

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**VERMİKÜLİT - ZEOLİT KARIŞIMLARININ ATIK
SULARDAN FOSFOR VE AZOT GİDERİM
PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Hazırlayan
Gözde Nur DEMİR**

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Hasan Ali İRİK**

Yüksek Lisans Tezi

**Eylül 2022
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**VERMİKÜLİT - ZEOLİT KARIŞIMLARININ ATIK
SULARDAN FOSFOR VE AZOT GİDERİM
PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Hazırlayan
Gözde Nur DEMİR**

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Hasan Ali İRİK**

**Bu çalışma; Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
tarafından FYL-2021-10753 kodlu proje ile desteklenmiştir.**

**Eylül 2022
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.

Gözde Nur DEMİR



YÖNERGEYE UYGUNLUK

“Vermikülit - Zeolit Karışımlarının Atık Sulardan Fosfor ve Azot Giderim Performansının Değerlendirilmesi” adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi 'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan

Gözde Nur DEMİR

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Hasan Ali İRİK

Biyosistem Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Sinan GERÇEK

TEŞEKKÜR

Bana çalıŐmalarım sűresince her tűrlű yardımı ve fedakârlığı sağlayan, eŐim Kaan DEMİR'e, sevgili babam İsmail GÜÇKAN'a, danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Hasan Ali İRİK hocama, Sayın Prof. Dr. Zeki GÖKALP hocama, laboratuvar çalıŐmalarında yardımını esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Ođuzhan UZUN hocama ve destekleri ile hep yanımda olan sevgili ağabeyim Furkan Ömer KANARYA'ya teşekkürlerimi ve minnetimi sunarım.

Bu tez çalıŐmasına maddi destek veren Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje No: FYL-2021-10753) teşekkür ederim.

Gözde Nur DEMİR

Eylűl 2022, KAYSERİ

VERMİKÜLİT - ZEOLİT KARIŞIMLARININ ATIK SULARDAN FOSFOR VE AZOT GİDERİM PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Gözde Nur DEMİR

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Eylül 2022
Dr. Öğr. Üyesi Hasan Ali İRİK

ÖZET

Türkiye’de bilhassa kırsal bölgelerde evsel atık suların arıtılması için oluşturulan doğal arıtma sistemlerinin (yapay sulak alanların) neredeyse hiçbirinde rutin işletme, bakım ve izleme faaliyetleri gerçekleştirilmemektedir. Bu nedenle çoğu sistemde özellikle filtre malzemesinden kaynaklı olumsuzluklar görülmektedir. Bu çalışmada farklı filtre malzemelerinin sade ve belirli ölçeklerde karışımı halinde atık sulardan fosfor ve azot giderim performansı laboratuvar koşullarında kolon filtre denemeleri ile test edilmiştir. Vermikülit ve zeolit öncelikle sade olarak kullanılıp sonrasında farklı karışım oranlarında (%75-%25, %50-%50, %25-%75) farklı konsantrasyonlarda (10, 25 ve 50 ppm) fosfor ve azot çözeltisi ile doyurulup farklı sürelerde hidrolik bekletme sürelerine (3, 6, 12, 24, 48.saat) tabi tutulduktan sonra alınan süzüklerde pH, elektriksel iletkenlik (EC), toplam azot ve toplam fosfor ölçümleri yapılmıştır. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği’ne göre pH ve EC sonuçlarında deşarj sınırlarının içerisinde kalmışken fosfor kirliliği bakımından inşa edilen sistemler 25-50 ppm’lik dozlarda ilgili yönetmeliğe uygun başarı vermemiştir. Yapılan çalışmalar neticesinde vermikülit malzemesinin fosfor gideriminde zeolit materyaline göre daha etkili olduğu, azot gideriminde ise iki malzemenin kullanımı da etkili olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arıtma, Fosfor kirliliği, Azot kirliliği, Filtre malzemesi

THE PERFORMANCE OF VERMICULITE-ZEOLITE MIXTURES FROM WASTEWATER TO PHOSPHORUS AND NITROGEN

Gözde Nur DEMİR

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M.Sc. Thesis, September 2022

Supervisor: Dr. Hasan Ali İRİK

ABSTRACT

In Turkey, almost none of the natural treatment systems (constructed wetlands) created specifically for the treatment of domestic wastewater in rural areas are undergoing routine operations, maintenance and monitoring. For this reason, most systems are particularly negative from filter material. In this study, the phosphorus and nitrogen removal performance from wastewater in the form of a mixture of different filter materials at a simple and specific scale has been tested by column filter treatments in laboratory conditions. Vermiculite and zeolite are first used as simple and then subjected to different levels of mixture (75% to 25%, 50% to 50%, 25% to 75%) in different concentrations (10, 25 and 50 ppm) phosphorus and nitrogen solution and then hydraulic retention times for different periods (3, 6, 12, 24, 48. Hour) electrical conductivity (EC), total nitrogen and total phosphorus (TP) measurements have been taken. Systems built for phosphorus pollution in pH and EC results remained within the discharge limits, according to the water pollution Control Regulation, did not achieve the appropriate regulation in doses of 25-50 ppm. As a result of the studies conducted, it has been determined that vermiculite material is more effective in removing phosphorus than zeolite material and that the use of two materials has a high effect on nitrogen removal.

Key Words: Treatment, Phosphorus pollution, Nitrogen pollution, Substrat material

İÇİNDEKİLER

VERMİKULİT - ZEOLİT KARIŞIMLARININ ATIK SULARDAN FOSFOR VE AZOT GİDERİM PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

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

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. Doğal Sulak Alanlar	8
1.2. Yapay Sulak Alanlar	9
1.3. Yapay Sulak Alanlarda Kirlilik Giderim Prosesleri	12
1.3.1. Azot Giderimi	12
1.3.2. Fosfor Giderimi	13

2. BÖLÜM

MATERYAL VE METOD

2.1. Materyal	15
2.1.1. Filtre Kolonları.....	16
2.1.2. Filtre Malzemeleri	17
2.1.2.1. Zeolit.....	17
2.1.2.2. Vermikülit.....	17
2.2. Metot.....	18
2.2.1. pH Tayini	18

2.2.2. EC Tayini	19
2.2.3. Toplam Fosfor Miktarı Analizi.....	19
2.2.4 Toplam Azot Miktarı Analizi.....	20

3. BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. pH	21
3.2. EC	26
3.3. Toplam Fosfor	32
3.4. Toplam Azot	38

4. BÖLÜM

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

4.1. Sonuçlar ve Öneriler.....	44
KAYNAKÇA	46
EKLER.....	51
EK.1	51
ÖZGEÇMİŞ.....	52

KISALTMALAR

pH	Hidrojenin Gücü
mm	milimetre
km	kilometre
m	metre
%	yüzde
l	litre
dk	dakika
hf	hafta
g	gram
mg	miligram
kg	kilogram
ppm	milyonda bir
cm	santimetre
cal	kalori
°C	santigrad derece
db	desibel
EC	Elektriksel İletkenlik
BOİ	Biyolojik oksijen ihtiyacı
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
AKM	Askıda Katı Madde
N	Azot
P	Fosfor
TP	Toplam Fosfor

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1.	Belediye Atık Su İstatistikleri.....	7
Tablo 1.2.	Yapay sulak alanlarda gerçekleşen kirlilik giderim mekanizmaları.....	12
Tablo 2.1.	Malzeme karışım oranları.....	15
Tablo 2.2.	Zeolitlerin Fiziksel Özellikleri.....	17
Tablo 2.3.	Zeolitlerin Kimyasal Özellikleri.....	17
Tablo 2.4.	Vermikülitlerin Kimyasal Özellikleri.....	18
Tablo 3.1.	%100 zeolit materyalinin farklı konsantrasyonlarda pH'ya etkisi.....	21
Tablo 3.2.	%100 Vermikülit materyalinin farklı konsantrasyonlarda pH'ya etkisi.....	22
Tablo 3.3.	%75 vermikülit - %25 zeolit karışımlarının farklı konsantrasyonlarda pH'ya etkisi.....	23
Tablo 3.4.	%50 vermikülit - %50 zeolit karışımlarının farklı konsantrasyonlarda pH'ya etkisi.....	24
Tablo 3.5.	%25 vermikülit - %75 zeolit karışımlarının farklı konsantrasyonlarda pH'ya etkisi.....	25
Tablo 3.6.	%100 zeolit materyalinin farklı derişimlerde EC değerleri ($\mu\text{S}/\text{cm}$)....	27
Tablo 3.7.	%100 vermikülit materyalinin farklı derişimlerde EC değerleri ($\mu\text{S}/\text{cm}$).....	28
Tablo 3.8.	%75 vermikülit - %25 zeolit karışımları konusunun farklı derişimlerde EC değerleri ($\mu\text{S}/\text{cm}$).....	29
Tablo 3.9.	%50 vermikülit - %50 zeolit karışımları konusunun farklı derişimlerde EC değerleri ($\mu\text{S}/\text{cm}$).....	30
Tablo 3.10.	%25 vermikülit - %75 zeolit karışımları konusunun farklı derişimlerde EC değerleri ($\mu\text{S}/\text{cm}$).....	31
Tablo 3.11.	Bekletme zamanına göre %100 zeolit malzemesinden çıkarılan örneklerdeki toplam fosfor miktarı (ppm).....	32
Tablo 3.12.	Bekletme zamanına göre %100 vermikülit malzemesinden çıkarılan örneklerdeki toplam fosfor miktarı (ppm).....	33
Tablo 3.13.	Bekletme zamanına göre %75 vermikülit - %25 zeolit karışım malzemesinden çıkarılan örneklerdeki toplam fosfor miktarı (ppm) ...	34

Tablo 3.14. Bekletme zamanına göre %50 vermikülit - %50 zeolit karışım malzemesinden çıkarılan örneklerdeki toplam fosfor miktarı (ppm) ...	35
Tablo 3.15. Hidrolik bekletme sürelerine göre %25 vermikülit - %75 zeolit karışım malzemesinden elde edilen süzüklerin toplam fosfor miktarı (ppm).....	36
Tablo 3.16. Bekletme zamanına göre %100 zeolit materyalinden çıkarılan örneklerdeki toplam azot miktarı (ppm)	38
Tablo 3.17. Bekletme zamanına göre %100 vermikülit materyalinden çıkarılan örneklerdeki toplam azot miktarı (ppm)	39
Tablo 3.18. Bekletme zamanına göre %75 vermikülit - %25 zeolit karışım konusundan çıkarılan örneklerdeki toplam azot miktarı (ppm).....	40
Tablo 3.19. Bekletme zamanına göre %50 vermikülit - %50 zeolit karışım konusundan çıkarılan örneklerdeki toplam azot miktarı (ppm).....	41
Tablo 3.20. Bekletme zamanına göre %25 vermikülit - %75 zeolit karışım konusundan çıkarılan örneklerdeki toplam azot miktarı (ppm).....	42

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Dünya’da ve Türkiye’de sektörlere göre su kullanım oranı.....	6
Şekil 1.2.	Deşarj Edilen Atıksu Dağılımı, 2020	7
Şekil 1.3.	Yapay sulak alan kesiti.....	9
Şekil 1.4.	Yapay sulak alanlar	11
Şekil 1.5.	Yapay sulak alanlar kirlilik giderim mekanizmaları	12
Şekil 1.6.	Yapay sulak alanlarda azot dönüşümü	13
Şekil 2.1.	Çalışmanın yapıldığı kolon deneme düzeneği	16
Şekil 2.2.	Filtre kolonlarının çıkış vanaları ve tıkanma olmaması için yapılan por katman	16
Şekil 2.3.	pH ve EC analizi işlemleri	18
Şekil 2.4.	Fosfor tayini işlemleri	19
Şekil 2.5.	Nitrat azotu tayin işlemleri.....	20
Şekil 3.1.	Farklı konsantrasyonların %100 zeolit materyalindeki pH değişimi	22
Şekil 3.2.	Farklı konsantrasyonların %100 vermikülit materyalindeki pH değişimi	23
Şekil 3.3.	Farklı konsantrasyonların %75 vermikülit - %25 zeolit materyalindeki pH değişimi	24
Şekil 3.4.	Farklı konsantrasyonların %50 vermikülit - %50 zeolit materyalindeki pH değişimi	25
Şekil 3.5.	Farklı konsantrasyonların %25 vermikülit - %75 zeolit materyalindeki pH değişimi	26
Şekil 3.6.	Farklı konsantrasyonların %100 zeolit materyalinde EC değişimi...27	
Şekil 3.7.	Farklı konsantrasyonlarda %100 vermikülit materyalinde EC değişimi	28
Şekil 3.8.	Farklı konsantrasyonların %75 vermikülit - %25 zeolit karışımında EC değişimi	29
Şekil 3.9.	Farklı konsantrasyonların %50 vermikülit - %50 zeolit karışımlarında EC değişimi	30
Şekil 3.10.	Farklı konsantrasyonların %25 vermikülit - %75 zeolit karışımlarında EC değişimi	31

Şekil 3.11. Bekletme zamanlarına göre %100 zeolit malzemesinden elde edilen örneklerdeki fosfor miktarındaki değişim.....	33
Şekil 3.12. Bekletme zamanlarına göre %100 vermikülit malzemesinden elde edilen örneklerdeki fosfor miktarındaki değişim	34
Şekil 3.13. Bekletme zamanlarına göre %75 vermikülit - %25 zeolit karışım malzemesinden elde edilen örneklerdeki fosfor miktarındaki değişim	35
Şekil 3.14. Bekletme zamanlarına göre %50 vermikülit - %50 zeolit karışım malzemesinden elde edilen örneklerdeki fosfor miktarındaki değişim	36
Şekil 3.15. Bekletme zamanlarına göre %25 vermikülit - %75 zeolit karışım malzemesinden elde edilen örneklerdeki fosfor miktarındaki değişim	37
Şekil 3.16. Bekletme zamanlarına göre %100 zeolit konusundan elde edilen örneklerdeki azot miktarındaki değişim.....	38
Şekil 3.17. Bekletme zamanlarına göre %100 vermikülit konusundan elde edilen örneklerdeki azot miktarındaki değişim.....	39
Şekil 3.18. Bekletme zamanlarına göre %75 vermikülit - %25 zeolit karışımı konusundan elde edilen örneklerdeki azot miktarındaki değişim	40
Şekil 3.19. Bekletme zamanlarına göre %50 vermikülit - %50 zeolit karışımı konusundan elde edilen örneklerdeki azot miktarındaki değişim	41
Şekil 3.20. Bekletme zamanlarına göre %25 vermikülit - %75 zeolit karışımı konusundan elde edilen örneklerdeki azot miktarındaki değişim	42

GİRİŞ

Su, yaşamımızın en önemli unsurudur. Besin maddesi olarak kullanılmakla beraber içerisinde bulunan çeşitli mineral ve bileşikler ile birlikte insan vücudunda bütün biyokimyasal faaliyetlerin gerçekleşmesinde önemli bir faktördür. 18. yüzyılın bitimine yakın yaklaşık 1 milyar olan dünya nüfusu şu an 7.92 milyara ulaşmıştır. Nüfusun hızla artmasıyla beraber endüstriyel, evsel ve tarımsal su istekleri de devamlı artış göstermektedir. Gereksinimlerin artmasıyla beraber küresel ısınma ile iklimsel farklılaşmanın da sonucunda var olan kullanılabilir su kaynakları gün geçtikçe azalma eğilimindedir. Tüm bunlara ek olarak gelişen sanayi ve teknoloji, atık suların arıtılmasında hala yeterli olmamaktadır. (Akın ve Akın, 2007; Westall ve Brack, 2018).

Bugün koşullarında nüfusun hızla artması ve sanayileşme ile çevre kirliliğinin de oldukça artış gösterdiği bir gerçektir. Çevre kirliliğini oluşturan unsurlar arasında su kirliliği ile atık suların arıtım aşaması büyük bir role sahiptir. Aynı zamanda zirai su kullanımı, evsel su kullanımı, endüstriyel ve diğer su kullanım alanları atık suların kirlilik unsurlarında farklı durumlara sebep olmaktadır. Dünyanın farklı bölgelerinde başta endüstriyel ve evsel atık su arıtımı için birçok farklı çeşit teknolojiler tercih edilmektedir. Bu çeşitli teknolojiler kimyasal, fiziksel ve biyolojik süreçlerden meydana gelirken arıtım giderlerine bağlı yöntem tercihi yapılmaktadır (Ayaz ve Akça, 2001).

Tüketilebilir su kaynaklarının yeterliliğinin kısıtlı olduğu bilinmektedir. Zirai ve evsel su isteğinin gün geçtikçe artış göstermesi yanında gelişen sanayi sektörü için de bu artışın olması sektörler arası rekabete sebep olmaktadır. Günümüzde yetersiz su kaynaklarının tüm sektörlerde çevre ile uyumlu olarak etkin kullanılması su yönetimi açısından önemli bir etmendir.

