



**ENDÜSTRİYEL ATIKSU ARITMINDA ZEYTİN
ÇEKİRDEĞİ TOZUNUN DOĞAL PIHTILAŞTIRICI
OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN
BELİRLENMESİ**

**2023
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ**

Mahmut KOPAN

**Tez Danışmanları
Doç. Dr. Sakine UGURLU KARAAĞAÇ
Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Shadi S. ABUJAZAR**

**ENDÜSTRİYEL ATIKSU ARITMINDA ZEYTİN ÇEKİRDEĞİ TOZUNUN
DOĞAL PIHTILAŞTIRICI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN
BELİRLENMESİ**

Mahmut KOPAN

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Sakine UGURLU KARAAĞAÇ

Dr. Öğr. Üyesi Mohammed Shadi S. ABUJAZAR

T.C.

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında

Yüksek Lisans Tezi

Olarak Hazırlanmıştır

KARABÜK

Şubat 2023

Mahmut KOPAN tarafından hazırlanan “ENDÜSTRİYEL ATIKSU ARITMINDA ZEYTİN ÇEKİRDEĞİ TOZUNUN DOĞAL PIHTILAŞTIRICI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN BELİRLENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Sakine UGURLU KARAAĞAÇ
Tez Danışmanı, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 20/02/2023

<u>Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)</u>	<u>İmzası</u>
Başkan : Prof. Dr. Ertuğrul ERDOĞMUŞ (BAU)
Üye : Doç. Dr. Sakine UGURLU KARAAĞAÇ (KBÜ)
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Rahman ÇALHAN (KBÜ)

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Müslüm KUZU
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Mahmut KOPAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ENDÜSTRİYEL ATIKSU ARITIMINDA ZEYTİN ÇEKİRDEĞİ TOZUNUN DOĞAL PIHTILAŞTIRICI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN BELİRLENMESİ

Mahmut KOPAN

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanları:

Doç. Dr. Sakine UGURLU KARAAĞAÇ

Dr. Öğr. Üyesi Mohammed Shadi ABUJAZAR

Şubat 2023, 61 sayfa

Bu çalışmada, zeytin çekirdeği tozunun demir çelik endüstrisi atık sularının arıtımında doğal pıhtılaştırıcı olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Atık sudaki KOİ, toplam askıda katı madde (TKM), amonyum-azotu (NH₃-N), mangan (Mn), demir (Fe), çinko (Zn), alüminyum (Al) ve nikel (Ni) konsantrasyonları belirlendi. Demir çelik endüstrisi atıksuyu arıtımında zeytin çekirdeği tozu dozajının ve pH'nın pıhtılaşma üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yapılan pıhtılaşma deneyleri, bir Orbital çalkalayıcı ve bir flokülasyon cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Zeytin çekirdeği tozu ile demirçelik endüstrisi atıksuyundan KOİ, TKM, NH₃-N, Mn, Fe, Zn, Al ve Ni'nin maksimum giderim yüzdeleri, %86,33, 99,00, 72,43, 80,86, 91,51, 92,64, 73,68 ve %84,33 olarak belirlenmiştir. Sırasıyla 1g/200mL dozaj kullanılarak pH 8'de pıhtılaşma sürecine dahil olan birkaç fonksiyonel grubun varlığı FTIR çalışması ile

gösterilmiştir. Zeytin çekirdeği tozunun atık su arıtımı için bitki bazlı bir doğal pıhtılaştırıcı olarak büyük bir potansiyele sahip olduğunu ve demir-çelik endüstrisinden gelen atık suların arıtılmasında kullanılabileceğini söylemek mümkündür. Bu durum su arıtma proseslerinde bitki bazlı doğal koagülanların verimli bir şekilde kullanılabilceğini göstermektedir.

Anahtar Sözcükler : Endüstriyel atık su, doğal pıhtılaştırıcı, zeytin çekirdeği, ağır metaller, giderim.

Bilim Kodu : 90319

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

DETERMINATION OF THE USAGE OF OLIVE SEED POWDER AS NATURAL COALER IN INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT

Mahmut KOPAN

Karabük University

Institute of Graduate Programs

Department of Environmental Engineering

Thesis Advisors:

Assoc. Prof. Dr. Sakine UGURLU KARAAĞAÇ

Assist. Prof. Dr. Mohammed Shadi ABUJAZAR

February 2023, 61 pages

The use of olive seed powder as a natural coagulant in the treatment of iron and steel factory wastewater was studied. The concentrations of COD, total suspended solids (TSS), ammonia-nitrogen (NH₃-N), manganese (Mn), iron (Fe), zinc (Zn), aluminum (Al), and nickel (Ni) in effluent wastewater were investigated. Coagulation experiments on the effects of iron and steel factory wastewater, pH, and olive seeds powder dosage on coagulation efficacy were conducted using an Orbital shaker and a flocculation device. The maximum removal percentages of COD, TSS, NH₃-N, Mn, Fe, Zn, Al, and Ni by olive seeds powder were 86.33, 99.00, 72.43, 80.86, 91.51, 92.64, 73.68, and 84.33 % for effluent at natural pH 8 using 1g/200mL dosage, respectively. The presence of several functional groups involved in the coagulation process was shown by the FTIR study. It is possible to argue that olive seed powder has huge potential as a plant-based natural coagulant for wastewater treatment and that it might

be used to treat wastewater from iron and steel factories. Enormous promise as a plant-based natural coagulant for water treatment.

Key Word : Industrial wastewater, natural coagulant, heavy metals, removal.

Science Code : 90319

TEŞEKKÜR

Bu alıőmayı “KBÜBAP-21-YL-112 No’lu Proje” ile maddi olarak destekleyen Karabük Üniversitesi Bilimsel Araőtırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ederim.

Bu tez çalıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren sayın hocam Doç. Dr. Sakine UGURLU KARAAĞAÇ’a sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Deneylelerinin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen, çalışma arkadaşım İsmail SUNAR’a teşekkür ederim.

Sevgili eőim Merve KOPAN, oğlum Hamza Taha KOPAN ve aileme hiçbir yardımı esirgemedен yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	xiv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	5
ATIKSU	5
2.1. ATIKSU ARITIMININ AMACI VE KAPSAMI.....	5
2.1.1. Atıksu Arıtımı	5
2.1.2. Evsel Atıksuların Tipik Özellikleri	6
2.1.3. Endüstriyel Atıksular	7
2.2. ARITMA YÖNTEMLERİ.....	8
2.2.1. Fiziksel Arıtma Yöntemi.....	8
2.2.2. Izgaralar.....	8
2.2.3. Elekler.....	9
2.2.4. Kum Tutucular.....	10
2.2.5. Dengeleme	10
2.2.6. Yüzdürme	11
2.2.7. Çökeltme havuzları.....	12
2.3. KİMYASAL ARITMA METOTLARI.....	13
2.3.1. Kimyasal Destekli Ön Çökeltim.....	13
2.3.2. Nötralizasyon.....	13
2.3.3. Hızlı Karıştırma ve Yumaklaştırma (Koagülasyon-Flokülasyon).....	14

	<u>Sayfa</u>
2.4. BİYOLOJİK ARITMA METOTLARI	15
2.4.1. Aerobik Prosesler.....	16
2.4.2. Biyofilm Tekniğine Göre Çalışan Sistemler.....	18
2.4.3. Damlatmalı Filtre.....	19
2.4.4. Anaerobik Prosesler.....	19
BÖLÜM 3	21
KOAGULANT VE FLOKULANT	21
3.1. YUMAKLAŞTIRMANIN MEKANİZMASI	22
3.2. YUMAKLAŞTIRICILAR.....	25
3.3. YUMAKLAŞTIRICILAR VE KİMYASAL FORMÜLLERİ.....	26
3.4. YUMAKLAŞTIRICI YARDIMCILARI	27
3.5. YUMAKLAŞTIRMANIN VERİMLİLİĞİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER	28
3.6. DOĞAL KOAGÜLANTLAR	29
BÖLÜM 4	31
ZEYTİN	31
4.1. PİRİNA.....	33
BÖLÜM 5	35
DENEYSEL ÇALIŞMALAR	35
5.1. ZEYTİN ÇEKİRDEĞİ TOZU HAZIRLANIŞI	35
5.2. ATIK SU ÖRNEKLERİNİN ALINMASI	36
5.3. ANALİTİK ANALİZLER	36
5.3.1. Kimyasal Oksijen İhtiyacı Analizi.....	37
5.3.2. ICP OES Cihazında Ağır Metal Analizi (Al,Ni,Zn,Fe,Mn)	38
5.3.3. Amonyak Azotu Analizi	42
5.4. PIHTILAŞTIRMA DENEYLERİ	43
BÖLÜM 6	45
DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	45
6.1. ZEYTİN TOHUMLARI TOZU KARAKTERİZASYONU TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU (SEM) GÖRÜNTÜLEME.....	45
6.2. FOURIER DÖNÜŞÜMLÜ KIZILÖTESİ (FTIR) ANALİZİ	46

Sayfa

6.3. ENDÜSTRİYEL ATIKSU ARITMADA ZEYTİN ÇEKİRDEĞİ TOZU DOZAJININ ETKİSİ	47
6.3.1. Dozajlama Etkisi Üzerine Kimyasal Oksijen İhtiyacı, Toplam Katı Madde ve Amonyak-Azotu Giderim Verimi	47
6.4. AĞIR METAL UZAKLAŞTIRMA VERİMLİLİĞİNE ETKİLERİ (Mn, Fe, Zn, Al ve Ni)	50
6.5. PH'IN KOİ, AMONYAK-AZOT NH ₃ -N UZAKLAŞTIRMA VERİMLİLİĞİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ	51
6.6. AĞIR METAL (Mn, Fe, Zn, Al ve Ni) UZAKLAŞTIRMA VERİMLİLİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİ	52
BÖLÜM 7	55
SONUÇLAR	55
KAYNAKLAR	56
ÖZGEÇMİŞ	61

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Negatif yüklü bir kolloidin etrafındaki tabakalar.....	24
Şekil 3.2. Kolloide Etki Eden Kuvvetler.....	24
Şekil 3.3. Jar Testi Cihazı.	25
Şekil 4.1. Zeytinden zeytinyağı elde edilişi sırasında ortaya çıkan prina.	34
Şekil 5.1. Zeytin Çekirdeği ve Tozu.	35
Şekil 5.2. Al Kalibrasyon Grafiği.	39
Şekil 5.3. Fe Kalibrasyon Grafiği.	40
Şekil 5.4. Mn Kalibrasyon Grafiği.....	40
Şekil 5.5. Zn Kalibrasyon Grafiği.	41
Şekil 5.6. Ni Kalibrasyon Grafiği.	41
Şekil 5.7. Amonyum azotu Kalibrasyon Grafiği.....	43
Şekil 6.1. (a) Zeytin Çekirdeği Tozunun Koagülasyon Prosedüründen Önceki Görüntüsü (1g/200 mL), (b) Zeytin Çekirdeği Tozunun Koagülasyon Prosedüründen Sonraki Görüntüsü.....	45
Şekil 6.2. Zeytin çekirdeği tozu için Fourier dönüştürülmüş kızılötesi (FTIR) spektroskopi eğrisi.	46
Şekil 6.3. pH: 8 de Zeytin Çekirdeği Tozu Dozunun KOİ, TSS ve NH ₃ -N Giderimi Üzerindeki Etkileri.	48
Şekil 6.4. Zeytin Çekirdeği Tozunun Ağır Metaller Mn, Fe, Zn, Al ve Ni Giderimi Üzerindeki Etkileri (pH: 8).....	50
Şekil 6.5. pH'ın KOİ, TKM ve Amonyak-azot NH ₃ -N Giderimi üzerindeki Etkileri.	52
Şekil 6.6. pH'ın Ağır Metallerin Uzaklaştırılması Üzerindeki Etkileri.....	53

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. Koagülantlara Ait İyonlaşabilir Gruplar ve Proton Değişim Özellikleri.....	26
Çizelge 4.1. Zeytin Meyvesinin Bileşimi.....	33
Çizelge 5.1. Endüstriyel (Demir-Çelik Fabrikası) Atık Su Karakteristiği.....	36
Çizelge 5.2. Karakterizasyon parametreleri ve yöntemleri.....	36
Çizelge 6.1. Zeytin çekirdeği tozunun %kütle spektroskopisi (XRF results).....	47

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
NH ₃ -N	: Amonyak Azotu
Fe	: Demir
Al	: Alüminyum
Mn	: Mangan
Zn	: Çinko
Ni	: Nikel
TSS	: Toplam Çökebilir Katı Madde
BOİ	: Biyolojik Oksijen Gereksinimi
FTIR	: Fourier Dönüşümü Kızılötesi Analizi
C _i	: Başlangıç Konsantrasyonu
C _f	: Son Konsantrasyon
TKM	: Toplam Askıda Katı Madde
KDÇ	: Kimyasal Destekli Ön Çökeltim
DAS	: Demir Amonyum Sülfat
TP	: Toplam Fosfor
TN	: Toplam Azot
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüleme

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Son zamanlarda yerleşim yerlerindeki tüketicilerin aktivitesinden, endüstriyel faaliyetlerden ve volkanların aktivitesi gibi su kirlilik miktarını arttırmaya yönelik doğal faktörlerden kaynaklanan birçok sorun ortaya çıkmıştır. Ayrıca, yerleşim alanlarının gelişmeye ve artmaya başlaması, normal seviyeden daha fazla miktarda su tüketimine neden olmuştur [1]. Yetersiz ve yanlış arıtma yöntemleri, besin kalıntıları ve patojenler gibi kirleticilerin suda kalması nedeniyle kirleticilerin veya saf olmayan suyun yayılmasında büyük rol oynamıştır [2]. Pek çok bulaşıcı hastalık su yoluyla bir yerden başka bir yere gitmekte ve bu kirleticileri su ile yutulmuş büyük bir bulaşma şansı vermektedir [3,4]. Kirleticilerin arıtılması konusu, tatlı su kıtlığıyla mücadelede ilk faktör olduğu için büyük önem taşımaktadır [5]. Toprak, kaynağına göre birçok kirletici ile kirlenmiştir, ancak en büyük pay genellikle fabrikalardan gelen kirleticilerle yüklü suların ekili topraklara boşaltılmasından gelir. Böylece toksik bileşiklerle kirlenmiş topraklardan besin zinciri yoluyla tüketiciye iletilir ya da , toprakta yaşayan organizmalara ve yeraltı sularına ulaşırlar [6]. Günlük olarak, suyun yanlış kullanımından veya genellikle temizlik malzemeleri, sodyum tuzları, yağlar vb. ile yüklü olan kanalizasyon suyunun yanlış işlenmesinden kaynaklanan çok büyük miktarlarda kirletici madde birikmektedir [7,8]. Madencilik gibi endüstriyel faaliyetlerden veya çevreye zararlı bir arıtma sistemi ile çalışan faaliyetlerden kaynaklanan suların tam olarak arıtılmaması sonucu kanalizasyon ve diğer atık su kirleticilerinin kendisine geldiğini belirtmekte fayda vardır [9,10]. Farklı isimlere sahip tüm ağır metaller insanlar üzerinde toksik etki yapmakta ve yaşamsal fonksiyonlarında aksamalara neden olmaktadır [11–13].

Su yapıları mimarisindeki tasarımların ve gelişmelerin başlangıcı milattan önceki yıllara kadar gittiği bilinmektedir. Tarihsel kaynaklarda ilk çalışmalar, Hindistan'ın Mohenco Daro kentinde M.Ö 4500 tarihlerinde kazısal çalışmalar sonucunda tuvalet,

hamam ve kanalizasyon gibi yapıların olduğu belgelenmiştir. Kent'e dair elde edilen bulgular, her sokak üzerinde kiremit malzemelerinden yapılmış, bir veya iki kanaldan oluşan kanalizasyon olduğu tespit edilmiştir [14].

Merkezi su getirme ve atık su uzaklaştırma sisteminin inşası ile ilgili arkeolojik kayıtlar beş bin yıl öncesine kadar uzanmaktadır. Nippur harabelerinde, kemerli bir atık su kanalının varlığına rastlanmıştır. Burada içme suyu, kuyu ve sarnıçlardan alınmakta ve çok geniş bir drenaj sistemi, kullanılmış suları saraylardan ve şehirden oturma bölgelerinden uzaklaştırmaktadır. Suların tasfiye edilmesine ait ilk bilgileri ise, Sanskrit tıp kitaplarında ve Mısır hiyerogliflerinde rastlanmaktadır. Su getirme ve suların tasfiyesi ile ilgili mühendislik çalışmaları hakkında bilgi veren ilk rapor M.S. 97 yılında, Eski Roma'nın su işlerinden sorumlu yüksek memuru olan Sextus Julius Frantinus tarafından yazılmıştır. Frantinus' un Roma'nın su getirme tesisleri hakkında iki eseri mevcuttur. Bu eserlerde, Roma'ya su getiren akedüklerin birinin başında bir çöktürme havuzunun mevcut olduğu ve akedüklerin çoğunun içinde kum ve çakıl tutucular inşaa edilmiş bulunduğu kayıtlıdır. Nippur ve Roma'nın drenaj kanalları Antik devrin büyük yapıları arasındadır. Bu kanallar önceleri caddelerden yağmur suyunu uzaklaştırmak ve sokakları yıkamak için yapılmışlardır. Bazı ev ve saraylardan bu kanallara bağlantı yapıldığına dair misaller varsa da bunlar istisnai hallerdir ve evlerin çoğunun kanallara bağlanmadığı görülmektedir. Silezya'da bulunan Bunzlau kentinde 1531 yılında ve sonra kentte toplanan sular tarlalara sızdırılmak sureti ile işleme tabi tutuluyorlardı. Çiftçiler sızdırma yapılan tarlalarda verimin arttığını görünce, atık su sızdırma hakkını satın almak için yarışa girdiler. Yeterli atık su olmadığı için de sızdırma olayı altı saatlik aralıklarla gerçekleştirilebiliyordu. Ancak bilinçsiz ve zorunlu olarak yapılan bu uygulama çok yerinde idi. Bu sayede topraktaki mikroorganizmalar toprağın havalanmasını, atık suyun organik maddelerinin parçalanmasını sağlamış oluyordu [15].

1700'lü yıllarda Amerika'da genellikle kanalizasyon suları bir bahçe, cadde, ya da kanalizasyon hizmeti için açılan açık fosseptik çukurlarına deşarj edilmekteydi. Nüfus yoğunlukları düşük olduğundan kanalizasyon sularının bu yolla bertarafı sağlık problemlerine neden olmamaktaydı. Ancak nüfus yoğunluklarının artmasıyla sağlık problemleri ve rahatsızlıklar görülmeye başlanmıştır. [16] 1800'lü yılların sonlarına

doğru artan sanayileşme sonucu, fabrikalar yeni işçi yerleşim blokları, evsel artıklar, sanayii de oluşan artıklar hepsi geliş güzel atılmaya, dökülmeye tabi tutuldu. Artıkların yükü su ortamlarının da kendi kendini arıtma kapasitesinin üzerinde olduğu için buralarda da kokuşma başladı. Bütün bu olayların olduğu dönemde insanların bilgi birikimi doğal ve fen bilgileri olayları açıklamak ve anlamak açısından yeterli değildi. 1800'lü yıllarda Amerika nüfusunun 5 milyondan 75 milyona yükselmesiyle toplama sistemleri geliştirilmiştir. Burada temel hedef bulaşıcı hastalıkların önlenmesidir. Bu sistemlerde açık hendekler gömülü kanalizasyonlarla değiştirilmiştir. 1860'ta kanalizasyon hizmeti verilen 1 milyon nüfus 1900'lerde 25 milyona yükselmiştir. Arıtma daha çok alıcı sularda seyrelmeyle sağlanmaktaydı [17].

Yine 1800'lü yıllarda Londra'da sağlıksız koşulların neden olduğu halk sağlığı sorunlarına çözüm getirmek için kanalizasyon sistemlerinin geliştirilmesine başlanmıştır, 1842 yılında Almanya'nın Hamburg kentinde İngiliz Mühendis Lindley tarafından kanalizasyon sistemi gerçekleştirilmiştir. 1850 yılında Mühendis Chesborough, Chicago'da ilk kapsamlı kanalizasyon sistemini dizayn etmiştir. 1860 yılında ilk foseptik L.H. Mouras tarafından dizayn edilmiştir [18]. Bu icat modern septik tankların bir öncüsüdür.

Kirleticilerin arıtımı için nihai bir çözüm bulunmadan yayılmalarının sürmesi, onları çözülemez bir sorun haline getirmeye yeterlidir ve hiç kimse bu kirleticilerin zararından kaçınamaz. Bu bileşikler canlı bileşenler için tehlikeli olduğundan, her endüstriyel atık su arıtma işleminden arıtma sonuçları elde edilir. Ancak sonuçlarda farklılıklar vardır ve bu toksik maddelerin detoks sürecinde kullanılan bu sistemlerin büyük çoğunluğunun bakım ve yan koruma için harcanan para gibi zorlu arıtma aşamalarına yol açması gibi pek çok dezavantajı bulunmaktadır. Geleneksel arıtma prosesleri, arıtma prosesinin tamamlanmasından sonra ikincil atık üretimi ile karakterize edilir. Kirli suyun arıtılması sürecindeki eksiklik, iklimsel faktörlere tabi olması ve bunlardan etkilenmesi ve arıtma için küçük ve sınırlı bir kapasiteye sahip olmasıyla vurgulanmaktadır.

