

68981



T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GÖKKÖY (BALIKESİR) ATIK DEPOLAMA SAHASININ
DÜZENLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Abdullah AKAY

Balıkesir, Temmuz - 1998

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



GÖKKÖY (BALIKESİR) ATIK DEPOLAMA SAHASININ
DÜZENLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Abdullah AKAY

Tez Danışmanı: Prof Dr. Hayri ERDİNÇ

Sınav Tarihi: 25.08.1998

Jüri Üyeleri : Prof Dr. Hayri ERDİNÇ

Prof Dr. Şerif SAYLAN

Prof Dr. Sacit OĞUZ

Balıkesir, Temmuz - 1998

ÖZ



GÖKKÖY (BALIKESİR) ATIK DEPOLAMA SAHASININ DÜZENLENMESİ

Abdullah AKAY
Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

(Y.L. Tezi / Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hayri ERDİNÇ)
Balıkesir, 1998

Bu çalışmada, katı atıkların bertarafında kullanılan sistemlerden birisi olan düzenli katı atık depolama sahalarının yer seçimi, yapısı, yapımında kullanılan malzemelerin özellikleri, inşası ve işletilmesi incelenmiş ve uygulamadan bir örnek olarak Balıkesir Belediyesi Düzenli Katı Atık Depolama Sahası projesi verilmiştir.

Çalışmanın ilk aşamasında, çevre geotekniğindeki gelişmeler ve katı atıklar hakkında genel bilgiler verilmiştir. Aynı zamanda çözümde yol göstermesi için katı atıklar sınıflandırılarak, katı atıklardan kaynaklanan sorunlar ortaya konulmuştur.

Bir sonraki aşamada, günümüzde kullanılan katı atık bertaraf sistemleri olan yakma, geri kazanım, kompostlaştırma, düzenli depolama ve plazma teknolojisi değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonunda Türkiye şartlarında gerek katı atıkların niteliği ve gerekse maliyet ve işletme gibi nedenlerden dolayı en uygun sistemin düzenli depolama olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Düzenli katı atık depolama sahalarının yer seçiminde göz önünde bulundurulması gereken kriterler ortaya konularak, yer seçiminin depolama sahaları için en önemli nokta olduğu vurgulanmıştır. Başlıca problemlerden birisi olan depolama sahalarındaki çöp sızıntı suyuna karşı yapılacak geçirimsizlik tabakasında kullanılacak malzemenin seçimi ve depo tabanının oluşturulmasındaki önemli noktalar araştırılmış ve depo tabanında kullanılan doğal ve sentetik malzemeler karşılaştırılmıştır. Diğer bir problem olan metan gazına karşı alınacak önlemler araştırılmıştır. Ayrıca depolama sahasından istenilen fonksiyonların yerine gelmesi için depo sahasının işletilmesi ve bakımının önemi araştırılarak verilmiştir.

Örnek olarak verilen uygulamada yapılan araştırmalara dayanarak düzenli depolama sahasının inşası ve işletilmesi verilmiştir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Çevre geotekniği / Katı atık / Katı atık bertarafı / Düzenli depolama / Sızıntı suyu / Metan gazı / Geçirimsizlik / Kil.

ABSTRACT



GÖKKÖY (BALIKESİR) REGULAR SOLID WASTE DEPOSITION FIELD PROJECT

Abdullah AKAY

Balıkesir University, Institute of Science, Department of Civil Engineering.
(M. Sc. Thesis/Supervisor: Prof. Dr. Hayri ERDİNÇ)

Balıkesir-TURKEY, 1998

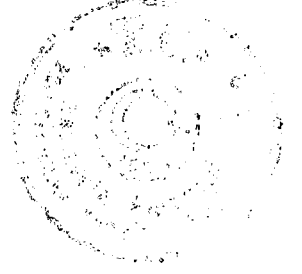
In this work, regular solid waste collection fields are studied in many aspects such as, location of the field, its structure, materials used to construct, its struction and process. As a sample application Balıkesir regular solid waste collection field project is given.

In the first step of this work developments in the environmental geothecnics and general information about solid wastes are described. Meanwhile, solid waste materials are classifield and related problems are pointed out.

In the next step of this work, other methods used for the removal of solid waste, which are burning, recycling, composing, collecting and plasma technology, are studied. As a conclusion, we can say that regular solid waste collection is the most suitable method to use in Turkey, because of the following reasons; The quality of waste its cost and process. Criter as that should be taken into account in the selection of location of collection fields are described and importance of selection is noted. One of the main problems in these collection fields is the leakage water of the waste. To choose the material used to isolate this leakage water important points to make the field base are investigated and materials; natural and synthetic; used to form the base layer are compared to each other. The preventing against methane gase problem is projected. The importance of maintenance of the collection field in order to function properly is also given.

In the last step of this work, the project of structure and progress of Balıkesir regular solid waste deposition field is submitted as a sample.

KEY WORDS: Environmental geothecnics / Solid waste / Removal of solid waste / Regular collection / water of waste / Methane gas / Isolation / Clay



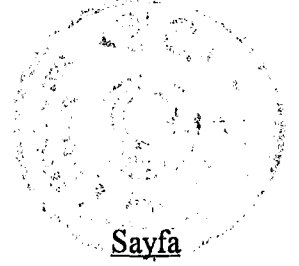
ÖNSÖZ

Güncel olduğu kadar, çevre bilincinin artması ile daha da büyük bir önem kazanan çevre geotekniği konusunda bana bu çalışmayı yapma olanağı sağlamış, çalışmamın oluşmasında ve sonuçlanmasında büyük katkıları olmuş saygıdeğer hocalarım Danışmanım Sayın Prof. Dr. Hayri ERDİNÇ ve Sayın Prof. Dr. Şerif SAYLAN'a teşekkür bir gönül borcumdur.

Ayrıca çalışmam esnasında, benden değerli bilgilerini ve yardımlarını esirgememiş ve isimlerini burada sayamadığım herkese ve özellikle Balıkesir ve Bursa Belediyesi çalışanlarına içtenlikle teşekkür ediyorum.

Balıkesir, 1998

Abdullah AKAY



Sayfa

İÇİNDEKİLER

ÖZ	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLER LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	vii
ÖNSÖZ	viii
1. GİRİŞ	1
2. ÇEVRE GEOTEKNOLOJİSİ	4
2.1 Atık Oluşumu ve Teknolojik İlerlemenin Etkisi.....	8
3. KATI ATIKLARIN SINIFLANDIRILMASI	10
3.1 Kaynaklarına Göre Katı Atık Türleri	11
3.1.1 Evsel Nitelikli Katı Atıklar	11
3.1.2 Endüstriyel Katı Atıklar.....	13
3.1.3 Tıbbi Atıklar	15
3.1.4 Maden Atıkları.....	16
3.2 Bileşimine Göre Katı Atık Türleri.....	17
3.2.1 Yiyecek Atıkları.....	18
3.2.2 Kuru Katı Atıklar	18
3.2.3 Kül ve Arıtma Çamurları.....	18
4. KATI ATIKLARDAN KAYNAKLANAN BAŞLICA SORUNLAR	20
4.1 Toplum Sağlığı İle İlgili Etkiler	20
4.2 Yangın ve Patlama	20
4.3 Düzenli Depolama İle İlgili Sorunlar	21
4.4 Katı Atıklardan Gaz Çıkışı	21
4.5 Sızıntı Suyu ve Kontrolü	22
5. GÜNÜMÜZDE ÇÖP BERTARAF ETME YÖNTEMLERİ.....	24
5.1 Yakma.....	26
5.1.1 Yakma Yönteminin Avantajları	26
5.1.2 Yakma Yönteminin Dezavantajları	27
5.2 Kompostlaştırma.....	27
5.2.1 Kompost ve Çevre Sağlığı.....	28
5.3 Düzenli Depolama.....	28
5.3.1 Düzenli Depolamanın Avantajları	30
5.3.2 Düzenli Depolamanın Dezavantajları	30
5.4 Geri Kazanım.....	31
5.5 Plazma Teknolojisi.....	32
5.5.1 Plazma Teknolojisinin Avantajları.....	32
5.5.2 Plazma Teknolojisinin Dezavantajları	33
5.6 Çöp Bertaraf Etme Sistemlerinin Maliyet Analizi.....	33
5.6.1 Sahanın İstimlakı ve Alınması.....	34

5.6.2 Sahanın Hazırlanması	34
5.6.3 İşçilik	34
5.6.4 Teçhizatların ve Makinaların Alınması	35
5.6.5 Makinaların yakıt, bakım ve parçaları	35
5.6.6 Yardımcı Tesisler	35
5.6.7 Su Numunelerinin Lâboratuar Sonuçları	35
5.6.8 Alet ve Malzemeler	36
5.6.9 Muhtelif Masraflar	36
5.7 Metot Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar	39
5.8 Sonuç	40
6. KATI ATIK SIHHİ DEPOLAMA TESİSLERİ	41
6.1 Katı Atık Depolama Tesislerinin Yapım Amacı	42
6.2 Katı Atık Depolama Alanı Yer Seçimi	43
6.3 Katı Atık Depolama Alanı Seçiminde Kullanılan Kriterler	44
6.3.1 Katı Atık Depo Alanı Seçiminde Kriterlerin Belirleyici Özellikleri	44
6.4 Düzenli Depo Sahalarının Genel Özellikleri	46
6.4.1 Kapasite	46
6.4.2 Depo Sahası Girişi	46
6.4.3 Tel Örgü	46
6.4.4 Lastik Yıkama Tesisi	47
6.4.5 Depolama Düzeni	47
6.5 Depo Tabanının Teşkili	47
6.5.1 Rijit Tabakalar	49
6.5.2 Doğal Malzemeler	50
6.5.3 Sentetik Malzemeler	55
6.6 Sızıntı Suyu Drenajı	57
6.6.1 Sızıntı Suyunun Miktarının Azaltılması	58
6.7 Depo Gazının Uzaklaştırılması	59
6.8 Düzenli Depo Sahalarının İşletilmesi	60
6.8.1 Depolama Sahasına Sokulması Yasak Olan Maddeler	61
6.8.2 Depo Sahasının Kapatılması	62
6.8.3 Depo Sahasının Kapatılmasını Takiben Yapılacak İşler	63
7. BALIKESİR DÜZENLİ KATI ATIK SAHASI	64
7.1 Balıkesir Mevcut Karagedik Çöplüğünün Durumu	64
7.2 Balıkesir Katı Atıkları İçin Bertaraf Sistemlerinin Değerlendirilmesi	67
7.2.1 Sistemlerin Genel değerlendirilmesi ve Sonuç	70
7.3 Yeni Katı Atık Sahasında Yapılan Çalışmalar	71
7.4 Çöp Sahası Zemini Jeoteknik Özellikleri	73
7.5 Sondaj Kuyularından Alınan Sonuçlar	73
7.6 Yeraltı Suyu Durumu	75
7.7 Sonuç ve Öneriler	75
7.8 Balıkesir Yeni Katı Atık Sahasının Yapısı	76
7.9 Depo Sahasının İnşası ve İşletilmesi	77
8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	82
EKLER	
Balıkesir Belediyesi Düzenli Katı Atık Sahası Tatbikat Projesi Örnekleri	88



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil No	Şekil İsmi	Sayfa No
Şekil 2.1	Buharlaşma Gölü Altında Kirlilik Yayılması	6
Şekil 2.2	Bir toplumda katı atık oluşumu	9
Şekil 3.1	Evsel nitelikteki katı atıkların madde gruplarına göre dağılımı.....	12
Şekil 3.2	Endüstriyel katı atıkların madde gruplarına göre dağılımı.....	14
Şekil 5.1	Katı atıkların geri kazanılması ve yokedilmesinde başlıca metotlar.	25
Şekil 7.1	Balıkesir yeni katı atık sahasının kuzey yönünden görünüşü.....	66
Şekil 7.2	Balıkesir yeni katı atık sahasının batı yönünden görünüşü.	66
Şekil 7.3	Sondaj makinası ve ekipmanları.....	72
Şekil 7.4	Balıkesir Düzenli Katı Atık Sahasında Sondaj Çalışması.	72
Şekil 7.5	Katı atık dökümüne hazır bir sahanın görünüşü.	81
Şekil 7.6	Katı atık dökümü yapılan bir sahanın görünüşü.....	81

EK-A ŞEKİLLERİ

1. Düzenli katı atık sahası kısımları ve hafriyat planı örneği.
2. Yeraltı suyu drenaj planı örneği.
3. Sedde yerleşim planı örneği.
4. Sızıntı çöp suyu drenaj planı örneği.
5. Saha içi servis yolları ve çöp dökme rampaları.
6. Gaz drenaj bacaları yerleşimi ve nihai örtü planı örneği.
7. Sızıntı suyu toplama lagünü planı örneği.
8. Sistem detayları.



ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge No	Çizelge İsmi	Sayfa No
Çizelge 3.1	Türkiye'deki katı atıkların yerleşin tipine göre tipik bileşimi	10
Çizelge 3.2	Bir şehirdeki katı atık kaynakları.....	13
Çizelge 3.3	Çeşitli endüstrilerin üretimde ortaya çıkan tehlikeli atıklar.	15
Çizelge 5.1	Katı atık bertaraf etme sistemlerinin maliyetleri.	38
Çizelge 6.1	Değişik mineral geçirimsizlik malzeme özellikleri.	52
Çizelge 6.2	Sıkıştırılmış kil ile geosentetik kil şiltelerin karşılaştırılması.	56
Çizelge 7.1	Balıkesir çöpü analiz sonuçları.....	65
Çizelge 7.2	Sondaj kuyularının basınçlı permeabilite deneyi sonuçları	74
Çizelge 7.3	Sondaj kuyularının derinlikleri ve yeraltı suyu durumu.	75

1. GİRİŞ

Günümüzde, yaşam koşullarındaki değişim, sanayileşmede meydana gelen büyüme ve hızlı kentleşme beraberinde çevre kirlenmesi sorununu ortaya çıkarmıştır. Üretimin ve de tüketimin bir sonucu olan endüstriyel atıkların ve katı atıkların uzaklaştırılması ihtiyacı, çözümlenmesi gereken büyük bir çevre sorunu olarak ortaya çıkmıştır. Çevre geotekniği konusunda kaydedilen gelişmeler ve karşılaşılan sorunların çözümündeki uygulamalar, geoteknik mühendisliğinin disiplinler arası ilişkilerin ciddiyetle ele alındığı, atık denile üretim çıktılarının ve çöplerin düzenli bir şekilde depolanmaya çalışıldığı yeni bir dönemi başlatmıştır. Son yıllarda artan çevre bilinci ve çevre kaygılarından dolayı katı atıkların bertaraf edilmesinde vahşi depolama diye tabir edilen ve hiçbir önlemin alınmadan katı atıkların gelişi güzel depolanmasından vazgeçilmeye başlanmış ve katı atıklar belli bir disiplinle bertaraf edilmeye başlanmıştır.

'Katı atıkların bertarafı konusundaki gelişmeler 1980'lerden sonra daha da hızlanmıştır. Böylece katı atıkların bertarafındaki düzenlemelerin, yasal sorumluluklar ve yönetimlere karşı duyarlılığın artmasını sağlamıştır. Ayrıca Birleşmiş Milletler Örgütü bünyesinde Dünya sağlık örgütü ve BM programının, giderek artan kirlenme ve kontrolsüz sanayileşme gibi olumsuz etkilerin doğal dengede oluşturduğu bozulmalara dikkat çekmişlerdir. Üye ülkelere, bu konuda acil düzenlemeler yapılması konusunda çağrıda bulunmuştur. Türkiye'de, bu konudaki ilk resmi atılım 1990'lı yıllarda; Çevre Bakanlığı'nın kurulmasıyla başlamıştır.

Evsel ya da endüstriyel katı atıklar, düzenli ve sağlıklı şekilde bertaraf edilmediği zaman çok ciddi çevre sorunlarına neden olmaktadır. Yaşamın doğal bir sonucu olan bu atıklardan kaçınmak olanağı bulunmadığına göre katı atıkları çevreye en az zarar verecek şekilde bertaraf etmek zorundayız. Bölüm 2 de katı atıkların

tarihten günümüze değin artan çevre bilinciyle bertarafında yaşanan tarihi süreç kısaca anlatılmıştır. Bölüm 3’de katı atıkların tanımı, kaynaklarına ve madde guruplarına göre sınıflandırılması verilmiştir.

Katı atıkların çevreye en az zarar verecek şekilde bertaraf edilmesi için öncelikle bu atıklardan kaynaklanan başlıca problemlerin ortaya konulması gerekir. Katı atıklardan kaynaklanan belli başlı problemler Bölüm 4’de toplum sağlığı ile ilgili etkiler, yangın ve patlama, düzenli depolama ile ilgili sorunlar, gaz çıkışı, sızıntı suyu ve kontrolü başlıkları adı altında anlatılmıştır. Katı atıklardan kaynaklanan problemlerin ortaya konulmasından sonra bu problemlere karşı önlemlerin alınması hiç şüphesiz kâdaha doğru ve verimli olacaktır.

Tasarımcı mühendisin amacı uygun bir maliyetle yeterli ve sağlıklı bir katı atık depolama tesisi yapılabilmesi olurken, böyle bir tesise yakın olan biri için ise tesisin çevreye hiç zarar vermeden ve kendini rahatsız etmeden işlevini yerine getirmesi önemli olacaktır. Katı atıkların bertarafında değişik sistemler kullanılmaktadır. Katı atık bertaraf etme sistemleri Bölüm 5’de anlatılmış ve sistemler ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Sonuç olarak en uygun sistem olarak katı atıkların düzenli depolama sahalalarında bertaraf edilmesinin uygun olacağı görülmüştür.

Katı atıkların bertarafında sistem seçiminden sonraki en önemli konu katı atık depolama tesisinin kurulacağı yerin seçimidir. Yer seçiminde atık kaynağına yakınlık, atığın taşınması, iklim, jeoloji, hidrojeoloji, yüzey hidrolojisi, çevrede oturan halkın sağlığına yapabileceği etkiler ve diğer faktörler, zemin ile ilgili kriterler ve yasal zorunlulukları göz önüne almak gerekir. Bu konulara Bölüm 6’de değinilmiş olup depo yeri seçimindeki kriterler anlatılmıştır.

Katı atık depolama sahasında atık depolamaya başlamadan önce sahanın sıhhatli bir depolama yapılabilecek hale getirilmesi ve bazı önlemlerin alınması gerekir. Katı atık depolama sahasında en önemli problemlerden birisi çöp sızıntı suyudur. Bu sızıntı suyunun yeraltı suyunu ve yüzeysel suları kirletmemesi için önlemler alınmalıdır. Bu da depo tabanının ve yanlarının geçirimsiz hale getirilmesiyle olur. Depo tabanında geçirimsizliği sağlamak amacıyla düşük

permeabiliteye sahip doğal malzemeden yapılan geçirimsiz tabakalarına kil tabakaları denilmektedir. Doğal kil tabakalarından başka geomebranlar depo tabanında geçirimsizliği sağlamak için tek başlarına veya doğal kil tabakaları ile birlikte kullanılmaktadır. Ayrıca son yıllarda kullanılmaya başlayan kil minerallerinin geomebran tabakalarına özel yöntemlerle yapıştırılmalarından oluşan geosentetik kil şiltelerde kullanılmaktadır. Bu malzemeleri tanımlamak için kil hasır, bentonit paspas, bentonit kil şilte, prefabrika kil şilte gibi terimler kullanılmaktadır. Depo sahasının geçirimsiz hale getirilmesinde sonra oluşan çöp sızıntı suyunu toplayarak depo sahasının uygun bir yerinde toplayacak olan drenaj sisteminin yapılması gerekir. Drenaj tabakası çakıl ve üzeri delikli dren borularından inşa edilir. Ayrıca depo hacminde oluşacak olan yanıcı ve patlayıcı gazların yine uygun bir gaz drenaj sistemiyle depo sahasının dışına atmosfere veya yakma ünitelerine verilmesi gerekir. Depo sahasının üzeri yine tabanda olduğu gibi geçirimsiz hale getirilmeli ve üzeri tarım toprağı ile örtülerek yeşillendirilmelidir. Depo sahasına çöp dökümü belli bir yöntem dahilinde olmalı ve çöplerin üzeri günlük olarak örtülmelidir. Bütün bu konular ve katı atık depo sahasının inşası işletilmesi ve bakımı Bölüm 6'de anlatılmıştır.

Çalışmanın son bölümünde bütün bu bilgilerin ışığı altında örnek olarak Balıkesir ili sıhhi katı atık sahasının projelendirilmesi yapılmıştır. Balıkesir Belediyesi tarafından yönetmeliklere uygun olarak seçilmiş olan sahada ön çalışma olarak sondaj çalışması yapılmış ve sahanın zemin yapısı, permeabilitesi ve yeraltı suyunun durumu hakkında bilgi edinilmiştir.



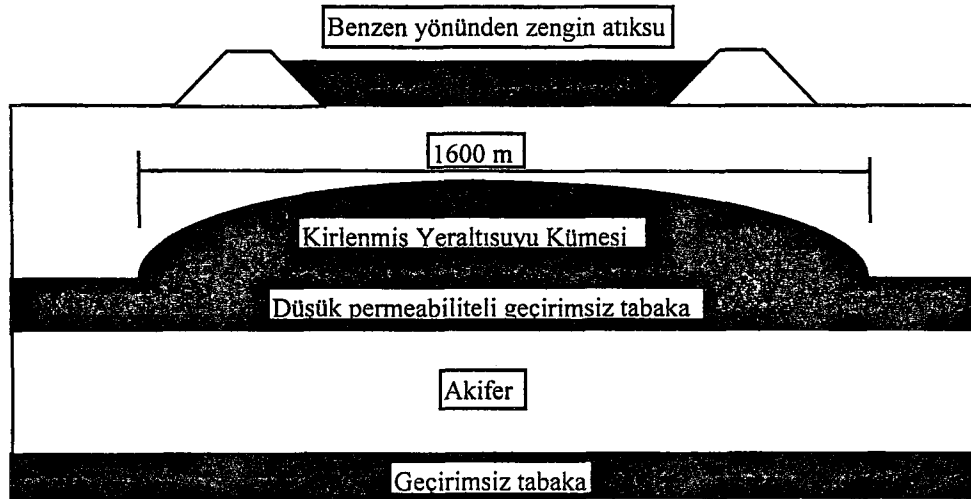
2. ÇEVRE GEOTEKNOLOJİSİ

İlk çağlardan günümüze insanlar kendi hayatlarını devam ettirebilmek için yeryüzündeki kaynaklardan tüketmişler ve bu tüketimin sonucunda oluşan atıkları önemsemeden rasgele doğaya atmışlardır. Sanayileşmenin olmadığı ilk çağlarda atıkların doğaya rasgele atılması önemli bir problem yaratmıyordu. Dünyadaki sanayileşmeye doğru gidildiğinde bunun sonucu olarak atıklarda doğal ortama ve canlılara zararlı olmaya başlamıştır. Ortaçağ Avrupasında yiyecek atıklarının ve diğer atıkların caddelere, yollara veya yerleşim yerlerindeki boş alanlara atılması salgın hastalıklarının meydana gelmesine neden oldu bilinmektedir. Teknolojik eksiklik ve atıkların uzaklaştırılmaması nedeniyle insanlar salgın hastalıklara yakalanmış ve hayatlarını kaybetmişlerdir. XIV yüzyıl Avrupası insanların ölümüne sebep olan bir çevre kirlenmesine şahit olmuştur. XIX. yüzyıldan sonra insan sağlığı önem kazanmış ve organik kirlenmeye neden olan katı atıklar toplanmaya ve yerleşim yerlerinin dışına taşınmaya başlanmıştır.

Geoteknik mühendisliğinde XX. yüzyılın başlarında Terzaghi başta olmak üzere birçok bilim adamının katkılarıyla belirgin bir gelişme sağlanmıştır. Zeminlerin özelliklerinin belirlenmesi ve uygulanabilirlik değerlerinin sınırlarının düzenlenmesiyle, zemin mekaniği daha sağlam bir temele oturtulmuştur. Dönemin mühendislik uygulamalarında, çevrenin kirlenmesine ve olumsuz etkilenmesine karşı duyarlılık yeterince netleşmemiştir. XX yüzyılın ortalarında, çevreye karşı duyarlılığın önem kazanmasından sonra geoteknik mühendisleri, birçok alandaki çalışmalarda faaliyet göstermişlerdir.

1970'lerde başlayan, atıkların çevreye etkisini kontrol ederek uzaklaştırmayı hedefleyen uygulama pratiğine dayalı mühendislik disiplinine çevre geotekniği denilmektedir. 1970'li yıllarda çevre geoteknolojisi ile ilgili ilk uygulamalardan

birinin gelişimi şu şekilde olmuştur: 1950'lerde XX yüzyılın en önemli enerji kaynağı olan petrol ihtiyacından dolayı 600 hektarlık bir buharlaşma gölüne ihtiyaç duyulmuştur. Bu göle benzen yönünden zengin atıksa pompalanmış ve serbest buharlaşmayla depolama ünitesinin işletilmesi planlanmıştır. Geoteknik araştırmaya göre, alanda açılan 15'er metre derinlikte 20 kuyu açılarak zeminin mukavemeti ve sıkışabilirlik karakterleri incelenmiştir. Laboratuvar deneylerinden alanın permeabilitesi 1×10^{-8} cm/sn olarak bulunmuş olup bu alan için geçirimsiz nitelmesi kullanılmıştır. Buharlaşma gölü 20 sene kadar işletilmiş ve 1980'de yasal kurumların isteği doğrultusunda, yeraltı suyu izleme sistemi kurulmuştur. Daha ilk incelemelerde gölün hemen altında son derece tehlikeli boyutlarda kirlenmiş yeraltı suyuna rastlanmıştır. Yerin 100 m altındaki bir temiz su akiferi 75 m derinlikte bulunan permeabilitesi düşük bir tabaka sayesinde kirlenmeden etkilenmemiştir. Bu göldeki çalışma hemen durdurulmuş ve yıllarca devam edecek bir temizleme çalışması başlatılmıştır. Bu kirlenmenin nedeni buharlaşma gölü altındaki zeminin gerçek permeabilitesinin laboratuvarda elde edilen değerden çok üzerinde olmasından dolayıdır. Havuzun altındaki zeminin permeabilitesinin 1×10^{-8} cm/sn değil 1×10^{-4} cm/sn olduğu saptanmıştır. Bu tabaka geçirimsiz bir tabaka olmaktan çok uzak kalmıştır. Sadece Laboratuvar deneyi ile yapılan bir çalışmanın ortamın gerçek davranışını göstermeyeceği bu örnekle daha iyi anlaşılmıştır. [1]



Şekil 2.1 Buharlaşma Gölü Altında Kirlilik Yayılması

Enerji ihtiyacı, bilim adamlarını farklı araştırmalara itmiş ve nükleer santraller kullanılmaya başlanıldığında, çevre geotekniği önemli bir uygulama alanı bulmuştur. Bu tür santrallerin daha ciddiyetle yapılması için çeşitli mühendislikler arası ilişkiler daha çevresel tasarım ve değerlendirme yoluna gidilmiştir. Geoteknik mühendisleri de olaya diğer meslek bireyleri ile birlikte somut yaklaşımlarda bulunmuştur.

Nükleer santrallerin sağlam ve güvenli yapılması gerekliliğinin yanı sıra bu tür enerji üretiminin çıktısı olan radyoaktif atıkların nasıl güvenle depolanabileceği sorunu, çevre geotekniğinin önemli bir atık depolama konusu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu atık, tehlikeli atıklar olarak adlandırılıp, binlerce yıl bozulmadan radyasyon yaymaya devam etmektedir. Bu tür atıkların depolanabileceği kayaların yeterliliği, zeminin gerçeği termal ve basınç koşulları altında uzun süreli davranış biçimi, olası yeraltı suyu durumu ve potansiyel risk değerlendirmesi konularında, geoteknik mühendisleri bu görevleri üstlenmişlerdir. Böylece daha doğru ve risksiz bir yaklaşım olan geniş kapsamlı analiz, atık depolama ünitelerinin yapımında kullanılmış olacaktır.

Katı atıklar önceleri doğal topografyasına uygun olarak kontrolsüz ve açık şekilde depo sahalarına boşaltılmaktaydı. Sıhhi katı atık depolama uygulamaların mecburiyet kazanmasından sonra depolama alanların tabanında özel oluşturulmuş geçirimsizlik şilteleri kullanılmaya başlamıştır. Sıhhi katı atık depolama tesisleri sayesinde çöplerde üreyen sinek ve asalakların sayılarında azalma ve halk sağlığını tehdit eden durumların ortadan kalkması sağlanmıştır. 1970'lerden itibaren geçirimsizlik şilteleri, sıhhi katı atık depolama sahalarında sürekli kullanılmaya başlamıştır, ilk çift malzemeli şiltelere ve oluşan çöp suyu sızıntısını toplayabilen drenaj sistemlerine sahip gelişmiş depolama tesisleri ise ilk kez A.B.D.' de kullanılmıştır. Günümüzde katı atıkların depolanacağı ünitelerin tasarımı ülkelerin yönetmelikleriyle ve yaptırımlar getirmeleri ile düzenlenmiştir.

