

T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



BOLU İLİ KATI ATIK DEPOLAMA SAHASININ İNCELENMESİ VE
SIZINTI SUYUNUN MEVSİMSEL DEĞİŞİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BASRİ BAYTEKİN

BOLU, EYLÜL - 2019

T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



**BOLU İLİ KATI ATIK DEPOLAMA SAHASININ İNCELENMESİ VE
SIZINTI SUYUNUN MEVSİMSEL DEĞİŞİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BASRİ BAYTEKİN

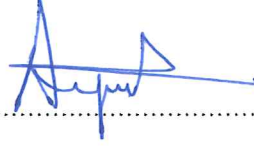
BOLU, EYLÜL - 2019
KABUL VE ONAY SAYFASI

BASRİ BAYTEKİN tarafından hazırlanan “**BOLU İLİ KATI ATIK DÜZENLİ DEPOLAMA SAHASININ İNCELENMESİ VE SIZINTI SUYUNUN MEVSİMSEL DEĞİŞİM**” adlı tez çalışması Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda 01/08/2019 tarihinde **BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ Fen Bilimleri Enstitüsü** Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Danışman
Doç. Dr. Arda YALÇUK
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

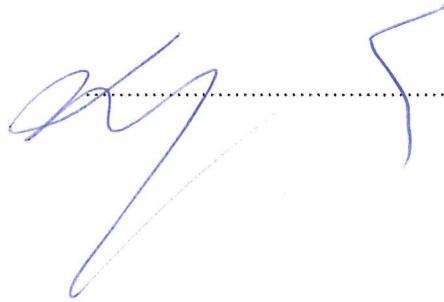
İmza



Üye
Dr. Öğr. Üyesi Yakup ERMURAT
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi



Üye
Dr. Öğr. Üyesi Ömer Kadir MORGÜL
Sakarya Üniversitesi



Mezuniyet Tarihi :

Prof. Dr. Ömer ÖZYURT



Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü v.

Aileme,



ETİK BEYAN

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Basri BAYTEKİN

ÖZET

**BOLU İLİ KATI ATIK DÜZENLİ DEPOLAMA SAHASININ
İNCELENMESİ VE SIZINTI SUYUNUN MEVSİMSEL DEĞİŞİMİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BASRİ BAYTEKİN
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: DOÇ.DR. ARDA YALÇUK)**

BOLU, EYLÜL - 2019

ÖZET

Bu çalışmada, Bolu İli II. Sınıf Katı Atık Düzenli Depolama Sahası ve katı atık sızıntı suyunun bazı parametrelerinin zamana göre değişimi incelenmiştir. Bolu katı atık düzenli depolama tesisi 2007 yılında işletmeye alınmış genç bir depolama alanıdır. Çalışmada öncelikle katı atık düzenli depolama sahası planlanırken kullanılan kriterler değerlendirilmiş ve proje aşamaları incelenmiştir. Depolama sahası Lot-1 ve Lot-2 olmak üzere toplam iki alandan oluşturularak toplamda 15 yıllık kullanım ömrü olarak projelendirilmiştir. Mevcut olarak kullanılan Lot-2 sahası 16.500 m², 10.550 m² ve 18.929 m² olmak üzere üç kademedan oluşmuştur. Katı atık düzenli depolama sahasında sızıntı sularının toplaması amacıyla bir drenaj sistemi oluşturulmuş ve bu sızıntı suları bir havuzda toplanmıştır. Ayrıca oluşacak metan gazının toplanması içinde mevcut kullanılan sahaya 25 dikey 7 yatay olmak üzere toplamda 32 gaz bacası yapılmış ve işletme sürecinde 15 günde bir numuneler alınarak bazı parametrelerin ölçümleri yapılmış ve bunların aylara göre değişimi incelenmiştir. Bu süreçte sahada oluşan sızıntı sularının yeraltı su kaynaklarına karışmadığı tespit edilmiştir.

Çalışma sırasında yapılan incelemeler sonunda Bolu İli II. Sınıf Katı Atık Düzenli Depolama Sahası işletmesinin Bolu ilinin katı atık giderme sorununu çözüme kavuşturacak şekilde, yeterli ve düzenli olarak tasarlandığı görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELER: Düzenli Depolama, Katı Atık, Sızıntı Suyu, Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi

ABSTRACT

AN INVESTIGATION ON THE BOLU PROVINCE SOLID LANDFILL SITE AND THE SEASONAL CHANGES IN THE LEACHATE IN THE LANDFILL SITE

MSC THESIS

BASRI BAYTEKİN

**BOLU ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF
NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

(SUPERVISOR: DOÇ.DR. ARDA YALÇUK)

BOLU, AUGUST 2019

Abstract:

The changes in some parameters of solid waste leachate over time in Bolu Province Class II Solid Waste Landfill is investigated in this study. Bolu solid waste landfill is a recently launched landfill in 2007. The criteria adopted during the planning of the solid waste landfill were evaluated and the project stages were examined. The landfill area consists of two areas, Lot-1 and Lot-2, and was designed for a total life of 15 years. The Lot-2 site is currently used consists of three parts with areas of 16.500 m², 10.550 m² and 18.929 m². A drainage system has been established to collect leachate in the area of the solid waste landfill and the leachates are collected in a pond. Also, 32 gas chimneys, established 25 vertical and 7 horizontal, were built to collect the methane gas formed during the process. Subsequently, samples were taken every 15 days, changes in some parameters were measured in the samples. It was determined that the leachate formed in the site do not mix with groundwater resources.

During the study, the operations are carried out properly and regularly in the Bolu Province Class II Solid Waste Landfill Site and it is projected that the landfill site is well designed to solve the Solid Waste problem in Bolu Province.

KEYWORDS: Landfill, solidwaste, leachate, leachate treatment plant

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
TABLolar LİSTESİ.....	x
RESİMLER LİSTESİ.....	xi
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ.....	xii
TEŞEKKÜR.....	xiv
1. GİRİŞ.....	15
2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI.....	17
2.1 Atık Yönetimi İle İlgili Genel Hususlar	17
2.1.1 Katı Atık Nedir?	17
2.1.2 Katı Atık Yönetim Hiyerarşisi	17
2.1.3 Türkiye’ de Katı Atık Yönetim Politikası.....	18
2.1.4 Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı - Katı Atık Yönetimi	19
2.2 Atık Çeşitleri ve Özellikleri, Katı Atık Yönetmelikleri	21
2.2.1 Evsel Katı Atıklar.....	21
2.2.2 Endüstriyel Katı Atıklar	21
2.2.3 Ticari ve Kurumsal Katı Atıklar	22
2.2.4 Tarımsal ve Hayvansal Katı Atıklar.....	22
2.2.5 Tıbbi Atıklar.....	22
2.3 Katı Atık Yönetmelikleri	23
2.3.1 Atıkların Düzenli Depolanması Dair Yönetmelik	23
2.3.2 Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği.....	23
2.3.3 Tıbbi Atıkları Kontrolü Yönetmeliği	24
2.4 Bolu İli Katı Atık Yönetimi.....	24
2.4.1 Düzenli Depolama Sahası Genel Bilgiler	24
2.4.2 Düzenli Depolama Saha Yapımı.....	25
2.4.3 Düzenli Depolama Sahasına Alınan Atıklar ve Miktarları	27
2.4.4 Düzenli Depolama Sahasının İşletilmesi	31
2.5 Sızıntı Suyu.....	34
2.5.1 Sızıntı Suyu Oluşumu	34
2.5.2 Sızıntı Suyu Yapısı ve Özellikleri.....	35
2.5.3 Sızıntı Sularının Arıtımı.....	37
2.6 Türkiye’de Sızıntı Suyu Yönetimi.....	40
2.6.1 Bolu’ da Sızıntı Suyu Yönetimi.....	41

2.6.1.1	Sızıntı Suyu Debisi ve Hacmi	43
2.6.1.2	Sızıntı Suyu Bertarafı	44
2.7	Literatür Çalışması	44
3.	MATERYAL VE YÖNTEM	47
3.1	Sahanın Tanımlanması	47
3.2	Analizler	49
3.3	Sonuçlar ve Tartışma	50
3.3.1	KOİ Değişimi	51
3.3.2	PO ₄ -P Değişimi	52
3.3.3	NH ₄ -N Değişimi	53
3.3.4	pH Değişimi	54
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER	56
5.	KAYNAKLAR	58
6.	ÖZGEÇMİŞ	62



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1. Atık yönetim hiyerarşisi (Çevrim, 2009)	18
Şekil 2. Türkiye atık dağılımı (Çevre ve Şehircilik, 2016)	20
Şekil 3. Belediye atık yönetimi (Çevre ve Şehircilik, 2016).....	21
Şekil 4. 19 12 11 dışında atıkların mekanik işlenmesinden kaynaklanan diğer atıklar (karışık malzemeler dahil).....	28
Şekil 5. 20 02 02 – Toprak ve taşlar	28
Şekil 6. 20 03 01 – Karışık belediye atıkları	29
Şekil 7. 20 03 03 – Sokak temizleme kalıntıları	30
Şekil 8. 20 03 06 – Kanalizasyon temizliğinden kaynaklanan atıklar.....	30
Şekil 9. Bolu Belediyesi düzenli depolama sahası iş akım şeması	32
Şekil 10. Çeşitli arıtma sistemlerinin akım şemaları (Taslak Çalışma Raporu, 2010).....	39
Şekil 11. Çeşitli arıtma sistemlerinin akım şemaları (Taslak Çalışma Raporu, 2010).....	40
Şekil 12. Düzenli depolama yapılan sahalarda sızıntı suyu yönetimi (Taslak Çalışma Raporu, 2010).....	41
Şekil 13. Sızıntı suyu drenaj sistemi	42
Şekil 14. KOİ değişimi	51
Şekil 15. PO ₄ -P değişimi	53
Şekil 16. NH ₄ -N değişimi	54
Şekil 17. pH değişimi	55

TABLolar LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1. Bolu Belediyesi 2. Sınıf katı atık düzenli depolama sahası kapasitesi (Hidrogrup İş Bitimi Denetim Raporu, 2014).....	25
Tablo 2. Sızıntı suyunun biyolojik etkinlik aşamalarının özeti (Andreottola vd. 1992).....	36
Tablo 3. Sızıntı suyu arıtımında kullanılan fiziksel işlemler (Taslak Çalışma Raporu, 2010).....	37
Tablo 4. Sızıntı suyu arıtımında kullanılan kimyasal işlemler (Taslak Çalışma Raporu, 2010).....	38
Tablo 5. Sızıntı suyu arıtımında kullanılan biyolojik işlemler (Taslak Çalışma Raporu, 2010).....	38
Tablo 6. Bolu Belediyesi katı atık düzenli depolama tesisi sızıntı suyu ort. debi ve ort. hacmi	44
Tablo 7. Sızıntı suyundaki kirletici parametrelerin Max-Min değerleri	50

RESİMLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Resim 1. Lot sahası tabanı kaplama sistemi.....	26
Resim 2. Depolama tesisinin merkez ilçeye uzaklığı.....	47
Resim 3. Katı atık düzenli depolama sahası Lot-2 alanı	48
Resim 4. Tıbbi atık sterilizasyon tesisi.....	48
Resim 5. Toplama ve ayrıştırma tesisi	49



KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

TUİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
KKA	: Kentsel Katı Atık
TBB	: Türkiye Belediyeler Birliği
%	: Yüzde
AB	: Avrupa Birliği
DTÖ	: Dünya Ticaret Örgütü
IMF	: Uluslararası Para Fonu
GATS	: Hizmet Ticari Genel Anlaşması
ZWS	: Sıfır Atık Sistemleri
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
DDT	: Düzenli Depolama Tesisi
ADT	: Atık Depolama Tesisi
HDPE	: Yüksek Yoğunluklu Polietilen
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
BOİ	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı
dak	: dakika
TKN	: Toplam Kjeldahl Azotu
NH₃	: Amonyak
CH₄	: Metan
CO₂	: Karbondioksit
AKM	: Askıda Katı Madde
KAAT	: Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi
EC	: Elektiriksel İletkenlik
gr	: Gram
ORP	: Redoks Potansiyeli
PO₄-P	: Orta-Fosfat
NO₂-N	: Nitrit
NO₃-N	: Nitrat
NH₄-N	: Amonyum

kg	: Kilogram
m³	: Metreküp
m²	: Metrekare
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
mw	: Megawatt
L	: Litre
sn	: Saniye
ASKİ	: Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü
LOT	: Düzenli Depolama Alanı
BDD	: Benzenin Bor Katkılı Elmas
MBR	: Membranbiyoreaktör
NF	: Nanofiltrasyon

Atık Kodları ;

- **19 12 11** : Atıkların mekanik işlenmesinden kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren diğer atıklar (karışık malzemeler dahil)
- **19 12 12** : 19 12 11 dışında atıkların mekanik işlenmesinden kaynaklanan diğer atıklar (karışık malzemeler dahil)
- **20 01 08** : Biyolojik olarak bozunabilir mutfak ve kantin atıkları
- **20 02 01** : Biyolojik olarak bozunabilir atıklar
- **20 02 02** : Toprak ve taşlar
- **20 02 03** : Biyolojik olarak bozunamayan diğer atıklar
- **20 03 01** : Karışık belediye atıkları
- **20 03 02** : Pazardan kaynaklanan atıklar
- **20 03 03** : Sokak temizleme kalıntıları
- **20 03 04** : Fosseptik çamurları
- **20 03 06** : Kanalizasyon temizliğinden kaynaklanan atıklar

TEŞEKKÜR

Çok değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Arda YALÇUK'a değerli yorumları ve samimi rehberliği için çok teşekkür ederim.

Tez çalıőmamda laboratuvar analizlerine olan katkısından dolayı Sayın Ezgi ARPACIK'a teşekkür ederim.

Hiçbir zaman desteğini esirgemeyen ve tez çalıőmamda büyük katkısı olan Sayın Köksal BİLALOğLU' na teşekkür ederim.

Değerli jüri üyelerinin tezime olan katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Hayatım boyunca her zaman her konuda verdikleri desteklerden dolayı başta annem olmak üzere tüm aile bireylerime çok teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

Yükselen gelir, nüfus artışı ve enerji tüketimi gibi sebeplerle, katı atıkların yönetimi oluşturulan ulusal çevre politikalarının en önemli başlıklarından biridir. TÜİK 2010 verilerine göre 25,28 milyon ton atık toplanmıştır. Bütün belediyelerle çalışma sonucu 2010 yılı Belediye Atık İstatistikleri Anketi verilerine göre 2,950 belediyenin 2,879'unda atık hizmeti verildiği gözlemlenmiştir. Ancak 2010 yılında atık toplama ve taşıma hizmeti alan yerel yönetimlerde toplanan 25,28 milyon ton atığın, sadece %25,4'ü düzenli depolama sahalarında gömülerek bertaraf edilebilmiş, %43,5'i belediye çöplüklerinde vahşi olarak dökülmüştür (BEKAB, 2015).

Katı atıklardan oluşan sızıntı sularını yönetmek ve bertarafını sağlamak büyük önem taşımaktadır. Oluşan sızıntı suları günümüzde doğal kaynaklara zarar vermekte ve gelecek için büyük tehlike oluşturmaktadır. Atık depolama tesislerinde meydana gelen sızıntı suları genel olarak çöpteki nem ve atık tesis alanına düşen yağışların, atığın içine sızması sonucu oluşan sulardır. Katı atık tesislerinde oluşan sızıntı suları genellikle atığın özelliğine göre değişmekte olup içinde ki organik madde, ağır metaller ve azotlu maddeler nedeniyle yeraltı su kaynaklarının yanında içerdiği tuzlardan dolayı toprak kirlenmesine de neden olabilmektedir. (ÇEVİRİM, 2009).

Düzenli depolama alanlarından oluşan sızıntı sularının kompozisyonu zamana ve mekâna bağlı olarak büyük değişkenlikler gösterebilir. Özellikle düzenli depolama sahasına düşen yağmur sularının, buradaki atığın arasından geçmesi sırasında çeşitli tepkimeler meydana gelir. Bu tepkimeler sonucu organik ve inorganik bileşikler atıktan sızan suya geçer. Deponi sahasında oluşan bu tür kimyasal ve biyolojik tepkimeler sonucu sızıntı suyu ve deponi gazı ortaya çıkar.

Ayrıca düzenli depolama sahasının işletimi esnasında ve ömrü tamamlandıktan sonra yapılacak izleme programı bünyesinde yapılacak olan sızıntı suyu ve gaz analizleri, çöp ayrışma evresi hakkında bilgi verecektir. Böylece, çöp ayrışmasının kontrolü sağlanarak daha verimli bir işletim programı gerçekleştirilecektir.

