



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



KATI ATIK SIZINTI SULARININ ATIKSU
ARITMA TESİSLERİNE ETKİSİ

Mehmet Zahid BÜYÜKCAM

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Şubat-2022
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KATI ATIK SIZINTI SULARININ ATIKSU ARITMA TESİSLERİNE ETKİSİ

Mehmet Zahid BÜYÜKCAM

**Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Fatma BEDÜK

2022, 71 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Senar AYDIN

Doç. Dr. Muhammed Kamil ÖDEN

Doç. Dr. Fatma BEDÜK

Su kirliliği dünyayı ve ülkemizi tehdit eden en büyük çevre sorunlarından biridir. Bu kirlilik temel olarak evsel ve endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanmaktadır. Bu çalışma, su kirliliğine yol açan faktörlerden biri olan sızıntı suyunun yönetimi üzerine yapılmıştır. Sızıntı suyu, evsel ve endüstriyel faaliyetler sonucu oluşan katı atıkların depolama ve transfer sahalarında ayrışması veya işlenmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Sızıntı suyu, çözünmüş ve askıda kalan bileşenleri uygun şekilde giderilmezse yüzey ve yeraltı sularının kirlenmesine yol açmaktadır. Sızıntı sularının arıtımı, yüksek kirlilik yükleri nedeniyle, maliyetli ve zordur. Dünyanın birçok ülkesinde katı atık sızıntı sularının kentsel atıksu arıtma tesislerinde atıksu ile birlikte başarılı olarak arıtıldığı raporlanmıştır.

Bu çalışmada, Konya ilinde sızıntı suyu oluşan Kaşınhanı Katı Atık Depolama Sahası ve Aslım Katı Atık Transfer İstasyonu sızıntı suları değerlendirilmiştir. İncelenen katı atık deponi sahalarında oluşan sızıntı suları orta yaşlı ve genç sızıntı suyu özelliği taşımaktadır. Orta ve kuvvetli kirlilik yüküne sahip olan bu sızıntı sularının, Konya Kentsel AAT'de evsel atıksu ile birlikte arıtılması senaryosu değerlendirilmiştir.

Sızıntı sularında pH, Eİ, KOİ, BOİ, AKM, TP, NH₃-N, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni ve Zn parametreleri incelenmiştir. Sızıntı sularının Konya Kentsel AAT'ye verilmesi durumundan tesiste oluşabilecek hacimsel yük ve kirlilik yükleri hesaplanmıştır. Kaşınhanı Katı Atık Deponi Sahası ve Aslım Katı Atık Transfer İstasyonunda oluşan sızıntı sularının hacimleri sırasıyla 180 m³/gün ve 9,6 m³/gün'dür. Kaşınhanı Katı Atık Deponi Sahası sızıntı suyu, 200 000 m³/gün olan Konya AAT debisinin %0,09'u, Aslım Katı Atık Transfer İstasyonu sızıntı suyu ise Konya AAT debisinin %0,005'i kadardır. Hacimsel yükü oldukça düşük olan sızıntı sularının Konya AAT üzerinde oluşturabileceği kirlilik yükü, mevcut kirlilik yükünün %1'ine ulaşmamaktadır. Sızıntı sularında biyolojik ayrışabilirliğin göstergesi olan BOİ/KOİ oranı incelendiğinde Kaşınhanı Katı Atık Deponi Sahası sızıntı suyu için 0,31 iken Aslım Katı Atık Transfer İstasyonu sızıntı suyu için 0,54 olarak hesaplanmıştır. Transfer İstasyonu sızıntı suyu BOİ/KOİ oranı Konya AAT giriş atıksu için hesaplanan BOİ/KOİ oranı olan 0,6 değerine oldukça yakındır. Buna karşılık kısmi nutrient giderimi yapılan Konya AAT'de sızıntı suyu kaynaklı NH₃-N ve PO₄³⁻-P'un çıkış suyu kalitesini etkileyebileceği değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmalar sızıntı suyu hacminin, AAT atıksu hacmine oranının %4 seviyesinde olması durumunda birlikte arıtma başarısının sağlanabildiğini ortaya koymaktadır. Birlikte arıtmada kritik olan husus kentsel AAT'nin tasarım yükünün üzerine çıkılmamasıdır. Tasarım yükünün altında olan ve mevcut arıtma verimi yüksek olan kentsel AAT'lerde sızıntı sularının birlikte arıtımı ekonomik bir alternatif olarak değerlendirilebilir.

Anahtar Kelimeler: Birlikte arıtım, katı atık deponi, kentsel atıksu arıtma tesisi, sızıntı suyu yönetimi, sızıntı suyu.

ABSTRACT**MS THESIS****THE EFFECT OF LEACHATE ON WASTEWATER TREATMENT PLANTS****Mehmet Zahid BÜYÜKCAM**

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN ENVIROMENTAL ENGINEERING**

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Fatma BEDÜK**2022, 71 Pages****Jury****Prof. Dr. Senar AYDIN****Assoc. Prof. Dr. Muhammed Kamil ÖDEN****Assoc. Prof. Dr. Fatma BEDÜK**

Water pollution is one of the biggest environmental problems threatening the world, and our country. This pollution is mainly caused by domestic and industrial activities. This study was carried out on the management of leachate, which is one of the factors that cause water pollution. Leachate occurs as a result of the decomposition or processing of solid wastes generated as a result of domestic and industrial activities in storage and transfer areas. If the dissolved and suspended components of the leachate are not removed properly, it leads to the contamination of surface and groundwater. Treatment of leachate is costly and difficult due to high pollution loads. It has been reported that in many countries of the world, solid waste leachate is successfully treated together with wastewater in urban WWTPs.

In this study, the leachate of Kaşınhanı Solid Waste Landfill and Aslım Solid Waste Transfer Station, which has leachate in Konya, was evaluated. The leachate generated in the investigated solid waste landfill sites has the characteristics of middle-aged and young leachate. The scenario of treating these leachate, which has medium and strong pollution load, together with domestic wastewater at Konya Urban Wastewater Treatment Plant (WWTP), has been evaluated.

pH, EC, COD, BOD, AKM, TP, NH₃-N, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni and Zn were examined in leachate. The volumetric load and pollution loads that may occur in the facility from the case of giving the leachate to the Konya Urban WWTP were calculated. The volumes of leachate generated at Kaşınhanı Solid Waste Landfill Site and Aslım Solid Waste Transfer Station are 180 m³/day and 9.6 m³/day, respectively. The leachate of Kaşınhanı Solid Waste Landfill Site is 0.09% of the 200 000 m³/day Konya WWTP flow, and the Aslım Solid Waste Transfer Station leachate is 0.005% of the Konya WWTP flow. The pollution load created by the leachate, which has a very low volumetric load, on Konya WWTP does not reach 1% of the current pollution load. When the BOD/COD ratio, which is the indicator of biodegradability in leachate, is examined, it is calculated as 0.31 for Kaşınhanı Solid Waste Landfill Site leachate, and 0.54 for Aslım Solid Waste Transfer Station leachate. The BOD/COD ratio of the Transfer Station leachate is very close to 0.6, which is the BOD/COD ratio calculated for Konya WWTP inlet wastewater. On the other hand, it has been evaluated that NH₃-N and PO₄³⁻-P from leachate may affect the effluent quality in Konya WWTP, where partial nutrient removal is performed. Studies show that if the ratio of leachate volume to WWTP wastewater volume is at the level of 4%, co-treatment success can be achieved. The critical issue in co-treatment is not to exceed the design load of the urban WWTP. Co-treatment of leachate can be considered as an economical alternative in urban WWTPs that are under the design load and have high current treatment efficiency.

Keywords: Leachate, leachate management, solid waste, landfill, urban wastewater treatment plant, co-treatment.

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın her aşamasında öneri ve desteğini esirgemeyen Necmettin Erbakan Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Öğretim Üyesi Danışmanım Doç. Dr. Fatma BEDÜK'e çok teşekkür ederim.

Görüş ve bilgisinden yararlandığım Necmettin Erbakan Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Senar AYDIN'a saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam süresince bana destek olan, beni yetiştirip bugünlere getiren babam Celaleddin BÜYÜKCAM'a ve annem Figen BÜYÜKCAM'a ayrıca her aşamada desteğini esirgemeyen kardeşlerim Sümeyye BÜYÜKCAM'a ve Rumeysa BÜYÜKCAM'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mehmet Zahid BÜYÜKCAM
KONYA-2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET	1
ABSTRACT.....	2
ÖNSÖZ	3
İÇİNDEKİLER	4
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	6
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	7
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	8
1. GİRİŞ.....	10
1.1. Tezin Amacı.....	10
1.2. Tezin Önemi	10
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	12
2.1. Sızıntı Suları Hakkında Genel Bilgi	12
2.2. Sızıntı Sularının Alıcı Ortamlara Etkisi.....	12
2.3. Sızıntı Suyu Karakterizasyonu.....	14
2.4. Sızıntı Suyu Arıtma Alternatifleri.....	17
2.4.1. Biyolojik Yöntemler	17
2.4.2. Fiziksel ve Kimyasal Yöntemler.....	18
2.4.3. Membran Prosesleri	21
2.5. Sızıntı Suyu Yaşı ve Arıtma Performansına Etkisi.....	22
2.6. Sızıntı Suyu Arıtma Tesisleri.....	25
2.6.1. İstanbul Odayeri Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi	25
2.6.2. İstanbul Kömürcüoda Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi	26
2.6.3. Bursa Hamitler Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi	27
2.6.4. Marmaris Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi	27
2.6.5. Çanakkale Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi	28
2.6.6. Erzurum Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi	29
2.6.7. Trabzon Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi.....	29
2.6.8. Aydın Didim Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi.....	30
2.7. Sızıntı Suyunun Mevzuattaki Yeri.....	31
2.7.1. Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik	31
2.7.2. Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği.....	31
2.7.3. Maden Atıkları Yönetmeliği	31
2.7.4. Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik.....	32
2.7.5. Atık Yönetim Yönetmeliği	32
2.7.6. Erzurum Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Atıksuların Kanalizasyona Deşarj Yönetmeliği.....	33
2.7.7. İçme Suyu Havzaları Koruma Yönetmeliği.....	33

2.7.8. KOSKİ Genel Müdürlüğü Atıksuların Kanalizasyon Şebekesine Deşarj Yönetmeliği.....	33
2.8. Konya Katı Atık Yönetimi.....	34
2.8.1. Konya Katı Atık Sahası ve Bertaraf Tesisleri.....	34
2.8.2. Atık Miktarları	37
2.8.3. Konya İli Katı Atık Deponi Sahalarında Enerji Üretimi	38
2.8.4. Konya İlinde Katı Atık Sızıntı Suyu Yönetimi.....	41
2.8.5. Konya Katı Atık Karakterizasyonu.....	45
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	46
3.1. İncelenen Katı Atık Tesislerinde Sızıntı Suyu Debileri.....	47
3.2. Konya Kentsel AAT Debi ve Karakterizasyonu.....	47
3.3. Kirlilik Yükü Hesaplamaları.....	48
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	49
4.1. Kaşınhanı Katı Atık Depolama Tesisi Sızıntı Suyu Karakterizasyonunun Değerlendirilmesi.....	49
4.2. Aslım Katı Atık Transfer İstasyonu Sızıntı Suyu Karakterizasyonunun Değerlendirilmesi.....	50
4.3. Sızıntı Sularının Konya Kentsel AAT'ye Kirlilik Yükü	53
4.4. Sızıntı Sularının Konya Kentsel AAT'de Arıtılması Senaryosunun Değerlendirilmesi.....	55
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	60
6. KAYNAKLAR	62

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Sızıntı Suyu Karakterizasyonu.....	16
Çizelge 2.2. İleri Oksidasyon Yöntemleri.....	20
Çizelge 2.3. Konya İli Katı Atık Miktarları	37
Çizelge 2.4. Kaşınhanı Katı Atık Düzenli Depolama Sahası Sızıntı Suyu Tahmini Sonuçları	42
Çizelge 2.5. Aslım Katı Atık Transfer İstasyonu Sızıntı Suyu Analiz Sonuçları	42
Çizelge 2.6. Konya Belediyesi Katı Atık Bileşenleri.....	45
Çizelge 3.1. Kaşınhanı Katı Atık Depolama Sahası ve Aslım Transfer İstasyonu Sızıntı Suyu Karakteristikleri	46
Çizelge 3.2. Konya AAT, Atıksu Giriş Parametreleri	48
Çizelge 4.1. Kaşınhanı Katı Atık Depolama Tesisi Sızıntı Suyu Tahmini Sonuçları ve Tipik Orta Yaşlı Sızıntı Suyu Karakteristiği.....	50
Çizelge 4.2. Aslım Katı Atık Transfer İstasyonu Sızıntı Suyu Analiz Sonuçları ve Tipik Genç Sızıntı Suyu Karakteristiği.....	51
Çizelge 4.3. Kaşınhanı Katı Atık Deponi Sahası, Aslım Katı Atık Transfer İstasyonu ve Konya Kentsel AAT Kirlilik Yükleri.....	54
Çizelge 4.4. Kaşınhanı Katı Atık Deponi Sahası ve Aslım Katı Atık Transfer İstasyonu sızıntı sularının Konya Kentsel AAT'ye verilmesi durumunda Konya Kentsel AAT'de oluşan Kirlilik Yükleri	54

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Odayeri Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi akım şeması	26
Şekil 2.2. Kömürcüoda Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi akım şeması	26
Şekil 2.3. Bursa Hamitler Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi akım şeması	27
Şekil 2.4. Marmaris Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi akım şeması	28
Şekil 2.5. Çanakkale Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi akım şeması	28
Şekil 2.6. Erzurum Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi akım şeması	29
Şekil 2.7. Trabzon Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi akım şeması	30
Şekil 2.8. Didim Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi akım şeması	30
Şekil 2.9. Kaşınhanı Katı Atık Depolama Sahası	34
Şekil 2.10. Kaşınhanı Katı Atık Depolama Sahası	34
Şekil 2.11. Kaşınhanı Katı Atık Depolama Sahası	35
Şekil 2.12. Aslım Katı Atık Transfer İstasyonu	35
Şekil 2.13. Aslım Katı Atık Transfer İstasyonu	36
Şekil 2.14. Akşehir Katı Atık Düzenli Depolama Sahası	36
Şekil 2.15. Cihanbeyli Katı Atık Depolama Tesisi	37
Şekil 2.16. Konya İli'nde Atık Miktarının Yıllara Göre Değişimi	38
Şekil 2.17. Aslım Metan Gazından Elektrik Enerjisi Üretim Tesisi	39
Şekil 2.18. Akşehir Metan Gazından Elektrik Enerjisi Üretim Tesisi	40
Şekil 2.19. Kaşınhanı Metan Gazından Elektrik Enerjisi Üretim Tesisi	40
Şekil 2.20. Sızıntı Suyu Toplama Havuzu	41
Şekil 2.21. Sızıntı Suyunun Keçili Kanalı'na verildiği bölge	41
Şekil 2.22. Konya Katı Atık Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi	43
Şekil 3.1. Konya Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi	47

SİMGELER VE KISALTMALAR

A^2/O	: Aktif Çamur Prosesi
As	: Arsenik
C	: Karbon
C	: Konsantrasyon
C/N	: Karbon/Azot
CaO	: Kalsiyum Oksit
Cd	: Kadmiyum
CH ₄	: Metan
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
Eİ	: İletkenlik
Fe	: Demir
FeCl ₃	: Demir(III) Klorür
g/L	: Gram/Litre
H ₂ O ₂	: Hidrojen Peroksit
Hg	: Civa
L	: Kirlilik Yüğü
Mn	: Mangan
mg/kg	: miligram/kilogram
mg/gr	: miligram/gram
mg/L	: miligram/litre
µg/kg	: mikrogram/kilogram
µs/cm	: mikro Siemens / santimetre
N	: Azot
Ni	: Nikel
NH ₃ N	: Amonyak Azotu
NH ₄ ⁺ N	: Amonyum
NO _x	: Azot Oksit
O ₃	: Ozon
OH ⁻	: Hidroksil
P	: Fosfor
Pb	: Kurşun

pH	: Potansiyel Hidrojen
PO_4^{-3}	: Fosfat
ppb	: Milyarda bir
ppm	: Milyonda bir
Q	: Debi
Zn	: Çinko
%	: Yüzde

Kısaltmalar

AAT	: Atıksu Arıtma Tesisi
AKM	: Askıda Katı Madde
ANAMMOX	: Anaerobik Amonyum Oksidasyonu
AOH	: Adsorblanabilir Organik Halojenler
BOİ	: Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
ÇO	: Çözünmüş Oksijen
ÇOA	: Çözünmüş Organik Azot
ÇŞB	: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
Eİ	: Elektriksel İletkenlik
EPA	: Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
KBB	: Konya Büyükşehir Belediyesi
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
KOSKİ	: Konya Su ve Kanalizasyon İdaresi
MBR	: Membran Prosesleri
NF	: Nanofiltrasyon
TÇK	: Toplam Çözünmüş Katı
TN	: Toplam Azot
TKN	: Toplam Kjeldahl Azotu
TP	: Toplam Fosfor
PCB	: Poliklorlubifeniller
UF	: Ultrafiltrasyon
UV	: Ultraviyole

1. GİRİŞ

1.1. Tezin Amacı

Katı atıklardan oluşan sızıntı suyu birçok endüstriyel atıksuya göre daha geniş bir kirlilik yüküne sahiptir. Sızıntı suyu, yüksek seviyelerde biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), amonyum (NH_4^+), klorür (Cl^-), sodyum (Na), potasyum (K), azot (N), bor (B), çözücüler, fenoller, arsenik (As), demir (Fe), manganez (Mn), çinko (Zn), bakır (Cu), kobalt (Co), krom (Cr), nikel (Ni) ve diğer ağır metalleri içermektedir (Renou ve ark., 2008). Sızıntı sularının arıtımı, yüksek kirlilik yükleri nedeniyle, maliyetli ve zordur. Dünyanın birçok ülkesinde katı atık sızıntı sularının kentsel AAT'lerinde atıksu ile birlikte başarılı olarak arıtıldığı raporlanmıştır (Dereci ve ark., 2020).

Bu çalışmada, Konya İli'nde yer alan Kaşınhanı Katı Atık Depolama Sahası ve Aslım Katı Atık Transfer İstasyonu sızıntı sularının karakterizasyonu araştırılmıştır. Orta ve kuvvetli kirlilik yüküne sahip olan bu sızıntı sularının, Konya Kentsel AAT'de arıtılması senaryosunun değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Sızıntı sularında KOİ, BOİ, AKM, TP, $\text{NH}_3\text{-N}$, Cd, Cr, Cu, Pb, Ni ve Zn gibi parametreler incelenmiştir. Sızıntı sularının evsel AAT'de arıtılması durumunda elde edilebilecek avantajlar ve karşılaşılabilecek sorunların değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

1.2. Tezin Önemi

Katı atık bertaraf yöntemlerinden en ekonomik ve başarılı olanı düzenli depolama yöntemidir. Fakat bu yöntemin uygulanması sonucunda oluşan sızıntı suyu ve depo gazının doğru yönetilmesi gerekmektedir. Depolama sahalarında bulunan atıkların bünyesinde yer alan ve yağışlardan kaynaklı suların atık içine süzülmesi ile sızıntı suları oluşmaktadır. Miktarca az olmasına rağmen organik kirlilik bakımından yüksek bir kirliliğe sahip olan sızıntı suları önemli bir atıksu türüdür. Sızıntı suları ciddi çevresel etkilere ve risklere sahiptir. Sızıntı suları birçok evsel atıksuya göre daha konsantre bir kirlilik yüküne sahiptir. Oluşan sızıntı suları yeraltı ve yüzey sularına karışabilmektedir. Sulardaki bu karışımdan dolayı insan sağlığı ve ekosistem üzerinde ciddi sorunlara yol açmaktadır. Bu sebeplerden dolayı sızıntı sularının kontrol altına alınması ve arıtılmasına gereksinim duyulmaktadır.

Küresel ısınma ve kuraklık gibi konuların her geçen gün ciddi bir boyuta ulaşması nedeniyle su kaynaklarının korunması önem arz etmektedir. Su kaynaklarındaki tehlikeli kirleticilerden korunamaması en büyük küresel endişelerden

biridir. Bu nedenle su kaynaklarındaki tehlikeli kirleticilerin kontrolü önemli bir rol oynamaktadır. Bir kirletici kökeni ne olursa olsun su kaynaklarına ulaşması mümkün olabilir (Najafabi ve ark., 2022). Su kaynakları, evsel ve endüstriyel faaliyetler sonucu oluşan katı atıkların depolama ve transfer sahalarında ayrışması veya işlenmesiyle oluşan sızıntı suları tarafından da kirlenebilmektedir. Katı atıkların düzenli depolanması, katı atık yönetimi için en yaygın olarak uygulanan yöntemdir ve dünya genelinde atıkların yaklaşık %45'i düzenli depolama alanlarında depolanmaktadır. Depolama sahaları ile ilgili en önemli endişe, sızıntı suyu nedeniyle yüzey ve yeraltı sularının kirlenme riskidir (Dereli ve ark., 2020). Birçok kentte katı atık transfer istasyonlarında veya deponi sahalarında oluşan sızıntı suları arıtılmadan alıcı ortamlara deşarj edilmekte veya kentsel atıksu arıtma tesislerine verilmektedir. Sızıntı sularının alıcı ortamlar üzerindeki etkisinin araştırılması su kaynaklarının korunması açısından önemlidir. Ayrıca, genç veya olgun sızıntı sularının kentsel AAT'ye deşarj edilmesi durumunda ortaya çıkabilecek etkilerin araştırılması önem arz etmektedir. Konya sızıntı suyu arıtma tesisi inşa edilmiş, ancak çeşitli tasarım ve işletme sorunları nedeniyle henüz işleme alınamamıştır. Ayrıca katı atık transfer istasyonunda oluşan genç sızıntı suları da arıtılmadan arazide bertaraf edilmektedir. Özellikle de transfer istasyonunda oluşan genç sızıntı sularının Konya Kentsel AAT'de arıtılması opsiyonu araştırılmaktadır. Bu nedenle şehrin sızıntı sularının mevcut durumunun değerlendirilmesi ve mevcut kentsel AAT'ye olası etkisinin belirlenmesi bu tezin önemini ortaya koymaktadır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Sızıntı Suları Hakkında Genel Bilgi

Üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuru ile özellikle çevrenin korunması bakımından, düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı maddeler ve arıtma çamurlarına katı atık denir. Katı atıklar cam, elektronik, plastik, kağıt, tıbbi, sınai, inşaat, organik ve radyoaktif atıklar olarak sınıflandırılabilir (Çevre Kanunu, 1983: 2). Çevre sorunları arasında önemli bir yeri olan, ancak son yıllarda önemi artan katı atık sorunu, özellikle radyoaktif ve tehlikeli atıklarla bunların uluslararası dolaşımı nedeniyle gündeme gelmiştir. Katı atık yönetimi kentlerde büyük bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Son yıllarda, artan nüfus ve buna paralel olarak tüketimin artması sebebiyle katı atık miktarı da yükselmektedir. Katı atık yönetiminde temel yaklaşım atığın kaynağında azaltılması ve geri dönüşümüdür. Ancak katı atık oluşumu kaçınılmazdır. Yapılan araştırmalar sonucunda katı atıkların bertarafı için en etkili yöntemin düzenli depolama tekniği olduğu ortaya çıkmaktadır. Tüm dünyada vahşi depolama veya düzenli depolama alanlarında bertaraf edilen atıklar önemli çevre sorunları yaratmaktadırlar. Bu atıklardan sızan suların arıtılmadan alıcı ortamlara veya kentsel atıksu arıtma tesislerine (AAT) deşarjı alıcı ortam bakımından önemli sorunlara yol açmaktadır (Dereli ve ark., 2020; Renou ve ark., 2008).

