

T.C.
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ VE FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

KATI ATIK SIZINTI SULARINDAN GENLEŞTİRİLMİŞ PERLİTLE BAZI AĞIR
METALLERİN GİDERİMİ

Ümit KORKUTATA

OCAK 2018

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

KATI ATIK SIZINTI SULARINDAN GENLEŞTİRİLMİŞ PERLİTLE BAZI AĞIR
METALLERİN GİDERİMİ

Hazırlayan
Ümit KORKUTATA

Danışman
Yrd. Doç. Dr. Sinan Mehmet TURP

Jüri Üyeleri
Doç. Dr. Nurtaç ÖZ
Doç. Dr. Orhan Taner CAN
Yrd. Doç. Dr. Sinan Mehmet TURP

OCAK 2018

Ümit KORKUTATA tarafından hazırlanan "Katı Atık Sızıntı Sularından Genleştirilmiş Perlitle Bazı Ağır Metallerin Giderimi" adlı tez çalışması 19/01/2018 tarihinde yapılan sınavla aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Orhan Taner Can

(Başkan)

Yrd. Doç. Dr. Sinan Mehmet TURP

(Danışman)

Doç. Dr. Nurtaç Öz

(Üye)

İmza



Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 06.02.2018 gün ve 03/06 Sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Doç. Dr. Koray KÖKSAL
Enstitüsü Müdürü

ÖZET

KATI ATIK SIZINTI SULARINDAN GENLEŞTİRİLMİŞ PERLİTLE BAZI AĞIR METALLERİN GİDERİMİ

Ümit KORKUTATA

Yüksek Lisans Tezi

Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Teknolojileri Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Sinan Mehmet TURP

Ocak 2018, 86 sayfa

Günümüzde arıtılması en zor atık suların başında gelen katı atık sızıntı suları içerdikleri organik ve inorganik kirleticiler sebebiyle yeraltı suyu ve toprak kalitesini etkilemekte buna bağlı olarak doğal yaşamı da tehdit etmektedir. Bingöl ilinde bulunan katı atık entegre tesisinden meydana gelen sızıntı suları yağışların artması ile biriktirilen havuzlardan taşmakta, yeraltı ve yüzeysel sulara karışarak Bingöl'deki halkın ve doğal yaşamın sağlığını tehdit etmektedir. Bu çalışmada doğal adsorban malzeme olan genleştirilmiş perlit (GP) kullanılarak katı atık sızıntı suyunda bulunan ağır metallerin giderim verimleri incelenmiştir. Deneyler laboratuvar ortamında mangan, bakır, nikel ve çinko ağır metal tuzlarında hazırlanan sentetik atıksulardan Mn^{+2} , Cu^{+2} , Ni^{+2} ve Zn^{+2} gideriminden elde edilen numunelerin analiz sonuçları adsorpsiyon izoterm modellerine uygulanmıştır. Sonuçlara bakıldığında çalışılan konsantrasyon ve adsorban madde miktarı değişkenlerinde genleştirilmiş perlit ile olan adsorpsiyonu Mn^{+2} ağırmetalinin $R^2=0.93$ ile langmuir izotermine, Cu^{+2} ağırmetalinin $R^2=0.99$ ile Langmuir izotermine, Ni^{+2} ağırmetalinin $R^2=0.91$ ile Freundlich izotermine ve Zn^{+2} ağırmetalinin $R^2=0.97$ ile Langmuir izotermine uyum sağladığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Adsorpsiyon, Ağır Metal Giderimi, Genleştirilmiş Perlit, Perlit, Sızıntı suyu

ABSTRACT

REMOVAL OF SOME HEAVY METALS IN SOLID WASTE LEACHATE WATERS WITH EXPANDED PERLITE

Ümit KORKUTATA

Master Thesis

Bitlis Eren University

Faculty of Engineering and Architecture

Department of Environmental Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Sinan Mehmet TURP

January 2018, 86 pages

Today, the leachate of solid waste coming from the most difficult wastewater treatment is affected by the organic and inorganic pollutants and threatens the natural life because it affects groundwater and soil quality. Leachate water from the integrated solid waste facility in the province of Bingöl is flooded by pools accumulated by the increase of rainfall, it is mixed with underground and surface waters and threatens the health of the people and natural life in Bingöl. In this study, removal efficiency of heavy metals in solid waste leachate was investigated by using natural adsorbent material, expanded perlite (GP). The results of the analysis of the samples obtained from the removal of Mn^{+2} , Cu^{+2} , Ni^{+2} and Zn^{+2} from synthetic wastewaters prepared in manganese, copper, nickel and zinc heavy metal salts in laboratory environment were applied to adsorption isotherm models. From the results, it can be seen that the adsorption of perlite in the input concentration, the amount of adsorbed matter and the contact time variables, adsorption of perlite on Mn^{+2} heavy metal fitted Langmuir isotherm with $R^2=0.93$, Langmuir isotherm in Cu heavy metal with $R^2=0.99$, Ni heavy metal in Freundlich isotherm with $R^2=0.92$ and Zn^{+2} heavy metals were found to conform to Langmuir isotherms with $R^2=0.97$.

Keywords: Adsorption, Expanded Perlite, Leachate, Perlite, Removal of Heavy Metals

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca öncelikle bu tez konusunu bana öneren, çalışmanın yürütülmesinde, yazım aşamasında büyük desteklerinden, değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, desteğini almaktan çekinmediğim ve aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Sinan Mehmet TURP'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, bana her zaman maddi manevi destek olan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Bu tez çalışması Bitlis Eren Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi birimi tarafından BEBAP - 2017.02 nolu proje ile tez çalışmamda bana sunduğu tüm imkanlardan dolayı BEBAP Birimine teşekkürü borç bilirim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
SİMGELER DİZİNİ	ix
KISALTMALAR DİZİNİ.....	x
1.GİRİŞ.....	1
1.1.Sızıntı Sularının İnsan Sağlığına Etkileri.....	3
1.2.Ağır Metaller.....	4
1.2.1. Ağır Metaller ve Özellikleri	5
1.2.2. Ağır Metallerin Alıcı Ortamlardaki Etkileri	8
1.2.3. Ağır Metallerin Toprağa Etkisi	9
1.2.4. Ağır Metallerin Sudaki Etkileri.....	9
1.2.5. Ağır Metallerin Canlılara Etkisi.....	11
1.2.6. Diğer Ülkelerde Uygulanan Deşarj Standartları	13
1.3. Adsorpsiyon	14
1.3.1. Adsorpsiyon Türleri	15
1.3.2. Adsorpsiyonu Etkileyen Temel Faktörler	17
1.3.3. Adsorplanan Madde ve Çözücünün Özellikleri	18
1.3.4. Adsorbsiyon Mekanizmasının Aşamaları	20
1.3.5. Adsorpsiyon İzotermi	20
1.4. Perlit Hakkında Bilgiler	22
1.4.1. Perlit	23
1.4.2. Perlitin Kullanım Alanları.....	26
1.4.3. Perlitin Teknik Özellikleri	27
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	28
3.MATERYAL ve YÖNTEM.....	41
3.1. Laboratuvar Çalışmalarında Kullanılan Cihazlar	42
3.1.1. Etüv Fırını	42

3.1.2. Desikatör	42
3.1.3. Manyetik Karıştırıcı	42
3.1.4. Saf Su Cihazı.....	42
3.1.5. Hassas Terazî	43
3.2. Hazırlanan Sentetik Ağır Metal Çözeltileri	43
3.2.1. Mangan (Mn^{+2}) Çözeltilisinin Hazırlanışı.....	44
3.2.2. Bakır (Cu^{+2}) Çözeltilisinin Hazırlanışı.....	47
3.2.3. Nikel (Ni^{+2}) Çözeltilisinin Hazırlanışı	50
3.2.4. Çinko (Zn^{+2}) Çözeltilisinin Hazırlanışı	53
3.3. Adsorpsiyonun pH, Sıcaklık ve Temas Süresine Etkisi	55
3.3.1. pH'a Etkisi	55
3.3.2. Sıcaklığa Etkisi	56
3.3.3. Temas Süresine Etkisi.....	56
3.4. Numune Analizi (ICP-OES)	57
4.BULGULAR VE TARTIŞMA	61
4.1.Bingöl Katı Atık Düzenli Depolama Alanı Numune Analizi	61
4.2. Sulu Çözeltide Mangan Giderim Verimleri	62
4.3. Sulu Çözeltide Bakır Giderim Verimleri	65
4.4. Sulu Çözeltide Nikel Giderim Verimleri	68
4.5. Sulu Çözeltide Çinko Giderim Verimleri	71
4.6. Sulu Çözeltilerde Adsorpsiyon İzotermi	74
4.6.1. Mangan Adsorpsiyon İzotermi	74
4.6.2. Bakır Adsorpsiyon İzotermi.....	75
4.6.3. Nikel Adsorpsiyon İzotermi.....	76
4.6.4. Çinko Adsorpsiyon İzotermi.....	78
4.7. BET Yüzey Alanı Analiz Sonuçları.....	79
5.SONUÇ VE ÖNERİLER	80
KAYNAKLAR.....	83
ÖZGEÇMİŞ	86

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL

Sayfa

Şekil 1.1. Çöp deponi alanında oluşan sızıntı suyu	2
Şekil 1.2. Katı atık sızıntı suyu havuzlarında suyun taşması.....	2
Şekil 1.3. Türkiye'nin akarsuları	3
Şekil 1.4. Türkiye'de katı atık sızıntı suyunun arıtıldığı iller.....	4
Şekil 1.5. Mangan	5
Şekil 1.6. Bakır	6
Şekil 1.7. Nikel	7
Şekil 1.8. Çinko	8
Şekil 1.9. Genleştirilmiş perlit.....	23
Şekil 1.10. Türkiye'de perlit rezervi.....	25
Şekil 3.1. Laboratuvar cihazları.....	43
Şekil 3.2. 1 mg/L, 2 mg/L, 5 mg/L, 10 mg/L, 25 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L ve 250mg/L'lik 8 Mn+2 konsant. Çözeltileri.....	49
Şekil 3.3. Hassas terazide 0.1 g, 0.2 g, 0.3 g, 0.4 g ve 0.5 g genleştirilmiş perlit tartımı.....	46
Şekil 3.4. Manyetik karıştırıcı	47
Şekil 3.5. 15 ml'lik falkon tüpler.....	47
Şekil 3.6. 1 mg/L, 2 mg/L, 5 mg/L, 10 mg/L, 25 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L ve 25mg/L'lik 8 Cu+2 konsantrasyon çözeltileri.....	50
Şekil 3.7. 1 mg/L, 2 mg/L, 5 mg/L, 10 mg/L, 25 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L ve 250 mg/L'lik 6 Ni+2 konsant. çözeltileri	52
Şekil 3.8. 1 mg/L, 2 mg/L, 5 mg/L, 10 mg/L, 25 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L ve 250 mg/L'lik 6 Zn+2 konsant. Çözeltileri	54
Şekil 3.9. Ölçüm için hazırlanmış 120 adet falkon tüp içerisinde Zn+2 konsantrasyonları.....	55
Şekil 3.10. Mn+2, Cu+2, Ni+2 ve Zn+2 ağırmetallerin pH'a bağlı adsorpsiyon verimi	55
Şekil 3.11. Mn+2, Cu+2, Ni+2 ve Zn+2 ağırmetallerin sıcaklığa bağlı adsorpsiyon verimi	56
Şekil 3.12 Mn+2, Cu+2, Ni+2 ve Zn+2 ağırmetallerin temas süresine bağlı adsorpsiyon verimi	57
Şekil 3.13. ICP-OES cihazının yapısı.....	57
Şekil 3.14. Atomlaşma ve uyarılmanın şematik gösterimi.....	58
Şekil 3.15. İndüktif eşleşmiş plazmanın yapısı	59
Şekil 4.1. Bingöl katı atık düzenli depolama alanı	61

Şekil 4.2. 1 mg/L'lik Mn+2 konsant. temas süresine göre giderim verimleri.....	62
Şekil 4.3. 2 mg/L'lik Mn+2 konsant. temas süresine göre giderim verimleri.....	62
Şekil 4.4. 5 mg/L'lik Mn+2 konsant. temas süresine göre giderim verimleri.....	63
Şekil 4.5. 10 mg/L'lik Mn+2 konsant. temas süresine göre giderim verimleri.....	63
Şekil 4.6. 25 mg/L'lik Mn+2 konsant. temas süresine göre giderim verimleri.....	64
Şekil 4.7. 50 mg/L'lik Mn+2 konsant. temas süresine göre giderim verimleri.....	64
Şekil 4.8. 1 mg/L'lik Cu+2 konsant. temas süresine göre giderim verimleri.....	65
Şekil 4.9. 2 mg/L'lik Cu+2 konsant. temas süresine göre giderim verimleri.....	65
Şekil 4.10. 5 mg/L'lik Cu+2 konsant. temas süresine göre giderim verimleri.....	66
Şekil 4.11. 10 mg/L'lik Cu+2 konsant. temas süresine göre giderim verimleri.....	66
Şekil 4.12. 25 mg/L'lik Cu+2 konsant. temas süresine göre giderim verimleri.....	67
Şekil 4.13. 50 mg/L'lik Cu+2 konsant. temas süresine göre giderim verimleri.....	67
Şekil 4.14. 1 mg/L'lik Ni+2 konsant. temas süresine göre giderim verimleri	68
Şekil 4.15. 5 mg/L'lik Ni+2 konsant. temas süresine göre giderim verimleri	68
Şekil 4.16. 10 mg/L'lik Ni+2 konsant. temas süresine göre giderim verimleri	69
Şekil 4.17. 25 mg/L'lik Ni+2 konsant. temas süresine göre giderim verimleri	69
Şekil 4.18. 50 mg/L'lik Ni+2 konsant. temas süresine göre giderim verimleri	70
Şekil 4.19. 100 mg/L'lik Ni+2 konsant. temas süresine göre giderim verimleri	70
Şekil 4.20. 1 mg/L'lik Zn+2 konsant. temas süresine göre giderim verimleri.....	71
Şekil 4.21. 5 mg/L'lik Zn+2 konsant. temas süresine göre giderim verimleri.....	71
Şekil 4.22. 10 mg/L'lik Zn+2 konsant. temas süresine göre giderim verimleri.....	72
Şekil 4.23. 25 mg/L'lik Zn+2 konsant. temas süresine göre giderim verimleri.....	72
Şekil 4.24. 50 mg/L'lik Zn+2 konsant. temas süresine göre giderim verimleri.....	73
Şekil 4.25. 100 mg/L'lik Zn+2 konsant. temas süresine göre giderim verimleri.....	73
Şekil 4.26. Mn+2 Freundlich izotermi	74
Şekil 4.27. Mn+2 Langmuir izotermi	75
Şekil 4.28. Cu+2 Freundlich izotermi	75
Şekil 4.29. Cu+2 Langmuir izotermi	76
Şekil 4.30. Ni+2 Freundlich izotermi	77
Şekil 4.31. Ni+2 Langmuir izotermi.....	77
Şekil 4.32. Zn+2 Freundlich izotermi.....	78
Şekil 4.33. Zn+2 Langmuir izotermi	78

ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE

Sayfa

Çizelge 1.1. Toksik metallerden Mn^{+2} , Cu^{+2} , Ni^{+2} ve Zn^{+2} 'nin insan vücuduna giriş şekilleri ve vücuttaki yarılanma ömürleri	5
Çizelge 1.2. Ağırmetallerin insan vücudu üzerine etkisi	11
Çizelge 1.3. Depo yaşının sızıntı suyu özellikleri üzerindeki değişimi (Chain ve De Walle,1977) .	12
Çizelge 1.4. Çöp sızıntı suyundaki çeşitli maddelerin derişim aralıkları	12
Çizelge 1.5. Ağırmetallerin kullanıldıkları ve atıldıkları endüstriler	13
Çizelge 1.6. Katı atık depo sahası sızıntı sularının alıcı ortama (yüzeysel sularına) deşarjı için su kirliliği kontrolü yönetmeliği	13
Çizelge 1.7. Almanya'da uygulanan sızıntı suyu deşarj standartları (Heyer ve Stegmann,2002)	14
Çizelge 1.8. Fiziksel ve Kimyasal Adsorpsiyon Arasındaki Önemli Farklılıklar	16
Çizelge 1.9. Perlitin Fiziksel Özellikleri (%)	24
Çizelge 1.10. Perlitin Kimyasal Özellikleri	24
Çizelge 1.11. Perlitin Türkiye'deki rezervi	25
Çizelge 1.12. Dünya perlit rezervi	26
Çizelge 1.13. Perlitin ülkelere göre üretim miktarları (bin ton)	27
Çizelge 4.1. Bingöl katı atık sahası sızıntı suyu içeriği	62
Çizelge 4.2. Mangan için Freundlich izoterm sabitleri	74
Çizelge 4.3. Mangan için Langmuir izoterm sabitleri	75
Çizelge 4.4. Bakır için Freundlich izoterm sabitleri	76
Çizelge 4.5. Bakır için Langmuir izoterm sabitleri	76
Çizelge 4.6. Nikel için Freundlich izoterm sabitleri	77
Çizelge 4.7. Nikel için Langmuir izoterm sabitleri	77
Çizelge 4.8. Çinko için Freundlich izoterm sabitleri	78
Çizelge 4.9. Çinko için Langmuir izoterm sabitleri	79
Çizelge 4.10. BET yüzey alanı analiz sonuçlarına göre genişletilmiş perlit değerleri	79
Çizelge 5.1. Mn^{+2} , Cu^{+2} , Ni^{+2} ve Zn^{+2} ağırmetallerinde giderim verimleri(%)	80

SİMGELER DİZİNİ

g	Gram
mg/L	Miligram/Litre
0C	Santigrat Derece
V	Hacim
L	Litre
mL	Mililitre
g/L	Gram/Litre
µm	Mikrometre
kJ/mol	Kilojul/Mol
ppm	Milyonda bir (mikro)
cc	Hacimsel Birim
nm	Nanometre
L/min	Dakikada/Litre

KISALTMALAR DİZİNİ

WHO	Dünya Sağlık Örgütü
KOI	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
BOI	Biyolojik Oksijen İhtiyacı
AKM	Askıda Katı Madde
TKN	Toplam Kjheldal Azotu
TP	Toplam fosfor
TN	Toplam azot
TOK	Toplam organik karbon
BET	Yüzey alanı ölçüm cihazı
GP	Genişletilmiş perlit
FT-IR	Fourier transform infrared
SEM	Taramalı elektron mikroskobu
TEM	İletim elektron mikroskobu
XRD	X-Işını kırınım yöntemi
RO	Tam saflaştırma (ret oranları)
Rpm	Dakikada Devir Sayısı
ICP-OES	İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi
AOX	Adsorbe olabilen organik halojenler
AOPs	İleri oksidasyon prosesleri
*OH	Hidroksil radikali

1. GİRİŞ

Sanayi devriminin yaşanmasıyla sanayi ve endüstride de hızlı gelişmeler yaşanmıştır. Bu gelişmeler üretimi tetikleyerek çeşitliliği ve artışı sağlamıştır. Üretimde artışın ve çeşitliliğin sağlanması akabinde diğer gelişmelerinde bir sonucu olarak Dünya nüfusunda hızla artışa neden olmuştur. Bu nüfus artışı sanayi devrimiyle beraber endüstride artan ve çeşitlenen üretimin tüketilmesinin sonucu olarak, katı atık sorununu doğurmuştur. Değişen yaşam tarzı katı atık cinsi ve miktarını da etkilemiştir. Katı atık miktarında gözlenen artışa paralel olarak yerleşim yerlerinde büyük çevre sorunlarına yol açmıştır.

Katı atıkların ve diğer çevre sorunların sebep olduğu sorunlar son yıllarda ciddi boyuta ulaştığından, bu sorunlara çözüm üretmek amacıyla Çevre Mühendisliği ortaya çıkmıştır. Katı atıkların toplanması ve bertaraf edilmesi de çevre mühendisliğinin önemli alanlarından biridir. Tanımı itibariyle gaz ve sıvı formu dışında üreticisi tarafından artık herhangi bir şekilde kullanımı mümkün olmayan ve bir değer taşımadığı için atılan maddelerdir. Bu atığı oluşturan birey veya kurum/kuruluş ise atık üreticisi olarak tanımlanmaktadır.

Yasal baskıların artması, zaten sınırlı olan ve sürekli artan nüfus yoğunluğu etkisi altında ortaya çıkan kullanılabilir arazileri kısıtlamaktadır. Mevcut deponi sahalarının, hızla genişleyen kentsel yerleşim alanlarının içinde kalmasının getirdiği çevresel ve estetik etkenler hem katı atık üreticilerini hem de bu atığın bertarafından sorumlu tarafları daha gelişmiş ve yeni yaklaşımlara sevk etmektedir. Bu kapsamda daha az katı atık üretiminin teşviki, geri kazanım, ayrı toplama ve kullanım kavramları hızla katı atık idaresi içinde daha baskın olarak yer almaya başlamıştır.

Ülkemizde belediye hizmetinin verildiği yerleşim alanlarında yılda yaklaşık 25 milyon ton atık açığa çıkmaktadır. Bu atıkların yalnızca %33'ü katı atık depolama alanlarında bertaraf edilmektedir. Son yıllarda değişen yasalarla katı atık düzenli depolama alanı bulunmayan büyük yerleşim yerlerinde, yasal baskılarla düzenli depolama sahalarında artış beklenmektedir. Katı atıkların toplandığı Katı Atık Düzenli Depolama sahalarında meteorolojik etkiyle ve çöpün kimyasal, biyolojik reaksiyonla beraber çürüme sonucunda sızıntı suyu açığa çıkmaktadır. Sızıntı suları içeriğindeki kimyasal bileşikler ve ağır metallerden dolayı arıtılması zor olan atıksuların başında gelmektedir. Maalesef düzenli depolama alanlarının olduğu birçok tesisde açığa çıkan sızıntı sularının arıtımı için herhangi bir işlem uygulanamamaktadır. Hatta Dünya'nın birçok yerinde düzenli depolama alanlarından çıkan sızıntı sularının toplandığı bir sızıntı suyu havuzu bile bulunmamaktadır. Yapılan araştırmalarla sızıntı sularının toksik ve ağır metal içeriğinin yüksek oluşu canlıları risk altında tutarak tehdit etmektedir. Gelen atığın cinsine göre sızıntı suyu, bileşiği ve karakteristiği değişim göstermektedir.



Şekil 1.1.Çöp deponi alanında oluşan sızıntı suyu

Katı Atık Entegre Tesislerinin bulunduğu konum, iklim, yüzey alanı, tesis yaşı ve gelen atık miktarına bağlı olarak sızıntı suyu debisi değişim göstermektedir. Yağışın fazla olduğu ve kar erimelerinin gerçekleştiği bahar döneminde artan sızıntı suyu debisi ile taşkınlar gerçekleşebilmektedir. Taşan sızıntı suları tarım arazilerini ve sulama suyu kaynaklarını kirletmektedir. Bu sebeplerden dolayı insan sağlığına, flora ve faunaya zarar vermektedir.



Şekil 1.2.Katı atık sızıntı suyu havuzlarında suyun taşması

Bir diğer olasılık ise kaynak sularına ulaşan sızıntı suları geniş bir alana yayılabilmektedir. Aynı şekilde toprağı kirleterek yeraltı sularına da karışmaktadır. Bu bölgeden içme suyu temin eden belediyelerin Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde bulunan ve ayrıca TS 266 İçmesuyu Standart'larına göre arıtım maliyetleri arttığı gibi arıtım verimini de düşürmektedir.

1.1. Sızıntı Sularının İnsan Sağlığına Etkileri

Türkiye’deki il belediyelerinde içme suyu temininde büyük oranda yeraltı suyu kaynaklarının kullanıldığı, ankete katılan il belediyelerin % 65’inin, içme suyu ihtiyacını tamamen yeraltı suyundan karşıladığı belirlenmiştir. İl belediyelerinin % 15’inin içme suyu ihtiyacının tamamını yüzey suyundan karşıladığı, % 20’sinin ise hem yeraltı suyu hem de yüzey suyundan yararlandığı tespit edilmiştir. Söz konusu yeraltı suyu kaynaklarının büyük bölümünün yerleşim birimleri içinde kaldığı ve kirlenme riskiyle karşı karşıya olduğunun, mevcut içme suyu kaynaklarının % 70’inin yerleşim birimleri içinde kaldığı, bu oranın ihtiyacının bir kısmının yeraltı suyundan, bir kısmının da yüzey suyundan karşılayan illerde % 87’lere kadar çıktığı belirlenmiştir[1].



Şekil 1.3.Türkiye’nin akarsuları

Çöp sızıntı sularının şekilde görüldüğü gibi su kaynaklarından herhangi bir akarsuya ulaşması, kirlenen akarsuyla kirliliğin geniş bir coğrafyayı tehdit edebilme riski bulunmaktadır.

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) yapmış olduğu araştırmada içme suyu kriterlerinin altında olan kirliliğin; dizanteri,tifo, çocuk felci, kolera ve ishal benzeri hastalıklara yol açmaktadır. Her yıl ishale yakalanan hastalardan 500 binden fazlası ölümlerle sonuçlanmaktadır[2].

Ülkemizde 81 il içerisinde sadece 38 ilde Düzenli Katı Atık Depolama sahası bulunmakta ve bunlardan sadece 11 ilde bu sahalardan kaynaklanan sızıntı suyu arıtma tesisi mevcuttur.Şekil 1’de koyu renkle gösterilmiştir[3].

Zamanla toksik metallerin gıda bünyesine girerek artması önemli unsurlardandır. Metal konsantrasyonu bu artış sonucu sudaki ve havadaki metal konsantrasyonundan oldukça yüksek sınır değerlere çıkabilir. İnsanın ve hayvanın, bu şekilde toksik metal birikimine uğramış gıdayı alması zehirleyebilir. Bundan dolayı insan ve hayvan vücudu bazı zehirli ve ağırmetalleri bünyelerinde tutabilme özelliğine sahiptir. Çizelge 1.1.'de toksik metallerden Mn, Cu, Ni ve Zn'nin insan vücuduna giriş şekilleri ve vücuttaki yarılanma ömürleri verilmiştir.

Çizelge 1.1. Toksik metallerden Mn^{+2} , Cu^{+2} , Ni^{+2} ve Zn^{+2} 'nin insan vücuduna giriş şekilleri ve vücuttaki yarılanma ömürleri

Metaller	Günlük alınan miktar (mg)		Zehirleyici miktar (mg)	Vücuttaki toplam miktar(mg)	Vücuttaki yarılanma ömrü (gün)
	Besin ve Su	Hava			
Mangan	4,4	0.0288	—	12	17
Bakır	1,325	0.0014	250-500	72	80
Nikel	0,6	0.00236	—	10	667
Çinko	14,5	0.0168	—	2300	933

1.2.1.Ağır Metaller ve Özellikleri

1.2.1.1.Mangan (Mn^{+2})

Mangan periyodik cetvelde 7B grubunda yer alan kimyasal bir elementtir. 1774'te İsviçreli kimyacı Carl Wilhelm Scheele tarafından bulunmuş ve aynı yıl içerisinde asistanı Johan Gottlieb Gahn madensel değer taşıyan ilk manganizi üretmiştir. Mangan elementin kimyasal özelliklerine bakıldığında, kimyasal davranış bakımından element demire benzerlik göstermektedir. Elementin, 4 adet farklı alotropu bulunmaktadır. Metal halde bulunan mangan, nemli havalarda paslanır, açık havada ise yükselmektedir.

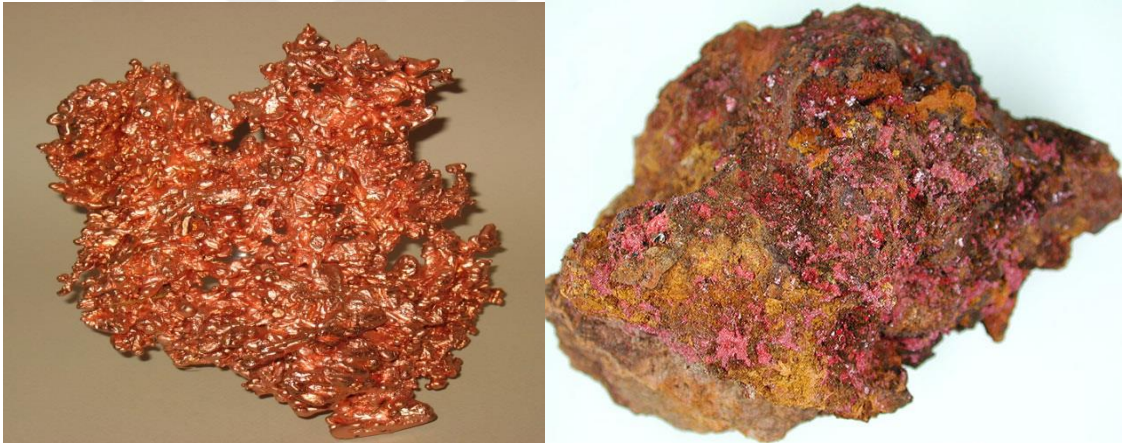


Şekil 1.5.Mangan

Mangan genellikle doğadademir oksit bileşikleri ile beraber bulunur. Manganın toprakta 50-750 kg/dekar aralığında ölçülmesi normaldir. Toprak pH'sını yükselterek bitkinin mangan alımını güçleştirir ve topraktaki kireçleme kalsiyum yoğunluğunu artırır. Mangan bakımından fakir topraklarda, bitkilerin genel olarak 100-250 gr/dekar mangan ihtiyacı göz önünde tutularak yeter miktarda mangan sülfat verilmesi gerekir. Uygulamanın banda verme yol ile yapılması daha ekonomiktir[6,27].

1.2.1.2.Bakır(Cu^{+2})

Bakır, 1B geçiş grubu elementidir ve atom numarası 29'dur. Bakır ilk Kıbrıs'ta bulunmuştur. Adını Kıbrıs'ın Latincesi olan aes cyprium=Kıbrıs cevheri, cyprium ve daha sonra Cuprum kelimesinden türediği tahmin edilmektedir. Doğada 200'den daha fazla bakır minerali bulunmasına rağmen sadece 20 tanesi bakır cevheri olarak endüstriyel değer taşır.



Şekil 1.6.Bakır

Bakırın bitkiler ve canlılar üzerindeki etkisi, canlının büyüklüğüne ve kimyasal formuna göre değişmektedir. Küçük ve basit yapıli canlılar için toksik etki gösterirken büyük canlılar için temel yapıtaşdır. Bu doğrultuda bakır ve bileşikleri fungusit, biosit, anti bakteriyel madde ve böcek zehiri olarak tarım zararlılarına ve yumuşakçalara karşı yaygın olarak kullanılmaktadır. Pestisidlerde yeralan bakır iyonlarısağlık yönünden çok risklidir. Canlı bünyesine düşük dozda bakır iyonu girmesi vücudun bakır dengesini bozabilmektedir.Vücut dengesindeki bu bozukluk; enzim aktivitesini engellemekte, karaciğer, beyin ve böbreklerin aktivitesini bozmaktadır. Ayrıca bitki bünyesine giren bakır iyonu bitkide uzun süre kalabilmektedir. Örneğin; elma ağaçlarında biriken bakır iyonu giderek azalmakla beraber 12 hafta boyunca varlığını devam ettirdiği tesbit edilmiştir[6,27].

1.2.1.3.Nikel(Ni^{+2})

Nikel elementi 1751 yılında ilk olarak Axel Cronstedt adlı bir İsveçli mineralojist tarafından, gersdorfit ($NiAsS$) cevheri üzerinde çalışırken bulunmuştur. Atom numarası 28'dir. Nikelin organik formu, inorganik formundan daha toksiktir. Deriyi tahriş ettiği gibi kalp damar sistemine ciddi zararlar vermekte ve kanserojen bir elementtir. Nikele maruz kalarak zehirlenme pek görülmez. Nikelin zehirli etkileri temel olarak 3 grupta inceleyebiliriz. Bunlar; kanserojen etki, solunum sistemine etki ve alerjik etkidir[6].



Şekil 1.7.Nikel

Nikel mıknatıs, paslanmaz çelik, özel alaşımlar ve bozuk para gibi birçok endüstri alanında ve son kullanıcı ürünlerinde ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca cama yeşil renk verme özelliğine sahiptir. Nikel öncelikle bir alaşım metalidir. Bu sebeple alaşım olarak birçok kullanım alanı vardır. Bu alaşımlardan başlıcaları; bakır, krom, alüminyum, kurşun, kobalt, gümüş ve altın ile yapılan alaşımlardır. Nikel ayrıca dekoratif gümüş yerine ve bozuk paraların üretiminde kullanılmaktadır. Nikel doğada çoğunlukla kobalt ile beraber bulunur. Paslanmaz çelik üretiminde nikel fazlasıyla ihtiyaç duyulur. Ayrıca nikel naturelliği sayesinde manyetik bir alanda belli oranda boyut değiştirme özelliğine sahiptir. Nikelin bu özelliği negatif yönde etki etmektedir[6,27].

