T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DÜZENLİ DEPOLAMA SAHALARININ İŞLETİLMESİ ATIK KARAKTERİZASYONU VE LFG GAZINDAN ENERJİ ÜRETİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Umur GÜRDAL

DANIŞMAN
Doç. Dr. Melayib BİLGİN

AKSARAY, 2019

Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 152301301 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi, **Umur GÜRDAL** tarafından hazırlanan "**DÜZENLİ DEPOLAMA SAHALARININ İŞLETİLMESİ ATIK KARAKTERİZASYONU VE LFG GAZINDAN ENERJİ ÜRETİMİ**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Melayib BİLGİN
Aksaray Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Fatma KUNT
Necmettin Erbakan Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Alper ALVER
Aksaray Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 20/05/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinalliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.



Umur GÜRDAL

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans ve tez çalışmalarım süresince her türlü ilgi, bilgi ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Melayib BİLGİN'e,

Yüksek lisans tezimle ilgili tüm süreçlerde büyük katkı sağlayıp desteğini ve yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşım ve meslektaşım Dr. Alper ALVER'e,

Tezin en öenmli kısmı olan verilerin elde edilmesi ve kullanılması hususunda yardımını esirgemeyen İzaydaş Genel Müdürü Sn Muhammet SARAÇ ve tüm İzaydaş ailesine,

Hayatım boyunca bana hertürlü desteği veren ve hep yanımda olan sevgili aileme ve eşime en derin teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ÖZET iv
ABSTRACT v
ŞEKİLLER DİZİNİ vi
ÇİZELGELER DİZİNİ vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ viii
1. GİRİŞ 1
2. KAYNAK ÖZETLERİ 2
2.1 Katı Atık Tanımı 2
2.1.1 Katı Atıkların Sınıflandırılması 2
2.2 Katı Atık Bileşenleri ve Atık Karakterizasyonu 3
2.3 Katı Atık Kompoziyonunun Atık Yönetimi Seçiminde ki Önemi ve Atık Hiyerarşisi 4
2.3.1 Yakma 5
2.3.2 Piroliz 5
2.3.3 Gazifikasyon 5
2.3.4 Kompostlaştırma 5
2.3.5 Biyogaz 5
2.4 Atıkların Düzenli Depolanması Direktifi 6
2.4.1 Atık çerçeve direktifi 6
2.5 Düzenli Depolama Tesisi (DDT) 6
2.5.1 Düzenli depolama tesislerinin sınıflandırılması: 7
2.5.2 Düzenli depolama yönteminin avantajları ve dezavatajları 8
2.5.2.1 Düzenli depolama yönteminin avantajları 8
2.5.2.2 Düzenli depolama yönteminin dezavantajları 9
2.5.3 Düzenli depolama yer seçimi 9
2.5.4 Düzenli depolama tesislerinin taban yapıları 10
2.5.5 Düzenli Depolama Tesislerinin Saha Yapımı 11
2.5.5.1 Sahanın kazılması 11
2.5.5.2 Kil serilmesi ve sıkıştırılması 12
2.5.5.3 Jeomembran serilmesi 12
2.5.5.4 Ankraj hendeği 13
2.5.5.5 Jeotekstil serilmesi 14
2.5.5.6 Sızıntı suyu Boru Yerleştirilmesi ve Drenaj Malzemesi Serilmesi . 14
2.5.6 Düzenli Depolama Sahalarında Bulunması Gereken Üniteler 15
2.5.7 Düzenli Depolama Tesislerine Lisans Verilmesi 16
2.6 Düzenli depolama sahaları işletme esasları 17
2.6.1 Düzenli depolama sahasında kontrol ve izleme 17
2.6.2 Düzenli depolama sahasının işletme sonunda kapatılması 18
2.6.3 Düzenli depolama sahası ekipmanı-personeli 18
2.6.4 Bakım programları 18
2.7 Düzenli depolama sahalarına endüstriyel atık kabulü 19
2.8 Düzenli depolama sahalarına atık kabulü ve atığın depolanması 19
2.8.1 Güvenlik ve radyasyon kontrolü 20
2.8.2 Kantar tartımı 20
2.8.3 Düzenli depolama sahasına atıkların depolanması 21

2.9 LFG'nin Oluşması 23
2.9.1 LFG'nin oluşumunu etkileyen çevresel faktörler 23
2.9.1.1 Oksijen 23
2.9.1.2 Hidrojen 24
2.9.1.3 pH ve alkalinite 24
2.9.1.4 Sülfat 24
2.9.1.5 Besi maddeleri (Nütrientler) 24
2.9.1.6 İnhibitörler 25
2.9.1.7 Sıcaklık 25
2.9.1.8 Nem/Su muhtevası 26
2.9.1.9 Dane boyutu 26
3. MALZEME VE YÖNTEM 27
3.1 Çalışma Sahası 27
3.2 Analiz Yöntemleri 28
3.2.1 Katı atık karakterizasyon metodu 28
3.2.2 Katı atık bileşenleri 28
3.2.3 LFG ölçüm metodu 28
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 30
4.1 Kocaeli İlindeki Katı Atık Karakterizasyonu 30
4.1.1 Belediye atıkları 30
4.2 Kocaeli Solaklar biyogaz üretimi 32
4.3 Kocaeli Solaklar gaz analizleri 34
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 37
KAYNAKLAR 39
ÖZGEÇMİŞ 42

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DÜZENLİ DEPOLAMA SAHALARININ İŞLETİLMESİ ATIK KARAKTERİZASYONU VE LFG GAZINDAN ENERJİ ÜRETİMİ

Umur GÜRDAL

Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Melayib BİLGİN

ÖZET

Günümüzde ambalaj malzemelerinin her alanda çokça kullanılması ve ekonomik gelişmişlik ile birlikte katı atıkların miktarında oldukça fazla bir artış olmuştur. Katı atıkların bertarafında kurulum ve işletim maliyeti olarak en uygun yöntem olan düzenli depolama kullanılmaktadır. Düzenli depolama sahalarına gelen atıkların karakterizasyonun belirlenmesi ve buna göre değerlendirilmesi esas olmalıdır. Ayrıca düzenli depolama sahalarının en öenmli çıktılarından birisi de organik içerikli atıkların anaerobik olarak parçalanması sonucu oluşan depo gazıdır. Depo gazları içinde metan ve karbondioksit önemli ölçüde oluşmakta olup, küresel iklim değişikliklerine ve sağlık sorunlarına yol açmaktadırlar. Bu sebeple depo gazlarının toplanması ve elektrik enerjisine dönüştürülerek değerlendirilmesi hem dünyamız açısından çevreci bir yaklaşım olup hemde ülkemiz açısından ekonomik bir gelişme olacaktır.

Bu çalışmada, düzenli depolama sahalarının işletilmesi, atık karakterizasyonu ve metan gazının oluşumu incelenmiştir. Çalışma alanı olarak Kocaeli Solaklar düzenli depolama sahası ve son iki yıllık verileri kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kocaeli, Düzenli depolama sahası, Katı atık, Karakterizasyon, LFG.

Mayıs, 2019; 42 sayfa

M.Sc. THESIS

OPERATION OF REGULAR STORAGE AREAS WASTE CHARACTERIZATION AND LFG GAS ENERGY PRODUCTION

Umur GÜRDAL

Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Melayib BİLGİN

ABSTRACT

Nowadays, there has been a considerable increase in the amount of solid wastes together with the use of packaging materials in every field and economic development. In the disposal of solid wastes, regular storage is used as the most appropriate method for installation and operation costs. The characterization of wastes from landfill sites should be determined and evaluated accordingly. In addition, one of the most important outputs of landfills is the depot gas which is formed as a result of anaerobic breakdown of organic wastes. Methane and carbon dioxide are very important in storage gases and cause global climate changes and health problems. For this reason, the collection of tank gases and their conversion to electrical energy will be an environmentalist approach for our world and an economic development for our country.

In this study, the operation of landfills, waste characterization and formation of methane gas were investigated. Kocaeli Solaklar landfill and the last two years data were used as the study area.

Keywords: Kocaeli, Landfill, Solid waste, Characterization, LFG.

May, 2019; 42 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Türkiye atık karakterizasyonu. 3
Şekil 2.2. Atık yönetimi hiyerarşisi. 4
Şekil 2.3. Düzenli depolama tesisi sınıfları. 8
Şekil 2.4. Düzenli depolama tesisinin yerleşimi. 10
Şekil 2.5. Düzenli depolama tesislerinin taban yapıları. 11
Şekil 2.6. Sahanın kazılması. 12
Şekil 2.7. Kil serilmesi ve sıkıştırılması. 12
Şekil 2.8. Jeomembran serilmesi. 13
Şekil 2.9. Ankraj hendeği. 13
Şekil 2.10. Jeotekstil serilmesi. 14
Şekil 2.11. Sızıntı suyu boru yerleştirilmesi ve drenaj malzemesi serilmesi. 15
Şekil 2.12. Yağmur suyu kanal çalışması. 15
Şekil 2.12. Düzenli depolama sahalarında bulunması gereken üniteler. 16
Şekil 2.14. İzaydaş evsel atık akışı. 19
Şekil 2.15. İzaydaş güvenlik ve radyasyon kontrolü. 20
Şekil 2.16. Kantar tartımı. 20
Şekil 2.17. Atık boşaltılması. 21
Şekil 2.18. Atıkların serilmesi. 21
Şekil 2.19. Atıkların sıkıştırılması. 22
Şekil 2.20. Şev düzenlemesi/örtü toprağı. 22
Şekil 2.21. Tekerlek yıkama. 23
Şekil 3.1. Kocaeli Solaklar katı atık depolama sahası. 27
Şekil 3.2. Gaz analizörü ve izleme cihazı. 29
Şekil 4.1. 2017 yılı kocaeli düzenli depolama tesisi atık karakterizasyonu. 30
Şekil 4.2. 2018 yılı kocaeli düzenli depolama tesisi atık karakterizasyonu. 30
Şekil 4.3. Elektrik üretim tesisi genel akım şeması. 32
Şekil 4.4. Gaz bacası yapımı ve boy kesiti. 33
Şekil 4.5. Solaklar enerji tesisi yakma bacası illüstrasyonu. 33
Şekil 4.6. 2017 yılı depo gazı bileşiminin zamanla değişimi. 35
Şekil 4.7. 2018 yılı depo gazı bileşiminin zamanla değişimi. 35
Şekil 4.8. 2017 – 2018 yılı CH_4 oluşumu. 36
Şekil 4.9. 2017 – 2018 yılı CO_2 oluşumu. 36

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Depo gazı ve sızıntı suyunun kontrolü ve izlenmesi. 17
Çizelge 2.2. Düzenli depolama izleme periyodu. 18
Çizelge 3.1. Tesiste yıllara ait depolanan evsel atık miktarları. 28
Çizelge 4.1. Avrupa ülkelerde kişi başı yıllık belediye atık miktarları. 31

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

C	Karbon
CH_4	Metan
CO_2	Karbondioksit
ÇED	Çevresel etki değerlendirme
Deponi	Katı atıkların düzenli olarak toplandığı alan
H_2	Hidrojen
H_2S	Hidrojen sülfür
KOİ	Kimyasal oksijen ihtiyacı
LFG	Düzenli depolama gazı
N	Azot
P	Fosfor
TSE	Türk standartlari enstitüsü

