiktarında denim kumaş yapısındaki pamuk hammaddesinin ve üretim işlemlerinde kullanılan kimyasalların etkisinin olduğu düşünülmektedir. Denim kumaş hammaddesi olan pamuk elyafınmum, vaks ve yağlar içermektedir. İplik üretiminde liflere statik elektriklenmeyi önleyici yağlama işlemi uygulanır. Bu maddeler boyama işlemi öncesinde yapılan yıkama işlemleriyle uzaklaştırılır. Bu yıkama suları toplam atık su içerisindeki yağ ve gresi oluşturmaktadır.

.

Çizelge 6.28. Arıtma Çıkışı Atık Sularının Yağ ve Gres Tayini Analiz Sonuçları

Aylar	Numune 1 (mg/L)	Numune 2 (mg/L)	Numune 3 (mg/L)
Eylül	9,91	9,90	9,90
Ekim	9.95	9.94	9.94
Kasım	8,89	8,87	8,87

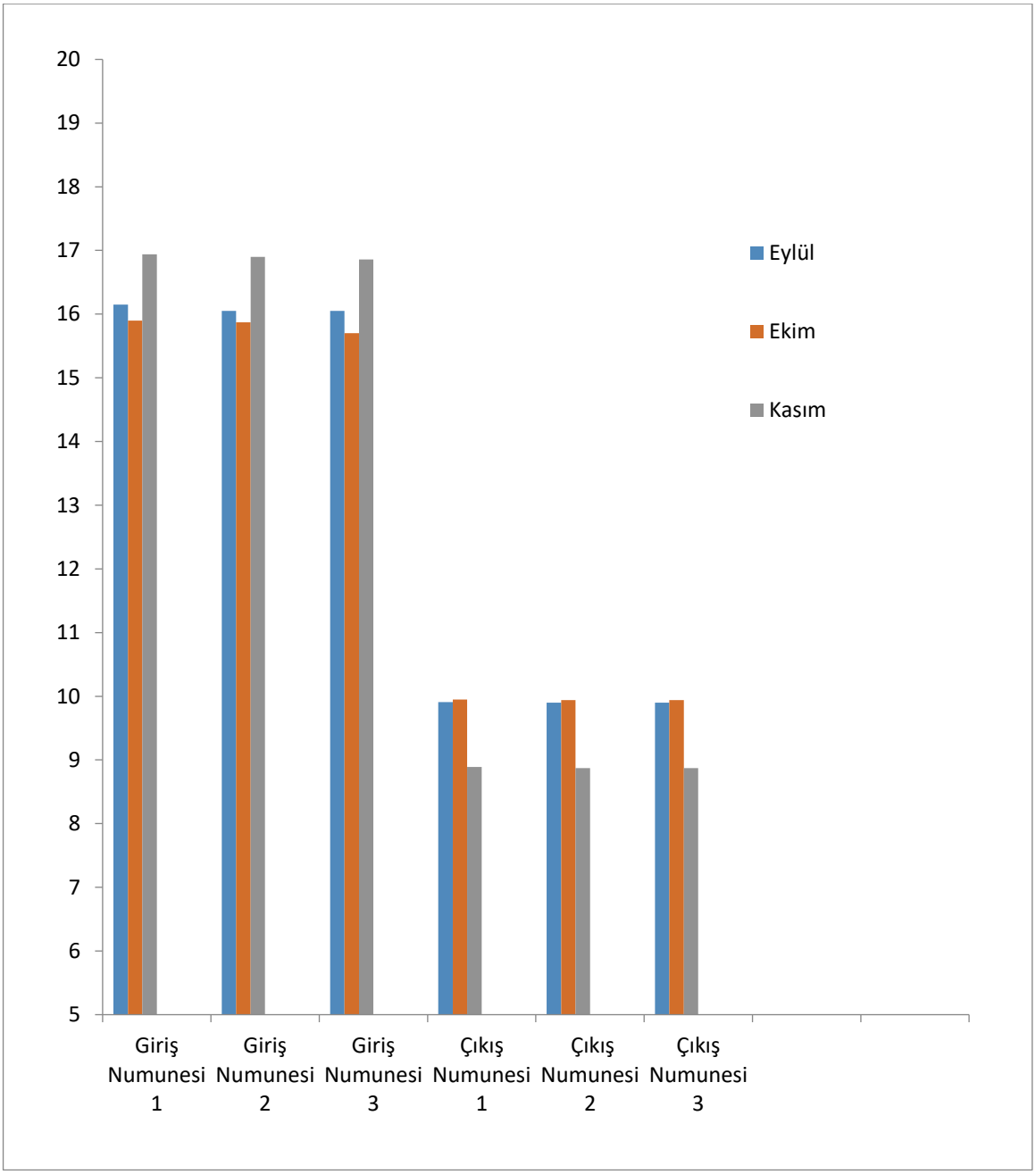
İSKİ genel müdürlüğü atıksuların kanalizasyona deşarj yönetmeliğinde; kanalizasyon sistemleri tam arıtma ile sonuçlanan atıksu altyapı tesislerine deşarj için sınır değer 150 mg/L, kanalizasyon Sistemleri ön arıtma + derin deniz deşarjı ile sonuçlanan atıksu altyapı tesislerine deşarj için sınır değer 50 mg/L olarak belirtilmiştir (İSKİ Mevzuat, 2013). İncelenen denim işletmesine ait atık suda arıtma girişi yağ ve gres değerinin sınır değerleri aşmadığı Çizelge 6.27'de görülmektedir.

SKKY 'de tekstil sektörünün alt katagorileri için yağ ve gres parametlerinin sınır değerlerinde farklılıkların olduğu görülmüştür. Alıcı ortama deşarj parametrelerinde dokunmuş kumaşlar ve sentetik tekstil terbiyesi için yağ ve sınır değeri belirtilmemiştir. Pamuklu tekstiliçin 2 saatlik numunede 10 mg/L, yün terbiyesi için 2-24 saatlik numuneler de 200-100 mg/L, örgü kumaş terbiyesi için 2 saatlik numunede 10 mg/L, halı terbiyesiiçin 2 saatlik numunede 10 mg/L, olarak verilmiştir (SKKY , 2004).

Denim atık sularının yağ ve gres parametre açısından arıtma girişindeki değerlerinin SKKY'da belirtilen 10 mg/L değerini aştığı Çizelge 6.27'de görülmektedir. Arıtma çıkışında ise yağ ve gres parametresi değerlerinin standart değeri karşıladığı görülmektedir (Çizelge 6.28'de).

Tekstil atıksularındaki, yüzebilen ve inorganik katı maddelerin giderilmesinde, ön arıtma, dengeleme- nötralizasyon, kimyasal pıhtılaştırma, çökeltme ve biyolojik arıtma en temel yöntemlerdir. Yapılan önceki çalışmalarda tekstil atık sularına uygulanan ön arıtma olarak, ızgaradan geçirme, dengeleme, nötralizasyon, kimyasal

pıhtılastırma ve flatasyon gibi işlemler ile % 90-98, biyolojik arıtma ile % 0-15, konvansiyonel aktif çamur veçöktürme işlemleri ile de % 0-10 verimle yağ ve gres giderimi sağlandığı bildirilmiştir(Sahu & Singh, 2019).



Şekil:6.11. Yağ ve Gres Değerleri

Şekil 6.11'de arıtma giriş ve çıkışındaki yağ ve gres değeri görülmektedir. Yağ ve gres analizi ile ölçülen bileşenler, aşırı miktarda bulunurlarsa, aerobik ve anaerobik biyolojik süreçlere müdahale edebilirler ve atıksu arıtma verimliliğinin düşmesine

neden olabilirler. Bu nedenle arıtma sistemleri tasarımı için yağ ve gres miktarının önemli bir parametre olduğu düşünülmektedir. Alıcı ortam sularınaboşaltıldıklarında, çevresel bozulmaya yol açan yüzey filmlerine ve kıyı şeridi tortularına neden olabilirler. Yağ, su yüzeyine çıkarak hava ile suyun arasında bir tabaka oluşturur ve bu yağ tabakası havadaki oksijenin suya geçmesini önleyerek su canlıları için risk oluşturabilmektedir. Bu nedenle atık su, dış ortama verilmeden önce içerisindeki yağ miktarının mümkün olduğunca azaltılması gerekmektedir.

Bangladesh, Hindistan, Endonezya, Tayland, Sri Lanka,Tayvan, Vietnam, İtalya, Almanya Çin ‘e ait endüstriyel su deşarj yönetmelikleri incelendiğinde kirletici parametrelerden yağ ve gres için parametre değerinin olmadığı görülmüştür.Brezilya ‘da 1986 da yayılanan tekstil sektörü dâhil tüm sektörler için atık su standartları içinde kirlilik parametresi olarak bitkisel ve madeni yağ parametresi verildiği tespit edilmiştir. Bitkisel yağ için 50 mg/L,madeni yağ için 20 mg/L sınır değerleri bulunmaktadır(Tekstil Endüstrisi Atık Boşaltma Standartları, 2015).

Tekstil işletmelerinde ölçülen yağ ve gres değerlerinin işletme şartlarına bağlı olarak değiştiği görülmüştür. Yapılan çalışmalarda Erol (2007) arıtılmamış tekstil atık sularında yağ ve gres değerleri >200 mg/l, Ghaly, Ananthashankar, Alhattab & Ramakrishnan (2014) 10-30 mg/L olarak ölçüldüğünü bildirmişlerdir (Ghaly vd., 2014).

6.12. Toplam Fosfor Tayini Bulguları

Denim üretimi atık su numunelerinin arıtma giriş veçıkışındaki toplam fosfor analizsonuçları sırası ile Çizelge 6.29 ve 6.30’da gösterilmiştir.

Çizelge 6.29.Arıtma Girişi Atık Sularının Toplam Fosfor Analiz Ölçüm Sonuçları

Aylar	Numune 1 (mg/L)	Numune 2 (mg/L)	Numune 3 (mg/L)
Eylül	2,15	2,14	2,10
Ekim	2,05	2,04	2,00
Kasım	2,04	2,00	1,99

Fosfor parametresine ait arıtma girişinde yapılan ölçümlerin 1,99- 2,15 mg/L aralığında olduğu görülmüştür. Denim üretim işlemlerinde kullanılan sentetik yıkama kimyasallarının fosfor artışına neden olduğu düşünülmektedir (Atıksu Miktar ve Özellikleri, 2022).