1.2.1.4. Çinko (Zn^{+2})

Periyodik çizelgenin 2B grubunda bulunan kimyasal bir elementtir. Mavimsi beyaz renkte parlak bir elementtir. Çinkonun ilk olarak M.Ö. 500 yıllarında Rodos'ta bulunan bir mücevher parçasında bakıra eklenerek kullanıldığı görülmüştür. Sonraki dönemlerde pirinç yapımında kullanılmaya başlanmış ve metal olarak sınıflandırılmasından yüzyıllar önce bile kullanımı devam etmiştir. "Çinko" terimi ise ilk olarak 17. yüzyılda malzemenin tekrar bulunmasıyla ortaya çıkmıştır.



Şekil 1.8.Çinko

Çinko doğada bileşikler olarak görülür. Çinkokarbonat üretiminden uzun süre sonra çinko tuzu olarak üretilmiştir. Çinko diğer metal alaşımlarla uyum içinde olması sebebiyle madeni para üretiminde bileşen olarak kullanılmıştır. Çinko Bronz Devri'nden beri maden cevheri olarak kullanılmaktadır.

pH'sı yüksek topraklarda çinko bileşikleri güçlükçe çözülür. Bitkilerde fazla oranda fosfor uygulaması çinko ihtiyacına olabilir. Bitkilerde çinko ihtiyacı, yaprak damar aralarında sararmalara neden olur. Çinko metalinin fazlası da zararlıdır[6,27]

1.2.2. Ağır Metallerin Alıcı Ortamlardaki Etkileri

Ağır metallerin biyolojik sürece katılma oranlarına göre canlı ve cansız ortam olarak sınıflandırılırlar. Organizmalar canlı ortamında, canlı bünyesinde eser miktarda bulunmaları gereklidir ve bu metaller biyolojik reaksiyona girdiklerinden belli periyotlarla besinlerce alınmalıdır. Örneğin insanlarda ve hayvanlarda, bakır kırmızı kan hücreleri ve birçok oksidasyon ve redüksiyon prosesinin çok önemli parçasıdır. Ağır metaller eser miktarların altında küçük konsantrasyonlarda bile canlı psikolojisine zarar vererek ciddi hastalıklara sebep olurlar. Bu sınıfa en iyi örnek kükürtlü enzimlere bağlanan cıvadır. Bir ağır metalin eser miktarda olup olmadığı göz önüne bulundurulmuş canlıyla da ilişkilidir. Örneğin nikel bitkiler üzerinde zehirlilik etkisi gösterirken, hayvanlar için iz element olarak ihtiyaç duyulmaktadır[3].

1.2.3.Ağır Metallerin Toprağa Etkisi

Toprak kendi başına bile bir ekosistendir. Toprak çok zengin bir faunaya sahiptir. Yapılan bir çalışmada toprak yüzeyinin altında her bir metrede 30 bin küçük omurgasız canlı olduğu saptanmıştır. Topraktaki verimlilik için bitkisel ve hayvansal canlılar elzemdir.

Çevremizin hızla kirlenmesinden toprakta etkilenecek payını almıştır. Bu kirliliklerden biride ağırmetal kaynaklı kirliliktir. Toprağın ağırmetal tarafından kirlenmesinin üzerinden 14 yıl veya daha fazla bir zaman içerisinde topraktaki ağırmetalin %30'unun kaldığı görülmektedir. Toprağın ağır metal içerisindeki elementleri tutabilme kapasitesi sınırlıdır. Bu sınır değere yaklaşılması veya aşılması durumunda çevre açısından sorun yaratmaktadır. Ağırmetallerintoprakta birikimininekosistemin fonksiyonları yoluyla insan ve hayvan sağlığı üzerindeetkili olduğu gibi toprak verimliliği ve ekosistemin fonksiyonları üzerinde de kayda değer etkileri vardır. Topraktaki ağır metaller içerisinde bitki ve hayvanlar için gerekli elementler vardır. Bitkilerin besin ihtiyacı için gerekli elementler; Zn, Cu, Fe, Mn, Co, Mo ve B iken, hayvanlarda ise; Zn,Cu, Fe, Ni,Mn, Cr, F, Se, Co,V ve Sn'dir. Bu elementlerin toprakta belli seviyenin üzerine çıkmasıyla bitki ve hayvanlar üzerinde toksik etki yaratır. Topraklar daki ağırmetal depolanması, endüstriyel faaliyetlerin ve madenciliğin artış göstermesiyle, atık suların sula amacıyla kullanımı ve arıtma çamuru proseslerinin çoğalmasıyla büyük bir sorunteşkil etmiştir. Atıksular içerisindeki ağırmetallerden özellikle bazı elementler toprak için çok tehlikeli olabilmektedir. Bunlar; Cu, Ni, Pb, Cd ve Zn en önemlileridir.Topraktaki ağırmetallerin giderimi çevre mühendisliği kapsamında en güç alanlardandır. Kirlenen toprağın fiziksel, kimyasal, biyolojik vekompleks özelliklerinin bilinmemesi ve topraktaki kirleticilerinin davranış ve ilişkilerinin de yeterince bilinmemesi, uzaklaştırma çalışmalarınınmaliyetini yükseltmektedir. Bu nedenle toprak kirliliğinin uzaklaştırma için maliyetinin az ve etkinliği fazla uygulanabilir yeni teknolojilerin gelişimine acil olarak ihtiyaç duyulmaktadır[3].

1.2.4.Ağır Metallerin Sudaki Etkileri

Su çözücü etkisiyle doğada olduğu gibi vücudumuzda da reaksiyonların gerçekleştiği ortamdır. Ağırmetallerin bir veya bir kaçının bir araya gelerek su ortamında sınır değerlerinin üzerine çıkması toksik etki yapar ve canlıların yaşamını olumsuz etkiler. Suların ağır metallerce kirlenmesi durumunda bu kirliliğin tabiatta kendiliğinden temizlenmesi oldukça zordur. Kirlenen sular sulama suyunda da sınır değerleri gündeme getirmiştir.1960'lı yıllardaokyanus ve kara sularında su kirliliği yüksek sınır değerlere dayanmıştır. Su kirliliğinin artması endüstriyel faaliyetlerin artmasıyla paralellik gösterip doğru orantılıdır.19.yy'ın başlarında Türkiye'nin de

içinde bulunduğu Avrupa'nın birçok ülkesinde atık suların nehirlere boşaltılmayabışlanmıştır. Böylece büyük nehirlerle yer altı sularıda kirlenmiştir. Bu kirlenme bazı sanayi, tarım ve evlerin kullanacağı sularıda büyük oranda kirlenmiştir[31].

Suda az miktarda ağır metal bulunduğuunda bile kalıcı etki bırakabilecek birçok hastalığa veya ölüme neden olabilir. Kimyasal kirleticiler içinden ağırmetal gibi; sucul canlılarda oluşturduğu toksik etki, akut, kronik ve doğrudan etkilerin yanı sıra, dolaylı fizyolojik etkiler de yaratmaktadır. Bu tür kirleticiler, canlı türündeki yumurta larvalarını ve genç bireylerini önemli boyutlarda etkilemektedir. Buda canlı türlerinin üretimlerinin sürdürülebilirliğini ve nesillerin soy devamını tehlike altına almaktadır. Fizyolojik etkileri şu şekilde sıralayabiliriz: planktonlarda hücresel aktivitelerinin yavaşlaması ve engellenmesi, kabuklularda beslenme alışkanlıklarının farklılık göstermesi, balıklarda anormal yumurtlama ve yumurtlama evrelerinde değişmesi, kanser tümörlerinin oluşumu gibi etkiler yapmaktadır. Suda az miktarda bulunan ağırmetallerin birçoğu 1 ppm'de bile öldürücü etkiye sahiptir. Bunlar; Pb, Hg, Cu, Zn vb. ağırmetallerdir. Bunların hepsi su hayvanları için zehirlilik etkisi gösterir. Bunların tamamı suda yaşayan canlılar için zehirlilik etkisi gösterirler.

Suyun pH'sı en önemli etken olabilir. Ağırmetallerin yumuşak ve saf sularda bazik ve sert sulara göre daha zehirli olduğu tahmin edilmektedir.

Bakır bazı enzimlerde bulunur ve pek çok omurgasızın kan proteininde solunum pigmenti halinde mevcuttur. Çinko en elverişli düzeyde bazı enzimatik fonksiyonlar için gereklidir ve birçok proteinde yapı elementi olarak mevcuttur.

Bakırın balıklara karşı zehirliliğini, kelatlaşma azaltır. Örneğin sitrik asitle kelatlaşan CuSO_4 daha az zehirlidir. pH 6.0-8.5 arasında kelatlaşan bakırın % 90'ının suda çözölü kalmasına neden olur.

Deniz balıklarında hastalığa neden olan protözonların tedavisinde yüksek oranda çinko ve bakır hastalıkların tedavisinde kullanılır. Burada metalin zehirlilik etkisi bir süre sonra CaCO_3 ile dibe birikmesiyle giderilir.

Ağırmetallerin zehirliliği; pH, çözönmüş oksijen, sıcaklık, balığın büyüklüğüne oranla çözeltinin hacmi, çözeltinin yenilenme frekansı, çözeltideki diğer maddeler ve sinerjetik etki gibi faktörlere bağlıdır. Ağırmetalin balıklarda zehirliliğini arttıran bir diğer etkende sıcaklığın yükselmesidir. Kurşun tuzlarının zehirliliği su miktarındaki azalma, balığın büyüklülüğüyle ters orantılıdır. Ayrıca kurşun salgıyla balık üzerinde çöktürölerek toksikliği giderilir. İki ağırmetal ya da bir ağırmetalle başka bir madde arasındaki birliktelik etlisine gelince örneğin Cu-Zn kombinasyonları bazen tek başına Zn veya Cu'dan daha toksiktir[3].

1.2.5.Ağır Metallerin Canlılara Etkisi

Suyun yoğunluğu, ağırmetalın yoğunluğundan 5 kat daha düşüktür. Ağırmetallerin vücuda giriş hızları, vücudumuzun onları dışarı atma hızlarından düşükse, zamanla vücutta birikerek vücutta kronik zehirlenmeye yol açarlar.

Çizelge1.2. Ağırmetallerin insan vücudu üzerine etkisi

Ağırmetaller	Organ/Sistem	Ağırmetal Etkisi
Pb, Hg	Merkezi Sinir Sistemi	Beyinde deformasyon Nörolojik faaliyetlerin, azalması
Cd	Böbrek	Glomerular deformasyon
As, Hg	Üretim Sistemleri	Çocuk düşürme
As, Pb, Cd	Kan Dolaşımı	Kan hücresi üretimi azalması Hafif anemi
Zn, Cu,As, Se, Cd, , Hg	Solunum Sistemi	Anfizem, Hücre aralarındaki lifli bağ dokunun artması, Bronjit etkileri, Solunum yolları iltihabı Akut zehirlenmeler
Cu, Hg	Beyin	Tahribat
As	Karaciğer	Siroz
Cd	Akciğer	Kanser
As	Cilt	Kanser
Se, Zn, Cd	İskelet	Osteomoloz, Dişlerde çürümeye, Adele, eklem sızısı
As, Cd	Kromozom	Kromozomal bozukluk

Canlıların bünyelerinde ihtiyaç duydukları bazı metallerin sağlıklarına faydaları bulunmaktadır. Örneğin demir kansızlığı önler, çinko ise 100'den fazla enzim reaksiyonunda yer alır. Yalnız bu metallerin vücut ihtiyaç miktarı çok azdır, bu oranın üstüne çıkıldığında vücutta birikerek kronik veya akut toksik etki yapar. Örneğin çok fazla çinko alımı bakır eksikliğine sebebiyet verebilir veya genetik faktörler sonucu bakır eksikliği ortaya çıkabilir. Civa zehirlenmesi merkez sinir sistemi ile böbrek sistemini doğrudan etkiler. Ayrıca gelişim bozukluğu, hareket ve beyin işlevi bozukluklarına neden olur. Alüminyum zehirlenmesinde otizm, kan ve beyin fonksiyon bozuklukları, çocuklarda zeka geriliği ve öğrenme sorunu, cilt sorunları, karaciğer hastalığı, mide ve bağırsak kanseri, meme kanseri, hiperaktivite, enerji azlığı, parkinson hastalığı, mide ağrısı ve bulantısı, gaz sorunları gibi olumsuz etkiler ile karşılaşılabilir. İnsan vücudunda en çok bulunan 11. element olan magnezyumun eksikliği ve fazlalığı çeşitli sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Magnezyumun vücutta zehirlenme etkisi,kendini şu şekilde gösterir; kusma,mide bulantısı, kas zayıflaması, çarpıntı ödem,tansiyonun aşırı düşmesi, nefes darlığı, depresyon, gibi belirtilerle belli eder.

Çizelge1.3. Depo yaşının sızıntı suyu özellikleri üzerindeki değişimi (Chain ve De Walle, 1977)

Parametre ^a	1. Yıl	5. Yıl	16. Yıl
pH	5,2-6,4	5,0-6,6	5,6-6,1
KOİ	10000-40000	8000	400
BOİ ₅	7500-28000	4000	80
TOK	7300-16350	83-9150	108-3080
NH ₃ -N	56-482	36	10
Top-P	25-35	12	8
Toplam Katılar	10000-33000	718-18400	1920-5350
Toplam Uçucu Katılar	5350-20330	124-10300	770-3300
Alkalinite	600-800	1330	70
Klorür	620-1880	5,3-730	115-193
Cd	-	<0,05	<0,05
Mn	75-125	0,06	0,06
Cu	-	<0,5	<0,5
Fe	210-325	6,3	0,6
Pb	-	0,5	1
SO ₄	400-650	2	2
Zn	10-30	0,4	0,1

^apH hariç tüm birimler mg/L'dir.

Endüstriyel ürünlerin üretiminde kullanılan maddelerde ağır metallerin ham madde olarak fazlaca kullanılması nedeniyle son 50 yılda insanların ağır metallere istem dışı maruz kalması çok yüksekdeğerlerde artmıştır. Boyalar, Civalı amalgam dolgular ve musluk sularındaki kurşun, şampuan, işlenmiş gıdalar, saç ürünleri, kozmetik ürünleri ve diş macunundaki kimyasal kalıntılar nedeniyle insanlar sürekli ağır metallerle temas halindedir [3].

Çizelge1.4. Çöp sızıntı suyundaki çeşitli maddelerin derişim aralıkları

Parametre	Derişim Aralığı (mg/L)
pH	4,5-8,5
Amonyak Azotu	10-2040
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	3000-60000
Çinko	0,1-1,5
Toplam Krom	30-1600
Demir	50-1200
Kurşun	8-1020
Klorür	200-3000
Nikel	0,1-140
Bakır	4-1400
Kadmiyum	0,5-140
Fosfat	5-100
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı	2000-40000
Sülfat	50-1000
Alkalinite	1000-10000
TKN	100-1000
Toplam Organik Karbon	1500-20000

Çizelge1.5. Ağırmetallerin kullanıldıkları ve atıldıkları endüstriler

Endüstri Adı	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Ti	Tl	V	Zn
Metal Alaşımı	x		x	x	x	x			x		x	x	x	x		x			x
Bateri ve Pil Üretimi		x						x	x		x	x		x					x
Tarım	x							x	x						x	x			
Seramik ve Cam Üretimi	x			x							x	x		x			x		x
Kimya, İlaç, Dişçilik	x		x	x	x			x		x		x	x	x	x			x	x
Kaplama			x		x	x				x		x			x				
Elektronik Cihaz Üretimi		x						x					x						x
Gübre	x		x		x			x	x		x	x							
Fosil Yakıt Yakımı	x		x					x				x	x	x					x
Madencilik	x	x	x		x	x		x	x		x	x	x	x		x	x		x
Boya ve Pigment	x		x	x	x	x					x	x	x	x		x			x
Petrol Rafiasyonu	x			x	x	x					x	x						x	
Makine						x	x					x							
Plastik Üretim			x									x							
Kağıt Üretimi					x	x		x				x							
Tekstil	x				x	x													

Çizelge 1.6. Katı atık depo sahası sızıntı sularının alıcı ortama (yüzeysel sularına) deşarjı için su kirliliği kontrolü yönetmeliği

Parametre	Birim	Kompozit Numune 2 Saatlik	Kompozit Numune 24 Saatlik
Krom (Cr)	mg/L	0,5	0,5
Toplam Siyanür (Cn)	mg/L	1	0,5
Bakır (Cu)	mg/L	3	-
Balık Biyodeneyi (ZSF)	-	10	-
pH	-	6-9	6-9
Florür (F)	mg/L	15	-
Kurşun (Pb)	mg/L	2	1
Çinko (Zn)	mg/L	5	-
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/L	700	500
Demir (Fe)	mg/L	10	-
Kadmiyum (Cd)	mg/L	0,1	-
Toplam Krom	mg/L	2	1
Askıda Katı Madde (AKM)	mg/L	200	100
Toplam Kjeldahl-Azotu	mg/L	20	15
Toplam Fosfor (P)	mg/L	2	1
Yağ ve Gres	mg/L	20	10

(Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Tablo 20.6, Değişik R.G.-13/02/2008 26786) [5]

1.2.6.Diğer Ülkelerde Uygulanan Deşarj Standartları

Avrupa Birliğince arıtılmış veya arıtılmamış sızıntı suyu için konulmuş herhangi bir deşarjı standardı henüz yoktur. Avrupa birliğine üye ülkeler kendi koydukları özel deşarj standartlarını uygularlar. Almanya’da Çizelge1.7.’de verilen sızıntı suları için belirlenmiş bazı deşarj standartları uygulanmaktadır[3].

Çizelge 1.7. Almanya’da uygulanan sızıntı suyu deşarj standartları (Heyer ve Stegmann, 2002)

Parametre	Sınır değerler
Sülfür Bileşikleri	1,0
N _{total} , mg/L	70
Ni, mg/L	1,0
Siyanür, mg/L	0,2
Cd, mg/L	0,1
Cr, mg/L	0,1
Pb, mg/L	0,5
Zn, mg/L	2,0
N-NO ₂ , mg/L	2
P _{total} , mg/L	3
Ca, mg/L	0,5
Cr, mg/L	0,5
BOİ ₅ , mg/L	20
KOİ, mg/L	200
Hg, mg/L	0,05
AOX, mg/L	0,5
Hidrokarbonlar, mg/L	10

1.3.Adsorpsiyon

Gaz veya sıvı fazlardan birinin içerisindeki iyon, atom ya da moleküllerin emicilik özelliği gösteren adsorbant bir maddenin yüzeyine tutunmasına adsorpsiyon denir. Adsorpsiyonda ara yüzey sıvı-gaz, sıvı-katı ya da sıvı-sıvı şeklinde olabilir. Adsorpsiyon kullanım yerlerine göre farklı şekillerde ifade edilebilir.

Adsorpsiyon da derişim artarsa "pozitif adsorpsiyon" derişimin azalması halinde ise "negatif adsorpsiyon" oluşur. Yani çözünmüş maddenin adsorpsiyonu görüldüğü gibi iki şekilde gerçekleşir.

Atıksu veya sızıntı suyu benzeri suların arıtımında uzaklaştırılması istenen maddeleri uygun bir adsorban ile adsorpsiyon yöntemiyle giderilebilir. Bu sular içinde çözünmüş maddelerin kullanılan adsorbanın çekim kuvvetine bağlı olarak üç adsorpsiyon yöntemi vardır.

Adsorpsiyon, elektrostatik kuvvetten veya yüzey gerilimindeki değişiklikten meydana gelebilir. Çözelti içerisindeki maddenin, içindeki ve yüzeydeki dağılımı farklıdır. Birinci halde oluşan adsorpsiyon pozitif, ikinci halde oluşan ise negatiftir. Adsorpsiyonda iki fazın birbirleriyle temas halinde bulunmasından dolayı fazlar arasında bir elektriksel potansiyel fark ortaya çıkmaktadır. Bu olay sonucu, ara yüzeyin bir tarafının negatif yüklenmesine diğer tarafın pozitif yüklenmesine neden olarak yük uzaklaşmasına sebep olmaktadır. Fazlardan biri sıvı diğeri katı ise fazla yapıda çift tabaka oluşmasına neden olabilir.Çözelti içerisindeki iyonlarla katı yüzey arasında ortaya çıkan çekim kuvveti çift tabakanın özel yapısını tayin eder. Bununla birlikte, birçok katı ile su temas halinde olursa bir elektrik yük kazanır[4,28].

Adsorpsiyon işlemleri çoğunlukla; kimya, biyokimya, petrol endüstrisinde saflaştırma (eser miktardaki safsızlıkların giderilmesi) ve yığın ayırma işlemlerinde kullanılır. Sanayide adsorpsiyonun kullanım alanları; bazı endüstriyel gazlardan ve sudan safsızlık ve kokunun uzaklaştırılması, hava veya farklı gazlardan nemin giderilmesi, petrol ürünlerinden ve şeker çözeltilerinden renk giderilmesi, hidrokarbon gazların fraksiyonu adsorpsiyonun sanayide kullanım alanlarından yalnız bir kaçıdır. Gaz-katı veya sıvı-katı iki faz reaktörleri adsorpsiyon işlemlerinde dolgu kolonlar olarak kullanılmaktadır[4].

Çekim gücüne bağlı olarak adsorplayan madde yüzeyi ile adsorplanan kimyasal arasında farklı adsorpsiyon türleri tanımlanmaktadır.

1.3.1.Adsorpsiyon Türleri

1.3.1.1. Fiziksel Adsorpsiyon

Fiziksel adsorpsiyonda adsorbat ve adsorbent arasındaki etkileşime zayıftır. Bu tür etkileşimler Van Der Waals türü etkileşimlerdir. Fiziksel Adsorpsiyon için ΔH değeri 35 kJ/mol'den küçüktür. Fiziksel adsorpsiyona, asal gazların ve metanın adsorpsiyonunu örnek verebiliriz. Fiziksel adsorpsiyon tersinir olup, proses çok çabuktur. Sıcaklık arttıkça fiziksel adsorpsiyon artmaktadır. Bu tür adsorpsiyonda adsorblanmış tabaka birden fazla molekül kalınlığında da olabilir.

Katı maddeler ayrıca çözelti ortamındaki maddeleride adsorbe edebilir. Adsorplanan madde katının kristal yapısına nüfuz etmez yalnızca yüzeyinde birikir. Adsorplanan tabaka düzgün bir yüzey üzerinde ise bu tabaka birkaç molekül kalınlığından fazla değildir. Ancak, yüzeyin pürüzlü etkisinden dolayı yüzey adsorpsiyonuna ek olarak pürüzlü mekândanötürü kapiler yoğunlaşma olayı yaşandığı için adsorplanan toplam miktar, düz yüzeylere oranla önemli ölçüde yükselir. Ekonomik olarak geri kazanım için adsorbent katının veya adsorbant gazın geri dönüşümü için tersinirlikten yararlanılır. Yüzeyden ayrılma (desorpsiyon), sıcaklık arttırılarak ya da basınç düşürülerek gerçekleştirilir. Tersinir özelliklerinden ötürü kullanılan adsorbentler yenilenerek tekrardan kullanılır[4].

1.3.1.2. Kimyasal Adsorpsiyon (Kemisorpsiyon)

Kimyasal adsorpsiyon, kimyasal bağların oluşumunu içerir. Çoğu zaman kimyasal adsorpsiyon fiziksel adsorpsiyondan reaksiyon entalpisinin büyüklüğüne bakılarak ayırt edilir. Genel olarak bir adsorpsiyon olayının reaksiyon entalpisi 35 kJ/mol'den büyük ise adsorpsiyon olayının kimyasal olduğu söylenebilir. Kimyasal adsorpsiyonda adsorbatla adsorbent arasında bağlama

çok kuvvetli olduğundan olay tersine çevrilmez. Bu tür adsorpsiyonda sıcaklık arttıkça adsorpsiyon hızının da arttığı tespit edilmiştir. Kimyasal adsorpsiyon tek tabaka olmaktadır. Kimyasal adsorpsiyon; adsorbent ile adsorplanan madde yüzeyi arasındaki fonksiyonel grupların kimyasal etkileşimi ile ortaya çıkan adsorpsiyondur. Kimyasal adsorpsiyonda adsorbent ile adsorplanan madde arasında kimyasal reaksiyon ısıları miktarında enerji açığa çıkar. Kimyasal adsorpsiyonda oluşan ısı fiziksel adsorpsiyondan 10-20 kat daha fazladır (20-400 kJ/mol). Kimyasal adsorpsiyona maruz kalan bir molekülün aktivitesi, bu ısı nedeniyle yükselir. Bu nedenle, başka bir bileşen ile gaz fazındaki reaksiyonunda ihtiyaç olan aktivasyon enerjisini bünyesinde barındırdığından reaksiyon gerçekleşebilir. Kimyasal adsorpsiyonun sıcaklıkla değişmesi olayına "aktif kemisorpsiyon" denilir. Katı adsorbent yüzeyine gaz fazından gelen adsorbant arasında bir kimyasal adsorpsiyon gerçekleştiğinden katı adsorbent üzerine bir molekül tabakası şeklinde birikebilmektedir. Kimyasal adsorpsiyon çoğunlukla tersinmez süreçlerdir. Bu nedenle kimyasal adsorpsiyon katalitik etkinin önemli olduğu süreçler için ihtiyaç duyulmaktadır[4,28].

Çizelge 1.8. Fiziksel ve Kimyasal Adsorpsiyon Arasındaki Önemli Farklılıklar

Parametre	Kimyasal Adsorpsiyon	Fiziksel Adsorpsiyon
Hız	Sıcaklığa bağlı olarak değişir	Çok hızlı
Geri dönüşüm (Desorpsiyon)	Genelde geri dönüşümsüz	Yüksek geri dönüşüm
Entalpi etkisi	Çoğunlukla, ekzotermik reaksiyon ısıları seviyesinde	Daima ekzotermik yoğunlaşma seviyesinde
Bağ kuvvetleri	Moleküller içinde	Moleküller arasında
Adsorplanan	Bazı kimyasal reaktif maddeler, çözünmüş katılar	Kritik sıcaklığın altındaki gazlar, sıvılar, çözünmüş katılar
Önem	Yüzey-reaksiyon kinetiklerinin ifadesi ve aktif merkez alanının tayini için	Yüzey alanı ve gözenek boyutunun tayini için
Adsorpsiyon ısısı	Yüksek	Düşük
Adsorbent	Bazı katı maddeler	Bütün katı maddeler
Sıcaklık sınırı	Genellikle yüksek sıcaklık	Düşük sıcaklık

1.3.1.3. Biyolojik Adsorpsiyon

Kirleticileri atıksudan uzaklaştırmak için bakteri kullanımı bilinen en eski yöntemdir. Son yıllarda adsorpsiyon işlemleri içerisinde biyolojik adsorpsiyon daha önem kazanmıştır. Biyolojik adsorpsiyonun kullanılacağı adsorbentin ve adsorbanın diğer adsorpsiyon işlevlerine göre daha doğal ve çevreye daha az zararlı oluşu biyolojik adsorpsiyona yönelmeyi sağlamıştır. Biyolojik adsorpsiyonla birlikte yardımcı olarak fiziksel adsorpsiyonun kullanımı adsorpsiyon verimini daha da artırabilmektedir. Mikroorganizma taşınımında inert bir maddenin üzerinde her iki adsorpsiyonun kullanılması buna örnek olarak verilebilir. Adsorplama işleminde inert maddeler

kullanılan mikroorganizmayı zehirli maddelerden koruyarak biyodegradasyon için istenen koşulları sağlamaktadır[4].

1.3.1.4. İyonik Adsorpsiyon

Adsorban ile çözücü içerisindeki adsorplanan maddenin yüzeylerindeki zıt elektrik iyonlarının birbirini çekim gücüyle çekmesiyle gerçekleşen adsorpsiyona iyonik adsorpsiyon denir. İyonik adsorpsiyon, çözücü içerisindeki adsorplanan maddelerden elektrik yükünün fazla olduğu ve çapının küçük olduğu maddeler daha iyi tutularak adsorplanır[4].

1.3.2. Adsorpsiyonu Etkileyen Temel Faktörler

Adsorban ve adsorbant maddenin fiziksel ve kimyasal özellikleri ve adsorpsiyonun gerçekleştiği ortamın karakteristiği adsorpsiyon işleminin verimine etki eden başlıca etkindir. Bu etkenler ana başlıklar halinde aşağıdaki gibi gösterilebilir.

- A. Adsorbanın özellikleri
 - Adsorbanın yüzey miktarı ve karakteristiği
 - Parçacık çapı
 - Gözenek yapısı ve çapının dağılımı
- B. Adsorbantın özellikleri
 - Moleküler yapısı
 - Sıvı içerisindeki derişimi
 - Moleküler büyüklüğü
 - Sıvı içerisindeki çözünürlüğü
- C. Ortamın özellikleri
 - Sıcaklık
 - Zaman
 - Ortamdaki diğer çözünmüş maddeler
 - Ph

1.3.2.1. Sıcaklık Etkisi

Sıcaklık adsorpsiyonu etkileyen önemli faktörlerden biridir. Sıcaklığın artmasıyla adsorpsiyon artar, sıcaklığın düşmesiyle adsorpsiyon düşer. Sıcaklık ve adsorpsiyon doğru orantılıdır. Eğer adsorpsiyon prosesi ekzotermik bir proses ise adsorpsiyon veriminin büyüklüğü sıcaklığın azalmasıyla artar. Sıcaklıkta düşük bir değişim adsorpsiyon verimini önemli ölçüde etkileyebilir[4].

1.3.2.2. pH Etkisi

Ortamdaki pH birçok nedenden dolayı adsorpsiyonu etkiler. pH adsorpsiyonu etkileyen önemli bir etkidir. Hidrojen ve hidroksit iyonları daha fazla adsorplandıklarından, diğer iyonların adsorpsiyonu çözeltinin pH'ından etkilenir. Adsorpsiyonun olduğu çözelti ortamında hidrojen ve hidroksil iyonları güçlü bir şekilde adsorplandıklarından diğer iyonların adsorpsiyonu çözeltinin pH'ını etkileyebilmektedir. Organik asitler düşük pH değerlerinde daha fazla adsorbe edilerek verim sağlanırken, organik bazlar yüksek pH'da daha iyi adsorplanarak daha iyi verim sağlanır[4].

1.3.2.3. Karıştırma Hızı

Film difüzyonu veya por difüzyonu sistemin karıştırma hızını etkileyen önemli bir etkidir. Adsorpsiyon hızını etkileyen bu difüzyon çeşitleri kontrol edilerek adsorpsiyon verimi ayarlanır. Karıştırma hızı düşürülerek difüzyon yüzeyindeki film tabakası kalınlaştırılarak adsorpsiyon verimi arttırılabilir. Karıştırma hızı, adsorpsiyon ile ters orantılıdır. Karıştırma hızında adsorpsiyon verimini etkileyen karıştırma hızıyla birlikte adsorbant olarak kullanılan maddenin cinside önemli bir etkidir.

1.3.3. Adsorplanan Madde ve Çözücünün Özellikleri

Adsorpsiyon işleminde giderim verimini etkileyen önemli bir diğer etkende çözünürlüğü ortamda adsorbentin tutacağı adsorbanın hidrofobik özelliğiyle ilişkilidir. Adsorbanın hidrofobik özelliği ne kadar güçlüyse adsorplanma verimi de o boyutta fazla olacaktır. Yani suyu sevmeyen maddeler daha fazla adsorplanmaktadır, suyu seven yapılar ise daha düşük adsorplanmaktadır. İnorganik yapılar çoğunlukla suyu seven yapıda olduklarından dolayı düşük seviyede adsorplanırlar. Diğer bir faktör ise çözücü içerisindeki polar bir çözünen kendi gibi polar bir çözücüyle seçmesiyle polar çözünen daha fazla adsorplanmaktadır. Adsorpsiyon hızı, çözelti ortamındaki adsorplanan madde konsantrasyonu ile benzerlik gösterir[4].