1. GİRİŞ

Belediye kaynaklı atıkları, genellikle tehlikesiz olarak sınıflandırılmakta olan ve evlerden kaynaklanan içerik ve yapısal olarak benzerlik teşkil eden atıklar oluşturmaktadır. Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından yayımlanan 2003/8 No'lu Genelge ile, il bazında bölgesel olarak iş birliği yapabilecek belediyeler ve alternatif katı atık depolama sahalarının belirlenmesi, düzensiz (vahşi) atık depolama sahalarının ise kapatılarak rehabilite çalışmaları başlatılmıştır. Atık depolama sahaları için yer seçilmesi önem arz eden konuların başında gelmektedir. Aynı bölgede birçok mahalli yönetim biriminin yer alması mevcut altyapı hizmetlerinde olduğu gibi katı atık hizmetinde de iş birliği yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Benzer çevresel sorunlar ile karşı karşıya kalan belediyelerin ortaklaşa oluşturdukları birliklerin uygulamaları, zamanı ve finansal kaynaklarını daha verimli kullanmaları önem arz etmektedir. Bu kapsamda, mahalli idare birlikleri tarafından yürütülen katı atık projelerinin arttığı görülmektedir. Türkiye'de toplanan belediye atığı miktarı, 2014 yılı verilerine göre 28.010.721 ton/yıl'dır. Türkiye'deki katı atıklar daha önceki yıllarda çoğunlukla kontrolsüz bir şekilde düzensiz (vahşi) depolama sahalarına dökülmekte iken, günümüzde hızlı bir şekilde düzenli depolama sahaları inşa edilip işletmeye alınmaktadır. Türkiye'de, toplam 2.000 küçük ölçekli ve 50 büyük ölçekli düzensiz (vahşi) depolama sahası bulunduğu tahmin edilmektedir. Yalnız birçok ilçe belediyesinde mevcutta yeteri kadar ve teknik kapasitede bertaraf tesisi kurulamamıştır. 5491 sayılı "2872 sayılı Çevre Kanunu'nda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun"a, Atık Yönetimi Yönetmeliği'ne, 5216 sayılı "Büyükşehir Belediyesi Kanunu"na ve 5393 sayılı "Belediye Kanunu"na göre; Belediye ve mücavir alan sınırları içinde belediyeler, bu alanlar dışında ise mahallin en büyük mülki amiri evsel ve evsel nitelikli endüstriyel katı atıkların çevreye zarar vermeden bertarafını sağlamak, çevre kirliliğini azaltmak, katı atık depo sahalarından azami istifade etmek ve ekonomiye katkıda bulunmak amacıyla, evsel katı atıklar içindeki değerlendirilebilir katı atıkları sınıflandırarak ayrı toplamak ve bunlarla ilgili tedbirleri almakla yükümlüdürler.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Katı Atık Tanımı

Katı atıklar, Sahibi tarafından istenmeyen çevre ve insan sağlığı açısından düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı maddeleri ifade etmektedir [1].

Katı Atık, "Üreticisinin istemediği, ihtiyaç duymadığı, kullanmadığı, uzaklaştırılması ve arıtılması gerekli maddeler" olarak tanımlanmıştır [2].

Avrupa Birliğine göre "yasalarla tanımlandığı biçimde atılması gereken veya üreticisi tarafından atılan madde veya cisim" olarak tanımlanmıştır [3].

2.1.1 Katı Atıkların Sınıflandırılması

Literatür incelendiği takdirde katı atıklar için birçok sınıflandırma yapıldığı görülmüştür. Örneğin; Curi, K. [4] tarafından katı atıklar sekiz gruba ayırmıştır;

- Evsel atıklar
- Ticari atıklar
- Endüstriyel atıklar
- Yol ve park atıkları
- Hafriyat ve yıkım atıkları
- Atıksu arıtma tesisi atıkları
- Zirai atıklar
- Diğer atıklar (hastane vs.).

a) Evsel katı atıklar, belediyeler tarafından toplanan ve taşınan, genellikle evlerden kaynaklanan zararlı ve tehlikeli katı atık muhteviyatı içermeyen park, bahçe ve piknik alanları gibi yerlerden toplanan evsel nitelikli atık muhteviyatına sahip sanayi ve endüstri menşeili atıklardır. Mutfak ve ofis çöpleri, ambalaj atıkları vb. atıklardır [5].

b) Tehlikeli atık, fiziksel, kimyasal ve biyolojik yönden olumsuz etki yaparak çevre ve insan sağlığı için zararlı olan yanıcı, yakıcı, korozif, patlayıcı ve kansorajen atıklar ve bu atıklarla kirlenmiş maddeler tehlikeli atık olarak değerlendirilmektedir [6].

c) Endüstriyel atıklar, endüstriyel işlemler neticesinde meydana gelen atıklardır [5].

d) Tarımsal ve bahçe atıkları, hayvansal ve bitkisel ürünlerin işlenmesi ve elde edilmesi neticesinde ortaya çıkan atık ve artıklardır. Üretilen katı atıkların miktarı ve muhteviyatı açısından topluluk ya da toplumların sosyoekonomik özellikleri, gelenekleri, beslenme alışkanlıkları, coğrafya, meslekleri ve iklimi gibi çeşitli şartlardan etkilenmektedir [7].

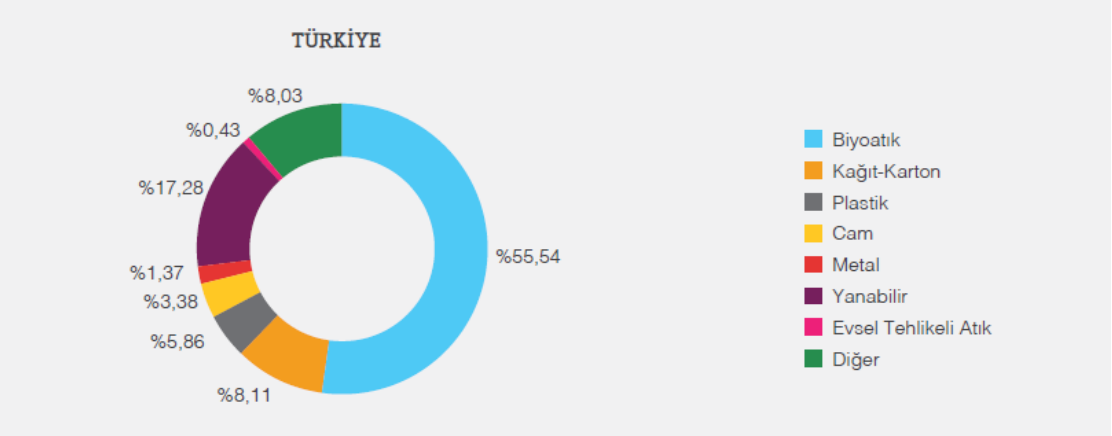
e) Özel Atıklar, uzaklaştırılması özel önem arz eden atıklardır. Radyoaktif atıklar, evlerden kaynaklanan tehlikeli atıklar ve ilaç atıkları, tehlikeli ve zararlı endüstriyel atıkları, piller ve aküler, lastikler, madeni yağlar, ile hastane atıkları bu grupta yer almaktadır [7].

f) Tıbbi Atıklar, enfeksiyon yapıcı atıkları, patolojik atıkları ve kesici-delici atıkları ifade etmektedir [8].

g) İnşaat Atığı ve moloz atıkları, inşaatların yapımı sırasında artan ya da yıkımı sonucunda meydana gelen atıklardır [5].

2.2 Katı Atık Bileşenleri ve Atık Karakterizasyonu

Türkiye'nin ağırlıklı ortalaması dikkate alınarak hesaplanan atık bileşenleri ve atık bileşenlerinin yüzdesi Şekil 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.1. Türkiye atık karakterizasyonu.

2.3 Katı Atık Kompoziyonunun Atık Yönetimi Seçiminde ki Önemi ve Atık Hiyerarşisi

Atık yönetimi hiyerarşisi 6 basamaktan oluşmaktadır ve Şekil 2.2'de özetlenmiştir.



Şekil 2.2. Atık yönetimi hiyerarşisi.

Önleme: Bir üretim prosesi esnasında atık oluşturmayacak her türlü işlem, metot veya prosesler olarak tanımlanmaktadır.

Azaltma: Atık oluşumunun engellenemediği durumlarda atık miktarının azaltılması için uygulanan işlemlerdir

Tekrar Kullanım: Genellikle bir ürünün veya ambalajn birden fazla kullanımını ifade etmektedir.

Geri Dönüşüm: Katı atık muhteviyatında değerlendirilebilir nitelikteki maddelerin ekonomiye geri kazandırılması şeklinde tanımlanabilir.

Enerji Geri Kazanımı: Atıkların özelliklerinden faydalanılarak içerisinde ki bileşenlerin fiziksel, kimyasal veya biyo-kimyasal yöntemlerle başka ürünlere veya enerjiye çevrilmesi olarak tanımlanabilir.

Bertaraf: Atık yönetimi hiyerarşisinde ki son aşama, atıkların çevre ve insan sağlığına zarar vermeyecek şekilde uygun metotlar ile bertaraf edilmesidir. Geri kazanımı ve geri

dönüşümü mümkün olmayan atıkların depolanaması günümüzde en çok kullanılan bertaraf yöntemidir.

2.3.1 Yakma

Atık Yakma, atığın oksijen varlığında 850 0C üzerinde ısı uygulanması neticesinde, atığın kül cüruf ve yanma gazlarına dönüşmesi prosesi olarak tanımlanmaktadır. Atıkların uygun sıcaklıklarda yakılmak sureti ile bertaraf edilmesi sağlanarak hacimsel olarak ta önemli oranda azaltılmış olmaktadır. Atıkların yakılması ile oluşan ısı enerjisinden faydalanarak enerji elde edilebilmektedir. Yanma sonucu oluşan kül ve cüruf ise uygun deponi alanlarında depolanarak bertaraf edilmektedir.

2.3.2 Piroliz

Piroliz, Organik maddelerin gaz üretmek amacı ile oksijen yokluğunda termal olarak parçalanmasıdır. Bu proses 400-800 °C gibi oldukça düşük bir sıcaklıkta uygulanır [9].

2.3.3 Gazifikasyon

Yüksek sıcaklıkta katı atıktaki karbonun oksijen ya da buharla reaksiyona girmesi sonucu gaz, kül ve katran gibi ürünler oluşur. Yanmanın gerçekleşmesi için stokiyometrik havadan daha az hava kullanılır [9].

2.3.4 Kompostlaştırma

Mikroorganizma denilen genellikle gözle görülemeyen canlıların, ortamda ki oksijeni kullanarak çöpün içerisinde yer alan organik maddeleri biyokimyasal yollarla ayrıştırmasıdır [10].

2.3.5 Biyogaz

Biyogaz, organik atıklardan kullanılabilir gaz üretilmesidir. Organik içerikli atıkların oksijensiz ortamda parçalanması neticesinde ortaya çıkan yanıcı özellikte ki bir gaz karışımıdır [11].

2.4 Atıkların Düzenli Depolanması Direktifi

Atıkların Düzenli Depolanmasına ilişkin 1999/31/AT sayılı Direktif ve kabul kriterlerine ilişkin 2003/33/AT sayılı Karar deponi alanlarının yapılmasına izin verilmesi, bu sahaların tasarımının yapılması, işletilmesi, kapatılması ve düzenli depolama sahalarının kapatıldıktan sonra ki yapılacak işlemlerin ve uygulamaların standartlarını belirlemektedir. Direktifin amacı, atıkların ve deponi sahalarının işletilmesi için gerekli teknik şartları yerine getirerek atıkların düzenli depolanması amacı ile çevre ve toplum üzerinde ki olumsuz etkilerini mümkün olduğunca azaltmayı ve engellemeyi hedeflemektedir. Direktif, atıkların düzenli depolanmasının ilk olarak yüzey ve yeraltı suyu, toprak, hava ve insan sağlığı olmak üzere toplum ve çevre üzerinde ki olumsuz etkileri azaltmayı veya engellemeyi amaçlamaktadır. Farklı atık kategorilerini (kentsel atık, tehlikeli atık, tehlikesiz atık ve inert atık) tanımlayan bu Direktif yerüstü ya da yeraltı depolama sahalarının tamamı için geçerlidir [12].

2.4.1 Atık çerçeve direktifi

2008/98/AT sayılı Direktif, atık yönetimi ile ilgili temel tanım ve kavramları (örneğin atığın, geri kazanım ve geri dönüşüm tanımları) sunmaktadır. Atığın ne zaman atık olmaktan çıkıp ikincil bir ham madde olduğunu ve atık ile yan ürünlerin birbirlerinden nasıl ayrıldığını açıklar. Direktif, atık yönetimine ilişkin bazı temel ilkeler öne sürer. Atıklar, insan sağlığını ve toplumu tehlikeye atmadan ve çevreye zarar vermeden, özellikle toprak, hava, su, hayvanlar veya bitkiler için bir risk oluşturmadan, koku ve gürültü kaynaklı sorunlar yaratmadan ve yer aldığı bölgeyi olumsuz bir şekilde etkilemeden yönetilmelidir [12].