Çizelge6.30.Arıtma Çıkışı Atık Sularının Toplam Fosfor Analiz Ölçüm Sonuçları

Aylar	Numune 1 (mg/L)	Numune 2 (mg/L)	Numune 3 (mg/L)
Eylül	1	1	0,99
Ekim	0,116	0,116	-
Kasım	0,028	0,028	-

Atık suyun alındığı denim üretim işletmesinin biyolojik arıtmadauyguladığı havalandırma (reaksiyon) ve çökelme sistemi sayesinde fosforun risk oluşturmayacak seviyeye düşürüldüğü düşünülmektedir. Alıcı ortama direkt veya dolaylı olarak akan atık suların fosfor içeriği Alg ve diğer mikroorganizmaların çoğalmasına, sudaki oksijenin azalmasına sebep olması bakımından önemlidir. Ayrıca yüksek fosfor içeren atık sular dolaylı olarak ekosistemde görsel olarak istenmeyen durumlara sebep olabilicekleri düşünülmektedir,

Çizelge6.31. Farklı Ülkelerin Toplam Fosfor Sınır Değerleri

Ülkeler	Fosfor Sınır degerleri (mg/L)	Kaynak
Bangladesh (tekstil)	8,0	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Hindistan (endüstri, yüzey suları)	-	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Endonezya (tekstil)		Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Thailand (tekstil)	-	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Sri Lanka (tekstil)	-	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Tayvan (tekstil)	-	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Vietnam (tekstil, içme suları)	4,0	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
İtalya (endüstri)	10,0	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Almanya (Endüstri)	2,0	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Çin (tekstil, doğrudan deşarj)	0,5	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)
Türkiye (Endüstri)24 saatlik kompozit numune	1,0	Tekstil endüstrisi atıksu deşarj kalite standartları (2015)

Çizelge 6.31'de verilen ülke ler içinde Hindistan, Endonezya, Tayland,Sri Lanka ve Tayvan da Endüstri/tekstil atık suları deşarjkriterleri içinde fosforun kirlilik parametresi olarak yer almadığı görülmektedir.

Yüksek düzeydeki P (fosfor) sularda alg miktarının artmasına ve dolayısıyla oksijen azaltımına neden olmaktadır. Endüstriyel atık su içindeki fosforun kaynağı yüzey aktif maddelerin içerdiği fosfattır (Minareci & Çakır, 2018).Denim üretim işlemlerinde fosfat içerenler sentetik yüzey aktif maddelerin yerine kirlilik yaratmayan başka maddeler kullanılarak fosfat kirliliğinin önlenebileceği düşünülmektedir.

6.13. İletkenlik Ölçüm Bulguları

Suyun elektrik iletkenlik değeri,su kirlilik düzeyinin belirlenmesi için kullanılan bir parametredir. Denim üretim işletmesi arıtma girişinden ve çıkışından alınan atık su numunelerinde yapılan iletkenlik ölçüm sonuçları sırası ile çizelge 6.32 ve çizelge 6.33' de verilmiştir.

Çizelge 6.32. Arıtma Girişi Atık Sularının İletkenlik Ölçüm Sonuçları

Aylar	Numune 1	Numune 2	Numune 3
Eylül	5.31	5.11	5.28
Ekim	5.27	5.27	5.26
Kasım	5.00	5.00	5.00

Çizelge 6.33.Arıtma Çıkışı Atık Sularının İletkenlik Ölçüm Sonuçları

Aylar	Numune 1	Numune 2	Numune 3
Eylül	623	620	621
Ekim	627	627	629
Kasım	611	611	610

6.14. Ağır Metal Analizi Bulguları

Denim üretim işletmesi arıtma girişinden ve çıkışından alınan atık su numunelerinde yapılan ağır metal analizi sonuçları sırası ile çizelge 6.34 ve 6.36' degösterilmiştir.

Çizelge 6.34. Arıtma Girişi Atık Sularının Ağır Metal Ölçüm Sonuçları

Element	Miktar (ppm)
Krom (Cr)	1,876
Demir (Fe)	29,302
Kobalt (Co)	0,157
Nikel (Ni	3,850
Bakır (Cu)	3,614
Çinko (Zn)	58,922
Arsenik (As)	2,765
Kadmiyum (Cd)	0,079
Kurşun (Pb)	0,565

İSKİ Genel Müdürlüğü Atıksuların Kanalizasyona Deşarj Yönetmeliğinde; bazı metal iyonları kirlilik parametreleri içinde yer almaktadır. Metal özelliklerine bağlı olarak deşarj sınır değerleri değişmektedir. Deşajında, toplam Cr için 5-5(mg/L) , toplam Niiçin 5-5(mg/L),toplam Cu için 5-5(mg/L),toplam Zniçin 10-10(mg/L), As için 3-10 (mg/L), toplam Cd için 2-2(mg/L),toplam Pb için 3-3 (mg/L)aralıkları sınır değerleri olarak verilmiştir (İSKİ Mevzuat, 2013).Denim atık su ağır metal değerleri İSKİ deşarj yönetmeliğinde belirtilen değerlerle karşılaştırıldığında Zn miktarının sınır değerlerini aştığı, diğer metal miktarlarının deşarj limitlerini karşıladığı görülmektedir. Çinko miktarının deşarj öncesi düşürülmesi gerekmektedir.

Çizelge 6.35.Tekstil Atık Sularının Alıcı Ortama Salınımı için Toplam Krom sınır değerleri

Alt sektör	2 saatlik kompozit Numune (mg/L)	24 saatlik kompozit numune (mg/L)
Açık elyaf, iplik üretimi ve terbiye	2	1
Dokunmuş kumaş terbiyesi ve benzerleri	2	1
Pamuklu Tekstil ve Benzerleri	2	1
Yün yıkama, terbiye, dokuma ve benzerleri	2	1
Örgü Kumaş Terbiyesi ve Benzerleri	2	1
Halı terbiyesi ve benzerleri	2	1
Sentetik tekstil terbiyesi ve benzerleri	2	1

Çizelge 6.35'te görüldüğü gibi, SKKY standartlarındaki kirlilik parametrelerinde tekstil sektörü için belirlenen ağır metaliyonlarından sadece krom miktarıkirlilik paremetresi olarak belirlenmiştir. Deşarj sınır değeri de tüm tekstil alt katagorileri için 2-1 mg/L olarak verilmiştir. Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb metalleri kirletici parametrelerde belirtilmemiştir (SKKY, 2004).

SKKY'de kıta İçi Su Kaynaklarının ağır metal parametrelerine göre Kalite Sınıflandırılmasında İnorganik kirlenme parametreler olarak Cr, Cd, Pb, As, Cu, Cr, Co, Ni, Zn, Siyanür, Fe Mn, B, Ba, Al, Se belirtilmiş ve deşarj sınır değerleri verilmiştir (SKKY, 2004).

Çizelge 6.36. Arıtma Çıkışı Atık Sularının Ağır Metal Ölçüm Sonuçları

Element	Miktar (mg/L)
Krom	0,208
Demir	6,890
Kobalt	0,041
Nikel	2,752
Bakır	3,036
Çinko	6,216
Arsenik	3,148
Kadmiyum	0,037
Kurşun	0,627

Denim atık suyunun arıtma çıkışı ağır metal içeriği incelendiğinde (Çizelge 6.36) miktarlarının düşürüldüğü, uygulanan arıtma işlemlerinin ağır metal yükünün azaltılması bakımından yeterli olduğu görülmektedir. Arıtma girişi 58,922mg/L olan Zn miktarı çıkışta 6,216 mg/L ye düşürülmüştür. Bu şekilde İSKİ Genel Müdürlüğü atıksuların kanalizasyona deşarj yönetmeliğinde belirtilen Zn sınır değerini karşıladığı tespit edilmiştir. Ağır metallerin içerisinde en yüksek Zn, en düşük Cd miktarlarının olduğu görülmüştür.

SKKY'de kıta İçi Su Kaynaklarının ağır metal parametrelerine göre kalite sınıflandırılmasında belirtilen Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd ve Pb miktarı açısından 1.sınıf su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir (SKKY, 2004).

Çizelge 6.37. Bazı Ülkelerin Ağır Metal Deşarj Sınır Değerleri (IFC-EHS, 2007)

Ülkeler	Cr-IV(mg/L)	(Ni (mg/L)	Cu (mg/L)	As (mg/L)	Cd (mg/L)	Pb (mg/L
Bangladeş (tekstil)	0,1	1,0	0,5	0.2	0.5	0,1
Hindistan(endüstri)	0,1	3,0	3,0	0.2	2,0	0,1
Tayland (tekstil)	0.25	1,0	2,0	0.25	0.03	0,2
Sri Lanka (tekstil)	0,1	3,0	3,0	0.2	0.1	0,1
Tayvan (tekstil)	-	1,0	3,0	0.5	0.03	1,0
Vietnam(tekstil)	0,05	0,2	2,0	0.05	0.005	-
İtalya (endüstri)	2, 0	-	0,1	0.5	0.02	0,2
Almanya(endüstri)	-	0,5	0,5	-		-
Çin (endüstri)	-	1,0	0,5	0.5	0.1	1,0
Brezilya(endüstri)		2,0	1,0	0.5	0.2	0,5
Malezya (endüstri)	0,05	0,2	0,2	0.05	0.01	0,1
Türkiye (endüstri)	1.0		3,0	-	0.1	2,0

Denim işletmesi atık suyun arıtma çıkışındaki ağır metal değerleri, Çizelge 6.37'deverilen 11ülkenin sınır değerleri ile karşılaştırıldığında toplam Cr olarak kirlilik parametresi olmadığı, bunun yerine Cr- IV'ün kirlilik parametresi olarak belirlendiği görülmektedir. Toplam krom içeriğinin; Tayland ve İtalya, Ni içeriğinin; Hindistan, Srilanka, Tayvan, Cu içeriğinin; Hindistan, Srilanka, Tayvan, Cd içeriğinin; Bangladeş, Hindistan, Tayland, Sri Lanka, Tayvan, Çin, Brezilya, Pb içeriği açısından; Tayvan, Çin deşarj sınır değerlerini aşmadığı görülmüştür. As içeriği açısından ise bu ülkelerin sınır değerlerini karşılamadığı görülmüştür.

Yapılan araştırmalar Cd, Pb, Zn ve Ni gibi ağır metallerin insan ve çevre üzerinde kanserojen veya toksik etkileri olduğunu doğrulamıştır (Fracasso, Perbellini, Soldà, Talamini & Franceschetti, 2002; Medina, Correa & Barata, 2007**).** Bu nedenle ağır metal kirliliğinin izlenmesi, çevrenin ve biyolojik çeşitliliğinin güvenlik değerlendirmesi için önemlidir.

Genel olarak tekstil endüstrileri, atık sularında Cr (VI), Cd (II), Pb (II), Cu, Ni ve Zn (II) iyonlarının olduğu bildirilmiştir. Bu metal iyonlarının kaynağı

boyarmaddelerdir. Tekstil boyalarındaki renk pigmentleri, krom (Cr), nikel (Ni), çinko (Zn), kurşun (Pb), bakır (Cu) ve kadmiyum (Cd) gibi ağır metaller kullanılarak üretilmektedir (Bhardwaj, Kumar & Singhal, 2014).