1.3.3.1. Adsorbentin Özellikleri

Su ortamında yapılan adsorpsiyon çalışmalarında adsorpsiyon verimi yükseltmek için adsorbent maddelerin yanında kimyasal maddelerde kullanılır. Kullanılan adsorban maddelere örnek; silika jel, makroporoz reçineler, alumina, fuller toprağı, aktif karbon, aktif silika ve bazik makroporoz iyon değiştirici reçineler en önemlilerindendir.

Adsorpsiyon adsorbentin yüzeyinde gerçekleştiği için adsorbentin yüzey alanının büyüklüğü adsorpsiyon verimiyle doğru orantılıdır. Adsorbentin iyi giderim sağlaması için gözenek dağılımının düzenli olmasına, yüzey alanının geniş olması ve parçacıklı bir şekilde olması gerekir[4].

1.3.3.2. Adsorplayıcı Katılar

Bütün katılar kendilerince emme veya yüzeye tutunma özellikleriyle adsorplama özelliğine sahiptirler. Bu katıların adsorplama özelliğine sahip olmalarının sebebi kristalli ve gözenekli olmalarıdır. Katılar bu özelliklerden birini veya her ikisine sahip olabilirler. Gözenek; katılarda ki boşluk, çatlaklık, oyuk ve kanallara verilen genel bir isimdir. Bu gözeneklerin doğadaki büyüklüğü bir mağara ile atom büyüklüğü arasında değişmektedir. Gözenekler genişliklerine göre adlandırılmıştır bunlar; genişliği 2 nm'den küçük olanlara mikrogözenek, 2 nm ile 50 nm arasında olanlara mezogözenek, 50 nm'den büyük olanlara ise makrogözenek adı verilmiştir[4].

En genel kullanım gören izotermier Freundlich, Langmuir denklemleridir. Adsorban yüzeyi heterojen olduğunda Freundlich denklemi daha uygundur. Langmuir izotermi, adsorban yüzeyinin enerji açısından benzer olduğu varsayımıyla, tek tabakalı homojen adsorpsiyonu açıklamak için kullanılmaktadır. Sonuçlar doğrultusunda genişleştirilmiş perlitin gözenekli ve boşluklu yapısından yararlanılarak katı atık sızıntı suyunun Freundlich ve Langmuir izotermier incelenerek en uygun izoterm hesaplanmıştır.

Adsorpsiyon Yöntemini Seçme Nedeni;

- İstenmeyen tat ve koku giderimi,
- İnsektisit, bakterisit ve buna benzer pestisitler biyolojik arıtma tesislerinde girişi meydana getirebilirler ve arıtılmadan tesisten atılırlar,
- Küçük miktarlarda zehirli bileşiklerin(fenol vb.) sudan giderilmesi,
- Deterjan kalıntılarının sudan giderilmesi,
- Endüstriyel atıklarda görülen kalıcı organik maddelerin ve rengin uzaklaştırılması,
- Endüstriyel atıksularda görülen inorganik kimyasal bileşiklerin uzaklaştırılması,
- Kloro ve Nitro bileşiklerine benzer özel organik maddelerin giderimi,
- Toplam organik karbon ve klor gereksiniminin düşürülmesi,
- Deklorizasyon, şeklinde özetlenebilir.

Adsorbanın özellikleri;

- Zehirsiz olmalı,
- Çevre için zararsız olmalı,

- Ucuz ve kolay elde edilebilir olmalı,
- Adsorbanlarla etkileşime girebilecek fonksiyonel gruplar bulundurulmalı,
- Adsorbentin iyi adsorplaması için geniş yüzey alanına sahip olmalıdır,
- Çözücü içinde çözünmemeli,
- Kolayca geri kazanılabilmeli,
- Bilimsel olarak kullanılması kanıtlanmıştır.

1.3.4. Adsorbsiyon Mekanizmasının Aşamaları

Su içindeki kirleticilerin adsorpsiyonunda hem adsorpsiyon hızı hem de adsorpsiyon derecesi, adsorplanan molekülün karakteristiklerine bağlıdır. Adsorpsiyon derecesi, bileşenin su içindeki çözünürlüğü tarafından bir noktaya kadar kontrol edilir. Az çözünen maddenin adsorpsiyonu daha muhtemeldir. Hem hidrofilik (su seven) hem de hidrofobik (su sevmeyen) grupları içeren moleküller ile uç kısmı hidrofobik olan moleküller yüzeye tutunma eğilimindedirler. Maddeleri yüzeye karşı nispi seçiciliği bir faktördür. Molekül büyüklüğü moleküler adsorban gözeneklerin içine girebilmesi kabiliyetlerinin ve yüzeye difüzyon hızının etkilenmesinden dolayı önem taşımaktadır. Değişim adsorpsiyonu hariç olmak üzere iyonlar nötr bileşenlere göre daha az adsorplanma eğilimindedirler. Pek çok organik yüksek pH'da negatif düşük pH'da pozitif iyon ve orta pH aralığında nötr bileşenler oluşturur. Adsorpsiyon genellikle bileşenlerin nötr yüke sahip olduğu pH aralığında artar. Bununla birlikte pH yüzey yükünü etkileyerek adsorbanın maddeleri adsorplama kabiliyetini değiştirir. Su ve atıksu numunelerinde her bir fark adsorpsiyon özelliklerine sahip birçok farklı madde bulunmaktadır. Her biri diğerlerinin adsorpsiyonu ile bir şekilde rekabet eder. Bu sebepten dolayı bir madde çözelti içinde diğer maddeleri ile çözelti içinde tek başında olduğunda daha az adsorplanabilir. Bu adsorpsiyon izotermelerinin prensiplerinin bir ifadesi ve uygulaması olup ters akım ekstraksiyonu (ayırıştırma) ile bazı açılardan karşılaştırılabilir. Çeşitli kirletici problemlerin üstesinden gelmek için bu tür sistemlerin kullanımı günümüzde oldukça yaygındır. Verimli bir şekilde rejenere (tekrar kullanım, temizleyen) edilebilen özel adsorban maddelerin geliştirilmesi proses maliyetini önemli ölçüde iyileştirmektedir[4,28].

1.3.5. Adsorpsiyon İzotermi

Adsorpsiyon dengesi, adsorpsiyon izotermi olarak bilinen bağıntılarla tanımlanır. Çözeltide geriye kalan derişim C ile adsorplayıcının birim kütlesi başına elde ettiği madde miktarı q

arasındaki ilişkiler adsorpsiyon izotermi olarak tanımlanır. Adsorpsiyon izotermlerinin matematiksel açıdan uygun formüllerle ifadesi için başlıca üç yaklaşım geliştirilmiştir[4].

A-Langmuir İzotermi

B-Freundlich İzotermi

şeklinde ifade edilmiştir.

1.3.5.1.Langmuir İzotermi

Langmuir adsorpsiyon izotermi ampiriktir ve aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$q_e = \frac{x}{M} = \frac{a.b.c}{1+b.c} \quad (1.1)$$

burada;

$\frac{x}{M}$ = Birim adsorplayıcı ağırlığı başına adsorplanan madde miktarı (mg/g)

a=Birim adsorplayıcı ağırlığı başına tek sıralı filmde tutulan mol sayısı

b=Sabit

c_e =Adsorpsiyondan sonra çözeltide kalan madde derişimi (mg/L)

Langmuir İzoterminin linerize (doğrusal) edilmiş şekli;

$$\frac{c}{q_e} = \frac{c}{x/M} = \frac{1}{a.b} + \frac{c}{a} \quad (1.2)$$

$$\frac{1}{x/M} = \frac{1}{a} + \frac{1}{a.b} \cdot \frac{1}{c} \quad (1.3)$$

C'ye karşı c/(x/m) değerleri grafiğe geçirilerek elde edilir ve bu grafik yardımıyla a ve b sabitleri hesaplanabilir.

1.3.5.2.Freundlich İzotermi

Aşağıdaki formül ile ifade edilebilir.

$$q_e = \frac{x}{M} = k_f \cdot c^{\frac{1}{n}} \quad (1.4)$$

$\frac{x}{M}$ = Birim adsorplayıcı kütle başına adsorplanan madde miktarı (mg/g)

M= Madde miktarı

x=Adsorpsiyon madde miktarı

k_f =Freundlich sabiti

n=sabit (n >1)

c=Adsorplanan madde miktarı çözeltideki kalıntı derişimi

Freundlich bağıntısının linerize edilmesiyle;

$$\log \frac{x}{M} = \log k_f + \frac{1}{n} \log c \quad (1.5)$$

Katı atık depolama alanlarından çıkan sızıntı sularını uzaklaştırma amacıyla adsorpsiyon uygulamamız gerekmektedir. Bu adsorpsiyon işlevimiz için uygun adsorbent malzemesi bulmamız gerekir. Bilinen adsorbent malzemeler sentetik ve doğal olarak ikiye ayrılmaktadır. Günümüzde birçok maddenin adsorbent olarak kullanımı için ve bu maddelerin maliyetinin düşük, temin edilmesinin kolay olduğu maddeler üzerine çalışılmıştır.

- Doğal Adsorbanlar;
zeolitler, klinoptilolit, bentonit, perlit, sepiyolit, paligorskit, pirit, dolomit, illit, hematit, montmorillonit, vollastonit, antrasit, kaolin, feldispat, fosfojips, kum, ponza taşı, yünler,
- Sentetik Adsorbent Çeşitleri; silika jel, polimerler, tanin jelleri, alüminyum oksitler (alümina), alunitalum çamuru, boksit çamuru, arıtma çamurları,

Yaptığımız çalışmada uygun adsorbent madde seçiminde doğal, ülkemizde bulunan rezerv miktarının fazla oluşu ve maliyetinin düşük olması nedeniyle adsorbent malzemesi olarak perlit tercih edilmiştir[4].

1.4. Perlit Hakkında Bilgiler

Kullanılacak adsorban madde; düşük maliyete, kolay taşınmaya ve kolay depolanmaya sahip olan genleştirilmiş perlittir. Perlitamorf yapılcamsınci parlaklığında volkanik bir kayadır. İnci taşı olarak da literatürde yeri vardır. Perlit 5 m²/g'ye yakın yüzey alanına sahip olduğundan mikroskobik boyutta kabarcıklar, porlar ve kanallar içeren bir katıdır. Bu adsorban maddenin gözenekli ve boşluklu yapısından yararlanılarak aynı zamanda ağır metal ve toksik içeriği fazla olan sızıntı suların da yüksek giderim sağlamaktadır. Perlitin adsorban olarak sıvı ortamdan ağır metallerin uzaklaştırılmasında, petrol atıklarının temizlenmesinde doğal ve sentetik temizleme yöntemlerine göre daha iyi verim elde ettiği kanıtlanmıştır. Perlit %70'den fazla silika içerdiğinden adsorpsiyon özelliği göstermektedir. Ayrıca perlitin gözenekli olması yüzeyde adsorpsiyon ve emicilik özelliği kazandırmıştır Bu özellik perlit taneciklerindeki boşluk hacminin toplam tanecik hacmine oranının ortalamasıdır. Genleştirilmiş perlit gözenekli bir yapıya sahiptir ve sulu çözeltilerde yoğunluk farkı gözetmeden kendi bünyesine çözeltiyi adsorbe etmektedir.

Ardalı vd. [29], Genleştirilmiş perlitin endüstriyel atık sızıntı suyu içerisindeki Cu (II) uzaklaştırılmasında adsorban olarak kullanılmıştır. Çalışmada kesikli adsorpsiyon tekniği ile endüstriyel atık sızıntı suyu Cu giderimi (II) araştırılmış. Genleştirilmiş perlit endüstriyel sızıntı

suyu Cu (II) çıkarılması için bir adsorban olarak başarılı bir şekilde kullanılabilir. Adsorpsiyon kinetiğini belirleyebilmek için ikinci derece, Elovich ve partiküller arası difüzyon kinetik modelleri kullanılmıştır. Cu (II), giderme yüzdesi genişleştirilmiş perlit konsantrasyonunda bir artış ile yükselir. Sonuçlar genişleşmiş perlit sızıntı suyunun Cu (II) giderilmesi için potansiyel bir adsorban olduğunu göstermiştir[29].

Katı atık entegre tesislerinin sorunlarından biri olan sızıntı suyunu genişleştirilmiş perlitin adsorbe özelliğinden yararlanılabilir. Böylelikle sızıntı suyundaki ağırmetal giderimi sağlanabilir. Adsorplanan sızıntı suyunda toksik madde miktarı minimuma indirilmiş olacaktır[28].

1.4.1.Perlit

İçerisinde perlit bulunduran bazı kayalar hızlı bir şekilde ısıya maruz kalındığında genişlediği 20. yüzyılın başlarında yapılan araştırmaların neticesinde ortaya çıkmıştır. Perlit, asit özelliği gösteren volkanik bir kayadır. Volkanizma faaliyetlerinde çabuk soğumayla ortaya çıkmış yuvarlak veya kavisli büzülmelerle çatlakların olduğu camsı inci parlaklığında bir kayadır. Perlit içeriğinde %2-6 arasında su bulundurduğundan 750-1200 °C'ye kadar ısıtılmasıyla mevcut hacminin 4 ila 20 katı kadar genişler. Genleşme sonucunda sıcak ve yumuşamış camsı parçacıklar şeklinde fazla sayıda küçük hafif ve gözenekli yapıya sahiptir.

Perlit genişleştirildiğinde 4 faktör önemli rol oynamaktadır.

- Perlitin cinsi
- Isıtma süresi
- Tane boyutu
- Genleşme ısısı

Genleşmiş perlit diğer inanılmaz karakteristik özelliklere sahiptir. Bunun sebebi, küçük camsı taneciklerdir[28].



Şekil 1.9.Genleştirilmiş perlit

Çizelge 1.9. Perlitin Fiziksel Özellikleri (%)

Renk	Beyaz, gri ve tonları
Yumuşama noktası	870-1100°C
Ergime noktası	1260-1343 °C
OH	7,5-8,0
Özgöl ısı	0.2 Cal/goC (837 J/Kg.k)
Özgöl ağırlık	2,2-2,4 g/cc (2200-2400 Kg/m ³)
Refraktif İndeks	1,5
Serbest nem (%)	Maksimum 0,5
Ağırlık kaybı	İstenildiği kadar
Gevşek yoğunluk(Genleşmiş)	32-400 kg/m ³
Isı iletkenliği(Genleşmiş)	0,04 W/m.k
Asitte erime özelliği	-Konsantre sıcak alkali ve hidroklorik asitte erir. -Konsantre mineral asitlerinde az erir (% 2) -Seyreltik mineral veya konsantre zayıf asitlerdeçok az erir (% 0,1).

Perlit rezervleri çoğunlukla genç volkanik arazilerin bulunduğu bölgelerde görülür. Dünya perlit rezervleri Çizelge 1.12.'de gösterilmiştir. Türkiye'deki perlit rezervi ise Çizelge 1.11.'de gösterilmiştir. 1946'da ikinci dünya savaşının ardında perlit üretimi başlanmıştır ve o zamandan sonra perlit üretimi sürekli artmıştır. Türkiye, Yunanistan ve ABDperlit üretiminde ülkelerdendir. Türkiye, dünya perlit rezervinin yaklaşık %70'ini karşılamaktadır [28].

Çizelge 1.10. Perlitin Kimyasal Özellikleri

Elementler	Miktar (%)
SiO ₂	71,0 - 75,0
AlO ₃	12,5 - 18,0
Na ₂ O ₃	2,9 - 4,0
K ₂ O	0,5 - 5,0
Ca	0,5 - 0,2
Fe ₂ O ₃	0,1 - 1,5
MgO	0,02 - 0,5
TiO ₂	0,03 - 0,2
MnO ₂	0,0 - 0,1
SO ₃	0,0 - 0,2
FeO	0,0 - 0,1
Cr	0,0 - 0,1
Ba	0,0 - 0,05
PbO	0,0 - 0,03 / 0,3
NiO	Eser
Cu	Eser
B	Eser
Be	Eser
Serbest silis	0,0 - 0,2
Toplam klorürler	Eser - 0,2
Toplam sülfatlar	Hiç Yok



Şekil 1.10. Türkiye’de perlit rezervi

Çizelge 1.11. Perlitin Türkiye’deki rezervi

Bölgeler	Miktar (Bin Ton, Mümkün)
Ankara-Kızılcahamam	34.200
Ankara-Çubuk	32.000
Ankara-Çamlıdere	8.000
Balıkesir-İvrindi	25.000
Çanakkale-Biga	3.400
Çanakkale-Orta	30.000
Eskişehir-Seyitgazi	20.000
Erzincan	100.000
Türkmentepe	60.000
Erzurum-Pasinler	16.500
İzmir-Cumaoası	16.500
İzmir-Foça	8.000
İzmir-Bergama	1.500.000
İzmir-Dikili-Deliktaş	18.000
Kars-Sarıkamış	18.600
Manisa-Sarıkamış	862.000
Manisa-Zeytindağ	350.000
Nevşehir-Acıgöl	1.400.000
TOPLAM	4.502,20

1.4.2. Perlitin Kullanım Alanları

Genleşmiş perlit kauçuklarda, plastiklerde, boyada, parlaticı boyada, reçine ve cilalamada dolgu maddesi olarak ve kimyasal reaksiyonlarda katalizör olarak kullanılmaktadır. Perlitin klasik sıvılar üzerinde düşük termal iletkenliği fazla ses adsorpsiyonu, ateşe dayanıklılığı ve düşük bulk yoğunluğu avantajları vardır. Ham perlitin kullanılma alanı daha dar iken genleşmiş perlitin kullanılma alanı ise çok daha çeşitlidir. Bu sebeple asıl olarak perlitin kimyasal ve fiziksel özellikleriyle ilişkilidir. Genleşmiş perlit hafif ısıya dayanıklı ve harika ısı ve ses izalatörüne sahip olan bir malzemedir. Üretilen perlitin yarısından fazlası inşaat sektöründe, özellikle yalıtım malzemeleri (sıvıları, döşemeleri ve betonları) agregat olarak ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, perlit sıvılaştırılmış gaz için kullanılacak kapları izole etmede kullanılmaktadır. Tam boyutlandırılmış perlit gıda sektöründe başta su ve diğer sıvılar için süzmeye yardımcı madde olarak kullanılmaktadır. Bunla beraber genleşmiş perlit köklendirme ortamı, toprak şartlandırıcı ve bitki öldürücü ilaç olarak böcek öldürücü ve kimyasal gübreler için kullanılmaktadır. Perlit %70'den fazla silika içerdiğinden adsorpsiyon özelliği göstermektedir. Kimyasal açıdan birçok ortamda inert olarak görüldüğü için kusursuz bir süzme yardımcı maddesidir. Yapılan araştırmalarda ülkemizde mevcut perlit rezervi 4.5 milyar ton olduğu ortaya çıkmıştır[28].

Çizelge 1.12. Dünya perlit rezervi

ÜLKE	Rezerv (x10 ⁶ ton)	Diğer (x10 ⁶ ton)	Toplam (x10 ⁶ ton)
Türkiye	1000	3000	4000
Sovyetler Birliği	500	1000	1500
A.B.D.	200	500	700
Yunanistan	100	100	200
Japonya	10	25	35
Yeni Zelanda	10	15	25
İtalya	5	5	10
Meksika	5	5	10
Macaristan	5	5	10
Dünya Toplam	1835	4655	6490

Perlit madeni açık bir üretim şekliyle kırma, öğütme ve sınıflandırma işlemleri gerçekleştirilerek perlit üretimim gerçekleştirilmektedir. Perlit üretiminde dikkat edilmesi gereken hususlar vardır. Bunlardan başlıcaları;

- Perliti imkan dahilinde mümkün mertebe küplere veya nodüllere ayırarak parçalar elde etmek,
- Ocaktaki perlit cinsine göre perlitin kabuğunu bozmadan gerekli tane büyüklüğüne ve

talep edilen boyuna göre kırma,

- Perlit kolay kırılabilen ve işlenebilen bir madendir. Talep edilen tane büyüklüğüne göre kırıcı ve öğütücü seçimine dikkat edilmelidir.

Perlitüretim tesislerinde yapılan işlemler şunlardır; ön öğütme, kurutma, öğütme, ince öğütme, eleme, sınıflandırma, boyutlandırma ve depolamadır. Perlit farklı boyutlarda talep edildiğinden öğütme işleminde esnek davranılır. Farklı kullanım yerlerine göre perlit talebi şu ağırlık gruplarında üretilmektedir.

- 0,05mm;0,3-1mm;0,3-1,6mm;0,3-2mm(0,3mmaltındakimiktarmax.%8)
- 0,3-2mm(0,3mmaltındakimiktarmax.%40)
- 0-0,4mm;0-1,2mm(0,3mmaltındakimiktarmax.%10)
- 0,8-1,6 mm; 0-2,0 mm (0,3 mm altındaki miktar max. %40)
- 0-0,4 mm; 0,4-1,2 mm; 1,2-2,0 mm.

Çizelge1.13. Perlitin ülkelere göre üretim miktarları (bin ton)

ÜLKE	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Yunanistan	541,0	569,0	570,0	570,0	650,0	600,0
İtalya	73,0	70,0	71,0	71,0	110,0	110,0
Çekoslovakya(*)	3,5	3,5	3,6	3,7	3,7	3,8
Macaristan	109,0	112,0	120,0	180,0	110,0	110,0
Ermenistan	600,0	600,0	600,0	600,0	600,0	600,0
Türkiye	103,0	144,0	154,0	143,0	145,0	150,0
Meksika	46,0	39,0	393,0	40,0	35,0	35,0
ABD	667,0	706,0	753,0	655,0	700,0	650,0
Arjantin	20,0	-	-	-	27,0	27,0
Japonya	75,0	75,0	75,0	77,0	77,0	77,0
Diğerleri	28,0	39,0	11,0	11,5	19,0	16,0
TOPLAM	2.265, 5	2.357, 5	2.396, 6	2.279, 2	2.476, 7	2.378, 8

1.4.3. Perlitin Teknik Özellikleri

Perlitin kullanım alanlarının birçoğunda birden fazla özelliğinin etkili olduğu görülürken bazı kullanım alanlarında ise yalnız bir özelliğinin etkili olduğu görülmektedir. Genleştirilmiş perlitin değişik kullanım alanlarındaki istenen özellikleri şöyledir[28].

1.4.3.1.Gözeneklilik ve Hafiflik:Perlitte yüzeyde adsorpsiyon ve emicilik özelliğinin bulunması gözeneklilik olarak tanımlanmaktadır. Hafiflik, gözenekliliğin neticesinde ortaya çıkmaktadır.Bu özellik perlit taneciklerindeki boşluk hacminin toplam tanecik hacmine oranlanmasının ortalamasıdır. Prefabrik yapı malzemesi ve dolgu malzemelerinde önemlidir[28].

1.4.3.2.Ses, Isı Yalıtıcılık ve Kimyasal İnertlik:Ses ve ısı yalıtıcılık özelliği, gözenekli yapının sonucunda ortaya çıkmaktadır. Perlit, kimyasal reaksiyonlara girmeyen, suda çözünmeyen yapıya sahip ve kararlı kimyasal yapısı bulunan bir maddedir. Bu nedenle farklı kimyasal maddelerle beraber, onların özelliklerini etkilemeden kullanılabilmekte ve fiziksel özellikleriyle de katkıda bulunabilmektedir[28].

1.4.3.3.Yanmazlık:Perlit, yalıtıcılıkve hafiflikte kendine eşdeğer olabilecek organik kökenli yapay malzemelere kıyasla yanmazlık özelliğine sahip olan anorganik bir yapıdadır. Özellikle yangından korunmak istenen yapı malzemelerinde kullanılmasının nedeni yanmazlık özelliğiyle beraber yüksek sıcaklıklara uzun süre dayanabilme ve ısı yalıtıcılık özelliğinin görülmesidir[28].

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Katı atık sızıntı suları ve giderimi ile ilgili doğrudan veya dolaylı yapılmış bazı çalışmalar vardır. Bunlar;

Bilgin ve Koç [7], doğal zeolitlerin çevre kirliliği kontrolünde kullanımında; iyon değiştirme, adsorpsiyon, katalizör ve moleküler elek özelliklerine göre, farklı tane boyutlarında kullanım alanı bulmuştur. Zeolitlerin çevre kirliliği kontrolünde kullanımları oldukça geniştir.

Çevre kirliliği kontrolünde zeolitin özelliklerine göre;

- Sanayi atık sularından Pb, Cu, Zn, Cd ve Hg gibi ağırmetallerin uzaklaştırılmasında,
- Şehir atık sularından ve içme sularından toksik etkiye sahip amonyumun (NH_4^+) uzaklaştırılmasında,
- Su sertliğinin düşürülmesi, pH, iletkenlik düzenleyici ve içme suyu kalitesinin yükseltilmesinde,
- Hava kirliliğine yol açan SO_2 , CO, CO_2 , H_2S , NH_3 ve NO_x gibi gazların tutulmasında,
- Çöp deponi alanları,
- Metalurji uygulamaları,
- Kapalı mekânlarda kötü kokuların giderilmesinde,
- Nükleer atıklardaki Cs, Sr ve Rb gibi radyoaktif maddelerin uzaklaştırılması kullanım alanlarına örnek verilebilir[7].

İlhan vd. [8], Elektrokimyasal arıtım ve uygulamaları çalışmasında katı atık sızıntı suyunu incelemişlerdir. Bu çalışmada, son yıllarda diğer arıtım yöntemlerine kıyasla, avantajlarıyla göz önüne çıkan ileri arıtım tekniklerinden elektrokimyasal arıtım yöntemlerini irdelemişlerdir. Elektrokimyasal arıtım yöntemlerinin temel mekanizması, diğer arıtım yöntemlerine göre avantaj ve dezavantajları, önemli işletme parametreleri ve elde edilen giderim verimlerini incelemişlerdir. Bunun yanı sıra elektrokimyasal arıtım yöntemleri uygulanarak; belli süre içinde kirlilik konsantrasyon değişim potansiyeli fazla, arıtımı güç olan sızıntı sularının arıtılabilirliğini araştırmışlardır. Bu aşamada elektrokimyasal yöntemlerden en çok kullanılan elektrokoagülasyon yöntemiyle farklı elektrot tipleri ve farklı sürelerde elde edilen kirlletici giderim verimlerini belirlemişlerdir. Yapılan incelemelerde kirlletici parametre olarak KOI ve $\text{NH}_3\text{-N}$ ' i seçmişlerdir. Analizler neticesinde ortalama KOI derişimi 12800 mg/L olan orta yaşlı bir sızıntı suyunda 30 dakikalık bir süre zarfında %14,6 oranında amonyak azotu giderimini ve %59,4 oranında KOI giderimini elde etmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, elektrokimyasal arıtım yöntemleri diğer yöntemlere kıyasla oldukça avantajlı olmakla birlikte sızıntı suyu için daha çok bir ön arıtım kademesi olarak tercih edilmişlerdir[8].

Mesci vd. [9], İllit kullanılarak sızıntı suyundan ağır metal giderimi yapılan çalışmada,

endüstriyel atıkların sızıntı suyunda adsorpsiyonla Cu (II) ve Zn (II) giderimini incelemişlerdir. Doğal bir kil türü olan illitin adsorbent olarak kullanılabilirliği ve bu durumda pH, dozaj ve temas süresinin adsorpsiyon prosesine etkisini araştırmışlardır. Deneysel çalışmalar, illitin adsorpsiyonla Cu(II) ve Zn (II) gideriminde etkili olduğunu ve düşük maliyeti nedeniyle sızıntı sularının arıtımında diğer adsorbentlere alternatif olarak kullanılabilirliğini göstermiştir. Adsorpsiyon işlemlerinde aktif karbon yaygın olarak uygulanmasına rağmen fazla maliyetli olmasına neden olmaktadır. Aktif karbona alternatif oluşturabilecek az maliyetli bir materyal olan illitin sızıntı suyundan Cu (II) ve Zn (II) gideriminde yeterli bağlama kapasitesine sahip olduğunu görülmüşlerdir[9].

Bayhan vd. [10], Katı atık deponi alanlarında sızıntı sularının oluşumu, özellikleri ve yeraltı sularına etkilerinin araştırılmıştır. Bu çalışmada; katı atık deponi alanlarında açığa çıkan sızıntı suyunun yeraltı sularına etkilerini, katı atık yönetim süreci içerisinde düzenli depolama alanlarının vazgeçilmez nihai giderme yöntemi olmuştur. Katı atıkların vahşi depolanması sonucunda çok büyük kirletici potansiyele sahip sızıntı suları oluşturduğunu ve sızıntı sularının fazla miktarda organik ve inorganik kirleticiler içerdiğini, yüzeysel veya sızma akış ile yeraltı sularına ve yüzeysel sulara karışarak çevre ve insan sağlığı açısından risk oluşturduğunu ortaya koymuşlardır[10].

Öztürk vd. [11], Katı atık sızıntı suyunun ileri oksidasyon yöntemleriyle arıtımı çalışmasında, katı atık sızıntı suları içeriğindeki yüksek organik madde, ağır metal, klorlu organikler ve inorganik tuzlar nedeniyle çevresel açıdan ciddi tehlike olduğunu göstermişlerdir. Son yıllarda sızıntı suyu arıtımında ileri oksidasyon yöntemleri kullanılmaya başlanmıştır. İleri oksidasyon prosesleri (AOPs) çok yüksek bir oksidasyon potansiyeline sahip ve çoğu organik kirleticilerin oksitlemesi mümkün olan hidroksil radikalının üretilmesini içerir. Fenton oksidasyonu sızıntı suyu arıtımında uygulanmaktadır. Fenton oksidasyonu özellikle yaşlı sızıntı suyunun arıtımında verimli bir yöntem olarak belirtilmektedir. Bu çalışma kapsamında sızıntı suyunda organik madde giderimi ile ilgili ileri oksidasyon yöntemlerini incelenerek etkin işletim parametreleri ve sonuçlarını değerlendirmişlerdir[11].

Özkaraova ve Güngör [12], Çöp deponi alanlarından çoluşan sızıntı sularındaki muhtelif bazı kirleticilerin toprak ile etkileşiminde Sinop örneğini ele almışlardır. Değerlendirme sonucunda alandan alınan toprak numunelerinin ince kum ağırlıklı olduğu ve ağır metal içeriklerinin Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği sınır değerlerini aşmadığını saptamışlardır. Yapılan toprak-sızıntı suyu etkileşim çalışmaları sonucunda sızıntı suyunda bulunan kirleticilerin zamana içerisinde birbirinden farklı davrandığını gözlemlemişlerdir. Zamanla çinkonun devamlı olarak sızıntı suyundan giderildiği, bakırın ise toprak içerisinde çözünerek çöp sızıntı suyuna salındığı

anlaşılmıştır. KOI parametresinde birikme ve salınma hareketlerine bağlı değişimleri gözlemlemişlerdir. Toprak kütlesinin kirletici uzaklaştırımı üzerindeki yöntemi incelendiğinde ağırlıktaki artışlarla beraber Zn ve Cr gideriminde düşen oranlarda devam eden artışlar, KOI parametresinde sabitlenen bir uzaklaştırma elde etmiştir. Sızıntı suyundaki bakırın genel olarak ağırlık artışına rağmen çözültide birikmeye meyilli olduğunu izlemişlerdir. Toprak ile etkileşimi sonucunda sızıntı suyundan en fazla giderimler sırasıyla çinko ($< \%95$), krom ($< \%82$), nikel ($< \%31$), KOI ($< \%27$) ve bakır ($< \%11$) olarak gerçekleşmiştir. İstatistiksel değerlendirmeler, uzaklaştırmanın çöp sızıntı suyundaki kirletici seviyesinden bağımsız ve daha fazla toprağın kirleticilere olan ilişkisiyle bağlantılı gerçekleştiğini göstermiştir. Topraklar birbirleri içinde kıyaslandığında; ince kum içeriği fazla olan toprak için daha fazla sonuçlar gözlemişlerdir. Çalışmalarında, kirleticilerin toprak ve yeraltı suyuna yönelik kirlilik oluşturma açısından farklı potansiyellerinin bulunduğunu işaret etmişlerdir[12].

Karagözoğlu vd. [13], Sızıntı sularının doğal arıtımında yapılan çalışma doğal arıtma sistemlerini; ekonomik olması, fazla insan gücü gerektirmemesi, kolay işletilmesi ve enerji gereksiniminin az olmasından dolayı tercih etmişlerdir. Hem evsel hem de endüstriyel atıksuların arıtılmasında kullanılan bu sistemler genellikle nüfusun az olduğu yerlerde, kırsal kesimlerde kolaylıkla uygulanabilmektedir. Doğal arıtma sistemleri geniş bir alanı teşkil etmesine karşın suların arıtılması hem ucuz hem de basit olmaktadır. Bu sistemlerin uygulanmasında en önemli hususlardan biri, doğal arıtmada kullanılacak olan bitkinin türüdür. Çünkü her bitkinin büyümesi ve gelişmesi için doğal şartların sağlanması gerekmektedir. Bu nedenle soğuk bölgede yapılacak olan bir doğal arıtma tesisine soğuğa dayanıklı olan bir bitkinin kullanılması tercih edilir. Doğal arıtma sistemleri özellikle klasik arıtma sistemlerinden sonra bir ileri arıtma olarak da tercih edilir[13].