Atıktan kaynaklanan çözünmüş, askıda ve karışık materyallerin uzaklaştırılması sonucunda ortaya çıkan veya katı atıklardan süzülerek oluşan sıvılara sızıntı suyu denir. Sızıntı suyu, çevre bilimlerinde, daha sonra çevreye girebilecek çevreye zararlı maddeleri çözen veya sürükleyen bir sıvının özel anlamına sahip olduğu, yaygın olarak kullanılan bir terimdir. Düzenli depolama alanları; konut, endüstriyel ve ticari kaynaklardan gelen heterojen bir sıvı ve katı atık karışımı için son depodur ve bu nedenle sızıntı suyu üretme potansiyeline sahiptir. Sızıntı suyu çeşitli kimyasalların karışımından oluşan ve atıklar arasında hareket eden sıvı bir atık ürünüdür (Kolplin ve Masoner 2015).

2.2. Sızıntı Sularının Alıcı Ortamlara Etkisi

Katı atık düzenli depolama sahalarında toplanan atıklardan, depolama sahalarında geçirdikleri süre boyunca, yağışların da etkisiyle sızıntı suları oluşur. Sızıntı suları, içerdikleri yüksek miktarda organik ve inorganik bileşikler nedeniyle alıcı ortamları tahrip edici etkilere sahiptirler (Armağan, 2004).

Depolama sahalarında oluşan sızıntı sularının herhangi bir sebeple yer altına sızması sonucu yeraltı suyu kalitesinin, kademeli olarak bozulduğu ve fiziko-kimyasal

parametre değerlerinin çoğu izin verilen sınır değerleri aştığı için içme suyu amaçlı olarak güvenli olmadığını Dünya Sağlık Örgütü teyit etmiştir. Özellikle mevsimsel yağışların etkisiyle sızıntı sularının süzülmesi sonucu düzenli depolama sahasına yakın yeraltı suyu kaynaklarında önemli miktarda Nitrat (NO_3^-), Fosfat (PO_4^{3-}), Demir (Fe), elektriksel iletkenlik (EI) ve toplam çözünmüş katı (TÇK) tespit edilmektedir (Mishra ve ark., 2019).

Etkili bir biyolojik sızıntı suyu arıtma yönteminin uygulanmaması durumunda, katı atık depolama alanlarından oluşan sızıntı suları alıcı ortamlar için endişe verici bir haldedir. Birçok kentte, arıtılmamış sızıntı suları denizlere, göllere ve akarsulara deşarj edilebilmektedir. Sızıntı sularında bulunan kirletici maddeler özellikle suda yaşayan canlılar için hücresel düzeyde gözlenen önemli hasarlar vermektedir (Khalil ve ark., 2018).

Sızıntı suyunun uygun arıtma yapılmadan uygun olmayan şekilde alıcı ortama deşarjı sucul ekosistemi kirletebilmekte ve ayrıca deniz organizmalarında birikebilmektedir. Özellikle ham sızıntı suyunun yüzey sularına sızması veya deşarj edilmesi sonucu riski potansiyel sağlık riski oluşturmasının yanı sıra sucul ortamdaki bulanıklık değerini de yükseltmektedir (Ishak, 2016).

Arıtılmamış sızıntı suyu yeraltı sularına ulaşmak için toprağa nüfuz edebilmekte veya yüzey sularıyla karışarak toprak kirliliğine, yeraltı sularına ve yüzey suyu kirliliğine katkıda bulunabilmektedir. Bu nedenle sızıntı suyu yönetimi önemli bir çevre sorunudur (Khoo ve ark., 2020).

Düzenli depolama sahalarında oluşan sızıntı suyu üzerine yapılan çalışmalar sızıntı suyunun depolama sahasının yakınında yaşayan insanlar için zehirli olabileceğini de göstermektedir. Sızıntı suyu, depolama sahasındaki üretim ve inşaat kusurlarından (delinmeler, yırtıklar ve dikiş kusurları) kaynaklı jeomembranlardan sızması ile astar boyunca buhar difüzyonu yoluyla toprağa ve su ortamlarına girmektedir. Bundan dolayı ekosistem ve insan sağlığı, sızıntı sularının zararlı bileşenlerinden dolayı olumsuz etkilenmektedir. Sızıntı sularındaki ana zararlı bileşenler, toksisiteleri zamanla azalmadığı için insan sağlığı için uzun vadeli tehdit oluşturan ağır metallerdir. Sızıntı suyu içindeki bu ağır metaller insan sağlığına verdiği zararın derecesine göre farklılık göstermektedir. Zn, Mn ve Ni içme suyu yoluyla kanserojen olmayan etkileri varken, Pb'nin insan sağlığı üzerinde hem kanserojen hem de kanserojen olmayan etkileri olabilmektedir. Ayrıca sızıntı suyu akışıyla toprak katmanları doygun hale geldiğinden,

toprak minerallerinin çözünmesine yol açabilmektedir (Ya ve ark., 2018; Hussein ve ark, 2020).

Arsenik (As), düzenli depolama sahaları sızıntı suyu çalışmalarında baskın tehlikeli potansiyel inorganik kirleticilerden biri olarak belirtilmektedir. Sıhhi olmayan düzenli depolama alanlarına atılan atıkların uygun şekilde yönetilmediği ve toksik metallerle yüklü sızıntı suyunun arıtılmadan serbest bırakıldığı durumlarda As çevre sağlığı açısından büyük endişe verici bir maddedir. Toprak ve su kalitesi açısından bu sorunları engellemek için açık çöp sahalarının düzenli depolama sahaları ile değiştirilmeli ve bu sahalardan oluşan sızıntı suları arıtılmadan alıcı ortama verilmemelidir (Hussein ve ark, 2020).

Depolama sahası sızıntı suyunun ürettiği ağır metal kirliliği, gıda zinciri aracılığıyla insan sağlığını etkileme potansiyeli nedeniyle giderek daha endişe verici hale gelmektedir. Özellikle sızıntı suyu kontrolsüz bir şekilde salındığında yeraltı sularının, yüzey sularının, tarımın ve doğal ekosistemlerin kirlenmesine neden olabilmektedir. Arıtma sistemleri olmayan düzenli depolama sahaları, toprak yüzeyindeki çöp sızıntı suyunun hareketi topraktaki çeşitli fizikokimyasal ve biyolojik süreçlerde değişikliklere yol açtığını ve bunun da nihayetinde toprak kirliliği seviyesini etkilemektedir. Toprak-bitki-insan sistemi üzerindeki etkileri azaltmak için kontrollü depolama sahalarında toplama ve arıtma sistemleri geliştirilmelidir (Rezapour ve ark., 2018; Samadder ve ark., 2017).

Bir depolama alanından gelen sızıntı suyu, birçok organizma için toksik olan $\text{NH}_3\text{-N}$ içerebilmektedir. Yalnızca toprak ve moloz içeren bir çöplükten kaynaklanan sızıntı suyu bünyesinde askıda katı maddeler (AKM) barındırabilmektedir. Bu sebeple sızıntı suları için fiziksel kimyasal işlemleri içeren bir ön arıtma önerilmektedir. Cr, Fe ve Pb'yi önemli konsantrasyonlarda barındıran sızıntı sularının metal kirliliği etkilerinden kaçınmak için kimyasal çökeltmeye dikkat çekilmektedir (Salem ve ark., 2008).

2.3. Sızıntı Suyu Karakterizasyonu

Arıtılması zor atıksulardan olan sızıntı suyunun karakteri, arıtma verimi açısından yol gösterici bir özelliktir. Genel olarak sızıntı suyu büyük miktarda BOİ , KOİ , inorganik tuzlar, $\text{NH}_3\text{-N}$, ağır metaller ve ksenobiyotik (organizmanın normal biyokimyasına yabancı) organik bileşikler içermektedir. Sızıntı suyunun

karakterizasyonu, katı atığın özelliği ve yoğunluğu, yağış miktarı ve atık sahasının özel koşulları gibi çeşitli faktörlerden etkilenir (Budihardjo ve ark., 2018).

Genel olarak, uygun arıtma teknolojilerinin seçimini belirlemek için sızıntı suyunun karakterizasyonu ve depolama yaşı gibi özellikleri gereklidir. Bununla birlikte, farklı depolama sızıntı sularının karakterizasyonları birbirine yakın olsalar bile önemli ölçüde farklılık gösterir ve bu da arıtma işlemi sırasında performansta farklılıklara neden olabilir (Teng ve ark., 2021).

Malezya'daki aktif ve kapalı astarsız depolama alanlarından çıkan sızıntı suyunun özelliklerini araştırılmış her üç çöp sahadan elde edilen sızıntı suyunun karakterizasyonunda, nispeten yüksek BOİ, KOİ ve potansiyel olarak toksik ağır metaller görülmüştür (Hussein ve ark., 2019).

Hindistan'nın Gujarat eyaletinde büyük miktarlarda endüstriyel atığın depolandığı tehlikeli atık depolama sahaları bulunmaktadır. Sahalarda oluşan sızıntı sularının karakterizasyonunda yüksek konsantrasyonda ağır metal, KOİ, AKM ve NH_3N bulunmuştur (Gautam ve ark., 2021).

Şanghay'daki bir çöp aktarma istasyonundan farklı mevsimlerdeki taze sızıntı suları karakterize edilmiş ve sızıntı sularının fizikokimyasal özellikleri üzerindeki mevsimsel etkiler araştırılmıştır. Mevsimsel değişikliklerin ham sızıntı suyunun temel özellikleri üzerinde doğrudan etkileri olduğu tespit edilmiştir (Zhao ve ark., 2013).

Brezilya çöp sahası sızıntı sularının fiziksel-kimyasal karakterizasyonunda, yüksek konsantrasyonda KOİ ve düşük konsantrasyonda BOİ tespit edilmiştir, bu da depolama sahalarında oluşan sızıntı suyunda inatçı bileşiklerin yüksek miktarda olduğunu kanıtlamıştır (Costa ve ark., 2019).

Literatürde yapılan birçok çalışmaya göre düzenli depolama alanından oluşan sızıntı suları için yapılan karakterizasyon çalışmaları Çizelge 2.1.'de verilmiştir. Katı atık sızıntı suyundaki çeşitli maddelerin derişim aralıkları belirtilmiştir.

Çizelge 2.1. Sızıntı Suyu Karakterizasyonu

Saha	pH	BOİ (mg/L)	KOİ (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)	Cr (mg/L)	Ni (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	Cd (mg/L)	Pb (mg/L)	Zn (mg/L)	Referans
Zhejiang, Çin	7,7	875,5	1105	955,70	13,53	0,31	0,20	667	0,24	4,56	532,5	Zhang ve ark, 2013
Konya	6,5-7,5	–	21400-95000	–	–	–	–	10-2040	–	–	–	Karamete, 2008
Varmiya, Polonya	7,8	76-701	580-1821	95-401	8,50	0,06	0-0,07	66-364	0,01	0-1,84	0,29	Kulikowska ve ark, 2008
Xiamen, Çin	6,8	4979,41	9309,80	1171,83	9,67	0,11	0,70	383,70	0,06	0,32	2,45	Ye ve ark, 2014
Penang, Malezya	8,2	269	1301	–	17,80	0,21	4,94	532,00	2,71	54,10	1,89	Mojiri ve ark, 2014
İsfahan, İran	7,9	461	230,1	–	–	–	4,62	627	2,55	–	–	Mojiri ve ark, 2016
Sao Carlos, Brezilya	8,4	2,2 ± 283	4,6 ± 120	2,2 ± 66	–	0,4 ± 0,1	0,4 ± 0,01	–	0,02	0,20 ± 0,05	0,30 ± 0,07	Albuquerque ve ark, 2018
Bursa	7,1	–	3680	6400	7,65	7,65	–	2827	–	12,9	48,4	Topal ve ark, 2011

2.4. Sızıntı Suyu Arıtma Alternatifleri

Katı atık sızıntı suyu arıtımı, çözünmüş katıların, çözünmüş ve koloidal organiklerin ve ağır metallerin yüksek ve değişken konsantrasyonları nedeniyle önemli bir mühendislik sorunudur (Arabi ve Lugowski, 2015). Sızıntı suyunda bulunan kirleticileri gidermek için bir dizi arıtma prosesinin kullanılması gerekmektedir. Sızıntı suyu içerisindeki çeşitli kirleticiler nedeniyle her bir sızıntı suyu ayrı değerlendirilmeli ve uygun bir arıtma metodu bulunmalıdır (Keser, 2008). Geleneksel depolama sahası sızıntı suyu arıtmaları üç ana gruba ayrılabilir:

- Biyolojik yöntemler: aerobik ve anaerobik süreçler içermektedir.
- Kimyasal ve fiziksel yöntemler: kimyasal oksidasyon, kimyasal çökeltme, koagülasyon / flokülasyon içermektedir (Keser, 2008).
- Membran Prosesleri: (MBR) ikincil bir arıtım olarak konvansiyonel teknikler içermektedir (Dede, 2017).

2.4.1. Biyolojik Yöntemler

Biyolojik arıtma yöntemleri güvenilirliği, basitliği ve maliyet etkinliği nedeniyle yüksek BOİ konsantrasyonları içeren sızıntı suyunun arıtılması için yaygın olarak kullanılmaktadır. Biyolojik arıtma prosesleri, O₂ ihtiyacına göre aerobik ve anaerobik olarak sınıflandırılır (Yiğit, 2010).

Aktif Çamur Prosesleri

Evsel atıksuların arıtılmasında veya sızıntı suyu ile evsel atıksuların birlikte arıtılmasında yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Bununla birlikte, bu yöntemin son yıllarda katı atık sahası sızıntı suyu arıtımını ele almak için yetersiz olduğu gösterilmiştir. Araştırmalar aktif çamur süreçleriyle alakalı şunları göstermiştir. Prosesler organik karbon, besin maddeleri ve NH₃-N içeriğinin giderilmesinde etkili olduğu kanıtlanmış olmasına rağmen dezavantajları da yüksektir (Renou ve ark., 2008).

Bunlar;

- Yetersiz çamur çökebilirliği ve daha uzun havalandırma sürelerine duyulan ihtiyaç,
- Yüksek enerji talebi ve fazla çamur üretimi,
- Yüksek amonyum-nitrojen gücü nedeniyle mikrobiyal inhibisyon gibi dezavantajları vardır.

Ardışık Kesikli Reaktörler

Ardışık kesikli reaktörler genellikle sızıntı suyu arıtımı için biyolojik bir sistem olarak kullanılmaktadır. Sistem eşzamanlı organik karbon oksidasyonu ve nitrifikasyonla uyumlu bir işletim rejimi sağladığından nitrifikasyon-denitrifikasyon prosesleri için idealdir (Yiğit, 2010).

Ardışık kesikli reaktörler küçük hacimli yoğun ya da büyük hacimli daha az yoğunlukta sızıntı suyunun arıtımında büyük esneklik sağlamaktadır. Ardışık kesikli reaktörlerde biyolojik arıtma işlemi tank içinde gerçekleşmektedir. Tank içinde gerçekleşen bu arıtmada mevsimsel sıcaklık değişimlerinden dolayı verimsizdir (Balahorli, 2011).

Havalandırılmalı Lagünler

Çöp sızıntı suyunda kullanılan en yaygın biyolojik yöntemler havalandırılmalı lagünlerdir. Özellikle bu yöntem kuvvetli ve orta kirlilik derecesine sahip sızıntı suyuna uygulanmaktadır. Araştırmalar sızıntı suyunun havalandırılmalı lagünlerde arıtılmasının BOİ, KOİ ve Fe giderimi açısından yeterli olduğunu göstermektedir (Keser, 2008).

Havalandırılmalı lagünler oldukça basit sistemler olup, bakım ve işletme maliyetleri diğer sızıntı suyu arıtma sistemlerine göre daha düşüktür. Bu sistemlerin dezavantajı, sızıntı suyunun tutulma süresinin yeterince uzun olmasıdır, bu yüzden atıksu ile lagünün dışına taşınan sayı kadar çok sayıda bakteri gelişebilir (Yiğit, 2010).

2.4.2. Fiziksel ve Kimyasal Yöntemler

Fiziksel ve kimyasal yöntemler biyolojik yöntemlerle birlikte esas olarak arıtma verimliliğini artırmak için kullanılmaktadır. Bu yöntemler sızıntı suyunda biyolojik olarak parçalanamayan hümkik ve fulvik asitler, ağır metaller, poliklorlubifeniller (PCB'ler) ve adsorblanabilir organik halojenler (AOH'lar) gibi istenmeyen bileşikler gidermek için uygulanmaktadır (Wisniowski ve ark., 2006).

Sızıntı suyu arıtımı için fiziksel ve kimyasal işlemler arasında asılı partiküllerin, kolloidlerin, yüzen malzemelerin, boyanın ve toksik bileşiklerin uzaklaştırılması yer almaktadır. Fiziksel ve kimyasal süreçler, sızıntı suyu arıtma hattında ek bir arıtma olarak, çoğunlukla bir önceki arıtma veya son arıtma, yani arıtma sonrası olarak kullanılmaktadır (Smailagic ve ark., 2020).

Koagülasyon ve Flokülasyon

Fiziksel ve kimyasal yöntemlerin arasında yer alan koagülasyon ve flokülasyon işlemi genellikle kolloidleri ve bazı çözünmüş partikül maddeleri uzaklaştırmak için kullanılmaktadır. Koagülasyon ve flokülasyon depolama sahası sızıntı suyunun arıtılmasında başarıyla kullanılabilecek nispeten basit bir tekniktir. Bu işlem KOİ ve toplam organik karbonun (TOK) orta düzeyde uzaklaştırılmasına yol açmaktadır bütün bunların yanında koagülasyon ve flokülasyon işlemleri amonyak sıyrma, toksisite ve amonyum nitrojen giderimi için en etkili yöntemlerdir. Fakat bu işlemin dezavantajları da vardır. Bu sistemde çamur üretimi yüksektir. Bunun yanında bazı durumlarda geleneksel kimyasal pıhtılaştırıcılar kullanıldığında, sıvı fazdaki alüminyum veya demir konsantrasyonunda bir artış görülmektedir. (Silva ve ark., 2004).

Koagülasyon flokülasyon işlemlerinde kullanılan koagülantların doğru dozda ayarlanması arıtım verimini etkilemektedir. Özellikle demir (III) klorür koagülantının optimum dozajda renk, bulanıklık ve AKM gideriminde yüksek bir etkisinin olabildiği görülmektedir (Aziz, 2007).

Araştırmalar göstermiştir ki koagülasyon ve flokülasyon işlemleri depolama sahasında elde edilen eski sızıntı suyu arıtmalarında başarıyla kullanılmaktadır. Ayrıca biyolojik arıtmadan önce fiziksel ve kimyasal bir ön arıtma olarak yaygın şekilde kullanıldığını göstermektedir (Abbas ve ark., 2009).

Kimyasal Oksidasyon

Kimyasal oksidasyon çözünmüş organik bileşik, biyolojik olarak parçalanmayan ve toksik madde içeren atıksuları arıtılması için kullanılan bir ileri arıtma işlemidir. Kimyasal oksidasyonun temel amacı, hidroksil radikallerinin ($\text{OH}^\cdot$) oluşumunu artırarak arıtmayı gerçekleştirmektir (Abbas ve ark., 2009).

Kimyasal oksidasyon yöntemi, çöp sahası sızıntı suyu gibi inatçı bileşikler içeren atıksuların arıtılması için geniş çapta incelenmektedir. Sızıntı suyu arıtımında ve tahrip edici zararlarının önlenmesinde son zamanlarda ileri oksidasyon proseslerine odaklanılmaktadır. Kimyasal oksidasyonla sızıntı suyu arıtımında ozon (O_3), hidrojen peroksit (H_2O_2), ultraviyole (UV) ve çeşitli katalizörler kullanılmaktadır (Kaşıkçı, 2010).

Düzenli depolama sızıntı suyundaki inatçı organiklerin mineralizasyonu için etkili bir yöntem olan ileri oksidasyon proseslerinin temel amacı, $\text{OH}^\cdot$ radikallerinin oluşumunu artırarak kimyasal oksidasyon verimliliğini artırmaktır. Bu prosesler Çizelge

2.2’de ışık enerjisi kullanarak uygulanan fotokimyasal yöntemler ve fotokimyasal olmayan yöntemler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Wisniewski ve ark., 2006).

Çizelge 2.2. İleri Oksidasyon Yöntemleri (Wisniewski ve ark., 2006)

Fotokimyasal yöntemler	Fotokimyasal olmayan yöntemler
O ₃ /UV	Ozonlama O ₃
H ₂ O ₂ /UV	Ozon + hidrojen peroksit (O ₃ /H ₂ O ₂)
O ₃ /H ₂ O ₂ /UV	Fenton proses (H ₂ O ₂ /Fe ²⁺)
Foto-Fenton	Ozon + katalizör (O ₃ / katalizör)

O₃, yüksek oksidasyon potansiyeli nedeniyle biyolojik olarak parçalanamayan organik maddeleri ve inatçı bileşikler oksitleyebilen etkili bir oksidandır. Ozonlamadaki temel amaç ozon moleküllerinden OH⁻ üretmektir. Sızıntı suyu arıtımında son zamanlarda yapılan en önemli tekniklerden biri de ozonlamadır. O₃, O₃/H₂O₂ ve O₃/katalizör olmak üzere çeşitli oksidasyon işlemleri sayesinde sızıntı suyu arıtımı gerçekleştirilmektedir (Akgül, 2012; Öztürk ve ark., 2015).

Sızıntı suyunu O₃ esaslı yöntemler ile yapılan oksidasyon süreçlerinde şunlar öne çıkmaktadır (Gautam ve ark., 2019; Tizaou ve ark., 2007; Öztürk ve ark., 2015).

- O₃, organik bileşiklerin moleküler yapısını değiştirmekte ve onları biyolojik olarak parçalanabilir bileşiklere okside etmektedir.

- O₃’a dayalı ileri oksidasyon prosesleri sızıntı suyundaki KOİ ve BOİ’yi büyük ölçüde azaltmaktadır.