Ülkemizde su yönetimi için; DSİ Genel Müdürlüğü, İl Özel İdareleri-Köye Yönelik Hizmetler Birimi yasal olarak yetkiye sahiptir.

Su ve sulama yönetiminde karşılaşılan problemlerden söz edilecek olursa;

- Fazla su tüketimi,
- Su iletim ve dağıtımının açık sistemlerle yapılıyor olması,
- Su kirliliği,
- Sulama şebekelerinin eski olması,
- Organizasyon ve idare sorunları vs.
- Bu sorunları çözüme kavuşturabilmek adına;
- Sulamada drenaj sularının tekrar kullanımı,
- Atık suların kullanımı,
- Yüzeysel su kaynaklarının suyun fazla olduğu bölgelerden suyun daha az olduğu bölgelere yönlendirilmesi,
- Çiftçilerin su tasarrufunun fazla olduğu basınçlı sulama yöntemlerine yönlendirilmesini kapsayan çalışmalara yönelim gösterilmelidir.

Yıllık kullanılabilir su varlığımız 112 milyar m³ olup ülke nüfusunun yaklaşık 84 milyon olduğunun biliniyor olması ve birbirine oranlanması sonucunda yıllık kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 1333 m³'tür. Buda su zengini değil bilakis su yokluğu yaşayan ülkeler arasında olduğumuzu gösterir.

Bu sebeple su kaynaklarımızın tekrar kazandırılması oldukça önemlidir. Atık sulardaki temel kirletici elemanlar; azot, fosfor, patojen organizmalar, iz organikler ve ağır metaller olarak gruplandırılabilir (USEPA. 1988). Fosfor kirliliğinin ötrofikasyonu getirebileceğinden dolayı yüksek biyolojik oksijen ihtiyacı gerektirerek su kalitesini olumsuz etkiler, bunun sonucunda ise bu sular içme suyu olarak tüketilemezler. Buna ek olarak suda yaşam faaliyeti gösteren canlılar için de tehdit oluşturacaktır (Eugenia Valsami, 2004; EEA, 2006).

Bu sebepler ve daha birçok sebep neticesinde 20. yy. başlarından itibaren atık suların arındırılması için arıtma tesisleri kurulmaya başlanmıştır. Tesislerin kurulacağı bölgelere ve iklim koşullarına istinaden planlamalar ve düzenlemeler yapılarak bu sistemler var olmuştur. Sadece fiziksel değil kimyasal arıtım proseslerinin de uygulandığı bu sistemler oldukça yüksek maliyetli olup beraberinde donanımlı personel ihtiyacını da arttırmıştır.

Doğal arıtma; atık suların neden olduğu kimyasal, fiziksel veya biyolojik yollarla oluşan kirliliğin tutulması veya dönüştürülmesinde toprak, bitki ve mikroorganizma etkinliklerinin gerçekleştiği süreç olarak tanımlanabilir.

Doğal arıtma açısından toprak, bitki ve suyu bir arada kapsayan yapay sulak alanların oldukça verimli sistemler olduğu söylenilebilir (Gökalp ve Akçakoca, 2020).

Doğal arıtma sistemleri konvansiyonel sistemlere nazaran son yıllarda uygulanması oldukça fazla tercih edilen, enerji ihtiyacı düşük, yatırım ve işletme maliyetleri daha az, işletim koşulları basit, çamur üretimi oldukça az, doğal atık su arıtma sistemleridir.

Konvansiyonel arıtma sistemlerinin kırsal yerleşim bölgelerine uygulanması oldukça zor bir faaliyettir. Yüksek yatırım giderleri, tesislerin enerji masraflarının fazla olma durumu, ekipmanların yurt dışından temini, bakım-onarımın masraflı olması ve işletme için donanımlı personele ihtiyaç olunması gibi sebeplerden kaynaklanmaktadır. Doğal arıtma yöntemleri ve yapay sulak alan teknolojisi dünyanın birçok yerinde bu tip problemlere çözüm sunmak için, konvansiyonel arıtım metotlarına opsiyon olarak geliştirilen arıtma teknolojileri arasında yerini almaktadır (Ayaz ve Akça, 2001).

Doğal sulak alanları yansıtacak biçimde oluşturulan yapay sulak alanlar atık su arıtımı için yapısında filtre malzemesi (bitki ve toprak) bulundurlar (EPA, 1993). Yapılarında bulunan bitkilerin büyüebilmesi için uygun ortam sağlamak ve arıtımın etkili bir biçimde yapılabilmesi amacıyla havuz şeklinde tasarlanırlar. Bu havuzun alt temeline geçirimsiz katman oluşturabilmek adına sıkıştırılmış kil tabakası ve üst kısmına süzücü olarak kullanılacak olan çakıl ve kum konulmaktadır. Doğal arıtma yapıları olarak ta bilinen yapay sulak alanlar (Du Bowry ve Reaves, 1994; Rivera vd., 1997), kırsal alanlarda zirai atık suların ve tarım alanlarından yıkanarak gelen sular (Dombush, 1989; Trautmann vd., 1989) ile evsel atık suların arıtılmaları amacıyla inşa edilmiş yapılardır. (Cooper vd., 1997; Schreijer vd., 1997)

Arıtıma girmemiş atık sular, yeşil alan sulanması, tarımsal alanlarda, yer altı sularının zenginleşmesinde, yapay göl inşası, sanayide soğutma suyu olarak ve yangın söndürmede de kullanılabilirler (Türkmen ve Arcak, 2006).

Ülkemizde bulunan su kaynaklarımızın korunması için ise azot ve fosfor kontrolü büyük önem arz etmektedir. Fosfor bitkilerin gelişimi için önemli bir besin elementi

ve sınırlayıcı bir faktördür. Fosfor giderilmesi arıtma açısından zor teknolojiler gerektirir. Konvansiyonel sistemlerle karşılaştırıldığında, sulak alanlarda arıtım genel olarak çok alan gerektiren bir teknolojidir.

Genel olarak bir sulak alanın giderdiği fosfor miktarı bitkilerin tek bir büyüme mevsiminde ortamdaki fosfor miktarından çok azdır. Fosforun en hızlı yapıya alınması bakteri, mantar gibi mikroskobik canlılarla mümkündür. Çünkü bu canlılar çok hızlı gelişim gösterirler. Fosforun bir bölümü ise suyun içinde barınan bitki kökleri tarafından alınır. Büyük bir bölümü ise toprak altında olan kökler tarafından alınır. Biyokütledeki fosfor miktarındaki artış hızlı ancak kararsız bir süreçtir.

Vermikulit, hidrate olmuş magnezyum silikat olup, mikanın 750-1000 °C'de ısıtılıp genişletilmesi ve tabakalara ayrılmasıyla üretilir. Bu esnada mineral suyunu kaybederek genişir ve ilk hacminin 15-20 katına kadar ulaşabilir. Böylece yüksek poroziteye ve iyi bir hava-su ilişkisine sahip olur. Vermikulit Cl^- , NO_3^- ve SO_4^{2-} gibi anyonları tutmamasına karşılık, PO_4^{3-} 'ü sıkı bir şekilde tutar ve çözünemez bileşikler oluşturur (Karaman ve., 2012).

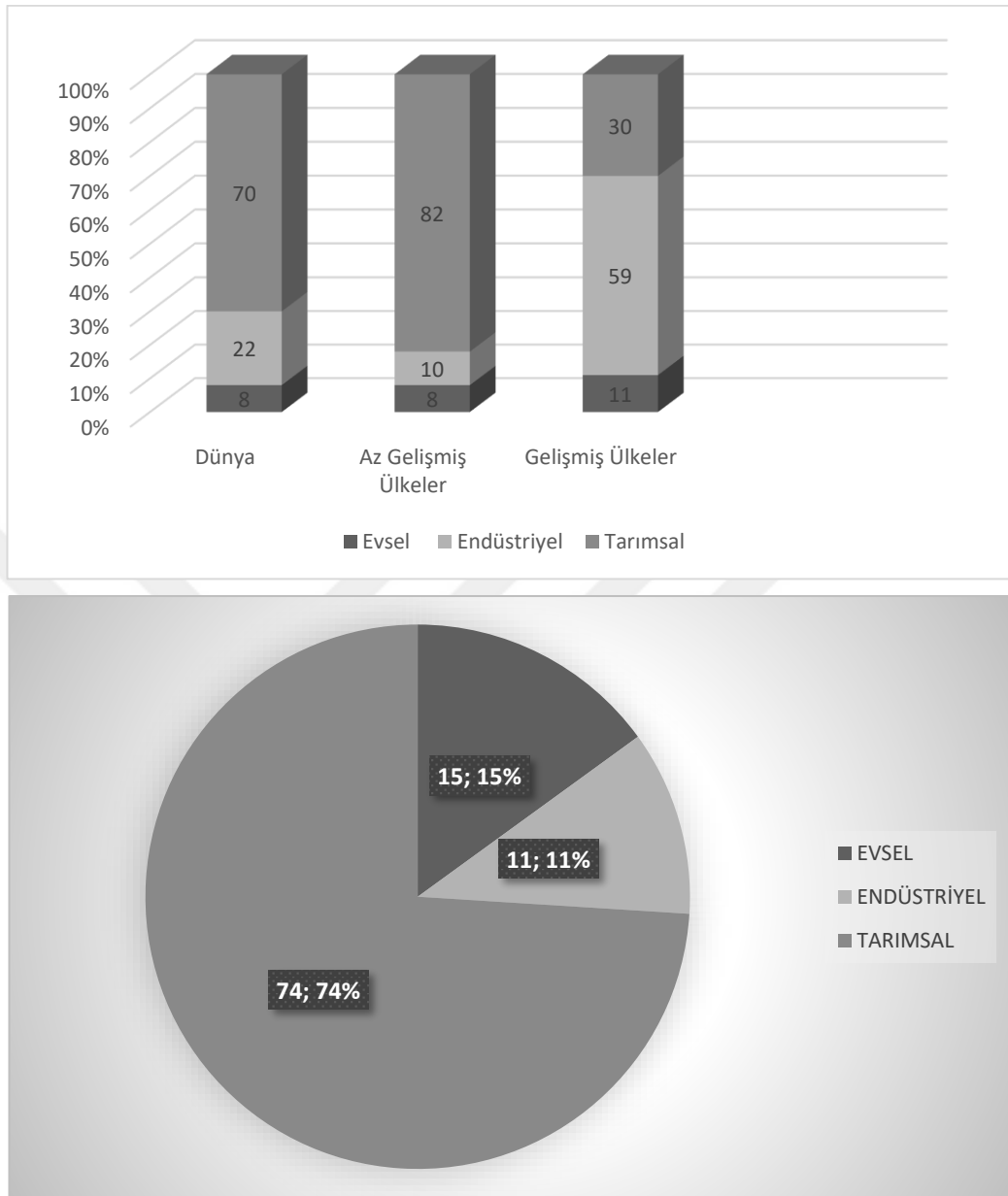
Zeolitlerin başlıca fiziksel ve kimyasal özellikleri olan; iyon değişikliği yapabilme adsorpsiyon ve buna bağlı moleküler elek zeolitlerin çok çeşitli endüstriyel alanlarda kullanılmalarına neden olmuştur. Son yıllarda zeolit mineralleri iyon değiştirme ve adsorpsiyon özelliklerine sahip olması nedeniyle kirlilik kontrolünde gittikçe artarak kullanılmaktadır Zeolitlerin filtre yetenekleri sayesinde su sistemlerinde bulunan birçok kirleticiyi çok yönlü ve çevreye dost bir şekilde yakalayabilirler. Zeolitlerin istenmeyen kokuları çekmesini sağlayan doğal negatif yüke sahip olup yüksek derecede gözenekli yapıları ile 4 mikrona kadar parçacıkları yakalayabilirler

Yapılmış olan araştırma ile elde edilen veriler ışığında ülkemizde inşa edilecek doğal arıtma sistemlerinde kullanılan filtre malzemelerine öneride bulunulmuş ve bu malzemeler için yeni pazar oluşturularak ülkemiz ekonomisinde katkıda bulunmaya çalışılmıştır.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

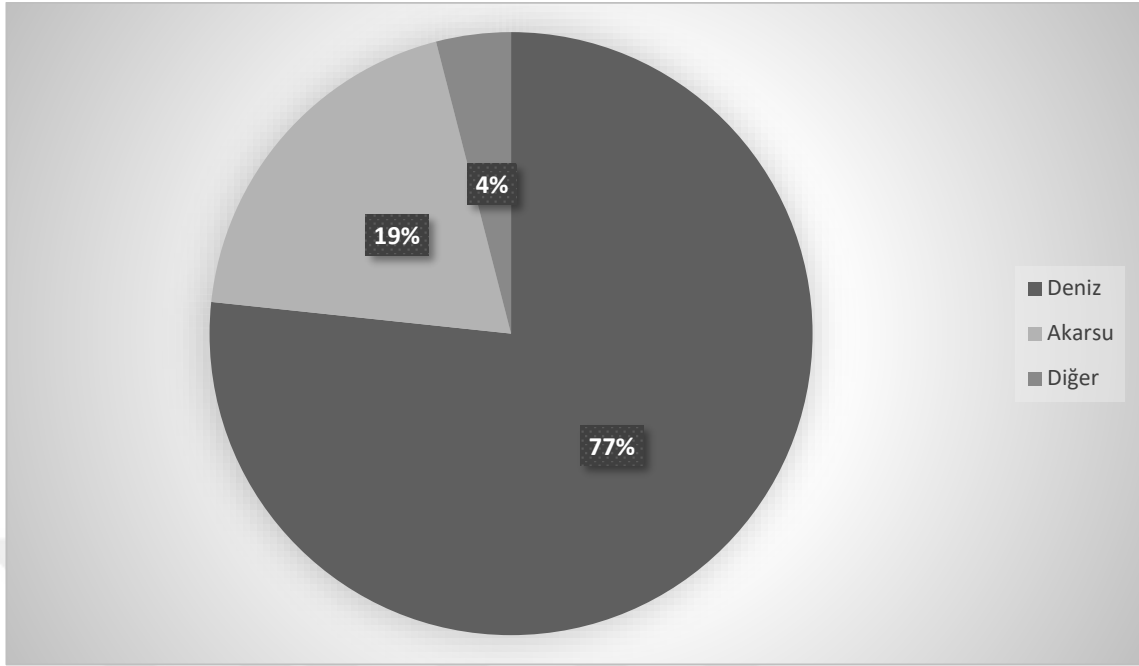
Ticaret ve tarımın gün geçtikçe gelişme göstermesi nüfus artışı üzerinde olumlu etki oluşturmaktadır (Aksu, 2011). Bu hızla artış gösteren nüfus, beraberinde pek çok dezavantajı da getirmektedir. Artan dünya nüfusunun gıda, su ve enerji isteğini karşılamak en önem arz eden dezavantajlardan biridir. Global su kullanımının en fazla olduğu sektör tarım sektörüdür (Sarış, 2021). Artan nüfusun gıda gereksinimini karşılayabilmek adına yapılması gereken tarımsal istihsal miktarını olabildiğince artmasını sağlamaktır. Tarımsal üretimin hızla artış göstermesini sağlamak için iki yol izlenilebilir. Öncelikle tarım yapılan yüzölçümünün artırılması, diğeri ise birim alandan kazanılan randımanın artış göstermesidir. Fakat ilk seçeneğin ülkemiz için gelişmesine imkân verilecek bir yapının mevcut olmayışı nedeniyle izlememiz gereken yol ikinci seçenektir. Yani birim alandan alınan randımanı arttırmaktır. Birim alan randımanını arttırmak için farklı teknolojiler ve farklı biyolojik girdiler kullanılmaktadır. Birim alandan sağlanan randımanın artışını sağlamanın en temel yolu sulamadır (Gökalp vd., 2008). Su kullanım miktarı fazla olan sektörler içerisinde tarım; kullandığı sulama suyu miktarının fazla olması dolayısıyla, dünya geneli ve ülkemizde içinde su kullanımı açısından büyük bir paya sahiptir (Şekil 1.1). Gelişim göstermiş olan ülkelerde atık su idaresi uygun yöntemler ile sağlanırken, çoğu geliştirmemiş olan ülke konvansiyonel arıtım teknolojilerini dahi henüz yeteri kadar geliştirememiş olması dolayısıyla, atık sularını genel olarak arıtamadan en yakın alıcı ortamlara deşarj etmektedirler (Van Lier ve Lettinga, 1999).



Şekil 1.1. Dünya’da ve Türkiye’de sektörlere göre su kullanım oranı

Dünyanın birçok yerinde yüksek arıtma girdileri dolayısıyla atık suların arıtım işlemlerine girmeden nehirlere, denizlere ve diğer su varlıklarına deşarjı yapılmaktadır.