2.5 Düzenli Depolama Tesisi (DDT)

Atıkların meydana geldiği tesis bünyesinde ön işlem, geri kazanım veya bertarafa sevk etmek üzere geçici depolandığı, atığın ön işleme veya geri kazanıma tabi tutulmak amacı ile üç yıldan az süre ile ara depolandığı tesisler ile atığın bertaraf edilmek üzere bir yılı geçmeyecek şekilde ara depolandığı tesisler hariç atıkların yeraltı veya yer üstünde belirli teknik standartlara uygun bertaraf edildiği alanları ifade etmektedir [13].

Modern bir deponi sahasında uygulanmakta olan yapım ve işletme teknolojileri, toplumun, çevre ve halk sağlığının korunmasını esas almaktadır. Bu konu hakkında

dikkat edilmesi gereken hususlar, deponi alanlarının uygun tasarımı ile kapatılması akabinde izlemenin etkin şekilde yapılmasını sağlamaktır. Günümüz modern deponi alanlarının, düzensiz (vahşi) çöp döküm alanlarından tamamı ile farklı olduğu, tehlikeli sıvı ve katı atıkların deponi alanlarına kabul edilmediği; gaz toplama ve sızıntı suyu kontrol sistemlerinin mevcut olduğu deponi saha tabanının tam geçirimsiz hale getirildiği ve etkin bir yer altı suyu izleme siteminin bulunduğunu unutmamak gerekmektedir [4].

Deponi alanları, özellikle biyoreaktör amacı ile tasarlanıp ve işletilmek suretiyle, metan gazından daha yüksek hızlarla enerji geri kazanımı sağlanılması mümkün olmaktadır. Yakın zamanda depo gazından metanla gazı ile birlikte karbondioksit gazının da geri kazanımının yapılması planlanmaktadır. Yakma tesisi külleri ve endüstriyel arıtma çamurlarının depolandığı tek tip depolama tesislerinden başlamak üzere gelecekte düzenli depolama alanlarında ürün geri kazanımı yapılması düşünülmektedir. Ayrıca, kapatılmış olan düzenli depolama sahalarının park veya spor amaçlı sahalar olarak kullanımı da yaygındır [2].

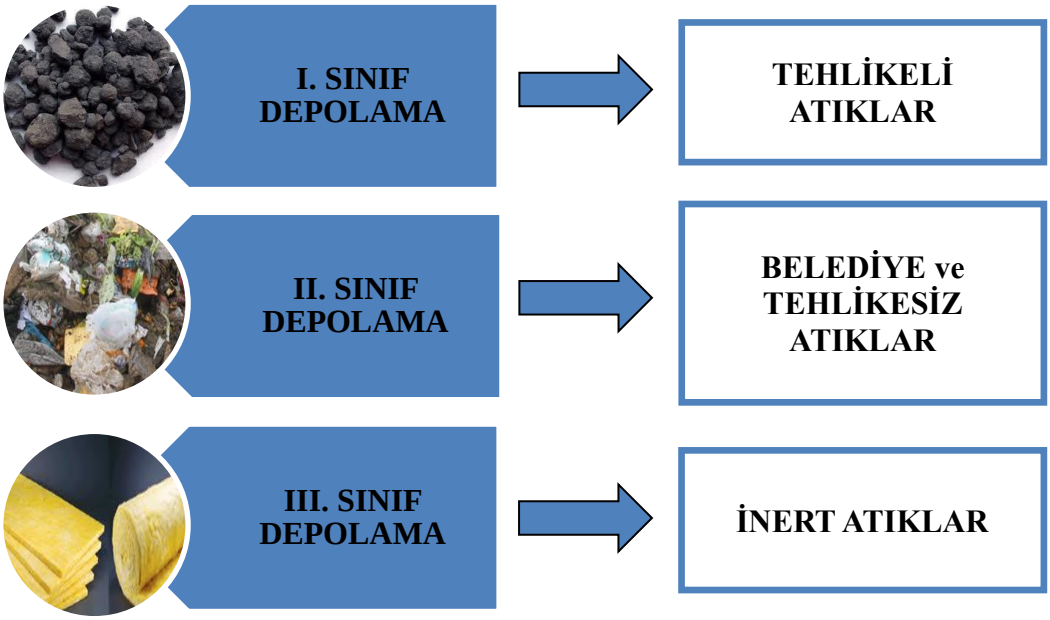
2.5.1 Düzenli depolama tesislerinin sınıflandırılması:

Yönetmelikte düzenli depolama alanları aşağıda belirtildiği şekilde sınıflandırılmıştır.

I. Sınıf Düzenli Depolama Alanı: Tehlikeli sınıfta yer alan atıkların depolanabilmesi için gerekli altyapıya sahip alanları,

II. Sınıf Düzenli Depolama Alanı: Belediye atıkları ile tehlikesiz snıfta yer alan atıkların depolanabilmesi için gerekli altyapıya sahip alanları,

III. Sınıf Düzenli Depolama Alanı: İnert nitelikte ki atıkların depolanabilmesi için gerekli altyapıya sahip alanları ifade etmektedir. Düzenli Depolama Tesis Sınıfları Şekil 2.3'te verilmiştir.



Şekil 2.3. Düzenli depolama tesisi sınıfları.

Düzenli depolama tesislerin de atık kabulünden önce, atıkların hangi deponi tesisine alınarak bertaraf edilebileceğinin belirlenmesi sureti ile Yönetmelik'in Ek–1'inde mevcut olan kriterler, numune alma ve analiz yöntemleri kullanılmaktadır. I. sınıf deponi alanlarına sadece Ek–2'de I. sınıf deponi alanları için verilen kriterlere uygun tehlikeli atıkların kabulü yapılmaktadır.

II. sınıf deponi alanına; belediye atıkları, Ek–2'deki kriterlere uygun tehlikesiz atıklar, Ek–2'de II. sınıf deponi alanları için verilen kriterlere uygun, stabil hale getirilmiş atıklar gibi reaktif olmayan ve kararlı tehlikeli atıkların kabulü yapılmaktadır [13].

2.5.2 Düzenli depolama yönteminin avantajları ve dezavatajları

2.5.2.1 Düzenli depolama yönteminin avantajları

• Uygun arazi bulunulması durumunda ekonomik bir yöntemdir.
• İlk yatırım maliyeti nispeten en az olan yöntemdir.
• Nihai bertaraf metodudur.
• Esnek bir metottur. Katı atık miktarına göre kapasite artışı kolaylıkla yapılabilir.
• Kullanılıp kapatılan araziden rekreasyon amacıyla istifade edilebilir (park, yeşil alan, spor tesisleri vb.) [14].

2.5.2.2 Düzenli depolama yönteminin dezavantajları

• Kalabalık yerlerde, ekonomik ve makul taşıma mesafesi içinde uygun alan bulmak zordur.

• Yerleşim yerlerine yakın düzenli depolama sahaları için, çevre halkın muhalefeti ile karşılaşılabilir.

• Ömrünü tamamlamış düzenli depolama sahalarında göçmeler ve yerel çöküntüler olabileceğinden sürekli bakım gerekmektedir.

• Sıvı ve gaz sızıntıları periyodik olarak kontrol edilmediği takdirde sakıncalı durumlar oluşturabilir.

• Düzenli depolama yöntemi ile toprak ve su kaynakları bakımından atık sorunu, çöplerin belli noktalarda yoğunlaştırılmasıyla yine devam etmektedir [14].

2.5.3 Düzenli depolama yer seçimi

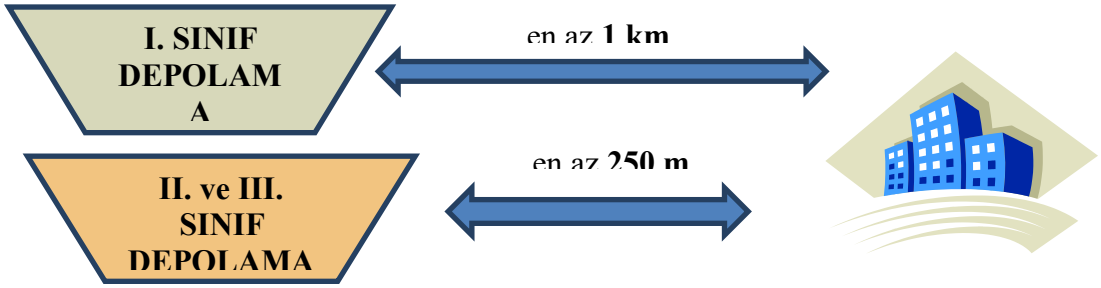
Düzenli depolama alanlarının yer seçiminde genel özellikler kadar yerel özellikler ve karakteristik özellikler de önemli olabilmektedir. Yer seçimi ile ilgili olarak ilk aşamada aşağıdaki özelliklerin sağlanması gerekmektedir;

- Deponi alanı sınırlarının yerleşim yerlerine uzaklığı I. sınıf deponi sahaları için en az bir kilometre, II. ve III. sınıf deponi sahaları için en az iki yüz elli metre olma zorunluluğu mevcuttur.
- Ayrıca, deponi sahasının yer seçiminde;
  - Deponi sahasının hava ulaşım güvenliğine etkisi olup olmadığı,
  - Yaban hayatı, bitki örtüsü, ağaçlandırma ve orman sahalarının korunması gibi özel amaçlarla koruma altına alınmış sahalara uzaklığı,
  - Civarda yer alan yeraltı ve yüzeysel su kaynakları ile koruma havzalarının durumu, yeraltı su seviyesi ve yeraltı suyu akış yönleri,
  - Sahanın hidrojeolojik, jeolojik, topografik, jeomorfolojik ve jeoteknik durumu,
  - Çığ, erozyon, heyelan, taşkın ve yüksek deprem riski,
  - Yağış durumu ve hâkim rüzgâr yönü,
  - Kültürel veya doğal miras durumu dikkate alınır.
- Sahada akaryakıt, gaz ve içme-kullanma suyu naklinde kullanılan boru hatları, yüksek gerilim hatları bulunmaz.

- ÇED sürecinin tamamlanmasının ardından seçilen alan, ilgili planlara işlenir [13].

Yer seçilmesinde son aşama ise, çevresel etki değerlendirilmesi raporu ile onaylanıyor olmasıdır. Bu raporda çöp depolama ile ilgili her türlü sosyal, teknik, ekonomik bileşenler, koşullar, kısıtlar esas alınarak bir sonuca varılır ve varılan sonuç bir onay işleminden geçmektedir. Bu onay sürecinde yerel ve merkezi hükümet kadar halkın katılımı da esas olmalıdır [15].

Yer seçimini müteakip düzenli depolama sahalarının tasarım ve planlaması aşamasında yapılması gereken çeşitli işlemler vardır. Bu kapsamda öncelikle bölgenin detaylı olarak karadan ve havadan ölçümlerinin yapılması ve sahanın haritasının çıkartılması gerekmektedir. Bütün topoğrafik şekiller bu haritada gösterilmelidir [16]. Düzenli Depolama Tesislerinin yerleşim yerlerine uzaklığı Şekil 2.4'te verilmiştir.



Şekil 2.4. Düzenli depolama tesisinin yerleşimi.

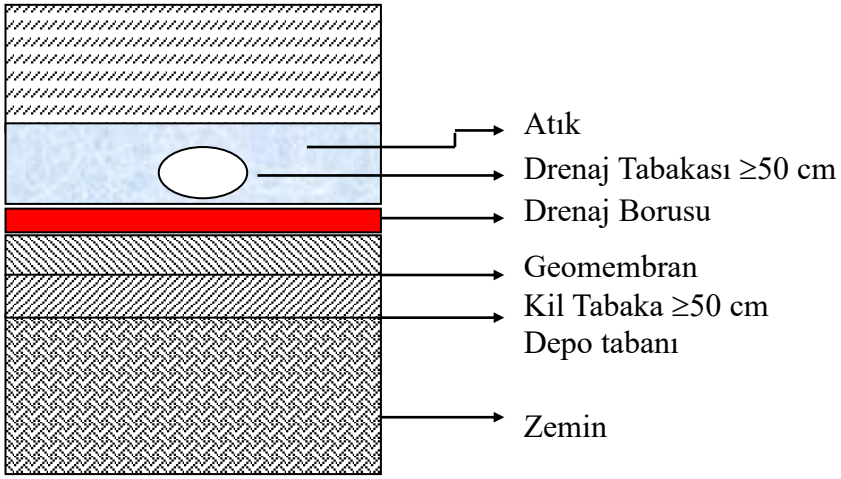
2.5.4 Düzenli depolama tesislerinin taban yapıları

Deponi alanının tabanında ve yan çeperlerinde, sızıntı sularının yeraltı suyuna karışmasını engelleyecek şekilde geçirimsiz bir tabaka oluşturulur. Bunun için kil veya muadili bir materyalden oluşturulmuş olan geçirimsizlik tabakası serilir. Geçirimsizlik tabakasının fiziksel, kimyasal, mekanik ve hidrolik özellikleri deponi alanının toprak ve yeraltı suları için teşkil edeceği potansiyel tehlikeleri önleyecek şekilde olması zorunludur. Geçirimsizlik materyalleri teknik özellik açısından TSE standartlarına uygun olmak zorundadır.

