

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI**

**PESTİSİT KALINTILARININ ATIK SULARDAN
ADSORPSİYON İLE GİDERİLMESİ**

**Hazırlayan
Mehmet Fatih DERE**

**Danışman
Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL
İkinci Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Furkan Ömer KANARYA**

Yüksek Lisans Tezi

**Ocak 2025
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI**

**PESTİSİT KALINTILARININ ATIK SULARDAN
ADSORPSİYON İLE GİDERİLMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Hazırlayan
Mehmet Fatih DERE**

**Danışman
Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL
İkinci Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Furkan Ömer KANARYA**

**Ocak 2025
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Mehmet Fatih DERE

“Pestisit Kalıntılarının Atık Sulardan Adsorpsiyon ile Giderilmesi” adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Danışman

Mehmet Fatih DERE

Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL

Bitki Koruma ABD Başkanı

Prof. Dr. H. Handan ALTINOK

Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL danışmanlığında **Mehmet Fatih DERE** tarafından hazırlanan “**Pestisit Kalıntılarının Atık Sulardan Adsorpsiyon ile Giderilmesi**” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

26/11/2024

JÜRİ:

Danışman : Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL

Üye : Prof. Dr. Duran YAVUZ

Üye : Doç. Dr. Hasan Ali İRİK

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

...../...../.....

Prof. Dr. Emel KIZILKAYA AYDOĞAN

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Lisans öğrenimde derslerime girerek çok değerli bilgileri paylaşan ve yüksek lisans dönemimde danışmanım olan, kendisini öğretmenden ve akademisyenden çok bir abi ve baba olarak gördüğüm Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL'e, tez savunmamda yer alan saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Duran YAVUZ ve Dr. Öğr. Üyesi Hasan Ali İRİK'e, 2009 yılından bu yana kendisini kardeş ve abi olarak gördüğüm her zaman derdimize ortak olan, bu tezi yapmam ve hazırlamamda maddi ve manevi büyük katkısı olan, vatanına ve milletine kendini adanmış olan, aynı zaman da ikinci danışmanım olan çok değerli Dr. Öğr. Üyesi Furkan Ömer KANARYA'ya, analiz çalışmalarında yardımcı olan, hafta sonlarını bu çalışmaya adayan Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dekanlık görevinde bulunan çok değerli hocam Prof. Dr. Serkan ŞAHAN'a, laboratuvar çalışmalarında desteğini esirgemeyen Arş. Gör. Mustafa Arif TİMOÇİN'e, ayrıca çalışma sırasında maddi manevi desteğini esirgemeyen başta Kayseri Büyükşehir Belediyesi Park Bahçe ve Ağaçlandırma daire başkanı Resul DUMAN olmak üzere Tarımsal Hizmetler Müdürlüğü Personellerinden mesai arkadaşlarım; Seyit Can KARACAOĞLAN, Onur KAVUĞUDURMAZ ve Emrecan ŞAHİN'e, bu çalışmada sırasında kendisi yorulduğu zaman yorulduğunu unutup, hastalandığı zaman hastalığını unutarak bana desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, bana hayatın en değerli varlığını olan çocuğum Tuğrul DERE' yi veren, sevgisini her daim yanımda hissettiğim, sevgili eşim, hayat arkadaşım ve yoldaşım olan hemşire Duygu İSABET DERE' ye, bu vatanın yurt olmasının için kanını canını vermiş Metehan'dan Mustafa Kemal ATATÜRK'e ve günümüze kadar isimleri unutulmuş şehit ve gazilere, şuan Erciyes Üniversitesinde huzur ve güven içerisinde eğitim almamızı sağlayan kolluk kuvvetlerimize teşekkürü ayrı ayrı borç bilirim.

Mehmet Fatih DERE

Kayseri, Kasım 2024

PESTİSİT KALINTILARININ ATIK SULARDAN ADSORPSİYON İLE GİDERİLMESİ

Mehmet Fatih DERE

**Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans, Kasım 2024**

**Danışman: Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL
İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Furkan Ömer KANARYA**

ÖZET

Dünya nüfusunun artması sonucu insanoğlunun kullandığı su miktarı da artmaktadır. Bu artış sonucu kısıtlı vaziyette bulunan tatlı su kaynaklarına talep artarak insanlık için büyük bir sorun oluşturmaktadır. Artan endüstriyel ve tarımsal faaliyetler tatlı su kaynaklarını tehdit etmektedir. Tarımsal alanda kullanılan pestisitler ve gübreler aşırı ve bilinçsiz kullanım sonucu su kaynaklarına ulaşarak su kaynaklarını kirletmektedir. Atıksuların alıcı ortamlara arıtıldıktan sonra deşarj edilmesi gerekmektedir. Atıksuların kırsal alanda arıtılabilmeleri için düşük maliyetleri sebebiyle yapay sulak alanlar inşa edilmektedir. Bu alanda bünyelerinde bulundurdukları sucul bitkiler ve filtre materyalleri ile atık sulardan çeşitli kirleticiler uzaklaştırılmaktadır. Bu çalışmada ülkemizde bolca kullanılan 2,4D (diclorophenoxyacetic acid) dimetil amin tuzunun atıksulardan giderimi için zeolit ve pumis materyalleri kullanılmıştır. Çalışma yapay sulak alanları temsilen pilot ölçekli olarak kolon denemesi şeklinde yürütülmüştür. Çalışmada materyaller homojen bir karışım olarak 150 cm³ hacimde kullanılmıştır. Adsorban materyallerin etkinliğinin daha detaylı bir şekilde değerlendirilebilmesi amacıyla sistemin çalıştırılmasını takiben 3., 6., 12., 24. ve 48. saatlerde numuneler toplanmıştır. Alınan numunelerde pH ve elektriksel iletkenlik (EC) değerleri ölçüldükten sonra, 2,4D Amin konsantrasyonlarının belirlenmiştir. Elde edilen veriler ışığında zeolit ve pumis materyallerinin yapay sulak alanlarda 2,4D Amin giderimi için kullanılabilir olduğu kanısına varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Zeolit, pumis, pestisit, adsorpsiyon, kolon denemeleri

REMOVAL OF PESTICIDE RESIDUE FROM WASTEWATER BY ADSORPTION

Mehmet Fatih DERE

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M.Sc. Thesis, November 2024

Supervisor: Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL

Second Supervisor: Assist. Prof. Dr. Furkan Ömer KANARYA

ABSTRACT

As a result of the increase in the world population, the amount of water used by humans is also increasing. The demand for limited freshwater resources is increasing and is creating a major problem for humanity. Increasing industrial and agricultural activities threaten freshwater resources. Pesticides and fertilizers used in agricultural areas reach water resources as a result of excessive and unconscious use and pollute water resources. Wastewater must be discharged after being treated in the receiving environment. Constructed wetlands are built due to their low cost in order to treat wastewater in rural areas. In this area, various pollutants are removed from wastewater with the aquatic plants and filter materials they contain. In this study, zeolite and pumice materials were used to remove 2,4D (dichlorophenoxyacetic acid) dimethyl amine salt, which is widely used in our country, from wastewater. The study was carried out as a pilot-scale column test representing constructed wetlands. In the study, the materials were used as a homogeneous mixture in a volume of 150 cm³. In order to evaluate the effectiveness of the adsorbent materials in more detail, samples were collected at 3rd, 6th, 12th, 24th and 48th hours following the operation of the system. After measuring the pH and electrical conductivity (EC) values in the samples taken, 2,4D Amine concentrations were determined. In the light of the obtained data, it was concluded that zeolite and pumice materials can be used for 2,4D Amine removal in constructed wetlands.

Keywords: Zeolite, pumice, pesticide, adsorption, column studies

İÇİNDEKİLER

PESTİSİT KALINTILARININ ATIK SULARDAN ADSORPSİYON İLE GİDERİLMESİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	iii
ONAY	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR VE SİMGELER.....	x
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÖZETİ

1.1. Su ve Atık su	5
1.1.1. Su	5
1.1.2. Atıksu	8
1.1.2.1. Evsel Kaynaklı Kirlenme.....	9
1.1.2.2. Endüstriyel Kaynaklı Kirlenmeler	9
1.1.2.3. Tarımsal Kaynaklı Kirlenmeler	10
1.2. Yapay Sulak Alanlar.....	12
1.3. Filtre Materyalleri.....	14
1.3.1. Zeolit.....	14
1.3.2. Pumis	15
1.4. Sularda Bulunan Kirleticiler.....	17
1.4.1. 2,4D Amin	17
1.5. Literatür Çalışmaları.....	18

2. BÖLÜM

MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal.....	21
2.2. Metot.....	24

2.2.1. Numune Alma.....	24
2.2.2. pH Tayini	24
2.2.3. EC Tayini	25
2.2.4. 2,4D Amin Tayini	25

3. BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. pH Değerlerinin Çalışma Süresince Uğradığı Değişim.....	27
3.2. EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) Değerlerinin Çalışma Süresince Uğradığı Değişim	29
3.3. 2,4D Amin Değerlerinin Çalışma Süresince Uğradığı Değişim	30

4. BÖLÜM

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

4.1. Sonuçlar	34
4.2. Öneriler	34
KAYNAKÇA	36
ÖZGEÇMİŞ.....	44

KISALTMALAR VE SİMGELER

%	: Yüzde
mg	: Miligram
g	: Gram
cm ²	: santimetre kare
km ²	: kilometre kare
m ³	: Metreküp
ppm	: Milyonda bir (parts per million)
ml	: Mililitre
L	: Litre
µS	: mikro simens
µg	: mikrogram
pH	: Hidrojenin gücü (power of hydrogen)
EC	: Elektriksel iletkenlik (electrical conductivity)
°C	: Santigrad derece
UPLC	: Ultra Performans Sıvı Kromatografisi (Ultra Performance Liquid Chromatography)
DSİ	: Devlet Su İşleri
yy.	: yüzyıl

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1.	Kullanım Amacına Göre Sular	6
Tablo 1.2.	Türkiye’de temiz suyun kullanıldığı alanlar ve su kullanım miktarları	7
Tablo 2.1.	Zeolitin fiziksel özellikleri	21
Tablo 2.2.	Zeolitin kimyasal bileşimi	22
Tablo 2.3.	Pumisin Fiziksel Özellikleri	22
Tablo 2.4.	Pumisin Kimyasal Bileşimi	22
Tablo 2.5.	2,4D Amin Tayininde Kullanılan Parametreler.....	26
Tablo 3.1.	pH Değerinin Çalışma Süresince Uğradığı Değişim.....	27
Tablo 3.2.	EC Değerinin Çalışma Süresince Uğradığı Değişim.....	29
Tablo 3.3.	2,4D Amin Miktarının Çalışma Süresince Uğradığı Değişim	31
Tablo 3.4.	Farklı materyallerin 2,4D Amin giderim performansı	33

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Dünyanın ilk kenti Uruk (Anonim, 2024d)	5
Şekil 1.2.	Dünyadaki su dağılımı (Anonim, 2024e)	6
Şekil 1.3.	Yapay sulak alanların tasarımı	13
Şekil 1.4.	Türkiye'deki zeolit maden yatakları (MTA, 2024b)	15
Şekil 1.5.	Türkiye'deki pumis maden yatakları (MTA, 2024c)	16
Şekil 2.1.	Çalışmada kullanılan düzenek	23
Şekil 2.2.	Çalışmada kullanılan zeolit ve pumis materyalleri	23
Şekil 2.3.	Çalışmada kullanılan peristaltik pompa	24
Şekil 2.4.	Çalışmada kullanılan pH ve EC metre	25
Şekil 2.5.	UPLC Cihazı	26
Şekil 3.1.	Atıksuların materyallere ve zamana bağlı pH değişimi	28
Şekil 3.2.	Atıksuların materyallere ve zamana bağlı EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) değişimi	30
Şekil 3.3.	UPLC Cihazı Kalibrasyon Eğrisi	31
Şekil 3.4.	Atıksuların materyallere ve zamana bağlı 2,4D Amin (ppm) içeriği değişimi	32

GİRİŞ

Su, iki hidrojen bir oksijen atomunun birleşmesiyle oluşan, kokusuz ve çoğunlukla renksiz olarak tanımlanan, yeryüzünde yaşayan canlılar yaşamsal faaliyetlerinin devamında, ekolojik dengenin sağlanmasında ve insan sağlığının korunması benzeri çok fazla sektörde direkt ya da dolaylı olarak büyük öneme sahiptir (Akın ve Akın, 2007).

Dünyamızın 2/3'ü su ile kaplıdır. Bu oran yerkürenin yaklaşık %71 oranına eşdeğer olmakla birlikte 1.4 milyar km³ kadardır. Fakat bu rakamlar su bolluğu olduğu anlamına gelmemektedir. Dünya üzerindeki suyun %97.5'i okyanuslarda yer alan tuzlu sudan oluşmaktadır. Yüzdelik oranda eksik olan %2.5'lük tatlı suyun büyük bir bölümü ise kutuplardaki (Antarktika ve Grönland) buzullar ile derin jeolojik tabakalarda bulunan yeraltı sularında depolanmıştır. İnsanların erişebildiği tatlı su kaynakları ise göller, rezervuarlar, nehirler ve derelerle sınırlıdır ve bu kaynaklar, gezegenimizdeki toplam tatlı su potansiyelinin yalnızca %0.10'unu oluşturmaktadır (Anonim, 2024a).

Uluslararası Su Yönetimi Enstitüsü (IWMI) verilerine göre tek bir bireyin kullanabildiği su miktarı 1700 m³'ün aşağısında olan ülkeler "su sıkıntısı çeken" ülkeler olarak sınıflandırılmıştır. Aynı veriler ışığında, bu miktar 1000 m³'ten aşağı olan devletler "su fakiri" ülkeler olarak tanımlanmaktadır (Yılmaz ve Peker, 2013). UNESCO verilerine göre bilinçsiz su tüketimi devamının sonucunda 10 yıl içerisinde dünya üzerinde su kıtlığı yaşanacaktır (UNESCO, 2021).