Demir ve çelik endüstrisinde su, soğutma dahil olmak üzere toz bastırma, temizleme, sıcaklık regülasyonu ve atık madde transferi (kül, çamur, tufal) gibi çeşitli amaçlar için

yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, demirçelik endüstrisinden kaynaklanan atıksuyun arıtımında zeytin (*Olea europaea*) ekirdeği tozunun etkinliğinin araştırılması, etkili dozların ve optimum pH'nın belirlenmesi hedeflenmiştir.

BÖLÜM 2

ATIKSU

2.1. ATIKSU ARITIMININ AMACI VE KAPSAMI

2.1.1. Atıksu Arıtımı

Atık sular, toplum yaşamının atıklarını temsil eden, kanalizasyona boşaltılan su bazlı katı ve sıvılardır. Atık su, "çürüyebilen" veya biyolojik olarak ayrışabilen çözülmüş ve askıda organik katılarına içerir. Tamamen ayrıştırılamayan iki genel atık su kategorisi vardır. Bunlar evsel ve endüstriyel atıksulardır. Atık su arıtımı, atık sudaki katıların kısmen uzaklaştırıldığı ve oldukça karmaşık, çürüyebilen, organik katılardan mineral veya nispeten kararlı organik katılarına ayrıştırma yoluyla kısmen değiştirildiği bir süreçtir. Birincil ve ikincil arıtma, atık sularda bulunan BOİ ve askıda katı maddelerin çoğunu giderir. Bununla birlikte, nüfusun çok hızlı artması, bu arıtma seviyesinin, alıcı suları korumak veya endüstriyel ve evsel geri dönüşüm için yeniden kullanılabilir su sağlamak için yetersiz olduğu kanıtlanmıştır. Bu nedenle, atık su arıtma tesislerine daha fazla organik ve katı madde giderimi sağlamak veya besinlerin veya toksik maddelerin uzaklaştırılmasını sağlamak için ek arıtma adımları eklenmiştir. Son yıllarda su arıtma alanında birçok yeni gelişme olmuştur. Klasik ve konvansiyonel su arıtma sistemleri için alternatifler kendini göstermiştir. Bireyler, topluluklar, endüstriler ve uluslar temel kaynakları kullanılabilir ve kullanıma uygun tutmanın yollarını aradıkça, gelişmiş atık su arıtma işlemleri küresel bir odak alanı haline geldi. Gelişmiş atık su arıtma teknolojisi, atık su azaltma ve su geri dönüşümü girişimleriyle birleştiğinde, kaçınılmaz olan kullanılabilir su kaybını yavaşlatma ve belki de durdurma umudu sunuyor.

Atık suyun ön arıtımı genellikle atık akışından birikintileri ve kaba biyolojik olarak parçalanabilir malzemeleri uzaklaştıran dengeleme veya kimyasal ekleme yoluyla

atıksuyu stabilize eden işlemleri içermektedir. Birincil arıtma genellikle ana sistem veya ikincil arıtmanın önündeki bir sedimentasyon sürecini ifade etmektedir. Evsel atık su arıtımında, ön ve birincil prosesler, organik yükün yaklaşık %25'ini ve neredeyse tüm organik olmayan katıları ortadan kaldırmaktadır. Endüstriyel atık arıtımında, ön veya birincil arıtma, genel arıtma süreci için son derece önemli olan akış dengeleme, pH ayarı veya kimyasal eklemeyi içerebilir, arıtma derecesine göre tipik atık su seviyelerini listeler. Herhangi bir atık su arıtma tesisinin önemli bir parçası, paçavra, kum, çubuk, diğer kalıntılar ve yabancı cisimler gibi öğeleri çıkarmak için kullanılan ekipman ve tesislerdir.

2.1.2. Evsel Atıksuların Tipik Özellikleri

Evsel atıksular askıda, koloidal ve çözülmüş halde organik ve inorganik maddeler içerir. İklimsel şartlar, insanların yaşam standartları ve kültürel alışkanlıklar atıksu özelliğini önemli ölçüde etkiler. Şehir kanalizasyon şebekesine endüstriyel atıksuların kabulü, mevcut evsel atıksu özelliklerini büyük oranda değiştirir. Konsantrasyonlar kişi başına günlük su kullanımı değerlerine bağlı olarak da değişir. Her ne kadar suya deşarj edilen atık miktarı toplumların sosyoekonomik ve kültürel özelliklerine göre farklılıklar gösterse de, bu fark çok yüksek değildir. Dolayısıyla atıksu özellikleri sadece şehirden şehre değil, ele alınan her bir yerleşim birimi için mevsimsel hatta saatlik değişkenlik gösterebilir. [19].

Kanalizasyon veya sıhhi atık su olarak da bilinen evsel atık su, evlerden, ticari binalardan ve kurumlardan kaynaklanan atık sudur. Evsel atık suların özellikleri, atık su sistemini kullanan insan sayısı, gerçekleştirilen faaliyetlerin türleri ve bölgede endüstriyel veya ticari kullanıcıların varlığı gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişebilir. Bununla birlikte, evsel atık suyun bazı tipik özellikleri şunlardır:

Organik madde: Evsel atık su, insan ve hayvan atıkları, gıda atıkları ve diğer organik bileşikler gibi organik maddeler içerir. Bu organik maddeler su kütlelerinde biyolojik oksijen ihtiyacına (BOİ) neden olabilir ve bakteri ve diğer mikroorganizmaların büyümesine katkıda bulunabilir.

Besinler: Evsel atık su, uygun şekilde arıtılmadığı takdirde su kütlelerinde ötrofikasyona yol açabilecek nitrojen ve fosfor dahil üzere besin maddeleri de içerir. Ötrofikasyon, su yaşamına zarar verebilecek alglerin ve diğer su bitkilerinin aşırı büyümesidir.

Patojenler: Evsel atık su, kolera, tifo ve hepatit A gibi su kaynaklı hastalıklara neden olabilen bakteri, virüs ve parazitler gibi patojenik mikroorganizmalar içerebilir.

Askıda katı maddeler: Evsel atık su, toprak, kum ve organik madde gibi askıda katı maddeler içerebilir. Bu katılar, atık su arıtma sistemlerinde boruların ve pompaların tıkanmasına katkıda bulunabilir.

Kimyasallar: Evsel atık su ayrıca temizlik ürünleri, ilaçlar ve kişisel bakım ürünleri gibi kimyasallar içerebilir. Bu kimyasallar uygun şekilde arıtılmadığı takdirde su yaşamı ve insan sağlığı için zararlı olabilir.

Sıcaklık: Evsel atık su, alıcı su külesinden daha sıcak olabilir ve bu da sudaki yaşamı ve ekosistemleri olumsuz etkileyebilir.

Genel olarak, evsel atık su, uygun şekilde arıtılmaz ve yönetilmezse çevre ve insan sağlığı üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir. Bu nedenle, bu kirleticileri uzaklaştırmak ve halk sağlığını ve çevreyi korumak için uygun atık su arıtımı şarttır.

2.1.3. Endüstriyel Atıksular

Endüstriyel atıksuların özellikleri, endüstriden endüstriye oldukça farklılıklar göstermektedir. Aynı daldaki endüstrilerde bile, kullanılan hammaddeler ve uygulanan proseslerin farklılığı, diğer birçok faktörle birlikte çıkan atık suyun yapısında farklılıklar oluşturmaktadır. Endüstriyel atıksularla ilgili olarak burada belirtilmesi gereken en önemli özellik, hem debi hem de içeriğinde geni ş çapta dalgalanmaların olduğudur. Bu sebeple, bu durumları tarif etmek ve belli değerlere ulaşmak için en iyi yol deneysel verilerin istatistiksel analizi yoluyla elde edilen sonuçlardan faydalanmaktır.

Yüksek seviyedeki kirleticiler ve kirleticiler nedeniyle, endüstriyel atık su, kirleticileri boşaltmadan önce güvenli seviyelere çıkarmak veya azaltmak için özel arıtma işlemleri gerektirir. Endüstriyel atıksuyun uygun şekilde arıtılması ve yönetimi, kirliliği önlemek, çevreyi ve insan sağlığını korumak için esastır. Birçok endüstrinin atık su deşarjı için izin alması ve çevre kurumları tarafından belirlenen düzenlemelere uyması gerekmektedir. [19].

2.2. ARITMA YÖNTEMLERİ

2.2.1. Fiziksel Arıtma Yöntemi

Fiziksel arıtma yöntemi tesiste biyolojik arıtma işlemi başlamadan önce biyolojik arıtma verimini artırmak için kum, yağ ve teressubat gibi maddelerin giderildiği arıtma yöntemlerinin bütünüdür

2.2.2. Izgaralar

Izgaralar, büyük katı maddeleri gelen atık su akışından uzaklaştırmak için atık su arıtma tesislerinde kullanılan bir tür mekanik ızgaradır. Izgaralar tipik olarak metal çubuklardan veya ağ ızgaralardan yapılır ve atık su arıtma tesisinin girişine yerleştirilir. Atık su ızgaradan akarken plastik, kağıt, paçavra ve diğer döküntüler gibi daha büyük katı maddeler ızgaranın yüzeyinde tutulur. Atık su ızgaradan akmaya devam eder ve birincil arıtma sürecine girer. Izgaraların temel amacı, pompalar, borular ve vanalar gibi aşağı akış ekipmanlarında sorunlara neden olabilecek büyük katı maddelerin birincil arıtma sürecine girmesini önlemektir. Büyük katılar da arıtma proseslerini tıkayabilir ve arıtma tesisinin verimini düşürebilir. Izgaralar, farklı uygulamalara ve akış hızlarına uyacak şekilde farklı boyut ve tiplerde mevcuttur. Bazı yaygın ızgara türleri arasında çubuk ızgaralar, delikli levha ızgaralar ve döner tambur ızgaralar bulunur. Çubuk ızgaralar, atık su arıtma tesislerinde kullanılan en yaygın ızgara türüdür ve daha büyük katı malzemeleri tutarken atık suyun akmasına izin vermek için birbirinden ayrılmış bir dizi paralel metal çubuk veya çubuktan oluşur.

Izgaralar, atık su arıtma sürecinin çok önemli bir bileşenidir ve bunların uygun tasarımı, montajı ve bakımı, atık suyun verimli ve etkili bir şekilde arıtılması için

gereklidir. Tıkanmayı önlemek ve düzgün çalışmasını sağlamak için ızgaraların düzenli olarak temizlenmesi ve bakımı gereklidir.

Atıksu içindeki katı maddelerin pompa vb. tesisata zarar vermemesi için bu maddeleri atıksudan ayırmak, böylece diğer arıtma ünitelerine gelecek yükü hafifletmek amacı ile kullanılır. Kaba ızgaralar yatay ile 30-60° ince ızgaralar yatay ile 60-80° açı yapacak şekilde yerleştirilirler. Çubuk aralığı, kaba ızgaralarda 4 cm' den büyük, ince ızgaralarda 1,5-3.0 cm arasında bulunur. Izgara-ya yaklaşan kanalda hız 0.5 m/sn den düşük olmamalı, ızgara çubukları arasındaki hız 1.0 m/sn' yi aşmamalıdır. Izgaraların korozyona dayanıklı malzemeden yapılması gerekir. Temizleme yöntemlerine göre elle temizlenen veya mekanik olarak temizlenen ızgaralar olarak iki gruba ayrılır. Mekanik ızgaralar, düz veya dairesel tipte yapılabilir. Çalışma sistemleri manuel veya otomatik olarak devreye girip çıkma şeklindedir [20].

2.2.3. Elekler

İnce elek olarak da bilinen elekler, atık su arıtma tesislerinde gelen atık su akışından daha küçük katı maddeleri uzaklaştırmak için kullanılan bir tür mekanik ekipmandır. Elekler tipik olarak daha büyük katı malzemelerin ızgaralarla ilk çıkarılmasından sonra ikincil bir arıtma işlemi olarak kullanılır. Elekler, aşağı akış ekipmanına zarar verebilecek veya arıtma sürecini engelleyebilecek kum, kum ve diğer ince parçacıklar gibi daha küçük katı malzemeleri çıkarmak için tasarlanmıştır. Elekler, katı partikülleri tutarken atık suyun geçmesine izin veren açıklıklara sahip ince gözenekli bir elek veya delikli plakadan yapılmıştır. Gelen atık su elekten akar ve daha küçük katı maddeler elek veya plaka yüzeyinde tutulur. Tutulan katılar daha sonra yıkanır veya yüzeyden kazınır ve bertaraf edilmek üzere toplanır. Atık su daha sonra arıtmanın bir sonraki aşamasına devam eder. Farklı uygulamalara ve akış hızlarına uyacak şekilde farklı boyut ve tiplerde elekler mevcuttur. Atık su arıtımında kullanılan bazı yaygın elek türleri arasında statik elekler, döner tamburlu elekler ve titreşimli elekler bulunur.

Eleklerin uygun tasarımı, montajı ve bakımı, atık suyun verimli ve etkili bir şekilde arıtılması için çok önemlidir. Tıkanmayı önlemek ve düzgün çalışmasını sağlamak için düzenli olarak temizlenmesi ve bakımı gereklidir. Elekler, atık su arıtma sürecinin

önemli bir bileşenidir ve arıtılan atık suyun çevreye deşarj edilmeden önce kalitesinin iyileştirilmesine yardımcı olur.

2.2.4. Kum Tutucular

Kum tutucular, atık su arıtma tesislerinde kum, kum ve çakıl gibi inorganik katı maddeleri gelen atık su akışından uzaklaştırmak için kullanılan bir tür ön arıtma işlemidir. Kum tutucular tipik olarak ızgaralardan sonra ve birincil arıtma işleminden önce kurulur. Kum tutucuların ana amacı, pompalar, valfler ve borular gibi aşağı akış ekipmanlarını inorganik katı malzemelerden kaynaklanan aşınmanın neden olduğu hasarlardan korumaktır. Kum tuzağı ile atıksudan uzaklaştırılan kum ve diğer inorganik katılar tipik olarak bertaraf edilmek üzere bir depolama sahasına gönderilir. Kum tutucular, daha ağır inorganik katıların tuzağın dibine çökmesini sağlamak için atık su akışını yavaşlatarak çalışır. Çöken katılar daha sonra tuzağın altından çıkarılır ve bir depolama sahasına gönderilir. Atık su daha sonra arıtmanın bir sonraki aşamasına devam eder. Kum tutucular, farklı uygulamalara ve akış hızlarına uyacak şekilde farklı boyut ve tiplerde mevcuttur. Atık su arıtımında kullanılan bazı yaygın kum tutucu türleri arasında vorteks kum odaları, havalandırılmalı kum odaları ve yatay akış kum odaları bulunur. Atık suyun verimli ve etkili bir şekilde arıtılması için kum tutucuların uygun tasarımı, kurulumu ve bakımı esastır. Tıkanmayı önlemek ve düzgün çalışmasını sağlamak için tuzakların düzenli olarak temizlenmesi ve bakımı gereklidir. Kum tutucular, atık su arıtma sürecinin önemli bir bileşenidir ve aşağı akış ekipmanının inorganik katı maddelerin neden olduğu hasarlardan korunmasına yardımcı olur[20].

2.2.5. Dengeleme

Dengeleme, arıtma proseslerinin optimum performansını sağlamak için gelen atık suyun bileşimini ve özelliklerini ayarlamayı içeren atık su arıtımında temel bir süreçtir. Dengeleme, organik madde ve besin maddelerinin atıksudan uzaklaştırılmasından sorumlu olan mikroorganizmaların büyümesi ve metabolizması için uygun koşulların sağlanması için gereklidir. Atıksuyun bileşimi ve özellikleri, atıksuyun kaynağına ve günün saatine bağlı olarak büyük ölçüde değişebilir. Atıksuyun bileşimini ve

özelliklerini etkileyebilecek bazı faktörler sıcaklık, pH, besin seviyeleri ve toksik maddelerin varlığını içerir. Dengeleme, mikroorganizmaların gelişmesi ve organik madde ve besin maddelerini verimli bir şekilde uzaklaştırması için en uygun koşulları karşılamasını sağlamak için atık suyun bileşimini ve özelliklerini ayarlamayı içerir. Bu, pH ve besin seviyelerini ayarlamak için atık suya asitler, bazlar ve besinler gibi kimyasalların eklenmesini veya çıkarılmasını içerebilir. Dengeleme süreci, mikroorganizmaların atıksudan organik madde ve besin maddelerini uzaklaştırmak için yeterli zamana sahip olmasını sağlamak için atık suyun akış hızının izlenmesini ve kontrol edilmesini de içerir. Bu, arıtma proseslerinin hızını ayarlayarak veya daha yüksek akış hızlarını karşılamak için ilave arıtma prosesleri ekleyerek elde edilebilir. Atık suyun verimli ve etkili bir şekilde arıtılması için uygun dengeleme çok önemlidir. Atıksuyun dengelenmemesi arıtma performansının düşmesine, verimliliğin düşmesine ve arıtma tesisi maliyetlerinin artmasına neden olabilir. Arıtma proseslerinin optimum performansını sağlamak için atık suyun bileşiminin ve özelliklerinin düzenli olarak izlenmesi ve ayarlanması gereklidir.

2.2.6. Yüzdürme

Yüzdürme, atık su arıtma tesislerinde gelen atık su akışından askıda kalan partikülleri, yağı ve gresi çıkarmak için kullanılan bir tür ayırma işlemidir. Yüzdürme, yüzeye yüzebilen, asılı parçacıkları ve yağı beraberinde taşıyan bir köpük oluşturmak için küçük hava veya gaz kabarcıklarının atık suya enjeksiyonunu içeren fiziksel-kimyasal bir işlemdir. Yüzdürme işlemi, atık su akışına basınç altında hava veya gaz enjeksiyonu ile başlar. Basınçlı hava veya gaz, atık suda asılı kalan parçacıklara ve yağla bağlanan küçük kabarcıklar oluşturarak yüzdürme tankının yüzeyine yükselen bir köpük oluşturur. Köpük daha sonra tankın yüzeyinden uzaklaştırılır ve arıtılmış atık su boşaltılır. Yüzdürme, özellikle algler ve yağ ve gres gibi ince asılı parçacıkların atıksudan uzaklaştırılmasında etkilidir. İşlem ayrıca ağır metallerin ve diğer kirleticilerin atıksudan uzaklaştırılmasında da etkilidir. Yüzdürme sistemleri, farklı uygulamalara ve akış hızlarına uyacak şekilde farklı boyut ve tiplerde mevcuttur. Atık su arıtımında kullanılan bazı yaygın flotasyon sistemleri türleri arasında çözülmüş hava flotasyon sistemleri, indüklenmiş hava flotasyon sistemleri ve elektroflotasyon sistemleri bulunur. Yüzdürme sistemlerinin uygun tasarımı, kurulumu ve bakımı, atık suyun

verimli ve etkili bir şekilde arıtılması için çok önemlidir. Flotasyon tanklarının ve ekipmanlarının düzenli olarak temizlenmesi ve bakımı, tıkanmayı önlemek ve düzgün çalışmasını sağlamak için gereklidir. Flotasyon, atık su arıtma prosesinin önemli bir bileşenidir ve arıtılan atık suyun çevreye deşarj edilmeden önce kalitesinin iyileştirilmesine yardımcı olabilir [20].

2.2.7. Çökeltme havuzları

Çöktürme havuzları, birçok atık su arıtma tesisinin önemli bir bileşenidir. Çökeltme havuzları, askıda katı maddeleri ve diğer partikül maddeleri atıksudan havuzun dibine çökmelerini sağlayarak uzaklaştırmak için tasarlanmıştır.

Bir çökeltme havuzundaki çökeltme işlemi, yerçekimi nedeniyle gerçekleşir. Atık su gölete girerken büyük bir havzaya veya gölete yönlendirilir ve burada bir süre çökmesine izin verilir. Bu süre zarfında, atık sudaki daha ağır askıda katı maddeler ve partiküler madde havuzun dibine çökerken, arıtılmış su yukarı çıkar.

Çöken katı maddeler, sıyırıcılar veya taraklar gibi mekanik ekipman kullanılarak havuzun tabanından uzaklaştırılır. Çamur olarak da bilinen çöken katılar, daha sonraki işlemler için ayrı bir arıtma işlemine veya depolama tesisine taşınır.

Çökeltme havuzları, atık su arıtma tesisinin özel ihtiyaçlarına bağlı olarak boyut ve tasarım olarak değişebilir. Bazı çöktürme havuzları büyük hacimli atık suları işlemek için tasarlanırken, diğerleri daha küçük arıtma kapasiteleri için tasarlanmıştır. Bir çöktürme havuzunun tasarımı, arıtılan atık suyun sıcaklığı, pH'ı ve kimyasal bileşimi gibi özelliklerine bağlı olarak da değişebilir.

Çökeltme havuzlarının uygun tasarımı, kurulumu ve bakımı, atık suyun verimli ve etkili bir şekilde arıtılması için çok önemlidir. Çöktürme havuzlarının ve ekipmanlarının düzenli olarak temizlenmesi ve bakımı, tıkanmayı önlemek ve düzgün çalışmasını sağlamak için gereklidir. Çökeltme havuzları, atık su arıtma sürecinin önemli bir bileşenidir ve arıtılan atık suyun çevreye deşarj edilmeden önce kalitesinin iyileştirilmesine yardımcı olabilir [20].