Yalılı ve vd. [14], Sızıntı sularının evsel atıksularla beraber arıtılabilirliğinin respirometrik yöntemle izlenmesinde gerçekleştirilen çalışmalarda; kireçle ön arıtmada, KOİ % 38 seviyelerinde, AKM % 16 seviyelerinde, azotlu maddeler ise % 36 seviyelerinde gidermişlerdir. Kimyasal arıtmalardaki verimleri görebilmek için FeCl_3 ve Al_2SO_4 ile yapılan kimyasal arıtmalarda ham suya nazaran sırasıyla, % 55 ve % 59 seviyelerinde bir KOİ giderimi sağlamışlar, ancak kireçle ön arıtmayla beraber Al_2SO_4 ve FeCl_3 ile gerçekleşen kimyasal arıtmalardaki KOİ uzaklaştırma verimlerinin yeterli olmadığı görülmüştür. Yapılan respirometrik ölçümlerde solunum aktivite değerinde ham suda dahi % 170 seviyelerinde bir artışın olması sızıntı sularının evsel atıksularla beraber arıtılabilirliğinin bir göstergesidir. Gerçekleştirilen çalışmada sızıntı sularının direkt olarak kanalizasyon şebekesine verilmeden önce, % 20'lik kireçle ön arıtmadan sonra verilmesi gerekliliği üzerinde durulmuş ve kireçle ön arıtmadan

geçirilmiş, amonyağı sıyrılmış sızıntı sularının solunum aktivite değerleri ölçüldüğünde % 135 seviyesinde solunum aktivite değerinin arttığını saptamışlardır. Respirometrik ölçümlerin sonunda sızıntı sularının belirli seyreltmeler neticesinde evsel atıksularla beraber arıtılabileceği sonucuna varmışlardır[14].

Weng vd. [15], Aktif kil(SAC) ile Güney Tayvan’da bir yemeklik yağ rafineri şirketinde açığa çıkan atıkların Cu (II) adsorpsiyon özelliklerinin araştırılmasını yapmışlardır. Aktif kil ile Cu (II) adsorpsiyon verimini etkileyen parametreler şunlardır; yüzey yükleme, pH ve sıcaklıktır. Atıksudan Cu (II) giderimi için düşük maliyetli bir adsorban olarak aktif kil malzemesi kullanılması yararlı olmuştur. Kinetik deneylerin sonuçlarında, aktif kil ile Cu (II) adsorpsiyon oranının, yüksek olduğunu göstermiştir. Aktif kil adsorpsiyonunda 5 dakika içinde % 90 Cu (II) giderimi elde etmişlerdir. Adsorpsiyon oranı, yüzey yüklenmesi ile artmış ve sonra azalmıştır. Deneylerin sonuçlarında, pH’nın çözelti adsorpsiyon özelliklerini etkileyen önemli bir parametre olduğunu göstermiştir. Bu çalışmanın bulgularına göre, sonuçlar:

- Aktif kil kullanılarak Cu (II) adsorpsiyonu, bir yemeklik yağ rafineri üreticisi atığının istenilen denge durumunu 30 dakika içinde elde etmişlerdir. Cu (II) konsantrasyonu aktif kil kullanarak adsorpsiyon kapasitesini etkileyen önemli bir rol oynadığını belirtmişlerdir. Adsorpsiyon hızının artmasıyla, başlangıç çözelti konsantrasyonunun azaldığını saptamışlardır.
- Denge çalışmalarında pH adsorpsiyonu, çözelti özelliklerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynadığını göstermişlerdir. Çözelti pH’nın artmasıyla adsorpsiyon kapasiteside artmıştır.
- Adsorpsiyon yüksek sıcaklıkta ve doğada endotermik süreçte kendiliğinden gerçekleşir. Bu çalışma da, düşük maliyetli aktif kil adsorpsiyonunun, etkili bir şekilde sulu çözeltilerden Cu (II) giderilmesi için yararlanılabileceğini göstermişlerdir[15].

Qingdong vd. [16], Manganez dioksit kullanarak Pb (II) ve Cd (II) giderimi için etkin bir yaklaşımda çeşitli fiziksel ve biyolojik yöntemlerle kontamine sularda ağır metallerin uzaklaştırılması için geliştirilmiş olmasına rağmen, adsorpsiyon kolaylığından dolayı, çok geniş bir konsantrasyon aralığı üzerinde kolay bir ölçek büyütme ve yüksek verim için etkili bir yöntem olduğunu kanıtlamışlardır. Son yıllarda çeşitli adsorbanlar, ağır metallerin adsorpsiyonu için araştırılmıştır. Bu adsorbanlara; kil, hidroksiapatitler, turba, alümina, biyomateryaller, aktif karbon, reçineler, kanalizasyon çamuru ve karbon nanotüpleri örnek verebiliriz. Ne yazık ki, bu adsorbanlar genellikle düşük adsorpsiyon kapasitesi, seçicilik, uzun denge süresi ve yüksek sermaye maliyeti gibi dezavantajları vardır. Manganez dioksit ağır metallerin emilmesi ile

karakterize edilir. Pb (II) için etkili bir yöntemdir ve sulu çözeltiden Cd (II) çıkarılması önerilmiştir. Metal organik framework(MOF) KMnO_4 ile MnSO_4 reaksiyona sokulması ile hazırlanabilir. Son olarak, Pb (II) ve sentetik suda Cd (II) ortadan kaldırılması ile kaza sonucu kirlilik durumunda, ağır metal gideriminde çevre koruması için uygulama alanının olduğunu göstermişlerdir. Sonuç olarak metal organik framework(MOF) sulu çözeltisinden Pb (II) ve Cd (II) uzaklaştırılmasında iyi verim alındığını göstermişlerdir[16].

Kashif [17], Son on yılda kil mineralleri ile ağırmetallerin adsorpsiyonu inceleme çalışmasında; adsorban olarak killerin kullanılarak İyon değişimi için düşük maliyetli, spesifik yüzey alanı, iyi adsorpsiyon özellikleri, toksik olmayan doğası ve büyük potansiyeli açısından ticari olarak temin edilebilen adsorbanların avantajlara sahip olduğunu belirtmiştir. Killer yüzeye tutulan değiştirilebilir katyon ve anyonlar içerir ve bu nedenlerden dolayı, bilim adamlarının dikkatini çekmektedir. Aynı zamanda kili çevre dostu adsorban olarak vurgulamıştır. Adsorpsiyon yöntemi ile arıtma ağır metallerin giderimde kullanılan etkili yöntem olduğu kanıtlanmıştır. Killer ve mineraller, bol ve ucuz malzeme olduğundan sulu çözeltilerde ağır metal gideriminde yıllardır kullanılmaktadır. Son on yılda (2006-2016) kapsamlı araştırmalar ve literatür derlemeleri, kil minerallerini adsorban olarak kullanılmasında önemli bulguları arasındadır. Kil mineralleri, ağır metal gideriminde mükemmel bir adsorban olduğunu doğrulamıştır. Kil minerallerinin ağır metalleri absorbe etmesini sağlayan katmanları arasındaki boşluktur. Killerin iyonik türleri adsorbe edebilmesi için kendi katmanları arasındaki boşluğu artırabilir. Kil mineralleri pahalı adsorbanların kullanımını en aza indirmek için incelenmiştir. Kil minarellerinin ağır metalleri gidermesinde; pH, temas süresi, başlangıç konsantrasyonu, sıcaklık, dozaj, gibi çeşitli faktörlerin etkisi incelenmiştir. Desorpsiyon ve rejenerasyon çalışmaları kil adsorbanlarının yeniden kazanılabilmesi için araştırmacılar tarafından göz önünde bulundurulmuştur. Malzemeyi karakterize etmek için; FTIR, SEM, TEM, XRD, TGA gibi çeşitli aletler kullanılmıştır. Birçok kil malzemesi herhangi bir değişiklik olmadan metal kirleticilerin giderimi için mükemmel bir potansiyel olduğunu göstermiştir, fakat pek çok çalışmada, kil minarellerinin giderme kapasiteleri bazı kimyasal değişiklikler yoluyla geliştirilebilir. Adsorpsiyon özellikleri, bu nedenle; kimyasal muamele, aktivasyon ve yüzerme maddesinin modifikasyon derecesine bağlıdır. Nanoteknolojinin kullanımı, su kirletici maddelerin giderimi için teknik sorunların çözümünde umut verici bir uygulamadır. Adsorban olarak kil mineralleri, genellikle birincil olarak kadmiyum, bakır, kurşun, çinko, krom, nikel vb gibi adsorbatlar açısından incelenmiştir ve kil mineralleri metal giderimi için uygulanabilirliğini göstermiştir[17].

Gupta ve Bhattacharyya [18], İnorganik malzemelerin, metal iyonlarla yüzeye çekilme

kinetiği çalışmasında adsorban etkileşimlerini incelemişlerdir. Killer ve kil mineralleri, zeolitler, silika jel, toprak, aktif alüm, inorganik polimer, inorganik oksitler, uçucu kül gibi çeşitli malzemeler vardır. Bu malzemeler katyon ve anyon olarak, Cd, Co, Cr tutucu madde olarak kabul edilmiştir. Bu derlemede adsorban olarak Pb,Mn,Cu, Ni,Hg, Se, Zn, Fe'ye yer vermişlerdir. Ek kinetik modeller Elovich denklemi gibi, içi parçacık difüzyon modeli ve sıvı film difüzyon modellerinde test edilmiştir. Başarı derecelerine göre çeşitli gruplar ile elde edilen sonuçlara dayanarak, uygun gruplar halinde adsorbanları sınıflandırmak mümkün değildir. Yani iyon konsantrasyonu, emici miktarı, pH ve ortam sıcaklığına bağlıdır[18].

Shabani vd. [19], Kesikli ve sürekli sistemlerde: sulu çözeltiden ağır metallerin giderilmesi üzerine çalışmışlardır. Nano mineral karakterizasyonu ile kirleticilerin doğal malzemeler tarafından adsorpsiyonu yapılabilir. Bunlar; kırmızı çamur, sitoza, portakal kabuğu, soya unu, badem kabuğu, talaş, zeolit ve kil diye sıralayabiliriz. Bu adsorbanlar doğal olduğundan, çevre dostudurlar ve çoğu yeniden kullanılabilir. Nano boyutlu parçacıklar ve doğal mineral adsorbanları, mukayese edildiğinde farklı adsorbanların, adsorpsiyon ve iyon değiştirme kapasitesi verimleri vardır. Doğal mineraller daha yüksek performansla sahiptir çünkü yüzey parçacıkların alanı daha fazladır. Fe, Cu ile ilgili olarak, İran iç kaynaktan sağlanan diatomit nanopartiküllerinin, diatomit-perlit kompozit nanopartiküller ve perlit nanopartiküllerin sorpsiyon aktivitesinin çalışmaları sonucunda, Mn ve Cr iyonlar sunulmuştur. Toplu sistemde, pH, adsorban dozajı, sıcaklık, iyonlar ve başlangıç konsantrasyonu etkisini araştırmışlardır. İzoterm ve kinetik çalışmaların sonuçları, Langmuir izoterm ve ikinci dereceden kinetik deneysel verilerle daha iyi olduğunu göstermişlerdir. Üç adsorbanlar sürekli bir sistem olarak, bir cam kolon içinde atılım eğrilerini elde etmişlerdir. Giderim verimleri; Cu > Fe > Mn > Cr [19].

Bulut ve Tez [20], Talaş adsorpsiyonu ile sulu çözeltiden ağır metallerin uzaklaştırılması çalışmasında, ağır metal iyonlarının talaş yüzeyine tutundurulularak adsorpsiyon veriminin kontrolünü amaçlamışlardır. Aktif karbon ve iyon değişimi reçinelerinin kullanımı nedeniyle; yüksek sermaye ve işletme maliyetleri, gelişmekte olan ülkeler için uygun değildir. Bu durum etkili ve ucuz malzemeleri keşfetmek için araştırmayı teşvik etmiştir. Genel olarak, bir adsorban çok az işlem gerektiriyorsa "düşük maliyetle" kabul edilebilir. Düşük maliyetli adsorbanlara örnek olarak; lignin, kitin, turba yosunu, yosun, modifiye yün ve pamuk tespit edilmiştir. Çözeltilerden ağır metal iyonlarını gidermek için yüksek verimli tarımsal atık maddeler vardır. Bunlar; tahıl kabuğu, soğan zarı, pirinç kabuğu, ağaç kabuğu, talaş, mısır koçanı, buğday kepeği vb. Sulu çözeltiden ceviz talaşı kullanarak kurşun, kadmiyum ve nikel adsorpsiyonunu araştırmışlardır. Temas süresi, başlangıç metal konsantrasyonu ve metal iyonlarını gidermede

sıcaklığın etkisini araştırmışlardır. Dengeye 60 dakika süresinde ulaşmışlardır. Giderme veriminde $Pb = Cd > Ni$ denklemini tespit etmişlerdir. Ceviz talaşının bu sonuçlardan, sulu çözeltilerin metal iyonları için iyi bir adsorban olabileceği sonucuna varmışlardır. Talaş adsorpsiyon izoterm verileri Langmuir ve Freundlich izotermi tarafından örnek alınabilir. Bazı metallerin adsorpsiyonu için talaş kapasitesi bu modeller kullanılarak hesaplanabilir[20].

Nas vd. [21], Gümüşhane ili katı atık depolama alanından çıkan sızıntı sularının ve hidrolik olarak incelenmesi çalışmasında, katı atık depolama tesisinden çıkan sızıntı suları kirlilik düzeyi çok yüksektir. Bu kirli suların alıcı ortamlardaki su kaynaklarına olan zararlı etkisini minimuma indirerek tesisteki sızıntı suyunun hidrolik özelliği araştırılmıştır. Yapılan çalışmalar ışığında Gümüşhane Merkez katı atıklarının organik dağılımı ve su içeriği, sızıntı sularının bir takım özellikleri (pH, TOC, TN) ve Gümüşhane katı atık depolama sahasının mevcut durumu üzerine değerlendirmeler yapmışlardır. Gümüşhane katı atık depolama sahası için ise, mevsimsel olarak değişen yağmur ve kar miktarları, yüzeysel su biriktirme sistemlerinin çatlak ve geçirgenlik durumları, yeraltı suyu varsa yeri ve akım yönü, depolama alanına dışarıdan giren çamur vb. maddelerin miktar ve çeşitleri, aylık ve yıllık sıcaklık değişimleri gibi parametrelerin belirlenmesi gerekmektedir. Kış mevsiminde yağışın fazla olması katı atık depolama sahasının üstünün örtülme ve çimlendirme çalışmaları, gerekiyorsa yüzeysel drenaj çalışmaları, çamurun ve fazla nemli malzemelerin depolama alanından uzaklaştırma çalışmaları yapılması oluşacak sızıntı suyunu azaltır. Ayrıca yüzeysel su biriktirme sistemi ile bölgenin yüzeysel su kaynağı olan Harşit Çayına ulaşma riski de azaltmış olacaktır[21].

Duran ve Cuci [22], Katı atık düzenli depolama alanlarında sızıntı suyunun fizikokimyasal arıtım yöntemleriyle arıtılabilirliğinin incelenmesi çalışmasında, koagülasyon, flokülasyon gibi fizikokimyasal yöntemler kullanılarak katı atık sızıntı suyunun arıtımını amaçlamışlardır. Gaziantep ili katı atık düzenli depolama alanından sızıntı suyu numunelerini almışlar. Alınan numunelere, farklı türde koagülant maddeler $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 7H_2O$, $FeCl_3 \cdot 6H_2O$, polialüminyumklorür (pAC) uygulamışlardır. Flokülasyon yöntemi için anyonik, katyonik ve noniyonik flokülantların yanı sıra HYDROFLOC 573 adlı flokülantı denemişlerdir. Yapılan koagülasyon deneylerinde başlangıç pH'nın ve koagülant madde miktarının, KOI, AKM, renk ve bulanıklık giderimi üzerine etkisini araştırmışlardır. Bunlara bağlı olarak; koagülasyon prosesinin optimum koşullarını belirlemişlerdir. En iyi giderimin pH 7 de, 1,5g $FeSO_4$ koagülantı ve 1 mL pAC yardımcı koagülantıyla gerçekleştiğini görmüşler ve yapılan deneyler sonucunda % 96 oranında askıda katı madde giderimi, % 84 oranında renk giderimi, % 72 oranında KOİ giderimi ve %93 oranında bulanıklık giderimi

olduğunu gözlenmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre pH 6 olmak üzere $\text{Fe}(\text{SO}_4)$ için KOİ giderim verimini %73,6, renk giderim verimini %66.5 ve AKM giderim verimini %78.4 olarak hesaplamışlardır. pH 4.5 olmak üzere $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ için KOİ giderim verimini % 86,5, renk giderim verimini %82.9, AKM giderim verimini %79.38 olarak hesaplamışlardır[22].

Renou vd. [23], Depolama sızıntı suyu arıtımının incelenmesi çalışmasında sızıntı suyunun çevre üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak amaçlanmıştır. Uygun giderim stratejisi önemli kriterlere bağlıdır:

- Sızıntı suyu kalitesi; KOİ, BOİ ve dolgunun yaşı; sızıntı suyu özelliklerine göre giderim sürecinin etkinliğini özetlemektedir. Bu spesifik parametrelerin bilinmesi sızıntı suyunun organik madde miktarını düşürmek için uygun giderim süreçlerini seçmeye yardımcı olabilir.
- Deşarj suyu standartlarına göre verilen nihai gereksinimleri yıllar sonra, çevre üzerindeki çöp sızıntı suyu etkisi kirlilik kontrolü için daha sıkı şartlarla düzeltmek yetkilileri zorlamıştır.

Son yıllarda, membran filtrasyon mevcut ve bekleyen su kalitesi yönetmeliklere uygun geçerli bir giderme alternatifi olarak ortaya çıkmıştır. Sızıntı suyu arıtımında membran prosesleri en iyi çözümü sunuyor. Daha verimli, uyarlanabilir ve vazgeçilmez bir vasıta olduğu ispat edilmiştir. Yani:

- Tam saflaştırma (ret oranları RO için % 98-99 arasında) elde,
- Su kirliliğinin giderek artan problemini çözme.

Tehlikeli sıvı atıkların yakılması için yakma tesisine ulaşım yüksek giderim maliyetlerine yol açtığından diğer olanaklar yavaş yavaş önem kazanıyor:

- Depolamada uçucu kül ve atık su arıtma tesislerinden çıkan çamurları bertaraf etmek için farklı malzemeler ile atıkları katılaştırma,
- Depolamada değişen alanlara konsantrasyon kontrolü[23].

Akkaya vd. [24], Odayeri düzenli depo sahası sızıntı suyunun karakterizasyonu çalışmasında odayeri düzenli çöp deponi alanından çıkan sızıntı suyunun 1995'den bu güne çeşitli kurumlar ve araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen karakterizasyon çalışmaları incelenmiştir.Çoğunlukla çalışmalar değerlendirildiğinde KOİ ve BOİ'nin azalma eğiliminde olduğu, buna kıyasla pH'nın 6,5'lardan 8'lere çıktığı bulunmuştur. Bunla beraber alkalinite, klorür, ve iletkenlikte ciddi bir farklılığın olmadığından bahsedilebilir. Ayrıca, sızıntı suyu karakterizasyonun mevsimlere ve yıllara göre değişimler gösterdiği ve literatür değerleriyle karşılaştırıldığında depo alanının genç depo alanı düzeyinden yaşlı depo alanı kavramına geçiş

kademesinde olduğu kanısına varılmıştır. Odayeri düzenli depo alanından çıkan sızıntı suyu arıtımıyla alakalı günümüze kadar pek çok araştırma yapılmıştır. Yapılan araştırmalar değerlendirildiğinde,gerçekleştirilen kimyasal ve biyolojik artıma yöntemlerinin yalnızca yeterli olmadığı, ileri arıtma teknolojileriyle uygun arıtmanın sağlanabileceği sonucu görülmüştür. Sızıntı suyunun karakterinin geçen süre zarfında değişmesi, arıtma tesisinin verimliliğini etkilemektedir. Bu sebeple sızıntı suyunun fazla süreli karakterizasyonun yapılması, zamanla değişimi ile ilgili bilgi edinmemize yardımcı olmaktadır. Buna benzer bilgi, sızıntı suyu arıtım tesisinin planlanması, gelecekteki sızıntı suyu hacmine ve karakteriyle ilişkili olarak uygun boyutlarda ve nitelikte arıtma tesisinin inşasında ve kullanım süresinin bilinmesine yardımcı olur[24].

Heyer vd. [25], Çöp tesislerinden çıkan sızıntı sularının arıtma yöntemleri ve benzer tesislerüzerine çalışmıştır. Çalışmasında sızıntı suyu sorunlarınıüç ana başlıkta toplamıştır. Bunlar; çöp sahasında aerobik ve anaerobik ayrışmalar esnasında açığa çıkan sızıntı suyu, çöp alanına dökülen ve sıkıştırıldıktan sonra su içeriği fazla olan atıklardan çıkan sızıntı suları ve çöp alanına düşen yağışların gerekli önlemleri alınmaması durumunda tesis üzerinden veya sızıntı suyunun depolandığı alandan taşması sonucu oluşan sorunlardır. Deponilerde sızıntısuğun kalitesinin ve miktarının belirlenmesi ve kontrolü deponin uzun süredeki çevresel etkilerinin neler obileceğini saptamak açısından çok büyük bir önem arz etmektedir. Deponi sızıntı sularının arıtımında havalandırmalı lagünler veya aktif çamur havuzları sık kullanılan pratik uygulamalardandır. Ancak, sızıntı suyu içerisindeki parametrelerden KOİ ve AOX (Adsorbe Olabilen Organik Halojenler) değerleri oldukça yüksektir. Bu nedenle de konvansiyonel arıtma sistemlerine alternatif olarak ya da ilave olarak fiziksel-kimyasal arıtma teknikleri geliştirilmiştir. Zira, deşarj standartları sıkılaştırıldıkça sızıntı suyunun arıtılması konusundaki istekler de artmaktadır[25].

Armağan [26], Büyümekte olan kentlerde katı atık sızıntı suyu yönetimindeŞanlıurfa ili örnekalınmıştır. Bu çalışmada sızıntı sularının kontrolüne ait yönetim yaklaşımları incelenmektedir. Ayrıca gelişmekte olan Şanlıurfa şehri için uygun katı atık sızıntı suyu yönetim sistemi üzerine durulmuştur. Yapılan çalışmalar neticesinde Şanlıurfa katı atığının sızıntı suyu için henüz düzenli depolama yapılmadığından oluşan katı atığın, sızıntı suyunun arazinin ucuz ve yeterli olduğu düşünülerek, stabilizasyon havuzu veya havalandırmalı lagün inşa edilerek arıtılması şu aşamada en uygun çözüm olarak gözükmektedir. Bu sistemin diğer önemli avantajlarından bazıları, maliyetinin düşük olması, Şanlıurfa gibi hava sıcaklığının arıtma için yeterli olması, fazla kalifiye eleman ihtiyacının olmaması işletim kolaylığı sayılabilir. Bununla beraber düzenli depolamaya geçildikten sonra sızıntı suyu geri devri (dahili arıtma) prosesinden

sonra stabilizasyon havuzu veya havalandırılmalı lagün çözümü uygulanabilir bir diğer alternatif olarak gözükmektedir[26].

Ekmekçi [27], Adana Sofulu Düzensiz Çöp Depolama alanından alınan çöp sızıntı sularının laboratuvar ölçekli ortamda bitkisel yolla ağır metal ve azot-fosfor uzaklaştırılmasının incelenmiştir. *Typha latifolia* bitkilerinin olduğu kontrollü yapay sulak alan sistemlerinin, Sofulu Düzensiz Katı Atık Depolama alanında evsel nitelikli katı atıklardan oluşan çöp sızıntı sularında görülen Fe, Mn, Ni, Cr, Pb ve Cu gibi ağır metallerin ileri arıtımında yardımcı olabileceği ve ileri arıtım verimini yükselteceği bulunmuştur. Hidrolik bekletme süresindeki artışların bitkilerin arıtma performanslarını artırdığı anlaşılmıştır. Sızıntı sularında kirliliği oluşturan asıl parametreler KOİ, zehirli maddeler, alkalinite ve azotlu maddelerdir. Zehirli maddeler ve azotlu maddeler biyolojik arıtmayı inhibe ederken fazla içerikli alkalinite de sızıntı sularının iletimini zorlaştırmaktadır. Bu çalışmada kullanılan *Typha latifolia* bitkisi ile ağır metal ve diğer bir kısım kirleticilerin giderimi (fitoremediasyon) gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem gerek ekonomik olması gerekse ekolojik olarak kullanımı nedeniyle tercih edilmiştir. Bitkisel yolla yapılan çöp sızıntı suyu iyileştirme çalışmalarında BOİ₅, KOİ, AKM, TKN ve TP giderimi incelenmiş ve sırayla % 68.49, % 64.54, % 82.58, % 93.79 ve %61.99 mertebelerinde giderim sağlanmıştır. *Typha latifolia* bitkilerinin olduğu kontrollü sentetik sulak alan sisteminin, sofulu vahşi katı atık depolama alanında evsel nitelikli katı atıklardan çıkan çöp sızıntı sularında görülen Pb, Mn, Cu, Ni, Cr ve Fe benzer ağır metallerin ileri arıtımında yardımcı olabileceği ve ileri arıtım verimini yükselteceği görülmüştür. *Typha latifolia* bitkisi ile Cr, Cu, Pb, Fe, Ni, Mn içeren çöp sızıntı suyundan sırasıyla % 10.50, % 94.00, % 86.45, % 61.85, % 68.91 ve % 72.20 oranlarında metal giderimi sağlanmıştır. Hidrolik bekletme süresindeki artışların bitkilerin arıtma performanslarını artırdığı anlaşılmıştır. Hidrolik bekletme sürelerindeki giderim performansları göz önünde bulundurulduğu zaman ideal bekletme süresinin 10. gün ile 15. gün arasında olduğu söylenebilir[27].

Şahinoğlu [28], Sulu bir çözeltiden Sb(III)'ün uzaklaştırılması için GP ve Mn-MGP'in adsorpsiyon potansiyelini batch adsorpsiyon yöntemiyle incelenmiştir. Elde edilen bulgular sırasıyla aşağıda özetlenmiştir:

- GP ve Mn-MGP adsorbentlerinin yüzey alanı BET metodu kullanılarak sırasıyla 1,14 ve 1,83 m² g⁻¹ olarak ölçülmüştür. GP yüzeyinde tutunan mangan miktarı 0,18 g g⁻¹ olarak tayin edilmiştir.
- FT-IR spektroskopi analizi ile belirlenen sonuçlar; söz konusu fonksiyonel grupların gerilme ve titreşim bantlarındaki küçük frekans kaymaları yüzeydeki Sb(III) iyonları ile söz konusu fonksiyonel gruplar arasındaki etkileşimlerin varlığını göstermiştir. Bu

etkileşimler Mn-MGP üzerindeki negatif yüklü (Mn-O⁻) grupları ile pozitif yüklü antimon iyonları (Sb³⁺) arasındaki elektrostatik etkileşimler şeklinde ya da Mn-OH grubundaki hidrojen atomu ile antimon iyonları arasındaki karşılıklı yer değiştirme şeklinde düşünülmüştür.

- Sulu çözeltiden Mn-MGP kullanılarak Sb(III) uzaklaştırma işlemine ait verimliliğin; çözelti ortamın pH'sı, sorbent konsantrasyonu, çalkalama süresi ve sıcaklık gibi deneysel parametrelerden etkilendiği gözlenmiştir.
- Deneysel parametreler sırasıyla; pH 4, çalkalama süresi 60 dakika, adsorbent konsantrasyonu 4g/L ve sıcaklık 20 °C olarak optimize edilmiştir.
- Langmuir izoterm modeli Freundlich modeline kıyasla deneysel verilerle iyi bir uyum göstermiştir. Langmuir izoterm modelinden GP ve Mn-MGP için maksimum Sb(III) adsorpsiyon kapasitesi pH-4'de sırasıyla; 55,4 ve 76,5 mg g⁻¹ olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar Mn-MGP'nin adsorpsiyon kapasitesinin Sb(III) iyonlarının uzaklaştırılması için GP'ye kıyasla önemli ölçüde arttığı anlamına gelmektedir. Modifiye edildikten sonra GP'nin adsorpsiyon kapasitesindeki artış, GP yüzeyinde mangan oksit oluşumu nedeniyle yüzeydeki negatif yük yoğunluğunun artmasından kaynaklanmıştır. Ayrıca, yüzey alanındaki artış uzaklaştırma işlemi için önemli bir rol oynamıştır.
- D-R izoterm modeli kullanılarak hesaplanan ortalama serbest enerji (6,3kJmol⁻¹) Mn-MGP yüzeyine Sb(III)'ün adsorpsiyonunun fiziksel olarak gerçekleştiğini kanıtlamıştır.
- En yüksek desorpsiyon verimi (%95) 0,5mol L⁻¹ HCl kullanılarak elde edilmiştir. Ardışık 10 adsorpsiyon-desorpsiyon işleminden sonra Mn-MGP desorpsiyon verimliliğinde %5 ve adsorpsiyon verimliliğinde %7 oranında önemli olmayan düzeyde azalmalar tespit edilmiştir.
- Kinetik bulgular, Mn-MGP'nin üzerindeki Sb(III)'ün adsorpsiyon sürecinin 2. dereceden kinetik denklemler en iyi bir şekilde modellenebileceğini göstermiştir.
- Hesaplanan Termodinamik parametreler Mn-MGP'nin üzerinde Sb(III) adsorpsiyon işleminin çalışılan sıcaklık aralığında kendiliğinden ve ekzotermik bir şekilde gerçekleştiğini göstermiştir.

Sonuç olarak, GP'nin mangan oksit ile modifiye edilmesiyle elde edilen yeni Mn-MGP adsorbentin yüksek gözenekli, geniş yüzey alanı, yüksek adsorpsiyon kapasitesi, iyi bir tekrar kullanılabilirlik performansı ve düşük maliyeti nedeniyle Sb(III) içeren atıkların arıtılması için umut verici bir potansiyele sahip olduğunu ifade etmek mümkündür. Sonuçlara ek olarak

aşağıdaki iki çalışma önerilmiştir:

- Bu çalışmada, vermikulit, diatomit, bentonit vs. killerin yine mangan oksit, sulu demir oksit, aliminyum oksit gibi maddelerle modifiye edilerek sulu çözeltilerden antimon(III) uzaklaştırılmasına dair adsorpsiyon çalışmaları gerçekleştirilip elde edilen sonuçlar kıyaslanabilir.
- Perlit veya birinci öneride sözü edilen tipten adsorbentler kullanılarak içme suyu, meyve suyu veya atık su gibi gerçek ortamlardan Sb(III) uzaklaştırılmasına dair çalışmalar yapıp sonuçlar kıyaslanabilir[28].

Ardalı vd. [29], Genleştirilmiş perlitin endüstriyel atık sızıntı suyu içerisindeki Cu (II) uzaklaştırılmasında adsorban olarak kullanılmıştır. Çalışmada kesikli adsorpsiyon tekniği ile endüstriyel atık sızıntı suyu Cu giderimi (II) araştırılmış. Genleştirilmiş perlit endüstriyel sızıntı suyu Cu (II) çıkarılması için bir adsorban olarak başarılı bir şekilde kullanılabilir. Partiküller arası difüzyon ve elovich kinetik modelleri kullanılmıştır. Cu (II), giderme yüzdesi genleştirilmiş perlit konsantrasyonunda bir artış ile yükselir. Sonuçlar genleşmiş perlit sızıntı suyunun Cu (II) giderilmesi için potansiyel bir adsorban olduğunu göstermiştir[29].