- O₃/H₂O₂ birleşik sistemi sayesinde daha yüksek düzeyde KOİ ve renk giderimi sağlanmaktadır.

- O₃/UV ve O₃/H₂O₂/UV fotokimyasal oksidasyon yöntemleri toksik maddelerin giderilmesinde etkili olmaktadır.

O₃ bazlı oksidasyonun çeşitli dezavantajları da vardır (Akgül, 2012). Bu dezavantajlar şunlardır;

- O₃ güçlü bir oksidan olmasına rağmen, düzenli depolama sahası sızıntı suyunun karmaşık yapısı nedeniyle yüksek konsantrasyonlarda kullanılması gerekmektedir.

- O₃ bazlı oksidasyonun sızıntı suyunda refrakter bileşiklerden dolayı reaksiyon süresi uzamaktadır.

- O₃ bazlı oksidasyonda O₃’ün tek başına kullanılması arıtma maliyeti yükseltmektedir.

Fenton oksidasyonu Demir (II) ile H_2O_2 'nin birlikte reaksiyona girerek $OH^\cdot$ radikali üretmesidir. Depolama alanından gelen sızıntı suyuna yapılan fenton proseslerinde şunlar öne çıkmaktadır (Mrabet ve ark., 2020).

- Depolama alanından gelen sızıntı suyu arıtımında fenton prosesinin en etkili ileri oksidasyon proseslerinden biridir.
- Depolama sahasından gelen sızıntı suyunda fenton prosesi sayesinde yüksek miktarda $KOİ$ giderimi elde edilmektedir.
- Yüksek renk içeriğine sahip sızıntı suyu için fenton prosesi çok verimli bir tekniktir.

Bütün bunların yanında fenton prosesinin dezavantajları da az değildir (Gautam ve ark., 2019).

- Sızıntı suyu arıtımında fenton prosesleri pH 2-3 arasında yani çok dar aralıklarda çalışma imkânı sağlamaktadır.
- Arıtma sonunda çamur arıtımı için yüksek miktarda kimyasal ve insan gücü gerekmektedir.

Kimyasal Çöktürme

Kimyasal arıtma işleminin son kademesi olarak varsayılan kimyasal çöktürme işlemi atıksudaki koloidal maddelerin yer çekiminin etkisiyle çöktürülmesidir. Kimyasal çöktürme prosesleri sayesinde çözünmüş ve koloidal maddeler, ağır metaller ve sertlik giderilmektedir (Kestioğlu, 2011 s.246).

Kimyasal çöktürme işlemi depolama sahasında oluşan sızıntı suyu üzerinde genellikle bir ön arıtma olarak kullanılmaktadır. Bunun nedeni sızıntı suyunda bulunan yüksek amonyum (NH_4^+N) konsantrasyonunun biyolojik arıtma proseslerinde nitrifikasyonu engellemesidir (Li ve ark., 1999). Bunun yanında kimyasal çöktürme yöntemi sızıntı suyunda bulunan kükürtlü bileşikler uzaklaştırmak için kullanılmaktadır (Segunde ve ark., 2019). Ayrıca sızıntı suyunda bulunan ağır metaller (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn) kimyasal çöktürme işlemi sayesinde giderilmektedir (Meunier ve ark., 2006).

2.4.3. Membran Prosesleri

Membran, yarı geçirgen bir yapıya sahip iki fazı birbirinden ayıran bir sistem olarak adlandırılmaktadır (Acı, 2011). Membran biyoreaktörler, temel olarak atık bileşiklerin biyolojik olarak parçalanmasından sorumlu biyoreaktör ve arıtılmış suyun

mikroorganizmalardan ayrılması için membran olmak üzere iki ana parçadan oluşmaktadır (Ahmed ve Lan, 2012).

Atıksuda bulunan kirleticilerin boyutlarına göre ayıran ve yarı geçirgen özelliğindeki membran sistemleri 4 farklı ayırma prosesine sahiptir. Bunlar ters ozmos, nanofiltrasyon, ultrafiltrasyon ve mikrofiltrasyondur. Son yıllarda ileri arıtma yöntemlerinden olan membran biyoreaktörler depolama sahasında oluşan sızıntı suyu arıtımında karşımıza çıkmaktadır (Dede, 2017).

Membran sistemleri sızıntı suyu arıtmasında etkileri şunlardır (Dede, 2017; Acı, 2011; Ahmet ve Lan, 2012).

- Yüksek miktarda KOİ ve BOİ giderimler elde edilmektedir.
- Geleneksel sistemlere kıyasla daha yüksek $\text{NH}_3\text{-N}$ giderilmektedir.
- Sistemden elde edilen çıkış sularında AKM çok düşük miktarda olmaktadır.
- Ağır metaller üzerinde yüksek bir giderim verimi elde edilmektedir.

Bütün bunların yanında membran sistemleri ekonomik olarak yüksek maliyetli sistemlerdir. Ayrıca membran proseslerinde membran gözeneklerin tıkanması ve membran kirlenmesinden dolayı dezavantaja da sahiptir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2010).

2.5. Sızıntı Suyu Yaşı ve Arıtma Performansına Etkisi

Katı atık depolama alanlarında oluşan sızıntı suyu doğayı tahrip edici, canlı sağlığını tehdit eden ve yüksek kirletici miktarı içeren sulardır. Bütün dünyada deponi sahası sızıntı suyunun arıtılması ile ilgili teknikler belirlenmekte ve bu teknikler sızıntı suyunun yaşına bağlı olarak arıtma etkisi göstermektedir (Sarı, 2012; Akgül, 2012).

Katı atık depolama sahalarında elde edilen sızıntı suları yaşına göre iki tür sızıntı suyu tanımlanmıştır: genç ve olgun. Depolama sahası sızıntı suyu yaşı sızıntı suyunun bileşimini etkileyen ve dolayısıyla arıtma performansı için önemli bir faktördür. Genç sızıntı suyu, KOİ 15 g/L'nin üzerinde ve biyolojik olarak parçalanabilir maddelerin bulunduğu 2 yaşından küçük katı atık depolama sahalarından gelen sızıntı suyudur. Öte yandan, olgun sızıntı suyu, KOİ değerleri 3 g/L'nin altında olan ve esas olarak inatçı humik maddeler içeren 5 yaşından büyük (olgunlaşma aşaması) tesislerden gelen sızıntılardır (Collado ve ark., 2020).

Sızıntı suyu oldukça değişken ve heterojenik bir yapıya sahiptir. Genel olarak, daha genç sızıntı suyu, fermantasyonun asit fazının bir sonucu olarak önemli miktarlarda uçucu asitlerin varlığı ile karakterize edilir. Olgun atık depolama

alanlarında, sızıntı suyundaki organiklerin büyük kısmı hümkik ve fülvik benzeri fraksiyonlardır. Araştırmalar düzenli depolama alanlarından gelen genç sızıntı suyunda, organik madde konsantrasyonunun (KOİ olarak) 10 000 mg/L'nin üzerinde olduğu, 10 yıldan daha eski düzenli depolama alanlarından gelen sızıntı suyunun ise KOİ'nin 3000 mg/L'nin altında olduğunu göstermiştir (Kulikowska ve Klimiuk, 2008).

Sarı (2012) tarafından yapılan çalışmada üç farklı sızıntı suyu tipi (genç, yaşlı, orta yaşlı) üzerinde ileri oksidasyon proseslerinden fenton prosesiyle nihai bir arıtma gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda genç ve orta yaşlı sızıntı suyu tiplerinde çok daha düşük giderim verimi elde edilmiştir. En yüksek KOİ giderimi ise orta yaşlı sızıntı suyunda gerçekleştirilmiştir. Bütün bunların yanında orta yaşlı ve yaşlı sızıntı suyu tiplerinde söz konusu kirleticilerde standartlara uygun bir giderim sağlanırken genç sızıntı suyunda ise sağlanamamıştır. Bu sebeple genç sızıntı suyu için fenton prosesinden sonra biyolojik arıtımın uygulanması önerilmiştir.

Depolama sahasında kısa bir süre sonra oluşan genç sızıntı suyu tiplerinde yüksek miktarda BOİ, KOİ, ağır metaller ve biyolojik olarak kolay ayrışabilen uçucu yağ asitleri içermektedir. Yüksek organik madde içeriğine sahip genç sızıntı suyu tiplerinde genellikle biyolojik arıtma önerilmektedir. Ayrıca genç ve orta yaşlı sızıntı suyu için standartlara uygun bir arıtma için;

- Dengeleme + Lagün tipi Ardışık Kesikli Reaktör Sistemi
- Dengeleme + Aerobik + Fakültatif Lagün Sistemi
- Dengeleme + Biyolojik Azot giderimli MBR Sistemi
- Dengeleme + Ters Osmoz Sistemi uygulanabilmektedir (Öztürk ve ark., 2010).

Yaşlı sızıntı suyu tiplerinde ise daha çok fiziksel ve kimyasal tekniklere ihtiyaç duyulur. Yaşlı sızıntı suyunda bulunan inatçı maddeler biyolojik bozunmaya dirençlidir ve bu nedenle biyolojik arıtmaya uygun değildir. Ayrıca, yaşlı sızıntı suyunun yüksek $\text{NH}_3\text{-N}$ içeriği nedeniyle, aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibe edici etkileri vardır (Akgül, 2012).

Genç deponi sahası sızıntı suyuna uygulanan membran sistemlerinde (ultrafiltrasyon + ters osmoz) uygun bir arıtma alternatifi olarak gösterilmektedir. Özellikle bu sistemler sayesinde genç sızıntı suyu tiplerinde KOİ, renk ve iletkenlik büyük oranda bir uzaklaştırma sağlanmaktadır (Öztürk ve ark., 2003).

Sızıntı suyundaki koloidal ve çözünmüş partikülleri gidermek için kullanılan bir diğer arıtma işlemi koagülasyon ve flokülasyon prosesleridir. Genç ve yaşlı sızıntı

sularına bu işlem uygulandığında çözünmüş organik karbon gideriminde yaşlı sızıntı suyunda daha etkili olduğunu göstermektedir. Genç ve yaşlı sızıntı suyu tiplerinde koagülasyon ve flokülasyon prosesleri ile KOİ gideriminde birbirine yakın verimler elde edilmektedir (Khoo ve ark., 2020).

Adsorpsiyon prosesleri, özellikle yaşlı sızıntı suyu tipi için yüksek moleküler ağırlıklı sızıntı suyu bileşiklerinin uzaklaştırılması için en etkili arıtma yöntemlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Sızıntı suyu arıtımı için en yaygın kullanılan iki ürün granül aktif karbon ve toz haline getirilmiş aktif karbon genç, orta yaşlı ve yaşlı sızıntı suyu tipleri için kullanılmıştır. Bu haliyle yapılan arıtmada KOİ gideriminde bütün sızıntı suyu tipleri için birbirine yakın sonuçlar kaydedilmektedir. Diğer taraftan başka bir parametre $\text{NH}_3\text{-N}$ üzerine yapılan arıtmada yaşlı sızıntı suyu tiplerinde optimum verimler elde edilmektedir (Khoo ve ark., 2020).

Genç ve yaşlı sızıntı suyunun hiçbir biyolojik ve fiziksel işleme uğramadan sadece membran prosesleriyle (mikrofiltrasyon, ultrafiltrasyon, nanofiltrasyon, ters osmoz) performansları değerlendirilmiştir. Fe, Cr, Ni gibi ağır metaller her iki sızıntı suyu tipinde membran prosesleri sayesinde yüksek oranda giderilebildiği tespit edilmiştir. Membran prosesleri Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} ve SO_4^{2-} gibi iyon gideriminde de genç sızıntı suyu tiplerinde daha etkili olabilmektedir. Membran prosesleri ile yapılan TOK ve KOİ gideriminde ise genç sızıntı suyu tipleri için yaşlı sızıntı suyu tiplerine göre daha yüksek verimler elde edilmektedir. Bunun nedeni ise genç sızıntı suyunda organik madde konsantrasyonunun yaşlı sızıntı suyunda daha fazla olmasından dolayıdır. Bunun yanında genç sızıntı suyunda TOK giderme verimi KOİ'ye göre daha yüksek olmasına rağmen yaşlı sızıntı suyunda bunun tam aksine bir durum söz konusudur (Acı, 2011).

Olgunlaşmış katı atık sahası sızıntı suyu tipik olarak biyolojik işlemlere dirençlidir. O_3 ile oksidasyon teknikleri rengi ortadan kaldırmak, organik yükü azaltmak ve olgun sızıntı suyunun inatçı kirleticilerinin biyolojik olarak parçalanabilirliğini artırmak için etkili yöntemlerdir. Özellikle yüksek miktarda KOİ ve TOK gideriminde O_3 başlı başına etkili bir işlemdir. Ayrıca $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ ile birleşik etkisi daha olgun veya yaşlı sızıntı suyunda daha yüksek biyolojik olarak parçalanabilirliğe yol açmaktadır (Cortez ve ark., 2010).

2.6. Sızıntı Suyu Arıtma Tesisleri

Tezin bu bölümünde Türkiye’de bulunan bazı sızıntı suyu arıtma tesisleri örnek olarak incelenmiştir.

2.6.1. İstanbul Odayeri Sızıntı Suyu Arıtma Tesis

İstanbul Eyüp’te bulunan Odayeri Depolama Tesisinde oluşan sızıntı suyu miktarı 2100 m³/gün’dür. 1995’te işletmeye alınan Odayeri Depolama Tesislerinden oluşan sızıntı suyunun kirlilik yükleri sırasıyla BOİ 5000 mg/L, KOİ 10000 mg/L iken TKN 2500-3000 mg/L’dir (Akkaya ve ark., 2011).

Odayeri Sızıntı Suyu Arıtma Tesisinde depolama sahasından gelen sızıntı suyunun kirlilik yüklerini gidermek amacıyla 5 ayrı safhada oluşturulmuştur. Bunlar;

Ön havalandırma ve ön çöktürme

Kimyasal arıtma

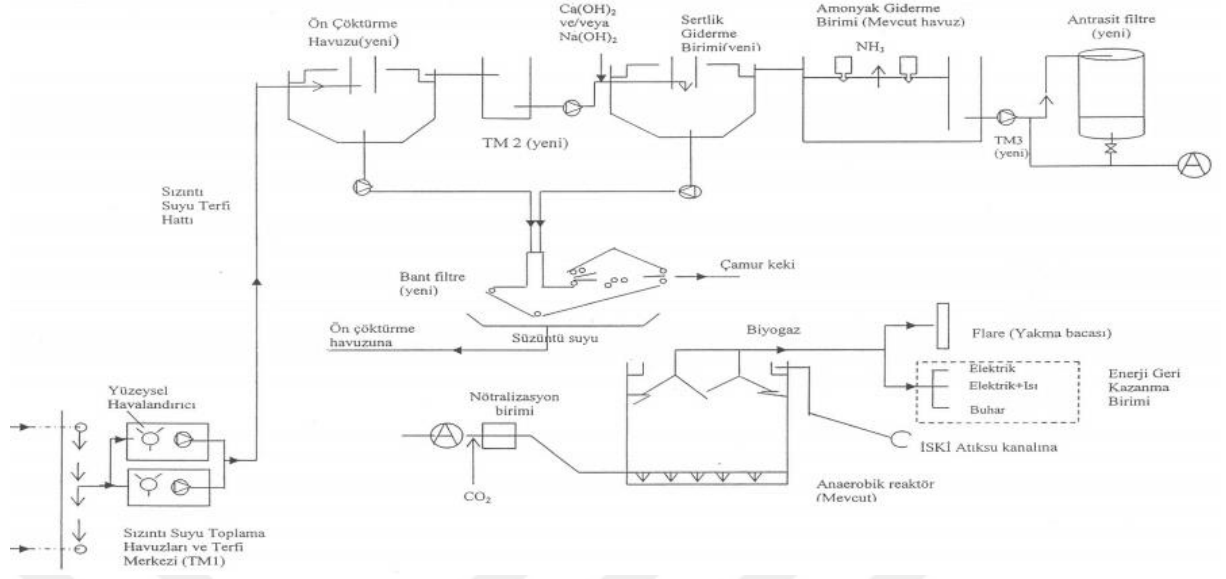
Amonyak sıyırma

Anaerobik arıtma

Çamur susuzlaştırma

Şekil 2.1’de akım şeması verilen depolama sahasından tesise gelen sızıntı suyu toplama havuzuna ulaşmakta, sonra pompa yardımıyla çökeltme havuzuna gönderilmektedir. Çökelen çamur, çamur toplama havuzuna ulaştırılmaktadır. Daha sonra NH₃-N uçurma havuzuna getirilen sızıntı suyu havalandırılmasıyla gaz fazındaki NH₃-N giderilmeye çalışılmaktadır. Sızıntı suyunun içindeki çözünmeyen, çeşitli büyüklüklerdeki partikülleri, AKM’yi gidermek amacıyla kum filtresine aktarılmaktadır. Yukarı akışlı çamur yatağında organik maddeler metan (CH₄) ve karbondioksit CO₂ gibi biyogazlara dönüşmektedir. Reaktörde oluşan çamur anaerobik çamur havuzuna aktarılmaktadır. Nihai olarak Odayeri Atık Bertaraf Tesisleri’nde kurulu bulunan sızıntı suyu arıtma tesislerinde Membran Biyoreaktör-Nanofiltrasyon (MBR+NF) teknolojisiyle katı atık sızıntı suyu arıtılmaktadır (Kızılkaya, 2017).

Arıtılan çöp sızıntı suyu deşarj standarttı sağlanarak Avrupa yakasında İSKİ isale hattı ile Baltalımanlı İleri Arıtma Tesisleri’ne deşarj edilmektedir. Arıtılan sızıntı suyu %90 verimle arıtımı gerçekleştirilmektedir (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2021).

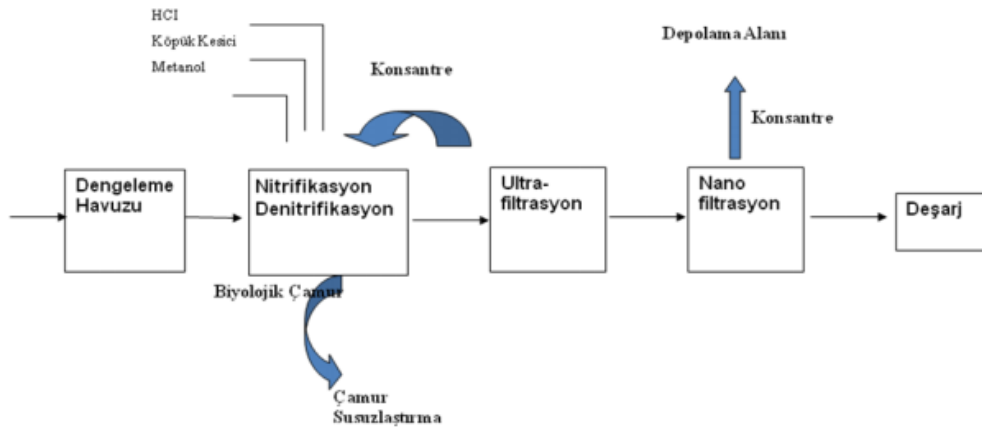


Şekil 2.1. Odayeri Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi akım şeması (Kızılkaya, 2017)

2.6.2. İstanbul Kömürcüoda Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi

Kömürcüoda II. Sınıf Depolama Sahasındaki çöplerden oluşan sızıntı suyu ileri membran teknolojilerinden ultrafiltrasyon ve nanofiltrasyon teknikleriyle arıtılmaktadır. Arıtılan sızıntı suyu Atizleri (Karakiraz) Deresi'ne deşarj edilmektedir

1996 yılında işletmeye alınan Kömürcüoda Depolama Sahasından oluşan sızıntı suyu miktarı $1100 \text{ m}^3/\text{gün}$ 'dür. Şekil 2.2'de gösterilen sızıntı suyu arıtma tesisi sırasıyla BOİ 3000- 30000 mg/L, KOİ 5000-45000 mg/L ve AKM 300-2500 mg/L arasında değişen bir kapasiteye sahiptir (Öztürk ve ark., 2010).

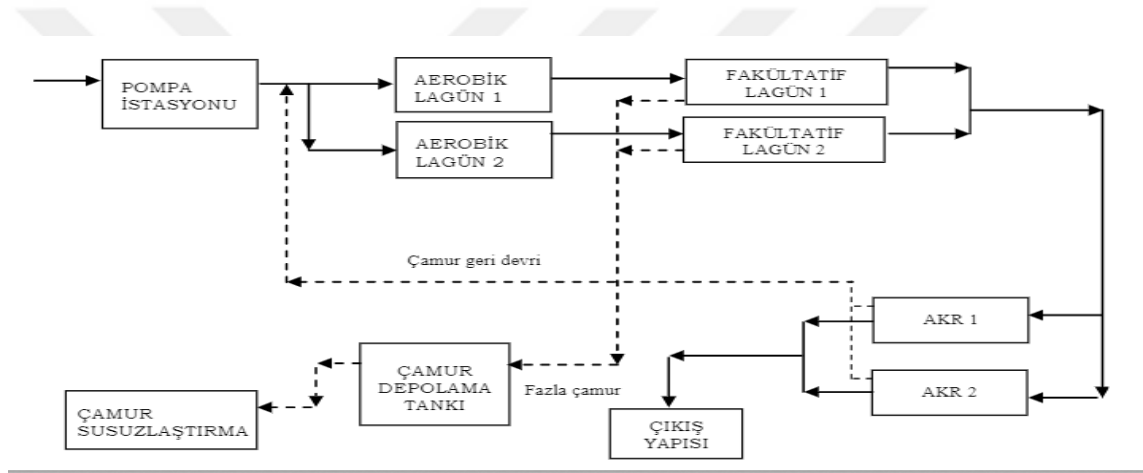


Şekil 2.2. Kömürcüoda Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi akım şeması (Öztürk ve ark., 2010)

2.6.3. Bursa Hamitler Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi

Bursa Hamitler Katı Atık Depolama Sahası'nda oluşan sızıntı suyu ön arıtması gerçekleştirmek için 2004 yılında Şekil 2.3'te akım şeması gösterilen Bursa Hamitler Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi işletime alınmıştır. 500 m³/gün kapasiteli, aerobik ve fakültatif lagün ve ardışık kesikli aktif çamur sistemlerini içeren tesis Türkiye'de kurulan ilk sızıntı suyu arıtma tesisidir. Tesis 30000 mg/L KOİ, 15000 mg/L BOİ ve 1500 mg/L AKM kirlilik yükleri esas alınarak inşa edilmiştir (Kaşıkçı, 2010).

Sahadan alınan sızıntı suyu tesise pompa yardımıyla aerobik ve fakültatif lagünlere verilmektedir. Daha sonra sızıntı suyu sırasıyla dolum, havalandırma, çöktürme, deşarj ve çamur atımı safhalarında çalışan ardışık kesikli reaktörlere geçmektedir. Sonuç itibariyle arıtılan su deşarj edilmektedir (Kaşıkçı ve Çallı, 2011).