Uygunsuz katı atık düzenlenmesi, aynı zamanda su ve hava kirliliği gibi ekolojik olaylara yardım etmektedir. Örneğin, yetersiz düzenlenmiş depolardan ve kontrolsüz bırakılan çöplerden sızan sular, yüzey ve zemin suyunu kirliletmekle

beraber, ayrıca maden ocaklarına boşaltılan atıklardan sızan zararlı sular, doğal su kaynaklarına karışıp kirlilik yaratabilir. Duyarlı denge, zemin-çevre etkileşimi, zemin-su etkileşimi, zemin-kaya arası jeomorfolojik etkileşimler istenmeyen kirlilik etkilerini azaltma kapasitesine sahip olduğu halde, dağıtma, azaltma emme vb. oluşan bu ekolojik denge olayı kendi kapasitesini aşmaktadır. Kısacası, doğa kendini belirli bir zaman diliminde, kapasitesi kadar temizleme yapabilmektedir. Böylece, 1980'li yıllarda çevre geotekniğinin uygulama alanı genişlemeye başlamıştır. Katı atık olarak nitelendirilebilecek atıkların, yasal düzenlemelerle depolanması ve yönetimine karşı duyarlılık artmıştır. Sızdırmazlık tabakaları, çift tabakalı maliyeti arttırıcı sistemler, sızıntı erken uyarı mekanizmaları, geomebran şilteler hep bu dönemlerde daha bir ciddiyetle ve doğru bir yaklaşımla kullanılmaya başlamıştır. Bir çok yeni yöntem ortaya atılıp, tartışılmakla kalmayıp, yasal düzenlemeler getirilmiş ve uygulamaları zorunlu kılmıştır. [2]

1980'lerde yasal düzenlemelerin yürürlüğe girmesinden sonra konu ile uzmanlık düzeyinde ilgilenilmesi gerekliliğine dayanarak ulusal kurumlar, bakanlıklar ve merkezler kurulmaya başlamıştır. İlk olarak dünya bazında olaya ciddiyetle Birleşmiş Milletler Örgütü bünyesinde Dünya Sağlık Örgütü ve BM Çevre Programı giderek artan kirlenmenin ve kontrolsüz sanayileşmenin doğanın dengesinde oluşturduğu bozulmaya dikkat çekmişler ve üye ülkelerin bu konuda acil düzenlemeler yapması gerekliliğine işaret etmişlerdir. ABD'de "Cerlla" adıyla temizleme işlerinin kimlerin sorumluluğunda olduğunun araştırılması ve faaliyetlerinin finanse edilmesi konuları üzerinde çalışacak bir kurum oluşturulmuştur. Türkiye'de ise 1990'lı yıllarda Çevre Bakanlığı'nın kurulmasıyla bu eksiklik giderilmeye çalışılmıştır. Çevre Bakanlığı katı atıkların toplanması ve yok edilmesi işlerinin belli bir yöntem dahilinde yapılması için, 2872 sayılı Çevre Yasası kapsamında 14.03.1991 tarih ve 20814 sayılı resmi gazetede Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ni yayınlamıştır. Yayımlanan bu yönetmelikle yerel yönetimlere belli sorumluluklar getirilmiştir.

Bu yönetmeliğin amacı; her türlü katı atık ve artığın çevreye zarar verecek şekilde, doğrudan veya dolaylı bir biçimde alıcı ortama verilmesi, depolanması, taşınması, uzaklaştırılması ve benzeri faaliyetlerinin yasaklanması, çevreyi olumsuz

yönde etkileyebilecek olan tüketim maddelerinin idaresini belli bir disiplin altına alarak, havada, suda ve toprakta kalıcı etki gösteren kirleticilerin hayvan ve bitki nesillerini, doğal zenginlikleri ve ekolojik dengeyi bozmasının önlenmesi ile buna yönelik prensip, politika ve programların belirlenmesi, uygulanması ve geliştirilmesidir.

Bu yönetmelik, meskun bölgelerde evlerden atılan evsel katı atıkların, park, bahçe ve yeşil alanlardan atılan bitki atıklarının, iri katı atıkların, zararlı atık olmamakla birlikte evsel katı atık özelliklerine sahip sanayi ve ticarethane katı atıklarının, evsel atık su arıtma tesisinden elde edilen (atılan) arıtma çamurlarının, zararlı atık sınıfına girmeyen sanayi arıtma tesisi çamurlarının, hafriyat toprağı ve inşaat molozlarının toplanması, taşınması, geri kazanılması, değerlendirilmesi, bertaraf edilmesi ve zararsız hale getirilmesine ilişkin esasları kapsar. [3]

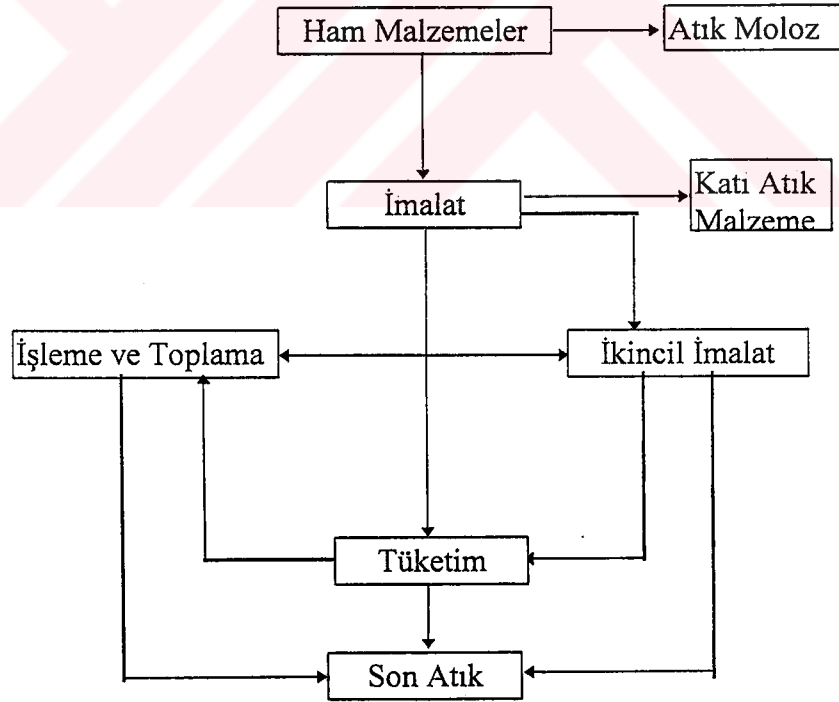
Çevre kirliliğı teknolojinin getirdiğı bir dezavantaj olarak sürekli katlanarak artmaktadır. Ekolojik dengenin kirlenmeye daha fazla dayanamayacağı için gelecek nesillere daha güzel ortamlar bırakmak zorunluluğunu göz ardı edemeyiz. Kısacası, genel anlamda atık yönetimi sürecinden geoteknikçiler, inşaat mühendisleri, çevre mühendisleri, yerbilimciler, jeologlar, botonikçiler, biyoloğlar, jeofizikçiler, ziraat mühendisleri vb. disiplinler arasında yapılacak değerlendirmeler ışığında atığın uzaklaştırılması veya temizlenmesi işinin düzenlenmesini sağlaması beklenmektedir. Sanayileşmiş ve sanayileşme sürecini yaşayan bütün devletlerin, ciddi miktarda ve çok çeşitli atıklar ürettikleri aşıkardır. Çevre teknolojisi bilgisinden tutarlı ve yerinde bir biçimde yaralanabilmek için faaliyetlerin etkin ve uygun maliyetli atık yönetimi teknikleriyle yürütülmesi gerekmektedir.

2.1 Atık Oluşumu ve Teknolojik İlerlemenin Etkisi

Günümüzde teknoloji toplumunda, katı atıkların nerede ve nasıl üretildiğini gösteren basitleştirilmiş bir malzeme oluş diyagramı (Şekil 2.2) gösterilmiştir. Bu diyagramdan anlaşılacağı gibi katı atık üretimi, ham malzemedan tüketime kadar her aşamada üretilir. Katı atık miktarını azaltmak için en iyi yollardan biri, ham malzemenin tüketimini kısıtlayarak bu ihtiyacı atık malzemelerin toplanarak tekrar

imal edilmesinin oranını arttırmaktır. Bunun için imalatçılara belli yükümlülükler getirilebilir ve tüketiciler kullandıkları malzemelerin katı atıklarının tekrar değerlendirilme imkanı olanlarını toplamaya teşvik edilebilir.

Katı atık tesisi tasarımcıları, çöp alanını o bölgenin katı atık kültürüne ve teknolojisinin ilerlemesinde ortaya çıkan kullanım durumlarına göre tasarım yapmalıdır. Örnek olarak dondurulmuş yiyeceklerin kullanımı ve plastiklerin kullanımındaki artış tarımsal bitkilerin atık miktarını ve evlerde yemek atık miktarını azaltırlar fakat kağıt plastik ve naylon miktarlarında artış olur. Paketlenmiş besinlerin kullanımı, evsel atıklarda paketlenme malzemesinin dışında hemen hemen atıksız son bulmaktadır. Böylece katı atık tesisi tasarımcıları, büyük miktarda ekonomik yatırımcılara cevap veren tesisleri tasarlarken bu tür hususları da göz ardı etmemelidirler. Bu tesisler 25 yıllık bir ihtiyaca cevap verebilecek nitelikte tasarlanmalıdır. Maliyet yüksek olduğu için en uygun katı atık bertarafı metodu seçilmeli ve projelendirilmelidir. [2]



Şekil 2.2 Bir toplumda katı atık oluşumu

3. KATI ATIKLARIN SINIFLANDIRILMASI

İnsanların sosyal ve ekonomik faaliyetleri sonucunda işe yaramaz hale gelen ve akıcı olabilecek kadar sıvı içermeyen her tür madde ve malzemeyi “katı atık” olarak tanımlamak mümkündür. Ev, sokak, park, okul, ve hastane gibi yerlerden toplanan süprüntü ve çöpler, ticari, tarımsal ve endüstriyel faaliyetler sonucu ortaya çıkan katı atık ve atıklar ile su ve atık su arıtma tesislerinde üretilen çamurlar bu tanım dahilindedir. Türkiye’deki katı atıkların yerleşim yerlerine göre içerdikleri katı atık maddelerinin dağılımı Çizelge 3.1’de verilmiştir. [4]

Çizelge 3.1 Türkiye’deki katı atıkların yerleşim tipine göre tipik bileşimi

Yerleşim Tipleri	Büyük Kent		Orta Kent		Küçük Kent		Trustik Kent		Kırsal Kent	
	kg/yıl	%	kg/yıl	%	kg/yıl	%	kg/yıl	%	kg/yıl	%
Yiyecek Atıkları	56-92	20-23	43-60	17-20	26-38	15-18	38-100	20-25	16-29	10-15
Kağıt - Karton	28-48	10-12	20-36	8-12	7-13	4-6	19-64	10-16	2-6	1-3
Plastik	7-14	2.5-3.5	2.5-9	1-3	0.9-3	0.5-1.5	6-32	3-8	1-2	0.5-1
Naylon	3-6	1-1.5	2.5-6	1-2	1.7-3	1-1.5	7-16	2-4	2	1
Metal, Teneke	4-8	1.5-2.0	2.5-6	1-2	0.9-3	0.5-1.5	2-12	1-3	2-4	1-2
Cam	4-8	1.5-2.0	1-4.5	0.5-1.5	0.9-3	0.5-1.5	4.2-8	2-7	2-4	1-2
Deri	1-4	0.5-1.0	1-2	0.4-0.7	0-1	0-0.5	2-8	1-2	1-20	0.5-1
Kemik	3-6	1-1.5	2.5-9	1-3	1.7-3	1-1.5	2-8	1-2	3-6	2-3
Lastik	6-12	2-3	0-3	0-1	0-1	0-0.5	2-8	1-2	2	1
Taş, Toprak	3-8	1-2	5-12	2-4	5-13	3-6	2-12	1-3	12-23	8-12
Odun	1-4	0.5-1	0-1.5	0-0.5	0-1	0-0.5	1-4	0.5-1		
Tekstil	3-8	1-2	4-6	1.5-2	1.7-4	1-2	2-12	1-3		
Bahçe Atıkları	8-16	3-4	10-18	4-6	8.5-15	5-7	11-48	6-12	9-15	6-8
İnce Katı Atık	153-166	46-22	93-126	37-42	117-109	69-52	95-48	50-12	105-97	68-51
TOPLAM	280-400	100	250-300	100	170-210	100	190-400	100	155-190	100

Atıklar, katı halde çamur veya bulamaç halinde sıvılar, gazlar halinde ve adı geçen çeşitli kombinasyonları olmak üzere değişik biçimlerde bulunabilmektedir. Artan sanayileşmeden ötürü, atık oluşumunda ivmelenen artışlar görülmektedir. Bazı atıklar, oluşumunun ana kaynağı ile ilgili olarak zararsız bileşenlerine ayrılabilirken, bazıları ise çok tehlikeli, zararlı bileşenler içerebilmekte ve ayrışmamaktadır. Genel olarak sanayileşmiş ülkelerde toplam atıkların %15-25'i tehlikeli olarak nitelendirilen atıklar gurubunda yer almaktadır. Tehlikeli olarak nitelendirilen bu guruptaki atıklar, insan sağlığı açısından açık ve doğrudan bir risk oluşturmaktadır. Adı geçen gurubun atıkları, hastalık yapıcı organizmaları, zehirli malzemeleri barındırmaktadır. İçerikleri itibarı ile kimyasal olarak ayrışmamak suretiyle zamanla tehlike riskini kaybetmeyen tehlikeli atıklar, esas geo-çevresel problemin kaynağını oluşturmaktadır. Atıklar karada dolgu, yüzeysel biriktirme, yere uyumlandırma, derin kuru enjeksiyon, vb. yöntemlerle depolanmaktadır.

3.1 Kaynaklarına Göre Katı Atık Türleri

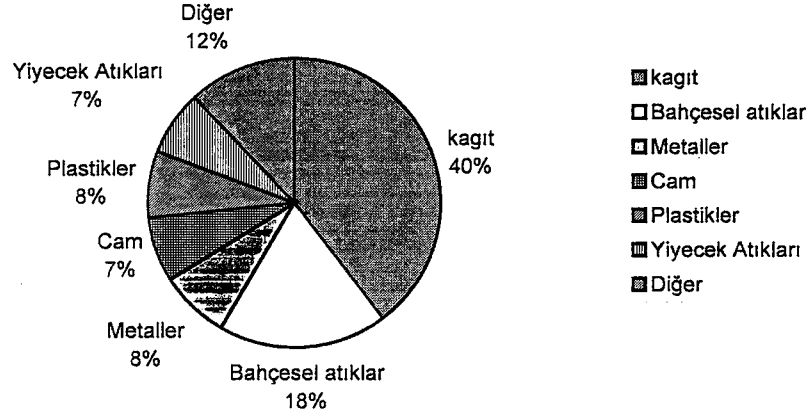
Katı atıkları kaynaklarına bağlı olarak aşağıdaki başlıklar altında toplayabiliriz.

3.1.1 Evsel Nitelikli Katı Atıklar

Günlük faaliyet sonucunda ev ortamında üretilebilecek her tür katı atık ve atıklar ile evsel katı atıkların özelliklerine yakın özellikler gösteren ticari ve kurumsal katı atıklar, park bahçe ve pazar yeri atıkları, sokak ve süprüntü atıkları bu gurupta değerlendirilebilir. Konuşma dilinde çöp olarak bilinen evsel nitelikteki katı atıkların kontrolü insan ve çevre sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Bunun başlıca sebebi, bu atıkların biriktirildikleri yerin hastalık yapıcı ve taşıyıcı organizmalar için çok müsait bir üreme ortamı meydana getirmesidir.

Evsel atıklar heterojen karışımlar halinde bulunurlar. Evsel atıkların kompozisyonu, tüketim çıktısı oldukları bölgenin ticari ve sanayi alışkanlıkları çerçevesinde değişkenlik göstermektedir. Tipik bir evsel atık kümesi, yiyecek atıkları, kağıt ve ambalajlar, plastik, lastik, tekstil ürünleri, küller ve bahçesel

atıklardan oluşmaktadır. (Şekil 3.1). Genelde evsel atıkların ağırlıkça %50'den fazlası kağıt ve yiyecek atıklarından meydana gelmektedir.



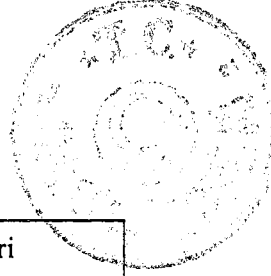
Şekil 3.1 Evsel nitelikteki katı atıkların madde gruplarına göre dağılımı

Günümüzde, yapılan araştırmalara göre kişi başına ortalama üretilen evsel atık miktarı 1 kg/gün olarak saptanmıştır. Bu miktar her geçen gün yaşam koşullarındaki değişimlere paralel olarak artmaktadır. Bir şehirdeki toplumda katı atık kaynakları genelde evsel, ticari, endüstriyel, yapı ve yapı molozları, fabrikalara ait atıklar ve tarımsal atıklardır.. Belediyeye ait atıkların genelde endüstriyel ve tarımsal atıkların dışında yukarıda bahsedilen atıkların tümünü içerdiği kabul edilir.

Evsel nitelikteki atıkların nem durumları incelenmeli, yakılabilecek durumda olup olmadığı araştırılarak en etkin enerji miktarı ile çalışacak termal yöntemlerin uygulanabilirliği ve etkin maliyeti sağlayıp sağlamadıkları saptanmalıdır. Genelde nem durumunun fazlalığı nedeniyle yakma işleminin oluşması ekonomiklikten uzak olmakta ve rasyonelliğini de yitirmektedir.

Bir şehirdeki katı atıkların kaynaklarına göre hangi aktiviteler sonucunda oluştuğu Çizelge 3.2'de verilmiştir. [2]

Çizelge 3.2 Bir şehirdeki katı atık kaynakları

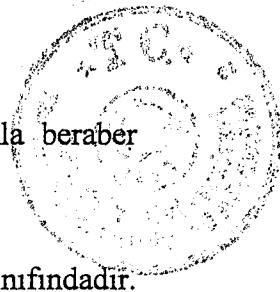


Kaynak	Tipik Tesisler, Aktiviteler veya Meskenler	Katı Atık Tipleri
Evsel	Tek ve çok ailelerin oluşturduğu ikametgahlar, küçük orta ve yüksek apartmanlar vs.	Yiyecek atıkları, kağıt, mukavva, plastik, tekstil, deri, ağaç, cam, küçük kutular, alüminyum, diğer metaller, küller, cadde atıkları, özel atıklar, ev halkına ait zararlı atıklar.
Ticari	Mağazalar, restoranlar, marketler, iş hanları oteller, moteller, kahvehaneler, servis istasyonları, vs.	Kağıt, mukavva, plastik, ağaç, yiyecek atıkları, cam, metaller, özel atıklar, zararlı atıklar, vs.
Kurumlar	Okullar, hastaneler, hapisaneler, resmi daireler.	Ticari merkezlerde olduğu gibi
Yapı ve yıkıntılar	Yeni yapı bölgeleri yol onarımları, yenileme bölgeleri, yıkık binalar asfalt parçaları.	Ağaç, çelik, beton, toz toprak, vs.
Belediye Servisleri	Caddelerin temizlenmesi, park, bahçe, sahiller, pazar yerleri vs.	Özel atıklar, çöp, sokak süprüntüleri, kır ve ağaç süprüntüleri, parklar, bahçeler ve pazar yerlerinden toplanan atıklar.
İşletmeler	Su, atık su, ve endüstriyel işletme yöntemleri vs.	Başlıca tortu çamurundan oluşmuş işletme atıkları
Belediye Katı Atığı	Yukarıdakilerin hepsi	Yukarıdakilerin hepsi
Endüstriyel	Yapı, fabrika, hafif ve ağır imalathaneler, rafinerler, kimyasal fabrikalar, elektrik santralleri, yıkıntılar vs.	Endüstriyel atıklar, artık materyaller, vs. Endüstriyel olmayan atıklar (yiyecek atıkları, çöp, kül, özel atıklar, zararlı atıklar.
Tarımsal	Tarla ve kaba bitkiler veya bağlar, meralar, besi çiftlikleri vs	Bozulmuş yiyecek atıkları, tarımsal atıklar, zararlı atıklar.

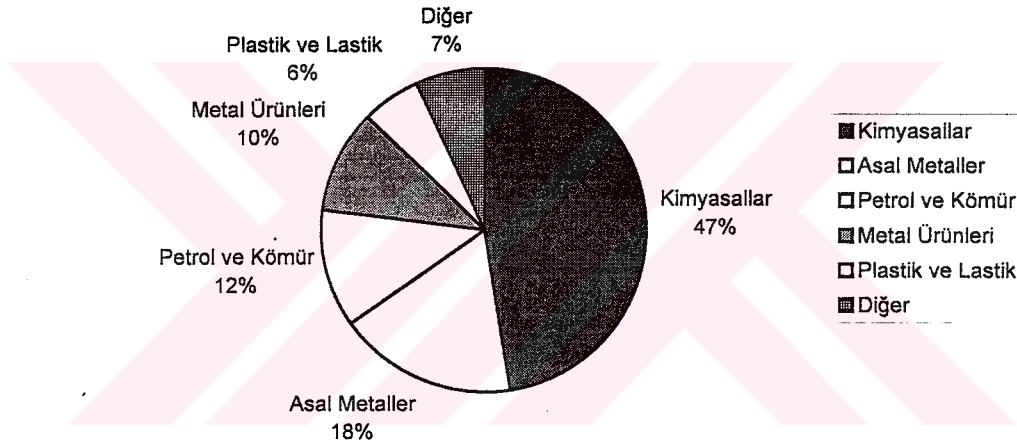
3.1.2 Endüstriyel Katı Atıklar

Endüstriyel faaliyetlerin sonucunda açığa çıkan ve istenmeyen nitelikteki katı atıklar endüstriyel katı atıklar kapsamına girmektedir. Kimya, gıda, petrol, plastik, kağıt, reçine, kauçuk, ahşap, ilaç vb. endüstrilerin atıkları bu grubu oluştururlar. (Şekil 3.2).

Tarımsal atıklar, hasat atıkları, hayvan pislikleri ve gübreden oluşmakla beraber endüstriyel atık olarak kabul edilirler.



Sanayi atıklarından toplanan atığın en az %15'i tehlikeli atık sınıfındadır. Teknolojik ilerleme ile birlikte her geçen gün tehlikeli atık kapsamında bir büyüme gözlenecektir. 1978'lerden bu yana endüstriyel atıkların %80'i olumsuz ve kontrolsüz koşullar altında toprakta dolgu veya yüzeyde biriktirme olarak depolanmışlardır. Bu yüzden katı atık depolama alanlarında atmosfer ve serbest drenaj koşullarında sulu organik ve organik kimyasal çözeltiler, organik sıvılar, gazlar vb. yeraltı suyuna, toprağa ve atmosfere direk olarak katılmışlardır.



Şekil 3.2 Endüstriyel katı atıkların madde gruplarına göre dağılımı.

Endüstriyel atıklar türünden kağıt sanayi atıklarının başlangıçta yüksek su muhtevasına sahip olmasından dolayı zamanla uygulanan yükler altında büyük oturmalar yaptığı saptanmıştır. Bu sebeple dolgu teşkilinde bu bilgi göz önüne alınmalıdır.

Diğer bir endüstriyel atık türü şu anda çok kullanılmakta ve üretim fazlalığı sebebiyle inşaat sektöründe bir çok alanda kullanılmakta olan baca gazı atıkları olarak adlandırdığımız ince daneciklerin 100 µm mertebesinde olan partiküllerin

yerçekimi etkisiyle çökmelerinden oluşmaktadır. Baca gazının içerdiği parçacıklar, maden cevherinin işlenmesi, çinko üretimi, kurşun eritme, termik santrallerde elektrik üretimi sırasında, kömürün yakılması vb. diğer faaliyetlerden oluşan uçucu külden oluşmaktadır. Bu partiküllerin bacadan çıkarken süzülmesi özel filtre kollektörler, elektro statik hızlandırıcılar su püskürtme sistemleri ile çöktürme yaparak ortaya çıkarlar. Yapılan deneysel çalışmalar sırasında, baca gazının temizlenmesi sonucu ortaya çıkan bulamaç kıvamlı çamur malzemesinin depolanabilmesi ve kendini tutabilmesi zordur. Çamurun en önemli özelliği sülfat yönünden zengin olmasıdır ve uçucu kül ile karıştırılarak kompaksiyon ile sıkıştırılmaktadır.

Endüstri koluna göre Çizelge 3.3de endüstriyel atıkların bir alt sınıfı olarak değerlendirilebileceğimiz tehlikeli atıklar verilmiştir. [5]. Bu atıklar üretim esnasında meydana gelen tehlikeli katı atıklardır.

Çizelge 3.3 Çeşitli endüstrilerin üretimde ortaya çıkan tehlikeli atıklar.

Endüstri	As	Cd	CH	Cr	Cu	CN	Pb	Hg	Mo	Se	Zn
Pil ve Akü		x		x	x						x
Kimyasal Üretim			x	x	x			x	x		
Elektrik-Elektronik			x		x	x	x	x		x	
Metal Kaplama		x		x	x	x					x
Patlayıcı	x				x		x	x	x		
Deri				x					x		
Metalürji-Maden	x	x		x	x	x	x	x	x	x	
Boya		x		x	x	x	x	x	x	x	
Petrol-Kömür	x		x				x				
İlaç	x							x	x		
Matbaacılık	x			x	x				x	x	
Kağıt-Selüloz							x	x	x		
Tekstil				x	x				x		



3.1.3 Tıbbi Atıklar

Hastane çöpi olarak da adlandırılan ve hastane veya benzeri sağlık kuruluşlarından kaynaklanan tıbbi atıklardır. Bu atıkların mutfak ve bahçe atıkları ile enfekte olmamış şişe, kutu ve benzeri ambalaj atıkları normal katı atık kapsamına girmektedir. Bu tür atıklar evsel çöp özelliğine sahiptir. Hastalar veya hastalık yapıcı mikroplar ile doğrudan temas etmiş olan atıklar tehlikeli katı atık sınıfına girmektedir.

Yukarıda sayılan tehlikeli katı atıklar, hastahanelere ilaveten, tıp, dişçilik, veterinerlik gibi konularda eğitim ve araştırma yapan kurumlarda, tıbbi tahlil ve kan nakli yapan laboratuvarlarda, revir ve kliniklerde, muayenehanelerde ve bulaşıcı hastalık taşıyanların tedavi gördükleri evler gibi yerlerde de ortaya çıkabilir.

3.1.4 Maden Atıkları

Metal, yakıt, kimyevi madde ve kil gibi madenlerin çıkarılması işlemi sonrasındaki atık çeşitleri maden atıkları olarak isimlendirilir. Bu atıkların düzenli bir şekilde toplanıp biriktirilmesi halinde zemin, su ve hava kirlenmesi riski ortaya çıkmaktadır. Günümüz dünyasında doğal kaynak ve hammaddelere ihtiyaç artarken, kaynaklarda hızla azalma meydana gelmekte dolayısıyla düşük kalitedeki cevherlerinde gündeme gelmesi gerçeği kendiliğinden ortaya çıkmaktadır. Bunun sonucu olarak bu tip atıklar çevre sağlığını tehdit eder bir hale gelmektedir.

Maden atıkları, özel biriktirme hendeklerinde toplanarak derin kuyulara enjekte edilmekte veya terk edilmiş maden galerilerinde depolanmaktadır. Sadece kaba daneli maden atıkları, maden galerilerine istiflenmektedir. İnce daneli malzemelerin kullanılması sakıncalı görülmektedir.

Madensel katı atıklar ve iri daneli maden atıkları eğer tehlikeli bileşenler içermiyorsa, inşaat amaçlı beton dökümünde agrega yada dolgu malzemesi olarak kullanılabilirler. Depolanması çok karmaşık ve zor olan suda askı halinde bulunan atık-balçıkların hacimleri çok fazla ve kayma mukavemetleri oldukça düşüktür.

Mühendislik özellikleri zayıf olan bu malzeme dolgu olarak kesinlikle tercih edilmemelidir.

Kullanım enerjisinin artmasıyla bir çeşit fosil yakıt olan kömüre ilgi artmıştır. Böylece düşük verimli damarlar işletmeye alınmış ve yeni işletmelerin çalışmaya başlamasının ardından eskiye oranla çok fazla yan ürünlerin artıkları ortaya çıkmaktadır. Genelde verimsiz ve fazla enerji ihtiyacına cevap verebilecek damarların işletilmesi sırasında örtü tabakasına bağlı olarak çok miktarda silttaşı, kumtaşı, şeyl, çamurtaşı ve kil açığa çıkmaktadır. Bu dengesiz dane boyutu derecelenmesine göre boşluklanma artacak ve kaba ile ince daneli malzemelerin karışımından dolayı biriktirme hendeği için büyükçe alanlara ihtiyaç duyulacaktır.