Direkt olarak alıcı ortama deşarjı sağlanan atık suyun %76.6’sı denizlere, %19.3’ü akarsulara, %4’lük kısım ise diğer olarak nitelendirilen baraj, gölet, arazi gibi su varlıkları olarak belirtilmiştir (TÜİK, 2022).



Şekil 1.2. Deşarj Edilen Atıksu Dağılımı, 2020

Tablo 1.1. Belediye Atık Su İstatistikleri (TÜİK, 2022)

	2018	2020
Toplam Belediye Sayısı	1399	1389
İçme ve Kullanılan Su Şebekesi ile Hizmet Verilen Belediye Sayısı	1397	1387
Kanalizasyon Şebekesi ile Hizmet Verilen Belediye Sayısı	1357	1362
İçme ve Kullanma Suyu Şebekesi ile Toplam Su Miktarı (milyon m ³)	6193	6492
İçme ve Kullanma Suyu Şebekesi ile Dağıtılan Toplam Su Miktarı (milyon m ³)	4045	4309
İçme ve Kullanım Suyu Arıtma Tesislerinde Arıtılan Su Miktarı (milyon m ³)	3574	3900
Alıcı Ortamlara Deşarj Edilen Toplam Atıksu Miktarı (milyon m ³)	4795	4960
Atıksu Arıtma Tesislerinde Arıtılan Toplam Atıksu Miktarı (milyon m ³)	4236	4358
Arıtılarak Deşarj Edilen Atıksu Oranı (%)	88.3	87.9
Arıtılmadan Deşarj Edilen Atıksu Oranı (%)	11.7	12.1
Kişi Başı Çekilen Günlük Ortalama Su Miktarı (litre/kişi-gün)	224	228
Kişi Başı Deşarj Edilen Günlük Ortalama Atıksu Miktarı (litre/kişi-gün)	188	189

1.1. Doğal Sulak Alanlar

Sulak alanlar olabildiğince işlevsel ve değerli olan sistemlerdir. Orman ve Su İşleri Bakanlığı'nın sunduğu tanımlamada ise; doğal -yapay, suları akıntılı- durgun, geçici - sürekli, tatlı, tuzlu ya da acı, canlıların yaşam faaliyetlerini gerçekleştireceği bir alan olarak önem arz eden tüm bataklık, sazlık ve turbiye gibi alanlardır. Aynı zamanda suyun belirli bölgelerde topografik duruma bağlı olarak birikim göstermesiyle meydana gelen jeolojik yapılar olarakta tanımlanabilir (Anonim, 2005). Sulak alanların işlevleri ise (Ayvaz, 2005);

- Buldukları bölgenin su yönetimini dengede tutmak için katkıları yüksek önem arz eder.
- Yer altı suyu deşarjına olanak sağlar.
- Depo görevi görerek sel sularını kontrol ederler.
- Yeraltı sularını boşaltarak veya besleyerek taban suyunu kontrol ederler.
- Tuzlu su girişini önlerler.
- Buldukları bölgenin iklimini stabilize eder ve besin maddelerinden yararlanarak suyu temizleme görevi üstlenirler.
- Yeryüzündeki en fazla biyolojik üretim alanları olup, çeşitli biyolojik varyantlara sahip ekosistemlerdir.
- Ekonomi değeri yüksek olduğundan dolayı ülke iktisadına da katkıda bulunurlar.

Yapılan araştırmalar neticesinde doğal sulak alanların atık suları arıtım işlemlerinde başarı oranının fazla olduğu anlaşılmış olsa da (Knight vd., 1987; Kadlec ve Knight, 1996; Mander ve Mairing, 1997) doğal sulak alanların korunması konusu bazı problemleri de birlikte getirmektedir. Bu problemlere değinecek olursak; atık sularda bulunan hastalığa sebep olan organizmalar ve zararlı materyallerin kötü etkileri ile beraber atık sularla birlikte bu sulak alanlara verilen ek besin elementleri ve hidrolik yüklemeler sonucu oluşabilecek uzun vadeli bozulmalardır. Atık sularda bulunan toksik materyaller ve patojenler uzun vadeli bozulmalara sebep olmaktadır. Bu sebeple atık su arıtımında kullanılan doğal sulak alanların yanı sıra yapay sulak alan teknolojileri çalışmaları hızlandırılmıştır. Yapay sulak alanlar daha az maliyetli bir sistem olup opsiyonel bir atık su arıtım olanağı ile özel olarak oluşturulan doğal sulak

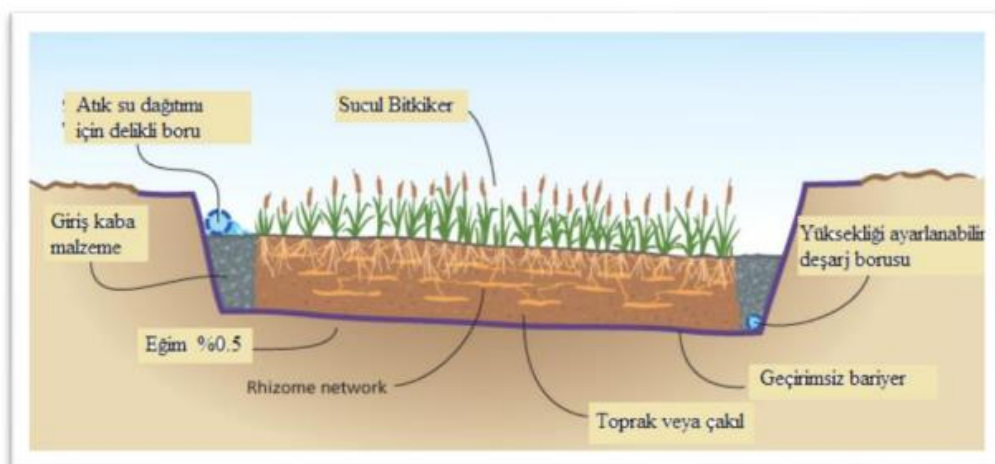
alanlara benzerlik gösterecek nitelikte sistemler olarak açıklanabilir (Gökalp vd., 2016).

1.2. Yapay Sulak Alanlar

Bu sulak alanlar olabildiğince az iş gücü isteyen ve en az seviyede enerji ile kimyasal gerektiren arıtma teknolojileri sistemidir (Gökalp ve Çakmak, 2015). Doğal arıtma yapıları olarak tanımlanan yapay sulak alanlar günümüz için bilhassa kırsal bölgelerde evsel atık sularının arıtma işleminde aktif olarak tercih edilir. Spesifik tasarıma sahip havuzlarda kil veya yapay katman ile çevrelenip üstünün filtre materyalleriyle doldurulması sonucunda oluşurlar (Anonim, 1995).

Bu sistemler, doğal sulak alanlarda görülen fiziksel, kimyasal, biyolojik süreçlerin oluşturulmasında ki gibi benzer bir şekilde tasarlanırlar. Su kalitesini arttırmak için atık sulardan kirletici faktörlerin giderilmesinde sıklıkla kullanılan sistemlerdir.

Yapay sulak alanlar yani doğal arıtma sistemleri filtre maddesi olarak kil, toprak ve kum gibi materyaller, işlenmiş maddeler ve atık malzemeler kullanmaktadır. Filtre malzemesinin yanı sıra yaprakları ve çiçekleri su üzerinde bulunan bitkiler de yapay sulak alanlarda arıtım için tercih edilebiliyorlar. Tasarlanmış sistemin çeşidine göre yapay sulak alanlarda tamamen su tabakasının altında yaşamını sürdürenler, su üzerinde yaşam faaliyetlerine devam edenler ve toprakta kök salıp yaprak ve gövdesi yardımıyla suyun üstünde bulunanlar olarak üç kısım sucül bitki çeşidi tercih edilmektedir.



Şekil 1.3. Yapay sulak alan kesiti (Gökalp ve Çakmak, 2015)

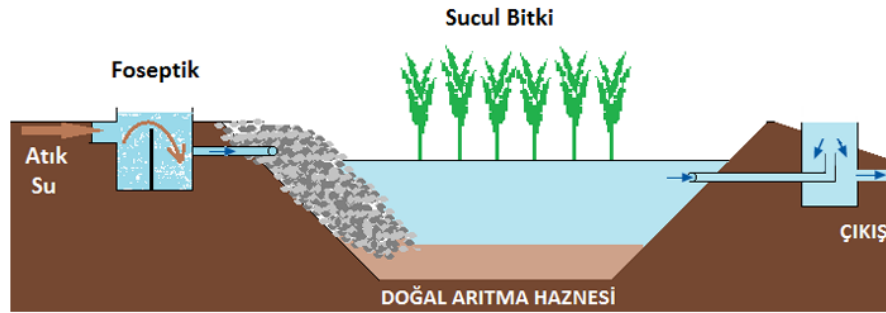
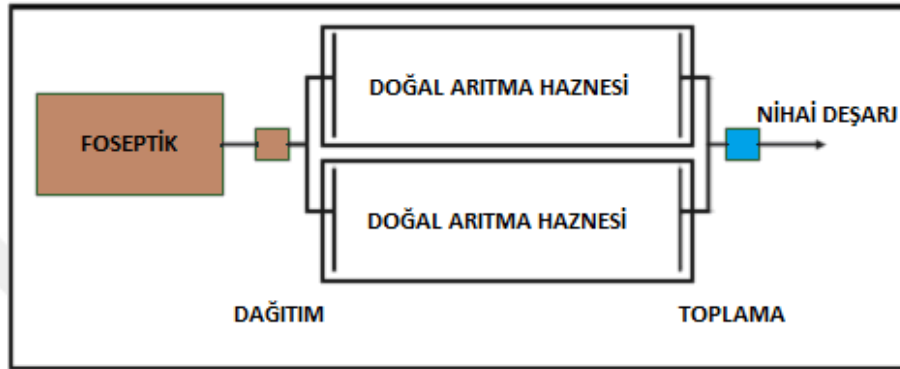
Basit bir arıtım düzeni olarak gözüküyor olsa da yapay sulak alanlarda var olan mikroorganizmalar, bitkiler, hayvanlar ve sucul ortamı çevreleyen faktörler içerisinde bütünleşmiş bir ilişki var olmakla birlikte etkili bir tasarım ve işletim için bu ekolojik ilişkilerin iyi benimsenmesi gerekmektedir. Ülkemizde yapılan yapay sulak alanlar nüfus bazlı olup ülkenin her kesiminde iklim koşulları, atık su yapıları, alan topografyası vs. temel tasarım etmenleri göz önünde bulundurulmadan benzer nitelikli projeler kullanılmaktadır.

Atık suların toksik etkilerini yok etmek, meydana gelebilecek su kirliliğini önlemek ve çevreyi korumak amaçlı oluşan yapay sulak alanlar oldukça önemli ve faydalı sistemlerdir. Yapay sulak alanlar için genelde bulunduğu alan göz önünde bulundurularak iklim ve arazi özellikleri gibi özelliklere bakılarak projelendirme gerçekleştirilmektedir (Anonim, 2011). Ayrıca bu sistemlerin yapılacağı alanın uygun olması birçok etkene bağlıdır. Bu etkenler dolgu malzemeleri, toprağın özelliği, jeomorfolojik ve hidrolojik nitelikler, bölge durumu, hassas türlerin veya yabani hayvanların varlığı, sosyal ve kültürel etmenler, çevre durumu, arazi kullanım koşulları, güvenlik ve sağlık açısından bazı etkiler olarak söylenilebilir (Gökalp ve Çakmak, 2015).

Ayrıca bu sistemlerin enerji isteklerinin az olması, kolay işletilmesi ve kullanılması, az çamur üretilmesi gibi önemli özellikleriyle diğer arıtma yöntemlerine kıyasen tercih sebebi olmaktadır. Oluşturulan sulak alanlar bilhassa arazi masraflarının az olması için ve iş gücüne duyulan ihtiyacın az olduğu yerler için etkili olmaktadır (EPA, 1999). Ülkemizdeki imkanlar dahilinde bilhassa kırsal alanlarda tabii arıtma yöntemleri, atık su sorunları için hem hesaplı hemde devamlılığı olan çözümler sunması açısından oldukça önemlidir. Bu doğal arıtma sistemlerinin temel özellikleri aşağıda sıralanmıştır (Saraçoğlu,2008);

- Sistemin tasarım ve inşası oldukça kolaydır. Olmakla beraber bakım giderleri düşüktür.
- Yapım ve bakımında çok fazla teknik bilgiye ihtiyaç yoktur.
- Enerjiye gerek duymadan veya atık arıtım işlemi yapılmasına gerek olmadığından standart atık su arıtım tesislerinden daha hesaplıdır.

- Verimlilik iklim şartlarına bağlı olmakla beraber sıcaklığın az olduğu zamanlarda daha az verimli olur. Bundan dolayı, tabii atık su arıtım işletmeleri genellikle kirletici unsurların arıtımında iyi sonuç vermektedir.
- Farklı hidrolik ve organik yemi emme işlemi gerçekleştirebilirler. Bu sebeple zor çalışma ortamlarında dahi çok güvenilirdir. Bir yapay sulak alanın bileşenleri Şekil 1.4'te verilmiştir.

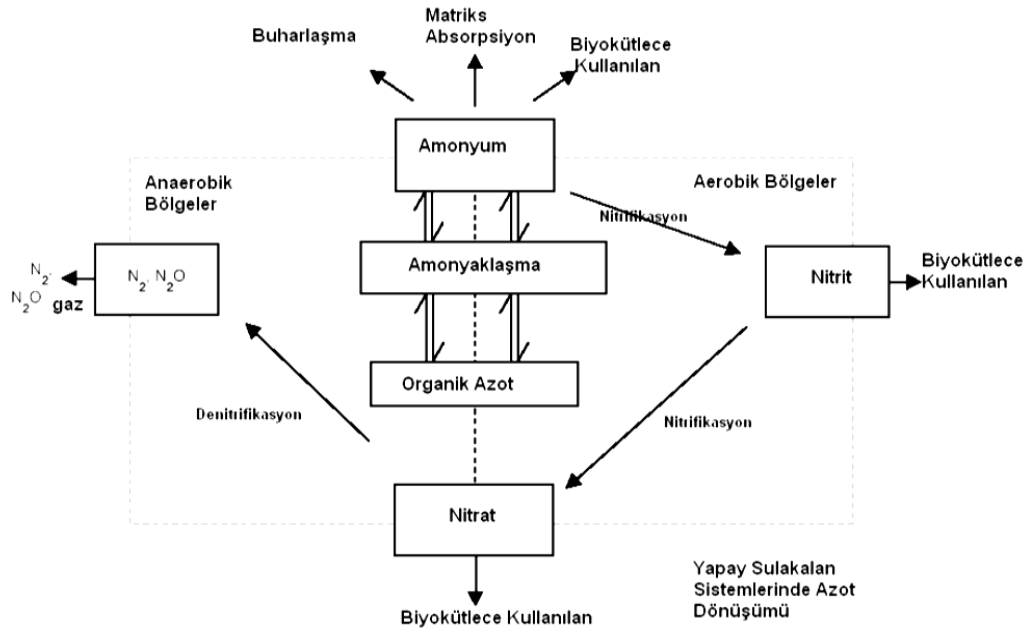


Şekil 1.4. Yapay sulak alanlar

Genellikle yapay sulak alanların tasarımları doğal sulak alan tasarımının benzeri olacak şekilde gerçekleşip, su niteliğini olabildiğince arttırmayı hedefler. Faal olarak çalışan başarılı yapay sulak alan yapıları için yukarıda bahsedilen özellikler haricinde (EPA, 1995);

- Ortalama hava koşullarına göre değil de olağan dışı hava ve iklim koşulları göz önünde bulundurularak tasarlanmalıdır.
- Enerji masrafı bulunmayan mümkün olabildiğince cazibe ile akış kullanılabilir şekilde tasarlanmalıdırlar.
- Doğal peyzaj ve topoğrafyayla uyumlu olmalıdırlar.

faktördür. Sulu alanlarda bulunan azot elementi, atmosferden kaynaklı oluşan veya bitki artıklarından meydana gelen biyokütle organik azotudur. Sulak alanda çözünmüş olarak bulunan organik fazdaki azotun amonifikasyonu ise inorganik azotun kaynağı olmaktadır. İnorganik azotun nitrifikasyon/denitrifikasyon tepkimeleriyle bitki ve mikrobiyolojik alımı azot gideriminin en temel önceliğidir. Organik azot biyokütlenin emisyonu ile meydana gelir ve amonifikasyon ile amonyağa geçiş sağlar. Amonyak ise; nitrifikasyon, bitki emilimi ile bitkinin kendi bünyesine alması sonucu ortamdaki ayrılır (Şekil 1.6). Sulak alanlardaki nitrat giderimi genel olarak çok yüksek olmaktadır (EPA, 1999). Nitrat, yeraltı sularında çevre ve insan sağlığı açısından tehlikeli olabilecek düzeylerde kirlilik oluşturabilen bir faktördür. Spalding ve Exner (1993) yeraltı sularında en fazla rastlanan kimyasal kirleticinin nitrat olduğunu ortaya koymuşlardır. Yeraltı suyu akışları ile nitrat bulaşmış sular yüzey sularına ulaşabilir ve bu ortamlardaki nitrojen:fosfor dengesini bozarak ötrofikasyona ve alg oluşumuna neden olabilir (Bolger ve Stevens, 1999).