Bu çalışmada, Bolu Belediyesi mücavir alan sınırları içerisinde oluşan katı atıkların yönetimi ve bertarafı incelenmiştir. Katı atıkları toplama ve taşıma faaliyetleri evsel atık ve ambalaj atığı olarak kaynağında ayrı ayrı toplanmaktadır. Toplanan atıklar Atık Depolama Tesisinde (ADT) bertaraf edilmektedir. Mevcut tesisin kullanım ömrü 15 yıl olarak öngörülerek tasarlanmıştır. Bu nedenle bu çalışmanın konusu olan kurulu depolama sahalarından elde edilen deneyimler ile gelişen çevre teknolojileri dikkate alınarak yeni ve daha gelişmiş tesisler dizayn edilmelidir.

Ayrıca katı atıklardan kaynaklanan sızıntı suları incelenmiş ve 0,33 lt/sn ortalama debi ölçülmüştür. Tesisin içinde mevcut olan havuzda biriken sızıntı suları kanalizasyon şebekesine verilerek kentsel atıksu arıtma tesisine gönderilip ayda ortalama 856 m³ sızıntı suyu bertarafı gerçekleştirilmektedir. Sızıntı suyunun karakterini belirlemek ve ileride olası kurulacak olan sızıntı suyu arıtma tesisinin hangi ünitelerden yapılacağı hakkında bilgi vermesi için Haziran 2016 – Ağustos 2017 ayları arasında sızıntı suyundan numuneler alınarak KOİ, pH, NH₄-N vb. bazı kirletici parametreler incelenmiştir. Sonuç olarak Atık Depolama Tesisinin mevcut depolama alanının bitmesinden ve sızıntı suyu debisinin düşük olmasından dolayı sızıntı suyu arıtma tesisi yapımına gerek görülmemiştir. Yeni yapılacak Atık Depolama Tesislerinde tekrardan kirletici parametreler analiz edilerek sızıntı suyunun karakterine göre tesis planlanmalıdır.

2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

2.1 Atık Yönetimi İle İlgili Genel Hususlar

2.1.1 Katı Atık Nedir?

Katı atık, hanelerden veya ticaret, endüstriyel faaliyetler sonucu oluşan, tüketicisi tarafından atılan fakat insan sağlığına ve çevre büyük tehditler oluşturması sebebiyle kontrollü biçimde uzaklaştırılması gereken katı maddeler olarak açıklanabilir. Katı atığın belirleyici özelliği, üreticinin veya tüketicinin maddeyi kullanılamaz olarak düşünüp gözden çıkarması veya bu amaca sahip olmasıdır (Palabıyık, 2006). Miktarları her geçen gün artarak büyüyen katı atıkların çevresel etkilerini minimuma indirecek şekilde bertaraf edilmesi gerekmektedir (Günay, 2002).

Katı atıklar fiziki durumlarına ve özelliklerine, kullanımına, kaynağına ve madde grubuna göre birçok şekilde sınıflandırılabilirler. Bu tür atıklar kentsel katı atıkların içinde payı %10' dan daha azdır. Atıkların çoğunluğunu endüstriyel, tarım ve madencilik, enerji santralleri ve inşaat-yıkıntı atıkları oluşturmaktadır (TBB, 2015).

2.1.2 Katı Atık Yönetim Hiyerarşisi

Günümüzde çok göç alan illerde yaşanan hızla artan nüfus, değişen hayat koşulları ve tüketim faktörleri gibi değişkenler sebebiyle, yönetilmesi gereken katı atık miktarı hızla artmaktadır. Bu da katı atıklardan meydana gelen çevre ve insan sağlığı sorunlarının çözümünün elzem boyutlara gelmesine neden olmuştur. Dünyada yıllık olarak 450-500 milyon ton evsel atığın oluştuğu tahmin edilmiştir. Bu atıkların 320 ila 350 milyon tonu açık katı atık depolama sahalarında depolanmaktadır (Yalcuk, 2007).

Katı atık hiyerarşisi kavramı son 20 yıl içinde geliştirilmiş olup katı atık yönetim pratiklerinin seçimi hakkında öncelik sırası Şekil 1'de belirtilmektedir. Bunlardan bazıları:

- Atıktan kaçınma / minimizasyon: Kaynak kullanımının asgari seviyeye indirilmesi ve üretilen atığın miktar ve tehlike arz eden özelliklerinin azaltılması,

- Tekrar kullanım: Aynı veya farklı bir amaç için ürün veya malzemelerin tekrar kullanılması,

- Geri dönüşüm: Benzer veya farklı bir ürün üretiminde kullanılmak üzere atık malzemelerin yeniden işlenmesi,

- Geri kazanım: Enerji geri kazanımı veya diğer teknolojiler yardımıyla atıktan değer elde etme,

Bertaraf: Enerji geri kazanımı olmadan düzenli depolama veya yakma vasıtasıyla atık bertarafı (Çevrim, 2009).



Şekil 1. Atık yönetim hiyerarşisi (Çevrim, 2009)

2.1.3 Türkiye' de Katı Atık Yönetim Politikası

Dünya' da büyüyen ekonomi, hızlı gelişen endüstri, artan nüfus ve göç yoğunluğu sebebiyle çevre konuları önem kazanmıştır. Dünya' da ki bu gelişmeler Türkiye' yi de etkilemiş ve devlet politikalarının çevre konularına, doğal kaynakların korunmasına ve atık yönetimi ve stratejine daha fazla önem vermesini sağlamıştır (Çevrim, 2009).

Türkiye AB Direktifleri doğrultusunda atık yönetimi için birçok düzenlemeler yapılarak uygulamaya geçilmiştir. Bu uygulamalar başta Çevre Kanunu olmak üzere evsel atıklar, atık piller, ömrünü tamamlamış lastikler, atık yağlar vb. gibi birçok alanda yönetmelikler yayımlanmıştır (Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2014).

Türkiye’de atık yönetimi konusu 1930’lardan başlayarak birçok yasal düzenleme yoluyla ele alınmış, birçok kanun, yönetmelik ve planda atık ve katı atık konusu düzenlenmiştir. Bu yasal düzenlemeler ile birlikte konu ile ilgili kurum ve kuruluşların da sayısı artmıştır. Yeni kurumlar oluşturulmuş, ancak daha önceki kurumların yetkilerinde herhangi bir değişiklik ya da düzenlemeye gidilmediğinden ortaya yetki çakışmaları çıkmıştır. Bu durumun yanında var olan kurumların birbirleri arasında etkin iş birliği oluşturamaması ve koordinasyon eksiklikleri sebebiyle katı atık yönetiminde istenen düzeye gelinebilmiştir. Katı atıklarla ilgili mali yapılanmanın ve finansman desteklerinin yetersizliği ve teknik bilgi ve personel, modern bertaraf tesisleri, teknolojik teçhizatların da eksikliği var olan yapıya eklenmediği için, günümüze gelinceye kadar verimli bir katı atık yönetimi sistemi gerçekleştirilememiştir (Kalaycı, 2015).

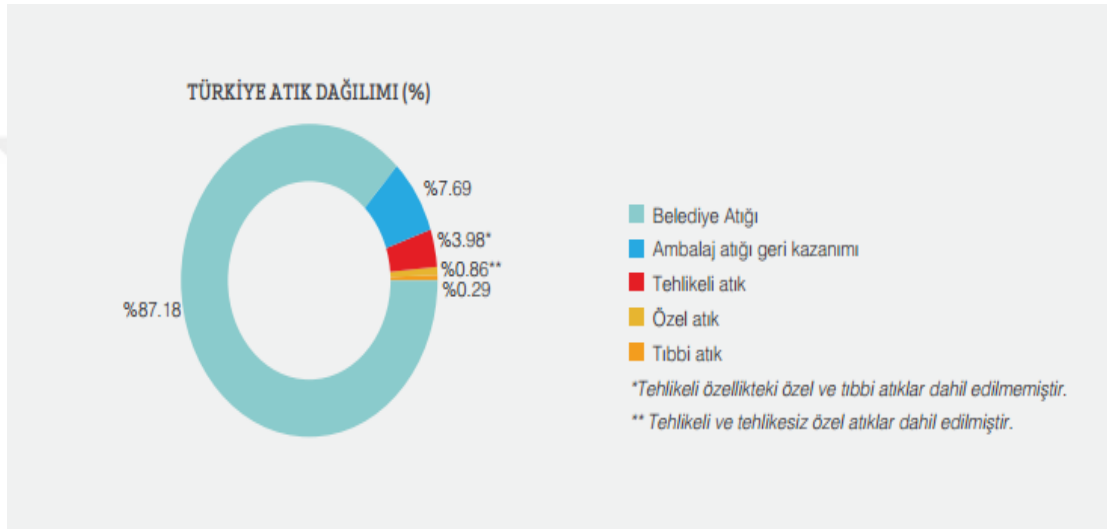
Türkiye’de katı atık yönetimi, ilgili mevzuatlara göre yerine getirilmektedir. Mevzuatlarda atık yönetiminin ne şekilde gerçekleşeceği ayrıntılı olarak belirtilmekte, bununla beraber kişi ve kuruluşlara görev ve sorumluluklar yüklenmektedir. Ülkemizde, diğer atıkların yönetiminde olduğu gibi katı atıkların yönetiminde de dikkat çeken en önemli husus; katı atıkların toplanması, taşınması ve bertarafı işlemlerinin özel sektör aracılığıyla gerçekleştirilmesinde yaşanan artıştır. Ayrıca, atıkların geri dönüşümü ve geri kazanılması ile ilgili atık borsalarının oluşması da dikkat çeken bir diğer husustur (Kolukısa, 2013).

2.1.4 Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı - Katı Atık Yönetimi

Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı, Türkiye’deki mevcut katı atık yönetim sistemlerini, ulusal katı atık yönetim politika ve stratejilerini ve önümüzdeki yıllar için eylem planı hazırlıklarını gözden geçirmektedir. Bu plan Türkiye katı atık yönetimini hukuki, idari, teknik ve mali açıdan incelemekte, ulusal katı atık yönetim politika ve stratejilerini, ulusal eylem planı hazırlıkları ve pilot proje şartlarını gözden geçirmektedir (Cevrim, 2009).

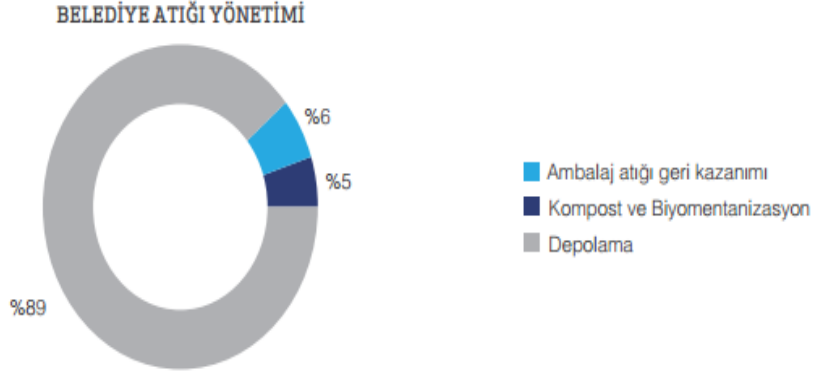
Atıkların, “sıfır atık uygulamasıyla” geri kazanım ve geri dönüşüm sürecinde değerlendirilmeden bertarafı, büyük ölçekte madde ve enerji kaybına neden olmaktadır.

Geçmiş yıllardan günümüze Türkiye çapında atık üretimi artmaya ve bu artışlar neticesinde atıkların sürdürülebilir yönetiminin önemini ortaya çıkarmaktadır. Sürdürülebilir atık yönetimi; atığı kaynağında engelleme, yeniden kullanım, geri dönüşüm ve geri kazanıma odaklanmayı, atık hiyerarşisini yukarı taşımayı gerektirmektedir. Şekil 2’de gösterildiği gibi, Türkiye’ de 2014 yılında toplanan atıkların miktarına %87,18 pay ile en çok belediye atıkları sahip olmuştur. % 12,82 kısmını ambalaj atıkları, tıbbi atıklar, tehlikeli atıklar ve özel atıklar oluşturmaktadır. Bu verilere hafriyat ve maden çalışmalarından kaynaklanan atıklar ve tehlikesiz atıklar dahil edilmemiştir (Çevre ve Şehircilik, 2016).



Şekil 2. Türkiye atık dağılımı (Çevre ve Şehircilik, 2016)

2014 yılında belediye atığı üretimi ve arıtım metotlarına göre yönetimine, belediyeler tarafından kaynağında ayrıştırılan ambalaj atıkları dahil edilmiştir. Oluşan atığın % 6’sı ambalaj atıkları geri kazanımı, %5’i kompost ve biyometanizasyon yöntemleri ile geri kazanım, % 89’u depolama yöntemiyle bertaraf şeklinde dağılımı olmuş ve bu durum Şekil 3’te gösterilmiştir.



Şekil 3. Belediye atık yönetimi (Çevre ve Şehircilik, 2016)

2.2 Atık Çeşitleri ve Özellikleri, Katı Atık Yönetmelikleri

2.2.1 Evsel Katı Atıklar

Evsel atıklar, genellikle çöp olarak bilinen ve çoğunlukla zararsız atık grubuna ait atıklardır. Bunlara ilaveten evsel atıklar arasında pil, boya, ilaç, vb. zararlı ve tehlikeli atıklarda bulunmaktadır. Söz konusu atıklar hanelerden çıkan, doğaya ve insana zararı olmayan, meskenler dışında mesire alanlarında oluşan atıklardır. Organik atıklar bütün katı atıkların içerisinde büyük bir paya sahiptir. Çevreye ve insan sağlığına zarar vermeyecek şekilde kontrollü bir biçimde uzaklaştırılması gerekmektedir (Kolukısa, 2013).

2.2.2 Endüstriyel Katı Atıklar

Endüstriyel üretim, yeni ürünlerin elde edilmesinin ve istihdama olanak sağlamasının yanında, ciddi bir kirlilik ve atık oluşumuna da sebep olmaktadır. Bu kirlilik ve atıklar, zehirli ve zehirsiz kimyasallar, tehlikeli olan ve tehlikeli olmayan atıklar ve radyoaktif atıklar şeklinde sıralanabilir.

Endüstriyel katı atıklar kaynaklarına göre ise iki sınıfa ayrılarak değerlendirilebilir:

- Endüstriyel süreç ve işlemlerden kaynaklanmayan ve çoğunlukla cam, kağıt, metal vb. çeşitli ambalaj atıkları ve bir takım süprüntülerden oluşan katı atıklar bu sınıfa dahildir.

- Endüstriyel işlemler sonucunda meydana gelen ve daha ziyade yoğun bir çamur biçimindeki katı ve zararlı atıklardır (Kalaycı, 2015).

2.2.3 Ticari ve Kurumsal Katı Atıklar

Ticari sektörden ve kurumlardan kaynaklı atıklardır. Söz konusu atıklar evsel atıklar kadar içerisinde organik madde bulundurmeyen atıklardır. Kamu kurum ve kuruluşları, özel kurumlar ve kuruluşlar, lokantalar, büfeler, mağazalar, okullar, hastaneler, askeri yerleşimler, limanlar, ofisler, stadyumlar vb. insanların yoğun olarak kullandığı alanlarından kaynaklanan atıklar bu kapsamda değerlendirilmektedir.

Ticari ve kurumsal katı atıklar, çeşitlilik bakımından oluşturuldukları kurumlara has özellikle taşımaktadır. Örneğin; okullarda daha çok kırtasiye tipi katı atıklar oluşurken, lokantalarda yemek artıkları ağırlık kazanmaktadır (Kolukısa, 2013).

2.2.4 Tarımsal ve Hayvansal Katı Atıklar

Hayvansal ve bitkisel ürünlerin elde edilmesi ve işlenmesi sürecinde oluşan katı atık ve atıklardır. Bahçeler, bağlar, tarım alanları, çiftlikler, besicilik ve hayvan çiftlikleri vb. alanlardan ortaya çıkan atıklar bu sınıfa girmektedir.

Yerel yönetimler açısından büyük problem oluşturan tarımsal atık çeşidi yerleşim bölgelerine yakın yerlerde kurulan besi çiftliklerinde ortaya çıkan atıklardır. Ayrıca zirai atıkların doğaya atılması geleneksel bir yöntem haline gelmiştir ve bu atıkların dar bir bölgeye çok miktarda yığılması sonucu yer altı ve yüzey sularının kirlenmesi gibi etkiler görülmektedir (Kalaycı, 2015).

2.2.5 Tıbbi Atıklar

Sağlık sektöründe tıbbi atık kavramı ile hastane atıkları kavramı çoğu zaman birbirileri ile karıştırılmaktadır. Sağlık sektöründe oluşan atıkları ilk önce hastane atıkları olarak değerlendirip daha sonra bu hastane atıklarını sınıflara ayırmak gereklidir. Tıbbi atıklar,

hastane atıklarının sınıflandırılması sonucu oluşan alt kategoride yer almaktadırlar (Kolukısa, 2013).