Türkiye'de su yönetiminde sorumlu birimler, başta DSİ (Devlet Su İşleri) olmak üzere, Tarım ve Orman Bakanlığı İl ve İlçe Müdürlükleri, İl Özel İdareler ve Belediyelerdir (Gezen, 2020).

Su yönetimindeki sorunlarından söz edecek olursak (Aküzüm ve ark., 2010),

- Aşırı ve bilinçsiz su tüketimi,
- Açık kanal sistemleriyle aktarılan sular sonucunda oluşan buharlaşma,
- Sulama şebeklerinin bakımsız ve atıl durumda olması,
- Kurumlar arası koordinasyon ve idari sorunlar,
- Suların bilinçsizce kirletilmesi,
- Eğitim ve bilgilendirme noksanlığı ile
- Çiftçilerin sulama alışkanlıklarının ve yöntemlerinin değiştirilememesidir.

Ülkemiz 783.577 km² yüz ölçümüyle ve 3 tarafı denizlerle kaplı olması nedeniyle bir yarımada konumundadır. Ülkemizde bütün su kaynakları toplamda 112 milyar m³'tür ve bu miktarın 94 milyar m³'ü yer üstü, 18 milyar m³'ü ise yer altı suyudur. Kullanılabilir su miktarının; 13 milyar m³'ü kullanım-içme ve sanayide, 44 milyar m³'ü zirai alanda olmak üzere 57 milyar m³'ü kullanılmaktadır (DSİ, 2024).

Ülkemiz, kişi başına düşen yıllık 1318 m³ su miktarı ile “su sıkıntısı çeken ülkeler” kategorisinde yer almaktadır (DSİ, 2024). Nüfus artışına paralel olarak, birey başına düşen senelik kullanılabilir su miktarının 2030 senesinde 1200 metreküp, 2040 senesinde 1116 metreküp ve 2050 senesinde ise 1069 metreküpe kadar azalacağı tahmin edilmektedir. Bu durum, Türkiye'nin gelecekte su kıtlığı yaşayan ülkeler arasında yer alabileceğini göstermektedir. (Anonim, 2024b).

18. yüzyılın bitiminde dünya nüfusu yaklaşık bir milyarken şu anda 8 milyar sınırını aşmıştır. Hızlı nüfus artışının başlamasıyla beraber tarımda verim ve kaliteyi artırmaya yönelik çalışmalar başlayarak tarımda pestisit kullanımına geçilmiştir. 1894 yılında Avusturyalı bilim insanı kimyager Othmar Zeidler, DDT (diklorodifeniltri-kloroetan) sentezlemiş, 1939'da İsveçli bilim insanı Paul Hermann Müller tarafından tarımda kullanılmıştır. DDT'nin sentezlenmesiyle tarımda yeşil devrim başlamış ve Müller 1948 yılında “Nobel Fizyoloji veya Tıp” ödülüne layık görülmüştür (Anonim, 2024c).

Zamanla artan pestisit çeşitliliği ve miktarı sonucunda su kaynaklarında kirlenme meydana gelmeye başlamaktadır. Evsel, endüstriyel, tarımsal ve diğer kullanım

alanlarından kaynaklanan, kirlenmiş ya da fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde kısmen veya tamamen değişim meydana gelmiş sular, literatürde atık su olarak ifade edilmektedir. (Kınık ve Aykaç, 2021).

Pestisit kullanımı ve temiz su kıtlığı nedeniyle 20 yy. başlarından itibaren atıksu arıtma tesisleri kurulmaya başlanmıştır. Kurulan bu sistemler kimyasal ve fiziksel arıtım yapmaktadır. Fakat kurulum ve kullanım maliyetleri çok fazla olmakla beraber deneyimli eleman ihtiyacını da yanında getirmiştir (Kınık ve Aykaç, 2021).

TÜİK verilerine göre ülkemizde toplam 1391 belediyenin 1366'sında kanalizasyon şebekesi ile hizmet verilmektedir. Kanalizasyon şebekesinden deşarj edilen 5.4 milyar m³ atık suyun 4.6 milyar m³'ü atıksu arıtma tesislerinde arıtılmaktadır. Arıtılan atık suyun %52.7'sine gelişmiş, %25.2'sine biyolojik, %21.7'sine fiziksel ve %0.4'üne doğal arıtma uygulanmaktadır. Arıtılan atık suyun %1.5'i sanayi, tarımsal sulama vb. alanlarda yeniden kullanılmaktadır. Atıksu arıtma tesisi olup arıtma sağlayan belediyelerde yaşayan insanların, arıtma tesisi olan yada olmayan tüm belediyeliklerde yaşayan insan sayısına oranı %77.7 olarak belirlenmiştir. Belediyeler tarafından kanalizasyon hatları ile uygun yerlere aktarılan ortalama atık su seviyesi birey başına 197 litre olarak hesaplanmıştır (TÜİK, 2022).

Doğal arıtma tesisleri (yapay sulak alanlar), teknolojik arıtma tesisi prosesleri, kurulumu, kalifiye personel ihtiyacı, enerji tüketim maliyetleri, tamir-bakım-onarım maliyetleri nedeniyle sulak alanlara benzetilerek kurulmuştur. Bu alanlar atıksularda bulan kirlenici maddelerin arıtılması amacıyla bitki, toprak ve mikroorganizma kullanılarak yapılmıştır. Yapay sulak alanlar genellikle kırsal alanlarda tarımda kullanılan kirlenicilerin (besin elementi, ağır metal, pestisit vb.) sonucunda oluşan atıksuların tekrar kullanılması hedeflenerek yapılmıştır. (Dombush,1989; Trautmann ve ark., 1989; Du Bowry ve Reaves, 1994; Riveiera ve ark., 1997; Cooper ve ark., 1997; Schreijer ve ark., 1997; Köck-Schulmeyer ve ark., 2013; Vymazal ve Březinová, 2015; Liu ve ark., 2019).

Yapılan literatür araştırmaları neticesinde doğal arıtma sistemlerinde 2,4D Amin giderimi konusunda çalışmalara rastlanılamamıştır. Bu nedenle yüksek lisans tezi olarak yapılan bu çalışmada, doğal arıtma tesisleri prosesinde kullanılan maddelere alternatif olarak pumis ve zeolit materyallerinin laboratuvar ortamında ülkemizin birçok bölgesinde *Poaceae* familyasına ait ekili alanlarda kültür bitkisinin gelişimine engel olan ya da

gerileten yabancı otların yok edilmesinde yoğun olarak kullanılan 2,4D Amin etken maddesinin giderim performansı incelenmiştir.



1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÖZETİ

1.1. Su ve Atık su

1.1.1. Su

İlk yerleşik medeniyetler suyun bulunduğu yerlere kurulmuştur ve bu medeniyetlerin varlığını sürdürmesi ve oluşan birçok savaşlar, su yüzünden meydana gelmiştir. İlk kentler Güney Mezopotamya'da kurulmuştur (Şekil 1.1). Binlerce insanın bir arada hem düzen hem de kaos içinde yaşamaya başladığı ilk kentler, doğal kaynakların ve bu kaynakların sınırlarının belirgin bir şekilde tanımlandığı bölgelerde ortaya çıkmıştır. Tarihsel süreçte, insanlar medeniyetlerini şekillendiren coğrafi ve iklimsel koşullara uyum sağlayarak suyun depolanması, taşınması ve filtrelenmesine yönelik teknikler geliştirmiştir. Bununla birlikte, suyun tüketimi ve kullanılan suyun arıtılması konusunda kayda değer teknolojik ve sistematik ilerlemeler, endüstri devrimine kadar gözlemlenmemiştir. (Atabey, 2022).



Şekil 1.1. Dünyanın ilk kenti Uruk (Anonim, 2024d)

Dünya nüfusu hızla artarken, tatlı su miktarı sabit kalmaktadır. Dünyadaki mevcut suyun seviyesi 1.4 milyar km³ kadardır. Bu miktar yaşadığımız yerkürenin yüzeyini 3 km kalınlığında tabaka halinde sarabilecek ebattadır. Dünya üzerindeki bu suyun %97.5'ini okyanuslar oluşturmaktadır. Geriye kalan yaklaşık %2.5'lik tatlı suyun çoğunluğu buzullarda ve yer altı sularındadır (Baran, 2017) (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Dünyadaki su dağılımı (Anonim, 2024e)

Su, yerküre üzerinde yaygın olarak bulunan, renksiz ve kokusuz bir madde olup, tüm canlı organizmaların yaşamını sürdürebilmesi açısından hayati bir öneme sahiptir. Kimyasal açıdan, iki hidrojen atomunun bir oksijen atomu ile kovalent bağ yapması sonucu oluşan bir bileşik olarak tanımlanmaktadır. Katı, sıvı ve gaz halleri bulunmaktadır. Suyun birçok kullanım amacı vardır (Alkur ve ark., 2024) (Tablo 1.1).

Tablo 1.1. Kullanım Amacına Göre Sular

Kullanım Amacına Göre Sular	
1	İçme ve kullanma ihtiyacı
2	Doğal hayat, evcil ve ticari amaçla kullanılan hayvanlar için gerekli su
3	Tarımda kullanılan su
4	Ticaret turizm vb. gibi diğer amaçlarla kullanılan su

Ülkemizde su kullanım şekli ortalama olarak şöyledir; %12'si içme ve kullanımda, %77'si tarımsal sulamada, %11'ide sanayi endüstrisinde kullanılmaktadır. Ülkeler içerisinde birey başına düşen su miktarı o ülkede yaşayan toplumun gelişimiyle doğru orantılıdır (DSİ, 2024).

Ülkemizde geniş çaplı sulama işlemleri DSİ tarafından yürütülmektedir. DSİ, çalışmalarının %72'si açık, %28'i borulu sistem olarak işletmektedir. İnşa halindeki projelerin ise %94'ü borulu sistem, %6'sı açık sistemdir. Bu sistemlerin kullanımdaki izlemeler ve değerlendirmeler sonucunda %62'si yüzey, %17'si damla, %21'i yağmurlama sulama sistemleriyle kullanılmaktadır (Anonim, 2021).

Su kaybının en çok olduğu sistem geleneksel olan yüzey sulama sistemidir. Dünyadaki eğilimlere benzer olarak ülkemizde artan enerji ihtiyacı ve sanayileşme sonucu su kullanımı yükselmektedir. Sanayide suyun en çok kullanıldığı sektörler arasında kimya, demir-çelik, petrokimya, kağıt, tekstil ve gıda sanayi bulunmaktadır (Kapdı ve Aşık, 2021).

Ülkemizde yıllara göre temiz su kaynağının hangi sektörlerde ne kadar kullanıldığı Tablo 1.2'de verilmiştir (Anonim, 2019).

Tablo 1.2. Türkiye'de temiz suyun kullanıldığı alanlar ve su kullanım miktarları

Yıllar	Tarımsal Sulama (milyar m ³)	Evsel kullanım (milyar m ³)	Sanayi (milyar m ³)	Toplam (milyar m ³)
1990	22.0	5.1	3.4	30.5
2004	29.6	6.2	4.3	40.1
2008	33.7	5.9	6.0	45.6
2010	38.2	5.8	6.0	49.9
2012	41.6	6.0	8.4	56.0
2016	43.1	6.2	11.1	60.4
2020	44.25	13.1		57.7
2060	52.0	15.9		67.9

Dünyada ve ülkemizde su kaynakları dağılımı çok değişiktir. Herhangi bir bölgenin su miktarı açısından zenginliği nüfusa oranla ve taleplerle bulunabilir. Su kaynakları açısından yetersiz olan ülkelerde akarsulara yönelik talep, diğer bölgelere kıyasla daha yüksektir. Bunun temel nedeni, kurak bölgelerde içme ve kullanma suyuna olan gereksinimin yanı sıra, tarımsal üretim süreçlerinde duyulan su ihtiyacının da önemli ölçüde artış göstermesidir. Kuzey Afrika ülkelerinde su ihtiyacı Rusya gibi soğuk bölgede bulunan ülkelerin iki katıdır. Çünkü Rusya'da ekili alanların yalnızca %4'ü sulanmaktadır. Buna karşın Kuzey Afrika ülkelerinden Mısır'da tüm tarım arazilerinin sulanması gerekmektedir. Bütün bunların yanında ABD'deki ekili alanların %11'inin

sulanması durumunda kişi başına düşen su tüketiminin en fazla olduğu ülke olması düşündürücüdür (Postel ve Vickers, 2004).

Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) projeksiyonlarına göre, 2030 yılına kadar yurdumuzun nüfusunun 100 milyona kadar çıkması düşünülürse, kişi başı bir yıllık kullanılabilir su miktarı 1000 m³'e kadar gerilemesi öngörülmektedir. Ayrıca, 2025 yılı itibarıyla su talebinin mevcut tüketim seviyesinin %183'üne ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu bağlamda, Marmara bölgesinin kuzey batısı, İç Anadolu ve Batı Anadolu gibi bazı büyük bölgelerin ciddi düzeyde su kıtlığı riskiyle karşı karşıya kalacağı belirtilmektedir. Bunun yanı sıra, 2030 yılı itibarıyla Türkiye'nin batı ve iç kesimlerinde su stresinin %40'ı aşması, doğunun güneyi ve doğu bölgelerinde ise %20 ila %40 arasında seyretmesi beklenmektedir. (TÜİK, 2022).

1.1.2. Atıksu

Suyun karakteristik özelliğini değiştirecek bir veya birden fazla maddenin suya karışmasıyla oluşan suya atıksu denir. Atık su tesislerinin artırılması, sürdürülebilir bir su yönetimi açısından dünya çapındaki önemi her geçen gün artmaktadır. Giderek endüstriyelleşen dünya için atık su arıtımı öncelik olmaya başlamıştır. Geçirgen olmayan yüzeyler, yağmur suları, tarımsal açıdan kullanılan gübreler ve pestisitler, evsel atık atıksuların oluşumuna sebep olan kaynakların başında gelmektedir (Crini ve Lichtfouse, 2019).