2.3. KİMYASAL ARITMA METOTLARI

2.3.1. Kimyasal Destekli Ön Çökeltim

Kimyasal destekli ön çökeltim (1. kademe arıtma) 100 yılı aşkın bir süreden beri bilinmekle birlikte evsel atıksularda uygulanması 20. yy'da gerçekleştirilmiştir. Bu sayede konvansiyonel ön çökeltim göre önemli ölçüde daha yüksek BOİ₅, AKM, TP ve patojen giderimleri sağlanabilmektedir.

Genelde iyi işletilen bir KDC sistemiyle, evsel atıksuların Yüksek Yüklü Aktif Çamur (A) prosesi eşdeğeri arıtma sağlanabilmektedir. KDC prosesinde düşük dozlu metal tuzu kullanımı esastır. En yaygın kullanılan pıhtılaştırıcılar alum ve FeCl₃'tür. Koagülant dozu 20~50 mg/L aralığında tutulur ve 0,3~1,0 mg/L'lik organik polielektrolit ilavesiyle güçlendirilir [21].

2.3.2. Nötralizasyon

Nötralizasyon, gelen atık su akışının pH'ını ayarlamak için atık su arıtımında kullanılan bir işlemdir. pH, bir çözeltinin asitliği veya alkaliliğinin bir ölçüsüdür ve kabul edilebilir aralığın dışındaki pH değerleri, çevreye ve sonraki arıtma proseslerinin performansına zararlı olabilir. Asidik atık su, kireç, soda külü veya kostik soda gibi alkali maddeler kullanılarak nötralize edilebilir. Benzer şekilde, alkali atık su, sülfürik asit veya hidroklorik asit gibi asidik maddeler kullanılarak nötralize edilebilir. Nötrleştirme işlemi, pH'ı istenen aralığa ayarlamak için atık su akışına uygun kimyasalın kontrollü bir şekilde eklenmesini içerir. Atık su deşarjı için pH aralığı, yerel düzenlemelere ve arıtma sürecinin özel ihtiyaçlarına bağlı olarak değişir. Genel olarak, atık su deşarjı için pH aralığı 6,0 ile 9,0 arasındadır ve hedef 7,0'dır (nötr pH). Nötrleştirme sistemlerinin uygun tasarımı, kurulumu ve bakımı, atık suyun verimli ve etkili bir şekilde arıtılması için çok önemlidir. Atık su akışına eklenen kimyasal miktarı, aşağı akışta sorunlara yol açabilecek aşırı nötrleştirme veya yetersiz nötrleştirmeyi önlemek için dikkatli bir şekilde kontrol edilmelidir. pH'ın kabul edilebilir aralıkta kalmasını sağlamak için nötrleştirme işleminin düzenli olarak izlenmesi ve ayarlanması gereklidir. Nötralizasyon, atık su arıtma sürecinin önemli bir

bileşenidir ve tahliye edilen atık suyun çevre için güvenli ve yerel düzenlemelere uygun olmasını sağlamaya yardımcı olabilir [20].

2.3.3. Hızlı Karıştırma ve Yumaklaştırma (Koagülasyon-Flokülasyon)

Hızlı karıştırma ve yumaklaştırma, çözelti veya sıvı içindeki katı parçacıkların bir araya gelmesi ve daha büyük parçacıklar veya çökelti oluşturması için yapılan işlemlerdir. Bu işlemler, çeşitli endüstrilerde, özellikle su arıtma tesislerinde kullanılır. Hızlı karıştırma, genellikle işlem başlangıcında yapılır ve amaç, katı parçacıkları çözelti içinde homojen bir şekilde dağıtmaktır. Bu işlem, mekanik bir karıştırıcı kullanılarak gerçekleştirilir. Karıştırma süresi, çözelti bileşenlerine, sıcaklığa ve diğer faktörlere bağlı olarak değişebilir.

Yumaklaştırma, karıştırma sonrasında yapılır ve amaç, katı parçacıkları bir araya getirerek daha büyük parçacıklar veya çökeltiler oluşturmaktır. Bu işlem, genellikle kimyasal koagülasyon ve flokülasyon adı verilen süreçleri içerir. Koagülasyon, çözeltiye belirli bir kimyasal (koagülan) eklenerek katı parçacıkların çökmesini sağlar. Flokülasyon ise, koagülasyondan sonra çözeltinin yavaşça karıştırılarak parçacıkların birbirine yapışmasını sağlar ve daha büyük yumaklar oluşmasına yardımcı olur.

Hızlı karıştırma ve yumaklaştırma işlemleri, su arıtma tesislerinde atık su arıtma işlemlerinde ve içme suyu arıtma işlemlerinde yaygın olarak kullanılır. Bu işlemler, kirleticilerin uzaklaştırılmasına ve su kalitesinin iyileştirilmesine yardımcı olur.

Yumaklaştırma ünitesinde suyun kalış süresi 15-60 dakika arasında olması sağlanarak askıda katı maddelerin koagülant ile maksimum teması sağlanır. Kimyasal yumaklaştırma sonrasında yumakların çöktürülmesi için çökeltme havuzu yapılır. Hızlı karıştırma, yumaklaştırma ve çökeltme havuzları ayrı ayrı inşa edileceği gibi, bunların bir arada yapıldığı bileşik sistemler de mevcuttur [22].

2.4. BİYOLOJİK ARITMA METOTLARI

Biyolojik arıtma yöntemleri, bakteri, mantar ve protozoa gibi mikroorganizmaları içeren biyolojik süreçleri kullanarak atıksudan organik maddeleri, besin maddelerini ve diğer kirleticileri uzaklaştırmak için kullanılır. Bu yöntemler atık su arıtma tesislerinde yaygın olarak kullanılmaktadır ve aerobik ve anaerobik prosesler olmak üzere iki ana tipe sınıflandırılabilir.

Aerobik süreçler: Aerobik süreçler, atık sudaki organik maddeleri metabolize eden aerobik mikroorganizmaların büyümesini desteklemek için oksijenin varlığını gerektirir. En yaygın aerobik biyolojik arıtma yöntemleri şunları içerir:

Aktif Çamur: Aktif çamur, atık suyun mikroorganizmaların büyümesini desteklemek için oksijenin sağlandığı bir havalandırma tankında bir mikroorganizma kültürüyle karıştırıldığı bir süreçtir. Havalandırmadan sonra karışım, mikroorganizmaların çöktüğü ve daha fazla işlem için havalandırma tankına geri gönderildiği bir çökeltme tankına akar.

Damlatma Filtresi: Damlatma filtreleri, atık suyun bir mikroorganizma katmanını destekleyen gözenekli bir ortam yatağından (kaya veya plastik ortam gibi) geçirilmesini içerir. Atık su ortamın üzerinden akarken, mikroorganizmalar atık sudaki organik maddeyi parçalar.

Membran Biyo-Reaktörü (MBR): MBR'ler, mikroorganizmaları arıtılmış atıksudan ayırmak için aktif çamur sürecini membran filtrasyon ile birleştirir. Bu, yeniden kullanılabilen veya çevreye boşaltılabilen yüksek kaliteli atık su sağlar.

Anaerobik işlemler: Anaerobik işlemler oksijen gerektirmez ve atık sudaki organik maddeleri parçalamak için anaerobik mikroorganizmalar kullanır. En yaygın anaerobik biyolojik arıtma yöntemleri şunları içerir:

Anaerobik Sindirim: Anaerobik sindirim, mikroorganizmaların oksijen yokluğunda organik maddeyi parçalayarak yan ürün olarak biyogaz (metan ve karbondioksit

karışımı) ürettiği bir süreçtir. Bu proses genellikle atık su arıtma tesislerinde üretilen çamurun arıtılması için kullanılır.

Biyolojik arıtma yöntemleri, organik madde, besin maddeleri ve diğer kirleticilerin atıksudan uzaklaştırılmasında etkilidir ve atık su arıtma tesislerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, bu yöntemlerin etkinliği, atıksuyun özellikleri, arıtma işleminin türü ve çevre koşulları gibi çeşitli faktörlere bağlıdır.

Biyolojik arıtma, atıksuda kolloidal veya çözünmüş halde bulunan biyolojik olarak parçalanabilir maddelerin mikroorganizmalar tarafından besin ve enerji kaynağı olarak kullanılmak suretiyle atıksudan uzaklaştırılması esasına dayanır. Atıksudaki organik maddeler; bakteriler tarafından parçalanarak sıvının içinde kalan biyolojik floklara veya gaz olarak atmo-safere çıkan sabit inorganik bileşkenlere dönüştürülür. Biyolojik arıtma yöntemleri temelde aerobik ve anaerobik olarak ikiye ayrılır [23].

2.4.1. Aerobik Prosesler

Atık su arıtımındaki aerobik prosesler, atık sudaki organik maddeleri metabolize eden aerobik mikroorganizmaların büyümesini desteklemek için oksijen kullanımını içerir. Bu prosesler atık su arıtma tesislerinde organik madde, besin maddeleri ve diğer kirleticileri atıksudan uzaklaştırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır.

Atık su arıtımında en yaygın aerobik işlemler şunları içerir:

Aktif Çamur Prosesi: Aktif çamur prosesi, atık suyun bir havalandırma tankında bir mikroorganizma kültürü ile karıştırılmasını içeren, yaygın olarak kullanılan bir atık su arıtma prosesidir. Atık sudaki organik maddeyi metabolize eden aerobik mikroorganizmaların büyümesini desteklemek için tanka oksijen verilir. Havalandırmadan sonra karışım, mikroorganizmaların çökelediği ve daha fazla işlem için havalandırma tankına geri gönderildiği bir sedimentasyon tankına akar.

Ardışık Kesikli Reaktör: Ardışık kesikli reaktör, atık suyun bir dizi arıtma aşamasından geçerek tek bir tankta arıtıldığı bir işlemdir. Her aşama, organik

maddenin ve besin maddelerinin atıksudan uzaklaştırılmasına izin veren havalandırma, karıştırma ve çöktürmeyi içerir.

Membran Biyo-Reaktör : Membran biyo-reaktör prosesi, mikroorganizmaları arıtılmış atık sudan ayırmak için aktif çamur prosesi ile membran filtrasyonu birleştirir. Bu, yeniden kullanılabilen veya çevreye boşaltılabilen yüksek kaliteli atık su sağlar.

Hareketli Yataklı Biyofilm Reaktörü: Hareketli yataklı biyofilm reaktörü işlemi, atık sudaki organik maddeyi metabolize eden bir mikroorganizma tabakasını desteklemek için plastik ortamın kullanılmasını içerir. Medya, yüksek bir yüzey alanını korumak ve tıkanmayı önlemek için hareket halinde tutulur.

Entegre Sabit Film Aktif Çamur: Mikroorganizmaların büyümesi için daha geniş bir yüzey alanı sağlamak üzere aktif çamur sürecini sabit film ortamıyla birleştirir. Bu, artan arıtma kapasitesi ve iyileştirilmiş çıkarma verimliliği sağlar. Genel olarak, atık su arıtımındaki aerobik prosesler, organik madde ve besin maddelerinin atıksudan uzaklaştırılmasında etkilidir. Proses seçimi, atık suyun özellikleri, arıtma hedefleri ve mevcut kaynaklar dahil olmak üzere çeşitli faktörlere bağlı olacaktır.

Difüzörler ince, orta, büyük gözenekli olabilirler. Oksijen transfer verimi ince gözenekli büyük difüzörlerde % 10-30, orta gözenekli difüzörlerde %6-15, büyük gözenekli difüzörlerde %4-8 arasında havalandırma havuzu derinliğine, difüzör yerleşimine göre değişir. Mekanik yüzeysel havalandırıcılar, suyu emerek etrafa püskürtmek suretiyle hem oksijen transferini hem de havuz içinde karışımı sağlarlar. Çalışma prensiplerine göre yatay milli veya düşey milli olarak ikiye ayrılırlar. Yüzeysel havalandırıcılar, bir köprü üzerine yerleştirilerek, sabit noktada çalıştırılabilirler gibi, özellikle su seviyesi değişken olan havuzlarda veya geniş lagünlerde yüzer bir sistem oturtulabilirler. Yüzeysel havalandırıcılar yavaş ve hızlı tip olarak iki farklı hızda yapılabilirler [23].

2.4.2. Biyofilm Tekniğine Göre Çalışan Sistemler

Biyofilm, atıksu arıtımında organik ve inorganik kirleticilerin atıksudan uzaklaştırılmasını artırmak için kullanılan bir tekniktir. Biyofilm, su ortamlarında yüzeylerde oluşan ince bir mikroorganizma tabakasıdır. Atık su arıtımında, arıtma tanklarının duvarları, borular veya atık suya maruz kalan diğer yüzeyler gibi arıtma sistemindeki yüzeylerde biyofilmler oluşturulur.

Biyofilmdeki mikroorganizmalar, atık sudaki organik maddeyi besin kaynağı olarak kullanırlar ve organik maddeyi tüketirken atık sudaki kirleticileri parçalayan enzimler salgırlar. Biyofilmdeki mikroorganizmalar, organik bileşikler, besinler ve ağır metaller dahil olmak üzere çok çeşitli kirletici maddeleri parçalayabilir.

Biyofilm, nehirler, göller ve okyanuslar dahil olmak üzere birçok su ortamında meydana gelen doğal bir süreçtir. Bununla birlikte, atık su arıtımında, atıksudan kirleticilerin uzaklaştırılmasını geliştirmek için biyofilm kasıtlı olarak oluşturulur ve yönetilir.

Biyofilm tekniğı, uygun maliyetli ve çevre dostu bir atık su arıtma yöntemidir. Minimum enerji girişı gerektirir ve çok az atık veya yan ürün üretir. Ek olarak, biyofilmdeki mikroorganizmalar, atıksu bileşimindeki değışikliklere uyum sağlayabilir ve bu da biyofilm tekniğini esnek ve uyarlanabilir bir arıtma yöntemi haline getirir.

Biyofilm sisteminin uygun tasarımı, kurulumu ve bakımı, atık suyun verimli ve etkili bir şekilde arıtılması için çok önemlidir. Biyofilmin sağlıklı kalmasını ve atıksudan kirleticileri uzaklaştırmada etkili olmasını sağlamak için sistemin düzenli olarak izlenmesi ve ayarlanması gereklidir.

Genel olarak, biyofilm tekniğı, hem çevre hem de halk sağığı için önemli faydalar sağlama potansiyeline sahip, etkili ve sürdürülebilir bir atık su arıtma yöntemidir[23].

2.4.3. Damlatmalı Filtre

Damlatmalı filtre, atıksudan organik maddeyi parçalayan ve uzaklaştıran bir mikroorganizma katmanını desteklemek için kayalar veya plastik ortamlar gibi gözenekli ortamlardan oluşan bir yatak kullanan bir tür biyolojik atık su arıtma sistemidir. Damlatmalı filtre sisteminde, atık su ortamın yatağına dağıtılır ve ortamın yüzeyini kaplayan ince bir atık su filmi oluşturularak ortamın içinden aşağı doğru akar. Ortamın yüzeyindeki biyofilmdeki mikroorganizmalar daha sonra atık sudaki organik maddeyi bir besin kaynağı olarak kullanır ve onu daha basit bileşiklere ayırır.

Atık su ortamdan damladıkça, giderek daha fazla arıtılır ve filtrenin altında toplanır. Arıtılmış atık su daha sonra deşarj edilir veya deşarj edilmeden önce daha fazla arıtılır. Damlatmalı filtreler genellikle küçük ve orta ölçekli atık su arıtma tesislerinde kullanılır ve evsel ve endüstriyel atık suların arıtılmasında etkili ve verimli bir yöntem olabilir. Çalıştırmaları ve bakımları nispeten basittir ve minimum enerji girdisi gerektirir. Ancak, damlatma filtrelerinin bazı sınırlamaları vardır. Nitrojen veya fosforu gidermede etkili değildirler ve atık su bileşimindeki değişikliklere karşı hassas olabilirler. Ek olarak, büyük miktarda alan gerektirirler ve yoğun nüfuslu kentsel alanlar için uygun değildirler. Genel olarak, damlatma filtreleri kanıtlanmış ve güvenilir bir atık su arıtma yöntemidir ve daha büyük bir atık su arıtma sisteminin etkili bir bileşeni olabilir. Sistemin uygun tasarımı, kurulumu ve bakımı, atık suyun verimli ve etkili bir şekilde arıtılması için çok önemlidir. Damlatmalı filtrenin sağlıklı kalmasını ve atık sudan kirleticileri uzaklaştırmada etkili olmasını sağlamak için sistemin düzenli olarak izlenmesi ve ayarlanması gereklidir [23].

2.4.4. Anaerobik Prosesler

Atık su arıtımındaki anaerobik prosesler, oksijen yokluğunda organik maddeleri parçalamak için mikroorganizmaların kullanılmasını içeren biyolojik arıtma yöntemleridir. Anaerobik arıtma prosesleri, kentsel atık su, endüstriyel atık su ve tarımsal atık su dahil olmak üzere çok çeşitli atık su türlerini arıtmak için kullanılabilir. Anaerobik arıtma süreçleri tipik olarak oksijensiz ortamlarda gelişen özel mikroorganizmaların kullanımını içerir. Bu mikroorganizmalar, bir dizi kimyasal

reaksiyon yoluyla karmaşık organik bileşikleri metan ve karbondioksit gibi daha basit bileşiklere ayırabilir. Atık su arıtımında kullanılan en yaygın anaerobik arıtma işlemi anaerobik çürütme işlemidir. Anaerobik çürütmede, atık su, mikroorganizmaların atık sudaki organik maddeyi parçaladığı bir anaerobik çürütücü tankında özel mikroorganizmalarla karıştırılır. Anaerobik çürütme işleminin yan ürünleri, öncelikle metan ve karbondioksitten oluşan biyogaz ve gübre olarak kullanılabilen besin açısından zengin bir çamurdur. Anaerobik arıtma prosesleri, aerobik arıtma proseslerine göre çeşitli avantajlara sahiptir. Oksijen gerekli olmadığından aerobik işlemlerden daha az enerji gerektirirler. Ayrıca aerobik proseslere göre daha az çamur üretirler ve anaerobik çürütme sırasında üretilen biyogaz enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Bununla birlikte, anaerobik arıtma işlemlerinin de bazı sınırlamaları vardır. Nitrojen ve fosfor gibi belirli kirletici türlerini gidermede etkili değildirler ve atık su bileşimindeki değişikliklere karşı hassas olabilirler. Ek olarak, aerobik işlemlerden daha uzun işlem süreleri gerektirirler. Genel olarak, anaerobik arıtma prosesleri, kanıtlanmış ve güvenilir bir atık su arıtma yöntemidir ve daha büyük bir atık su arıtma sisteminin etkili bir bileşeni olabilir. Sistemin uygun tasarımı, kurulumu ve bakımı, atık suyun verimli ve etkili bir şekilde arıtılması için çok önemlidir. Anaerobik prosesin sağlıklı kalmasını ve atıksudan kirleticilerin uzaklaştırılmasında etkili olmasını sağlamak için sistemin düzenli olarak izlenmesi ve ayarlanması gereklidir.

Anaerobik prosesler, organik kirliliği yüksek olan atıksuların arıtımında kullanılır. Proseste anaerobik ayrışma asit ve metan tarafından gerçekleştirilir. Anaerobik reaksiyonlar 3 adımda meydana gelir.

- a) Yüksek molekül ağırlıklı çözülmüş organik ve askıdaki organiklerin hidrolizi.
- b) Küçük organik moleküllerin parçalanarak, uçucu yağ asitlerine (asetik asite) dönüşümü.
- c) Asetik asidin, aynı zamanda hidrojen ve karbondioksitin metana dönüşümü [20].

BÖLÜM 3

KOAGULANT VE FLOKULANT

Pıhtılaştırıcılar ve topaklayıcılar, askıda katı maddeleri, organik maddeleri ve diğer kirleticileri atıksudan uzaklaştırmak için atık su arıtımında yaygın olarak kullanılan kimyasallardır. Kirleticilerin bir araya toplanmasına ve atıksudan dışarı çökmesine neden olarak çalışırlar, bu da fiziksel veya biyolojik arıtma süreçleri yoluyla uzaklaştırılmalarını kolaylaştırır. Pıhtılaştırıcılar tipik olarak, askıdaki parçacıklar üzerindeki elektrik yüklerini nötralize etmek için atık suya eklenir, bu da bunların bir araya gelmesine ve sudan daha kolay çıkarılabilen daha büyük parçacıklar oluşturmalarına neden olur. Yaygın pıhtılaştırıcılar arasında alüminyum sülfat (şap), ferrik klorür ve polialüminyum klorür bulunur. Daha sonra pıhtılaştırıcı tarafından oluşturulan daha büyük parçacıkların birbirine yapışmasını ve daha hızlı çökecek daha büyük, daha ağır parçacıkları oluşturmalarını sağlamak için atık suya topaklaştırıcılar eklenir. Yaygın topaklaştırıcılar, anyonik, katyonik ve iyonik olmayan polimerleri içerir. Atık su arıtımında pıhtılaştırıcıların ve topaklayıcıların kullanılması, fiziksel ve biyolojik arıtma işlemlerinin verimliliğini artırabilir, bu da daha temiz su ve daha verimli atık su arıtımı sağlar. Bununla birlikte, bu kimyasalların kullanımı, uygun şekilde kullanılmadığında veya uygun şekilde arıtılmadan çevreye boşaltıldığında da olumsuz çevresel etkilere sahip olabilir. Pıhtılaştırıcıların ve pıhtılaştırıcıların etkin bir şekilde kullanılmasını ve herhangi bir kalıntı kimyasalın deşarjdan önce uzaklaştırılmasını sağlamak için uygun dozlama ve izleme gereklidir.