Pb, Cd,Cu, As, Ni, Cr, Zn ve Hg, su ortamlarında yüksek çözünürlükleri nedeniyle tehlikeli ağır metaller olarak kabul edilmiştir. Dünya sağlık örgütü (WHO) çevre kirliliğini kontrol etmek için ağır metal için izin verilen deşarj standart limiti belirlemiştir(Ali, Khan&Sajad, 2013). Dünya Sağlık Örgütü (WHO), içme suyundaki krom içeriğinin 0,05 mg /L ve Avrupa Birliği Cr (VI)'nın yüzey suyuna deşarj limitinin 0,05 mg /L olmasını şart koşmaktadır (Pagana, Sklari, Kikkinides & Zaspalis, 2011; Rakhunde, Deshpande& Juneja, 2012).

Tekstil atık sularında Cr metal iyonu azaltmak ve izin verilen sınır değerlere ulaşmak için iyon değişimi (Malaviya & Singh, 2011), Foto-kataliz (Zhao, Zhao, Chen & Wang, 2013), Elektrokimyasal flokülasyon (Gebru & Das, 2018), Membran ayırma (Gao, Sun, Zhu & Chung, 2016),Kimyasal çökeltme (Meng, Bang & Korfiatis, 2000), ve adsorpsiyon(Zhang, Qiantao, Christos & Xiaoguang, 2019) gibi çeşitli yöntemler mevcuttur.

WHO, içme suyunda kabul edilebilir maksimum çinko konsantrasyonunun 5mg /L olmasını önermektedir (Bhattacharya, Mandal & Das, 2006).Kimyasal çöktürme, elektrokimyasal arıtma, iyon değişimi, membran ayırma ve adsorpsiyon gibi çeşitli çinko giderme teknikleri kullanılmaktadır (Zhang, Tong, Wei & Tang, 2011).

Canlılar ve çevremiz üzerindeki zararlı etkilerini azaltmak için atık su içerisindeki Cd miktarı önemlidir. Maksimum kirletici seviyesi (MCL) standartlarına göre izin verilen Cd limiti 0,01mg/ L'dir, limit aşıldığında insan kanserojeni geliştiği bildirilmiştir(Bhanjana, Dilbaghi, Kim & Kumar, 2017).AB çevre kalite standartlarına göre, salınan atık su içerisinde kadmiyum 0,01mg/ L'den az olmalıdır. Ayrıca, ABD Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı ve Ulusal Toksikoloji Programı, kadmiyumu 1. Grupkanserojen metal iyonu olarak kabul etmiştir (Velusamy, Roy, Sundaram & Kumar Mallick, 2021).Pb iyonu, biyolojik olarak parçalanmayan zararlı etkisi nedeniyle toksik ağır metallerden biridir (Arbabi, Hemati & Amiri, 2015). Çevre Koruma Ajansı'na (EPA) göre, atık sudaki Pb^{2+} için izin verilen maksimum sınır 0,05 mg/L'dir (Shafiq vd., 2021).

6.15. Gerçek Denim Atık Suyu Renk Ölçüm Bulguları

Denim üretim işletmesi arıtma girişinden ve çıkışından alınan atık su numunelerinde yapılan renk ölçüm sonuçları sırası ile Çizelge 6.38 ve 6.39'da verilmiştir.

Çizelge 6.38. Arıtma Girişi Atık Sularının Renk Ölçüm Sonuçları

Aylar	Numune 1	Numune 2	Numune 3
Eylül	L: 82.83, a: 1.73 b: 24.18	L:82.51, a:1.81 b: 24.24	L:81,99 a:1.79 b:24,28
Ekim	L:64,23 a: -2.73 b:- 14	L: 64.83, a: -2.62 b: -14	L: 64.83, ort 64.63 a: -2.73 b: -13,45
Kasım	L:34,23 a: 9.73 b: -14	L:34,53 a: 9.73 b: -14	L:34,33 34.36 a: 9.73 b: -14

Çizelge.6.39.Arıtma Çıkışı Atık Sularının Renk Ölçüm Sonuçları

Aylar	Numune 1	Numune 2	Numune 3
Eylül	L:85,24 a: 1.09 b:28,19	L:86,45 a: 1.72 b:29,10	L:86,78 a: 1.99 b:26.92
Ekim	L:67,03 a: 3,65 b:-11.84	L:68,21 a: 5,65 b:15,31	L:68,92,ort 68.05 a: 2.65 b: 16,42
Kasım	L:34,58 a: 10,73 b:-14.00	L:34,93 a: 9,28 b:-13.00	L:34.37 34,62 a: 8.25 b:-14.00

Çizelge 6.38 ve 6.39 incelendiğinde denim atık sularının renginin üretime bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Atık sulara uygulanan kimyasal/biyolojik arıtma yönteminin L (açıklık-koyuluk) değerlerine göre renk giderme verimleri, eylül ayına ait sularda, % 4,48, ekim ayına ait sularda % 5.29, kasım ayına ait sularda ise en düşük olarak % 0.75 olduğu bulunmuştur. Ayrıca, kasım ayında b değeri mavi renkli atık su olduğunu göstermektedir. Önceki çalışmalarda da belirtildiği gibi, su içerisinde suda çözünebilen boyarmadde partikülleri olduğunda mikroorganizmalar bu tür bileşikleri biyolojik olarak parçalayamazsalarda, boyanın bir kısmını emerek, atıksuyun rengini azaltmaktadırlar (Kumar & Saravanan, 2017).

6.16. Atık Su Numunelerinin Kirlilik Parametreleri Açısından Genel Değerlendirilmesi

Çizelge 6.40. Atık Su Kirlilik Paremetre Giderim Verimleri

Parametre	Giriş ortalama değeri (mg/L)	Çıkış ortalama değeri(mg/L)	% verim
$BOİ_5$	365,58	11,92	96,73
KOİ	985,69	150,20	84,76
AKM	43,01	20,93	51,33
TOC	188,74	28,63	84,83
Serbest Klor	1,48	0.071	52,02
Toplam Klor	1,77	0,077	95.64
Toplam Alkalinite	809,11	77,66	90,40
OH Alkalinitesi	16,63	16,70	0,18
Toplam Katı Madde	4019,02	177,75	95,57
Toplam Azot	16,94	4,94	70,83
Yağ ve Gres	16,26	9,57	41,14
Toplam Fosfor	2.05	0,36	82,43
Krom (Cr^{+3},Cr^{+6})	1,876	0,208	88,91
Demir	29,302	6,890	76,48
Kobalt	0,157	0,041	73,88
Nikel	3,850	2,752	28,51
Bakır	3,614	3,036	15,99
Çinko	58,922	6,216	89,45
Arsenik	2,765	3,148	Artış 13,85
Kadmiyum	0,079	0,037	53,16
Kurşun	0,565	0,627	Artış 10

Çizelge 6.40'ta arıtma işlemine girişte ve çıkışta alınan denim atık su numunelerinin analiz sonuçları, giderim verim değerleriyle birlikte verilmiştir.

Arıtma girişinden alınan numunelerde ölçülen kirlilik parametreleri değerlendirildiğinde arıtılmadan doğrudan alıcı ortama deşarj veya yeniden kullanım için uygun olmadığı görülmüştür. Yapılan farklı çalışmalarda da arıtılmamış tekstil atık suları çok yüksek KOİ, renk seviyeleri ve aşırı pH değerleri ile karakterize edilmiştir(Varol, Uzal, Dilek, Kitis & Yetis, 2015).Denim ürünlerinde farklı görünüm elde edilmesi amacıyla yıkama işleminde kullanılan kimyasalmaddelerin KOİ ve renk değerini yükselttiği düşünülmektedir.

Arıtma verimleri incelendiğinde, denim atık suyunu arıtmak için uygulanan işlemlerin OH Alkalinitesi giderimi dışındaki deşarj için belirlenen kirlilik parametre değerleri sağlamak için yeterli olduğu görülmektedir. Denim atık suları için sırasıyla fiziksel, kimyasal/biyolojik arıtma yöntemlerinin $BOİ_5$, toplam klor, toplam alkalinite ve toplam katı madde miktarlarının azaltılmasında %90'ın üzerinde bir verim sağlandığı tespit edilmiştir. Sistemin OH alkanilite gideriminde ise yeterli olmadığı, %0,18 verimyüzdesi elde edildliği belirlenmiştir.

Arıtma öncesi ve sonrasında ölçülen KOİ değerlerinin BOİ'den yüksek olduğu görülmüştür. Bunun nedeni KOİ değerinin, BOİ den farklı, biyolojik yollarla ayrışmayan bazı maddeleri de ifade etmesidir. BOİ ve KOİ açısından yüksek değerlere sahip atıksuların etkisi ile deşarj edildikleri suyun içerisindeki çözünmüş oksijen miktarı azalacak ve suculcanlılar, yaşamlarını devam ettirebilmek için gerekli oksijeni bulamayacaklardır. Bu yüzden bu atık sular çevre için tehdit oluşturacaktır. Aktif çamur arıtma tesisi sayesinde, denim üretim tesislerinden gelen BOİ''nin %96,73 verimle azaltıldığı tespit edilmiştir. Arıtma işlemi dışında denim üretiminde kullanılan bazı kimyasal maddelerin değiştirilmesi ile kirlilik yükünün %30 oranında azaltılabileceği tespit edilmiştir. Yüksek BOİ'li sabunlar yerine düşük BOİ oluşturan sentetik deterjanların kullanımının BOİ değerini düşürebileceği gösterilmiştir (Erol, 2007). Karboksimetil selüloz gibi düşük BOİ'li haşıllama maddeleri kullanılarak da toplam BOİ yükü %40– 90 oranında azaltılabilmektedir (Babu, Rana, Krishna & Sharma, 2000).

Bu çalışmada denim üretim işletmesinde uygulanan kimyasal ve biyolojik arıtma uygulanması ile BOİ azaltımının sağlanabildiği görülmüştür. Uygulanan uzun havalandırmalı (12-48 saat) aktif çamur sisteminin BOİ giderme verimi üzerinde olumlu

etkiye sahip olduğu düşünülmektedir. Sisteme mekanik olarak sağlanan hava, mikroorganizmalara metabolizmaları için gerekli oksijeni üretmiştir. Mikroorganizmalar, içeriye akan atık sulardaki besinlerle büyür ve beslenir. Bu mikroorganizmaların büyümesi ile sistemin BOİ'yi uzaklaştırma etkinliği arasında bir ilişkinin olduğu önceki çalışmalarda da bildirilmiştir (US EPA,2021).