Diğer bir maden atık türü, termik santrallerde yakılan kömürün uçucu kül olarak ortaya çıkmasıdır. Önceleri uçucu küller tozlaşmayı engellemek için ıslatıldıktan sonra bulamaç haline getirilerek açık suni göllerde depolanmaktaydı. Geliştirilen yeni yöntem ise, uçucu kül atıklarının su muhtevalarını kontrol altında tutulmasını sağlayarak belirli bir enerji altında kompaksiyonla sıkıştırılarak depolanması önerilmektedir. Termik santrallerin diğer önemli atık ürünü ise baca gazı desülfürizasyonu için kullanılan fırçalarda oluşan çamurdur. Maden işletmelerinin çalıştırılmaları için gerekli enerji çoğu kez çıkardıkları kömürün bir kısmının yakılması ile giderilmektedir.

Fosfatik atıklar, kimyasal gübrelere katkı yapmak için çıkarılarak işlenmesinden sonra açığa çıkan kum ve kilin uygun biçimde depolanarak tasfiye edilmesiyle oluşan atıklardır. Ortaya çıkan kum ve kil birbirinden kolayca ayrılarak stabilize edilmektedirler. Kum boyutundaki madensel atıklar kolayca ayrılabilirler. Fakat fazla hacim işkal eden kil süspansiyonunun uygun biçimde depolanarak tasfiyesi gerekmektedir. [6]

3.2 Bileşimine Göre Katı Atık Türleri

Katı atıkları, içlerinde ağırlıklı olarak bulunan madde gruplarına göre çeşitli sınıflara ayırmak mümkündür. Ülkemiz koşullarında üretilen evsel nitelikli katı atıklar içindeki belli başlı madde grupları aşağıda verilmiştir.

Büyük boyutları sebebiyle alışlagelmiş toplama ve zararsızlaştırma yöntemleri ile uzaklaştırılmayan ve daha çok gelişmiş ülkelerde sorun yaratan, hurda beyaz eşya türünden atıklar bu sınıflandırmaya dahil edilmemiştir.

3.2.1 Yiyecek Atıkları

Yiyecek maddelerinin ev, lokanta veya benzeri ortamlarda tüketilmesi sonucu ortaya çıkan bitkisel ve hayvansal kökenli atıklar bu başlık altında toplanmaktadır. Mezbahalar, et kombinaları, tavuk çiftlikleri, paketleme tesisleri ve benzeri işlemlerde üretilen endüstriyel katı atıklar bu sınıfa dahil değildir.

3.2.2 Kuru Katı Atıklar

Kuru katı atıkları, yanabilen ve yanmayan olarak iki sınıfa ayırmak mümkündür. Yanabilen atıklar organik kökenlidir ve başlıca kağıt, karton, odun, lastik, plastik, tekstil ürünleri ve bitkisel atıklardan meydana gelmektedir. Kuru katı atıkların yanmayan kısmı ise çeşitli metaller, cam, seramik veya diğer mineral malzemelerden ibarettir.

3.2.3 Kül ve Arıtma Çamurları

Evsel nitelikli çöplerde bulunan kül, daha çok odun ve kömür gibi yakıtların yakılması neticesinde ortaya çıkmaktadır. Bir çok yerleşim merkezlerinde kaloriferli binalarda ortaya çıkan cüruf, kentsel katı atık akımına dahil edilmemekte ve ayrı olarak toplanmaktadır. Ancak kış aylarında kentlerimizin gelir düzeyi düşük bölgelerinde toplanan çöplerin %85'e varan bir kısmı külden ibarettir. Büyük

endüstriyel işletmeler ile katı atık yakma fırınlarında meydana gelen küller ayrı bir kapsam içinde düşünölmelidir.

Su ve atık su arıtma tesislerinde bulunan çeşitli arıtma ünitelerinden değişik özelliklerde çamurlar çıkmaktadır. Özellikle, biyolojik tasfiye sistemi kullanılan evsel atık su arıtma tesislerinde önemli miktarda arıtma çamuru üretilmektedir. Bu çamurlar belediye atıkları ile birlikte bertaraf edilebilir. Ancak, endüstriyel atık su arıtımında ortaya çıkanlar başta olmak üzere bazı çamurların zararlı atıklar kapsamında düşünölməsi gerekir. [7]



4. KATI ATIKLARDAN KAYNAKLANAN BAŞLICA SORUNLAR

Katı atıklardan kaynaklanan problemlerin ortaya konulması katı atıkların çevreye zarar vermeden uzaklaştırılması ve bu uzaklaştırmada hangi yöntemin kullanılmasının avantajlı olacağına saptanması açısından oldukça önemlidir. Çünkü katı atıklardan kaynaklanan problemler katı atıkların türlerine göre farklı olacaktır. Örneğin bünyesinde su bulunduran atıklarda çöp suyu öncelikli problem olurken endüstriyel atıklarda öncelikli problem zararlı ve zehirli atıklar olabilir.

4.1 Toplum Sağlığı İle İlgili Etkiler

Uygun koşullar altında biriktirilmeyen veya ne gibi kriterler göz önüne alınarak seçildiği pek belli olmayan sahalara geliş güzel dökülen çöpler, tehlikeli mikroplar ve hastalık taşıyan canlılar için çok uygun bir üreme ortamıdır. Örneğin, yaz aylarında yapılan tüm ilaçlama çalışmalarına rağmen önü bir türlü alınamayan sinek probleminin ana kaynağı çöplük sahalarıdır.

4.2 Yangın ve Patlama

Katı atıkların toplama öncesi ve sonrası depolanmaları sırasında yangın ve patlama tehlikesi oldukça yüksektir. Zira katı atıklar içinde sönmemiş bir sigara izmariti ile dahi tutuşabilecek bileşenler bulunabilir. Ayrıca, katı atıklar içinde bulunabilecek organik maddelerin bazıları patlama özelliğine sahip olabilir veya sıkışma ve mikrobiyolojik faaliyetler sonucu kendi kendine yanabilir.

Patlayıcı maddelerin katı atık akımına karışması durumunda atık yığınlarında patlamaların olacağı açıktır. Ancak, sakıncasız kabul edilen bazı madde grupları da belirli koşullar altında patlamalara sebep olabilmektedir. Örneğin, bazı plastiklerin

yakılması esnasında ortaya çıkabilecek piroliz gazları hava ile patlayıcı karışımlar verebilmektedir.

4.3 Düzenli Depolama İle ilgili Sorunlar

Türkiye de katı atıkların bertaraf edilmesi genelde ilkel arazi doldurma yöntemiyle yapılmaktadır. Bu tür düzensiz depolama sahalarındaki çöp yığınlarından kontrolsüz bir şekilde yayılan tozlar, sızıntı suları ve gazlar çevreyi önemli ölçüde kirletir. Çok çeşitli kirleticileri ihtiva eden çöp sızıntı suları, yüzey ve yeraltı içme suyu kaynaklarının kirlenmesine sebep olmaktadır. Ayrıca, gelişigüzel atılan çöplerden kontrolsüz olarak çöp gazlarının sebep olduğu yangın, patlama ve heyelanlar can ve mal kaybına yol açmıştır. Bu tür ihmal ve sorumsuzlukların en acı örneklerinden birisi, 28 Nisan 1993 tarihinde İstanbul Ümraniye çöplüğünde yaşanmıştır. Metan patlaması sonucunda tonlarca çöpün civardaki gecekonduların üstüne yığılmasına ve 11 evin tamamen çöpler altında kalmasına sebep olan bu faciada tam olarak tespit edilememekle birlikte 30'u aşkın insan yaşamını yitirmiştir.

4.4 Katı Atıklardan Gaz Çıkışı

Katı atıklar içindeki organik bileşenlerin oksijensiz ortamda parçalanması neticesinde çöp gazları denilen ürünler ortaya çıkar. Çöp gazının kimyasal bileşimi, atıkların miktar ve özellikleri, sıkışma durumu, yığının büyüklüğü ve ne kadar zamandır kullanıldığı gibi bazı faktörlere bağlıdır. Normal şartlar altında, çöp gazlarının hacimce %85'leri aşan kısmı metan (CH_4) gazıdır. Geri kalan kısım, başta karbondioksit (CO_2) olmak üzere daha az miktarlarda, hidrojen sülfür (H_2S), hidrojen (H_2), nitrojen (N_2), toz ve su buharından meydana gelmektedir. Evsel nitelikteki çöplerin depolanmasından sonraki ilk bir kaç ay zarfında gaz çıkışı başlamakta ve yaklaşık 20 yıl sürmektedir. Pratikte ölçülen toplam gaz miktarları ise depolanan 1 ton çöp başına 60 ila 80 m^3 arasında değişmektedir.

Depolama sahasında çöp gazlarının toplamak için uygun bir altyapı meydana getirilmediği takdirde ortaya çıkan bu gazlar tehlikeler yaratmaktadır. Özellikle, açığa

çıkan metan gazının belirli oranlarda oksijen veya hava ile temas etmesi can ve mal kaybına yol açan patlamalara sebep olmaktadır. Genel bir ifade ile hava içindeki metan miktarının %5 ila 6 civarına ulaşması durumunda bir patlama tehlikesi söz konusudur. Patlama tehlikesinin yanı sıra, metan yanıcı bir gazdır. Bu bakımdan, çöp gazlarının çevreye kontrolsüz bir şekilde yayılması yangın tehlikesi açısından da çok sakıncalıdır. Ayrıca, kontrol altına alınmayan çöp gazları, etrafa istenmeyen kokuların yayılmasına sebep olduğu gibi civardaki yeşillendirme ve ağaçlandırma faaliyetlerine de zarar verebilir.

Çöplerin gelişigüzel yığıldığı alanlarda, alt tabakalarda ortaya çıkan gazlar üst katmanları aşır havaya yayılmadığı takdirde, daha az direnç gösteren bir yol seçerek derinlemesine veya yan olarak yayılırlar. Böyle durumlarda, gazlar geçirimli formasyonlardan veya yarı ve deliklerden geçerek oldukça uzun mesafelere taşınabilir ve civardaki bina bodrumları, su ve pis su yapıları gibi kapalı hacimlerde birikerek insan yaşamı için tehlikeli patlama, yangın ve zehirlenmelere sebebiyet verebilirler. Avrupa ve Amerika'da olduğu gibi yurdumuzda da daha önceden çöplerin boşaltıldığı sahaların civarındaki evlerin bodrum katlarında ve tuvaletlerinde meydana gelen çeşitli çöp gazı patlamalarında çok sayıda can ve önemli ölçüde mal kaybı olmuştur.

Düzenli depolama sahalarında ise çöp gazlarının çıkışı için seçimli bir yol ortaya koymak maksadıyla, perfore (delikli) borular veya çakıl bacalar gibi basit yöntemler kullanılmaktadır. Genelde, depolama hücrelerinden alınan gazlar atmosfere bırakılmaktadır. Buna karşılık, çöp gazlarının toplanıp bir enerji kaynağı olarak değerlendirilmesi, son yıllarda üzerinde çok durulan bir konu haline gelmiştir.

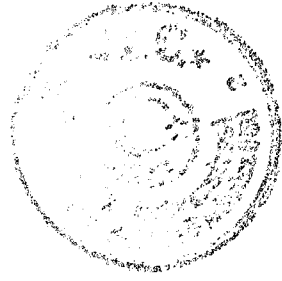
4.5 Sızıntı Suyu ve Kontrolü

Çöp depolama sahalarında sızıntı sularının ortaya çıkışı oldukça karmaşık bir süreçtir. Araziye depolanan katı atıklar kimyasal ve biyokimyasal yollarla dönüşüme uğrar. Yiyecek atıkları, bahçe atıkları ve hayvansal atıklar gibi organik kökenli gruplar mikroorganizmalarca kullanılarak gerek aerobik (oksijenli) ve gerekse an aerobik (oksijensiz) olarak bozulurlar. Demir (Fe) ve diğer metal bileşenler ise

oksitlenerek ayrışır. Yiyecek atıklarının bozuşması çok kısa bir sürede gerçekleşirken, cam ve plastik gibi madde guruplarının ayrışması çok uzun yıllar alabilir.

Depolanan çöplerin bozuşması, depolama sahasının stabilize olması açısından arzu edilen bir durumdur. Ancak, yağış sularının, yüzeyden akan suların veya yeraltı suyunun tam olarak stabilize olmamış çöpler ile temas etmesi sonucu parçalanma ürünleri çöp depolama hücrelerinin dışına taşınarak çevre kirliliğine sebep olur. Bir başka ifade ile, katı atık yığınlarına ve depolama hücrelerine belirli bir su tutma kapasitesinin üstünde aşırı miktarda su girmesi durumunda, atıklar bu fazla suyu tutmaz ve dışarıya bırakır. Sızıntı suyu tabir edilen bu fazla su, çöpler içinden geçerken çeşitli kirleticileri ve parçalanma ürünlerini de yıkayarak bünyesine alır ve yüzey veya yeraltı su kaynaklarına taşır. Genel olarak az yağış alan kurak bölgelerdeki depolama sahalarında sızıntı suyu problemi önemli boyutlara ulaşmaz. Fakat, yıllık yağış miktarı 40 cm den fazla ise sızıntı problemi çok tehlikeli boyutlar kazanabilir.

Toplanan sızıntı suları ise evsel veya endüstriyel atık su arıtım tesislerine götürülerek veya depolama sahasında fiziksel, kimyasal ve biyolojik teknikler kullanmak suretiyle arıtılabilir. Sızıntı sularının çöp depolama hücrelerinin üstüne resirküle edilmesinde kullanılan bir yöntemdir. [8]



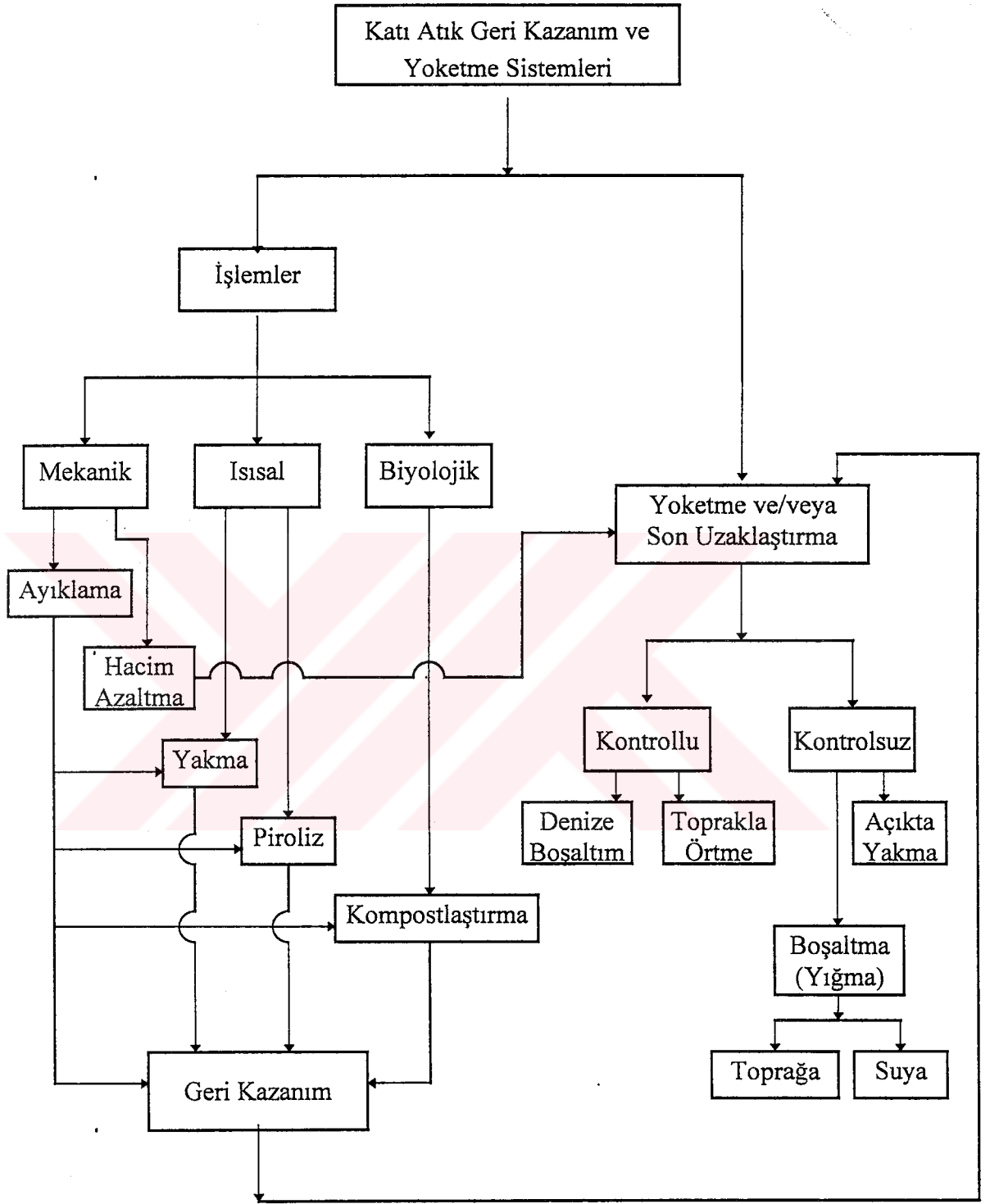
5. GÜNÜMÜZDE ÇÖP BERTARAF ETME YÖNTEMLERİ

Gelişen teknoloji, değişen ekonomik şartlar ve bunlara bağlı olarak değişim gösteren beslenme alışkanlıkları çöpün karakterini de değiştirmiştir. Ayrıca hızla artan nüfus çöp miktarını arttırmıştır. Yapılan araştırmalara göre her yirmi yılda katı atık birim hacim ağırlığı ikiye katlanmaktadır. Çöp miktarlarındaki bu hızlı artış bugüne kadar arazide vahşi depolama yapılan katı atıkları bertaraf etme, geri kazanma gibi metotların gösterilmesi ve uygulamaya konulmasını zorunlu kılmıştır.

Toplanan katı atıklara hiç bir suretle sadece uzak tutulması ve bir şekilde elden çıkarılması gereken madde gurupları gibi bakılmamalıdır. En az bu bakış açısı kadar yanlış olan bir diğer yaklaşım da çöplerin esasen çok değerli bir kaynak olduğu görüşüdür. Soruna en gerçekçi yaklaşım, katı atık uzaklaştırma sistemlerinin mümkün olan en az maliyet ile yapılması gereken önemli bir toplum hizmeti olduğudur. Bunun için, atıklar etkin yöntemler ile toplanmalı ve taşınmalı, bilahare içlerinden geri kazanılması ekonomik olan madde gurupları alındıktan sonra uygun teknikler kullanılarak zararsız hale getirilmelidir. Genelde, katı atıkların bertaraf edilmesi için kullanılacak pek çok değişik teknoloji mevcuttur. Günümüzde kullanılan katı atık bertaraf etme yöntemlerini aşağıda verildiği şekilde sıralayabiliriz. [9]

- 1- Yakma
- 2- Kompostlaştırma
- 3- Düzenli depolama
- 4- Geri kazanım
- 5- Plazma teknolojisi

Katı atık bertaraf etme, geri kazanma ve değerlendirilmesindeki başlıca metotlar ve akış diyagramı Şekil 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.1 Katı atıkların geri kazanılması ve yokedilmesinde başlıca metotlar.[4]



5.1 Yakma

Katı atıkların bertaraf edilmesinde kullanılan bu metot, diğerleri arasında en pahalısıdır. Katı atıklar yakılarak kül cüruf ve gaz haline dönüştürülür. Yaklaşık olarak 1 ton ev çöpünden 350 kg. kül ve cüruf, 5000-6000 m³ gaz ve atık hava ortaya çıkmaktadır. Yakma sırasında yakmanın iç sıcaklığının 800⁰C ile 1200⁰C arasında kalması gerekir.

Katı atığın kendi kendine yanabilmesi için alt ısıl değeri 5000 kJ/kg, ilave yakıtla yakılabilmesi için alt ısıl değeri 3300 kJ/kg olmalıdır. Ayrıca katı atığın sırasıyla inorganik madde, organik madde ve su muhtevaları belirli değerlere sahip olmalıdır. Ancak bu şartlarda katı atıkların yakılması uygun bir metot olarak ele alınabilir.

Yakıcılardan çıkan kül ve cüruf, beton briket yapımında vb. işlerde kullanılabilir. Kullanılmayanların arazide depolanması gerekir. Baca gazlarının temizlenmesi kül ve cürufun soğutulması için ayrıca 1 ton çöp başına 1 m³ su kullanılır. Dolayısıyla 1 m³ atık su ortaya çıkar. Bu oldukça kirli ve problemlili bir atık sudur. Yakma sonucu depolama hacminden %65 oranında ekonomi sağlanmaktadır. Fakat Hava Kalitesi Korunması Yönetmeliğine uymak için yapılması gereken ek ünitelerle birlikte sistemin ilk yatırım maliyeti ve işletme giderleri oldukça artmaktadır.

Şehirselle katı atığın ısıl değeri, çöpün cinsine, çöpün cinsi de ekonomik duruma, kullanılan teknolojik ürünlere göre değişmektedir. Bir şehirselle katı atığın ısıl değeri 2800 kJ/kg ile 7000 kJ/kg arasında değişmektedir. [10]

5.1.1 Yakma Yönteminin Avantajları

- 1- Yakma sonucunda atık maddelerde hacim olarak %70-80, ağırlığında ise %60-70 oranında azalma sağlanır.
- 2- Organik maddeler kısa sürede gaz ve kül haline gelir.
- 3- Yanma artığı kül ve cüruf biyolojik olarak kararlıdır.

- 4- Yanma tam olmuş ise katı atıklar dezenfekte edilmiş olur.
- 5- Düzenli depolamada karşılaşılan sağlık problemleri ve fare, sinek, martı vs. ortaya çıkmaktadır.
- 6- Çöp üretildiği yerde yakılırsa taşıma masrafı azaltılmış olur.
- 7- Yakma sonucu elde edilen ısı enerjisinden elektrik üretimi vs. de faydalanılabilir.
- 8- Depolama yeri mesken bölgede seçilebilir.

5.1.2 Yakma Yönteminin Dezavantajları

- 1- Yakma tesisleri pahalıdır. İlk tesis masrafları düzenli depolamanın 8 katı, işletme masrafları da 4 katıdır.
- 2- Depolanan kül ve çürüftaki kolay çözünür inorganik bileşiklerle yerüstü ve yeraltı suları kirlenebilir
- 3- Çürüfun su ile soğutulması ve baca gazlarının temizlenmesi için kullanılan arıtılması zorunluluğu ortaya çıkar.
- 4- Her ton çöp için 650 kg. baca gazı noktasal kirletici kaynak olan yakma bacasından atmosfere verilir.
- 5- İyi yakılmayan atıklar sebebiyle fena kokulu baca gazları ve kalıntılar ortaya çıkar.
- 6- Yakıt heterojen olup mevsimlere göre özellikleri değiştiğinden tesisin işletilmesi dikkat ve özen istemektedir.
- 7- Yakma tesisi civarında oturanlar araç gürültüsü ve egzoz gazından rahatsız olabilirler.

5.2 Kompostlaştırma

Kompostlaştırma katı atıkların organik bileşenlerinin kontrol edilen şartlar altında formante edilip biyolojik olarak ayrıştırılmasıdır. Kompostlaştırma sonucu çöpün kendisine has kokusu kaybolur.

Kompostlaştırma yöntemi düzenli depolamadan daha pahalı ve yakmadan daha ucuz bir metoddur. Kompostlaştırma sırasında mezofilik ve termofilik mikro organizmalar faaliyet göstererek kompostlaşabilen maddeleri kompost haline getirirler. Kompostlaşmada faaliyet gösteren organik bakteriler, mantarlar ve aktinomisetler ve protozoalardır. Ortamın anaerob olmaması ve su içeriğinin %15'in altına inmemesi gerekmektedir.

Sıcaklık kompost gübresi içinde 55-60 °C'yi aşarak 70-75 °C'ye ulaşabilir. Bakteriler için en uygun PH 6-7.5, mantarlar için 5.5-8'dir.

Kompostlaşmanın gerçekleşmesi aerob mikroorganizmalar tarafından mümkün olduğundan, fermantasyon hızını arttırmak için kompost gübresine O₂ verilmelidir. Yüksek tepeler oluşturan çöplerin kompostlaşabilmesi için sık sık karıştırılması gerekir. İyi bir kompostlaştırma ile insan sağlığı açısından tehlikeli patojenlerin tamamen imha edileceği görülmektedir.

Kompost genelde tarımda kullanılır. Bazı yerlerde hayvan yemine karıştırılmaktadır. Fakat bunların pastörize edilmesi gerekmektedir.

5.2.1 Kompost ve Çevre Sağlığı:

Evsel çöp içinde bulunan patojen mikroorganizmaların önemli bir kısmı kompostlaştırma sırasında ölmektedir. Kompostun kendisi mikroorganizma ihtiva eder. Fakat uygun şekilde üretilmişse içinde patojen yoktur.

Evsel nitelikte çöplerin %40-60'ını gıda ve bitki atıkları oluşturmaktadır. Çöpün bileşeni sosyal ve ekonomik yapıya göre çeşitlilik göstermektedir.

Türkiye'deki çöplerin büyük çoğunluğu evsel nitelikli yani organik ağırlıklıdır. Bu çöpün su muhtevası yüksek, kalorifik değeri düşüktür. Bu nedenle kompost oluşumu için ulaşılması gereken ısı değerine ulaşamamaktadır.

5.3 Düzenli Depolama

Düzenli depolama, diğer katı atık imha teknolojilerinin aksine, nihai bir uzaklaştırma yöntemidir. Çöplerin bertaraf edilmesi, değerlendirilmesi veya atıklardan yeni bazı maddelerin üretimi için kurulacak sistemlerin tümünde düzenli depolama sahalarına ihtiyaç vardır. Uygun araziler bulunması koşulu ile bu yöntem en ekonomik ve pratik seçenektir. Ayrıca, düzenli depolama en esnek imha yöntemidir. Bir başka ifade ile, düzenli depolama işlemi genelde bertaraf edilen atığın bileşiminden bağımsızdır. Buna karşı, yakma, kompostlama ve diğer imha metotları ile değerlendirme metotları gelişmiş ülkeler için daha uygundur.

Düzenli depolama yöntemi, esas itibarı ile atıkların titizlikle seçilmiş ve hazırlanmış bir alana sistematik olarak yayılıp sıkıştırıldıktan sonra üzerinin günlük olarak örtülmesinden ibarettir. Depolama sahalarının iyi bir planlamayla seçilip hazırlanması ve sahaların işletiminde belirli standartlara uygulaması halinde yapılan işin rasgele boşaltma yönteminden bir farkı kalmaz. Sağlıklı bir depolama sahasının kurulması üç aşamalı olarak gerçekleştirilmelidir.

- Ön Değerlendirme Aşaması.
- Eleme Aşaması.
- Hazırlık Aşaması.

Ön değerlendirme aşamasında, çeşitli mühendislik kriterleri göz önüne alınmak suretiyle katı atıkların depolanmasına uygun nitelikli alanlar belirlenir.

Bunu takip eden eleme aşamasında, seçilen aday araziler daha ayrıntılı bir şekilde incelenir ve gerekli koşulları sağlamayan sahalar elenir. Bu eleme sırasında, toplum ve çevre sağlığını korumaya yönelik teknolojik konular yanında ekonomik, sosyal, politik ve hukuki faktörlerde irdelenir.

Üçüncü ve son aşama olan hazırlık aşamasında ise nihai seçimi yapılan arazi veya arazilerin ne tür bir düzenli depolama işlemi için daha uygun olacağı kararlaştırılıp ve söz konusu sahaların işletme planları hazırlanır.

Doldurma işleminin tamamlanmasından sonra, depolama alanı yeşillendirilerek sportif ve rekreasyonel amaçlarla kullanılabilir. Gelişmiş ülkelerdeki

bazı depolama sahalarının üzerinde tarımsal faaliyetler de gerçekleştirilmiştir. Bu tür bir arazi değerlendirme işlemine başlamadan önce çöplerin tamamen ayrışması ve iyice sıkışması beklenmelidir. Bu süre, sahanın kapanmasını takiben yaklaşık 3 - 5 sene civarındadır.

5.3.1 Düzenli Depolamanın Avantajları

1- Eğer uygun arazi mevcutsa, katı atıkların araziye düzenli bir şekilde depolanması katı atık bertarafında en ucuz sistemdir.

2- Ön araştırma maliyeti diğer bertaraf metotları ile karşılaştırılırsa daha düşük maliyet göstermektedir.

3- Yakma kompostlaştırma gibi diğer metodular nihai artı bıraktıkları halde bu metotla depolamadan sonra herhangi bir işlem kalmamaktadır.

4- Araziye depolama işlemi, diğer metotlarda olduğu gibi bir ön ayırma işlemi gerektirmemektedir.

5- Katı atık miktarlarındaki günlük veya mevsimlik değişimlerden doğan problemler personel ve ekipman ilavesi ile çözülebilmektedir.

6- Depo yerinin kapasitesinin dolmasından sonra üzeri toprakla örtülen arazi, park, bahçe, oyun sahası gibi maksatlar için kullanılabilir.

7- Katı atıklar çevreye kötü koku yaymazlar.

8- Katı atıklar rüzgarla etrafa yayılıp, çevreyi kirletmez.

9- Zararlı hastalık taşıyan canlılara barınma ve çoğalma ortamı ortadan kaldırılmış olur.

10- Gaz çıkışı ve sızıntı suları kontrol altına alınmış olur.