Geleneksel arıtma tesislerinin maliyet, bakım-onarım ve işletme, kalifiye elaman ihtiyacı problemlerinden dolayı kırsal alanlarda uygulanması zordur. Bu yüzden kırsal alanlarda atıksu probleminin çözümünde doğal arıtma tesisleri ve yapay sulak alanlar kullanılmaktadır (Yıldız ve ark., 2003).

Asla tükenmeyecek gibi kullandığımız tatlı suların kalite ve miktar bakımından azalması sebebiyle çok fazla miktarda çeşitli yöntemler gündeme gelmiştir. Bu çeşitli yöntemlerden biri ise atıksuların arıtılıp kullanılmasıdır. Atıksuların geri kazanımı hem ülke içi hem de dünya genelinde önem kazanmış olup özellikle su kıtlığı çeken ülkelerde geniş kullanım alanı bulmuştur (Demir ve ark., 2017)

Ülkemizde hızlı nüfus artışıyla beraber sanayinin yaygınlaşması, artan gıda krizleri sonucu verim artırmaya yönelik kullanılan pestisitler ve gübreler, tarımda mekanizasyon sonucunda sularda kirlenme oranı hızla artmıştır. Bunların temel sebebi insanların genel çevre koşullarına karşın yaşam için taşıdığı öneme yeterince dikkat etmemeleridir. Ülkemizde, evsel, endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan etkilerin yeterli düzeyde kontrol altına alınamaması sonucunda, birçok havzada önemli düzeyde kirlilik sorunları gözlemlenmektedir (Altıkat ve ark., 2009).

Sular; evsel, endüstriyel ve tarımsal kaynaklarla kirlenmektedir.

1.1.2.1. Evsel Kaynaklı Kirlenme

Evlerden kaynaklanan atık suyun özellikleri, hanede yaşayanların sayısına ve yaşına, insanların yaşam alışkanlıklarına, geleneklerine, yaşam standartlarına, ev tipi deterjanların, kimyasalların ve vücut bakım ürünlerinin kullanımına ve türüne, coğrafi konuma, demografik özelliklere, su tüketimindeki farklılıklar nedeniyle yer ve zamana bağlı olarak gri su kaynağının evsel mi yoksa ticari mi olduğuna göre büyük ölçüde değişmektedir (Shaikh ve Ahammed, 2020; Khalil ve Liu, 2021).

1.1.2.2. Endüstriyel Kaynaklı Kirlenmeler

Ülkemizde ve dünyadaki sanayilerde bulunan işletmelerin, proseslerinin çalışması sonucu oluşan atık maddeler ile onların yan ürünü olarak oluşturdukları kirleticileri, belirli bir oranda seyrelttikten sonra atarlar. Fakat ne kadar seyreltilirse seyreltilsin ve limitlerin altında olsa bile bu atıksuların ulaşacağı son nokta içme suyu olarak kullanılan nehir ve göllerdir. Atık maddelerin çevre üzerindeki etkileri tüm detaylarıyla tam olarak bilinmemiş olsa da bu maddelerin göl ve nehir ekosistemlerindeki dengeyi bozduğu bilinmektedir. Ekolojik dengenin korunması amacıyla alınan tedbirlerin etkinliği ne düzeyde olursa olsun, tehlikeli atık maddelerin su kaynaklarına tamamen ulaşmasının önlenmesi, mevcut koşullar altında mümkün görünmemektedir. (Bozdaş ve ark., 2020).

Endüstriyel atık su türleri arasında kimyasal kökenli atık sular, demir-çelik sanayiine ait atıklar, metal işleme sektöründen kaynaklanan atık sular, kömür endüstrisiyle ilişkili atık sular, petrol sanayi atıkları, selüloz ve kağıt sanayisinin atık suları ile tekstil endüstrisine özgü atık sular yer almaktadır. (Dündar ve ark., 2020).

1.1.2.3. Tarımsal Kaynaklı Kirlenmeler

Hastalık ve zararlılarla mücadele amacıyla kullanılan pestisitler, ilaç partiküllerinin rüzgar yoluyla taşınması (drift) sonucu su kaynaklarına ulaşması veya pestisit üretimi yapan tesislerden kaynaklanan atıkların akarsu ya da durgun sulara deşarj edilmesi yoluyla su kirliliğine neden olmaktadır. Ayrıca, kimyasal gübrelerin bilinçsiz ve aşırı miktarda kullanımı, uzun vadede toprağın çoraklaşmasına sebebiyet vermekte ve doğal çevrim aracılığıyla yer altında bulunan su kaynaklarına karışarak hem su kirliliğine hem de çeşitli çevresel problemlere yol açmaktadır. (Doğan ve Karpuzcu, 2019).

Bu sebeple yer üstü ve yer altı sularının toplama havzalarında koruma tedbirleri alınması önem arz etmektedir. Bu kapsamda tarımsal faaliyetlerin sonucu oluşan kirlenmenin içme sularına erişimi konusunda alınacak tedbirlere önem verilmesi gerekmektedir. Bunun için de geleneksel yöntem olan atadan kalma tarımsal üretim yöntemlerinden vazgeçilerek çevre dostu ve modern tarım yöntemlerine (organik tarım ve iyi tarım uygulamaları gibi) geçiş değer kazanmaktadır (Olhan ve Ataseven, 2009).

Su kaynaklarının kirlenmesine yol açan başlıca kirleticiler arasında, erozyon sonucu oluşan sediment olarak adlandırılan çökeltiler, tarımsal amaçlarda kullanılan nitrat (azot kaynağı) ve fosfat içerikli gübreler, hayvansal gübreler, mikroskobik canlılar, organik maddeler ve pestisitler bulunmaktadır. (Caruso, 2000).

Hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan atıklar, eğer işletmenin veya hayvanların bulunduğu bölgedeki toprak yapısı yüksek geçirgenlik özelliğine sahipse veya hayvan altlıkları ve taban atıkları yüzeye yakın bir konumda bulunuyorsa, taban suyu kirliliği riskinin artması kaçınılmazdır. (Harris ve ark., 1997).

Hayvancılık üretim çeşitlerinden olan kanatlı hayvan yetiştiriciliğinde tavuk üretimi önemli bir yerde durmaktadır. Tavuk gübresi bitki besin değeri yüksek olmasına karşın azot ve fosfor değeri de yüksektir. Bu değerlerin yüksekliğinden dolayı yer üstü ve yer altı sularında kirlenme kolay olacaktır (Demirulus ve Aydın, 1996).

Benzer şekilde, gübre depoları da tarımsal faaliyetlerde kirlilik kaynağı oluşturabilmektedir. Bu sebeple, gübre depoları ve üretim tesislerinin temiz su kaynaklarından uzakta konumlandırılması gereklidir. Araştırmalara göre, gübre

depolarının kuyu ve benzeri su kaynaklarından minimum 30 metre, süt sağım ünitelerinden ise 15 metre uzaklıkta inşa edilmesi önerilmektedir (Karaman, 2006).

Gübre depolarında kapasitesi bakımından yüzeysel akıntı, tahliye yoluyla toprağa karışarak taban suyuna ulaşabilir. Bu yüzen taban suyu yüksek olan bölgelerde kirlenmeyi önlemek için toprak üstü depolama tercih edilmemelidir (Mutlu, 1999).

Pestisit su kirlenmesi konusunda çok önemli bir yer almaktadır. Özellikle direk olarak toprağa uygulanan herbisitler ve nematisitler yer altı sularının kirlenmesinde önemli bir yer tutmaktadır (Ali ve Jain, 1998).

Birçok pestisit çevre kirliliği ve canlı sağlığı açısından önemli olsa da en önemli pestisitleri iki grupta sınıflandırabiliriz. Bunlar hidrokarbonlar ve organofosfatlılardır (Espigares ve ark., 1997).

Pestisitlerin kullanım zamanı, miktarı ve uygulama şekli de pestisit kirlenmesi de sorun oluşturmaktadır. Ne kadar çok pestisit kullanılırsa yer altı sularının kirlenme olasılığı da o kadar çok olacaktır. Yağış miktarı ve sulamalardan oluşan akıntılar pestisit hareketlerinde önem taşır (Close, 1993).

Su kaynaklarının pestisitler yönünden kirlenmesini önlemek için pestisitler gerekli olduğu durumda kullanım talimatlarına uyularak ve gerekli dozda kullanılmalıdır. Pestisit uygulamaları sonrası sulamadan kaçınılarak Entegre Mücadele Yöntemlerine ve iyi tarım uygulamalarına önem verilmelidir (Tanji, 1991).

Uzun yarılanma ömrüne sahip pestisitler su kaynaklarına ulaştığında çevre ve canlı sağlığı için kayda değer bir tehlike arz etmektedir (Ardıç, 2013; Pazı ve ark., 2013). Pestisitlerle kirlenme yer altı sularına sızma, atmosferik taşınma gibi yöntemlerle sulara zarar vermektedir. Bu yöntemi belirleme kirlilik kayağının nasıl yönetileceğini belirler (Doğan ve Karpuzcu, 2019).

Kumbur ve ark. (2016) Göksu deltasında kuyulardan numune alarak pestisit ölçümleri yapmışlardır. Çalışmada organoklorlu pestisitlerin varlığına rastlamışlardır. Özellikle kurak aylarda su kuyularında yüksek konsantrasyonlu pestisit tespit etmişlerdir. Lindan ve metabolitleri, endosulfan ve isomerleri, aldrin, dieldrin ve endrin aldehit pestisitleri yeraltında bulunan su kaynaklarında olduğu gözlenmiştir. Sadece çilek üretiminde

kullanılan, insanlar için toksit ve bakanlık tarafından yasaklanmış bir insektisit olan aldrin 10 mg/L konsantrasyonu ile Avrupa Birliği Tehlikeli Maddelerin Sularda ve Çevrede Oluşturduğu Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ndeki sınır değerlerinden daha fazla olduğunu saptamışlardır.

Bulut ve ark. (2010), Afyonkarahisar'da içme suyu tesislerinden, Karamık ve Eber gölünden alınan numunelerde organoklorlu pestisit kalıntı analizi yapılmıştır. İçme suyu tesis numunelerinde keton 0.71 µg/L ile maksimum derişimde bulunurken, Eber Gölü'nde heptaklorepoksit 1.42 µg/L, Karamık Gölü'nde 4,4-DDE 0.64 µg/L ile maksimum konsantrasyonlarda bulunmuştur. Eber gölündeki numunelerin analizleri sonucunun fazla olmasının sebebi çevrede bulunan tarım arazilerinin fazla olması ve kapalı bir havzada olmasından dolayı su sirkülasyonunun az olmasından kaynaklı olduğu ile açıklanmıştır.

Filiz (2005), Ege denizine dökülen Gediz ve Bakırçay nehirlerinde organoklorlu pestisit analizi yapmıştır. Araştırdığı 16 çeşit pestisitten, yağışın olduğu sonbahar kış ve ilkbahar mevsimlerde en yüksek oranda tespit edilenler DDT, δ-BHC ve endrin iken, kurak olan yaz mevsimde ise endosulfan-I olmuştur.

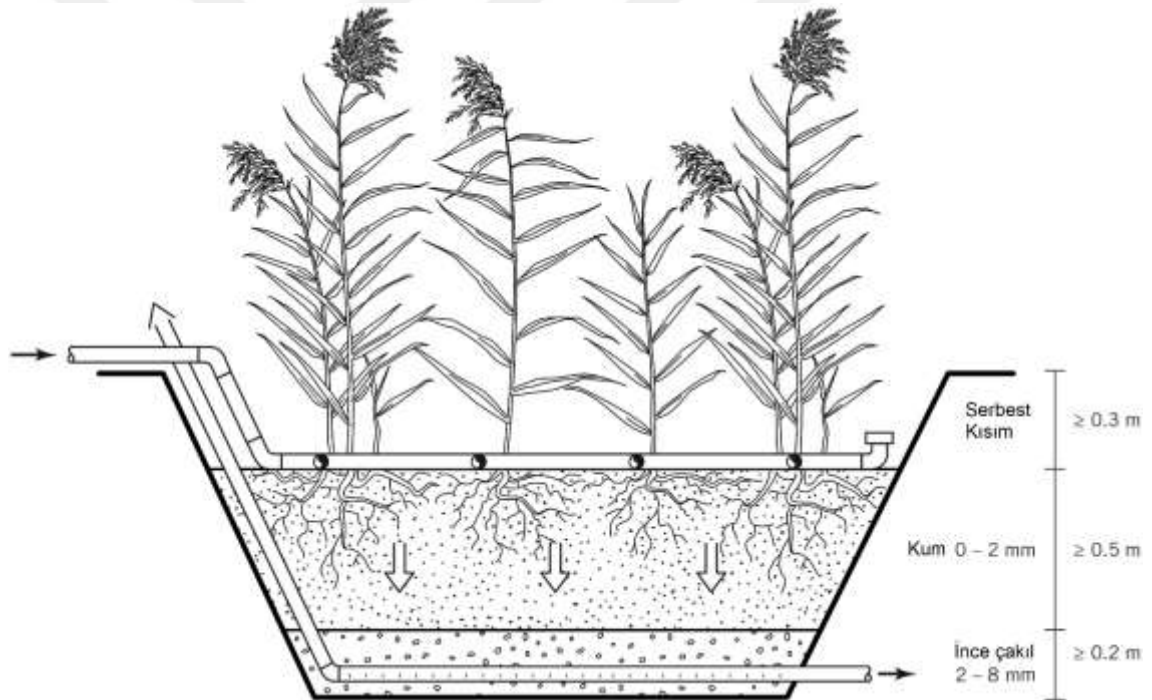
Öztaş (2008), Antalya'nın Kumluca ilçesinde yaptığı bir araştırmada tarım alanlarındaki su kuyularından ve yüzeysel sulardan aldığı numunelerde organoklorlu pestisit analizi yapmıştır. Bu çalışmada yapılan analizler sonucunda en az bir çeşitin Avrupa standartlarının üstünde olduğunu belirlemiştir. En sık görülen pestisitler, yeraltı suyu kuyuları için chlorpyrifos (%57) ve aldrin (%79) iken, yüzeysel sularda chlorpyrifos (%75), aldrin ve endosulfan sulfat (%83)'tır. Yeraltı sularında 394.8 mg/L ile fenamifos ve 68.51 mg/L ile aldrin, yüzeysel sularda ise 89.5 mg/L ile endosulfan sulfat en yüksek oranda bulunmuştur.