Deponi tesisi, sınıflarına göre depo tabanının asgari aşağıda belirtilen geçirgenlik ve kalınlık özelliklerine sahip olması gerekmektedir:

- I. sınıf düzenli depolama tesisi: K ≤ 1,0 x 10^{-9} m/sn; kalınlık ≥ 5 m veya eşdeğeri,
- II. sınıf düzenli depolama tesisi: K ≤ 1,0 x 10^{-9} m/sn; kalınlık ≥ 1 m veya eşdeğeri,
- III. sınıf düzenli depolama tesisi: K ≤ 1,0 x 10^{-7} m/sn; kalınlık ≥ 1 m veya eşdeğeri.

Jeolojik geçirimsizlik tabakasının yukarıda verilmekte olan gerekli şartları doğal olarak karşılayamaması halinde; bu tabaka yapay olarak oluşturulur ve jeomembran kullanılarak güçlendirilir. Geçirimsiz mineral materyal ile yapay olarak oluşturulacak olan geçirimsizlik tabakasının toplam kalınlığının 0,5 metreden az olmaması gerekmektedir [13]. Düzenli Depolama Tesislerinin taban yapıları Şekil 2.5'te verilmiştir.



Şekil 2.5. Düzenli depolama tesislerinin taban yapıları.

2.5.5 Düzenli Depolama Tesislerinin Saha Yapımı

Düzenli depolama tesislerinin saha yapımı 6 başlıkta incelenebilir;

2.5.5.1 Sahanın kazılması

Planlanmış olan proje dahilin de alanın hafriyat çalışmaları yapılır. Yapılacak olan hafriyat miktarı belirlenen alanın yapısı ve büyüklüğüne bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Deponi alanının tabanı yer altı sularına olan mesafesi de hafriyat aşamasında dikkat edilmesi gereken önemli bir husustur [17]. Saha kazılması örneği Şekil 2.6'da verilmiştir.



Şekil 2.6. Sahanın kazılması.

2.5.5.2 Kil serilmesi ve sıkıştırılması

II. Sınıf Deponi alanında geçirimsizlik tabakası 25 cm kalınlığında aşamalı olarak iki kademeli serilerek sıkıştırılmaktadır. Serilen kil tabakası ile ardından gelen tabaka birleştirilmektedir. Kompaktör ve dozer yardımı ile kilin topak kısmı parçalanmaktadır. Deponi alanlarında kullanılan taban geçirimsizlik materyali olan kilin Sıkışma Derecesi minumum %90 ve üzeri olmalıdır [17]. Kil serilmesi ve sıkıştırılması örneği Şekil 2.7'de verilmiştir.



Şekil 2.7. Kil serilmesi ve sıkıştırılması.

2.5.5.3 Jeomembran serilmesi

Jeomembran, kimyasal materyallere karşı yüksek dirençli, çekme mukavemeti yüksek, geçirgenlik derecesi düşük, çatlama ve delinmelere karşı oldukça dayanıklı olmasından dolayı sızmalara karşı üstün bir koruma sağlamaktadır. Katı atık dolgu sahalarında zemin taban örtüsü olarak kullanılmaktadır. Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE)

yaklaşık 2-10 metre genişliğinde, yoğunluğu; 941-1885 kg/m3, rulolar halinde ve 140-190 metre uzunluklarında üretilmektedir. Kalınlıkları 1,5 ile 8 mm arasında değişmektedir [17]. Jeomembran serilmei örneği Şekil 2.8'de verilmiştir.



Şekil 2.8. Jeomembran serilmesi.

2.5.5.4 Ankraj hendeği

Jeomembran malzemenin depolanacak olan atık ağırlığından dolayı kaymasını engellemek için sahanın çevresine kazılan 100-130 cm derinliğindeki hendeklerdir. Jeomembran serilmeden evvel projede gösterildiği üzere kazıların yapılması gerekmektedir. Hendeklerin köşeleri hafifçe yuvarlatılmalı, jeomembranın hendekle birleştiği yerlerde keskin kıvrılmalardan kaçınılmalı, ankraj hendeği dolgu malzemesi ile sıkıştırılmalıdır. Dolgu yapılacak olan toprakta jeomembrana zarar vermemesi için keskin kenarlı malzemelerden kaçınılmalıdır. Jeomembranın taşınması ve serilmesi esnasında jeomembrana zarar verilmemesine özen gösterilmelidir [17]. Ankraj hendeği örneği Şekil 2.9'da verilmiştir.



Şekil 2.9. Ankraj hendeği.

2.5.5.5 Jeotekstil serilmesi

Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelikte “Yapay geçirimsizlik tabakasının korunması amacı ile koruyucu örtü malzemesi kullanlmaktadır.” şeklinde ifadeye yer verilmektedir. Jeomembranların üzeri koruyucu örtü malzemesi olarak kullanılan jeotekstiller ile örtülmektedir.

Jeotekstillerin uzama özelliği sayesinde yüksek bölgesel yüklere dayanıklıdır. Gözenek yapıları sayesinde suyun geçmesine müsaade ederken kum veya silt gibi ince taneli materyallerin geçmesini engelleyerek tutulmasını sağlamaktadır. Jeotekstillerin özelliği, jeomembranın üzerine serilerek jeomembranın zarar görmesini engellemektedir. Jeotekstiller füzyon kaynağı yardımı ile jeomembranlara yapıştırılır. Bu sayede jeotekstilin yük altında kayması engellenmiş olmaktadır. [17]. Jeotekstil serilmesi örenği Şekil 2.10’da verilmiştir.



Şekil 2.10. Jeotekstil serilmesi.

2.5.5.6 Sızıntı suyu Boru Yerleştirilmesi ve Drenaj Malzemesi Serilmesi

Mineral materyalden oluşan sızdırmazlık tabakasının inşaatından hemen sonra kalker oranı %20’den küçük, çakıl filtreden oluşan alan drenajı sistemi yapılmalıdır. Alan drenaj sistemi, sızdırmazlık tabakasını güneş ışınlarına ve yağmur erozyonuna karşı korumaktadır [17]. Sızıntı suyu hatlarının ve drenaj malzemelerinin yerleştirlmesi örneği Şekil 2.11’de verilmiştir.



Şekil 2.11. Sızıntı suyu boru yerleştirilmesi ve drenaj malzemesi serilmesi.

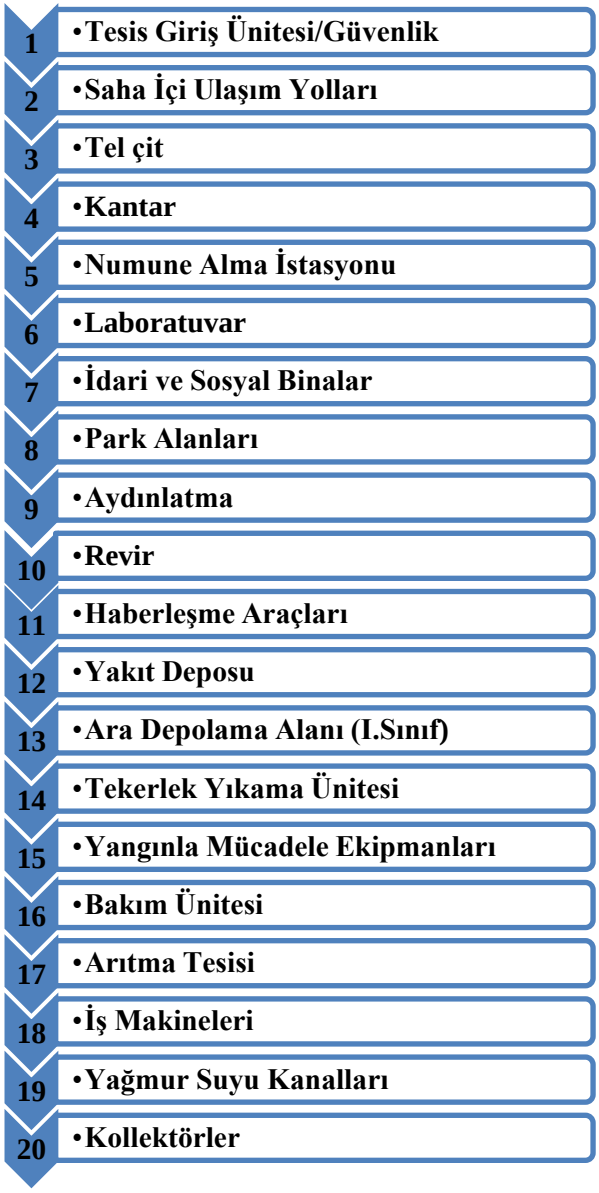
Yağmur suyu kanal çalışması örneği Şekil 2.12'de verilmiştir.



Şekil 2.12. Yağmur suyu kanal çalışması.

2.5.6 Düzenli Depolama Sahalarında Bulunması Gereken Üniteler

Düzenli depolama sahalarında Şekil 2.13'te gösterilen ünitelerin bulumması gereklidir.



Şekil 2.13. Düzenli depolama sahalarında bulunması gereken üniteler.

2.5.7 Düzenli Depolama Tesislerine Lisans Verilmesi

Belediye tarafından ruhsat verilmiş olan düzenli depolama tesisi, geçici faaliyet belgesi süresince izleme raporlarının değerlendirilip, uygunluğunun belirlenmesi neticesinde düzenli depolama tesisine Bakanlıkça lisans verilir. Düzenli Depolama Tesisinin lisansının süresi, yenilenmesi, devri, askıya alınması ve iptali işlemleri Çevre Kanununca Alınması Gereken İzin ve Lisanslar Hakkında Yönetmelik hükümlerine göre yürütülmektedir [17].

2.6 Düzenli depolama sahaları işletme esasları

- Sahaya Giriş
- Atık Kabul ve Kayıt
- Çalışma Yüzeyine Ulaşım ve Çalışma Platformları
- Atık Döküm Planı
- Atık Dökümü, Serme ve Sıkıştırma
- Atık Dolum Planı
- Günlük Ara Örtünün Serilmesi
- Sahadan Çıkış

2.6.1 Düzenli depolama sahasında kontrol ve izleme

- Kuşaklama Kanalı ve Yüzey Suyu
- Sızıntı Suyu
- Yeraltı Suyu
- Gaz
- Atık Miktarı, Tartım ve Analizi

Depo gazı ve sızıntı suyu kontrolü ve izlenmesi Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Depo gazı ve sızıntı suyunun kontrolü ve izlenmesi.

Parametre	**İşletme Aşaması**	**Kapatma sonrası Bakım Aşaması**
Sızıntı suyu hacmi	Aylık	Her altı ayda bir
Sızıntı suyunun kompozisyonu	Üç ayda bir	
CH_4, CO_2, H_2S, O_2 ve H_2 emisyonları	Aylık	Her altı ayda bir

Düzenli depolama izlme periyodu Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Düzenli depolama izleme periyodu.