Arıtma çıkışında toplam azot değerinde % 70,83, toplam fosfor değerinde % 82,43 verimle giderim sağlandığı tespit edilmiştir. Sanayi üretimi kaynaklı azot ve fosfor alıcı su ortamlar için spesifik kirleticiler olup, ötrofikasyonun oluşumunda etkilidirler. Bu nedenle atık suların eko sisteme deşajlarında ötrofik hale gelme risk değerlendirilmesinde azot ve fosfor paremetre değerlerinin özellikle dikkate alınmasının gerekli olduğu düşünülmektedir. Arıtma girişinde toplam azot miktarının yüksek olmasının, biyolojik büyümeyisürdürmek için arıtma sistemine azot eklemesinden kaynaklandığı düşünülmektir (US EPA, 2021).

Atık sudaki organik maddenin miktarı; denim üretim fabrikasında boyama, ağartma ve terbiye işlemleri sırasında kullanılan sabunlar, ağartıcılar ve aktivatörlerden (NaOH) kaynaklandığı düşünülmektedir. TOC giderim veriminin %84,83 olması uygulanan arıtma işleminin istenilen verimliliği sağladığını göstermektedir. Aynı zamanda katı madde azaltma verimliliği de %95,57 dir. Azot giderim verimi de % 70,83,olup bir fiziksel ve kimyasal /biyolojik arıtma için iyi sayılabilecek verimlilikleri ifade etmektedir.Verimlilikdeğerleri önceki çalışmalar ile uyumludur (Hayat vd., 2015).

Denim atık sularda ağır metal giderimlerinde, Cr ve Zn için yaklaşık %89 oranı ile en yüksek oranda sağlandığı görülmüştür. Pb ve As mikrarlarında ise artış görülmüştür. Bu artışın, biyolojik arıtma sırasında boyarmaddelerin ve yardımcı kimyasal maddelerin bir kısmının çözünmesi sonucunda farklı anyonların ve katyonların suya geçmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Hayat vd., 2015).

Çizelge 6.41. Arıtılmış Atık Suyun İçerdiği Kimyasallar Açısından Uluslararası İçme Suyu Standartlarıyla Kıyaslanması (Milli Eğitim Bakanlığı, 2011).

Parametre	Çıkış ortalama değeri (mg/L)	% verim	Türk TSE(mg/L)	Avrupa Birliği (mg/L)	WHO Dünya Sağlık Örgütü (mg/L)	EPA/ USA (mg/L)
Krom (Cr^{+3},Cr^{+6})	0,208	88,91	0,05	0,05	--	2
Demir	6,890	76,48	0,3	0,2	0,3	0,3
Kobalt	0,041	73,88	-	-	-	-
Nikel	2,752	28,51	0,05	0,05	0,02	-
Bakır	3,036	15,99	1	-	1	1
Çinko	6,216	89,45	5	-	5	5
Arsenik	3,148	Artış 13,85	0.05	0,01	0,05	0,05
Kadmiyum	0,037	53,16	0,005	0,005	0,005	0,005
Kurşun	0,627	Artış 10	0,05	0,01	0,05	-

Çizelge 6.41incelendiğinde arıtma çıkışından alınan numunelerde ölçülen ağır metal değerlerinin, Avrupa Birliği, Dünya Sağlık Örgütü, Amerika Birleşik Devletleri ve TSE standart değerlerini karşılamadığı görülmektedir. Atıksular içme suyu olarak kullanılmayacaktır, ancak endüstriyel atık sular, ekosisteme deşarj edildiklerinde, tarımsal amaçlı kullanılabilmektedirler. Temiz su kaynaklarına karışarak, içerdikleri organik, inorganik maddeler ile kimyasal, renk, bulanıklılık, koku ile fiziksel ve bakteri, mantar ile biyolojik kirlilik meydana getirmektedirler. Bir yandan doğal su kaynaklarının korunması diğer yandan da halk sağlığının korunması için su kalite parametreleri ölçümleri düzenli olarak yapılmasının gerekli olduğu görülmüştür.

Uluslararası Kanser Araştırmaları Örgütü'ne göre suda bulunan ve insanlarda kansorojen etkisi bulunan başlıca maddelerin içinde; As ve bileşikleri, Cr ve bileşikleri,

Ni ve bileşikleri deyer almaktadır. Toksik olan ağır metaller, düşük konsantrasyonlarda dahi canlı organizmalar tarafından absorbe edilebilirler. Bu metallerin karmaşık kimyasal formu ve biyolojik olarak parçalanmaması nedeniyle temizlenmesi zordur. Ayrıca ağır metallerin canlı organizmalarda birikimleri ciddi bir sağlık sorununa neden olmaktadır. Atık su içerisindeki ağır metal iyonları yeterli arıtma yapılmadan deşarj edildiklerinde doğal topraklarımızın ve su kaynaklarımızın, zararlı bir şekilde kirleneceği düşünülmektedir.

Cr iyonları içeren atık sular toksisitesi ve çevrede kalıcılığı nedeniyle özel bir endişe kaynağıdır.Biyolojik araçların krom toksisitesi tarafından bozulması muhtemel olduğundan, kromun giderilmesi için fizikokimyasal teknolojiler yaygın olarak kullanılmaktadır (Malaviya & Singh, 2011).

Pb iyonları, biyolojik olarak parçalanmayan zararlı etkisi nedeniyle toksik ağır metallerden biridir (Younas vd., 2017).Pb (II)'nin uzaklaştırılması için flokülasyon, iyon değişimi, indirgeme, membran filtrasyonu, solvent ekstraksiyonu, biyosorpsiyon, kimyasal çökeltme, ters ozmoz, adsorpsiyon, vb. gibi çeşitli geleneksel arıtma teknikleri uygulanmıştır. Bu yöntemlerin çoğu, yüksek işletme maliyeti, büyük sermaye yatırımıgerektirmektedir (Wang vd. 2016).

6.17. Kitosan ile Renk Giderimi Bulguları

laboratuvar ortamında,50 g/L Indigo Blue boyarmaddesi ve farklı miktarlarda kitosan içeren 10 adet renkli su hazırlanmıştır. Hazırlanan bu renkli sulara, belirlenen koşullarda absorbsiyon işlemi uygulanarak, spektrofotometre ile bugün yaygın olarak kullanılan CIE L* a*b* renk sistemine göre ölçümler yapılmıştır. Her renk ölçümü 3 kez tekrarlanarak ortalama değerler sonuçlar Çizelge 6.42'de verilmiştir.

Çizelge 6.42. Indigo Blue Sulu Çözeltisinde Renk Ölçüm Bulguları

	Kitosan A			Kitosan B		
Renk Koordinatları	**L**	**a**	**b**	**L**	**a**	**b**
50 g/L Indıgo Blue	34,25	-3,70	-4,82	34,25	-3,70	-4,82
50 g/L Indıgo Blue+50 g/L kitosan ve 30 dk çökeltme	56,32	-16,76	5,46	43,18	-10,55	-7,04
50 g/L Indıgo Blue+50 g/L kitosan ve 45 dk. çökeltme	69,71	-10,73	1,66	68,23	-11,30	-6,35
50 g/L Indıgo Blue+50 g/L kitosan ve 60 dk. çökeltme	7,39	-5,65	-3,48	0,04	-0,02	0,05

Çizelge 6.42'de verilen renk değerlerine göre; sadece İndıgo Blur boyarmaddesi içeren absorbsiyon işlemi uygulanmamış çözeltinin L değeri koyu, a değeri yeşil, b değeri mavi tonu olduğunu göstermektedir. Çökeltme süresinin değiştirildiği absorbsiyon işlemi sonrası renk ölçümleri incelendiğinde; Kitosan A için; 30 dk bekletme sonrası L değerinde açılma, b değerinde de sarı renge dönüş olduğu,45 dk sonrasında ise L tonunda açılmanın arttığı yeşil ve sarı tonlarının olduğu, 60 dk. Bekletme sonrasında ise renk tonunda koyulaşma yani L değerinde düşüş olduğu, b değerinin de tekrar mavi tonu gösterdiği tespit edilmiştir. Kitosan B için; 30 dk bekletme sonrası L değerinde açılma, yeşil ve mavi tonlarında sayısal değişimin olduğu, 45 dk sonrasında ise L tonunda açılmanın arttığı, 60dk. bekletme sonrasında ise renk tonunda koyulaşmanın olduğu yani L değerinde büyük bir düşüş olduğu, tespit edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar yorumlandığında, kitosanın Indıgo Blue boyarmaddesi içeren renklisularda absorban madde olarak renk giderimindeetkili olduğu tespit edilmiştir. En fazla renk giderimiinin ve 45dk bekletme süresinde olduğu,60 dk. Bekletme süresinde ise renk giderim etkisinin kaybolduğubelirlenmiştir.

Kitosanınkimyasal yapısınında etkili olduğu, deasitilasyon derecesi 85 olan kitosan ile 45dk.renk giderimde verim% 103 iken, deastilasyon derecesi %75 olanda verim %99.21 olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar bu alanda yapılan çalışmalar ile uyumlu olmuştur. Szygula vd. (2009), 100 mg/l kitosan çözeltisi kullanarak asit mavi 92

ile renklendirilmiş suda %99 renk giderimi gerçekleştirmiştir (Szyguła, 2009). Mahmoodi ve arkadaşları, asit yeşil 25 ile renklendirilmiş su için %75, direk kırmızı 23 içeren atıksu için ise %95 oranında renk giderimi gerçekleştirebilmişlerdir (Mahmoodi, Hayati, Arami, & Lan, 2011).

BÖLÜM 7

SONUÇ VE ÖNERİLER

Elde edilen analiz sonuçları, klasik fiziksel, biyolojik/kimyasal arıtma yöntemlerinin denim üretimi atık sularının, tekstil sektörü için belirlenen kirlilik parametreleri açısındanulusal atık su standartlarını sağlamak için yeterli olduğunu göstermiştir.

Denim atık sularının arıtılmasında fiziksel arıtmanın ilk adım olarak uygulanmasının askıda kalan madde miktarının azaltılabilmesi ve sonraki arıtma işlem verimlilikleri için faydalı olduğunu görülmüştür.

BOİ''nin % 96,73 verimle azaltıldığı ve uzun havalandırmalı (12-48 saat) aktif çamur sisteminin BOİ giderme verimi üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu görülmüştür.

Arıtma çıkışında toplam azot değerinde % 70,83, toplam fosfor değerinde % 82,43 verimle giderim sağlandığı tespit edilmiştir.

Ağır metal içerikleri, arıtma çıkışında atık su SKKY 'de belirtilen parametreleri ve sınır değerleri karşılamaktadır ancak insan sağlığı açısından risk oluşturabilecek ağır metallerinde deşarj parametrelerine dâhil edilmesinin gerekli olduğu düşünülmektedir**.** Ağır metal giderimlerinde, Cr ve Zn için yaklaşık %89 oranı ile en yüksek oranda sağlandığı görülmüştür. Kurşun ve arsenik mikrarlarında ise artış görülmüştür.

