

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**ATIKSU ARITMA TESİSİNDE BAZI STRATEJİK
HAMMADDELERİN GİDERİMİNİN ARAŞTIRILMASI**

Yılmaz KOÇİYİT

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Doç. Dr. Murat TOPAL

TUNCELİ-2021

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ATIKSU ARITMA TESİSİNDE BAZI STRATEJİK
HAMMADDELERİN GİDERİMİNİN ARAŞTIRILMASI

Yılmaz KOÇİYİT
(190040015)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Doç. Dr. Murat TOPAL

TUNCELİ-2021

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**ATIKSU ARITMA TESİSİNDE BAZI STRATEJİK HAMMADDELERİN
GİDERİMİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Yılmaz KOÇİYİT
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu tez 24/12/2021 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Doç.Dr.Murat TOPAL
(Munzur Üniversitesi)

DANIŞMAN

Doç.Dr.E.İşıl ARSLAN TOPAL
(Fırat Üniversitesi)

ÜYE

Doç.Dr.Mehmet Yavuz PAKSOY
(Munzur Üniversitesi)

ÜYE

Bu tez, Enstitümüz Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Doç. Dr. Murat KORUNUR
Enstitü Müdürü

Bu çalışma, Munzur Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: YLMUB021-04

NOT: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı “Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu”ndaki hükümlere tabidir.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Yılmaz KOÇİYİT

Danışman
Doç. Dr. Murat TOPAL

TEŞEKKÜR

Birkaç yıldır ciddi bir emek ve özveri ile hazırladığım yüksek lisans tezimi tamamlamanın heyecanını ve gururunu yaşıyorum. Bu bölümü bana bu süreçte yardımlarını esirgemeyen ve beni bu yolda daima teşvik eden danışman hocama teşekkür etmek için bir fırsat olarak kullanacağım.

Özellikle danışmanlığımı üstlendiği için, varlığını her zaman hissettirdiği için, gülünç fikirlerimi özveri ve sabırla dinleyip anlayış gösterdiği için, değerli öneri ve eleştirileri ile bana bu zorlu süreçte kılavuz olduğu için çok değerli, sayın Doç. Dr. Murat TOPAL hocama teşekkür ederim. Akademik hayatıma sizin gibi bir kılavuzla başladığım için çok şanslıyım.

Ayrıca bu tez çalışmasını YLMUB021-04 nolu projeyle destekleyen Munzur Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkürlerimi sunarım.

Yılmaz KOÇİYİT
TUNCELİ- 2021

İÇİNDEKİLER

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BELGESİ.....	I
TEŞEKKÜR.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ŞEKİLLER LİSTESİ	V
TABLOLAR LİSTESİ	VI
KISALTMALAR LİSTESİ.	VII
ÖZET	VIII
ABSTRACT.	IX
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Atıksu Arıtımının Tarihçesi.....	2
1.2. Atıksu Arıtımı.....	3
1.2.1. Fiziksel arıtma.....	4
1.2.2. Kimyasal arıtma.....	6
1.2.3. Biyolojik arıtma.....	7
1.3. Stratejik Hammaddeler.....	10
1.3.1. Stratejik hammaddelerin çevresel etkileri.....	11
1.3.2. Baryum (Ba).....	12
1.3.3. Bizmut (Bi).....	13
1.3.4. Seryum (Ce).....	13
1.3.5. Kobalt (Co)	13
1.3.6. Galyum (Ga)	14
1.3.7. Lantan (La)	14
1.3.8. Lityum (Li)	15
1.3.9. Neodimyum (Nd)	15
1.3.10. Fosfor (P)	15
1.3.11. Praseodimyum (Pr).....	16
1.3.12. Stronsiyum (Sr).....	16
1.3.13. Titanyum (Ti).....	16
1.3.14. Vanadyum (V).....	16
1.3.15. İttriyum (Y).....	17
2. MATERYAL VE METOT.....	18
2.1. Çalışma Alanı.....	18
2.2. Örneklerin Alınması ve Analizi.....	19
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	20
3.1. Atıksu Arıtma Tesisi Giderim Verimi.....	20
3.2. Oksidasyon Havuzu Giderim Verimleri.....	29
3.3. Son Çökeltme Havuzu Giderim Verimleri.....	38
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	48
5. KAYNAKLAR.....	51
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Örnek bir ızgara.....	4
Şekil 1.2. Örnek bir yağ tutucu ünitesi.....	5
Şekil 1.3. Örnek bir çöktürme havuzu.....	6
Şekil 1.4. Bir biyolojik arıtma ünitesi	8
Şekil 2.1. Tunceli biyolojik atıksu arıtma tesisi	18
Şekil 2.2. Örneklerin alınması ve analize hazırlanması	19
Şekil 3.1. Arıtma tesisinin Ba giderim verimi	20
Şekil 3.2. Arıtma tesisinin Bi giderim verimi	21
Şekil 3.3. Arıtma tesisinin Ce giderim verimi	21
Şekil 3.4. Arıtma tesisinin Co giderim verimi	22
Şekil 3.5. Arıtma tesisinin Ga giderim verimi	22
Şekil 3.6. Arıtma tesisinin La giderim verimi	23
Şekil 3.7. Arıtma tesisinin Li giderim verimi	24
Şekil 3.8. Arıtma tesisinin Nd giderim verimi	24
Şekil 3.9. Arıtma tesisinin P giderim verimi	25
Şekil 3.10. Arıtma tesisinin Pr giderim verimi	26
Şekil 3.11. Arıtma tesisinin Sr giderim verimi	26
Şekil 3.12. Arıtma tesisinin Ti giderim verimi	27
Şekil 3.13. Arıtma tesisinin V giderim verimi	28
Şekil 3.14. Arıtma tesisinin Y giderim verimi	28
Şekil 3.15. Oksidasyon havuzunun Ba giderim verimi	29
Şekil 3.16. Oksidasyon havuzunun Bi giderim verimi	30
Şekil 3.17. Oksidasyon havuzunun Ce giderim verimi	30
Şekil 3.18. Oksidasyon havuzunun Co giderim verimi	31
Şekil 3.19. Oksidasyon havuzunun Ga giderim verimi	32
Şekil 3.20. Oksidasyon havuzunun La giderim verimi	32
Şekil 3.21. Oksidasyon havuzunun Li giderim verimi	33
Şekil 3.22. Oksidasyon havuzunun Nd giderim verimi	34
Şekil 3.23. Oksidasyon havuzunun P giderim verimi	34
Şekil 3.24. Oksidasyon havuzunun Pr giderim verimi	35
Şekil 3.25. Oksidasyon havuzunun Sr giderim verimi	36
Şekil 3.26. Oksidasyon havuzunun Ti giderim verimi	36
Şekil 3.27. Oksidasyon havuzunun V giderim verimi	37
Şekil 3.28. Oksidasyon havuzunun Y giderim verimi	38
Şekil 3.29. Son çökeltme havuzunun Ba giderim verimi	38
Şekil 3.30. Son çökeltme havuzunun Bi giderim verimi	39
Şekil 3.31. Son çökeltme havuzunun Ce giderim verimi	40
Şekil 3.32. Son çökeltme havuzunun Co giderim verimi	40
Şekil 3.33. Son çökeltme havuzunun Ga giderim verimi	41
Şekil 3.34. Son çökeltme havuzunun La giderim verimi	42
Şekil 3.35. Son çökeltme havuzunun Li giderim verimi	42
Şekil 3.36. Son çökeltme havuzunun Nd giderim verimi	43
Şekil 3.37. Son çökeltme havuzunun P giderim verimi	44
Şekil 3.38. Son çökeltme havuzunun Pr giderim verimi	44
Şekil 3.39. Son çökeltme havuzunun Sr giderim verimi	45
Şekil 3.40. Son çökeltme havuzunun Ti giderim verimi	46
Şekil 3.41. Son çökeltme havuzunun V giderim verimi	46

Şekil 3.42. Son çökeltme havuzunun Y giderim verimi47



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Stratejik hammadde listesi	10
--	----



KISALTMALAR LİSTESİ

Ba	: Baryum
Bi	: Bizmut
Ce	: Seryum
Co	: Kobalt
Ga	: Galyum
La	: Lantan
Li	: Lityum
Nd	: Neodimyum
P	: Fosfor
Pr	: Praseodimyum
Sr	: Stronsiyum
Ti	: Tiyanyum
V	: Vanadyum
Y	: İttriyum

ÖZET

Bu tez çalışmasında, Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde bazı stratejik hammaddeler belirlendi ve giderim verimleri hesaplandı. Bu kapsamda, Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinin farklı ünitelerinden farklı zaman aralıklarında atıksu örnekleri alındı. Atıksu örneklerinde baryum (Ba), bizmut (Bi), seryum (Ce), kobalt (Co), galyum (Ga), lantan (La), lityum (Li), neodimyum (Nd), fosfor (P), praseodim (Pr), stronsiyum (Sr), titanyum (Ti), vanadyum (V) ve itriyum (Y) tespit edildi. Elde edilen verilere göre, Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinin 1. haftada en yüksek giderim verimi Ti için %50, 2. haftada Bi için %64,29, 3. haftada Ti için %50, 4. haftada Bi için %50, 5. haftada Ti için %52,17 ve 6. haftada Ti için %60 olarak hesaplandı. Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi oksidasyon havuzunda 1. haftada stratejik hammaddeler için elde edilen en yüksek giderim verimi Y için %58,33, 2. haftada Pr için %75, 3. haftada Pr için %60, 4. haftada P için %61,43, 5. haftada Ce için %59,17, 6. haftada Ti için %56 olmuştur. Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi son çökeltme havuzunda 1. haftada en yüksek giderim verimi Nd için %69,57, 2. haftada Ce için %67,21, 3. haftada La için %71,05, 4. haftada Nd için %68,18, 5. haftada Nd için %69,57, 6. haftada Nd için %77,78 olmuştur. Sonuç olarak, Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinin bazı stratejik hammaddelerin gideriminde etkili olduğu belirlendi.

Anahtar kelimeler: Atıksu, arıtma, giderim, stratejik hammadde, verim

ABSTRACT

Investigation of Removal of Some Strategic Raw Materials in Wastewater Treatment Plant

In this thesis study, some strategic raw materials were determined in Tunceli Biological Wastewater Treatment Plant and their removal efficiencies were calculated. In this context, wastewater samples were taken from different units of Tunceli Biological Wastewater Treatment Plant at different time intervals. In wastewater samples, barium (Ba), bismuth (Bi), cerium (Ce), cobalt (Co), gallium (Ga), lanthanum (La), lithium (Li), neodymium (Nd), phosphorus (P), praseodymium (Pr), strontium (Sr), titanium (Ti), vanadium (V), and yttrium (Y) were detected. According to the data obtained, the highest removal efficiency of Tunceli Biological Wastewater Treatment Plant is 50% for Ti in the 1st week, 64.29% for Bi in the 2nd week, 50% for Ti in the 3rd week, 50% for the Bi in the 4th week, 52.17% for Ti at week 5 and 60% for Ti at week 6. In the oxidation pond of Tunceli Biological Wastewater Treatment Plant, the highest removal efficiency obtained for strategic raw materials in the 1st week was 58.33% for Y, 75% for Pr in the 2nd week, 60% for Pr in the 3rd week, 61.43% for P in the 4th week, 59.17% for Ce in the 5th week and 56% for Ti in the 6th week. In the final settling pond of Tunceli Biological Wastewater Treatment Plant, the highest removal efficiency was 69.57% for Nd in the 1st week, 67.21% for Ce in the 2nd week, 71.05% for the La in the 3rd week, 68.18% for the Nd in the 4th week. 69.57% for Nd in the 5th week and 77.78% for Nd in the 6th week. As a result, it was determined that Tunceli Biological Wastewater Treatment Plant was effective in the removal of some strategic raw materials.

Key words: Wastewater, treatment, removal, strategic raw material, efficiency

1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze kadar hızla artan dünya nüfusu ve endüstrileşmeyle birlikte kullanılan su tüketimi artmış ve artan su tüketimine bağlı olarak oluşan atıksu miktarı da artış göstermiştir (Shan ve ark., 2012). Atıksuların herhangi bir işleme tabi tutulmadan alıcı ortamlara gelişigüzel deşarj edilmesi çevresel sorunların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Günümüzde artan çevre sorunlarının en başında ise su kirliliği vardır (Yunqiao ve ark., 2019). Çeşitli endüstriyel tesislerde ve yerleşim yerlerinde insanların kullanıp kirlettiği suları toplama işlemi, bir ölçüde bu durumun önüne geçmekle beraber sorunu ortadan kaldıran yeterli bir çözüm olmamıştır (Angela ve ark., 2007). Ayrıca, suların kullanılarak kirlenip tekrar doğaya verilmesi, var olan suları kirlettiği gibi zaten kısıtlı miktarda olan kullanılabilir suyun tükenmesine de sebep olmaktadır (Yunqiao ve ark., 2019). İnsanların bilinçsiz kullanımı nedeniyle doğal su kaynakları gittikçe azalmaktadır. Bilinçsiz su tüketimine ve kullanılan suların arıtılmadan doğaya tekrar verilmesine kalıcı çözümler üretilip uygulanmazsa kullanılabilir durumda olan doğal kaynak sularının tükenmesi söz konusu olacaktır (Kowalski ve ark., 2017). Dünya çapında atıksu arıtımının amacı doğayı korumak olmuş olsa da son yıllarda kullanılabilir tatlı su varlığının azalması sonucu (Kreuzinger ve ark., 2004) yeterli miktarda temiz su sağlama ihtiyacı da uluslararası arenada ülkelerin endişe edilen sorunlar listesine girmiş bulunmaktadır (Nazanin ve ark., 2021).

Atıksu arıtımı, aşırı miktarda kirleticiler taşıyan suların doğal su kaynaklarına ve çevreye yaptığı tahribatı en aza indirmek, hatta sıfırlamak amacıyla kurulan tesislerde, çeşitli prosesler yardımıyla yapılan bir arıtma işlemidir (Curtis ve Sloan, 2006). Atıksu arıtımı; atıksuda bulunan kirleticilerin (metaller, nutrientler, antibiyotik kalıntıları, stratejik hammaddeler vb. gibi) uzaklaştırılmasını veya konsantrasyonlarının azaltılmasını hedeflemektedir (Nuralhuda, 2020). Atıksularda bulunan kirleticilerden stratejik hammaddelerin arıtılmadan alıcı ortamlara bırakılması halinde (Eran ve Ehud, 2006), bu maddeler alıcı ortamlarda yaşayan canlılar üzerinde olumsuz etkilere yol açabilir (Clara ve ark., 2005). Ayrıca, söz konusu stratejik hammaddeler içme sularına, yeraltı sularına ve sulama yoluyla besin maddelerine ulaşabilir (Wei ve ark., 2012).

Bu çerçevede, stratejik hammaddelerin çevresel etkilerinden dolayı atıksu arıtma tesislerinde stratejik hammaddelerin giderim verimlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, bu tez çalışmasında, Tunceli ilinde bulunan biyolojik atıksu arıtma tesisinde bazı

stratejik hammaddelerin (Ba, Bi, Ce, Co, Ga, La, Li, Nd, P, Pr, Sr, Ti, V ve Y) farklı arıtma birimlerinde giderim verimleri tespit edilmiş ve elde edilen veriler değerlendirilmiştir.

1.1. Atıksu Arıtımının Tarihçesi

Bilinen en eski atıksu sistemi, yaklaşık olarak M.Ö. 1500’lü yıllarda Pakistan’da Indus Nehri yakınında bulunan Mohenjo-Daro’da inşa edilmiştir. Indus’ta bulunan sisteme oranla daha modern bir sisteme sahip olan, Roma’da bulunan, tahminen M.Ö. 500’lü yıllarda atıksu toplama merkezi olarak kullanılan, eski bir hendek olan Cloanca Maxima inşa edilmiştir. Ancak bu hendek, kısa süre içinde işleyişini kaybetmiş ve kalıcı bir çözüm olmadığını göstermiştir. Daha sonra büyütülüp genişletilmesine rağmen tekrar verim alınamamış ve üstü kapatılmıştır (Sayiter ve ark., 2013). 12. ve 13. yüzyıllarda Avrupa’da genellikle nehrin kıyısına ya da önemli ticaret yollarının güzergahlarında kurulan manastırlarda yeterli eğimle bir kanal hattı düzenlenir ve kanalın sonunda ise hendek kazılırdı. Bu sistem günümüzde kullanılan arıtma sisteminin ilk ilkel halini yansıtmaktadır. 1700’lü yıllarda ise Amerika’da kanalizasyon suları bir bahçeye, açık kanallarla deşarj edilmekteydi. Nüfus yoğunluğunun düşük olması sebebiyle bu yöntem bir süreye kadar sağlık sorunlarına yol açmamaktaydı (Guisy, 2010). Ancak nüfus yoğunluğu arttıkça çeşitli sağlık sorunları ve salgın hastalıklar görülmeye başlandı ve bu yöntemin de kalıcı ve sağlıklı bir yol olmadığı ortaya çıktı. 19. yüzyılda atık maddelerin çeşitli faktörler sonucu artması sebebiyle toplama ve biriktirme fikirleri geliştirildi. Buradaki temel hedef bulaşıcı hastalıkların önlenmesiydi. Zaman içinde ilk başta açık şekilde yapılan toplama depoları yerini gömülü, kapalı, sızdırmaz teknolojilerle donatılmış modern kanalizasyon sistemine bırakmıştır (Sayiter ve ark., 2013). Özellikle Almanya’da 1842 yılında İngiliz mühendis Lindley tarafından kanalizasyon sistemi tasarlanmış ve inşa edilmiş; 1850 yılında ise mühendis Chesborough, Chicago’da ilk kapsamlı kanalizasyon sistemini gerçekleştirmiştir. 1860 yılında ise ilk fosseptik Murras tarafından tasarlanmıştır (Guisy, 2010). Bu icat modern septik tanklarının bir öncüsü olmuştur. İlk septik tank 1895’te Donald Cameron tarafından icat edilmiştir. Bu tank kanalizasyon arıtımının birincil arıtımını gerçekleştiriyordu. Amerika, Fransa ve Almanya’da 1870’li yıllarda, su kirliliğinin kontrolü ve toplumsal sağlığın korunması için, “kanalizasyon tarımı” teknolojisi altında arıtma sistemlerini ortaya koymuşlardır. Dünyada modern anlamda ilk atıksu tesisi 1842 yılında Hamburg şehrinde inşa edilmiştir. 1900’lü yıllarda Bay Liernur tuvaletten gelen atıksu ile yağmur

suyunun ayrı toplanması şeklinde bir fikir geliştirdi (David, 2006). Tuvalet suyu Liernur sistemi adı verilen bir vakumlu kanalizasyon sistemi vasıtasıyla biriktirilecekti. Sistem birkaç Avrupa şehirlerinde kullanım bulmuştur (David, 2006). Atıksudaki gelişim, tam olarak en belirgin şekilde, kanalizasyonun yerleşim yerlerindeki varlığının insanlar tarafından hastalık riski olarak görülmeye başlandığı 20. yüzyılda meydana gelmiştir (Sayiter ve ark., 2013).

1.2. Atıksu Arıtımı

Atıksu arıtımı; canlılar için olmazsa olmaz olan temiz suların kirlenmesinin artışının yanısıra sanayi tesislerden çıkan atıksuların artışı sonucunda, suların ıslahı amacıyla kirli maddelerin doğadan uzaklaştırılması işlemidir. Arıtılan atık suyun karakterizasyonu önemli bir konu olmuştur. Zamanla gelişen teknoloji sayesinde atıksu karakteri değişim göstermiştir (Hamidreza ve ark., 2015). Arıtma tesislerinin inşa edilmeden önce, tasarlanması ve modellenmesi çok önemlidir (Nodja ve Jus, 2020). Arıtım türü, kullanılacak yöntem, maliyet, arıtılacak malzemenin analizi vs. gibi ön çalışma yapılması durumunda arıtma tesisinin düzgün çalışma olasılığı artar (Damian ve Willi, 2006). Arıtma tesisindeki ‘sürdürülebilirlik’ kavramı geçerli olmalıdır. Çünkü, sürdürülebilirlik kavramı ekonomi ve çevre korunumu ilişkisinde önemli bir kriterdir (Hamidreza ve ark., 2015). Gerçeğe en yakın tasarım ve tesislerin maliyetlerini ufak bir yanılma payı bırakarak tahmin etmek için bu modellemeler sırasında bazı varsayımlar yapmak gerekir (Nurdan ve Emre, 2010). Uygulamada, modellemelerde öngörülemeyen bazı aksaklıklar olabilir. Çünkü, bölgede sürekli değişim gösterebilen sosyal, ekonomik ve yasal kabuller bulunmaktadır.

Atıksu arıtma tesisini tasarlarken dikkat etmemiz gereken başlıca gereksinimler vardır.

Bir arıtma tesisini nereye inşa edeceğimiz çok önem arz etmektedir. Özellikle tesisteki üniteler “arazi ihtiyacı optimum, boru boyları ve terfi yükleri minimum olacak şekilde” yerleştirilmelidir. Arıtma sonucu ortaya çıkan çamur ve kimyasal maddelerin taşınmasının kolay olacağı yerler seçilmelidir. Bakım ve tamir esasları da göz önünde bulunmalı ve arıtma tesisleri yerleşim yerlerine yakın kurulmamalıdır.

Arıtma tesisi tasarımında hidrolik kapasite bilgisi çok önem arz etmektedir. Saatlik ve günlük maksimum debiler belirlenmelidir. Bağlantılar, kanallar, borular maksimum debilerde taşmamaları için pik debilere göre boyutlandırılmalıdır. Tesisteki yük kaybı ünitelerdeki boru ve vanalardaki akım hızına bağlıdır.