1.2. Yapay Sulak Alanlar

Doğal sulak alanların tarihsel gelişimi incelendiğinde, genellikle atık suların deşarj edildiği alanlar olarak kullanıldıkları görülmektedir. Yükselen insan nüfusunun bir sonucu olarak atık su miktarındaki artış, su kaynaklarının yeniden kullanımını zorunlu bir konu haline getirmiştir. Ancak konvansiyonel arıtma sistemlerinin tasarımı ve inşası, yüksek kurulum maliyetleri, enerji yoğunluğu ve nitelikli personel gereksinimi gibi

zorlukları peşinden getirmiştir. Bu durum, tarımsal ve diğer bütün endüstriyel işletmeleri daha düşük maliyetli ve sürdürülebilir arıtma alternatiflerine yönelmeye teşvik etmiştir.

Bu çerçevede, doğal sulak alanların ekosistem işlevlerinden yararlanılarak tasarlanan yapay sulak alanlar, atık suların arıtılabilmesi için uygun bir seçenek olarak geliştirilmiştir (Kadlec ve Knight, 1996). Özellikle 1980’li yıllardan itibaren Amerika Birleşik Devletleri’nde yapay sulak alan projelerinin (Şekil 1.3) inşası önemli bir ivme kazanmıştır (EPA, 1999). Araştırmalara göre, yapay sulak alanlarda 1 m³ gri suyun arıtım maliyetinin yaklaşık 0.4 \$ olduğu tespit edilmiştir (Abdelhay ve Abunaser, 2021). Bu ekonomik avantaj, yapay sulak alanları konvansiyonel arıtma yöntemlerine göre daha kullanılabilir hale getirmiştir.



Şekil 1.3. Yapay sulak alanların tasarımı

Yapay sulak alanların tasarımları, genellikle doğal sulak alanların ekolojik işlevlerini taklit ederek su kalitesini iyileştirmeye yönelik en etkili mekanizmaların öne çıkarıldığı bir süreç olarak şekillendirilmektedir. Etkin bir şekilde çalışabilen yapay sulak alanların tasarımında aşağıdaki temel unsurların dikkate alınması gerekmektedir (EPA, 1995):

- **Basitlik İlkesi:** Tasarımlar, mümkün olduğunca basit ve uygulanabilir olmalı; karmaşık veya ileri düzey teknolojik yaklaşımlar, sistemin işleyişinde başarısızlıklara neden olabileceği için tercih edilmemelidir.

- **Düşük Bakım Gereksinimi:** Yapılar, mümkünse hiç bakım gerektirmeyecek veya en az seviyede bakım ihtiyacı olacak şekilde tasarlanmalıdır.
- **Enerji Verimliliği:** Enerji maliyetlerini minimize etmek amacıyla, mümkün olduğunda cazibe ile akış sağlayan pasif sistemler tercih edilmelidir.
- **İklim Koşullarına Dayanıklılık:** Tasarımlar, ekstrem iklim ve meteorolojik koşullara dayanıklı olacak şekilde planlanmalıdır.
- **Doğal Peyzajla Uyum:** Tasarımlar, doğal peyzaj ve topografyayla entegre bir yapıda olmalı; dikdörtgen ve keskin köşeli havuzlar gibi yoğun mühendislik içeren yapılardan kaçınılarak, doğal yapıların benzeri tasarımlar önceliklendirilmelidir.

Yapay sulak alanlar, çeşitli tasarım biçimlerine sahip olabilir ve gereksinimlere bağlı olarak bitki kullanımından bağımsız bir şekilde de planlanabilir. Bu sistemler, genellikle serbest yüzey akışlı veya yüzey altı akışlı olarak sınıflandırılmaktadır. Yüzey altı akışlı sistemler ise akış şekline bağlı olarak yatay veya düşey akışlı olarak inşa edilmektedir.

1.3. Filtre Materyalleri

Yapılan literatür incelemeleri, yapay sulak alanlarda çeşitli filtreleme materyallerinin kullanımına ilişkin önemli bulgular ortaya koymaktadır. Bu materyaller arasında çakıl, deniz kabuğu, çeltik kavuzu, fırın cürufu, kireç taşı, kalsit, kum, kömür, polonit, seramik, pumis, wollastonit, vermikülit ve zeolit gibi malzemeler yer almaktadır. Mevcut çalışmada ise filtreleme amacıyla zeolit ve pumis materyalleri tercih edilerek uygulanmıştır.

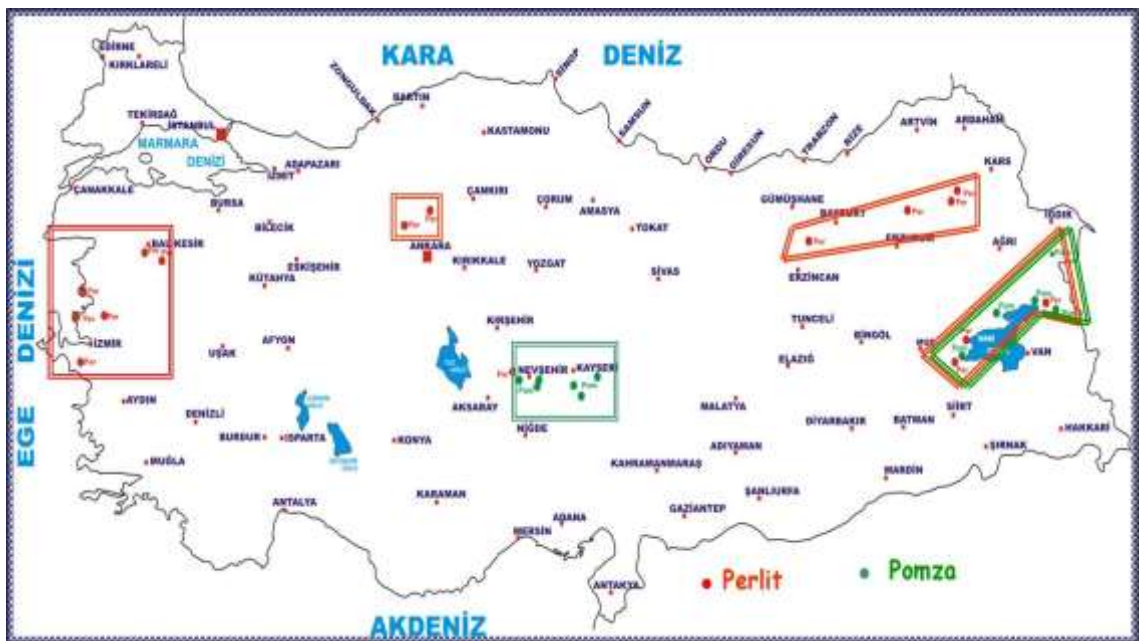
1.3.1. Zeolit

Zeolitler, adsorban ve katalizör olarak bolca bir kullanım alanına sahip, mikro gözenekli yapıya sahip volkanik kayaç kökenli, kristal yapılı ve hidrasyona uğramış alüminyum silikat mineralleri olarak tanımlanmaktadır. Kimyasal ve endüstriyel uygulamalardaki işlevsellikleri, kristal yapıdaki benzersiz gözenek sistemleri ve iyon değişim kapasiteleri ile ilişkilidir. Mineralojik kompozisyonlarına göre 42 çeşit zeolit türü tanımlanmıştır (Altan ve ark., 2018; Anonim, 2024f). Zeolit terimi, ilk defa 1756 yılında İsveçli

Antik Yunan dönemlerinde su kemerleri, hamamlar, mahzenler, konutlar ve tapınakların inşasında yaygın şekilde kullanıldığı görülmüştür. Bu yapıların birçoğu, dayanıklılıkları sayesinde günümüzde dahi varlıklarını sürdürmektedir. İnşaat sektörü dışında, pumis; kimya, tarım ve tekstil gibi endüstriyel alanlarda da farklı işlevlerle kullanılmaktadır. Geniş bir uygulama yelpazesi sunan bu malzeme hem geçmişte hem de günümüzde elzem bir yere sahiptir. (Akın ve Akın, 2013).

Pumisin, atık su arıtımında besin elementlerinin ve ağır metallerin gideriminde etkili bir materyal olarak kullanılmasını mümkün kılan temel özelliği, yüksek yüzey alanına sahip gözenekli yapısıdır. Bu gözenekli yapıda yer alan boşluklar, literatürde “veziküller” olarak adlandırılmaktadır. Veziküller, pumisin arıtım kapasitesini artırarak kimyasal ve fiziksel adsorpsiyon süreçlerini etkin bir şekilde gerçekleştirmesine olanak tanımaktadır. (Dinçer ve ark., 2015).

Türkiye'nin toplam pumis rezervi yaklaşık 2.2 milyar ton olarak ön görülmekte olup, bu rezervin yaklaşık yarısı Nevşehir Bölgesi'nde bulunmaktadır (Şekil 1.5). Bununla beraber Türkiye, dünya çapında en büyük pumis ihracatçısı konumundadır. Küresel pumis ihracatı, 2019 yılında yaklaşık 82 milyar \$ düzeyinde gerçekleşirken, Türkiye'nin aynı yılıki pumis ihracat geliri yaklaşık 23 milyar \$ olarak kaydedilmiştir (Trademap, 2024).



Şekil 1.5. Türkiye'deki pumis maden yatakları (MTA, 2024c)

1.4. Sularda Bulunan Kirleticiler

Su kaynaklarında tespit edilen temel kirletici unsurlar patojen mikroorganizmalar ve çeşitli kimyasal bileşenlerdir. Atık sularda yer alan kimyasal kirleticiler, deterjanlar, gıda işleme süreçlerinden kaynaklanan atıklar, pestisitler, petrol hidrokarbonları, endüstriyel solventler, hijyen ve kozmetik ürünlerinin atıkları, kükürt dioksit, endüstriyel atıklar, gübrelerdeki azot ve fosfor bileşikleri ile ağır metaller gibi çeşitli kaynaklardan gelmektedir. Bu çalışmada, atık sularda geniş alanlarda ve bol miktarda kullanılan bir pestisit olan 2,4-D Amin'in arıtılabilirlik olanakları kapsamlı bir şekilde değerlendirilmiştir.

1.4.1. 2,4D Amin

2,4D, hafif fenolik bir kokuya sahip ve beyaz renkli bir toz formunda bulunan kimyasal bir bileşiktir. Molekül ağırlığı 221.0 g/mol, erime noktası 140.5 °C ve sudaki çözünürlüğü 25°C'de 620 mg/L olarak tespit edilmiştir. Hormonal etki mekanizmasına sahip, translokasyon özelliği bulunan sistemik ve seçici bir herbisit olarak sınıflandırılmaktadır. Kimyasal yapısı, uzun süreli kararlılığını korumasına olanak tanımaktadır. Asit formu, metallere karşı hafif koroziv bir özellik gösterirken, alkali metaller ve aminlerle reaksiyona girerek suda çözünür tuzlar oluşturabilmektedir. Ayrıca, ester ve tuz türevleri de herbisit olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. (Worthing, 1987).

2,4D'nin formülasyon tipleri arasında EC (emülsiyon konsantre), GR (granül), SP (suda çözünür toz) ve SL (sıvı konsantre) yer almaktadır. Seçici bir toprak herbisiti olan 2,4D, özellikle çıkış sonrası uygulamalarda etkili olup hububat tarımında yabancı otlara ve belirli odunsu bitki türlerine karşı kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra, bitki gelişim düzenleyici olarak da sürekli olarak tercih edilmektedir. Etken madde, yutma, soluma veya deriyle temas yoluyla vücuda absorbe olabilmektedir. Ancak, 2,4D'nin üretim süreçlerinde dioksinlerle bulaşma riski bulunmaktadır. Dioksinler, hem yüksek düzeyde toksik özellikleri hem de kanserojen etkileriyle bilinen ve halk sağlığı açısından ciddi tehlike oluşturan bileşiklerdir. (Blair ve ark., 2015).

2,4D içeren preparatların dioksin bulaşıklığı riski, birçok ülkenin bu ürünlerin üretim ve ticaretine ilişkin düzenlemelerinde dioksinlerden tamamen arındırılmış olma şartını zorunlu kılmasına neden olmuştur (Krieger, 2010). Dünya Sağlık Örgütü (WHO)

tarafından yayımlanan içme suyu kalite standartlarına göre, içme suyunda bulunabilecek 2,4D konsantrasyonunun üst sınırı, 1 litre su için 20 µg olarak belirlenmiştir (Gupta ve ark., 2006). Bu tür düzenlemeler, 2,4D'nin insan sağlığı üzerindeki potansiyel toksik etkilerini minimize etmek amacıyla uygulanmaktadır.

1.5. Literatür Çalışmaları

Gökalp ve Çakmak (2015), çalışmalarında özellikle kırsal bölgelerde evsel atık suların arıtılmasında yapay sulak alan teknolojilerinin kullanımına odaklanmıştır. Araştırmada, planlama sürecinde yapılan hataların, ilerleyen aşamalarda çeşitli sorunlara yol açabileceği vurgulanmış ve bu sorunların oluşmamasına yönelik çözüm önerileri sunulmuştur. Bu kapsamda, yapay sulak alanların etkili ve sürdürülebilir bir biçimde kullanımı için gerekli stratejik adımlar tartışılmıştır.