Ulusal ve uluslararası endüstriyel kirlilik mevzuatlarının incelenmesinin sonunda alt katagorilerde denim üretimi atık sularına ilişkin kirlilik parametlerinin olmadığı tespit edilmiştir. Tekstil sektörü ile ilgili çevresel sorunlara etkili önlemler planlamak

için tekstil endüstrisinin üretim alanlarını kapsayacak alt katogarilerin oluşturulmasının gerekli olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmanın bir parçası olan tekstil endüstrisine sahip ülke klavuzlarında yer alan parametrelerin ve sınır değerlerinin incelenmesi, sonucunda ülkeden ülkeye değişen kirlilik parametreleri ve sınır değerleri olduğu tespit edilmiştir. Hammaddeden başlayıp, üretim ve tüketim zincirleri düşünüldüğünde tekstil atık suları küresel bir şekle dönüşmektedir. Bu nedenle denim üretimi için uluslararası tek tip bir atıksu deşaj kılavuzu uygulanarak yeryüzündeki tüm su kaynaklarının kirlilik yükünün azaltılabileceği düşünülmektedir.

Türkiye'de üretimi mümkün olan, deniz ürünü atıklarından üretilen kitosanın denim üretiminde yaygın kullanılan Indigo Blue boyarmaddesi içeren sularının renk gideriminde etkin bir şekilde kullanılabileceği tespit edilmiştir. Absorbsiyon işleminde bekletme süresi ve kitosanın kimyasal yapısının da verim için önemli parametrelerden olduğu ortaya konmuştur.

Artan su sıkıntısına çözüm olarak, denimişleme atık sularını arıtılmasının yeniden kullanımına imkân verecek şekilde yapılması önerilmektedir.

Denim atıksularında, renk parametresinin doğru ölçümü için atıksu türüne ve içeriğine uygun renk ölçüm metotları kullanılmalıdır.

KAYNAKLAR

Akçakoca, P. (1999). Denim kumaşlar ve indigo boyamacılığı. *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi, 2*, 136-143.

Akçay, M.U.,İnan, H., & Yiğit, Z. (2007). *İçme suyunda dezenfeksiyon yan ürünleri ve kontrolü*. 7.Ulusal Çevre Mühendisleri Kongresinde sunulan bildiri, İzmir.

Ali, H., Khan, E., & Sajad, M.A. (2013). Phytoremediation of heavy metals-concepts and applications. *Chemosphere, 91*(7), 869-881.

Alkalite analiz yöntemi. (2013). https://www.cevremuhendisleri.net/konu/alkalinite-analiz-yontemi-iski.9187/adresinden erişildi.

Allègre, C., Moulin, P., Maisseu, M., & Charbit, F. (2004). Savings and re-use of salts and water present in dye house effluents. *Desalination, 162*, 13-22.

Altun, A. (2016). *Tekstil endüstrisi atıksularında danecik boyut dağılımı temelli koi, tok ve renk profilleri üzerine biyolojik arıtmanın etkisi.* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Amar, N.B., Kechaou, N., Palmeri, J., Deratani, A., & Sghaier, A. (2009). Comparison of tertiary treatment by nanofiltration and reverse osmosis for water reuse in denim textile industry. *Journal of Hazardous Materials, 170* (1), 111-117.

APHA, American Public Health Association. (2005). Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, Washington, USA. 15 Ağustos 2018 tarihinde https:// www.asaanalytics.com/color analysis.html adresinden erişildi.

Aprile, M.C.,& Fiorillo, D. (2017). Water conservation behavior and environmental concerns: Evidence from a representative sample of Italian individuals. *Journal of Cleaner Production, 159*, 119-129.

Aravind, U.K., George, B., Baburaj, M.S., Thomas, S., Thomas, A.P., & Aravindakumar, C.T. (2010). Polielektrolit membranlar kullanarak endüstriyel atıkların arıtılması. *Tuzdan arındırma, 252*(1-3), 27-32.

Arbabi, M., Hemati, S., & Amiri, M. (2015). Removal of lead ions from industrial wastewater: A review of Removal methods. *International Journal of Epidemiologic Research, 2*(2), 105-109.

Arumugham, T., Kaleekkal, N. J., & Rana, D. (2018). Fabrication of novel aromatic amine functionalized nanofiltration (NF) membranes and testing its dye removal and desalting ability. *Polymer Testing, 72*, 1-10.

Asghar, A., Raman, A.A.A., & Daud, W.M.A.W. (2015). Advanced oxidation processes for in-situ production of hydrogen peroxide/hydroxyl radical for textile wastewater treatment: a review. *Journal of cleaner production*, *87*, 826-838.

Ashtoukhy, E.S.Z.E. (2014). Removal of color and cod from aqueous solution containing dyes by electrocoagulation in a new cell. *Environmental Engineering and Management Journal*, *13*(3), 499-508.

Atıksu Miktar ve Özellikleri [PDF belgesi]. XXXX 2022 tarihinde https://webdosya.csb.gov.tr/db/destek/icerikler/bolum_1-20191127122643.pdf adresinden erişildi.

Atıksuların Deşarj Yönetmeliği-İSKİ. (2019). http://www.iski.gov.tr›Mevzuat ve Yönetmelikler adresinden erişildi.

Avagyan, R., Luongo, G., Thorsén, G., & Östman, C. (2015). Benzothiazole, benzotriazole, and their derivates in clothing textiles-a potential source of environmental pollutants and human exposure. *Environmental Science and Pollution Research*, *22*(8),5842-5849.

Babu, B.V., Rana, H.T., Krishna, V.R., & Sharma, M. (2000). C.O.D. Reduction of Reactive Dyeing Effluent from Cotton Textile Industry. *Journal of the Institution of Public Health Engineers*, *4*, 5-11.

Bayram, T. T., Altıkat, A., & Torun, F. E. (2011). Avrupa Birliği ve Türkiye'de Çevre Politikaları Environmental. *Journal of the Institute of Science and Technology*, *1*(1), 33-38.

Bhanjana, G., Dilbaghi, N., Kim, K.H., & Kumar, S. (2017). Carbon nanotubes as sorbent material for removal of cadmium. *Journal of Molecular Liquids*, *242*, 966-970.

Bhardwaj, V., Kumar, P., & Singhal, G. (2014). Toxicity of heavy metals pollutants in textile mills effluents. *International Journal of Scientific and Engineering Research*, *5*(7), 2229-5518.

Bhattacharya, A.K., Mandal, S.N., & Das, S.K. (2006). Adsorption of Zn (II) from aqueous solution by using different adsorbents. *Chemical Engineering Journal 123*(1-2), 43-51.

Birgül, A. (2006). *Tekstil endüstrisi atıksu arıtımında ileri oksidasyon proseslerinin kullanımı*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Uludağ Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Biroğul, N. (2012). *Bir tekstil atık suyunun koagülasyon–flokülasyon–membran filtrasyon süreçleri ile arıtılabilirliğinin incelenmesi.* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Boussu, K., Zhang, Y., Cocquyt, J., Van der Meeren, P., Volodin, A., Van Haesendonck, J.A.C, Martens, B., & Van der Bruggen, B. (2006). Characterization of polymeric nanofiltration membranes for systematic analysis of membrane performance. *Journal of Membrane Science*, *278*(1-2), 418-427.

Carmen, Z.,& Daniela, S. (2012). Textile organic dyes-characteristics, polluting effects and separation/elimination procedures from industrial effluents-a critical overview. Tomasz Puzyn & Aleksandra Mostrag (Ed.), *Organic Pollutants Ten Years After the Stockholm Convention-Environmental and Analytical Update içinde (s.* 55-86). Rijeka: IntechOpen.

Chang, P.H., Huang, Y.H., Hsueh, C.L., Lu, M.C., & Huang, G.H. (2004). Treatment of non-biodegradable wastewater by electro-Fenton method. *Water Science and Technology*, *49*(4), 213-218.

Chang, W.S., Tran, H.T., Park, D.H., Zhang, R.H., & Ahn, D.H. (2009). Ammonium nitrogen removal characteristics of zeolite media in a Biological Aerated Filter (BAF) for the treatment of textile wastewater. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, *15*(4), 524-528.

Chiavone Filho, O., Albuquerque, L.F., Salgueiro, A.A., & Melo, J.L.D.S. (2013). Coagulation of indigo blue present in dyeing wastewater using a residual bittern.

Choudhury, A.K.R. (2021). Technologies for the management of wastewater generated in wet processing. Rajkishore Nayak & Asis Patnaik (Ed.), *Waste Management in the Fashion and Textile Industries içinde* (s. 99-129).Cambridge: Woodhead Publishing.

Çalışkan, N. (2021). *Reaktif boyama sonrası yıkamalarda, reaktif boyama atıksularının tekrar kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Bursa Uludağ Üniversitesi/ Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Çelik, S. (2021). Kitosan-şeker pancarı posası biyokompozit sorban sisteminin anyonik boyarmadde biyosorpsiyon potansiyeli. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 11*(2), 325-338. doi: 10,17714/gumusfenbil.732646.

Çetiner, S. (2006). *Seçilmiş denim kumaş ve dikiş ipliklerinde yıkama işleminin dikiş performansı üzerindeki etkisi*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.

Daneshvar, N., Aber, S., Khani, A., & Khataee, A. R. (2007). Study of imidaclopride removal from aqueous solution by adsorption onto granular activated carbon using an on-line spectrophotometric analysis system. *Journal of hazardous materials*, *144*(1-2), 47-51).

De Jager, D., Sheldon, M. S., & Edwards, W. (2014). Colour removal from textile wastewater using a pilot-scale dual-stage MBR and subsequent RO system. *Separation and Purification Technology*, *135*, 135-144.

Deniz, F. (2020). Tekstil Endüstrisi Atıksularının Arıtımına Yönelik Yeşil Nesil Bir Arıtım Uygulaması. *Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi – C Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji, 9*(2), 273-283. doi: 10,18036/estubtdc.542799.

Dey, S.,& Islam, A. (2015). A review on textile wastewater characterization in Bangladesh. *Resources and Environment, 5*(1), 15-44.

Du, W.,Zuo, D., Gan, H., &Yi, C.(2019). Comparative study on the effects of laser bleaching and conventional bleaching on the physical properties of indigo kapok/cotton denim fabrics. *Applied Sciences, 9*(21), 4662.

Eltem, R. (2008). *Atık Sular ve Arıtım*. İzmir: Ege Üniv. Fen Fakültesi Yayınları No: 172.

Erol, E. (2007). *Pamuklu tekstil endüstrisi atık sularının arıtımı.* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Kocaeli Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.

Erkuş, A., Oygun, E., Türkmenoğlu, M., & Aldemir, A. (2018). Boya Endüstrisi Atıksularının Karakterizasyonu. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *23*(3), 308-319.