Tıbbi Atık, sağlık kuruluşlarında oluşan patolojik, enfekte atıklar, kesici ve delici aletler olarak ifade edilebilir (Tutar, 2004)

Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) tanımlamasına göre; sağlık kuruluşları, laboratuvarlar tarafından kaynaklanan atıklarla birlikte evde yapılan tıbbi bakım sırasında oluşan atıklar olarak tanımlanabilir. (Kolukısa, 2013).

2.3 Katı Atık Yönetmelikleri

Katı atıklar ile alakalı başta Çevre Kanunu olmak üzere atık türüne göre birçok yönetmelik çıkarılmış ve uygulanmaktadır. Bu yönetmeliklerden bazıları Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik, Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği, Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği vb. yönetmeliklerdir.

2.3.1 Atıkların Düzenli Depolanması Dair Yönetmelik

Bu yönetmeliğin amacı, toplanan atıkların bertarafı sürecinde oluşacak sızıntı sularının ve deponi gazının çevreye ve insan sağlığına zarar vermeden yeraltı su kaynaklarına, toprağa ve havaya olan etkilerini en asgari düzeye indirerek uzaklaştırılmasını sağlamaktır. Atıkların çeşitlerine göre depolama tesisleri yapılması ve ömrünü tamamlayan sahaların kapatıldıktan sonra çevre kirliliğini önlemeyi amaçlar (Resmi G., S:27533).

2.3.2 Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği

Bu yönetmelikte ambalaj atıklarının kaynağında önlenmesi, tekrar kullanılması ve geri kazanımını ile asgari seviyeye düşürülmesini ve ambalaj atıklarının doğaya zarar vermeyecek şekilde alıcı ortama verilmesini engellemeyi amaçlar. Ayrıca söz konusu atıkların toplanması ve ayrıştırılması ile ilgili hukuki, idari ve teknik esasları belirler (Resmi G., S:30283).

2.3.3 Tıbbi Atıkları Kontrolü Yönetmeliği

Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, doğaya ve insan sağlığına zarar vermeden alıcı ortamlara ulaşmasını engellemeyi amaçlar. Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan her türlü atık tıbbi atık olarak değerlendirilebilir. Kaynağında toplanan atıkların bertaraf edilme sürecine kadar olan her türlü hukuki, idari ve teknik esasları belirler. Söz konusu yönetmelik atıkların bertarafını atık üreticisine, takibini ise belediyelere ve mahalli idarelere vermektedir (Resmi G., S:29959).

2.4 Bolu İli Katı Atık Yönetimi

2.4.1 Düzenli Depolama Sahası Genel Bilgiler

Depolama sahaları, atıkların doğaya zarar vermeden bertarafını gerçekleştirmek için geliştirilen bir mühendislik tasarım ve çözüm yöntemidir. Atıkların “sıfır atık” uygulamasıyla kaynağında önlenmesi veya geri kazanılması ile sağlanacak atık azaltım oranı büyük oranda etkili olsa da, Kentsel Katı Atık (KKA)’ın belli bir kısmının atık depolama sahalarında depolaması gerekmektedir. Düzenli Depolama Tesisi (DDT) bünyesinde gerçekleşen fiziksel ve biyokimyasal süreçlerle, biyobozunur katı atıkların ayrışma sonucu sızıntı suyu ve depo gazı açığa çıkar (Öztürk, 2015).

Bolu Belediyesi Katı Atık Düzenli Depolama Sahası, Bolu İl Merkezinin kuzey doğusunda, kent merkezine 4 km uzaklıkta, Yukarısoku Mahallesinde yer almaktadır. Sahada atık depolamanın yanında farklı atıklar için faaliyet gösteren tesisler de mevcuttur. Toplam alanı 22 hektar olan saha, Çevre ve Şehircilik (Çevre ve Orman) Bakanlığının 2010 yılında yayınladığı “Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik” te belirlenen “II. Sınıf Düzenli Depolama Tesisi” sınıfına girmektedir. Sahanın 1. Lotu 2005 yılında projelendirilmiş ve 2007 yılında inşa edilerek hizmete girmiştir. 2010 yılında Bolu İlinde evsel atıklar ve ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanması ve değerlendirilmesi çalışmaları başlamış ve Ambalaj Atığı Toplama Ayırma Tesisi faaliyete geçmiştir. Depolanan atığın oluşturduğu metan gazının değerlendirilmesi amacıyla 2011 yılında Çöp Deponi Gazından Elektrik Enerjisi Üretim Tesisi kurulmuştur. 2014 yılında Tıbbi Atık Sterilizasyon Tesisi kurulumu tamamlanmıştır. 2014 yılında 1. Lot alanı ömrünü tamamlamak üzereyken, 2. Lot alanının 1.

etabı inşa edilmiş ve saha son halini almıştır. Sahanın işletmesi Bolu Belediyesi tarafından yapılmaktadır. 2. lot 1. etap yaklaşık 3 yıllık atığı depolayabilecek kapasitede olmakla birlikte 2016-2018 yıllarında hizmet vermiştir.

Bolu Belediyesi Katı Atık Düzenli Depolama Sahasında farklı atıklar için farklı işlemler yapılmaktadır. Bu faaliyetleri gerçekleştiren tesislerin birlikte oluşturdukları bu yapı, Bolu ili entegre atık yönetimi omurgasını oluşturmaktadır. Bu anlamda sahadaki tesislerde yürütülen faaliyetlerin birbirini tamamlar ve uyumlu şekilde gerçekleştirilmesi, sahanın verimli çalışmasında en büyük etkindir (Bolu Belediye Başkanlığı Düzenli Depolama Sahası Aralık Ayı İzleme Raporu, 2018).

2.4.2 Düzenli Depolama Saha Yapımı

Katı Atık Düzenli Depolama Sahası Bolu İli, Merkez İlçesi Yukarısoku Mahallesi İğnesi Mevkii, şehrin kuzeydoğu aksında merkeze kuş bakışı ortalama 4 km'lik bir mesafede yer almaktadır (Hidrogrup İş Bitimi Denetim Raporu, 2014).

Bolu Belediye Başkanlığı tarafından, Bolu Belediyesi II. Sınıf Katı Atık Bertaraf ve Düzenli Depolama Tesisi LOT-2 Uygulama Projesi ile 914.098 m³ depolama hacminin hedeflendiği belirtilmiştir. Arazinin şev eğimleri çok dik olduğundan düzenli depolama alanı 3 kademeli olarak projelendirilmiştir. Yapılan bu çalışma ile LOT alanı maksimum kapasite de hedeflenmiş ve yaklaşık 8 yıllık atık depolama kapasitesine sahip olmuştur. Aşağıda ki Tablo 1'de Bolu Belediyesi 2. Sınıf Katı Atık Düzenli Depolama Sahası kapasitesi gösterilmektedir (Hidrogrup İş Bitimi Denetim Raporu, 2014).

Tablo 1. Bolu Belediyesi 2. Sınıf katı atık düzenli depolama sahası kapasitesi (Hidrogrup İş Bitimi Denetim Raporu, 2014)

LOT	Alanı(m ²)	Depolama Hacmi(m ³)	Depolama Dönemi	Ömrü(yıl)
Lot 1	35.294	218.189	2007-2014	7
Lot 2	45.979	914.098	2014-2022	8
Toplam	81.273	1.132.287	2007-2022	15
LOT-2	LOT Etapları	Lot Alanları(m ²)	LOT-2 Alanı(m ²)	Depolama Hacmi(m ³)
	Etap 1	16.500	45.979	914.098
	Etap 2	10.550		
	Etap 3	18.929		

Yeni depolama tesisi, Bolu Belediye Başkanlığına ait ADT 2. Sınıf Depolama Tesisi olacak ve saha düzenlemeleri ile başlayacaktır. Depo alanında jeomembranın serileceği yüzeylerde, geometrik kazıları minimize etmek ve jeomembranın sağlıklı ve emniyetli bir şekilde serilebilmesi için eğimleri 3 yatay/1 düşey (3Y/1D) olarak belirlenmiştir. Atık depolama tesislerinin projelendirilmesindeki en önemli konulardan biri geçirimsizliğin sağlanmasıdır. Bu nedenle yönetmeliğe uygun olarak atık depolama tesisinde geçirimsizliğin sağlanması gerekmektedir (Hidrogrup İş Bitimi Denetim Raporu, 2014).

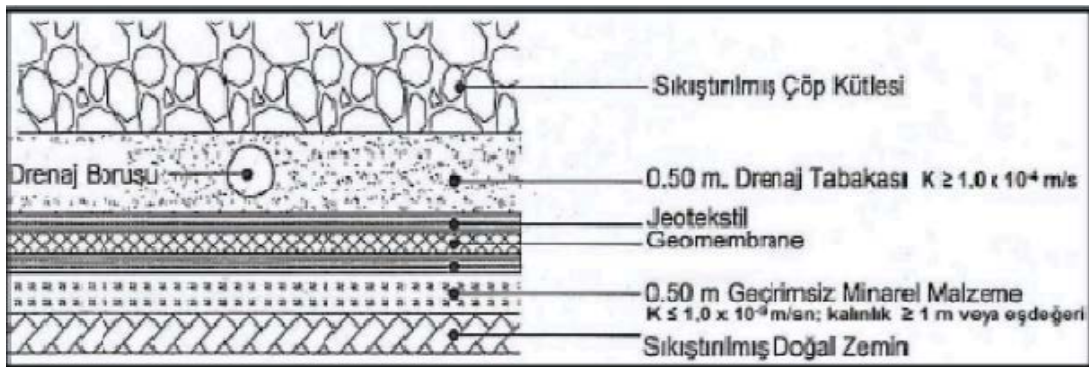
Bolu Belediye Başkanlığına ait ADT' nin atığı tehlikesiz atık kategorisindedir. Bolu Belediyesi 2. Sınıf Katı Atık Bertaraf ve Düzenli Depolama Tesisi kaplama sistemi (bkz. Resim 1) yukarıdan aşağıya doğru aşağıdaki gibi oluşturulmuştur (Hidrogrup İş Bitimi Denetim Raporu, 2014).

Şevlerde;

- Üst Drenaj Jeokompozit
- 2 mm HDPE pürüzsüz Jeomembran
- Jeosentetik kil örtüsü

Tabanda;

- 50 cm çakıl tabakası (koruyucu amaçlı),
- Jeotekstil,
- 2 mm HDPE pürüzlü Jeomembran,
- 0,50 m geçirimsiz malzeme (kil),
- Sıkıştırılmış dolgu zemin olarak oluşturulmuştur.



Resim 1. Lot sahası tabanı kaplama sistemi

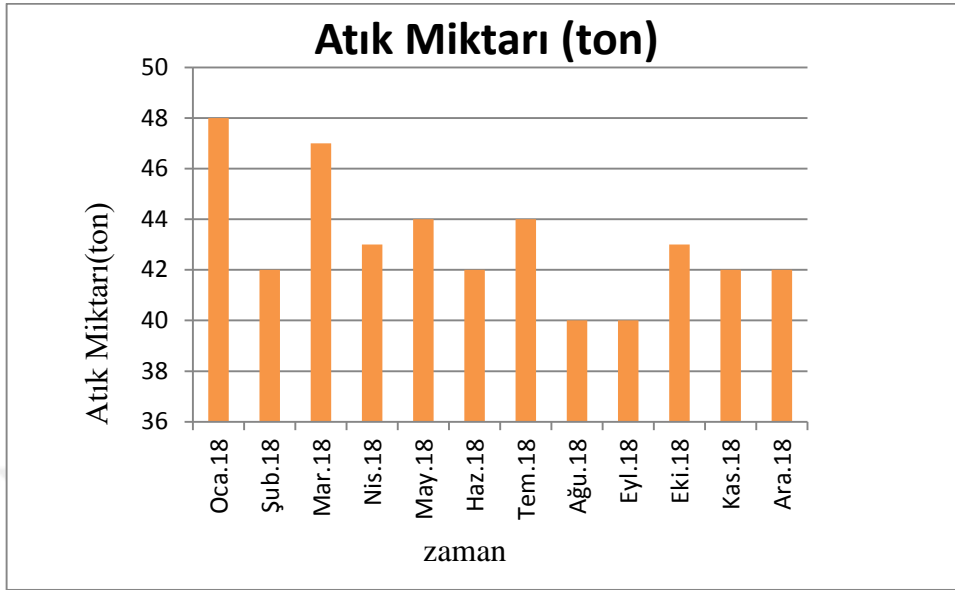
2.4.3 Düzenli Depolama Sahasına Alınan Atıklar ve Miktarları

Bolu Belediyesi II. Sınıf Katı Atık Bertaraf ve Düzenli Depolama Sahasında bertaraf edilen atık türleri Şekil 4-5-6-7-8'de gösterilmiş olup (Bolu Belediyesi Aralık Ayı İzleme Raporu,2018);

- 19 12 11 dışında atıkların mekanik işlenmesinden kaynaklanan diğer atıklar (karışık malzemeler dahil)
- Biyolojik olarak bozunabilir mutfak ve kantin atıkları
- Biyolojik olarak bozunabilir atıklar
- Toprak ve taşlar
- Biyolojik olarak bozunamayan diğer atıklar
- Karışık belediye atıkları
- Pazardan kaynaklanan atıklar
- Sokak temizleme kalıntıları
- Fosseptik çamurları
- Kanalizasyon temizliğinden kaynaklanan atıklar

Düzenli depolama tesisinde Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek-4 listesine göre belirtilen atık kodları ve miktarları grafikler halinde gösterilmiştir.

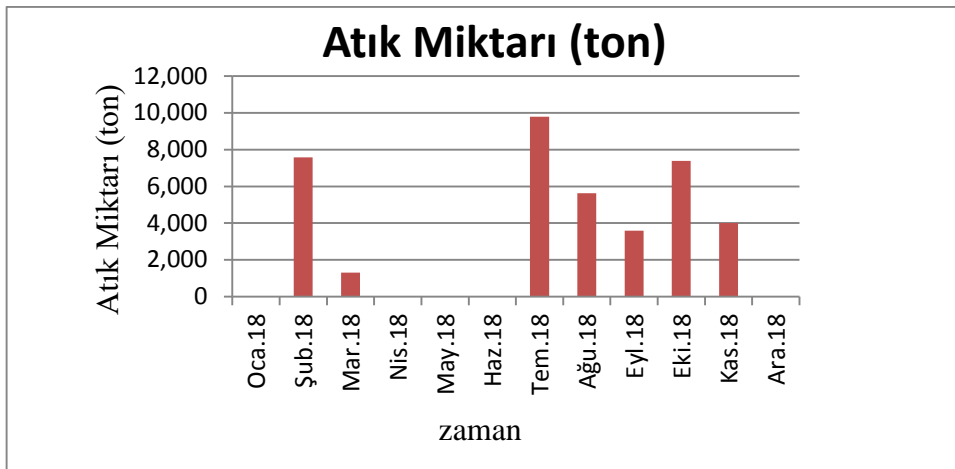
a) 19 12 12 – 19 12 11 dışında atıkların mekanik işlenmesinden kaynaklanan diğer atıklar (karışık malzemeler dahil)



Şekil 4. 19 12 11 dışında atıkların mekanik işlenmesinden kaynaklanan diğer atıklar (karışık malzemeler dahil)

19 12 12 - 19 12 11 dışında atıkların mekanik işlenmesinden kaynaklanan diğer atıklar (karışık malzemeler dahil) kodu olan atık türünden aylık ortalama 40 ton/ay toplanıp Tıbbi Atık Sterilizasyon Tesisinde işlemler gördükten sonra düzenli depolama sahasında bertarafı gerçekleştirilmektedir.