Koagülasyon ve flokülasyon işlemi arıtmanın en önemli basamaklarından biridir. Uygun kimyasal çözeltiler kullanılarak küçük partiküllerin yumaklar haline getirilerek çökeltmesidir. Bu işlem pıhtılaştırma ve yumaklaştırma olarak iki basamakta gerçekleşmektedir. Yüzey suları çözünmüş madde, kolloid ve askıda katı madde (süspansiyon) gruplarını içerirler. Çapları 0,001 μm 'den küçük olan; Na^+ , Cl^- , O_2 gibi maddeler, çözünmüş maddelere örnek verilebilir. Kolloidlerin çapları 0,001 - 1 μm

arasındadır. Kil, SiO₂, Fe(OH)₃, virüsler sayılabilir. Askıda katı maddelerin çapların 1 µm'den büyüktür. Bakteriler, kil, kum, Fe (OH)₃, bitki ve hayvan artıkları askıda katı maddeler arasında sayılabilir. Çökeltme havuzları ancak askıda katı maddelerin çökeltmesinde kullanılabilir. Kolloidlerin çökeltme havuzlarında çökeltmeleri mümkün değildir. Bu tür maddeleri sudan ayırmak için tanelerin birbirleriyle birleşerek çökeltme hızlarının artması sağlanmalıdır. Yumaklaştırmanın amacı kolloidal ve askıda taneciklerin yumak haline getirilmesidir. Bu yumaklar, sonraki çökeltme ve filtrasyon işlemleriyle sudan ayrılabilirler. İçme suyu arıtımında suya renk ve bulanıklık veren maddelerin gideriminde yumaklaştırma kullanılmaktadır [24].

3.1. YUMAKLAŞTIRMANIN MEKANİZMASI

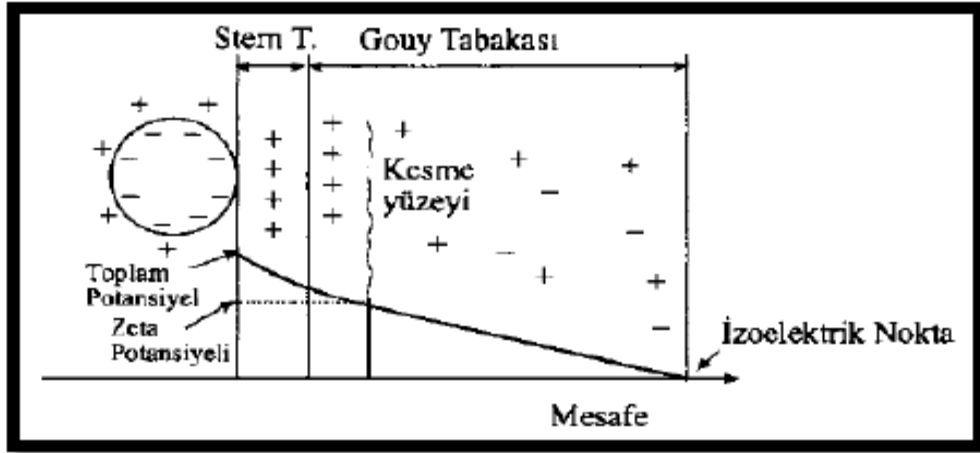
Yumaklaştırma, daha sonra çökeltme, yüzdürme veya filtrasyon yoluyla sıvı fazdan daha kolay ayrılabilen daha büyük parçacıklar veya floklar oluşturmak için atık sudaki küçük parçacıkların veya katıların toplanmasını içeren bir süreçtir. Flokülasyon mekanizması üç ana aşamadan oluşur: istikrarsızlaştırma, pıhtılaşma ve büyüme.

Stabilizasyon: İlk aşamada, bir pıhtılaştırıcı veya topaklayıcı ilavesiyle destabilizasyon gerçekleşir. Pıhtılaştırıcı veya topaklayıcı, atık sudaki parçacıkların üzerindeki elektrik yüklerini nötralize ederek itme kuvvetlerini kaybetmelerine ve birbirleriyle temas etmelerine neden olur.

Pıhtılaşma: İkinci aşamada, kararsız hale getirilmiş parçacıklar bir araya gelip küçük kümeler veya mikro floklar oluşturdukça pıhtılaşma meydana gelir. Bu işlem, parçacıklar arasında bir köprü görevi gören ve onları birbirine bağlayan pıhtılaştırıcı tarafından kolaylaştırılır.

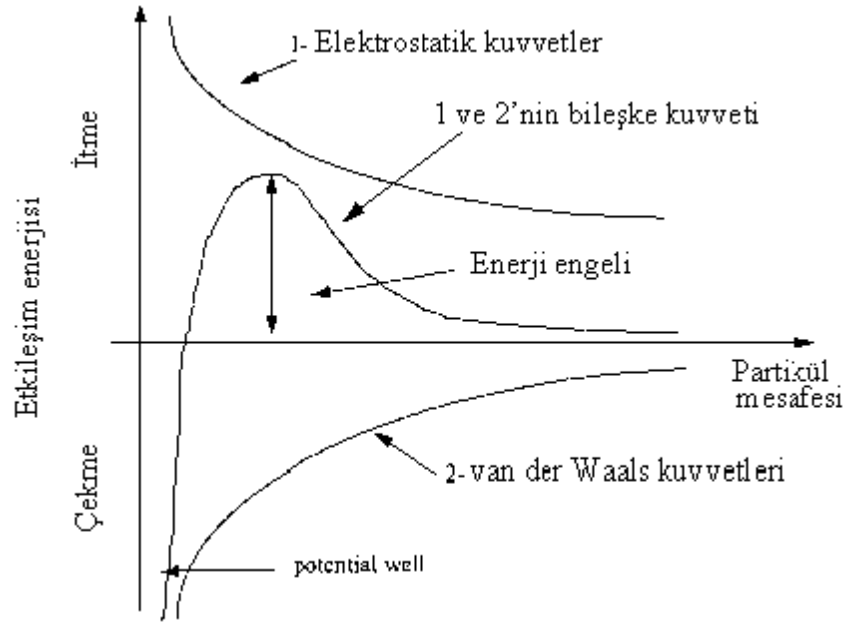
Büyüme: Son aşamada, topaklaştırıcının yardımıyla daha fazla partikülün eklenmesiyle mikro topakların boyutu büyüdükçe büyüme gerçekleşir. Topaklaştırıcı, mikro topakların çarpışmasına ve birbirine yapışmasına neden olarak atıksudan çökecek kadar ağır olan daha büyük topakların oluşmasına neden olur.

Atık su arıtımında topaklaştırmanın etkinliği, kullanılan pıhtılaştırıcı veya topaklaştırıcının türü ve konsantrasyonu, atıksuyun pH'ı ve sıcaklığı ve karıştırma yoğunluğu ve süresi dahil olmak üzere çeşitli faktörlere bağlıdır. Pıhtılaştırıcıların ve pıhtılaştırıcıların etkin bir şekilde kullanılmasını ve herhangi bir kalıntı kimyasalın deşarjdan önce uzaklaştırılmasını sağlamak için uygun dozlama ve izleme gereklidir. Su ortamında kil gibi suda çözünmeyen taneciklere suyu sevmeyen anlamında hidrofobik; nişasta, proteinler, organik polimerler gibi suda çözünen taneciklere de suyu seven anlamında hidrofilik denir. Kolloidler buldukları sıvı ortam içinde daima bir elektrik yüküne sahiptirler. Metal oksitler (Al_3^+ , Fe_2^+ veya Fe_3^+ gibi) pozitif elektrik yüküne, metal olmayan oksitler, kil, proteinler ise negatif elektrik yüküne sahiptirler. İçme suyu arıtımında karşılaşılan kolloidler çoğunlukla negatif yüklüdür. Yük çok fazlaysa etrafına çok miktarda zıt işaretli iyon çeker. Böylece tane zıt işaretli iyonlarla kaplanmış olur. Bu ilk ve yoğun zıt iyonlar tabakasına sabit tabaka veya stern tabakası adı verilmektedir. Stern tabakasının dışında yine aynı işaretli iyonlardan oluşan Gouy Chapman Tabakası veya Dağınık Tabaka bulunur. Bu iki tabakaya “Çift Tabaka” adı verilir. Çift tabakada kolloidin yüküne zıt iyonlar bulunmakla birlikte, aynı işaretli iyonlar da bulunur. Ancak iyon sayısı tane yüzeyinden uzaklaştıkça azalır. Belli bir mesafede artı (+) ve eksi (-) yüklü iyonların sayıları eşit olup bu noktaya izoelektrik nokta denilmektedir. Bu noktada potansiyel sıfırdır. Buradan tane yüzeyine gidildikçe anyon ve katyon arasındaki konsantrasyon farkı arttığından elektrostatik potansiyel de artar. Şekil 3.1 görülen kesme yüzeyindeki potansiyele zeta potansiyeli denir. Kesme yüzeyi içindeki sıvı tabakası sanki taneciğe yapışmış gibi onunla birlikte hareket eder. Ancak kesme yüzeyinin dışındaki kısım tane ile birlikte hareket etmez. Hidrofobik kolloidlerde kesme yüzeyi, sabit tabakanın dış yüzüne çok yakındır [24].



Şekil 3.1. Negatif yüklü bir kolloidin etrafındaki tabakalar.

İki kolloid bir arada düşünülürse, her iki kolloid aynı elektrik yükü ile yüklü olduğundan birbirlerini itmek isterler. Çekme kuvvetleri ise Van der Waal kuvvetleri ile Brownian hareketlerden doğan kinetik enerjiden dolayı ortaya çıkar [24].



Şekil 3.2. Kolloide Etki Eden Kuvvetler.

3.2. YUMAKLAŞTIRICILAR

Yumaklaştırıcı kimyasal maddelerin ilave edilmesiyle tane etrafındaki çift tabakanın sıkıştırılması, yüzeydeki potansiyelin azaltılması ve metal hidroksitlerle beraber kolloidlerin de çökmesi sağlanır.

Yumaklaştırıcılar Al_3^+ , Fe_3^+ , Fe_2^+ ve Ca_2^+ şeklinde sıralanabilir. Ancak Fe_2^+ doğrudan kullanılırsa yumaklaştırma için uygun olmaz çünkü $Fe(OH)_2$ çok iyi çözünür. Yumaklaştırma için çözünmeyen hidroksitler gereklidir. Fe_2^+ çelik sanayii yan ürünü olduğundan Fe_3^+ ' e göre ucuzdur ve tasfiye edilecek suda mevcut oksijen ile oksidasyon, aktif karbon katalizörlüğünde oksijen ile oksidasyon veya klor ile oksidasyon uygulanarak kullanılır. Bu sayede Fe_2^+ , Fe_3^+ 'e dönüştürülerek yumaklaştırmada kullanılır.

Yumaklaştırıcı seçiminde mutlaka kavanoz testleri (jar test) deneyleri yapılarak yumaklaştırıcının türü ve dozu belirlenebilir [25].



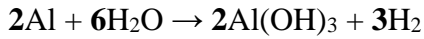
Şekil 3.3. Jar Testi Cihazı.

3.3. YUMAKLAŞTIRICILAR VE KİMYASAL FORMÜLLERİ

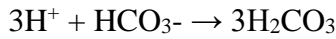
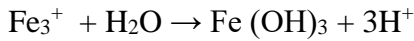
Çizelge 3.1. Koagülantlara Ait İyonlaşabilir Gruplar ve Proton Değişim Özellikleri.

Grup Türleri	Reaksiyon	pK	Örnekler
Zayıf Katyonik			
-NH ₂ (Alifatik)	-NH ₃ ⁺ → -NH ₂ + H ⁺	10,5-11	Polialilamin
-NR ₂ (Alifatik)	-NR ₂ H ⁺ → -NR ₂ + H ⁺	10,6	Polietilenimin
-NH ₂ (Aromatik)	-NH ₃ ⁺ → -NH ₂ + H ⁺	4,5-5	
-Pridin (≡N:)	≡NH ⁺ → ≡N: + H ⁺	5,3	Polivinilpridin
Güçlü Katyonik			
-NR ₄ ⁺	-	-	Poli dialildimetil amonyum klorür
Zayıf Anyonik			
-COOH	COOH → COO ⁻ + H ⁺	4-5	Poliakrilik asit
-PO ₄ H ₂	PO ₄ H ₂ → PO ₄ H ⁻ + H ⁺	0-1	Polisakkarit
Güçlü Anyonik			
-SO ₃ H	-SO ₃ H → SO ₃ ⁻ + H ⁺	-	Polistiren Sülfonik asit

Suya Al₃⁺ ve Fe₃⁺ gibi yumaklaştırıcılar ilave edilirse suyun pH değeri düşer. (sodyum alüminat hariç). Yani bu yumaklaştırıcılar (koagülantlar) asidik özelliktedir. Kimyasal denklemler basit olarak :



şeklinde olup bu reaksiyonun yönünün sağ tarafa olması için pH > 4 olmalıdır. Fe₃⁺ için denklem :



Sodyum alüminat (NaAlO₂) kullanılırsa



yazılabilir. Görüldüğü gibi bu reaksiyon baziktir. [25].

3.4. YUMAKLAŞTIRICI YARDIMCILARI

Flokülant yardımcıları, pıhtılaşma ve flokülasyon sürecini iyileştirmek için atık suya eklenen kimyasallardır. Pıhtılaşma ve flokülasyon, asılı partikülleri, organik maddeleri ve diğer kirleticileri uzaklaştırmak için atık su arıtımında temel adımlardır.

Atık suya eklendiğinde, topaklaştırıcı yardımcı maddeler çökeltme veya süzme yoluyla kolaylıkla giderilebilen topakları veya daha büyük parçacıkları oluşturur. Atık su arıtımında kullanılan en yaygın topaklaştırıcı yardımcı türleri şunları içerir:

İnorganik Topaklayıcılar: İnorganik topaklayıcılar, alüminyum sülfat (şap), ferrik klorür ve ferrik sülfat gibi metal tuzlarını içerir. Bu kimyasallar, atık suya eklendiğinde yapışkan bir çökelti oluşturur, bu da asılı parçacıkları birbirine çeker ve bağlar, çıkarılması daha kolay olan daha büyük topakları oluşturur.

Organik Topaklayıcılar: Organik topaklayıcılar, poliakrilamid gibi sentetik polimerleri ve kitosan ve nişasta gibi doğal polimerleri içerir. Bu kimyasallar, asılı parçacıklara bağlanan ve kolayca çıkarılabilen daha büyük topakları oluşturan uzun molekül zincirleri oluşturur.

Kompozit Flokülantlar: Kompozit topaklayıcılar, inorganik ve organik topaklayıcıların bir kombinasyonudur. Bu kimyasallar hem inorganik hem de organik flokülantların güçlü yönlerinden yararlanarak daha etkin ve verimli bir pıhtılaşma ve flokülasyon işlemi sağlar.

Atık su arıtımında topaklaştırıcı yardımcılarının kullanılmasının aşağıdakiler de dahil olmak üzere çeşitli avantajları vardır:

- a) İyileştirilmiş sedimantasyon ve filtrasyon verimliliği
- b) Azaltılmış çamur hacmi ve artırılmış katı geri kazanımı
- c) Daha az kimyasal kullanımı ve daha düşük arıtma maliyetleri

d) İyileştirilmiş atık su kalitesi ve azaltılmış çevresel etki

Bununla birlikte, topaklaştırıcı yardımcıların kullanımının, artan kimyasal kullanım potansiyeli, artan çamur hacmi ve artan arıtma karmaşıklığı gibi bazı dezavantajları da vardır. Topaklayıcı yardımcısının seçimi, atık suyun özellikleri, arıtma hedefleri ve mevcut kaynaklar dahil olmak üzere çeşitli faktörlere bağlı olacaktır.

Kil, kalsit, polielektrolitler, aktif silika, alkali ve asitler yumaklaştırıcı yardımcıları olarak kullanılmaktadır. Bunun amacı yumaklaştırmayı hızlandırmak, daha büyük ve kolay çökebilene yumaklar elde etmek, Al_3^+ ve Fe_3^+ gibi yumaklaştırıcıların konsantrasyonlarının azaltmak gibi sebeplerdir. Kil, yumaklara çekirdek oluşturması yönüyle faydalıdır. Suyu kötü koku ve tat veren maddeleri absorbe eden killer vardır. Ayrıca yumakların ağırlığını artırarak çabuk çökelmelerini sağlar. Kalsit toz halindeki kalsiyum karbonat olup kil olmayan yerlerde bulanık değeri düşük sularda kullanılır. Polielektrolitler anyonik, katyonik ve iyonik olmayan polielektrolitler olmak üzere üçe ayrılır. Alum gibi yumaklaştırıcılarla hızlı çökebilene yoğun yumaklar meydana getirirler. Doğal ve sentetik polielektrolitler mevcuttur. Sentetik polielektrolitlerin insan sağlığına zararlı olup olmadığı dikkate alınmalıdır. Aktif silika en çok kullanılan yumaklaştırıcı yardımcılarından biridir. Alum ile beraber kullanıldığında, kısa zincirli, iyi çökebilene yumaklar oluşmasını sağlar. Suyun pH değerinin ayarlanması gerektiğinde çeşitli alkali ve asitler de yumaklaştırıcı yardımcısı olarak kullanılabilir. Alkaliler sönmüş kireç ($Ca(OH)_2$), sönmemiş kireç (CaO), sodyum hidroksit ($NaOH$) veya soda; asit olarak ise sülfürik asit (H_2SO_4) kullanılır. [26].

3.5. YUMAKLAŞTIRMANIN VERİMLİLİĞİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

- a) Ham suyun kalitesi, bulanıklılığı
- b) Sudaki kolloidlerin ve asılı maddelerin miktar ve özellikleri
- c) Suyun pH değeri
- d) Yumaklaştırma prosesinin çeşidi, hızlı karıştırma ve yumaklaştırmada bekleme süreleri
- e) Suyun sıcaklığı

- f) Suyun alkalitesi
- g) Sudaki iyonların miktar ve özellikleri olarak sıralanabilir [27].

3.6. DOĞAL KOAGÜLANTLAR

Doğal pıhtılaştırıcılar kullanılarak yapılan pıhtılaşma, su arıtımı için de etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Bununla birlikte, mevcut çalışma yalnızca endüstriyel atıksu üzerine odaklanmıştır. Pıhtılaşma flokülasyon prosesinin ve bu prosesi etkileyen faktörlerin kısa bir tanıtımı sunulmakta, ardından kimyasal pıhtılaştırıcıların uygulamaları ve bunların avantaj ve dezavantajları gözden geçirilmektedir. Sudaki artık alüminyumun azaltılması ihtiyacı, ilgili literatürün kısa bir incelemesiyle vurgulanmaktadır. Doğal pıhtılaştırıcılar, kimyasal pıhtılaştırıcılara çekici ve çevre dostu bir alternatif olarak tartışılmaktadır ve daha yaygın olarak çalışılan bazı doğal pıhtılaştırıcılar şunlardır;

Kitosan, moringa oleifera, Abelmoschus esculentus (bamya), Malva sylvestris (ebegümece), fesleğen gibi doğal malzemeler ile bilim insanlarının yaptığı çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmada laboratuvarımızda zeytin çekirdeği tozundan yararlanılarak bir çalışma yapıldı. Bu bitki bazlı maddelerin sunduğu avantajlar ve ticari ölçekli uygulamalarını engelleyen sorunlar da vardır. Yeteri kadar ham madde olmadığı durumlarda sıkıntı olabilir. Fakat az gelişmiş ülkelerde ve nüfusu az olan yerleşim yerlerinde sentetik kimyasallar yerine kullanımı avantaj sağlar. Sentetik kimyasallar uzun süredir endüstriyel atık suların arıtılmasında kimyasal pıhtılaştırıcı olarak kullanılmaktadır. Alüminyum tuzları en sık kullanılan pıhtılaştırıcılardır. Ancak, yüksek arıtma verimliliğine rağmen, kimyasal pıhtılaştırıcıların dezavantajları vardır. Bunlar, suda çözünmeyen çamur üretimi, yüksek maliyet ve (en önemlisi) suda kalan alüminyumdan kaynaklanan durumu içerir. Sentetik kimyasallara alternatif olarak doğal koagülant kullanılma potansiyelini değerlendirmek için birçok çalışma yapılmıştır. Bu bitki bazlı pıhtılaştırıcıların birçoğu farklı endüstri türlerinden kaynaklanan atık suyun arıtılmasında önemli bir umut vaat etmiştir. Bu inceleme, hem doğal hem de sentetik pıhtılaştırıcıların avantajlarını ve dezavantajlarını kapsamlı bir şekilde sundu. Doğal pıhtılaştırıcılar, en ekonomik ve çevreci alternatif olmasına

rağmen atıksu arıtımında kimyasal pıhtılaştırıcılar büyük ölçüde tercih edilmemektedir [27].