Aşık (2022), laboratuvar ortamında gerçekleştirdiği kolon deneyleriyle, çeşitli filtre malzemelerinin hem tek başına hem de farklı oranlarda karıştırılarak kullanılması durumunda atık sulardan azot ve fosfor absorpsiyon performansını incelemiştir. Çalışmada, filtre malzemelerinin kombinasyonlarının giderim etkinliği üzerindeki etkileri detaylı bir şekilde değerlendirilmiştir. Çalışma neticesinde pH değerlerinin 6-10 aralığında olduğunu ve EC değerlerinin 2000 µS/cm'nin altında olduğunu belirtmiştir.

Atıcı (2023), yürüttüğü çalışmada zeolit ve talaş materyallerini hem saf halde hem de farklı oranlarda karıştırarak (%25 zeolit-%75 talaş, %50 zeolit-%50 talaş, %75 zeolit-%25 talaş, %100 zeolit ve %100 talaş) filtre malzemesi olarak kullanmıştır. Denemede, 100 cm³ filtre malzemesine laboratuvar ortamında hazırlanan 10, 25 ve 50 ppm konsantrasyonlarındaki sentetik atık sular 5 ml/dk akış hızında uygulanmıştır. Çalışma süresince, farklı zaman dilimlerinde ve üçer tekrar şeklinde alınan örnekler üzerinde pH, elektriksel iletkenlik (EC), toplam azot ve toplam fosfor analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, pH değerlerinin 6 ile 10 arasında, elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinin ise 2000 µS/cm'nin altında olduğu belirlenmiştir.

Demir (2022), gerçekleştirdiği çalışmada vermikülit ve zeolit malzemelerini önce yalın halde, ardından farklı derişim oranlarında (%25-%75, %50-%50 ve %75-%25) fosfor ve azot ihtiva eden 10, 25 ve 50 ppm konsantrasyonlardaki çözeltilerle doyurmuştur. Çalışmada, farklı zamanlarda alınan örneklere pH, EC (elektriksel iletkenlik), toplam

fosfor ve toplam azot tayinleri yapılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne uygun olarak pH ve EC değerlerinin belirlenen deşarj sınırları içinde kaldığı ifade edilmiştir.

Kanarya (2018), Kayseri ili Kocasinan ilçesi Salur Mahallesi'nde inşa edilen doğal arıtma sisteminin performansını değerlendirmiştir. Bu amaçla altı aylık bir süre boyunca (Nisan-Eylül), Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne uygun olarak sistemin giriş ve çıkış noktalarından su numuneleri toplamış ve bu numunelerde toplam azot (TN), toplam fosfor (TP), elektriksel iletkenlik (EC) ve pH analizleri gerçekleştirmiştir. Yapılan analizler sonucunda, EC değerlerinin giriş noktalarında 1289-1550 $\mu\text{S/cm}$, çıkış noktalarında ise 1265-1548 $\mu\text{S/cm}$ arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. pH değerleri ise giriş suyu için 7.47-8.78, çıkış suyu için 7.42-8.78 aralığında belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, pH değerlerinin 6-10 aralığında ve EC değerlerinin 2000 $\mu\text{S/cm}$ 'nin altında olduğunu ortaya koymuştur.

Uzun ve ark. (2021), zeolit, pumis ve kum materyallerinin fosfor giderim performansını laboratuvar ortamında kolon denemesi yöntemiyle incelemişlerdir. Çalışmada, filtre materyalleri hem tekil olarak hem de farklı oranlardaki karışımlar halinde kullanılmıştır. Deneysel tasarımda üç farklı fosfor konsantrasyonu (10, 20 ve 40 ppm) ile dört farklı hidrolik bekleme süresi (24, 48, 72 ve 96 saat) değerlendirilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen verilere göre, pH değerlerinin 6-10 aralığında değiştiği ve elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinin 2000 $\mu\text{S/cm}$ 'nin altında olduğu rapor edilmiştir.

Fontmorin ve ark. (2013), 2,4D pestisitinin giderilmesinde ön arıtma olarak ev yapımı bir elektrokimyasal hücre ile bölgesel bir atık su arıtma tesisinden alınan aktif çamurun kullanıldığı bir biyolojik arıtma prosesi geliştirmişlerdir. Çalışma süresince, çözünmüş organik karbon, hedef bileşik ve ana yan ürünler izlenmiştir. Biyolojik arıtma sürecinde erken dönemlerde yüksek çözünmüş organik karbon giderimi gözlemlenmiş ve 7. günün sonunda %79 küçülme elde edilmiştir. Arıtmanın 2. gününden itibaren yapılan HPLC analizleri, Klorohidrokinonun tamamen parçalandığını göstermiş ve elektrokimyasal ön arıtmanın çalışmalarının biyolojik arıtma süresini kısalttığı sonucuna varılmıştır.

Samir ve ark. (2015), 2,4D herbisitinin parçalanma süreçleri ve biyolojik arıtımını sistematik bir şekilde değerlendirmişlerdir. Çalışmanın bulguları, mikrobiyal topluluğun 2,4D'nin parçalanma etkinliğinin başlangıç konsantrasyonu, karıştırma hızı, ortam pH

değeri ve sıcaklığı gibi etmenlerden kayda değer ölçüde etkilendiğini ortaya koymaktadır. 700 mg/L konsantrasyondaki 2,4D, Mısır'dan izole edilen bir protozoa türü ve karma kültür bakterileri tarafından etkili bir şekilde parçalanmıştır. Bunun yanı sıra, TiO_2 fotokatalizörü ile UV ışınması kullanılarak gerçekleştirilen ön arıtım, biyolojik parçalanma sürecini belirgin bir şekilde hızlandırmıştır. Bu sonuçlar, herbisitlerin biyolojik arıtımındaki mikrobiyal toplulukların ve fotokatalitik ön işlemlerin önemli rollerini vurgulamaktadır.

Doğdu Okcu (2018), 2,4D etken maddeli herbisitinin biyolojik ve hibrit fotokataliz yöntemleri ile giderimini incelemiştir. Araştırma sonuçlarına göre, yalnızca biyolojik arıtım sürecinin uygulandığı 6 günlük oksijenli (A-BR) ve oksijensiz (NA-BR) biyolojik reaktörlerde, oksidasyon oranları sırasıyla %78.78 ve %78.33 seviyelerine ulaşmış; parçalanma oranları ise %38.23 ve %42.26 olarak tespit edilmiştir. Fotokataliz ön işleme tabi tutulan çıkış suyunun arıtımında, 15 dakikalık fotokataliz sürecinin ardından, 4. gün itibarıyla %88.88 oksidasyon ve %87.14 oranında herbisit parçalanması elde edilmiştir. Bu bulgular, biyolojik ve hibrit fotokataliz yöntemlerinin etkinliğini ortaya koymaktadır.

2. BÖLÜM

MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Bu çalışmada, atık sulardan 2,4-D Amin'in giderimi için adsorban kullanımı hedeflenmiştir. Adsorban malzemesi olarak zeolit ve pumis tercih edilmiştir. Yüksek lisans tezi kapsamında gerçekleştirilen bu araştırma, çevreye kirliliğine neden olmamak amacıyla yapay sulak alan sistemlerini simüle etmek üzere küçük ölçekte kolon denemeleri şeklinde yürütülmüştür. Çalışma, hem doğal arıtma yöntemlerinin etkinliğini incelemek hem de çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamak amacıyla tasarlanmıştır.

Çalışmada kullanılan zeolitin fiziksel ve kimyasal özellikleri, ilgili materyalin karakterizasyonunu detaylı bir şekilde ortaya koymak amacıyla Tablo 2.1 ve Tablo 2.2'de sunulmuştur. Bu tablolar, adsorban malzemenin etkinliğini değerlendirmek için temel parametreleri içermektedir. (Kanarya, 2022).

Tablo 2.1. Zeolitin fiziksel özellikleri

ÖZELLİK	ARALIK
Kanallar	2.2 - 8 Å
Boşluklar	6.6 - 11.8 Å
Isıl Kararlılık	500 - 1000 °C
İyon Değişimi Kapasitesi	700 meq/100 g'a kadar
Yüzey Alanı	900 m ² /g'a kadar
Su Kapasitesi	<%1 - ağırlığın ~ %25
Su Afinitesi	Hidrofilik - Hidrofobik
Yoğunlukları	1.9 - 2.3 g/cm ³
Sertlikleri	3.5 - 5.5

Tablo 2.2. Zeolitin kimyasal bileşimi

Bileşen	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	H ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	B (ppm)
%	71.29	13.55	1.15	3.50	5.90	1.96	0.70	0.60	30

Çalışmada kullanılan pumisin fiziksel ve kimyasal özellikleri, materyalin karakteristik yapısını belirlemek amacıyla Tablo 2.3 ve Tablo 2.4'te detaylı olarak sunulmuştur. Bu veriler, pumisin adsorban olarak etkinliğini değerlendirmek için temel parametreleri içermektedir. (Kanarya, 2022).

Tablo 2.3. Pumisin Fiziksel Özellikleri

Renk	Açık griden, kirli beyaza
Kristal Şekli	Amorf
Kristal Suyu	Yok
Sertlik (Mohs)	5.5 - 6.0
Hacim Ağırlığı (g/cm ³)	0.32 - 0.97
Gerçek Özgül Ağırlığı (g/cm ³)	2.15 - 2.65
Porozite (%)	45 - 90
Rötre (mm/m)	<1
Isı İletkenlik Katsayısı (W/mK)	0.08 - 0.20
Isınma Isısı (cal/g°C)	0.24 - 0.28
Ses Yalıtımı (dB)	40 - 55
Su Emme (Ağırlıkça %)	30 - 70
Buhar Difüzyon Katsayısı	5 - 10

Tablo 2.4. Pumisin Kimyasal Bileşimi

Bileşen	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O + K ₂ O
%	72.5	14.0	2.5	0.9	0.6	9.0

Bu çalışmada kullanılan kolonlar, standart özelliklere sahip olup cam malzemeden üretilmiştir. Kolonların iç çapı 3 cm, uzunluğu 60 cm olarak tasarlanmış; akış kontrolünün sağlanabilmesi amacıyla teflon musluk ile donatılmıştır. Ayrıca, musluk üzerinde bulunan por.1 disk, filtrasyon işlemlerinin etkinliğini artırmak amacıyla kullanılmıştır (Şekil 2.1)



Şekil 2.1. Çalışmada kullanılan düzenek

Deneyleerde kullanılan kolonlarda, hem pumis hem de zeolit materyalleri için sabit bir miktar olan 150 cm³ malzeme kullanılmıştır. Deney öncesinde, bu materyallerin boyutlarının homojenliğini sağlamak amacıyla 1 mm ve 2 mm gözenek çapına sahip eleklerden geçirilmiş ve yalnızca bu çap aralığında kalan parçacıklar deneyleerde kullanılmıştır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Çalışmada kullanılan zeolit ve pumis materyalleri

Laboratuvar koşullarında hazırlanan sentetik atık suların kolonlara transferi, dijital ekran ve kontrol ünitesine sahip, LongerPump marka BT100-1L model, 12 kanallı bir peristaltik pompa aracılığıyla gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.3). Çalışma kapsamında, pompanın

eşzamanlı olarak 9 kanalını aktif bir şekilde çalıştırarak, her bir numune için üç tekrarlı deneyler planlanmış ve uygulanmıştır. Çalışma 2 ml/dk akış hızı kullanılarak yürütülmüştür.



Şekil 2.3. Çalışmada kullanılan peristaltik pompa

2.2. Metot

2.2.1. Numune Alma

Deney süresince kolon çıkış noktalarından belirli zaman aralıklarında numune alımı gerçekleştirilmiştir. Adsorban materyallerin etkinliğinin daha detaylı bir şekilde değerlendirilebilmesi amacıyla sistemin çalıştırılmasını takiben 3., 6., 12., 24. ve 48. saatlerde numuneler toplanmıştır. Alınan numunelerde pH ve elektriksel iletkenlik (EC) değerleri ölçüldükten sonra, 2,4D Amin konsantrasyonlarının belirlenmesi amacıyla numuneler 0.45 µm gözenek çapına sahip filtre kağıtlarından geçirilmiştir. Filtrasyon işleminin ardından numuneler, analiz süreçleri tamamlanana kadar +4 °C’de saklanmıştır.

2.2.2. pH Tayini

Araştırmada, atık sular, hazırlık aşamasında belirlenen pH değerleri korunarak deneylerde kullanılmıştır. İlgili koşullarda hazırlanan atık sular, peristaltik pompa sisteminin giriş bölümüne yönlendirilmiştir. Kolon çıkış noktalarından alınan

numunelerin pH değerleri, Hanna marka HI-5522 model pH metre cihazı (Şekil 2.4) ile ölçülerek kaydedilmiştir.

2.2.3. EC Tayini

Ayrıca, çalışma kapsamında arıtılmış suların tarımsal sulama amaçlı kullanıma uygunluğunu değerlendirebilmek amacıyla hem hazırlanan atık suların hem de arıtım işleminin sonucunda elde edilen numunelerin elektriksel iletkenlik (EC) değerleri de ölçülmüştür. Bu ölçümler, Hanna marka HI-5522 model EC metre cihazı (Şekil 2.4) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.4. Çalışmada kullanılan pH ve EC metre

2.2.4. 2,4D Amin Tayini

Çalışmada kullanılması belirlenen 2,4D Amin (dimethyl amin tuzu) çözeltisi, çiftçilerin yabancı ot ilacı olarak yoğun bir şekilde kullandığı ticari ürünler kullanılarak hazırlanmıştır. Üründen 20 ml alınarak 2 litreye saf su ile tamamlanması sonucunda 5000 ppm derişimde stok çözelti elde edilmiştir. Stok çözeltiden seyreltmek suretiyle çalışmada kullanılması planlanan derişimlerde sentetik atık sular (20, 40 ve 80 ppm) hazırlanmıştır. Çözeltiler peristaltik pompa vasıtası ile kolonlara aktarılmıştır. Kolonların

ıkış kısımlarından alınan numunelerin 2,4D Amin içerikleri Agilent marka UPLC (Ultra Performance Liquid Chromotography) cihazı (şekil 2.5) kullanılarak tespit edilmiştir.