Biyolojik arıtmada ise tahmin edilen organik maddelere göre boyutlandırma yapılmalıdır. Ani ve yüksek debilerde taşma olasılığını minimuma düşürmek için mutlaka hava payı bırakılmalıdır.

Atıksu arıtımı temel olarak 3 yolla yapılır. Bunlar; fiziksel arıtma, kimyasal arıtma ve biyolojik arıtmadır.

1.2.1. Fiziksel arıtma

Bu arıtma çeşidindeki asıl amaç, atıksudaki maddelerin kimyasal çözelti ya da bakteri kullanmaksızın sadece fiziksel yollarla arıtılmasını sağlamaktır. Atıksu içerisindeki kirletici maddelerin fiziksel işlemlerle atıksudan alınması amacı ile kullanılan proseslerdir. Uygulamaları; ızgaralar, elekler, kum tutucular, yüzdürme sistemleri, çöktürme havuzları, dengeleme havuzlarıdır. Fiziksel arıtma sistemleri, genellikle atıksuyun içeriği ve kirlilik parametrelerine bağlı olarak değişir. Genel olarak fiziksel arıtma şu şekilde sıralanabilir; ızgara ve elekler, öğütücüler, kum tutucular ve ön çöktürme işlemidir.

Izgara ve elekler: Izgaralama atıksu arıtma tesislerinin ilk ünitesidir. Izgaralama, genelde atıksu akış hattı üzerine konulan manuel veya otomatik ekipmanlarla gerçekleştirilir. Izgaralar geçirdiği malzeme ebatlarına göre sınıflandırılır. İnce ızgaralama 10 mm- 5 mm aralıklı, kaba ızgaralama ise 35 mm- 50 mm aralıklı kullanılmaktadır. Şekil 1.1’de atıksu tesisinde kullanılan örnek bir ızgara şekli verilmiştir (URL-1, 2021).



Şekil 1.1. Örnek bir ızgara

Kum ve yağ tutucular: Atıksuda bulunan kum, çakıl, metal ve cam gibi yoğunluğu organik maddelere göre daha yüksek olan ve biyolojik olarak parçalanamayan maddeler

genel olarak ‘kum’ diye adlandırılırlar. Bu malzemeler atıksudan uzaklaştırılmazsa pompa ve boruların aşınmasına, kanal ve boruların tıkanmasına, çamur arıtma ünitelerinde tıkanma ve aşınmalara ve havalandırma havuzlarının faydalı hacimlerinin azalmasına neden olurlar. Şekil 1.2’de atıksu tesisinde kullanılan örnek bir yağ tutucu ünitesi verilmiştir (URL-1, 2021).



Şekil 1.2. Örnek bir yağ tutucu ünitesi

Ön çöktürme: Atıksuda bulunan katı maddeler ve çözünmemiş inorganik maddelerden çoğu ızgaralama ve kum ayırma işleminde tutulmakla beraber geriye kalan organik esaslı ve büyük ölçüde kirletici içeren atıksu diğer ünitelere geçmektedir. Ön çöktürme havuzlarının kullanım amacı, bu kirliliği tutmak, atıksuyun içindeki çamurun çökmesini sağlamak, yüzdürme ile sıvıdan köpük, yağ, yüzen maddeleri, vs. ayırmak ve çamur ile atıksuyun ayrı ayrı arıtılabilmesini sağlamaktır. Atıksu, içeriğindeki çökebilir katı maddelerin yer çekimi ile çökmelerini sağlayacak uygun hıza sahip havuz içinde ve yeterli süre tutulur. Bu işlem sırasında tabana çökelebilen maddeler taban sıyrıcısı ile çamur toplama veya çamur terfi haznesine atılır, daha hafif katı maddeler köpük oluşturmak üzere yüzeye yükselir ve bir yüzey sıyrıcısı ile toplanarak tesisten uzaklaştırılır. Şekil 1.3’de atıksu tesisinde kullanılan ön çöktürme havuzu verilmiştir (URL-1, 2021).



Şekil 1.3. Ön çöktürme havuzu

1.2.2. Kimyasal arıtma

Kimyasallar, atıksu arıtımında belirli bir su standardını yakalamak için fiziksel ve biyolojik proseslere ek olarak kullanılan (URL-2, 2021), çeşitli reaksiyonlar sonucu atıksu arıtımında dezenfeksiyonu hızlandıran maddelerdir (Peter ve ark., 1996). Atıksuyun sterilize edilmesinde bazı özel kimyasallar kullanılır (Harleman ve Murcott, 1999). Klor, hidrojen peroksit, sodyum klorit ve sodyum hipoklorit bunlardan sadece birkaçıdır (URL-2, 2021). Genel olarak kimyasal arıtmada şu prosesler kullanılır: Kimyasal pıhtılaşma, kimyasal çökeltme, kimyasal oksidasyon, iyon değişimi, kimyasal nötralizasyon ve stabilizasyon (URL-2, 2021).

Kimyasal pıhtılaşma: Bu proses, atık sudaki parçacıkların kimyasal flokülasyon sırasında toplanmaları için destabilize edilmesini içerir. Yani ince katı parçacıklar yüzeyinde taşıdıkları negatif yük nedeniyle birleşip daha büyük parçalar haline gelemezler (Prashat ve ark., 2020). Kimyasal pıhtılaşma sayesinde mevcut negatif yükün giderilmesinde etkin rol oynayan pozitif yüklü pıhtılaştırıcılar eklenerek parçacıkların dengesiz duruma geçmesine ve birleşerek büyük parçalar oluşturmalarını sağlar (URL-2, 2021).

Kimyasal çökeltme: Zehirli metaller içeren atık suyun içindeki çözünmüş halde bulunan metalleri uzaklaştırmak için kullanılır. Bu metalleri katı halde elde etmek için bir çökeltme reaktifi eklenir. Bu reaktif sayesinde çözünmüş metaller katı forma dönüşür ve daha sonra filtreleme ile bu metaller uzaklaştırılır (URL-2, 2021)

Kimyasal oksidasyon: Bu proseste, atıksuya oksitleyici bir kimyasal maddenin eklenmesiyle elektronların hareketi sağlanır. Kirleticiler yapısal modifikasyona uğrarlar ve daha az yıkıcı bileşikler haline gelirler. Alkali klorlama, siyanüre karşı oksidan olarak klor kullanır (URL-2, 2021).

İyon değişimi: Suyun sertlik durumuna göre arıtılması zorlaşabilir. Eğer su çok sertse temizlenmesi zor olur ve arkasında kalıntı bırakabilir. Suyu yumuşatmak amacıyla ters ozmos işlemine benzer olan iyon değişimi işlemi uygulanır. Özellikle kalsiyum ve magnezyum gibi iyonlar nedeniyle su çok sert olabilir. Suyu yumuşatmak için çözünmüş şekilde sodyum klorür veya tuzlu su şeklinde pozitif yüklü sodyum iyonları eklenir. Sert kalsiyum ve magnezyum iyonları sodyum iyonları ile yer değiştirir ve serbest kalan sodyum iyonları kolayca arıtılabilir (URL-2, 2021).

Nötralizasyon: Atıksuyun nötürleştirme işleminde kullanılır. Giriş suyun pH'ına bağlı olarak pH düşürmek için asitler, pH yükseltmek için alkaliler eklenir. Flokülasyon: Aynı yüke sahip maddelerin elektriksel itme kuvveti sebebiyle daha büyük parçacıklar haline gelmesi engellenir. Atıksuya salınan flokülantlar bu çok ince parçacıkların giderilmesine yardımcı olur (URL-2, 2021).

Kimyasal stabilizasyon: Bu kimyasal atıksu arıtma işlemi kimyasal oksidasyon prosesine benzer şekilde çalışır. Çamur, klor gibi belirli oksitleyicinin büyük bir miktarı ile işlenir. Oksidan takviyesi sonucu, çamur içindeki büyüme hızı yavaşlar ve çamurdaki kokunun giderilmesi sağlanır. Daha sonra çamur sudan uzaklaştırılır (URL-2, 2021).

1.2.3. Biyolojik arıtma

Atıksu arıtımında, fiziksel ve kimyasal proseslerin yeterli olmadığı durumlarda biyolojik arıtma proseslerine başvurulur (Maya ve ark., 2016). Biyolojik arıtma, atıksudaki çözünmüş ya da katı halde bulunan organik bileşiklerin çeşitli mikroorganizmalar yardımıyla arıtılması daha kolay olan inorganik maddelere dönüştürülmesi durumudur (Arun, 2011). Bu arıttaki asıl amaç, atıksudaki zararlı organik maddelerin herhangi bir kimyasal çözelti ile karıştırılmadan, sadece bakteriler sayesinde temiz su elde edilmesini sağlamaktır (Zhiguo ve Linda, 2002). Biyolojik arıttaki kullanılan bakteriler atık maddeleri besin maddesi olarak kullanır ve bu sayede sudan uzaklaştırılır (Bauer ve ark., 2002). Özellikle evsel ve tarımsal atıksulardaki azot ve fosfor gibi maddelerin ve endüstriyel atıksulardaki toksit maddelerin arıtılmasında biyolojik arıtmanın rolü büyüktür (Maya ve

ark., 2016). Geçmişten günümüze kadar biyolojik arıtma tesislerinin tasarımı ve optimizasyonu için yıllarca çalışmalar yapılmıştır (Zhiguo ve Linda, 2002). Son yıllarda gelişmiş biyolojik arıtma proseslerinin çeşitliliği, daha katı deşarj standartlarını yakalamak içindir (Arun, 2011). Şekil 1.4'te bir biyolojik arıtma ünitesi verilmiştir (URL-3, 2021).



Şekil 1.4. Bir biyolojik arıtma ünitesi

Biyolojik arıtmada kullanılan mikroorganizmalar çok önemlidir. Atıksuda katı halde veya suda çözünmüş halde bulunan organik maddeleri besin olarak kullanırlar ve gaz veya yeni hücre yapılarına çevirirler. Ortaya çıkan bu hücrelerin yoğunlukları sudan daha fazla olur ve suda çökerek arıtımı sağlar. Mikroorganizmalar ortamdan alınmadığı sürece arıtım bitmemiş olur çünkü bu mikroorganizmalar da organik yapıdır ve yapılacak ölçümlerde suyun kirli çıkmasına sebep olurlar (URL-4, 2021). Atıksu arıtmada kullanılan mikroorganizmalar genel olarak 3 sınıfta toplanabilir:

Eucaryotes

Eubacteria

Archaeobacteria

Eubacteria ve archaeobacteria prokaryotik grup olarak bilinir ve bakteriler olarak

isimlendirilir. Eucaryotes (ökaryotlar) ise bitki, hayvan ve protistleri içerir (Trikoilidou, 2016). Mikroorganizmaların büyümesi ve çoğalması için uygun çevresel şartları oluşturmak gereklidir. PH, sıcaklık, substrat ilavesi, element ilavesi uygun olmalıdır. Biyolojik arıtma çeşidi de kendi arasında çeşitli proseslere ayrılır:

Havalı (aerobik) prosesler: Oksijenin bulunduğu ortamda faaliyet gösteren biyolojik arıtma sistemidir (Mogens ve ark., 2008).

Havasız (anaerobik) prosesler: Oksijenin olmadığı ortamda faaliyet gösteren biyolojik arıtma sistemidir. Bu ortamda organik maddenin giderilmesiyle metan, karbondioksit ve biyokütle elde edilir (Arun, 2011).

Anoksik denitrifikasyon: Oksijenin olmadığı ortamda nitrat azotunu biyolojik olarak azot gazına çeviren prosestir. Bu proses havasız denitrifikasyon olarak da bilinmektedir.

Fakültatif prosesler: Organizmaların moleküler oksijenin bulunduğu veya bulunmadığı ortamlarda fonksiyon gösterebildiği biyolojik arıtma prosesleridir.

Nitrifikasyon: Amonyakın önce nitrit daha sonra nitrata dönüştürüldüğü biyolojik prosestir.

Denitrifikasyon: Nitrata azot ve diğer gaz formundaki son ürünlere dönüştüren biyolojik prosestir.

Askıda Büyüyen Prosesler: Biyolojik arıtma sisteminde organik ve diğer maddeleri dönüştürmekten sorumlu mikroorganizmaların sıvı ortamda askıda bulunması halidir.

Tutunarak Büyüyen Prosesler: Biyolojik arıtma sisteminde mikroorganizmaların taş, cüruf veya özel tasarlanmış seramik veya plastik dolgu malzemelerinin üzerine tutunarak sıvı ortamda bulunmasıdır. Bu arıtma sistemleri sabit-film prosesleri olarak da bilinirler (URL-4, 2021).

Aktif Çamur Prosesi: Bir biyolojik arıtma sistemi olan aktif çamur prosesi, kolloidal maddelerin ve suda çözünmüş halde bulunan organiklerin bakteriler ve çeşitli mikroorganizmalar yardımıyla çökebilir biyolojik floklara dönüştürüldüğü prosestir (Guangming ve ark., 2007). Kirletici maddelerin atıksudan enerji veya biyokütle halinde uzaklaştırılması işlemine dayanır (Maria ve ark., 2017). 1900'lü yılların başında Arden ve Lockett tarafından geliştirilmiştir (Engin ve Nusret, 2006). Arıtma çamuru atıksu içerisinde bulunan ve koku veren maddelerden oluşur ve boyut olarak fazlasıyla yer kaplar (Yu, 2003). Arıtma çamurunu uzaklaştırmak için yapılacak olan tesis elemanları tüm tesisin maliyetinin neredeyse yarısını kapsamaktadır. Dolayısıyla aktif çamur prosesinde ne kadar az çamur çıkarsa o kadar daha düşük maliyetli olacaktır (Guangming ve ark., 2007).

1.3. Stratejik Hammaddeler

Ekonomik ve stratejik önemi olan ancak tedarikleriyle ilgili yüksek risk taşıyan maddelere stratejik hammaddeler denir (Jeffrey ve ark., 2019). Hammaddeler Avrupa Birliği ekonomisi için çok önemlidir. Çünkü, nüfusa paralel olarak artan talebin karşılanması için kaynaklara ihtiyaç vardır (Tom ve ark., 2013). İnsanların belirli bir yaşam kalitesi ve standardı olduğundan, bugün ve yarının Avrupa ekonomisinde hammaddeler istihdam ve rekabet gücü için önemli yere sahiptir (Bauer ve ark., 2002). Çevre teknolojisi, çelik üretimi, savunma sanayi, uzay araştırmaları ve havacılıkta kullanılan bu hammaddeler, teknolojik aletlerde, enerji sağlayan cihazlarda, sağlık alanında, kısacası günlük hayatta gereksinim duyulan hemen hemen bütün malzemelerde temel yapıtaşı olarak bulunur (Jeffrey ve ark., 2019). Tüm hammaddeler önemli olsalar da bazıları güvenilirlik ve sürdürülebilirlik açısından diğerlerinden daha fazla öneme sahiptir. Bu nedenle Avrupa Birliği stratejik hammaddeler listesi yayınlamış, bu liste de AB hammadde politikası bağlamında anahtar rol oynamıştır (Jeffrey ve ark., 2019). AB tarafından 2011 yılında 14 tane, 2014 yılında 20 tane, 2017 yılında 27 tane ve 2020 yılında 30 tane stratejik hammadde sıralanmıştır. AB tarafından 2020 yılında belirlenen stratejik hammadde listesi Tablo 1.1’de verilmiştir (EC, 2020).

Tablo 1.1. Stratejik hammadde listesi (2020 yılına ait)

Antimon	Hafniyum	Fosfor
Barit	Ağır nadir toprak elementleri	Skandiyum
Berilyum	Hafif nadir toprak elementleri	Silikon metal
Bizmut	Indium	Tantalum
Borat	Magnezyum	Tungsten
Kobalt	Doğal grafit	Vanadyum
Koklaşabilir taş kömürü	Doğal kauçuk	Bauksit
Kalsiyum floriti	Niobiyum	Lityum
Galyum	Platin grubu metaller	Titanyum
Germanyum	Fosfat kayaları	Stronsiyum

1.3.1. Stratejik hammaddelerin çevresel etkileri

Stratejik hammaddelerin elde edilmesi amacıyla madencilik faaliyetleri kapsamında açığa çıkan stratejik hammaddeler işlenmek üzere rafineri ve işleme tesislerine getirilir. Stratejik hammaddeler elde edildikten sonra farklı endüstrilerde farklı alanlarda kullanılmaktadır. Örneğin, bazı stratejik hammaddeler bataryalarda, mıknatıslarda, devrelerde, metal alaşımlarda ve mineral gübrelerde bulunmaktadır. Bu hammaddeler elektrikli araçlarda, mobil telefonlarda ve rüzgar türbinleri gibi araçlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Stratejik hammaddeler hem elde edilme aşamalarında hem de kullanıldıktan sonra atık olarak atılmaları durumunda bazı çevresel riskler oluşturmaktadır. Çevresel riskleri üç şekilde açıklayabiliriz. Bunlar, jeolojik şartlar nedeniyle, teknik proseslerin kullanılması nedeniyle ve doğal ortamın bozulması nedeniyle meydana gelebilecek çevresel etkilerdir. Jeolojik şartlar açısından değerlendirildiğinde stratejik hammaddelerin çıkartılması esnasında radyoaktif bileşenlerin bulunması, ağır metallerin varlığı ve asit maden drenajları için ön şartlandırma yapılması çevresel etkilere neden olmaktadır. Teknik proseslerin kullanılması nedeniyle stratejik hammaddelerin elde edilmesinde ek kimyasalların ve farklı metotların kullanılması yine çevresel etkilere neden olmaktadır. Ayrıca, doğal kaza tehlikeleri, ekosistemin zarara uğraması ve su baskısı da diğer çevresel etkileri göstermektedir (Er, 2020).

Stratejik hammaddelerle ilgili olarak yapılan bazı çalışmalar bulunmaktadır. Batı Sibirya sanayi merkezi olan Tomsk şehrinde sanayi kuruluşlarının yakınından alınan topraklarda yüksek konsantrasyonlarda baryum belirlenmiştir (Osipova ve ark., 2014). Bizmut metali ve bileşiklerinin artan kullanımına, çevreye antropojenik salınımın artması eşlik etmektedir (Liu ve ark., 2011; Kearns ve Turner, 2016). Kobalt içeren boya kurutucular ve pigmentler gibi bir yıldan az bir kullanım ömrü olan ürünlerin içerdikleri kobalt zamanla çevreye salınır. Bu ürünlerden kobaltın geri kazanılması neredeyse imkansızdır (Harper ve ark., 2012; Chen ve ark., 2020). Fosforun sık kullanımı, fosforun kanalizasyona aşırı deşarjına yol açarak, ötrofikasyona ve su kalitesinin bozulmasına neden olur (Li ve ark., 2020; Jiao ve ark., 2021;). Atıksudan fosforun giderilmesi eko-çevre için çok önemlidir (Shepherd ve ark., 2016; Liu ve ark., 2019; Jin ve ark., 2020; Sun ve ark., 2021). Galyum, alümina rafinerisi deşarj akışlarının bileşenlerindendir ve genellikle atıklarda arka plan konsantrasyonlarının üzerinde tespit edilir (van Dam ve ark., 2018). Lantandan (La; Z = 57) lutesyuma (Lu; Z = 71) kadar 15 elementi, itriyum (Y) ve skandiyum (Sc) ile birlikte içeren

lantanitlere nadir toprak elementleri denir (Song ve ark., 2017). Nadir toprak elementleri ile alakalı en büyük sorun, bu minerallerin radyoaktif elementlerle (özellikle toryum ve uranyum) ilişkili olmasıdır. Bu nedenle, nadir toprak elementleri, yeterli düzeyde çevre korumasını ve işçi güvenliğini sağlamak için pahalı azaltma önlemleri gerektirirler. Gerek duyulan gelişmiş madencilik teknikleri ve önemli sermaye yatırımları, yeni konulara girişin önündeki önemli engelleri temsil etmektedir (Massari ve Ruberti, 2013). Ayrıca, üretim döngüleri sırasında, ekstraksiyon, ayırma ve rafinaj için büyük miktarlarda su, asitli maddeler ve elektrik tüketme ihtiyacı vardır (özellikle iyon değişimi, fraksiyonel kristalizasyon ve sıvı-sıvı ekstraksiyonu aşamalarında) (Ecclestone, 2010). Nadir toprak elementlerinin ABD Mountain Pass' ta bulunan en önemli madeninden tehlikeli kimyasal ve radyoaktif elementlerin çevreye ve yeraltı sularına önemli ölçüde salınımı bildirilmiştir. Ayrıca, Moğolistan Batou çevresindeki köylerin sakinlerinde kanser vakalarında artış, solunum yolu hastalıkları, diş kaybı ve bu bölgede içme suyu kaynaklarının kirlenmesi ile Yellow Nehri' nin radyoaktif risk ile birlikte kirlenmesi bildirilmiştir (Schüler ve ark., 2011). Bazı kaynaklar, Batou çevresindeki madenlerin her yıl yaklaşık on milyon ton yüksek oranda asitli ve radyoaktif atıksu ürettiğini ve bu suların çoğunun herhangi bir arıtma işlemine tabi tutulmadan çevreye salındığını bildirmiştir (Folger, 2011; Massari ve Ruberti, 2013). Nadir toprak elementleri madenciliği ve cevher işlemeden çıkan lantan içeren atıksuyun çıkışının, çevre ve insan sağlığı için ciddi tehdit oluşturduğu belirtilmiştir (Massari ve Ruberti, 2013; Zhou ve ark., 2016). Nadir toprak elementlerinin artan talebi ile madencilik ve saflaştırma süreçlerinden çıkan atıksuların miktarı giderek artmaktadır. Bu, sadece kaynakları israf etmekle kalmaz, aynı zamanda ciddi su kirliliğine de neden olur (Zhao ve ark., 2020). Nadir toprak elementleri, gelişmiş ülkelerde doğal sulardaki mikrokirleticiler olarak ortaya çıkmıştır (Song ve ark., 2017). Global anlamda stratejik hammaddelerin çevresel etkilerini incelediğimizde küresel ısınmaya, iklim değişikliğine, canlılarda toksik etkilere, karasal asidifikasyona ve sucul ortamlarda ötrofikasyona neden olmaktadır (ER, 2020).