Benek [30], Van bölgesindeki doğal pomza taşının bazı ağır metallerin adsorpsiyonunda kullanılması üzerine çalışılmıştır. Cu⁺² ve Co elementlerinin 75 ppm, 100 ppm, 125 ppm değerlerinde konsantrasyonlar hazırlanmıştır. Hazırlanan çözeltiler 25°C, 35°C, 45°C'deki bekletme süreleri ile van pomzası adsorban olarak kullanıldı. Gerçekleşen deneyde adsorpsiyon giderimi incelenmiştir. Yapılan araştırmada 110 dk'lık bekletme süresinde dengeye ulaşılmıştır. Uygulanan adsorpsiyon çalışmasında Cu ve Co ağır metallerinin van pomzasıyla tutulmasını etkileyen parametreler araştırıldı. Bekletme süresinin ve sıcaklığın adsorpsiyon verimini etkilediği ortaya çıktı. Van pomzasının Cu ve Co ağır metallerinde farklı düzeylerde giderim verimi sağlamıştır. Yapılan hesaplama ve karşılaştırmayla Langmuir izotermi lineer olmadığı için Freundlich adsorpsiyon izotermine daha iyi olduğu hesaplanmıştır[30].

Çevrim [31], Erzurum ilinin Katı Atık Depolama Sahasının incelenmesi ve sızıntı suyunun mevsimsel değişimi üzerine çalışılmış. Erzurum ilinin çöp depolama sahası 2007 yılında inşaa edildiği için genç bir deponi tesisidir. Bu deponi alanından günde 50 m³ sızıntı suyu çıkışı gerçekleşmektedir. Çıkan sızıntı suyu ileri arıtma tesisi ünitesinde ters osmoz yöntemiyle arıtılmaktadır. Tesisten Eylül 2008 ve Mayıs 2009 tarihlerinde numuneler alınarak incelenmiştir. Sonuçlarda kirlilik parametrelerin aydan aya bazı parametrelerde değişim gösterdiği bu değişiminde farklı mevsimlerde yağış miktarıyla ilişkili olduğu ortaya çıkmıştır. Türkiye'de nadir tesislerde olan sızıntı suyu arıtım ünitesinden biride Erzurum da ki deponi sahasında bulunmaktadır. Arıtım tesisinden arıtıldıktan sonra çıkan sudanda yine aynı tarihlerde numuneler

alınmış. Çıkan sonuçlarda %99 arıtım sağlanarak deşarj standartların çok altında giderim sağlandığı ortaya çıkmıştır. Tesis genç olduğundan henüz yeterli gaz oluşmamaktadır. İler ki yıllarda yeterli gaz oluşumu durumunda bu gaz kurulan bacalarla toplanarak değerlendirilmesi planlanmaktadır[31].



3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Laboratuvar Çalışmalarında Kullanılan Cihazlar

3.1.1. Etüv Fırını

Belirli bir sıcaklıkta kurutma, pişirme, dezenfekte ve mikrop üretme veya sterilizasyon gibi amaçlarla kullanılan âletin genel adıdır etüv. Cihazlar değişik hacimlerde 60°C ile 250°C arasında analog veya dijital termostat ile ayarlanabilen, sıcaklığı iki kat saçtan olup, hava geçirmez özellikte kapaklıdır. Kurutma ve nem alma gibi fizikî ihtiyaçlarla beraber diğer kimyevi reaksiyonlar için gerekli fazla ısı derecelerine ulaşmak için etüvlerden yararlanılır. Mikrop üretmek amacıyla için laboratuvarlarda ihtiyaç duyulan etüvler, gelişmeleri uygun bir sıcaklığaihtiyaçtan mikroplara uygun sıcaklık koşulları sağlamada kullanılır.

Genel kullanım alanları:

- Deneysel mikroorganizma üretiminde,
- Mikroorganizma dezenfeksiyon işleminde,
- Ameliyat için gerekli aletlerin dezenfekte işleminde,
- Sıcak su banyosuyla kumaşları dezenfekte işleminde kullanılır.

3.1.2.Desikatör

Desikatör alt kısım ve kapak olmak üzere iki kısımdan oluşur, bu iki parçanın birleştiği yerler birbirini tutması için pürüzlüdürler ve arasından hava geçmemesi içi vazelin tarzı kremler sürülür. Desikatör bir cam malzemedir. Başında musluk olan desikatörlerde mevcuttur. Bunlara vakumlu desikatör denmektedir. Desikatör, etüvde dezenfekte edilen veya yıkandıktan sonra cam malzemeleri kurutmaya yarar. İçinde cam malzemelerin kuruması için desikatörün alt kısmında bazı kimyasallar bulundurulur.

3.1.3. Manyetik Karıştırıcı

Herhangi bir kap içerisinde hazırlanan sulu çözücülerin, içerisindeki çözünen maddeleri daha yüksek verimde çözmek veya çözücü içerisindeki çözünen maddelerin bir katı veya başka bir sıvı tarafından tutulmasını kolaylaştırma için karıştırıcı vazifesi görür. Cihaz içindeki manyetik kısmın dönmesi cihaz üstüne konan kap içindeki metal balıkları döndürerek karıştırma sağlar. Cihazın döndürme hızı ve sıcaklığı ayarlanabilir. Bir cihazda tek veya daha fazla karıştırma gözü bulunabilir.

3.1.4.Saf Su Cihazı

Distile su cihazı: besi yerleri veya diğer solüsyonlar için çok gerekli olan saf suyu üretmede kullanılan aletlerdir. Özellikle laboratuvarlarda test yapmak amacıyla kullanılan, her açıdan saflaştırılmış suya distile edilmiş su denir. Camdan veya madeni yapılmış örnekleri vardır, Isı ile buharlaşan su özel soğutucu ile yoğunlaştırılarak tekrar saf su halinde toplanır.

3.1.5.Hassas Terazı

Değerli olan maddelerin çok az miktarlarını son derece hassas tartmak amacıyla kullanılan terazilerdir. Örneğin eczacılıkta, kuyumculukta ve kimyasal maddelerin tartımında kullanılan terazilere hassas teraziler denir. Tamir edilmesi zor olan bir alettir.

Laboratuvar çalışmalarında kullanılan cihazlar Şekil 3.1’de verilmiştir.



Etüv Fırını

Desikatör Manyetik Karıştırıcı



Saf Su Cihazı

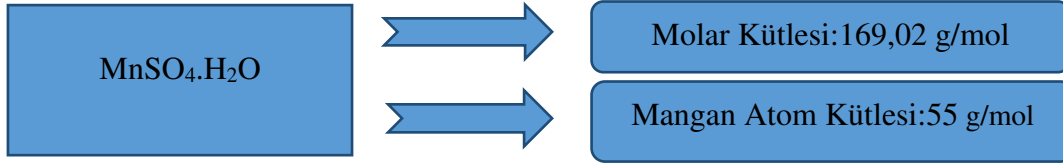
Hassas Terazı

Şekil 3.1.Laboratuvar cihazları

3.2. Hazırlanan Sentetik Ağır Metal Çözeltileri

3.2.1. Mangan (Mn^{+2}) Çözeltisinin Hazırlanışı

$MnSO_4 \cdot H_2O$ metal tuzundan Mn^{+2} 1000 mg/L'lik stok çözeltiler hazırlanmıştır. Bu stok çözeltilerden 1mg/L, 2 mg/L, 5 mg/L, 10 mg/L, 25 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L, 250 mg/L'lik 8 farklı konsantrasyonlarda stok çözelti hazırlanmıştır. Çözeltiler hazırlanırken deiyonize su kullanılmıştır. Mangan metalinin adsorpsiyon çalışması laboratuvar ortamında hazırlanan çözeltilerde gerçekleştirilmiştir. Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan bu çözeltilere genleştirilmiş perlit ilave edilmiştir.



1000 mg/L Mn^{+2} çözeltisi için:

169,02 55

X 1

X:3.073g Mn^{+2}

3.073 Mn^{+2} , 1000 mg/L'lik balon jojeye koyulup üstüne saf su eklenerek 1000 mg/L'lik Mn^{+2} çözeltisi hazırlanmıştır.

1 mg/L, 2 mg/L, 5 mg/L, 10 mg/L, 25 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L ve 250 mg/L'lik 8 Mn^{+2} konsantrasyon çözeltisinin hazırlanması için 1000 mg/L 'lik çözeltiden 500 ml'lik balon jojelerde hazırlanması sırasıyla,

1 ml'lik Mn^{+2} çözeltisi için;

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$M_1 \times 1000 = 1 \times 500 \longrightarrow \text{Çözelti Kabı}$$

Konsantrasyon

Stok Çözelti

$M_1 = 0,5$ ml alınacak miktar

2 ml'lik Mn^{+2} çözeltisi için;

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$M_1 \times 1000 = 2 \times 500 \longrightarrow \text{Çözelti Kabı}$$

Konsantrasyon

Stok Çözelti

$M_1 = 1$ ml alınacak miktar

5 ml'lik Mn^{+2} çözeltisi için;

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$M_1 \times 1000 = 5 \times 500 \longrightarrow \text{Çözelti Kabı}$$

Konsantrasyon ↓

Stok Çözelti

$M_1 = 2,5$ ml alınacak miktar

10 ml'lik Mn^{+2} çözeltisi için;

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$M_1 \times 1000 = 10 \times 500 \longrightarrow \text{Çözelti Kabı}$$

Konsantrasyon ↓

Stok Çözelti

$M_1 = 5$ ml alınacak miktar

25 ml'lik Mn^{+2} çözeltisi için;

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$M_1 \times 1000 = 25 \times 500 \longrightarrow \text{Çözelti Kabı}$$

Konsantrasyon ↓

Stok Çözelti

$M_1 = 12,5$ ml alınacak miktar

50 ml'lik Mn^{+2} çözeltisi için;

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$M_1 \times 1000 = 50 \times 500 \longrightarrow \text{Çözelti Kabı}$$

Konsantrasyon ↓

Stok Çözelti

$M_1 = 25$ ml alınacak miktar

100 ml'lik Mn^{+2} çözeltisi için;

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$M_1 \times 1000 = 100 \times 500 \longrightarrow \text{Çözelti Kabı}$$

Konsantrasyon ↓

Stok Çözelti

$M_1 = 50$ ml alınacak miktar

250 ml'lik Mn^{+2} çözeltisi için;

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$M_1 \times 1000 = 250 \times 500 \text{ — Çözelti Kabı}$$

Konsantrasyon ↓
Stok Çözelti

$$M_1 = 125 \text{ ml alınacak miktar}$$



Şekil 3.2.1 1 mg/L, 2 mg/L, 5 mg/L, 10 mg/L, 25 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L ve 250 mg/L'lik 8 Mn²⁺konsant. Çözeltileri

Hazırlanan bu konsantrasyonlara sırasıyla, 0,1g, 0,2g, 0,3g, 0,4g ve 0,5g'lık genleştirilmiş perlit tartılarak eklenmiştir.



Şekil 3.3. Hassas terazide 0,1 g, 0,2 g, 0,3 g, 0,4 g ve 0,5 g genleştirilmiş perlit tartımı

Yapılan işlem 4 farklı temas süresinde (5dak, 10dak, 20dak ve 30dak) ayrı ayrı bekletilerek ve şekil 3.4'te gösterildiği gibi manyetik karıştırıcıda 500 devir/dakika balıklarla karıştırılıp 0,45 µm kağıt filtreden geçirilerek şekil 3.5'te gösterildiği gibi falkon tüplere alınmıştır.



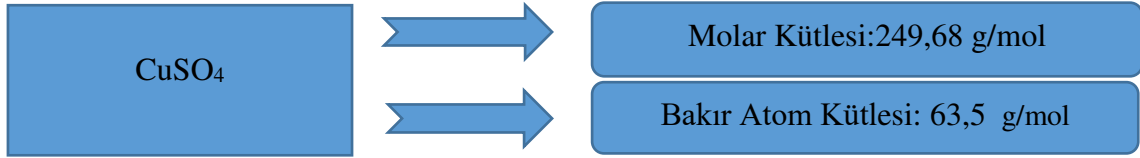
Şekil 3.4. Manyetik karıştırıcı



Şekil 3.5. 15 ml'lik falkon tüpler

3.2.2. Bakır (Cu^{+2}) Çözeltisinin Hazırlanışı

CuSO_4 metal tuzundan Cu^{+2} 1000 mg/L'lik stok çözeltiler hazırlanmıştır. Bu stok çözeltilerden 1mg/L, 2 mg/L, 5 mg/L, 10 mg/L, 25 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L, 250 mg/L'lik 8 farklı konsantrasyonlarda stok çözelti hazırlanmıştır. Çözeltiler hazırlanırken deiyonize su kullanılmıştır. Bakır metalinin adsorpsiyon çalışması laboratuvar ortamında hazırlanan çözeltilerde gerçekleştirilmiştir. Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan bu çözeltilere genleştirilmiş perlit ilave edilmiştir.



1000 mg/L Cu⁺² çözeltisi için:

$$\frac{249,68}{X} = \frac{63,5}{1}$$

$$X = 3.9319$$

$$X: 3.9319 \text{ g Cu}^{+2}$$

3.9319 g Cu⁺², 1000 mg/L 'lik balon jöjeye koyulup üstüne saf su eklenerek 1000 mg/L'lik Cu⁺² çözeltisi hazırlanmıştır.

1 mg/L, 2 mg/L, 5 mg/L, 10 mg/L, 25 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L ve 250 mg/L'lik 8 Cu⁺² konsantrasyon çözeltisinin hazırlanması için 1000 mg/L'lik çözeltiden 500 ml'lik balon jöjelerde hazırlanması sırasıyla,

1 ml'lik Cu⁺² çözeltisi için;

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$M_1 \times 1000 = 1 \times 500 \longrightarrow \text{Çözelti Kabı}$$

↓
Stok Çözelti

$$M_1 = 0,5 \text{ ml alınacak miktar}$$

2 ml'lik Cu⁺² çözeltisi için;

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$M_1 \times 1000 = 2 \times 500 \longrightarrow \text{Çözelti Kabı}$$

↓
Stok Çözelti

$$M_1 = 1 \text{ ml alınacak miktar}$$

5 ml'lik Cu⁺² çözeltisi için;

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$M_1 \times 1000 = 5 \times 500 \longrightarrow \text{Çözelti Kabı}$$

↓
Stok Çözelti

$$M_1 = 2,5 \text{ ml alınacak miktar}$$

10 ml'lik Cu^{+2} çözeltisi için;

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$M_1 \times 1000 = 10 \times 500 \longrightarrow \text{Çözelti Kabı}$$

↓
Konsantrasyon

Stok Çözelti

$M_1 = 5$ ml alınacak miktar

25 ml'lik Cu^{+2} çözeltisi için;

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$M_1 \times 1000 = 25 \times 500 \longrightarrow \text{Çözelti Kabı}$$

↓
Konsantrasyon

Stok Çözelti

$M_1 = 12,5$ ml alınacak miktar

50 ml'lik Cu^{+2} çözeltisi için;

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$M_1 \times 1000 = 50 \times 500 \longrightarrow \text{Çözelti Kabı}$$

↓
Konsantrasyon

Stok Çözelti

$M_1 = 25$ ml alınacak miktar

100 ml'lik Cu^{+2} çözeltisi için;

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$M_1 \times 1000 = 100 \times 500 \longrightarrow \text{Çözelti Kabı}$$

↓
Konsantrasyon

Stok Çözelti

$M_1 = 50$ ml alınacak miktar

250 ml'lik Cu^{+2} çözeltisi için;

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$M_1 \times 1000 = 250 \times 500 \longrightarrow \text{Çözelti Kabı}$$

↓
Konsantrasyon

Stok Çözelti

$M_1 = 125$ ml alınacak miktar

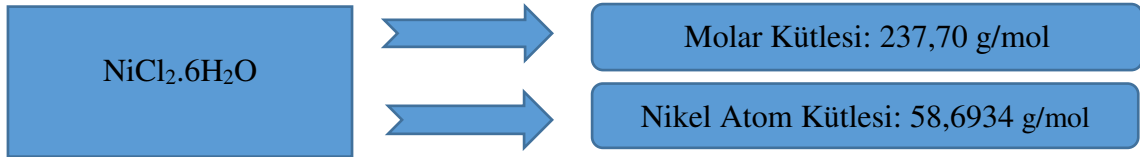


Şekil 3.6. 1 mg/L, 2 mg/L, 5 mg/L, 10 mg/L, 25 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L ve 250 mg/L'lik 8 Cu^{+2} konsantrasyon çözeltileri

Yapılan işlem 4 farklı temas süresinde (5 dak, 10 dak, 20 dak ve 30 dak) ayrı ayrı bekletilerek ve şekil 3.4'te gösterildiği gibi manyetik karıştırıcıda 500 devir/dakika balıklarla karıştırılıp 0,45 μm kağıt filtreden geçirilerek şekil 3.5'te gösterildiği gibi falkon tüplere alınmıştır.

3.2.3. Nikel (Ni^{+2}) Çözeltisinin Hazırlanışı

$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ metal tuzundan Ni^{+2} 1000 mg/L'lik stok çözeltiler hazırlanmıştır. Bu stok çözeltilerden 1 mg/L, 2 mg/L, 5 mg/L, 10 mg/L, 25 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L, 250 mg/L'lik 6 farklı konsantrasyonlarda stok çözelti hazırlanmıştır. Çözeltiler hazırlanırken deiyonize su kullanılmıştır. Nikel metalinin adsorpsiyon çalışması laboratuvar ortamında hazırlanan çözeltilerde gerçekleştirilmiştir. Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan bu çözeltilere genleştirilmiş perlit ilave edilmiştir.



1000 mg/L Ni^{+2} çözeltisi için:

237,70 58,6934

X 1

X: 4.050g Ni^{+2}

4.050gNi⁺², 1000 mg/L'lik balon jojeye koyulup üstüne saf su eklenerek 1000 mg/L'lik Ni⁺² çözeltisi hazırlanmıştır.

1 mg/L, 5 mg/L, 10 mg/L, 25 mg/L, 50 mg/L ve 100 mg/L'lik 6 Ni⁺² konsantrasyon çözeltisinin hazırlanması için 1000 mg/L'lik çözeltiden 500 ml'lik balon jojelerde hazırlanması sırasıyla,

1 ml'lik Ni⁺² çözeltisi için;

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$M_1 \times 1000 = 1 \times 500 \longrightarrow \text{Çözelti Kabı}$$

↓
Konsantrasyon

Stok Çözelti

$$M_1 = 0,5 \text{ ml alınacak miktar}$$

5 ml'lik Ni⁺² çözeltisi için;

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$M_1 \times 1000 = 5 \times 500 \longrightarrow \text{Çözelti Kabı}$$

↓
Konsantrasyon

Stok Çözelti

$$M_1 = 2,5 \text{ ml alınacak miktar}$$

10 ml'lik Ni⁺² çözeltisi için;

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$M_1 \times 1000 = 10 \times 500 \longrightarrow \text{Çözelti Kabı}$$

↓
Konsantrasyon

Stok Çözelti

$$M_1 = 5 \text{ ml alınacak miktar}$$

25 ml'lik Ni⁺² çözeltisi için;

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$M_1 \times 1000 = 25 \times 500 \longrightarrow \text{Çözelti Kabı}$$

↓
Konsantrasyon

Stok Çözelti

$$M_1 = 12,5 \text{ ml alınacak miktar}$$

50 ml'lik Ni^{+2} çözeltisi için;

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$M_1 \times 1000 = 50 \times 500 \longrightarrow \text{Çözelti Kabı}$$

Konsantrasyon

Stok Çözelti

$M_1 = 25$ ml alınacak miktar

100 ml'lik Ni^{+2} çözeltisi için;

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$M_1 \times 1000 = 100 \times 500 \longrightarrow \text{Çözelti Kabı}$$

Konsantrasyon

Stok Çözelti

$M_1 = 50$ ml alınacak miktar

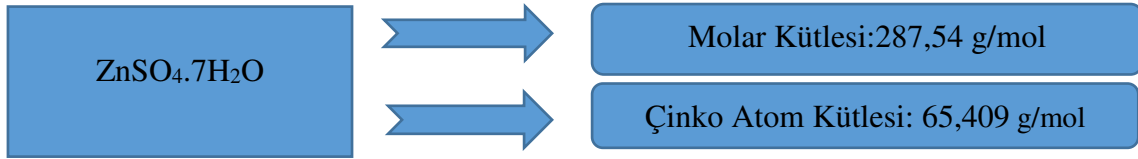


Şekil 3.7. 1 mg/L, 2 mg/L, 5 mg/L, 10 mg/L, 25 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L ve 250 mg/L'lik 6 Ni^{+2} konsant. Çözeltileri

Yapılan işlem 4 farklı temas süresinde (5 dak, 10 dak, 20 dak ve 30 dak) ayrı ayrı bekletilerek ve şekil 3.4'te gösterildiği gibi manyetik karıştırıcıda 500 devir/dakika balıklarla karıştırılıp 0,45 μm kağıt filtreden geçirilerek şekil 3.5'te gösterildiği gibi falkon tüplere alınmıştır.

3.2.4.Çinko (Zn^{+2}) Çözeltisinin Hazırlanışı

$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ metal tuzundan Zn^{+2} 1000 mg/L'lik stok çözeltiler hazırlanmıştır. Bu stok çözeltilerden 1mg/L, 2 mg/L, 5 mg/L, 10 mg/L, 25 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L, 250 mg/L'lik 6 farklı konsantrasyonlarda stok çözelti hazırlanmıştır. Çözeltiler hazırlanırken deiyonize su kullanılmıştır. Çinko metalinin adsorpsiyon çalışması laboratuvar ortamında hazırlanan çözeltilerde gerçekleştirilmiştir. Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan bu çözeltilere genişletilmiş perlit ilave edilmiştir.



1000 mg/L Zn^{+2} çözeltisi için:

$$\frac{287.54}{65.409}$$

$$\frac{X}{1}$$

$$X:4.397 \text{ g } Zn^{+2}$$

4.397 g Zn^{+2} , 1000 mg/L 'lik balon jojeye koyulup üstüne saf su eklenerek 1000 mg/L'lik Zn^{+2} çözeltimiz hazırlanmış olur.

1 mg/L, 5 mg/L, 10 mg/L, 25 mg/L, 50 mg/L ve 100 mg/L'lik 6 Zn^{+2} konsantrasyon çözeltisinin hazırlanması için 1000 mg/L'lik çözeltiden 500 ml'lik balon jojelerde hazırlanması sırasıyla,

1 ml'lik Zn^{+2} çözeltisi için;

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$M_1 \times 1000 = 1 \times 500 \longrightarrow \text{Çözelti Kabı}$$

$$\downarrow \quad \quad \quad \downarrow$$

Stok Çözelti

Stok Çözelti

$$M_1 = 0,5 \text{ ml alınacak miktar}$$

5 ml'lik Zn^{+2} çözeltisi için;

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$M_1 \times 1000 = 5 \times 500 \longrightarrow \text{Çözelti Kabı}$$

$$\downarrow \quad \quad \quad \downarrow$$

Stok Çözelti

Stok Çözelti

$$M_1 = 2,5 \text{ ml alınacak miktar}$$

10 ml'lik Zn^{+2} çözeltisi için;

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$M_1 \times 1000 = 10 \times 500 \longrightarrow \text{Çözelti Kabı}$$

Konsantrasyon

Stok Çözelti

$M_1 = 5$ ml alınacak miktar

25 ml'lik Zn^{+2} çözeltisi için;

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$M_1 \times 1000 = 25 \times 500 \longrightarrow \text{Çözelti Kabı}$$

Konsantrasyon

Stok Çözelti

$M_1 = 12,5$ ml alınacak miktar

50 ml'lik Zn^{+2} çözeltisi için;

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$M_1 \times 1000 = 50 \times 500 \longrightarrow \text{Çözelti Kabı}$$

Konsantrasyon

Stok Çözelti

$M_1 = 25$ ml alınacak miktar

100 ml'lik Zn^{+2} çözeltisi için;

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$M_1 \times 1000 = 100 \times 500 \longrightarrow \text{Çözelti Kabı}$$

Konsantrasyon

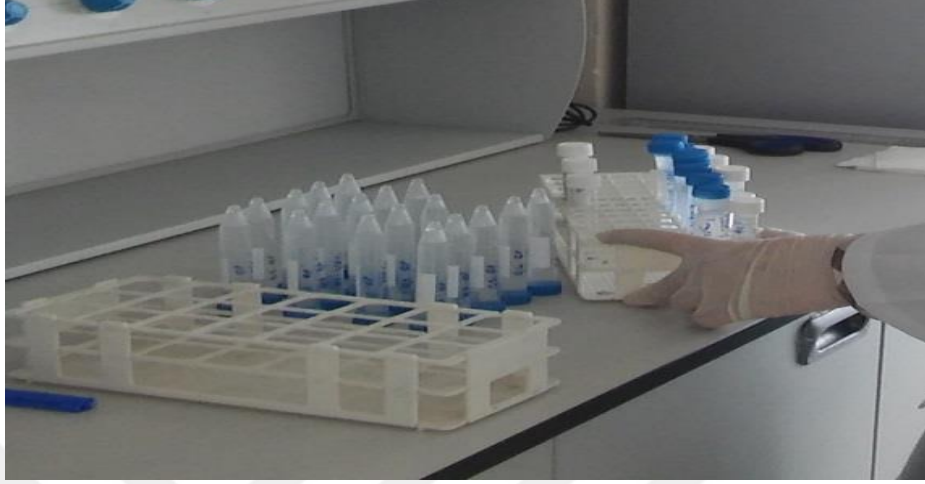
Stok Çözelti

$M_1 = 50$ ml alınacak miktar



Şekil 3.8. 1 mg/L, 2 mg/L, 5 mg/L, 10 mg/L, 25 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L ve 250 mg/L'lik 6 Zn^{+2} konsant. Çözeltileri

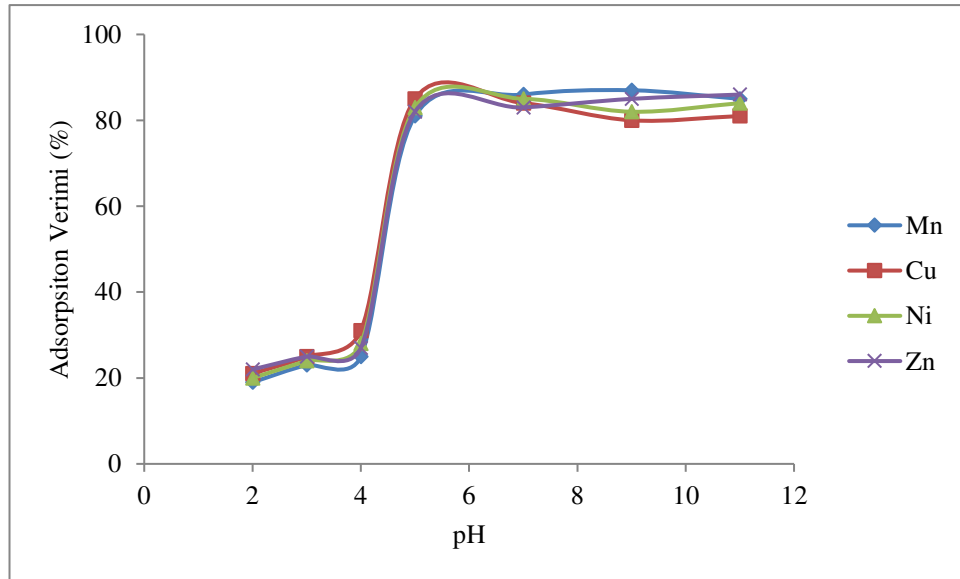
Yapılan işlem 4 farklı temas süresinde(5dak, 10dak, 20dak ve 30dak) ayrı ayrı bekletilerek ve şekil 3.4'te gösterildiği gibi manyetik karıştırıcıda 500 devir/dakika balıklarla karıştırılıp 0,45 µm kağıt filtreden geçirilerek şekil 3.7'de gösterildiği gibi falkon tüplere alınmıştır.



Şekil 3.9. Ölçüm için hazırlanmış 120 adet falkon tüp içerisinde Zn^{+2} konsantrasyonları

3.3. Adsorpsiyonun pH, Sıcaklık ve Temas Süresine Etkisi

3.3.1. pH'a Etkisi

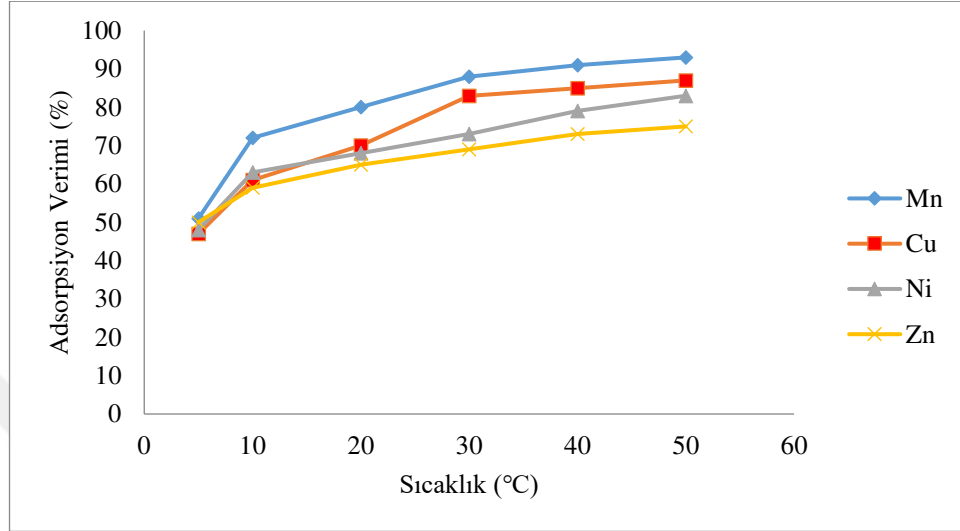


Şekil 3.10. Mn^{+2} , Cu^{+2} , Ni^{+2} ve Zn^{+2} ağırmetallerin pH'a bağlı adsorpsiyon verimi

Mn^{+2} , Cu^{+2} , Ni^{+2} ve Zn^{+2} ağırmetallerinde pH 2-11 aralığında çalışılmıştır. Mn^{+2} ağırmetalinde en iyi adsorpsiyon verimi pH 5,5-6'da sağlanmıştır. Cu^{+2} ağırmetalinde en iyi adsorpsiyon

verimi pH 5'te sağlanmıştır. Ni^{+2} ağırmetalinde en iyi adsorpsiyon verimi pH 5'de sağlanmıştır. Zn^{+2} ağırmetalinde en iyi adsorpsiyon verimi pH 5,5'de sağlanmıştır.

3.3.2. Sıcaklığa Etkisi

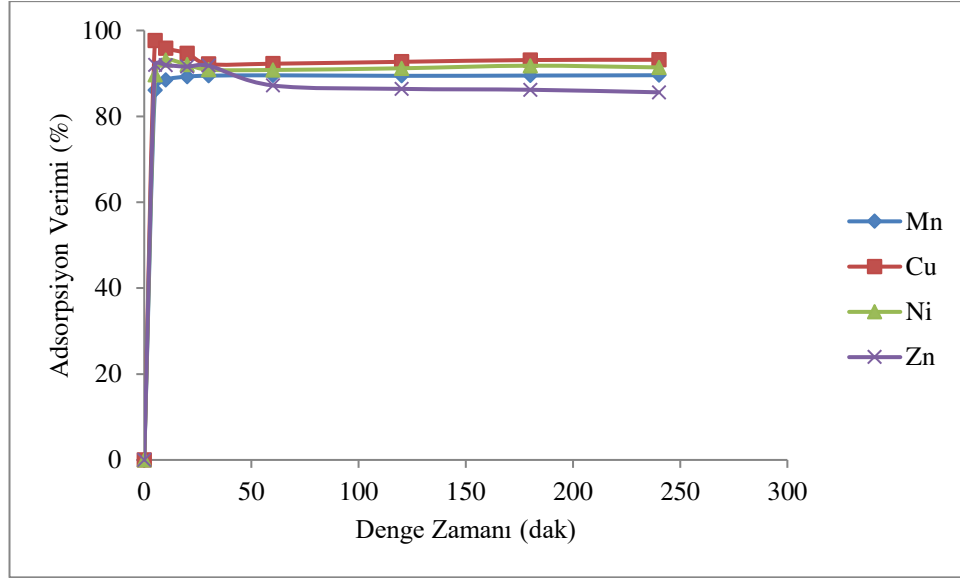


Şekil 3.11. Mn^{+2} , Cu^{+2} , Ni^{+2} ve Zn^{+2} ağırmetallerin sıcaklığa bağlı adsorpsiyon verimi

Mn^{+2} , Cu^{+2} , Ni^{+2} ve Zn^{+2} ağırmetallerinde 5 °C, 10 °C, 20 °C, 30 °C, 40 °C ve 50 °C'de çalışılmıştır. Yüksek sıcaklıklarda daha iyi adsorpsiyon verimi sağlanmıştır.