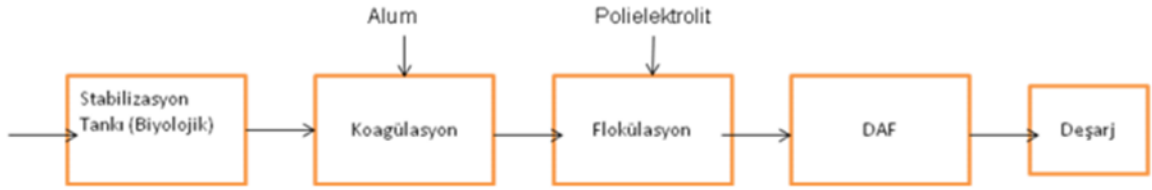


Şekil 2.3. Bursa Hamitler Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi akım şeması (Kaşıkçı, 2010)

2.6.4. Marmaris Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi

2003 yılında atık kabulüne başlayan Marmaris Katı Atık Depolama sahasında oluşan sızıntı suyu Şekil 2.4'te akım şeması verilen biyolojik ve kimyasal arıtmaya tabii tutularak sızıntı suyu arıtımı gerçekleştirilmektedir. Arıtma sonrası elde edilen çıkış suyu kuru dere yatağına deşarj edilmektedir. Arıtma tesisine gelen sızıntı suyu miktarı kış aylarında yaz aylarına göre daha düşüktür. Bunun sebebi de yaz aylarında oluşan katı atığın kompaktörle sıkıştırılmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca sene içinde yağın yağışların artması ve bu yağışların atıklara temas etmesiyle arıtma tesisine gelen sızıntı suyu artmaktadır. Muğla ili Marmaris Belediyesine bağlı Marmaris Katı Atık Düzenli Depo sahasından arıtma tesisine gelen sızıntı suyu önce koagülasyon ve flokülasyon işlemlerine tabii tutulmaktadır daha sonra çözünmüş hava flotasyonu (DAF) ile yağ ve

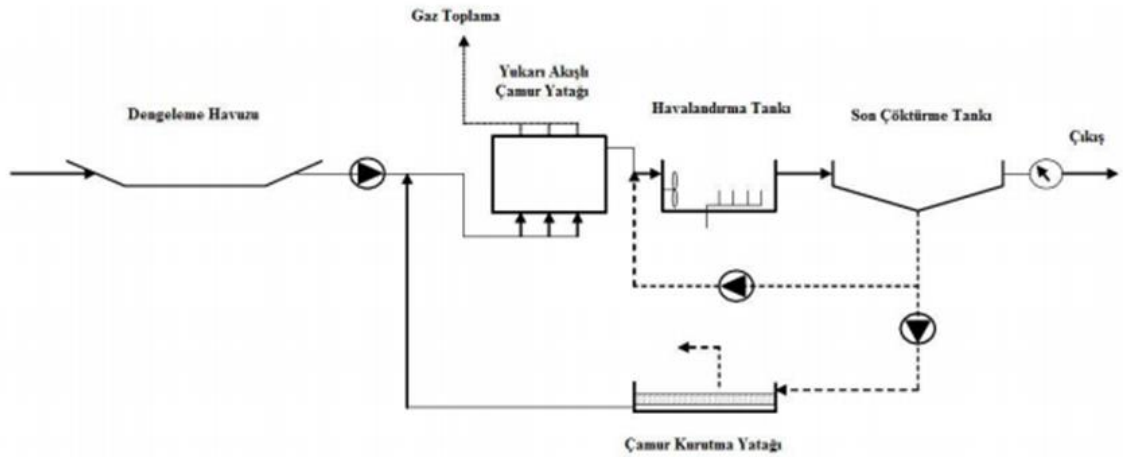
gres, renk, organik ve koloidal madde içeren yüksek kirleticilerinin giderilmeye çalışılmaktadır (Öztürk ve ark., 2010).



Şekil 2.4. Marmaris Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi akım şeması (Öztürk ve ark., 2010)

2.6.5. Çanakkale Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi

2009 yılında işletmeye alınan Katı Atık Depolama Tesisinden elde edilen sızıntı suyu, Şekil 2.5'te akım şeması verilen anaerobik ve havalandırma tanklardan oluşan bir arıtma tesisinde ön arıtmaya tabi tutulmaktadır. Ön arıtmadan sonra elde edilen sızıntı suyu Kepez Arıtma Tesisine deşarj edilmektedir. Depolama tesisinden, sızıntı suyu arıtma tesisine gelen sızıntı suyu 45 m³/ gün ortalama debiye sahiptir. Sızıntı suyu arıtma tesisinde BOİ, KOİ ve AKM sırasıyla 8137 mg/L, 11487 mg/L, 1000 mg/L tasarım kriterlerinden oluşmaktadır. Sonuç itibariyle depolama sahasında oluşan sızıntı suyu arıtma tesisinde yapılan işlemler doğrultusunda KOİ çıkış değeri <4000 mg/L ve AKM çıkış değeri <500 mg/L olarak değişmektedir (Öztürk ve ark., 2010).

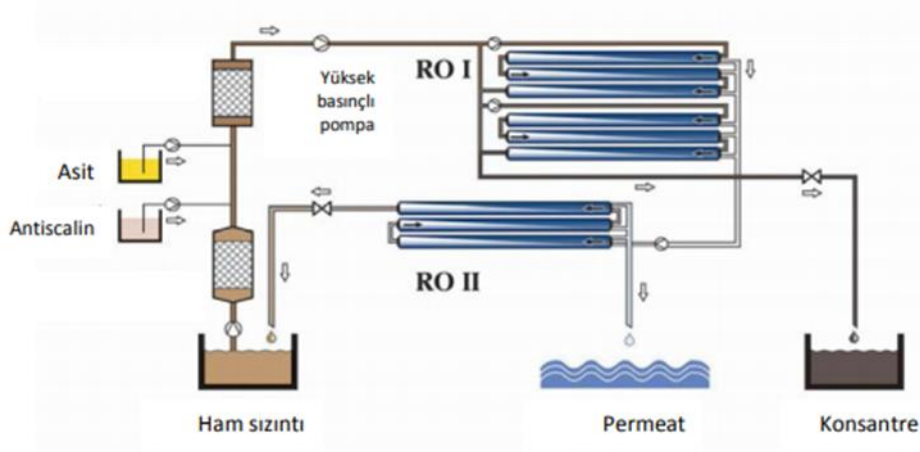


Şekil 2.5. Çanakkale Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi akım şeması (Öztürk ve ark., 2010)

2.6.6. Erzurum Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi

Erzurum Katı Atık Düzenli Depolama Sahası 2008 yılında işletmeye alınmış olup ortalama 50 m³/gün sızıntı suyu oluşmaktadır. Sahadan gelen sızıntı suları, sızıntı suyu havuzlarında toplanmakta ve ters ozmos arıtma ünitesinden oluşan sızıntı suyu arıtma tesisinde arıtılmaktadır. Tesisten çıkan su katı atık üzerine geri devir yapılmaktadır. Sızıntı suyunda yapılan analiz sonuçlarına göre KOİ, TKN, AKM değerleri sırası ile 24950 mg/L, 1065 mg/L, 1380 mg/L'dir (Öztürk ve ark., 2010).

Türkiye'nin ilk ters ozmos ile arıtma yapılan arıtma yapılan Şekil 2.6'da akım şeması verilen Erzurum Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi %100'e yakın bir arıtma verimine sahiptir. Sızıntı suyu arıtma tesisi birbirine seri bağlı iki fazlı membran sistemi şeklinde tasarlanmıştır. Arıtma sonunda elde edilen suyun bir kısmı tesise geri devir yapılmakta diğer kısmı ise yüzey suyu toplama havuzuna deşarj edilmektedir (Suscan, 2020).



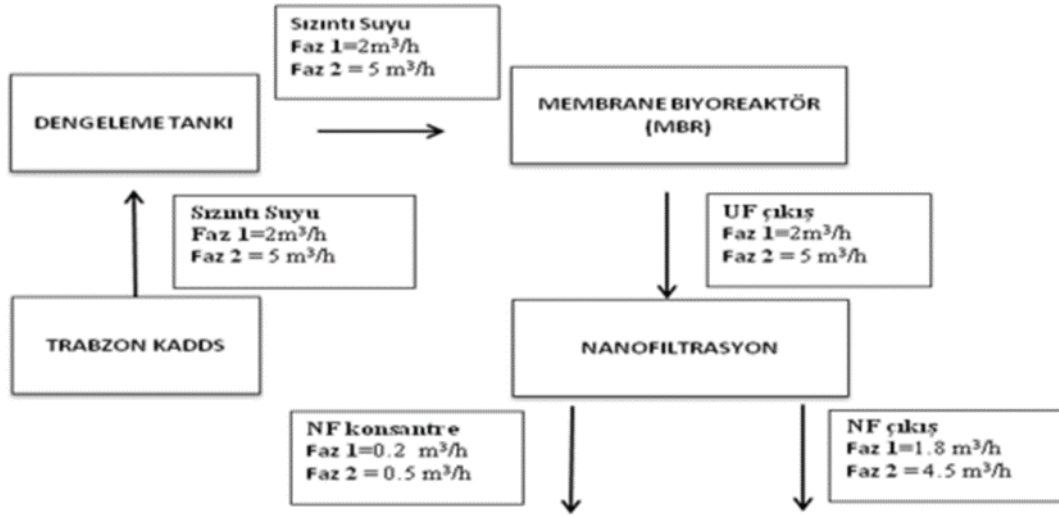
Şekil 2.6. Erzurum Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi akım şeması (Öztürk ve ark., 2010)

2.6.7. Trabzon Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi

2007'de açılan Katı Atık Düzenli Depo Sahasından elde edilen sızıntı suyu 120 m³/gün arıtma kapasiteli Şekil 2.7'de akım şeması verilen sızıntı suyu arıtma tesisinde arıtılmaktadır. Arıtma tesisinde sızıntı suyu UF ve NF teknikleri ile arıtım yapılmaktadır. Yaz aylarında ortalama 90 m³/gün, kış aylarında ise 40 m³/gün kapasite ile çalışan tesis dengeleme havuzları, denitrifikasyon ve nitrifikasyon havuzları ile UF–NF membranları ile tasarlanmıştır (Trabzon Valiliği, 2019).

Mevsimsel ve coğrafi şartlara göre de değişkenlik gösteren arıtma işleminde KOİ 6000- 30000 mg/L arasında değişmektedir. Depolama sahasından gelen sızıntı

suyundaki amonyum miktarı arıtma çıkışında 13 mg/L'ye kadar düşmektedir (Öztürk ve ark., 2010).



Şekil 2.7. Trabzon Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi akım şeması (Öztürk ve ark., 2010)

2.6.8. Aydın Didim Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi

2006 yılında atık kabulüne başlayan Didim Katı Atık Düzenli Depo Sahası'ndan elde edilen sızıntı suyu 30 m³/gün kapasiteli Şekil 2.8.'de akım şeması verilen sızıntı suyu arıtma tesisinde arıtılmaktadır. Arıtma Tesisi koagülasyon ve flokülasyon ünitelerinden oluşmaktadır. Koagülasyon ve flokülasyon tekniklerinden sonra kısmen arıtılmış sızıntı suyunun, sıvı ve katı bileşenlerin ayrılabilceği biçimde çöktürüldüğü durulma tankına gelmektedir. Durulma Tankı'ndan ayırım işleminden sonra arıtılmış sızıntı suyu, dereye deşarj edilmektedir (Öztürk ve ark., 2010, Aydın Valiliği, 2019).



Şekil 2.8. Didim Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi akım şeması (Öztürk ve ark., 2010)

2.7. Sızıntı Suyunun Mevzuattaki Yeri

2.7.1. Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik

26.03.2010 tarihli 27533 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan bu yönetmelik düzenli depolama tesislerine ilişkin teknik esaslar ile atıkların düzenli depolama tesislerine kabulü ve atıkların düzenli depolanmasına ilişkin usul ve esaslar ile alınacak önlemleri, yapılacak denetimleri ve tabi olunacak sorumlulukları kapsamaktadır.

Yönetmelik sızıntı suyunu depolanan atıklardan süzülen ve depolama sahasından kaynaklanan sıvı olarak tanımlamaktadır (Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik, 2010: madde 4).

Toprak ve suların korunması ve sızıntı suyu yönetimi için yönetmelikte geçen hükümler aşağıda yer verilmiştir.

- Düzenli depolama tesisinin yer seçimi ve tasarımı konusunda sızıntı suyunun yeraltı suyuna karışmasını önlemek için fiziksel, kimyasal, mekanik ve hidrolik özelliklerine sahip geçirimsizlik tabakası şartı getirilmiştir.
- Depolama sahasına yağıştan kaynaklanan suların girmesi önlenmelidir.
- Sızıntı suyu toplama sistemine yağış suyu girmesi asgari düzeye indirmelidir.
- Yüzeysel ve yeraltı sularının depodaki atığa temasını engellenmelidir.
- Oluşan sızıntı suyu toplanmalıdır. Toplanan sızıntı suyu Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre deşarj standartlarına uygun hâle getirmek için arıtılmalıdır (Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik, 2010: madde 7).

2.7.2 Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği

27.12.2017 tarihli 30283 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan bu yönetmelik bütün ambalajları ve bu ambalajların atıklarını kapsamaktadır.

Ambalaj atıklarının toplanarak cinslerine göre ayrıldığı toplama ayırma tesislerinde oluşabilecek sızıntı suyunu asgari düzeye indirmek için yönetmelikte her türlü önleyici tedbirlerin alınması şartı getirilmiştir (Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği, 2017: madde 4).

2.7.3. Maden Atıkları Yönetmeliği

15.07.2015 tarihli 29417 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan bu yönetmelik madenlerin aranması, çıkarılması, hazırlanması/zenginleştirilmesi veya depolanması

sonucunda ortaya çıkan atıkların yönetimi için gerekli olan işlemleri kapsamaktadır. Sızıntı suyu yönetimi için yönetmelikte geçen hükümler aşağıda yer verilmiştir.

- Maden atıklarının depolandığı tesislerin tabanı ve yan yüzeyleri yeraltı suyuna karışmaması için geçirimsizlik tabakası şartı getirilmiştir.
- Geçirimsizlik sistemine ilave olarak depo tabanında uygun jeosentetik, doğal veya yapay malzemelerle sızıntı suyu drenaj, toplama ve ihtiyaca göre arıtma tesisi yapılmalıdır.
- Toplanan sızıntı suyu Su Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'ne göre alıcı ortama deşarj edilmelidir.
- Sızıntı suyunun toplanarak arıtılması için uygun şev eğimi ile stabilize önlemler alınıp, palyeli sistemlerle depolanıp ve depolama sonrası rehabilite edilmelidir (Maden Atıkları Yönetmeliği, 2015: madde 11).

2.7.4. Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik

07.04.2012 tarihli 28257 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan bu yönetmelik yeraltı sularının kirlenmesinin ve bozulmasının önlenmesi ve bu suların iyileştirilmesi için gerekli şartları kapsamaktadır. Yeraltı suyu kirliliği önlenmesi için yapılan incelemeler neticesinde "Tedbirler Programı" hazırlanmıştır. Bu program kapsamında sızıntı suyu ile alakalı gerekli hükümler aşağıda verilmiştir.

- Tesisle ilgili gerekli teknik tedbirler alınmalıdır.
- Tesis işletmeye alınmadan önce, tesis alanı tabanında yer alan yeraltı suları kirlenip kirlenmedikleri dikkate alınarak izlenmelidir.
- Kirlenme durumunda gerekli müdahale tesis sahibi/yetkilisi tarafından karşılanmalıdır (Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik, 2012: madde 12).

2.7.5. Atık Yönetim Yönetmeliği

02.04.2015 tarihli 29314 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan bu yönetmelik atıkların oluşumundan bertarafına kadar çevre ve insan sağlığına zarar vermeden yönetiminin sağlanması amaçlamakta ve buna ilişkin denetim ve esaslarını kapsamaktadır.

Yönetmelikte sızıntı suyu, aktarma istasyonlarında problem olmaması için araç giriş çıkışı hariç diğer tarafları kapalı olarak inşa edilmesini zorunlu kılmıştır (Atık

Yönetim Yönetmeliği, 2015: madde 5). Ayrıca atık işletme tesislerine sızıntı suyunun olumsuz etkilerine karşı her türlü tedbiri alma zorunluluğunu getirmiştir (Atık Yönetim Yönetmeliği, 2015: madde 10).

2.7.6. Erzurum Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Atıksuların Kanalizasyona Deşarj Yönetmeliği

12.12.2014 tarihli, 2014/17 sayılı kararla Erzurum Büyükşehir Belediye Meclis kararı ile kabul edilmiş olan bu yönetmelik atıksuların çevre kirlenmesine yol açmayacak bir düzeyde arıtılarak uzaklaştırılmasına ilişkin usul ve esasları içermektedir.

Yönetmelikte sızıntı suyu kanalizasyon sistemine deşarj edilmemesi gerektiğini belirtmektedir (Atıksuların Kanalizasyona Deşarj Yönetmeliği, 2014: madde 33).

2.7.7. İçme Suyu Havzaları Koruma Yönetmeliği

28.09.2017 tarihli 30224 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan bu yönetmelik su kaynaklarının korunması konusunda hukuki ve teknik usullerinden oluşmaktadır.

Yönetmelikte havzaların uzak mesafeli koruma alanlarında yapılan katı atık depolama ve bertaraf tesislerinde oluşacak sızıntı suyunun akıbeti için havza dışında arıtma ile atıksu altyapı tesisine verilmesini istemektedir. Fakat havza dışına çıkarılması mümkün olmadığı durumlarda ileri arıtmadan geçirilmesini belirtilmektedir (İçme Suyu Havzaları Koruma Yönetmeliği, 2017: madde 12).

2.7.8. KOSKİ Genel Müdürlüğü Atıksuların Kanalizasyon Şebekesine Deşarj Yönetmeliği

Atıksuların kanalizasyon şebekesine bağlanmalarına, vidanjör ve benzeri bir araç ile taşınarak kanalizasyon şebekelerine boşaltılmalarına, kanalizasyon şebekesi bulunmayan yerlerde çevre kirlenmesine yol açmayacak bir düzeyde arıtılarak uzaklaştırılma ve uygun alıcı ortama verilmeleri ile kanalizasyon şebekesinin kullanım ve korunmasına ilişkin esas, yöntem ve kısıtlamaları belirlemek amacıyla KOSKİ Genel Müdürlüğü Atıksuların Kanalizasyon Şebekesine Deşarj Yönetmeliği uygulanmaktadır. Yönetmelikte katı atık sızıntı sularının kanalizasyon şebekesine deşarjına ilişkin hükümler yer almamaktadır. Bu nedenle transfer istasyonundan kaynaklanan sızıntı sularının kanalizasyon şebekesine verilmesine ilişkin değerlendirmeler literatür ve Avrupadaki/Dünyadaki örnek uygulamalar çerçevesinde yapılmıştır.

2.8. Konya Katı Atık Yönetimi

2.8.1. Konya Katı Atık Sahası ve Bertaraf Tesisleri

Konya şehri, 2019 yılı adrese dayalı nüfus kayıt sistemine göre 2.232.374 nüfus ile Türkiye'nin 30 Büyükşehir Belediyesi arasında yer alan ve yüzölçümü bakımından en büyük ilidir (Konya Valiliği, 2020).

Konya ilinde, katı atık yönetimi Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne göre gerçekleştirilmektedir. Kentte bulunan katı atıklar Selçuklu, Meram, Karatay ve Çumra İlçe Belediyelerince toplanıp 1 milyon 720 bin metrekarelik alana sahip Kaşınhanı mevkiinde yer alan Katı Atık Düzenli Depolama Sahası'na taşınmaktadır (Konya Büyükşehir Belediyesi, 2020). Bu sahada 2019 yılında 531.083 ton katı atık bertaraf edilmiştir (Konya Valiliği, 2020).



Şekil 2.9. Kaşınhanı Katı Atık Depolama Sahası (ÇŞB, 2009)



Şekil 2.10. Kaşınhanı Katı Atık Depolama Sahası (ÇŞB, 2009)



Şekil 2.11. Kaşınhanı Katı Atık Depolama Sahası (ÇŞB, 2009)

Aslım Katı Atık Transfer İstasyonu

Karatay ilçesinde yer alan Aslım Katı Atık Depolama Sahası şehir içinde meydana gelen koku problemi ve sahaya çöp dökmeye giden çöp kamyonlarının hem yakıt hem de trafikte oluşturdukları yoğunluk bakımından olumsuz etkileri sebebiyle bu saha bir aktarma istasyonuna çevrilmiştir. Konya Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Müdürlüğü ekipleri tarafından çöp kamyonları ile toplanan atıklar, Katı Atık Transfer Merkezinde, özel olarak tasarlanmış tırlara yüklenerek yeni bir çöp depolama sahasına taşınmaktadır (Karatay Belediyesi, 2018).



Şekil 2.12. Aslım Katı Atık Transfer İstasyonu (Karatay Belediyesi, 2018)



Şekil 2.13. Aslım Katı Atık Transfer İstasyonu (Karatay Belediyesi, 2018)

Akşehir Katı Atık Depolama Tesisi

Konya Katı Atık Projesi kapsamında 2. Bölge olarak ilan edilen Akşehir’de düzenli depolama alanı kurulmuştur. 2012 yılında işletmeye açılan tesis 543.318 m³ depolama kapasitesine sahiptir. İlçe merkezine 5 km uzaklıkta olan tesis 20 yıllık bir kullanım ömrüne sahiptir. Ayrıca Kadınhanı ve Sarayönü ilçelerinde toplanıp Lâdik aktarma istasyonuna getirilen atıklar da Akşehir Katı Atık Depolama Tesisi ’ne taşınmaktadır (Konya Valiliği, 2020). Bu tesiste oluşan sızıntı suyu, sızıntı suyu toplama havuzlarında biriktirilip yine bu havuzla bağlantılı olarak sızıntı suyu geri devri gerçekleştirilmektedir.



Şekil 2.14. Akşehir Katı Atık Düzenli Depolama Sahası (Konya Valiliği, 2020)

Cihanbeyli Katı Atık Depolama Tesisi

Konya Katı Atık Projesi kapsamında 3. Bölge olarak ilan edilen Cihanbeyli’de düzenli depolama alanı kurulmuştur. 1.018.000 m³ katı atık depolama kapasitesine sahip

tesis 2008 yılında işletmeye açılmıştır. İlçe merkezine 6 km uzaklıkta olan tesisin kullanım ömrü 20 yıldır Tesis Cihanbeyli'nin yanı sıra Kulu ve Altınekin ilçelerine de hizmet etmektedir. (Konya Valiliği, 2020). Tesiste oluşan sızıntı suyu havuzlarda toplanıp sahanın üzerine tekrar geri devir yaptırılarak bertaraf ediliyor.