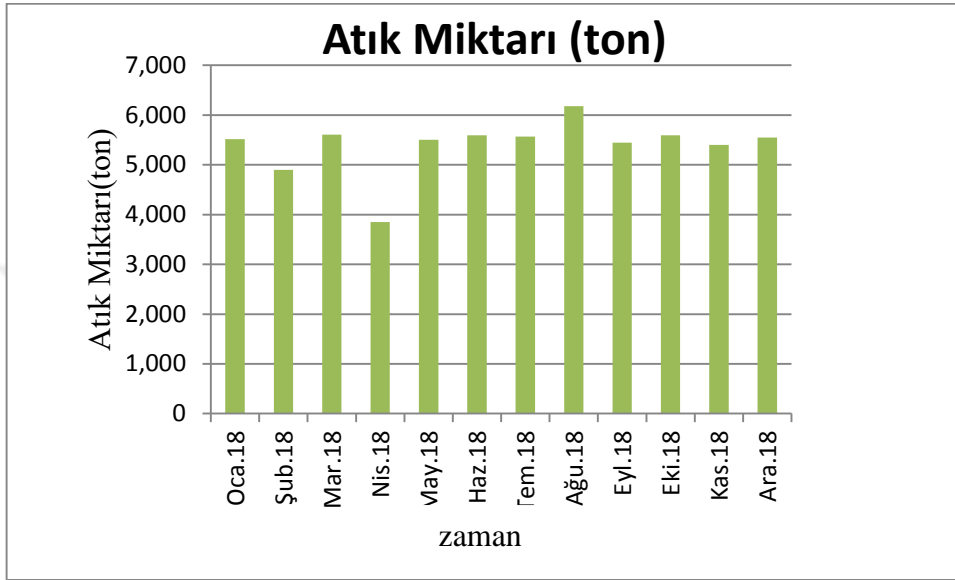
b) 20 02 02 – Toprak ve taşlar



Şekil 5. 20 02 02 – Toprak ve taşlar

20 02 02 – Toprak ve taşlar kodu olan atık türünden kış aylarında mevsimsel şartlardan dolayı Mart-Temmuz ayları arasında bertaraf gerçekleştirilememiştir. Yaz aylarında toprağın yoğun olmasının sebebi inşaat sektöründeki hareketlilik olarak tespit edilmiştir. Temmuz 2018 toprak bertarafı en fazla ay olarak gözlemlenmiştir.

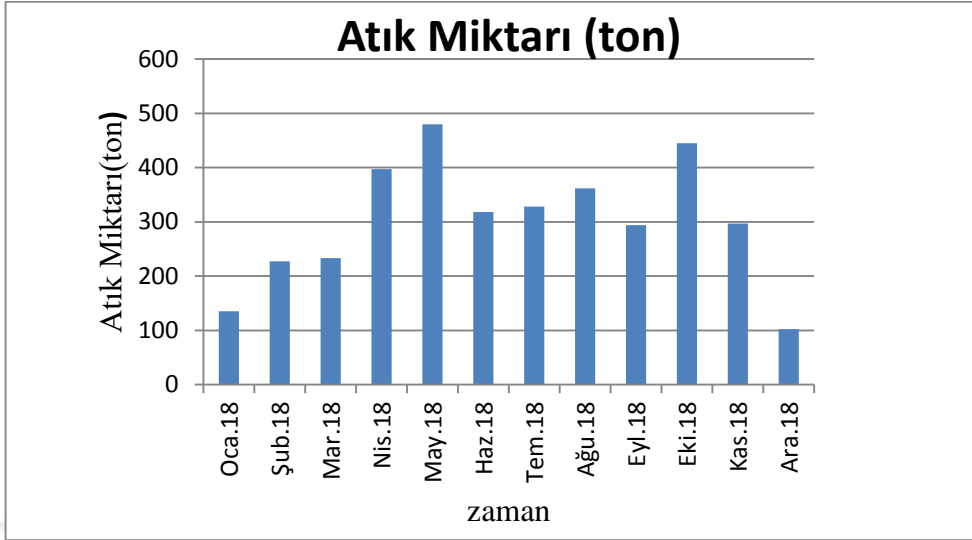
c) 20 03 01 – Karışık belediye atıkları



Şekil 6. 20 03 01 – Karışık belediye atıkları

20 03 01 – Karışık belediye atıkları kodu olan atık türünden aylık ortalama 5.400 ton/gün atık toplanıp düzenli depolama sahasında bertarafı gerçekleştirilmektedir. Ortalama günde 180 ton atık toplanmaktadır. Bolu İli Merkez İlçesinde kişi başına düşen atık miktarı ortalama 1,1 kg/kişi.gün olarak hesaplanmıştır. Karışık belediye atıklarının yoğun bertarafı gerçekleştiği ay Ağustos 2018, bertarafın az olduğu ay Nisan 2018 olarak tespit edilmiştir.

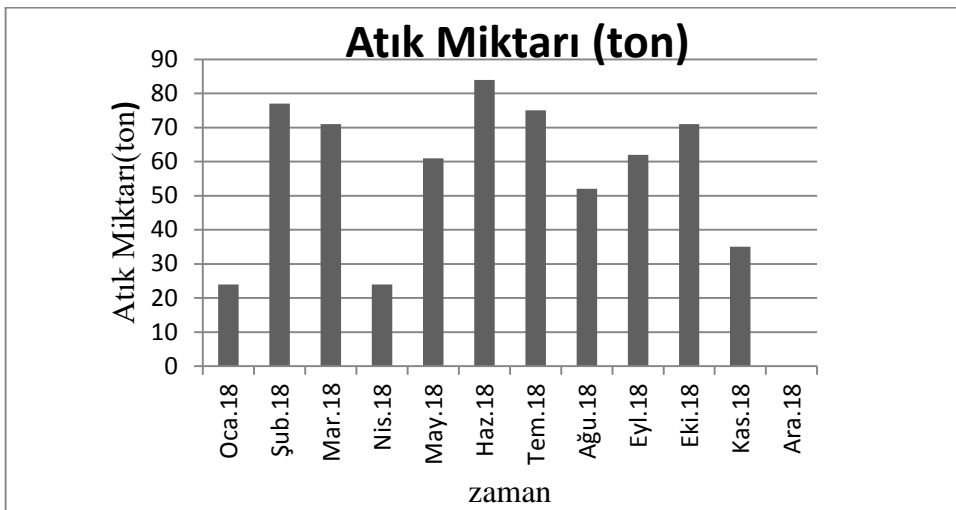
d) 20 03 03 – Sokak temizleme kalıntıları



Şekil 7. 20 03 03 – Sokak temizleme kalıntıları

20 03 03 – Sokak temizleme kalıntıları kodu olan atık türünden ayda ortalama 362 ton/ay atık toplanarak bertarafı gerçekleştirilmektedir. Kış aylarında yaz aylarına nazaran daha az bertaraf gerçekleştiği görülmüştür. Nedeni ise kış aylarında gerçekleşen yağışlardan dolayı sokak temizleme araçlarının çalışmaması olarak gözlemlenmiştir.

e) 20 03 06 – Kanalizasyon temizliğinden kaynaklanan atıklar



Şekil 8. 20 03 06 – Kanalizasyon temizliğinden kaynaklanan atıklar

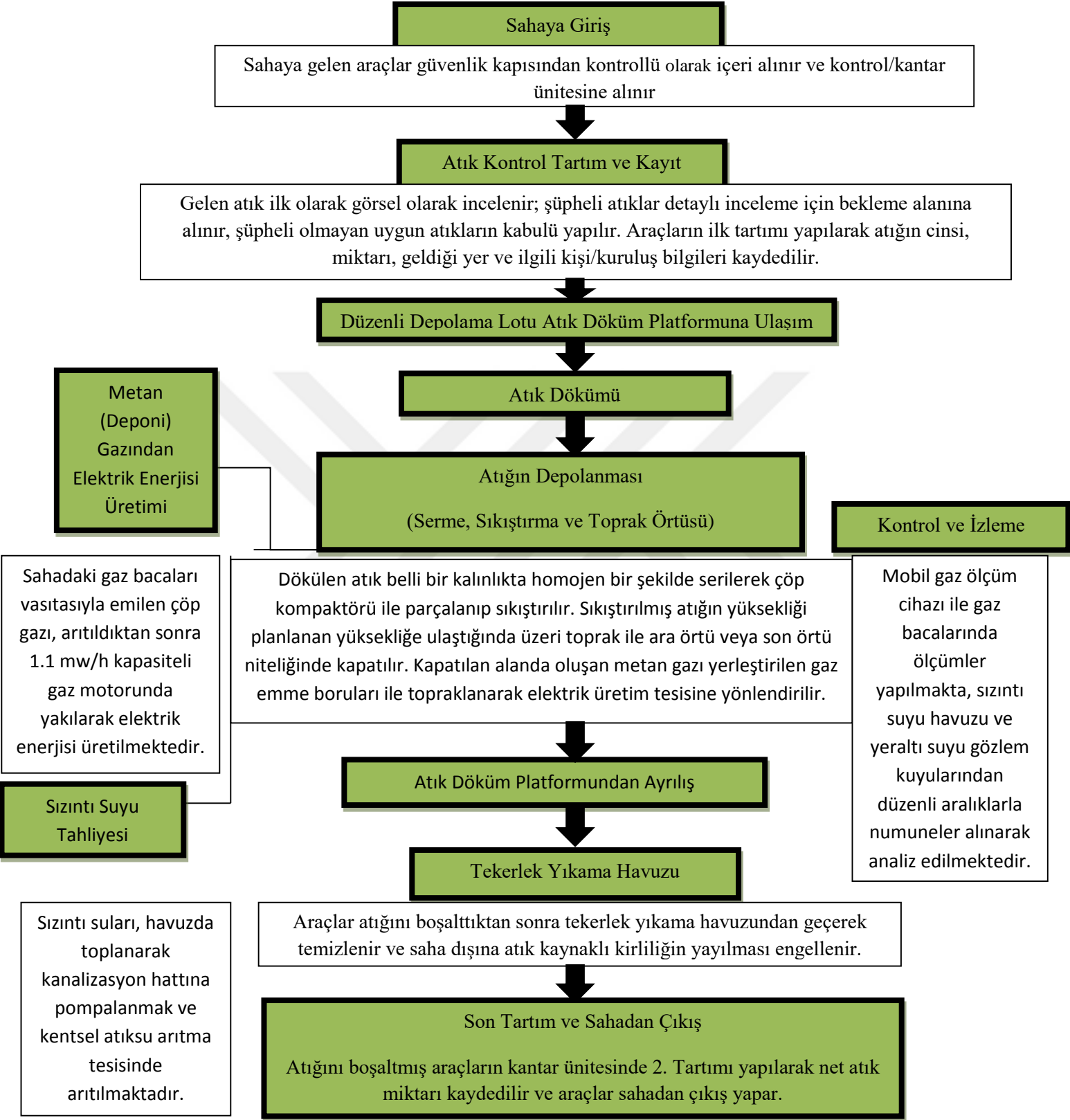
20 03 06 – Kanalizasyon temizliğinden kaynaklanan atıkların kodu olan atık türünde en çok bertaraf Haziran 2018 ayında gerçekleşirken en düşük bertaraf Ocak 2018 ve Nisan 2018 aylarında olduğu tespit edilmiştir.

Bolu Belediyesi II. Sınıf Katı Atık Düzenli Depolama Sahasına gelen atıklar, ambalaj atıkları ve evsel atıkları olarak kaynağında ayrı toplanmasından dolayı tesis içinde ön işlem uygulanmamaktadır (Bolu Belediyesi Aralık Ayı İzlem Raporu, 2018).

2.4.4 Düzenli Depolama Sahasının İşletilmesi

Bolu Belediyesi Düzenli Depolama Sahasının iş akım şeması Şekil 9'da gösterilmiştir. Sahaya gelen araçlar sahaya giriş yaptıktan sonra ilk tartımı yapılarak atığın cinsi, miktarı, geldiği yer ve ilgili kişi/kuruluş bilgileri kaydedilir ve atıkların kabulü yapılır. Tartımı yapılan araçlar atık döküm platformuna ulaşır atığın depolanması için atıklarını dökerler. Atık döküm platformundan ayrılan araçlar tekerlek yıkama havuzuna girip sonrasında son tartımı yapılarak sahadan çıkış yaparlar.

İŞ AKIM ŞEMASI



Şekil 9. Bolu Belediyesi düzenli depolama sahası iş akım şeması

(Bolu Belediyesi Aralık Ayı İzlem Raporu, 2018)

Bolu Belediye Başkanlığı II. Sınıf Katı Atık Düzenli Depolama Sahası işletmesinde, Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmeliği gereğince bazı önlemler alınmıştır. Söz konusu önlemler (Bolu Belediye Başkanlığı Düzenli Depolama Sahası Aralık Ayı İzleme Raporu, 2018);

- Koku ve tozların çevreye yayılmasını önlemek için, sahaya gelen atıkların üstü toprak örtü ile düzenli olarak kapatılmaktadır.

- Rüzgarla birlikte uçuşabilen ve ağırlıkça hafif olan ince plastik, kâğıt vb. atıkların sahada yayılmasını önlemek için düzenli depolama sahasının etrafını tel çit çevrilmiştir. Ayrıca Bolu İli Merkez İlçede kaynağında ayrıştırma olduğu için rüzgârın etkisiyle uçuşabilen kâğıt, ince plastik gibi ambalaj atıkları düzenli depolama sahası sınırları içerisinde bulunan Ambalaj Atığı Toplama Ayırma Tesisine gitmektedir.

- Trafik yoğunluğunu önlemek için sahaya giriş ve çıkışlar bekçi tarafından kontrol edilip kaçak giriş ve çıkışlar önlenmektedir.

- Kuş ve böcek gibi hayvanların sahada üremesi ve patojenleri çevreye yaymasını önlemek için düzenli depolama sahası toprak örtü ile kapatılmaktadır. Ayrıca Bolu Belediyesi Veteriner İşleri Müdürlüğü tarafından haşerat, böcek vb. gibi hayvanların üremesini engellemek için günlük olarak ilaçlanmaktadır.

- Havada metan gazından dolayı meydana gelen tabakalaşma ve aerosollerin oluşumunu önlemek için sahaya gaz bacaları yapılmış ve düzenli olarak gaz çekilmektedir.

- Olası yangın ihtimaline karşı sahanın belirli noktalarına yangın hidrantları yerleştirilmiştir.

Düzenli depolama sahasında gözlem kuyularından ve sızıntı suyu havuzundan düzenli aralıklarla numuneler alınıp analiz edilmektedir. Ayrıca günlük olarak meteorolojik veriler kaydedilmektedir.

Depolama sahasına alınan atıklar, sahanın yapısal sağlamlığını bozmayacak, şevlerde kayma ve yıkılmalara neden olmayacak şekilde depolanmaktadır.

Atıkların depolama sırasında, şev sağlamlığını, araçların ve iş makinelerin rahatlıkla manevra yapabilmelerini sağlamak için lot şev eğimi 1/3 olarak yapılmıştır.

Depolama sahasına, kaçak giriş-çıkışları engelleyecek şekilde tel çit ve giriş kapısı ile donatılarak kontrolü sağlanmıştır. Tesiste izinsiz atık boşaltımını engelleyecek kontrol mekanizması oluşturulmuştur (Bolu Belediye Başkanlığı Düzenli Depolama Sahası Aralık Ayı İzleme Raporu, 2018).

2.5 Sızıntı Suyu

Sızıntı suyu, atık sahalarının içerisinde oluşarak atığın içerisinde geçen ve bu esnada çeşitli reaksiyonlar sonucu atığın çürütülmesi esnasında ortaya çıkan ürünleri ve atığın içerisindeki çözünebilen maddeleri kendi içerisinde bulunduran sıvı olarak ifade edilebilir (Williams, 1998). Atık içerisinde birçok organik madde biyolojik olarak bozunabilir olup aerobik ve anaerobik mikroorganizmalarca daha kolay bileşiklere ayrılabilir. Böylelikle sızıntı suyu oluşmuş olur. Depolama sahalarında ki Sızıntı suyu, yüzey drenajı ile atıkların bozunmasından dolayı oluşan sıvı ile yeraltı su kaynakları, yağışlar vb. etkenler sızıntı suyunun oluşmasında neden olur (Topal vd., 2012).

Ayrıca sızıntı suyunun içeriğinde demir, kurşun vb. ağır metaller bulundurduğundan toksik atığa benzer olabilir (Topal vd., 2012).

2.5.1 Sızıntı Suyu Oluşumu

Depolama tesisinde oluşan çöp suyu, depolama tesisinin nem tutma oranı ile doğru orantılıdır. Bu nedenle çöp suyu oluşumu, depolama tesisinde kapasitenin geçilmesinden itibaren gerçekleşmeye başlar. Çöp suyunun oluşumunu etkileyen faktörler başlıca saha yönetimi, iklim şartları, atığın karakteri ve atık içerisinde gerçekleşen tepkimeler olarak ifade edilebilir (El-Fadel vd., 1997).

Sızıntı suyunun karakterini ve miktarını belirlemek için birçok yazılımlar geliştirilmiştir. Fakat sahaya giren yağış suları göz önünde bulundurularak deneye dayalı çalışmalarda yapılmaktadır. Sızıntı suyu miktarı atığın yaşına ve sıkıştırma oranına göre

farklılık gösterebilir. Sızıntı suyu yaşlı depolama sahalarında artmakta, atık sıkıştırması olan sahalarda ise azalmaktadır (Şengül vd., 1999). Bu faktörlere örnek olarak Almanya' da iyi sıkıştırma yapılan geç deponi sahalarında yıllık yağış miktarının %15-25'i sızıntı suyuna dönüştüğü gözlemlenmişken, iyi sıkıştırma yapılan yaşlı sahalarda ise %25-50'sinin çöp suyuna evrildiği görülmüştür (Ehrig vd., 1992).