şekil 2.5. UPLC Cihazı

2,4D Amin tayininde kullanılan parametreler Tablo 2.5'te verilmiştir.

Tablo 2.5. 2,4D Amin Tayininde Kullanılan Parametreler

Parametre	Değer
Kolon	SilUR SC18e 150 x 4.6 mm 5 um
Mobil Faz	80:20 %2 Asetik Asit:Asetonitril
Elüsyon	İzokratik
Enjeksiyon Hacmi	10 µL
Akış Hızı	1.0 ml/min
Kolon Sıcaklığı	25 °C
Dalgaboyu	220 nm

Söz konusu araştırmaya ait tüm deneysel faaliyetler, Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nin Biyosistem Mühendisliği Bölümü ve Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümlerine ait laboratuvarlarda titizlikle gerçekleştirilmiştir.

3. BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

Deneme de kullanılan sentetik atık suların çalışma süresince, farklı zamanlarına alınan numuneler pH, EC ve 2,4D Amin içerik analizlerine tabi tutulmuştur.

3.1. pH Değerlerinin Çalışma Süresince Uğradığı Değişim

Çalışma süresince pumis ve zeolit materyalleri kullanılan her deneyde farklı zamanlarda (3., 6., 12., 24. ve 48. saat) alınan numunelerde pH tayini yapılmıştır, sonuçlar Tablo 3.1'de verilmiştir.

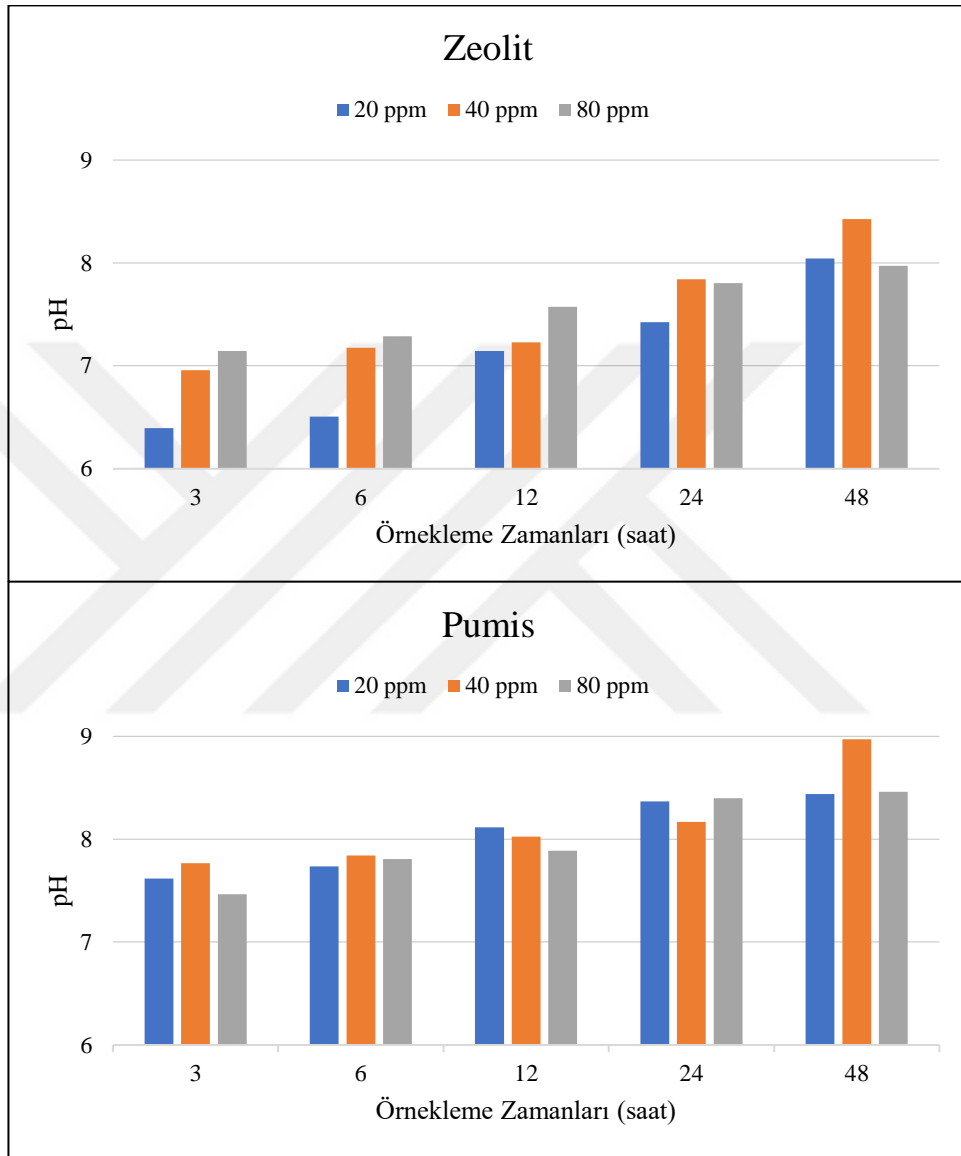
Tablo 3.1 incelendiğinde görüleceği üzere pH değerleri zeolit materyalinin kullanıldığı çalışmalarda 6.396 ile 8.425 arasında, pumis materyalinin kullanıldığı çalışmalarda ise 7.466 ile 8.971 arasında değişiklik göstermiştir.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından 2004 yılında yayımlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre, arıtılmış atıksuların alıcı ortamlara deşarj edilebilmesi için pH değerlerinin 6 ile 10 arasında olması gerekliliği vurgulanmıştır. Bu düzenleme, alıcı ortamların ekolojik dengesinin korunmasını sağlamak amacıyla belirlenmiştir. (SKKY, 2004). Elde edilen sonuçların bu kriteri sağladığı görülmektedir.

Tablo 3.1. pH Değerinin Çalışma Süresince Uğradığı Değişim

Materyal	Derişim (ppm)	Örnekleme Zamanları (saat)				
		3	6	12	24	48
Zeolit	20	6.396	6.507	7.145	7.425	8.043
	40	6.959	7.177	7.230	7.842	8.425
	80	7.144	7.289	7.574	7.804	7.972
Pumis	20	7.617	7.736	8.115	8.367	8.438
	40	7.767	7.842	8.026	8.167	8.971
	80	7.466	7.808	7.889	8.397	8.461

Şekil 3.1 incelendiğinde görüleceği üzere pH değerlerinin zamana göre artış gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışma için hazırlanan atık suların materyalle sürekli temas etmesi sonucunda bu değerlerin arttığı kanısına varılmıştır.



Şekil 3.1. Atıksuların materyallere ve zamana bağlı pH değişimi

Çalışmada elde edilen pH değerlerinin literatürde bulunan benzer çalışmalarda olduğu gibi Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği'nde belirtilen aralıkta olduğu tespit edilmiştir (Kanarya,2018; Uzun ve ark., 2021; Aşık, 2022; Demir, 2022; Atıcı, 2023).

3.2. EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) Değerlerinin Çalışma Süresince Uğradığı Değişim

Çalışma süresince pumis ve zeolit materyalleri kullanılan her deneyde farklı zamanlarda (3., 6., 12., 24. ve 48. saat) alınan numunelerde EC tayini yapılmıştır. EC tayini yapılmasının sebeplerinden bir tanesi de atık suların arıtıldıktan sonra tarımsal sulamada kullanılabilme olanaklarıdır. Elde edilen sonuçlar Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2 incelendiğinde görüleceği üzere EC değerleri zeolit materyalinin kullanıldığı çalışmalarda 28.85 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ile 284.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında, pumis materyalinin kullanıldığı çalışmalarda ise 27.43 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ile 144.22 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişiklik göstermiştir.

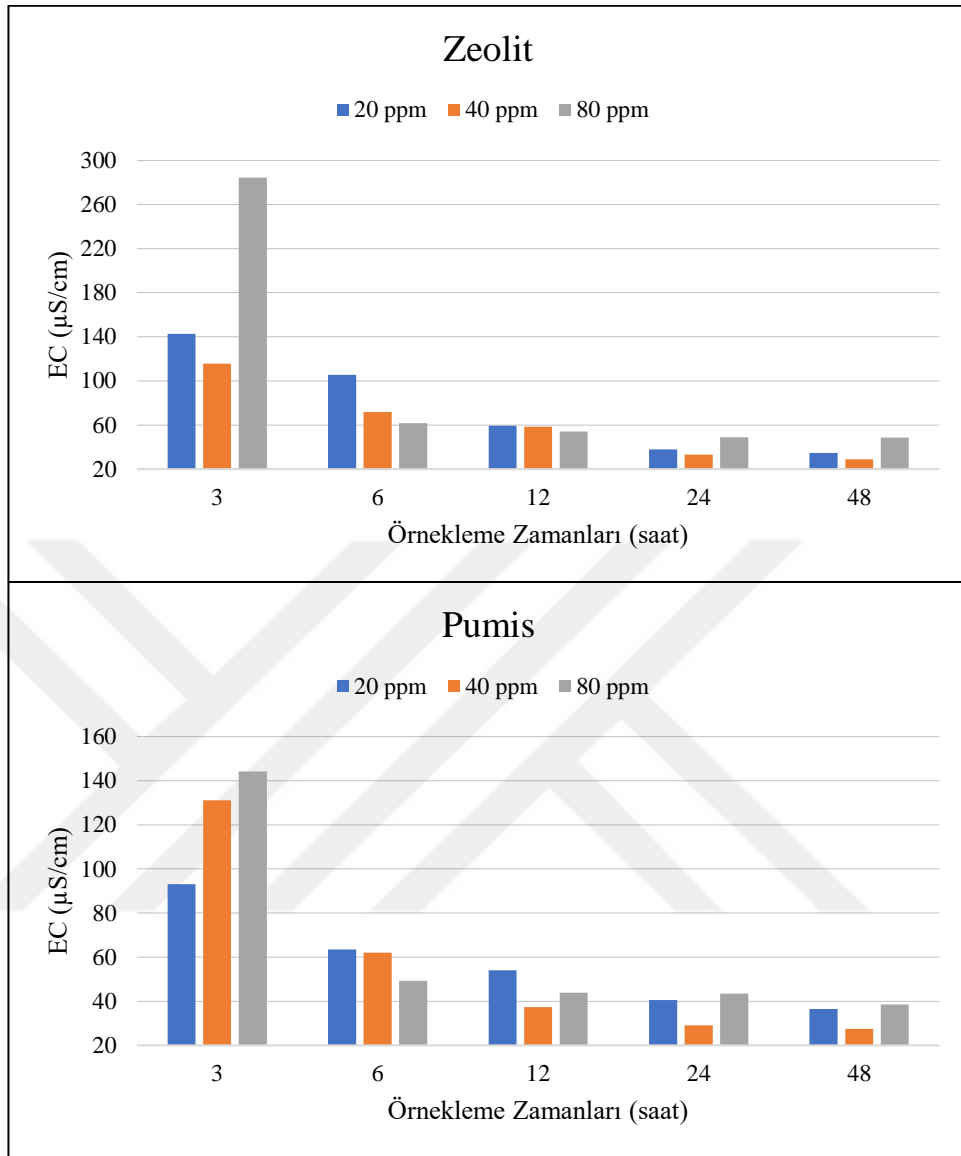
Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından 2004 yılında yayımlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’ne göre, arıtılmış atıksuların alıcı ortamlara deşarj edilebilmesi için elektriksel iletkenlik (EC) değerinin üst sınırının 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak belirlendiği ifade edilmiştir. Bu sınır değer, su kirliliğinin önlenmesi ve alıcı ortamların ekosistem dengesinin korunması amacıyla belirlenmiştir. (SKKY, 2004). Elde edilen sonuçların bu kriteri sağladığı ve tarımsal sulamada kullanılabilceği görülmektedir.

Tablo 3.2. EC Değerinin Çalışma Süresince Uğradığı Değişim

Materyal	Derişim (ppm)	Örnekleme Zamanları (saat)				
		3	6	12	24	48
Zeolit	20	142.6	105.48	59.25	37.96	34.78
	40	115.79	71.95	58.52	33.35	28.85
	80	284.35	61.7	54.22	48.82	48.69
Pumis	20	93.06	63.43	54.01	40.5	36.42
	40	131.12	61.96	37.31	29.14	27.43
	80	144.22	49.23	43.87	43.5	38.5

Şekil 3.2 incelendiğinde görüleceği üzere EC değerlerinin zamana göre azalış gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışma için hazırlanan atık suların materyalle ilk teması ile bir yıkama süreci başlattığı ve zamanla yıkama miktarının artmasıyla birlikte bu değerlerin azalışa geçtiği kanısına varılmıştır.