Şekil 2.15. Cihanbeyli Katı Atık Depolama Tesisi (Konya Valiliği, 2020)

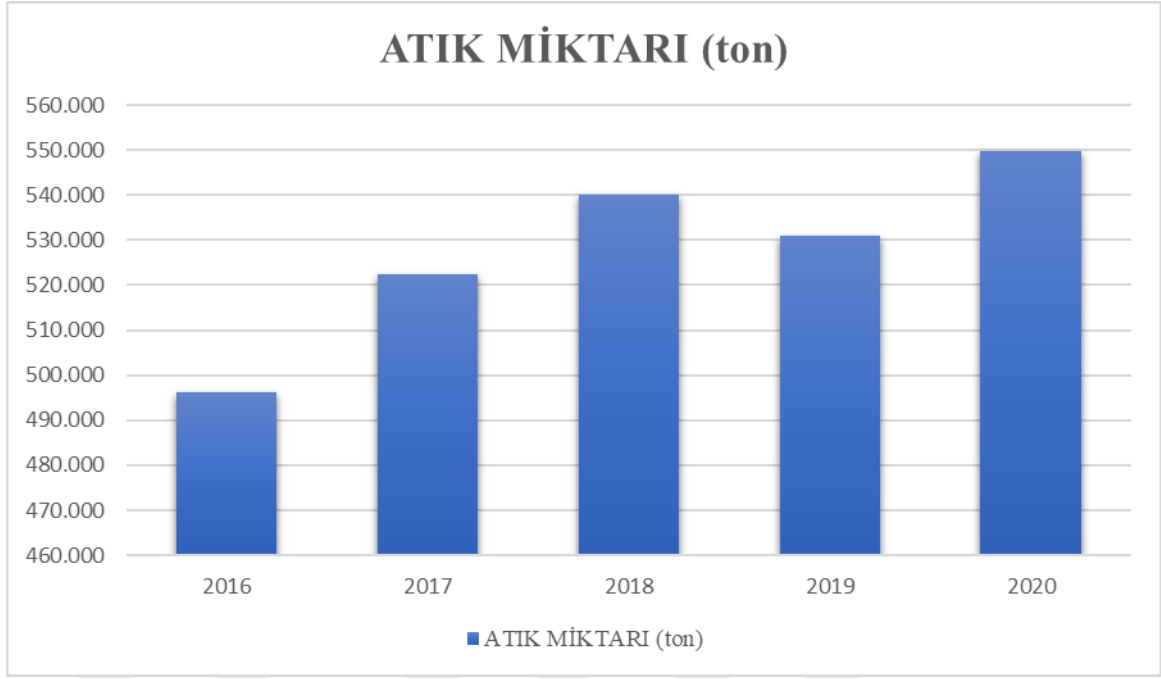
2.8.2. Atık Miktarları

2020 yılında Konya'da 549.851 ton atıkla günlük ortalama 1500 ton atık bertaraf edilirken 2018'de bu sayı 531.083 ton atıkla günlük ortalama 1455 ton atık bertaraf edilmiştir (Konya Büyükşehir Belediyesi, 2020;164).

Çizelge 2.3'te görüldüğü gibi yıllar içinde artan bir katı atık hacmi vardır. Sadece bu artış 2019 yılında sekteye uğramış bir önceki yıla göre daha az atık oluşmuştur. Yıllar içinde gerçekleşen bu artış sanayileşme ve nüfus artışından dolayı kaynaklanmaktadır. Verilere göre 2020 yılı 549.851 tonla en yüksek seviyede ve 2016 yılı 496.117 tonla en düşük seviyede atık bertaraf edilen yıllar olmuştur. Çizelge 2.3'te yıllara içinde oluşan atık miktarı Şekil 2.16'daki grafiğe aktarılmıştır.

Çizelge 2.3. Konya İli Katı Atık Miktarları (Konya Büyükşehir Belediyesi, 2020;164)

Aylar	2016	2017	2018	2019	2020
Ocak	40.857	42.601	42.523	44.828	44.169
Şubat	40.592	42.701	40.648	40.323	41.642
Mart	42.269	49.580	44.616	43.846	47.499
Nisan	38.744	41.389	43.009	41.527	43.215
Mayıs	39.341	42.224	45.391	41.413	41.033
Haziran	41.249	39.947	45.452	41.111	44.728
Temmuz	39.762	43.095	48.568	45.528	49.287
Ağustos	43.065	46.388	49.491	48.733	50.156
Eylül	46.289	43.923	43.459	44.436	47.032
Ekim	42.691	42.982	45.913	45.981	47.965
Kasım	43.135	44.629	45.042	45.695	45.317
Aralık	38.123	42.981	45.864	47.663	47.808
Toplam (ton)	496.117	522.439	539.976	531.083	549.851



Şekil 2.16. Konya İli'nde Atık Miktarının Yıllara Göre Değişimi (Konya Büyükşehir Belediyesi, 2020;164)

2.8.3. Konya İli Katı Atık Deponi Sahalarında Enerji Üretimi

Konya Katı Atık Yönetim Projesi kapsamında katı atık depolama tesislerinde oluşan depo gazlarının değerlendirilmesine yönelik çevreci yatırımlar amaçlanmıştır. Bu amaçla 2011'de Aslım'da, 2018 yılında ise Kaşınhanı ve Akşehir'de 3 adet CH₄ Gazından Elektrik Enerjisi Üretim Tesisi kurulmuştur (Cumhurbaşkanlığı İletişim Başkanlığı, 2020).

Tesislerde katı atıklardan oluşan metan gazı (CH₄) yatay ve dikey borularla toplanıp, gaz motorlarında yakılarak elektrik enerjisine dönüştürülmektedir (Konya Valiliği, 2020). CO₂'ye göre küresel ısınma potansiyeli 21 kat daha yüksek olan CH₄ gazının dönüştürülmesi sayesinde hem sera gazı azalmaktadır hem de enerji üretilmektedir. Ayrıca bertaraf işlemleri sırasında oluşan gazların çevreye karşı oluşturabileceği tehditlerde önlenmektedir (Konya Büyükşehir Belediyesi, 2020).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına ve çevrenin korunmasına yönelik kurulan Aslım Katı Atık Sahası, Konya Entegre Atık Bertaraf ve Enerji Üretim Tesisi ile Akşehir Katı Atık Düzenli Depolama Sahasında 8 yılda 378.035.880 kilowatt elektrik üretilmiştir (Konya Büyükşehir Belediyesi, 2020).

2011 yılından 2018'e kadar tam kapasiteli çalışan Aslım Katı Atık Depolama Sahasında Oluşan Deponi Gazından Enerji Üretim Tesisinde saatte 5,6 megawatt enerji üretilmektedir. 2017 yılında depolama sahasından, aktarma istasyonuna çevrilen tesis

halihazırda 2,8 megawatt kapasite ile enerji üretilmektedir. Kaşınhanı mevkiinde kurulan diğer tesiste ise saatte 10,92 megawatt enerji üretilmektedir. 2018’de Akşehir Katı Atık Düzenli Depolama Sahasında kurulan üretim tesisinde ise saatte 0,8 megawatt enerji üretilmektedir (Konya Valiliği, 2020).

2019 yılında 3 tesiste sırasıyla:

- Aslım Metan Gazından Enerji Üretim Tesisinde 20.294.011,00 kilowatt elektrik,
- Kaşınhanı mevkiinde kurulan Konya Entegre Atık Bertaraf ve Enerji Üretim Tesisinde 55.650.607,00 kilowatt elektrik,
- Akşehir Katı Atık Düzenli Depolama Sahasında kurulan Metan Gazından Enerji Üretim Tesisinde 1.938.937,00 kilowatt elektrik üretilmiştir.

Netice itibariyle Konya’da katı atıktan meydana gelen metan gazından 1 yılda 78 milyona yakın elektrik üretilmiştir (Konya Valiliği, 2020).



Şekil 2.17. Aslım Metan Gazından Elektrik Enerjisi Üretim Tesisi (KBB, 2020)



Şekil 2.18. Akşehir Metan Gazından Elektrik Enerjisi Üretim Tesisi (KBB, 2020)



Şekil 2.19. Kaşınhanı Metan Gazından Elektrik Enerjisi Üretim Tesisi (KBB, 2020)

2.8.4. Konya İli'nde Katı Atık Sızıntı Suyu Yönetimi

Dünyadaki bütün katı atık tesislerinde olduğu gibi yüksek kirlilik derecesine sahip sızıntı suyu Konya Katı Atık Depolama Tesislerinde de büyük bir problemdir.

Aktarma istasyonuna çevrilmeden önce depolama tesisi olarak kullanılan Aslım Katı Atık Tesisinde sızıntı suyu drenaj şebekesi, sızıntı suyu toplama havuzu, sızıntı suyu geri devir sistemi ile bertaraf edilmekteydi (Şekil 2.20.) (Konya Valiliği, 2017).

Aslım Katı Atık Sahası depolama sahası olarak kullanıldığı dönemde bu sahada oluşan sızıntı suyu bir arıtmaya tabi tutulmaksızın Keçili Kanalı'na gönderilmekteydi (Şekil 2.21.) (Apaydın, 2007).



Şekil 2.20. Sızıntı Suyu Toplama Havuzu (Apaydın, 2007)



Şekil 2.21. Sızıntı Suyunun Keçili Kanalı'na verildiği bölge (Apaydın, 2007)

Daha sonra Aslım Katı Atık Sahası transfer istasyonuna dönüştürülmüş olup, Kaşınhanı mevkiinde kurulan Konya Katı Atık Düzenli Depolama Alanı işletmeye alınmıştır. Kaşınhanı Katı Atık Depolama Tesisleri yeni bir tesis olması dolayısıyla oluşan sızıntı suyunun karakterizasyonunda sabit değerler çıkmamaktadır. Bu sahada oluşan

sızıntı sularının kısmen ayrılmış, kısmen stabilize olmuş bir depolama sahası sızıntı suyu gibi orta karakterde kirlilik yüküne sahip olduğu tahmin edilmektedir. Tesis sızıntı suyu tahmini karakterizasyonu Çizelge 2.4.'te verilmiştir.

Çizelge 2.4. Kaşınhanı Katı Atık Düzenli Depolama Sahası Sızıntı Suyu Tahmini Sonuçları

Parametre	Tahmini Sonuç
pH	8,0
Elektriksel İletkenlik (EC) ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	3700
Askıda Katı Madde (AKM) (mg/L)	420
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) (mg/L)	5100
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ) (mg/L)	1800
Toplam Azot (TN) (mg/L)	1050
Amonyak Azotu ($\text{NH}_3\text{-N}$) (mg/L)	315
Toplam Fosfor (TP) (mg/L)	30
Kadmiyum (Cd) (mg/L)	0,34
Krom (Cr) (mg/L)	0,055
Bakır (Cu) (mg/L)	<dl
Mangan (Mn) (mg/L)	25
Nikel (Ni) (mg/L)	0,4
Çinko (Zn) (mg/L)	0,86

Aslım Katı Atık Transfer İstasyonu sızıntı suyu karakterizasyonu Çizelge 2.6'da verilmiştir. Sızıntı suyu analiz sonuçlarına göre oluşan sızıntı suyunun güçlü karakterde olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 2.5. Aslım Katı Atık Transfer İstasyonu Sızıntı Suyu Analiz Sonuçları

Parametre	Sonuç
pH	7,3
Elektriksel İletkenlik (EC) ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	18 560
Askıda Katı Madde (AKM) (mg/L)	53 700
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) (mg/L)	84 480
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ) (mg/L)	46 200
Toplam Azot (TN) (mg/L)	2 262
Amonyak Azotu ($\text{NH}_3\text{-N}$) (mg/L)	462
Toplam Fosfor (TP) (mg/L)	305
Kadmiyum (Cd) (mg/L)	<dl
Krom (Cr) (mg/L)	1,07
Bakır (Cu) (mg/L)	9,57
Mangan (Mn) (mg/L)	18,63
Nikel (Ni) (mg/L)	1,2
Çinko (Zn) (mg/L)	59,8

AB ile dönemin Çevre ve Şehircilik Bakanlığı desteğiyle “Konya Katı Atık Yönetimi Projesi” kapsamında AB ve Türkiye standartlarını karşılayan çevreci tesisler hayata geçirilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda Aslım Katı Atık Depolama Sahasının rehabilitasyonu gerçekleştirilmiş, katı atık düzenli depolama sahası ve transfer istasyonu tamamlanarak işletmeye alınmıştır. Proje kapsamında depolama sahasında oluşan sızıntı suyunun bertarafı için bir arıtma tesisi tamamlanmıştır (Konya Valiliği, 2019).



Şekil 2.22. Konya Katı Atık Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi (Konya Büyükşehir Belediyesi)

Konya katı atık düzenli depolama sahası sızıntı suyu arıtma tesisi kimyasal ve biyolojik arıtma ünitelerinden oluşmaktadır. Tesisin kimyasal arıtma üniteleri; koagülasyon, flokülasyon ve çökeltme havuzundan oluşmakta iken tesisin biyolojik arıtma üniteleri; karbon ve azot giderimi yapacak şekilde nitrifikasyon ve denitrifikasyon bölgelerine sahip havalandırma havuzları ve çökeltme havuzundan oluşmaktadır. Biyolojik arıtma prosesinde havalandırma amacıyla jet aeratörler kullanılmıştır. Tesiste çamur bertarafı; çamur yoğunlaştırma tankı ve filtre pres inşa edilmiştir.

Konya katı atık düzenli depolama sahası sızıntı suyu arıtma tesisi 200 m³/gün tasarım debisi ve 57,8 m³/gün drenaj debisi olmak üzere toplam 257,8 m³/gün kapasiteli olacak şekilde projelendirilerek inşa edilmiştir. Tesise gelen sızıntı suyu miktarının yaz aylarında ortalama 150 m³/gün, kış aylarında ortalama 180 m³/gün olacağı tahmin edilmektedir. Tesisin biyolojik arıtma üniteleri tasarımı için kabul edilen kirlilik yükleri kimyasal arıtma ünitelerinde;

AKM parametresi için; %10

KOI parametresi için; %25

BOİ parametresi için; %25

Toplam Azot parametresi için; %10 giderim yapılacağı düşünülmüş olarak belirlenmiştir.

Tesis çıkışında ise KOSKİ Kanalizasyon deşarj parametreleri dikkate alınmıştır. Ancak tesisin mevcut durumdaki aksaklıkları sebebiyle yeniden revize edilme kararı alınmıştır (Konya Büyükşehir Belediyesi). Bu nedenle Konya İli katı atık sızıntı suyu arıtılmadan Keçili Kanalına verilmektedir. Keçili Kanalı'na gelen arıtılmış atıksular 1974 yılında işletmeye alınmış olan Konya Ana Tahliye Kanalı yoluyla Tuz Gölü'ne ulaşmaktadır. Keçili Kanalı'ndan Tuz Gölü'ne ulaşan Ana Tahliye Kanalı civarındaki çiftçilerin tarımda sulama amaçlı kullanmaları ile verimli topraklar kirlenmekte ve bitki kalitesi olumsuz yönde etkilenmektedir. Bunun yanında Tuz Gölü'nde bulunan sularda Konya İli'nden kaynaklı evsel atıksu parametreleri ile ağır metallerle rastlanmıştır. Fakat Konya AAT işletmeye alındığı 2010 yılından itibaren Tuz Gölü'ne iletilen suyun kalitesi artmıştır (Kalıpçı ve Ceylan, 2017).

Aslım katı atık transfer istasyonunda oluşan sızıntı suları 2 adet 4 m³ hacmindeki depolarda toplanmaktadır. Katı Atık Transfer İstasyonunda günlük transfer işleminin yapıldığı bir tesis olması dolayısıyla aerobik fazda, biyolojik ayrışabilirliği yüksek genç sızıntı suyu oluşmaktadır. Oluşan sızıntı suları çevre arazilerde bertaraf edilmektedir.

2.8.5. Konya Katı Atık Karakterizasyonu

Konya Büyükşehir Belediyesi tarafından yapılan çalışma katı atık karakterizasyonu çalışmaları Çizelge 2.6.'da verilmiştir.

Çizelge 2.6. Konya Belediyesi Katı Atık Bileşenleri (Konya Büyükşehir Belediyesi)

2019 İKİLİ TOPLAMA SİSTEMİ İLE TOPLANAN KARIŞIK BELEDİYE ATIĞI-AĞIRLIKÇA	Kış Dönemi (%)	Yaz Dönemi (%)	Yıllık Ortalama (%)
Mutfak Atıkları	38,10	51,20	44,65
Kâğıt	0,08	0,12	0,10
Karton	0,03	0,05	0,04
Plastik	0,73	0,79	0,76
Cam	0,10	0,20	0,15
Metal	0,32	0,22	0,27
Hacimli Metal	0,00	0,00	0,00
Evsel Tehlikeli Atık	0,00	0,00	0,00
Park ve Bahçe Atıkları	0,30	0,10	0,20
Diğer Yanmayan Atıklar (Kül, Taş, Seramik, Cüruf vb)	23,93	6,52	15,23
Diğer Yanamayan Hacimli Atıklar	0,00	0,00	0,00
Diğer Yanabilen Atıklar	36,41	40,80	38,61
Diğer Yanabilen Hacimli Atıklar	0,00	0,00	0,00
Elektrik Elektronik Atıklar	0,00	0,00	0,00
TOPLAM	100,00	100,00	100,00
Biyobozunur Atıklar (Mutfak Atıkları, Park ve Bahçe Atıkları)	38,40	51,30	44,85
Geri Dönüşümü Mümkün Olan Atıklar- Ambalaj Atıkları (Kâğıt, Karton, Plastik, Cam, Metal, Hacimli Metal)	1,26	1,38	1,32
Yanabilir Atıklar (Diğer Yanabilen Atıklar, Diğer Yanabilen Hacimli Atıklar)	36,41	40,80	38,61
Diğer Yanmayan Atıklar (Diğer Yanmayan Atıklar, Diğerleri, Kül) Bakiye Atık	23,93	6,52	15,23
Evsel Tehlikeli Atıklar	0,00	0,00	0,00
Elektrik Elektronik Atıklar	0,00	0,00	0,00
TOPLAM	100,0	100,00	100,00

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışmasında Konya İli katı atık transfer istasyonları ve katı atık deponi sahalarında oluşan sızıntı suyunun hacim ve karakteristiği kullanılmıştır. Konya İli'ndeki bu sahalarından çıkan sızıntı suyunun Konya Kentsel AAT'ye olası etkisini değerlendirmek amacıyla kirlilik yükleri hesaplanmıştır. AAT'ye gelen kirlilik yükünü hesaplamak için 2 farklı sızıntı suyu hacmi, 2 farklı sızıntı suyu karakteristiği değerlendirmeye alınmıştır. Bu kapsamda her bir sızıntı suyunun kirlilik yükü hesaplanmıştır. Çizelge 3.1'de sızıntı suyu karakteristikleri verilmiştir.

Sızıntı suyu tipleri;

1. Sızıntı Suyu Tipi: Orta karakterdeki sızıntı suyu, Kaşınhanı Katı Atık Depolama sahasını temsilen
2. Sızıntı Suyu Tipi: Güçlü karakterdeki sızıntı suyu, Aslım Transfer İstasyonunu temsilen

Çizelge 3.1. Kaşınhanı Katı Atık Depolama Sahası ve Aslım Transfer İstasyonu Sızıntı Suyu Karakteristikleri

PARAMETRE	1. Sızıntı Suyu Tipi	2. Sızıntı Suyu Tipi
pH	8,0	7,3
EC $\mu\text{s/cm}$	18 560	18 300
AKM mg/l	1105	53 700
BOİ mg/l	1220	46 200
KOİ mg/l	57 600	84 480
NH ₃ N mg/l	1723	462
TP mg/l	30	305
Cd mg/l	0,34	0,4
Cr mg/l	1,02	1,39
Cu mg/l	0,55	0,95
Mn mg/l	1,47	2,55
Ni mg/l	1,93	2,4
Zn mg/l	3,38	7,45

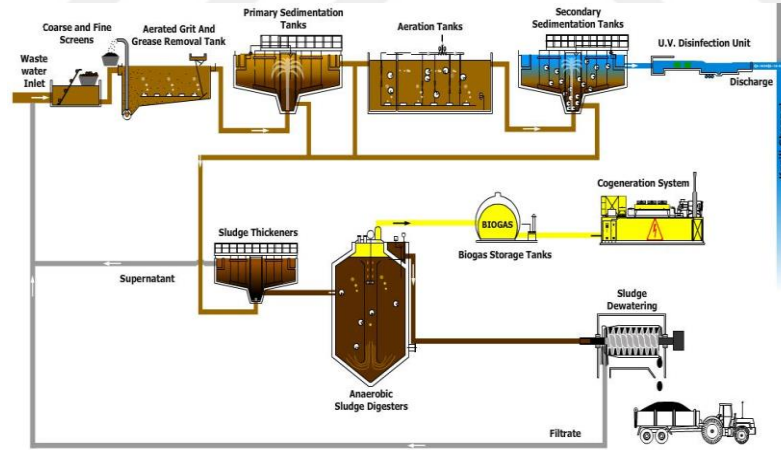
3.1. İncelenen Katı Atık Tesislerinde Sızıntı Suyu Debileri

Konya İli, Kaşınhanı Katı Atık Depolama Tesisi Debisi: Tesiste mevcut şartlarda 1455 ton/gün katı atık depolanmaktadır. Sızıntı suyu arıtma tesisinin projelendirilmesinde yapılan hesaplamalarda kış aylarında 180 000 L/gün sızıntı suyu oluşumu tahmin edilmiştir (Konya Valiliği, 2020).

Aslım Katı Atık Transfer İstasyonu Debisi: Tesiste transferi sağlanan 600 ton/gün katı atığın sızıntı suyu miktarı 9 600 L/gün'dür. Yapılan ölçümler neticesinde tesiste transferi sağlanan katı atığın %1,6'si oranında sızıntı suyu oluşmaktadır (Konya Büyükşehir Belediyesi, 2020).

3.2. Konya Kentsel AAT Debi ve Karakterizasyonu

Bu tez çalışmasında Konya Kentsel AAT değerlendirmeye alınmıştır. Konya AAT 200 000 m³/gün tasarım debisine uygun olarak tasarlanmıştır. Konya AAT kısmi azot (N), fosfor (P) ve karbon (C) giderimi prensibine göre inşa edilmiştir (Balık, 2019). Tesis fiziksel arıtma ekipmanları, biyolojik arıtma ekipmanları, çamur arıtma, enerji geri kazanım tesisi ve dezenfeksiyon biriminden oluşmaktadır (Dolu, 2016). Tesisin mevcut akım şeması Şekil 3.1.'de verilmiştir (Balık, 2019).