3.3.3. Temas Süresine Etkisi

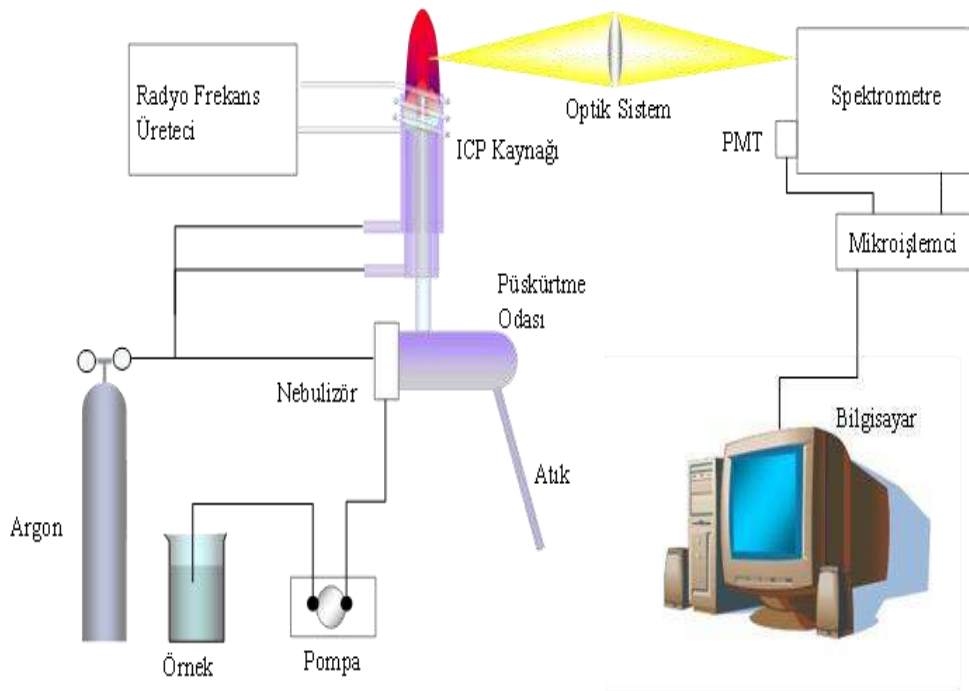
Temas süresine bağlı olarak yapılan çalışmada elde edilen verilere göre Mn^{+2} , Cu^{+2} , Ni^{+2} ve Zn^{+2} iyonları genişletilmiş perlit üzerinde ilk 5 dakikada hızla adsorpsiyon eğilimi göstermiştir. Giriş konsantrasyonu tüm ağırmetaller için en iyi verim elde edilen 5 mg/L olarak seçilmiştir. Mn^{+2} , Cu^{+2} , Ni^{+2} ve Zn^{+2} için en iyi adsorpsiyon değerine ulaşılan dönüm noktası sırasıyla 30 dakika, 5 dakika, 10 dakika ve 5 dakika olarak kabul edilmiştir. Dönüm noktasına ulaşılan temas süreleri izoterm çalışmasında da aynı alınmıştır. Şekil 3.12'de genişletilmiş perlit ile adsorbe edilen Mn^{+2} , Cu^{+2} , Ni^{+2} ve Zn^{+2} yüzdeleri verilmiştir.



Şekil 3.12 Mn^{+2} , Cu^{+2} , Ni^{+2} ve Zn^{+2} ağırmetallerin temas süresine bağlı adsorpsiyon verimi

3.4. Numune Analizi (ICP-OES)

Laboratuvarda hazırlanan numuneler Falcon Tüplerine süzdürülerek Harran Üniversitesi Araştırma Merkezinde bulunan ICP-OES cihazında ölçümleri yapılmıştır. Cihazın çalışma esası, çözelti durumundaki örneğin yüksek sıcaklıktaki plazmaya püskürtülmesiyle gaz fazına geçen ve atomlaşan elementlerin plazmada uyarılmış duruma geçmesinden sonra yaydıkları ışını uygun bir dedektörle ölçerek çözeltideki elementlerin miktarını belirlenmesine dayanır.



Şekil 3.13. ICP-OES cihazının yapısı

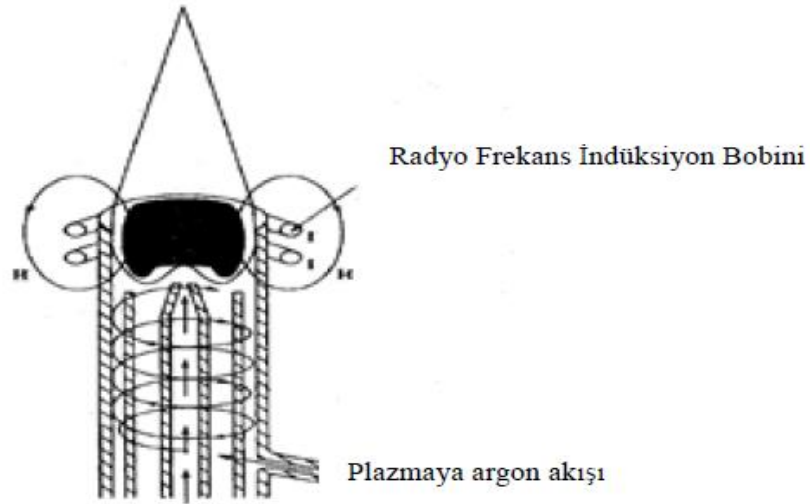
ICP-OES cihazı atomik emisyon spektrometresinin yüksek sıcaklıktaki plazma ile donatılmasıyla geliştirilmiştir. Plazma, katyon ve elektronları içeren ve elektrik akımını ileten gaz karışımı olarak tanımlanır. ICP-OES cihazında plazmayı çoğunlukla inert bir gaz olan argon gazı oluşturur.

Cihaza genellikle sıvı fazda verilen numune aerosol tanecikleri halinde yüksek sıcaklıktaki plazmaya (10000K) gönderilir. Plazmada aerosol tanecikleri sırasıyla kurur, parçalanır, atomlaşır, iyonlaşır ve uyarılır (Şekil 3.13). Bunun sonucunda elementler kendilerine özgü ışın yayarlar. Bu ışın şiddeti elementlerin derişimleriyle doğru orantılıdır ve bir emisyon spektrometresi ile ölçülür.



Şekil 3.14. Atomlaşma ve uyarılmanın şematik gösterimi

İndüktif olarak eşleşmiş plazma, iç içe geçmiş üç kuartz borudan (torch) yapılmıştır ve en geniş boru çapı 2,5 cm' dir. En dıştaki boru, 15 L/min hızla argon gazı taşır ve böylelikle plazmayı besler, korur ve soğumasını sağlayarak kuartz tüpünün erimesini önler. Ortadaki boru, organik numunelerle çalışırken yardımcı gaz olarak plazmaya 1L/min argon gazı taşır. En içteki boru ise 0,3-1,5 L/min aralığında numuneyi plazmaya taşır.



Şekil 3.15. İndüktif eşleşmiş plazmanın yapısı

ICP cihazında monokromatör ve polikromatör olmak üzere iki spektrometre bulunmaktadır. Monokromatör, bir tane ikincil yarığa sahip olduğundan sadece bir dalga boyunda ölçüm yapabilir. Polikromatör ise seçilen her bir analit için ikincil bir yarığa sahip olduğundan numunedeki elementler aynı anda tayin edilebilir. ICP-OES cihazının; analiz sonuçlarının doğruluğunun, kesinliğinin ve duyarlılığının yüksek olması, düşük derişimlerde çalışma imkanı sağlaması, girişimlerin çok az olması gibi avantajları vardır. ICP-OES cihazlarında; numune çözeltisinin ve gazın plazmaya akışındaki düzensizlikler, optik aksamda kaymalar ve elektronik aksamlardaki düzensizlikler veya sistemin kilitlenmesi gibi problemlerle karşılaşılabilir. Ayrıca kullanılan argon gazının kalitesi de çok önemlidir. Düşük kalitedeki argon gazının kullanımında plazma oluşumu zor olur veya hiç oluşmaz. ICP’deki girişimler diğer enstrümantal cihazlara kıyasla yok denecek kadar azdır. ICP tekniğindeki bazı temel girişimler şunlardır; ortam girişimi: Numunedeki katı miktarı, yüzey gerilimi ve viskozite numune giriş sisteminin etkinliğini yakından etkiler. Numune ve standart çözelti arasındaki bu farklılıklar sisleştirici alım hızı ve plazmaya transfer olan maddenin etkinliğinde farklılıklar meydana getirebilir. Ortam girişimleri; ortam benzetilmesi, iç standart veya standart ekleme metotlarının kullanımıyla giderilebilir. Kimyasal girişimler: Plazmanın yüksek sıcaklıkta olmasından dolayı kimyasal girişimler engellenmiş olur. Bu sıcaklık (10000K), birçok kimyasal bağın parçalanması ve bileşiklerin atomlara ayrışması için yeterlidir. Fiziksel girişim: Numune tüketimi, numune taşınma hızındaki değişimler ve damlacık oluşum işlemleri sebebiyle oluşur. Numune tüketim hızı çok düşük olduğundan ICP üzerinde belirgin bir etkisi yoktur. Numune akış hızı ise ICP de peristaltik pompa ile kontrol edildiğinden fiziksel girişimler en aza düşürülür. Numune alım hızı,

numune viskozitesinden bağımsız hale gelir.İyonlaşma girişimleri: Numune içerisindeki analit haricindeki türlerin elektron alışverişinden ve tayin edilecek türlerin atom veya iyon derişimlerinin değişmesinden kaynaklanır. İyonlaşmış argon gazının elektronca zengin olması yüksek sıcaklık ortamının iyonlaşma etkisini tamponlar ve ICP de oluşan iyonlaşma oranının sabit kalmasını sağlar.

Zemin değer ve spektral girişimler, Zemin değer girişimleri uyarma kaynağının analitin dalga boyunda ışık yaymasından kaynaklanır. Spektral girişimler ise, numunedeki herhangi bir elementin analitin dalga boyuna yakın emisyon hattına sahip olduğu durumlarda oluşur. Spektral girişimler, doğru dalga boyu seçimi, zemin değer düzeltilmesi ve girişim yapan elementin uzaklaştırılmasıyla en aza indirgenebilir [32].



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Bingöl Katı Atık Düzenli Depolama Alanı Numune Analizi

Çalışma alanı olarak seçilen Bingöl Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi 2013 yılında faaliyetine başlamıştır. Bingöl ilinde toplanan katı atıklar “Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği” gereğince bertaraf edilmektedir. Çöp sızıntı suları depo alanı içerisinde yapılan sızıntı suyu havuzunda biriktirilmektedir. Bu havuzda biriktirilen çöp sızıntı suyu arıtılmamakta, çöpün üzerine geri püskürtme yöntemi (resirkülasyon) ile tekrar kullanılmaktadır. Yağışın fazla olduğu ve kar erimelerinin gerçekleştiği bahar döneminde artan sızıntı suyu debisi ile taşkınlar gerçekleşebilmektedir. Taşan sızıntı suları yüksek miktarda ağırmetal içermekte ve tarım arazilerini, sulama suyu kaynaklarını kirletmektedir. Bu sebeplerden dolayı insan sağlığına, flora ve faunaya zarar vermektedir. Yeraltı suyunun kirlenmesi durumunda ise içme suyu kaynakları tehlikeye girmektedir. Aynı zamanda Bingöl Katı Atık sahasında biriktirilen sızıntı suyu havuzundan alınan örnekler, içerisindeki ağırmetal düzeylerinin belirlenmesiyle yapay atıksu oluşturulup genişletilmiş perlit kullanılarak giderim verimleri incelenmiştir.



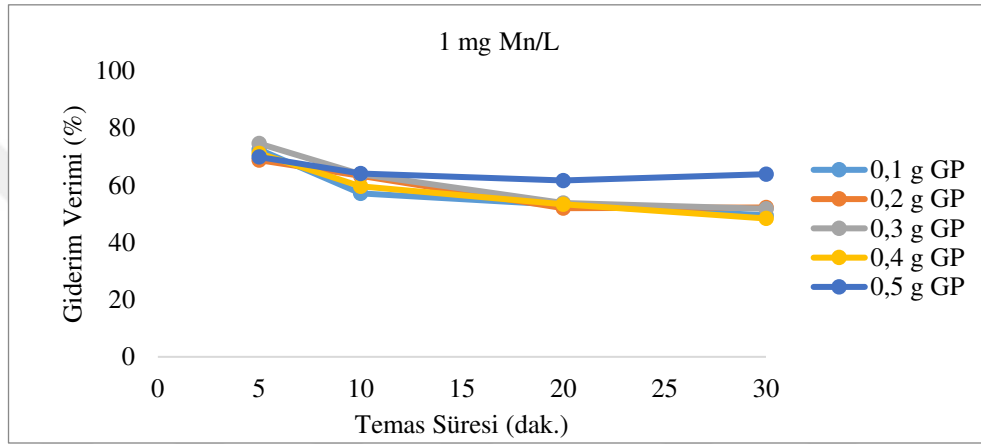
Şekil 4.1. Bingöl katı atık düzenli depolama alanı

Bingöl Belediyesi Katı Atık Depolama sahasından alınan sızıntı suyu örneklemelerinden Şanlıurfa Harran Üniversitesi İleri Araştırma Merkez Laboratuvarında ICP-OES cihazı ile ölçülen ağırmetal değerleri aşağıdaki Çizelge 4.1.’de mevcuttur.

Çizelge 4.1. Bingöl katı atık sahası sızıntı suyu içeriği

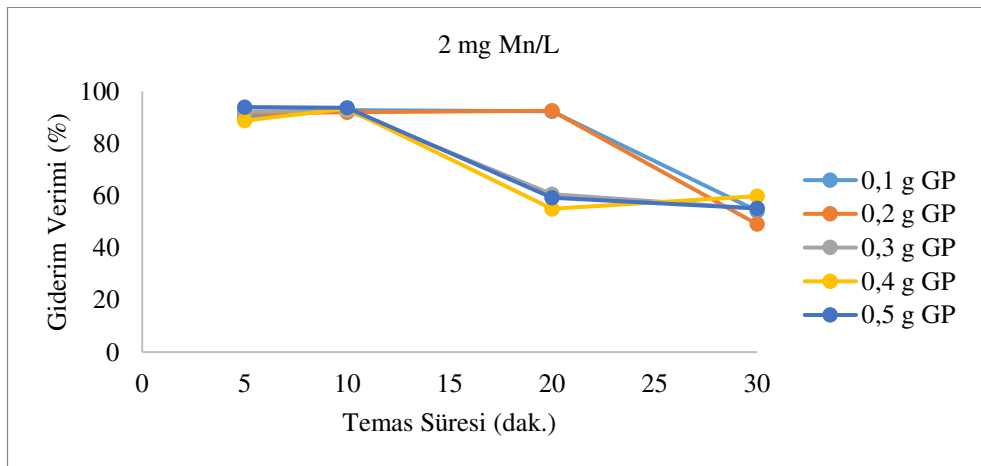
Sızıntı Suyundaki Ağırmetal Konsantrasyonu	Birim	Ölçülen Miktar	
		Eylül	Mayıs
Mangan	mg/L	153.435	3.435
Bakır	mg/L	85.055	8.055
Nikel	mg/L	470.321	231.604
Çinko	mg/L	302.068	206.200

4.2.Sulu Çözeltide Mangan Giderim Verimleri



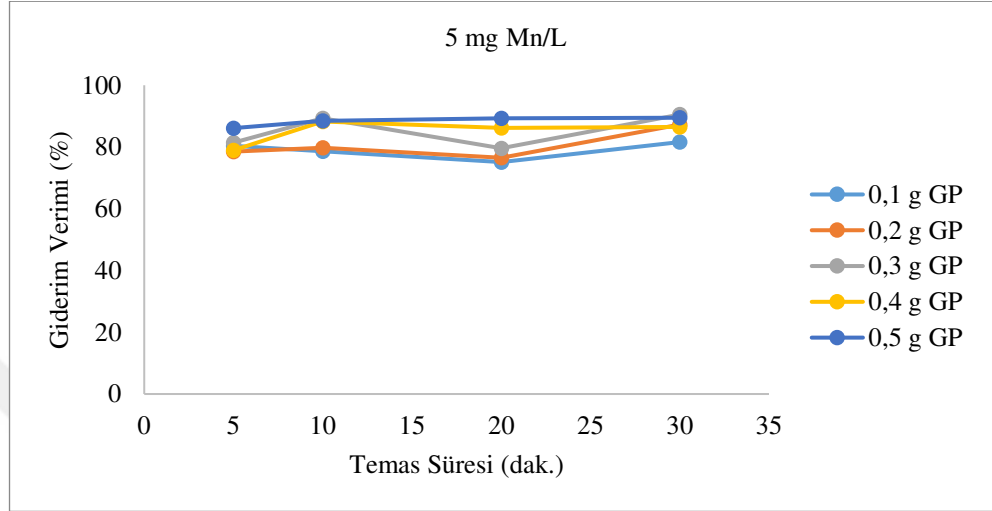
Şekil 4.2. 1 mg/L'lik Mn^{+2} konsant. temas süresine göre giderim verimleri

1 mg/L mangan giriş konsantrasyonundan sonra genişletilmiş perlit ilave edilerek çıkış konsantrasyonu ölçülmüştür. Bu ölçümler doğrultusunda 1 mg/L mangan çözeltisinde genişletilmiş perlit ilave edilerek en iyi giderim konsantrasyonu ile 5 dakika temas süresi ile 0.275 mg/L'ye düşürülmüştür.



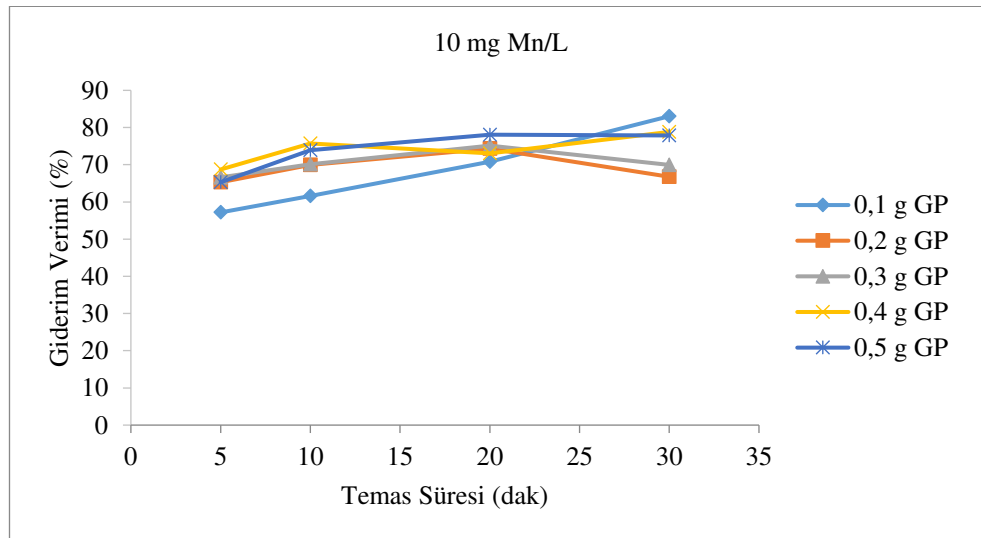
Şekil 4.3. 2 mg/L'lik Mn^{+2} konsant. temas süresine göre giderim verimleri

2 mg/L'lik mangan ihtiva eden sulu çözeltide en iyi giderim verimi 5-10 dakikalarda elde edilmiştir. Çıkış konsantrasonu ise sırasıyla 0.144 mg/L ve 0.149 mg/L mangan ölçülmüştür. Ortalama %92'lik verimlerle düşük konsantrasyonlarda genişleştirilmiş perlitin verimi grafikte görülmektedir.



Şekil 4.4. 5 mg/L'lik Mn^{+2} konsant. temas süresine göre giderim verimleri

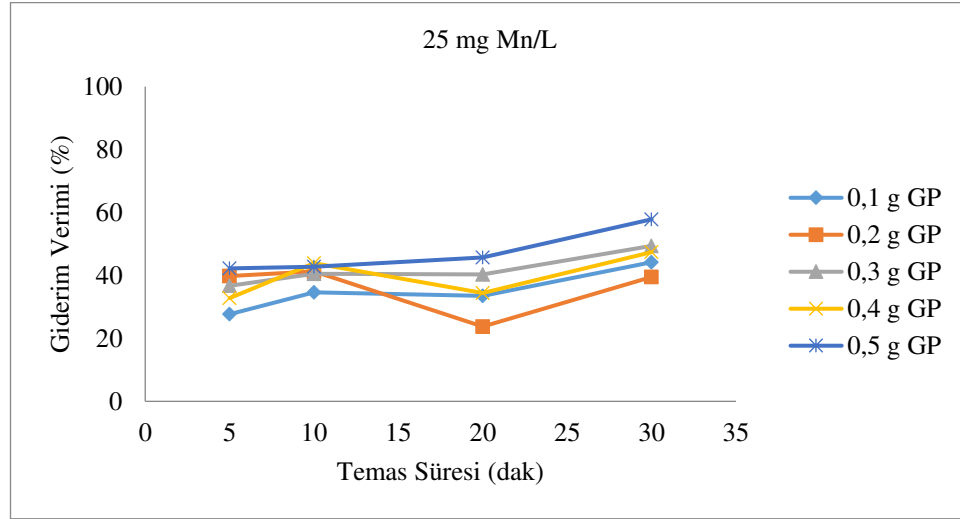
5 mg/L mangan sulu çözeltisinde farklı ağırlıklarda genişleştirilmiş perlit ilavesiyle konsantrasyon verimi %78 ve % 89 oranlarda değişkenlik göstermektedir. Bu sonuçla daha fazla genişleştirilmiş perlit ilave edilerek daha fazla giderim verimi elde edilmiştir.



Şekil 4.5. 10 mg/L'lik Mn^{+2} konsant. temas süresine göre giderim verimleri

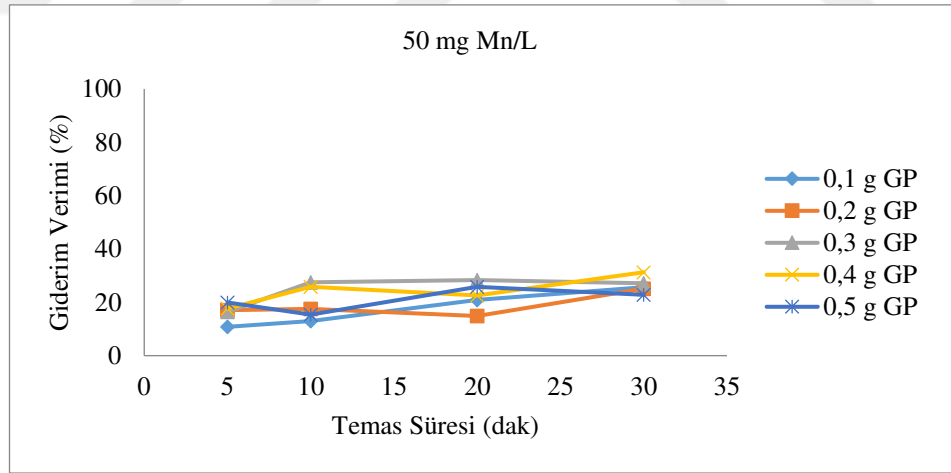
10 mg/L mangan konsantrasyonunda gerçekleştirilen deney sonuçlarına göre elde edilen verimler yukarıdaki grafikte görülmektedir. Giriş konsantrasyonuna bağlı olarak temas süresinin

artması ile giderim verimleri yükselmiştir en iyi sonuçlar 0.1 g genişletilmiş perlit ilavesinde %83, 0.5 g genişletilmiş perlit ilavesinde %78 olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.6. 25 mg/L'lik Mn²⁺ konsant. temas süresine göre giderim verimleri

Mangan konsantrasyonunun 25 mg/L olduğu deney serilerinde elde edilen verimlerin konsantrasyona bağlı olarak düştüğü görülmüştür. Genleştirilmiş perlit ilavesinin 0,5 g olduğu deneylerde ilave edilen diğer adsorban madde miktarlarına göre daha yüksektir. En iyi sonuç 30 dakikalık temas süresinde %57'dir.



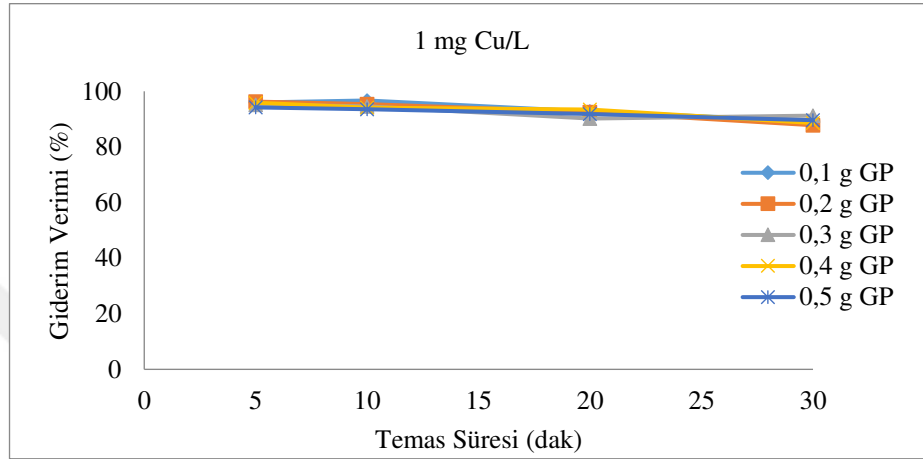
Şekil 4.7. 50 mg/L'lik Mn²⁺ konsant. temas süresine göre giderim verimleri

50 mg/L mangan konsantrasyonunda verimin düştüğü görülmektedir. En iyi giderim verimi 30 dakikalık temas süresinde %31'dir.

Yapılan deneysel çalışmalarda mangan giderimi için ICP-OES cihazında ölçülen Mn²⁺ ağırmetal sonuçlarıyla grafikler oluşturulmuştur (Şekil 4.2.-4.7.). Oluşturulan Mn²⁺ grafiklerinde düşük konsantrasyonlarda giderim veriminin daha yüksek olduğu görülmüştür. Her

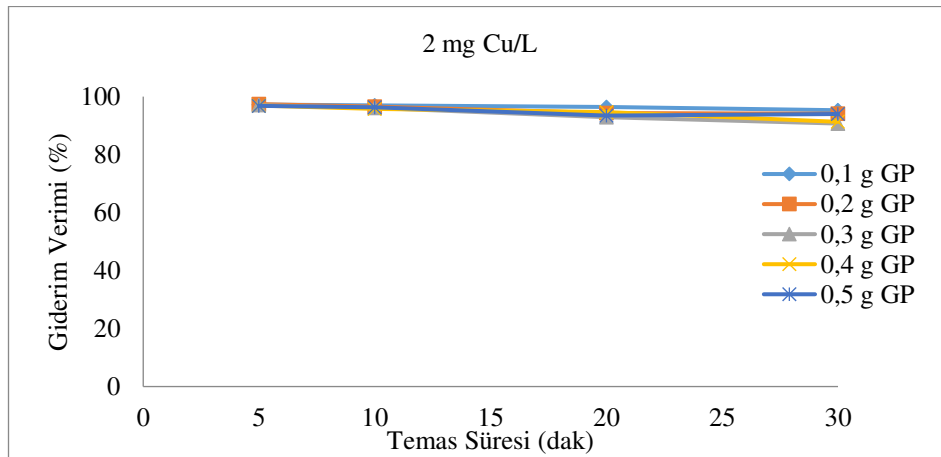
konsantrasyonun farklı temas sürelerinde de çoğunlukla birbirine yakın giderim verimleri görülmüştür. Yüksek konsantrasyonlara çıkıldıkça giderim veriminin düştüğü görülmüştür. Bunun sebebinin adsorban miktarının yetersiz veya az olmasından kaynaklandığı belirlenmiştir. 100 mg/L ve 250 mg/L'lik konsantrasyonlarda giderim verimi oldukça düşük sonuçlar vermiştir.

4.3.Sulu Çözeltilerde Bakır Giderim Verimleri



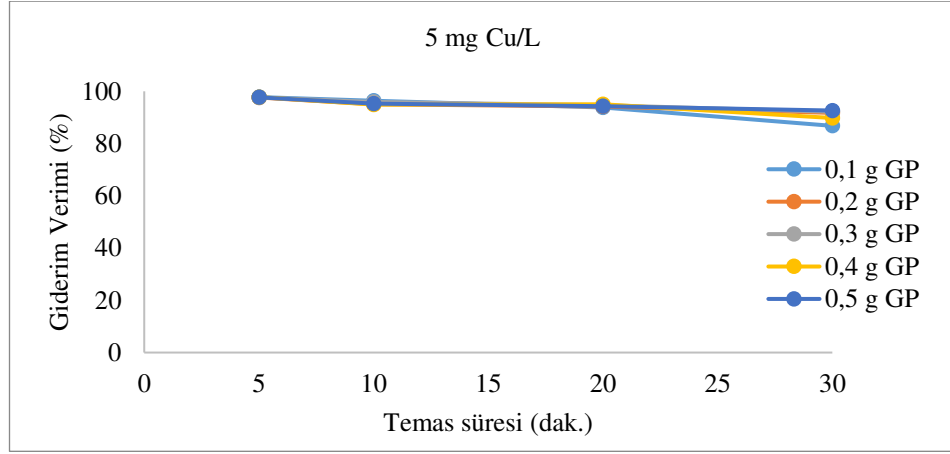
Şekil 4.8. 1 mg/L'lik Cu^{+2} konsant. temas süresine göre giderim verimleri

1 mg/L bakır giriş konsantrasyonunda giderim verimleri ölçülmüştür. En iyi sonuç 5 dakikalık temas süresinde elde edilmiş olup %96'dır.



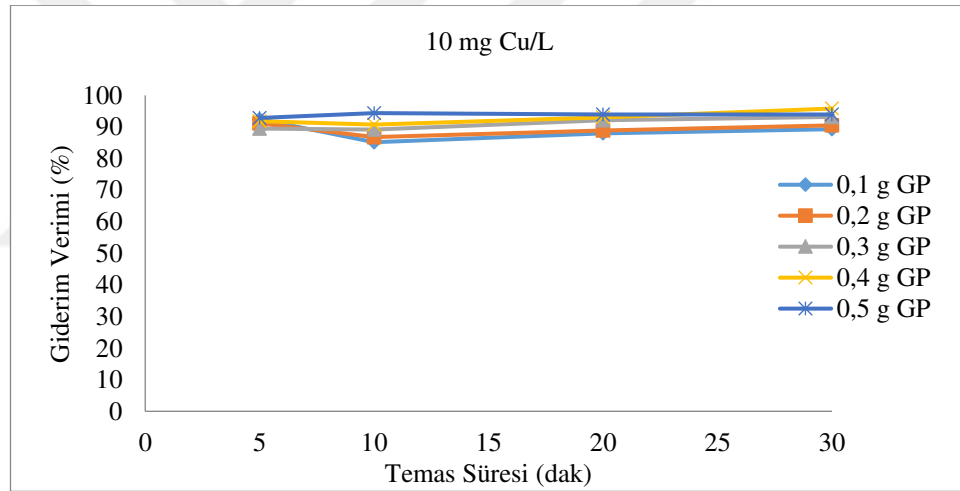
Şekil 4.9. 2 mg/L'lik Cu^{+2} konsant. temas süresine göre giderim verimleri

2 mg/L bakır giriş konsantrasyonunda 0.1 g genleştirilmiş perlit ilavesi ile gerçekleştirilen deney sonucunda ölçülen çıkış konsantrasyonu 0.055 mg/L'dir.