Fracasso, M. E., Perbellini, L., Soldà, S., Talamini, G., & Franceschetti, P. (2002). Lead induced DNA strand breaks in lymphocytes of exposed workers: role of reactive oxygen species and protein kinase C. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis, 515*(1-2), 159-169.

Franke, N.,& Mathews, R. (2013). C&A's water footprint strategy: cotton clothing supply chain. *Water Footprint Network, Enschede, Netherlands & C&A Foundation, Zug, Switzerland*.

Gao, J., Sun, S.P., Zhu, W.P., & Chung, T.S. (2016). Green modification of outer selective P84 nanofiltration (NF) hollow fiber membranes for cadmium removal. *Journal of Membrane Science, 499,* 361-369.

Garbarino, E., Orveillon, G., & Saveyn, H. G. (2020). Management of waste from extractive industries: The new European reference document on the Best Available Techniques. *Resources Policy, 69*, 101782.

Gebru, K.A.,& Das, C. (2018). Removal of chromium (VI) ions from aqueous solutions using âmine-impregnated TiO2 nanoparticles modified cellulose acetate membranes. *Chemosphere, 191*, 673-684.

Ghaly, A.E., Ananthashankar, R., Alhattab, M., & Ramakrishnan, V. V. (2014). Production, characterization and treatment of textile effluents: a critical review. *J. Chem. Eng. Process Technol. 5*(1), 1-19. https://doi.org/10.4172/2157-7048.1000182.

Gholami-Borujeni, F., Mahvi, A.H., Naseri, S., Faramarzi, M.A., Nabizadeh, R., & Alimohammadi, M. (2011). Application of immobilized horseradish peroxidase

for removal and detoxification of azo dye from aqueous solution. *Res J Chem Environ*, *15*(2), 217-222.

Gill, P.,& Gill, P. (2020). Diversification of denim. *Man-Made Textiles in India*, *48*(5), 155-162.

Gopalakrishnan, M., Karthikka, M., & Saravanan, D. (2021). A sustainable method of color removal in textile wastewater using nanocomposites. Subramanian Senthilkannan Muthu (Ed.), *Sustainable Technologies for Textile Wastewater Treatmentsiçinde* (s.13-34).Cambridge: Woodhead Publishing.

Hadjltaief, H.B., Da Costa, P., Beaunier, P., Gálvez, M.E., & Zina, M.B. (2014). Fe-clay-plate as a heterogeneous catalyst in photo-Fenton oxidation of phenol as probe molecule for water treatment. *Applied Clay Science*, *91*, 46-54.

Haque, N. (2017). Exploratory analysis of fines for water pollution in Bangladesh. *Water Resources and Industry*, *18*, 1-8.

Hao, O. J.,Kim, H., & Chiang, P. C. (2000). Decolorization of wastewater. *Critical reviews in environmental science and technology*, *30*(4), 449-505.

Hayat, H., Mahmood, Q., Pervez, A., Bhatti, Z.A., & Baig, S.A. (2015). Comparative decolorization of dyes in textile wastewater using biological and chemical treatment. *Separation and Purification Technology*, *154*, 149-153.

He, Z.,Li, M., Zuo, D., Xu, J., &Yi, C. (2019).Effects of color fading ozonation on the color yield of reactive-dyed cotton. *Dyes and Pigments*, *164*, 417–427.

Hina, K.,Zou, H., Qian, W., Zuo, D., &Yi, C. (2018). Preparation and performance comparison of cellulose-based activated carbon fibres. *Cellulose*, *25*(1), 607–617.

Huq, M.E. (2003). A Compilation of Environment Laws Administrated By the Department of Environment. *Department of Environment and Bangladesh Environmental Management Project (BEMP), Dhaka*.

Ibrahim, N.A., Moneim, N.M.A., Halim, E.A., & Hosni, M.M. (2008). Pollution prevention of cotton-cone reactive dyeing. *Journal of Cleaner Production*, *16*(12), 1321-1326.

IFC-EHS: International Finance Corporation-:Çevre, Sağlık ve Güvenlik) Yönergeleri, (2007). www.ifc.org › sustainability-at-ifc › policies-standards adresinden erişildi.

İleri, S.,& Karaer, F. (2011). Tekstil işletmesi atıksularında fenton prosesi ile akut toksisite giderimi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 16*(2).

İSKİ Mevzuat. (2013). http://www.iski.gov.tr/web/assets/SayfalarDocs/Mevzuat%20ve%20Y%C3%B6netmelikler/%C4%B0SK%C4%B0%20ATIKSULARIN%20KANAL%C4%B0ZASYONA%20DE%C5%9EARJ%20Y%C3%96NETMEL%C4%B0%C4%9E%C4%B0-14012019.pdf adresinden erişildi.

Joshi, M., Bansal, R., & Purwar, R. (2004). Colour removal from textile effluents.*Indian Journal of Fibre and Research, 29*(2), 239-259.

Joshi, V.J.,& Santani, D.D. (2012). Physicochemical characterization and heavy metal concentration in effluent of textile industry. *Universal Journal of environmental research & technology, 2*(2).

Jun, L. Y., Mubarak, N. M., Yee, M. J., Yon, L. S., Bing, C. H., Khalid, M., & Abdullah, E. C. (2018). An overview of functionalised carbon nanomaterial for organic pollutant removal. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 67*, 175-186.

Kahraman, Ö.,&Şimşek, İ. (2020). Color removal from denim production facility wastewater by electrochemical treatment process and optimization with regression method. *Journal of Cleaner Production, 267*, 122168.

Kalaycı, E. (2021). *Tekstil sanayiinde boyahane atıksuyundan ısı geri kazanımı: gerçek bir işletme örneği*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Kırklareli Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırklareli.

Kasiri, M. B. (2019). Application of chitosan derivatives as promising adsorbents for treatment of textile wastewater. *The Impact and Prospects of Green Chemistry for Textile Technology*, 417-469.

Karthik, T.,& Gopalakrishnan, D. (2014). Environmental analysis of textile value chain: an overview. *Roadmap to sustainable textiles and clothing*, 153-188.

Katheresan, V., Kansedo, J., & Lau, S. Y. (2018). Efficiency of various recent wastewater dye removal methods: A review. *Journal of environmental chemical engineering, 6*(4), 4676-4697.

Kavitha, E., Sowmya, A., Prabhakar, S., Jain, P., Surya, R., & Rajesh, M.P. (2019). Removal and recovery of heavy metals through size enhanced ultrafiltration using chitosan derivatives and optimization with response surface modeling. *International Journal of Biological Macromolecules, 132*, 278-288.

Khan, A.A.,& Husain, Q. (2005). Potential of immobilized bitter gourd peroxidases in the decolorization and removal of textile dyes from polluted wastewater and dyeing effluent. *Chemosphere, 60*(3), 291-301.

Khan, M.B., Lee, X.Y. Nisar, H.Ng.C.A., Yeap, K.H., & Malik, A. S. (2015). Digital image processing and analysis for activated sludge wastewater treatment. *Signal and image analysis for biomedical and life sciences*, 227-248.

Khataee, A.R., Dehghan, G., Ebadi, A., Zarei, M., & Pourhassan, M. (2010). Biological treatment of a dye solution by Macroalgae Chara sp. Effect of operational parameters, intermediates identification and artificial neural network modeling. *Bioresource technology*, *101*(7), 2252-2258.

Khatri, A., Peerzada, M.H., Mohsin, M., & White, M. (2015). A review on developments in dyeing cotton fabrics with reactive dyes for reducing effluent pollution. *Journal of Cleaner Production, 87,* 50–57.

Khehra, M.S., Saini, H.S., Sharma, D.K., Chadha, B.S., & Chimni, S.S. (2005). Bakteri konsorsiyumu tarafından çeşitli azo boyaların renk giderimi. *Boyalar ve pigmentler*, *67*(1), 55-61.

Kumar, P.S.,& Saravanan, A. (2017). Sustainable waste water treatment technologies. Subramanian Senthilkannan Muthu (Ed.), *Detox Fashioniçinde* (s.1-25).Berlin: Springer.

Kuzu, E., K. (2018). *Reçel ve tekstil endüstrileri atık sularının nanofiltrasyon yöntemiyle arıtımı* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Levine, A.D., Tchobanoglous, G., & Asano, T. (1985). Characterization of the size distribution of contaminants in wastewater: treatment and reuse implications. *Journal (Water Pollution Control Federation)*, 805-816.

Li, H., Zhou, B., Tian, Z., Song, Y., Xiang, L., Wang, S., & Sun, C. (2015). Efficient biological nitrogen removal by Johannesburg-Sulfur autotrophic denitrification from low COD/TN ratio municipal wastewater at low temperature. *Environmental Earth Sciences, 73*(9), 5027-5035.

Liang, C. Z., Sun, S. P., Li, F. Y., Ong, Y. K., & Chung, T. S. (2014). Treatment of highly concentrated wastewater containing multiple synthetic dyes by a combined process of coagulation/flocculation and nanofiltration. *Journal of Membrane Science*, *469*, 306-315.

Liu, M., Lü, Z., Chen, Z., Yu, S., & Gao, C. (2011). Comparison of reverse osmosis and nanofiltration membranes in the treatment of biologically treated textile effluent for water reuse. *Desalination, 281*, 372–378. doi: 10.1016/j.desal.2011.08.023.

Lotito, A.M., Fratino, U., Bergna, G., & Di Iaconi, C. (2012). Integrated biological and ozone treatment of printing textile wastewater. *Chemical Engineering Journal*, *195*, 261-269.

Mahmoodi, N. M., Hayati, B., Arami, M., & Lan, C. (2011). Adsorption of textile dyes on pine cone from colored wastewater: kinetic, equilibrium and thermodynamic studies. *Desalination*, *268*(1-3), 117-125.

Malaviya, P.,& Singh, A. (2011). Physicochemical Technologies for remediation of chromium-containing waters and wastewaters. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 41(12), 1111-1172.

Martínez-Huitle, C.A., Rodrigo, M.A., Sires, I., & Scialdone, O. (2015). Single and coupled electrochemical processes and reactors for the abatement of organic water pollutants: a critical review. *Chemical reviews*, *115*(24), 13362-13407.

Martinez N.S.S, Fernandez, J.F., Segura, X.F., & Ferrer, A.S. (2003). Pre-oxidation of an extremely polluted industrial wastewater by the Fenton's reagent. *Journal of Hazardous Materials B101*. 315-322.

Medina, M.H., Correa, J.A., & Barata, C. (2007). Micro-evolution due to pollution: possible consequences for ecosystem responses to toxic ort. *Chemosphere, 67*(11), 2105-2114.

Meltem, B. (2019). *Tekstil endüstrisinde kullanılan boyarmaddeler, zararlı kimyasal içerikleri ve ozon oksidasyonu ile arıtılmalarının koi ve renk bileşenleri üzerine etkisi* . Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi.