Şekil 3.1. Konya Kentsel Atıksu Arıtma Tesis

Sızıntı sularının Konya Kentsel AAT'ye olan kirlilik yükünün hesaplanması için tesisin giriş atıksu karakterizasyonu kullanılmıştır. Konya Kentsel AAT giriş atıksu karakterizasyonu Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Konya AAT, Atıksu Giriş Parametreleri (KOSKİ, 2021)

Parametre	Giriş Konsantrasyonu
pH	7,8
EC µs/cm	2102
AKM mg/L	517
BOİ mg/L	668
KOİ mg/L	1097
TN mg/L	100
NH ₃ N mg/L	77
TP mg/L	12
Cd mg/L	0,0033
Cr mg/L	0,121
Cu mg/L	0,109
Pb mg/L	0,192
Mn mg/L	0,312
Ni mg/L	0,079
Zn mg/L	1,149

3.3. Kirlilik Yükü Hesaplamaları

Kirlilik yükü hesaplaması için Eşitlik 1 (kg/gün) ve Eşitlik 2 (mg/L) kullanılmıştır.

$$\text{Kirlilik Yükü (L)} = \text{Debi (Q)} \times \text{Konsantrasyon (C)} \dots \text{Eşitlik 1}$$

$$L = \frac{(Q_{\text{sızıntı suyu}} \times C_{\text{sızıntı suyu}}) + (Q_{\text{atıksu}} \times C_{\text{sızıntı suyu}})}{Q_{\text{sızıntı suyu}} + Q_{\text{atıksu}}} \dots \text{Eşitlik 2}$$

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Konya İli'nde bulunan katı atık tesislerinde oluşan sızıntı sularının karakterizasyonu değerlendirilerek literatür ile kıyaslanmıştır. Oluşan sızıntı sularının Konya Kentsel AAT'de arıtılması senaryosunu değerlendirmek amacıyla kirlilik yükleri hesaplanmıştır. Aynı zamanda, kentte oluşan sızıntı suyunun evsel atıksu ile birlikte arıtılmasında AAT'nin arıtma verimine olası etkileri ve tesiste meydana gelebilecek durumlar değerlendirilmiştir.

4.1. Kaşınhanı Katı Atık Depolama Tesisi Sızıntı Suyu Karakterizasyonunun Değerlendirilmesi

Düzenli depolama tesisleri atıkların, olduğu tesis içinde geri kazanım, ön işlem veya bertarafa gönderilmek üzere geçici depolandığı birimler ve yeraltı veya yer üstünde belirli teknik standartlara göre bertaraf edildiği sahalardır (Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik, 2010). Konya Kaşınhanı Katı Atık Depolama Tesisi sızıntı suyu tahmini karakterizasyonu Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Kaşınhanı Katı Atık Depolama Tesisi genç bir depolama sahasıdır. Sızıntı sularının kısmen ayrışmış, kısmen stabilize olmuş bir depolama sahası sızıntı suyu gibi orta karakterde kirlilik yüküne sahip olduğu tahmin edilmektedir. Tesis sızıntı suyu karakterizasyonu literatürde yer alan değerlere uygun olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 4.1. Kaşınhanı Katı Atık Depolama Tesisi Sızıntı Suyu Tahmini Sonuçları ve Tipik Orta Yaşlı Sızıntı Suyu Karakteristiği

Parametre	Sonuç	Tipik Orta Yaşlı Sızıntı Suyu Karakteristiği (5-10 yıl)	Referans
pH	8,0	6.8–8.4	Brennan ve ark., 2016
Elektriksel İletkenlik (EC) (µs/cm)	3700	2606-1040	Brennan ve ark., 2016
Askıda Katı Madde (AKM) (mg/L)	420	100-400	Khoo ve ark., 2020
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) (mg/L)	5 100	4.000-10.000	Renou ve ark., 2008
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ) (mg/L)	1800	1000-4000	Renou ve ark., 2008
Toplam Azot (TN) (mg/L)	1050	120- 1 083	Brennan ve ark., 2016
Amonyak Azotu (NH ₃ -N) (mg/L)	315	63-378	Brennan ve ark., 2016
Toplam Fosfor (TP) (mg/L)	30	10-100	Costa ve ark., 2019
Kadmiyum (Cd) (mg/L)	0,34	0,001–0,016	Brennan ve ark., 2016
Krom (Cr) (mg/L)	0,055	0,028–0,284	Brennan ve ark., 2016
Bakır (Cu) (mg/L)	<dl	0.011–0.157	Brennan ve ark., 2016
Mangan (Mn) (mg/L)	25	-	-
Nikel (Ni) (mg/L)	0,4	0.022-0,151	Brennan ve ark., 2016
Çinko (Zn) (mg/L)	0,86	0,01- 0.303	Brennan ve ark., 2016

4.2. Aslım Katı Atık Transfer İstasyonu Sızıntı Suyu Karakterizasyonunun Değerlendirilmesi

Transfer istasyonlarından kaynaklanan atıklar çok büyük değişkenlikler göstereceğinden, bu tür atıklar “düzenli olarak üretilmeyen atıklar” kapsamı altında ele alınmaktadır (Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik, 2010). Konya Katı Atık Transfer İstasyonu da “düzenli olarak üretilmeyen atıklar” kapsamında değerlendirilmelidir. Buna bağlı olarak transfer istasyonunda oluşan sızıntı suyunun karakterizasyonunun da değişkenlik göstereceği öngörülmektedir.

Aslım Katı Atık Transfer İstasyonu Sızıntı Suyu karakterizasyonu Çizelge 4.2’de verilmiştir. Çizelgede verilen tipik genç sızıntı suyu karakteristiği, katı atık depolama sahaları için literatürde verilen değerleri içermektedir. Katı atık transfer istasyonu sızıntı suları karakteristiği için literatürde bulunan az sayıda çalışma sonucunda oldukça değişken aralıklarda değerler verildiği değerlendirilmiştir. Bu

nedenle transfer istasyonu sızıntı suyu karakteristiğinin deponi sahaları için verilen genç sızıntı suyu ile karşılaştırılması uygun bulunmuştur.

Çizelge 4.2. Aslım Katı Atık Transfer İstasyonu Sızıntı Suyu Analiz Sonuçları ve Tipik Genç Sızıntı Suyu Karakteristiği (Konya Büyükşehir Belediyesi, 2020)

Parametre	Sonuç	Tipik Genç Sızıntı Suyu Karakteristiği (<2 yıl)	Referans
pH	7,3	4,5-7,5	Noerfitriyani ve ark., 2017
Elektriksel İletkenlik (EC) (µs/cm)	18 300	3090-28500	Brennan ve ark., 2016-
Askıda Katı Madde (AKM) (mg/L)	53 700	200-2000	Noerfitriyani ve ark., 2017
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) (mg/L)	84 480	3000-60 000	Noerfitriyani ve ark., 2017
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ) (mg/L)	46 200	2000-30 000	Noerfitriyani ve ark., 2017
Toplam Azot (TN) (mg/L)	2 262	500-1 500	Noerfitriyani ve ark., 2017
Amonyak Azotu (NH ₃ -N) (mg/L)	462	10-2 040	Duran ve Cuci, 2016
Toplam Fosfor (TP) (mg/L)	305	5-100	Duran ve Cuci, 2016
Kadmiyum (Cd) (mg/L)	<dl	0,002-0,478	Ye ve ark., 2014
Krom (Cr) (mg/L)	1,07	0,02-1,02	Ye ve ark., 2014
Bakır (Cu) (mg/L)	9,57	0,02-4,87	Ye ve ark., 2014
Mangan (Mn) (mg/L)	18,63	-	-
Nikel (Ni) (mg/L)	1,2	0,08-1,59	Ye ve ark., 2014
Çinko (Zn) (mg/L)	59,8	0,01-22,4	Ye ve ark., 2014

Aslım Katı Atık Transfer İstasyonunda oluşan sızıntı suları genç sızıntı suyu niteliğindedir. Genç sızıntı sularının organik madde içeriği yüksek olmakta, yaşlı sahalarda ise organik madde azalmakta ve yerini inorganik maddeler ile zor ayrışan organiklere bırakmaktadır. Genel olarak depo sahaları için yaş sınıflandırması <5 yıl için genç, 5-10 yıl için orta yaşlı ve >10 yıl için yaşlı depolama sahası şeklindedir (Kang ve ark., 2002). Katı Atık Transfer İstasyonu ise günlük transfer işleminin yapıldığı bir tesis olması dolayısıyla aerobik fazda, biyolojik ayrışabilirliği yüksek genç sızıntı suyu oluşmaktadır.

Aslım Katı Atık Transfer İstasyonu sızıntı suyu analiz sonuçlarına göre; oluşan sızıntı suyunun güçlü karakterde olduğu tespit edilmiştir. Sızıntı suyu 53 700 mg/L AKM değerine sahip olup literatürde genç sızıntı suları için kaydedilen AKM değerlerinin oldukça üzerindedir. Bunun muhtemel nedeni toplanan katı atıkların henüz depolanmamış “taze çöp” adı verilen atıklardan oluşmasıdır. Ye ve ark., (2014) izledikleri genç sızıntı suyu örneklerinde maks. 16 000 mg/L AKM; Noerfitriyani ve

ark., (2017) maks. 2000 mg/L AKM kaydetmişlerdir. Shangai, Çin’de yer alan katı atık transfer istasyonundan alınan sızıntı suyu örneklerinde maks. 13 000 mg/L AKM kaydedilmiştir (Zhao ve ark., 2013). Bursa Hamitler Katı Atık Depo Sahası’nda oluşan sızıntı suyunun karakterizasyonunda kaydedilen en yüksek AKM değeri 5167 mg/L’dir (Kaşıkçı ve ark., 2011). İstanbul Kömürcüoda Katı Atık Depolama Sahası’nda oluşan sızıntı suyunda en yüksek AKM değeri 2840 mg/L’dir (Akgül, 2012). Yüksek AKM sızıntı suyunun iletiminde boru hattında tıkanmalara yol açabilir. Ancak mevcut kollektör hattının mesafesinin kısa olması ve eğim sorununun olmamasından dolayı bu sorun ortadan kalkabilir.

Sızıntı suyunun pH değeri 7,3 olarak kaydedilmiş olup nötral özelliktedir. Genç sızıntı suları, genel olarak uçucu asitlerin varlığı ve asitogen bakterilerin faaliyetleri dolayısıyla asidik karakter taşımaktadır. Transfer istasyonunda oluşan genç sızıntı suyunda asitogen bakteri faaliyetinin düşük olduğu değerlendirilmiştir.

Sızıntı suyunun tuzluluğunu ortaya koyan Elektriksel İletkenlik (Eİ) değeri 18300 $\mu\text{s/cm}$ olarak tespit edilmiştir. Mutfak atıklarının ve makromoleküllerdeki ayrışmanın katı atık sızıntı suyu tuzluluğunu arttırdığı bilinmektedir. Shangai, Çin’de yer alan katı atık transfer istasyonundan yaz aylarında alınan sızıntı suyu örneklerinde nispeten düşük seviyede (780 – 3760 $\mu\text{s/cm}$) Eİ kaydedilmiştir (Zhao ve ark., 2013). Kuzey Amerika’daki genç depolama alanlarında (<5 yıl) oluşan sızıntı suyunun Eİ değeri 15,000–41,500 $\mu\text{s/cm}$ arasında değişkenlik göstermiştir (Costa ve ark., 2019; Farquhar, 1989).

84 480 mg/L KOİ ve 46 200 mg/L BOİ değerlerine sahip olan sızıntı suyunun organik madde kirlilik yükü oldukça yüksektir. Transfer istasyonundan alınan sızıntı suyu örneği için yağış vb. seyreltme faktörü olmaması dolayısıyla depolama sahaları için kaydedilen tipik değerlerin üzerinde kirlilik yükü taşınması normal bir durumdur. Shangai, Çin’de yer alan katı atık transfer istasyonundan yaz aylarında alınan sızıntı suyu örneklerinin de 15 000 mg/L – 92 000 mg/L aralığında KOİ değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir (Zhao ve ark., 2013). Sızıntı suyu örneğinde BOİ/KOİ oranı 0.54 olup, literatürde genç sızıntı suları için BOİ/KOİ oranının 0.5-1.0 aralığında olduğu belirtilmektedir (Arij ve ark., 2018). Wysieka, Polonya’daki depolama sahasından sızıntı suyunun depolama sahası yaşı arttıkça sızıntı suyundaki organik konsantrasyonu değişmektedir. Depolama sahası kullanımının ikinci yılında KOİ 1800 mg/L iken bu değer altıncı yılında 610 mg/L ‘ye düştüğü belirtilmiştir (Kulikowska ve Klimiuk,

2008). Sızıntı suyu organik madde içeriği rengin yüksek olmasına neden olmakta ve ağır metallerin taşınmasına yol açmaktadır.

Sızıntı suyundaki başlıca kirlleticilerin organikler ve amonyak azotu olduğu söylenebilir (Kulikowska ve Klimiuk, 2008). Sungai Petani, Malezya'daki depolama sahasında oluşan sızıntı suyunun Amonyak Azotu ($\text{NH}_3\text{-N}$) değeri 532 mg/L olarak kaydedilmiştir (Mojiri ve ark., 2014). Sızıntı suyunun Toplam Azot (TN) konsantrasyonu 2262 mg/L; Amonyak Azotu ($\text{NH}_3\text{-N}$) içeriği 462 mg/L olarak belirlenmiştir. Organik Azot (Org-N) ve Amonyak Azotu'nun ($\text{NH}_3\text{-N}$) oksidasyonu, atıksuda yüksek oksijen tüketimine neden olmaktadır. Ayrıca yüksek $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonları arıtma proseslerinde ve alıcı ortamlarda organizmalar üzerinde toksik etki yaratmaktadır. İstasyonda oluşan sızıntı suyunda $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ oranı yaklaşık %20 seviyesindedir.

Sızıntı suyunun Toplam Fosfor (TP) konsantrasyonu 305 mg/L olarak belirlenmiştir. Sularda fosfor çeşitli fosfor bileşikleri şeklinde bulunur ve gerek doğal su ortamında gerekse atıksu ortamında gerçekleşen pek çok reaksiyona girer. İstasyonda oluşan sızıntı suyunun TP konsantrasyonu da literatürde verilen değerlerin üzerindedir. Ye ve ark. (2014) maks. 197 mg/L TP ve Duran ve Cuci (2016) maks. 100 mg/L TP kaydetmiştir.

Sızıntı suyu örneğinde yapılan metal analizlerinde Cd, kullanılan metodun dedeksiyon limitinin altında kaldığı için miktar analizi yapılamamıştır. Sızıntı suyu örneğinde 1,07 mg/L Cr; 9,57 mg/L Cu; 18,63 mg/L Mn; 1,2 mg/L Ni ve 59,8 mg/L Zn analiz edilmiştir. Sızıntı suyu metal içeriği literatürde verilen değerlere yakındır.

4.3. Sızıntı Sularının Konya Kentsel AAT'ye Kirlilik Yüğü

Katı atık sızıntı sularının Kentsel AAT'lerde birlikte arıtma yöntemi ile arıtılmasında hacimsel yük ve kirlilik yükü değerlendirmesi yapılmalıdır.

Konya İli'nde Kaşınhanı Katı Atık Deponi Sahası ve Aslım Katı Atık Transfer istasyonunda oluşan sızıntı sularının Konya Kentsel AAT'ye deşarjı senaryosu için yapılan günlük kirlilik yükü hesaplama sonuçları Çizelge 4.3'te verilmiştir. Kaşınhanı Katı Atık Deponi Sahası ve Aslım Katı Atık Transfer İstasyonu sızıntı sularının Konya Kentsel AAT'ye verilmesi durumunda Konya Kentsel AAT'de parametre bazında oluşan konsantrasyon değişimi ise Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Kaşınhanı Katı Atık Deponi Sahası, Aslım Katı Atık Transfer İstasyonu ve Konya Kentsel AAT Kirlilik Yükleri

Parametreler	Kaşınhanı Depolama Tesisi, kg/gün	Aslım Transfer İstasyonu, kg/gün	Konya Kentsel AAT, kg/gün
AKM	75 600	515 520	103 400 000
BOİ	324 000	443 520	133 600 000
KOİ	918 000	810 240	219 400 000
NH ₃ N	56700	4435,2	15 400 000
TP	5400	2928	2400 000
Cd	61,2	0,326	660
Cr	9,9	10,272	24 200
Cu	0,180	91,872	21 800
Mn	4500	178,848	62 400
Ni	72	11,520	15 800
Zn	154,8	574,080	229 800

Çizelge 4.4. Kaşınhanı Katı Atık Deponi Sahası ve Aslım Katı Atık Transfer İstasyonu sızıntı sularının Konya Kentsel AAT'ye verilmesi durumunda Konya Kentsel AAT'de oluşan Kirlilik Yükleri

Parametreler	Kaşınhanı Depolama Tesisi sızıntı suyunun deşarjı, mg/L	Aslım Transfer İstasyonu sızıntı suyunun deşarjı, mg/L	Konya Kentsel AAT Mevcut, mg/L
AKM	516,91	519,55	517,00
BOİ	669,02	670,19	668,00
KOİ	1100,60	1101,00	1097,00
NH ₃ N	77,21	77,02	77,00
TP	12,02	12,01	12,00
Cd	0,00	0,00	<dl
Cr	0,12	0,12	0,12
Cu	0,11	0,11	0,11
Mn	0,33	0,31	0,31
Ni	0,08	0,08	0,08
Zn	1,15	1,15	1,15

Kaşınhanı Katı Atık Deponi Sahası ve Aslım Katı Atık Transfer İstasyonunda oluşan sızıntı sularının hacimleri sırasıyla 180 m³/gün ve 9,6 m³/gün'dür. Kaşınhanı Katı Atık Deponi Sahası sızıntı suyu, 200 000 m³/gün olan Konya AAT debisinin %0,09'u, Aslım Katı Atık Transfer İstasyonu sızıntı suyu ise Konya AAT debisinin %0,005'i kadardır. Hacimsel yükü oldukça düşük olan sızıntı sularının Konya AAT üzerinde oluşturduğu kirlilik yükü, mevcut kirlilik yükünün %1'ine ulaşmamaktadır. Aslım Katı Atık Transfer İstasyonunda oluşan sızıntı suyu miktarı oldukça düşük olmasına karşılık biyolojik olarak parçalanabilen organik maddelerin ve diğer çeşitli toksik kirleticilerin yüksek olduğu da bir gerçektir. Bu içeriklerin yüksek olması bu istasyondaki atıklardan taze bir sızıntı suyu oluşmasından kaynaklanmaktadır.

Konya AAT’de kısmi nutrient giderimi yapılmaktadır. Bu nedenle N ve P kirlilik yükü Konya AAT için en önemli olan parametrelerdir. N ve P kirlilik yükü tesis çıkış suyu kalitesini etkileyebilir.

Sızıntı suyu ağır metal içeriği ise oldukça düşük seviyelerdedir. Konya AAT mevcut ağır metal kirlilik yükü yanında ihmal edilebilir seviyelerde olduğu değerlendirilmiştir.

4.4. Sızıntı Sularının Konya Kentsel AAT’de Arıtılması Senaryosunun Değerlendirilmesi

Evsel AAT’lerde kombine sızıntı suyu arıtımı, sızıntı suyu bileşimi, arıtma tesisi yapısına ve kapasitesine bağlı olarak bir dereceye kadar uygulanabilmektedir. Çünkü evsel AAT’lerde sızıntı suyunun arıtılmasının dezavantajlı tarafları olduğu kadar avantajlı tarafları da vardır (Dereli ve ark., 2020).

Sızıntı suyunun kentsel atıksu ile birlikte arıtılması, organik kirleticilerin giderilmesinde desteklenebilecek ekonomik olarak uygun bir alternatif oluşturabilmektedir. Kentsel AAT’lerin sızıntı suyu arıtmasından kaynaklı arıtma kapasitesi düşebilir, bu durumda geleneksel tesis tasarım standartları uygun olmayabilir. Buna neden olacak etkenler depolama alanının mevcut durumu, sızıntı suyunun karakteri ve arıtma tesisinin performansından kaynaklı olabilmektedir (Borghi ve ark., 2003).

Kaşınhanı Katı Atık Depolama Tesisi ve Aslım Katı Atık Transfer İstasyonunda oluşan sızıntı sularının hacminin küçük olması nedeniyle AAT’ye olan kirlilik yükü de düşük olacaktır. Yapılan kirlilik yükü hesaplamaları sonucunda sızıntı sularının tesis kirlilik yükünü %1’in çok altında artırdığı tespit edilmiştir.

AKM atık içerisinde çözünerek sızıntı suyunda yer almaktadır. AKM sızıntı suyunda yer alan ve depo yaşına bağlı olarak kirlilik yükü değişen bir parametredir. Genç sızıntı suyu yaşlı sızıntı suyuna göre daha yüksek miktarda AKM içermektedir (Balahorli, 2011). Aslım Katı Atık Transfer İstasyonu sızıntı suları yüksek AKM yüküne sahipken Konya AAT’de oldukça düşük bir yük oluşturmaktadır. Ancak Yüksek AKM sızıntı suyu iletim borularında tıkanmalara sebep olabilir.

Birlikte arıtım yöntemlerinin değerlendirilmesinde, AAT’nin tasarım kriterleri ve çalışma performansı önem kazanmaktadır. Konya AAT tasarım parametrelerinin üzerinde kum ve organik yük almaktadır. Bu nedenle tesise verilecek organik madde

yükünün karşılanamaması ve çıkış suyu kalite kriterlerinin sağlanamaması söz konusu olabilir.

BOİ/KOİ oranı, biyolojik olarak parçalanabilir organik maddenin toplam organik maddeye oranının bir göstergesidir. Sızıntı suyunun biyolojik olarak parçalanabilirliğinin iyi bir göstergesidir ve düzenli depolama sahasından atık numunesi almak, depolama sahası stabilizasyon aşamaları boyunca çok zor ve pahalı olduğundan, atık stabilizasyonunun bir göstergesi olarak kullanılır (Bhatt ve ark., 2016). BOİ/KOİ oranı ne kadar yüksekse sızıntı suyunun biyolojik arıtma potansiyeli de o kadar yüksektir. BOİ/KOİ oranındaki bir azalma aynı zamanda arıtma veriminde bir düşüşe neden olur. BOİ/KOİ oranı düşük olduğu durumlarda sızıntı suyu için ileri arıtma önerilir (Arunbabu ve ark., 2017; Mojiri ve ark., 2016). BOİ/KOİ oranı aynı zamanda sızıntı sularının genç veya yaşlı olması ile de ilişkilidir. Bu çalışmada değerlendirilen sızıntı sularının BOİ/KOİ değerlerine bakıldığında;

Kaşınhanı Katı Atık Depolama Tesisi Sızıntı Suyu BOİ/KOİ oranı = $1600/5100=0,31$ ($0,1<BOİ/KOİ<0,5$ aralığında olması dolayısıyla daha olgunlaşmamış orta tipte bir sızıntı suyu niteliğindedir.)