5.3.2 Düzenli Depolamanın Dezavantajları

1- Büyük şehirlerin yakınında ve uygun mesafelerde depolama sahası bulmak zordur.

2- Yerleşim bölgelerine yakın depolama yeri halk tarafından istenmez.

3- Uygun arazi ve depolama şartlarının günlük kontrolü gerekir.

4- Üstü örtülmüş depo için sürekli olarak bakım ve kontrol gerekmektedir.

5- Zemin çökmeleri olacağından dolayı depoların üstüne yüksek katlı binalar yapılamaz.

6- Kapatılmış depoda daha sonra, metan veya başka gazlar birikmesi veya çıkması tehlike yaratır. Depo yerinin üstünde bitki örtüsünün yetişmesine zarar verir.

5.4 Geri Kazanım

Nihai olarak bertaraf edilmesi gereken atık miktarının azaltılabilmesi için uygulanacak bir başka yöntem de çöpler içinde ekonomik değeri olan maddeleri geri kazanmaktır. Belediye çöplerindeki kağıt, cam, kemik, metal ve plastik gibi maddeler kontrollü bir şekilde ayıklanarak hem toplam atık miktarı azaltılabilir ve hem de tekrar kullanım değeri olan bu maddeler ekonomiye geri kazanılabilir. Ancak, halk sağlığının korunması açısından, bu tür ayıklama ve değerlendirme uygulamalarının belediye denetimi altında kurulacak tesislerde belirli kurallara uygun bir şekilde yapılması gerekir.

Kontrolsüz ayıklama faaliyetleri çevre düzenini bozucu bir biçimde yürütülmektedir. Bu faaliyetleri önleyebilmek için çöpün sistematik bir çizelge metodu ile toplanması ve halkın çöprü bu sisteme uyumlu bir zamanlama ile dışarıya çıkarması sağlanmalıdır. Geri kazanılabilecek maddelerin vatandaşlar tarafından ayrı olarak biriktirilmesi ve toplama öncesinde çöpün kapalı ve kontrollü olarak muhafaza edilmesi gibi tedbirler de istenmeyen ayıklama işlemlerinin engellenmesine yardımcı olacaktır.

Ayıklama ile ilgili olarak göz ardı edilmemesi gereken bir diğer husus da geri kazanılan malzemenin satışından elde edilecek gelirlerin gerçekçi bir şekilde tahmin edilmesidir. Bu amaçla, eldeki çöpün miktar ve fiziksel bileşimi hakkında çok iyi bilgi sahibi olmak ve ayrıntılı pazar etütleri yapmak gerekir. Geri kazanma yoluyla elde edilecek gelirlerin, sağlıklı bir katı atık sistemini işletmek için yapılacak harcamaları karşılaması beklenemez. Bununla birlikte, iyi işletilen sıhhi ve modern bir ayıklama tesisi, kendi işletme ve bakım maliyetlerini kurtararak az da olsa bir miktar yan gelir elde edilebilir. Bu durumda, söz konusu ayıklama tesisinin işlevini yerine getirdiği kabul edilmelidir.

Atıkları zararsız hale getirirken bazı yan faydalar sağlamak elbette mümkündür. Ancak, atıkların sağlıklı bir şekilde yok edilmesi için kurulacak ve işletilecek sistemlerde hiç bir zaman ana hedef para kazanmak olmamalıdır.

5.5 Plazma Teknolojisi

Plazma teknolojisi dünyada uygulanmaya yeni başlanan teknolojilerden biridir. Plazma teknolojisinde oksijenli yakma söz konusu değildir. Yüksek ısı altında hava kullanmadan maddenin piroliz yöntemi ile asal bileşenlerine ayrılması işlemi gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla, atıkların işleme girmeden önce herhangi bir ayırma işlemine tabi tutulmasına gerek yoktur. Ancak eğer istenirse kağıt, tekstil artıkları veya başka bazı maddelerin ayrılmasında yapılabilir. Her ısıl değerdeki atık piroliz edilebilir.

Sistemin kendini piroliz etmesi tamamen atıkların miktarına bağlı olan bir olgudur. İşlem sonrasında bütün organik maddeler gaz haline gelmektedir. Gazların %75 kadarı sistemin elektrik enerjisinin sağlanmasında kullanılmakta geri kalan kısmı depo edilerek satılmaktadır. Atık içinde bulunan inorganik maddeler vitrifiye olmakta sonuçta kimyasal olarak inert, suda çözünmeyen zararsız cüruf kalmaktadır. Bu cürufun iki ayrı fiziksel yapıda elde edilmesi mümkündür. Eğer ergiyik haldeki atıklar su içinden geçirilirse granüle hal almaktadır. Bu yapılmayıp hava soğumasına bırakılırsa o zaman da kalıp halinde bir malzeme elde edilmektedir. Her iki halde de elde edilen cüruf aynı özellikleri taşımaktadır. Sertlik derecesi 7-7.5 civarında olan bu cüruf yol altyapı malzemesi olarak, seramik yapım malzemesi olarak tuğla ve briket yapım malzemesi olarak, kuşlama malzemesi olarak kullanılabilir. Çıkan cürufun nihai depolanması zorunlu değildir. Plazma enerjisi sistemi ile işlem gören atıklar gerek hacim, gerekse ağırlık olarak başlangıca göre %90 oranında küçülmektedir. [10]

5.5.1 Plazma Teknolojisinin Avantajları

1- Atıkları hatta düşük radyoaktivite ihtiva edenler de dahil olmak üzere tamamen yok etmektedir. Geri dönüşümü gerek enerji gerek gaz ve gerekse nihai malzeme olarak sağlamaktadır. Atıklar içinde bulunan bütün metaller de ergimiş olarak geri kazanılmakta ve yeniden kullanılabilir.

2- Klasik yöntemlerle yakılan atıklar, yakma fırınlarında tamamen yanmamakta geriye depolanması gereken zararlı olma özelliğini koruyan yeni çöpler bırakmaktadır. Oysa plazma yöntemi ile geriye çöp, gaz ve benzeri zararlı madde kalmamaktadır.

3- Sistem kendi enerjisini ayrıştığı maddelerden çıkan gazlarla sağlamaktadır. Bilinen bütün sistemler enerjilerini dışarıdan temin etmektedir.

4- Sistemin işletilmesi çok basite indirgenmiştir. Sistemin işletilmesi için görevlilerin özel bir eğitime tabi tutulmasına ihtiyaç duyulmaz.

5- Plazma sisteminde kullanılan plazma gazı sıkıştırılmış havadır. Sistemde diğer bütün yakma fırınlarının kullandığı havanın 1/100'ü kadar hava kullanılmaktadır.

5.5.2 Plazma Teknolojisinin Dezavantajları

1- İlk yatırım maliyetinin düzenli depolama ve diğer yöntemlere göre biraz daha fazladır.

2- Çok yeni bir teknoloji olması dolayısıyla dünyada ve ülkemizde yaygın bir kullanıma sahip değildir.

3- İşletme aşamasında plazma torcunun içindeki iki bakır elektrolitin 900 saatte bir değiştirilmesinin gerekliliği dışa bağımlı kılmaktadır. Ayrıca plazma hamlacı iki yılda bir değiştirilmek zorundadır.

4- Sistem işletme aşamasında 2-7 kişi arasında kalifiye personele ihtiyaç duyulmaktadır.

5.6 Çöp Bertaraf Etme Sistemlerinin Maliyet Analizi

Katı atıkların bertaraf edilmesinde her sistemde kaçınılmaz sonuç olan depolama yeri meskun bölgeler dışında seçildiği için işletme maliyetinin %80-85'ini taşıma maliyeti oluşturmaktadır. Ancak bu maliyet, depolama yerinin şehre koku, su kirliliği, halk sağlığı, rekasyon ve diğer kısıtlayıcı faktörler yüzünden uzak ancak, taşıma maliyeti açısından mümkün olduğu kadar yakın bir yerin seçilmesi ile optimize edilebilir. Depolama yönteminde ilk yatırım maliyetini oluşturan faktörler aşağıdaki gibidir:

5.6.1 Sahanın İstimlakı ve Alınması

Saha özel veya tüzel kişilerin mülkiyeti altında olabilir. Bu sahanın arsa bedeli, varsa üzerindeki yapı ve diğer elamanların karşılığı ödenerek ya da satın alınır. Eğer seçilen depo yeri belediyenin veya hazinenin ise hibe yolu seçilebileceği için bu maliyet ya çok düşer ya da ortadan kalkar.

5.6.2 Sahanın Hazırlanması

Sahanın katı atık depo yeri olarak kullanılabilmesi için bazı şartlar yerine getirilmelidir.:

- 1- Max döküm hacmini sağlayabilmek için sahanın uygun bir proje dahilinde hafriyatı,
- 2- Saha içi servis yollarının yapımı,
- 3- Yeraltı suyunun kirlenmesini önlemek için bir geotekstil tabakasının oluşturulması, yani geçirimsizlik tabakasının sahaya tatbik edilmesi,
- 4- Depolama sırasında ve sonrasında oluşacak çöp suyu ve zararlı gazların halk sağlığı ve işletme zorlukları yaratmaması için toplanmasında kullanılacak boru, teçhizat, v.s'nin kullanılması,
- 5- Çöp döküm sahasının dışındaki alanlara naylon, torba, kağıt, vs. gibi rüzgarla uçabilecek maddelerin uçmasını önlemek, sahaya giriş ve çıkış kontrol altında tutmak için gerekli olan tel çit gibi önlemlerin alınması.

Bu şekilde uygun bir optimizasyon projesi yapılır ve sahada mevcut doğal bir geotekstil tabakası, yani doğal geçirimsizlik tabakası var ise bu maliyetlerde azalabilir.

5.6.3 İşçilik

Depo sahasında çalışan ayıklayıcılar, bekçi, operatör, yağcı, şoför, şantiye şefi ve diğer teknik elaman dışında çöp kamyonlarında çalışan temizlik işçilerinin maaşları da maliyet içine girer. Ancak öte yandan kamyonlarda çalışan temizlik işçileri daha önce istihdam edildikleri için bu maliyet kapsamından çıkarlar.

5.6.4 Teçhizatların ve Makinaların Alınması

Gerekli teçhizat ve makinalar:

- 1- Çöp döküm sahasında kullanılacak makinalar (dozer, silindir, kompaktör vb.), kamyonlar,
- 2- Döküm sırasında ve sonradan ortaya çıkacak kirli su ve atık gazların çevreyi ve halk sağlığını tehlikeye düşürmemesi için gerekli ön arıtmanın veya ayırımın yapılmasında kullanılacak teçhizat.
- 3- Döküm sırasında çalışan işçi ve teknik elamanların kullanacağı alet ve teçhizatlar (gaz ölçüm cihazı, şantiye binası vs.).

Yeni depolama yönteminde işletme maliyetini oluşturan faktörler ise şunlardır:

5.6.5 Makinaların yakıt, bakım ve parçaları

Çöp döküm sahasında çalışan makinalar ve kamyonların yakıt ve bakım parçaları bu maliyeti oluşturur. Makinaları kullanan elamanların tecrübeli kişilerden seçilmesi makine ve kamyonların iktisatlı ve uzun ömürlü çalışmasını etkileyecektir.

5.6.6 Yardımcı Tesisler

Döküm sahasında ortaya çıkan çöp suyu ve zararlı gazların bertaraf edilmesi için inşa edilmiş arıtma tesisi, gaz yakma sistemi ve ayıklamada yardımcı olacak döner bant, şantiye binası vb. tesislerin parça, bakım teknik eleman ve elektrik, yakıt gibi masrafları bu maliyetleri oluşturur.

5.6.7 Su Numunelerinin Lâboratuvar Sonuçları

Gerek çöp alanlarından çıkan çöp suyunun gerekse sahanın etki alanında olan yer altı ve yer üstü suları, kuyu sularından alınan numunelerin Lâboratuvar analizleri maliyeti oluşturur.

5.6.8 Alet ve Malzemeler

Sahada çalışacak kişilerin kullanacağı maske, çizme, giysi, baret, kürek, kazma, el arabası, gerekli gaz ve çöp suyunun tehlike sınırlarını ölçen alet ve bunların aparatları bu maliyeti oluşturur.

5.6.9 Muhtelif Masraflar

Yukarıda belirtilen maliyetler dışında gerek günlük, gerekse uzun vadeli ek tesis veya teçhizat gibi elemanlar bu maliyet kapsamına girer.

Düzenli depolamada uygun bir proje dahilinde depo gövdesinde oluşacak metan gazının toplanıp uygun sistemlerde yakılması ile elde edilecek enerji çeşitli yerlerde kullanılarak geri kazanım söz konusudur.

Çöp bertaraf sistemlerinden kompostlaştırma yönteminde ise kompostlaştırmanın tanımı gereği çöpün tamamen organik yapıda olması veya organik hale getirilmesi gerekir. Aksi takdirde cam, seramik, metal vb. gibi organik maddeler sisteme zarar verir. Ayrıca kompostlaştırma biyolojik bir işlem olduğu için

sistemi inhibe edecek yani zehirleyecek hastane atığı, radyoaktif madde vb. gibi maddelerden de arındırılmalıdır.

Durum böyle olunca gelişen insan ihtiyaçları ve buna bağlı katı atık karakteri gerek mevsimlere ve sosyo-ekonomik yapıya gerekse diğer başka faktörlere bağlı çok değişiklikler göstermektedir. Dolayısıyla yapılacak olan bir kompostlaştırma tesisinin bir şehrin bütün çöpünü bertaraf etmeye cevap vermesi neredeyse imkansızdır. Bu yüzden geri kazanımın söz konusu olduğu bu yöntemden ekonomik ve kalıcı bir yöntem olarak söz etmek mümkün değildir.

Ayrıca kompostun tek başına bir gübre olmayıp sadece çorak ve güçsüz toprakların verimini arttırmaya yarayan bir ürün olduğu düşünülürse genelde verimli olan ülkemiz toprakların katkısı çok fazla değildir.

Çöp bertarafında kullanılan diğer bir yöntem de yakmadır. Yakma sonucu depolama hacminden yaklaşık % 65 oranında ekonomi sağlanmaktadır. Yakma metodu hem ilk tesis hem de işletme masrafları açısından en pahalı yöntemdir.

Yakma yönteminin ekonomik ve köklü bir çözüm olduğunu düşünmek için bazı şartların sağlanması gerekir. Bu şartlar :

Çöplerin yakılabilmesi için başlangıçta tutuşturucu bir yakıtı ihtiyaç vardır. İdeal çözümde çöpün kendi kendine yanması istenir. Bunun sonucu olarak ısı değeri yeterli olmayan bir katı atık için kurulan tesis hem verimli değildir hem de işletme maliyeti açısından çok pahalıya çıkar.

Ayrıca; daha öncede bahsedildiği gibi 1 ton çöp başına baca gazını belli bir dereceye kadar arıtmak için ıslak tutucular vasıtasıyla yaklaşık 1 m³ çok kirli su, 650 kg noktasal kirletici olarak baca gazı ve 350 kg kül, cüruf, ortaya çıkar. Bunların gerek yatırım gerekse işletme maliyetine etkisi direktir. Bunlar,

1- Çıkan kirli suyu arıtmak için bir arıtma tesisi ve bunun sürekliliğini sağlamak için işletimcisiyle oluşan maliyet.

2- Meydana gelen Cürufun nihai bir depolama ile bertaraf edilmesi ile düzenli depolamayı etkileyen maliyet.

3- Ortaya çıkan gaz ve atık havanın daha ileri tekniklerle arıtılması için gerekli maliyet.

Sonuçta çöpü sadece yakmak değil, bu yöntemin çevreye en az zarar verecek şekilde getirilmesi için gerekli maliyet oldukça yüksektir. Ayrıca yakıt heterojen olduğu ve mevsimlere göre özellikleri değiştiğinden (kışın kül ve cüruf gibi yanmayan inorganik madde artışı olduğundan) tesisin işletim problemleri vardır.

Son olarak dünyada son yıllarda çok ilerleme kaydetmiş bir yöntem daha vardır. Bu da plazma teknolojisidir. Daha önce anlatıldığı üzere bu sistem sıfır çöp kavramını ortaya çıkarmıştır. Ancak maliyet açısından karşılaştırması yapılırsa kısa vadede çok büyük bir maliyet ortaya çıkacaktır. Ancak uzun vadede gerek tesisin çevre kirlenmesini önlemesini gerekse kendini amorti etmesi açısından sistem, ekonomik ve kalıcı bir çözümdür. Sistemin işletilmesi sonucu ortaya çıkan ürünler diğer başka sanayi dallarında kullanılabilmekte ve pazarlanabilmektedir.

Diğer yandan sistemin işçilik, bakım ve parça masrafları düşük olduğu için işletme maliyeti azdır.

Sistemin tamamen bilgisayarla çalışması yüzünden kalifiye elaman ihtiyacı yoktur. Bakım ve parçalar ise önceden belirlendiği için ilk yatırım maliyetinin içindedir. Sistemde kullanılan, 45 günde bir değiştirilen elektrot, kullanıldıkça eksilen ve geri dönüşümü yapılan suyun arıtma maliyetleri işletme maliyetlerini oluşturur. Sistem, kullanıldığı elektrik enerjisini kendi bünyesinde ürettiği için böyle bir maliyet söz konusu değildir.

Çizelge 5.1 Katı atık bertaraf etme sistemlerinin maliyetleri.

SİSTEM	Yatırım Maliyeti (Dm/Ton-Yıl)	İşletme Maliyeti (Dm/Ton-Yıl)
Yakma	100 - 500	12 - 26
Kompostlaştırma	80 - 100	8 - 18
Düzenli Depolama	12 - 65	3 - 6
Plazma Teknolojisi	480	X

Çizelge 5.1'den de anlaşılacağı üzere düzenli depolamanın yatırım ve işletme maliyeti yakma maliyetinin yaklaşık 1/8'i kadardır. Plazma teknolojisinde her şehre göre farklı tasarım yapıldığından 175 ton/gün (yaz) 350 ton/gün (kış) ve 100.000 ton/yıl için üst limit değer olarak yatırım maliyeti yaklaşık 480 DM olarak verilmiştir. Plazma teknolojisinde işletme maliyeti sistemin dizaynına göre kullanılacak elektrot su, parça, vs. için değerler değiştiğinden belli bir değer yoktur. Ancak diğer sistemlerden düşüktür. Ayrıca sistemde bir geri kazanma ve amortisman söz konusu olduğu için uzun vadede ilk yatırım maliyetide ekonomik sayılabilir. [10]

5.7 Metot Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar

Katı atıkların bertarafı için ekonomik ve sağlıklı metot hangisidir? Bunun tespiti için aşağıdaki faktörlerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir:

a) Halk Sağlığı: Sistem, insan ve hayvanlara hastalık bulaşmasını önlemeli, çevreyi duman, koku, toz, ses, sinek, yoğun trafik vs. den korumalıdır.

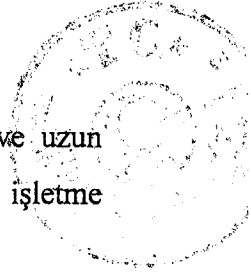
b) Şehrin Özellikleri: Coğrafi konum, iklim, hayat standardı, nüfus yoğunluğu, vs. göz önünde tutulmalıdır.

c) Toplama ve Tasfiye Sisteminin Uygunluğu: Atık toplama ve Tasfiye yöntemleri birbirini tamamlamalı ve uyum içinde olmalıdır.

d) Yasal Limitler: Merkezi idarenin ve yerel yönetimlerin, bu hususla ilgili olarak çıkardığı yasalar ve yönetmeliklere uyulmalıdır. Bunlar atıkların tasviyesi ile ilgili bazı metotları sınırlayabilir. Meselâ hava ve su kirliliği, sağlık, yangın vs. konularındaki çeşitli yasalar seçilen yöntemin maliyetini önemli ölçüde etkileyebilir.

e) Teknik Limitler: Hangi yöntemler teknik yönden uygulama şansına sahiptir? Bu durum muhakkak tahkik edilmelidir.

f) Hizmetin Devamlılığı: Hava şartları veya arızalar tasfiye işlemlerini aksatacak mıdır? Devamlı işletme daima arzu edilen durumdur.



g) Metotların Maliyetleri: Çeşitli Metotların maliyeti nedir? Kısa ve uzun vadede en uygun metot hangisidir? Bunların tespiti gerekir. Yatırım ve işletme maliyetleri karşılaştırılmalıdır.

h) Kamuoyunun Desteği: Hangi yöntem halkın alakasını ve desteğini sağlayabilir? Bu faktör de göz önüne alınmalıdır.

5.8 Sonuç

Yukarıda sistemlerin avantaj ve dezavantajları değerlendirilmiştir. Katı atık imha teknolojileri içinde sadece düzenli depolama nihai bir uzaklaştırma yöntemidir. Kompostlaştırma ve yakma işlemleri, geriye nihai olarak bertaraf edilmesi gereken kalıntılar bırakır. Ülkemizde evsel nitelikteki çöplerin yaklaşık %40-60 kadarlık bir kısmı kül, cam, metal ve plastik gibi kompostlaştırılması mümkün olmayan bileşenlerdir. Yakma işleminde ise çöpün yaklaşık %20 kadarlık bir kısmı geriye kül olarak kalır. Kişi başına günde 1 kilogram çöp üretildiği kabul edilecek olursa, herhangi bir işlem yapılmaması halinde depolanması gereken çöp miktarı yaklaşık yılda 400 kg/kişi civarındadır. Kompostlama sonucunda ise depolanacak miktar 200 kg/kişi-yıl dolayında olacaktır Kontrollü yakma işleminin uygulanması halinde ise yaklaşık 80 kg/kişi-yıl çöp depolanması gerekecektir.

Gözden kaçmaması gereken bir faktör de bugün Dünyada hangi çöp bertaraf etme sistemi kullanılırsa kullanılsın çöpün içindeki değerlendirilebilir (geri kazanım) maddelerinin genelde menşesinde ayrılarak geri kazanılması ve değerlendirilmesidir.

6. KATI ATIK SIHHİ DEPOLAMA TESİSLERİ

Atık depoları, istenmeyen veya kullanılmayan atıkların en son depolandıkları yerlerdir. XX. yüzyılın ortalarına kadar hemen hemen tüm atıklar açık ve kontrolsüz arazilere boşaltılırdı. Hacmi azaltmak için atıkların yakılması çok sıkca görülmekteydi. Atıklar önceleri doğal topografyası uygun olan sahalara kontrolsüz ve açık şekilde boşaltılmaktaydı. Topografik düşüklüğe sahip derelere, dış eğimli araziler, taşkın yatakları ve kullanılmayan maden ocakları, kum çakıl ocakları en yaygın atık alanları olarak kullanılıyordu. Açık alanlara çöp boşaltma uygulamaları günümüzden birkaç on sene evvel daha dikkatlice düzenlenmeye başlandı. II Dünya Şavaşından sonra sıhhi atık depolama uygulamaları yaygın olmaya başladı. Böyle bir sıhhi atık deposu yaklaşık 5 m'yi bulan çöp biriktirme ünitelerinden oluşmaktaydı. Atık deposundaki günlük çalışma sonunda her bir ünite içerisindeki atık 15-30 cm kalınlığındaki doğal örtü tabakası ile kapatılmaktaydı. Günümüzde bu tür sorunlar, toprak, kaplama şilteleri ve köpüklerle yapılmaktadır.

Sıhhi atık depolama sahaları, sentetik geçirimsiz tabakalara sahip olmakla beraber, 1970'lere kadar bu alanlarda geçirimsiz şilte yaygın değildi, günümüzde daha yeni çift tabakalı şilteler kullanılmaya başlamıştır. Sıhhi atık depolarındaki atığın kontrollü olarak depolanması kemiricilerin, böceklerin ve benzeri zararlı asalakların sayısını büyük ölçüde azaltmıştır, görünüş olarak ayrı bir estetik kazandırmıştır. Böyle atık depolarına duyulan ihtiyaç da atık tipi, bölgenin hidrolojisi, iklim ve diğer faktörlere bağlı olarak değişmektedir. [2]

Modern bir atık depolama ünitesinin çevreyi ve ekolojik dengeyi bozmayacak uygun mühendislik özelliklerine sahip bir arazi üzerine yapılması, ekonomik ve kamuoyu politikası açısından önemli bir proje aşamasıdır ve bu uygulama A.B.D.'de yürürlüğe konulan atık yönetmeliklerince gündeme gelmiştir.

6.1 Katı Atık Depolama Tesislerinin Yapım Amacı

ABD’de katı atıkların depolanması için atık depoları, en ekonomik ve çevre için en uygun kabul edilen bir yöntemdir. Atıkların azaltılması, yeniden kullanılma işlemleri, ulaşım teknolojileri, evsel katı atık düzenlenmesi gibi sebeplerle katı atık depolama işlemi geliştirilmektedir. Özellikle bu sebeplerin doğurduğu planlama, dizayn, operasyon, kaplama, depoların üzeri örtüldükten sonraki kontrolü ve çevre düzenlemeleri ile uğraşmaktadır.

Katı atık depolama tesislerinin yapım amacı, dizayn eden mühendis tarafından yeterli ve sağlıklı bir depolamayı uygun bir maliyetle gerçekleştirmek olurken, böyle bir sahaya yakın bir komşu için ise tesisin çevresine zarar vermemesi olabilmektedir. Böyle bir durum için değişen amaçlar yığını ile uğraşabilmektedir.

Katı atık depolama tesislerinde en önemli sorunlardan biri çöp suyu sızıntısı meydana gelip gelmeyeceğidir. Çünkü bu oluşan sızıntı suyu, ekolojik dengeye ve yeraltısu kalitesine etkisinin başlıca nedenlerinden birisidir. Biriken sızıntı suyunun ani boşalmalar nedeniyle olabileceği gibi, oluşan bir yayılmanın uzantısı olarak da ortaya çıkabileceği açıktır. Bu tür yayılmaları engellemek için geçirimsiz şilte tabakaları kullanılarak, tesisi tecrit edebilmektedir.

Seçilen geçirimsiz şilte tabakaları amacına en uygun olarak tasarımın yeterli düzeyde düşünüldüğü kabul edilerek, tesisin içerisinde oluşacak çöp suyu sızıntısının içerdiği kimyasallar titizlikle tespit edilip, bu yoldaki en doğru seçim yapılması olacaktır. Çünkü çöp içerisindeki kimyasal etkilenmelerin, şilte tabakasına etki edeceği ve sızıntıyı geçirmeme gibi bir amacı gerçekleştirmesi beklenmemelidir. Yapılacak en iyi yol katı atık depolama tesisinin varlığından dolayı doğabilecek olumsuz etkileri asgariye indirgenebilecek ve çevreye olan etki minimize edilmiş olacaktır. Bu tasarımcının, katı atık depolama tesislerini projelendirirken yapması gereken, tesisin asgari risklere maruz kalacak şekilde planlanmasıdır. Yasaların ve yönetmeliklerin bu tür tesisler için belirli bir risk belirtmişlerdir. Böylece riskin düşük tutulabileceği gibi bir sonuç beklenmemelidir. Genel anlamda, mühendisler en uygun çevre risk değerlendirmesine göre hareket etmeleri ve yapılan yaptırımlarla

istenilen sınırlar içinde kalabilecek sorunlara karşı doğabilecek risklerin karşılanması mümkün olabilecektir.

6.2 Katı Atık Depolama Alanı Yer Seçimi

Depo alanı yer seçimi, düzenli katı atık depolaması teknolojisine geçişte en can alıcı husustur. Atık sahası tasarımı, yapım ve işletme maliyeti, çevre ile etkileşimin bazen para ile ölçülemeyecek sonuçları büyük ölçüde depo alanın yerine bağlıdır. [11]

Katı atıkların düzenli depolanmasında ilk ve en önemli adım uygun yer seçimiyle başlamaktadır. Uygun yer seçiminde üzerinde titizlikle durulması gereken konuları şu şekilde sıralayabiliriz.

- 1- Meskun sahalardan asgari 1000 m. olmalıdır.
- 2- İçme, kullanma ya da sulama amaçlı su toplama merkezlerinin beslenme havzası içinde olmamalıdır.
- 3- Çöpün taban seviyesi yeraltı su seviyesinden 10 m. daha yukarıda olmalıdır.
- 4- Yüzey sularının en az biriktiği, drenaj sistemi dışı dönük bir alan olmalıdır.
- 5- Aktif çay, çöküntü, heyelân, çığ,taşkın ve erozyon riski taşıyan alanlarda olmamalıdır.
- 6- Jeolojik ve jeoteknik açıdan uygun, zemin sağlam geçirgenliği düşük kayalardan olmalıdır.
- 7- Trafik yoğunluğu az, ana artellere uzak olmalıdır.
- 8- Çevreden en az görülecek noktada, şehrin temel reaksiyon alanlarından uzak olmalıdır.
- 9- Depolama kapasitesi şehrin asgari 10 yıllık ihtiyacını karşılayacak seviyede olmalıdır.
- 10- Atıkların alt ve üstlerinde sızdırmazlık sağlamak üzere kullanılacak olan kil hammaddesinin kolayca temin edilebileceği bir alan olmalıdır.
- 11- Meteorolojik şartlara uygun, ana hava akımlarına açık olmalıdır.

12- Havaalanına en az 3 km. mesafede olmalıdır.