Depolama sahası sızıntı suları, depolama suyunda atık su içinde çökelme sonucu ortaya çıkan katı atıkların yanı sıra atıkta bulunan nemin ve kalıntıların bozunma ürünlerinin bir sonucu olarak ortaya çıkan sıvı atıklar olarak tanımlanmaktadır (Salem ve diğerleri, 2008).

Üretilen sızıntı suyunun hacmi, çökelme, yüzeysel akışı, sızma ve atıkların sıkışma derecesi gibi faktörlerle doğrudan ilişkilidir (El Fadel ve diğerleri, 2002; Renou ve diğerleri, 2008). Bu nedenle, suyun depolama sahasına girmesini ve dolayısıyla üretilen sızıntı suyunun hacmini kontrol etmek için farklı teknikler (su geçirmez tabakalar ve örtü tabakaları) uygulanır (Dajić ve diğerleri, 2016).

Kjeldsen ve arkadaşlarına (2002) göre, sızıntı suyunun karakteri, alınan atığın bileşimi, depolama alanının yaşı ve iklim gibi birçok faktöre göre önemli ölçüde değişmektedir. Depolama sahası yaşı, sızıntı suyunun bileşiminde belirleyici bir faktördür, çünkü depolama sahası stabilizasyon aşamalarından geçerken çeşitli parametreler değişmektedir (Kulikowska ve Klimiuk, 2008). Christensen ve ark. (2001), sızıntı suyunun ilk safhası olan asit safhasında, düşük hidrojen iyonik potansiyeli (pH) ve yüksek konsantrasyonlarda kolay bozulan organik madde ve uçucu asitleri sunmaktadır. Metanojenik fazda bulunan yaşlı depolama sahalarında, önemli metan üretimi gözlenir, sızıntı suyunun pH'ı yüksektir (Kurniawan ve diğerleri, 2006; Kulikowska ve Klimiuk, 2008).

2.5.2 Sızıntı Suyu Yapısı ve Özellikleri

Depolama tesisinde atıkların kütle transferi ile sızıntı suyuna karışımı atığın hidrolizi ve biyolojik olarak özümsemesi, atığın içerisinde bulunan tuzların çözülebilmesi ve partikül maddelerin küçültülmesine bağlıdır. Bu doğrultuda depolama tesisinin kapatılmaya kadar olan süreçler beş aşamada incelenebilir (Andreottola vd., 1992). Bu aşamalar; I. Aşama (Aerobik), II. Aşama (Anaerobik / Asit Özümseme Devresi), III. Aşama (Anaerobik / Ara anaerobiosis),

IV. Aşama (Anaerobik / Metanojen) ve V. Aşama (Aerobik / Olgunluk Dönemi) olarak tanımlanabilir.

I. Aşamada, sahaya gelen atıklar depolandıktan sonra geçen 2-3 günü kapsar. Bu aşamada iri moleküller parçalanır. Sıcaklıkta artış gözlenirken pH' da düşme gözlemlenir.

II. Aşama I. Aşamaya göre daha uzun sürer. Bu aşamada redoks potansiyeli ve pH' da düşüş gözlemlenir. Asit fermentasyonu ile oluşan demir ve ağır metaller çöker. Amonyak yoğunluğu ve BOİ/KOİ oranında artış olur.

III. Aşamada bakteriler üremeye başlar ve sonucunda CH₄ üretimi artar. İlk iki aşamaya göre daha uzun zaman alır ve pH' da artış gözlemlenir.

IV. Aşamada pH nötre yakındır. Ağır metaller gözlemlenirken BOİ/KOİ oranı düşüktür.

V. Aşama CH₄ oluşumunda düşüklüğü nedeniyle havayla karışımlar olur. Bu aşama genellikle yaşlı sahalarda gözlemlenir.

Söz konusu aşamalar aşağıdaki Tablo 2' de özet olarak gösterilmiştir.

Tablo 2. Sızıntı suyunun biyolojik etkinlik aşamalarının özeti (Andreottola vd. 1992)

Parametre	Aşamalar			
	I	II	III	IV
Süre	çok kısa	göreceli kısa	uzun	uzun
Durum	aerobik/havalı	anaerobik/havasız	anaerobik/havasız	anaerobik/havasız
Temel Etkinlik	hidroliz	asit-fermantasyonu	ara anaerobiosis	metanojen
Artan	sıcaklık, CO ₂ , nem, yağ asitleri, KOİ, BOİ, amonyak	uçucu asitler, ağır metaller, CO ₂ , inorganik iyonlar, BOİ; BOİ/KOİ, amonyak	CH ₄ , pH, alkanilite, amonyak	CH ₄ , pH, BOİ, BOİ/KOİ
Azalan	pH, O ₂	pH, redoks	CO ₂ , uçucu asitler, sülfatlar, metaller	metaller, CO ₂ , asitler, amonyak

2.5.3 Sızıntı Sularının Arıtımı

Sızıntı suyunun arıtımının amaçlanan arıtma seviyesine gelmesi için birçok arıtma ünitesinin birlikte kullanılması gerekmektedir. Arıtma tesisi atık sahasının yaşına göre sızıntı suyunun karakteri ve debisini karşılayacak proseslerden oluşturulmalıdır. Arıtma tesisinin yapımında göz önünde bulundurulması gereken başlıca faktörler; yapım ve işletme maliyeti, arıtılabilirlik, zararlılık derecesi ve sızıntı suyu karakteri olarak değerlendirilmelidir (Armağan, 2004).

Sızıntı sularını yerinde arıtmak için birçok farklı yöntem uygulanabilir. Söz konusu yöntemlerin sadece bir tanesini uygulamak çözüm için etkili olmayıp, amaçlanan arıtma verimine birkaç basamaktan oluşan süreçlerle ulaşılabilir (Taslak Çalışma Raporu,2010). Sızıntı sularının arıtımında kullanılan genel kimyasal, fiziksel ve biyolojik yöntemler Tablo 3-4-5'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Sızıntı suyu arıtımında kullanılan fiziksel işlemler (Taslak Çalışma Raporu, 2010)

Fiziksel	Çöktürme / Flotasyon	Askıda Katı Madde Giderimi
	Filtrasyon	
	Hava ile sıyırma	Amonyak ve Uçucu Organik Madde Giderimi
	Adsorpsiyon	Organik Madde Giderimi
	İyon Değişirme	Çözünmüş İnorganik Madde Giderimi
	Ters Ozmoz	Organik ve İnorganik Madde Giderimi
	Buharlaştırma / Yakma	Ters Ozmoz Konsantresi Bertarafı

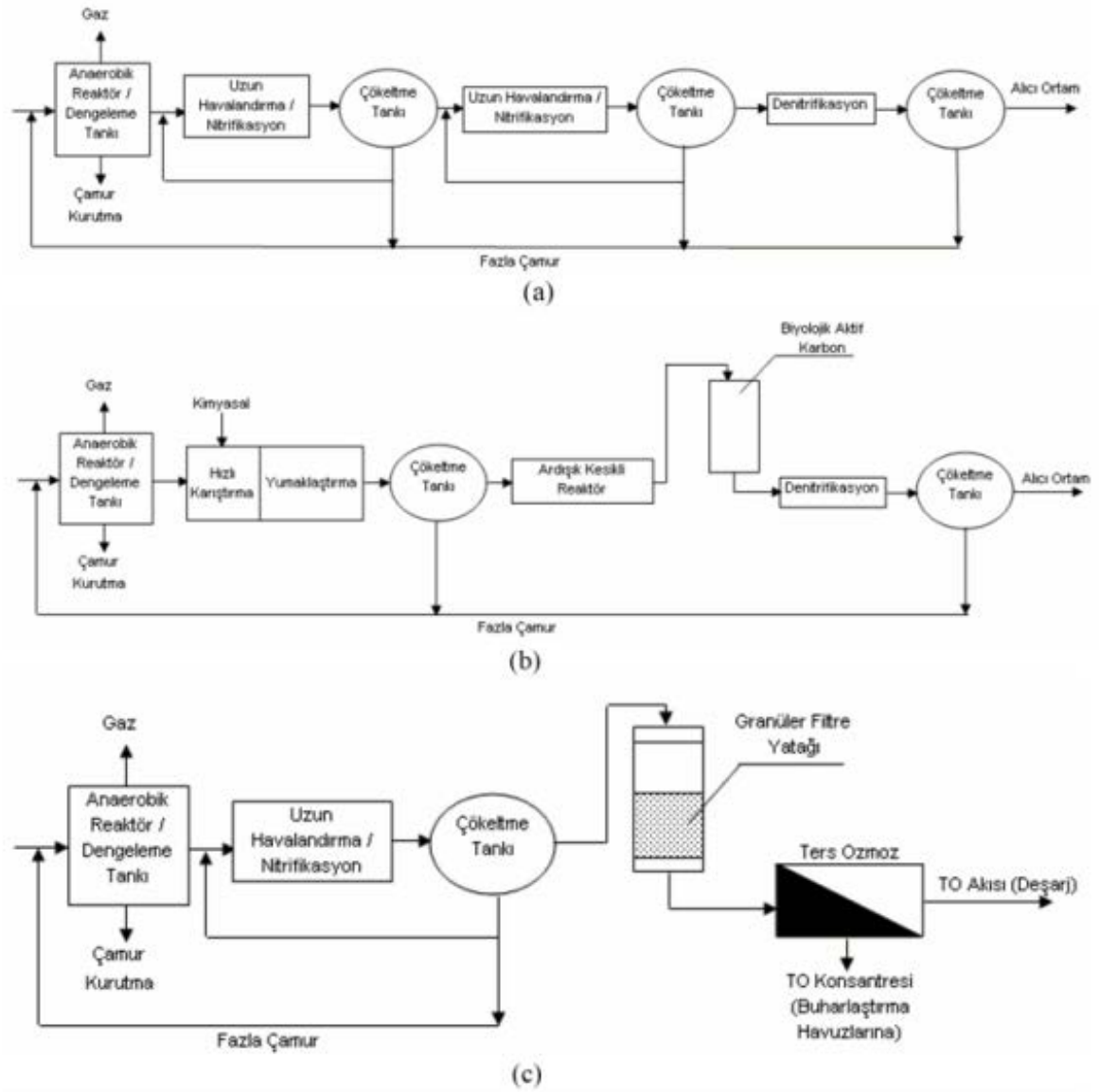
Tablo 4. Sızıntı suyu arıtımında kullanılan kimyasal işlemler (Taslak Çalışma Raporu, 2010)

Kimyasal	Nötralizasyon	pH Kontrolü
	Kimyasal Çöktürme	Ağır Metal ve Bazı Anyonların Giderimi
	Koagülasyon / Flokulasyon	Çökelmeyen Askıda Katı Madde Giderimi
	Kimyasal Oksidasyon	Organik Madde Giderimi, Detoksifikasyon

Tablo 5. Sızıntı suyu arıtımında kullanılan biyolojik işlemler (Taslak Çalışma Raporu, 2010)

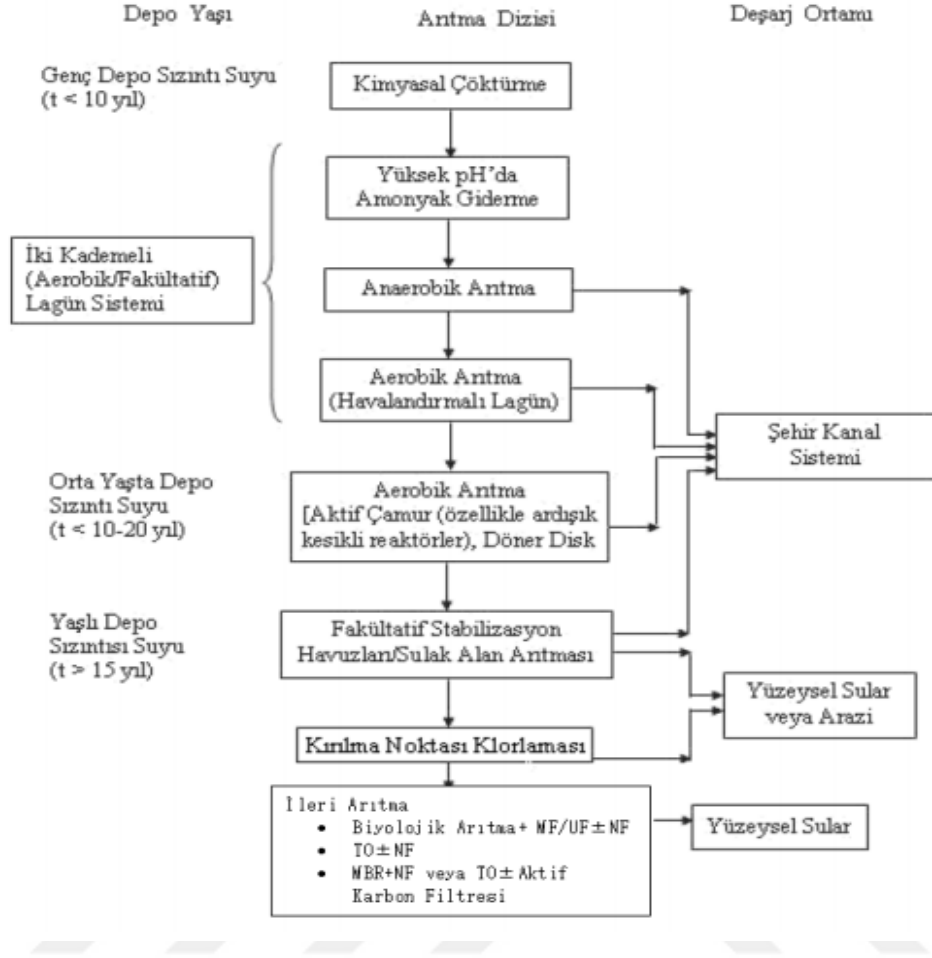
Biyolojik	Aktif Çamur	Organik Karbon Giderimi
	Ardışık Kesikli Reaktörler	
	Havalandırılmalı Lagün / Stabilizasyon Havuzu	
	Biyofilm Sistemleri(damlatmalı filtre, döner biyolojik diskler	
	Havasız Lagün ve Temas Tankları	
	Havasız Reaktörler(yukarı akışlı çamur yatağı, filtre veya hibrit)	
	Nitrifikasyon / Denitrifikasyon	Azot Giderimi

Biyolojik arıtma üniteleri, yaşlı deponi sahalarında oluşan sızıntı sularının arıtımında etkili değil iken organik madde içeriği yüksek olan genç depolama sahalarında sızıntı sularının arıtımında etkilidir. Yaşlı depolama sahalarında oluşan sızıntı sularının arıtımında genellikle fiziksel ve kimyasal prosesler uygulanır. Dünya çapında depolama tesislerinde oluşan sızıntı sularının çeşitli arıtma sistemleri aşağıda Şekil 10' da gösterilmiştir (Taslak Çalışma Raporu, 2010).



Şekil 10. Çeşitli arıtma sistemlerinin akım şemaları (Taslak Çalışma Raporu, 2010)

Düzenli depolama tesislerinden kaynaklı oluşan sızıntu sularının arıtılması için inşa edilen tesislere dünya çapında bakıldığında saha yaşı ve deşarj faktörleri göz önünde bulundurularak tasarlanabilecek arıtma tesisleri aşağıda Şekil 11’ de gösterilmiştir.



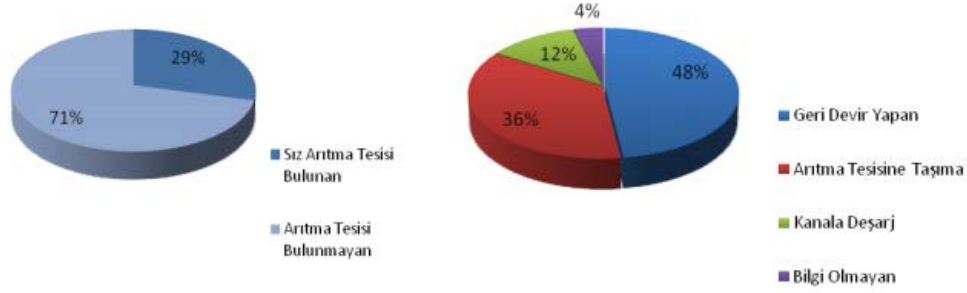
Şekil 11. Çeşitli arıtma sistemlerinin akım şemaları (Taslak Çalışma Raporu, 2010)

2.6 Türkiye’de Sızıntı Suyu Yönetimi

Türkiye’de katı atıkların yönetiminde düzenli/vahşi depolama sahalarında oluşan sızıntı suları, yeraltı su kaynaklarını kirletmektedir. Artan nüfusa bağlı olarak atık miktarının çoğalması ve depolama tesislerinin artması nedeniyle sızıntı sularının yönetimi, deşarj için standartların geliştirilmesi ve sızıntı suyunun saha kapatıldıktan sonrada uzun yıllar sonra da sızıntı suyu sorunlarının oluşması nedeniyle giderek önem kazanan bir durum olmuştur (Arıkan, 2003).