No	Parametre	İzleme Periyodu	
		İşletim Esnasında	Kapatma Sonrası
1	Gaz Ölçümleri	Aylık	Her 6 ayda 1
2	Sızıntı Suyu Kompozisyonu	3 ayda 1	Her 6 ayda 1
3	Sızıntı Suyu Hacmi	Aylık	Her 6 ayda 1
4	Yeraltı Su Seviyesi	6 ayda 1	6 ayda 1
5	Yeraltı Suyu Kalitesi	SKKY/Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliğine göre belirlenir.	
6	Yüzey Suyu Kalitesi	SKKY/Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliğine göre belirlenir.	-
7	Meteorolojik Veriler	Günlük	Aylık
8	Topografik Kontroller	Yılda 1 defa	-

2.6.2 Düzenli depolama sahasının işletme sonunda kapatılması

- Son Örtü Teşkili
- Gaz Drenajı Sistemi
- İşletme Sonrası Kontrol ve İzleme

2.6.3 Düzenli depolama sahası ekipmanı-personeli

- İş Makineleri
- Personel

2.6.4 Bakım programları

- Tesis Ana Giriş Kapısı
- Binalar
- Kantar
- Yangın Söndürme Cihazları
- Yüzey Suyu Toplama Kanalları
- Aydınlatma
- Jeneratör
- Çit
- Saha Çevre Yolları
- Depolama Sahası İş Makineleri

2.7 Düzenli depolama sahalarına endüstriyel atık kabulü

- Atığın kaynağı,
- Hammadde ve ürün özelliklerini de içerecek şekilde atığın üretim süreci hakkında bilgi,
- Atığın kodu,
- Atık Yönetimi Yönetmeliğinin EK-IV'ünde (M) ile işaretli atıklar için aynı Yönetmeliğin EK-III'ünde belirtilen tehlikelilik özelliklerine ilişkin bilgiler,
- Atığın bileşimi ve özütleme özelliklerine ilişkin veriler,
- Atığın kokusu, rengi, kıvamı, yoğunluğu, fiziksel özellikleri
- Ek 2 analizi
- Uygunluk testinde bakılması gereken kritik parametreler,
- Uygunluk testi sonuçlarının işletmeci tarafından kontrolü için tespit edilen kolay ve kısa sürede sonuçlanan parametreler,
- Depolama sahalarına kabul edilmeyecek atıklar kapsamında olmadığına dair bilgi,
- Atığa uygulanacak ön işlem; ön işlem yapılmaması durumunda gerekçeli açıklama,
- Uygunluk testlerinin kapsamı ve sıklığı ile atığın bertaraf edileceği depolama tesisi sınıfına ilişkin üniversitelerin ilgili bölümlerinden ya da Bakanlıkça yetki verilen akredite laboratuvarlardan alınmış rapor [17].

2.8 Düzenli depolama sahalarına atık kabulü ve atığın depolanması

İzaydaş evsel atık kabulü akış şeması Şekil 2.14'te verilmiştir.



Şekil 2.14. İzaydaş evsel atık akışı.

2.8.1 Güvenlik ve radyasyon kontrolü

Araçlar ilk olarak radyoaktif madde kontrolü için radyasyon ölçüm kulelerinin arasından geçer. İzaydaş güvenlik ve radyasyon kontrolü örneği Şekil 2.15'te verilmiştir.



Şekil 2.15. İzaydaş güvenlik ve radyasyon kontrolü.

2.8.2 Kantar tartımı

Radyasyon ölçüm kuleleri arasından geçen araçların, kantarda tartım işlemleri yapıldıktan sonra döküm alanına yönlendirilirler. Kantar tartım örneği Şekil 2.16'da verilmiştir.



Şekil 2.16. Kantar tartımı.

2.8.3 Düzenli depolama sahasına atıkların depolanması

Belediye araçları ile gelen evsel atıklar ve uygun araçlar ile gelen endüstriyel atıklar damper yapılarak düzenli depolama sahasına atıkları boşaltırlar. Düzenli depolama sahasına atık boşaltım örneği Şekil 2.17'de verilmiştir.



Şekil 2.17. Atık boşaltılması.

Boşaltılan atıklar uygun iş makinaları ile düzenli depolama sahasına serilirler. Atıkların serilme örenği şekil 2.18'de verilmiştir.



Şekil 2.18. Atıkların serilmesi.

Serilen atıklar kompaktör yardımı ile sıkıştırılırlar. Atıkların sıkıştırılması örneği Şekil 2.19'da verilmiştir.



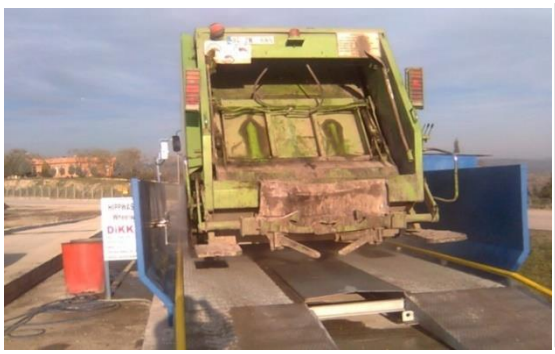
Şekil 2.19. Atıkların sıkıştırılması.

Düzenli depolama alanına dökülen, serilen ve sıkıştırılan atıkların örtü toprağı ile üstleri kapatılır. Şev düzenlmesi ve örtü toprağı serilme örenği Şekil 2.20'de verilmiştir.



Şekil 2.20. Şev düzenlemesi/örtü toprağı.

Düzenli depolama sahasında döküm yapan araçların ve tekerleklerinin yıkanmasından sonra sahadan ayrılırlar. Atık araçları tekerlek yıkama ünitesi Şekil 2.21'de verilmiştir.





Şekil 2.21. Tekerlek yıkama.

2.9 LFG'nin Oluşması

Deponi alanlarında depolanmış olan organik nitelikli atıkların oksijensiz ortamda çürümesi neticesinde deponi gazı meydana gelmektedir. Depo gazı genellikle CH_4 (%50-60), CO_2 (%35-40) ve N (%3-10) gibi bileşenlerden oluşmaktadır. Bu gazın muhteviyatında eser oranda da olsa oksijen, çeşitli organik kükürt bileşenleri, amonyak ve su bulunmaktadır [18].

Kocaeli'de oluşan kentsel katı atıklar İzaydaş tarafından işletilmekte olan Solaklar Düzenli Depolama Tesisleri'nde yönetmeliklere uygun bir şekilde depolanarak bertaraf edilmektedir. Solaklar Düzenli Depolama Tesisi ise yaklaşık 3.000.000 m3 kapasiteli olup 6'sı evsel ve 1'i tehlikeli atık olmak üzere toplam 7 lottan oluşmaktadır. 1997 yılından beri düzenli depolamanın yürütüldüğü Solaklar Düzenli Depolama Tesisi'nde 6 evsel lotta depolama gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu çalışmada; Solaklar Düzenli Depolama Tesisi'nde depolama işlemi gerçekleştirilen lotlarda, ayrışmadan meydana gelen deponi gazlarının uzun süreli değişimleri incelenmiştir.

2.9.1 LFG'nin oluşumunu etkileyen çevresel faktörler

Deponi gazının oluşumuna etki eden faktörler; oksijen, hidrojen, pH ve alkalinite, sülfat, besi maddeleri (nutrientler), inhibitörler, sıcaklık, nem ve su muhtevası ve dane boyutu gibi çevrenin fiziksel ve kimyasal faktörleri ile atık bertarafında kullanılmakta olan farklı tekniklerden oldukça etkilenmektedirler [19, 20].

2.9.1.1 Oksijen

Anaerobik bakterilerin parçalama sürecini gerçekleştirebilmesi için ortamda serbest oksijenin mevcut olmaması gerekmektedir. Metan üreten bakteriler, oksijene karşı çok hassas ve duyarlıdırlar. Düzenli depolama sahalarında atıklar yeterli oranda sıkıştırılmamış ve üzerleri yeterli kalınlıkta örtü toprağı ile örtülmemiş ise oksijen derinlere kadar nüfus edebilir. Deponi sahasında gerekli sıkıştırma ve günlük örtü toprağı yeteri kadar yapılmadığı takdirde yağışlarla gelen oksijenli su, atıkların içlerine kadar nüfus ederek aerobik biyolojik faaliyeti geliştirerek sızıntı suyu miktarının artmasına sebep olabilir.

Günlük depolanan atıklar gerekli miktarda iş makinaları ile sıkıştırılmalı ve üzeri örtü toprağı ile günlük olarak örtülmelidir. Birim alanda, depolanacak olan atık miktarını arttırmak için deponi sahasının sığasına bağlı olarak örtü toprağı serme, yayma, ezme ve sıkıştırma için gerekli ve yeterli iş makinaları kullanılmaktadır. Serilen atıklar çelik silindirli kompaktörler ile sıkıştırılmalı ve mutlaka her serme işleminden sonra sıkıştırma işlemi gerçekleştirilmelidir [19].

2.9.1.2 Hidrojen

Deponi alanlarında hidrojen, fermantatif ve asidojenik bakteriler tarafından üretilir. Ve üretilen Hidrojen basıncı biyokimyasal reaksiyonları etkiler. Fermantasyon bakterileri, Hidrojen basıncı düşük olduğunda Hidrojen, CO_2 ve asetik asit üretirken, yüksek Hidrojen basınçlarında ise Hidrojen ve CO_2 üretirler [19].

2.9.1.3 pH ve alkalinite

CH_4 bakterileri için en uygun pH aralığının 6 ile 8 aralığında olduğu belirlenmiştir. Anaerobik proseslerde optimum CH_4 oluşumunun pH 6,5-8,0 aralığında olduğu görülmektedir. CH_4 bakterileri için pH değerinin 6'nın altına düşmesi bakteriler için toksik etki gösterebilir [19].

Alkalinite değerlerinin düşük olması neticesinde ortamdaki asitler pH değerini düşürerek biyolojik aktivitenin durmasına sebep olabilirler. Alkalinite değerlerinin yüksek olmasın da ise sistem düzensiz pH değişimlerine karşı korunur [21].

2.9.1.4 Sülfat

Sülfat, anaerobik şartlarda elektron alarak sülfüre dönüşen bir maddedir. Hem sülfat hem de metan bakterileri asetik asit ve hidrojenin ortaya çıkmasına sebep olurlar. Oluşan H_2S ise metan bakterileri üzerinde olumsuz etki yapmaktadır. Bu sebeple sülfat içeren atıkların deponi alanlarında depolanması dikkat edilmesi gereken bir husustur [22].

2.9.1.5 Besi maddeleri (Nütrientler)

Anaerobik mikroorganizmaların ihtiyacı olan mikro nutrientler sülfür, kalsiyum, magnezyum, potasyum, demir, çinko, bakır, kobalt, molibden ve selenyumdur. Bütün deponi alanlarında mevcuttur. Anaerobik ekosistemlerde substratın sadece küçük bir

kısmı yeni hücreler tarafından özümsenir, bu nedenle aerobik sistemlerden çok daha az miktarlarda azot ve fosfor gerekmektedir [19].

Anaerobik sistemler için organik madde (KOİ olarak, C), azot (N) ve fosfor (P) arasındaki (C:N:P) en uygun oran 100:0,44:0,08 'dir. Fosfor, anaerobik ayrışma sürecince prosesi sınırlandıran en önemli besin maddesidir [23].

2.9.1.6 İnhibitörler

Oksijen, hidrojen ve sülfatın metan oluşumu üzerinde bir inhibisyon etkisi olduğu bilinmektedir. Ayrışma proseslerinin çoğunda CO_2 üretilir. Asetik asitin ayrışma oranı CO_2'in kısmi basıncından önemli ölçüde etkilenir. Amonyumun inhibasyon etkisi serbest amonyumdan kaynaklanmakta ve pH'nın artmasıyla artmaktadır.

Bünyesinde ağır metal barındıran atıkların deponi alanlarında depolanmasından kaçınılmalıdır. Ağır metaller bakterileri olumsuz etkileyerek biyokimyasal reaksiyonları durdururlar. Bu da deponi alanında bulunan organik maddelerin ayrışma ve bozunmasını engellemektedir [19].

2.9.1.7 Sıcaklık

Mikrobiyolojik proseslerde anaerobik ayrışmayı sağlayan bakterileri etkileyen en önemli çevresel etkenlerden birisi de sıcaklıktır. CH_4 bakterileri için optimum sıcaklık aralığı mezofilik mikroorganizmalar için 40 ^oC civarında, termofilik mikroorganizmalar için 70 ^oC civarındadır.

Biyolojik ayrışmanın başladığı safhada 70 ^oC gibi sıcaklıklara ulaşırken, anaerobik ayrışma safhasının başlamasında ise sıcaklık düşmeye başlar ve 30-35 ^oC civarında sabit kalır.

Bu sıcaklık değerleri ise mezofilik CH_4 bakterileri için optimum sıcaklıklardır. Anaerobik ayrışama işlemi, deponi alanlarının sıcaklığına göre değişiklik göstermektedir. Sıcaklığın artması, genel olarak gaz üretiminin de arttığını göstermiş olarak kabul edilmektedir [19].