6.3 Katı Atık Depolama Alanı Seçiminde Kullanılan Kriterler

Katı atık depolama alanlarının seçiminde alan ile ilgili olarak aşağıdaki kriterler dikkate alınmalı ve alternatif sahalara bu kriterler göz önüne alınarak değerlendirilip gerekirse puanlama suretiyle seçim yapılmalıdır.

- 1- Zemin özellikleri: Geçirgenlik, pH, katyon değiştirme kapasitesi.
- 2- Saha ve çevre zeminlerin sızdırmaz taban, örtü tabakası ve sedde teşkili için uygunluğu.
- 3- Topoğrafik yapı: Eğim (max %15 - %22), heyelan durumu, erozyon.
- 4- Jeoloji: Karbonatlı kayalar, süreklilik ve geçirgenlik, faylar.
- 5- Hidrojeoloji: Yeraltı suyunun seviyesi, akımı, kullanımı ve kalitesi, akarsu ve göllere yakınlık, planlanan veya mevcut baraj göllerine yakınlık.
- 6- İklim: Sıcaklık, yağmur, rüzgar.
- 7- Yerleşim yerlerine ve hava alanlarına uzaklık, ulaşım, kamu oyu.
- 8- Bölgenin gelecekteki kullanımı, saha ömrü.

Bu faktörlerin ışığı altında alternatif sahalara için gerçekleştirilecek kapsamlı araştırmalar sonucunda yer seçimi yapılmalıdır.

Alternatif depo alanlarında zemin tabakalarını tanımlamak, permeabilitelerini ve yeraltı su durumunu belirlemek amacıyla sahanın en az %25 daha büyük bir alanda sondaj yapılmalıdır. Yapılacak sondajlar önerilen toprak dolgu temelinin en azından 7.5 m kadar altına inmelidir. [12]

6.3.1 Katı Atık Depo Alanı Seçiminde Kriterlerin Belirleyici Özellikleri

Permeabilite; Zeminin permeabilitesi kirlenmenin ortama yayılışını etkiler. Bu nedenle düşük permeabiliteli zeminler tercih edilmelidir.

pH; Zeminin ağır metalleri çekmesi ve reaksiyona girmesindeki yatkınlıkla belirleyici görevi üstlenir. Yüksek pH değerleri tercih edilmektedir.

Katyon; Değişim kapasitesi zeminin atıklarla gireceği reaksiyonların şiddetini ve tehlikeli karışımların parçalanıp parçalanmayacağını gösterir ve yüksek kapasite değerleri tercih edilmektedir.

Anakaya; Karbonatlı kayaların çözülme eğilimleri yüksektir, kırıklı kayaların bu kusurlu bölgelerde kirlenmesi hızlanabilecektir.

Süreklilik; Kirlilik yayılımını kontrol eder.

Faylar; Kurulacak tesisin potansiyel stabilitesini doğrudan etkiler.

Akifer Göçmesi; Çok miktarda su taşıyan akiferin bulunduğu bölgelerden kaçınılmalıdır.

Yeraltı suyu kalitesi; Yeraltı suyunun derinlerde olduğu akiferler tercih edilir.

Mevsimsel en yüksek su seviyesi; Doymun olmayan seviyeler birer engelleme tabakası olarak çalışırlar, bu bölümlere seviye değişimlerine bağlı su dolması riski fazladır., yasal düzenlemeler bu mesafeyi en az 1.5 m olarak belirtmiştir.

Örtü malzemesi; İşlenmesi kolay ve geçirimsiz malzemeler tercih edilmelidir.

Şev durumu; Kirliliğin yayılma miktarını, tesisin kolay işletilmesini etkiler.

Katı atık depolama alanlarının seçiminde elde edilen bilgiler, zararlı atık sistemlerinin iyileştirilmesinin temel taşıdır. Bu değerlendirmeler, geçmişte ve günümüzde potansiyel tehlikelerin çevreye ve insanlara etkisini belirtmek için kullanılır.[2] Bu yüzden kamuoyunun sağduyusuna her zaman saygı göstermeli ve çareleri bu doğrultuda aramalıyız.

6.4 Düzenli Depo Sahalarının Genel Özellikleri

6.4.1 Kapasite

Tesisin günlük, aylık ve yıllık kapasitesi belirlenir. Evsel katı atık depo tesislerinin asgari kapasiteleri, nüfusu 10.000 ve küçük olan yerleşim birimlerinde 10

yıllık depolama ihtiyacını karşılayacak şekilde planlanmalıdır. Kapasitenin belirlenmesinde kişi başına üretilen çöp miktarı, sahanın hacmi , çöp derinliği gibi konular göz önünde bulundurulmalıdır.



6.4.2 Depo Sahası Girişi

Depo tesisine ulaşım ve depo alanı iç servis yolları her türlü hava şartlarında mümkün olmalıdır. Depo sahasına girişin tasarımında, işletme ve bakım binalarının konumlarının depolamada çalışan bütün personelle, gelen taşıtların etkili bir denetimiyle kontrolünü sağlayacak şekilde olmasına dikkat edilmelidir. Ayrıca girişte katı atık taşıyan araçların bekletilmesine elverişli bir bölge bulunmalı ve bu bölge aydınlatılmalıdır. Girişte çalışma saatlerinin ve depolama düzeninin gösterildiği bir pano konulmalıdır. Depo sahasının giriş kısmında yapılacak olan işletme binalarında ve tesislerinde, işletme odaları, katı atıkların ve sızıntı sularının analizlerinin yapılması için lâboratuar, bekleme ve oturma odası, yemekhane, soyunma odası, duş ve wc, teçhizat ve alet odası, atölye ve garaj. Depo sahasının girişine, en az uzunluğu 16'm , eni 3'e ve 50 tonluk tartma kapasitesi olan bir kantar yapılmalı ve depo sahasına giren çöp kamyonları tartılarak içeriye alınmalıdır.

6.4.3 Tel Örgü

İşi olmayan ve istenmeyen kişilerin depo sahasına girmesini engellemek üzere depo sahasının etrafı 2 m yüksekliğinde sık kafes teliyle çevrilmeli ve giriş kısmında depo sahasına giriş ve çıkışları kontrol altında tutmak için raylı veya kanatlı kapı yapılmalıdır. Tel örgünün etrafına 2 veya 3 sıra koruyucu ağaçlandırma yapılmalıdır.

6.4.4 Lastik Yıkama Tesisi

Katı atık depo sahalarına girip çıkan araçların kamu trafik yollarını kirletmemesi ve zarar vermemesi için depo sahalarının çıkışa yakın kısımlarında lastik yıkama tesisi veya araçların hız yapabilecekleri en az 300 m uzunlukta bir yol yapılmalıdır.



6.4.5 Depolama Düzeni

Depo tabanında sızıntı suyunun sızması ve drene edilmesi sağlandıktan sonra, her gün getirilen atık, hücre tabir edilen bir hacimde depolanmalı ve kalınlığı 15-30 cm olan toprak ile günlük örtülmelidir. Bu örtüye günlük örtü denilmektedir. Hücre boyutları atık miktarı ve örtü olarak kullanılacak toprağın temin kolaylığına bağlı olarak değişir. Yükseklik 2.5-9 m. arasında olabilir. Hücreler genelde sıkıştırma ve son örtüyü serme de kolay olması bakımından %33 den büyük olmayan eğimlerde yapılmalıdır. Her 50 cm'lik gevşek atık kalınlığında sıkıştırma (kompaksiyon) yapılmalıdır. Gevşek atık kalınlığının aşırı fazla olması durumunda katı atığın alt tabakalarında gerekli sıkışma sağlanamaz. İlk sıra hücreler teşkil edilirken yüksekliğin en az 2 m olması ve katı atık içinden sert ve büyük parçaların dren tabakasının ve dren borularının zarar görmemesi için ayıklanması gerekmektedir.[13] Günlük örtü tabakası, kağıtların uçuşmasını önlemek, gazve su sızıntısını azaltmak, hayvanların ve yangının kontrolü sağlamak açısından uygulanmalıdır. Toplam depo alanı her biri yaklaşık 5 yıl hizmet edecek biçimde teşkil edilmelidir.

6.5 Depo Tabanının Teşkili

Katı atık depo sahalarında çevre kirliliği açısından en önemli problem sızıntı çöp suyudur. Her türlü kirletici parametreyi ihtiva eden sızıntı çöp suyu, yeraltı ve yerüstü su kaynaklarını kirletmektedir. Sızıntı çöp suyunun bu olumsuz etkisini önlemek için depo sahasının tabanı geçirimsiz hale getirilir.

Depo sahasının üst kısmındaki tarım toprağı sıyrılarak, biriktirilmeli ve ileride sahanın yeşillendirilmesinde kullanılmalıdır. Zemin bitki ve ağaç köklerinden temizlenmelidir. Bu işlemden sonra depo sahasının 30 cm. derinliğindeki toprak tabakası sürülerek gevşeltir ve yol alt yapısı sıkıştırma tekniğine uygun olarak sıkıştırılır.

Sızdırmazlık için doğal malzeme olarak sıkıştırılmış kil, sızıntı suyu drenaj tabakası olarak da granüler (kum/çakıl) filtre malzemesi kullanılmaktaydı. 1970'lerden sonra genel olarak geosentetik olarak adlandırabileceğimiz plastik



hammadeli çok çeşitli ürünler mühendislik uygulamalarına yaygınca girmeye başlamış, bu arada kimyasal ve zararlı atık sahalarında sızdırmazlık amacıyla geomebranların, geomebranı koruyucu olarak geotekstillerin, sızıntı suyu drenaj tabakalarında geotekstil ve geokompozitlerin kullanımı çok artmıştır. [14]

Depo sahasının tabanında yapılan bu işlemlerden sonra geçirimsizliğin sağlanması için tabii ve suni malzemeler veya bunun her ikisinde bir arada kullanılarak depo tabanının da geçirimsizlik sağlanır. Depo tabanının geçirimsiz hale getirilmesinde kullanılan malzemeleri şu şekilde sıralayabiliriz.

1- Rijit malzemeler.

a- Püskürtme beton

b- Beton

c- Zemin çimentosu

d- Bitümlü beton (asfalt)

e- Bitümlü panel.

2- Doğal Malzemeler.

a-Sıkıştırılmış zemin

b- Bentonit killeri

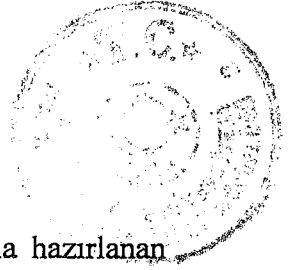
3- Sentetik malzemeler. (Geosentetikler)

a- Geomebran

6.5.1 Rijit Tabakalar

6.5.1.1 Püskürtme Beton

Bu tür bir tabaka teşkilinde çimento, kum, su bir basınçla yan yüzeylere ve tabana püskürtülür. Genellikle 1 çimento ile 4 veya 5 kum oranında su ile karıştırılarak su/çimento oranı 0.4 ile 0.6 oranında kullanılır. Oturmalara sebebiyet vermemek için tel örgülü hasır donatılar kullanmak gerekebilir.



6.5.1.2 Beton Tabakalar

Çakıl, kum, çimento ve suyun uygun oranlarda karıştırılmasıyla hazırlanan beton bölüm bölüm sahaya dökülür. Oturmalar sonucunda betonun çatlamaması için tel örgülü hasır ve ön germeli donatılar kullanılır. Dayanımı püskürtme betondan daha büyüktür. Beton ek yerlerinde sızıntı çöp suyuna karşı özel önlemler almak gerekir. Ayrıca betonun hazırlanması esnasında da su tutucu malzemeler ilave edilerek betonun sızdırmazlığı sağlanabilir.

6.5.1.3 Zemin Çimento Tabakalar

Zemin çimento tabakaları beton kalitesinde yapılabilir ve maliyetçe çok daha ucuzdur. Eğer çakıl ve kum alandan sağlanabiliyorsa çimento ve su ile karıştırılıp sıkıştırma yapılır. Zemin çimentosu %20 silt ve kilden az oranda ve ağırlıkça %3-%12 arasında tabakaya uygulanmalıdır.

6.5.1.4 Bitümlü Beton (Asfalt)

Bitümlü beton veya asfalt, diğer ülkelerde dolgu sahasının geçirimsiz taban teşkilinde kullanılmaktadır. Fakat tabakanın permeabilite özelliklerini iyi incelemek gerekmektedir. Asfaltın eğimli yerlerde ısı almayan bölgelerde kullanılması daha uygundur. Su izolasyonu için birçok malzeme bitümlü üretimden yapılmaktadır. Ana sorun, bitümlü malzemenin, çöp sızıntı suyunun kimyasal etkilerinden zarar görmesidir. Bu kimyasal etkileşimlerden dolayı bitümlü malzeme içerisinde meydana gelen çatlaklarda ilerlemeler olmaktadır.

6.5.1.5 Bitümlü Paneller

1950'li yıllarda 1.25 cm kalınlığında kalın asfalt paneller su rezarvuvar duvarları için geliştirilmişlerdir. Bu bitümlü paneller, düşük gerilmelerde, yüksek deformasyonlu özelliklerde, iyi bir alt temel olarak sızıntı suyunun kontrol sistemi olarak düşünülmüştür. Birkaç panel arası bağlantı sistemi olarak ısı ile yapıştırma,



sarmak, şeritler halinde birleştirmek suretiyle kullanılmaya başlamıştır fakat bu panelleri imalat sırasında kullanmak sanıldığı kadar kolay olmamıştır.

6.5.2 Doğal Malzemeler

6.5.2.1 Sıkıştırılmış Zemin Tabakaları

Düşük hidrolik geçirgenliğe sahip toprak tabakaları genelde kildir. Burada diğer mineraller kilden daha çok bulunabilmesine rağmen, kilin hidrolik geçirgenliğinin çok az olmasından dolayı bu tabakalara mineral geçirimsiz tabakaları, kil tabakaları veya kil şilteler olarak telaffuz edilmektedir. Burada önemli nokta, kil tabakalarının çok uzun süre kalıcı olması gerekliliğidir. Ayrıca kil tabakaların kimyasal sızıntı çöp sularının hareketini kısıtlamalı ve bunun içindeki kimyasalların ayrışma süresini uzatması gibi fonksiyonları da olmalıdır.

Eğer kullanılacak malzemeler permeabilite için uygun değilse ticari birtakım malzemeler ile karıştırılarak düşük hidrolik geçirgenlik sağlanabilir. Az miktarda zemin içerisine katılacak bentonit hidrolik geçirgenliği başka malzemelerin büyük oranlarda kullanılmasına nazaran daha çok düşürebilir.

Plastisite indisi %30-%40'dan büyük olan çok plastik zemini kullanırken dikkat edilmelidir. Çünkü bu tip malzemeler zemin kuruyken çok kuru; zemin ıslakken ise çok yapışkan ortamlar oluştururlar. Bu nedenle plastisite indisi çok yüksek yani çok plastik zeminler arazide çalışılması çok zor zeminlerdir. [15]

Toprak malzemelerinde, hidrolik geçirgenliğin 1×10^{-7} cm/sn'den daha düşük olması için malzemede aranılan özellikler genel olarak şunlardır.

200'nolu elekten geçen malzeme yüzdesi :	\geq %20-%30
Plastisite indisi	: \geq %7-%10
4 no'lu elekten geçen	: \geq %30
Max dane boyutu	: \leq 50 mm

Depolama sahaları taban ve üst örtü tabakalarında yer alan sıkıştırılmış kil, granüler filtre tabakaları ve geosentetiklerin her biri için malzeme seçimi, arazide yapım, yerleştirme kuralları, teknolojisi ve yapım kalite kontrolü son derece önemlidir.

Arazide yeterli kompaksiyonun ve geçirimsizliğin elde edildiğinin, bir kısım özel arazi ve laboratuvar deneyleri ile kontrol edilmesi gerekir. Ancak bu deneyler külfetli ve bazen uzun süre isteyen deneylerdir ve rutin olarak uygulanamazlar. Bu açıdan killi zeminlerin düşük permeabilite ve arazide kompaksiyon kolaylığı açısından uygunluğuna ışık tutan indeks özelliklerinin tayini ve yakın mesafede mevcut killerin kullanılabilirliğinin tespiti yapılmalıdır. En yüksek dereceden sızdırmazlık sağlanması için en önemli öğeler şunlardır: [16]

- Uygun malzeme seçimi.
- Uygun su muhtevasında kompaksiyon.
- Sıkıştırma tabakalarının birbirine iyi kaynaşması.
- Uygun sıkıştırma makinası ile yeterli geçiş.
- Sıkıştırma tabakaları sathının kuruma çatlakları oluşumundan ve dondan korunması.

Düşük permeabilite açısından yüksek kil yüzdesi ve plastisite; arazide sıkışabilirlik (kompaksiyon) kolaylığı açısından düşük plastisite gerektiği için öneriler bu iki ayrı şartı dengeleme yönündedir.

6.5.2.1.1 Mineral Malzeme (Kil) Özellikleri

Depo sahalarını tabanında ve üst kaplamasında kullanılacak olan kil kaplama tabakalarında aranılan başlıca özellikler şu şekilde sıralanabilir:

- 1- Düşük permeabilite.
- 2- Sızıntı suyunu içerdiği organik ve inorganik bileşiklerin zamanla kilin permeabilitesini artırmaması.
- 3- Arazide yeterli kolaylıkla sıkıştırılabilmesi (kompaksiyon).
- 4- Kirleticilerin difüzyon yoluyla düşük yayılımı.



5- Farklı oturma ve desikasyon (kuruma) gibi nedenlerle çatlakların oluşmaması için yüksek duktilite.

6- Şevlerde yeterli stabilite.

7- Kil ve geosentetik arasında yüksek sürtünme açısı.

Mineral geçirimsizlik tabakalarında kullanılacak olan malzemeler için değişik öneriler getirilmiştir. Bu önerileri Çizelge 6.1'de verilmektedir. [13]

Çizelge 6.1 Değişik mineral geçirimsizlik malzeme özellikleri.

Danimarka Şartnamesi:

- Kil Yüzdesi (dane çapı < 0.002 mm) $> \%14$.
- Plastisite İndisi (PI) $> \% 5$.
- m'den büyük taşların ayıklanması.
- Kompaksiyon optimum su muhtevası üzerinde

Gordon - Wisconsin:

- nolu elekten geçen yüzde $> \%50$
- mm çaptan küçük kil dane yüzdesi $> \% 25$
- Plastisite İndisi (PI) $> \% 15$
- Likit Limit (LL) $> \% 30$
- Kompaksiyonda $\%95$ Standart Proktor veya $\%90$ Modifiye- Proktor.
- Kompaksiyonda sıkıştırma tabaka kalınlıkları < 15 cm.

Parker ve Diğerleri:

- $10 < \text{Plastisite İndisi (PI)} < 30$
- 200 nolu elekten geçen zemin yüzdesi $> \% 30$
- Kil yüzdesi $> \% 15$
- Çakıl yüzdesi $< \% 50$
- Kil topakları 50 mm'den küçük olmalıdır.
- Su muhtevası optimum su muhtevasının üzerinde olmalıdır.
- Kompaksiyonda ağır ve uzun keçi ayaklı tip silindir kullanılmalıdır.

Daniel:

- 200 nolu elekten geçen zemin yüzdesi $> \%25$
- 4 nolu elek üzerinde kalan zemin yüzdesi $< \% 30$
- Zeminde maksimum dane çapı 50 mm
- Plastisite İndisi (PI) $> \% 10$

6.5.2.1.2 Kompaksiyon Şartları.

Deneylerden yola çıkarak bulunan sonuçlar, sıkıştırılmış kil tabakalarının hidrolik geçirgenliği üzerinde sıkıştırma metodunun ve sıkıştırma kuvvetinin büyük etkileri olduğunu göstermiştir. laboratuvar çalışmaları göstermiştir ki toprak optimum su muhtevasında, yüksek seviyeli yoğrulma enerjisiyle sıkıştırılınca düşük hidrolik geçirgenliğe ulaşmak kolay olmaktadır. Kil parçalarının iyice bir araya gelerek sıkışması ve içindeki boşlukların yok olması için, toprağın yeterli ölçüde ıslah ve nemli olması gerekmektedir.

1991 yılında yapılan bir çalışmada zeminin %50-%60 oranına kadar çakıl içermesinin zeminin hidrolik geçirgenliğine bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Kil taneleri %50-%60 çakıl ihtiva eden bir ortamda, çakıl danelerinin arasındaki boşlukları doldurmaktadır. Bu doldurma kompaksiyon esnasındaki şartlara bağlıdır.

Sızdırmazlık tabakasının teşkilinde uygulanan kompaksiyon esnasında iyi bir sıkışma sağlamak için aşağıda verilen kompaksiyon şartları yerine getirilmelidir: [17]

- 1- Zeminin su muhtevası optimum su muhtevasının üzerinde olmalıdır.
- 2- Donmuş zemin kullanılmamalıdır.
- 3- Ağır, uzun ayaklı keçi ayağı silindir taban için min 18 tonluk, şevler için min 14 tonluk olmalıdır ve serilmiş olan gevşek zemin üzerinden en az 5 geçiş yapılmalıdır. Minimum ayak uzunlukları 180-200 mm olmalıdır.
- 4- Kuru ve sert topraklar su ilave edilmeden önce ufalanmalıdır.
- 5- Suyun toprağa uniform nüfuzunu sağlamak için %2-3'ten fazla su ilavesi son anda yapılmamalı ve 1-3 gün beklenilmelidir.
- 6- Gevşek tabaka kalınlığı 25 cm den ve sıkıştırılmış kalınlık 15 cm'den fazla olmamalıdır.
- 7- Sıkışma tabakalarının iyi intibakı için yeni tabaka serilmeden sathın 3 cm kadar kısmı pürüzlendirilmelidir.
- 8- Sıkıştırma tabakalarının üstünün kurumaması ve donması engellenmelidir.



6.5.2.2 Bentonit Killeri

Bentonit, kil formasyonundan montmorillonit mineralinden ibarettir. Montmorillonit minerali kalsiyum ve sodyum içerir, bentonit ise tipik bir sodyum montmorillonit özelliğindedir. Montmorillonit kristalleri ince tabaka şeklinde ve yüzeyinde negatif elektrik yüklü montmorillonit kristaline doğru ilerler ve onların etrafında tutulur. Su geçirmeyen durumda ise, montmorillonit kristalleri sıkıca birbirlerine geçmiş durumdadır. Su aldıkları durumda ise yapıları çok açılmakta ve şişme gözlenmektedir. Yüksek su emişlerde ve bentonitin şişme özelliklerinde sadece düşük hidrolik geçirgenliğin yanı sıra düşük kayma gerilmesi de gözlenmektedir.

Bentonitler kuvvetli aniyoniklerdir ve kristal yapılarında negatif elektrik bulundurlar. Zemin boşlukları arasına su girdiğinde iyonlar sudaki kil tabakaları üzerine hidratlanır ve bu iyonlar genellikle sodyum iyonu taşırlar ve böylece bentonitle birlikte sodyum bentoniti oluştururlar. Hidrodinamik özellikler Darcy Kanunu'na göre düşük geçirgenlikte diğer zeminlerle karşılaştırıldığında boşluk büyüklükleri rahatça anlaşılabilir.

Çöp sızıntı suları, kil tabakaları için sorun olmuştur ve içerik olarak organik solvent veya çözülmüş tuz, asit ve alkalileri içermektedir. Sodyum bentonit problemlerini aza indirmek için sodyum iyonlarını kil üzerinde iyon takviyesi yaparak sızıntı suyunu azaltarak yapmaktır. İnorganik kimyaları artırarak polimerler ile kilin duyarlılığını, potansiyelini artırmaktır. Kil tabakaları bir çok zararlı atıkları kapsayan önemli sorunlara sahiptir. Bu durum atıkların özelliklerine göre sentetik malzemelerin kullanılmasını artırmıştır.

6.5.3 Sentetik Malzemeler

“Geosentetik” terimi, geoteknik, ulaşım, ve çevre uygulamalarında zemin içinde zemin davranışını iyileştirme amacı ile kullanılan bütün sentetik malzemeleri tanımlar. Başlıca geosentetik türleri geotekstil, geomebran, geoizgara, geoağ, geohasır ve geokompazit olarak sıralanabilir. Geotekstil geosentetiklerin ilk ve en yaygın olarak kullanılan türüdür. Tekstil ürünü tipinde, geçirimli ve esnek

malzemelerdir. Geomebranlar pratik olarak geçirimsizdir. Izgara, ağ ve hasırlar geotekstillere nazaran çok büyük açıklıklı, görünümleri benzer olmakla birlikte farklı amaçlar için kullanılan geosentetiklerdir. Geokompozitler ise birden fazla geosentetik türü kullanılarak imal edilirler.

Geosentetiklerin hemen hemen tamamının hammaddesi polimerlere çeşitli dolgu maddesi ve kimyasal katkı maddesi ilavesi ile elde edilen termoplastiklerdir.

Devlet Bakanlığı tarafından resmi gazetede yayınlanan Katı atık yönetmeliğinde 2 Kasım 1994'de yapılan değişiklikle kil sızdırmazlık tabakasına ilaveten “yüksek yoğunluklu polietilen folye”, yani “high density polyethylene - HDPE geomebran” kullanılması şartı getirilmiştir. Ancak, geomebran kullanımı belli seviyede teknoloji ve kalite kontrolü gerektirmektedir.[13] En iyi şartlarda bile geomebranda yapım sırasında delinmelerin, ekleme yerlerinde kaçakların olması kaçınılmazdır. Bu sebeple ve sadece kil kaplamanın kullanıldığı durumlar da olabileceği için kil tabakaların kaliteli yapımı önemini korumaktadır. Ayrıca yeterli kalınlıkta ve kaliteli kil kaplamaların evsel atık depolarında iyi performans gösterdiği de bilinmektedir.

Kentsel ve pek çok zararlı atık sahalarında en fazla kullanılan geomebran türü, kimyasal etkenlere ve ultraviyole ışınlarına dayanım, arazide birleştirmenin nispeten kolay oluşu, farklı kalınlıklarda bulunabilmesi ve nispeten düşük maliyet gibi avantajlarından dolayı yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) dir. Bu avantajlarının yanında iyi işçilik gerektirmesi, sürtünme açısının düşük oluşu, ısı ile yüksek genleşme ve büzülme göstermesi ve gerilme çatlaklarına hassas oluşu gibi dezavantajları da vardır. [13]

Kil geçirimsiz tabakaların oluşabilecek kuruma çatlakları, donma - çözülme süreçleri, atık suyun içerebileceği inorganik kimyasal maddeler nedeniyle permeabilitesinin artması gibi dezavantajları vardır. Ayrıca depo alanı çevresinin dik şevli olduğu durumda kil tabakası yerleştirilemez. Ancak kilin doğal bir malzeme olması, bir kısım zararlı maddeleri adsorbe ederek yer altı suyuna karışmasını önlemesi ve örselenmesi durumunda bile işlevini tamamen yitirmemesi gibi avantajları vardır. Geomebranlar delinmedikleri takdirde pratik olarak geçirimsiz

kabul edilecek kadar düşük permeabiliteye sahiptir. Dik şevlere de özel yöntemlerle serilebilir ve kullanıldıkları yere göre dayanımı, yüzey pürüzlülüğü, esneklik, çevre etkilerine dayanıklılık gibi özelliklerinin değiştirilmesi mümkündür. [2]

Çizelge 6.2 Sıkıştırılmış kil ile geosentetik kil şiltelerin karşılaştırılması.

SIKIŞTIRILMIŞ KİL TABAKALAR

- Kalındır (60-150 cm)
- Araziye depo sahasında yerinde yapılır.
- Tasarımda öngörülmuş koşulları sağlaması zordur. (permeabilite gibi)
- Delinmesi imkansızdır.
- Ağır ekipmanlarla inşa edilir.
- Her alanda özel zemin etütleri yapılması gerekir.
- Depo alanına özgü zemin parametreleri bilinmelidir.
- Yüksek çöp suyu sızıntısı ve kimyasal emme kapasiteleri olabilir.
- Diğerlerine kıyasla daha uzun kirlenme ömürleri vardır.
- kalın oldukları için çok hacim kaplarlar.
- Maliyetleri oldukça değişken ve yüksektir.
- Zeminin çekme mukavemeti düşüktür
- Kuruyabilir, donabilir ve çatlayabilir.
- Onarımı oldukça zordur.
- Donma-çözülme döngüsünden kolayca zarar görebilir.
- Tabakanın performansı kaliteli inşa edilmesine bağlıdır.
- inşası nispeten yavaş gerçekleşir.

GEOSENTETİK KİL ŞİLTELER

- İncedir (genelde 10 mm'den küçük)
- Prefabrike üründür.
- Tasarıma uygun inşası oldukça kolaydır.
- Delinebilir ve tahrip olabilir.
- Hafif inşa makinaları ile inşa edilir.
- Tekrarlı arazi deneyleri ve uzun süreli etütler yapılması gerekmez.
- Prefabrike ürün olduğu için özellikleri belirlidir.
- Düşük çöp suyu sızıntısı ve kimyasal emme kapasitesi vardır.
- Diğerlerine kıyasla daha kısa kirlenme ömürleri vardır.
- İnce oldukları için az hacim kaplarlar.
- Maliyetleri belirli ve nispeten düşüktür.
- Yüksek çekme mukavemetleri vardır.
- Islanmadıkları sürece çatlakları olmaz.
- Onarımları çok basittir.
- Donma-çözülme döngüsünden kolayca zarar görebilir.
- Geosentetik kil şiltenin hidrolik özellikleri inşaat kalitesine duyarlı değildir.
- İnşası oldukça pratik ve hızlıdır.