Şekil 1.6. Yapay sulak alanlarda azot dönüşümü

1.3.2. Fosfor Giderimi

Fosfor da suyun bulunduğu ortamlarda oldukça fazla alg üremesine sebep olarak ötrofikasyona yol açan bir diğer besin maddesidir. Atık sularda fosfor elementi fosfat olarak bulunmaktadır. Biyolojik organizmalar sonucunda oluşan organik fosfor atık

sularda; besin artıkları ve insan dışkısı olarak bulunurlar, inorganik fosfor ise genel olarak deterjanların kullanımının artış göstermesi sonucu oluşur. Sulu ortamlarda fosfor arıtımı fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemler ile gerçekleştirilmektedir (EPA, 1999).

Çözünmüş halde bulunan fosfor, partiküler fosfor ve partiküler organik fosfor sulak alan mekanizmalarındaki en temel fosfor bileşiklerini oluşturmaktadır. Sulak alanlarda tercih edilecek uygun toprak yapısı ile arıtım potansiyeli artış gösterebilir.

Deşarj edilecek suda oksijen oranının azalmaması için kontrolünün yapılması gereken önemli bir unsurdur. Fosfor giderimi arıtma bakımından ileri teknolojiler gerektirmektedir. Konvansiyonel sistemlerle kıyaslandığında, sulak alanlarda arıtma işlemi genellikle fazla alana ihtiyaç duyan bir teknolojidir. Genellikle bir sulak alanda arıtılan fosfor oranı, bitkilerin gelişim gösterdiği zamanlarda çevreden faydalanarak aldığı fosfor oranından çok daha az olmaktadır. Mikroorganizma, mantar gibi canlılar fosforun bünyeye alınımının en hızlı yoludur. Bu durumun sebebi bu canlıların büyüme ve gelişme sürelerinin kısa oluşundan kaynaklanır. Fosforun bünyeye alınma şekillerinden biri de bitki kök bölgelerinden sağlanmaktadır. Geriye kalan kısım ise toprak alt tabakasında bulunan kökler vasıtasıyla alınmaktadır.

2. BÖLÜM

MATERYAL VE METOD

2.1. Materyal

Bu çalışmada filtre malzemeleri yapay olarak oluşturulacak atık sulara tabi tutularak kolon denemeleri şeklinde gerçekleştirilmiştir. Filtre malzemeleri olarak mevcut durumda vermikülit ile ülkemizde yaygın olarak bulunan zeolit madenleri kullanılmıştır. Kolonların içerisinde filtre malzemesinden kaynaklı tıkanmanın önlenmesi amacıyla 1 mm gözenek çapına sahip porlar bulunmaktadır. Çalışmada Gördes Zeolit ve Serakülit'den temin edilen dolgu malzemeleri, Tablo 2.1'de verilen yüzdesel oranlarda karıştırılmıştır.

Tablo 2.1. Malzeme karışım oranları

Çalışma Konusu	Zeolit (%)	Vermikülit (%)
Zeolit	100	0
Vermikülit	0	100
75Z25V	75	25
50Z50V	50	50
25Z75V	25	75

Çalışma 5 ml/dk olmak üzere tek akış hızında 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Aynı zamanda 10, 25 ve 50 ppm olmak üzere farklı konsantrasyonlarda 3., 6., 12., 24. ve 48. saatlerde örnekler alınarak pH, EC, toplam fosfor ve nitrat azotu analizlerine tabi tutulmuşlardır.



Şekil 2.1. Çalışmanın yapıldığı kolon deneme düzeneği

2.1.1. Filtre Kolonları

Çalışma yapay sulak alanları temsilen pilot ölçekli olarak kolon denemeleri şeklinde yürütülmüştür. Çalışmada standart olarak iç çapı 3 cm ve uzunluğu 60 cm olan cam malzemeden üretilen kolonlar kullanılmıştır. Kolonlarda filtre materyali olarak 100 cm³ hacimde zeolit, vermikulit ve karışım oranları kullanılmıştır.



Şekil 2.2. Filtre kolonlarının çıkış vanaları ve tıkanma olmaması için yapılan por katman

2.1.2. Filtre Malzemeleri

2.1.2.1. Zeolit

Zeolitler, ticari adsorbanlar ve katalizörler olarak yaygın şekilde kullanılan mikro gözenekli, alümino-silikat minerallerdir (Öz, 2012). Doğal zeolitler, alkalilerin uzaklaştırılmasında iyon değiştirme nitelikleri ile dikkat çekmişlerdir ve sulardan iyon değiştirme ile katyonları uzaklaştırma kapasitelerine sahiptirler (Anonim, 2001; Türkman vd., 2001). Zeolitteki büyük, çok boyutlu boşluk, küçük molekülleri ve kirleticileri tutma yeteneğine sahiptir (Jawahar vd., 2016). Çalışmada kullanılan zeolit; Gördes bölgesinde bulunan madenlerden temin edilmiştir.

Tablo 2.2. Zeolitlerin Fiziksel Özellikleri

ÖZELLİK	ARALIK
Kanallar	2.2-8 Å
Boşluklar	6.6-11.8 Å
Isıl Kararlılık	500-1.000 °C
İyon Değişimi Kapasitesi	700 miliekivalan/100 gr'a kadar
Yüzey Alanı	900 m ² /gr'a kadar
Su Kapasitesi	< % 1- ağırlığın ~ % 25
Su Afinitesi	Hidrofilik- Hidrofobik
Yoğunlukları	1.9-2.3 gr/cm ³
Sertlikleri	3.5-5.5

Tablo 2.3 Zeolitlerin Kimyasal Özellikleri (Dikmen, 2008)

Kimyasal Bileşen	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	H ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	Ti	Ag	B (ppm)
%	71.29	13.55	1.15	3.50	5.90	1.96	0.70	0.60	0.02	0.04	30

2.1.2.2. Vermikülit

Vermikülit genellikle mika mineralleri ve kloritin alterasyonu sonucu oluşan 2:1 tabakalı fillosilikal mineralidir (Toksoy, 1997). Vermikülit sulu magnezyum, alüminyum, demir silikat minerali olup sarı, kahve, yeşil ve bronz renklidir. Özgül ağırlığı 2,3-2,8 g/cm³ sertliği 1,5-2,5 arasındadır. Uzun süre bir çeşit trioktahedral mika minerali olarak bilinen vermikülit, hızlı ısıtma ile yapraklara ayrılır ve küçük kurtçuklara benzeyen bir şekil alır. Çalışmada kullanılan vermikülit; Serakulit marka Fine çeşididir.

Tablo 2.4 Vermikülitlerin Kimyasal Özellikleri

Kimyasal Bileşen	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O
%	36-37	15-16	11-13	5-6	2-4	15-16	0,2-0,3

2.2. Metot

Tez çalışmasında iki filtre malzemesinin (zeolit - vermikülit) ve üç farklı karışım konusunun, 10, 25 ve 50 ppm olarak üç dozda fosfor ve azot giriş konsantrasyonu ile 3., 6., 12., 24. ve 48. saatleri olmak üzere de beş farklı zamanda pH değişimleri, elektriksel iletkenlik (EC) değişimleri, toplam azot ve toplam fosfor tutulma verimleri incelenmesi için analiz edilmiştir.

Çalışma 5 ml/dk olmak üzere tek akış hızında 3 tekerrürlü olarak sürdürülmüştür. Vermikülit materyali için 1 ve 2 mm gözenek çapına sahip eleklerde eleme işlemi gerçekleştirilerek arada kalan malzeme saf su ile yıkandıktan sonra kullanılmıştır.

2.2.1. pH Tayini

Her hidrolik bekletme süresinin sonunda süzüntü örnekleri alınarak filtre kağıdından süzölmüştür. Numune pH'ı, cam elektrotlu Hanna marka HI-5522 model pH metre kullanılarak ölçülmüştür (Şekil 2.4).



Şekil 2.3. pH ve EC analizi işlemleri

2.2.2. EC Tayini

Kolon çalışmalarında alınan örneklerin EC değerleri Biyosistem Mühendisliği Bölümü laboratuvarında Hanna marka HI-5522 model EC ölçer kullanılarak tespit edilmiştir (Şekil 2.3). Cihazımız pH ve EC ölçümlerini aynı anda yapmaktadır.

2.2.3. Toplam Fosfor Miktarı Analizi

Cam kolon denemeleri sonucunda bulunan örneklerimizin fosfor miktarları standart yöntem 4500-P C'ye göre Biotek Powerwave HT marka spektrofotometre kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 2.4). Çalışma sonucunda elde edilen numuneler gerekli seyreltme işlemlerinden geçtikten sonra 25 ml hacimdeki balon jojeye her örnekten 5 ml ve üzerine 5 ml Askorbik asit ilave ederek kalan miktar saf su ile tamamlanmıştır. Renk gelişimlerini homojen hale getirmek amacıyla örnekler çalkalanmıştır. Çalkalama işleminden sonra elde edilen çözeltilerden 0.3 ml alınarak plakalara aktarılmıştır. Spektrofotometrede 882 nm dalga boyunda okumalar gerçekleştirilmiştir (Dickman ve Bray, 1940).



Şekil 2.4. Fosfor tayini işlemleri

2.2.4 Toplam Azot Miktarı Analizi

Toplam azot miktarı analizi için 10 ml örnek üzerine 0.2 ml ISA (Ionic Strength Adjuster) çözeltisi ilave edilerek karışım sağlandıktan sonra Hanna marka HI-5522 model iyon metre ve yine Hanna marka HI-4113 model iyon probu kullanılarak ölçüm alınmıştır.



Şekil 2.5. Nitrat azotu tayin işlemleri

3. BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan çalışmada 3., 6., 12., 24. ve 48. saat hidrolik bekletme süresi uygulanarak farklı konsantrasyonlarda (10, 25 ve 50 ppm) fosfor ve azot çözültisi eklenen her bir örnek için pH, EC, toplam azot ve toplam fosfor analizleri sonucu sonrasında ulaşılan değerler verilmiştir.

3.1. pH

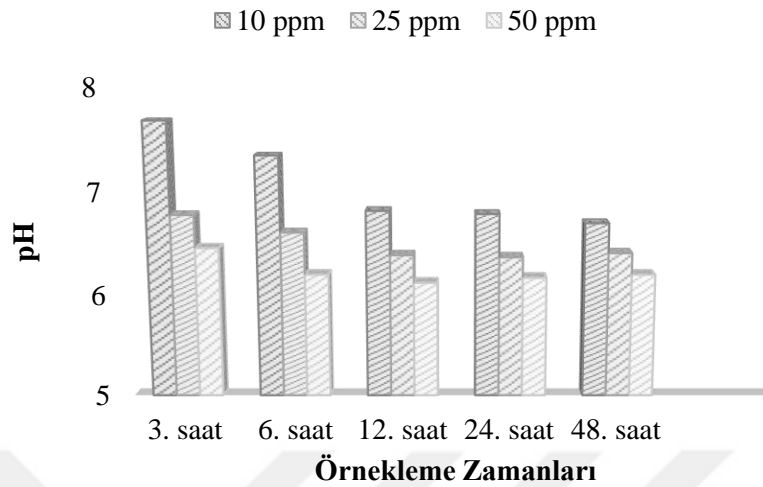
Farklı derişimlerde fosfor ve azot karışımı yüklenen %100 zeolit materyalinin bekletme sürelerinden sonra ulaşılan pH verileri Tablo 3.1'de verilmiştir. Farklı bekletme süreleri ardından pH değerlerinin değişimi ise Şekil 3.1'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. % 100 zeolit materyalinin farklı konsantrasyonlarda pH'ya etkisi

Materyal	Derişim	3. saat	6. saat	12. saat	24. saat	48. saat
Zeolit	10 ppm	7.68	7.35	6.82	6.79	6.70
	25 ppm	6.78	6.61	6.39	6.37	6.41
	50 ppm	6.46	6.20	6.12	6.17	6.20

Uygulanan fosfor ve azot karışımı yüklenen farklı derişimlerde ve farklı bekletme sürelerine bağlı olarak çıkış suyu pH verileri 6.12 - 7.68 arasında değişmiş olup en düşük pH 50 ppm derişim uygulanan 12. saatte görülür iken en yüksek pH 10 ppm derişimde 3. saatte gözlemlenmiştir.

%100 ZEOLİT



Şekil 3.1. Farklı konsantrasyonların %100 zeolit materyalindeki pH değişimi

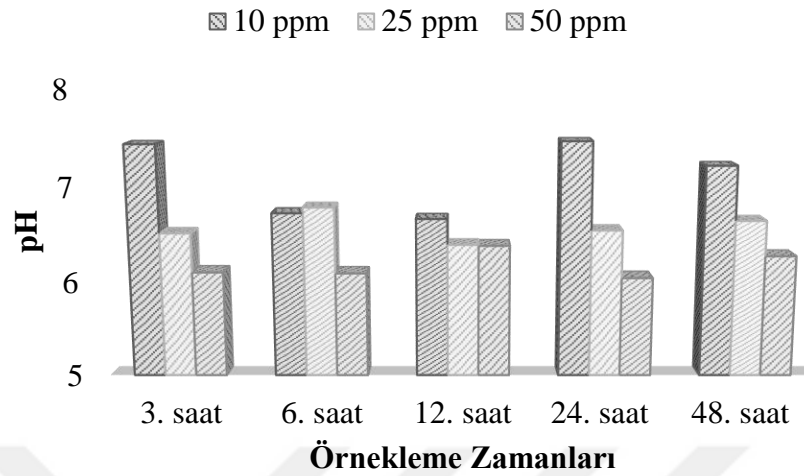
Farklı konsantrasyonlarda fosfor ve azot karışımı yüklenen %100 vermikülit materyalinin farklı bekletme süreleri ardından ulaşılan örneklerin pH verileri Tablo 3.2'de verilmiştir. Bekletme sürelerine göre pH değerlerinin değişimi Şekil 3.2'de gösterilmiştir.

Tablo 3.2. % 100 Vermikülit materyalinin farklı konsantrasyonlarda pH'ya etkisi

Materyal	Derişim	3. saat	6. saat	12. saat	24. saat	48. saat
%100 Vermikülit	10 ppm	7.43	6.72	6.66	7.46	7.21
	25 ppm	6.51	6.78	6.39	6.54	6.64
	50 ppm	6.10	6.09	6.38	6.04	6.27

Uygulanan fosfor ve azot karışımı yüklenen farklı derişimlerde ve farklı bekletme sürelerine bağlı olarak çıkış suyu pH verileri 6.04 – 7.46 arasında değişmiş olup en düşük pH 50 ppm derişim uygulanan 24. saatte görülür iken en yüksek pH 10 ppm derişimde uygulanan 24. saatte gözlemlenmiştir.

VERMİKÜLİT



Şekil 3.2. Farklı konsantrasyonların %100 vermikülit materyalindeki pH değişimi

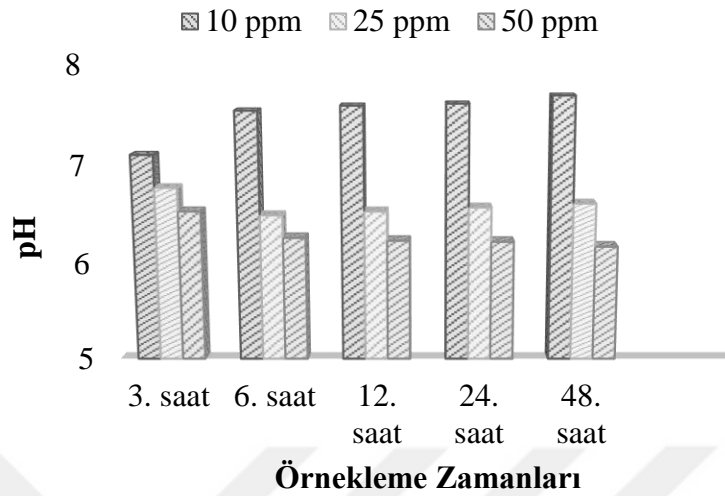
Farklı konsantrasyonlarda fosfor ve azot karışımı yüklenen %75 vermikülit - %25 zeolit karışımlarının farklı bekleme süreleri ardından ulaşılan örneklerin pH verileri Tablo 3.3'te verilmiştir. Bekletme sürelerine göre pH değerlerinin değişimi Şekil 3.3'te gösterilmiştir.