BÖLÜM 4

ZEYTİN

Oleacea familyası, Olea cinsinin bir türü olan zeytinin (*Olea europaea* L.) anavatanı, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni de içine alan Yukarı Mezopotamya ve Güney Ön Asya'dır. Zeytin ağacının, ekiminin antik çağlara kadar uzanan kanıtlarıyla uzun ve köklü bir tarihi vardır. Ağacın anavatanı Akdeniz havzasıdır ve ilk olarak yaklaşık 6.000 yıl önce günümüz Suriye, Lübnan ve İsrail'in bazı kısımlarını kapsayan Levant bölgesinde evcilleştirilmiştir. Zeytinyağı antik dünyada önemli bir metaydı ve lambalar için yakıt, ilaç ve gıda gibi çeşitli amaçlar için kullanılıyordu. Antik Yunanlılar, tanrıça Athena'nın zeytin ağacını insanlığa hediye ettiğine inanıyorlardı ve ağaç diğer birçok kültürde de saygı görüyordu. Roma İmparatorluğu'nda zeytinyağı değerli bir maldı ve Akdeniz bölgesinde büyük miktarlarda üretilip ticareti yapılıyordu. Romalılar ayrıca zeytin yetiştirmek ve işlemek için üretimi artırmaya ve yağın kalitesini iyileştirmeye yardımcı olan yeni yöntemler geliştirdiler.

Orta Çağ boyunca zeytinyağı önemli bir meta olmaya devam etti ve yemek pişirmek, aydınlatmak ve ilaç olarak yaygın bir şekilde kullanıldı. Yağ, sabun ve kozmetik üretiminde de önemli bir bileşendi. Bugün, zeytin ve zeytinyağı dünyanın birçok yerinde hala önemli ürünlerdir ve zeytinyağının sağlığa olan faydaları geniş çapta kabul görmüştür. Zeytinyağı, kalp hastalığı, kanser ve diğer kronik hastalık riskinin azalmasıyla bağlantılı olan Akdeniz diyetinin önemli bir bileşenidir. Zeytin ve zeytinyağı ekimi ve üretimi, birçok ülkenin kültürel ve ekonomik manzarasının önemli bir parçası olmaya devam ediyor [28].

Zeytin ve zeytinden elde edilen zeytinyağı yüzyıllar boyunca insanlar için önemli besin maddelerinden olmuştur. Zeytinin ilk ziraatinin yapıldığı ve üründen ilk yararlanıldığı yer Akdeniz Ülkeleridir. Dünya zeytin ağacı varlığının %97'si Türkiye'nin de içinde bulunduğu Akdeniz'e kıyısı olan ülkelerde yer almaktadır.

Akdeniz'in belli başlı zeytin üreten ülkeleri İspanya, İtalya, Yunanistan, Türkiye, Tunus, Portekiz, Suriye, Fas ve Cezayir'dir. Günümüzde zeytin ağacı, Akdeniz iklimine sahip ülkelerde hala önemli bir tarım ürünüdür ve zeytinin sağlığa olan faydaları, zeytin ve zeytinyağı tüketimini artırmıştır. Zeytin ve zeytinyağı, kalp hastalığı, kanser, diyabet ve diğer birçok hastalığı önlemeye yardımcı olması nedeniyle sağlıklı beslenmenin önemli bir bileşeni olan Akdeniz diyetinin temel bir parçası olarak kabul edilir [28].

Ülke ekonomisinde çok önemli bir yere sahip olan zeytin üretiminde, yağlık ve sofralık zeytin ile zeytinyağı gibi ana ürünlerin yansira zeytinyağı fabrikalarında ortaya çıkan "Pirina" ve "Karasu" gibi katı ve sıvı yan ürünler de oluşmaktadır. Ekonomik olarak değerlendirilebilen pirinaya karşı, karasu çevreye gelişigüzel bırakılmaktadır. Zeytin karasuyu yüksek organik yükler, asidik pH ve toksik özellikte fenolik ve yağlı bileşikler içerdiği için ciddi çevresel problemlere neden olmaktadır. Bu atıklar doğrudan doğaya deşarj edildiklerinde kötü kokular oluşur, doğal suların yapısını bozar, çözünmüş oksijeni azaltır, toprakların kalitesini bozar ve bitkilerin toksisiteliğini etkiler. Bu nedenlerden dolayı karasuyun doğaya direkt deşarjlarına izin verilmez ve mutlaka arıtılmaları gerekmektedir.

Zeytin, gerek üretim miktarı ve gerekse ekonomik değer yönünden önemli bir üründür. Dünya tarım ekonomisinde önemli bir ürün olarak kabul edilen zeytin üretiminin yaklaşık %7.5'i Türkiye'de gerçekleşmektedir. Birçok botanikçi tarafından Güney Sahillerimiz zeytinin anavatanı olarak kabul edilmektedir. Yağlık ve sofralık olarak yararlanılan zeytinin yaklaşık %55.78'i Ege, %11.87'si Marmara, %30.0'u Akdeniz ve %2'si de diğer bölgelerde gerçekleşmektedir [29].

Çanakkale'den Muğla'ya kadar uzanan Ege Bölgesi zeytin ağacının en iyi yetişme şartlarına sahiptir. Körfez Bölgesi olarak ifade edilen yağlık zeytin yetiştiriciliğinin yapıldığı Balıkesir ilinde Ayvalık, Burhaniye, Edremit ve Havran'ı içine alan havza oldukça önemli zeytinliklere sahiptir. Yaklaşık 7600000 adet zeytin ağacı ve yok-var yıllarına göre 45000-388000 ton arasındaki yağlık zeytin üretimi ile ülke ekonomisinde çok önemli bir yere sahiptir. Bölge, Türkiye zeytinciliğinin en önemli bölümünü oluşturmakta olup, ağaç varlığının %75'ine sahiptir [28].

Akdeniz Bölgesinde zeytinciliğin geçmişi çok eskidir. Türkiye zeytin ağaç varlığının %13'ü Akdeniz Bölgesine aittir. Marmara Bölgesinde, zeytin ağaçları daha çok iznik ve Gemlik Körfezi gibi kapalı yerlerde sık olarak yerleşmiştir. Gemlik körfezi ve Mudanya'da zeytinlikler aşırı meyilli alanlara yayılmıştır. Türkiye zeytin ağaç varlığının yaklaşık olarak %10'u Marmara Bölgesine aittir [28].

Karadeniz Bölgesinde, Zonguldak'tan Artvin'e kadar aile ekonomisine dayalı zeytincilik yapılmakta ve ürün genelde sofralık olarak değerlendirilmektedir. Bölgenin toplam zeytin ağaç varlığı içindeki payı %0.24'tür. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde zeytincilik yönünden önemli iller Gaziantep, Şanlıurfa ve Kahramanmaraş'tır. Bölge alan yönünden büyük bir zeytinlik potansiyeline sahip olmakla birlikte, yüksek sıcaklık ve yetersiz yağışlar nedeniyle zeytinciliğin yayılması olumsuz yönde etkilenmektedir [28].

Çizelge 4.1. Zeytin Meyvesinin Bileşimi [30].

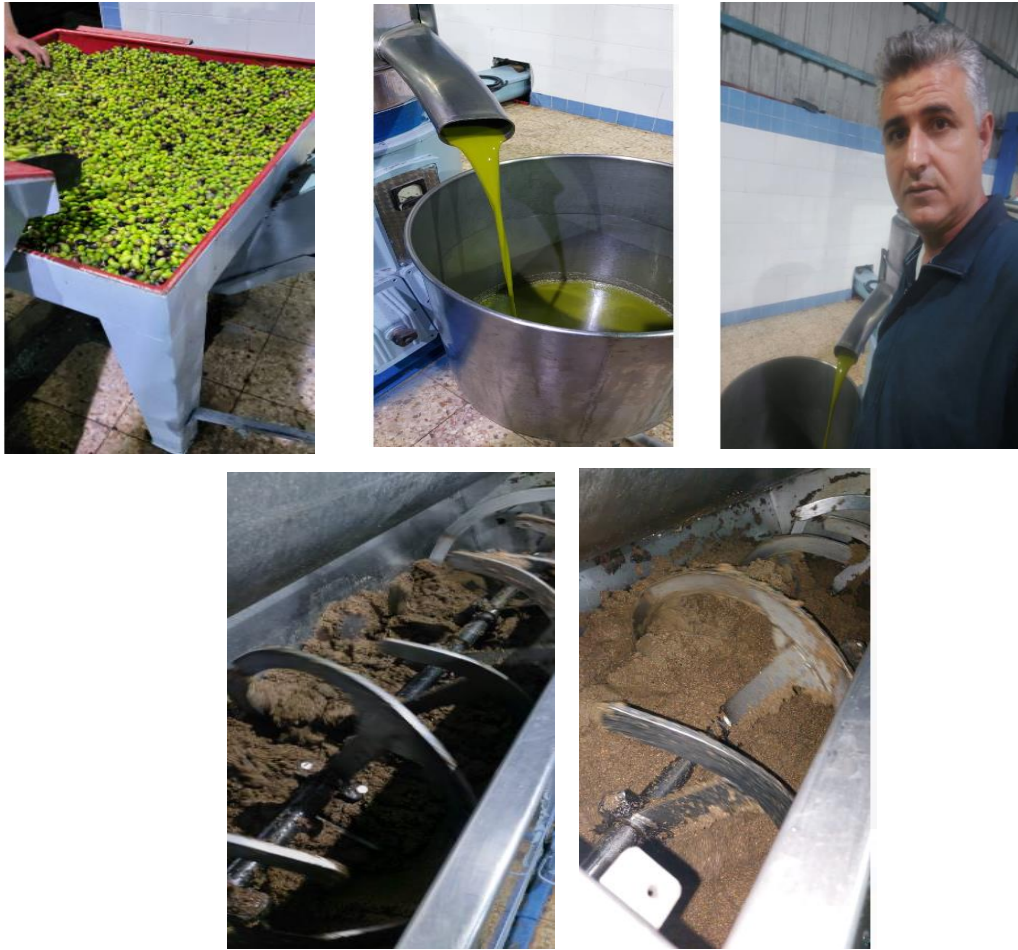
Bileşenler	Miktar
Su	83.2
Şekerler	2.8
Azotlu Bileşikler	1.2-2.4
Organik Asitler	0.5-1.5
Polihidroksi Bileşik	1.0-1.5
Petkinler	1.0-1.5
Tuzlar	1.8
Yağ	0.03-1.0

4.1. PİRİNA

Pirina, zeytinyağı üretim sürecinin bir yan ürünüdür. Zeytinlerin sıkılmasından ve yağının alınmasından sonra geriye kalan katı kalıntıdır. Pirina, zeytinin kabuğu, etli kısmı ve çekirdeklerinden oluşur ve tek başına presleme ile ekstrakte edilemeyecek kadar önemli miktarda yağ içerir. Pirina tipik olarak kurutulur ve daha sonra ısıtma için yakıt veya hayvan yemi olarak kullanılır. Ayrıca ilave yağ çıkarmak için daha

fazla işlenebilir veya prina yağı veya pirina unu gibi diğer ürünleri üretmek için kullanılabilir. Pirina yağı, prinadan hekzan gibi çözücüler kullanılarak ekstrakte edilen bir yağ türüdür. Sızma zeytinyağından daha düşük kalitededir ve genellikle kızartma için veya daha düşük dereceli bir yağın kabul edilebilir olduğu diğer uygulamalarda kullanılır. Pirina unu, prinanın kurutulup öğütülmesiyle elde edilen bir un çeşididir. Lif ve antioksidan bakımından yüksektir ve hayvan yemi veya insan gıda ürünlerinde besin takviyesi olarak kullanılabilir. Genel olarak, pirina, çeşitli şekillerde yeniden kullanılabilen ve kullanılabilen, zeytinyağı üretim sürecinin önemli bir yan ürünüdür. [31]. Bu yüzden farklı kullanım alanlarında değerlendirmek daha ekonomik olabilir.

Bu çalışmada, sofralık olarak kullanılan zeytinlerin çekirdeğinden faydalanılarak alternatif bir kullanım amacı denenmiştir. İleriki çalışmalarda doğrudan prina kullanılarak yeni çalışmalar yapılabilir.



Şekil 4.1. Zeytinden zeytinyağı elde edilişi sırasında ortaya çıkan prina.

BÖLÜM 5

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışma, Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

5.1. ZEYTİN ÇEKİRDEĞİ TOZU HAZIRLANIŞI

Zeytin çekirdekleri Türkiye'de Karabük Üniversitesi yakınlarındaki bir restorandan toplandı. Çekirdekle birleşik atıkları çıkarmak için zeytin çekirdekleri iyice yıkandı ve distile su ile durulandı. Çekirdekler, 105°C'de sekiz (8) saat boyunca bir fırına yerleştirilmeden önce başlangıçta oda sıcaklığında kurutuldu. Bu, zeytin çekirdeklerinin parçalamasını kolaylaştırmak için yapıldı. Halkalı öğütücü (Retsch RS 200 Model) kullanılarak, kurutulmuş zeytin çekirdekleri toz haline getirildi. Elde edilen tozlar endüstriyel atıksuyun arıtılmasında pıhtılaştırıcı olarak kullanıldı.



Şekil 5.1. Zeytin Çekirdeği ve Tozu.

5.2. ATIK SU ÖRNEKLERİNİN ALINMASI

Denemelerde Demir-Çelik Endüstrisi atıksuyu kullanılmıştır. Endüstriyel atık su numunesi atıksu havuzundan elle numune yoluyla alınmış ve polietilen (HDPE) kaplar kullanılarak Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvarına getirilerek denemeler yapılmaya kadar +4 °C’de buzdolabında saklanmıştır. Endüstriyel atıksuyun özelliği çizelge 5.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. Endüstriyel (Demir-Çelik Fabrikası) Atık Su Karakteristiği.

Endüstriyel Atık Su Parametresi	Birim	Sonuç
pH	-	8
Renk	Pt-Co	865,6
TKM	mg/L	110
KOİ	mg/L	840,24
Amonyak-azot NH ₃ -N	mg/L	42,8
Manganez “Mn”	mg/L	6,27
Demir “Fe”	mg/L	5,30
Çinko “Zn”	mg/L	5,44
Alüminyum “Al”	mg/L	0,38
Nikel “Ni”	mg/L	0,15

5.3. ANALİTİK ANALİZLER

Kullanılan karakterizasyon parametreleri ve prosedürler Çizelge 5.2.'de gösterilmiştir. Testler sırasında numunelerin pH'ı 1 N H₂SO₄ / NaOH çözeltisi ile ayarlanmıştır

Çizelge 5.2. Karakterizasyon parametreleri ve yöntemleri.

Parametreler	Yöntem
pH	pH ölçer
TSS (mg/L)	SM 2540D
KOİ (mg/L)	ASTM D1252-A
Amonyak-azot NH ₃ -N (mg/L)	TS EN ISO 11732
Manganez "Mn" (mg/L)	TS EN ISO 11885
Demir "Fe" (mg/L)	TS EN ISO 11885
Çinko "Zn" (mg/L)	TS EN ISO 11885
Alüminyum "Al" (mg/L)	TS EN ISO 11885
Nikel "Ni" (mg/L)	TS EN ISO 11885

5.3.1. Kimyasal Oksijen İhtiyacı Analizi

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), bir su numunesindeki organik maddeyi kimyasal olarak oksitlemek için gereken oksijen miktarının bir ölçüsüdür. Su kütlelerindeki ve endüstriyel atıklardaki kirlilik seviyesini ölçmek için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. KOİ, numunenin litresi başına tüketilen miligram oksijen cinsinden ölçülür (mg/L). Atık su arıtma işlemlerinin verimliliğini ve yüzey sularındaki organik kirlilik derecesini değerlendirmek için yararlı bir araçtır. Sudaki yüksek KOİ seviyeleri, gıda atıkları, tarımsal atıklar veya endüstriyel atıklar gibi büyük miktarda biyolojik olarak parçalanabilen organik bileşikler içerdiğini gösterir. KOİ analizi, su örneğine eklenen potasyum dikromat veya potasyum permanganat gibi güçlü bir oksitleyici maddenin kullanımını içerir. Numunedeki organik madde, oksitleyici madde ile reaksiyona girerek işlemde oksijen tüketir. Tüketilen oksijen miktarı daha sonra KOİ değerinin bir tahminini veren kolorimetrik veya titrimetrik bir yöntem kullanılarak ölçülür.

Bir numune çürütüldüğü zaman dikromat iyonları KOİ metaryellerini oksitler. Bu durum kromun +6'dan +3 değerlikli hale gelmesi ile sonuçlanır. Tüm bu krom iyonları çözelti içinde renklidir ve görünür bölgede absorpsiyon yaparlar. Dikromat iyonu ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) 420 nm'de yüksek absorpsiyon yapar. Bu dalga boyunda Cr^{+3} iyonu absorpsiyonu düşüktür. Krom iyonları 600 nm bölgesinde yüksek absorpsiyon yaparken dikromat absorpsiyonu sıfıra yakındır. 100-900 mg/l KOİ içeren numuneler için Cr^{+3} iyonundaki artış 600 nm'de tayin edilir. Daha yüksek konsantrasyonlar için numune seyreltmesi uygulanır. Daha düşük KOİ değerleri (90 mg/l veya altı) için dikromat iyonundaki artış 420 nm'de tayin edilir.

Deneyin yapılışı: Numune gerekli ise karıştırılır ve pipetle 50 mL alınıp 500 mL lik refluks (geri soğutma) erlenine koyulur. İçerisine 1 g HgSO_4 ve birkaç cam boncuk (cam kaynama taşı) konup üzerine çok yavaş 5 mL sülfürik asit ilave edilip HgSO_4 çözülmeye kadar karıştırılır (erlen musluk altında çalkalanarak soğutulabilir). Karıştırarak soğutur iken olabilecek uçucu maddelerden kaçınılmalıdır. 25 mL 0.004167 M $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ çözeltisinden eklenir ve karıştırılır. 70ml sülfirikasit reaktifi ($\text{AgSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$) kondansatörün üzerine yerleştirilen cam huni yardımıyla eklenir. Erlen kondansatöre yerleştirilip soğutma suyu açılır. Geri soğutucunun üstü yabancı

malzeme girişini engellemek için küçük bir beherle kapatılır ve iki saat reflux işlemi gerçekleştirilir. Geri soğutucu soğutulur ve saf su ile yıkanır. Geri soğutucu reflux erleninden ayrılır ve içindeki çözelti distile suyla iki kat seyreltilir. Oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra 2-3 damla ferroin indikatörü eklenerek $K_2Cr_2O_7$ ' in fazlası 0,025 M DAS ile titre edilir. Ferroin indikatör miktarı önemli değildir ancak tüm titrasyonlarda aynı miktarda olmalıdır. Titrasyonun son noktası, maviyeşil rengin tam olarak kırmızı-kahveye döndüğü noktadır bu da yaklaşık 1 dakika veya daha uzun sürer. Eş/paralel çalışmada elde edilen her bir sonuç ortalamasının %5 i kadar olmalıdır. İçerisinde askıda katı veya bileşen olan numuneler yavaş okside olduklarından farklı bir deneyle tanımlanmaları gerekebilir ve mavi-yeşil rengin titrasyondan sonra tekrar oluşmasına sebep olabilir. Aynı uygulamalar blank/şahit içinde yapılır. Ancak şahite numune yerine saf su eklenir. Hesaplama:

$$KOİ \text{ (mg O}_2\text{/L)} = (A-B) * M * 8000 / \text{Numune Hacmi, mL}$$

A: Şahit için kullanılan DAS, mL

B: Numune için kullanılan DAS, mL

M: DAS ın molaritesi

8000: oksijenin milieşdeğer ağırlığı* 1000 ml

5.3.2. ICP-OES Cihazında Ağır Metal Analizi (Al, Ni, Zn, Fe, Mn)

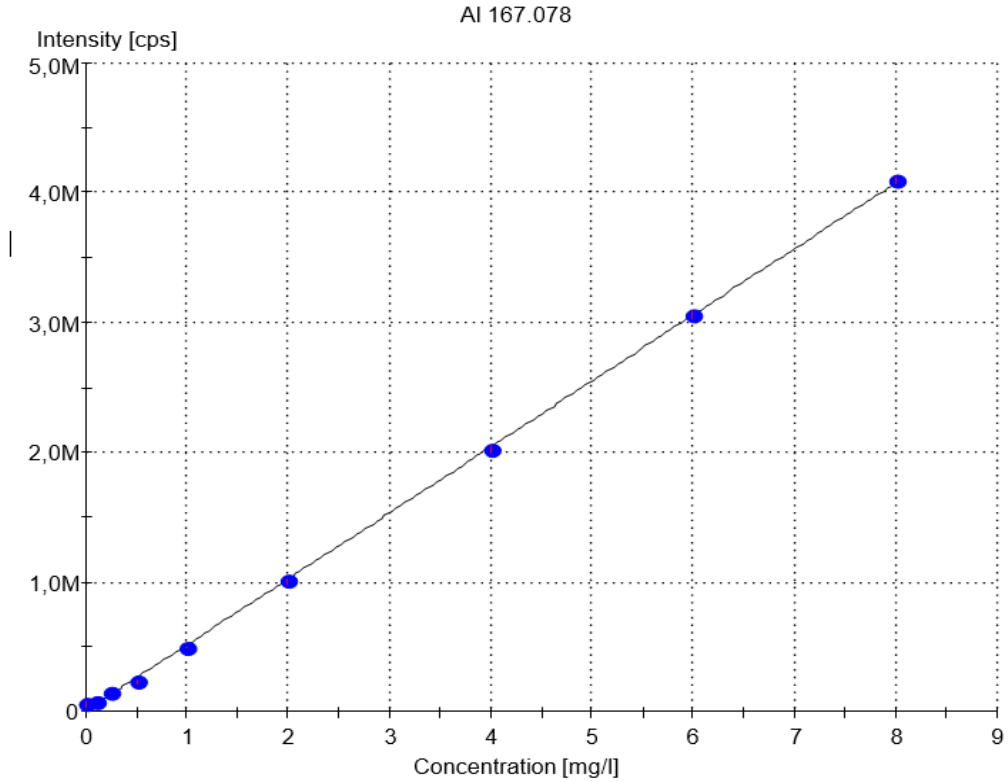
Endüktif Eşleşmiş Plazma Spektroskopisi, matrikslerin içerisinde yer alan elementlerin iyonlaşması temeline dayanan, numune matriksindeki elementleri ölçmeye ve tanımlamaya yarayan analitik bir yöntemdir.