Atık depolama sahalarının taban kaplamalarında geomebran ve kilin birlikte kullanılması nispeten tek cins malzeme kullanımına göre daha güvenilir olmaktadır. Nitekim bu amaçla çok yüksek şişme ve su adsorpsiyon kapasitesin ve 1×10^{-11} m/sn civarında permeabilite katsayısına sahip bentonit kil mineralinin geomebran üzerine kuru (bazen bir yapıştırıcı karıştırılmış olarak) yaklaşık 5 mm kalınlıktaki iki geotekstil arasına konarak veya geomebrana yapıştırarak, 4-5 m eninde, 25-60 m boyunda imal edilmiş geokompozitler mevcuttur. Bu ürünlere geosentetik kil şilte de denilmektedir. Geosentetik kil şilteler hidrolik bariyer olarak görevlerini daha iyi yapabilmektedirler. (Çizelge 6.2) Ayrıca atık korumada da etkin bir araç olarak kullanılırlar. Günümüzde piyasada dört çeşit geosentetik kil şilte üretilmektedir. Bunlar Bentofix[®], Bentomat[®], Claymax[®] ve Gundseal[®] dir. [1]

6.6 Sızıntı Suyu Drenajı

Sızıntı çöp suyu, çöp deposunun çevre açısından önemli bir parametresidir. Sızıntı suyunun ana kaynağı yağmur suları ve çöpün ihtiva ettiği sudur. Katı atık sahası işletmede iken hektar başına günde yaklaşık olarak 2-5 m³ sızıntı çöp suyu oluşur. Sızıntı çöp suyu miktarı, atıkların kompozisyonu, miktar, türü ve yağışlara göre değişir.

Sızıntı suyunun drenajında Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinin 26. Maddesinde belirtilen hususlara göz önüne alınmalıdır. Bu maddede belirtildiği gibi geçirimsiz hale getirilen taban üzerine dren boruları döşenerek sızıntı suları bir noktada toplanmalıdır. Drenaj borularının çapları minimumun 100 mm ve eğimleri %1 den az, et kalınlığı 10-16 Atü iç basınca dayanacak şekilde olmalıdır. Dren boruları mümkün olduğunca yatayda ve düşeyde kıvrım yapmadan münferit borular şeklinde depo sahasının dışına çıkmalıdır. Depo tesisinin çıkışında sızıntı çöp suyunun kontrol edilmesi için kontrol bacaları yapılmalıdır. Ayrıca dren borularının çevresine kum-çakıl filtre yerleştirilmelidir. Bu filtrelerin yüksekliği minimumun 30 cm yapılmalıdır. Drenaj sisteminin çok iyi bir şekilde projelendirilerek, atık kütlesi içinde sızıntı suyu seviyesi oluşumu engellenmelidir. Ayrıca sahaya ilk atık tabakası yerleştirilirken çok dikkatli olunmalı ve drenaj tabakası olarak kullanılan kum-çakıl filtrenin yerinden

oynamaması sağlanmalıdır. Yönetmeliğin öngördüğü şekilde sadece boru etrafına filtre yerine bütün taban üzerinde drenaj tabakası teşkil edilmesi daha sağlıklıdır.

Drenaj tabakasında kullanılacak çakılın permeabilitesi en az 1×10^{-3} 1×10^{-4} m/sn olmalı ve minimum %2 eğimle serilmelidir. Depo tabanının tamamında oluşturulacak olan drenaj tabakasının kalınlığı en az 30 cm olarak yapılmalı ve kullanılacak çakılda aşağıdaki özellikler aranmalıdır.

1- 200 no.lu elekten geçen danelerin yüzdesi %5 den az olmalıdır.

2- 0.25 mm'den küçük danelerin oranı %10 dan az olmalıdır.

3- Organik madde miktarı yüzdesi %3 den küçük olmalıdır.

4- Uniformluk katsayısı 3 den büyük olmalıdır.

5- Karbonat ve kalsiyumun bağlayıcı olduğu malzemeler olmamalı CaCO_3 (kireç) yüzdesi %20 den az olmalıdır. Kalkerli maddelerden kalsiyum ve karbonatlar çözünerek drenaj sistemi içinde tıkanıklık yaratabilir.

6- Drenaj tabakasında kullanılacak çakıl malzemesinin sert ve yuvarlak olması gerekir. Köşeli taşların parçalanmaları kolaydır ve aynı zamanda geçirgenliği azaltmaktadırlar.

6.6.1 Sızıntı Suyunun Miktarının Azaltılması

Sızıntı suyunun kaynağı öncelikle çöplük üzerine yağın yağmurdur. Yağmurun kısa sürede depo gövdesini terk etmesi için dolgu üzerine eğim vermek gerekir. Bu eğim % 3'den küçük olmamalıdır.

Sahanın etrafındaki yüzey sularının çöp deposuna girmesi önlenmelidir. Bunun için saha kenarlarına drenaj hendekleri açılmalıdır. Buradaki sular çöplükteki sızıntı sularına karıştırılmadan ayrıca drene edilmelidirler. Bu kanallar, yüzey sularının tamamını taşıyabilecek kapasiteye sahip olmalıdır. Ayrıca sahanın yakınındaki arazide yüzey sularının akış yönü değiştirilerek depo sahasına girmesi önlenir. [18]

6.7 Depo Gazının Uzaklaştırılması

Depo gazı, depo gövdesi içerisinde mikrobiolojik ayrışma sonunda ortaya çıkan veya depolanan atığın gaz fazına geçen kısmı olarak isimlendirilir. Depo dolgusunun teşkil edilmesinden sonra gövde içine hava girişi olmadığından, ortamda daha önceden bulunan oksijenin bitmesinden sonra gövde içinde an aerobik reaksiyon başlar. Bu reaksiyon sonucu ortamdaki organik maddeler parçalanarak CO₂, HCO, H₂S ve CH₄ (metan) ortaya çıkar.

Gaz çıkışı atık stabilize oluncaya kadar devam eder. Metan çıkışı depo yapılmasından itibaren birkaç ayda başlayarak iki yıla kadar artarak çıkmaya devam eder. Yaklaşık 20 yıl sonra stabil hale gelebilir. Bu sürede gazın %75'i çıkar. Mutlak an aerobik şartlarda çöp deposunda %54 metan, %45 CO₂ ve az miktarda da diğer gazlar bulunur. Metan gazı hariç diğer gazlar kokulu olduğundan hemen fark edilir. 1 m³ çöpten 100-400 m³ arasında gaz çıkışı olabilmektedir.

Bu gazlar çevreye yayılarak koku, yangın, patlamalar ve zehirlenmelere sebep olabilirler. Depo gazları (özellikle metan gazı) yeraltından 200 m mesafelere kadar ulaşabilmektedir. Hatta depo sahası çevresindeki binalarda, bodrum, kanalizasyon veya kablo boruları vasıtasıyla yayılarak çeşitli patlamalara, boğulma ve zehirlenmelere de sebep olabilmektedirler.

Depo gazının, hem çevreye yayılıp tehlike oluşturmasını önlemek ve hemde kısmen toplanan gazı değerlendirebilmek için bir gaz toplama sistemi ile bu gazların toplanması gerekir. Toplanan bu gazlar değerlendirilmeyecek ise kontrollü olarak atmosfere verilmelidir.

Gaz toplama bacaları, depo sahasında dolgu yapılmadan önce veya dolgu işlemi tamamlandıktan sonra sondajla açılırlar. Bu baca veya kuyuların çapı 1 m. olur. Eğer depo sahasında oluşan gazlar kullanılacak ise bacanın ortasına yüksek yoğunluklu polietilenden üretilmiş yada yarıklı dren borusu konulur. Bu borunun etrafı çakıl veya mıcır ile doldurulur. Depo gazlarından faydalanılacak ise kuyunun içi sadece mıcır ve çakılla doldurularak, gazlar doğrutusunda atmosfere verilir. Gaz toplama kuyularında kullanılacak mıcır veya çakıllar kalkersiz olmalıdır. Depo

sahasındaki gazların iyi bir şekilde toplanabilmesi için kuyular arası mesafe 30-60 m mesafede olmalıdır. [18]

6.8 Düzenli Depo Sahalarının İşletilmesi

Çevre zarar vermeyen sağlıklı bir çöp dolgusu elde etmek ve depo sahası kapasitesinin planlanan süreden önce dolmasını önlemek için işletmenin belirtilen tekniğe uygun olarak yapılması gerekir.

Katı atık düzenli depolama alanını yönetecek ve depo sahasına giren atıkların denetimini yaparak gerekli önlemleri alacak eğitilmiş işletme personellerine ihtiyaç vardır. Personel karşılaşılabilecek her türlü kaza ve tehlikeyi önleme konusunda alınacak tedbirleri bilmeli, yangın ve ilk yardım konularında eğitilmiş olması gerekmektedir. Depo sahasında görevli sayısı katı atık miktarı ve kontrol sıklığına bağlı olarak belirlenmelidir. Düzenli depo sahalarının işletilmesinde aşağıda belirtilen hususlar yerine getirilmelidir. [19]

1- Personel işletme ve kaza talimatlarına göre depo sahasını işletmeli ve kaza anında bütün önlemleri almalıdır.

2- Katı atıklar depo sahasına kontrol edilerek ve tartılarak alınmalıdır.

3- Yanan ve sıcak çöpler varsa, söndürüldükten ve soğutulduktan sonra depolanmalıdır.

4- Tehlikeli ve zararlı maddeler evsel atık depo sahalarında depolanmamalıdır.

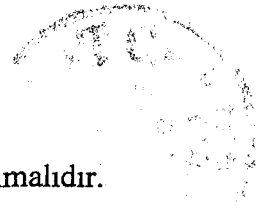
5- Tıbbi atıklar ve evsel atıklar birlikte depolanamazlar. Bu atıklar ayrı bölmelerde depolanarak, her gün sonunda üzerleri 10-15 cm kalınlıkta kireç ile örtülmelidir.

6- Depo sahasının çevresine ve girişine rasgele katı atık dökülmesine izin verilmemelidir.

7- Dolgu sırasında sahaya düşen yağış suları kontrol edilerek atıkların içine girmemesi için önlem alınmalıdır.

8- İşletme sırasında yeraltı ve yerüstü sular kirletilmemelidir.

9- Dolgu sırasında toz ve koku oluşumu mümkün olduğunca önlenmelidir.



10- Günlük depolanan atıkların miktarı, özellikleri vs. için defter tutulmalıdır.

11- Saha çevresinde açılacak gözlem kuyuları vasıtası ile sızıntı suyu ve gaz yayılması kontrol altında tutulmalıdır.

12- Saha içi yollarının, yüzeysel su kanallarının bakımı ve kontrolü periyodik olarak yapılmalıdır.

13- Depo sahasının etrafına yapılacak olan tel örgünün bakım ve kontrolü yapılmalıdır.

14- Depo sahasının etrafında açılmış olan yeraltı suyu kontrol kuyularından haftada bir su numuneleri alınarak yeraltı suyunun kirlenip kirlenmediği kontrol dilmelidir.

6.8.1 Depolama Sahasına Sokulması Yasak Olan Maddeler:

Evsel atıkları düzenli depolamak maksadıyla inŖa edilen depo alanlarında insan ve evre sağlığını korumak amacıyla aŖađıda belirtilen maddelerin depolanması yapılmamalıdır. [4]

- 1- Sıvılar ve sıvı atıkları.
- 2- Akıcılığı kayboluncaya kadar suyu alınmamıŖ arıtma amuru.
- 3- Patlayıcı ve yanıcı maddeler.
- 4- Hastane, klinik ve eczane atıkları.
- 5- Hayvan kadavraları, mezbaha ve hayvansal ürün veren tesislerin atıkları.
- 6- Radyoaktif madde ve atıkları.
- 7- Depolama esnasında aŖırı toz, ve kokuya sebep olabilecek atıklar.
- 8- Tehlikeli atık sınıfına giren katı atıklar.
- 9- Madeni yağlar.

6.8.2 Depo Sahasının Kapatılması

Yağmur suyunun atık kütlesine girmesi ve sızıntı suyu yaratmasını önlemek atık maddenin insan ve canlılarla temasını kesmek gibi nedenlerle üstünün örtülmesi gerekir.

Evsel atık sahalarında biyokimyasal ayrışımın, buna bağlı gaz çıkışı ve hacim değişmesinin (oturmaların) devamının sağlanması ve ilerde oluşacak oturmaların azaltılması açısından düzenli depolama bitiminden sonra sahanın birkaç yıl geçici, basit, nispeten geçirimli bir tabaka ile kaplanması, daha sonra kalıcı türden bir nihai örtü ile kapatılması daha uygun olacaktır. [6]

Depo sahasının kapatılmasında şu sıra takip edilmelidir.

1- Sıkıştırılmış ve düzeltilmiş çöpün üzerine 50 cm kalınlığında dengeleme tabakası serilir. Burada kullanılan toprağın çeşidi önemli değildir. Yalnız homojen olmasına dikkat edilir.

2- Bunun üzerine 30'ar cm'lik iki tabaka halinde, 60 cm. sıkıştırılmış mineral (kil) geçirimsizlik tabakası serilir. Bu kil tabakasının permeabilitesi 1×10^{-8} m/sn den büyük olmamalıdır.

3- Geçirimsizlik tabakasının üzerine 30 cm kalınlığında drenaj tabakası yapılır. Bu tabakanın teşkilinde genellikle kireç oranı düşük kum ve çakıl kullanılmalıdır. Bu tabaka sayesinde yağış ve sulama suları çöplüğün gövdesine intikal etmeden toplanarak, tahliye edilir. Bu tabakanın permeabilitesi yüksek olmalıdır.

4- Permeabilite tabakasının üzerine, ekeceğimiz veya dikeceğimiz bitkilerin kök derinliğine göre minimum 80 cm kalınlığında tarım toprağı serilir. Depo kütlesine düşen yağmurun, kısa sürede sahayı terk etmesi için bu tabakanın eğiminin %3'den büyük olması gerekir.

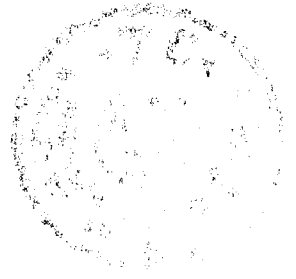
5- Bu tabakanın üzerine, bölgenin ve sahanın konumuna göre bitki ve ağaç dikilerek sahanın üzeri yeşillendirilir.

6- Kapatılan depo sahaslarının üzerine kesinlikle yapı yapılmasına izin verilmez.

6.8.3 Depo Sahasının Kapatılmasını Takiben Yapılacak İşler

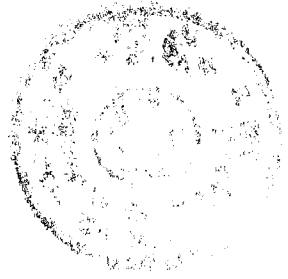
1- Deponun geçirimsiz tabakasının altındaki dren borularının ve çıkış bacalarının bakımı yapılmalıdır.

2- Yamaç kanalları temizlenip etkili bir yüzey suyu tahliyesi yapılmalıdır.



- 3- Erozyonun sebep olduğu tahribat ortadan kaldırılmalıdır.
- 4- Heyelanlar engellenmelidir.
- 5- Su birikintilerine yol açan çökmeler engellenmelidir.
- 6- Gözlem kuyuları ile yeraltı suyu zaman zaman kontrol edilmelidir.
- 7- Depo sahasının çevresindeki çukur kesimlerde gaz ölçümleri yapılarak gaz birikintisinin olup olmadığı araştırılmalıdır.





7. BALIKESİR DÜZENLİ KATI ATIK SAHASI

Balıkesir şehir merkezinin 6 km. batısında olan ve halen belediye tarafından çöp döküm sahası olarak kullanılan Karagedik çöplüğü 1975 yılından beri hizmet vermektedir. Çöplükte şehrin muhtelif yerlerinden gelen çöpler belirli bir tasnif düzeni olmaksızın yığılmaktadır. (Bu depolama düzenine vahşi depolama denilmektedir.) Karagedik çöplüğü ilk kullanılmaya başladığı yıllarda şehrin dışında kalmakla birlikte ilerleyen yıllarda şehrin büyümesi sonucu bu özelliğini yitirmiştir. Balıkesir İl Sağlık Müdürlüğü, DSİ ve birçok kurum ve kuruluşun hazırladığı raporlar doğrultusunda Balıkesir Belediyesi halihazırdaki çöplüğün bir süre sonra kullanımının bırakılması kararını almıştır. Balıkesir şehrinin içinden geçen ve mevsimlik bir dere olan Çay deresi, şehrin önemli bir bölümden geçmiş olması ve taşıdığı kirlilik dolayısı ile sosyal ve sağlık açısından problemler yaratmaktadır.

Bir an önce Karagedik çöplüğü hizmet dışı bırakılarak teknik şartnameler doğrultusunda rehabilite edilmesi ve yeni tekniklere ve yönetmeliklere göre bir çöp bertaraf sistemi seçilerek uygulamaya konulmalıdır.

7.1 Balıkesir Mevcut Karagedik Çöplüğünün Durumu

Balıkesir ilinin merkez Edremit yolu üzerinde şehir yerleşim yerinin kuzeybatı istikametinde Karagedik mevkiinde bulunan şehir çöplüğünde ki hali hazır durum aşağıda ki gibidir.

- Belediye Temizlik İşleri Müdürlüğü'ne ait araçlarla getirilen çöpler belirli bir düzene uymadan çöp döküm alanına ve çevresine gelişigüzel dökülmektedir.
- Çöplüğün kendisinden ve yağmur sularından oluşan çöp sızıntı suları yer altına sızarak yeraltı suyuna karışmaktadır.



• Oluşan sızıntı suları ve yağmur suları denetimsiz ve üstü açık olarak şehrin içinden geçen Çay Deresi'ne karışmaktadır.

• Çöplerin fermentasyonu sonucu oluşan gazların uzaklaştırılması için gaz bacaları yapılmadığından zaman zaman yangın çıkmakta olup, gaz sıkışması sonucu patlama tehlikesi vardır.

• Adnan Menderes Mahallesi'nin çöplüğe uzaklığı tahminen 1-1.5 Km. mesafede olup çöp sahasına doğru yeni inşaatlar yapılmaktadır. Yaz aylarında lodostan esen rüzgarla çöp kokusu ve yangından oluşan duman Adnan Menderes Mahallesi'ni etkilemektedir.

Balıkesir Belediyesi'nin şu anda vahşi depolama yaptığı Karagedik çöplüğünden alınan örneklerin analizleri Çizelge 7.1'de verilmiştir. [10]

Çizelge 7.1 Balıkesir çöplü analiz sonuçları

MADDE GRUBU	% YAŞ	% KURU
Organik Madde Besin Atıkları	62.9	42.2
Plastik	7.5	12.4
Cam	4.2	6.9
Kağıt, Karton	6.8	10.2
Tekstil	0.5	0.8
Metal	3.6	5.8
Tahta vb.	0.9	1.2
<10 mm toprak vb.	13.6	20.5

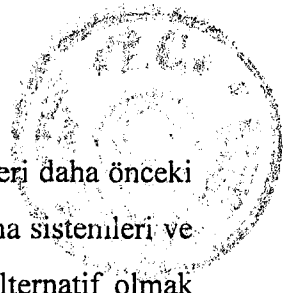
Bu analiz sonuçları ve Balıkesir şehrinin sosyo-ekonomik yapısı, topoğrafik, iklimsel özellikleri gibi birçok faktörün ışığı altında şehir için gerekli katı atık bertaraf etmesistemlerinin değerlendirilmesinden sonra sisteminin seçimi yapılmalıdır. Karagedik çöplüğünden alınan numunelerin analiz sonuçlarına göre kesin yorumların yapılması yanıltıcı olabilir. Halihazır çöplüğün yapısı ve depolama şekli dolayısıyla, şehrin çöpünün genel kompozisyonunun yapılan analizle belirlenmesi zordur. Katı atıkların bertaraf edilmesinde kullanılacak sistemin seçiminde Balıkesir'in topoğrafik durumu, iklimsel özellikleri, sosyo ekonomik durumu, seçilecek sistemin ilk yatırım maliyeti, işletme giderleri, çöp alanının ekonomik ömrü, şehir çöpünün genel yapısı vb. bir çok faktör birlikte değerlendirilmelidir.



Şekil 7.1 Balıkesir yeni katı atık sahasının kuzey yönünden görünüşü



Şekil 7.2 Balıkesir yeni katı atık sahasının batı yönünden görünüşü.



Balıkesir şehri için gerekli olan yeni çöp bertaraf etme sistemleri daha önceki bölümlerde verilen bilgilerin ışığı altında düzenli depolama, çöp yakma sistemleri ve kompostlaştırma olmak üzere 3 ana sistem ve plazma teknolojisi alternatif olmak üzere değerlendirilmiştir.

7.2 Balıkesir Katı Atıkları İçin Bertaraf Sistemlerinin Değerlendirilmesi

Daha önceki bilgilerde göz önüne alınarak düzenli depolama, yakma, kompostlaştırma ve alternatif olarak plazma enerjisi sistemleri değerlendirilmiştir.

A-Düzenli Depolama:

Türkiye'de ve dünyada günümüzün sağlıklı çevre şartlarına uygunluk gösteren en önemli teknoloji türlerinden biridir. İlk yatırım maliyeti ve işletme maliyeti, diğer sistemlerden çok daha düşüktür. Oldukça büyük bir araziye ihtiyacı olması, çöpün ekonomik olarak tekrar değerlendirilememesi gibi dezavantajları vardır. Ayrıca analiz sonuçlarından da görüleceği gibi alt ısıl değer 7896 kJ/kg (1887 Kcal/kg) olması bu çöpün daha farklı şekillerde değerlendirilebileceğini göstermektedir. Alt ısıl değer yaz çöpü için 7896 kJ/kg iken kışın bu değer 4900-5000 kJ/kg'a düşmesi beklenmektedir. Bir katı atığın kendi kendine yanabilmesi için gerekli alt ısıl değer 5000 kJ/kg, ilave bir yakıtla yanabilmesi için gerekli alt ısıl değer 3300 kJ/kg olması gerekir. Bu bulgular dikkate alındığında analiz sonucu çıkan 7896 kJ/kg değeri, bu çöpün ekonomik olarak tekrar değerlendirilmesinin gerekliliğini göstermektedir. Düzenli depolamada önemli bir faktör de düzenli depolamanın ilerleyen yıllarda daha fazla alana ihtiyac duyması veya düzenli depolama için yer seçiminin Balıkesir gibi tarıma yönelik ekonomisi olan bir il için ileride sorunlar yaratabileceğidir. Çevresel etkisi (kirlilik bakımından) kuruluş ve işletme aşamasında, yapısındaki özellikleri doğrultusunda oldukça azdır.



B- Yakma

Katı atıkların bertaraf edilmesinde kullanılan metotlardan birisidir. Dünyada yaygın olarak kullanılmakta olup Türkiye'de sadece bir belediye tarafından kullanılmaktadır. Entegre tesis halinde kurulduğunda çevresel etkisi oldukça azdır. Fakat entegre bir tesisin kurulması ilk yatırım maliyeti ve işletme giderlerinin oldukça fazla olması dolayısıyla pek cazip değildir. Ayrıca Balıkesirin soğuk dönem meteorolojik şartları göz önüne alındığında havadaki kirletici konsantrasyonu arttıran şartların varlığı ile havaya yeni katılacak kirleticilerin mevcut olan hava kirliliğini arttıracığı şüphesizdir.

Özellikle basınç ve rüzgar koşulları zaman zaman hava kirliliğini " kısa vadeli sınır değerler " üzerine çıkarmaktadır. Bu durumda çöp bertaraf sisteminin seçiminde hava kirliliği açısından meteorolojik koşulların da göz önüne alınması gerekmektedir. Yanma sonucu olan nihai ürünlerin (kül, cüruf vb.) tekrara belirli yerlerde depolanmasının gerekliliği oldukça düşündürücüdür. Depolanan bu nihai ürünlerin depolandıktan sonra zamanla yağmur suyu, yüzeysel akış vb. su etkileri ile çözünerek yeraltı suyuna karışması ihtimali büyüktür. Bilindiği gibi Balıkesir ili su ihtiyacının derin su kuyuları vasıtasıyla elde edilmesi yeraltı suyu kalitesinin korunmasını gerektirmektedir. Yakma sonucu çıkan çürüfün su ile soğutulması baca gazlarının temizlenmesi sonrasında çıkan atıksuyun niteliği şehrin kanalizasyon ve arıtma tesislerine ek bir kirlilik yükü getirecektir.

C- Kompostlaştırma:

Kompostlaştırmanın ilk yatırım maliyeti ve işletme giderleri olarak çöp yakma sistemi ile düzenli depolama arasında yer almaktadır. Balıkesir şehri itibarıyla değerlendirilecek olursa arazi ihtiyacı hava, su kirliliği, önemli etkileri bulunmayan bir metoddur. Bu sebepten dolayı bu sistemin değerlendirilmesinde çöpün ana yapısı önemli bir rol oynar. Kompostlaştırma için gerekli üç ana unsur dikkatle değerlendirilmelidir. Bu üç ana unsur sırayla; oksijen, nem ve organik maddedeki C/N oranı ile ifade edilen azotun miktarıdır. C/N oranı yaklaşık 25-35 arasında olmalıdır. Nem muhtevasının taban sınırı ise yaklaşık ağırlık cinsinden %30-40

civarında, nem oranının üst sınırı ise % 60 olmalıdır. Balıkesir şehrinin çöp analizinde ise C/N oranı azalarak 28.5, su muhtevası ise çöp genelinde %61.6 dir. Bu şartlar altında çöpün yapısı itibarıyla kompostlaştırma için gerekli şartların tam olarak sağlanmadığı ayrıca kış aylarında C/N oranının azalarak su muhtevasının artması beklenmektedir. Teknik literatürlerde de bahsedildiği gibi kompostlaştırma tesislerine kar getiren işletme gözüyle bakmak hatalı olacaktır. Balıkesir çöpünün kalorifik değerinin yüksek olması kompostlaştırmadan istenilen verimi etkilemektedir. Diğer önemli bir nokta ise tehlikeli atıkların, hastane atıklarının ve metal, ağır metal vb. sanayi atıklarının bu sistemde işlenememesi kompostlaştırmanın uygun bir sistem seçimi olmayacağını göstermektedir. Balıkesir'de ekonomik faaliyetler içinde sanayinin payının gittikçe artmasına paralel olarak çöp muhtevasında sanayiye yönelik atıkların çoğalması ihtimali oldukça yüksektir. Buna bağlı olarak kompostlaştırma prosesinin istenilen verimi sağlayamayacağı rahatlıkla gözlenebilir.

D- Plazma Teknolojisi:

Günümüzde gelişen dünya teknolojileri ile birlikte çöp bertaraf sistemleri de gelişmektedir. Dünyada kullanımı oldukça az ve Türkiye'de daha önce uygulanmamış olması bu sistemin en büyük dezavantajıdır. Plazma teknolojisi ile çöp bertaraf etme yönteminin ilk yatırım maliyeti olarak biraz daha fazla olması ve işletme giderlerinin düşük olması önemle üzerinde durulması gereken bir konudur. Sistemin bilinen çalışma prensipleri doğrultusunda hava kirliliğine ek bir katkı olmayacaktır. Nihai ürün olarak çıkan atıklar da ekonomik olarak satılabilen malzeme olacaktır. Ayrıca en önemli nokta yüksek sıcaklıklarda (1200 - 1500 °C arası) tehlikeli atıklar, hastane atıkları, metal, ağır metal vb. sorun yaratan her türlü atığın kolaylıkla yok edilmesi mümkün görülmektedir. Bu proseste ekonomik olarak değerlendirilmeyecek herhangi bir atığın çıkması söz konusu değildir. Tesisten çıkan baca gazının emisyon değerinin Türkiye ve dünya standartlarının çok altında olması, işlem sonucu çıkan nihai ürünün çevresel şartlarla bozulmayarak kirlilik yaratmaması ve değerlendirilebilmesi bu sistemin üzerinde dikkatle durulmasını gerektirmektedir.

7.2.1 Sistemlerin Genel Değerlendirilmesi ve Sonuç

Yukarıda sistemlerin avantaj ve dezavantajları değerlendirilmiştir. Bu bilgilerin ışığı altında Balıkesir şehrinin katı atıklarının bertaraf edilmesi için en ucuz yöntem olarak depolama uygun görülmüştür. Fakat çöpün kalorifik değerinin yüksek olması Balıkesir Ovasının tarımsal arazi olarak oldukça değerli olması, çöpün bertaraf edilmesi sırasında enerji kazanımı, tehlikeli ve sanayi atıklarının kesin olarak yok edilmesi gibi faktörlerde gözönüne alınarak bir irdeleme yapıldığı takdirde plazma enerjisi ile çöp bertaraf etme, alternatif bir teknoloji olarak düşünülebilir. Ancak bu sistemin güvenilirliği ve uygulanabilirliği hakkında kesin bilgiler yoktur. Bu yüzden bu sistem hakkında detaylı bilgi edinilmesi ve Balıkesir iline uygulanabilirliği ayrıca araştırılmalıdır. Seçilecek sistemin düzenli depolama olması çöp dökme alanının yeri, topografik durumu, jeolojik, hidrolojik, hidrojeolojik durumu, toprak yapısı, arazi sınıfı gibi bir çok faktörün değerlendirilmesi sonucudur.