Meng, X., Bang, S., & Korfiatis, G. P. (2000). Effects of silicate, sulfate, and carbonate on arsenic removal by ferric chloride. *Water Research, 34*(4), 1255-1261.

Milli Eğitim Bakanlığı. (2011). Suların Analiz Parametreleri, 850CK0011. http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Sular%C4%B1n%20Analiz%20Parametreleri.pdf adresinden erişildi.

Minareci, O.,& Çakır, M. (2018). Adıgüzel Baraj Gölü'nde (Denizli/Türkiye) deterjan, fosfat, bor ve ağır metal kirliliğinin belirlenmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology, 8* (1), 61-67. doi: 10,21597/jist.407817.

Mohamed, W.A., Ibrahem, I.A., El-Sayed, A.M., Galal, H.R., Handal, H., Mousa, H.A., & Labib, A.A. (2020). Zinc oxide quantum dots for textile dyes and real industrial wastewater treatment: solar photocatalytic activity, photoluminescence properties and recycling process. *Advanced Powder Technology, 31*(6), 2555-2565.

Mohammed, A.E., Hamed, H.H., Alabdraba, W.M.Sh., & Ali, O.M. (2019). COD removal from disperse blue dye 79 in wastewater by using Ozone-Fenton process. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 518, 062015.* doi:10.1088/1757-899X/518/6/062015.

Morali, E.K. (2010). *Ozonation of a denim production textile industry wastewater – Process optimization*. Middle East Technical University.

Mulyanti, R.,& Susanto, H. (2018). Wastewater treatment by nanofiltration membranes. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 142, No. 1, p. 012017). IOP Publishing.

Mutlu, E., Yanık, T., & Demir, T. (2013). Horohon deresi (Hafik-Sivas) su kalitesi özelliklerinin aylık değişimleri. *Alınteri Zirai Bilimleri Dergisi*, *25*, 45.

Nawaz, M.S.,& Ahsan, M. (2014). Comparison of physico-chemical, advanced oxidation and biological techniques for the textile wastewater treatment. *Alexandria Engineering Journal*, *53*(3), 717-722.

Nevill, J.C., Hancock, P.J., Murray, B.R., Ponder, W.F., Humphreys, W.F., Phillips, M.L., & Groom, P. K. (2010). Groundwater-dependent ecosystems and the dangers of groundwater overdraft: a review and an Australian perspective. *Pacific Conservation Biology*, *16*(3), 187-208.

Orhon, D., Germirli Babuna, F., & Insel, G. (2001). Characterization and modelling of denim-processing wastewaters for activated sludge. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, *76*(9), 919-931.

Önder, İ. (2020). *Bir tekstil fabrikası gerçek atık suyunun boya gideriminde ozon içeren ileri oksidasyon yöntemlerinin incelenmesi*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Ankara Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Özcan, A. (2008). Kağıt Yüzey Pürüzlülüğünün L* a* b* değerleri üzerine etkisinin belirlenmesi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, *7*(14), 53-61.

Öztürk, İ., Timur, H., & Koşkan, U. (2010, Ekim 8) Atık Su Arıtımının Esasları. 8 Nisan 2017 tarihinde http://www.hasanege.com/download/hasanege_atiksuaritimiesaslari.pdf adresinden erişildi.

Pagana, A.E., Sklari, S.D., Kikkinides, E.S., & Zaspalis, V.T. (2011). Combined adsorption–permeation membrane process for the removal of chromium (III) ions from contaminated water. *Journal of Membrane Science*, *367*(1-2), 319-324.

Pal, H.,Chatterjee, K.N., &Sharma, D.(2017). Water footprint of denim industry. *Sustainability in Denim*, 111–123.

Panigrahi, T.,& Santhoskumar, A.U. (2020). Adsorption process for reducing heavy metals in Textile Industrial Effluent with low cost adsorbents. *Progress in Chemical and Biochemical Research*, *3*(2), 135-139.

Parshetti, G.K., Parshetti, S.G., Telke, A.A., Kalyani, D.C., Doong, R.A., & Govindwar, S.P. (2011). Biodegradation of crystal violet by Agrobacterium radiobacter. *Journal of Environmental Sciences, 23*, 1384–1393.

Partal, R. (2014). *Tekstil endüstrisi atıksularında renk parametresi ölçümü için farklı metotların araştırılması*. (Yayımlanmamış doktora tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Paschoal, F.M.M.,& Tremiliosi-Filho, G. (2005). Aplicação da tecnologia de eletrofloculação na recuperação do corante índigo blue a partir de efluentes industriais. *Química Nova, 28*(5), 766-772.

Pearce, C.I., Lloyd, J.R., & Guthrie, J.T. (2003). The removal of colour from textile wastewater using whole bacterial cells: A review. Dye. *Pigment, 58*, 179–196.

Pérez-Calderón, J., Santos, M. V., & Zaritzky, N. (2020). Synthesis, characterization and application of cross-linked chitosan/oxalic acid hydrogels to improve azo dye (Reactive Red 195) adsorption. *Reactive and Functional Polymers, 155*, 104699.

Pizzolato, T.M., Carissimi, E., Machado, E.L., & Schneider, I.A.H. (2002). Colour removal with NaClO of dye wastewater from an agate-processing plant in Rio Grande do Sul, Brazil. *International journal of mineral processing, 65*(3-4), 203-211.

Polat, M.P. (2018). *Atıksularda renk ölçüm metotlarının karşılaştırılması*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Hasan Kalyoncu Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.

Poyraz, N. (2018). *Atık su arıtma sistemlerinde mikrobiyal kommunite analizi ve biyodegradasyon potansiyellerinin tespiti.* (Yayımlanmamış doktora tezi). Anadolu Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Qi, F. F., Ma, T. Y., Liu, Y., Fan, Y. M., Li, J. Q., Yu, Y., & Chu, L. L. (2020). 3D superhydrophilic polypyrrole nanofiber mat for highly efficient adsorption of anionic azo dyes. *Microchemical Journal, 159*, 105389.

Rakhunde, R., Deshpande, L., & Juneja, H. D. (2012). Chemical speciation of chromium in water: a review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 42*(7), 776-810.

Rangabhashiyam S., Sujata L., & Balasubramanian P. (2018). Biosorption characteristics of methylene blue and malachite green from simulated wastewater onto Carica papaya wood biosorbent. *Surfaces and Interfaces, 10*, 197-215.

Rauf, M.A.,& Ashraf, S.S. (2009). Fundamental principles and application of heterogeneous photocatalytic degradation of dyes in solution. *Chemical engineering journal, 151*(1-3), 10-18.

Robinson, T., McMullan, G., Marchant, R., & Nigam, P. (2001). Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. *Bioresource technology*, *77*(3), 247-255.

Romera, E., Gonzalez, F., Ballester, A., Blazquez, M.L., & Munoz J.A. (2007). Comparative Study of Biosorption of Heavy Metals using Different Types of Algae. *Bioresource Technology, 98*, 3344-3353.

Rondon, H., El-Cheikh, W., Boluarte, I. A. R., Chang, C. Y., Bagshaw, S., Farago, L., Jegatheesan, V., & Shu, L. (2015). Application of enhanced membrane bioreactor (eMBR) to treat dye wastewater. *Bioresource technology*, *183*, 78-85.

Šafaříková, M., Ptáčková, L., Kibrikova, I., & Şafařík, I. (2005). Manyetik olarak modifiye edilmiş Saccharomyces cerevisiae subsp. üzerinde suda çözünür boyaların biyosorpsiyonu. uvarum hücreleri. *Chemosphere , 59* (6), 831-835.

Sahu, O.,& Singh, N. (2019). Significance of bioadsorption process on textile industry wastewater. Shahid-ul-Islam, B.S. Butola (Ed.), *The impact and prospects of greent chemistry for textile technology* içinde (s.367-416). Cambridge: Woodhead Publishing.

Sanal, İ. (2010). *Tekstil endüstrisi biyolojik atıksu arıtma tesisi mikrobiyolojik karakterizasyonu*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Sakarya Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

Sansarcı, Ö. (2020). *Remazol Brilliant Blue-R Remazol Red RR Dystar boyar maddelerin beyaz çürükçül Fungus Trametes Versicolor ile biyogiderimi ve optimizasyonu*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Mersin Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.

Sarayu, K.,& Sandhya, S. (2012). Current technologies for biological treatment of textile wastewater-A review. *Applied biochemistry and biotechnology*, *167*(3), 645-661.

Sarr, S., Hayes, B., & DeCaro, D. A. (2021). Applying Ostrom's Institutional Analysis and Development framework, and design principles for co-production to pollution management in Louisville's Rubbertown, Kentucky. *Land Use Policy*, *104*, 105383.

Sert, G., Bunani, S., Yörükoğlu, E., Kabay, N., Egemen, Ö., Arda, M., & Yüksel, M. (2017). Performances of some NF and RO membranes for desalination of MBR treated wastewater. *Journal of water process engineering*, *16*, 193-198.

Shafiq, Q., Husnain, S.M., Shahzad, F., Mehran, M.T., Kazmi, S.A.R., Mujtaba-ul-Hassan, S., Ahmad, J., & Iqbal, Z. (2021). Rational design of Mxene coated polyurethane foam for the removal of Pb2+. *Materials Letters, 304*(130600).

Sharif, M.I.,& Hannan, M.A. (1999). Guide to the Environmental Conservation Act 1995 and Rules 1997. *Bangladesh Centre for Advanced Studies (BCAS), Dhaka, Bangladesh*.

Sharma, P., Kaur, H., Sharma, M., & Sahore, V. (2011). A review on applicability of naturally available adsorbents or the removal of hazardous dyes from aqueous waste. *Environ. Monit. Assess., 183*, 151–195.

Sharma, V., Shahnaz, T., Subbiah, S., & Narayanasamy, S. (2020). New insights into the remediation of water pollutants using nanobentonite incorporated nanocellulose chitosan based aerogel. *Journal of Polymers and the Environment*, *28*(7), 2008-2019.

Siddique, K., Rizwan, M., Shahid, M.J., Ali, S., Ahmad, R., & Rizvi, H. (2017). Textile wastewater treatment options: a critical review. *Enhancing cleanup of environmental pollutants*, 183-207.

Singh, R. L., Singh, P. K., & Singh, R. P. (2015). Enzymatic decolorization and degradation of azo dyes–A review. *International Biodeterioration & Biodegradation*, *104*, 21-31.

Sinha, V.,& Chakma, S. (2019). Advances in the preparation of hydrogel for wastewater treatment: A concise review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, *7*(5), 103295.

Sivaram, N.M., Gopal, P.M., & Barik, D. (2019). Toxic waste from textile industries. Debabrata Barik (Ed.), *Energy from toxic organic waste for heat and power generation içinde* (s. 43-54). Cambridge: Woodhead Publishing.