Bu yöntemde matriksler bir peristaltik pompa yardımı ile numune iletimi sağlanırken sıvı halde olan örnekler, bir sisleştirici (nebulizer) yardımı ile yaklaşık 1 L/dk akışta argon gazına çarptırılarak, sıvıyı aerosol haline dönüştürürler. Aerosol halindeki yapılar püskürtme odasına gönderilerek, boyutları <10 µm küçük damlacıklar geçilmesine izin verilirken, daha büyük boyutlara sahip damlacıklar yoğunlaşarak yer çekimi etkisi ile tahliye edilir.

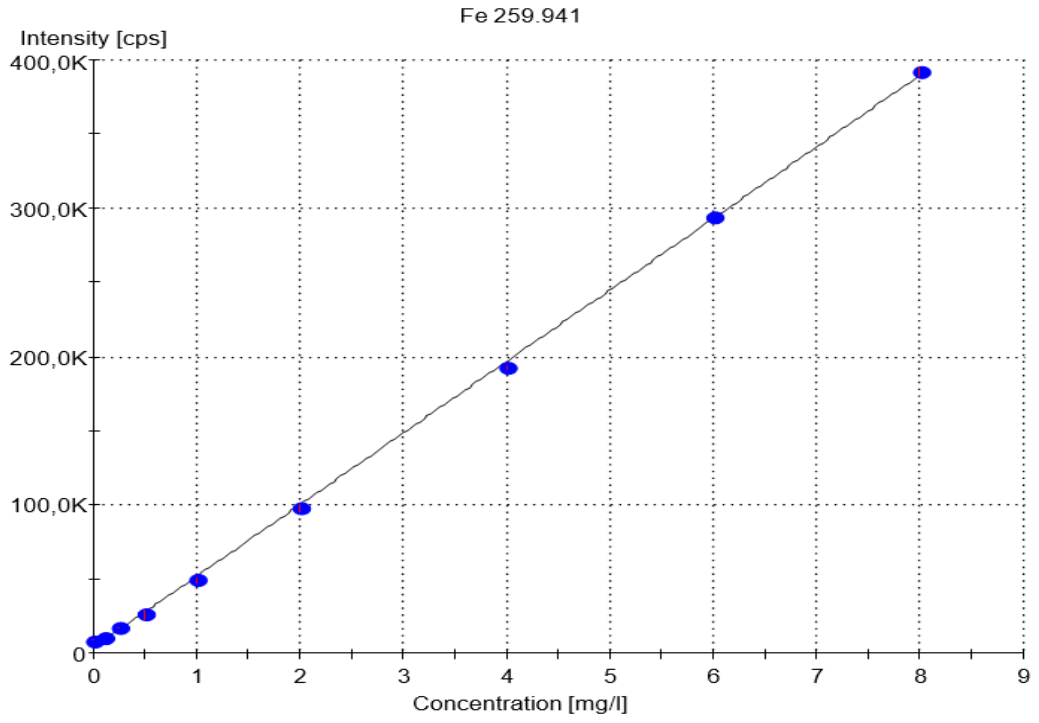
Torch kısmında, bir radyo frekans jeneratörü tarafından üretilen enerjinin elektromanyetik alan içerisinde argon gazı ile etkileşmesi sonucu plazma oluşur. <10 µm küçük aerosoller plazmaya doğru taşınarak yaklaşık 6500 K'de atomize ve iyonlaşmış hale gelirler. İyonlar, kütle/yük oranına göre ayırım yapılarak miktarsal tayin yapılmaktadır.

Ham su numunesi ile yapılan ICP-OES çalışmalarında, 19 adet ağır metal içeren sertifikalı referans malzemeden analitiksel hesaplamalar yapılarak, her bir ağır metal için 9 noktalı kalibrasyon eğrileri (0-10-30-50-100-200-300-400-500) ppb oluşturuldu. Su matrisleri üzerinde ASTM D5673-16 metodu referans alınarak çalışmalar gerçekleştirildi.

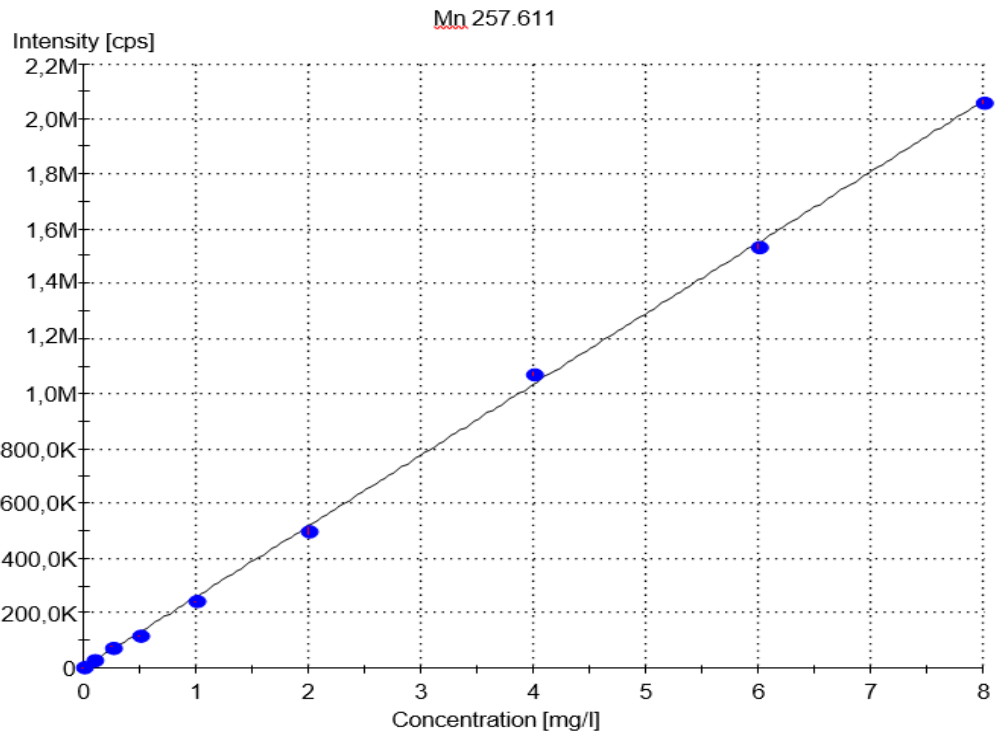
Çalışmalarda Başlangıç durumundaki ham su örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları ve Potasyum permanganat ile gerçekleştirilen oksidasyon işlemi sonrası ham suya ait Mangan (Mn) seviyeleri kontrol amaçlı deneysel çalışmalar yapıldı.



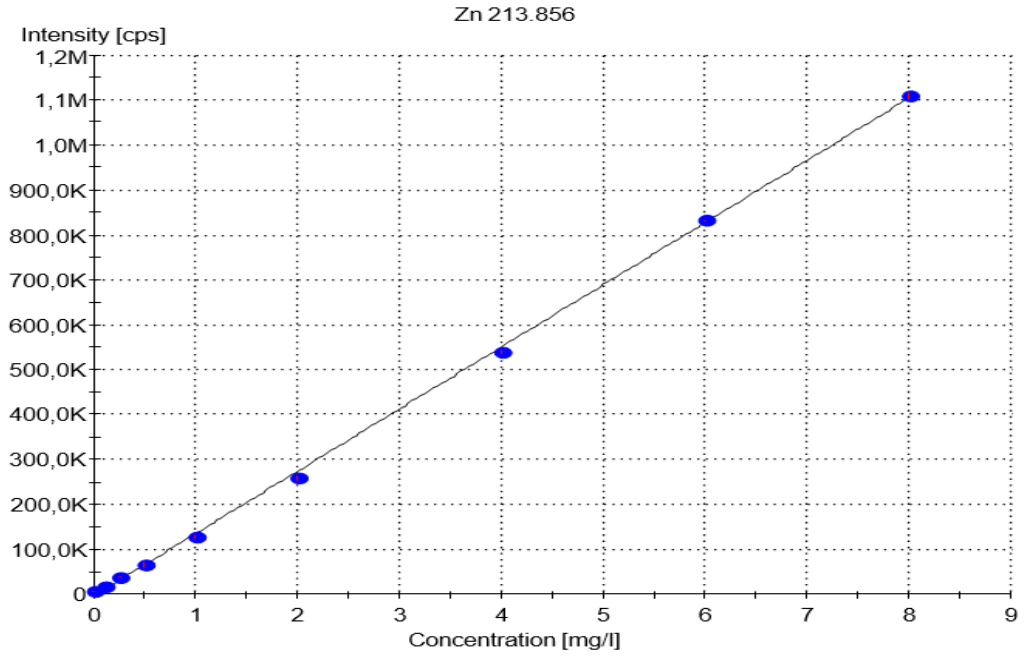
Şekil 5.2. Al Kalibrasyon Grafiği.



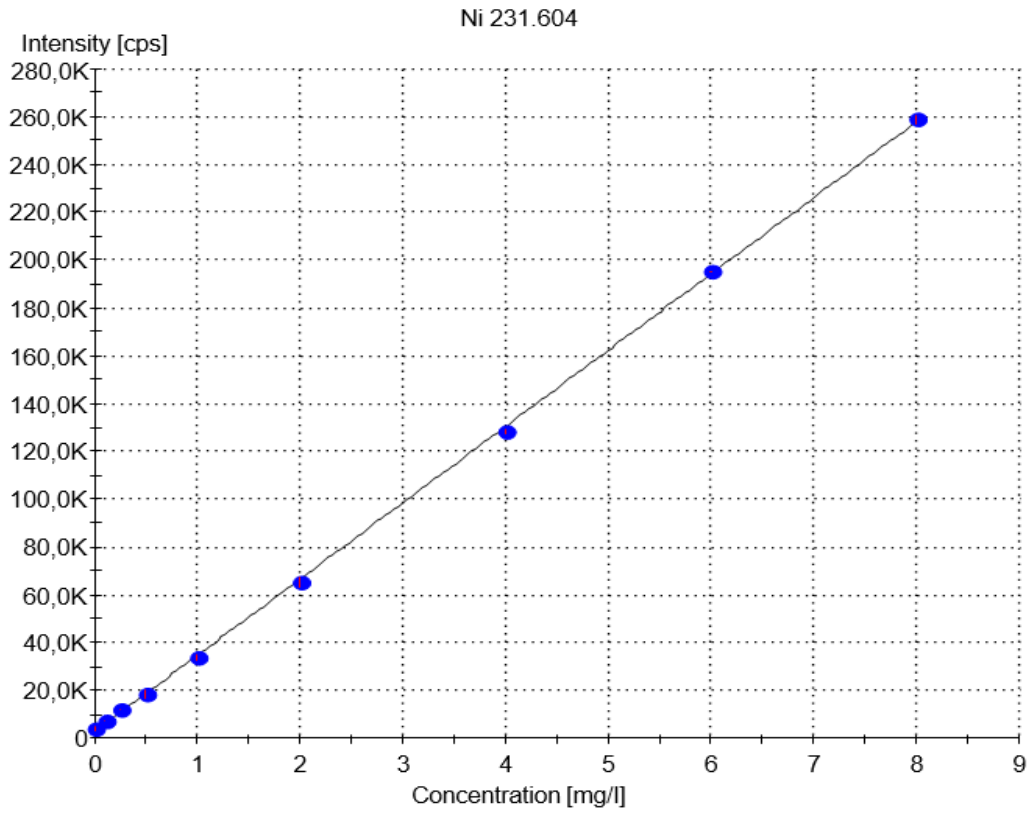
Şekil 5.3. Fe Kalibrasyon Grafiği



Şekil 5.4. Mn Kalibrasyon Grafiği.



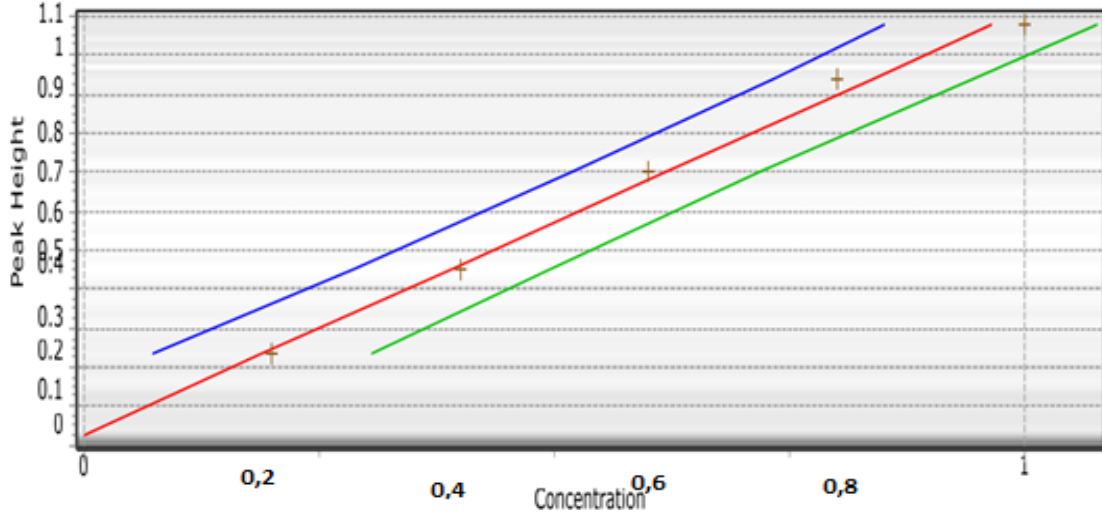
Şekil 5.5. Zn Kalibrasyon Grafiği.



Şekil 5.6. Ni Kalibrasyon Grafiği.

5.3.3. Amonyak Azotu Analizi

Amonyak azotu analizi, bir su numunesindeki amonyak konsantrasyonunu ölçmek için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Amonyak, suda yaşayan organizmalar için zararlı olabilen ve aynı zamanda kanalizasyon veya tarımsal atık su gibi diğer kirleticilerin varlığını gösterebilen zehirli bir bileşiktir. Amonyak azotu analizi tipik olarak su numunesindeki amonyağın kimyasal bir reaksiyon yoluyla amonyum iyonlarına dönüştürülmesini içerir. Amonyum iyonları daha sonra bir kolorimetrik veya titrimetrik yöntem kullanılarak ölçülür. Amonyak azotunu ölçmek için yaygın bir yöntem, mavi-yeşil renkli bir kompleks oluşturmak için amonyum iyonlarıyla reaksiyona giren bir salisilat reaktifinin kullanılmasını içeren salisilat yöntemidir. Rengin yoğunluğu, bir spektrofotometre kullanılarak ölçülebilen su örneğindeki amonyum iyonlarının konsantrasyonuyla orantılıdır. Amonyak azotu analizi için yaygın olarak kullanılan diğer bir yöntem, kahverengimsi sarı renkli bir kompleks oluşturmak için amonyakla reaksiyona giren bir Nessler reaktifinin kullanılmasını içeren Nessler yöntemidir. Rengin yoğunluğu, bir kolorimetre veya spektrofotometre kullanılarak ölçülebilen su örneğindeki amonyak konsantrasyonu ile yine orantılıdır. Amonyak azotu analizi, tarımsal faaliyetler, kanalizasyon arıtma tesisleri veya endüstriyel atıklar gibi çeşitli kaynaklardan kaynaklanan kirliliğin varlığını gösterebileceği için su kalitesi değerlendirmesinde önemlidir. Yüksek amonyak seviyeleri, sudaki besin fazlalığının alg büyümesinde artışa yol açtığı ve sonunda oksijenin tükenmesine ve sudaki yaşamın zarar görmesine neden olabileceği bir süreç olan ötrofikasyona yol açabilir.



Şekil 5.7. Amonyum azotu Kalibrasyon Grafiği.

5.4. PIHTILAŞTIRMA DENEYLERİ

Koagülasyon / flokülasyon çalışmaları, pıhtılaştırıcı dozunun etkisini test etmek için bir Orbital çalkalayıcı (Tip: PSU-10i, No: 010144-1404-0228, Letonya) ve üç adet 500 ml'lik beher kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Hedeflenen parametreler literatür taranarak belirlendi. 200 ml endüstriyel atık su numunesi 500 ml beherler aracılığıyla çalkalayıcı plakasına yerleştirildi. Her bir behere çeşitli miktarlarda zeytin çekirdeği tozu eklenmiş ve hızlı karıştırmayı sağlamak için 200 rpm'de 15 dakika çalkalanmıştır. Hızlı karıştırma basamağından sonra numuneler 30 dakika boyunca karıştırma hızı 90 rpm'e düşürüldü. Bundan sonra, elde edilen süspansiyon askı katı maddelerin çökmesi için 30 dakikalık çökeltme işlemine bırakıldı. Sonra numuneler içerisindeki safsızlıkları giderebilmek için Whatman süzgeç kağıdı yardımı ile filtrasyon işlemine tabii tutuldu. Süzülen numuneler pH 8 olacak şekilde ayarlanarak, tüm testler, oda sıcaklığında (21 ± 2 °C) iki tekralı olacak şekilde KOİ, TKM, Amonyak-azot NH_3 -N ve ağır metallerin Mangan "Mn", Demir "Fe", Çinko "Zn", Alüminyum "Al" ve Nikel "Ni", analizleri yapıldı ve ortalama bulgular aşağıda verilmiştir.

Önceki deney aşamasında belirlenen optimal zeytin çekirdeği tozu dozu, daha sonra pH'ın (5 - 10 aralığında) belirtilen parametreler için çıkarma verimliliği üzerindeki etkisi açısından değerlendirildi. Pıhtılaştırıcı ilave edilmeden önce pH, 1M hidroklorik asit çözeltisi ve 1M sodyum hidroksit çözeltisi kullanılarak ayarlandı. Parçacıkların

Çökme olasılığını azaltmak için endüstriyel atık su numuneleri pıhtılaşmadan önce kuvvetlice çalkalandı; giderim verimliliği aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$\text{Giderim Verimi (\%)} = \left[1 - \left(\frac{C_f}{C_i} \right) \right] * 100 \quad (5.1)$$

C_i = Başlangıç Konsantrasyonu

C_f = Son Konsantrasyon

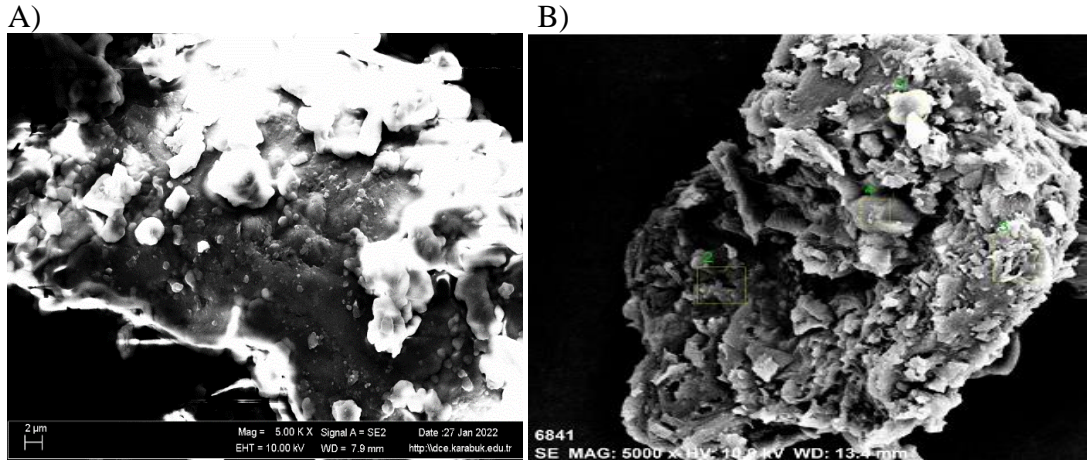
burada C_i ve C_f , her parametrenin orijinal ve elde edilen seviyelerine atıfta bulunur.