Yapılan araştırmalar sonucunda sızıntı suyu arıtma tesisi olmayan atık sahalarında %48 oranla geri devir yöntemi uygulandığı görülmektedir. Depolama sahalarında arıtma tesisi olmayan %36’ lık kısım ise sızıntı suyunu kanalizasyon hattına vererek atıksu arıtma tesisine

ulaştırmışlardır. Ayrıca düzenli depolama sahalarında %71'lik büyük pay ile arıtma tesisi bulunmadığı Şekil 12' de gösterilmiştir (Taslak Çalışma Raporu, 2010).



Şekil 12. Düzenli depolama yapılan sahalarda sızıntı suyu yönetimi (Taslak Çalışma Raporu, 2010)

Sızıntı suyunun arıtılması için ileri teknolojilere yapılan yatırımlar doğrudan ülkelerin satın alma gücü ile ilgilidir. Bu nedenle, gelişmiş Kuzey Amerika ve Avrupa ülkeleri, gelişmekte olan Güney Amerika ve Asya'daki ülkelerin Belediye Katı Atık Yönetim yaklaşımları ve sızıntı suyu arıtma sistemleri açısından büyük önem taşımaktadır (Hoornweg ve Bhada-Tata, 2012).

Kuzey Amerika' da depolama alanlarında oluşan sızıntı suyunu arıtmak için membran filtrasyon teknolojisi oldukça uygun işlemlerden biridir (Yang ve diğerleri, 2006; Zhao ve diğerleri, 2012). Organik, inorganik ve ağır metal bileşiklerinin sızıntı suyundan arıtmak için MBR ve ters osmoz sistemleri başarıyla uygulanmıştır (Robinson, 2005; Renou ve diğerleri, 2008; Ahmed ve Lan, 2012).

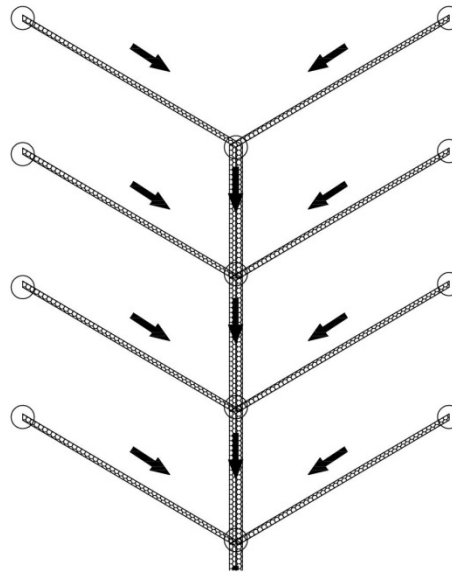
New York eyaletinde bulunan en büyük aktif depolama alanı Seneca Meadows depolama alanıdır (Costa, 2019). Baker ve arkadaşlarına göre (2015), ters osmoz teknolojisi, Seneca Meadows depolama alanındaki sızıntı suyunun arıtılması için kullanılmaktadır. Kirlenmelerin %95' ten fazla arıtıldığı ve düşük sermaye maliyeti ile avantaj sağladığını gözlemlemişlerdir.

2.6.1 Bolu' da Sızıntı Suyu Yönetimi

Atık etapları tabanından toplanan sızıntı suyu, arıtılıp uzaklaştırılmaya kadar depolama alanının uygun bir yerinde inşa edilecek sızıntı suyu biriktirme havuzunda geçici olarak depolanır. Sızıntı suyunun biriktirilmesi arıtma öncesi debi ve konsantrasyon dengelemesi bakımından da faydalıdır. Bu maksatla genelde 100 yıl tekerrürlü ve 24 saat süreli yağış biriktirmeye yetecek büyüklükte bir kapasite de planlanır.

Sızıntı suyu toplama (drenaj) sistemindeki (bkz. Şekil 14) drenaj borularının uzunlukları, drenaj yüzeyi (alanı) eşimi, drenaj malzemesi (çakıl ve/veya geotekstil) iletkenliği (permeabilite) ve sızıntı suyu tahliye hızı, geçirimsiz tabaka üzerindeki su yükü üzerinde etkilidir. Depo tabanındaki geçirimsiz tabaka üzerinde su yükü, drenaj sistemi ve malzemesi özellikleri göz önünde tutularak, Darcy ve süreklilik denklemleri yardımıyla tahmin edilebilir. Tipik sızıntı suyu toplama sistemi yerleşim planları aşağıda Şekil 13’de gösterilmiştir. Depo tabanındaki sızıntı suyu toplama sistemi genelde ≤ 15 m ara ve ≤ 300 m uzunlukta döşenen özel drenaj boruları ile teşkil edilerek depo tabanı drenaj borularına doğru balıksırtı şeklinde eğimlendirilmiştir.

Her bir etap içerisinde sızıntı suyu drenajı, yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) borular ile sağlanmıştır. Bu borular atık sahası içerisinde 2/3 oranında delikli olup, ancak sedde geçişlerinde tam kapalı tutulmuştur. Borular, sedde çıkışında yine kapalı olarak devam ederek sızıntı suyunun, havuza akışını sağlamaktadır.



Şekil 13. Sızıntı suyu drenaj sistemi

Sızıntı sularını etkileyen bileşenler;

- Atıkta bulunan mevcut su
- Depolanan atıkta gerçekleşen anaerobik bozunma tepkimeleri neticesinde tüketilen su

- Yağışlardan kaynaklı sahaya giren su
- Buharlaşıma nedeniyle atıktan kaybolan su

Sahada oluşan sızıntı suyu miktarını minimize etmek amacıyla aktif lotlardaki sızıntı suları toplama havuzuna giderken, kullanıma geçmemiş olan boş lotlardaki yağmur suları ayrı bir toplama sistemi ile sızıntı suyuna karışmadan toplanmaktadır. Aynı şekilde ömrünü tamamlamış ve nihai örtü ile kapanmış etapların yağmur suları, sızıntı suyundan ayrı olarak toplanmalı ve sızıntı suyu miktarını arttırmamalıdır (Lot-2 Uygulama Projesi, 2013).

Sızıntı suyunun sürekli olarak toplanıp depo dışına uzaklaştırılması prensibine göre tasarlanan klasik atık depolama alanlarında, özellikle kurak iklimlerde etap içindeki atığın stabilizasyonu çok uzun yıllar (20-30 yıl) gerektirir (ÇŞB Katı Atık Ana Planı Nihai Rapor, 2006).

Her ne kadar tesis sahasına taşkın durumu söz konusu olmasa da, olağanüstü durumlar dikkate alınarak, drenaj etaplarında yağış dolayısıyla sızıntı suyu birikmesinin engellenmesi, başka bir ifadeyle hızlı ve emniyetli bir drenaj sağlanması amacıyla boru çapları seçilmiştir.

Atık depolama tesislerinde oluşacak sızıntı sularının miktarını belirlemek amacıyla meteorolojik veriler kullanılır. Söz konusu veriler kullanılarak elde edilen sızıntı suyu hesaplarında en önemli nokta, sızıntı suyu arıtma prosesleri ve sızıntı suyu havuzuna ışık tutmasıdır (Lot-2 Uygulama Projesi, 2013).

2.6.1.1 Sızıntı Suyu Debisi ve Hacmi

Bolu Belediye Başkanlığı Katı Atık Düzenli Depolama Sahası içerisinde atık serme ve sıkıştırma işlemleri neticesinde oluşan sızıntı suları saha içerisindeki kanalizasyon bağlantısı ile Kentsel Atıksu Arıtma Tesisine gönderilmekte ve arıtılarak deşarj edilmektedir.

Katı Atık Düzenli Depolama Sahası içerisinde atık serme-sıkıştırma işlemleri neticesinde oluşan sızıntı sularına ait ortalama debi ve ortalama aylık toplam hacim Tablo 6'da verilmiştir (Bolu Belediye Başkanlığı Düzenli Depolama Sahası Aralık Ayı İzleme Raporu, 2018, Aralık).

Tablo 6. Bolu Belediyesi katı atık düzenli depolama tesisi sızıntı suyu ort. debi ve ort. hacmi

SIZINTI SUYU KAPASİTESİ	
Ort. Debi	0,33 lt/sn
Ort. Aylık Toplam Hacim	856,3 m³/ay

2.6.1.2 Sızıntı Suyu Bertarafı

Sızıntı sularının kirlilik derecesi çok yüksek miktarlara ulaşabilmektedir. Sızıntı suyu analizi ile depolanan atığın biyolojik olarak hangi fazda olduğu, içindeki biyolojik reaksiyonun verimli olup olmadığı, atık alanı ile çevresinde kalan bölgenin hidrolojik olarak ne kadar izole edilebildiği gibi teknik bilgileri de öğrenilebilmektedir. Bolu ili 2. Sınıf Katı Atık Düzenli Depolama Sahası içerisinde oluşan sızıntı suları ayrı bir havuzda biriktirilmekte ve pompalar yardımıyla belediyeye ait kanalizasyon hattına deşarj edilmektedir. Yapılan deşarj işlemine ait gerekli izinler belediye birimleri arasında alınmış olup sürekli olarak kontrol edilmelidir. Kanalizasyona verilen sızıntı sularının kanalizasyon borularında, boruların geçtiği çevrede ve kentsel atıksu arıtma tesisinde herhangi bir olumsuz durum yaratmayacak şekilde gerekli tüm tedbirler ilgili kurumlar tarafından alınmalıdır. (Bolu Belediye Başkanlığı Katı Atık Düzenli Depolama Sahası İşletme Planı, 2014).

2.7 Literatür Çalışması

Çevrim yaptığı çalışmada, 2007 yılında hizmete açılmış Erzurum İlinin Atık Depolama Sahasını incelemiştir (Çevrim, 2009). Tesis 20 yıl kullanılacak şekilde ve toplam 2.890.000 m³ depolama hacimli olarak tasarlanmıştır. Sızıntı suyu arıtımı için ters osmoz ünitesi kullanılmaktadır. Ekim 2008, Kasım 2008 ve Mayıs 2009 aylarında numuneler alınmış, sistemin sızıntı suyunu %99 civarında arıttığı tespit edilmiştir.

Özgeçmen, İstanbul Odayeri Düzenli Depolama Sahası katı atık depolama alanı sızıntı sularının miktarı, karakteristiği ve arıtılması üzerine yapılan çalışmaları incelemiştir (Özgeçmen, 2007). Çalışmasında NH₄-N ve KOİ giderimi amaçlamıştır. Tesisini incelerken bu iki parametrenin takibini yapmış ve KOİ %62, NH₄-N için %46 gibi bir değer bulmuştur.

Arıkan, Ankara Mamak Çöplüğünde KOİ parametresini incelemiş ve bütün değerleri aştığını görmüştür (Arıkan, 2003). Söz konusu alanında acilen yatırım ve bilimsel alanlarda araştırmalar başlatılması gerektiğini ve acilen alanın rehabilitasyon çalışmalarına başlaması gerektiği tespitlerinde bulunmuştur.

Duran, Gaziantep Büyükşehir Belediyesi Atık Depolama Tesisinde sızıntı suyunun ham haliyle arıtılmış halini kıyaslamıştır (Duran, 2016). Depolama tesisinde fizikokimyasal arıtım metotlarından olan koagülasyon ve flokülasyon yöntemleriyle arıtımı incelenmiştir. İncelemeler sonucunda KOİ giderim verimini %89,01 olarak tespit etmiştir.

Oduncu, sızıntı suyunun elektrooksidasyon ve elektrokoagülasyon ile arıtılabilirliğini incelemiştir (Oduncu, 2017). İlk çalışmada tek kutuplu alüminyum elektrotlar ile 45 dakikalık elektrokoagülasyon işlemi uygulamış ve KOİ giderimini %57 arıtım verimi olarak bulmuştur. İkinci çalışmasında ise BDD (Benzenin Bor Katkılı Elmas) elektrot ile 300 dakikalık elektrooksidasyon işlemi sonucunda KOİ giderimini %98 arıtım verimi olarak bulmuştur.

Balahorli, İstanbul Kömürcüoda Atık Depolama Tesisinde oluşan sızıntı sularının Membranbiyoreaktör (MBR) ve Nanofiltrasyon (NF) teknolojisi ile arıtımını incelemiştir (Balahorli, 2011). Çalışma sonucunda %98 yüksek arıtım verimi ile MBR + NF sisteminin KOİ ve azotlu bileşiklerde başarılı olduğunu, çıkış suyunun alıcı ortama deşarj limitlerine uygun olduğunu gösmüştür.

Yalçuk, atık depolama tesislerinde oluşan sızıntı sularının arıtımında yapay sulak alanların kullanımı incelemiştir (Yalçuk, 2007). Çalışma yapay sulak alan sistemlerinde simultane organik madde giderimi ve nitrifikasyonun gerçekleştiğini gözlemlemiştir. Ayrıca Çakıldaşı, kum, zeolit gibi dolgu malzemelerinin yerine atık metaryallerden oluşan dolgu malzemeleri kullanılması ve değerlendirilmesi için öneride bulunmuştur.

Hızlı, Balıkesir Büyükşehir Belediyesinde çevre sorunu katı atık ve yönetimini incelemiştir (Hızlı, 2016). Balıkesir İli Büyükşehir Belediyesi olduktan sonra hizmet alanı arttığı için mevcut araç-gereçlerin yetersiz kaldığını tespit etmiştir. Balıkesir Büyükşehir Belediyesinin ve İlçe Belediyeleri katı atık yönetimi hakkında profesyonel anlamda geliştirmeleri gerektiğini görmüştür. Planlamanın ve envanterin eksik olduğu tespit etmiştir.

Costa, Brezilya'da sızıntı suyu arıtımında son teknoloji yaklaşımları açıklamakta, halen araştırma aşamasında olan yeni teknolojileri ve alternatifleri vurgulamakta ve

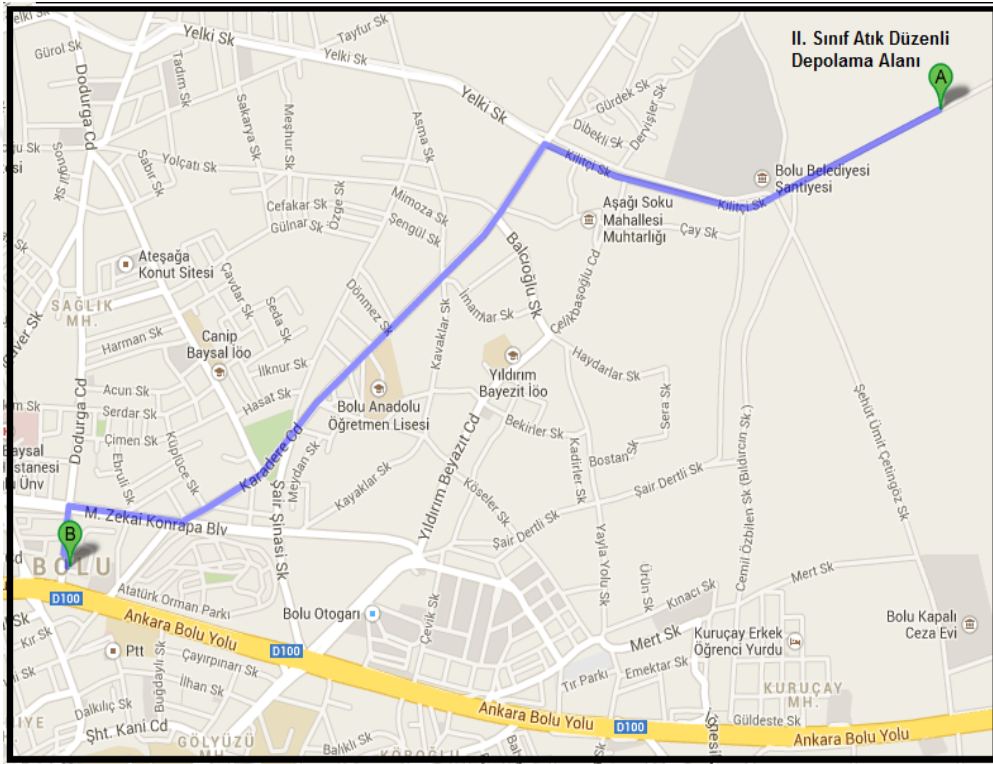
Brezilya'daki mevcut senaryo ile dünya genelinde uygulanan sızıntı suyu arıtma teknolojilerini karşılaştırmaktadır (Costa, 2019). Brezilya'daki atık depolama sahalarında biyolojik işlem yaygın olarak uygulandığını belirtmiştir.. Çünkü basit ve ekonomik bir yaklaşım ve genellikle küçük belediyelerde kullanılan tek teknik olduğunu düşünmektedir. São Paulo ve Rio de Janeiro eyaletlerinde bulunan büyük Brezilya şehirlerindeki düzenli depolama alanları, membran filtrasyonu gibi ileri arıtma teknolojilerinin uygulandığı yerlerde atık depolama faaliyetlerine ve yatırım yapılmaya devam edildiğini belirtmiştir. Membran filtrasyon teknolojisinin kullanılması, Kuzey Amerika ve Avrupa'nın gelişmiş ülkelerinde uygulanan sızıntı suyu arıtmaları ile benzerliklerin olduğunu düşünmektedir.