Katı atık imha teknolojileri içinde sadece düzenli depolama nihai bir uzaklaştırma yöntemidir. Kompostlaştırma ve yakma işlemleri, geriye nihai olarak bertaraf edilmesi gereken kalıntılar bırakır. Ülkemizde evsel nitelikteki çöplerin yaklaşık %40-60 kadarlık bir kısmı kül, cam, metal ve plastik gibi kompostlaştırılması mümkün olmayan bileşenlerdir. Yakma işleminde ise çöpün yaklaşık %20 kadarlık bir kısmı geriye kül olarak kalır. Kişi başına günde 1 kilogram çöp üretildiği kabul edilecek olursa, herhangi bir işlem yapılmaması halinde depolanması gereken çöp miktarı yaklaşık yılda 400 kg/kişi civarındadır. Kompostlama sonucunda ise depolanacak miktar 200 kg/kişi-yıl dolayında olacaktır. Kontrollü yakma işleminin uygulanması halinde ise yaklaşık 80 kg/kişi-yıl çöp depolanması gerekecektir. Bu bilgilerin ışığı altında gözden kaçmaması gereken bir faktör de bugün Dünyada hangi çöp bertaraf etme sistemi kullanılırsa kullanılsın çöpün içindeki değerlendirilebilir (geri kazanım) maddelerinin genelde menşesinde ayrılarak geri kazanılması ve değerlendirilmesidir. [10]



7.3 Yeni Katı Atık Sahasında Yapılan Çalışmalar

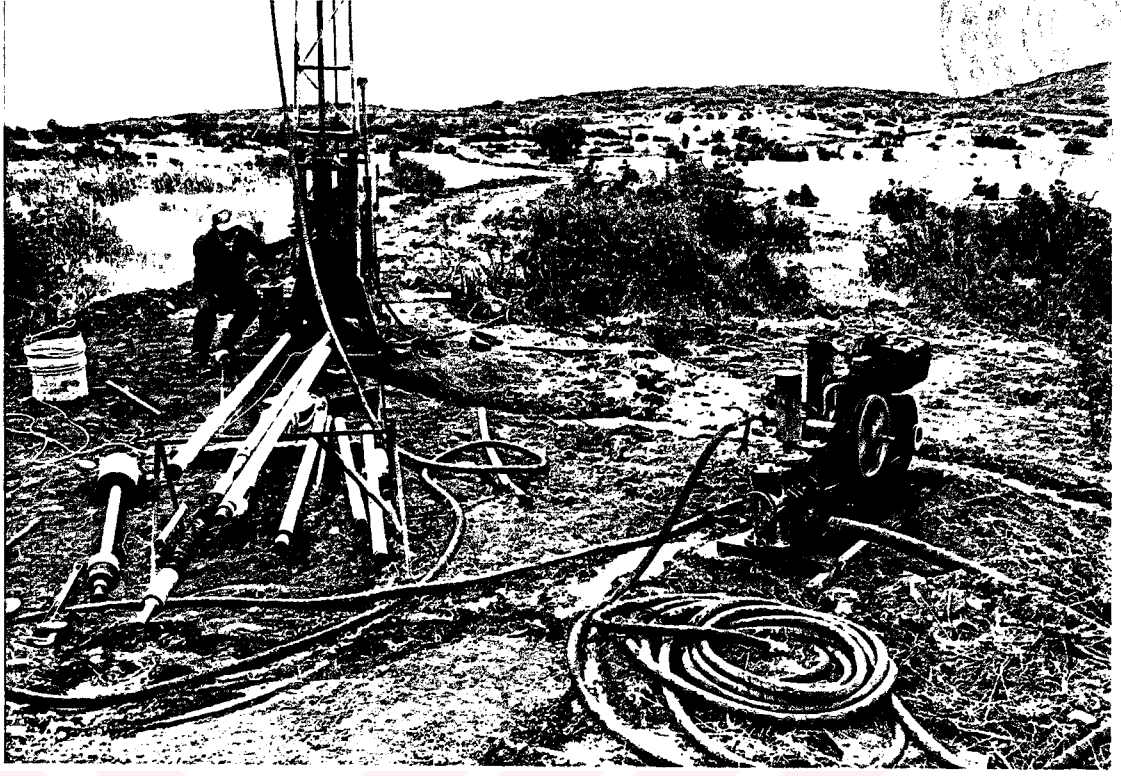
Balıkesir Belediyesi Yeni çöp döküm alanının mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla derinlikleri 8.00 m. ile 20.00 m. arasında değişen 5 adet temel sondajları tamamlanmıştır. Sondajlara ilave olarak altere zonlarda standart penetrasyon deneyleri ile permabilite ve basınçlı su deneyleri yapılmıştır.

Yapılan bütün sondajlarda % 100 karot alınmaya çalışılmıştır, karot alınamayan zonlarda sedimant numuneler alınmıştır. Sondaj ilerlemeleri esnasında altere zonlarda standart penetrasyon deneyi yapılmıştır.

Standart penetrasyon deneyi yerinde yapılan bir dinamik kesme deneyidir. Bu deney " penetrometre " denilen çelikten yapılmış özel bir tüpün belirlenmiş ve enerji kullanılarak darbe ile zemine çakılması sırasında darbe sayısına göre oluşan direncin saptanması esasına dayanır.

Dış çapı 50.00 mm, iç çapı 34.90 mm. olan standart yarık tüp, 63.50 kg. ağırlığında bir tokmak ile 76 cm yüksekten serbest olarak düşürülerek zemine 15'er cm'lik üç giriş (=45 cm.) için vurulması gereken darbe sayıları saptanır. Son iki sayının toplamı N30 veya SPT-N olarak gösterilir.

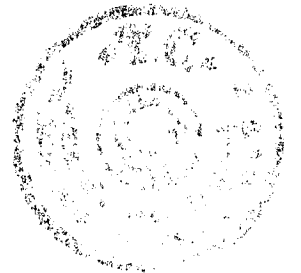
Sondajların ilerlemesi esnasında 2.0 m lik kademeler halinde tek lastikli basınçlı su deneyi yapılmıştır. Tek lastikli basınçlı su deneyi sondajların 2.0 m ilerlemesi karotun yukarıya alınması, kuyu tabanından 2.00 m lik deney yapılacak seviyeye bırakılacak şekilde tek lastik indirilmesi hidrolik baskı ile şişirilerek yerine tutturulması ve birbirini takip eden 10'ar dakikalık sürelerde gereken atmosfer manometre basıncı altında kademeye pompalanan temiz su miktarının ölçülmesi biçiminde yapılmıştır. Bütün kuyularda 2.0 m'lik bir permeabilite tecrübeleri de aralıksız olarak yapılmıştır.



Şekil 7.3 Sondaj makinası ve ekipmanları.



Şekil 7.4 Balıkesir Düzenli Katı Atık Sahasında Sondaj Çalışması.



7.4 Çöp Sahası Zemini Jeoteknik Özellikleri

Balıkesir civarının temel kaya birimleri üzerinde yer alan olası Paleosen-Eosen yaşlı Bağburun formasyonu volkanitleri ile başlayan Tersiyer, Eybek ve Kozak Plütonları ile süregelmekte, daha sonra Üst Oligosen - Alt Miyosen yaşlı Hallaçlar formasyonu volkanitleri ile Alt Miyosen yaşlı Dede Tepe formasyonu volkanitleri izlemektedir.

Balıkesir Belediyesi yeni çöp döküm alanı jeolojik olarak Hallaçlar formasyonu üzerinde yer almaktadır. Hallaçlar formasyonu genel olarak andezit, dasit, traki-andezit, riyodasit türde lavlar, tüfler ve silisleşmiş tüfler oluşturur.

İnceleme alanında andezit ve aglomeralar gözlenmektedir. Çoğunlukla koyu grimsi kırmızımsı renklerde olup çubuk şeklinde gri renkli plajioklas kristalleri içerir. Ayrıca gri - siyah renkli biyotit ve koyu gri proksen fenikristalleri izlenir. Matriks genellikle altere olmuştur. Yer yer aglomeratik görünümündedir.[20]

7.5 Sondaj Kuyularından Alınan Sonuçlar

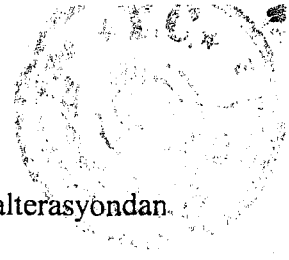
Çöp döküm sahasında açılan 6 sondaj kuyusundan alınan sonuçlar ve yapılan deneylerin sonuçları aşağıda belirtildiği gibidir.

1. Nolu Sondaj Kuyusu :

Çöp döküm sahasının kuzey doğusunda 235 - 245 m. kotları arasında 18 m. derinlikte açılmıştır. Kuyuda geçilen birimler 0.00 - 6.00 m'ler arası çatlaklı ve kırıklı, çatlaklar arası kil dolgulu Andezit, 6.00 - 18.00 m'ler arası ise çatlak araları daha az dolgulu olan gri renkli andezittir. Karot yüzdeleri % 30 - 85 arasında değişmekte, kaya kalitesi yüzdesi RQD ise oldukça düşüktür (% 5 - 15 arası).

2.Nolu Sondaj Kuyusu :

Çöp sahasının güney doğusunda 215 m kotunda 20.00 m. derinlikte açılmıştır. 0.00 - 8.00 m. arası altere aglomera 8.00 - 16.00 m. arası çatlak ve kırıklı altere



aglomera ve 16.00 - 20.00 m. arası pembemsi andezittir. Karot yüzdesi alterasyondan dolayı oldukça düşüktür. Aglomeralarda kaya kalitesi yüzdesi 0 dır.

3.Nolu Sondaj Kuyusu :

Çöp döküm sahasının güney doğusunda, 205 - 215 kotları arasında 20.00 m. derinlikte açılmıştır. 0.00 - 12.00 m. arasında çatlaklı ve kırıklı kil dolgulu aglomera, 12.00 - 20.00 m. arası çatlaklı andezitlerden oluşmaktadır. Karot Yüzdesi düşük, kaya kalitesi yüzdesi 0 ila 15 arasında değişmektedir.

4. Nolu Sondaj Kuyusu :

Çöp döküm sahasının batısında 245-255 kotları arasında 18.00 m derinlikte açılmıştır. 6.00 m. ye kadar çatlaklı ve kırıklı kil dolgulu aglomera 6.00 m. den sonra çatlaklı andezit gözlemlendi. 8.00 m. den sonra su kayıpları artmış ve yarı geçirimli olarak sınıflandırılmıştır. Kaya kalitesi yüzdesi %0-32 arasında değişmekte karot yüzdesi ise %15-65 arasında kalmaktadır.

5. Nolu Sondaj Kuyusu :

Çöp döküm sahasının kuzeyinde 255 kotu civarında 16.00 m. derinlikte tümüyle çatlaklı ve kırıklı andezitler içinde açılmıştır. Karot yüzdesi oldukça yüksek oldukça yüksek (%45-70) kaya kalitesi yüzdesi % 5-18 arasında değişmektedir.

Çizelge 7.2 Sondaj kuyularının basınçlı permeabilite deneyi sonuçları [20]

SK NO	BASINÇ (Atm.)	DERİNLİK (m)								
		0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18
1.NO	2. Atm. Su kaybı. Lt.	8	6	7	9	14	6	9	10	7
S.K.	4. Atm. Su kaybı. Lt.	15	14	13	14	23	10	14	15	15
2.NO	2. Atm. Su kaybı. Lt.	18	20	30	52	45	98	46	35	28
S.K.	4. Atm. Su kaybı. Lt.	32	34	47	75	66	138	68	51	39
3.NO	2. Atm. Su kaybı. Lt.	23	29	29	47	58	63	104	67	28
S.K.	4. Atm. Su kaybı. Lt.	42	46	43	67	81	88	148	93	37
4.NO	2. Atm. Su kaybı. Lt.	4	17	27	43	70	93	108	99	115
S.K.	4. Atm. Su kaybı. Lt.	-	28	42	65	94	135	150	140	155
5.NO	2. Atm. Su kaybı. Lt.	4	17	27	43	70	93	108	99	115
S.K.	4. Atm. Su kaybı. Lt.	-	28	42	65	94	135	150	140	155



7.6 Yeraltı Suyu Durumu :

Çöp döküm yerinde yapılan sondajlarda devamlı olarak yeraltı suyu derinlikleri ölçülmüştür. Sondajların bitmesini müteakip ölçülen yeraltı suyu derinlikleri aşağıda tabloda verilmiştir.

Çizelge 7.3 Sondaj kuyularının derinlikleri ve yeraltı suyu durumu.

SONDAJ NO	SONDAJ DERİNLİĞİ (m)	YERALTI SUYU DERİNLİĞİ (m)
SK-1	18.00	Yok
SK-2	20.00	9.00
SK-3	20.00	12.50
SK-4	18.00	Yok
SK-5	16.00	Yok

7.7 Sonuç ve Öneriler

Balıkesir Belediye'si Yeni Çöp döküm alanının mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla derinlikleri 8.00 ila 20.00 metre arasında değişen 5 adet temel sondaj yapılmıştır. Bu sondajlardan elde edilen veriler ve arazi çalışmaları sonucunda aşağıda belirtilen sonuçlara varılmıştır.

Güzle mevkiinde yer alan çöp döküm alanı Hallaçlar formasyonu volkanitlerine ait aglomera ve andezitlerden oluşmuştur. Alanda yer alan Sep Deresi Asmalık Deresi ile birleşerek Kocaağıl Deresini oluşturmaktadır. Kuru dere niteliğinde olan bu dereler yağışlı mevsimlerde aktif hale geçmektedir. Alanın batı ve kuzeyinde açılan sondajlarda andezit birimi egemendir ve az geçirimli nitelik göstermektedir. Alanın güneybatısında vadi tabanında açılmış SK-2 ve SK-3 nolu sondajlarda ise aglomeralar egemen olarak görülmektedir ve yarı geçirimli zonlar oldukça fazla olarak belirlenmiştir. Yapılan yeraltı suyu ölçümlerinde SK-2 de 9.00 m. ye SK-3 de 12.50 m. de yeraltı suyuna rastlanmıştır. [20]



7.8 Balıkesir Yeni Katı Atık Sahasının Yapısı

Katı atık depo sahası, Balıkesir'in katı atık miktarı ve nüfus artışı göz önüne alınarak üç etaptan oluşan toplam 115.000 m² lik bir alanda çöp depolamak üzere projelendirilmiş olup, katı atık depolama sahası 2.850.000 m³ çöp depolama kapasitesiyle yaklaşık 25 yıl hizmet verecektir.

Depo sahasının yerleşiminde ilerki yıllarda ilave etapların yapımında bir problem çıkmayacak ve saha içinde mevcut servis yollarından maximum fayda sağlayacak şekilde yerleştirilmiş olup, depo sahasının bakımı, işletmesi ve maliyeti gibi nedenler göz önüne alınarak, işletmesi ve inşası birbirinden bağımsız olan üç etaptan oluşturulmuştur. I kısım yaklaşık 38.000 m² lik bir alanda 8 yıl, II kısım 30.000 m² lik bir alanda 8 yıl ve III kısım 47.000 m² lik bir alanda olmak üzere 9 yıl hizmet verebilecek kapasitededir. Ayrıca her bölüm kendi içinde, depolama yapılmayan yerlerdeki yağmur sularının sızıntı sularına karışmadan doğal ortama verecek bir sistemde, iki bölümden oluşturulmuştur. I Etap, depo sahasının yüksek kısımlardan gelecek yüzey sularının depo sahasına girmeden ve sahasının çevresinde birikmeden tahliye edilmesi amacıyla, iki vadisinin depo sahasında birleştiği alanda oluşturularak yüzey suları depo sahasının dışına tahliye edilecektir. II etap saha içindeki mevcut yollardan daha fazla yararlanmak maksadıyla, I etabın önüne yapılmıştır. III etap da depo sahasının yüzey sularının depo sahası çevresinde birikmeyecek ve sızıntı sularını en kısa yoldan sızıntı suyu toplama lagününe iletebilecek sistemdedir.

Her etabın A ve B bölümleri, A bölümünün işletilmesi esnasında işletilmeyen B bölümünde drenaj boruları tarafından sızıntı suyuyla karışmamış olan yağış sularını toplayarak doğal ortama tek bir noktadan verebilecek sistemdedir.

Depo sahasını her kademesi ve bölümleri yüzey sularından ve sızıntı sularının depo sahasının dışına çıkmasını önlemek amacıyla, seddelerle korunmuş ve sızıntı sularıyla yüzey sularının karışması önlenmiştir.



Çöp depolama 1/3 eğimle ve palya sistemi düşünülmüştür. Çöp depolama yatayda 17.85m, düşeyde 5.95m'lik bir kısımdan sonra, gaz bacalarının bakımı ve emniyet açısından bırakılan %0.125 eğimli 4m'lik kısımlar şeklindedir.

Depo sahasının zemin etütlerinde verilen sonuçlara göre ,zemin kayma mukavemeti acısı büyük olan yapılardan oluşmakta ve depo sahasının zeminlerinde kayma gibi bir problem bulunmamaktadır. Depo sahasında oluşturulan seddelerde kullanılacak olan malzemenin özellikleriyle, deprem etkisinde düşünülerek topuk seddesinde %25, çevre seddelerinde %33 eğim kullanılmıştır. Seddelerin dik kesitlerinde zemin eğimleri depo sahasının içine doğru olmaları sağlanarak çöpün seddeleri kaydırma riski bertaraf edilmiştir.

Çöp depolamada emniyet ve işletme kolaylığı açısından ,çöp nihai eğimi %33 olacak şekilde yatayda 17.85 m düşeyde 5.95 m olan palyalı sistem kullanılmıştır. Yatayda 17.85 m den sonra çöp stabilitesinin emniyeti açısından ve gaz bacalarının kontrolü esnasında yol olarak kullanılabilen %0.125 eğimli 4 m'lik bir boşluk bırakılmıştır.

7.9 Depo Sahasının İnşası ve İşletilmesi

Depo sahası sınırlarının çevresinde yüzey sularının depo sahasına girmelerini önlemek, yüzey sularının yönlerini değiştirmek amacıyla minimum %3 eğimle 1 m derinliğinde kafa hendekleri açılacaktır. Kafa hendekleri zaman zaman kontrol edilerek içleri temizlenecektir.

Depo sahasının her kısmı hafriyat planında verilen sınır kordinatlarına göre aplikasyon yapılarak belirlenen sınırlar içindeki alanın tabanı sıyrılarak bitkisel toprak ve köklerden tamamen temizlenecektir. Sıyrılan zemin nihai örtüde kullanılmak üzere ariyet ocaklarında depolanacaktır. Sıyırma işlemi esnasında münhane eğrilerinin düzensiz ve eğimlerin %35 den büyük olduğu kısımlarda kil tabakasının sıkıştırılabilmesi ve kaymaların olmaması için hafriyat derinleştirilerek münhane eğrileri düzeltilecektir. Sıyırma işleminden sonra zemin 30 cm civarında kabartılarak optimum su muhtevasında keçiyağı ve silindirlerle sıkıştırılacaktır

Sıyırma işleminden sonra yeraltı suyu drenaj sistemi planına göre zeminde kılcal ve ana dren kollarından oluşan yeraltı suyu drenajı yapılacaktır. Dere yataklarında oluşturulan ana dren kanalında, muhtemel zemin yeraltı suyu ve kaçak sızıntı sularının toplanabilmesi için 70'lik beton büzler kullanılarak drene edilecektir. Yeraltı suyu drenajı tek bir çıkış noktasına toplanmış olup bu nokta da bir gözlem kuyusu oluşturularak periyodik aralıklarla burada muhtemel birikebilecek sular kontrol edilmelidir.

Mineral geçirimsizlik tabakası ve seedelerde sıkıştırma işlemi 20 cm tabakalar halinde yapılacak ve %95 sıkışma sağlanıncaya kadar sıkıştırma işlemine devam edilecektir. Sıkıştırma işlemlerinde muhtelif yerlerde sıkışma değeri için deney yapılarak optimum sıkışmanın sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilecektir. Yüzeysel sularının depo sahasına girmemesi ve sızıntı sularının kontrol altına alınması amacıyla yapılan seddelerin inşasında, yüksek kotta olan kısımlarda yüzeysel sularını ve sızıntı sularını biriktirmeyecek şekilde dış kenarlarına yüzeysel suyu drenaj sisteminde ve sedde planında verilen eğimleri sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmeli özellikle depo çevresinde ters eğim yapılmamalı ve sedde kenarlarında su birikintisi olmaması için minimum %3 eğim verilmelidir . Seddelerde sızıntı suyu drenaj planında gösterilen yerlerde dren borularının bağlantıları konulacak ve seddelerin dış yüzleri yüzeysel sularının aşındırmasına karşı çakılla kaplanacaktır.

Sızıntı suyu dren borularının yerleştirilmesi sızıntı suyu drenaj sistemi planında verilen nokta koordinatlarına göre yapılacak ve eğimleri kontrol edilecektir. Dren borularında eğimin %3 ün altına düşmesi durumunda, dren boruları verilen eğimi kurtaracak şekilde bir miktar yukarıya doğru kaydırılmalıdır. Tek yönden sızıntı suyu toplayan dren borularının arkasına sızıntı sularını daha iyi toplayabilmesi için 30 cm yüksekliğinde küçük seddeler yapılacaktır

Saha içinde yapılacak olan geçici yollar vasıtaların depo tabanına ve dren borularına zarar vermemesi için depo tabanından en az 2'm yüksekte yapılmalıdır. Çöp depolamaya bölümlerde düşük kotlardan başlanarak sıkıştırma esnasında dren tabakalarının aşağıya doğru kayması engellenmeli ve sıkıştırmaya depo tabanından 5

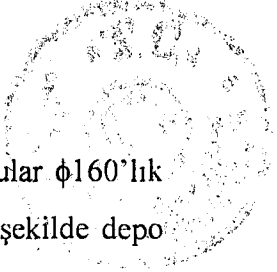
depolama yapılmaya başladığında lagüne giden borunun vanası açılmalı dışarıya tahliye yapan vana kapatılmalıdır. Çöp kamyonlarının depo sahasına girmesinden sonra haznelerindeki suyu doğrudan lagüne bağlı olan bir mazgala boşaltmalı ve böylece depo sahasında sızıntı suyu miktarı azaltılmalıdır.

Gaz dren bacaları sistemde gösterildiği gibi palya başlangıçlarına denk gelecek şekilde yerleştirilecektir. Gaz dren bacaları çöp yüksekliği depo tabanından 2 m yüksekliğe ulaştığında 1m kazılarak delikli beton dren bızleriyle veya hasır donatılarla 1m çapında içi çakılla doldurularak oluşturulacaktır. Gaz dren bacalarının nihai örtü çıkışları 160 mm çapında dren borularıyla yapılacaktır.

Depo sahasının nihai örtüsü yapıldıktan sonra depolama alanının üstünde su akıntılarına karşı içleri taş döşenmiş yüzey suları hendekleri oluşturulacaktır.

Yeraltı suyu dren kanalları sızıntı sularının yoğun olarak bulunabileceği sedde kenarı ve dren borusu altlarında oluşturulmuştur

Yeraltı suyu drenajı dere yatağında 1.m yüksekliğinde ana drenaj kanalı, kısımlar ve bölümler arası seddelerin altında T şeklinde 50x100 cm boyutlarında ve 40x300 cm boyutlarında kılcal drenlerden oluşmaktadır. Bütün drenaj kanalları tek bir çıkış noktasında toplanarak ana dren kanalı içinde 20 m uzunluğunda oluşturulacak dren borusuyla muhtemel yer altı ve kaçak sızıntı suları toplanarak dışarıda yapılacak olan tek bir gözlem kuyusuna verilmiş ve böylece gözlem yapılması imkanı yaratılmıştır. Mineral geçirimsizlik tabakası 60 cm bentonit olarak düşünülmüş ve 20 cm tabakalar halinde sıkıştırılması öngörülmüştür. Sızıntı suyu dren tabakası 30 cm yüksekliğinde ve dren borularının deliklerini tıkamaması ve geçirimsizliğin yüksek olması sebebiyle doğal 16/32 mm çapında elenmiş kireç oranı %30 dan az dere çakılından teşkil edilmelidir. Sızıntı suyu dren boruları sızıntı suyu miktarı göz önüne alınarak ana dren boruları $\phi 200$ 'lük diğer borular $\phi 160$ 'lık üstü yarıklı borulardan ve iki dren borusu arası en fazla 40 m olacak şekilde depo sahasının topografik eğrileri göz önüne alınarak en az %3 eğimle mümkün mertebe münhani eğrilerine paralel olacak şekilde teşkil edilmiştir. Sızıntı suyu dren borularının altına 5 cm kalınlığında çakıl veya kum serilecektir. Ayrıca tek yönden sızıntı suyu toplayan dren borularının önüne 30 cm yüksekliğinde küçük seddeler



suyu miktarı göz önüne alınarak ana dren boruları $\phi 200$ 'lük diğer borular $\phi 160$ 'lük üstü yarıklı borulardan ve iki dren borusu arası en fazla 40 m olacak şekilde depo sahasının topografik eğrileri göz önüne alınarak en az %3 eğimle mümkün mertebe münhani eğrilerine paralel olacak şekilde teşkil edilmiştir. Sızıntı suyu dren borularının altına 5 cm kalınlığında çakıl veya kum serilecektir. Ayrıca tek yönden sızıntı suyu toplayan dren borularının önüne 30 cm yüksekliğinde küçük seddeler oluşturularak sızıntı suyunu daha iyi toplaması düşünülmüştür. Sızıntı suyu dren boruları depolama yapılmayan kısımlardaki yağış sularını depo sahasının dışına tahliye edebilecek şekilde, depolama başladığında sızıntı sularını lagünlere gönderebilecek şekilde vanalarla kontrol edilebilecektir. Dren borularının sedde altlarından geçen kısımları üzeri deliksiz borulardan yapılacaktır. Mevcut depo sahası ulaşım yollarına ilave olarak her etap için servis yolları ve rampaları oluşturularak çöp arabalarının ve kompaktörün depo sahasına zarar vermeden iç kısımlara ulaşması sağlanmıştır. Depo sahasında oluşacak olan metan gazının depo sahasından tahliyesi için yaklaşık 30 m ara ile 1 m çapında ve içi çakılla doldurulmuş gaz drenaj bacaları çöp depolama sistemine uygun olarak palyaların başlangıç kısımlarında teşkil edilmiş ve böylece bakımlarında ve gaz ölçümlerinde kolaylık sağlanmıştır. Gaz bacalarının atmosfere verilmesinde gaz bacasının içinde delikli üst kısımlarda deliksiz $\phi 160$ 'lük boru kullanılarak ileride çıkan gazın değerlendirmek için toplanabileceği düşünülmüştür.

Ayrıca depo sahası çevresinde kafa hendekleri oluşturularak yüzey sularının yönleri değiştirilmiştir

Depo sahasının muhtemel yeraltı sularına ve kaçabilecek sızıntı sularına karşı tabanda oluşturulan yeraltı suyu drenaj sistemi ile kontrol altında tutulması düşünülmüştür.



Şekil 7.5 Katı atık dökümüne hazır bir sahanın görünüşü.



Şekil 7.6 Katı atık dökümü yapılan bir sahanın görünüşü.



8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzde Türkiye'si şartlarında düzenli katı atık depolama sistemi, katı atıkların bertarafında kullanılan teknolojiler içinde, en ekonomik ve çevre düzenlemesine en uygun sistem olarak kabul edilmektedir.

Düzenli depolama, diğer katı atık imha teknolojilerinin aksine, nihai bir uzaklaştırma yöntemidir. Çöplerin bertaraf edilmesi, değerlendirilmesi veya atıklardan yeni bazı maddelerin üretimi için kurulacak sistemlerin tümünde düzenli depolama sahalarına ihtiyaç vardır. Uygun araziler bulunması koşulu ile bu yöntem en ekonomik ve pratik seçenektir. Ayrıca, düzenli depolama en esnek imha yöntemidir. Bir başka ifade ile, düzenli depolama işlemi genelde bertaraf edilen atığın bileşiminden bağımsızdır. Katı atık imha teknolojileri içinde sadece düzenli depolama nihai bir uzaklaştırma yöntemidir. Kompostlaştırma ve yakma işlemleri, geriye nihai olarak bertaraf edilmesi gereken kalıntılar bırakır. Ülkemizde evsel nitelikteki çöplerin yaklaşık %40-60 kadarlık bir kısmı kül, cam, metal ve plastik gibi kompostlaştırılması mümkün olmayan bileşenlerdir. Yakma işleminde ise çöpün yaklaşık %20 kadarlık bir kısmı geriye kül olarak kalır. Kişi başına günde 1 kilogram çöp üretildiği kabul edilecek olursa, herhangi bir işlem yapılmaması halinde depolanması gereken çöp miktarı yaklaşık yılda 400 kg/kişi civarındadır. Kompostlama sonucunda ise depolanacak miktar 200 kg/kişi-yıl dolayında olacaktır. Kontrollü yakma işleminin uygulanması halinde ise yaklaşık 80 kg/kişi-yıl çöp depolanması gerekecektir. Gözden kaçmaması gereken bir faktör de bugün Dünyada hangi çöp bertaraf etme sistemi kullanılırsa kullanılsın çöpün içindeki değerlendirilebilir (geri kazanım) maddelerinin genelde menşesinde ayrılarak geri kazanılması ve değerlendirilmesidir. Buna karşı, yakma, kompostlama ve diğer imha metotları ile değerlendirme metotları gelişmiş ülkeler için daha uygundur.