Bu tez çalışmasında tespit edilen bazı stratejik hammaddeler ve özellikleri aşağıda özetlenmiştir.

1.3.2. Baryum (Ba)

Yeryüzünde bol miktarda bulunan ağır elementlerdendir. Özellikle çamur, deniz yosunu ve bitkilerde yaygın olarak bulunur. Su ile ayrıştırıldığında canlılar için tehlikeli

olmaktadır. Atom numarası 56, ağırlığı 137,32, yoğunluğu $3,51\text{g/cm}^3$ dür. Erime noktası 727°C , kaynama noktası 1897°C 'dir. Az miktarda suda çözünmüş halde bulunan baryum, bireyde solunum güçlüğü, kalpte ritim bozukluğu, kas güçsüzlüğü, sinirlerde zayıflık, karaciğerde şişme, böbrek ve kalp hasarına neden olabilir (URL-5, 2021). Baryum bileşikleri; elektronik, petrol, cam, kağıt, tekstil, seramik, boya, kauçuk ve metalürji gibi birçok endüstride kullanılmaktadır (Osipova ve ark., 2014).

1.3.3. Bizmut (Bi)

Doğada az miktarda bulunur. İnsan sağlığına zararları olup solunum, cilt ve gözlerde zararlı olabilir. Atom numarası 83, atom ağırlığı 208,98, yoğunluğu ise $9,78\text{ g/cm}^3$ tür. Erime noktası 271°C , kaynama noktası 1560°C 'dir. Bizmut ve tuzları böbreklerde hasara yol açabilirler; ancak bu hasarın derecesi genellikle hafiftir. Büyük dozlarda alındığında ise ölümcül olabilir. Bizmut bireyde zararlı olabilmesi için yutma, soluma ve cilt yoluyla vücuda geçebilmelidir (URL-5, 2021). Bizmut metali ve bileşikleri elektronik, kozmetik, kimya, tıp, metalürji ve nükleer endüstrilerde geniş bir uygulama alanına sahiptir (Liu ve ark., 2011). Bizmutun bilinen hiçbir biyolojik işlevi olmayan esansiyel olmayan bir element olduğu düşünülmektedir (Kearns ve Turner, 2016). Denizlerde bizmutun başlıca kaynağı, volkanik emisyonlar ve fosil yakıt yanması yoluyla atmosferdir (Lee ve ark., 1986).

1.3.4. Seryum (Ce)

Yeryüzünde yoğunluğu fazladır. Alaşım yapımında kullanılır. Özel cam üretimlerinde kullanılır. Petrol endüstrisinde kullanılır. Atom numarası 58, erime noktası 795°C , kaynama noktası 3257°C 'dir. Seryum insanoğlunda birikmeye başladığı zaman karaciğerde hasara neden olmaya başlar (URL-5, 2021). Seryum, yerkabuğunda ağırlıkça 6.6×10^{-3} ile bakırinkine benzer bir bolluğa sahiptir ve kurşundan yaklaşık dört kat daha fazladır (Massari ve Ruberti, 2013).

1.3.5. Kobalt (Co)

Aktifliği fazla olan bir elementtir. Düşünülenin aksine fazla olmamak kaydıyla insanlara yararı vardır. Atom numarası 27, atom ağırlığı 58,93, yoğunluğu $8,86\text{g/cm}^3$ tür.

Erime noktası 1495°C, kaynama noktası 2927°C'dir. Kobalt, B12 vitamininin bir parçası olduğu için insanlar için faydalıdır. Kobalt, alyuvar hücrelerinin üretimini uyardığı için hamile kadınlarda kansızlığı tedavi etmek için kullanılır. Günlük toplam kobalt alımı değişkendir ve 1 mg'a kadar çıkabilir (URL-5, 2021). Kobalt, litosferde bol miktarda bulunan bir element olmasına rağmen, ticari olarak işletilebilir rezervleri çok sınırlıdır ve Kongo, Zambiya, Avustralya ve Küba gibi sadece birkaç ülkede potansiyel olarak geri kazanılabilir yataklar vardır (USGS, 2016; Xu ve ark., 2019). Çin ise dünyanın en büyük kobalt tüketicisidir. Kobalt, temiz enerji teknolojilerinin ortaya çıkmasıyla birlikte önemi giderek artan stratejik bir metaldir. Nihai kullanım aşamasında kobaltın en fazla kullanıldığı ürünler; piller, süper alaşımlar ve mıknatıslardır. Ayrıca, elektrikli araç endüstrisinin ortaya çıkmasıda kobalt arzını arttırmaktadır (Chen ve ark., 2020).

Bununla birlikte, çok yüksek miktarda kobalta maruz kalmak insan sağlığına zarar verebilir. Hava yoluyla çok yüksek konsantrasyonlarda kobalt soluduğumuzda akciğerlerde hasarlara neden olabilir.

1.3.6. Galyum (Ga)

Oda sıcaklığında genellikle katıdır. Nükleer silah yapımında kullanıldığı için zararlı bir element olarak görülmektedir. Atom numarası 31, erime noktası 30°C, kaynama noktası 2204°C'dir. Bu elementte diğer stratejik elementler gibi fazla maruz kalındığında vücutta çeşitli hasarlara sebep olabilir (URL-5, 2021).

1.3.7. Lantan (La)

Atom numarası 57 olan element oda sıcaklığında katı halde bulunur. Çakmak taşı, özel cam ve alaşım üretimlerinde kullanılır. Lantan ve bileşikleri yüksek konsantrasyonlarda zehirlidir. Dikkatle ele alınmalıdır. Lantan ve bileşiklerini kullanırken eldiven ve koruyucu maske kullanmalı, özellikle göz veya ciltle teması kesilmelidir (URL-5, 2021). Lantan dünya çapında aydınlatma ve dökme demir üretiminde kullanılmaktadır. Bununla beraber, lantan, insanlarda ve hayvanlarda hücre sistemi üzerinde zararlı etkisi olan toksik bir elementtir (Mahmoud ve ark., 2021).

1.3.8. Lityum (Li)

Atom numarası 3 olan bu element fazlasıyla reaktif bir elementtir. Genellikle tuzlu sular dan iyon formundan elde edilir. Lityum tozunu solumak, başlangıçta burnu ve boğazı tahriş eder. Daha yüksek dozlara maruz kalmak, akciğerlerde sıvı birikmesine neden olarak ödem oluşmasına sebep olabilir (URL-5, 2021). Lityum; pil, eczacılık, nükleer enerji, seramik ve cam üretimi gibi çeşitli endüstriyel alanlarda önemli uygulamalara sahiptir. Bu nedenle, özellikle elektrikli araçlar ve taşınabilir elektrikli cihazlar için lityumun stratejik önemi ve talebi son yıllarda çarpıcı bir şekilde artmıştır (An ve ark., 2012; Chen ve ark., 2018; Pranolo ve ark., 2015; Swain, 2016; Zhang ve ark., 2017; Zhang ve ark., 2018; Çelebi ve ark., 2019).

1.3.9. Neodimyum (Nd)

Atom numarası 60, yoğunluğu 7 g/cm³'tür. Erime noktası 1024°C, kaynama noktası 3030°C'dir. İnsanlarda neodimyum miktarı oldukça azdır ve metalin biyolojik bir rolü olmamasına rağmen vücudun bazı kısımlarını etkileyebilir. Neodimyum tozu ve tuzları gözleri çok tahriş eder. Neodimyum, nem ve gazların hava ile solunması nedeniyle çalışma ortamında çoğunlukla tehlikelidir. Bu, özellikle uzun süreli maruz kalma sırasında akciğer hastalıklarına sebep olabilir (URL-5, 2021).

1.3.10. Fosfor (P)

Atom numarası 15 olan bu element reaksiyona girmede aktiflik rol gösterir. Doğada genellikle fosfat olarak da bulunur. Biyolojik silah yapımında kullanılır. Organik fosfor bileşiklerinin çoğu yaşam için gereklidir ancak bazıları aşırı derecede zehirlidir. Beyaz fosfor, mumsu bir katıdır ve çok zehirlidir. Ölümcül dozu 50 mg civarındadır. Florofosfat esterleri, bilinen en güçlü nörotoksinler arasındadır. Böcek ilacı olarak da kullanılabilir. Çoğu inorganik fosfat, nispeten zehirsizdir ve birçok canlının temel besin maddesidir (URL-5, 2021). Fosfor, endüstriyel fosforik asit üretiminde ve pestisitlerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Kamlesh ve ark., 2019; Rashid ve ark., 2020). Fosfor yenilenemez bir kaynak olup fosforun tükenmesi gelecekte küresel gıda güvenliği için büyük tehditler oluşturacaktır (Liao ve ark., 2019; Li ve ark., 2020b; Zhang ve ark., 2021; Sun ve ark., 2021).

1.3.11. Praseodimyum (Pr)

Petrol üretme tesislerinde bulunur. Zararlı bir elementtir. Atom numarası 59, yoğunluğu 6,8 g/cm³'tür. Erime noktası 930°C, kaynama noktası 3200°C'dir. Yeterli miktarda maruz kalındığında cilt ve gözü tahriş edicidirler (URL-5, 2021).

1.3.12. Stronsiyum (Sr)

Atom numarası 38'dir. Kimyasal olarak reaktif bir elementtir. Suda çözünen bileşikler insan sağlığı için büyük tehdittir. Suda çözünmeyen stronsiyum bileşikler, kimyasal reaksiyonların bir sonucu olarak suda çözünür hale gelebilir. Suda çözünen bileşikler, insan sağlığı için suda çözünmeyen bileşiklerden daha büyük bir tehdittir. Bu nedenle, suda çözünür stronsiyum formları, içme suyunu kirlitebilir fakat genel olarak içme suyundaki konsantrasyonlar genellikle oldukça düşüktür. Gıdalardaki stronsiyum miktarları, insan vücudundaki stronsiyum miktarını arttırabilir. Önemli ölçüde yüksek miktarlarda stronsiyum maddesi içeren gıda maddeleri tahıllar, sebzeler ve süt ürünleridir (URL-5, 2021).

1.3.13. Titanyum (Ti)

Atom numarası 22'dir. Güçlü ve parlak olup korozyona dayanıklıdır. Solunum yoluyla titanyum dioksit maruz kalan laboratuvar hayvanları (fareler), akciğerlerde küçük lokalize koyu renkli toz birikintileri geliştirmiştir. İnsanlarda aşırı maruz kalma, akciğerlerde küçük değişikliklere neden olabilir. Titanyum tozuna aşırı maruz kalmanın etkileri ise; tozun solunması göğüste sıkışma ve ağrıya, öksürüğe ve nefes almada zorluğa neden olabilir. İnsan vücuduna cilt ve gözler aracılığıyla girebilir (URL-5, 2021).

1.3.14. Vanadyum (V)

Oda sıcaklığında katıdır. Erime noktası 1910°C, kaynama noktası 3407°C'dir. Vanadyum bileşikler ciddi tehlike olarak kabul edilmez; ancak vanadyum peroksit tozuna maruz kalan işçilerin ciddi göz, burun ve boğaz tahrişine maruz kaldığı bulunmuştur. Vanadyumun insanlar tarafından alımı esas olarak karabuğday, soya fasulyesi, zeytinyağı,

ayçiçek yağı, elma ve yumurta gibi gıda maddeleriyle gerçekleşir. Vanadyum alımı sonucu akciğer hastalıkları oluşur (URL-5, 2021). Vanadyum ve vanadyum oksitler; yüksek çekme mukavemeti, sertlik ve yorulma direnci gibi fiziksel özelliklerinden dolayı çelik endüstrisi, malzeme endüstrisi, kimya endüstrisi ve havacılık endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Li ve ark., 2016; Zhang ve ark., 2011; Moskalyk ve Alfantazi, 2003; Zeng ve Cheng, 2009; Fang ve ark., 2012; Zhang ve ark., 2016; Fang ve ark., 2017).

1.3.15. İtiryum (Y)

Atom numarası 39 olan bu element, geçiş grubu elementidir. Teknolojik üretim alanında birçok malzemede kullanılır. Petrol üretim tesislerinde çıkan itiryum doğaya çok fazla zarar verir. İtiryum, solunduğunda akciğer kanseri olma olasılığını artırır. Son olarak, insan vücudunda bulunduğu zaman karaciğerde hasarlar meydana getirir (URL-5, 2021).

2. MATERYAL VE METOT

2.1.Çalışma Alanı

Bu tez çalışmasında çalışma alanı olarak Tunceli ilinde bulunan Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi seçilmiştir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Tunceli biyolojik atıksu arıtma tesisi

Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi, Tunceli-Elazığ karayolu üzerinde, Uzunçayır Baraj gölünün kıyısında yer almaktadır. Biyolojik Atıksu Arıtma tesisi, 2021 ve 2041 yılları esas alınarak İller Bankası tarafından projelendirilmiştir. Arıtma tesisi 2012 yılı sonu itibariyle 9000 m³ /gün'lük arıtma kapasitesi ile 1.kademesi işletmeye alınmış ve günümüz itibariyle de çalışmaya devam etmektedir. Biyolojik atıksu arıtma tesisi incelendiğinde fiziksel arıtma, biyolojik arıtma ve çamur giderme proseslerinden meydana geldiği görülmüştür. Biyolojik atıksu arıtma tesisi Tunceli ilinin farklı noktalarına kurulmuş olan terfi istasyonları ile atıksuların arıtma tesisine ulaşması sağlanmıştır. Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisine ulaşan atıksular öncelikli olarak kaba ızgaradan geçmektedir. Sonra, ince ızgara ve havalandırmalı kum ve yağ tutucudan geçen atıksular, geri devir çamuruyla karıştırılarak, anaerobik şartların hakim olduğu biyolojik fosfor ünitesine gönderilmektedir. Ayrıca fosfat giderimi için gerekli görülmesi halinde kullanılmak üzere demir (III) klorür dozlama ünitesi tesiste bulunmaktadır. Biyofosfor havuzundan dağıtım yapısına gelen atıksular oksidasyon hendeği şeklinde dizayn edilmiş uzun havalandırmalı aktif çamur prosesine iletilmektedir. Havalandırma havuzlarında oksik ve anoksik bölgeler

oluşturularak azot giderimi de hedeflenmiştir. Havalandırma havuzundan çıkan aktif çamur son çökeltme havuzuna iletilmektedir. Uzun havalandırmalı aktif çamur sistemi kullanılması nedeniyle çamur çürütme işlemi yapılmamaktadır. Çamur susuzlaştırma işlemi için katyonik polielektrolit kullanılmaktadır. Ham çamur ve polielektrolit, mikser ile karıştırıldıktan sonramekanik yoğunlaştırmaya taşınmaktadır. Arıtma tesisi çıkış suları bir boru sistemi ile yaklaşık 80 m uzaklıkta bulunan Uzunçayır Baraj Gölüne deşarj edilmektedir (Tanyol ve Uslu, 2013).

2.2. Örneklerin Alınması ve Analizi

Tez çalışması kapsamında Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi giriş noktasından, oksidasyon havuzu giriş noktasından, son çökeltme havuzu giriş noktasından (oksidasyon havuzu çıkış noktası) ve arıtma tesisi çıkış noktasından (son çökeltme havuzu çıkış noktası) atıksu örnekleri 500 mL olan numune alma kaplarına 3 paralel olacak şekilde alındı ve Munzur Üniversitesi Çevre Kimyası laboratuvarına getirildi (Şekil 2.2.). Atıksu örneklerinde bazı kritik hammaddelerin (Ba, Bi, Ce, Co, Ga, La, Li, Nd, P, Sr, Ti, V ve Y) konsantrasyonları akredite olan bir laboratuvar da ICP-MS ile tespit edildi. Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinden numune alma zamanlarında herhangi bir çamur üretimi olmadığından çamur numuneleri alınamamıştır.

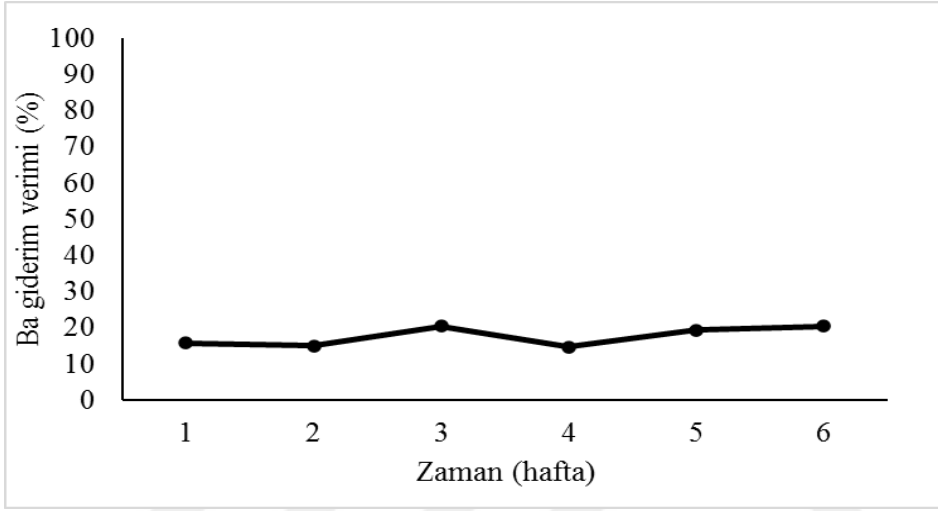


Şekil 2.2. Örneklerin alınması ve analize hazırlanması

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Atıksu Arıtma Tesisi Giderim Verimleri

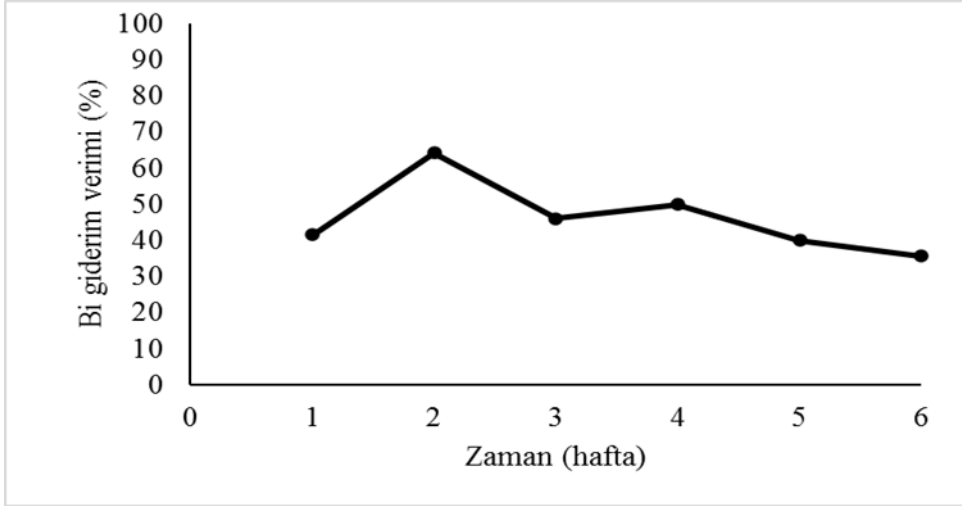
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde tespit edilen stratejik hammaddelerden Ba için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Arıtma tesisinin Ba giderim verimi

Şekil 3.1’e göre Tunceli Biyoloji Atıksu Arıtma Tesisinde tespit edilen stratejik hammaddelerden Ba için en yüksek giderim verimi 3. hafta %20,58 olarak, en düşük Ba giderim verimi ise 2. hafta %15.12 olarak belirlendi. Ba giderim verimlerinin haftalara göre çok fazla değişkenlik göstermediği tespit edildi.

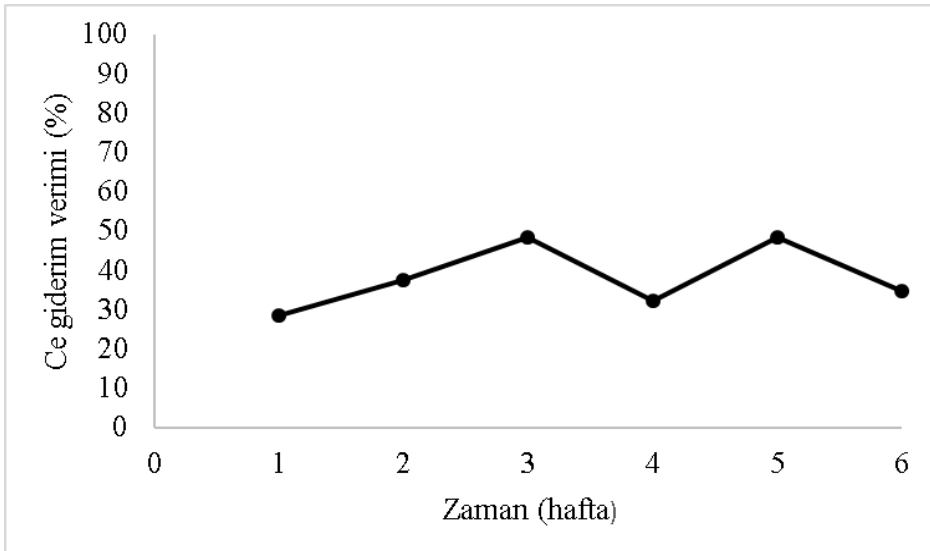
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde tespit edilen stratejik hammaddelerden Bi için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2. Arıtma tesisinin Bi giderim verimi

Şekil 3.2 incelendiğinde Tunceli biyolojik atıksu arıtma tesisinde tespit edilen stratejik hammaddelerden Bi için en yüksek giderim verimi 2. hafta %64,29 olarak tespit edilirken en düşük Bi giderim verimi ise 6. Hafta %35,71 olarak tespit edildi.

Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde tespit edilen stratejik hammaddelerden Ce için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.3’de verilmiştir.

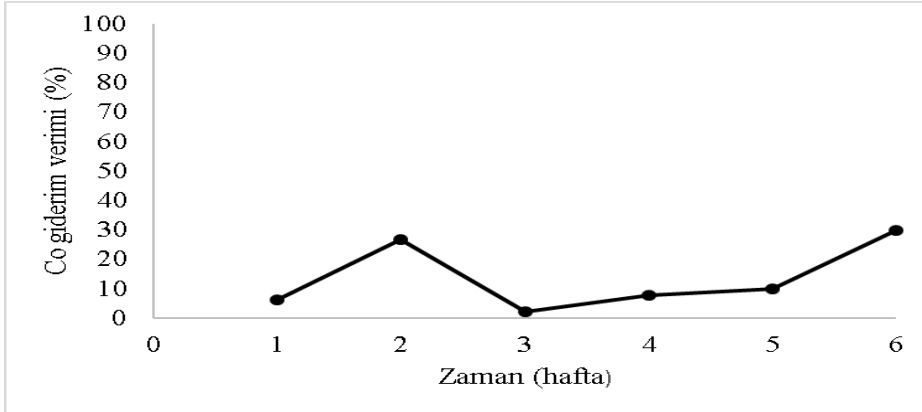


Şekil 3.3. Arıtma tesisinin Ce giderim verimi

Şekil 3.3’e göre Tunceli Biyoloji Atıksu Arıtma Tesisinde tespit edilen stratejik

hammadelerden Ce için en yüksek giderim verimi 3. ve 5. Haftalar %48,39 olarak, en düşük Ce giderim verimi ise 1. hafta %28,57 olarak belirlendi. Ce giderim verimlerinin haftalara göre değişkenlik gösterdiği tespit edildi.

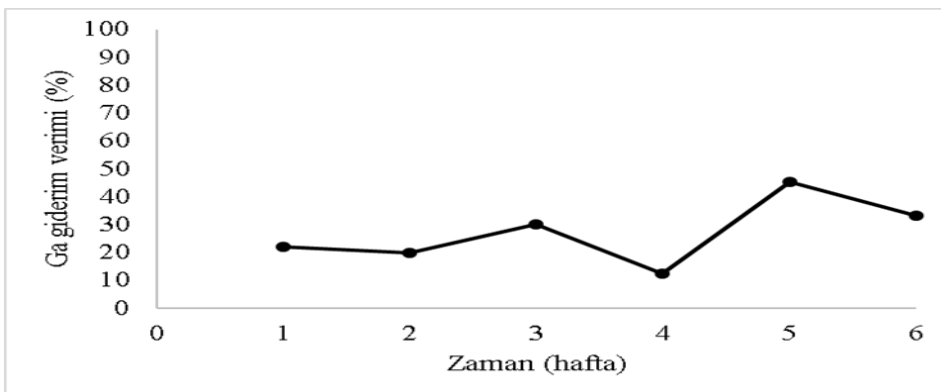
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde tespit edilen stratejik hammaddelerden Co için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.4. Arıtma tesisinin Co giderim verimi

Şekil 3.4'e göre Tunceli Biyoloji Atıksu Arıtma Tesisinde tespit edilen stratejik hammaddelerden Co için en yüksek giderim verimi 6. hafta %29,79 olarak, en düşük Co giderim verimi ise 3. hafta %2,17 olarak belirlendi. Co giderim verimlerinin haftalara göre değişkenlik gösterdiği tespit edildi.

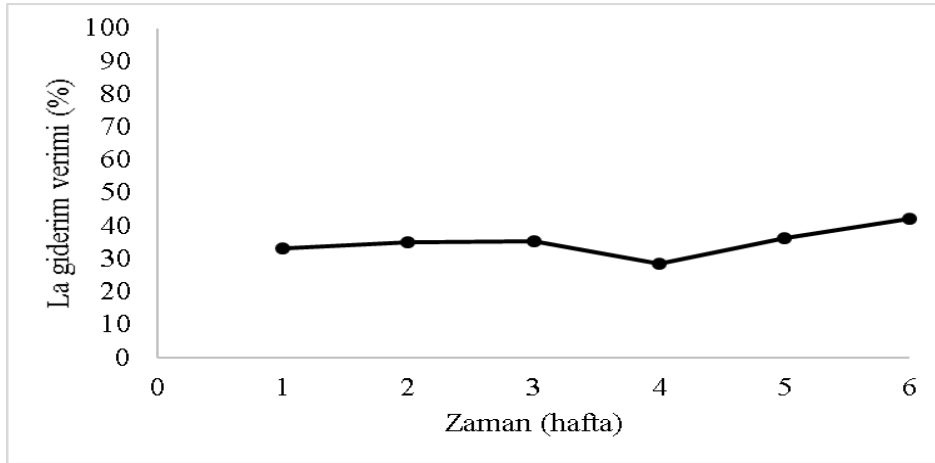
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde tespit edilen stratejik hammaddelerden Ga için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3.5. Arıtma tesisinin Ga giderim verimi

Şekil 3.5'e göre Tunceli Biyoloji Atıksu Arıtma Tesisinde tespit edilen stratejik hammaddelerden Ga için en yüksek giderim verimi 5. hafta %45,45 olarak, en düşük Ga giderim verimi ise 4. hafta %12,50 olarak belirlendi. Ga giderim verimlerinin haftalara göre değişkenlik gösterdiği tespit edildi.

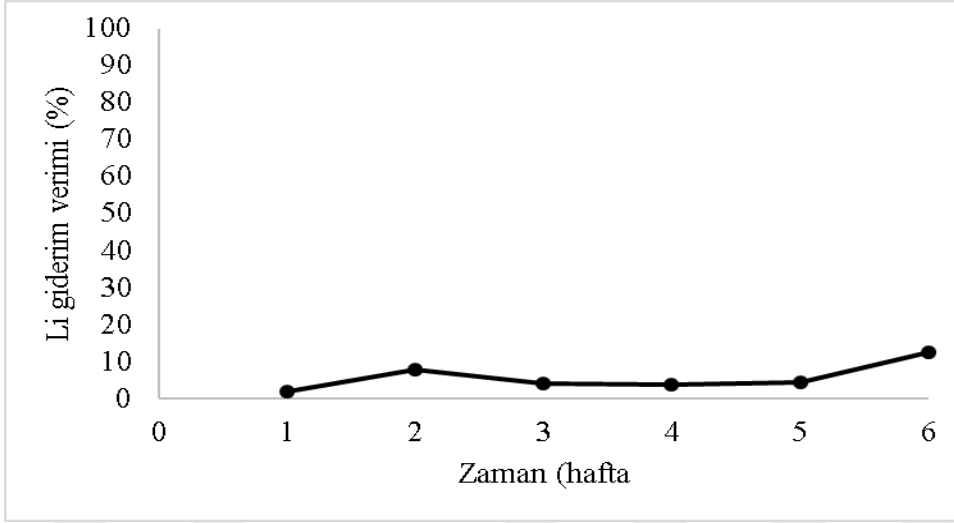
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde tespit edilen stratejik hammaddelerden La için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.6. Arıtma tesisinin La giderim verimi

Şekil 3.6'ya göre Tunceli Biyoloji Atıksu Arıtma Tesisinde tespit edilen stratejik hammaddelerden La için en yüksek giderim verimi 6. hafta %42,11 olarak, en düşük La giderim verimi ise 4. hafta %28,57 olarak belirlendi. La giderim verimlerinin haftalara göre çok fazla değişkenlik göstermediği tespit edildi.

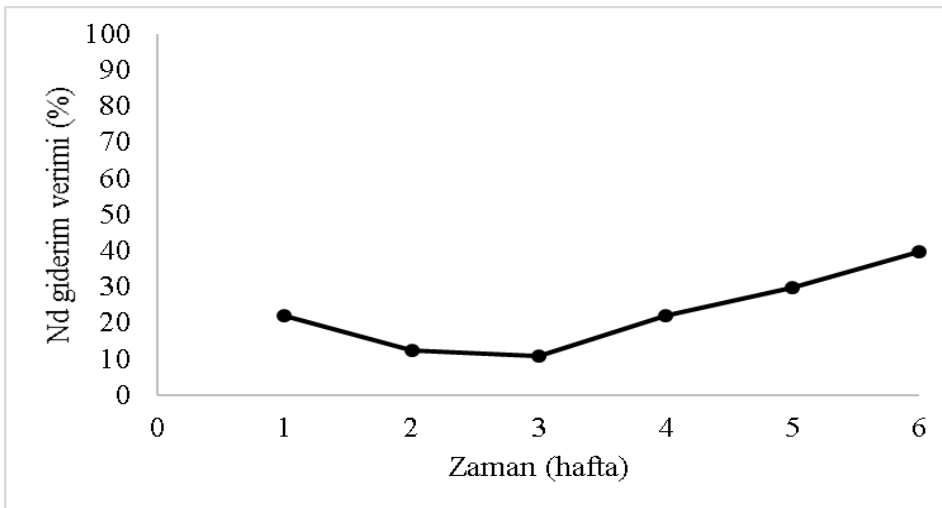
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde tespit edilen stratejik hammaddelerden Li için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.7'de verilmiştir



Şekil 3.7. Arıtma tesisinin Li giderim verimi

Şekil 3.7'ye göre Tunceli Biyoloji Atıksu Arıtma Tesisinde tespit edilen stratejik hammaddelerden Li için en yüksek giderim verimi 6. hafta %12,50 olarak, en düşük Li giderim verimi ise 1. hafta %2,04 olarak belirlendi. Li giderim verimlerinin haftalara göre çok fazla değişkenlik göstermediği tespit edildi.

Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde tespit edilen stratejik hammaddelerden Nd için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.8'de verilmiştir.

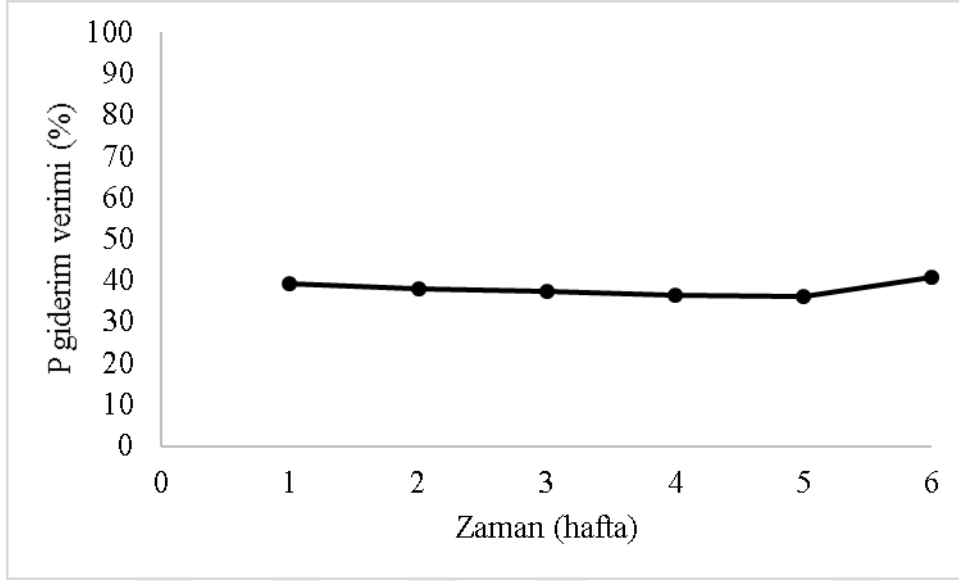


Şekil 3.8. Arıtma tesisinin Nd giderim verimi

Şekil 3.8'e göre Tunceli Biyoloji Atıksu Arıtma Tesisinde tespit edilen stratejik

hammadelerden Nd için en yüksek giderim verimi 6. hafta %40,00 olarak, en düşük Nd giderim verimi ise 3. hafta %11,11 olarak belirlendi. Nd giderim verimlerinin haftalara göre değişkenlik gösterdiği tespit edildi.

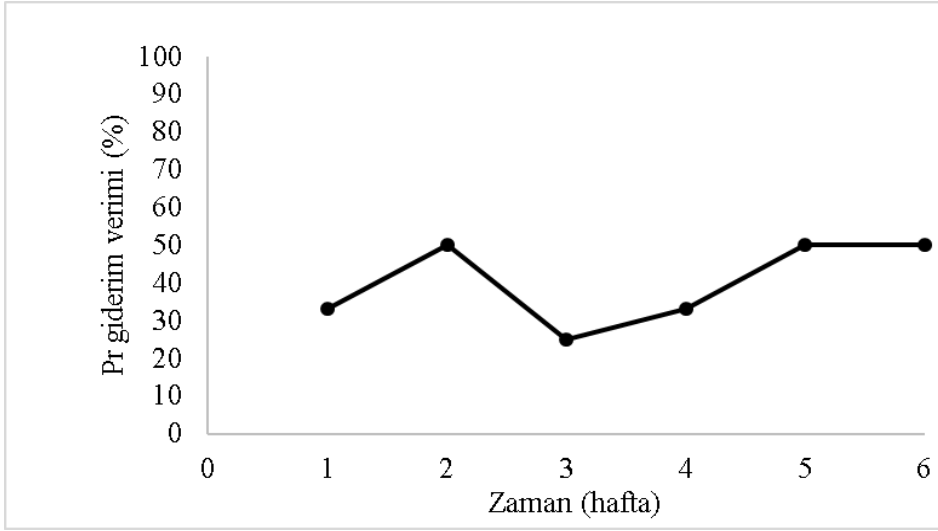
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde tespit edilen stratejik hammaddelerden P için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.9’da verilmiştir.



Şekil 3.9. Arıtma tesisinin P giderim verimi

Şekil 3.9’a göre Tunceli Biyoloji Atıksu Arıtma Tesisinde tespit edilen stratejik hammaddelerden P için en yüksek giderim verimi 6. hafta %40,92 olarak, en düşük P giderim verimi ise 5. hafta %36,09 olarak belirlendi. P giderim verimlerinin haftalara göre çok fazla değişkenlik göstermediği tespit edildi.

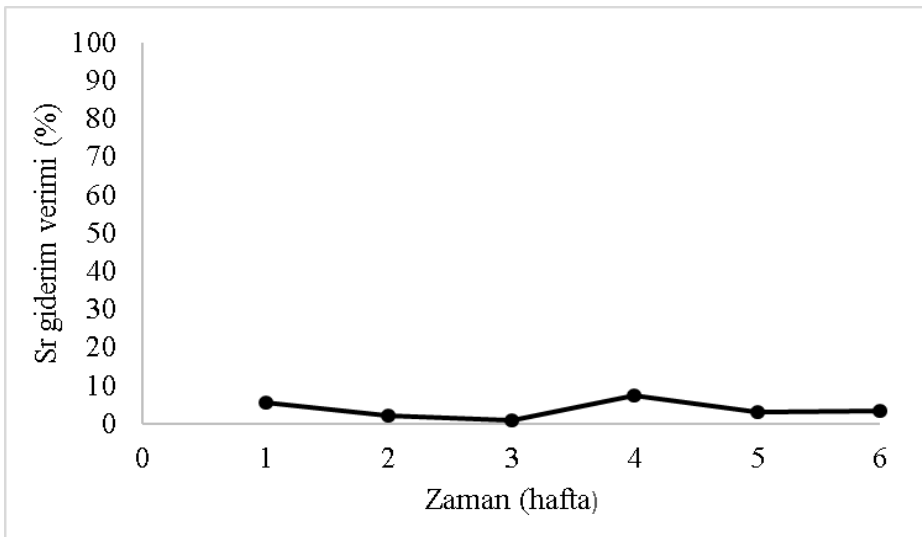
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde tespit edilen stratejik hammaddelerden Pr için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.10’da verilmiştir.



Şekil 3.10. Arıtma tesisinin Pr giderim verimi

Şekil 3.10'a göre Tunceli Biyoloji Atıksu Arıtma Tesisinde tespit edilen stratejik hammaddelerden Pr için en yüksek giderim verimi 2., 5. ve 6. Haftalarda %50,00 olarak, en düşük Pr giderim verimi ise 3. hafta %25,00 olarak belirlendi. Pr giderim verimlerinin haftalara göre değişkenlik gösterdiği tespit edildi.

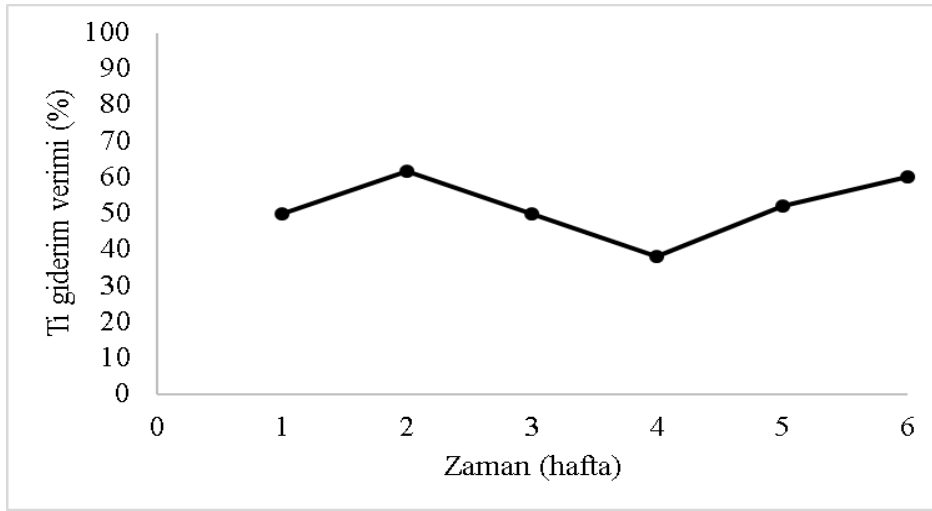
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde tespit edilen stratejik hammaddelerden Sr için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.11'de verilmiştir.



Şekil 3.11. Arıtma tesisinin Sr giderim verimi

Şekil 3.11'e göre Tunceli Biyoloji Atıksu Arıtma Tesisinde tespit edilen stratejik hammaddelerden Sr için en yüksek giderim verimi 4. hafta %7,58 olarak, en düşük Sr giderim verimi ise 3. hafta %1,12 olarak belirlendi. Sr giderim verimlerinin haftalara göre çok fazla değişkenlik göstermediği tespit edildi.

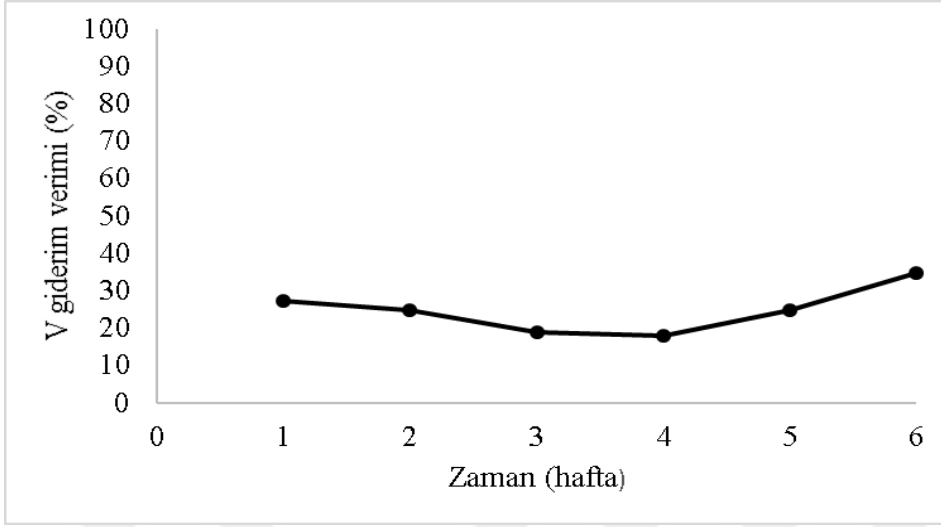
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde tespit edilen stratejik hammaddelerden Ti için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.12'de verilmiştir.



Şekil 3.12. Arıtma tesisinin Ti giderim verimi

Şekil 3.12'ye göre Tunceli Biyoloji Atıksu Arıtma Tesisinde tespit edilen stratejik hammaddelerden Ti için en yüksek giderim verimi 2. hafta %61,54 olarak, en düşük Ti giderim verimi ise 4. hafta %38,10 olarak belirlendi. Ti giderim verimlerinin haftalara göre değişkenlik gösterdiği tespit edildi.