Tablo 3.3. %75 vermikülit - %25 zeolit karışımlarının farklı konsantrasyonlarda pH'ya etkisi

Materyal	Derişim	3. saat	6. saat	12. saat	24. saat	48. saat
%75 Vermikülit %25 Zeolit	10 ppm	7.10	7.54	7.59	7.61	7.69
	25 ppm	6.77	6.49	6.53	6.57	6.61
	50 ppm	6.53	6.26	6.23	6.22	6.17

Uygulanan fosfor ve azot karışımı yüklenen farklı derişimlerde ve farklı bekleme sürelerine bağlı olarak çıkış suyu pH verileri 6.17 – 7.69 arasında değişmiş olup en düşük pH 50 ppm derişim uygulanan 48. saatte görülür iken en yüksek pH 10 ppm derişimde 48. saatte gözlemlenmiştir.

%75 VERMİKÜLİT - %25 ZEOLİT



Şekil 3.3. Farklı konsantrasyonların %75 vermikülit - %25 zeolit materyalindeki pH değişimi

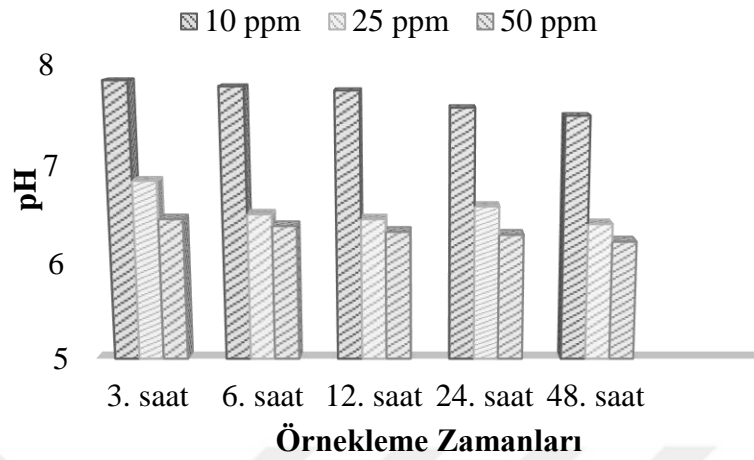
Farklı konsantrasyonlarda fosfor ve azot karışımı yüklenen %50 vermikülit - %50 zeolit karışımlarının farklı bekletme süreleri ardından ulaşılan örneklerin pH verileri Tablo 3.4'te verilmiştir. Bekletme sürelerine göre pH değerlerinin değişimi Şekil 3.4'te gösterilmiştir.

Tablo 3.4. %50 vermikülit - %50 zeolit karışımlarının farklı konsantrasyonlarda pH'ya etkisi

Materyal	Derişim	3. saat	6. saat	12. saat	24. saat	48. saat
%50 Vermikülit %50 Zeolit	10 ppm	7.84	7.78	7.74	7.55	7.49
	25 ppm	6.84	6.71	6.67	6.58	6.38
	50 ppm	6.45	6.38	6.32	6.29	6.22

Uygulanan fosfor ve azot karışımı yüklenen farklı derişimlerde ve farklı bekletme sürelerine bağlı olarak çıkış suyu pH verileri 6.22 - 7.84 arasında değişmiş olup en düşük pH 50 ppm derişim uygulanan 48. saatte görülür iken en yüksek pH 10 ppm derişimdeki 3. saatte gözlemlenmiştir.

%50 VERMİKÜLİT-%50 ZEOLİT



Şekil 3.4. Farklı konsantrasyonların %50 vermikülit - %50 zeolit materyalindeki pH değişimi

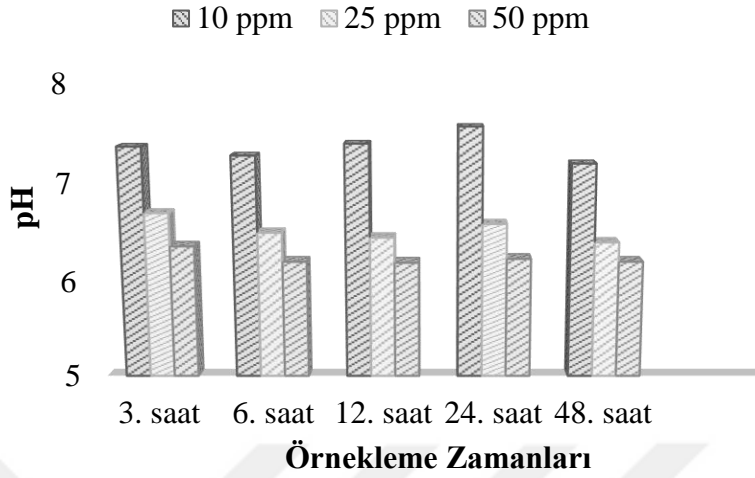
Farklı konsantrasyonlarda fosfor ve azot karışımı yüklenen %25 vermikülit - %75 zeolit karışımlarının farklı bekleme süreleri ardından ulaşılan örneklerin pH verileri Tablo 3.5'te verilmiştir. Bekletme sürelerine göre pH değerlerinin değişimi ise Şekil 3.5'te gösterilmiştir.

Tablo 3.5. %25 vermikülit - %75 zeolit karışımlarının farklı konsantrasyonlarda pH'ya etkisi

Materyal	Derişim	3. saat	6. saat	12. saat	24. saat	48. saat
%25 Vermikülit %75 Zeolit	10 ppm	7.37	7.28	7.40	7.57	7.20
	25 ppm	6.70	6.50	6.45	6.59	6.40
	50 ppm	6.36	6.20	6.19	6.23	6.20

Uygulanan fosfor ve azot karışımı yüklenen farklı derişimlerde ve farklı bekleme sürelerine bağlı olarak çıkış suyu pH verileri 6.19 – 7.37 arasında değişim göstermiş olup en düşük pH 50 ppm derişim uygulanan 12. saatte gözlenirken en yüksek pH 10 ppm derişimdeki 3. saatte gözlemlenmiştir.

%25 VERMİKÜLİT- %75 ZEOLİT



Şekil 3.5. Farklı konsantrasyonların %25 vermikülit - %75 zeolit materyalindeki pH değişimi

En düşük değerler 50 ppm konsantrasyonunda gözlenmiştir ve 6'nın üzerinde pH tespit edilememiştir. %100 zeolit konusunda hidrolik bekleme süresiyle birlikte pH'da azalış görülmüştür. Vermikülit malzemesinde zamanla beraber azalma ve artışlar görülerek dengeli bir ilerleyiş gözlemlenememiştir. Analiz sonuçlarımıza göre pH değerlerimiz 6-10 arası atık su deşarj kriterine uyum sağlamaktadır.

Tablo ve değişim grafiklerinden de anlaşıldığı gibi farklı derişimlerde uygulanmış olan azot ve fosfor içerikli yapay atık su çözeltimizin pH verilerine etkisinin, bekleme süresi ile orantılı bir şekilde değişiklik gösteren çalışma konusu %100 zeolit, %50Z %50V ve %25V %75Z konularıdır. Vermikülit ve zeolit ise hidrolik bekleme süresine oranla pH değişimlerinde genel olarak azalma görülmüştür.

3.2. EC

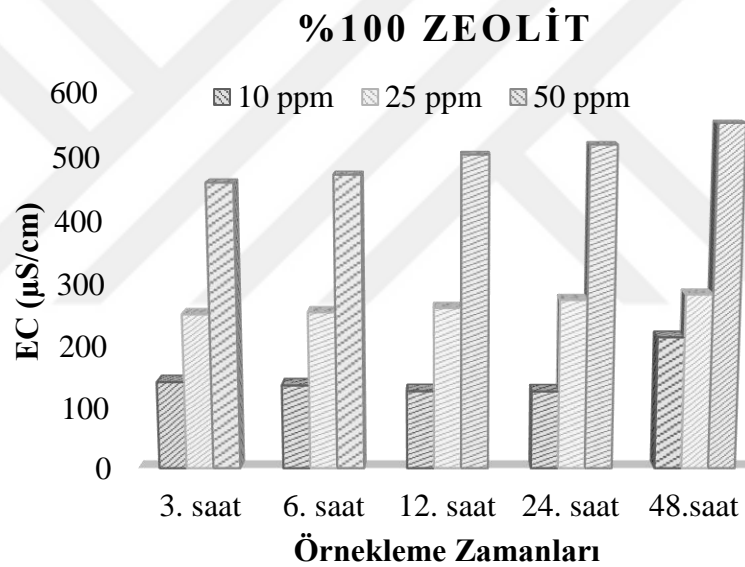
Farklı konsantrasyonlarda fosfor ve azot karışımı yüklenen %100 zeolit kullanılarak farklı bekleme sürelerine bağlı ulaşılan EC değerleri 127 – 552.40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aralığındadır (Tablo3.6). Bekletme süresine bağlı EC değerlerinin değişimi Şekil 3.6'da gösterilmiştir.

Uygulanan azot ve fosfor karışımı konsantrasyonuna ve bekleme zamanına bağlı çıkış suyu EC değeri 127 – 552.40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmiş olup en düşük EC değeri 10

ppm'lik konsantrasyonda 24. saatinde görülür iken en yüksek değer ise 50 ppm'lik konsantrasyonun 48. saatinde gözlemlenmiştir. (Şekil 3.6)

Tablo 3.6. %100 zeolit materyalinin farklı derişimlerde EC değerleri ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Materyal	Derişim	3. saat	6. saat	12. saat	24. saat	48. saat
%100 Zeolit	10 ppm	142.30	136.85	127.40	127.00	2.00
	25 ppm	252.20	255.36	262.26	275.27	284.06
	50 ppm	460.13	472.46	503.60	518.97	552.40



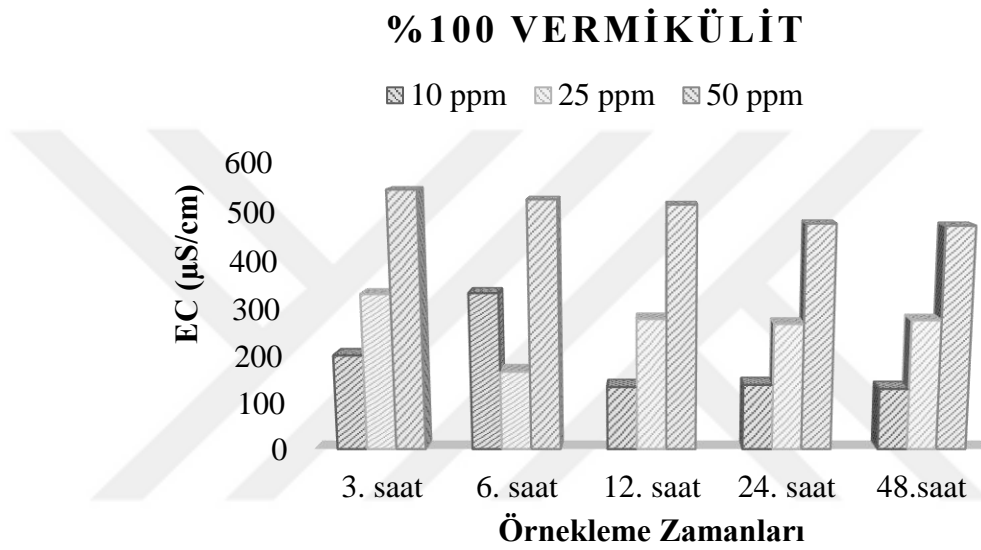
Şekil 3.6. Farklı konsantrasyonların %100 zeolit materyalinde EC değışimi

Farklı konsantrasyonlarda fosfor ve azot karışımı yüklenen %100 vermikülit kullanılarak farklı bekletme sürelerine bağlı ulaşılan EC değerleri 129.7 - 543.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aralığındadır (Tablo 3.7). Bekletme süresine bağlı EC değerlerinin değışimi Şekil 3.7'de gösterilmiştir.

En düşük EC değeri 10 ppm derişim uygulamasının 48. saatinde görülür iken en yüksek EC değeri 50 ppm'lik derişim uygulamasının 3. saatinde gözlemlenmiştir (Şekil 3.7).

Tablo 3.7. %100 vermikülit materyalinin farklı derişimlerde EC değerleri ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Materyal	Derişim	3. saat	6. saat	12. saat	24. saat	48. saat
%100 Vermikülit	10 ppm	200.9	195.2	133.8	138.3	129.7
	25 ppm	329.6	205.3	277.5	267.4	275.1
	50 ppm	543.9	524.1	513.6	474.8	470.5



Şekil 3.7. Farklı konsantrasyonlarda %100 vermikülit materyalinde EC değışimi

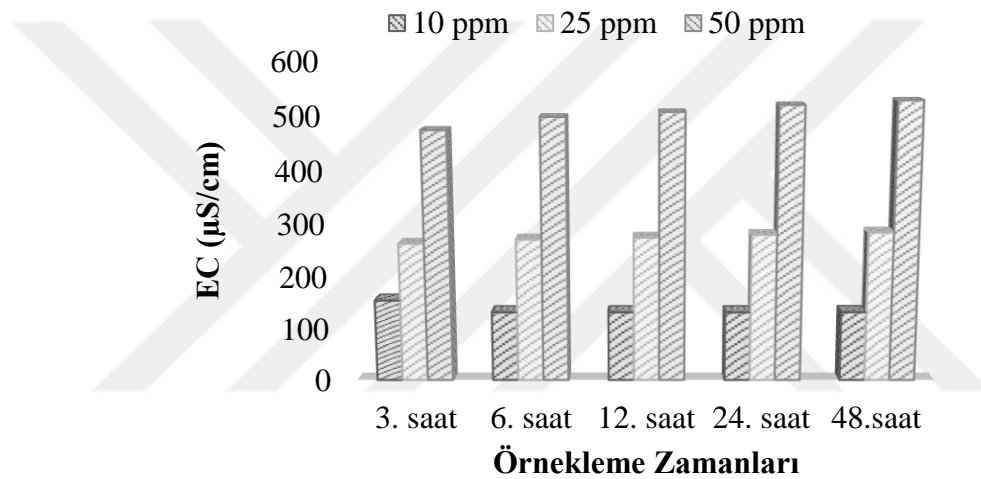
Farklı konsantrasyonlarda fosfor ve azot karışımı yüklenen %75 vermikülit - %25 zeolit karışımları kullanılarak farklı bekletme sürelerine bağlı ulaşılan değerler EC değerleri 131.1 – 528.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ değerleri aralığındadır (Tablo 3.8). Bekletme süresine bağlı EC değerlerinin değışimi Şekil 3.8’de gösterilmiştir

En düşük EC değeri 10 ppm derişim uygulamasının 24. saatinde görülür iken en yüksek EC değeri ise 50 ppm derişim uygulamasının 48. saatinde gözlemlenmiştir (Şekil 3.8).

Tablo 3.8. %75 vermikülit - %25 zeolit karışımları konusunun farklı derişimlerde EC değerleri ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Materyal	Derişim	3. saat	6. saat	12. saat	24. saat	48. saat
%75 Vermikülit %25 Zeolit	10 ppm	153.9	131.2	131.2	131.1	131.6
	25 ppm	262.0	270.1	273.7	279.0	283.4
	50 ppm	474.0	498.2	507.0	519.9	528.4

%75 VERMİKÜLİT - %25 ZEOLİT



Şekil 3.8. Farklı konsantrasyonların %75 vermikülit - %25 zeolit karışımında EC değişimi

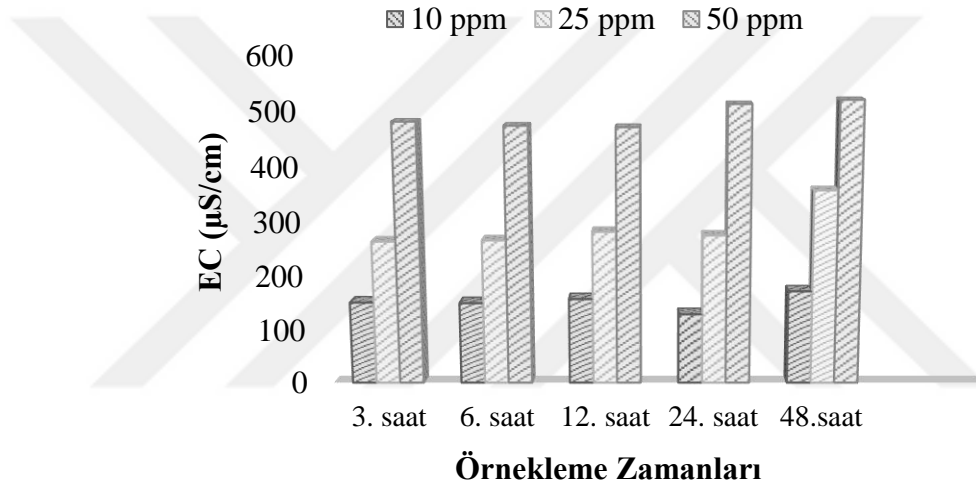
Farklı konsantrasyonlarda fosfor ve azot karışımı yüklenen %50 vermikülit - %50 zeolit karışımları kullanılarak farklı bekletme sürelerine bağlı ulaşılan değerler 129.4 – 519.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ değerleri aralığındadır (Tablo 3.9). Bekletme süresine bağlı EC değerlerinin değişimi Şekil 3.9’da gösterilmiştir.