SKKY. (2015). https://www.mevzuat.gov.tr/File/GeneratePdf?mevzuatNo=7221&mevzuatTur =KurumVeKurulusYonetmeligi&mevzuatTertip=5 adresinden erişildi.

Snyder, S.A., Keith, T.L., Pierens, S.L., Snyder, E.M., & Giesy, J.P. (2011). Bioconcentration of nonylphenol in fathead minnows (Pimephales promelas). Chemosphere, 44(8), 1697-1702.

Solak, M.,& Öztürk, A. (2018). Endüstriyel Atıksu Arıtımında Kimyasal ve Elektrokimyasal Proseslerin Etkinliğinin Karşılaştırılması: Denim Ürün Üretim Sektörü. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, *7*(2), 20-35.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) (2004). https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=7221&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5 adresinden erişildi.

Su ve Atıksu Muayenesi İçin Standart Yöntemler. (2018). 4500-P Fosfor. https://www.standardmethods.org/doi/10.2105/SMWW.2882.093 adresinden erişildi.

Su ve Atıksu Muayenesi İçin Standart Yöntemler. (2018).540 B Katı. https://www.standardmethods.org/doi/10.2105/SMWW.2882.030 adresinden erişildi.

Su ve Atıksu Muayenesi İçin Standart Yöntemler. (2018) 2540 Katı. https://www.standardmethods.org/doi/10.2105/SMWW.2882.030 adresinden erişildi.

Su ve Atıksu Muayenesi İçin Standart Yöntemler. (2018).5310 B-Organik Karbon,https://www.standardmethods.org/doi/10.2105/SMWW.2882.104adresinden erişildi.

Su ve Atıksu Muayenesi İçin Standart Yöntemler. (2019). 521- Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOD). https://www.standardmethods.org/doi/10.2105/SMWW.2882.102adresinden erişildi.

Su ve Atıksu Muayenesi İçin Standart Yöntemler. (2020). 2540-D- AKM. https://www.standardmethods.org/doi/10.2105/SMWW.2882.030 adresinden erişildi.

Su ve Atıksu Muayenesi İçin Standart yöntemler. (2021). 5520B yağ ve gres. https://www.standardmethods.org/doi/10.2105/SMWW.2882.107adresinden erişildi.

Su ve Atıksu Muayenesi İçin Standart Yöntemler. (2022). 5220 B Kimyasal oksijen İhtiyacı Tayini. https://www.standardmethods.org/doi/10,2105/SMWW.2882.103 adresinden erişildi.

Su ve Atıksu Muayenesi İçin Standart Yöntemler. (2022). 4500-Cl G. https://www.standardmethods.org/doi/10.2105/SMWW.2882.079#:~:text=The%20ferricyanide%20method%20(4500%2DCl,analyzing%20large%20numbers%20of%20samples adresinden erişildi.

Su ve Atıksu Muayenesi İçin Standart Yöntemler (2021).4500-Cl Klor (Artık). https://www.standardmethods.org/doi/10.2105/SMWW.2882.078 adresinden erişildi.

Su ve Çevre (2013). https://www.suvecevre.com/yayin/579/klor-klorur-hipoklorit_17128.html adresinden erişildi.

Sukruay, J.,& Chaysiri, R. (2019). System Dynamics Model for Estimating Water Pollution. *Internatıonal Scıentıfic Journal of Engıneerıng and Technology (ISJET),2*(2), 45-52.

Sutedja, A., Josephine, C.A., & Mangindaan, D. (2017). Polysulfone thin film composite nanofiltration membranes for removal of textile dyes wastewater. In

IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 109, No. 1, p. 012042). IOP Publishing.

.

Szyguła, A., Guibal, E., Palacín, M. A., Ruiz, M., & Sastre, A. M. (2009). Removal of an anionic dye (Acid Blue 92) by coagulation–flocculation using chitosan. *Journal of Environmental Management*, *90*(10), 2979-2986.

Şahinkaya, E., Uzal, N., Yetiş, U., & Dilek, F.B. (2008). Biological treatment and nanofiltration of denim textile wastewater for reuse. *Journal of hazardous materials*, *153*(3), 1142-1148.

Tan, A. (2006). *Atık sularda bazı kirlilik parametrelerinin incelenmesi.* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Trakya Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.

Tanaka, K., Padermpole, K., & Hisanaga, T. (2000). Photocatalytic degradation of commercial azo dyes. *Water research*, *34*(1), 327-333.

Tekstil Endüstrisi Atık Boşaltma Standartları Cilt 1. (1996). https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/29153/ESGVI.pdf?sequence=1&isAllowed=y adresinden erişildi.

Textile Industry Wastewater Discharge Quality Standards (2015). https://wastewater.sustainabilityconsortium.org/downloads/textile-industry-wastewater-discharge-quality-standards adresinden erişildi.

Thines, R. K., Mubarak, N. M., Nizamuddin, S., Sahu, J. N., Abdullah, E. C., & Ganesan, P. (2017). Application potential of carbon nanomaterials in water and wastewater treatment: a review. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, *72*, 116-133.

Togo, C. A., Mutambanengwe, C. C. Z., & Whiteley, C. G. (2008). Decolourisation and degradation of textile dyes using a sulphate reducing bacteria (SRB)–biodigester microflora co-culture. *African journal of Biotechnology*, *7*(2).

TS 6231-Standart Detayı. (2021). https://intweb. tse. org.tr/Standard/Standard/Standard.aspx?081118051115108051104119110104055047105102120088111043113104073097075087074076104108102101116051 adresinden erişildi.

Tüfekci, N., Sivri, N., & Toroz, İ. (2007). Pollutants of textile industry wastewater and assessment of its discharge limits by water quality standards. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *7*(2).

Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığı, (2019). Belediye Atıksu İstatistikleri, 2018. Haber Bülteni, Sayı:30667. 18 Ekim 2019 tarihinde https://tuikweb.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id =30667 adresinden erişildi.

TÜTAGEM, 2022. https://dosyalar.trakya.edu.tr/tutagem/docs/tr/index.html#features/8adresinden erişildi.

US EPA. (2021).Metals. https://www.epa.gov/caddis-vol2/metals adresinden erişildi.

Üner, H. (2002). *Bir tekstil endüstrisinde boya atıksularının kimyasal arıtılabilirliği* (Yayımlanmamış Yüksek Lisan Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Vajnhandl, S.,& Valh, J.V. (2014). The status of water reuse in European textile sector. *Journal of environmental management*, *141*, 29-35.

Varol, C., Uzal, N., Dilek, F.B., Kitis, M., & Yetis, U. (2015). Recovery of caustic from mercerizing wastewaters of a denim textile mill. *Desalination and Water Treatment, 53*(12), 3418-3426.

Velusamy, S., Roy, A., Sundaram, S., & Kumar Mallick, T. (2021). A review on heavy metal ions and containing dyes removal through graphene oxide-based adsorption strategies for textile wastewater treatment. *The Chemical Record, 21*(7), 1570-1610.

Verma, A.K., Dash, R.R., & Bhunia, P. (2012). A review on chemical coagulation/flocculation technologies for removal of colour from textile wastewaters. *Journal of environmental management*, *93*(1), 154-168.

Verma, J., Chaudhary, K., Gurbaxani, V., Thakkar, J., & Shah, S. (2019). Advanced Techniques in Water Quality Assessment and Management. *Advance and Innovative Research*, 1.

Vivekanandan, E., Hermes, R., & O'Brien, C. (2016). Climate change effects in the Bay of Bengal large marine ecosystem. *Environmental Development*, *17*, 46-56.

Wambuguh, D.,& Chianelli, R. R. (2008). Indigo dye waste recovery from blue denim textile effluent: a by-product synergy approach. *New journal of chemistry*, *32*(12), 2189-2194.

Wang, Y., Yan, T., Gao, L., Cui, L., Hu, L., Yan, L., & Wei, Q. (2016). Magnetic hydroxypropyl chitosan functionalized graphene oxide as adsorbent for the removal of lead ions from aqueous solution. *Desalination and Water Treatment, 57*(9), 3975-3984.

Wei, W.,& Yang, C.Q. (2000). Polymeric Carboxylic Acid and Citric Acid as a Nonformaldehyde DP Finish. *Textile Chemist & Colorist & American Dyestuff Reporter*, *32*(2).

Yaseen, D.A.,& Scholz, M. (2017). Comparison of experimental ponds for the treatment of dye wastewater under controlled and semi-natural conditions. *Environmental*

Science and Pollution Research, 24, 16031-16040. https://doi.org/10.1007/s11356-017-9245-5.

Yaseen, D.A.,&Scholz, M. (2019). Textile dye wastewater characteristics and constituents of synthetic effluents: A critical review. *International Journal of Environmental Science and Technology, 16*(2), 1193–1226.

Yıldız, E. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ) [PDF belgesi]. XXXXX 2022 tarihinde https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/gbakan/133016/BO%C4%B0%20SUNUSU.pdf adresinden erişildi.

Younas, U., Iqbal, S., Saleem, A., Iqbal, M., Nazir, A., Noureen, S., & Nisar, N. (2017). Fertilizer industrial effluents: Physico-chemical characterization and water quality parameters evaluation. *Acta Ecologica Sinica*, *37*(4), 236-239.

Zhang, H., Tong, Z., Wei, T., & Tang, Y. (2011). Removal characteristics of Zn (II) from aqueous solution by alkaline Ca-bentonite. *Desalination, 276*(1-3), 103-108.

Zhang, L., Lei, M., Feng, T., Chang, W., Ye, A., Yi, H., & Yi, C. (2021). A case study of the wastewater treatment system modification in denim textile industry. *The Journal of The Textile Institute*, *112*(10), 1666-1670.

Zhang, S., Qiantao, S., Christos, C., & Xiaoguang, M. (2019). Lead and cadmium adsorption by electrospun PVA/PAA nanofibers: Batch, spectroscopic, and modeling study. *Chemosphere, 233*, 405-413

Zhao, Y., Zhao, D., Chen, C., & Wang, X. (2013). Enhanced photo-reduction and removal of Cr (VI) on reduced graphene oxide decorated with TiO2 nanoparticles. *Journal of Colloid and Interface Science, 405*, 211-217.

Zhou, L.,& Zhou, H.J. (2019). Evaluation of textile industry wastewater treatment and reuse in China. *Desalin Water Treat*, *144*, 330-338.

ÖZGEÇMİŞ

MUHAMMED AL-HELİL, 1989 yılında Suriye'nin Ras al-Ain şehrinde doğdu. İlk, orta ve liseyi orada okudu.2014 yılında Al-Baas Üniversitesi Kimya ve Petrol Mühendisliği Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Farklı mesleklerde çalıştı.2019 yılında Trakya Üniversitesi'nde Uygulamalı Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim dalında yüksek lisansa başladı. Evli üç çocuk babası.