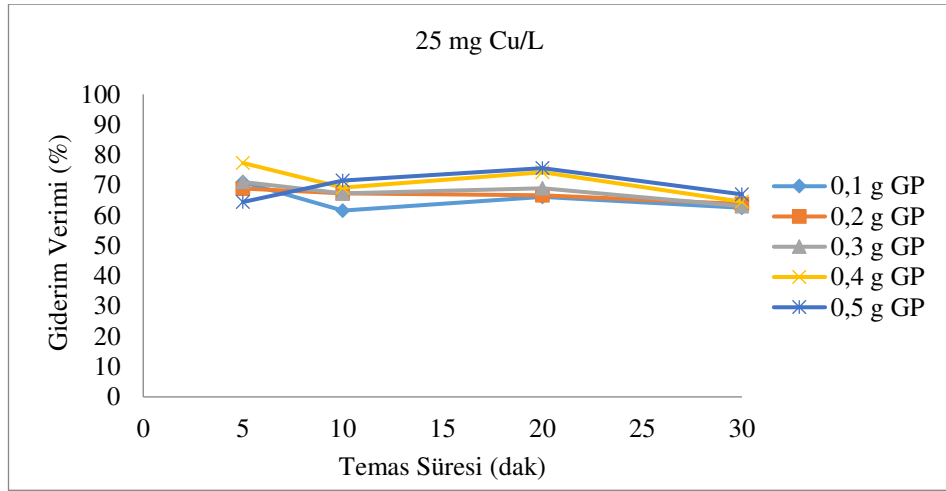
Şekil 4.10. 5 mg/L’lik Cu^{+2} konsant. temas süresine göre giderim verimleri

5 mg/L bakır içeren sulu çözeltide en yüksek verim %97 olup farklı ağırlıklarda ilave edilen genleştirilmiş perlitte gerçekleştirilen deneylerde yüksek verimler 5 dakikalık temas sürelerinde elde edilmiştir.



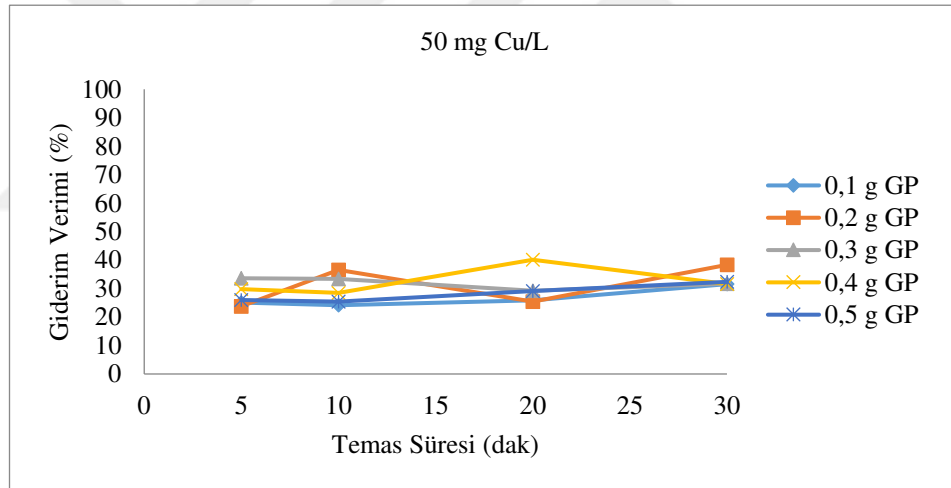
Şekil 4.11. 10 mg/L’lik Cu^{+2} konsant. temas süresine göre giderim verimleri

10 mg/L bakır giriş konsantrasyonunda genleştirilmiş perlit ilave edilerek giderimi sağlanan bakır ağır metalinin deney sonucunda ölçülen en iyi çıkış konsantrasyonu 0.417 mg/L’dir. Giderim % olarak ifade edilirse ortalama %92’lik bir giderim verimi sağlanmıştır.



Şekil 4.12. 25 mg/L'lik Cu^{+2} konsant. temas süresine göre giderim verimleri

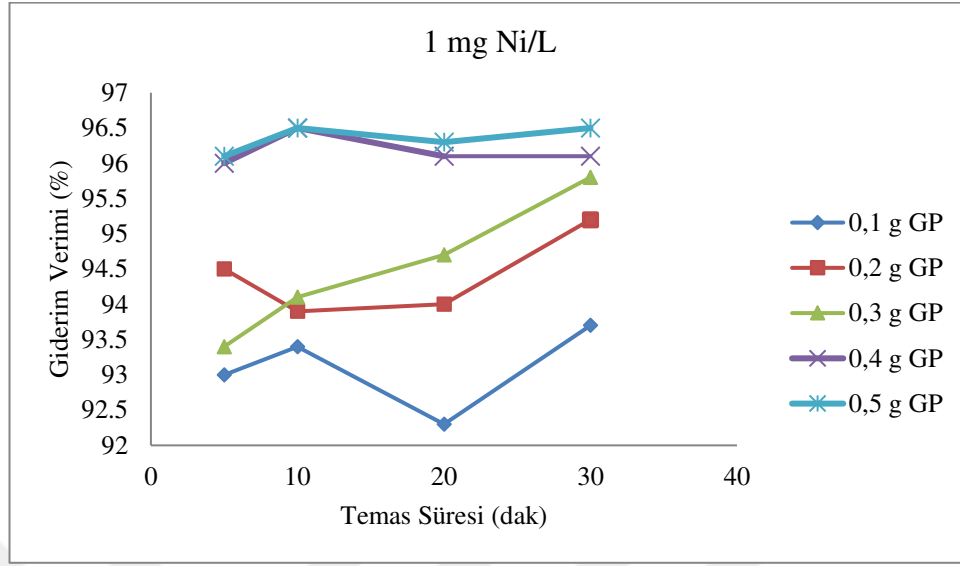
Mn^{+2} konsantrasyonlarında olduğu gibi Cu^{+2} konsantrasyonlarında da yüksek konsantrasyonlara çıkıldıkça giderim veriminin düştüğü görülmüştür. Bunun sebebinin adsorban miktarının yetersiz veya az olmasından kaynaklandığı belirlenmiştir.



Şekil 4.13. 50 mg/L'lik Cu^{+2} konsant. temas süresine göre giderim verimleri

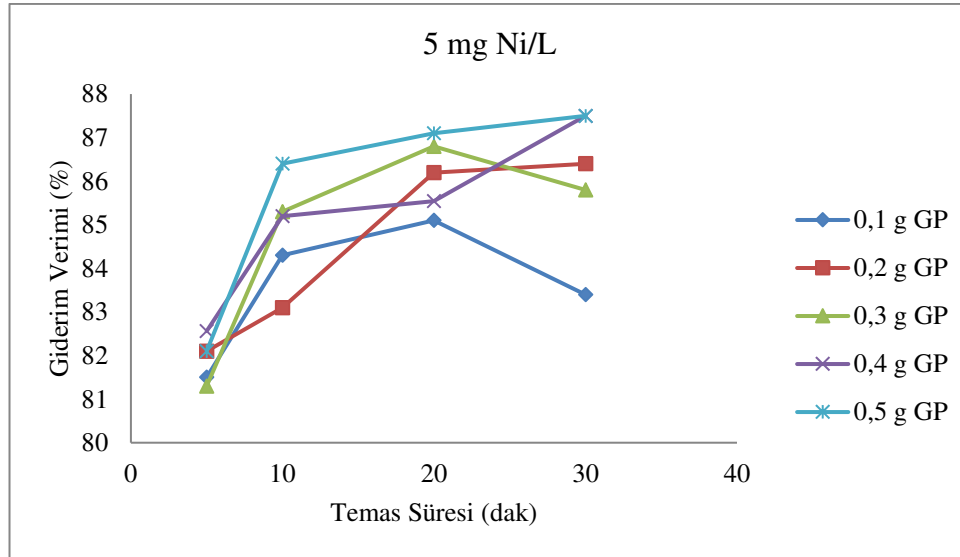
Yapılan deneysel çalışmalarda bakır giderimi için ICP-OES cihazında ölçülen Cu^{+2} ağırmetal sonuçlarıyla grafikler oluşturulmuştur (Şekil 4.8.-4.13.). Oluşturulan Cu^{+2} grafiklerinde Mn^{+2} konsantrasyonlarında olduğu gibi düşük konsantrasyonlar da giderim veriminin daha yüksek olduğu görülmüştür. Ancak Mn^{+2} ve Cu^{+2} konsantrasyonlarındaki giderim verimlerinin yüzdelikleri farklılık göstermiştir. Her konsantrasyonun farklı temas sürelerinde çoğunlukla birbirine benzer giderim verimleri görülmüştür. Bunun sebebinin adsorban miktarının yetersiz veya az olmasından kaynaklandığı belirlenmiştir. 100 mg/L ve 250 mg/L'lik konsantrasyonlarda giderim verimi oldukça düşük sonuçlar vermiştir.

4.4.Sulu Çözeltide Nikel Giderim Verimleri



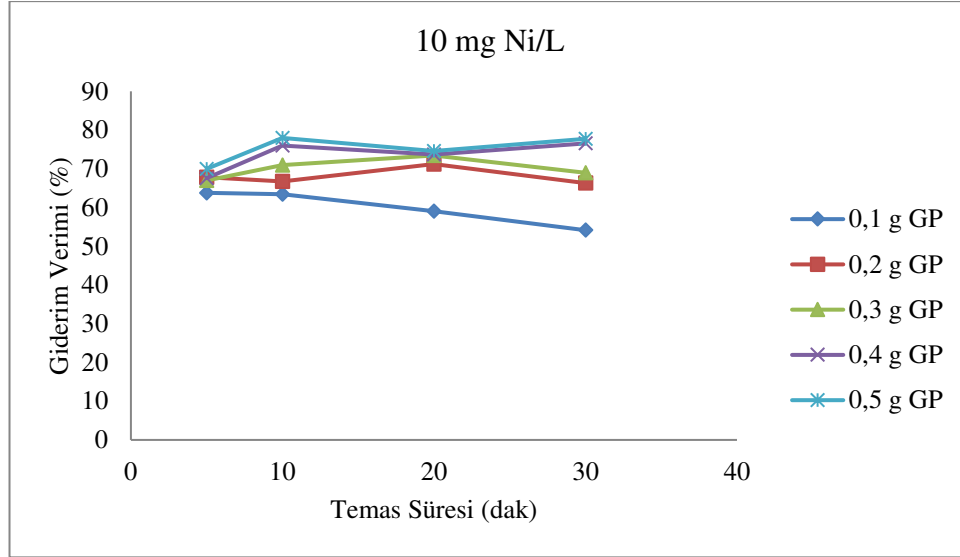
Şekil 4.14. 1 mg/L'lik Ni^{+2} konsant. temas süresine göre giderim verimleri

1 mg/L nikel giriş konsantrasyonundan sonra genişletilmiş perlit ilave edilerek çıkış konsantrasyonu ölçülmüştür. Bu ölçümler doğrultusunda 1 mg/L nikel çözeltisinde genişletilmiş perlit ilave edilerek en iyi giderim konsantrasyonu ile 30 dakika temas süresi ile 0.035 mg/L'ye düşürülmüştür.



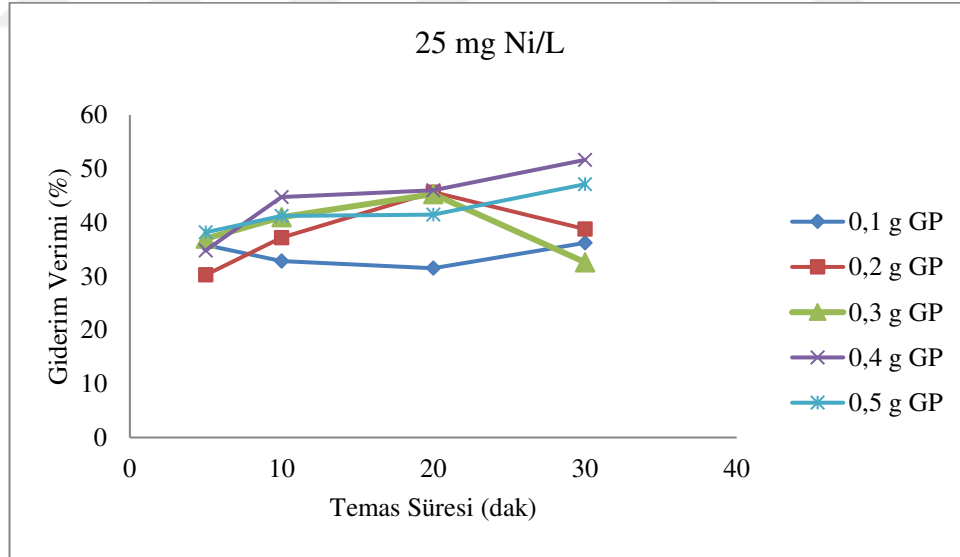
Şekil 4.15. 5 mg/L'lik Ni^{+2} konsant. temas süresine göre giderim verimleri

5 mg/L Nikel sulu çözeltisinde farklı ağırlıklarda genişletilmiş perlit ilavesiyle konsantrasyon verimi %83 ve % 94 oranlarda değişkenlik göstermektedir. Bu sonuçla daha fazla genişletilmiş perlit ilave edilerek daha fazla giderim verimi elde edilmiştir.



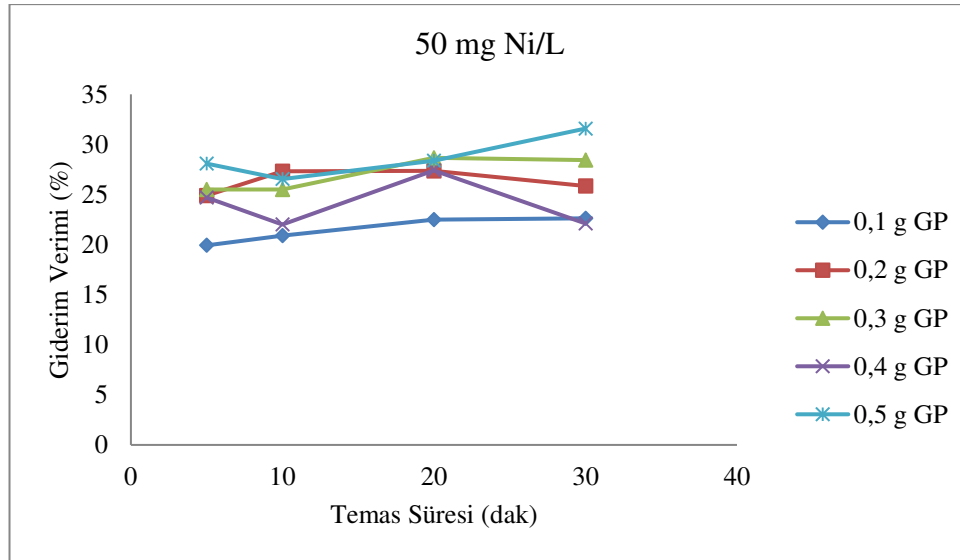
Şekil 4.16. 10 mg/L'lik Ni^{+2} konsant. temas süresine göre giderim verimleri

10 mg/L nikel konsantrasyonunda gerçekleştirilen deney sonuçlarına göre elde edilen verimler yukarıdaki grafikte görülmektedir. Giriş konsantrasyonuna bağlı olarak temas süresinin artması ile giderim verimleri yükselmiştir en iyi sonuçlar 30 dakikalık temas süresinin 0.5 g genişletilmiş perlit ilavesinde %77 olarak ölçülmüştür.



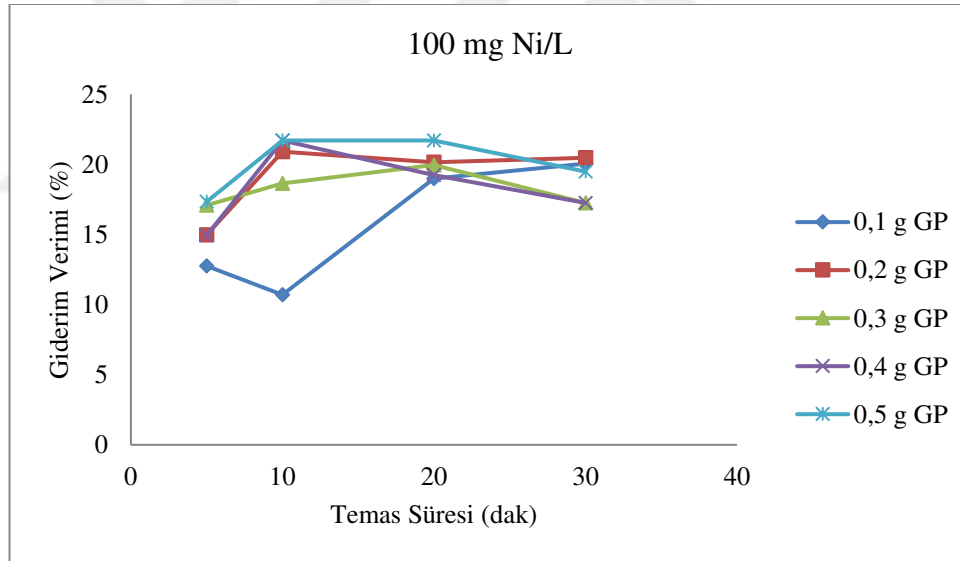
Şekil 4.17. 25 mg/L'lik Ni^{+2} konsant. temas süresine göre giderim verimleri

Nikel konsantrasyonunun 25 mg/L olduğu deney serilerinde elde edilen verimlerin konsantrasyona bağlı olarak düştüğü görülmüştür. En iyi sonuç 30 dakikalık temas süresinde %51'dir.



Şekil 4.18. 50 mg/L'lik Ni^{+2} konsant. temas süresine göre giderim verimleri

50 mg/L nikel konsantrasyonunda verimin düştüğü görülmektedir. En iyi giderim verimi 30 dakikalık temas süresinde %31'dir.



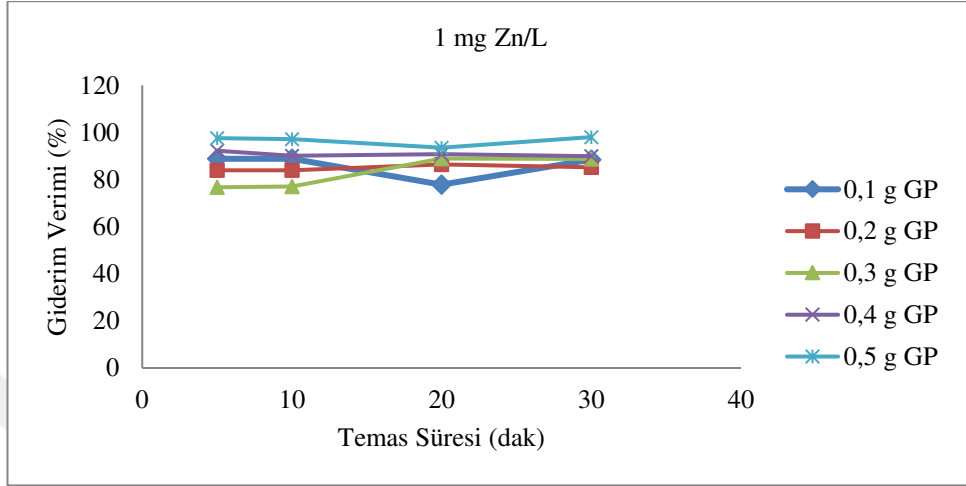
Şekil 4.19. 100 mg/L'lik Ni^{+2} konsant. temas süresine göre giderim verimleri

100 mg/L nikel giriş konsantrasyonunda giderim verimleri ölçülmüştür. En iyi sonuç 0,5 g genleştirilmiş perlit ilavesinde %22 olarak ölçülmüştür.

Yapılan deneysel çalışmalarda nikel giderimi için ICP-OES cihazında ölçülen Ni^{+2} ağırmetal sonuçlarıyla grafikler oluşturulmuştur (Şekil 4.14.-4.19.). Oluşturulan Ni^{+2} grafiklerinde düşük konsantrasyonlarda giderim veriminin daha yüksek olduğu görülmüştür. Her konsantrasyonun farklı temas sürelerinde de çoğunlukla birbirine yakın giderim verimleri

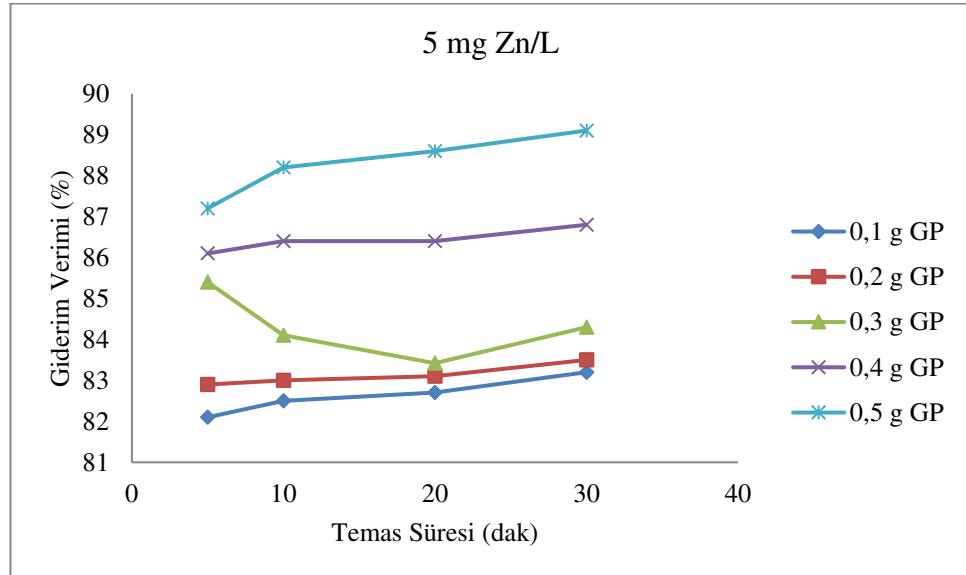
görülmüştür. Yüksek konsantrasyonlara çıkıldıkça giderim veriminin düştüğü görülmüştür. Bunun sebebinin adsorban miktarının yetersiz veya az olmasından kaynaklandığı belirlenmiştir.

4.5.Sulu Çözeltilde Çinko Giderim Verimleri



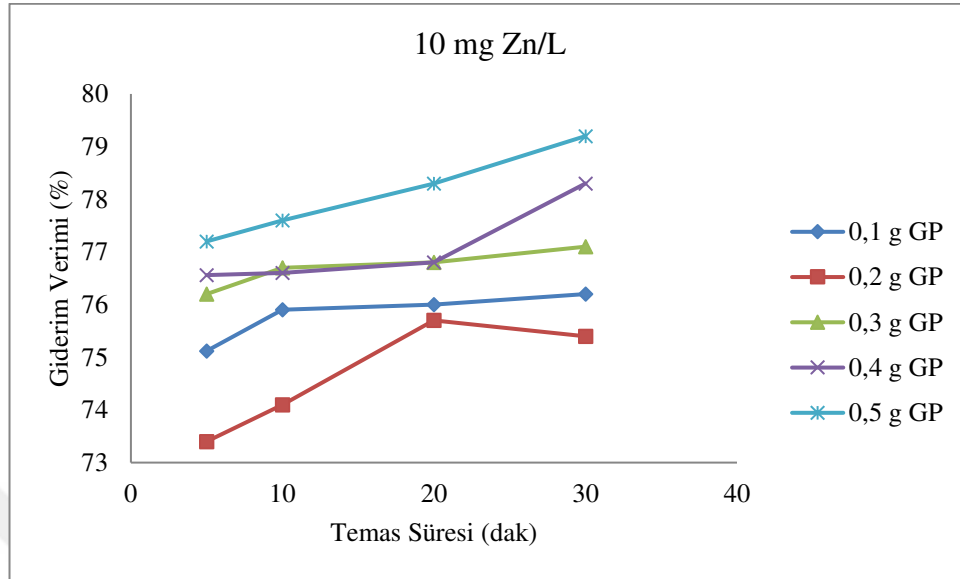
Şekil 4.20. 1 mg/L'lik Zn^{+2} konsant. temas süresine göre giderim verimleri

1 mg/L çinko giriş konsantrasyonundan sonra genişletilmiş perlit ilave edilerek çıkış konsantrasyonu ölçülmüştür. Bu ölçümler doğrultusunda 1 mg/L çinko çözeltisinde genişletilmiş perlit ilave edilerek en iyi giderim konsantrasyonu ile 30 dakika temas süresi ile 0,02 mg/L'ye düşürülmüştür.



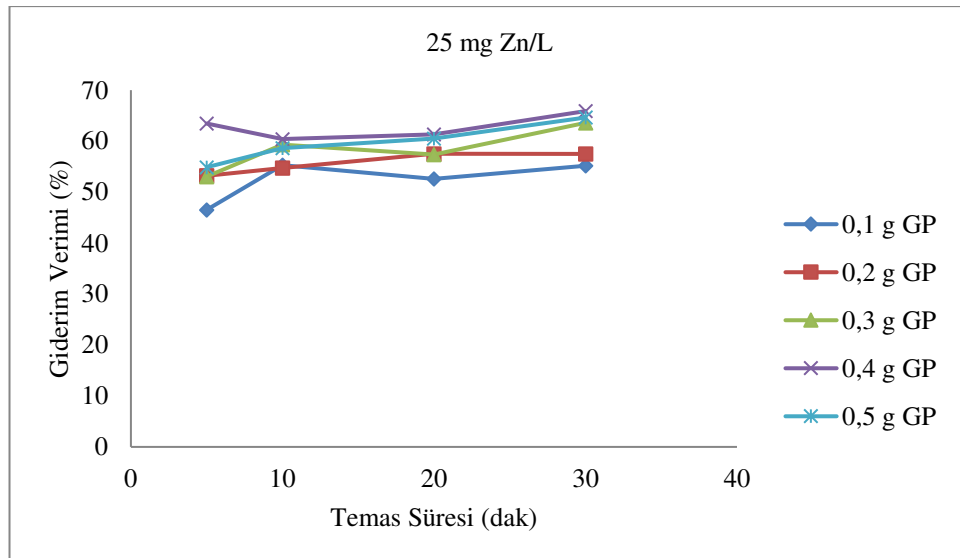
Şekil 4.21. 5 mg/L'lik Zn^{+2} konsant. temas süresine göre giderim verimleri

5 mg/L çinko sulu çözeltisinde farklı ağırlıklarda genişleştirilmiş perlit ilavesiyle konsantrasyon verimi %82 ve % 89 oranlarda değişkenlik göstermektedir. Bu sonuçla daha fazla genişleştirilmiş perlit ilave edilerek daha fazla giderim verimi elde edilmiştir.



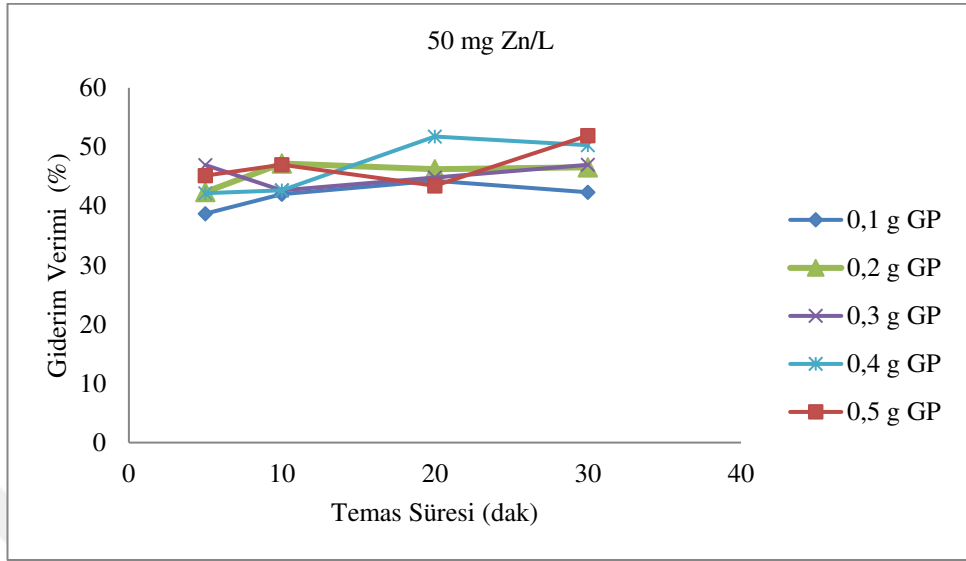
Şekil 4.22. 10 mg/L'lik Zn^{+2} konsant. temas süresine göre giderim verimleri

10 mg/L çinko konsantrasyonunda gerçekleştirilen deney sonuçlarına göre elde edilen verimler yukarıdaki grafikte görülmektedir. Giriş konsantrasyonuna bağlı olarak temas süresinin artması ile giderim verimleri yükselmiştir en iyi sonuçlar 30 dakika temas süresinin 0.5 g genişleştirilmiş perlit ilavesinde %79 olarak ölçülmüştür.



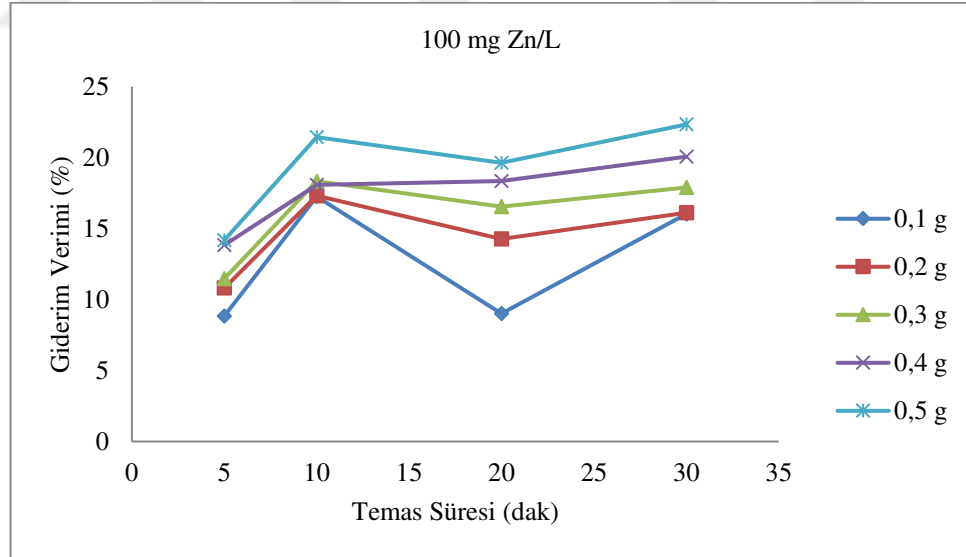
Şekil 4.23. 25 mg/L'lik Zn^{+2} konsant. temas süresine göre giderim verimleri

Çinko konsantrasyonunun 25 mg/L olduğu deney serilerinde elde edilen verimlerin konsantrasyona bağlı olarak düştüğü görülmüştür. En iyi sonuç 30 dakika temas süresinde %64 olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.24. 50 mg/L'lik Zn^{+2} konsant. temas süresine göre giderim verimleri

50 mg/L çinko konsantrasyonunda verimin düştüğü görülmektedir. En iyi giderim verimi 30 dakika temas süresinde %51'dir.



Şekil 4.25. 100 mg/L'lik Zn^{+2} konsant. temas süresine göre giderim verimleri

100 mg/L çinko giriş konsantrasyonunda giderim verimleri ölçülmüştür. En iyi sonuç 0.5 g genişletilmiş perlit ilavesinde %22 olarak ölçülmüştür.

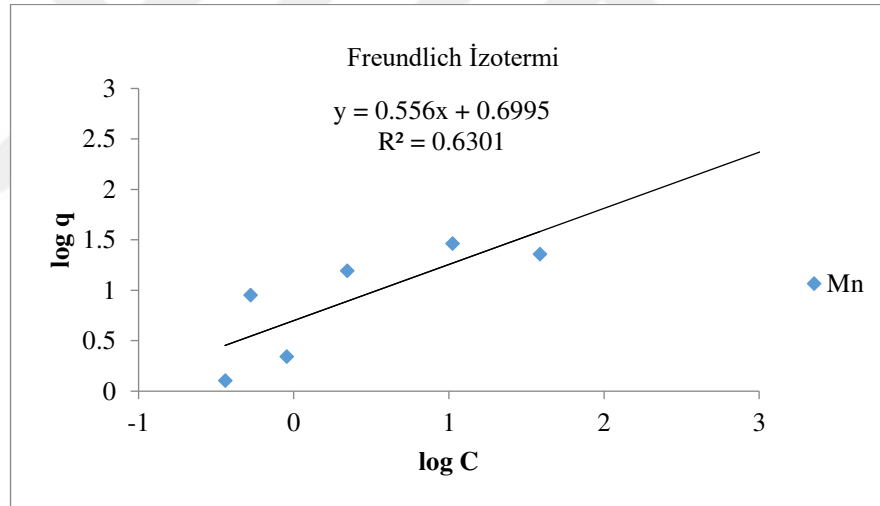
Yapılan deneysel çalışmalarda çinko giderimi için ICP-OES cihazında ölçülen Zn^{+2} ağırmetal sonuçlarıyla grafikler oluşturulmuştur (Şekil 4.20-4.25.). Oluşturulan Zn^{+2} grafiklerinde

düşük konsantrasyonlarda giderim veriminin daha yüksek olduğu görülmüştür. Her konsantrasyonun farklı temas sürelerinde de çoğunlukla birbirine yakın giderim verimleri görülmüştür. Yüksek konsantrasyonlara çıkıldıkça giderim veriminin düştüğü görülmüştür. Bunun sebebinin adsorban miktarının yetersiz veya az olmasından kaynaklandığı belirlenmiştir.