En düşük EC değeri 10 ppm derişim uygulamasının 24. saatinde görülür iken en yüksek EC değeri ise 50 ppm derişim uygulamasının 48. saatteki hidrolik bekletme süresinde gözlemlenmiştir (Şekil 3.9).

Tablo 3.9. %50 vermikülit - %50 zeolit karışımları konusunun farklı derişimlerde EC değerleri ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Materyal	Derişim	3. saat	6. saat	12. saat	24. saat	48. saat
%50 Vermikülit %50 Zeolit	10 ppm	151.3	150.1	157.8	129.4	172.4
	25 ppm	264.6	266.9	282.5	275.9	297.1
	50 ppm	481.1	473.9	471.2	512.4	519.8

%50 VERMİKÜLİT - %50 ZEOLİT



Şekil 3.9. Farklı konsantrasyonların %50 vermikülit - %50 zeolit karışımlarında EC değişimi

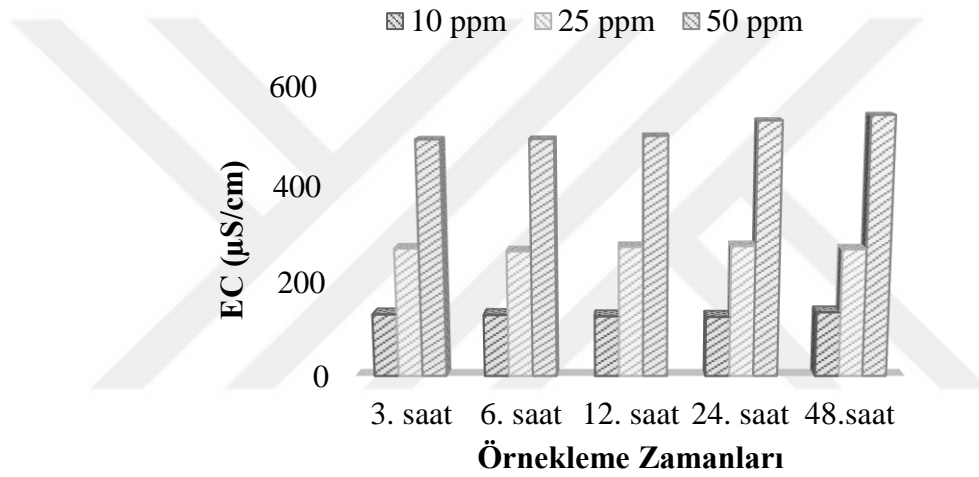
Farklı konsantrasyonlarda fosfor ve azot karışımı yüklenen %25 vermikülit - %75 zeolit karışımları kullanılarak farklı bekletme sürelerine bağlı ulaşılan değerler Tablo 3.10'da verilmiştir. Bekletme süresine bağlı EC değerlerinin değişimi Şekil 3.10'da gösterilmiştir.

Uygulanan azot ve fosfor çözeltisi konsantrasyonuna ve bekletme zamanına bağlı çıkış suyu EC değeri 126.3 – 542.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmiş olup en düşük EC değeri 10 ppm'lik konsantrasyonda 24. saatinde görülür iken en yüksek değer ise 50 ppm'lik konsantrasyonun 48. saatinde gözlemlenmiştir.

Tablo 3.10. %25 vermikülit - %75 zeolit karışımları konusunun farklı derişimlerde EC değerleri ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Materyal	Derişim	3. saat	6. saat	12. saat	24. saat	48. saat
%25 Vermikülit %75 Zeolit	10 ppm	131.5	130.4	127.4	126.3	136.1
	25 ppm	270.3	264.3	273.6	275.3	268.4
	50 ppm	492.8	493.8	500.0	530.8	542.1

%25 VERMİKÜLİT-%75 ZEOLİT



Şekil 3.10. Farklı konsantrasyonların %25 vermikülit - %75 zeolit karışımlarında EC değişimi

Tablo ve değişim grafiklerinden de anlaşıldığı gibi farklı karışımlarda, kirlilikte EC miktarlarının etkisi olmadığı fakat bekletme süreci doğrultusunda etki yarattığı tespit edilmiştir. Bekletme süresine bağlı olarak zaman arttıkça EC sonuçlarının da arttığı gözlemlenmiştir. Sadece %25V %75Z 25 ppm de zamanla azalış meydana gelmiştir (Şekil 3.10).

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın yayınlamış olduğu Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde belirtilmiş olan deşarj sınırları çerçevesinde ulaştığımız veriler atık suların deşarjında problem arz etmemektedir.

Genel olarak konsantrasyon arttıkça ve hidrolik beklemek süresi artması ile birlikte EC değerlerinde artış görülmüştür. Sadece %25V %75Z 25 ppm derişimde zamanla azalış meydana gelmiştir.

3.3. Toplam Fosfor

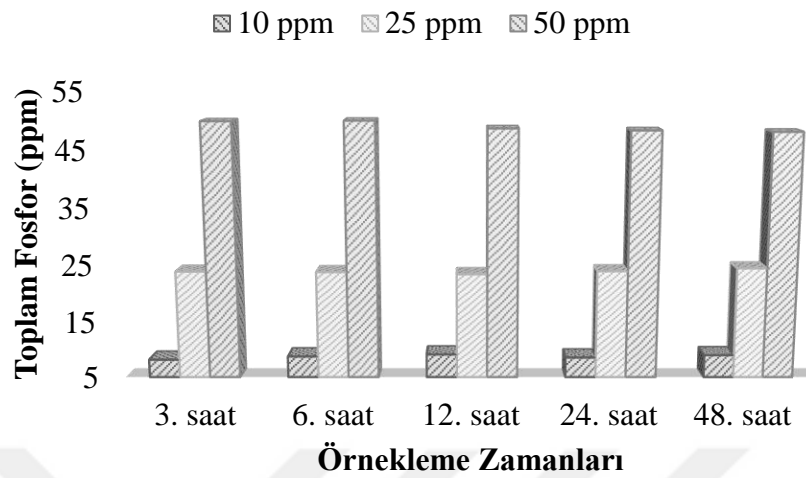
Farklı konsantrasyonlarda fosfor ve azot karışımı yüklenen %100 zeolit materyalinin farklı bekletme sürelerine bağlı ulaşılan değerler Tablo 3.11’de verilmiştir. Bekletme süresine bağlı toplam fosfor değerlerinin değişimi ise Şekil 3.11’de gösterilmiştir.

Tablo 3.11. Bekletme zamanına göre %100 zeolit malzemesinden çıkarılan örneklerdeki toplam fosfor miktarı (ppm)

Materyal	Derişim	3. saat	6. saat	12. saat	24. saat	48. saat
%100 Zeolit	10 ppm	8.14	8.72	9.08	8.53	8.95
	25 ppm	23.83	23.75	23.37	23.90	24.41
	50 ppm	49.70	49.80	48.49	48.16	47.91

Uygulanan azot ve fosfor çözeltisi konsantrasyonuna ve bekletme zamanına bağlı çıkış suyu toplam fosfor 8.14 – 49.80 ppm arasında değişmiş olup en düşük toplam fosfor değeri 10 ppm’lik konsantrasyonda 3. saatinde görülür iken en yüksek değer ise 50 ppm’lik konsantrasyonun 6. saatinde gözlemlenmiştir. (Şekil 3.11.)

%100 ZEOLİT



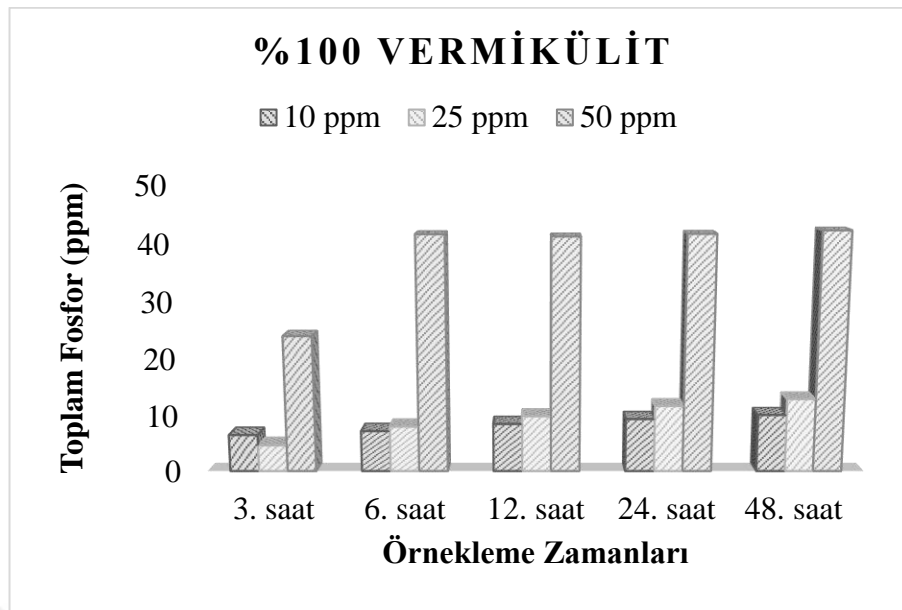
Şekil 3.11. Bekletme zamanlarına göre %100 zeolit malzemesinden elde edilen örneklerdeki fosfor miktarındaki değişim

Farklı konsantrasyonlarda fosfor ve azot karışımı yüklenen %100 vermikülit materyalinin farklı farklı bekletme sürelerine bağlı ulaşılan değerler Tablo 3.12’de verilmiştir. Bekletme süresine bağlı toplam fosfor değerlerinin değişimi ise Şekil 3.12’de gösterilmiştir.

Tablo 3.12. Bekletme zamanına göre %100 vermikülit malzemesinden çıkarılan örneklerdeki toplam fosfor miktarı (ppm)

Materyal	Derişim	3. saat	6. saat	12. saat	24. saat	48. saat
%100 Vermikülit	10 ppm	6.49	7.2	8.48	9.36	10.08
	25 ppm	4.63	7.99	9.86	11.68	12.91
	50 ppm	23.98	41.51	41.12	41.57	42.15

Uygulanan azot ve fosfor çözeltileri konsantrasyonuna ve bekletme zamanına bağlı çıkış suyu toplam fosfor 4.63 – 42.15 ppm arasında değişmiş olup en düşük toplam fosfor değeri 25 ppm’lik konsantrasyonda 3. saatte görülür iken en yüksek değer ise 50 ppm’lik konsantrasyonun 48. saatte gözlemlenmiştir (Şekil 3.12).



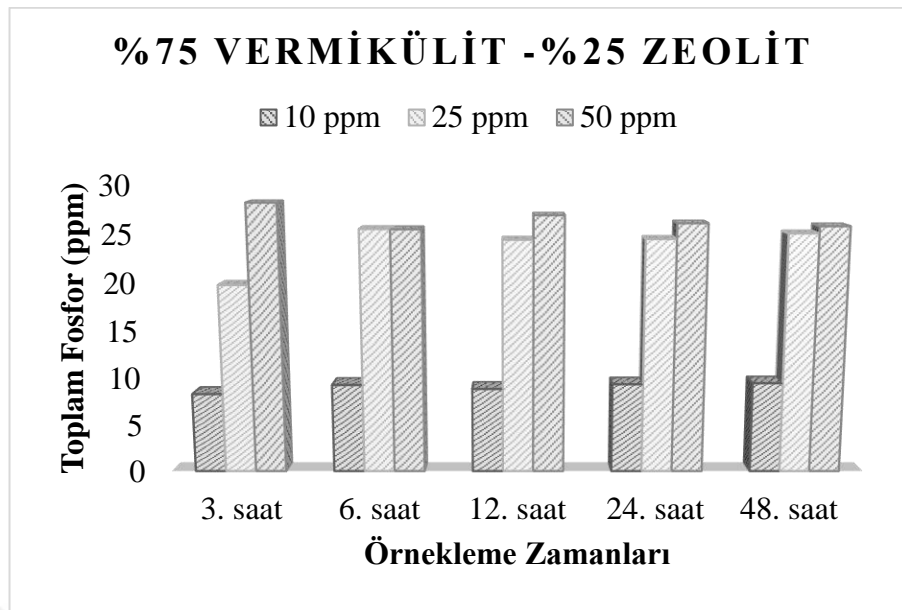
Şekil 3.12. Bekletme zamanlarına göre %100 vermikülit malzemesinden elde edilen örneklerdeki fosfor miktarındaki değişim

Farklı konsantrasyonlarda fosfor ve azot karışımı yüklenen %75 vermikülit - %25 zeolit materyalinin farklı bekletme sürelerine bağlı ulaşılan değerler Tablo 3.13'te verilmiştir. Bekletme süresine bağlı toplam fosfor değerlerinin değişimi ise Şekil 3.13'te gösterilmiştir.

Tablo 3.13. Bekletme zamanına göre %75 vermikülit - %25 zeolit karışım malzemesinden çıkarılan örneklerdeki toplam fosfor miktarı (ppm)

Materyal	Derişim	3. saat	6. saat	12. saat	24. saat	48. saat
%75 Vermikülit %25 Zeolit	10 ppm	8.27	9.25	8.82	9.32	9.43
	25 ppm	19.7	25.43	24.33	24.41	24.98
	50 ppm	28.1	25.41	26.82	26.01	25.71

Uygulanan azot ve fosfor çözeltileri konsantrasyonuna ve bekletme zamanına bağlı çıkış suyu toplam fosfor miktarları 8.27 – 28.1 ppm arasında değişmiş olup en düşük toplam fosfor değeri 10 ppm'lik konsantrasyonda 3. saatte görülür iken en yüksek değer ise 50 ppm'lik konsantrasyonun 3. saatte gözlemlenmiştir.



Şekil 3.13. Bekletme zamanlarına göre %75 vermikülit - %25 zeolit karışım malzemesinden elde edilen örneklerdeki fosfor miktarındaki değişim

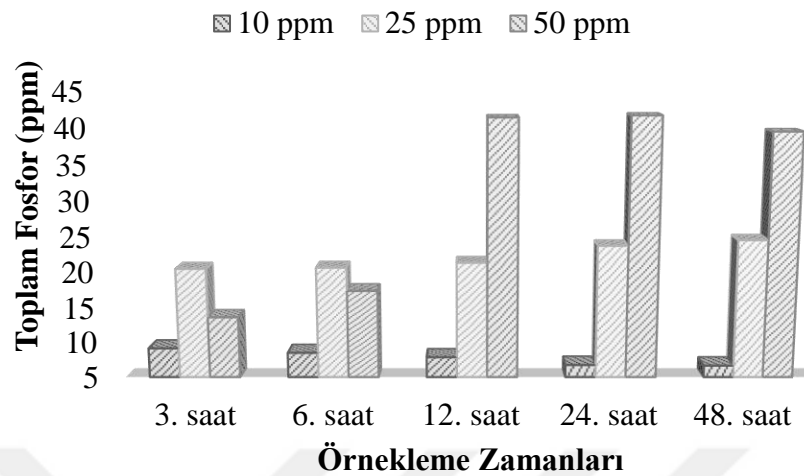
Farklı konsantrasyonlarda fosfor ve azot karışımı yüklenen %50 vermikülit - %50 zeolit karışım konusunun farklı bekletme sürelerine bağlı ulaşılan toplam fosfor değerleri Tablo 3.14'te verilmiştir. Bekletme süresine bağlı toplam fosfor değerlerinin değişimi Şekil 3.14'te gösterilmiştir.

Tablo 3.14. Bekletme zamanına göre %50 vermikülit - %50 zeolit karışım malzemesinden çıkarılan örneklerdeki toplam fosfor miktarı (ppm)

Materyal	Derişim	3. saat	6. saat	12. saat	24. saat	48. saat
%50 Vermikülit %50 Zeolit	10 ppm	9.15	8.5	7.86	6.75	6.65
	25 ppm	20.45	20.62	21.31	23.67	24.46
	50 ppm	13.59	17.35	41.28	41.55	39.37

Uygulanan azot ve fosfor çözeltileri konsantrasyonuna ve bekletme zamanına bağlı çıkış suyu toplam fosfor 6.65 – 41.55 ppm arasında değişmiş olup en düşük toplam fosfor değeri 10 ppm'lik konsantrasyonda 48. saatinde görülür iken en yüksek değer ise 50 ppm'lik konsantrasyonun 24. saatinde gözlemlenmiştir.