Hussein çalışmasında, Malezya' da bulunan aktif atık depolama alanlarından (Ulu Maasop ve Kampung Keru) ve kapalı depolama alanlarından (Pajam) gelen ham sızıntı suyunu karakterize etmeyi ve karşılaştırmayı, daha sonra Sızıntı Suyu Kirliliği Endeksi'ni kullanarak her bir atık depolama alanından potansiyel sızıntı suyunu ölçmeyi amaçlamıştır (Hussein, 2019). Çalışmasında elde ettiği sonuçları, önceki yayınlardan elde edilen verilerle karşılaştırmış ve özellikle BOİ ve KOİ için diğer benzer depolama sahalarına göre daha yüksek fiziko-kimyasal karakterizasyonları olduğunu tespit etmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Sahanın Tanımlanması

Bolu Belediyesi II. Sınıf Katı Atık Düzenli Depolama Tesisinin Merkez İlçesine mesafesi Resim 2’de gösterilmiş olup; 4 km’dir.



Resim 2. Depolama tesisinin merkez ilçeye uzaklığı

Atık tesisi; Merkez İlçeye mesafesi, sahiplik durumu, alanın düz olması, ulaşım vb. faktörler değerlendirilerek belirlenmiştir. Alanın fazla engebeli olmaması nedeniyle yağış sularının drenajı için oldukça elverişlidir. Bu faktörlerle birlikte orman arazisi olmayan tesise bütün mevsimlerde ulaşım sağlamak kolaydır.

Bolu Belediyesi hizmet alanı sınırlarında toplanan organik atıklar, geri dönüşebilen atıklar ve tıbbi atıklar toplandıktan sonra gerekli işlemlerin yapıldığı bölümlere gönderilerek (bkz. Resim 3, Resim 4, Resim 5) bertarafı gerçekleştirilmektedir.



Resim 3. Katı atık düzenli depolama sahası Lot-2 alanı



Resim 4. Tıbbi atık sterilizasyon tesisi



Resim 5. Toplama ve ayrıştırma tesisi

3.2 Analizler

Sızıntı Suyundan 2016 yılının altıncı ayında itibaren ayda iki kere numune alınıp belirgin kirletici parametrelerine bakılmıştır. Söz konusu kirletici parametreler Amonyum, Nitrit, Nitrat, Ortafosfat, EC, ORP, pH ve Bulanıklık' tır (Bkz. Tablo 7). KOİ parametresi her ayın son haftası ölçülmüştür.

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), orto-fosfat (PO₄-P), nitrit (NO₂-N), nitrat (NO₃-N) ve amonyumun (NH₄-N) analizleri Merck Spektroquant test kiti kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kitler kullanılarak standart çözeltiler hazırlanmıştır. Daha sonra buna bağlı olarak kalibrasyon eğrileri saptanmış ve spektrofotometrede değerlendirilmiştir. Ölçümler Merck Pharo 100 Spektrofotometre kullanılarak yapılmıştır.

pH, ORP, EC değerleri, Thermo Scientific Orion 5 Star Multi parametre ölçer kullanılarak yapılmıştır. Bulanıklık ise EUTECH Instruments Cyber Scan IRTurbidimeter TB1000 cihazıyla tespit edilmiştir.

Tablo 7. Sızıntı suyundaki kirletici parametrelerin Max-Min değerleri

Parametreler	Değerler		Yöntem
	Max Değer	Min Değer	
KOI(mg/L)	58176	9675,31	Standart Metot 5220 D
PO ₄ -P(mg/L)	3200	106,5	Standart Metot 4500 P-C
NO ₃ -N(mg/L)	18000	43	Standart Metot 4500 NO ₃ -N
NH ₄ -N(mg/L)	16000	375	Standart Metot 4500 NH ₃ -D
EC(μS/cm)	42,7	7,52	Standart Metot 2510 B
ORP(mV)	-37,1	-90,7	Standart Metot 2580 B
pH	8,04	6,33	Standart Metot 4500 H
Bulanıklık(NTU)	17460	374	Standart Metot 2530 B

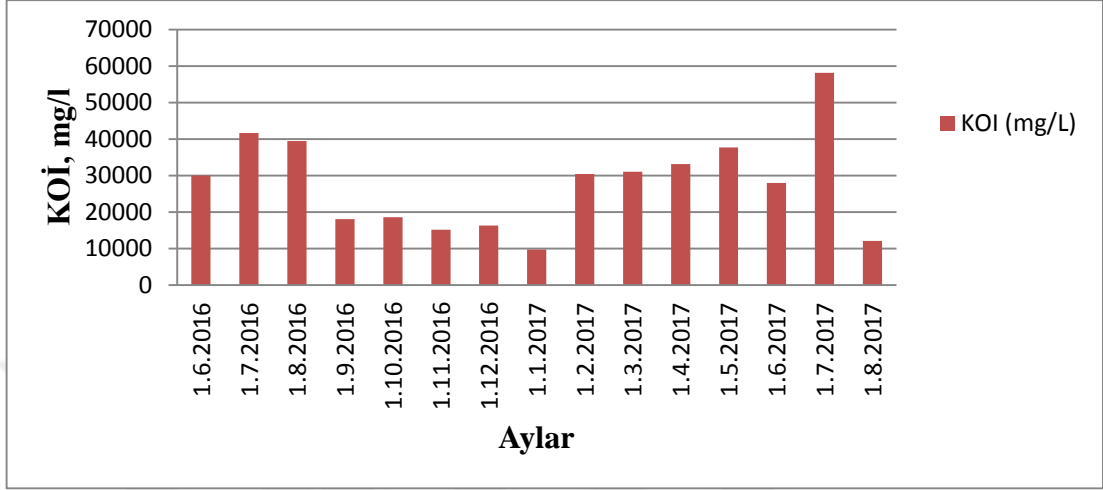
3.3 Sonuçlar ve Tartışma

Depolama sahası sızıntı suyu, aerobik ve anaerobik mikrobiyal ayrışmaya uğramış atık birikintileriyle sızan suyun ürünüdür (Brennan, 2015). Bir depolama sahası çalışma ömrü boyunca ve kullanıma kapandıktan birkaç yüz yıl sonra sızıntı suyu üretecektir. Sızıntı suyunun yeraltı sularına karışması olarak nehirler, göller ve topraklar yerel çevreyi ve insan nüfusunu olumsuz yönde etkileme potansiyeline sahiptir. Bir depolama sahasının kontrolü ve sızıntı suyunun uygun şekilde arıtılması mevcut doğal kaynakları ve geleceğin korunması için büyük önem taşımaktadır (Brennan, 2015).

2012 yılında Avrupa'da 246 milyon ton belediye katı atığı üretildi ve kişi başına atığın en yüksek olduğu ülke İsviçre, en düşük olan ülke Romanya oldu. Birçok Avrupa ülkesinde (İrlanda, Çek Cumhuriyeti, Norveç, Birleşik Krallık, Danimarka, İzlanda, Avusturya ve Finlandiya) atılan atık hacminde önemli düşüşler olmuştur. 2012 yılında 28 AB Üye Devletinde, işlenen tüm atıkların % 34'ü atık depolama alanına gönderildi, % 42'si geri dönüştürüldü, % 4'ü yakıldı ve % 15 oranında gübre olarak kullanıldı. Ayrıca AB Direktiflerinin uygulanması, atık depolama yönetimi ve çevrenin atık depolama alanının olumsuz etkilerinden korunmasında önemli gelişmelere neden olmuştur (Brennan, 2015).

3.3.1 KOİ Değişimi

Bolu Belediyesi II. Sınıf Katı Atık Düzenli Depolama Sahasında sızıntı suyunun aylara göre KOİ değişimi Şekil 14'te gösterilmiştir.



Şekil 14. KOİ değişimi

Bolu ili coğrafi konumundan dolayı kış mevsiminde ciddi anlamda yağışa maruz kalan bir kenttir. Söz konusu yağışlar sızıntı suyuna karışarak seyrelmesine neden olmaktadır. Bu sebeple kış mevsiminde KOİ değerinin yaz mevsimine nazaran daha az olduğu görülmektedir. Depolama tesisine gelen atıkların türü çoğunlukla evsel atıklar olduğu için KOİ değeri diğer tesislere göre farklılıklar göstermektedir. Depolama tesisinin işletmeye yeni alınmış bir tesis olması ve sızıntı suyunun genç sızıntı suyu olması KOİ değerinin yüksek olmasının nedenleri arasında gösterilebilir. Ankara Mamak Çöplüğü yaşlı bir deponi sahası olup, Ankara Büyükşehir Belediyesi ve UNITEK-Mouchel tarafından 1991 ve 1993 yıllarında yapılan incelemede süzüntü suyu ve yeraltı su kaynakları ile alakalı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda 1991 yılında KOİ değeri 20.500 mg/L, 1993 yılında 10.500-12.500 mg/L olduğu görülmüştür. Bolu Düzenli Depolama Sahasında oluşan sızıntı sularının Ankara Mamak çöplüğüne göre KOİ değerinin daha yüksek olmasının sebebi, Mamak çöplüğünün daha yaşlı deponi sahası olmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca Mamak çöplüğünde 4,2 milyon m³ çöp bulunduğu gözlemlenmiş olup süzüntü suyunun 1,75 lt/sn debisinde olduğu bulunmuş, söz konusu sızıntı suyu için iki adet mekanik havalandırılmalı fakültatif havuz ve kanalizasyon hattına bırakılması önerilmiştir (Arıkan, 2003). Sızıntı suyunun deşarj kriteri Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (ASKİ) ön arıtımsız kanalizasyon şebekesine deşarjı KOİ parametresi için 1000 mg/L iken bu parametre

alıcı ortama sınır deşarj değeri Almanya' da 200 mg/lt, Fransa' da 125 mg/lt dir (Arıkan, 2003). Malezya' da yapılan çalışmada, yaşları büyük olan sahada KOİ değeri izlenmiş ve 5000-7700 mg/lt aralığında değiştiği gözlemlenmiştir (Hussein, 2019). İrlanda Cumhuriyeti' ndeki geç sızıntı sularında KOİ %70 sızıntı yükünü oluşturmaktadır. Bu nedenle geç sızıntı sularının arıtımı öncelikli olmalıdır (Brennan, 2015).

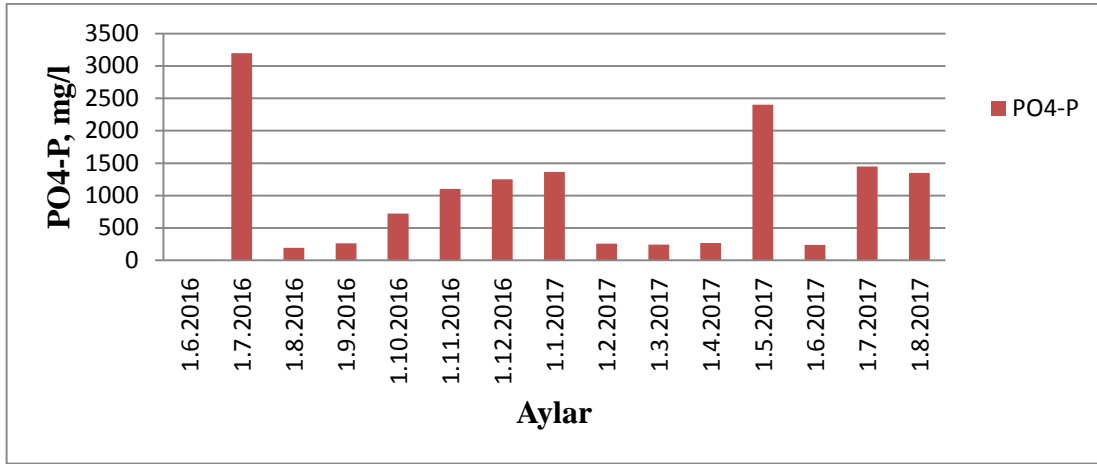
AB direktifleri tarafından gerçekleştirilen depolama yönetimindeki değişiklikler ton başına üretilen sızıntı suyunun hacminde azalmaya yol açmıştır (Brennan, 2015).

Ayrıca KOİ değeri 0-5 yaş aralığındaki depolama sahalarında 15.000-40.000 mg/lt, 5-10 yaş aralığın da 10.000-20.000 mg/lt, 10-20 yaş aralığın da 1.000-5.000 mg/lt olduğu gözlemlenmiştir (Farquhar, 1989).

3.3.2 PO₄-P Değişimi

Bolu Belediyesi Katı Atık Düzenli Depolama Sahasında sızıntı suyunun aylara göre PO₄-P değişimi Şekil 15'de gösterilmiştir.

Yağışların yüksek olduğu kiş mevsiminde PO₄-P değeri yaz mevsimine nazaran daha yüksek olduğu saptanmıştır. En düşük değer 2016 yılının sekizinci ayında 106,5 mg/L, lm gerçekleştirilen en yüksek PO₄-P değeri ise 3200 mg/L ile Temmuz 2016 yılının yedinci ayında görülmektedir. 2016 yılının Temmuz ayında PO₄-P değerinin fazla çıkmasının nedeni olarak sızıntı suyunun sahanın üzerine geri verilmesinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir (Brennan vd., 2015).

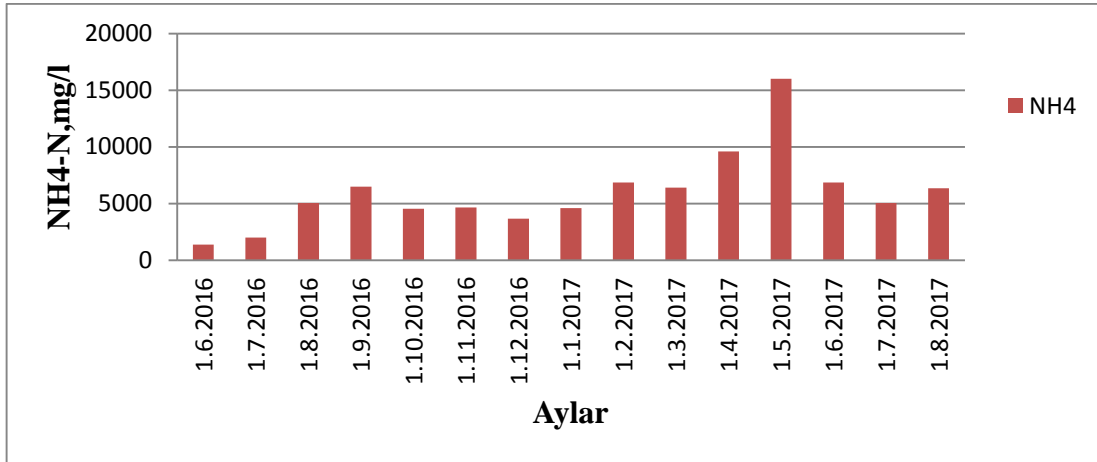


Şekil 15. PO₄-P değişimi

3.3.3 NH₄-N Değişimi

Bolu Belediyesi Katı Atık Düzenli Depolama Sahasında sızıntı suyunun dönemsel olarak NH₄-N değişimi Şekil 16'da gösterilmiştir.

Bolu İli Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi sızıntı suyunun NH₄-N içeriği incelendiğinde ise, en düşük NH₄-N değerinin 375 mg/L ile 2016'nın altıncı ayında olduğu saptanmaktadır. En yüksek değerinin ise 16000 mg/L ile 2017'nin Mayıs ayında olduğu görülmektedir. Ayrıca alınan numuneler ile, sızıntı suyunun yeraltı su kaynaklarına karışıp karışmadığı kontrolü sağlanmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda sızıntı suyunun yeraltı sularına karışmadığı tespit edilmiş olup NH₄-N değerinin çok düşük çıktığı tespit edilmiştir. Ayrıca İstanbul Odayeri Depolama sahasına ait NH₄-N miktarı reaktöre giriş ve çıkış değerleri ölçülmüştür. Ölçümler 06.03.2005 tarihinde yapılmış olup NH₄-N ham sızıntı suyu değeri 12.625 mg/L, reaktörden çıkış 1.245 mg/L olarak ölçülmüştür. Odayeri depolama sahasının reaktörden çıkış NH₄-N değeri Bolu Düzenli Depolama Sahasının ortalama NH₄-N değeri ile paralellik gösterdiği görülmüştür (Özgöçmen, 2007). Ayrıca NH₄-N değeri 0-5 yaş aralığındaki depolama sahalarında 1.500-4.250 mg/lt, 5-10 yaş aralığın da 250-700 mg/lt, 10-20 yaş aralığın da 50-200 mg/lt olduğu gözlemlenmiştir (Farquhar, 1989).