Aslım Katı Atık Transfer İstasyonu Sızıntı Suyu BOİ/KOİ oranı = $46200/84480 = 0,54$ ($BOİ/KOİ>0,5$ olması dolayısıyla genç sızıntı suyu niteliğindedir) (Arij ve ark., 2018)

Aslım Katı Atık Transfer İstasyonu Sızıntı Suyu genç sızıntı suyu niteliğindedir. Genç sızıntı sularının biyolojik parçalanabilirliği yüksektir. Transfer İstasyonu sızıntı suyu BOİ/KOİ oranı Konya AAT giriş atıksu için hesaplanan BOİ/KOİ oranı olan 0,6 değerine oldukça yakındır. Genellikle genç yaştaki sızıntı suları yüksek miktarda uçucu yağ asitleri içerirler ve orta-yaşlı sızıntı sularına kıyasla arıtmaları daha kolaydır. Bunun nedeni yaşlı sızıntı sularının biyolojik arıtma karşı dirençli organik maddeler içermesidir. Bu dayanıklı bileşikler humik ve fulvik asit benzeri yapıda olup BOİ/KOİ oranını düşürmektedir. Stabilize olmuş yaşlı sızıntı sularının genç sızıntı sularına kıyasla daha zor arıtılmasının çeşitli nedenleri bulunmaktadır. Öncelikle yüksek amonyak içeriği sızıntı suyunun toksik etkisini artırarak konvansiyonel nitrifikasyon-denitrifikasyon prosesiyle amonyak giderimini engellemektedir. Ayrıca yüksek tuzluluk da nitrifikasyon-denitrifikasyon prosesini inhibe eden bir başka sebeptir. Yaşlı sızıntı suyu içinde bulunan ve biyolojik parçalanmaya karşı kararlı olan kirleticiler, biyolojik arıtım basamağından parçalanmadan çıkmakta, bu da KOİ ve BOİ deşarj limit değerlerinin sağlanmasını

engellemektedir. Birçok durumda sızıntı suları çeşitli arıtım proseslerinden geçtikten sonra da yüksek konsantrasyonlarda dayanıklı makromoleküller ve azotlu bileşikler içermektedir. Biyolojik arıtım prosesleri bu tipteki sızıntı suları için etkili bir arıtma yöntemi değildir. Sızıntı suyu içinde bulunan kararlı kirleticilerin arıtımı birkaç arıtım basamağı gerektirir.

Sızıntı suları genel olarak yüksek NO_x , TKN, TN ve COA içermektedir (Bolyard ve ark., 2019). Geleneksel katı atık depolama sahalarında, bitkisel ve hayvansal atıklarda bulunan proteinlerin anaerobik bozunması sırasında ve $\text{NH}_3\text{-N}$ veya NH_4^+N bileşikleri içeren endüstriyel atıklardan (gübreler, suni kauçuk, plastikler, gıda koruyucuları, vb.) $\text{NH}_3\text{-N}$ salınır. Sızıntı suyunda genel olarak $\text{NH}_3\text{-N}$ salınabilir, ancak vücut atıklarında bulunan ve sızıntı suyu olarak hızla salınan toplam $\text{NH}_3\text{-N}$ miktarının sadece %10'u olduğu tahmin edilmektedir. Kalan miktar, NH_4^+N formu olarak, negatif yüklü atık partiküller üzerinde adsorbe edilir (Pivato ve Gaspari, 2006). Düzenli depolama işletmecilerinin karşılaştığı en önemli sorunlardan biri, uzun süre katı atık sızıntı suyunda yüksek $\text{NH}_3\text{-N}$ seviyelerinin bulunmasıdır. Yüksek miktarda işlenmemiş $\text{NH}_3\text{-N}$, biyolojik arıtma tekniklerinin verimini düşürebilir, ötrofikasyonu hızlandırabilir ve çözünmüş oksijen azalmasını artırabilir. $\text{NH}_3\text{-N}$, suda yaşayan organizmalar için zehirlidir (Mojiri ve ark., 2016). Bu senaryo çalışmasına göre sızıntı suları Konya Kentsel AAT için bir sorun teşkil edebilir. Bu soruna çözüm olarak da Dereli ve ark., (2020) sızıntı suyu akışının atık NH_4^+N konsantrasyonlarına göre ayarlanması ve gelişmiş proses kontrolü, yani aerobik reaktörlerde çözünmüş oksijen regülasyonu için geri besleme NH_4^+N kontrolü kullanılarak azaltılabileceğini belirtmiştir. Tuğtaş ve ark., (2011) yüksek $\text{NH}_3\text{-N}$ içeren sızıntı suyu tipleri için özellikle yaz aylarında $\text{NH}_3\text{-N}$ 'nin hava ile sıyrılmasını önermiştir. Bu uygulama sayesinde kentsel AAT'lerde nitrifikasyon veriminin artacağını ifade etmiştir. Yüksek $\text{NH}_3\text{-N}$ içeriğinin giderilmesi için biyolojik nitrifikasyon ve denitrifikasyon prosesi önerilebilir. Aynı zamanda hava ile sıyırma prosesi sayesinde fiziksel arıtma da gerçekleştirilebilir (Öztürk ve ark., 2010). Yine oksijen ihtiyacı olmadığı için ve daha az maliyette yapılabilecek ANAMMOX biyolojik prosesi de azot indirgenmesinde sızıntı suyu için faydalı olabilir (Yapsaklı ve ark., 2012).

Sızıntı suyu, basit uçucu yağ asitlerinden fulvik ve hümik maddelerin yanı sıra fosfor ve ağır metal gibi inorganik maddeler içermektedir (Dereli ve ark., 2020). Konya İli'nde oluşan sızıntı sularının yüksek P içeriği Kentsel AAT için en önemli sorun olabilir. Konya Kentsel AAT'de kısmi P giderimi yapıldığı için çıkış suyu kalitesi

sağlanamayabilir. Kaşınhanı Depolama Tesisi P kirlilik yükü 5400 kg/gün; Aslım Katı Atık Transfer İstasyonu P kirlilik yükü 2928 kg/gün olarak hesaplanmıştır.

Ağır metaller sızıntı suyunda sıklıkla ortaya çıkan ve düşük konsantrasyonlarda bulunan tehlikeli maddelerdir. Ağır metaller sızıntı suyu arıtımında bir endişe kaynağıdır ve bu nedenle potansiyel bir tehlike olarak görülmektedir. Aşırı ağır metal içeren sızıntı suyu kentsel AAT'lerde evsel atıksu ile birlikte arıtılması pek uygun görülmemektedir (Ye ve ark., 2014). Sızıntı suyundaki ağır metal konsantrasyonu, temelde biriken katı atığın özelliklerine ve düzenli depolama alanlarının stabilizasyonuna bağlı olan depolama alanlarına göre değişiklik göstermiştir (Zhang ve ark., 2013; Slack ve ark., 2005). Sızıntı suyunda sıklıkla rastlanan Zn, Cu, Cd, Pb, Ni ve Hg gibi ağır metaller atık depolama tesislerinde bulunan pil ve elektrikli ev aletlerinden kaynaklıdır (Suscan, 2020; Slack ve ark., 2005). Sızıntı suyundaki toksik metallerin yüksek konsantrasyonları, sızıntı suyunun ağırlıklı olarak toprağa ve yeraltı suyuna serbestçe hareket edebilmesi nedeniyle kanserojen etki riskini ortaya çıkarmıştır (Hussein ve ark., 2021).

Ağır metaller normal şartlarda evsel AAT'lerde düşük konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Konya'da oluşan sızıntı sularında yapılan analizler de düşük konsantrasyonlarda ağır metal içerdiklerini ortaya koymaktadır. Sızıntı sularının Konya Kentsel AAT'de arıtılması senaryosuna göre tesis çıkış verimine olumsuz etkisi olmayacağı öngörülmektedir.

Sızıntı suyu su ortamında yaşayan popülasyonların doğurganlığının azalmasına, biyolojik çeşitliliğin tükenmesine veya aşırı durumlarda tamamen yok olmasına neden olabilmektedir. Buna yol açan sebeplerden biri ise depolama sahası sızıntı suyunun organizmalara yönelik toksik potansiyel etkisidir. Sızıntı suyu sayısız kirleticiyi bünyesinde barındırdığı için toksisitesi oldukça yüksek olduğu bilinmektedir. Bu toksisiteyi etkileyebilecek en iyi yöntemlerden biri sızıntı suyunun evsel atıksu ile biyolojik olarak birlikte arıtılması gösterilmektedir (Widziewicz ve ark., 2012). Bunun yanında sızıntı suyunun toksisitesinin $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonuna bağlı olabileceği ve sızıntı suyu toksisitesinin $\text{NH}_3\text{-N}$ 'in bozunduğu sürdürülebilir depolama alanlarında önemli ölçüde daha düşük olduğu bilinmektedir (Luo ve ark., 2020; Pivato and Gaspari, 2006). Bu kapsamda yapılan çalışmada sızıntı suyu toksisitesinin $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonu ile bağlantılı olduğu belirlenmiştir (Liu ve ark., 2019; Widziewicz ve ark., 2012). Güçlü karakterdeki sızıntı suyu yüksek $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonu sebebiyle birlikte arıtmadan dolayı kentsel AAT'lerde bulunan atıksudaki toksisiteyi artıracaktır.

Aslım Katı Atık Transfer İstasyonu, Depolama Sahası olarak kullanıldığı yıllarda tesiste oluşan toksisite belirlenmeye çalışılmıştır. Toksisitenin en yüksek görüldüğü aylar sıcaklığın yüksek olduğu en az etkiyi ise sıcaklığın en düşük olduğu aylarda gözlemlenmiştir. Yine buradan anlaşıldığı gibi sızıntı suyu toksisitesi mevsimsel olarak değişiklik göstermektedir (Karamete, 2008). Bu sebeple Konya AAT’nde yaz mevsiminde sızıntı suyundan kaynaklı toksiste artışı gözlemlenebilir.

Atıksu arıtımı gerçekleştiren kentsel AAT’ler için evsel atıksu kirlilik yükündeki değişimler başlıca bir sorundur. Bunun yanında sızıntı suyu da bu tesislere ayrı bir yük oluşturmaktadır. Bu sebeple sızıntı suyu için olabildiğince başka teknikler ve sistemlerle giderilmesi gerekmektedir. Mali nedenlerle sızıntı suyunun kentsel AAT’lerde arıtılması planlanan durumlar için ön arıtımın planlanması önerilmektedir.

Kentsel AAT yönetimleri, sızıntı suyunun arıtma prosesleri üzerindeki potansiyel olarak yıkıcı etkileri nedeniyle, katı atık sızıntı suyunu tesise kabul etmekte isteksizdir. Bu yıkıcı etkiyi azaltmak ve AAT’de arıtma performansının düşmesini engellemek amacıyla ön arıtma yapılması önemli bir çözümdür. Sızıntı suyunun evsel atıksularla birlikte arıtılırken özellikle metal konsantrasyonunu deşarj standartlarının altında bırakmak için ön arıtmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun yanı sıra ön arıtma, yüksek konsantrasyonda bulunan BOİ ve KOİ içeren sızıntı suyu tipleri için biyolojik arıtmadan önce yaygın olarak kullanılmaktadır (Li ve ark., 2020).

Brennan ve ark., (2017) düzenli depolama sahasında çıkan sızıntı suyunun, evsel atıksu ile birlikte arıtılması uygun olabilse de sızıntı suyu yapısı ve arıtılabilirlikteki doğal değişkenliğin ölçülü bir yaklaşım gerektirdiğini ifade etmiştir.

Danley-Thomson ve ark., (2020), çöp sızıntı suyunun kentsel AAT’lerine biyolojik aktiviteyi en üst düzeye çıkaran optimal bir yükleme oranı sayesinde iyi bir netice alınacağı sonucuna varmıştır.

Xiong ve ark., (2018) artan sayıda depolama sahasının olgunluk aşamasına ulaşmasıyla sahada oluşan sızıntı suyunun etkili bir şekilde arıtılması için uygun bir alternatif bulmak dünya çapında bir sorun haline gelmekte olduğunu ve sızıntı suyunun kentsel AAT’nde arıtımı, sızıntı suyundan kaynaklı kirliliği azaltmak için uygulanabilir bir çözüm olduğunu iddia etmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kâğıttan metale, plastikten elektroniğe kadar her geçen gün artan atık çeşidi ve miktarı kentlerde ve kent yönetimlerinde önemli bir hal almaktadır. Atıklardan meydana gelen sızıntı suyu daha büyük bir sorun teşkil etmektedir. Sızıntı suyu yönetiminde temel öncelik sızıntı suyu miktarının azaltılması olmalıdır. Sızıntı suyunu verimli bir şekilde arıtmak birden çok faktöre bağlıdır. Bu faktörlerin başında sızıntı suyunun karakteristiği ve debisi öne çıkmaktadır. Özellikle depo alanının yaşıyla değişmekte olan sızıntı suyu karakteristiği biyolojik ve kimyasal arıtma yöntemlerinin verimini önemli ölçüde etkilemektedir. Kabul edilebilir ve tatmin edici arıtma için sızıntı suyu karakteristiği ve debisinin yanı sıra deşarj standartları ve kalitedeki zamansal değişim diğer etkenlerdir (Akkaya ve ark., 2009).

Sızıntı suyunun evsel AAT'lerde arıtılması ekonomik ve uygulanabilir bir alternatif olarak değerlendirilmektedir. Dünyanın birçok ülkesinde katı atık sızıntı sularının kentsel AAT'lerde atıksu ile birlikte arıtıldığı bilinmektedir. Fransa'da sızıntı sularının hacimsel olarak %21'i; İrlanda'da hacimsel olarak %51'i; Amerika Birleşik Devletleri'nde katı atık deponi sahalarının %60'ında oluşan sızıntı suları ve Portekiz'de katı atık deponi sahalarının %55'inde oluşan sızıntı suları birlikte arıtma yöntemiyle arıtılmak üzere kentsel AAT'lere deşarj edilmektedir (Bolyard ve ark., 2019); Dereli ve ark., 2020). Birlikte arıtım yöntemi sızıntı suyunun toksik etkisini seyreterek biyolojik arıtım verimini arttırmaktadır. Birlikte arıtım yönteminde temel kaygı AAT çıkış suyu kalitesini düşürmesi ve tesis enerji ihtiyacını artırmasıdır. Yapılan birçok çalışma birlikte arıtımın atıksu ve sızıntı suyunun ayrı olarak arıtılmasına kıyasla önemli maliyet avantajı sağladığını ortaya koymuştur (Ye ve ark., 2014). Bolu ili katı atık depolama sahasında oluşan sızıntı suyunun kirletici parametreleri yağışlardan kaynaklı olarak değişmektedir. Sızıntı suyunun debisi düşük olduğundan bir arıtma tesisine gerek duyulmamakla beraber evsel AAT'de arıtılması uygun bulunmuştur (Baytekin 2019). Çin'de yapılan bir çalışmada evsel atıksu ile sızıntı suyunun birlikte arıtımı sonucunda KOİ uzaklaştırma oranı sadece %0,7 azalmıştır. Ayrıca TP'nin uzaklaştırma oranı %98,7'nin üzerine çıkmıştır. Olgun çöp sahası sızıntı suyunun ve evsel atıksularla birlikte arıtılması, yüksek kirletici giderimi sağlamak için yeterli araziye sahip kırsal alanlarda uygulama için büyük umut vaat edildiği belirtilmiştir (Chen ve ark., 2021).

Kaşınhanı Katı Atık Depolama Tesis, Aslım Katı Atık Sahası'nın rehabilitasyonu yapılarak transfer istasyonuna çevirdikten sonra işletmeye alınmıştır. Bu tesislerde oluşan sızıntı sularının Konya Kentsel AAT'de arıtılabilirliğinin

değerlendirmek amacıyla hacimsel yük ve kirlilik yükü hesaplanmıştır. Kaşınhanı Katı Atık Deponi Sahası ve Aslım Katı Atık Transfer İstasyonunda oluşan sızıntı sularının hacimleri sırasıyla 180 m³/gün ve 9,6 m³/gün'dür. Kaşınhanı Katı Atık Deponi Sahası sızıntı suyu, 200 000 m³/gün olan Konya AAT debisinin %0,09'u, Aslım Katı Atık Transfer İstasyonu sızıntı suyu ise Konya AAT debisinin %0,005'i kadardır.

Kaşınhanı Katı Atık Depolama Tesisi ve Aslım Katı Atık Sahası sızıntı suyu kirlilik yükü açısından değerlendirildiğinde Konya Kentsel AAT giriş suyu kirlilik yükünün %1'inin çok altında kaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca, Transfer İstasyonunda oluşan sızıntı suları genç sızıntı suyu niteliğindedir. Genç sızıntı sularının biyolojik parçalanabilirliğinin yüksek olması Kentsel AAT'de arıtma verimi sağlamaktadır. Yapılan analizler sonucunda hesaplanan Transfer İstasyonu sızıntı suyu BOİ/KOİ oranı 0,54 olup Konya AAT giriş atıksu için hesaplanan BOİ/KOİ oranı olan 0,6 değerine oldukça yakındır.

Sızıntı Suyunun KOSKİ Genel Müdürlüğü Atıksuların Kanalizasyon Şebekesine Deşarj Yönetmeliği Çerçevesinde Değerlendirilmesi sonucunda, Yönetmelikte katı atık sızıntı sularının kanalizasyon şebekesine deşarjına ilişkin hükümler yer almadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle sızıntı sularının kanalizasyon sistemine verilmesine ilişkin değerlendirmeler literatür ve dünyadaki örnek uygulamalar çerçevesinde yapılmıştır. Dünyanın birçok ülkesinde katı atık sızıntı sularının kentsel AAT'lerde atıksu ile birlikte başarılı olarak arıtıldığı raporlanmıştır. Yapılan çalışmalar sızıntı suyu hacminin, AAT atıksu hacmine oranının %4 seviyesinde olması durumunda birlikte arıtma başarısının sağlanabildiğini ortaya koymaktadır.

Birlikte arıtmada kritik olan husus kentsel AAT'nin tasarım yükünün üzerine çıkılmamasıdır. Tasarım yükünün altında olan ve mevcut arıtma verimi yüksek olan kentsel AAT'lerde sızıntı sularının birlikte arıtımı ekonomik bir alternatif olarak değerlendirilebilir. Bu tez çalışmasında Konya örneği üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Özellikle arıtma tesisi yatırımı yapılmak istenmeyen küçük yerleşim yerlerinde, sızıntı sularının arıtılamadığı için doğrudan alıcı ortama deşarj edildiği yerleşim bölgelerinde birlikte arıtım yöntemi değerlendirilebilir.

6. KAYNAKLAR

- Abbas, A., Jingsong, G., Ping, Z.L., Ya, Y.P., Al-Rekabi, W.S., 2009. Review on landfill leachate treatments. *Journal of Applied Sciences Research*, 5(5), 534-545
- Acı, G., 2011. Sızıntı Sularının Membran Proseslerle Arıtılabilirliği: Odayeri Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Ahmed, F.N., Lan, C.Q., 2012. Treatment of landfill leachate using membrane bioreactors: A review, *Desalination* 287, 41–54.
- Akgül, D., 2012. Characterization of Landfill Leachates in Turkey and Assessment of Treatment Alternatives, Yüksek Lisans Tezi Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akkaya, E., Demir, A., Varank, G., 2011. Characterisation of Odayeri sanitary landfill leachate, *Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi* 3, 238-251.
- Akkaya, E., Demir, A., Varank, G., 2009. Odayeri Düzenli Depo Sahası Sızıntı Suyunun Karakterizasyonu, TÜRKAY Türkiye’de Katı Atık Yönetimi Sempozyumu, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Albuquerque, E.M., Pozzi, E., Sakamoto, I.K., Jurandyr, P., 2018. Treatability of landfill leachate combined with sanitary sewage in an activated sludge system, *Journal of Water Process Engineering* 23, 119–128.
- Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği, T.C. Resmi Gazete, 30283, 27.12.2017.
- Ankara Büyükşehir Belediyesi, 2021. Erişim Adresi: <http://www.aski.gov.tr/TR/ICERIKDETAY/Ankara-Merkezi-Atiksu-Aritma-Tesisi-765000-Mgun/30/100> (erişim tarihi: 20.06.2021).
- Apaydın, S., 2007. Katı Atık Depolama Sahası Genç Sızıntı Sularının Kimyasal Ön Arıtımı, Yüksek Lisans Tezi Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Arabi, S., Lugowski, A., 2015. Lessons learned from successful applications of biological landfill leachate treatment. 2015. *Environmental Science & Engineering Magazine*. Erişim adresi: <https://esemag.com/biosolids/lessons-learned-successful-applications-biological-landfill-leachate-treatment/>
- Arij, Y., Fatihah, S., Rakmi, A.R., 2018. Performance of pilot scale anaerobic biofilm digester (ABD) for the treatment of leachate from a municipal waste transfer station, *Bioresource Technology* 260, 213-220.
- Arunbubu, V., Indu, K.S., Ramasamy, E.V., 2017. Leachate pollution index as an effective tool in determining the phytotoxicity of municipal solid waste leachate, *Waste Management* 68, 329–336.

- Armağan, B., 2004. Gelişmekte Olan Ülkelerde Katı Atık Sızıntı Suyu Yönetimi Şanlıurfa Yönetimi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik, T.C. Resmi Gazete, 27533, 26.03.2010.
- Atıksuların Kanalizasyona Deşarj Yönetmeliği, Erzurum Büyükşehir Belediyesi Erzurum Su ve Kanalizasyon İdaresi, 2014/17, 12.12.2014.
- Atık Yönetim Yönetmeliği, T.C. Resmi Gazete, 29314, 02.04.2015.
- Aziz, A.H., Alias, S., Adlan, M.N., Faridah., Asaari A.H., Zahari, M.S., 2007. Colour removal from landfill leachate by coagulation and flocculation processes. *Bioresource Technology* 98, 218–220.
- Bhatt, A.H., Altouqi, S., Karanjekar, R.V., Hossain, S.M.D., Chen, V.P., Sattler, M.S., (2016). Preliminary regression models for estimating first-order rate constants for removal of BOD and COD from landfill leachate, *Environmental Technology & Innovation*, Volume 5, Pages 188-198.
- Balahorli, V., 2011. Düzenli Depolama Sahalarında Oluşan Sızıntı Sularının Membran Biyoreaktör ve Nanofiltrasyon Teknolojisi ile Arıtımı. Yüksek Lisans Tezi İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Balık, Y., 2019. Konya atıksu arıtma tesisinde arıtılmış atıksuların geri kazanımında membran proseslerin verimlerinin karşılaştırılması. Konya Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Baytekin, B., 2019. Bolu ili katı atık depolama sahasının incelenmesi ve sızıntı suyunun mevsimsel değişimi. Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Brennan, R.B., Clifford, E., Devroedt, C., Morrison, L., Healy, M.G., 2017. Treatment of landfill leachate in municipal wastewater treatment plants and impacts on effluent ammonium concentrations. *Journal of Environmental Management*. 188, 64-72.
- Brennan, R.B., Healy, M.G., Morrison, L., Hynes, S., Norton, D., Clifford, E., 2016. Management of landfill leachate: The legacy of European Union Directives, *Waste Management*, Volume 55.
- Bişgin, T., 2019. Sivas atıksu arıtma tesisi arıtma çamurlarının farklı ek besi maddeleri kullanılarak anaerobik birlikte çürütülmesinin (Codigestion) araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas.
- Bolyard, S.C., Reinhart, D R., 2017. Evaluation of leachate dissolved organic nitrogen discharge effect on wastewater effluent quality. *Waste Management* 65(11).
- Bolyard, S.C., Mohaghegh Motlagh, A.M., Lozinski, D., Reinhart, D R., 2019. Impact of organic matter from leachate discharged to wastewater treatment plants on

effluent quality and UV disinfection, Waste Management, Volume 88, Pages 257-267.