%50 VERMİKÜLİT-%50 ZEOLİT



Şekil 3.14. Bekletme zamanlarına göre %50 vermikülit - %50 zeolit karışım malzemesinden elde edilen örneklerdeki fosfor miktarındaki değişim

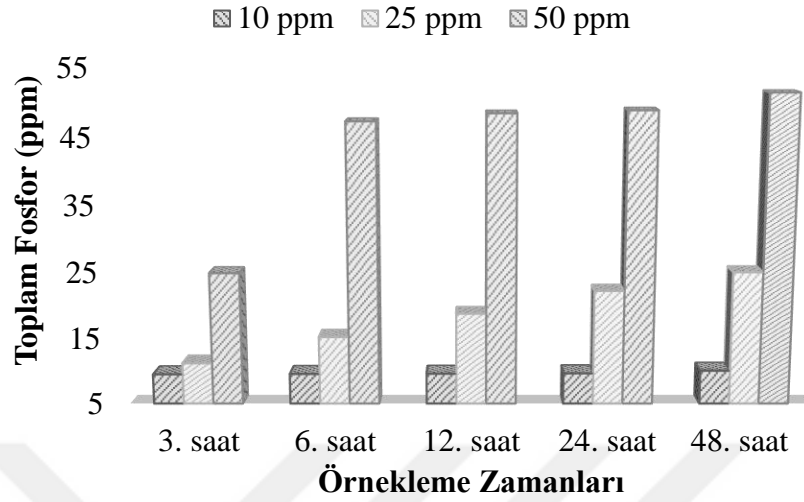
Farklı konsantrasyonlarda fosfor ve azot karışımı yüklenen %25 vermikülit - %75 zeolit karışım konusunun farklı bekletme sürelerine bağlı ulaşılan değerler Tablo 3.15'te verilmiştir. Bekletme süresine bağlı toplam fosfor değerlerinin değişimi ise Şekil 3.15'te gösterilmiştir.

Tablo 3.15. Hidrolik bekletme sürelerine göre %25 vermikülit - %75 zeolit karışım malzemesinden elde edilen süzüklerin toplam fosfor miktarı (ppm)

Materyal	Derişim	3. saat	6. saat	12. saat	24. saat	48. saat
%25 Vermikülit %75 Zeolit	10 ppm	9.5	9.56	9.6	9.66	10.07
	25 ppm	11.2	15.23	18.78	22.22	25.05
	50 ppm	24.9	47.27	48.43	48.86	51.41

Uygulanan azot ve fosfor çözeltileri konsantrasyonuna ve bekletme zamanına bağlı çıkış suyu toplam fosfor 9.5 – 51.41 ppm arasında değişmiş olup en düşük toplam fosfor değeri 10 ppm'lik konsantrasyonda 3. saatinde görülür iken en yüksek değer ise 50 ppm'lik konsantrasyonun 48. saatinde gözlemlenmiştir.

%25 VERMİKÜLİT - %75 ZEOLİT



Şekil 3.15. Bekletme zamanlarına göre %25 vermikülit - %75 zeolit karışım malzemesinden elde edilen örneklerdeki fosfor miktarındaki değişim

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın yayınladığı yönetmeliğe göre kriter 10 ppm'dir. 10 ppm konsantrasyon uygulanan tüm numuneler bu koşulu sağlarken 25 ve 50 ppm konsantrasyon giriş olan numuneler bu kritere uymamaktadır. Sadece vermikülitin 25 ppm konsantrasyon girişinde 3., 6. ve 12. saatleri de uyum sağlamaktadır. Hidrolik bekleme süresi arttıkça analiz sonuçlarında genel olarak artış görülmektedir. Böylelikle fosfor giderimi zaman arttıkça azalmaktadır. Bunun sebebi ise malzeme 3. ve 6. saatte kirleticiye tutunmuş olup ve sonraki saatlerde doygunluğa gelmiş olmasıdır. Yalnız %50V %50Z karışımında giderek azalan bir değer söz konusudur. Bu giderek azalan değer bize fosfor arıtımının fazla olduğunu göstermektedir. Yani önce doygunluğa ulaşip sonrasında kirleticiye tutunmaya başlamış olarak özetlenebilir.

Tablo ve değişim grafiklerinden de anlaşılacağı üzere farklı derişimlerde yapılan fosfor içeren yapay atık suların toplam fosfor değerlerine etkisi bekletme süresine bağlı olmakla beraber %50V %50Z karışımında 10 ppm konsantrasyon uygulanan çalışma konusu dışında artış göstermektedir. Ulaşılan sonuçlara bakıldığında 25 ve 50 ppm derişimdeki atık sularda sistemin başarısız olduğu gözlemlenmiştir. Kullanılan iki filtre malzemesinin karışım konularında ise vermikülit malzemesi oranı artış gösterdikçe fosfor gideriminin de arttığı gözlemlenmiştir.

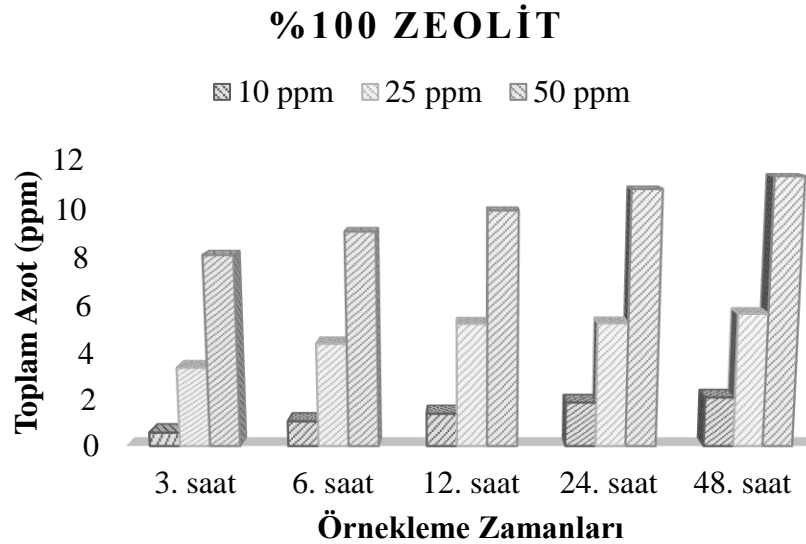
3.4. Toplam Azot

Farklı konsantrasyonlarda fosfor ve azot karışımı yüklenen %100 zeolit kullanılan farklı bekletme sürelerine bağlı ulaşılan değerler Tablo 3.16’da verilmiştir. Bekletme süresine bağlı toplam azot değerlerinin değişimi ise Şekil 3.16’da gösterilmiştir.

Tablo 3.16. Bekletme zamanına göre %100 zeolit materyalinden çıkarılan örneklerdeki toplam azot miktarı (ppm)

Materyal	Derişim	3. saat	6. saat	12. saat	24. saat	48. saat
%100 Zeolit	10 ppm	0.58	1.07	1.40	1.88	2.10
	25 ppm	3.37	4.39	5.23	5.25	5.65
	50 ppm	8.09	9.05	9.91	10.78	11.30

Uygulanan azot ve fosfor çözeltileri konsantrasyonuna ve bekletme zamanına bağlı çıkış suyu toplam azot değerleri 0.58 – 11.30 ppm arasında değişmiş olup en düşük toplam azot değeri 10 ppm’lik konsantrasyonda 3. saatinde görülür iken en yüksek değer ise 50 ppm’lik konsantrasyonun 48. saatinde gözlemlenmiştir.



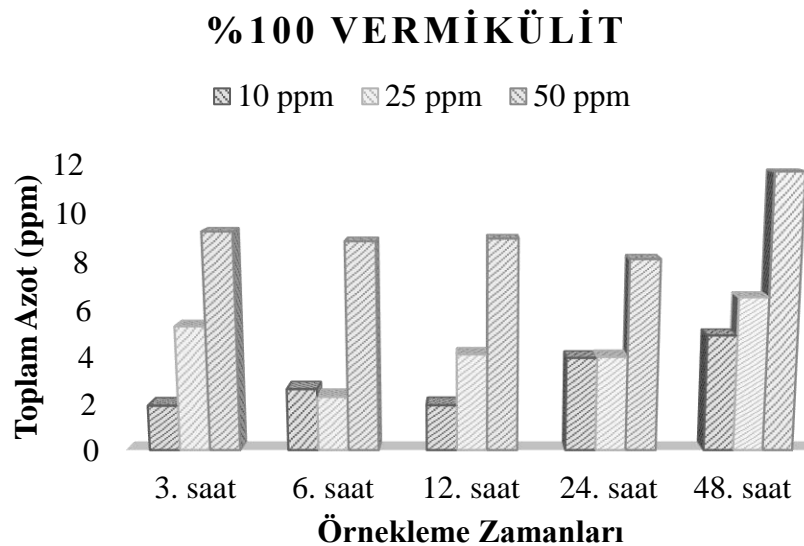
Şekil 3.16. Bekletme zamanlarına göre %100 zeolit konusundan elde edilen örneklerdeki azot miktarındaki değişim

Farklı konsantrasyonlarda fosfor ve azot karışımı yüklenen %100 vermikülit materyalinin bekleme zamanları ardından ulaşılan örneklerin toplam azot değerleri Tablo 3.17’de verilmiştir. Bekletme süresine bağlı toplam azot değerlerinin değişimi ise Şekil 3.17’de gösterilmiştir.

Tablo 3.17. Bekletme zamanına göre %100 vermikülit materyalinden çıkarılan örneklerdeki toplam azot miktarı (ppm)

Materyal	Derişim	3. saat	6. saat	12. saat	24. saat	48. saat
%100 Vermikülit	10 ppm	1.92	2.63	1.94	3.96	4.91
	25 ppm	5.29	2.30	4.11	4.00	6.51
	50 ppm	9.22	8.82	8.93	8.09	11.65

Uygulanan azot ve fosfor çözeltisi konsantrasyonuna ve bekletme zamanına bağlı çıkış suyu toplam azot değerleri 1.92 – 11.65 ppm arasında değişmiş olup en düşük toplam azot değeri 10 ppm’lik konsantrasyonda 3. saatinde görülür iken en yüksek değer ise 50 ppm’lik konsantrasyonun 48. saatinde gözlemlenmiştir.



Şekil 3.17. Bekletme zamanlarına göre %100 vermikülit konusundan elde edilen örneklerdeki azot miktarındaki değişim

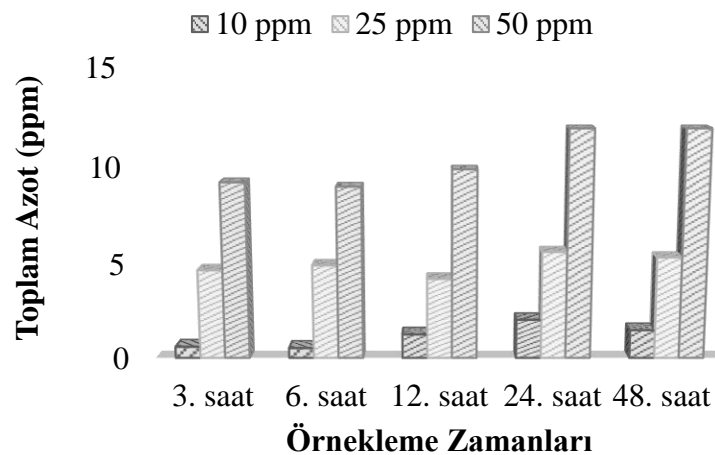
Farklı konsantrasyonlarda fosfor ve azot karışımı yüklenen %75 vermikülit - %25 zeolit karışım konusunun farklı bekleme zamanları ardından ulaşılan örneklerin toplam azot değerleri Tablo 3.18’de verilmiştir. Bekletme süresine bağlı toplam azot değerlerinin değişimi ise Şekil 3.18’de gösterilmiştir.

Tablo 3.18. Bekletme zamanına göre %75 vermikülit - %25 zeolit karışım konusundan çıkarılan örneklerdeki toplam azot miktarı (ppm)

Materyal	Derişim	3. saat	6. saat	12. saat	24. saat	48. saat
%75 Vermikülit %25 Zeolit	10 ppm	0.59	0.52	1.25	2.03	1.48
	25 ppm	4.64	4.90	4.19	5.60	5.31
	50 ppm	9.18	8.96	9.84	11.90	11.90

Uygulanan azot ve fosfor çözeltileri konsantrasyonuna ve bekleme zamanına bağlı çıkış suyu toplam azot değerleri 0.52 – 11.90 ppm arasında değişmiş olup en düşük toplam azot miktarı 10 ppm’lik konsantrasyonda 6. saatinde görülür iken en yüksek değer ise 50 ppm’lik konsantrasyonun 48. saatinde gözlemlenmiştir.

%75 VERMİKÜLİT - %25 ZEOLİT



Şekil 3.18. Bekletme zamanlarına göre %75 vermikülit - %25 zeolit karışımı konusundan elde edilen örneklerdeki azot miktarındaki değişim

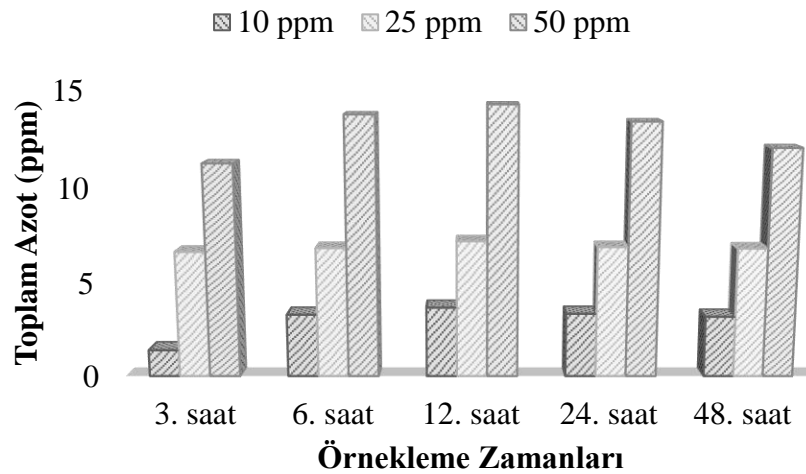
Farklı konsantrasyonlarda fosfor ve azot karışımı yüklenen %50 vermikülit - %50 zeolit karışım konusunun farklı bekleme zamanları ardından ulaşılan örneklerin toplam azot değerleri Tablo 3.19’da verilmiştir. Bekletme süresine bağlı toplam azot değerlerinin değişimi ise Şekil 3.19’da gösterilmiştir.

Tablo 3.19. Bekletme zamanına göre %50 vermikülit - %50 zeolit karışım konusundan çıkarılan örneklerdeki toplam azot miktarı (ppm)

Materyal	Derişim	3. saat	6. saat	12. saat	24. saat	48. saat
%50 Vermikülit %50 Zeolit	10 ppm	1.40	3.31	3.69	3.36	3.20
	25 ppm	6.64	6.84	7.20	6.89	6.81
	50 ppm	11.22	13.71	14.22	13.35	12.01

Uygulanan azot ve fosfor çözeltileri konsantrasyonuna ve bekletme zamanına bağlı çıkış suyu toplam azot değerleri 1.40 – 14.22 ppm arasında değişmiş olup en düşük toplam azot miktarı 10 ppm’lik derişimde 3. saatte görülür iken en yüksek değer ise 50 ppm’lik konsantrasyonun 12. saatinde gözlemlenmiştir.

%50 VERMİKÜLİT-%50 ZEOLİT



Şekil 3.19. Bekletme zamanlarına göre %50 vermikülit - %50 zeolit karışımı konusundan elde edilen örneklerdeki azot miktarındaki değişim

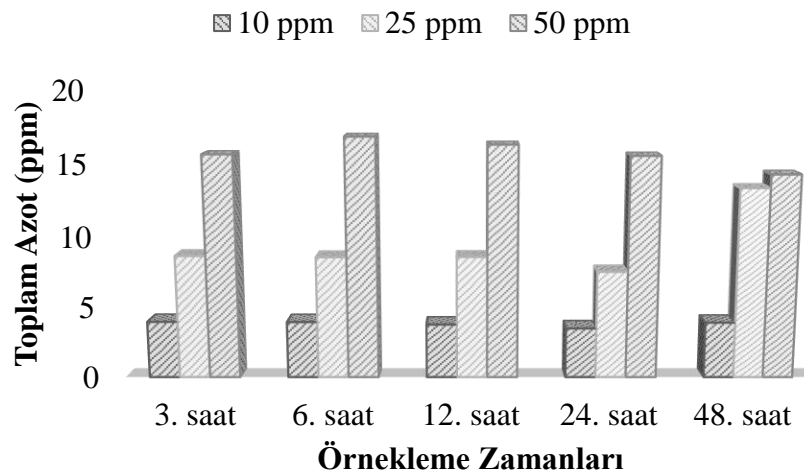
Farklı konsantrasyonlarda fosfor ve azot karışımı yüklenen %25 vermikülit - %75 zeolit karışım konusunun, farklı bekleme zamanları ardından ulaşılan örneklerin toplam azot değerleri Tablo 3.20’de verilmiştir. Bekletme süresine bağlı toplam azot değerlerinin değişimi Şekil 3.20’de gösterilmiştir.