4.6. Sulu Çözeltilerde Adsorpsiyon İzotermi

4.6.1. Mangan Adsorpsiyon İzotermi

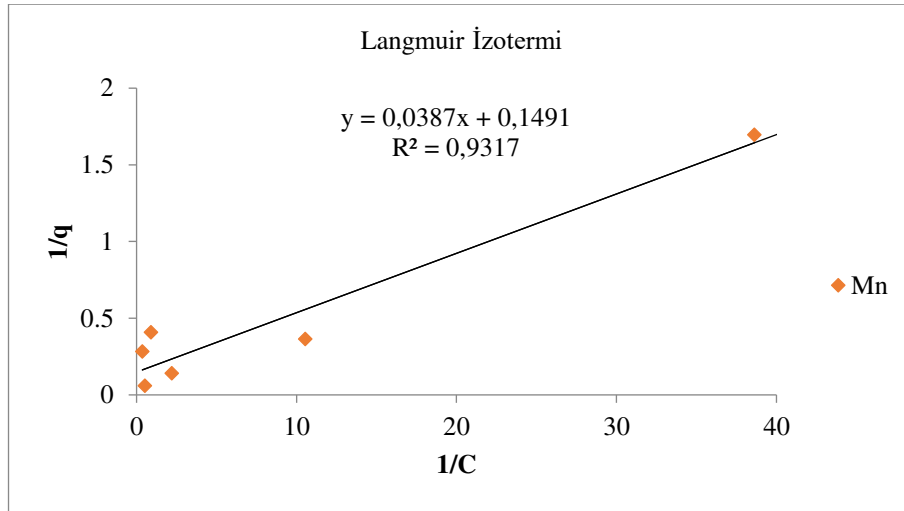
Genleştirilmiş perlit üzerinde uygulanan mangan adsorpsiyonunda Freundlich ve Langmuir izoterm eğrileri ve denklemleri Şekil 4.26 ve Şekil 4.27’de gösterilmiştir. Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3 izoterm sabitleri ve korelasyon katsayıları verilmiştir. 5 mg/L Mn^{+2} ağırmetali giriş konsantrasyonunda, 0.5 g genleştirilmiş perlit ile en yüksek adsorpsiyon değerine ulaşıldığı için dönüm noktası 30 dakika kabul edilerek yapılan çalışmada Mn^{+2} ağırmetalinin $R^2=0.93$ ile Langmuir izoterm modeline uyum sağladığı görülmüştür.



Şekil 4.26. Mn^{+2} Freundlich izotermi

Çizelge 4.2. Mangan için Freundlich izoterm sabitleri

K_f	$\log K_f$	n_f	$1/n_f$	R^2
5,006	0,6995	1,7985	0,556	0,63



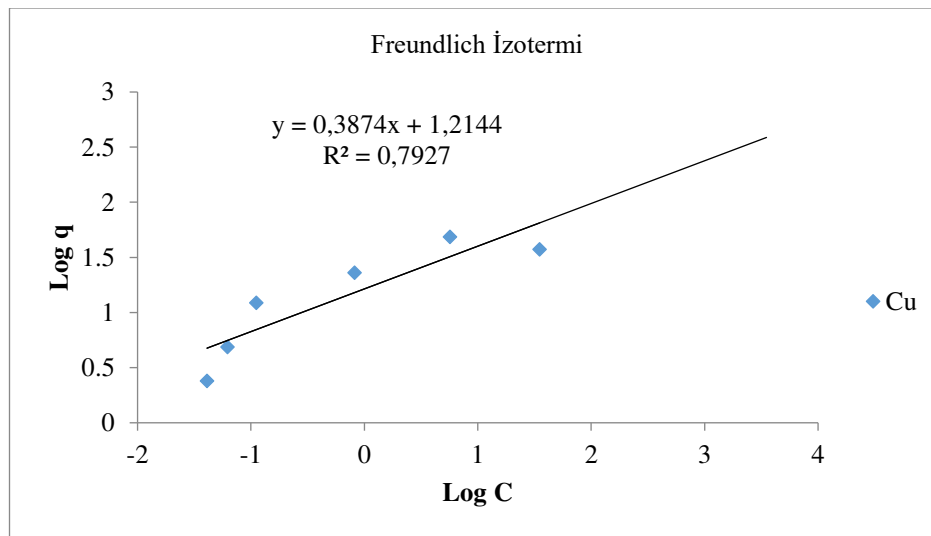
Şekil 4.27. Mn^{+2} Langmuir izotermi

Çizelge 4.3. Mangan için Langmuir izoterm sabitleri

$1/b.Q_0$	$1/Q_0$	b	Q_0	R^2
0,1491	0,0387	0,259	25,83	0,93

4.6.2. Bakır Adsorpsiyon İzotermi

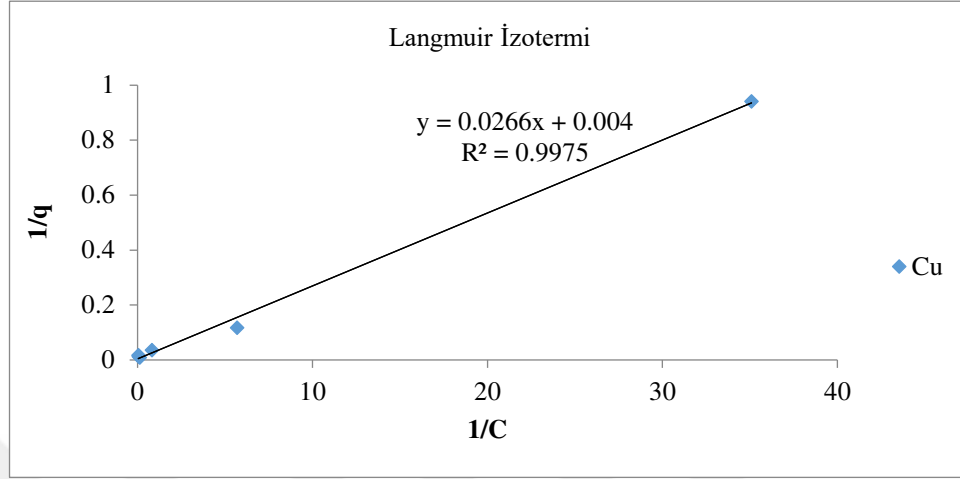
Genleştirilmiş perlit üzerinde uygulanan bakır adsorpsiyonunda Freundlich ve Langmuir izoterm eğrileri ve denklemleri Şekil 4.28 ve Şekil 4.29’da gösterilmiştir. Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5 izoterm sabitleri ve korelasyon katsayıları verilmiştir. 5 mg/L Cu^{+2} ağırmetali giriş konsantrasyonunda, 0.4 g genleştirilmiş perlit ile en yüksek adsorpsiyon değerine ulaşıldığı için dönüm noktası 5 dakika kabul edilerek yapılan çalışmada Cu^{+2} ağırmetalinin $R^2=0.99$ ile Langmuir izoterm modelie uyum sağladığı görülmüştür.



Şekil 4.28. Cu^{+2} Freundlich izotermi

Çizelge 4.4. Bakır için Freundlich izoterm sabitleri

K_f	$\log K_f$	n_f	$1/n_f$	R^2
16,38	1,2144	2,58	0,38	0,79



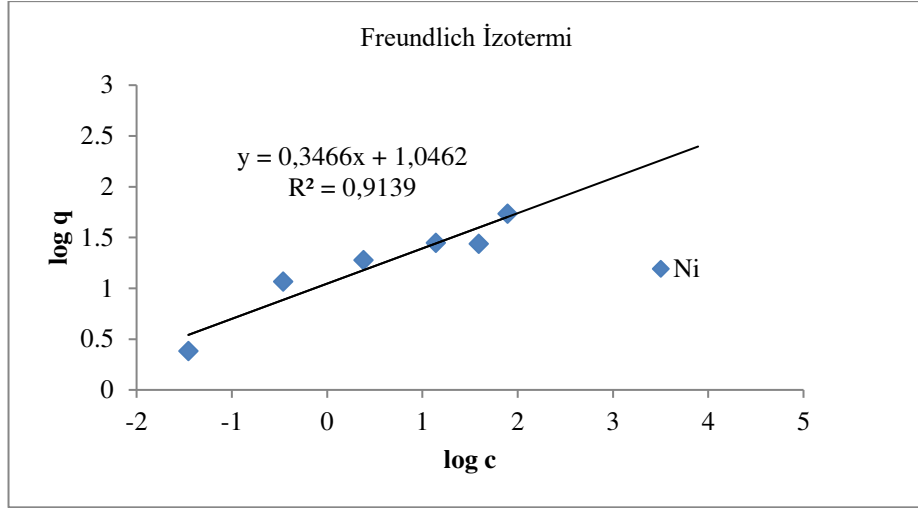
Şekil 4.29. Cu^{+2} Langmuir izotermi

Çizelge 4.5. Bakır için Langmuir izoterm sabitleri

$1/b.Q_0$	$1/Q_0$	b	Q_0	R^2
0,004	0,0266	0,15	37,59	0,99

4.6.3. Nikel Adsorpsiyon İzotermi

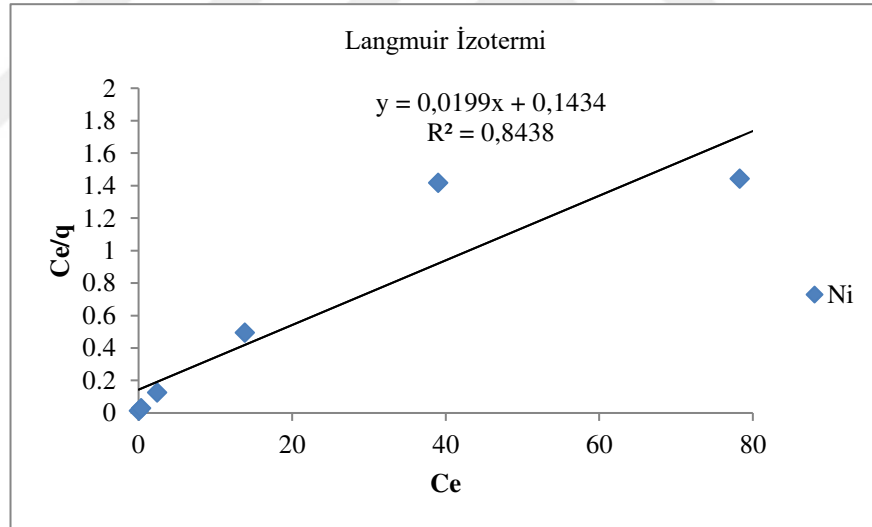
Genleştirilmiş perlit üzerinde uygulanan nikel adsorpsiyonunda Freundlich ve Langmuir izoterm eğrileri ve denklemleri Şekil 4.30 ve Şekil 4.31’de gösterilmiştir. Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7 izoterm sabitleri ve korelasyon katsayıları verilmiştir. 5 mg/L Ni^{+2} ağırmetali giriş konsantrasyonunda, 0.4 g genleştirilmiş perlit ile en yüksek adsorpsiyon değerine ulaşıldığı için dönüm noktası 10 dakika kabul edilerek yapılan çalışmada Ni^{+2} ağırmetalinin $R^2=0.91$ ile Freundlich izoterm modeline uyum sağladığı görülmüştür.



Şekil 4.30. Ni^{+2} Freundlich izotermi

Çizelge 4.6. Nikel için Freundlich izoterm sabitleri

K_f	$\log K_f$	n_f	$1/n_f$	R^2
11,122	1,0462	2,885	0,3466	0,91



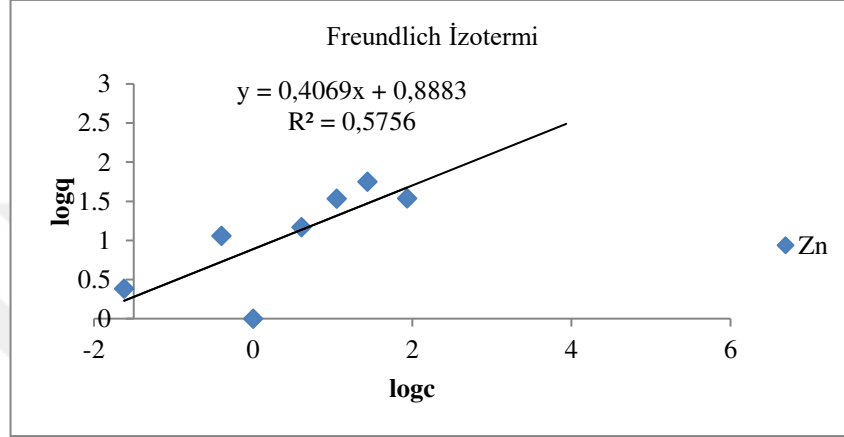
Şekil 4.31. Ni^{+2} Langmuir izotermi

Çizelge 4.7. Nikel için Langmuir izoterm sabitleri

$1/b \cdot Q_0$	$1/Q_0$	b	Q_0	R^2
0,1434	0,0199	7,2	50,25	0,84

4.6.4. Çinko Adsorpsiyon İzotermi

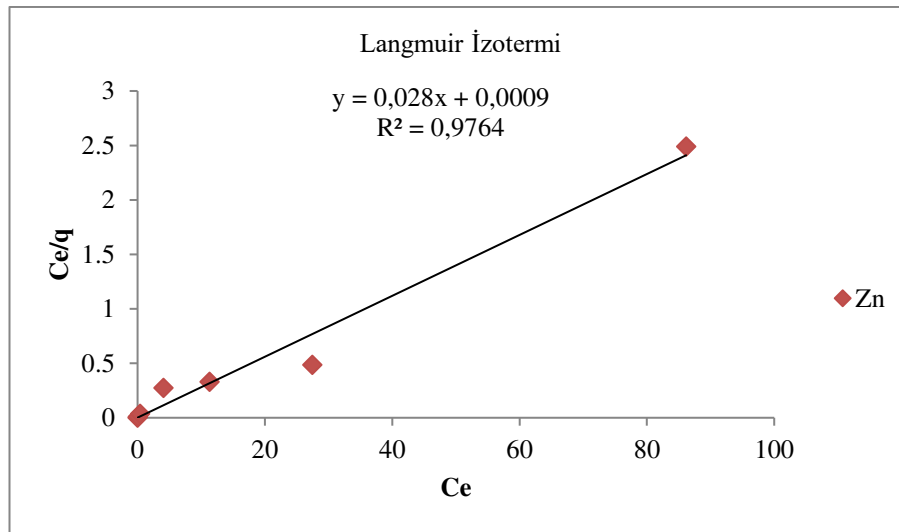
Genleştirilmiş perlit üzerinde uygulanan çinko adsorpsiyonunda Freundlich ve Langmuir izoterm eğrileri ve denklemleri Şekil 4.32 ve Şekil 4.33’de gösterilmiştir. Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9 izoterm sabitleri ve korelasyon katsayıları verilmiştir. 5 mg/L Zn^{+2} ağırmetali giriş konsantrasyonunda, 0.5 g genleştirilmiş perlit ile en yüksek adsorpsiyon değerine ulaşıldığı için dönüm noktası 5 dakika kabul edilerek yapılan çalışmada Zn^{+2} ağırmetalinin $R^2=0.97$ ile Langmuir izoterm modelie uyum sağladığı görülmüştür.



Şekil 4.32. Zn^{+2} Freundlich izotermi

Çizelge 4.8. Çinko için Freundlich izoterm sabitleri

K_f	$\log K_f$	n_f	$1/n_f$	R^2
1,002	0,0009	35,714	0,028	0,57



Şekil 4.33. Zn^{+2} Langmuir izotermi

Çizelge 4.9. Çinko için Langmuir izoterm sabitleri

$1/b.Q_0$	$1/Q_0$	b	Q_0	R^2
0,8883	0,4069	2,18	2,457	0,97

4.7. BET Yüzey Alanı Analiz Sonuçları

BET yüzey alanı analizi genişletilmiş perlit üzerinde gerçekleştirilmiştir. Analiz, Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında yapılmıştır ve sonuçlar aşağıdaki çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.10. BET yüzey alanı analiz sonuçlarına göre genişletilmiş perlit değerleri

BET Yüzey Alanı	Genleştirilmiş Perlit
Yüzey Alanı	212.578 m ² /g
Gözenek Hacmi	0.197353 ml/g
Toplam Gözenek Hacmi	0,460509 ml/g
Ortalama Gözenek Boyutu	0.823899 nm.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde büyük sorunlardan biri olan katı atık sızıntı sularının arıtılması güç ve maliyetlidir. Bu sızıntı sularının içerisindeki ağır metallerin uzaklaştırılması için geliştirilmiş perlit kullanılarak ağır metallerin giderimi sağlanmıştır. Gerçekleştirilen giderim verimi araştırmasında adsorban olarak ülkemizde rezervinin oldukça fazla olduğu ve dünya rezervinin %70'ini bulunduran perlit madenin işlenmesiyle üretilen geliştirilmiş perlit kullanılmıştır. Ülkemize ait Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde yer alan kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterlerinde mangan seviyeleri; 1. Sınıf kalite için 0,1 mg/L, 2. Sınıf kalite için 0,5 mg/L, 3. Sınıf kalite için 3 mg/L, 4. Sınıf kalite için ise 3 mg/L'den büyük olması koşuluyla nitelendirilmiştir. Bakır seviyeleri için; 1. Sınıf kalite 0.02 mg/L'den küçük, 2. Sınıf kalite için 0.02-0.05 mg/L, 3. Sınıf kalite için 0.05-0,2 mg/L ve en son olarak 4. Sınıf kalite için 0,2 mg/L'den düşük olması koşuluyla nitelendirilmiştir. Nikel seviyeleri için; 1. Sınıf kalite 0.02 mg/L'den küçük, 2. Sınıf kalite için 0.02-0.05 mg/L, 3. Sınıf kalite için 0.05-0,2 mg/L ve en son olarak 4. Sınıf kalite için 0,2 mg/L'den düşük olması koşuluyla nitelendirilmiştir. Çinko seviyeleri için; 1. Sınıf kalite 0,2 mg/L'den küçük, 2. Sınıf kalite için 0,2-0,5 mg/L, 3. Sınıf kalite için 0,5-2 mg/L ve en son olarak 4. Sınıf kalite için 2 mg/L'den düşük olması koşuluyla nitelendirilmiştir.

Çizelge 5.1. Mn^{+2} , Cu^{+2} , Ni^{+2} ve Zn^{+2} ağırmetallerinde giderim verimleri(%)

Ağırmetal	1 mg/L	2 mg/L	5 mg/L	10 mg/L	25 mg/L	50 mg/L	100 mg/L
Mn^{+2}	74,2	93,5	88,10	78,25	57	31	-
Cu^{+2}	96,2	97,5	95,10	93,25	77	40	-
Ni^{+2}	96,5	-	93,10	77	51	31	22
Zn^{+2}	98,5	-	92,10	79	65	51	22

Yapılan deneysel çalışmada Mn^{+2} , Cu^{+2} , Ni^{+2} ve Zn^{+2} ağır metallerin 1-250 mg/L arasında değişen farklı konsantrasyonlarında yapılan deneylerde, 5 ve 30 dakika arası farklı zaman aralıklarında giderim verimleri Mn^{+2} ağırmetalinde; 1mg Mn/L'de ortalama %74, 2mg Mn/L'de %93, 5mg Mn/L'de %88, 10mg Mn/L'de %78, 25 mg Mn/L'de %57 ve 50 mg Mn/L'de %31'dir. Cu^{+2} ağırmetalinde; 1mg Cu/L'de ortalama %96, 2 mg Cu/L'de %97, 5mg Cu/L'de %95, 10mg Cu/L'de %93, 25mg Cu/L'de %77 ve 50 mg Cu/L'de %40 olarak giderim sağlanmıştır. Ni^{+2} ağırmetalinde; 1mg Ni/L'de ortalama %96, 5mg Ni/L'de %93, 10mg Ni/L'de %77, 25mg Ni/L'de %51, 50mg Ni/L'de %31, 100mg Ni/L'de %22 olarak giderim sağlanmıştır.

Zn⁺² ağırmetalinde; 1mg Zn/L'de ortalama %98, 5mg Zn/L'de %92, 10mg Zn/L'de %79, 25mg Zn/L'de %65, 50mg Zn/L'de %51, 100mg Zn/L'de %22 olarak giderim sağlanmıştır.

Logq/LogC değerleri grafiğe geçirilerek genişleştirilmiş perlit üzerinde Mn⁺², Cu⁺², Ni⁺² ve Zn⁺² adsorpsiyonunda Freundlich izotermi, 1/q ve 1/C değerlerinin grafiğe geçirilmesi ile Langmuir izoterm sabitleri belirlenmiştir.

Genleştirilmiş perlit üzerinde uygulanan mangan adsorpsiyonunda Freundlich ve Langmuir izoterm eğrileri ve denklemleri Şekil 4.25 ve Şekil 4.26'da gösterilmiştir. Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2 izoterm sabitleri ve korelasyon katsayıları verilmiştir. 5 mg/L Mn⁺² ağırmetal giriş konsantrasyonunda, 0,5 g genleştirilmiş perlit ile en yüksek adsorpsiyon değerine ulaşıldığı için dönüm noktası 30 dakika kabul edilerek yapılan çalışmada Mn⁺² ağırmetalinin R²=0.93 ile Langmuir izoterm modelie uyum sağladığı görülmüştür.

Genleştirilmiş perlit üzerinde uygulanan bakır adsorpsiyonunda Freundlich ve Langmuir izoterm eğrileri ve denklemleri Şekil 4.27 ve Şekil 4.28'de gösterilmiştir. Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4 izoterm sabitleri ve korelasyon katsayıları verilmiştir. 5 mg/L Cu⁺² ağırmetal giriş konsantrasyonunda, 0,4 g genleştirilmiş perlit ile en yüksek adsorpsiyon değerine ulaşıldığı için dönüm noktası 5 dakika kabul edilerek yapılan çalışmada Cu⁺² ağırmetalinin R²=0.99 ile Langmuir izoterm modelie uyum sağladığı görülmüştür.

Genleştirilmiş perlit üzerinde uygulanan nikel adsorpsiyonunda Freundlich ve Langmuir izoterm eğrileri ve denklemleri Şekil 4.29 ve Şekil 4.30'da gösterilmiştir. Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6 izoterm sabitleri ve korelasyon katsayıları verilmiştir. 5 mg/L Ni⁺² ağırmetal giriş konsantrasyonunda, 0,4 g genleştirilmiş perlit ile en yüksek adsorpsiyon değerine ulaşıldığı için dönüm noktası 10 dakika kabul edilerek yapılan çalışmada Ni⁺² ağırmetalinin R²=0.91 ile Freundlich izoterm modelie uyum sağladığı görülmüştür.

Genleştirilmiş perlit üzerinde uygulanan çinko adsorpsiyonunda Freundlich ve Langmuir izoterm eğrileri ve denklemleri Şekil 4.31 ve Şekil 4.32'de gösterilmiştir. Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8 izoterm sabitleri ve korelasyon katsayıları verilmiştir. 5 mg/L Zn⁺² ağırmetal giriş konsantrasyonunda, 0,5 g genleştirilmiş perlit ile en yüksek adsorpsiyon değerine ulaşıldığı için dönüm noktası 5 dakika kabul edilerek yapılan çalışmada Zn⁺² ağırmetalinin R²=0.97 ile Langmuir izoterm modelie uyum sağladığı görülmüştür.

BETyüzey alanı, gözenek hacmi 1 g'da 0,197353 ml gözenek hacmi olduğu, 1 g'da 0,460509 ml, ortalama gözenek boyutunun 0,823899 nm olduğu ölçülmüştür.

Genleştirilmiş perlitin adsorban maddesi olarak bu dört ağırmetalde giderim verimi olarak iyi sonuç verdiği görülmüştür. Yüksek konsantrasyonlarda giderim verimindeki düşüş adsorban miktarının yetersiz olduğu belirlenmiştir. Genel olarak genleştirilmiş perlitin ağırmetal

giderimin de iyi sonuç vermesi, ÷lkemizde yüksek rezerve sahip bu malzemenin değer kazanmasına önc÷l÷k ederek katı atık sızıntı sularından kaynaklanan ağırmetal kirlilik probleminin giderilmesine de farklı bir bakış açısı getirmiştir.

Ayrıca; katı atık depolama alanında akış yönüne göre tesisin üstünde ve altında kontrol kuyuları açılmalıdır. Bu kuyulardan sızıntı sularının yeraltı sularına karışıp karışmadığı, karışımı halinde kirlenme oranının öğrenilmesiyle temizleme çalışmaları yapılmalıdır.



KAYNAKLAR

- [1] Anonim, 2010. Dünya Su Günü. <http://www.milliyet.com.tr/kirli-icme-suyu-yilda-500-bin-can-pembenar-detay-yasam-2030910> (Erişim Tarihi: 01.11.2016).
- [2] Gönüllü MT, 2004. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Cilt1. Birsen Yayınevi İstanbul.
- [3] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2010. Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Sızıntı Suyu Yönetimi İhtisas Komisyonu Taslak Çalışma Raporu.
- [4] Çakmak ME, 2016. Adsorpsiyon Teorisi. <http://www.cevremuhendisleri.net/konu/adsorbsiyon-teorisi.104/> (Erişim tarihi: 11.08.2016).
- [5] Anonim, 2015. Çöp Sızıntı Suyu Teknik Bilgi. http://www.cevreyonetimmerkezi.com/dokuman/cop/teknik_bilgi.pdf(Erişim tarihi:11.04.2017).
- [6] Şener Ş, 2017. Ağır Metallerin Çevresel Etkileri.Çevre İçin Jeoloji: SDUGEO e-dergi, 3:35-49.
- [7] Bilgin Ö, Koç E, 2013. Doğal Zeolitlerin Çevre Kirliliği Kontrolünde Kullanımı. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 1:169-174.
- [8] İlhan F, Kurt U, Apaydın Ö, Arslankaya E, Gönüllü T, 2007. Elektrokimyasal Arıtım ve Uygulamaları: Katı Atık Sızıntı Suyu Çalışması. Türkay AB Sürecinde Türkiye’de Katı Atık Yönetimi ve Çevre Sorunları 2007 Sempozyumu.
- [9] Mesci B, Turan NG, 2010. İllit Kullanılarak Sızıntı Suyundan Ağır Metal Gideriminin İncelenmesi. UKMK, 9.Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, 4: 123-130.
- [10] Bayhan Y, Özbek S, 2015. Katı Atık Depolama Sahalarında Sızıntı Sularının Oluşumu, Özellikleri ve Yeraltı Sularına Etkilerin Araştırılması. Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences, 1:53-59.
- [11] Öztürk M, Polat A, Topçu U, Aslan Ş, 2014. Katı Atık Sızıntı Suyunun İleri Oksidasyon Yöntemleriyle Arıtımı.Akademik Platform Dergisi, 2:12-23.
- [12] Özkaraoğlu E, Güngör B, 2010. Çöp Sızıntı Sularındaki Muhtelif Bazı Kirlleticilerin Toprak İle Etkileşimi: Sinop Örneği.Ekoloji 19 (75):49-57.
- [13] Karagözoğlu B, Topal M, Öbek E, 2011. Sızıntı Sularının Doğal Arıtımı.Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 11:1-16.
- [14] Yalılı M, Kestioğlu K, Kırıl Mert B, 2006. Sızıntı Sularının Evsel Atıksularla Birlikte Arıtılabilirliğinin Respirometrik Yöntemle İzlenmesi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 11(1):65-73.
- [15] Weng CH, Tsai CZ, Chu SH, Sharma YC, 2007. Adsorption Characteristics Of Copper (II) Onto Spent Activated Clay. Separation and Purification Technology, 54:187-197.

- [16] Qingdong Q, Qianqian W, Dafang F, Jun M, 2011. An Efficient Approach for Pb(II) and Cd(II) Removal Using Manganese Dioxide Formed In Situ. Chemical Engineering, 172: 68-74.
- [17] Uddin MK, 2017. A Review on the Adsorption of Heavy Metals by Clay Minerals, with Special Focus on the Past Decade. Chemical Engineering, 308:438-462.
- [18] Gupta SS, Bhattacharyya KG, 2011. Kinetics of Adsorption of Metal Ions on Inorganic Materials: A Review. Advances in Colloid and Interface Science, 162:39-58.
- [19] Shabani KS, Ardejani FD, Badii K, Olya ME, 2013. Preparation and Characterization of Novel Nano-Mineral of Several Heavy Metals from Aqueous Solution: Batch and Continuous Systems. Arabian Journal of Chemistry, 12:13-33.
- [20] Bulut Y, Tez Z, 2006. Removal of Heavy Metals from Aqueous Solution by Sawdust Adsorption. Journal of Environmental Sciences, 19:160-166.
- [21] Nas SS, Saka F, Bayram A, 2004. Deponi Alanlarının Hidrojeolojisinin Su Kaynaklarına Etkileri ve Gümüşhane İli Deponi Alanı Örneği. VII. Ulusal Çevre Sorunlarına Öğrenci Yaklaşımları Sempozyumu, 4:153-159.
- [22] Duran EB, Cuci Y, 2016. Katı Atık Düzenli Depolama Sahası Sızıntı Suyunun Fizikokimyasal Arıtım Yöntemleriyle Arıtılabilirliğinin Araştırılması.KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19(2): 104-110.
- [23] Renou S, Givaudan JG, Poulain S, Dirassouyan F, Moulin P, 2007. Landfill Leachate Treatment: Review and Opportunity. Journal of Hazardous Materials, 150:468-493.
- [24] Akkaya E, Demir A, Varank G, 2011. Odayeri Düzenli Depo Sahası Sızıntı Suyunun Karakterizasyonu. Journal of Engineering and Natural Sciences, Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 3:238-251.
- [25] Heyer K, Erdin E, Tokgöz S, 2014. Deponi Sızıntı Sularının Arıtma Teknikleri ve Örnek Tesisler. Journal of Engineering and Natural Sciences, Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 3:133-150.
- [26] Armağan B, 2007. Gelişmekte Olan Kentlerde Katı Atık Sızıntı Suyu Yönetimi Şanlıurfa Örneği. Akademik Platform Dergisi, 31:24-35.
- [27] Ekmekçi F, 2007. Adana Sofulu Düzensiz Çöp Depolama Sahasından Alınan Çöp Sızıntı Sularının Laboratuvar Ölçekli Ortamda Bitkisel Yolla Azot-Fosfor ve Ağır Metal Gideriminin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- [28] Şahinoğlu G, 2013. Perlit Mangan Oksit Modifiye Edilmiş Perlit Adsorbentleri Kullanılarak Sulu Çözeltiden Sb(III) İyonlarının Uzaklaştırılması İşleminin

Fizikokimyasal Parametrelerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.

- [29] Ardalı Y, Turan NG, Temel FA, 2014. Genleştirilmiş Perlit Kullanarak Adsorpsiyonla Endüstriyel Atık Sızıntı Suyundan Cu (II) Giderimi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 19: (1-2):54-61.
- [30] Benek V, 2015. Van Bölgesindeki Doğal Pomza Taşının Bazı Ağır Metallerin Adsorpsiyonunda Kullanılması. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- [31] Çevrim İ, 2009. Erzurum Kenti Katı Atık Depolama Sahasının İncelenmesi ve Sızıntı Suyunun Mevsimsel Değişimi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- [32] Daş ÖB, 2013. ICP-OES Kullanılarak Bitkilerdeki Makro ve Mikro Elementlerin Birlikte Tayininde Çok Değişkenli Kalibrasyon Tekniklerinin Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

1992 yılında Bingöl’de doğdum. İlköğretimi Ankara Büyükşehir Belediyesi İlköğretim Okulu’nda ve liseyi İMKB Bingöl Lisesi’nde tamamladım. 2011 yılında kazandığım Bitlis Eren Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü’nden 2015 yılında mezun oldum. 2015’de Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Teknolojileri Anabilim Dalı’nda yüksek lisansa başladım. Ocak 2018’de yüksek lisansımı tamamladım. Yabancı dilim İngilizce’dir

Ümit KORKUTATA