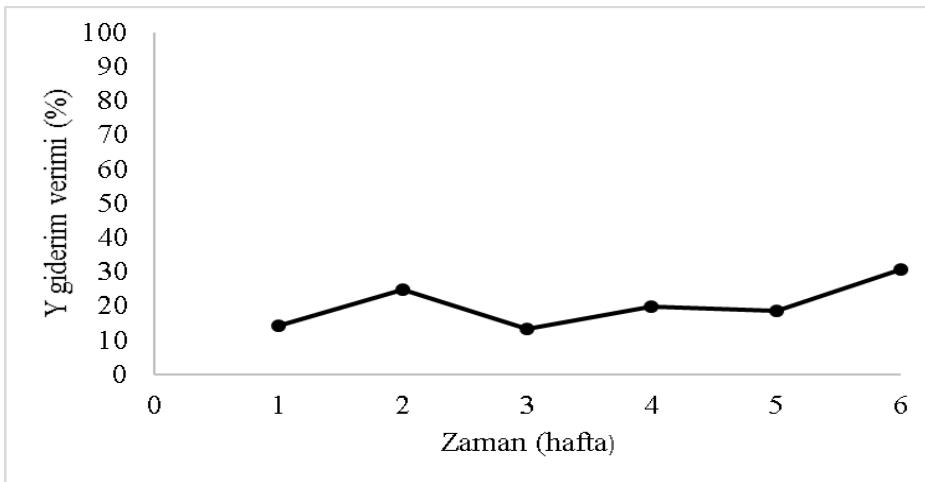
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde tespit edilen stratejik hammaddelerden V için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.13'te verilmiştir



Şekil 3.13. Arıtma tesisinin V giderim verimi

Şekil 3.13'e göre Tunceli Biyoloji Atıksu Arıtma Tesisinde tespit edilen stratejik hammaddelerden V için en yüksek giderim verimi 6. hafta %34,78 olarak, en düşük V giderim verimi ise 4. hafta %18,18 olarak belirlendi. V giderim verimlerinin haftalara göre çok fazla değişkenlik göstermediği tespit edildi.

Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde tespit edilen stratejik hammaddelerden Y için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.14'te verilmiştir.

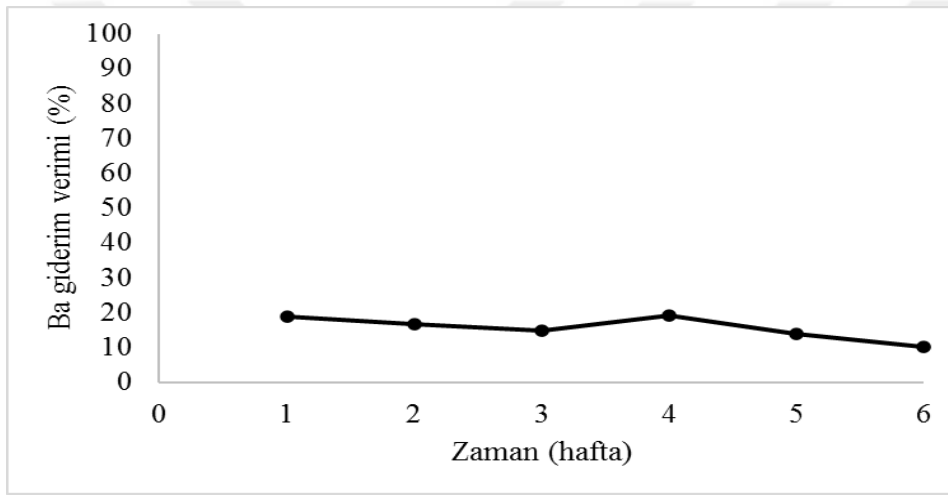


Şekil 3.14. Y giderim verimi

Şekil 3.14'e göre Tunceli Biyoloji Atıksu Arıtma Tesisinde tespit edilen stratejik hammaddelerden Y için en yüksek giderim verimi 6. hafta %30,77 olarak, en düşük Y giderim verimi ise 3. hafta %13,33 olarak belirlendi. Y giderim verimlerinin haftalara göre değişiklik gösterdiği tespit edildi.

3.2. Oksidasyon Havuzu Giderim Verimleri

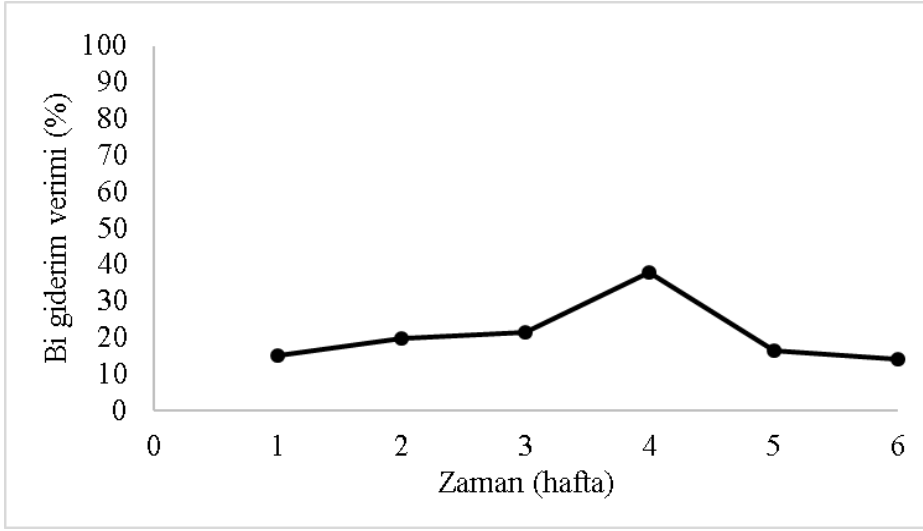
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde oksidasyon havuzunda stratejik hammaddelerden Ba için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.15'te verilmiştir.



Şekil 3.15. Oksidasyon havuzunun Ba giderim verimi

Şekil 3.15 incelendiğinde Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde oksidasyon havuzunda Ba için en yüksek giderim verimi 4. hafta %19,12 olarak, en düşük Ba giderim verimi ise 6. Hafta %10,25 olarak gerçekleşti. Oksidasyon havuzunda Ba giderim verimleri haftalara göre çok fazla değişiklik göstermemiştir.

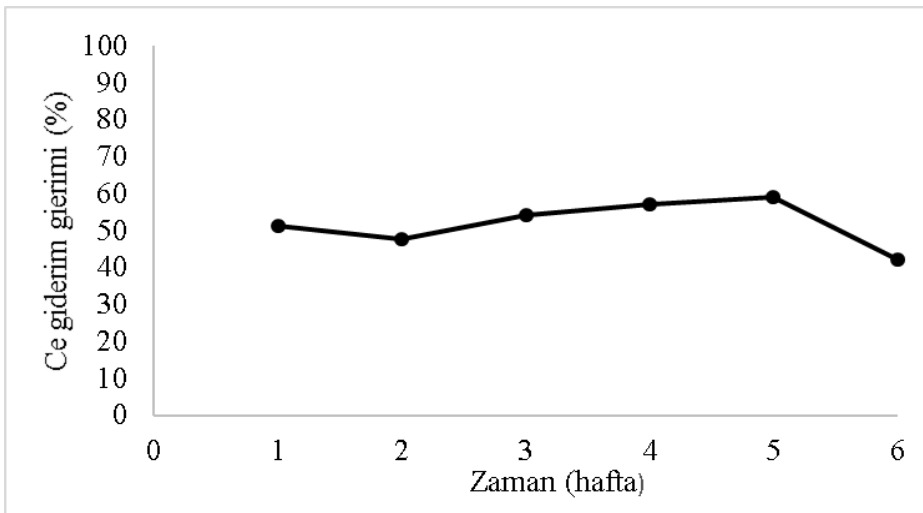
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde oksidasyon havuzunda stratejik hammaddelerden Bi için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.16'da verilmiştir.



Şekil 3.16. Oksidasyon havuzunun Bi giderim verimi

Şekil 3.16 incelendiğinde Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi oksidasyon havuzunda Bi için en yüksek giderim verimi 4. hafta %38,10 olarak, en düşük Bi giderim verimi ise 6. Hafta %14,29 olarak belirlendi. Oksidasyon havuzunda Bi giderim verimleri 1.Haftadan 4. Haftaya kadar artış göstermiş 4. Haftadan sonra ise azalmıştır.

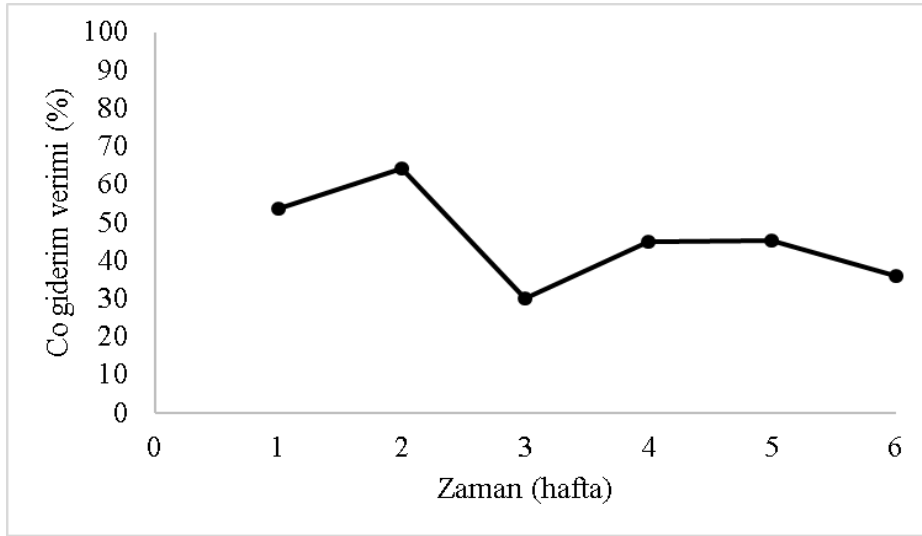
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi oksidasyon havuzunda stratejik hammaddelerden Ce için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.17’de verilmiştir.



Şekil 3.17. Oksidasyon havuzunun Ce giderim verimi

Şekil 3.17 incelendiğinde Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi oksidasyon havuzunda Ce için en yüksek giderim verimi 5. hafta %59,17 olarak, en düşük Ce giderim verimi ise 6. Hafta %42,31 olarak gerçekleşti. Oksidasyon havuzunda Ce giderim verimleri haftalara göre çok fazla değişiklik göstermemiştir.

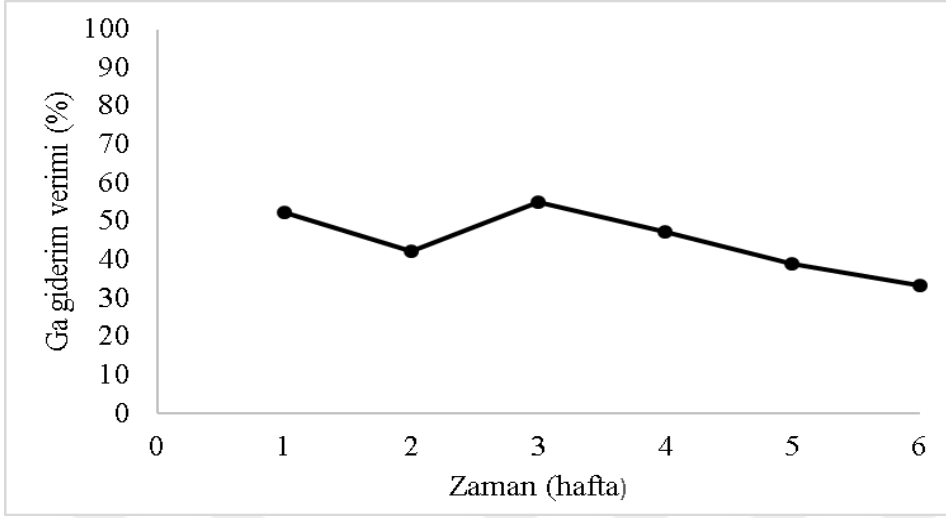
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi oksidasyon havuzunda stratejik hammaddelerden Co için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.18’de verilmiştir.



Şekil 3.18. Oksidasyon havuzunun Co giderim verimi

Şekil 3.18 incelendiğinde Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi oksidasyon havuzunda Co için en yüksek giderim verimi 2. hafta %64,29 olarak, en düşük Co giderim verimi ise 3. Hafta %30,00 olarak gerçekleşti. Oksidasyon havuzunda Co giderim verimleri haftalara göre çok fazla değişiklik gösterdiği görülmüştür.

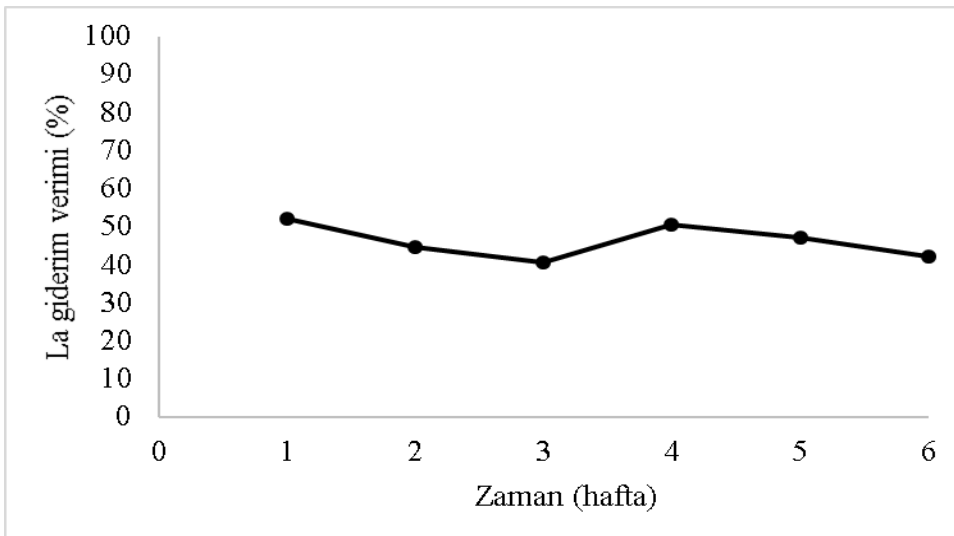
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi oksidasyon havuzunda stratejik hammaddelerden Ga için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.19’da verilmiştir.



Şekil 3.19. Oksidasyon havuzunun Ga giderim verimi

Şekil 3.19 incelendiğinde Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi oksidasyon havuzunda Ga için en yüksek giderim verimi 3. hafta %55,00 olarak, en düşük Ga giderim verimi ise 6. Hafta %33,33 olarak gerçekleşti. Oksidasyon havuzunda Ga giderim verimleri 2. Haftada meydana gelen değişiklik dışında çok fazla bir değişiklik görülmemiştir.

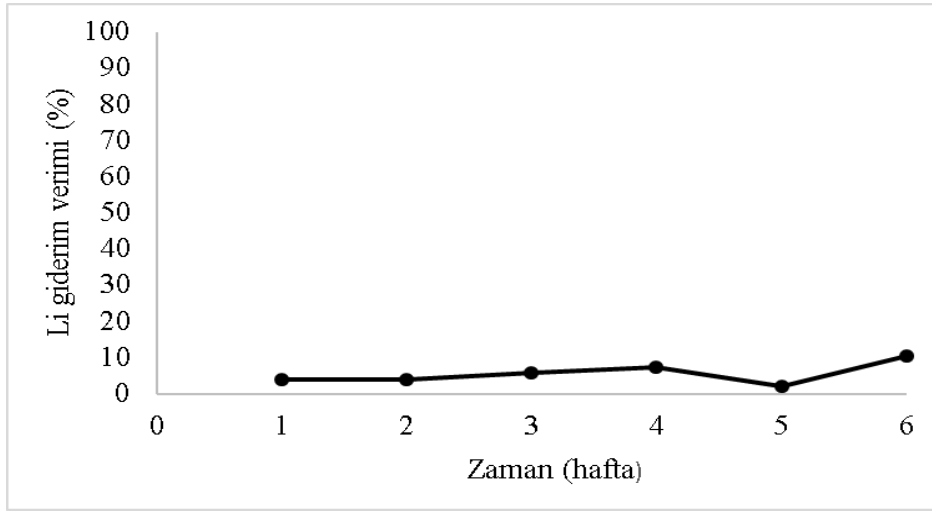
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi oksidasyon havuzunda stratejik hammaddelerden La için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.20’de verilmiştir.



Şekil 3.20. Oksidasyon havuzunda La giderim verimi

Şekil 3.20 incelendiğinde Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi oksidasyon havuzunda La için en yüksek giderim verimi 1. hafta %52,24 olarak, en düşük La giderim verimi ise 3. Hafta %40,63 olarak gerçekleşti. Oksidasyon havuzunda La giderim verimleri haftalara göre çok fazla değişiklik göstermemiştir.

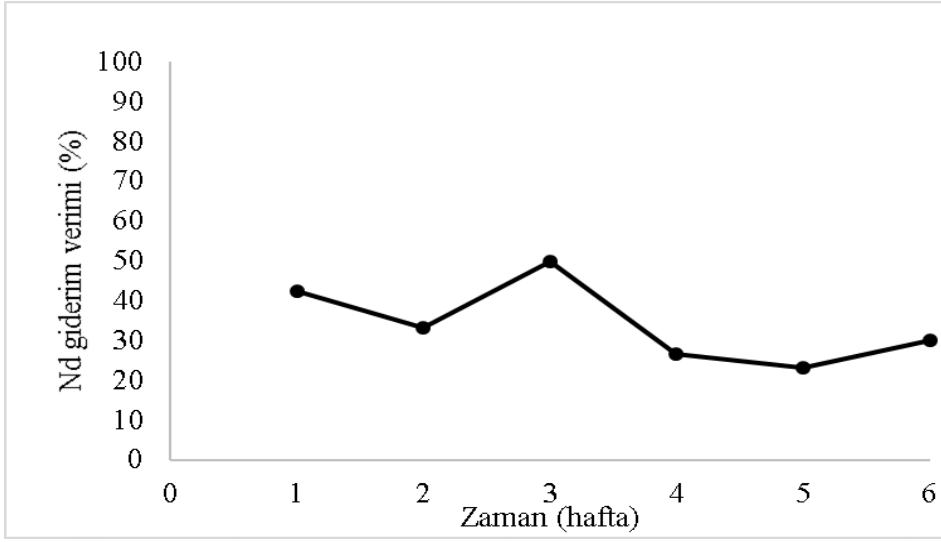
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi oksidasyon havuzunda stratejik hammaddelerden Li için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.21’de verilmiştir.



Şekil 3.21. Oksidasyon havuzunda Li giderim verimi

Şekil 3.21 incelendiğinde Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi oksidasyon havuzunda Li için en yüksek giderim verimi 6. hafta %10,42 olarak, en düşük Li giderim verimi ise 5. Hafta %1,96 olarak gerçekleşti. Oksidasyon havuzunda Li giderim verimleri 6. Haftada göstermiş olduğu artış dışında, kalan haftalar baz alındığında çok fazla değişiklik göstermemiştir.

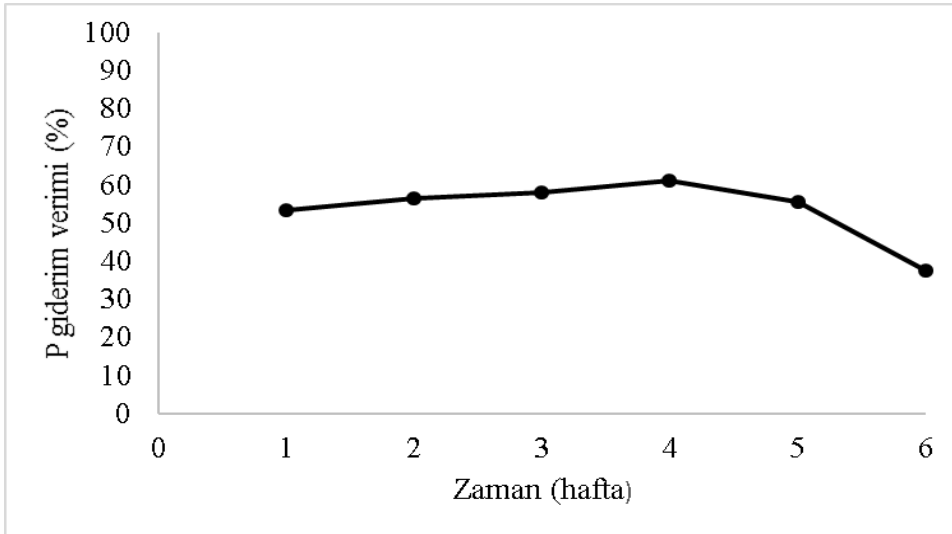
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi oksidasyon havuzunda stratejik hammaddelerden Nd için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.22’de verilmiştir.



Şekil 3.22. Oksidasyon havuzunda Nd giderim verimi

Şekil 3.22 incelendiğinde Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi oksidasyon havuzunda Nd için en yüksek giderim verimi 3. hafta %50,00 olarak, en düşük Nd giderim verimi ise 5. Hafta %23,33 olarak gerçekleşti. Oksidasyon havuzunda Nd giderim verimleri haftalara göre çok fazla değişiklik göstermiştir.

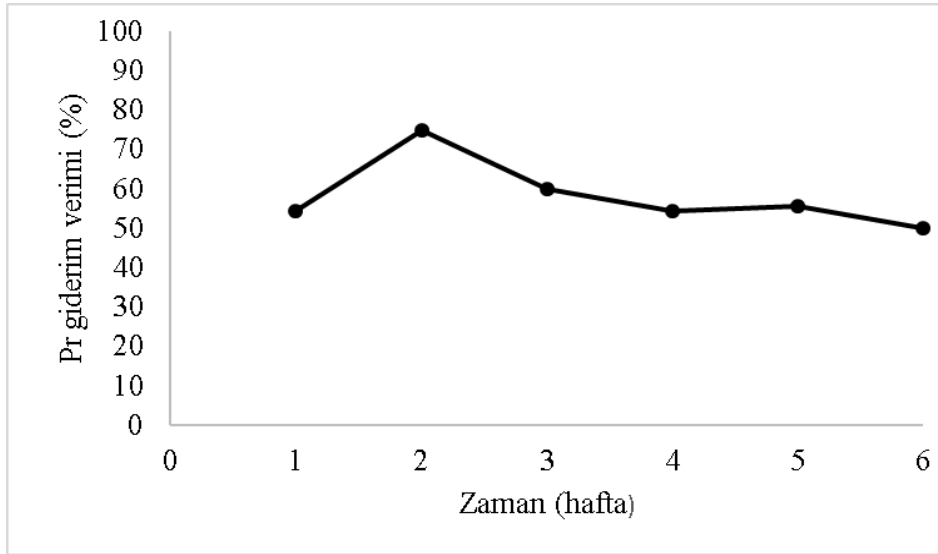
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi oksidasyon havuzunda stratejik hammaddelerden P için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.23'te verilmiştir.