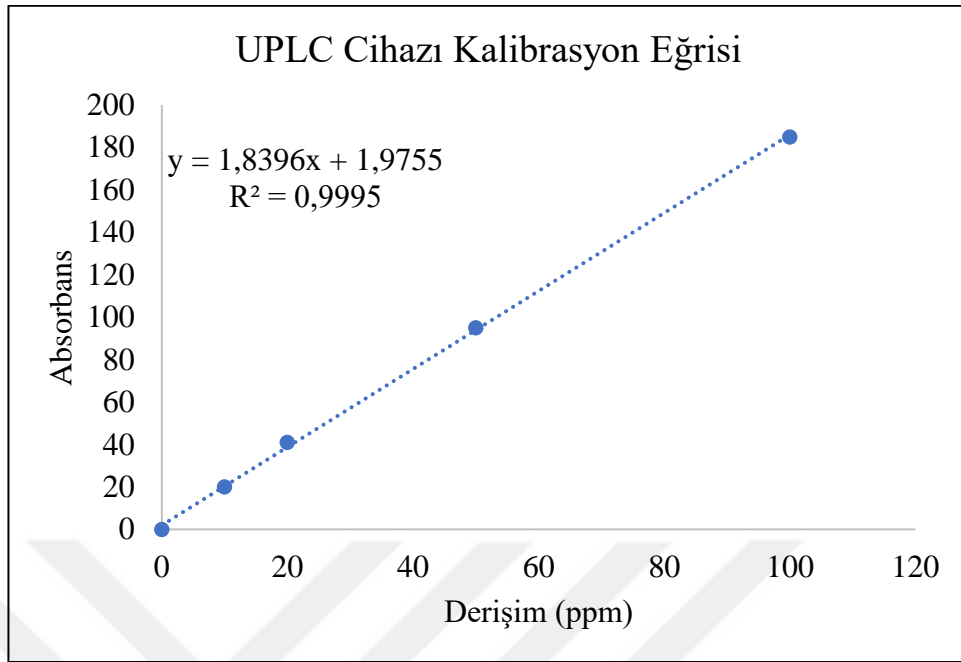
Çalışmada elde edilen EC değerlerinin literatürde bulunan benzer çalışmalarda olduğu gibi Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği’nde belirtilen aralıkta olduğu tespit edilmiştir (Kanarya,2018: Uzun ve ark., 2021; Aşık, 2022; Demir, 2022; Atıcı, 2023).



Şekil 3.2. Atıksuların materyallere ve zamana bağlı EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) değişimi

3.3. 2,4D Amin Değerlerinin Çalışma Süresince Uğradığı Değişim

Laboratuvar koşullarında hazırlanan ve 2,4-D Amin içeriğine sahip sentetik atıksular, 20, 40 ve 80 ppm konsantrasyonlarında hazırlanarak kolonlara yerleştirilmiş filtre materyalleri üzerinde uygulanmıştır. Arıtma işlemi süresince, farklı zaman dilimlerinde (3., 6., 12., 24. ve 48. saatlerde) örnekleme gerçekleştirilmiştir. Alınan örnekler, Ultra Performans Sıvı Kromatografisi (UPLC) cihazında analiz edilerek ihtiyaç duyulan veriler elde edilmiştir. UPLC cihazında yapılan analizler sonucunda elde edilen kalibrasyon eğrisi Şekil 3.3'te verilmiştir. Atık suların arıtıldıktan sonra alıcı ortamlara deşarj edilmesi esnasında içeriğinde bulunması gereken 2,4D Amin miktarı limitleri herhangi bir ülkece belirlenmemiştir.



Şekil 3.3. UPLC Cihazı Kalibrasyon Eğrisi

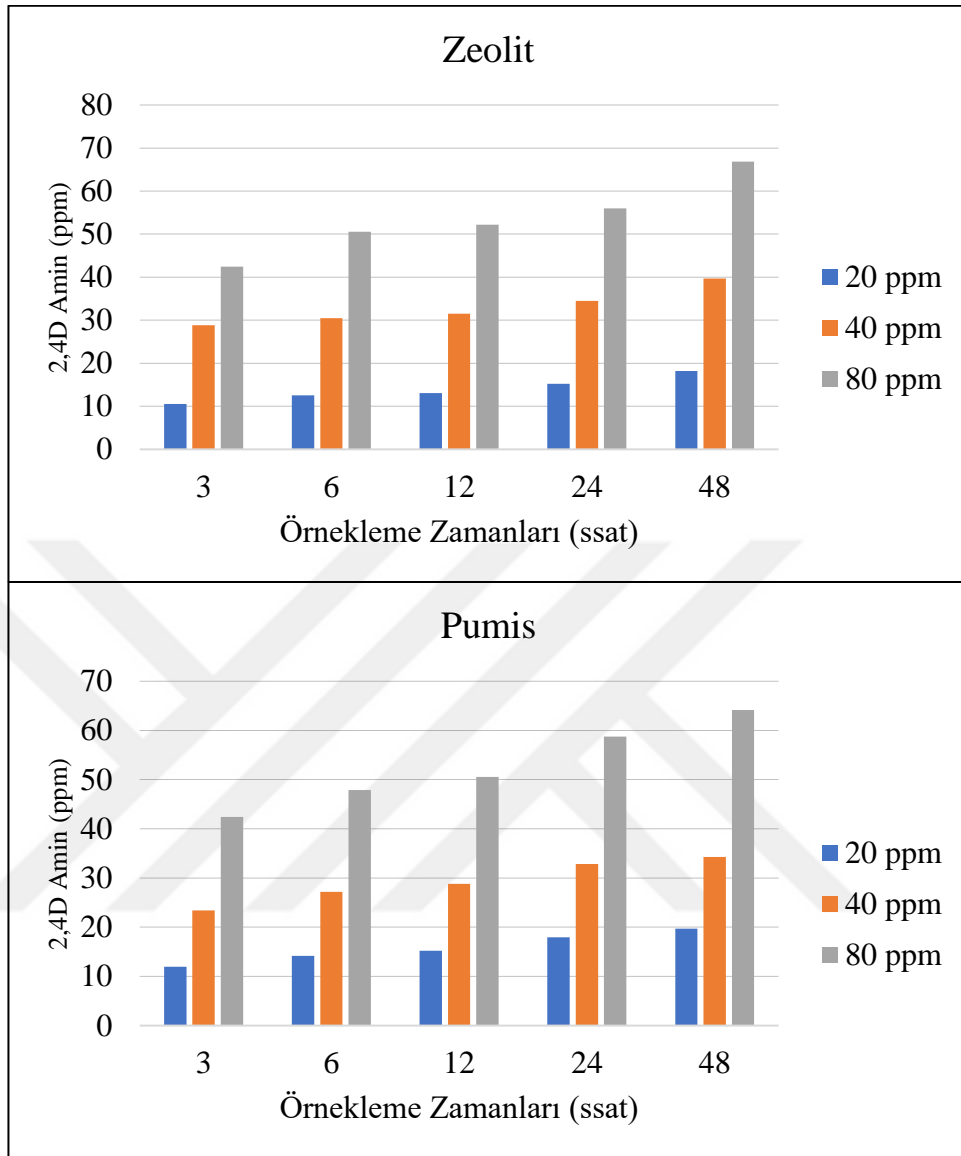
Çalışma süresince pumis ve zeolit materyalleri kullanılan her deneyde farklı zamanlarda (3., 6., 12., 24. ve 48. saat) alınan numunelerde 2,4D Amin miktarı tayini yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3 incelendiğinde görüleceği üzere 2,4D Amin miktarları zeolit materyalinin kullanıldığı çalışmalarda 10.52 ppm ile 66.88 ppm arasında, pumis materyalinin kullanıldığı çalışmalarda ise 11.95 ppm ile 64.16 ppm arasında değişiklik göstermiştir.

Tablo 3.3. 2,4D Amin Miktarının Çalışma Süresince Uğradığı Değişim

Materyal	Derişim(ppm)	Örnekleme Zamanları (saat)				
		3	6	12	24	48
Zeolit	20	10.52	12.52	13.06	15.23	18.23
	40	28.82	30.45	31.54	34.45	39.70
	80	42.41	50.57	52.20	56.00	66.88
Pumis	20	11.95	14.15	15.23	17.95	19.67
	40	23.39	27.19	28.82	32.82	34.26
	80	42.41	47.85	50.57	58.72	64.16

Şekil 3.4 incelendiğinde görüleceği üzere 2,4D Amin miktarlarının zamanla artış gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışma boyunca atıksuların materyalle temas halinde olması sebebiyle zamanla materyallerin doygunluğa ulaştığı gözlemlenmiştir.



Şekil 3.4. Atıksuların materyallere ve zamana bağlı 2,4D Amin (ppm) içeriği değişimi

Yapılan analizler neticesinde zeolit materyaline 2,4D Amin uygulamasında en yüksek giderim performansı 20 ppm derişimde 3. saat sonunda %47.42 olarak belirlenirken en düşük performans 40 ppm derişimde 48. saat sonunda %0.76 olarak belirlenmiştir (Tablo 3.4).

Pumis materyaline 2,4D Amin uygulamasında en yüksek giderim performansı 80 ppm derişimde 3. saat sonunda %46.98 olarak belirlenirken en düşük performans 20 ppm derişimde 48. saat sonunda %1.65 olarak belirlenmiştir (Tablo 3.4).

Tablo 3.4. Farklı materyallerin 2,4D Amin giderim performansı

Materyal	Derişim(ppm)	Örnekleme Zamanları (saat)				
		3	6	12	24	48
Zeolit	20	47.42	37.42	34.70	23.83	8.83
	40	27.94	23.86	21.15	13.86	0.76
	80	46.98	36.79	34.75	30.00	16.41
Pumis	20	40.24	29.27	23.83	10.24	1.65
	40	41.53	32.02	27.94	17.94	14.35
	80	46.98	40.19	36.79	26.60	19.80

4. BÖLÜM

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

4.1. Sonuçlar

Yürütülen bu çalışmada zeolit ve pumis materyallerinin kırsal alanlardaki atık sularda bulunabilen 2,4D Amin giderim performansları incelenmiştir. Denemede 48 saat boyunca 20, 40 ve 80 ppm derişimde hazırlanan çözeltiler peristaltik pompa vasıtasıyla materyallere uygulanmıştır. Yapılan uygulamaların 3., 6., 12., 24. ve 48. saatlerinde planlanan analizler için numuneler alınmıştır. Çalışma süresince elde edilen örneklere pH, EC ve 2,4D Amin içeriği analizleri yapılmıştır. Yapılan 2,4D Amin içerik analizleri doğrultusunda en fazla giderim performansı zeolit materyalinin 20 ppm derişimdeki çözelti uygulamasının 3. saatinde %47.42, en düşük giderim performansı ise yine zeolit materyaline 40 ppm derişimde çözelti uygulamasının 48. saatinde %0.76 olarak belirlenmiştir. Elde edilen veriler incelendiğinde anlaşılacağı üzere kirlilik yükünün yüksek olduğu durumlarda pumis materyalinin zeolit materyaline göre daha yüksek giderim performansı sergilediği görülmüştür. Çalışmada yapılan pH ve EC analizlerinde ise Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği'ne göre atık suların arıtıldıktan sonra alıcı ortamlara deşarjı için gerekli kriterlerin sağlandığı tespit edilmiştir.

4.2. Öneriler

Yapılan çalışmada kullanılan zeolit ve pumis materyallerinin, yapay sulak alanlarda çeşitli besin elementlerini ve ağır metalleri giderdiği bilinmektedir. Aynı materyallerin 2,4D Amin giderim performansını belirlemek üzere yapay sulak alanlarda alternatif bir filtre materyali olma ihtimali kolon denemelerinde incelenmiştir. Elde edilen veriler ışığında zeolit ve pumis materyallerinin yapay sulak alanlarda 2,4D Amin giderimi için kullanılabilir olduğu kanısına varılmıştır. Sonraki süreçlerde inşa edilecek olan yapay sulak alanlarda 2,4D Amin giderimi için zeolit ve pumis materyalleri veya bu iki materyalin karışımının kullanımının etkili olacağı, kırsal alanlarda özellikle tarımsal

Üretim kaynaklı atık suların arıtımı esnasında besin elementleri ve ağır metallerin gideriminin yanı sıra 2,4D Amin gideriminde dolayısıyla pestisit gideriminde de kullanılabileceği tespit edilmiştir.



KAYNAKÇA

- Abdelhay, A., Abunaser, S.G., 2021. Modeling and economic analysis of greywater treatment in rural areas in Jordan using a novel vertical-flow constructed wetland. **Environmental Management**, **67**(3), 477-488.
- Akın, M., Akın, G., 2007. Suyun önemi, Türkiye’de su potansiyeli, su havzaları ve su kirliliği. **Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi**, **47**(2), 105-118.
- Akın, G., Akın, M., 2013. Pomzanın Özellikleri, Kullanım Alanları ve Üretiminde Yaşanan Sorunlar. II. Uluslararası Ahlat-Avrasya Bilim, Kültür ve Sanat Sempozyumu.
- Aküzüm, T., Çakmak, B., Gökalp, Z., 2010. Türkiye’de su kaynakları yönetiminin değerlendirilmesi. **Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi**, (1), 67-74.
- Ali, İ., Jain, C.K., 1998. Groundwater contamination and health hazards by some of the most commonly used pesticides. **Current Science**, **75**: 1011-1014.
- Alkur, M.A., Uyanık, P., Göncü, S., Avdan, Z.Y., Gedik, K., 2024. Endüstriyel atık suların prostele tekrar kullanılabilirliğine yönelik metodolojik değerlendirme. **International Journal of Engineering Research and Development**, **16**(1), 383-393.
- Altan, A., Altan, Ö., Alçiçek, A., Nalbant, M., Akbaş, Y., 1998. Tavukçulukta doğal zeolit kullanımı I. **Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, **35**(1-2), 3.
- Altıkat, A., Turan, T., Torun, F.E., Bingül, Z., 2009. Türkiye’de pestisit kullanımı ve çevreye olan etkileri. **Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, **40**(2), 87-92.
- Anonim, 2019. Tarım ve Orman Bakanlığı, Ulusal Su Planı 2019-2023.
- Anonim, 2021. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Sulama Sektör Politika Belgesi 2021-2025.
- Anonim, 2024a. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, <https://www.mgm.gov.tr/genel/hidrometeoroloji.aspx?s=3> Erişim Tarihi: Temmuz 2024

- Anonim, 2024b. Türkiye’de Su Kaynaklarının Güncel Durumu, <https://www.wwf.org.tr/>
Erişim Tarihi: Kasım 2024
- Anonim, 2024c. Dünya Nüfusu. https://tr.wikipedia.org/wiki/Dünya_nüfusu Erişim
Tarihi: Kasım 2024
- Anonim, 2024d. Antik Dünyayı Şekillendiren Kentler <https://www.antiktarih.com/2018/05/26/dunyanin-ilk-kenti-uruk/> Erişim Tarihi: Kasım 2024
- Anonim, 2024e. Dünya Genelinde Su Kaynaklarının Durumu <https://www.artemisaritim.com/dunya-genelinde-su-kaynaklarinin-durumu> Erişim
Tarihi: Kasım 2024.
- Anonim, 2024f. Zeolit. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Zeolit>. (Erişim Tarihi: Ekim 2024).
- Ardıç, G., 2013. Yukarı Sakarya Havzası’nda Yaşayan Balık Türlerindeki Organoklorlu Pestisit Kalıntılarının Mevsimsel Olarak Belirlenmesi. Doktora Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, Türkiye.
- Aşık, Y.C., 2022. Zeolit ve Çeltik Kavuzunun Atık Sulardan Azot ve Fosfor Giderim Performansının Belirlenmesi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.
- Atabey, E, 2022. Suyun Tarihçesi ve Su Bilimi.
- Atıcı, G., 2023. Zeolit ve Talaşın Atık Sulardan Azot ve Fosfor Giderim Performansının Belirlenmesi Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.
- Baran, M.A.. 2017. Dünyanın mevcut su potansiyeli ve deniz suyu arıtımı. **Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi**, **45**, 71-84.
- Blair, A., Ritz, B., Wesseling, C., Freeman, L.B., 2015. Pesticides and human health. **Occupational and Environmental Medicine**, **72**(2), 81-82.
- Bozdaş, K., Üstün, G.E., Aygün, A., 2020. Atıksu Arıtma Tesislerinde Mikro Plastikler ve Giderim Yöntemleri. **Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi**, **25**(3), 1577-1592.
- Bulut, S., Erdogmus, S.F., Konuk, M., Cemek, M., 2010. The organochlorine pesticide residues in the drinking waters of Afyonkarahisar, Turkey. **Ekoloji**, **19**(74), 24-31.