- Budihardjo, M.A., Hadiwidodo, M., Huboyo, H.S., Aulia1, F.S., 2018. Characterization of Leachate from the Integrated Solid Waste Treatment Plant at Diponegoro University, Indonesia. E3S Web of Conferences 73, 07017.
- Chen, F., Li, G., Li, X., Wang, H., Wu, H., Li, J., Li, C., Li, W., Zhang, L., Xi. B., 2021. The cotreatment of old landfill leachate and domestic sewage in rural areas by deep subsurface wastewater infiltration system (SWIS): Performance and bacterial community, Environmental Pollution, 274, 115800.
- Campos, F., Bueno, R.F., Piveli, R.P., 2019. Co-treatment of leachate and domestic sewage and its influence on nitrogen removal. Vol. 36, No. 02, pp. 763 – 773.
- Collado, S., Núñez, D., Oulego, P., Riera, A.F., Díaz, M., 2020. Effect of landfill leachate ageing on ultrafiltration performance and membrane fouling behaviour. Journal of Water Process Engineering 36, 101291.
- Cortez, S., Teixeira, P., Oliveira, R., Mota, M., 2010. Ozonation as polishing treatment of mature landfill leachate. Journal of Hazardous Materials 182, 730–734.
- Costa, A.M., Alfaia, R.G.S.M., Campos, J.C., 2019. Landfill leachate treatment in Brazil – An overview, Journal of Environmental Management, Volume 232, 110-116.
- Çakmak, Ö., 2007. Eskişehir ilinde yeraltı ve yüzeysel sularda nitrat kirliliğinin kaynakları göz önünde bulundurularak değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Çevre Kanunu. (1983, 09 Ağustos) Resmi Gazete (Sayı: 18132). (Erişim Adresi: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=2872&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5>).
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2009). Konya Katı Atık Yönetimi. Erişim Adresi: https://ipa.gov.tr/ProjeDetay/Konya-Kati-Atik-Yonetimi_3029 (erişim 28.09.2020).
- Danley-Thomson, A., Worley-Morse, T., Contreras, S,U,J., Herman, S., Brawley, A., Karcher, K., 2020. Determining the effects of Class I landfill leachate on biological nutrient removal in wastewater treatment, Journal of Environmental Management, 275, 111198.
- Dede, Ş., 2017. Membran Biyoreaktör Sistemi ile Çöp Sızıntı Suyu Arıtımı ve Nanofiltrasyon Konsantresi İçin İleri Arıtma Yöntemlerinin Geliştirilmesi. Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Demirci, İ.E., 2017. Düzenli depolama sahaları sızıntı suları kontrol ve bertaraf yöntemleri ve bir uygulama. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

- Dereli, R.K., Clifford, E., Casey, E., 2020. Co-treatment of leachate in municipal wastewater treatment plants: Critical issues and emerging Technologies, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 51, 1079-1128.
- Dereli, R.K., Giberti, M., Liu, Q., Flynn, D., Casey, E., 2020. Benchmarking leachate co-treatment strategies in municipal wastewater treatment plants under dynamic conditions and energy prices, *Journal of Environmental Management* 260, 110129.
- Dolu, T., 2016. Konya atıksu arıtma tesisi'nde pestisit ve poliaromatik hidrokarbon grubundaki mikro kirleticilerin giderim verimlerinin belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Duran, E.B., Cuci, Y., 2016. Katı Atık Düzenli Depolama Sahası Sızıntı Suyunun Fizikokimyasal Arıtım Yöntemleriyle Arıtılabilirliğinin Araştırılması. *KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(2).
- DYNATEC SYSTEMS INC. The Wastewater Membrane Specialist
<http://www.dynatecsystems.com/index.asp?PageID=35> (Erişim Tarihi: 21.06.2021).
- El Mrabet, I., Benzina, M., Valdes, H., Zaitan, H., 2020. Treatment of landfill leachates from Fez city (Morocco) using a sequence of aerobic and Fenton processes, *Scientific African* 8, e00434.
- Farquhar G. J., 1989. Leachate: production and characterization, *Canadian Journal of Civil Engineering*, 16, 317-325.
- Gautam, P., Kumar, S., 2021. Characterisation of Hazardous Waste Landfill Leachate and its Reliance on Landfill Age and Seasonal Variation: A Statistical Approach. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 9, 105496.
- Gautam, P., Kumar, S., Lokhandwala, S., 2019. Advanced oxidation processes for treatment of leachate from hazardous waste landfill: A critical review. *Journal of Cleaner Production* 237, 117639.
- Hussein, M., Yoneda, K., Mohd-Zaki, Z., Amir, A., Othman, N., 2019. Leachate characterizations and pollution indices of active and closed unlined landfills in Malaysia, *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management* 12 100232.
- Hussein, M., Yoneda, K., Mohd-Zaki, Z., Amir, A., Othman, N., 2020. Heavy metals in leachate, impacted soils and natural soils of different landfills in Malaysia: An alarming threat. *Chemosphere*, 128874.
- İçme Suyu Havzaları Koruma Yönetmeliği, T.C. Resmi Gazete, 30224, 28.10.2017.
- Ishak, A.R., Mohamad, S., Soo, T.Y., Hamid, F.S., 2016. Leachate and Surface Water Characterization and Heavy Metal Health Risk on Cockles in Kuala Selangor, *Procedia. Social and Behavioral Sciences*, Volume 222, Pages 263-271.

- İstaç Şile Çöp Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi. Hamle A.Ş. Erişim adresi: <http://www.hamleas.com/sile-aritma-tesisi/> (erişim tarihi: 15.10.2020).
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi. Çöp Sızıntı Suyu Arıtma Tesisleri. Erişim adresi: <https://atikyonetimi.ibb.istanbul/hizmetlerimiz/cop-sizinti-suyu-arutma-tesisi/> (erişim: 14.10.2020).
- Kang, K.H., Shin, H.S., Park, H., 2002. Characterization of humic substances present in landfill leachates with different landfill ages and its implications, *Water Research* 36, 4023-4032.
- Kalıpçı, E., Ceylan, Z., 2017. Konya ana tahliye kanalında ağır metal kirliliğinin izlenmesi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi* 8(3): 649-658.
- Kalsın, V.Ş., 2019. İleri biyolojik atıksu arıtma tesisinde çamur çürütücü performansının optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
- Karamete, T., 2008. Konya Katı Atık Depolama Sahası Sızıntı Sularının Toksisitesinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Katı Atık Transfer Merkezi Tamamlandı, 2018. Karatay Belediyesi Haber Bülteni, 3702. Erişim adresi: <https://www.karatay.bel.tr/haberdetay/3702/karatay-belediyesi-kati-atik-transfer-merkezi-tamamlandi> (erişim 28.09.2020).
- Kaşıkcı, K., 2010. Investigation of Bursa Hamitler Landfill Leachate Treatment Plant, Yüksek Lisans Tezi Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kaşıkcı, K., Çallı, B., 2011. Investigation of Bursa hamitler landfill leachate treatment plant. *Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi* 3, 65-74.
- Kayseri Büyükşehir Belediyesi, 2021. Erişim adresi: <https://www.kaski.gov.tr> (erişim tarihi: 21.06.2021).
- Keser, S., 2008. Katı Atık Düzenli Depolama Sahalarında Oluşan Çöp Sızıntı Suları ve Arıtılması Üzerine İncelemeler, Yüksek Lisans Tezi Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Kestioğlu, K., 2011. Çevre Mühendisliğinde Fiziksel ve Kimyasal Temel İşlemler. Bursa: ULUÇEV.
- Kızılkaya, D., 2017. Katı Atık Düzenli Depolama Sahalarında Çöp Sızıntı Suyu ve Biyogaz Yönetimi. SILO of research documents. Erişim Adresi: <https://silo.tips/download/kati-atik-dzenl-depolama-sahalarinda-p-sizinti-suyu-ve-biyogaz-ynetm#tab-share> (erişim adresi: 21.10.2020).

- Khalil, C., Hageh, C.A., Korfali, S., Khnayzer, R.S., 2018. Municipal leachates health risks: Chemical and cytotoxicity assessment from regulated and unregulated municipal dumpsites in Lebanon. *Chemosphere*, Volume 208, Pages 1-13.
- Khoo, K. S., Tan, X., Show P.L., Pal, P., Juan, J.C., Ling, T.C., Ho, S.H., Nguyen, T. H. P., 2020. Treatment for Landfill Leachate via Physicochemical Approaches: An Overview. *Chem. Biochem. Eng. Q.*, 34 (1), 1–24.
- Kolplin, D., Masoner, J., 2015. Landfill Leachate Released to Wastewater Treatment Plants and other Environmental Pathways Contains a Mixture of Contaminants including Pharmaceuticals. https://www.usgs.gov/ecosystems/environmental-health-program/science/landfill-leachate-released-wastewater-treatment?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects (Erişim Tarihi: 18.02.2021)
- Konya Büyükşehir Belediyesi 2020. Faaliyet raporu: 2020 Erişim adresi: <https://www.konya.bel.tr/dosyalar/2020FaaliyetRaporu.pdf> (Erişim Tarihi: 15.02.2022)
- Konya’da pten Elektrik retiliyor, 2020. T.C. Cumhurbaşkanlığı İletişim Başkanlığı, 2020. Erişim adresi: https://www.iletisim.gov.tr/turkce/yerel_basin/detay/konyada-copten-elektrik-uretiliyor (erişim 28.09.2020).
- Konya’da Metan Gazından 1 Yılda 78 Milyon Kilowatt Elektrik retildi, 2020. Konya Büyükşehir Belediyesi Haber Bülteni, 7273. Erişim adresi: <https://www.konya.bel.tr/haberayrinti.php?haberID=7273> (erişim 28.09.2020).
- Kulikowska, D., Klimiuk, E., 2008. The effect of landfill age on municipal leachate composition. *Bioresource Technology* 99, 5981–5985.
- Leachate. Wikipedia, the free encyclopedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Leachate> (Erişim Tarihi: 18.02.2021)
- Li, R., Li, L., Zhang, Z., Chen, H., McKenna, A., Chen, G., Tang, Y., 2020. Speciation and conversion of carbon and nitrogen in young landfill leachate during anaerobic biological pretreatment, *Waste Management*, Volume 106, Pages 88-98.
- Li, X,Z., Zhao Q,L., Hao, X,D., 1999. Ammonium removal from land@ll leachate by chemical precipitation. *Waste Management* 19, 409-415.
- Liu, H., Zhaou, X., Zhang, C., Zhang, J., 2019. The cotreatment of landfill leachate and highnitrate wastewater using SBRs: evaluation of denitrification performance and microbial analysis. *Royal Society of Chemistry*, Volume 9, Pages 39572–39581.
- Luo, H., Zeng, Y., Cheng, Y., He, D., Pan, X., 2020. Recent advances in municipal landfill leachate: A review focusing on its characteristics, treatment, and toxicity assessment, *Science of The Total Environment*, Volume 703, 135468
- Maden Atıkları Ynetmelięi, T.C. Resmi Gazete, 29417, 15.07.2015.

- Meunier, N., Drogui, P., Montan' e, C., Hausler, R., Mercier, G., Blais, J.F., 2006. Comparison between electrocoagulation and chemical precipitation for metals removal from acidic soil leachate. *Journal of Hazardous Materials B137*, 581–590.
- Michalska, J., Gren, I., Zur, J., Wasilkowski, D., Mroziak, A., 2019. Impact of the Biological Cotreatment of the Kalina Pond Leachate on Laboratory Sequencing Batch Reactor Operation and Activated Sludge Quality. *Water*, 11, 1539.
- Mishra, S., Tiwary, D., Ohri, A., Kumar, A.A., 2019. Impact of Municipal Solid Waste Landfill leachate on groundwater quality in Varanasi, India. *Groundwater for Sustainable Development*, Volume 9, 100230.
- Mojiri, A., Aziz, H.A., Zaman, N.Q., Aziz, S.Q., Zahed, M.A., 2014. Powdered ZELIAC augmented sequencing batch reactors (SBR) process for co-treatment of landfill leachate and domestic wastewater, *Journal of Environmental Management*, Volume 139, Pages 1-14.
- Mojiri, A., Ziyang, L., Tajuddin, R.M., Farraji, H., Alifar, N., 2016. Co-treatment of landfill leachate and municipal wastewater using the ZELIAC/zeolite constructed wetland system, *Journal of Environmental Management*, Volume 166, Pages 124-130.
- Najafabadi, A., Mansoorianfar, M., Liang, T. X., Shahin, K., Maleh, H., 2022. A review on magnetic sensors for monitoring of hazardous pollutants in water resources, *Science of The Total Environment* 153844.
- Noerfitriyani, E., Hartono, D.M., Moersidik, S., Gusniani, I., 2017. Leachate characterization and performance evaluation of leachate treatment plant in Cipayung landfill, Indonesia. *Earth and Environmental Science* 106, 012086.
- Ozturk, I., Altinbas, M., Koyuncu, I., Arıkan, O., GomecYangin, C., 2003. Advanced physico-chemical treatment experiences on young municipal landfill leachates. *Waste Manag.* 23, 441.
- Öztürk, İ., Onay, T.T., Çallı, B., Mertoğlu, B., Yıldız, Ş., 2010. Sızıntı Suyu Yönetimi İhtisas Komisyonu Taslak Çalışma Raporu. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. Erişim Adresi: <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/editordosya/sizintisuyuyontaslak.pdf> (erişim tarihi: 20.06.2021)
- Öztürk, M., Polat, A., Topçu, U.S., Aslan, Ş., 2015. Katı Atık Sızıntı Suyunun İleri Oksidasyon Yöntemleriyle Arıtımı. A18-ISITES2015ID335. 2095-2104.
- Öztürk, İ., Timur, H., Koşkan, D., 2010. Atıksu Arıtımının Esasları, Evsel, Endüstriyel Atıksu Arıtımı ve Arıtma Çamurlarının Kontrolü. Erişim Adresi: https://www.hasanege.com/download/hasanege_atiksuaritimiesaslari.pdf. (erişim tarihi: 22.06.2021)
- Pivato, A., Gaspari, L., 2006. Acute toxicity test of leachates from traditional and sustainable landfills using luminescent bacteria. *Waste Manag.* 26, 1148–1155.

- Quasim, S.R., Chiang, W., 1994. Sanitary Landfill Leachate: Generation, Control and Treatment. CRC Press, USA.
- Renou, S., Givaudan, J.G., Poulain, S., Dirassouyan, F., Moulin, P., 2008. Landfill leachate treatment: review and opportunity. *J. Hazard. Mater.* 150, 468–493.
- Rezapour, A., Samadi, A., Kalavrouziotis, I.K., Ghaemian, G., 2018. Impact of the uncontrolled leakage of leachate from a municipal solid waste landfill on soil in a cultivated-calcareous environment. *Waste Management* 82, 51–61.
- Slack, R.J., Gronow, J.R., Voulvoulis, N., 2005. Household hazardous waste in municipal landfills: contaminants in leachate. *Sci. Total. Environ.* 33, 119–137.
- Sarı, H., 2012. Elektrodializ bipolar membran prosesiyle arıtılmış sızıntı suyunun fenton oksidasyonu ile nihai arıtımının değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Salem, Z., Hamouri, K., Djemaa, R., Allia, K., 2008. Evaluation of landfill leachate pollution and treatment, *Desalination*, Volume 220, Issues 1–3, Pages 108-114.
- Samadder, S.R., Prabhakar, R., Khan, D., Kishan, D., Chauhan, M.S., 2017. Analysis of the contaminants released from municipal solid waste landfill site: a case study. *Sci. Total Environ.* 580, 593–601.
- Segundo, I.D.B., Silva, T.F.C.V., Moreira, F.C., Silva, G.V., Boaventura, R.A.R., Vilar, V.J.P., 2019. Sulphur compounds removal from an industrial landfill leachate by catalytic oxidation and chemical precipitation: From a hazardous effluent to a value-added product. *Science of the Total Environment* 655 1249–1260.
- Sezgin, N., 2012. Endüstriyel Arıtma Çamurlarından Ağır Metal Gideriminin İncelenmesi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi, İstanbul.
- Smailagic, A., Simic, S.Ç., Golubovic, D., Orasanin, G., Milic, D., Batinic, K., 2020. Review of Techniques For Landfill Leachate Treatment. *ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering*, 1, 131-135.
- Silva, A.C., M. Dezotti, G.L., Sant’Anna, J., 2004. Treatment and detoxification of a sanitary landfill leachate. *Chemosphere* 55, 207–214.
- Suscan, E., 2020. Erzurum ili katı atık düzenli depolama sahasında sızıntı suyu yönetiminin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- T.C. Ankara Valiliği, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. (2019). Ankara İli Çevre Durum Raporu. Erişim adresi: https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/ankara_2019_cevre_durum_raporu-20200814085714.pdf (erişim tarihi: 20.06.2021).

- T.C. Aydın Valiliği, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. (2019). Aydın İli Çevre Durum Raporu. Erişim adresi: https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/aydin_cdr_2018_sonn-20191118140602.pdf (erişim adresi: 23.10.2020).
- T.C. Konya Valiliği, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. (2017). Konya İli Çevre Durum Raporu. Erişim adresi: [https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Konya%202016%20ICDR\(1\).pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Konya%202016%20ICDR(1).pdf) (erişim 28.09.2020).
- T.C. Konya Valiliği, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. (2019). Konya İli Çevre Durum Raporu. Erişim adresi: https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/konya_cdr_2018_rev-ze-20190808113124.pdf (erişim 28.09.2020).
- T.C. Konya Valiliği, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. (2020). Konya İli Çevre Durum Raporu. Erişim adresi: https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/2019_cdr_konya-20200722143120.pdf (erişim 28.09.2020).
- T.C. Ordu Valiliği, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. (2019). Ordu İli Çevre Durum Raporu. Erişim adresi: https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/ordu_cdr2019-20210112135303.pdf (erişim tarihi: 21.06.2021).
- T.C. Sivas Valiliği, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. (2019). Sivas İli Çevre Durum Raporu. Erişim adresi: https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/s-vas_cdr2018-20200203155727.pdf (erişim tarihi: 20.06.2021).
- T.C. Samsun Valiliği, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. (2019). Samsun İli Çevre Durum Raporu. Erişim adresi: https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/samsun_cdr2019-20210202075338.pdf (erişim tarihi: 20.06.2021).
- T.C. Trabzon Valiliği, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. (2019). Trabzon İli Çevre Durum Raporu. Erişim adresi: https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/trabzon_2018_cdr_rev-ze-20190809093606.pdf (erişim tarihi: 23.10.2020).
- Teng, C., Zhou, K., Peng, C., Chen, W., 2021. Characterization and treatment of landfill leachate: A review, Water Research, 203, 117525.
- Tuğtaş, A.E., Kaşıkçı, K., Çallı, B., 2011. Sızıntı Suyunun Biyolojik Arıtımı Esnasında Uçan Amonyak Miktarının Hesaplanması. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 23(1), 12-20.
- “Türkiye’de Atıksu Yönetimi Çalıştayı Sonuç Bildirgesi” (2017). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Erişim adresi: http://www.cevresehirkutuphanesi.com/assets/files/slider_pdf/b4wj961eyZb7.pdf (erişim tarihi: 24.05.2021)

- “Ülke Genelindeki Evsel/Kentsel Atıksu Arıtma Tesislerinin Mevcut Durumunun Tespiti, Revizyon İhtiyacının Belirlenmesi Projesi” (TÜRAAT) (2017). Erişim adresi:
[https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/editordosya/turaat_isletme_kitabi\(1\).pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/editordosya/turaat_isletme_kitabi(1).pdf)
 (erişim tarihi: 22.02.2021)
- Widziewicz, K., Kalka, J., Skonieczna, M., Madej P., 2012. The comet assay for the evaluation of genotoxic potential of landfill leachate. *The Scientific World Journal*, Volume 2012, Article ID 435239.
- Wiszniowski, J., Robert, D., Surmacz-Gorzka, J., 2006. Landfill Leachate Treatment Methods A Review. *Environmental Chemistry Letters*, 4, 51-61.
- Xiong, J., Zheng, Z., Yang, X., He, J., Luo, X., Gao, B., 2018. Mature landfill leachate treatment by the MBBR inoculated with biocarriers from a municipal wastewater treatment plant, *Process Safety and Environmental Protection*, 119, 2018.
- Yalılı, M., Kestioğlu, K., Mert, B.K. 2006. Sızıntı sularının evsel atıksularla birlikte arıtılabilirliğinin respirometrik yöntemle izlenmesi. *Uludağ Üniversitesi, Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 11, Sayı 1, 65-73.
- Yapsaklı, K., Aktan, Ç., Mertoğlu, B., 2012. SHARON prosesinin sızıntı suyu arıtımında uygulanması. *Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi*, 24(1) 1-10.
- Ye, Z.L., Xie, X., Dai, L., Wang, Z., Wu, W., Zhaou, F., Huang, S., Liu, M., Chen. S., 2014. Full-scale blending treatment of fresh MSWI leachate with municipal wastewater in a wastewater treatment plant. *Waste Management*. 34, 2305–2311.
- Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik, T.C. Resmi Gazete, 28257, 07.04.2012.
- Yiğit, S., 2010. Treatment Alternatives For Reverse Osmosis Concentrate Of Landfill Leachate. Yüksek Lisans Tezi Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yong, Z.J., Bashir, M.J.K., Ng, C.A., Sethupathi, S., Lim, J.V., 2018. A sequential treatment of intermediate tropical landfill leachate using a sequencing batch reactor (SBR) and coagulation, *Journal of Environmental Management*, Volume 205.
- Yu, J., Zhou, S., Wang, W., 2010. Combined treatment of domestic wastewater with landfill leachate by using A2/O process, *Journal of Hazardous Materials*, Volume 178, Pages 81-88.
- Zhank, Q.Q., Tian, B.H., Zhank, X., Ghulam, A., Fang, C.R., He, R., 2013. Investigation on characteristics of leachate and concentrated leachate in three landfill leachate treatment plants. *Waste Management* 33, 2277–2286.
- Zhao, J., Lu, XQ., Luo, J.H., Liu, J.Y, Xu, Y.F., Zhao, A.H., Liu, F., Tai, J., Qian, G.R., Peng, B. 2013. Characterization of fresh leachate from a refuse transfer station under different seasons, *International Biodeterioration&Biodegradation* 85, 631-637.