2.9.1.8 Nem/Su muhtevası

Deponi alanları içinde ki nem muhtevası, besi maddesi miktarları ile beraber depo gazı oluşumunu etkileyen ve depo gazı oluşmasını kontrol eden en önemli faktörlerden biridir. Atıkların deponi alanlarında ilk depolandıkları zaman ki nem muhtevası %30-40 arasında olmaktadır. Birim katı atık başına oluşan biyogaz üretimi ile nem oranı arasında logaritmik bir ilişki vardır. Metan üretiminin optimize edilebilmesi için atıkların su muhteviyatının yüksek olması gerekmektedir. Su muhtevası düşük olan atıklardan daha çok H_2 üretilirken, su muhtevası yüksek olan atıklardan ise daha çok CH_4 ve CO_2 oluştururlar [23].

Deponi alanlarında, nem muhtevasının sınır değerlerin altına inmesi durumunda sızıntı suyunun deponi alanına geri devri ile su muhtevası arttırılarak anaerobik aktivite hızlandırılır ve atık stabilizasyonu sağlanabilir. Deponi alanlarında biyokimyasal reaksiyonun artması ile deponi alanlarının kullanım ömrünün ve depolanacak atık miktarının artacağı da unutulmamalıdır [19].

2.9.1.9 Dane boyutu

Atıkların dane boyutunun düşmesi ile yüzey alanın artması neticesinde biyokimyasal reaksiyon ve gaz üretimi artmaktadır.

Deponi alanlarında atıklar depolanmadan önce parçalayıcılar yardımı ile küçük parçalara ayrılarak atığın dane boyutu küçültülebilir. Dane boyutu küçültülen atıklar daha homojen hale gelmekte, daha kolay depolanabilmekte, sıkıştırılabilmekte ve böylece daha fazla atık depolanabilmektedir. Dane boyu küçültülmüş alanlardan daha fazla gaz elde edileceği unutulmamalıdır [19].

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1 Çalışma Sahası

Kocaeli Solaklar Katı Atık Depolama Sahası, 264.842 m^2 evsel ve 98.165 m^2 endüstriyel olmak üzere toplamda 363.007 m^2 bir alan üzerine kurulmuş olup, 6 adet evsel 1 adet endüstriyel atık lotu mevcuttur. 4.678.250 m^3 evsel ve 969.919 m^3 endüstriyel olmak üzere toplamda 5.648.169 m^3 atık depolanması planlanmaktadır.



Şekil 3.1. Kocaeli Solaklar katı atık depolama sahası.

Kocaeli Solaklar Katı Atık Depolama Sahasına Gebze, Darıca, İzmit, Derince, Başiskele, Çayırova, Dilovası, Gölcük, Körfez, Kartepe, Kandıra ve Karamürsel olmak üzere 12 adet ilçe belediyesinin katı atıkları getirilmektedir.

Tesisi son 10 yıl içerisinde gelen evsel atık miktarları Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Tesiste yıllara ait depolanan evsel atık miktarları.

Yıl	Atık (TON)
2009	331.298
2010	496.892
2011	489.707
2012	528.207
2013	606.918
2014	417.358
2015	403.454
2016	430.169
2017	548.768
2018	702.637

3.2 Analiz Yöntemleri

3.2.1 Katı atık karakterizasyon metodu

Mevcut çalışmada, Katı atık karakterizasyonu-madde analiz yöntemi dünyanın birçok ülkesinde kabul görmüş ve ugulanmakta olan Amerikan standartları teknik methodlarınca (ASTM-American Society for Testing Metarials) belirlenmiş olan "İşlenmemiş Kentsel Atıkların Kompozisyonlarının Belirlenmesi Standart Yöntemi" kullanılmıştır [24].

3.2.2 Katı atık bileşenleri

Madde grup analizine geçmeden önce kapların boş ağırlıkları (dara) tartılır. Daha sonra plastik örtü üzerine yayılmış bu yığın içerisinden yemek artıkları sona bırakılmak üzere tüm atıklar bu kaplardan uygun olanlara konur. Suyun buharlaşması nedeniyle gruplandırma sırasında kütle kaybı söz konusu olabilir. Bu yüzden toplanan atıklar olabildiğince çabuk ayrılmalıdır. Ayıklama sırasında bağlanmış poşetler varsa bunların da açılıp, içlerinden çıkan atıkların uygun kaplara konması gerekmektedir. Dolu kap (brüt) tartılır ve değeri not edilir [25].

3.2.3 LFG ölçüm metodu

Depolama gazı GEM 2000 ve GEM 2000 Plus adlı cihazlar ile ölçülmektedir. Metan, Karbon Dioksit ve Oksijen içeriğini örnekler ve analiz eder.



Şekil 3.2. Gaz analizörü ve izleme cihazı.

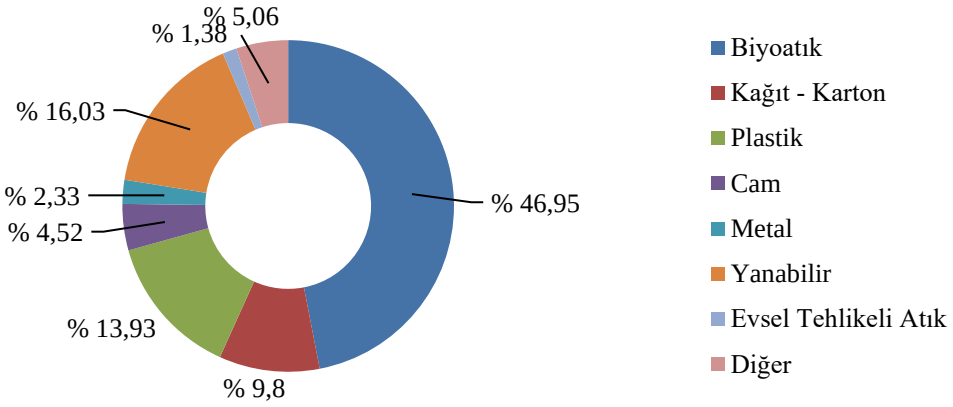
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Kocaeli İlindeki Katı Atık Karakterizasyonu

4.1.1 Belediye atıkları

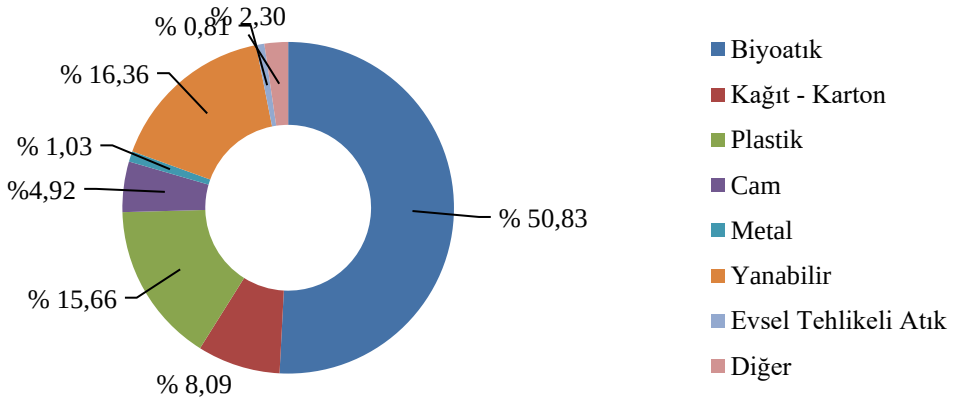
Atık yönetim planlarının oluşturulmasında doğrudan etkili iki parametre atık miktarı ve atığın karakterizasyon bilgisidir. 2017 ve 2018 yılı Kocaeli İli Belediye atıkları miktar ve karakterizasyonu aşağıda ki gibidir.

2017 yılı Kocaeli İl' inde oluşan belediye atık miktarı 548.769 ton, 2017 yılı Kocaeli nüfusu 1.883.270 kişi olup; kişi başı atık miktarı ise 0,79 kg/kişi gündür.



Şekil 4.1. 2017 yılı kocaeli düzenli depolama tesisi atık karakterizasyonu.

2018 yılı Kocaeli İl' inde oluşan belediye atık miktarı 702.638 ton, 2018 yılı Kocaeli nüfusu 1.906.391 kişi olup; kişi başı atık miktarı ise 1 kg/kişi gündür.



Şekil 4.2. 2018 yılı kocaeli düzenli depolama tesisi atık karakterizasyonu.

2014 yılı verisinde Türkiye genelinde oluşan belediye atığı miktarı 27.126.138 ton, kişi başı atık miktarı ise 0,96 kg/kişi gün'dür. 2017 yılında Kocaeli için kişi başı yıllık belediye atığı miktarı 288,35 kg/ yıl; 2018 yılında Kocaeli için kişi başı yıllık belediye atığı miktarı 365 kg/yıl 'dır.

Çizelge 4.1'de Eurostat verilerine göre Avrupa ülkelerinin kişi başı yıllık belediye atık miktarları yer almaktadır [26].

Çizelge 4.1. Avrupa ülkelerde kişi başı yıllık belediye atık miktarları.

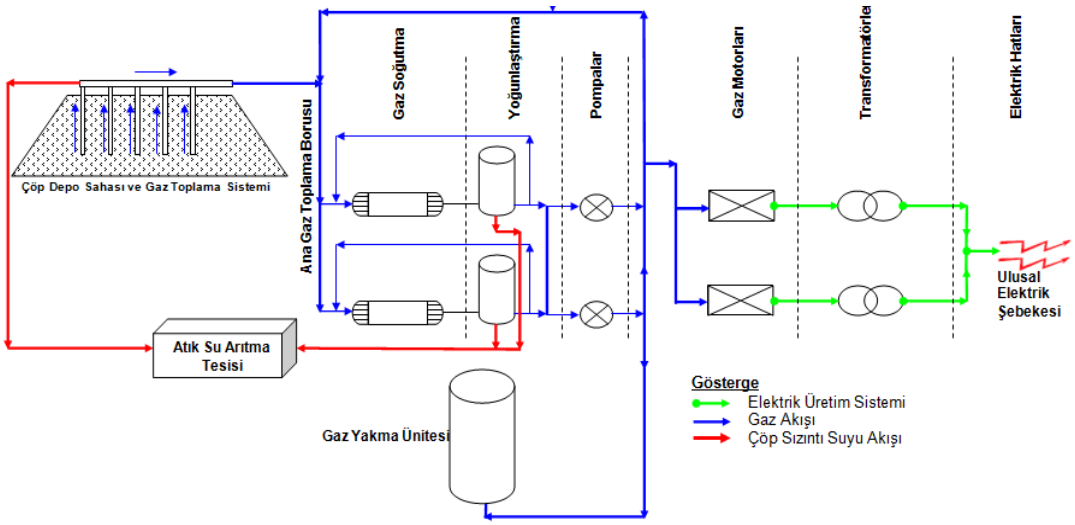
GEO/TIME	**2012**	**2014**	**2016**
European Union- 28 countries	337	323	327
Belgium	344	367	343
Bulgaria	426	384	342
Czechia	295	279	284
Denmark	473	444	432
Germany	261	261	259
Estonia	222	233	251
Ireland	459	397	401
Greece	390	375	:
Spain	419	391	419
France	342	322	318
Croatia	327	317	319
Italy	309	276	254
Cyprus	451	411	510
Latvia	357	277	310
Lithuania	340	318	296
Luxembourg	392	382	375
Hungary	292	334	298
Malta	490	476	491
Netherlands	429	406	398
Austria	311	325	324
Poland	231	228	238
Portugal	430	425	442
Finland	294	262	248
Sweden	272	223	230
United Kingdom	442	432	473
Liechtenstein	239	230	219
Norway	232	199	193
North Macedonia	1	2	20
Albania	:	425	:
Serbia	21	225	235
Turkey	411	400	406
Bosnia and Herzegovina	4	:	:
Kosovo (under United Nations Security Council Resolution 1244/99)	417	417	224

4.2 Kocaeli Solaklar biyogaz üretimi

Metan gazının çöp yığınları içinden çekilerek toplanması ve sonuçta elektrik üretilerek ulusal şebekeye verilmesi sürecinin adımları şematik olarak aşağıda verilmiştir. Proje, depolama sahasından başlayarak elektrik nakil hatlarına kadar aşağıda özetlenen ana unsurlardan oluşmaktadır:

- Dikey-Yatay Gaz Toplama Sistemi
- Gaz Ayarlama ve İletim Boru Sistemi
- Gaz Hazırlama, Basınçlandırma ve Yakma Ünitesi
- Gaz Ara Depolama Ünitesi
- Elektrik Enerjisi Üretim Birimleri
- İdari ve Teknik Destek Yapıları
- Elektrik Nakil Hatları

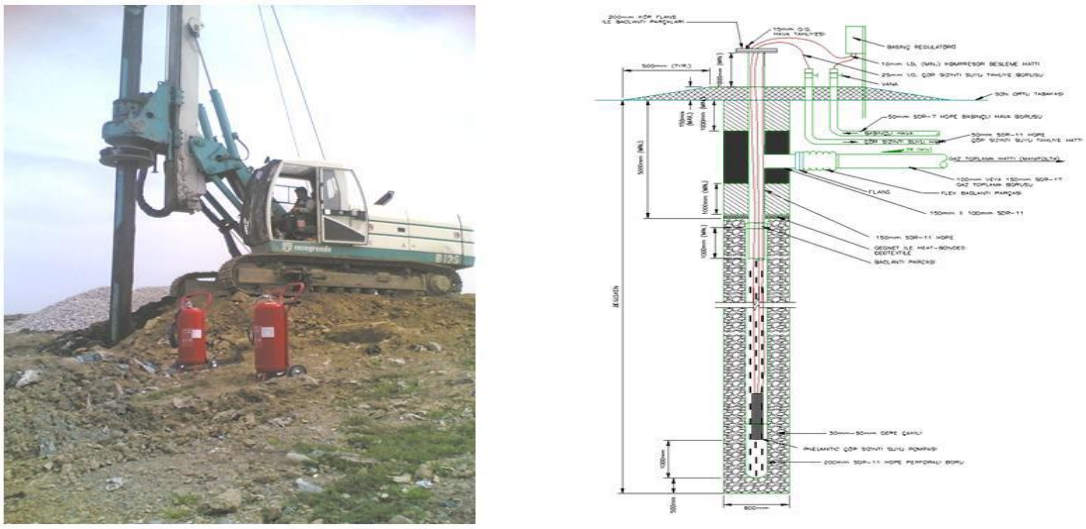
Solaklar LFG elektrik üretim tesisi genel akım şeması Şekil 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4.3. Elektrik üretim tesisi genel akım şeması.

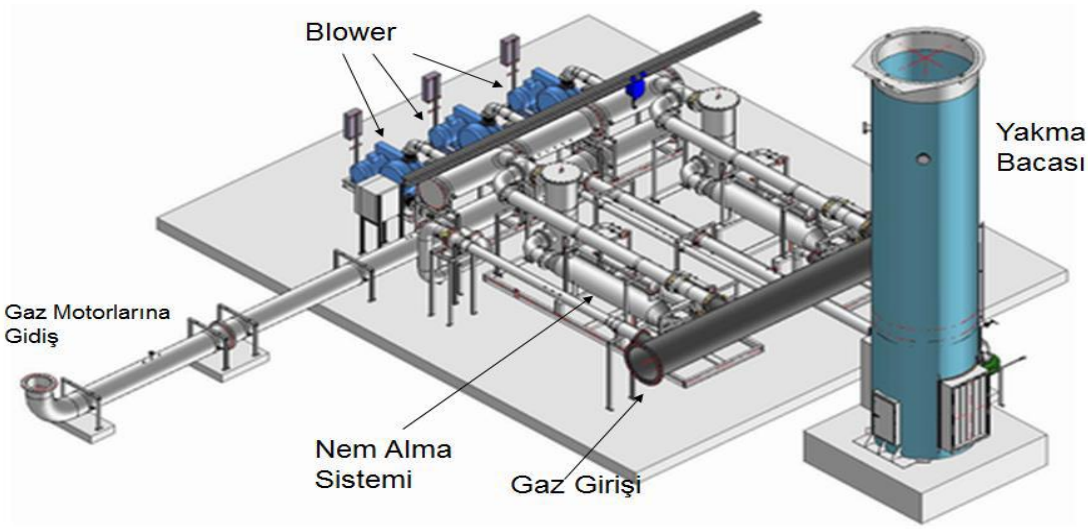
Çöp gazının katı atık sahası hücrelerinden toplanmasında deliki HDPE (yüksek yoğunluklu polietilen) borular kullanılmıştır. Depo sahasında açılan kuyular dikey ve yatay olmak üzere iki türlüdür. Dikey kuyuların (baca) ortalama derinliği 18-19 metre, maksimum derinliği ise 37-38 metredir. Yatay kuyular ise çöp serilirken çöp tabakalarının arasına delikli boru konulması ile oluşturulmaktadır. Çöp gazının kullanımı için evsel katı atık depolama alanında 62 adet dikey kuyu ve 90 adet yatay

kuyu olmak üzere toplamda 152 adet kuyu açıldı. Solaklar gaz bacası yapımı ve boy kesiti örneği Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.4. Gaz bacası yapımı ve boy kesiti.

Gaz kuyularındaki depo gazını çekebilmek için gerekli vakumu oluşturmak üzere bir vakum ve basınçlandırma ünitesi tasarlanmıştır. Solaklar enerji tesisi yakma bacası illüstrasyonu Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.5. Solaklar enerji tesisi yakma bacası illüstrasyonu.

Metanın, karbondioksite göre sera etkisi 21 kat daha fazla olması nedeniyle ister elektriğe çevrilsin ister çevrilmesin çevresel fayda açısından doğrudan atmosfere salınmayıp mutlaka yakılara karbon dioksite indirgenmesi gereklidir. Bu sebeple herhangi bir arıza veya zorunlu sebep dolayısıyla tesisin durması halinde depo gazının

doğrudan atmosfere verilmesini önleme kiçin sistemde br adet yakma (flare) ünitesi bulunmaktadır. Saatte 800 m^3 gaz yakma kapasitesi olan ünitede gazın 900 ^oC'nin üzerinde yanması ve içerisindeki zararlı gazların indirgenmesi sağlanmaktadır.

Tesiste şu anda atık ısıdan faydalanılması için bir ünite bulunmamaktadır. Ancak, bu imkândan yararlanmak amacıyla çalışmalar devam etmektedir. Yaklaşık 500 ^oC sıcaklık sağlayan atık ısı, sera tesislerinin ısı ihtiyacını karşılamakta, su-atıksu çamurlarının kurutulmasında rahatlıkla kullanılabilmektedir. Ayrıca kojenerasyon ünitelerinin ilave elektrik üretilmesinde de kullanmak mümkündür. Gaz motoruna ulaşan gaz burada yakılarak alternatörün çalışması sağlanmakta ve elektrik enerjisi üretilmektedir. 34,5 kV'lık yükseltici trafoların kullanıldığı sistemde üretilen enerji yine elektrik nakil hatlarıyla ulusal şebekeye verilecektir.

Solaklar Düzenli Depolama Sahası'na evsel atık dökümü devam etmektedir. Dökümün tamamlandığı sahalarda Mart 2012 tarihinden bu yana elektrik üretilirken, mevcut sahanın üzeri yarım metrelik geçirimsiz örtü toprağı ile kapatılmıştır. Böylece mevcut sahadan metan gazının sızması engellenmiş olup, hiçbir şekilde sızmasına izin verilmemiştir. Halen döküm yapılan saha ise döküm işlemi tamamlandıktan sonra sisteme dahil edilecektir. Bu sürenin sonunda ekonomik ömrünü tamamlayan tesis kapatılacak ve sahanın üst örtüsü ağaç ve bitkilerle kaplanacaktır. Mevcut sahada az da olsa oluşacak gazlar ise yine bacalar vasıtasıyla çekilecek ve yakılarak doğaya salınacaktır.

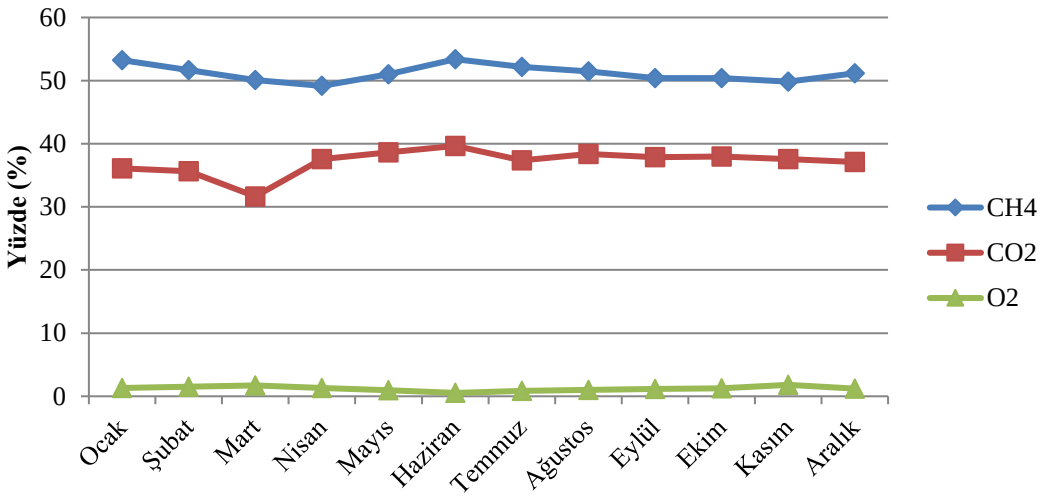
Gaz motorlarının bakım ve olası arıza durumlarında kullanılmak üzere Flare (Meşale) Ünitesi de yapılmıştır. Ünite, atmosfer için 21 kat daha zararlı olan metan gazını yakarak CO_2 haline getiriyor [27].

4.3 Kocaeli Solaklar gaz analizleri

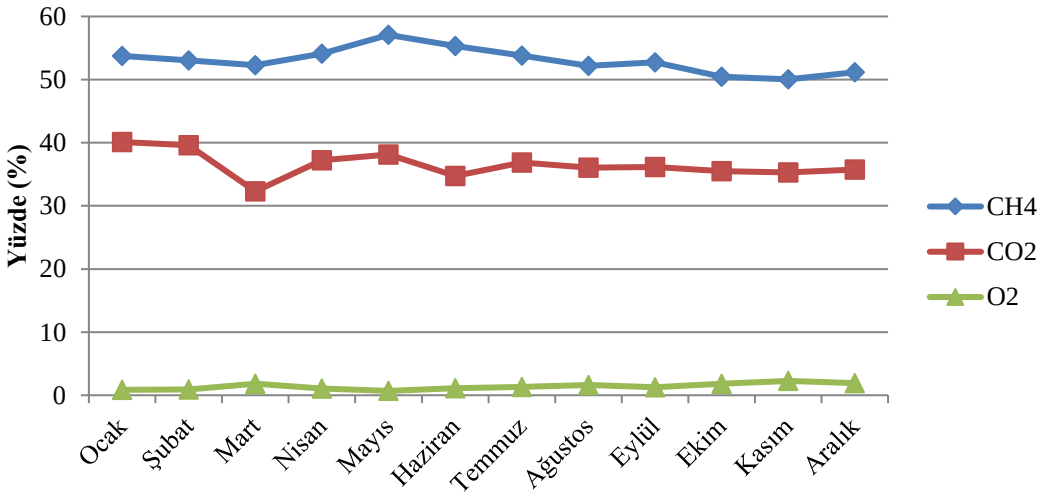
Depo gazındaki ana gazlar, metan ve karbondioksittir. Yapılan bir çalışmaya göre metan yüzdesi %40 ile %60 arasında değişen oranlarda ölçülebilir. Karbondioksit ise %35 ile %50 arasında değişebilir [28].

Yapmış olduğumuz çalışmada ise, 2017 yılında metan %49,16 ile %53,39, 2018 yılında metan %50,04 ile %57,08 arasında değişen değerlerde olduğu görülmüştür.

2017 yılında karbondioksit oranı %31,66 ile %39,66, 2018 yılında ise %32,30 ile %40,11 arasında değişen değerlerde olduğu görülmüştür. 2017 ve 2018 yılı Kocaeli Solaklar depo gazı bileşiminin zamnala değişimi Şekil 4.6 ve Şekil 4.7'de verilmiştir.