- Caruso, B.S., 2000. Comparative analysis of New Zealand and US approaches for agricultural nonpoint source pollution management. **Environmental Management**, **25**: 9-22.
- Close, M.E., 1993. Assessment of pesticide contamination of groundwater in New Zealand. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research**, **27**: 257-266.
- Coombs, D. S., Alberti, A., Armbruster, T., Artioli, G., Colella, C., Galli, E., ..., Vezzalini, G., 1998. Recommended nomenclature for zeolite minerals: report of the subcommittee on zeolites of the International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names. **Mineralogical Magazine**, **62**(4), 533-571.
- Cooper, P., Smith, M., Maynard, H., 1997. The design and performance of a nitrifying vertical-flow reed bed treatment system. **Wat. Sci. Tech.**, **35**, 215–221.
- Crini, G., Lichtfouse, E., 2019. Advantages and disadvantages of techniques used for wastewater treatment. **Environmental chemistry letters**, **17**, 145-155.
- Çağın, V., İmamoğlu, İ., 2005 “Atıksulardan Ağır Metal Gideriminde Klinoptilolit Kullanımı”, VI. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, İstanbul.
- Demir, G.N., 2022. Vermikülit- Zeolit Karışımlarının Atık Sulardan Fosfor ve Azot Giderim Performansının Değerlendirilmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.
- Demir, Ö., Yıldız, M., Sercan, Ü., Arzum, C.Ş., 2017. Atıksuların geri kazanılması ve yeniden kullanılması. **Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi**, **2**(2), 1-14.
- Demirulus, H., Aydın, A., 1996. Tavukçuluk artık ve atık maddelerinin işlenerek çevre kirliliğinin azaltılması. **Ekoloji Çevre Dergisi Çevre Koruma ve Araştırma Vakfı (ÇEVKOR) Yayınları Sayı: 19**: 22-26.
- Dinçer, İ., Orhan, A., Çoban, S., 2015. Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi Fizibilite Raporu.
- Doğan, F.N., Karpuzcu, M.E., 2019. Türkiye’de tarım kaynaklı pestisit kirliliğinin durumu ve alternatif kontrol tedbirlerinin incelenmesi. **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, **25**(6), 734-747.

- Dogdu Okcu, G., 2018. Sulardan 2,4-Diklorofenoksi asetik asit (2,4-D) herbisitinin fotobiyokataliz kullanarak arıtılması. Doktora Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu.
- Dombush, JX, 1989. Natural renovation of leachate-degraded groundwater in excavated ponds at a refuse landfill. In: Hammer, D.A. (Ed.), *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment*. Chelsea, Lewis, pp. 743–752.
- DSİ, 2024. Tarım ve Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari> , Erişim Tarihi: 02.11.2024
- Du Bowry, P.L, Reaves, R.P., 1994. Constructed wetlands for animal waste management. In: *Proceedings of a workshop, 4–6 April*. Purdue University, Wes Lafayette IN.
- Dündar, M.Ş., Altundağ, H., Kaygaldurak, S., Şar, V., Acar, A., 2012. Çeşitli endüstriyel atık sularda ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. **Sakarya University Journal of Science**, **16**(1), 6-12.
- EPA, 1995. *A Handbook of Constructed Wetlands, Volume 1:General Considerations*, USEPA Region III with USDA, NRCS, ISBN 0-16-052999-9.
- EPA, 1999. *Design Manual: Onsite wastewater treatment and disposal systems*, 625/1-80-012, Environmental Protection Agency, USA.
- Espigares, M., Coca, C., Fernandez-Crehuet, O., Moreno, O., Bueno, A. and Galvez, R., 1997. Pesticide concentrations in the waters from a section of the Guadalquivir River Basin, Spain. **Pesticide Concentrations in Water. Environmental Toxicology Water Quality**. **12**: 249-256.
- Filiz, N., 2005. Distribution of organochlorine pesticide residues in surface sediments from Gediz and Bakırçay rivers (Master's thesis, Dokuz Eylül Üniversitesi (Turkey)).
- Fontmorin, J.M., Fourcade, F., Geneste, F., Floner, D., Huguet, S., Amrane, A., 2013. Combined process for 2, 4-Dichlorophenoxyacetic acid treatment—Coupling of an electrochemical system with a biological treatment. **Biochemical Engineering Journal**, **70**, 17-22.
- Gezen, M. (2020). Mahalli İdare Birliği Olarak Köylere Hizmet Götürme Birliklerinin Kırsal Kalkınmadaki Rolü, Sinop İli Boyabat İlçesi Örneği, Kapadokya

Üniversitesi Lisansüstü Eğitim, Öğretim ve Araştırma Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir.

Gokalp, Z., Çakmak, B., 2015. Atık Su arıtmada yapay sulak alan teknolojileri ve uygulamada karşılaşılan sorunlar. 1. Ulusal Biyosistem Mühendisliği Kongresi, 9 (11).

Gupta, V.K., Ali, I., Saini, V.K., 2006. Adsorption of 2, 4-D and carbofuran pesticides using fertilizer and steel industry wastes. **Journal of Colloid and Interface Science**, **299**(2), 556-563.

Harris, B.L., Hoffman, D.W., Mazac, F.J., 1997. Reducing the risk of ground water contamination by improving livestock holding pen management. Texas Agricultural Extension Service, Texas A & M University System.

Kanarya, F.O., 2018. Yapay sulak alanlarda performans değerlendirilmesi: Kayseri Salur örneği (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Kanarya, F.O., 2022. Farklı filtre malzemelerinin evsel atık suların besin elementi ve ağır metal giderim performansı. Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.

Kapdı, E.B., Aşık, B.B., 2021. Sulama Göleti Suyunun Yüzeysel Su Kalitesi ve Sulama Suyu Kalitesi Açısından Değerlendirilmesi; Uşak İli Güllübağ Göleti Örneği. **Uluslararası Biyosistem Mühendisliği Dergisi**, **2**(1), 52-69.

Karaman, S., 2006. Hayvansal üretimden kaynaklanan çevre sorunları ve çözüm olanakları. **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi**, **9**: 133-139.

Khalil, M., Liu, Y., 2021. Greywater biodegradability and biological treatment technologies: A critical review. **International Biodeterioration & Biodegradation**, **161**, 105211.

Kınık, Z., Aykaç, Z., 2021. Atıksu arıtma tesislerinde karşılaşılan problemler ve çözüm önerileri. **Türk Hidrolik Dergisi**, **5**(1), 59-65.

Köck-Schulmeyer, M., Villagrasa, M., de Alda, M. L., Céspedes-Sánchez, R., Ventura, F., Barceló, D., 2013. Occurrence and behavior of pesticides in wastewater treatment plants and their environmental impact. **Science of the total environment**, **458**, 466-476.

- Krieger, R., 2010. Hayes' handbook of pesticide toxicology (Vol. 1). Academic press.
- Kumbur, H., Arslan, H., Ünal, E.D., Özer, Z., Türkay, G.K., 2016. Investigation of organochlorine pesticide residues in the well-water of Göksu Delta. **Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences**, 2(1), 1-13.
- Liu, T., Xu, S., Lu, S., Qin, P., Bi, B., Ding, H., ... , Liu, X., 2019. A review on removal of organophosphorus pesticides in constructed wetland: performance, mechanism and influencing factors. **Science of the Total Environment**, 651, 2247-2268.
- MTA, 2024a. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/zeolit>. (Erişim Tarihi: Ekim 2024)
- MTA, 2024b. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/images/b_h/zeolit.jpg (Erişim Tarihi: Kasım 2024)
- MTA, 2024b. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/images/b_h/perlit_pomza.jpg (Erişim Tarihi: Kasım 2024)
- Mutlu, A., 1999. Adana İli Çevresindeki Hayvancılık Tesislerinde Ortaya Çıkan Atıkların Yarattığı Çevre Kirliliği Üzerinde Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Olhan, E., Ataseven, Y., 2009. Türkiye’de İçme Suyu Havza Alanlarında Tarımsal Faaliyetlerden Kaynaklanabilecek Kirliliği Önleme ile İlgili Yasal Düzenlemeler. **Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi**, 6(2), 161-169.
- Öztaş, N.B., 2008. Pesticide pollution in surface and ground water of an agricultural area, Kumluca, Turkey.
- Pazı, İ., Gönül, L., Küçüksezgin, F., 2013. Pesticide and PCB residues in biotic and abiotic environment in Lake Bafa. **Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 30(4), 175-182, 2013.
- Postel, S., Vickers, A., 2004. Boosting Water Productivity, State of the World 2004.
- Rivera, R, Warren, A.,Curds, C.R., Robles, E., Gutierrez, A., Gallegos, E., Caldeffin, A., 1997. The application of the root zone method for the treatment and reuse of high strengt habattoir waste in Mexico. **Wat. Sci. Tech.** 35, 271–278.

- Samir, R., Essam, T., Ragab, Y., Hashem, A., 2015. Enhanced photocatalytic–biological degradation of 2, 4 dichlorophenoxyacetic acid. **Bulletin of Faculty of Pharmacy, Cairo University**, **53**(2), 77-82.
- Schreijer, M., Xampf, R., Toet, S., Verhoeven, J., 1997. The use of constructed wetlands to upgrade treated sewage effluents before discharge to natural surface water in Texeliland, The Netherlands: pilot study. *Wat. Sci. Tech.* 35:231–237.
- Shaikh, I.N., Ahammed, M.M., 2020. Quantity and quality characteristics of greywater: a review. **Journal of environmental management**, **261**, 110266.
- SKKY, 2004. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=7221&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>, (Erişim Tarihi: Eylül 2024).
- Tanji, K.K., 1991. Pollution prevention in natural resources management with a focus on nitrates and pesticides in agricultural production systems. In: Proc., Global Pollution Prevention-US EPA. p: 271-288.
- Trademap, 2024. <https://www.trademap.org/> (Erişim Tarihi: Kasım 2024)
- Trautmann, N.M., Martin Jr, J.H., Porter, K.S., Hawk Jr., K.C., 1989. Use of artificial wetlands for treatment of municipal solid waste land fill leachate. In: Hammer, D.A. (Ed.), *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment*. Lewis, Chelsea, pp. 245–251.
- TÜİK, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu, Su ve Atıksu İstatistikleri, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Su-ve-Atıksu-Istatistikleri-2022-49607>
Erişim Tarihi: Kasım 2024
- UNESCO, 2021. *The United Nations World Water Development Report 2021: Valuing Water*. United Nations.
- Uzun, O., Gokalp, Z., Irik, H.A., Varol, I.S., Kanarya, F.O., 2021. Zeolite and pumice-amended mixtures to improve phosphorus removal efficiency of substrate materials from wastewaters. *Journal of Cleaner Production*, 317, 128444.
- Vymazal, J., & Březinová, T. (2015). The use of constructed wetlands for removal of pesticides from agricultural runoff and drainage: a review. **Environment international**, **75**, 11-20.

Worthing, C.R., Phil, M.A.D., 1987. The Pesticide Manual: A World Compendium, eighth ed. The British Crop Protection Council, Binfield Bracknell, Berks, UK.

Yıldız, C., Korkusuz, E.A., Arıkan, Y., Demirer, G.N., 2003. Eysel Atıksu Arıtımı İçin Ekilmiş Sulak Alan Tesisi: Viranşehir Örneği. V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi Bildiri Kitabı, s. 623–625, Ankara.

Yılmaz, M.L., Peker S.H. (2013). Su Kaynaklarının Türkiye Açısından Ekono-politik Önemi Ekseninde Olası Bir Tehlike: Su Savaşları, **Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 3(1), 57-74.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mehmet Fatih DERE

E-mail :

Öğrenim Durumu:

Derece	Bölüm / Program	Üniversite	Yıl
Lisans	Bitki Koruma	Erciyes Üniversitesi	2015
Yüksek Lisans	Bitki Koruma	Erciyes Üniversitesi	2025