Şekil 3.23. P giderim verimi

Şekil 3.23 incelendiğinde Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi oksidasyon havuzunda P için en yüksek giderim verimi 4. hafta %61,43 olarak, en düşük P giderim verimi ise 6. Hafta %37,75 olarak gerçekleşti. Oksidasyon havuzunda P giderim verimleri haftalara göre 4. Haftaya kadar artış göstermiş, 5. Hafta ise düşüşe geçmiştir.

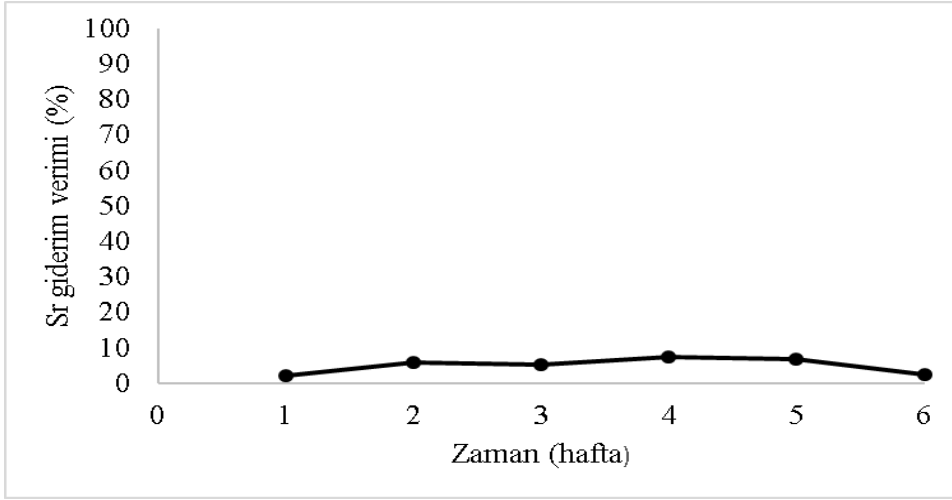
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi oksidasyon havuzunda stratejik hammaddelerden Pr için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.24’te verilmiştir.



Şekil 3.24. Oksidasyon havuzunda Pr giderim verimi

Şekil 3.24 incelendiğinde Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi oksidasyon havuzunda Pr için en yüksek giderim verimi 2. hafta %75,00 olarak, en düşük Pr giderim verimi ise 6. Hafta %50,00 olarak gerçekleşti. Oksidasyon havuzunda Pr giderim verimleri haftalara göre bakıldığında 2. Hafta da gerçekleşen artış dışında genellikle aynı seviyelerde olduğu görülmüştür.

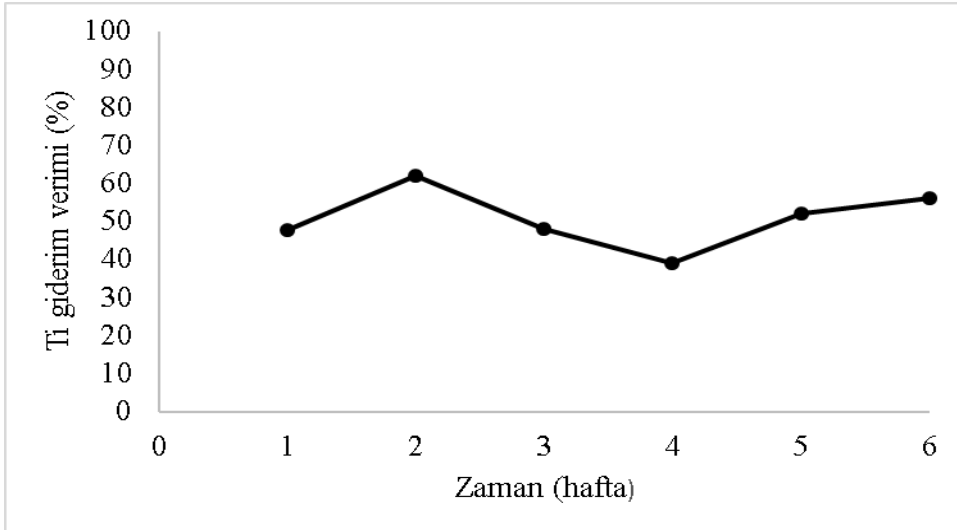
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi oksidasyon havuzunda stratejik hammaddelerden Sr için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.25’te verilmiştir.



Şekil 3.25. Oksidasyon havuzunda Sr giderim verimi

Şekil 3.25 incelendiğinde Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi oksidasyon havuzunda Sr için en yüksek giderim verimi 4. hafta %7,59 olarak, en düşük Sr giderim verimi ise 1. Hafta %2,29 olarak gerçekleşti. Oksidasyon havuzunda Sr giderim verimleri haftalara göre çok fazla değişiklik göstermemiştir.

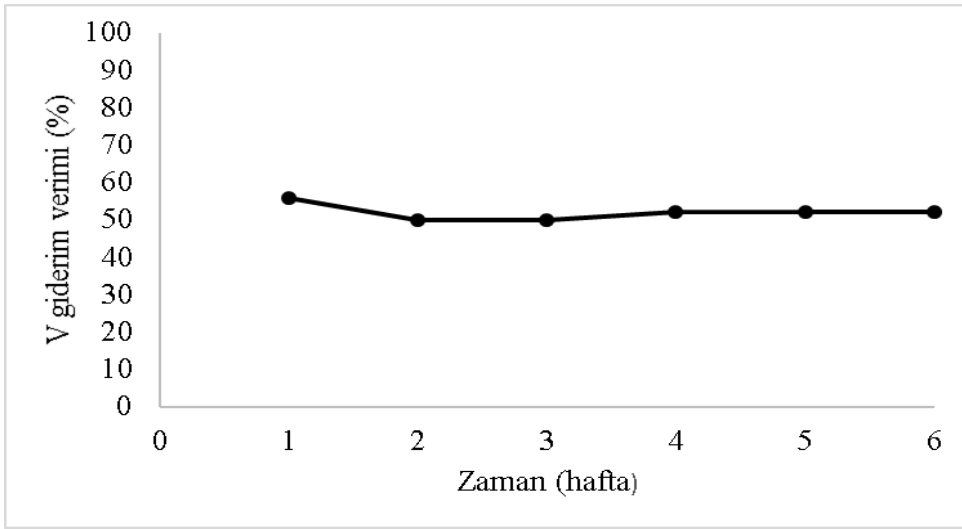
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi oksidasyon havuzunda stratejik hammaddelerden Ti için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.26’da verilmiştir.



Şekil 3.26. Oksidasyon havuzunda Ti giderim verimi

Şekil 3.26 incelendiğinde Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi oksidasyon havuzunda Ti için en yüksek giderim verimi 2. hafta %62,07 olarak, en düşük Ti giderim verimi ise 4. Hafta %39,13 olarak gerçekleşti. Oksidasyon havuzunda Ti giderim verimleri haftalara göre çok fazla değişiklik göstermiştir.

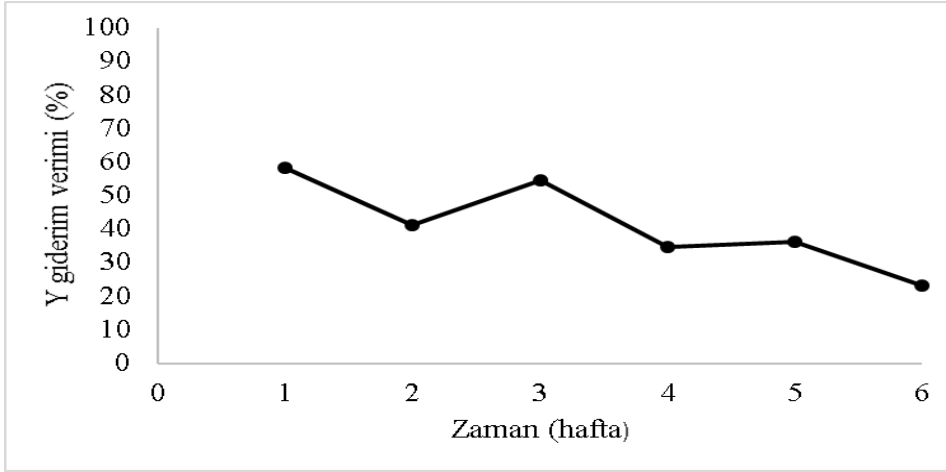
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi oksidasyon havuzunda stratejik hammaddelerden V için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.27’de verilmiştir.



Şekil 3.27. Oksidasyon havuzunda V giderim verimi

Şekil 3.27 incelendiğinde Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi oksidasyon havuzunda V için en yüksek giderim verimi 1. hafta %56,00 olarak, en düşük V giderim verimi ise 2. ve 3. Haftalar %50,00 olarak gerçekleşti. Oksidasyon havuzunda V giderim verimleri haftalara göre çok fazla değişiklik göstermemiştir.

Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi oksidasyon havuzunda stratejik hammaddelerden Y için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.28’de verilmiştir.

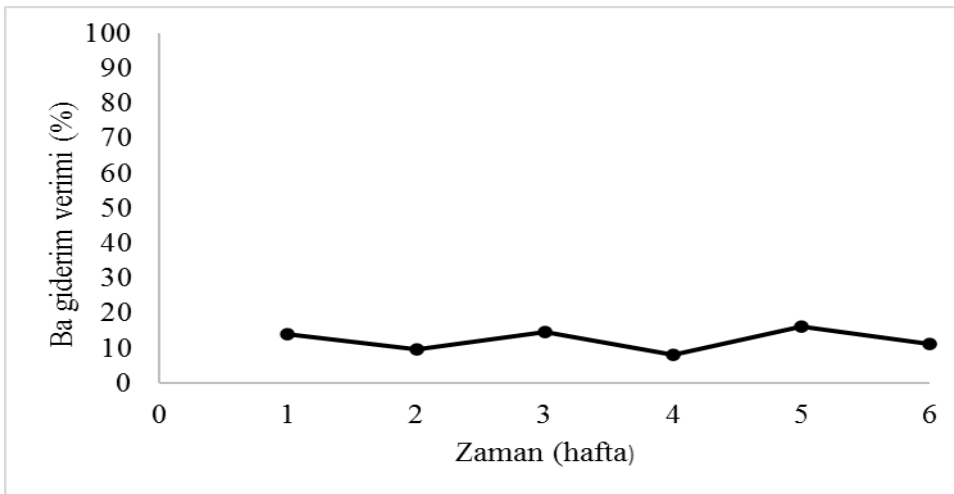


Şekil 3.28. Oksidasyon havuzunda Y giderim verimi

Şekil 3.28 incelendiğinde Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi oksidasyon havuzunda Y için en yüksek giderim verimi 1. hafta %58,33 olarak, en düşük Y giderim verimi ise 6. Hafta %23,08 olarak gerçekleşti. Oksidasyon havuzunda Y giderim verimleri 2. Haftadaki artış dışında genellikle düşüş göstermiştir.

3.3. Son Çökeltme Havuzu Giderim Verimleri

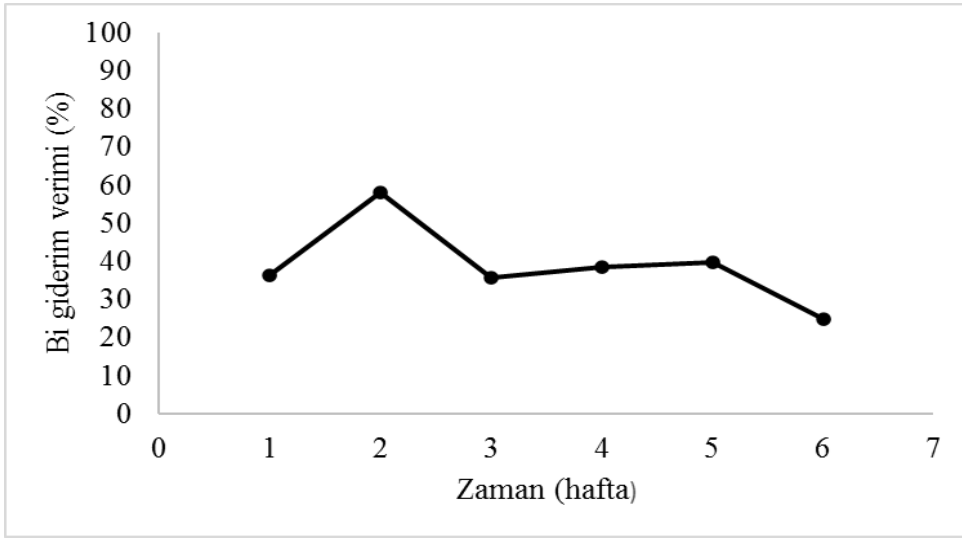
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi son çökeltme havuzunda stratejik hammaddelerden Ba için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.29’da verilmiştir.



Şekil 3.29. Son çökeltme havuzunun Ba giderim verimi

Şekil 3.29 incelendiğinde Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi son çökeltme havuzunda Ba için en yüksek giderim verimi 5. hafta %16,18 olarak, en düşük Ba giderim verimi ise 4. Hafta %8,15 olarak belirlendi. Son çökeltme havuzunun Ba giderim verimi haftalara göre çok fazla değişiklik göstermediği tespit edildi.

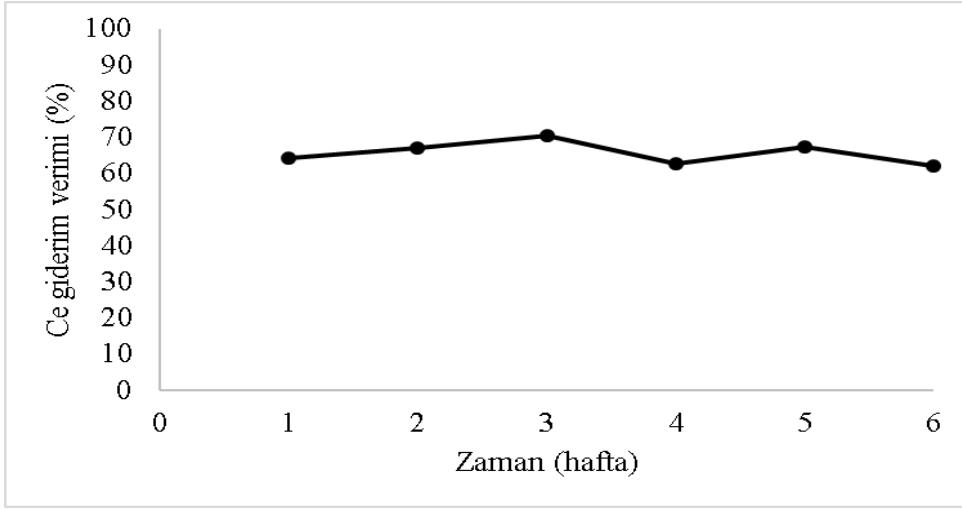
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi son çökeltme havuzunda stratejik hammaddelerden Bi için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.30’da verilmiştir.



Şekil 3.30. Son çökeltme havuzunun Bi giderim verimi

Şekil 3.30’a göre Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi son çökeltme havuzunda Bi için en yüksek giderim verimi 2. hafta %58,33 olarak, en düşük Bi giderim verimi ise 6. Hafta %25 olarak belirlendi. Son çökeltme havuzunda Bi giderim verimleri haftalara göre değişiklik gösterdiği belirlendi.

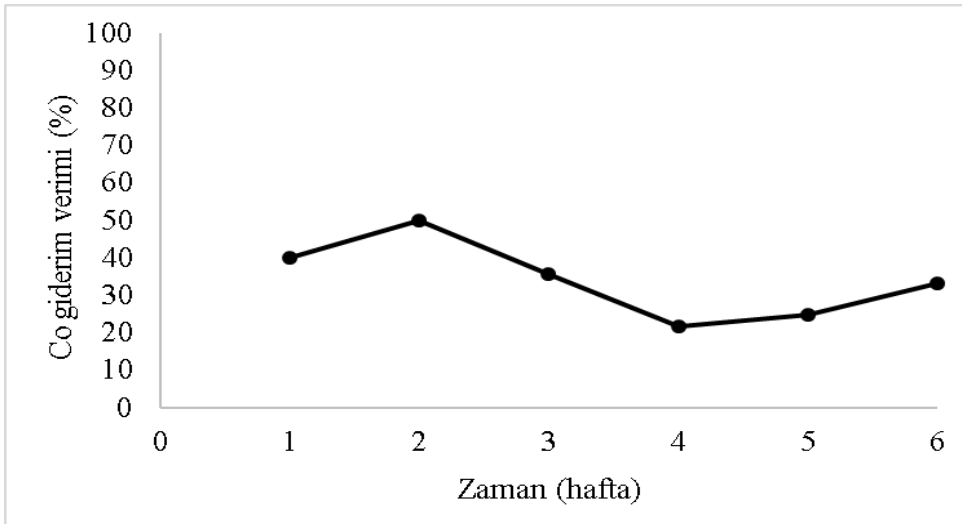
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi son çökeltme havuzunda stratejik hammaddelerden Ce için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.31’de verilmiştir.



Şekil 3.31. Son çökeltme havuzunun Ce giderim verimi

Şekil 3.31 incelendiğinde Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi son çökeltme havuzunda Ce için en yüksek giderim verimi 3. hafta %70,37 olarak, en düşük Ce giderim verimi ise 6. Hafta %62,22 olarak belirlendi. Son çökeltme havuzunun Ce giderim verimi haftalara göre çok fazla değişiklik göstermediği tespit edildi.

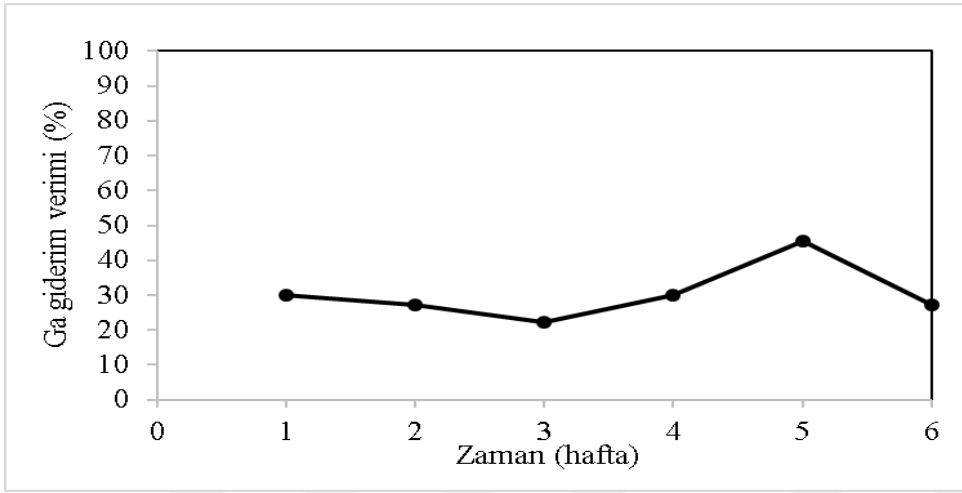
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi son çökeltme havuzunda stratejik hammaddelerden Co için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.32’de verilmiştir.



Şekil 3.32. Son çökeltme havuzunun Co giderim verimi

Şekil 3.32 incelendiğinde Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi son çökeltme havuzunda Co için en yüksek giderim verimi 2. hafta %50,00 olarak, en düşük Co giderim verimi ise 4. Hafta %21,67 olarak belirlendi. Son çökeltme havuzunun Co giderim verimi haftalara göre değişiklik gösterdiği tespit edildi.

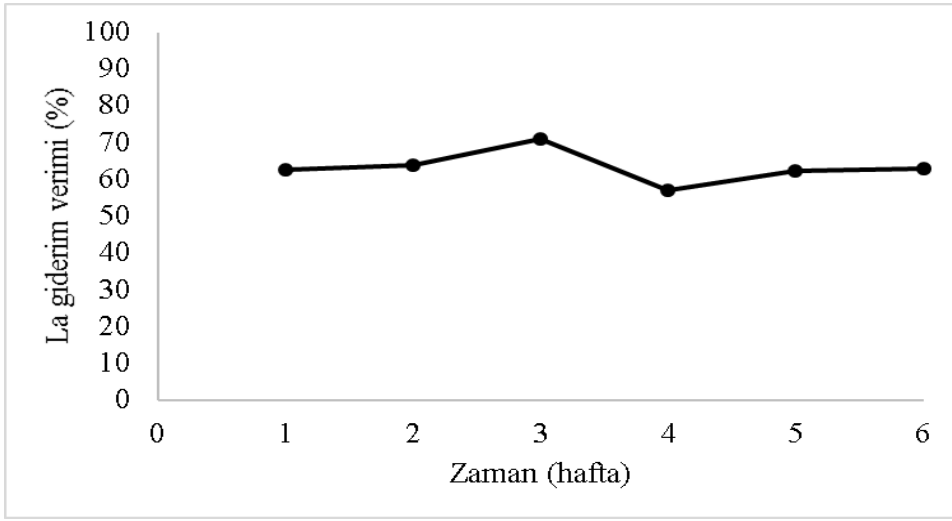
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi son çökeltme havuzunda stratejik hammaddelerden Ga için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.33'te verilmiştir.