Tablo 3.20. Bekletme zamanına göre %25 vermikülit - %75 zeolit karışım konusundan çıkarılan örneklerdeki toplam azot miktarı (ppm)

Materyal	Derişim	3. saat	6. saat	12. saat	24. saat	48. saat
%25 Vermikülit %75 Zeolit	10 ppm	3.97	3.96	3.78	3.50	3.91
	25 ppm	8.63	8.54	8.56	7.52	13.33
	50 ppm	15.64	16.85	16.30	15.54	14.27

Uygulanan azot ve fosfor solüsyonu konsantrasyonuna ve bekletme zamanına bağlı çıkış suyu toplam azot sonuçları 3.50 – 16.85 ppm aralığında değişim göstermiş olup en düşük toplam azot sonucu 10 ppm’lik derişimde 24. saatte gözlemlenirken en yüksek değer ise 50 ppm’lik derişimin 6. saatinde gözlemlenmiştir.

%25 VERMİKÜLİT - %75 ZEOLİT



Şekil 3.20. Bekletme zamanlarına göre %25 vermikülit - %75 zeolit karışımı konusundan elde edilen örneklerdeki azot miktarındaki değişim

Analiz sonuçları ve grafikler incelendiğinde toplam azot değerlerinde hidrolik bekleme süresi ve konsantrasyon ile birlikte düzenli bir artış gözlenmiştir. Bu atıksudaki azot gideriminin düşük olduğu anlamına gelmektedir. %100 vermikülit çalışması için dengeli bir ilerleyiş gözlemlenmemiştir.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın yayınladığı yönetmeliğe göre Atık suların deşarjı için toplam azot kriteri 40 ppm geçmemelidir. Tüm numuneler bu kriteri sağlamaktadır. En iyi azot giderimini sağlayan çalışma konusu ise %75V %25Z ile %100 zeolit çalışması konusudur.



4. BÖLÜM

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

4.1. Sonuçlar ve Öneriler

Doğal arıtma yöntemlerinde azot ve fosfor arıtımı için toprak veya filtre materyallerinin kullanımı tavsiye edilmektedir (Mann, 1994). Dolayısıyla farklı filtre materyallerinin azot ve fosfor kirliliği giderim performansının incelenmesi için bu çalışma Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında kolon denemeleri şeklinde gerçekleştirilmiştir. Zeolit ve vermikülit malzemeleri kullanılarak hem %100 yalın halde hem de karışım oranları (%25-%75, %50-%50 ve %75-%25) şeklinde ve 3 farklı konsantrasyonda (10, 25 ve 50 ppm) azot ve fosfor içeren yapay atık su ile 3., 6., 12., 24. ve 48. saat hidrolik bekleme süreleri sonucu numuneler alınmıştır.

Yapılan analizler sonucunda kullanılan iki filtre malzemesinin elde edilen örnekler neticesinde EC sonuçlarında %100 zeolit, %75V-25Z, %50V-50Z, %25V-75Z karışımlarında hidrolik bekleme süresi ile birlikte düzenli bir artış görülmekte fakat %100 vermikülit malzemesi için ise düzenli bir ilerleyiş görülmemektedir. En düşük değer %25V-%75Z karışımında 10 ppm'de 24. saatte görülürken en yüksek değer %100 zeolitte 50 ppm'de 48. saatte okunmuştur. Uygulanan yapay atık suyun derişiminin ve hidrolik bekletme süresinin doğrudan etkisinin olduğu gözlemlenmiştir.

Yapılan pH analizleri sonunda tüm malzeme ve karışım oranlarında hidrolik bekleme süresi arttıkça pH değerlerinde azalış gözlenmektedir. En düşük pH değeri %100 vermikülit kullanılan çalışmada 50 ppm'de 24. saatte görülürken en yüksek değer %50V %50Z karışımında 10 ppm'de 3. saatte görülmektedir. Vermikülit materyalinin pH sonuçlarına göre daha etkili olduğu belirlenmiştir.

Çalışma sonucunda elde edilen toplam fosfor analizleri neticesinde %100 vermikülit ve karışımlarının da fosfor gideriminde etkisinin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Alınan analiz sonuçlarında toplam fosfor miktarının düşük çıkması fosfor gideriminin daha yüksek olduğunu göstermektedir. En yüksek fosfor giderimi vermikülitte 25 ppm'de 3. saatte görülen sonuçtur. Fosfor gideriminin en az olduğu çalışma konusu ise %25V %75Z olan çalışmada 50 ppm'de 48. saatte görülen sonuçtur. Konsantrasyonun 50 ppm olduğu çalışma konularında ise fosfor gideriminin çok düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen toplam azot analizleri neticesinde hem zeolit hem vermikülitin azot gideriminde etkisinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarında toplam azot miktarının düşük çıkması fosfor gideriminde daha etkili olduğunu, sonucun yüksek çıkması ise fosfor gideriminde etkili olmadığını göstermektedir. Bu bilgi ışığında en yüksek azot giderimini sağlayan çalışma konusu 10 ppm'de %75V %25Z ve %100 zeolit konusudur. Azot giderim performansının düşük olduğu çalışma konusu ise 50 ppm'de %25V %75Z konusudur.

Yapılan bu çalışma sonucunda yapay sulak alanlarda tercih edilecek filtre malzemesi seçiminin olabildiğince yüksek öneme sahip olduğunu göstermiştir. Çalışma neticesinde vermikülit malzemesi fosfor gideriminde zeolitten daha etkili olduğu görülmüştür. Vermikülit, zeolit malzemesinden daha etkili ve daha ekonomik olmasına rağmen hafif bir malzeme olduğundan tek başına kullanılması sahada zor olabilir. Daha yoğun malzemeler ile karıştırılarak kullanılması, performans iyileştirici olarak tercih edilmesi önerilir.

Atık sulardan azot giderimi için her iki malzeme de oldukça güzel sonuçlar vermektedir. Hem vermikülit ile zeolit hem de karışımlarının kullanılmasının çalışma sonucunda uygun olduğu görülmüştür.

KAYNAKÇA

- Akçakoca, F., Gökalp, Z., 2020. Yapay Sulak Alanlarda Dolgu Malzemesi Seçimine Yönelik Kolon Test Çalışması. **Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi**, 7.2: 402-410.
- Akın, M., Akın, G., 2007. Suyun Önemi, Türkiye’de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği, **Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi**, 47,105-118.
- Aksu, L.,1998. Dünya'da ve Türkiye'de nüfus analizleri. Sosyoloji Konferansları; Sayı 25: Prof. Dr. Amiran Kurtkan Bilgiseven'e Armağan; 219-311, 2011.
- Anonim, 2005. Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği, Çevre ve Orman Bakanlığı, <http://www.cevre.org.tr>, (Erişim tarihi: 18.09.2022).
- Anonim, 2011. What are constructed wetlands in Treatment of Agricultural Waste by use of Constructed Reed-bed Wetlands, <http://pgoforth.mywep.uga.edu/page3.html>, (Erişim tarihi: 15.08.2022).
- Ayvaz, Z., 2005. Doğal Zenginlik Müzeleri Sulak Alanlar, Ekoloji Magazin Nisan-Haziran, Sayı 6
- Bolger, P., Stevens, M., 1999. Contamination of Australian Groundwater Systems with Nitrate. Land and Water Resources Research and Development Corporation Occasional Paper, Australia
- 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.
- Dikmen, Z., 2015. Magnetik olarak modifiye edilen zeolitlerin hazırlanması ve bazı fiziksel özelliklerinin incelenmesi (Doctoral dissertation, Anadolu University (Turkey)).
- Dombush, JX, 1989. Natural renovation of leachate-degraded groundwater in excavated ponds at a refuse landfill. In: In: Hammer, D.A. (Ed.), *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment*. Chelsea, Lewis, pp. 743–752.

- 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.
- EPA, 1993. Constructed wetlands for waste water treatment and wild life habitat: 17 Case Studies. EPA 832-R-93-005
- EPA, 1995. A Handbook of Constructed Wetlands, Volume 1: General Considerations, USEPA Region III with USDA, NRCS, ISBN 0-16-052999-9
- EPA, 1999. Manual, Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wasterwaters, EPA/625/R-99/A010, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio, USA
- Eugenia Valsami, J., 2004. Phosphorus in Enviromental Technologies Prenciples and Applications. IWA Publishing. Integrated Enviromental Technology Series. UK ISBN 1 84339 001 9
- EEA, 2006. European Enviromental Agency, Akdeniz bölgesi öncelikli çevre sorunları. Rapor No 4/2006 Luksemburg ISBN 978-92-9167-370-4
- Foysal, M.J., Nguyen, T.T.T., Sialumano, M., Phiri, S., Chaklader, M.R., Fotedar, R., ... Tay, A., 2022. Zeolite mediated processing of nitrogenous waste in the rearing environment influences gut and sediment microbial community in freshwater crayfish (*Cherax cainii*) culture. **Chemosphere**, **298**, 134276.
- Gökalp, Z., Çakmak, B., 2013. Doğal Arıtma Sistemlerinde Karşılaşılan Problemler ve Çözüm Önerileri., 3. *Uluslararası Bursa Su Kongresi ve Sergisi*, 22-24 Mart, Bursa, Türkiye.
- Gökalp, Z., Çakmak, B., 2015. Atık Su arıtmada yapay sulak alan teknolojileri ve uygulamada karşılaşılan sorunlar. 1. *Ulusal Biyosistem Mühendisliği Kongresi*, 9-11
- Gökalp, Z., Tas, I., 2018. "Yapay Sulak Alanlarda Atık Su Arıtmada Kullanılan Filtre (Substrat) Malzemeleri Ve Sucul Bitkiler" *Uluslararası Su ve Çevre Kongresi*, Bursa, Turkey, pp.2296.

- Jawahar, S., Nafar, A., Vasanth, K., Musthafa, M.S., Arockiaraj, J., Balasundaram, C., Harikrishnan, R., 2016. Dietary supplementation of Zeolite on growth performance, immunological role, and disease resistance in *Channa striatus* against *Aphanomyces invadans*. **Fish & Shellfish Immunology**, **51**, 161-169.
- Kadlec, H.R., Knight, R.L., 1996. *Treatment Wetlands*. Lewis, Boca Raton, New York, London, Tokyo, p. 893.
- Karaman, M.R., Adilođlu, A., Brohi, R., Güneş, A., İnal, A., Kaplan, M., ... Zengin, M., 2012. Bitki besleme. *Gübretaş Rehber Kitaplar Dizisi*, **2**, 272-281.
- Knight, R.L., McKim, T.W., Kohl, H.R., 1987. Performance of natural wetland treatment system for wastewater management. **J. Water Pollut, Control Fed** **59**, 746-754.
- Lettinga, G., Rebac, S., Parshina, S., Nozhevnikova, A., Van Lier, J.B., Stams, A.J., 1999. High-rate anaerobic treatment of wastewater at low temperatures. **Applied and environmental microbiology**, **65**(4), 1696-1702.
- Mander, U., Mauring, T., 1997. Constructed wetlands for wastewater treatment in Estonia. **Wat. Sci. Tech.** **35**, 323-330.
- Mann R.A., 1994. Phosphorus Removal in Constructed Wetlands: Substratum adsorption, pp.97-105, Pergamon Press, Oxford.
- Öz, B., 2012. “Doğal Zeolitlerin Modifiye Edilmesiyle Elde Edilen Anyonik Reçinelerin Sulardaki Bazı Metal İyonlarının Gideriminde Kullanımı”, Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 83 sf., Çorum.
- Rebac, S., van Lier, J.B., Lens, P., Stams, A.J., Dekkers, F., Swinkels, K.T.M., Lettinga, G., 1999. Psychrophilic anaerobic treatment of low strength wastewaters. **Water Science and Technology**, **39**(5), 203-210.
- 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.

- Sarış, F., 2021. Türkiye'de evsel su tedarik ve tüketim istatistiklerinin değerlendirilmesi. **Coğrafi Bilimler Dergisi**, **19**(1), 195-216.
- 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
- SKKY, 2004. <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Asp?MevzuatKod=7.5.7221&sourceXmlSearch=&MevzuatIliski=0> Erişim Tarihi: 28.09.2022
- Spalding, R.F., Exner, M.E., 1993 Occurrence of Nitrate in Groundwater—a Review. **Journal of Environmental Quality**, **22**:392–402
- Toksoy, F. Vermikülit: Mineraloji, Jeolojik Oluşum, Endüstriyel Kullanım ve Türkiye'deki Durumu, Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, Türkiye
- 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 fillleachate. In: Hammer, D.A. (Ed.), *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment*. Lewis, Chelsea, pp. 245–251.
- TÜİK, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu, Su ve Atık Su İstatistikleri.
- Türkman A., Aslan Ş., Ege İ., 2001. “Doğal Zeolitlerle Atıksulardan Kurşun Giderimi”, **DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi**, **3**, 2.
- Türkmen, C., Arcak, S., 2006. Kentsel Arıtma Çamuru ve Azot Uygulamalarının Kireçli Topraklarda Bazı Toprak Özelliklerine Etkileri, **Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, **20**:40, 121-130.
- USEPA, 1988. Design Manual: Constructed Wetlands and Aquatic Plant Systems for Municipal Wastewater Treatment. Ohio, USA.
- Westall, F., Brack, A., 2018. The importance of water for life. **Space Science Reviews**, **214**(2), 1-23.
- Yeoman S., Stephenson T., Lester, J.N., Perry R., 1988. The Removal of Phosphorus during Wastewater Treatment: A review. **Environ. Pollut.**, **49**, 183-233.

Yetik, S., 2008. Atıksuların yapay suyunun arıtılmasının incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

Adilođlu, S., Yinanç, A., 2017. Arıtmada Doğal Bitkilerin Kullanımı, Modeller ve Pilot Çalışma Örneđi: Kozan İlçesi. **Tekirdađ Ziraat Fakóltesi Dergisi**, 14(1).



EKLER

EK.1

(Değişik:RG-13/2/2008-26786)

TABLO 25: ATIKSULARIN ATIKSU ALTYAPI TESİSLERİNE DEŞARJINDA ÖNGÖRÜLEN ATIKSU STANDARTLARI

PARAMETRE	KANALİZASYON SİSTEMLERİ TAM ARITMA İLE SONUÇLANAN ATIKSU ALTYAPI TESİSLERİNDE	KANALİZASYON SİSTEMLERİ DERİN DENİZ DEŞARJI İLE SONUÇLANAN ATIKSU ALTYAPI TESİSLERİNDE
Sıcaklık (°C)	40	40
pH	6.5-10.0	6.0-10.0
Askıda katı madde (mg/L)	500	350
Yağ ve gres (mg/L)	250	50
Katran ve petrol kökenli yağlar (mg/L)	50	10
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOl) (mg/L)	4000	600
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅) (mg/L)	-	400
Sülfat (SO ₄ ²⁻) (mg/L)	1700	1700
Toplam sülfür (S) (mg/L)	2	2
Fenol (mg/L)	20	10
Serbest klor (mg/L)	5	5
Toplam azot (N) (mg/L)	_(a)	40
Toplam fosfor (P) (mg/L)	_(a)	10
Arsenik (As) (mg/L)	3	10
Toplam siyanür (Toplam CN ⁻) (mg/L)	10	10
Toplam kurşun (Pb) (mg/L)	3	3
Toplam kadmiyum (Cd) (mg/L)	2	2
Toplam krom (Cr) (mg/L)	5	5
Toplam civa (Hg) (mg/L)	0.2	0.2
Toplam bakır (Cu) (mg/L)	2	2
Toplam nikel (Ni) (mg/L)	5	5
Toplam çinko (Zn) (mg/L)	10	10
Toplam kalay (Sn) (mg/L)	5	5
Toplam gümüş (Ag) (mg/L)	5	5
Cl ⁻ (Klorür) (mg/L)	10000	-
Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri(MBAS) (mg/L)	Biyolojik olarak parçalanması Türk Standartları Enstitüsü standartlarına uygun olmayan maddelerin boşaltımı prensip olarak yasaktır.	

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Gözde Nur DEMİR

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	ERÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Müh.	2022
Lisans	ERÜ, Ziraat Fakültesi	2019
Lise	Namık Kemal Lisesi	2013

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2020	İrrimaster Proje ve Danışmanlık / Konya	Proje Satış Yöneticisi
2019	Eurotar Mühendislik/ Konya	Ziraat Müh

YABANCI DİL

İngilizce