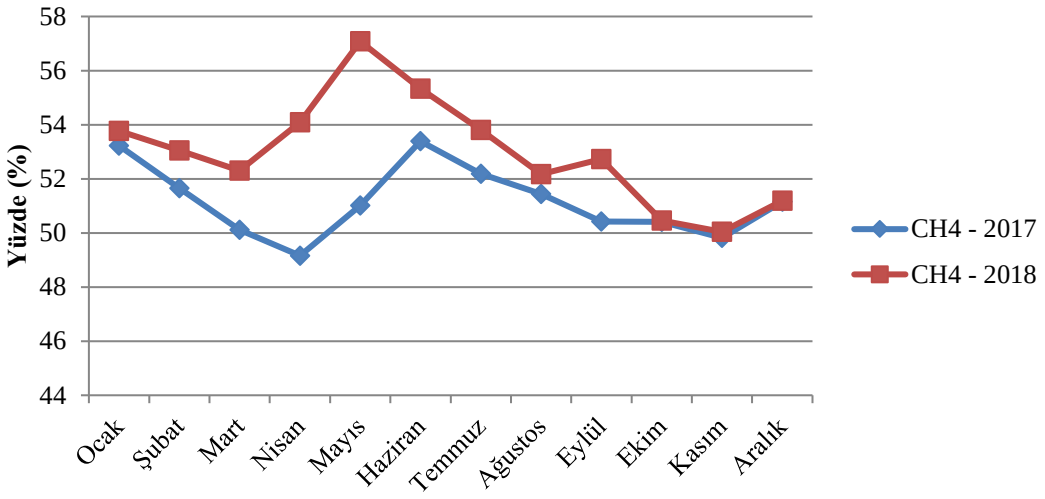


Şekil 4.6. 2017 yılı depo gazı bileşiminin zamanla değişimi.

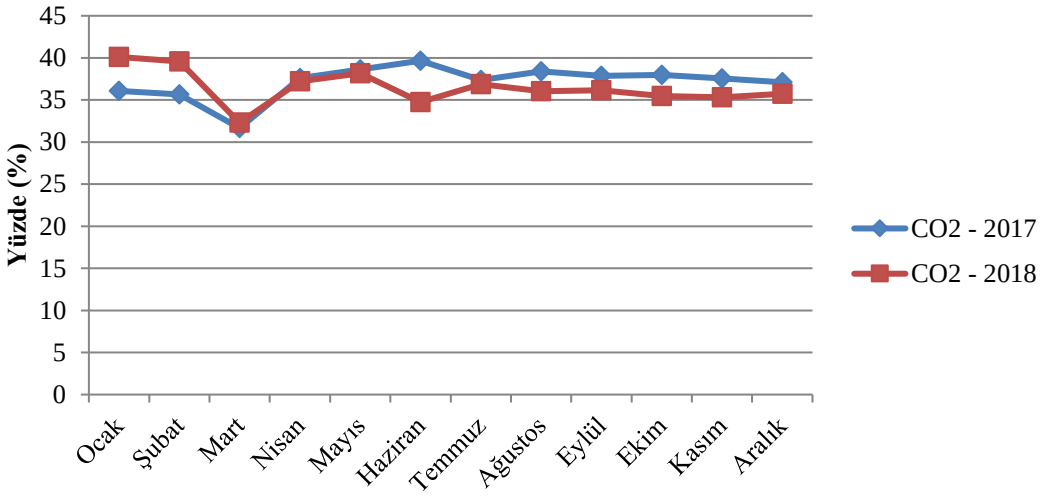


Şekil 4.7. 2018 yılı depo gazı bileşiminin zamanla değişimi.

2017 ve 2018 yıllarına ait CH_4 ve CO_2 oluşumu Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.8. 2017 – 2018 yılı CH_4 oluşumu.



Şekil 4.9. 2017 – 2018 yılı CO_2 oluşumu.

Solaklar Düzenli Depolama Sahasında ortalama üretilen CH_4 miktarının 2017 yılında %51,16, 2018 yılında ise %53 olduğu gözlenmiştir.

LFG tesisinde saatte 4000 kW elektrik üretilebilmektedir. Bir ayda yapılan üretim miktarı ise yaklaşık 3 milyon kWh'tir. Dört kişilik bir evin bir ayda yaklaşık 250 kWh elektrik tükettiği kabul edilirse, tesisimiz bir ayda 12 bin evin elektrik ihtiyacını karşılayabilecek enerjiyi üretmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Solaklar Düzenli Depolama Sahasında ortalama üretilen CH_4 miktarının 2017 yılında %51,16, 2018 yılında ise %53 olduğu gözlenmiştir.

LFG tesisinde saatte 4000 kW elektrik üretilebilmektedir. Bir ayda yapılan üretim miktarı ise yaklaşık 3 milyon kWh'tir. Dört kişilik bir evin bir ayda yaklaşık 250 kWh elektrik tükettiği kabul edilirse, tesisimiz bir ayda 12 bin evin elektrik ihtiyacını karşılayabilecek enerjiyi üretmektedir.

LFG'nin elektrik motorları yardımı ile enerjiye çevrilmesi ve yakma bacası uygulaması (flare) aşamalarında zararlı metan gazı atmosfere bırakılmamış olup emisyon katkısı sağlanmaktadır. Bacadan salınan gazların takip edilmesi hem yakma verimliliğinin tespiti hemde çevrenin korunumu açısından önem taşımaktadır.

Düzenli depolama sahalarında metan gazı oluşumunun yaklaşık 15-20 yıl boyunca devam etmesi beklenmektedir. Tesisin tam kapasiteye ulaşması ile saatte 5100 kW elektrik üreteceği ve bununla yaklaşık 15.000 evin elektrik ihtiyacının karşılanabileceği söylenebilir. Tesisin kendisi, ürettiği enerjinin yüzde 5-8'ini kullanmaktadır. Geri kalan kısım ise ulusal şebekeye satılmaktadır.

Evsel nitelikli atıkların kaynağında ayrıştırılmasının sağlanması durumunda atık özelliklerine göre değerlendirilmesi neticesinde; (cam, metal, plastik, kağıt-karton) atıklarının geri kazanılması ile hammadde ve enerji tasarrufu yapılmış olup ekonomiye ciddi oranda katkı sağlanmış olacaktır.

Organik atıkların kompost veya biyogaz tesislerine değerlendirilmesi ile gaz üretiminden elektrik kazanımı ve ürün olarak gübre elde edilerek kazanım sağlanmış olacaktır.

Kaynağında ayrıştırma neticesinde düzenli depolama alanlarına hacimsel olarak daha az atık depolanacağı için tesis ömürleri ciddi oranda uzatılmış olacaktır.

Kaynağında ayrıştırılma işlemi sağlıklı bir şekilde yapıldıktan sonra düzenli depolama yerine evsel atık yakma tesisleri yapılarak değerlendirilemeyecek olan atıklar yakılarak kalorifik değerlerinden elektrik üretilebilir. Toprağın değerli olduğu günümüzde bu

sayede daha az düzenli depolama sahası yapılmış olup toprağın farklı şekilde değerlendirilmesi de sağlanmış olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Read, A.D., 1999. A weekly doorstep recycling collection, Conservation Recycling, 26, 3-4, 217-249.
2. Öztürk, İ., 2010. Katı Atık Yönetimi ve AB uyumlu uygulamaları, İSTAÇ Yayınları.
3. Council Directive, 1975. Council Directive 75/442/EEC on waste, Official Journal Landfill, 194, 25/07, 39-41.
4. Curi, K., 1994. Katı Atıklar Tanımlanması-Sınıflandırılması, Katı Atık Tanımı, Toplanması ve Uzaklaştırılması Kurs Notları, Katı Atık ve Çevre, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul.
5. Sayar, Ş., 2012. Sakarya İli Entegre Atık Yönetimi Ve Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşümü, Sakarya Üniversitesi.
6. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2015. Türkiye Çevre Durum Raporu, Çevresel Etki Değerlendirmesi ve Planlama Genel Müdürlüğü, Ankara.
7. Hamit Palabıyık, D.A., Marın MC , Yıldırım U., 2004. Çevre sorunlarına çağdaş yaklaşımlar: Ekolojik, ekonomik, politik ve yönetsel perspektifler, Kentsel katı atıklar ve yönetimi, 103-124.
8. Aydemir, İ., 2017. Türkiye'de çevre bilinci kapsamında tıbbi atık üretim süreçleri ve yönetimi, Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 7, 13, 295-311.
9. Williams, P.T., 2005. Waste treatment and disposal: Second Edition, John Wiley & Sons, İngiltere.
10. Sezer, K., Arıkan, O.A. ve Yıldız, Ş., 2011. Karışık Kentsel Atık Kompostlaştırma Tesisi Ünitelerinde Atık Profilinin İncelenmesi, Y.T Ü. Sigma Dergisi, 3, 185-192.
11. Ilkiliç, C. ve Deviren, H., 2011. Biyogazın Üretimi ve Üretimi etkileyen faktörler, 6 th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18.
12. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2016. Avrupa Birliği Mevzuatına göre Düzenli Atık Depolama Sahalarının Denetimi için Rehber Kitap in Çevre Kanununun Uygulanması ve Yaptırımı için Avrupa Birliği Ağı, ÇED, Ankara.

13. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2010. Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik, Ankara.
14. Akyüz, Y. ve Soba, M., 2013. Electre yöntemiyle tekstil sektöründe optimal kuruluş yeri seçimi: Uşak ili örneği, Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi, 9, 19, 185-198.
15. Alver, A. ve Altaş, L., 2017. Characterization and electrocoagulative treatment of landfill leachates: A statistical approach, Process Safety Environmental Protection, 111, 102-111.
16. Baran, S., 1995. Katı Atık (Çöp) Depo Yerlerinin Seçimi Ve İnşasındaki Bazı Ana Hususlar, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 46, 52-54.
17. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2014. Düzenli Depolama Tesisleri Saha Yönetimi Ve İşletme Kılavuzu Müdürlüğü, Ankara.
18. Alparslan Kiriş, F.S., 2011. The landfill gas management at sanitary landfill site and Istanbul case study, Journal of Engineering Natural Sciences, Sigma, 3, 209-218.
19. Öztürk, M., 2018. Katı Atık Depolama Alanında Depo Gazı Oluşumu, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
20. Bagchi, A., 1994. Design, construction, and monitoring of landfills, Wiley-Interscience; 2 edition, Amerika.
21. Bilgili, M.S., 2002. Katı atık düzenli depo sahalarında depo gazı oluşumunu etkileyen faktörlerin belirlenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi FBE, İstanbul.
22. Özkaya, B., 2004. Katı atık depo sahalarında sızıntı suyu geri devrinin atıkların ayrışması ve sızıntı suyu üzerindeki etkilerinin incelenmesi,
23. Uyanık, İ., 2012. Katı atık depo sahalarında meteorolojik faktörlerin depo gazı oluşumu üzerindeki etkilerinin incelenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi FBE, İstanbul.
24. ASTM International, 2016. Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste, ASTM International, Amerika.
25. Yenice, M., Doğruparmak, Ş.Ç. ve Durmuşoğlu, E., 2009. Kocaeli ili katı atık karakterizasyonu, Türkiyede Katı Atık Yönetimi Sempozyumu, TÜRKAY, Kocaeli,

26. European Commission, 2018. European statistic: Eurostat database, https://ec.europa.eu/eurostat/data/database.
27. Altan, H.S., 2016. Kentsel Atık Depolama Sahalarına Giden Biyobozunur Atıkların Azaltılmasının Türkiye'deki Çöp Gazı (lfg) Potansiyeline Olan Etkileri, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
28. Engineers, S., 2007: Comparative analysis of landfill gas utilization technologies, Northeast Regional Biomass Program, Washington, Amerika.

.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı **:** Umur GÜRDAL

Adres **:** Alikahya Atatürk Mahallesi Çarşıbaşı Caddesi No:350 İzmit/KOCAELİ

Telefon **:** 0 533 030 24 08

E-posta **:** umur.gurdal@izaydas.com.tr

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans **:** Aksaray Üniversitesi, 2005-2009

Yüksek Lisans **:** Aksaray Üniversitesi, 2016-2019

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

1. İZAYDAŞ, 2011-Devam Ediyor.