Şekil 3.33. Son çökeltme havuzunun Ga giderim verimi

Şekil 3.33 incelendiğinde Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi son çökeltme havuzunda Ga için en yüksek giderim verimi 5. hafta %45,45 olarak, en düşük Ga giderim verimi ise 3. Hafta %22,22 olarak belirlendi. Son çökeltme havuzunun Ga giderim verimi 5. Haftadaki gösterdiği artış dışında geriye kalan 5 haftada yakın değerlerde olduğu tespit edildi.

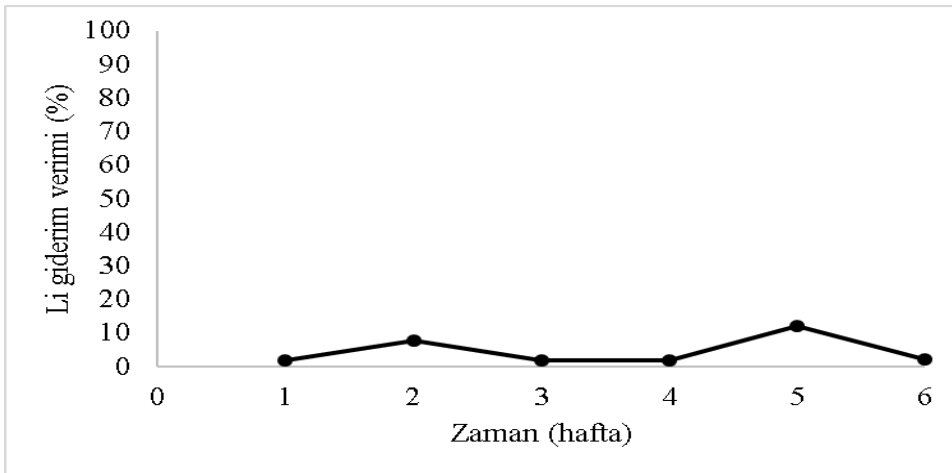
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi son çökeltme havuzunda stratejik hammaddelerden La için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.34'te verilmiştir.



Şekil 3.34. Son çökeltme havuzunun La giderim verimi

Şekil 3.34 incelendiğinde Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi son çökeltme havuzunda La için en yüksek giderim verimi 3. hafta %71,05 olarak, en düşük La giderim verimi ise 4. Hafta %57,14 olarak belirlendi. Son çökeltme havuzunun La giderim verimi haftalara göre çok fazla değişiklik göstermediği tespit edildi.

Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi son çökeltme havuzunda stratejik hammaddelerden Li için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.35’te verilmiştir.

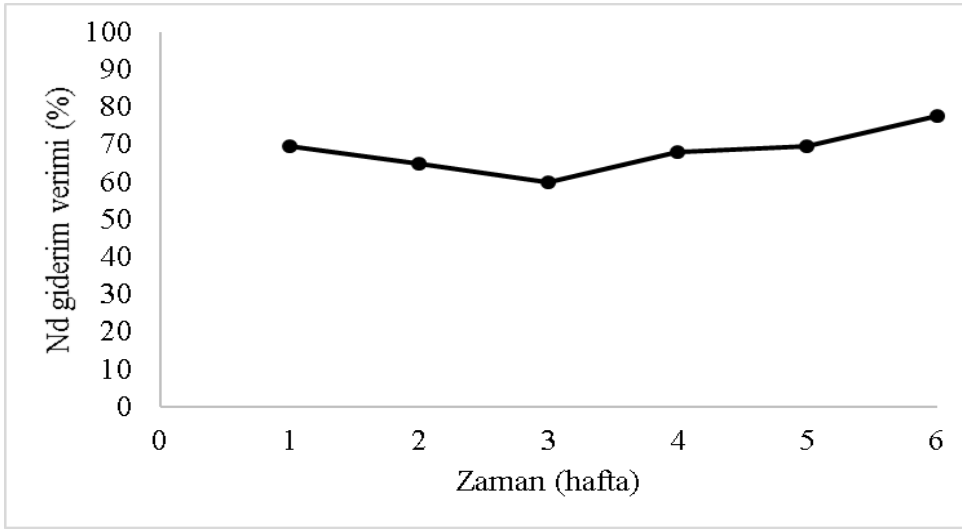


Şekil 3.35. Son çökeltme havuzunun Li giderim verimi

Şekil 3.35 incelendiğinde Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi son çökeltme

havuzunda Li için en yüksek giderim verimi 5. hafta %12,00 olarak, en düşük Li giderim verimi ise 4. Hafta %2,00 olarak belirlendi. Son çökeltme havuzunun Li giderim verimi 5.Haftadaki artış dışında, geriye kalan 5 haftada çok fazla değişiklik göstermediği tespit edildi.

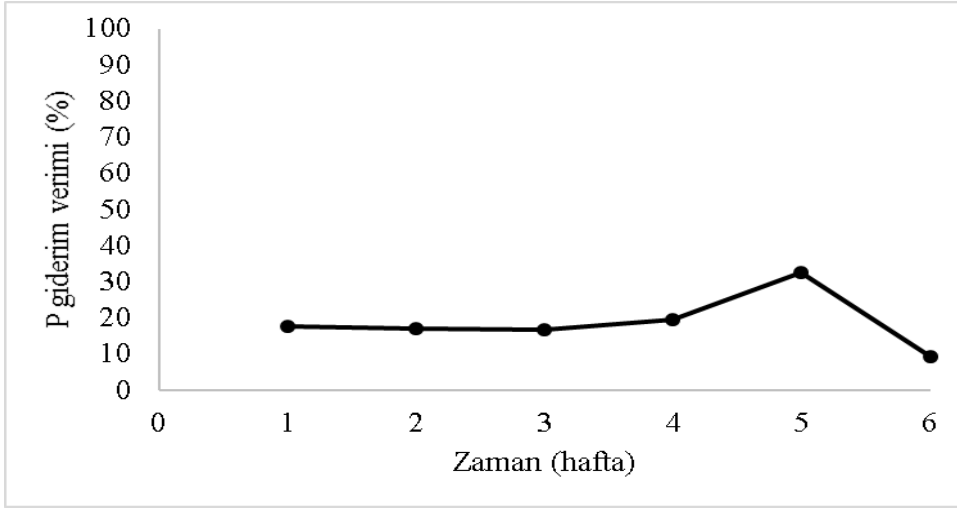
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi son çökeltme havuzunda stratejik hammaddelerden Nd için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.36’da verilmiştir.



Şekil 3.36. Son çökeltme havuzunun Nd giderim verimi

Şekil 3.36 incelendiğinde Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi son çökeltme havuzunda Nd için en yüksek giderim verimi 6. hafta %77,78 olarak, en düşük Nd giderim verimi ise 3. Hafta %60,00 olarak belirlendi. Son çökeltme havuzunun Nd giderim verimi haftalara göre çok fazla değişiklik göstermediği tespit edildi.

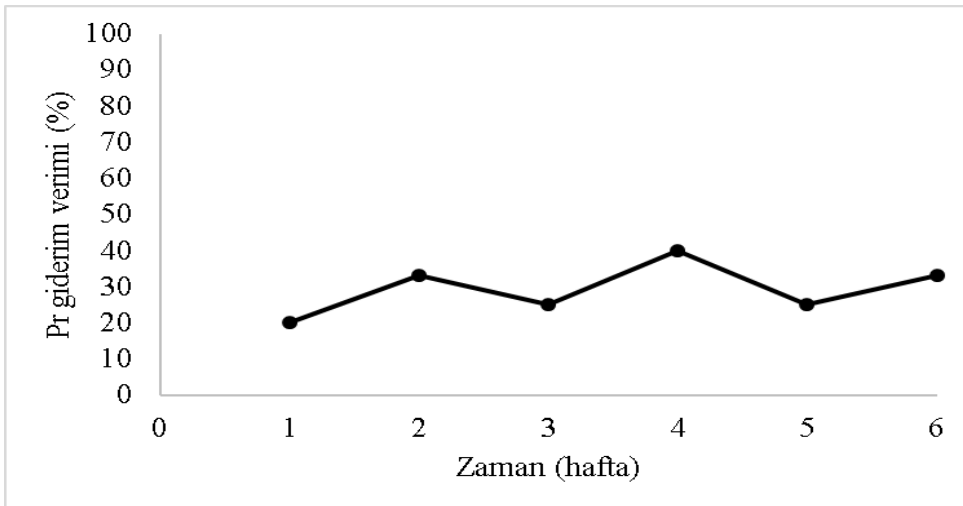
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi son çökeltme havuzunda stratejik hammaddelerden P için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.37’de verilmiştir.



Şekil 3.37. Son çökeltme havuzunun P giderim verimi

Şekil 3.37 incelendiğinde Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi son çökeltme havuzunda P için en yüksek giderim verimi 5. hafta %32,77 olarak, en düşük P giderim verimi ise 6. Hafta %9,29 olarak belirlendi. Son çökeltme havuzunun P giderim verimi haftalara göre ilk 4 hafta çok fazla değişiklik göstermediği tespit edildi.

Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi son çökeltme havuzunda stratejik hammaddelerden Pr için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.38’de verilmiştir.

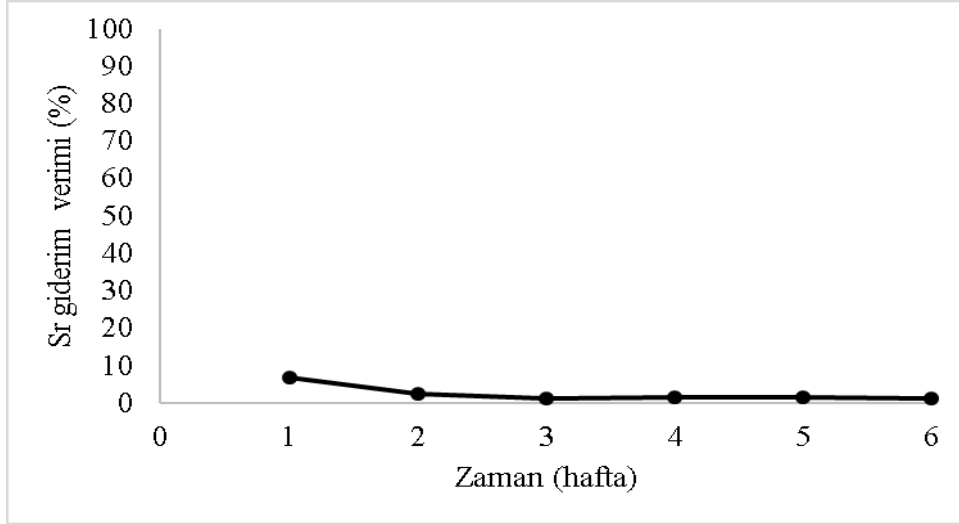


Şekil 3.38. Son çökeltme havuzunun Pr giderim verimi

Şekil 3.38 incelendiğinde Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi son çökeltme

havuzunda Pr için en yüksek giderim verimi 4. hafta %40,00 olarak, en düşük Pr giderim verimi ise 1. Hafta %20,00 olarak belirlendi. Son çökeltme havuzunun Pr giderim verimi haftalara göre değişiklik gösterdiği tespit edildi.

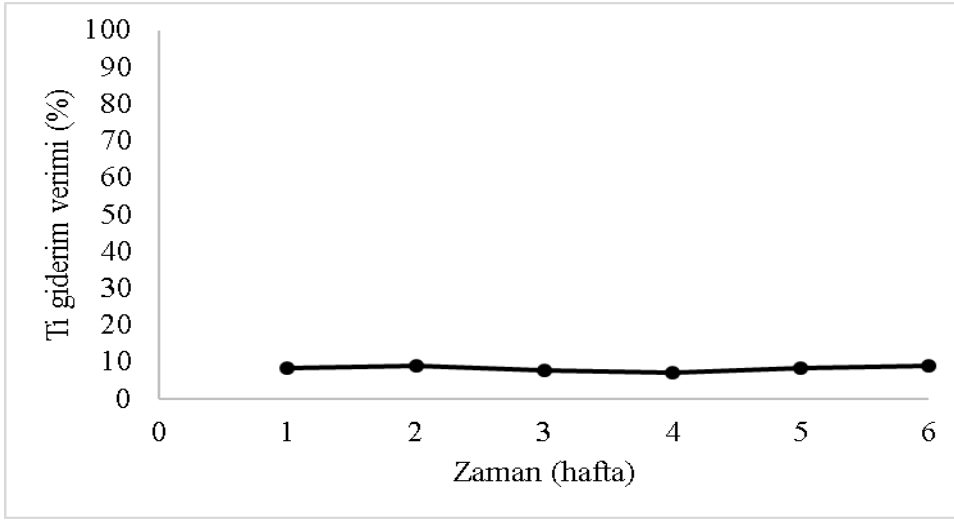
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi son çökeltme havuzunda stratejik hammaddelerden Sr için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.39’de verilmiştir.



Şekil 3.39. Son çökeltme havuzunun Sr giderim verimi

Şekil 3.39 incelendiğinde Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi son çökeltme havuzunda Sr için en yüksek giderim verimi 1. hafta %6,81 olarak, en düşük Sr giderim verimi ise 6. Hafta %1,17 olarak belirlendi. Son çökeltme havuzunun Sr giderim verimi haftalara göre çok fazla değişiklik göstermediği tespit edildi.

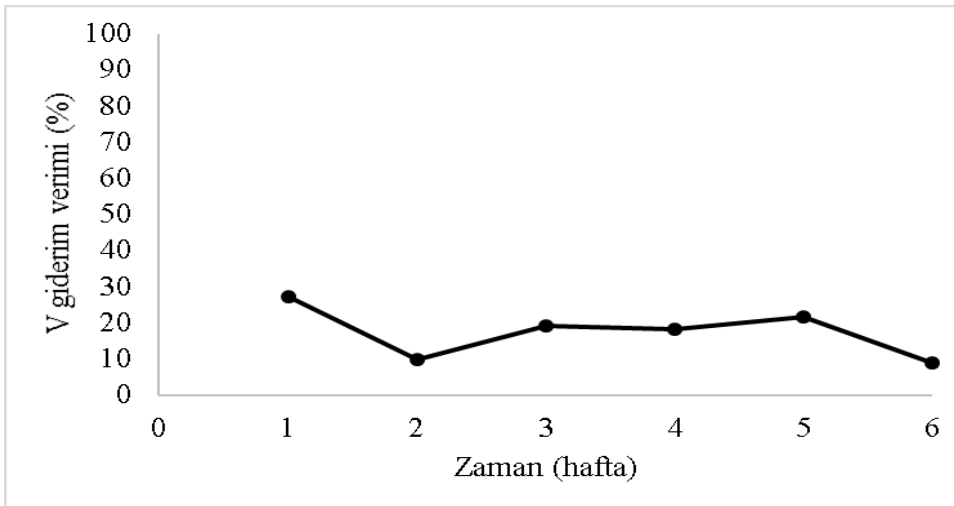
Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi son çökeltme havuzunda stratejik hammaddelerden Ti için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.40’ta verilmiştir.



Şekil 3.40. Son çökeltme havuzunun Ti giderim verimi

Şekil 3.40 incelendiğinde Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi son çökeltme havuzunda Ti için en yüksek giderim verimi 2. ve 6. Haftalar %9,09 olarak, en düşük Ti giderim verimi ise 4. Hafta %7,14 olarak belirlendi. Son çökeltme havuzunun Ti giderim verimi haftalara göre çok fazla değişiklik göstermediği tespit edildi.

Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi son çökeltme havuzunda stratejik hammaddelerden V için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.41’de verilmiştir.

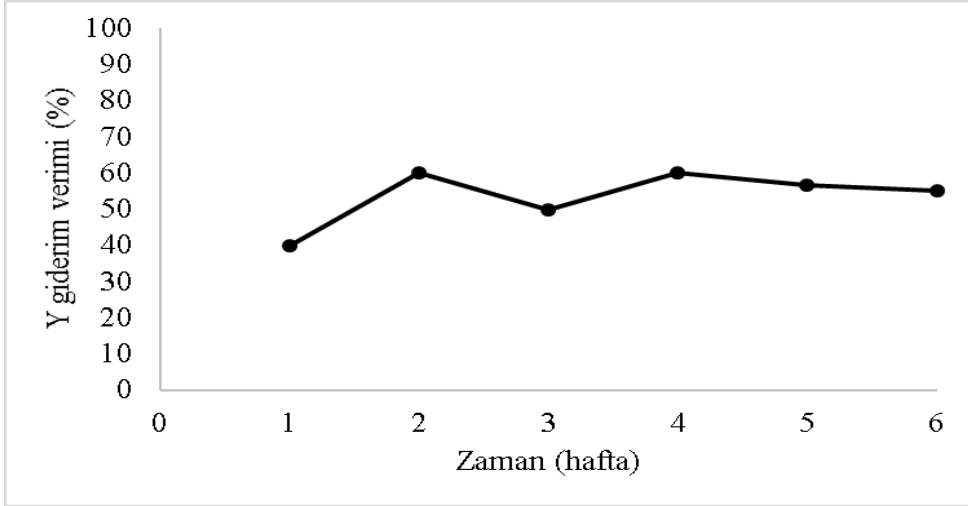


Şekil 3.41. Son çökeltme havuzunun V giderim verimi

Şekil 3.41 incelendiğinde Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi son çökeltme

havuzunda V için en yüksek giderim verimi 1. hafta %27,27 olarak, en düşük V giderim verimi ise 6. Hafta %9,09 olarak belirlendi. Son çökeltme havuzunun V giderim verimi haftalara göre değişiklik gösterdiği tespit edildi.

Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi son çökeltme havuzunda stratejik hammaddelerden Y için hesaplanan giderim verimleri Şekil 3.42’de verilmiştir.



Şekil 3.42. Son çökeltme havuzunun Y giderim verimi

Şekil 3.42 incelendiğinde Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi son çökeltme havuzunda Y için en yüksek giderim verimi 2. ve 4. Haftalar %60,00 olarak, en düşük Y giderim verimi ise 1. Hafta %40,0 olarak belirlendi. Son çökeltme havuzunun Y giderim verimi haftalara göre çok fazla değişiklik göstermediği tespit edildi.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde tespit edilen bazı stratejik hammaddelerin giderim verimleri farklı arıtma ünitelerinde değerlendirildi. Bu çerçevede, bu tez kapsamında aşağıda verilen sonuçlar elde edildi.

a- Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinin en yüksek Ba giderim verimi 3. hafta %20,58 olarak, en yüksek Bi giderim verimi 2. Hafta %64,29 olarak, en yüksek Ce giderim verimi 3. ve 5. Hafta %48,39 olarak, en yüksek Co giderim verimi 6. Hafta %29,79 olarak, en yüksek Ga giderim verimi 5. Hafta %45,45 olarak, en yüksek La giderim verimi 6. Hafta %42,11 olarak, en yüksek Li giderim verimi 6. Hafta %12,50 olarak, en yüksek Nd giderim verimi 6. Hafta %40 olarak, en yüksek P giderim verimi 6. Hafta %40,92 olarak, en yüksek Pr giderim verimi 2., 5. ve 6. Hafta %50 olarak, en yüksek Sr giderim verimi 4. Hafta %7,58 olarak, en yüksek Ti giderim verimi 2. Hafta %61,54 olarak, en yüksek V giderim verimi 6. Hafta %34,78 olarak ve en yüksek Y giderim verimi 6. Hafta %30,77 olarak belirlendi.

b- Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinin 1. haftada stratejik hammaddeler için elde edilen en yüksek giderim verimi Ti için %50 olarak hesaplandı. 1. haftada stratejik hammaddelerin giderim verimi küçükten büyüğe doğru $Li < Sr < Co < Y < Ba < Ga = Nd < V < Ce < La = Pr < P < Bi < Ti$ şeklinde sıralandı. 2. haftada stratejik hammaddeler için elde edilen en yüksek giderim verimi Bi için %64,29 olarak belirlendi. 2. haftada stratejik hammaddelerin giderim verimi küçükten büyüğe doğru $Sr < Li < Nd < Ba < Ga < V = Y < Co < La < Ce < P < Pr < Ti < Bi$ şeklinde sıralandı. 3. haftada stratejik hammaddeler için elde edilen en yüksek giderim verimi Ti için %50 olarak belirlendi. 3. Haftada stratejik hammaddelerin giderim verimi küçükten büyüğe doğru $Sr < Co < Li < Nd < Y < V < Ba < Pr < Ga < La < P < Bi < Ce < Ti$ şeklinde sıralandı. 4. Haftada stratejik hammaddeler için elde edilen en yüksek giderim verimi Bi için %50 olarak belirlendi. 4. Haftada stratejik hammaddelerin giderim verimi küçükten büyüğe doğru $Li < Sr < Co < Ga < Ba < V < Y < Nd < La < Ce < Pr < P < Ti < Bi$ şeklinde sıralandı. 5. Haftada stratejik hammaddeler için elde edilen yüksek giderim verimi Ti için %52,17 olarak belirlendi. 5. Haftada stratejik hammaddelerin giderim verimi küçükten büyüğe doğru $Sr < Li < Co < Y < Ba < V < Nd < P < La < Bi < Ga < Ce < Pr < Ti$ şeklinde sıralandı. 6. Haftada stratejik hammaddeler için elde edilen en yüksek giderim verimi Ti için %60 olarak belirlendi. 6. Haftada stratejik hammaddelerin giderim verimi küçükten büyüğe doğru

Sr<Li<Ba<Co<Y<Ga<Ce<V<Bi<Nd<P<La<Pr<Ti şeklinde sıralandı.

c- Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi oksidasyon havuzunda en yüksek Ba giderim verimi 4. hafta %19,32 olarak, en yüksek Bi giderim verimi 4. Hafta %38,1 olarak, en yüksek Ce giderim verimi 5. Hafta %59,17 olarak, en yüksek Co giderim verimi 2. Hafta %64,29 olarak, en yüksek Ga giderim verimi 1. Hafta %52,38 olarak, en yüksek La giderim verimi 1. Hafta %52,24 olarak, en yüksek Li giderim verimi 6. Hafta %10,42 olarak, en yüksek Nd giderim verimi 3. Hafta %50 olarak, en yüksek P giderim verimi 4. Hafta %61,43 olarak, en yüksek Pr giderim verimi 2. Hafta %75 olarak, en yüksek Sr giderim verimi 4. Hafta %7,59 olarak, en yüksek Ti giderim verimi 2. Hafta %62,07 olarak, en yüksek V giderim verimi 1. Hafta %56 olarak ve en yüksek Y giderim verimi 1. Hafta %58,33 olarak belirlendi.

d- Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi oksidasyon havuzunda 1. Haftada stratejik hammaddeler için elde edilen en yüksek giderim verimi Y için %58,33 olarak belirlendi. 1. Haftada stratejik hammaddelerin giderim verimi küçükten büyüğe doğru Sr<Li<Bi<Ba<Nd<Ti<Ce<La<Ga<P<Co<Pr<V<Y şeklinde sıralandı. 2. Haftada stratejik hammaddeler için elde edilen en yüksek giderim verimi Pr için %75 olarak belirlendi. 2. Haftada stratejik hammaddelerin giderim verimi küçükten büyüğe doğru Li<Sr<Ba<Bi<Nd<Y<Ga<La<Ce<V<P<Ti<Co<Pr şeklinde sıralandı. 3. Haftada stratejik hammaddeler için elde edilen en yüksek giderim verimi Pr için %60 olarak belirlendi. 3. Haftada stratejik hammaddelerin giderim verimi küçükten büyüğe doğru Sr<Li<Ba<Bi<Co<La<Ti<V<Nd<Ce<Y<Ga<P<Pr şeklinde sıralandı. 4. Haftada stratejik hammaddeler için elde edilen en yüksek giderim verimi P için %61,43 olarak belirlendi. 4. Haftada stratejik hammaddelerin giderim verimi küçükten büyüğe doğru Li<Sr<Ba<Nd<Y<Bi<Ti<Co<Ga<La<V<Pr<Ce<P şeklinde sıralandı. 5. Haftada stratejik hammaddeler için elde edilen en yüksek giderim verimi Ce için %59,17 olarak belirlendi. 5. Haftada stratejik hammaddelerin giderim verimi küçükten büyüğe doğru Li<Sr<Ba<Bi<Nd<Y<Ga<Co<La<Ti<V<Pr<P<Ce şeklinde sıralandı. 6. Haftada stratejik hammaddeler için elde edilen en yüksek giderim verimi Ti için %56 olarak belirlendi. 6. Haftada stratejik hammaddelerin giderim verimi küçükten büyüğe doğru Sr<Ba<Li<Bi<Y<Nd<Ga<Co<P<La<Ce<Pr<V<Ti şeklinde sıralandı.

e- Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi son çökeltme havuzunda en yüksek Ba giderim verimi 5. hafta %16,18 olarak, en yüksek Bi giderim verimi 2. Hafta %58,33 olarak, en yüksek Ce giderim verimi 3. Hafta %70,37 olarak, en yüksek Co giderim

verimi 2. Hafta %50 olarak, en yüksek Ga giderim verimi 5. Hafta %45,45 olarak, en yüksek La giderim verimi 3. Hafta %71,05 olarak, en yüksek Li giderim verimi 5. Hafta %12 olarak, en yüksek Nd giderim verimi 6. Hafta %77,78 olarak, en yüksek P giderim verimi 5. Hafta %32,77 olarak, en yüksek Pr giderim verimi 4. Hafta %40 olarak, en yüksek Sr giderim verimi 1. Hafta %6,81 olarak, en yüksek Ti giderim verimi 2. ve 6. Hafta %9,09 olarak, en yüksek V giderim verimi 1. Hafta %27,27 olarak ve en yüksek Y giderim verimi 2. ve 4. Hafta %60 olarak belirlendi.

f- Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi son çökeltme havuzunda 1. Haftada stratejik hammaddeler için elde edilen en yüksek giderim verimi Nd için %69,57 olarak belirlendi. 1. Haftada stratejik hammaddelerin giderim verimi küçükten büyüğe doğru $Li < Sr < Ti < Ba < P < Pr < V < Ga < Bi < Co = Y < La < Ce < Nd$ şeklinde sıralandı. 2. Haftada stratejik hammaddeler için elde edilen en yüksek giderim verimi Ce için %67,21 olarak belirlendi. 2. Haftada stratejik hammaddelerin giderim verimi küçükten büyüğe doğru $Sr < Li < Ti < Ba < V < P < Ga < Pr < Co < Bi < Y < La < Nd < Ce$ şeklinde sıralandı. 3. Haftada stratejik hammaddeler için elde edilen en yüksek giderim verimi La için %71,05 olarak belirlendi. 3. Haftada stratejik hammaddelerin giderim verimi küçükten büyüğe doğru $Sr < Li < Ti < Ba < P < V < Ga < Pr < Co = Bi < Y < Nd < Ce < La$ şeklinde sıralandı. 4. Haftada stratejik hammaddeler için elde edilen en yüksek giderim verimi Nd için %68,18 olarak belirlendi. 4. Haftada stratejik hammaddelerin giderim verimi küçükten büyüğe doğru $Sr < Li < Ti < Ba < V < P < Co < Ga < Bi < Pr < La < Y < Ce < Nd$ şeklinde sıralandı. 5. Haftada stratejik hammaddeler için elde edilen en yüksek giderim verimi Nd için %69,57 olarak belirlendi. 5. Haftada stratejik hammaddelerin giderim verimi küçükten büyüğe doğru $Sr < Ti < Li < Ba < V < Pr < Co < P < Bi < Ga < Y < La < Ce < Nd$ şeklinde sıralandı. 6. Haftada stratejik hammaddeler için elde edilen en yüksek giderim verimi Nd için %77,78 olarak belirlendi. 6. Haftada stratejik hammaddelerin giderim verimi küçükten büyüğe doğru $Sr < Li < T = V < P < Ba < Bi < Ga < Pr = Co < Y < Ce < La < Nd$ şeklinde sıralandı.

Sonuç olarak, Tunceli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinin bazı stratejik hammaddelerin gideriminde etkili olduğu belirlendi. Çalışma sonucundan elde edilen verilere göre stratejik hammaddelerin sürekli izlenmesi gerektiği ifade edilebilir. Ayrıca, farklı arıtma yöntemleri ile stratejik hammaddelerin gideriminin hangi düzeyde olacağı araştırılmalıdır.

5. KAYNAKLAR

- An, J.W., Kang, D.J., Tran, K.T., Kim, M.J., Lim, T., Tran, T.,** 2012. Recovery of lithium from Uyuni Salar brine, *Hydrometallurgy*, 117–118:64-70.
- Angela, L., B., Sungpyo, K., Diana, S., A.,** 2007. Comparison of the occurrence of antibiotics in four full-scale wastewater treatment plants with varying designs and operations. *ScienceDirect*, 68:428-435.
- Bauer, H., Fuerhacker, M., Zibuschka, F., Schmid, H., Puxbaum, H.,** 2002. Bacteria and fungi in aerosols generated by two different types of wastewater treatment plants.
- Chen, S., Gao, D., Yu, X., Guo, Y., Deng, T.,** 2018. Thermokinetics of lithium extraction with the novel extraction systems (tri-isobutyl phosphate + ionic liquid + kerosene), *J. Chem. Thermodyn.*, 123:79-85.
- Chen, Z., Zhang, L., Xu, Z.,** 2020. Analysis of cobalt flows in mainland China: Exploring the potential opportunities for improving resource efficiency and supply security, *Journal of Cleaner Production*, 275:122841.
- Clara, M., Kreuzinger, N., Strenn, B., Gans, O., Kroiss, H.,** 2005. The solids retention time—a suitable design parameter to evaluate the capacity of wastewater treatment plants to remove micropollutants. *Water Research*, 39:97-106.
- Curtis, T., P., Sloan, W., T.,** 2006. Towards the design of diversity: stochastic models for community assembly in wastewater treatment plants. *Water Science and Technology*, 54.1:227-236.
- Çelebi, E.E., Öncel, M.S., Kobya, M., Bayramoğlu, M.,** 2019. Extraction of lithium from wastewaters using a synergistic solvent extraction system consisting of Mextral EOL and Cyanex 923, *Hydrometallurgy*, 185:46-54.
- David, H.,** 2006. Water Treatment Unit Processes Physical and Chemical.
- Ecclestone, C.,** 2010. *Rare Earths—All Hot & Bothered*, Hallgarten & Company, New York.
- Eran, F., Ehud, P.,** 2006. Effects of design flow and treatment level on construction and operation costs of municipal wastewater treatment plants and their implications on policymaking. *ScienceDirect*, 40:3751-3758.
- Fang, D., Zhang, X., Dong, M., Xue, X.,** 2017. A novel method to remove chromium, vanadium and ammonium from vanadium industrial wastewater using a byproduct of magnesium-based wet flue gas desulfurization, *Journal of Hazardous Materials*, 336:8-20.
- Fang, H., Li, H., Xie, B.,** 2012. Effective chromium extraction from chromium containing vanadium slag by sodium roasting and water leaching, *ISIJ Int.*, 52:1958-1965

- Giusy, L.**, 2010. Wastewater management through the ages: A history of mankind.
- Guangming, Z., Panyue, Z., Jinmei, Y., Yanming, C.**, 2007. Ultrasonic reduction of excess sludge from the activated sludge system. *ScienceDirect*, 145:515-519.
- Harper, E., M., Kavlak, G., Graedel, T., E.**, 2012. Tracking the metal of the goblins: cobalt's cycle of use, *Environ. Sci. Technol.*, 46:1079-1086.
- Jeffrey, P., H., P., Karel, F., Kareni L., Frank, V., Pascal, V., D., V., Gijs, D., L.**, 2019. Progress in hydrometallurgical Technologies to recover critical raw materials and precious metals from low-concentrated streams. *ScienceDirect*, 142:177-188.
- Jiao, G., J., Ma, J., Li, Y., Jin, D., Guo, Y., Zhou, J., Sun, R.**, 2021. Enhanced adsorption activity for phosphate removal by functional lignin-derived carbon-based adsorbent: optimization, performance and evaluation, *Sci. Total Environ.*, 761:143217.
- Jin, B., Niu, J., Liu, Y., A., Zhao, J., Yin, Z.**, 2020. Effects of polycyclic aromatic hydrocarbons on sludge performance for denitrification and phosphorus removal, *Chem. Eng. J.*, 397:125552.
- Kearns, J., Turner, A.**, 2016. An evaluation of the toxicity and bioaccumulation of bismuth in the coastal environment using three species of macroalgae, *Environmental Pollution*, 208:435-441.
- Kowalski, M., Wolany, J., Pastuszka, J., S., Plaza, G., Wlazlo, A., Ulfig, K., Malina, A.**, 2017. Characteristics of airborne bacteria and fungi in some Polish wastewater treatment plants. *Springerlink.com*. ??
- Kreuzinger, N., Clara, M., Strenn, B., Kroiss, H.**, 2004. Relevance of the sludge retention time (SRT) as design criteria for wastewater treatment plants for the removal of endocrine disruptors and pharmaceuticals from wastewater. *Water Science*, 50.5:149-156.
- Lee, D., S., Edmond, J., M., Bruland, K., W.**, 1986. Bismuth in the Atlantic and North Pacific: a natural analogue to plutonium and lead?, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 76:254-262.
- Li, H., Li, C., Zhang, M., Wang, K., B.** 2016. Xie, Removal of V(V) from aqueous Cr(VI)-bearing solution using anion exchange resin: equilibrium and kinetics in batch studies, *Hydrometallurgy*, 165:381-389
- Li, H., Zhong, Y., Huang, H., Tan, Z., Sun, Y., Liu H.**, 2020. Simultaneous nitrogen and phosphorus removal by interactions between phosphate accumulating organisms (PAOs) and denitrifying phosphate accumulating organisms (DPAOs) in a sequencing batch reactor, *Sci. Total Environ.*, 744:140852.

- Li, X., Xie, Y., Jiang, F., Wang, B., Hu, Q., Tang, Y., Luo, T., Wu, T., 2020.** Enhanced phosphate removal from aqueous solution using resourceable nano-CaO₂/BC composite: behaviors and mechanisms, *Science Total Environment*, 709:136123
- Liao, M., Liu, Y., Tian, E., Ma, W., Liu, H., 2019.** Phosphorous removal and high-purity struvite recovery from hydrolyzed urine with spontaneous electricity production in mg-air fuel cell, *Chem. Eng. J.*, 391:123517
- Liu, J., Deng, S., Qiu, B., Shang, Y., Tian, J., Bashir, A., Cheng, X., 2019.** Comparison of pretreatment methods for phosphorus release from waste activated sludge, *Chem. Eng. J.*, 368:754-763.
- Liu, Y., P., Hou, S., G., Hong, S., Do Hur, S., Lee, K., Wang, Y., T., 2011.** High-resolution trace element records of an ice core from eastern Tien Shan, central Asia, since 1953 AD, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 116:12307.
- Mahmoud, M.E., Ibrahim, G.A.A., Abdelwahab, M.S., 2021.** Manganese dioxide nanoparticles decorated with chitosan for effective removal of lead and lanthanum ions from water by microwave sorption technique, *Materials Science and Engineering*: B18, 267, 115091.
- Maria, L., G., Tiziano, B., Enst, G., Antonio, R., Pavel, N., Sebastian, B., Radu, R., P., Maria, L., R., 2017.** Solutions for critical raw materials under extreme conditions: a review. *Materials*, 10:1-23.
- Massari, S., Ruberti, M., 2013.** Rare earth elements as critical raw materials: focus on international markets and future strategies, *Resour. Policy*, 38:36-43.
- Maya, B., Allison, B., Osnat, G., Amit, G., 2006.** Quantification and risks associated with bacterial aerosols near domestic greywater-treatment system. *Science of the Total Environment*, 562:344-352.
- Mogens Henze, Mark CM van Loosdrecht, George A Ekama, Damir Brdjanovic, 2008.** Biological Wastewater Treatment: Principles, Modeling and Design.
- Moskalyk, R., R., Alfantazi, A., M., 2003.** Processing of vanadium: a review, *Miner. Eng.*, 16:793-805
- Osipoval. N., A., Zhornyak, V., Yazikov, E., G., Syskina, A., A., 2014.** Ecological Dangers of Chemical Contamination of Urban Areas Soils: Case study of Tomsk, *Procedia Chemistry*, 10:508-512.
- Pranolo, Y., Zhu, Z., Cheng, C., Y., 2015.** Separation of lithium from sodium in chloride solutions using SSX systems with LIX 54 and Cyanex 923, *Hydrometallurgy*, 154:33-39.

- Rashid, S., S., Liu, Y., Q., Zhang, C.,** 2020. Upgrading a large and centralised municipal wastewater treatment plant with sequencing batch reactor technology for integrated nutrient removal and phosphorus recovery: environmental and economic life cycle performance, *Science Total Environment*, 749:141465
- Sayiter, Y., Osman, Ö., N., Mehmet, Ç.,** 2013. Atıksu arıtma teknolojilerindeki tarihsel gelişimler. *Selçuk Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1:55-67.
- Shan, L., Guang-Guo, Y., Jian-Liang, Z., Li-Jun, Z., Bin, Y., Zhi-Feng, C., Hua-Jie, L.,** 2021. Occurrence and fate of androgens, estrogens, glucocorticoids and progestagens in two different types of municipal wastewater treatment plants. *Journal of Environmental Monitoring*, 14:482-491.
- Shepherd, J., G., Sohi, S., P., Heal, K., V.,** 2016. Optimising the recovery and re-use of phosphorus from wastewater effluent for sustainable fertiliser development, *Water Research*, 94:155-165
- Shrivastava Kamlesh, Sushama, Bhuneshwari, Kurrey Ramsingh, Kumar Tarun,** 2019. Silver nanoparticles for selective detection of phosphorus pesticide containing p-conjugated pyrimidine nitrogen and sulfur moieties through non-covalent interactions, *J. Mol. Liq.*, 275:297-303
- Song, H., Shin, W.-J., Ryu, J.-S., Shin, H.S., Chung, H., Lee, K.-S.,** 2017. Anthropogenic rare earth elements and their spatial distributions in the Han River, South Korea, *Chemosphere*, 172:155-165.
- Sun, S., Han, J., Hu, M., Gao, M., Qiu, Q., Zhang, S., Qiu, L., Ma, J.,** 2021, Removal of phosphorus from wastewater by *Diutina rugosa* BL3: Efficiency and pathway, *Science of The Total Environment*, 801:149751.
- Swain, B.,** 2016. Separation and purification of lithium by solvent extraction and supported liquid membrane, analysis of their mechanism: a review, *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 91:2549-2562.
- Tom, H., Nico B., Synthia, M., Markus, L.,** 2013. Biotechnologies for critical raw material recovery from primary and secondary sources: R&D priorities and future perspectives. *New Biotechnology*,
- URL-1,** 2021. <https://www.cevreportal.com/fiziksel-aritma/> Fiziksel arıtma, 04. Aralık 2021.
- URL-2,** 2021. <https://www.thomasnet.com/articles/chemicals/wastewater-chemical-treatment/> Wastewater chemical treatment processes, 4 Aralık 2021.
- URL-3,** 2021. <https://www.artemisaritim.com/biyolojik-aritmanin-temelleri> Biyolojik arıtmanın temelleri, 04 Aralık 2021.
- URL-4,** 2021. http://www.hasanege.com/download/hasanege_atiksuaritimiesaslari.pdf Atıksu Arıtımının Esasları, 04 Aralık 2021.

- URL-5,** 2021. <https://evrimagaci.org/yazi-dizisi/peri-yodik-cetvel-ve-elementler-48> Periyodik cetvel ve elementler,04 Aralık 2021.
- URL-6,** 2021. <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/atiksu-aritma-tesisi-ile-hizmet-verilen-belediyeler-i-85746> Atıksu arıtma tesisi ile hizmet verilen belediyeler, 2018.
- USGS,** 2016. *U.S. Geological Survey, Minerals Yearbook (For Cobalt)*, Washington, DC.
- van Dam, J.W., Trenfield, M.A., Stereten, C., Harford, A.J., Parry, D., van Dam, R.A.,** 2018. Assessing chronic toxicity of aluminium, gallium and molybdenum in tropical marine waters using a novel bioassay for larvae of the hermit crab *Coenobita variabilis*, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 165:349-356.
- Wei, Q., Yifei, S., Wei W.,** 2012. Treatment of 14 sludge types from wastewater treatment plants using bench and pilot thermal hydrolysis. *Water Science and Technology*, 66.4:895-902.
- Xu, D., Wang, Z., Nie, F., Zou, S., Deng, T., Li, Z.,** 2019. Cobalt resources in China: current research status and key scientific issues, *Bull. Natl. Nat. Sci. Found. China*, 2:125-132.
- Yu, L.,** 2003. Chemically reduced excess sludge production in the activated sludge process. *Chemosphere*, 50:1-7.
- Yuangiao, Z., Jing, M., Meng, Z., Shuqin, C., Bo, H., Hui, Z., Qifeng, L., Sheng, Z., Tieyu, W.,** 2019. Which type of pollutants need to be controlled with priority in wastewater treatment plants: Traditional or emerging pollutants?. *Environment International*, 131:1-13.
- Zeng, L., Cheng, C.,** 2009. A literature review of the recovery of molybdenum and vanadium from spent hydrodesulphurisation catalysts Part I: Metallurgical processes, *Hydrometallurgy*, 98:1-9
- Zhang, L., Li, L., Shi, D., Li, J., Peng, X., Nie, F.,** 2017. Selective extraction of lithium from alkaline brine using HBTA-TOPO synergistic extraction system, *Sep. Purif. Technol.*, 188:167-173.
- Zhang, L., Li, L., Shi, D., Peng, X., Song, F., Nie, F., Han, W.,** 2018. Recovery of lithium from alkaline brine by solvent extraction with β -diketone, *Hydrometallurgy*, 175:35-42
- Zhang, M., Pan, L., Su, C., Liu, L., Dou, L.,** 2021. Simultaneous aerobic removal of phosphorus and nitrogen by a novel salt-tolerant phosphate-accumulating organism and the application potential in treatment of domestic sewage and aquaculture sewage, *Science Total Environment*, 758:143580
- Zhang, X., Liu, F., Xue, X., Jiang, T.,** 2016. Effects of microwave and conventional blank roasting on oxidation behavior, microstructure and surface morphology of vanadium slag with high chromium content, *J. Alloy. Compd.*, 686:356-365

- Zhang, Y., Bao, S., Liu, T., Chen, T., Huang, J.,** 2011. The technology of extracting vanadium from stone coal in China: history, current status and future prospects, *Hydrometallurgy*, 109:116-124.
- Zhao, L., Duan, X., Azhar, M.R., Sun, H., Fang, X., Wang, S.,** 2020. Selective adsorption of rare earth ions from aqueous solution on metal-organic framework HKUST-1, *Chemical Engineering Journal Advances*, 1, 100009.
- Zhou, Q., Yang, H., Yan, C., Luo, W., Li, X., Zhao, J.,** 2016. Synthesis of carboxylic acid functionalized diatomite with a micro-villous surface via UV-induced graft polymerization and its adsorption properties for Lanthanum(III) ions, *Colloids and Surfaces*.