BÖLÜM 6

DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

6.1. ZEYTİN TOHURLARI TOZU KARAKTERİZASYONU TARAMALI ELEKTRON MIKROSKOBU (SEM) GÖRÜNTÜLEME

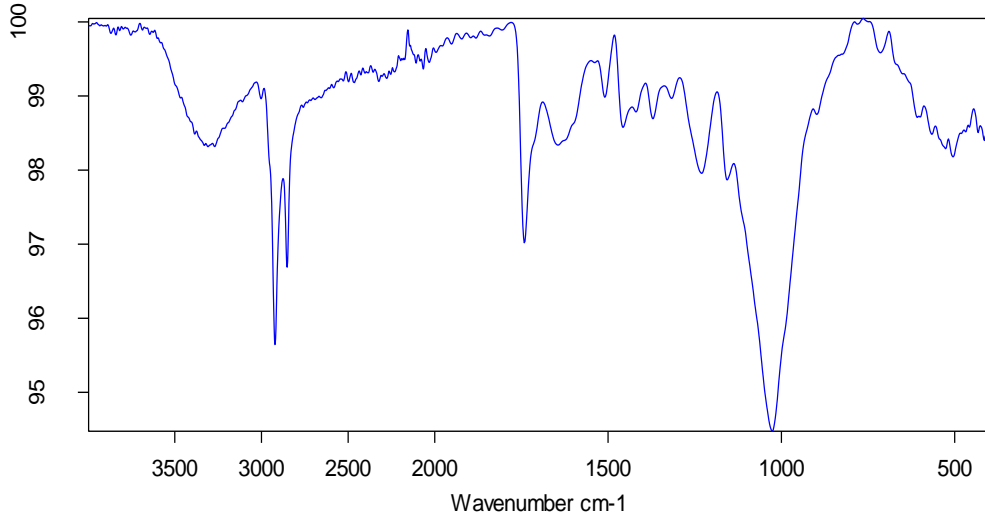
Zeytin çekirdeği tozunun morfolojik yüzey yapısı koagülasyon işlemi öncesi ve sonrasında incelenmiştir. Şekil 6.1 a'da görüldüğü gibi, zeytin çekirdeği tozu, yoğunlaştırılmış kristal blok şeklinde bir yapıya sahiptir. Yapı, asılı parçacıklar ve kationlar için bir bağlantı noktası işlevi gördüğü için bu bağlantı noktalarında tutunma gerçekleşmiştir [36]. Pıhtılaştırıcı parçacıkları toplayarak, Şekil 6.1 b'de görüldüğü gibi, kolaylıkla çöktürebilen daha büyük topaklar haline gelerek çökme işlemi gerçekleşmiştir. Sonuç olarak, zeytin tohumlarının SEM resimleri, köprülemenin zeytin çekirdeği tozunun olağanüstü pıhtılaşma özellikleriyle ilgili olabileceğini ortaya çıkarmıştır [33,34].



Şekil 6.1. (a) Zeytin Çekirdeği Tozunun Koagülasyon Prosedüründen Önceki Görüntüsü (1g/200 mL), (b) Zeytin Çekirdeği Tozunun Koagülasyon Prosedüründen Sonraki Görüntüsü

6.2. FOURIER DÖNÜŞÜMLÜ KIZILÖTESİ (FTIR) ANALIZI

Şekil 6.2 'de toz haline getirilmiş zeytin tohumlarındaki potansiyel fonksiyonel grupların varlığını daha fazla analiz etmek için Fourier Dönüşümü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi kullanıldı. FTIR analizi kolaylaştırabilmek için zeytin çekirdeği tozunun yapısında bulunan, fonksiyonel grupların varlığını tespit edilebilmesi için IR spektrumu yardımı ile mümkün olan dalga boyu aralığı ve pikler seçilmiştir. 3000-2500 cm^{-1} aralığında gözlemlenen pik, koagülasyon işlemi sırasında partiküller tarafından kullanılan köprüleme mekanizmasında yer alan güçlü amin tuzlarının (NH) varlığını göstermektedir. Bu işlem atık sulardan amonyak ve organiklerin uzaklaştırılmasına veya giderilmesine yardımcı olabilir. 1750-1650 cm^{-1} arasındaki pik C-N bağı olduğunu göstermektedir. (1650-1550) cm^{-1} dalga boyu aralığında ise bir birincil amin N-H'yi ya da aromatik C=C olduğunu doğrular. 1300-1250 cm^{-1} arasındaki yeşil bölgelerdeki pikler aromatik ester C-O bağı, 1200-1000 cm^{-1} arasındaki pik ise bir N-H alifatik amin varlığını gösterir.



Şekil 6.2. Zeytin çekirdeği tozu için Fourier dönüştürülmüş kızılötesi (FTIR) spektroskopi eğrisi.

Çizelge 6.1. Zeytin çekirdeği tozunun %kütle spektroskopisi (XRF results).

Component	Result	Unit	Det. limit	El. line	Intensity	w/o normal	Analyzing depth(mm)
Na2O	17.6879	mass%	0.13418	Na-KA	0.1448	1.6892	0.0035
MgO	1.2280	mass%	0.04940	Mg-KA	0.0712	0.1173	0.0042
Al2O3	0.4076	mass%	0.01185	Al-KA	0.1170	0.0389	0.0060
SiO2	0.5657	mass%	0.01662	Si-KA	0.2125	0.0540	0.0085
P2O5	3.3635	mass%	0.00390	P-KA	4.0679	0.3212	0.0114
SO3	3.9466	mass%	0.00497	S-KA	4.1910	0.3769	0.0144
Cl	35.2269	mass%	0.01581	Cl-KA	20.7411	3.3642	0.0180
K2O	20.3261	mass%	0.00659	K-KA	11.0314	1.9411	0.0180
CaO	15.3098	mass%	0.01151	Ca-KA	6.2074	1.4621	0.0170
V2O5	0.5094	mass%	0.01790	V-KA	0.1125	0.0487	0.0304
Fe2O3	0.7939	mass%	0.01169	Fe-KA	0.9826	0.0758	0.0594
CuO	0.1631	mass%	0.00781	Cu-KA	0.6080	0.0156	0.1094
ZnO	0.1559	mass%	0.00687	Zn-KA	0.7998	0.0149	0.1333
SrO	0.0767	mass%	0.00521	Sr-KA	1.4579	0.0073	0.5112
WO3	0.2389	mass%	0.02248	W-LA	0.3578	0.0228	0.1267

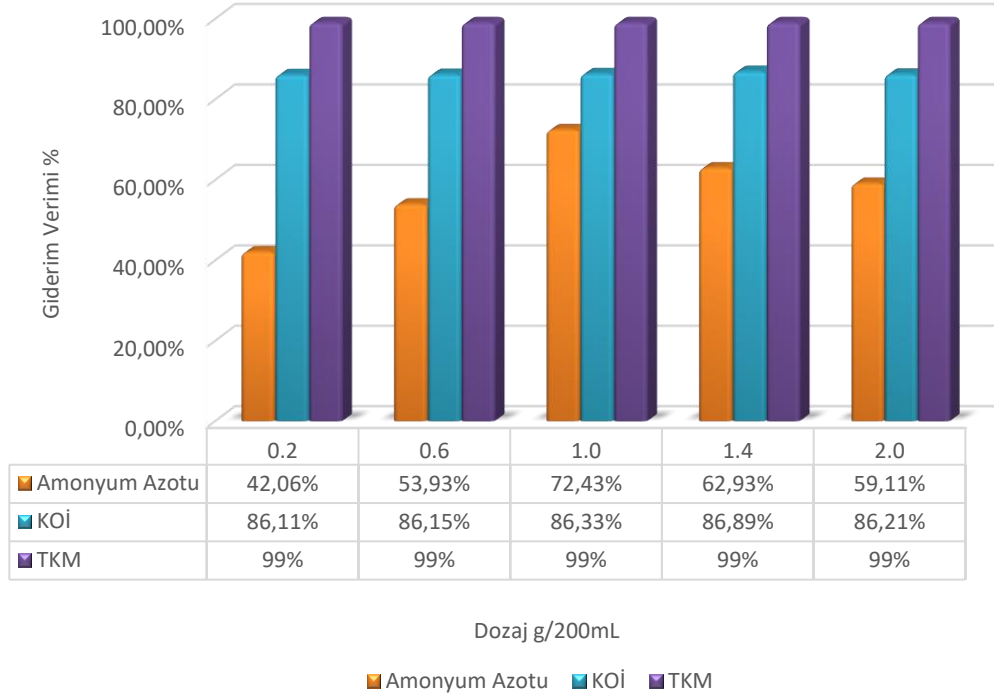
6.3. ENDÜSTRİYEL ATIKSU ARITMADA ZEYTİN ÇEKİRDEĞİ TOZU DOZAJININ ETKİSİ

Koagülant dozu, atık sularda koagülasyon/flokülasyon prosesinde önemli bir unsurdur. Sonuç olarak, KOİ ve Amonyak-azot NH_3 -N'nin yanı sıra ağır metalleri Mangan "Mn", Demir "Fe", Çinko "Zn" gidermek için gereken koagülant dozajının etkisini ve miktarını belirlemek için bir dizi test yapıldı. Demir ve çelik endüstrisi atık su örneklerinden "Zn" Çinko, Alüminyum "Al" ve Nikel "Ni" ağır metalleri için pH 8 de (0.2 g/200 mL, 0.6 g/200 mL, 1g/200 mL, 1.4g/200 mL ve 2 g/200 mL) arasında değişen zeytin çekirdeği tozu koagülant dozajları kullanılarak giderim etkileri araştırıldı.

6.3.1. Dozajlama Etkisi Üzerine Kimyasal Oksijen İhtiyacı, Toplam Katı Madde ve Amonyak-Azotu Giderim Verimi

Ramavandi ve Farjadfard [38] göre koagülasyon performansı, koagülant miktarı nedeniyle yüzey yükünden büyük ölçüde etkilenebilir. Ekonomik olarak, koagülant dozunun optimizasyonu ve büyük ölçekli ekipmanın tasarımı için koagülantın en çok ihtiyaç duyulan miktarı gereklidir. Sonuç olarak, pH 8 de demir çelik endüstrisi atık su matrisleri üzerinde yapılan çalışmalarda koagülant olarak kullanılan zeytin

çekirdeği tozu dozunun KOİ giderimi üzerindeki etkisi araştırıldı; bulgular Şekil 6.3'de gösterilmiştir.



Şekil 6.3. pH: 8 de Zeytin Çekirdeği Tozu Dozunun KOİ, TSS ve NH₃ -N Giderimi Üzerindeki Etkileri.

Deneyin zeytin çekirdeği tozu dozaj aralığı;

- 0,2g/200 mL,
- 0,6g/200 mL,
- 1g/200 mL,
- 1,4g/200 mL
- 2g/200 mL idi.

En yüksek giderim verimi 1,4g / 200 mL ve 1g /200 mL zeytin çekirdeği tozu dozajında %86,89 ve %86,33 olduğu tespit edilmiştir.

Ekonomik açıdan bakıldığında. 1,4g/200 mL ile karşılaştırıldığında uzaklaştırma verimliliğinde büyük bir fark olmadığı için ve çamur oluşumunun azalmasına

yansıyacak olan arıtma prosesi için kullanılan dozaj miktarını azaltmak için optimal dozaj 1g/200 mL olabilir. Şekil 6.3 'de görüldüğü gibi zeytin çekirdeği tozu dozu artırılarak (2 g/200 mL 'ye kadar) KOİ gideriminde azalma meydana gelmektedir. Bunun nedeni, doğal pıhtılaştırıcının yüzeyini kaplayarak koloidal partikül köprüsü için potansiyel adsorpsiyon bölgelerinin sayısını azaltan pıhtılaştırıcı aşırı yüklenmesidir [36,37].

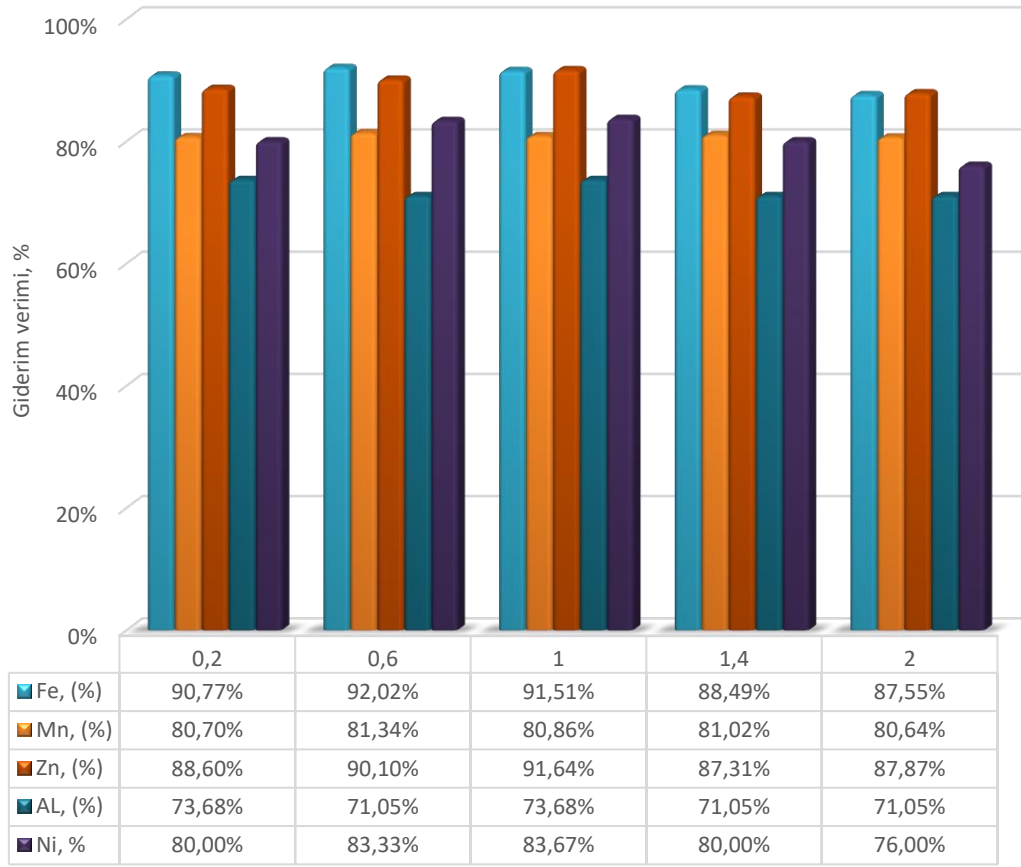
İyi bilindiği gibi, yetersiz dozaj veya aşırı doz, flokülasyonda düşük performansla sonuçlanacaktır[38]. Pıhtılaştırıcı dozlarının (0,2, 0,6, 1,4 ve 2g/200 mL) numuneden toplam askıda katı madde giderimi etkisi Şekil 6.3de gösterilmiştir.

Şekil 6.3'de gösterildiği gibi parti testinin sonucunda, başlangıçta dozajdaki artışla uzaklaştırma hızının arttığı ve ardından doz seviyesindeki daha fazla artışla amonyak-azot $\text{NH}_3\text{-N}$ 'nin uzaklaştırılmasında azalma eğiliminin takip ettiği bulundu . Zeytin çekirdeği tozunun en etkili dozu %7,43 ile 1g/200 mL olarak bulunurken, başlangıçta 1g/200 mL doza kadar çıkarılmada sürekli bir artış eğilimi vardı. Diğer taraftan denemeler boyunca pH 5-10 arasında TSS giderme etkinliğinin %99 da tutarlı olduğu gözlemlenmiştir.

Zeytin çekirdeği tozundaki doğal polifenollerin organikleri ve metal iyonlarını adsorbe etme kapasitesi, organik kirleticilerin ortadan kaldırılmasını arttırdı [39]. Karboksilik, fenolik ve amino grupları tarafından oluşturulan elektrikli çift katmanların etkisi, organik ve amonyak eliminasyonundaki gelişmeden sorumlu olabilir [40]. Daha büyük dozlarda zeytin çekirdeği (>0,6 g) kullanıldığında, istenen parametrelerin uzaklaştırma etkinliği azalmıştır. Zeytin tohumlarındaki pozitif yüklü birincil amino grupları, atık sudaki partiküllerin ve kolloidlerin köprüleme mekanizmasını artırarak flokülasyon sürecini iyileştirdi [41]. Toz haline getirilmiş zeytin tohumları yüksek moleküler ağırlığa sahiptir ve atıksuda hidrolize edilmemiştir. Daha büyük dozda zeytin tohumlarının kullanılması, flokülasyon etkinliğini bozabilecek önemli miktarda tozun hızla çökmesine neden olur [42] .

6.4. AĞIR METAL UZAKLAŞTIRMA VERİMLİLİĞİNE ETKİLERİ (Mn, Fe, Zn, Al ve Ni)

Karabük Demir Çelik fabrikasından alınan atıksu numunesinde pH:8 de zeytin çekirdeğinin optimum dozaj belirlemesi dozaj (0,2, 0,6, 1, 1,4 ve 2g/200 mL) şekil 6.4 de gösterilmiştir.



Şekil 6.4 . Zeytin Çekirdeği Tozunun Ağır Metaller Mn, Fe, Zn, Al ve Ni Giderimi Üzerindeki Etkileri (pH: 8).

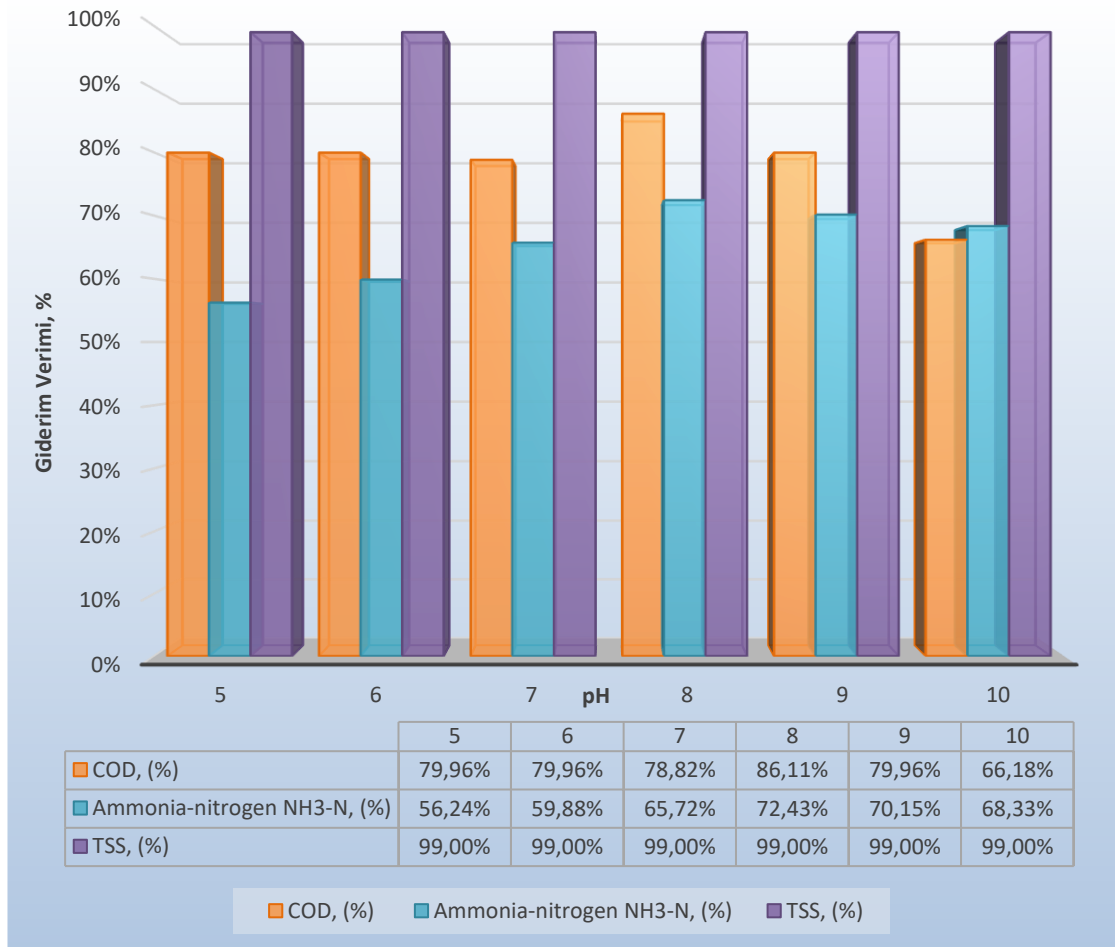
Şekil 6.4'te gösterildiği gibi, zeytin çekirdeği tozu için tavsiye edilen dozaj 1g/200ml olarak bulunmuş ve Mn, Zn ve Al için sırasıyla en yüksek uzaklaştırma verimi (%80,86, %92,64 ve %73,68) en yüksek uzaklaştırma verimi olmuştur (Dozun 0,6g/200 mL 'sinde sırasıyla %92,02, %86,67) Fe ve Ni. aynı zamanda, bu iki metal Fe ve Ni'nin uzaklaştırma verimliliği, sırasıyla 1g/200 mL 'de önemli düzeyde uzaklaştırma verimliliği (%9,51 ve %84,33) göstermektedir, bu nedenle, test edilen

tüm ağır ürünler için zeytin çekirdeği tozunun optimal dozajının 1g/200 mL olduğunu düşünüyoruz. Bu deneylerde metaller. Ayrıca, önerilen 1g/200 mL sınırının üzerinde doz verildiğinde, bu araştırmada kayda değer bir eliminasyon bulunmadı.