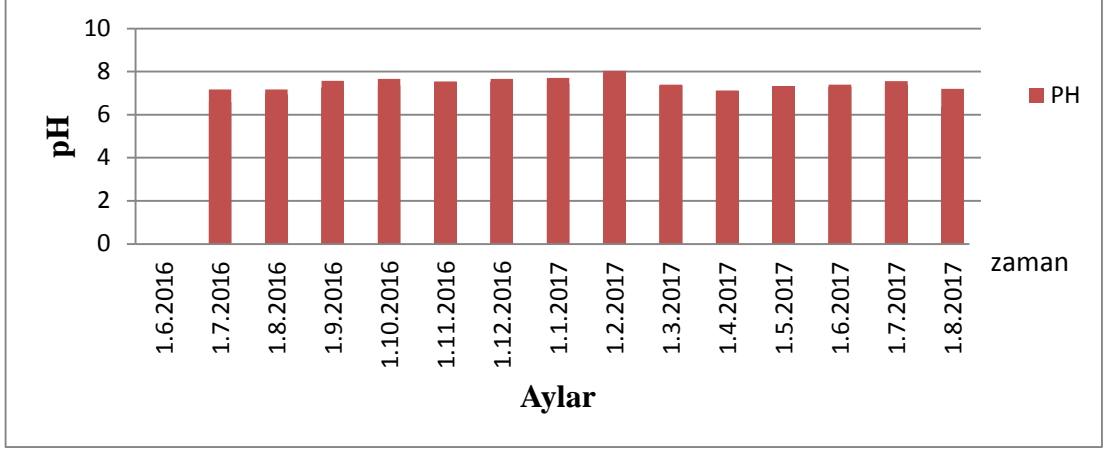


Şekil 16. NH4-N değışimi

3.3.4 pH Değişimi

Bolu Belediyesi Katı Atık Düzenli Depolama Sahasında katı atıkların ve sızıntı suyunun aylara göre olarak pH değışimi Şekil 17’de gösterilmiştir.

Şekil 18’e bakıldığında sızıntı suyunun pH’ın mevsimlere göre fazla değışime uğramadığı, 6,3 ila 8 değerleri aralığında değışim gösterdiği görülmektedir. En düşük pH değerinin 6,33 ile 2017’nin Ağustos ayında olduğu saptanırken, en yüksek pH değerinin 7,93 ile 2017’nin Şubat ayında görüldüğü belirlenmiştir. Benzer değerler Erzurum İli Katı Atık Depolama Sahası sızıntı suyunda da görülmektedir. Ayrıca depolama sahalarında pH değışimi sahanın yaşı ile farklılık göstermemektedir. (Farquhar, 1989). Malezya’ da yaşları 36 ile 20 olan iki farklı depolama sahasında yapılan çalışmada, pH değeri çok farklılık göstermediği, sırasıyla 7,76 ve 8,59 olduğu gözlemlenmiştir (Hussein, 2019).



Şekil 17. pH değışimi



4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bolu İli Katı Atık Düzenli Depolama ve Bertaraf Tesisi 2007 yılında işletmeye alınmış genç bir deponi sahasıdır. Saha 15 yıllık olacak şekilde planlanmıştır. Organik atıklardan kaynaklanan sızıntı sularında yukarıda yapılan parametrelerin sonuçları incelendiğinde aylara göre çeşitlilik saptanmadığı, ancak yağışın fazla olduğu mevsimlerde, mevsimsel şartlar sebebiyle değişimler gösterdiği saptanmıştır. Gözlem kuyularından alınan numuneler değerlendirilerek, sızıntı suyunun yeraltı sularına teması kontrol edilmektedir. Analiz sonuçlarına göre sızıntı suyunun yeraltı sularına karışmadığı tespit edilmiştir.

Bolu İli Merkez İlçeden toplanan atıkların kaynağında ayrı toplanmaktadır. Bu nedenle sahaya gelen atıkların organik atık içeriği oldukça yüksektir. Gelen atığa bağlı olarak sahada oluşan metan gazı 1,1 mW/saat kapasiteli motorla çekilerek ortalama 22-24 mW/gün enerji üretimi gerçekleştirilmektedir.

Bolu Belediyesi Katı Atık Düzenli Depolama ve Bertaraf Tesisinde oluşan sızıntı suları kendi cazibesi ile sızıntı suyu toplama havuzunda birikmektedir. Söz konusu havuzda biriken sızıntı suları pompa vasıtasıyla kanalizasyon hattına verilerek Kentsel Atıksu Arıtma Tesisine gönderilmektedir. Kentsel Atıksu Tesisine gönderilen sızıntı sularının tesise yük olmadığı tespit edilmiş olup kanalizasyon borularında, boruların geçtiği çevrede ve kentsel atıksu arıtma tesisinde herhangi bir olumsuz durum yaratmayacak şekilde gerekli tüm tedbirler belediyenin ilgili ekipleri tarafından alındığı belirlenmiştir. Ayrıca sahada oluşan sızıntı suyunun debisinin düşük olduğu gözlemlendiğinden, buna bağlı olarak ileride Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi yapımı işletme ve yapım maliyeti göz önünde bulundurularak yapımına gerek olmadığı düşünülmektedir.

Ancak mevcut sahanın kullanım ömrünü tamamlayıp yeni bir düzenli depolama sahasına geçilmesi ve 10-20 yıl gibi uzun vadeli bir saha planlanması durumunda mutlaka sızıntı suyu arıtma tesisi planlanmalıdır. Çünkü yaşlı depolama sahalarında oluşan sızıntı sularını kentsel atıksu arıtma tesisine vermek yeterli olmayacaktır. Uzun vadeli sahalar için ters osmoz, membranbiyoreaktör ve nanofiltrasyon gibi arıtım teknikleri uygulanmalıdır (Qasin and Chiang, 1994).

Bolu Belediye Başkanlığına ait olan II. Sınıf Katı Atık Düzenli Depolama Sahasının kullanım ömrünün bitmesine ortalama 5 yıl kaldığı tespit edilmiş olup, bu süre zarfında Düzenli Depolama Sahası yapılabilecek eski ocak sahaları veya alanlar tespit edilip gerekli işlemlere başlanmalıdır. Tespit edilen sahaların şehir merkezine uzaklığı toplama-taşıma maliyeti göz önünde bulundurularak yakın alanlar tercih edilmelidir. Ayrıca söz konusu olan sahaların yapımında gelişen çevre teknolojileri takip edilerek dizayn edilmelidir. Sahada oluşan metan gazını toplamak için gaz toplama bacaları planlı bir şekilde yerleştirilmelidir. Sahanın işletmesini yapan Enerji Üretim Firması metan gazına bağlı olarak tesise ilave gaz motoru alıp en geç 2 yıl içerisinde aktif hale getirmelidir.



5. KAYNAKLAR

- Ahmed F.N., Lan, C.Q., (2012), Treatment of Landfill Using Membrane Bioreactors: A Review
- Andreottola G., Cannas P., (1992), ‘ Chemical and Biological Characteristics of Leachate ’ in Landfilling of Waste: Leachate ed. Christensen T. H. Et. Al. Elsevier, London
- Arıkan, Y., (2003), ‘ Mamak Kentsel Katı Atık Vahşi Depolama Sahası Yüzey Sızıntı Suyunun Karakterizasyonu ve İmrahor Çayı’na Etkileri’, V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, Ekim 2003, Ankara
- Armağan B., (2004), Gelişmekte Olan Ülkelerde Katı Atık Sızıntı Suyu Yönetimi Şanlıurfa Yönetimi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Baker P., Pannuci D., Weis R., (2015), Seneca Meadows Landfill. Leachate Pre-treatment Using Reverse Osmosis.
- Balahorli V., (2011), Düzenli Depolama Sahalarında Oluşan Sızıntı Sularının Membran Biyoreaktör ve Nanofiltrasyon Teknolojisi İle Arıtımı, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul
- BEKAB (2015) Katı Atıkların Toplanması, Taşınması, Miktar ve Karakterizasyonu Analizi, Termal Yöntemlerle Bertarafı ile Elektrik Enerjisi Üretme Projesi Mühendislik ve Fizibilite Raporu, Bolu
- Bolu Belediyesi II. Sınıf Katı Atık Bertaraf ve Düzenli Depolama Tesisi İşletme Planı, 2014
- Brennan R.B., M.G. Healy, L. Morrison, S. Hynes, D. Norton, E. Clifford, 2015, Management of landfill leachate: The legacy of European Union Directives
- Christensen T.H., Kjeldsen P., Bjerg P., Jensen D.L., Christensen J.B., Baun A., Albrechtsen H.J., Heron G., (2001), Biogeochemistry of Landfill Leachate Plumes.
- Costa A.M., (2019), Landfill Leachate Treatment in Brazil – An Overview, Journal of Environmental Management, Rio de Janeiro
- Çevrim İ., 2009, Erzurum İli Katı Atık Düzenli Depolama Sahasının İncelenmesi ve Sızıntı Suyunun Mevsimsel Değişimi, Atatürk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Erzurum
- Dajić A., Mihajlović M., Jovanović M., Karanac M., Stevanović D., Jovanović J., (2016), Landfill design: need for improvement of water and soil protection requirements in EU Landfill Directive. Clean Technol.

- Duran E., (2016), Katı Atık Düzenli Depolama Sahası Sızıntı Sularının Fizikokimyasal arıtım yöntemleriyle arıtılabilirliğinin araştırılması, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Kahramanmaraş
- Ehrig H.J., and Stegmann R., (1992), 'Biological Processes' in Landfilling of Waste: Leachate ed. Christensen T.H. et. Al. Elsevier, London
- El-Fadel M., Fındıkakis A.N., Leckie O.J., (1997), ' Modelling Leachate Generation and Transport in Solid Waste Landfills, Environmental Technology
- El-Fadel M., Bou-Zed E., Chahine W., Alayli B., (2002), Temporal variation of leachate quality from pre-sorted and baled municipal solid waste with high organic and moisture content. Waste Manag.
- Farquhar G.J., (1989), Leachate: production and characterization. Can. J. Civ. Eng.
- Günay, A., (2002), Çöp Depo Sahası Sızıntı Sularının Anaerobik Arıtımı ve $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ Çökeltmesi İle Amonyum Giderimi, Doktora Tezi, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Hızlı S., (2016), Çevre Sorunu Olarak Katı Atıklar ve Yönetimi: Balıkesir Büyükşehir Belediyesi Örneği, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi Ana Bilim Dalı, Çanakkale
- Hydrogrup İş Bitimi Denetim Raporu, Bolu Belediyesi II. Sınıf Katı Atık Bertaraf ve Düzenli Depolama Tesisi 2. Lot Uygulama Projesi, 2014, Ankara
- Hoorweg D., Bhada-Tata P., (2012), What a Waste: Waste Management Around the World. Word Bank, Washington
- Hussin M. (2019), Leachate Characterizations and Pollution Indices of Active and Closed Unlined Landfills in Malaysia, Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management
- Kalaycı E 2015, Belediyelerde Katı Atık Yönetimi Uygulamaları: Çankaya Belediyesi Örneği, Gazi Üniversitesi Kamu Yönetimi Ana Bilim Dalı Kentleşme ve Çevre Sorunları Bilim Dalı, Ankara
- Kjeldsen P., Barlaz, M.A., Rooker A.P., Baun A., Ledin A., Christensen T.H., (2002), Present and long-term composition of MSW landfill leachate: a review. Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.

- Kolukısa Z. 2013, Belediyelerde Katı Atık Yönetimi Uygulamaları: Malatya Belediyesi Örneği, İnönü Üniversitesi Kamu Yönetimi Ana Bilim Dalı Kentleşme ve Çevre Sorunları Bilim Dalı, Malatya
- Kulikowska D., Klimiuk E., (2008,) The effect of landfill age on municipal leachate composition. Bioresour. Technol.
- Kurniawan,T.A., Lo, W., Chan, G.Y.S., 2006. Physical-chemical treatments for removal of recalcitrant contaminants from landfill leachate. J. Hazard. Mater.
- Oduncu E., (2017), Elektrokoagülasyon ve Elektrokoksidasyon Yöntemi İle Katı Atık Düzenli Depolama Sahası Sızıntı Suyunun Arıtımı, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Eskişehir
- Öztürk İ. 2015, Katı Atık Yönetimi ve AB Uyumlu Uygulamaları, İstanbul
- Özgöçmen S. 2007, Düzenli Depolama Sahaları Sızıntı Suları, Kontrol Ve Bertaraf Yöntemleri ve Bir Uygulama, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Palabıyık, H., D. Altunbaş,2004,Kentsel Katı Atıklar ve Yönetimi, Çevre Sorunlarına Çağdaş Yaklaşımlar: Ekolojik, Ekonomik, Politik ve Yönetimsel Perspektifler, C. Marin, U. Yıldırım (Ed.), 103-124, Beta, İstanbul.
- Qasin S.R., Chiang W., (1994), Sanitary Landfill Leachate - Generation, Control and Treatment. CRC Press LLC, Florida
- Renou S., Givaudan J.G., Poulain S., Dirassouyan F., Moulin P., (2008), Landfill leachate treatment: review and opportunity
- Salem Z., Hamouri K., Djeema R., Allia K., (2008), Evaluation of landfill leachate pollution and treatment.
- Robinson A.H., (2005), Landfill leachate treatment. Membr. Technol.
- Şengül F., Filibeli A., (1999), ‘ Sızıntı Sularının Karakterizasyonu ve Arıtılabilirliği ile İlgili Bir Örnek Çalışma’, İzmir Su Kongresi Bildirileri, TMMOB İzmir İKK
- TBB (2015) Türkiye Belediyeler Birliği, Katı Atık Geri Dönüşüm ve Arıtma Teknolojileri, Korza Yayın, ANKARA
- T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Sanayi Genel Müdürlüğü,2014, Ulusal Geri Dönüşüm Strateji Belgesi ve Eylem Planı, Ankara
- T.C. Bolu Belediye Başkanlığı, 2013, Bolu Belediyesi II. Sınıf Katı Atık Bertaraf ve Düzenli Depolama Tesisi 2. Lot Uygulama Projesi

- T.C. Bolu Belediye Başkanlığı Düzenli Depolama Sahası Aralık Ayı İzleme Raporu, 2018, Bolu
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Atık Yönetimi Dairesi Başkanlığı, 2015, Düzenli Depolama Tesisleri Saha Yönetimi ve İşletme Kılavuzu, İstanbul
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Atık Yönetimi Daire Başkanlığı, Katı Atık Ana Planı Nihai Rapor Cilt 2, Ek 7, İstanbul, 2006).
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2010, Sızıntı Suyu Yönetimi İhtisas Komisyonu Taslak Çalışma Raporu
- T.C. Resmi Gazete, Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik (27533), 26.03.2010
- T.C. Resmi Gazete, Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği (30283), 27.12.2017
- T.C. Resmi Gazete, Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (29959), 25.01.2017
- Topal B., Karagözoğlu B., Öbek E., 2012, Sızıntı Sularının Doğal Arıtımı, Fırat Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Elazığ
- Tutar D.Y., (2004), Tıbbi Atık Yönetimi İçin Yeni Bir Yaklaşım ve Ankara Örneği, Yayınlanmamış Doktora Tezi, T.C. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Çevre Anabilim Dalı, Ankara.
- Williams P, 1998, Waste Treatment and Disposal, John Wiley and Sons, UK.
- Yalçuk A, 2007, Katı Atık Düzenli Depolarında Oluşan Sızıntı Sularının Arıtımında Yapay Sulak Alanların Kullanımı, Hacettepe Üniversitesi Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara
- Yang W., Cicek N., Ilg J., (2006), State-of-the-art of membrane bioreactors: worldwide research and commercial applications in North America
- Zhao, R., Novak, J.T., Goldsmith, D., 2012. Evaluation of on-site biological treatment for landfill leachates and its impact: a size distribution study

6. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : BASRİ BAYTEKİN

Doğum Yeri ve Tarihi : BURDUR 03.01.1990

Lisans Üniversite : Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Çevre Mühendisliği

Elektronik Posta : basribaytekin@gmail.com

İletişim Adresi : Tabaklar Mah. Reşat Aker Sok. Kıraç Apt. Dış Kapı
No:57 İç Kapı No:5 Merkez/BOLU