Atık sudaki katyonlar, zeytin çekirdeği tozu parçacıkları ile etkileşime girerek pıhtılaştırıcı fonksiyonel grup kalıntısının negatif yüklerini nötralize ederek ve zayıflatarak pıhtılaşmayı teşvik edebilir [43]. Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^{+} ve Fe^{2+} gibi monovalent ve multivalent katyonların atıksuya dahil edilmesi flokülasyon aktivitesini arttırmıştır. Bu bulgular Okaiyeto ve ark [44], Wang ve ark. [45] ve Zhang ve ark. [46]²⁺, Mn^{2+} ve Al^{3+} gibi çok değerlikli katyonların flokülasyon aktivitesini arttırdığını keşfetti. Cosa et al. [37] ve Nwodo ve ark. [37]²⁺, Mg^{2+} ve Mn^{2+} varlığının flokülasyon aktivitesini arttırdığını bulmuşlardır.

6.5. PH'IN KOİ, AMONYAK-AZOT NH₃-N UZAKLAŞTIRMA VERİMLİĞİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

1 g/200 mL zeytin çekirdeği tozu kullanılarak KOİ ve NH₃ -N giderimi üzerindeki pH (4–10) etkilerini gösterir . En yüksek pıhtılaşma verimliliği, %59 KOİ giderimi ve %92,06 NH₃ -N giderimi ile pH 8.0'da elde edildi . KOİ ve NH₃- N giderimi , maksimum değere ulaşılan kadar pH arttıkça istikrarlı bir şekilde arttı. pH, optimumun biraz üzerine yükseldikçe, KOİ ve NH₃-N'nin uzaklaştırılma yüzdesi azaldı.



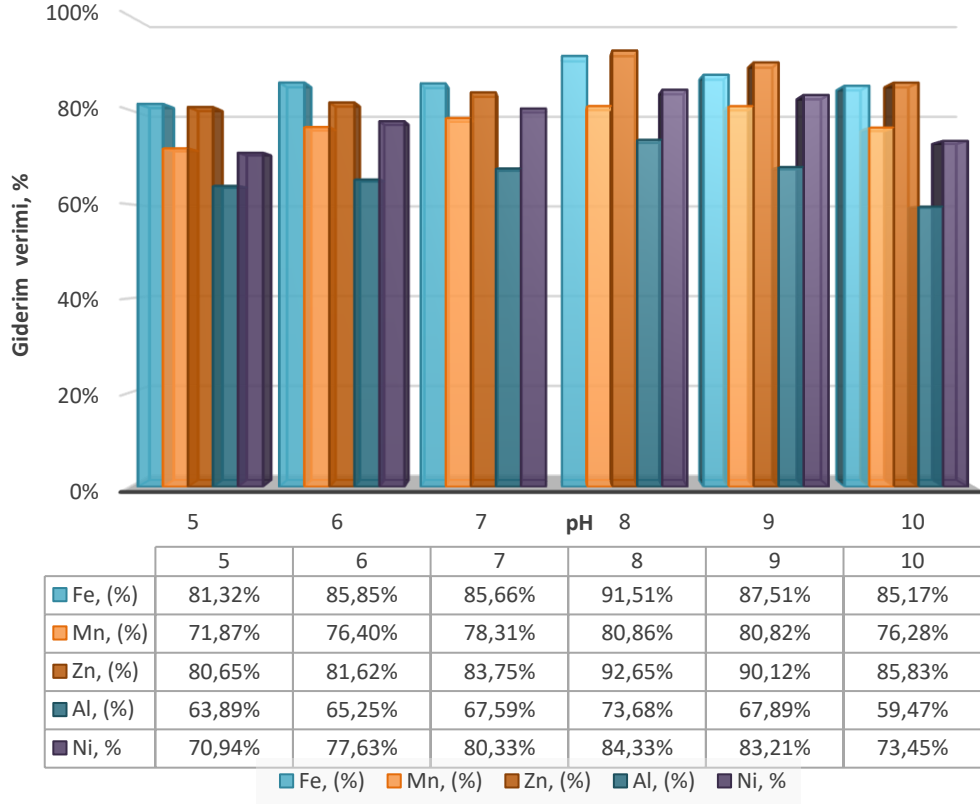
Şekil 6.5. pH'ın KOİ, TKM ve Amonyak-azot NH₃ -N Giderimi üzerindeki Etkileri.

Beherlerdeki numuneler, deneyler sırasında zeytin tohumları tozu kullanılarak herhangi bir ileri pıhtılaşma işleminden önce arzu edilen pH'a ayarlandı. Şekil 6.5 'de gösterildiği gibi, uzaklaştırma verimliliği 5-10'dan artar ve ardından azalır. Zeytin çekirdeği tozunun organik bileşimi nedeniyle, eklendikten sonra endüstriyel atık suyun pH'ı değişmeden kaldı. Sonuç olarak, pıhtılaştırıcı olarak zeytin çekirdeği tozu kullanıldığında, işlem süreci boyunca herhangi bir pH düzeltmesi gerekli olmamıştır.

6.6. AĞIR METAL (Mn, Fe, Zn, Al ve Ni) UZAKLAŞTIRMA VERİMLİLİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Daha sonra en iyi pH aralığını belirlemek için zeytin çekirdeği tozunun (1g/200 mL) optimum dozajı kullanılarak farklı pH seviyelerinde deneyler yapıldı. İdeal pH'ın 8 olduğu ve pıhtılaştırıcının kullanılmasının daha iyi uzaklaştırma ile sonuçlandığı

ortaya çıktı. pH 8'de Fe, Zn, Al ve Ni azalmaları sırasıyla %91,51, %92,65, 73,68 ve %84,33 olmuştur.



Şekil 6.6. pH'ın Ağır Metallerin Uzaklaştırılması Üzerindeki Etkileri.

Zeytin çekirdeği tozunun organik yapısı nedeniyle, endüstriyel atık suyun pH'ı ilave edildikten sonra bozulmadan kalmıştır. Sonuç olarak, pıhtılaştırıcı olarak zeytin çekirdeği tozu kullanıldığında, işlem süreci boyunca herhangi bir pH düzeltmesi gerekli olmamıştır.

Bu konuda yapılan diğer çalışmalara bakıldığında, atıksuların arıtılmasında birincil pıhtılaştırıcı olarak kuru Moringa oleifera tohumlarının ham su ekstraktı kullanılarak pıhtılaştırma-flokülasyon ve çökeltme yoluyla endüstriyel atık su numuneleri arıtılmıştır. Arıtılmış atıksuyun kalitesi analiz edilmiş ve alum ile arıtılmış atıksuyun kalitesi ile karşılaştırılmıştır. Moringa oleifera tohumlarının atık su arıtımında askıda katı maddelerin ve mikroorganizmaların uzaklaştırılması ve ayrıca bazı metallerin uzaklaştırılması için birincil pıhtılaştırıcı olarak etkili olduğu gösterilmiştir [47].

Su ve atık su arıtımında çok sayıda doğal pıhtılaştırıcı uygulanmıştır. Bu pıhtılaştırıcılar, kimyasal pıhtılaştırıcılardan daha uygun maliyetli ve çevre dostudurlar ve birçok araştırmacı bunları uygulanabilir bir alternatif olarak bildirmektedir. Doğal pıhtılaştırıcılar yerinde yetiştirilebilir ve biyolojik olarak parçalanabilirler. Ayrıca kimyasal pıhtılaştırıcılara kıyasla daha az çamur üretirler ve insanlar için daha güvenli oldukları bildirilmiştir [7,48–52].

BÖLÜM 7

SONUÇLAR

Genel olarak, zeytin çekirdeği tozu ile KOİ, TKM, NH₃- N, Mn, Fe, Zn, Al ve Ni'nin uzaklaştırılma yüzdesi, demir ve çelik endüstrisi atık su arıtımında bitkisel bazlı bir doğal pıhtılaştırıcı olarak önemli bir potansiyel göstermiştir. Deneysel çalışmalar, zeytin çekirdeğinin önemli derecede pıhtılaştırma özelliği olduğunu göstermiştir. Araştırmanın spesifik bulguları aşağıdaki gibidir. Pıhtılaşma sürecine dahil olan çeşitli fonksiyonel grupların varlığı FTIR analizi ile doğrulanmıştır. Zeytin çekirdeği tozu 1g / 200 mL ' de ve pH 8'de atık sudan KOİ, TKM, NH₃- N, Mn, Fe, Zn, Al ve Ni'in büyük bir kısmını sırasıyla %86,33, %99,00, %7,43, %80,6, %91,51, %92,64, %73,68 ve %84,33 oranında gidermiştir. pH aralıklarının 5-10 arasındaki etkileri, atık su numunesinin doğal pH'ının, olası en iyi giderme veriminin %86,11 KOİ, %99,00 TKM ve %72,43 NH₃-N olduğunu gösterirken, ağır metallerin giderim veriminin ise Mn, Fe, Zn, Al ve Ni için sırasıyla %80,86, %91,51, %92,65, %73,68 ve %84,33 idi. Zeytin çekirdeği tozunun organik yapısından dolayı, endüstriyel atık suyun pH'ı ilave edildikten sonra değişmeden kalmıştır. Sonuç olarak, pıhtılaştırıcı olarak zeytin çekirdeği tozu kullanıldığında, atıksu arıtma prosedürü sırasında herhangi bir pH modifikasyonuna ihtiyaç yoktur. En iyi giderim verimi atıksuyun doğal pH (8)' sında elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

1. Ali, E. N. and Tien Seng, H., "Heavy Metals (Fe, Cu, and Cr) Removal from Wastewater by Moringa oleifera Press Cake", *MATEC Web Of Conferences*, 150: 1–5 (2018).
2. Mukherjee, A., Mandal, T., Ganguly, A., and Chatterjee, P. K., "Lignin degradation in the production of bioethanol-a review", *ChemBioEng Reviews*, 3 (2): 86–96 (2016).
3. Lundqvist, J., Mandava, G., Lungu-Mitea, S., Lai, F. Y., and Ahrens, L., "In vitro bioanalytical evaluation of removal efficiency for bioactive chemicals in Swedish wastewater treatment plants", *Scientific Reports*, 9 (1): 1–9 (2019).
4. Ugwu, S. N., Umuokoro, A. F., Echiegu, E. A., Ugwuishiwu, B. O., and Enweremadu, C. C., "Comparative study of the use of natural and artificial coagulants for the treatment of sullage (domestic wastewater)", *Cogent Engineering*, 4 (1): 1365676 (2017).
5. Abujazar, M. S. S., Fatihah, S., Lotfy, E. R., Kabeel, A. E., and Sharil, S., "Performance evaluation of inclined copper-stepped solar still in a wet tropical climate", *Desalination*, 425 (August 2017): 94–103 (2018).
6. Chhonkar, P. K., Datta, S. P., Joshi, H. C., and Pathak, H., "Impact of industrial effluents on soil health and agriculture -Indian experience: Part II-tannery and textile industrial effluents", *Journal Of Scientific And Industrial Research*, 59 (6): 446–454 (2000).
7. Muralimohan, N., Palanisamy, T., and Vimaladevi, M. N., "Experimental Study on Removal Efficiency of Blended Coagulants in Textile Wastewater Treatment", *International Journal Of Research In Engineering & Technology*, 2 (2): 2321–8843 (2014).
8. Tobajas, M., Polo, A. M., Monsalvo, V. M., Mohedano, A. F., and Rodriguez, J. J., "Analysis of the operating conditions in the treatment of cosmetic wastewater by sequencing batch reactors.", *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, 13 (12): (2014).
9. Ahmed, S., Aktar, S., Zaman, S., Jahan, R. A., and Bari, M. L., "Use of natural bio-sorbent in removing dye, heavy metal and antibiotic-resistant bacteria from industrial wastewater", *Applied Water Science*, 10 (5): 1–10 (2020).
10. Muyibi, S. A. and Evison, L. M., "Moringa oleifera seeds for softening hardwater", *Water Research*, 29 (4): 1099–1104 (1995).

11. Nath, A., Mishra, A., and Pande, P. P., "A review natural polymeric coagulants in wastewater treatment", *Materials Today: Proceedings*, 46 (xxxx): 6113–6117 (2019).
12. Nand, V., "Water Purification using Moringa oleifera and Other Locally Available Seeds in Fiji for Heavy Metal Removal", *International Journal Of Applied Science And Technology Vol.*, 2 (5): 125–129 (2012).
13. Azimi, A., Azari, A., Rezakazemi, M., and Ansarpour, M., "Removal of Heavy Metals from Industrial Wastewaters: A Review", *Chem Bio Eng Reviews*, 4 (1): 37–59 (2017).
14. Dokuz Eylül Üniversitesi, E. T., "MİKROORGANİZMALAR Ve Atıksu Teknolojisine Genel Bir Bakış", 1–30 (2018). (http://web.deu.edu.tr/erdin/pubs/mikro/bolum_04.pdf).
15. Yıldız, S., Namal, O.Ö, ve Çekim, M., "Atık Su Arıtma Teknolojilerindeki Tarihsel Gelişimler", *Selcuk Üniversitesi Mühendislik Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1(1):55-67, 9364: (2013).
16. Burian, S. J., Nix, S. J., Pitt, R. E., and Rocky Durrans, S., "Urban Wastewater Management in the United States: Past, Present, and Future", *Journal Of Urban Technology*, 7 (3): 33–62 (2000).
17. Silverstein, J., Brion, G. M., Barkley, R., Dunham, A., Hurst, C., Todd, P., and Schulz, J., "Pergamon " Indicator " Water Contaminants for Space :", *Acta Astronautica*, 33 (94): 317–338 (1994).
18. Lofrano, G. and Brown, J., "Wastewater management through the ages: A history of mankind", *Science Of The Total Environment*, 408 (22): 5254–5264 (2010).
19. Chowdhary, P., Bharagava, R. N., Mishra, S., and Khan, N., "Role of Industries in Water Scarcity and Its Adverse Effects on Environment and Human Health", *Environmental Concerns And Sustainable Development*, (Dm): 235–256 (2020).
20. Tchobanoglous, G., L. Burton, F., and Stensel, D. H., (2003) Wastewater Engineering, Treatment and Reuse. 4th Edition, McGraw-Hill, Boston.(2003).
21. YÜKSEKDAĞ, M., GÖKPINAR, S., and YELMEN, B., "Atıksu Arıtma Tesislerinde Arıtma Çamurları ve Bertaraf Uygulamaları", *European Journal Of Science And Technology*, (18): 895–904 (2020).
22. Canter, L. W. and Knox, R. C., " Septic Tank System Effects on Ground Water Quality" . 360 pages, e Book Published 25 October 2017.
23. Resmi Gazete, Sayı 20748, Tarih:7 Ocak 1991 " Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği", Ankara, (1991).
24. Bratby, J., "Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment", *Water* 21, 25–27 (2006).

25. Jiang, J. Q., "The role of coagulation in water treatment", *Current Opinion In Chemical Engineering*, 8: 36–44 (2015).
26. Park T., Lee K., Jung E. ve Kim C., "Removal of Refractory Organics and Color in Pigment Wastewater with Fenton Oxidation," *Water Science Technology*, 39, 189-192 (1999).
27. He, N., Li, Y., Chen, J., and Lun, S. Y., "Identification of a novel bioflocculant from a newly isolated *Corynebacterium glutamicum*", *Biochemical Engineering Journal*, 11 (2–3): 137–148 (2002).
28. Tarihsel, Ü., Bakış, B., Yurtoğlu, N., Gönderim, M., Makale, T., and Tarihi, K., "Türkiye Cumhuriyeti'nde Zeytin ve Zeytinyağı Üretimi ile Ticareti", *International Journal Of Historical Researches, Yıl*, 4 (1): (2019).
29. Mangrich, A. S., Doumer, M. E., Mallmann, A. S., and Wolf, C. R., "Green chemistry in water treatment: Use of coagulant derived from acacia mearnsii tannin extracts", *Revista Virtual De Quimica*, 6 (1): 2–15 (2014).
30. Kim, T. J., Silva, J. L., Kim, M. K., and Jung, Y. S., "Enhanced antioxidant capacity and antimicrobial activity of tannic acid by thermal processing", *Food Chemistry*, 118 (3): 740–746 (2010).
31. Zhang, B., Su, H., Gu, X., Huang, X., and Wang, H., "Effect of structure and charge of polysaccharide flocculants on their flocculation performance for bentonite suspensions", *Colloids And Surfaces A: Physicochemical And Engineering Aspects*, 436: 443–449 (2013).
32. Veli, S., Arslan, A., Isgoren, M., Bingol, D., and Demiral, D., "Experimental design approach to COD and color removal of landfill leachate by the electrooxidation process", *Environmental Challenges*, 5 (November): 100369 (2021).
33. Okaiyeto, K., Nwodo, U. U., Mabinya, L. V, and Okoh, A. I., "Characterization of a Bioflocculant Produced by a Consortium of *Halomonas* sp . Okoh and *Micrococcus* sp . Leo", 5097–5110 (2013).
34. Wang, L., Feng, Z., Wang, X., Wang, X., and Zhang, X., "DEGseq: An R package for identifying differentially expressed genes from RNA-seq data", *Bioinformatics*, 26 (1): 136–138 (2009).
35. Ramavandi, B. and Farjadfard, S., "Removal of chemical oxygen demand from textile wastewater using a natural coagulant", *Korean Journal Of Chemical Engineering*, 31 (1): 81–87 (2014).
36. Zhang, D., Hou, Z., Liu, Z., and Wang, T., "Experimental research on *Phanerochaete chrysosporium* as coal microbial flocculant", *International Journal Of Mining Science And Technology*, 23 (4): 521–524 (2013).
37. Nwodo, U. U. and Okoh, A. I., "Characterization and flocculation properties of biopolymeric flocculant (glycosaminoglycan) produced by *Cellulomonas* sp.

- Okoh", *Journal Of Applied Microbiology*, 114 (5): 1325–1337 (2013).
38. Charoenlarp, K. and Prabphane, P., "Ecofriendly Decolorization of Textile Wastewater using Natural Coagulants", (September): 45–55 (2017).
 39. Tripathi, A. and Ranjan, M. R., Heavy Metal Removal from Wastewater Using Low Cost Adsorbents. *Bioremediation & Biodegradation*, 6(6):1-5 (2015).
 40. Kumar, V., Othman, N., and Asharuddin, S., "Applications of natural coagulants to treat wastewater– a review", *MATEC Web of Conferences* 103, 06016 (2017).
 41. Theodoro, J. D. P., Lenz, G. F., Zara, R. F., and Bergamasco, R., "Coagulants and natural polymers: perspectives for the treatment of water", *Plastic And Polymer Technology*, 2 (3): 55–62 (2013).
 42. Choy, S. Y., Prasad, K. M. N., Wu, T. Y., Raghunandan, M. E., and Ramanan, R. N., "Utilization of plant-based natural coagulants as future alternatives towards sustainable water clarification", *Journal Of Environmental Sciences (China)*, 26 (11): 2178–2189 (2014).
 43. Teixeira, M. R., Camacho, F. P., Sousa, V. S., and Bergamasco, R., "Green technologies for cyanobacteria and natural organic matter water treatment using natural based products", *Journal Of Cleaner Production*, 162: 484–490 (2017).
 44. Mohd-Asharuddin, S., Othman, N., Zin, N. S. M., and Tajarudin, H. A., "A chemical and morphological study of cassava peel: A potential waste as coagulant aid", (2017).
 45. Zonoozi, M. H., Alavi Moghaddam, M. R., and Arami, M., "Study on the removal of acid dyes using chitosan as a natural coagulant/coagulant aid", *Water Science And Technology*, 63 (3): 403–409 (2011).
 46. Pearse, M. J., "Historical use and future development of chemicals for solid–liquid separation in the mineral processing industry", *Minerals Engineering*, 16 (2): 103–108 (2003).
 47. Ndabigengesere, A. and Narasiah, K. S., "Use of moringa oleifera seeds as a primary coagulant in wastewater treatment", *Environmental Technology (United Kingdom)*, 19 (8): 789–800 (1998).
 48. Abidin, Z. Z., Mohd Shamsudin, N. S., Madehi, N., and Sobri, S., "Optimisation of a method to extract the active coagulant agent from *Jatropha curcas* seeds for use in turbidity removal", *Industrial Crops And Products*, 41 (1): 319–323 (2013).
 49. Vickers, N. J., "Animal Communication: When I'm Calling You, Will You Answer Too?", *Current Biology*, 27 (14): R713–R715 (2017).
 50. Prabhakaran, G., Manikandan, M., and Boopathi, M., "Treatment of textile effluents by using natural coagulants", *Materials Today: Proceedings*, 33 (xxxx): 3000–3004 (2020).

51. Shankar, D., Sivakumar, D., Thiruvengadam, M., and Manojkumar, M., "Colour removal in a textile industry wastewater using coconut coir pith", *Pollution Research*, 33 (3): 499–503 (2014).
52. Daija, L., Selberg, A., Rikmann, E., Zekker, I., Tenno, T., and Tenno, T., "The influence of lower temperature, influent fluctuations and long retention time on the performance of an upflow mode laboratory-scale septic tank", *Desalination And Water Treatment*, 57 (40): 18679–18687 (2016).

ÖZGEÇMİŞ

Mahmut KOPAN ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Sarısu Lisesinden mezun oldu. 2008 yılında Pamukkale Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Bölümü'nde öğrenime başlayıp 2014 yılında mezun oldu. 2016 yılında Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, İSU Genel Müdürlüğü'nde Kimyager olarak göreve başladı ve halen aynı yerde çalışmaya devam etmektedir.