Düzenli depolama yöntemi, esas itibarı ile atıkların titizlikle seçilmiş ve hazırlanmış bir alana sistematik olarak yayılıp sıkıştırıldıktan sonra üzerinin günlük olarak örtülmesinden ibarettir. Depolama sahalarının iyi bir planlamayla seçilip hazırlanması ve sahaların işletiminde belirli standartlara uygulaması halinde yapılan işin rasgele boşaltma yönteminden bir farkı kalmaz. Sağlıklı bir depolama sahasının kurulması ön değerlendirme, eleme ve hazırlık aşaması olmak üzere üç aşamalı olarak gerçekleştirilmelidir.

Ön değerlendirme aşamasında, çeşitli mühendislik kriterleri göz önüne alınmak suretiyle katı atıkların depolanmasına uygun nitelikli alanlar belirlenir. Bu alanları belirlerken göz önünde bulundurulması gereken şartlar olarak iklim, jeoloji, hidroloji, yüzey hidroliği, hava alanlarına yakınlık, nüfus yoğunluğu, arazinin kullanımı, bölge halkına etkisi ve diğer faktörleri sıralayabiliriz. Bir katı atık depolama tesisinin yakın çevresindeki halka kabul ettirme olayı çoğu zaman teknik açıdan bile daha önemli bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Vahşi depolama olarak tabir edilen ve çöplerin gelişi güzel olarak atıldığı sahalardaki yanan çöpler, çevreyi tehdit eden sağlıksız ortam ve koku gibi nedenlerle insanlar modern bir tesisin nasıl işleyeceğini ve tasarlanacağını bilmediklerinden, bu tesisleride yanlış yorumlamaktadırlar. Çevre bilincinin giderek arttığı günümüzde, cedredeki halka depolama tesisinin nasıl tasarlandığını ve nasıl işletileceğini öğretmek yeni atık tesisi için kamu oyu desteğini kazanmanın ön şartı olacaktır.

Atık depolama alanının seçimiyle ilgili geoteknik problemler ise alanın mühendislik özelliklerinin belirlenmesi ve analizinin yapılmasıdır. Ana problemler, zemin profilinin saptanması, akiferlerde piyezometrik su seviyesinin ölçülmesi, daha önceki su niteliği, kalitesi ve geokimyasal şartların karakterize edilmesi, başlıca depolama sahasındaki zeminin özelliklerine karar verilmesi ve belli öneme sahip hidrolik iletkenlik, geokimyasal bozulma ve mukavemetin belirlenmesidir.

Belirlenen sahadaki mevcut malzemenin geçirimsizlik tabakalarında kil malzemesi, drenlerde granüler malzeme olarak kullanılması ve alanın depolama sahası olarak mevcut performansının analizi yapılmalı, muhtemel yeraltı suyunda oluşacak etkiler ve tesisin stabilitesinin tespit edilmesi gerekir. İdeal bir depolama

sahası atık kaynağına yakın ve ulaşım imkanına sahip olmalı, taşkın yatağında, heyelan ve fay bölgelerinde, düşük eğimli ve yüzey sularının birikmesine neden olacak yerlerde olamamalıdır. Saha oldukça dayanıklı malzemeye temellendirilmeli ve iyi hidrolik özelliklere sahip olmalıdır. Sahanın genelinde zemin aynı özelliklere sahip olmalı aşırı farklılıklar göstermemelidir.

Düzenli katı atık depolama en önemli aşama olan yer seçiminden sonra sahanın yapımı için bölgenin düzenlenmesi gerekir. Mevcut arazi drenajı düşünülen depolama alanından geçen akış yollarına uydurulmalıdır. Çünkü drenajın yeniden düzenlenmesi, su kaynakları bulunduran bölgelerdeki vadi depoları için önemlidir. Depolama alanının kendi drenajı ilk depo alanından gelen su yollarına kanalizasyon edilmelidir. Saha ulaşım ve saha içi servis yolları, işletme binası, çitler ve kantar yapımı gibi işlemlerde aynı zamanda yapılmalıdır.

Düzenli katı atık depolama sahalarının inşasında en önemli sistemler sızıntı çöp suyuna karşı yapılacak olan geçirimsizlik tabakasıyla toplanan suyu ve gazı depo gövdesinden tahliye eden drenaj sistemleridir. Depo tabanında geçirimsizlik doğal veya sentetik malzemeler ile sağlanabilir. Malzeme seçimi sahanın yapısına, katı atıkların özelliklerine ve maliyete göre yapılmalıdır. Geçirimsizlik tabakasının üzerinde sızıntı çöp suyu biriktirmeyecek şekilde bir drenaj sistemi oluşturularak sular aynı noktada toplanmalıdır. Oluşturulan drenaj sistemi zaman zaman kontrol edilmelidir. Oluşturulacak gaz drenaj sistemi depo gövdesinin herhangi bir yerinde gaz sıkışmasına izin vermeyecek şekilde tasarlanmalıdır. Zaman zaman depo sahasında ve çevredeki düşük kotlu yerlerde gaz ölçümleri yapılarak gaz birikmesi olup olmadığı kontrol edilmelidir.

Depo sahasında atıklar tabandan yukarıya doğru oluşturulacak günlük hücrelere konulmalıdır. Hücrelerin üzerleri her gün geçici örtü ile örtülmelidir. Hücre yükseklikleri 2-4 m arasında katı atık miktarına göre değişir. Katı atık sahaya boşaltıldıktan sonra 40-60 cm olarak serilmeli ve tabakalar halinde sıkıştırılmalıdır. Katı atık sıkıştırıldığında birim hacim ağırlığının 1 t/m³ olması istenilen bir sonuçtur.

Katı atık depolama işlemi bittikten sonra sahanın üzeri geçirimsiz hale getirilerek yağmur sularının depo gövdesine girmesi engellenmelidir. Aynı zamanda



depo üzerinde su birikintisi oluşmasına izin verilmemelidir. Depo sahasının üzerine tarım toprağı serilerek depo sahasının üzeri yeşillendirilmelidir.

Depo sahasının altındaki tüm alanı temsil edebilecek gibi depo sahasının uygun yerlerinde açılacak olan yeraltı suyu gözlem kuyularından periyodik aralıklarla alınan su numuneleri analiz edilerek yeraltı suyunun kirlenip kirlenmediğı kontrol edilmelidir.





KAYNAKLAR

- [1] Kutay, A., "Katı Atık Depolamasında Karşılaşılan Geoteknik Problemler" M. Sc. Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Anabilim Dalı, İstanbul, (1994).
- [2] Kan, A., "Katı Atık Depolama Tesisleri ve Uygulamadan Bir Örnek", M. Sc. Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Anabilim Dalı, İstanbul, (1995).
- [3] "Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği", Resmi Gazete, Sayı 20814, 14 Mart 1991
- [4] Uluatam, S.S., "Katı Atıklar Hakkında Genel Bilgiler" ODTÜ Sürekli Eğitim Merkezi, Ankara, (1996).
- [5] Daniel, D.E., Early Days of Environmental Geotechnology, pp.3-14, Geotechnical Practice For Waste Disposal, Edited by Daniel, D.E., Chapman & Hall Publ., UK., (1993).
- [6] Oğuz, M., "Katı Atıklar Hakkında Genel Bilgiler", Eğitim Semineri, ODTÜ, Ankara, (1996).
- [7] Borat, M., "Katı Atık Ders Notları", İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul, (1991).
- [8] "Türkiyenin Çevre Sorunları", Türkiye Çevre Vakfı, Ankara, (1995).
- [9] Tabasaran, O., "Katı Atık Teknolojisinde Gelişmeler", Kurs Notları. İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul, (1989).
- [10] Mater, B., Gönençgil, B., ve Diğerleri, "Balıkesir Çöp Bertaraf Etme Yöntemi Fizibilite Raporu", YTÜ, İstanbul, (1994).
- [11] Yıldırım, M., "Katı Atık Depolama Sahası Yer Seçimi ve Çevre Koruma Önlemleri", TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Haber Bülteni, 97/3, (1997).
- [12] Güler, E., Toğrol, E., Avcı, C., "Çevre Geotekniğine Bir Bakış". Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Beşinci Ulusal Kongresi, Ankara. (1994)
- [13] Wasti, Y., "Düzenli Katı Atık Alanları Tasarımı İlkeleri", ODTÜ Sürekli Eğitim Merkezi, Ankara, (1996).
- [14] Wasti, Y., Erol, O., "İnşaat Mühendisliğinde Geotekstil ve Geomebran Uygulamaları Eğitim Semineri", ODTÜ, Ankara, (1992).
- [15] Baysal, G., "Atık Depolama Alanlarındaki Kil Örtü Tabakasıyla İlgili Sorunlar", Altıncı Ulusal Kil Sempozyumu.



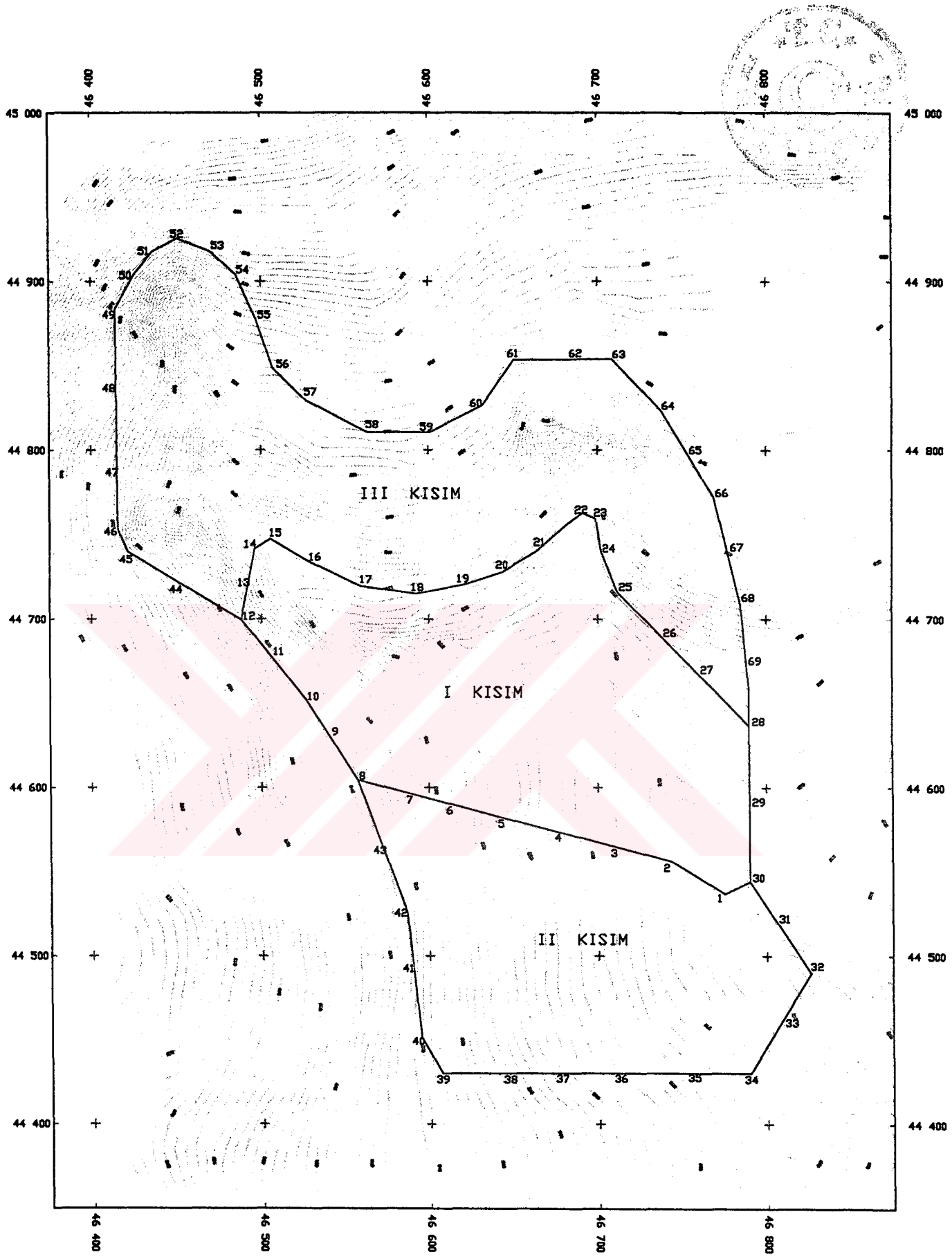
- [17] Ünlü, K., “Düzenli Katı Atık Depolama ve Çevre”, ODTÜ Sürekli Eğitim Merkezi, Ankara, (1996).
- [18] “Küçük Ölçekli Belediyelerde Atık Depo Alanlarının İnşaat ve İşletme Klavuzu”, TC. Çevre Bakanlığı Çevre Kirliliğini Önleme ve Kontrolü Genel Müdürlüğü, Ankara, (1995).
- [19] Tabasaran, O., “Katı Atıkların Toplanması Uzaklaştırılması ve Zararsız Hale Getirilmesi”, İTÜ İnşaat Fakültesi, (1978).
- [20] Erdinç, H., Saylan, Ş., “Balıkesir Belediyesi Çöp Döküm Sahası Jeoteknik Etüd Raporu”, Balıkesir Üniversitesi Vakfı, Balıkesir, (1997).
- [21] Bilgi, O., “Katı Atık Depolama Alanında Stabilitate”, M. Sc. Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Ana Bilim Dalı, İstanbul, (1994).



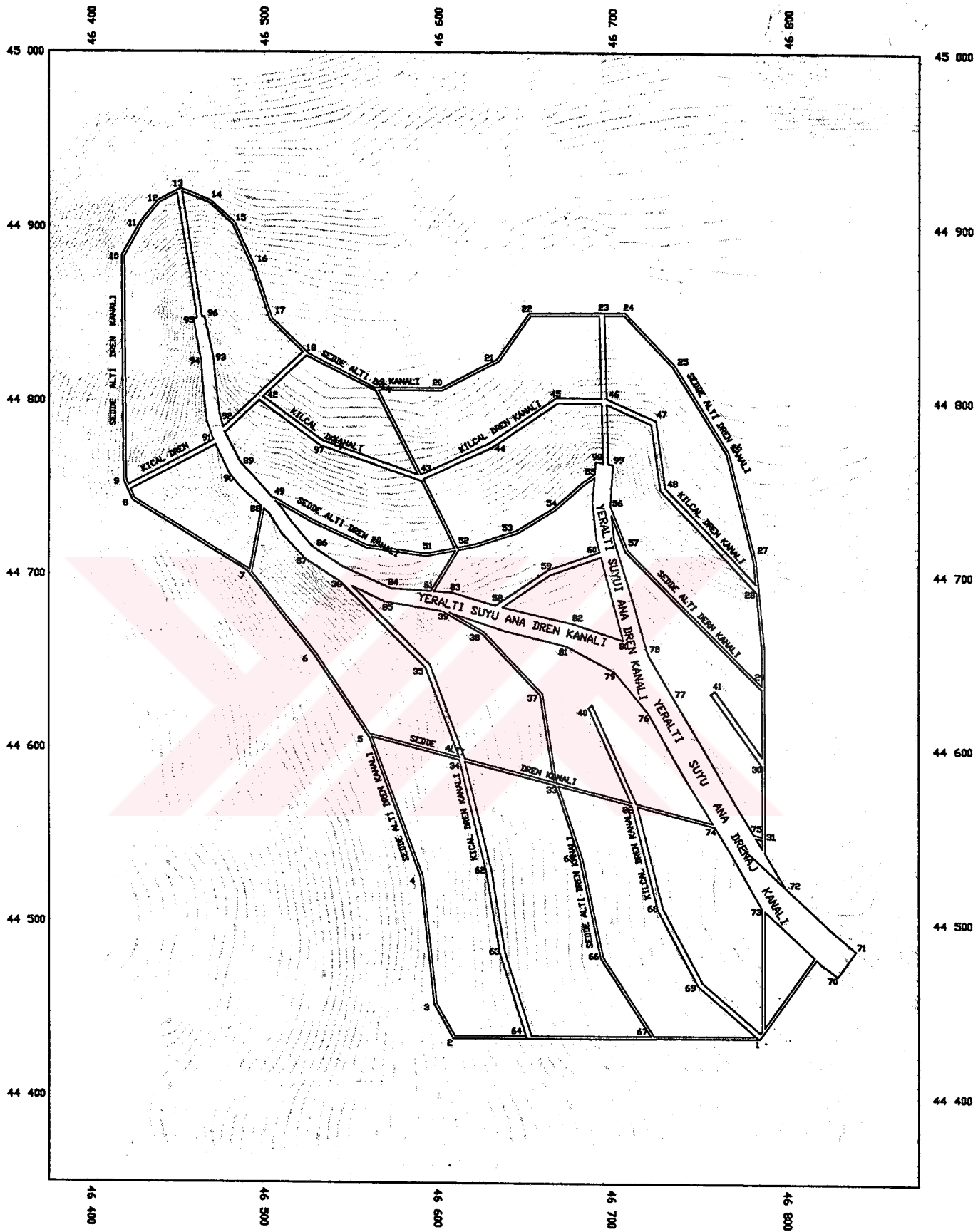


EK A

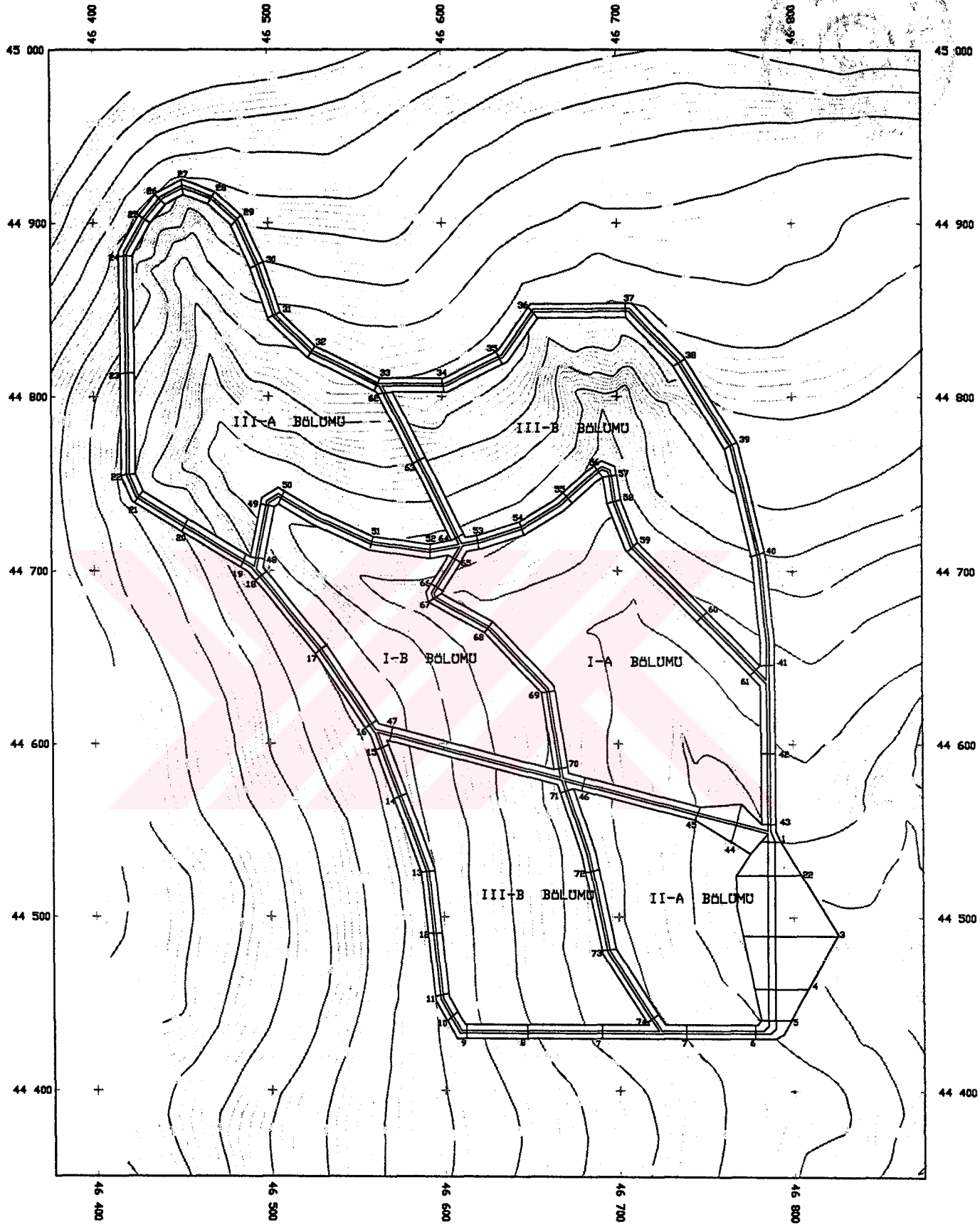
Balıkesir Belediyesi Düzenli Katı Atık Sahası Krokileri



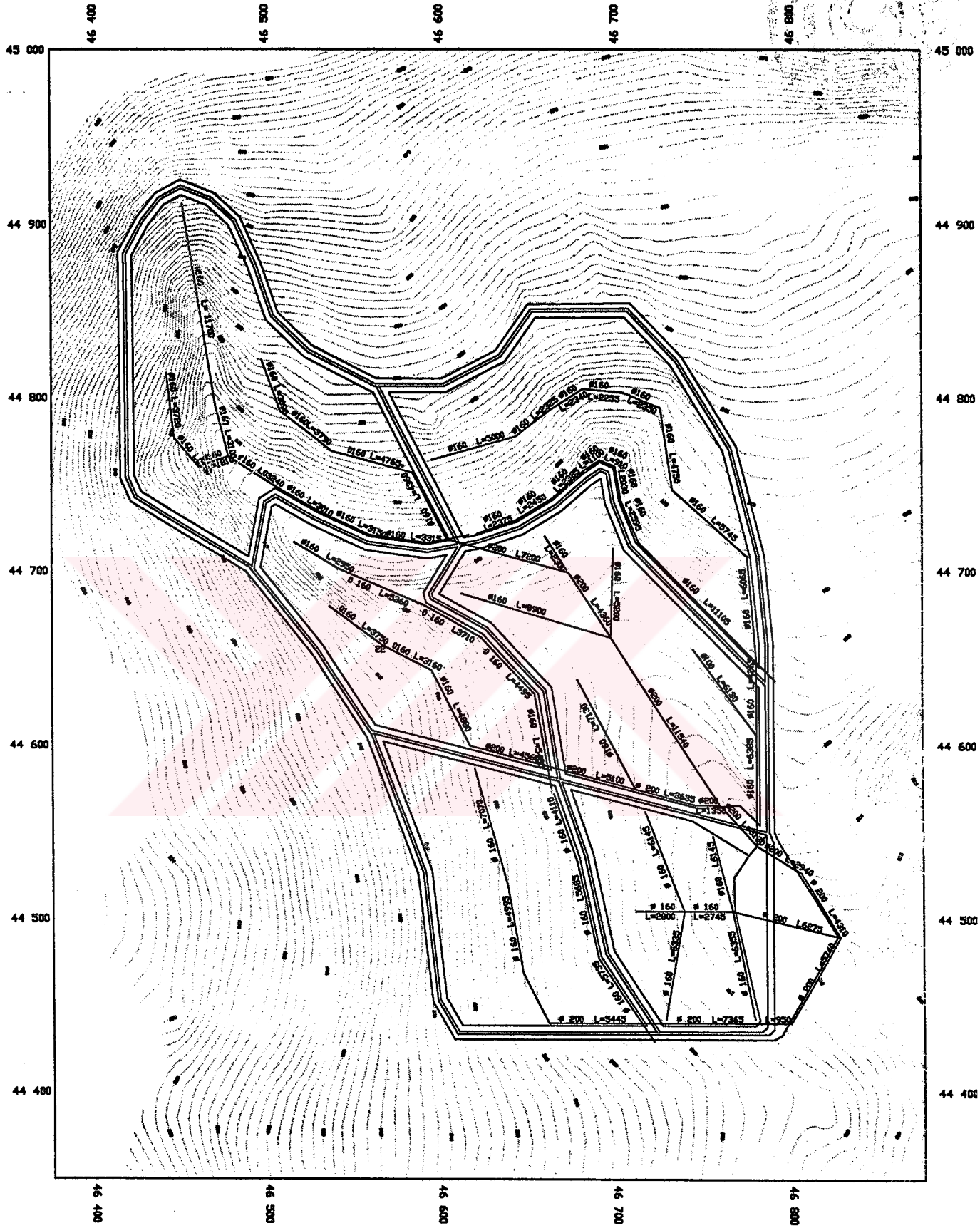
DUZENLI KATI ATIK SAHASI KISIMLARI VE HAFRIYAT PLANI



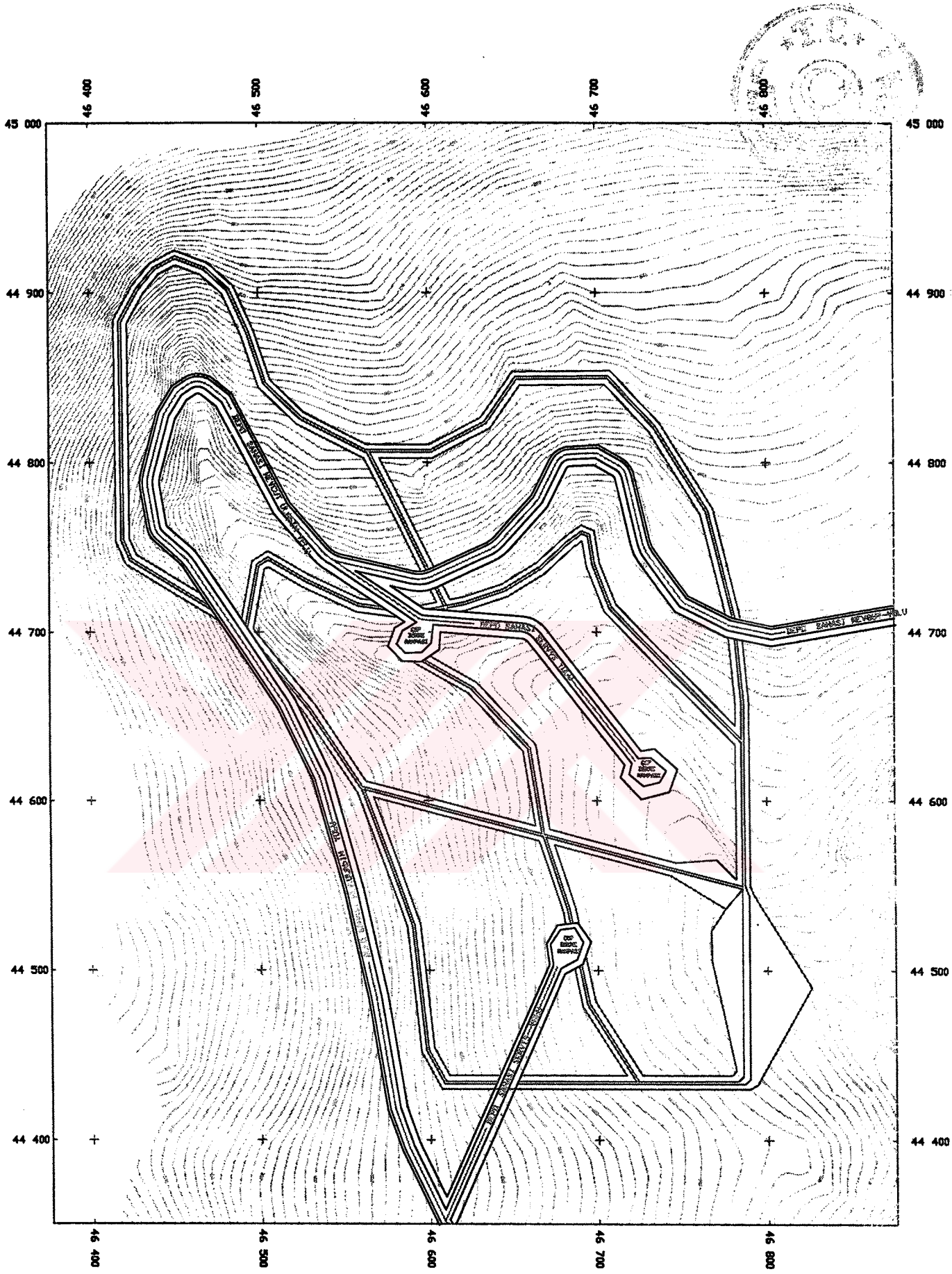
YERALTİ SUYU DRENAJ PLANI



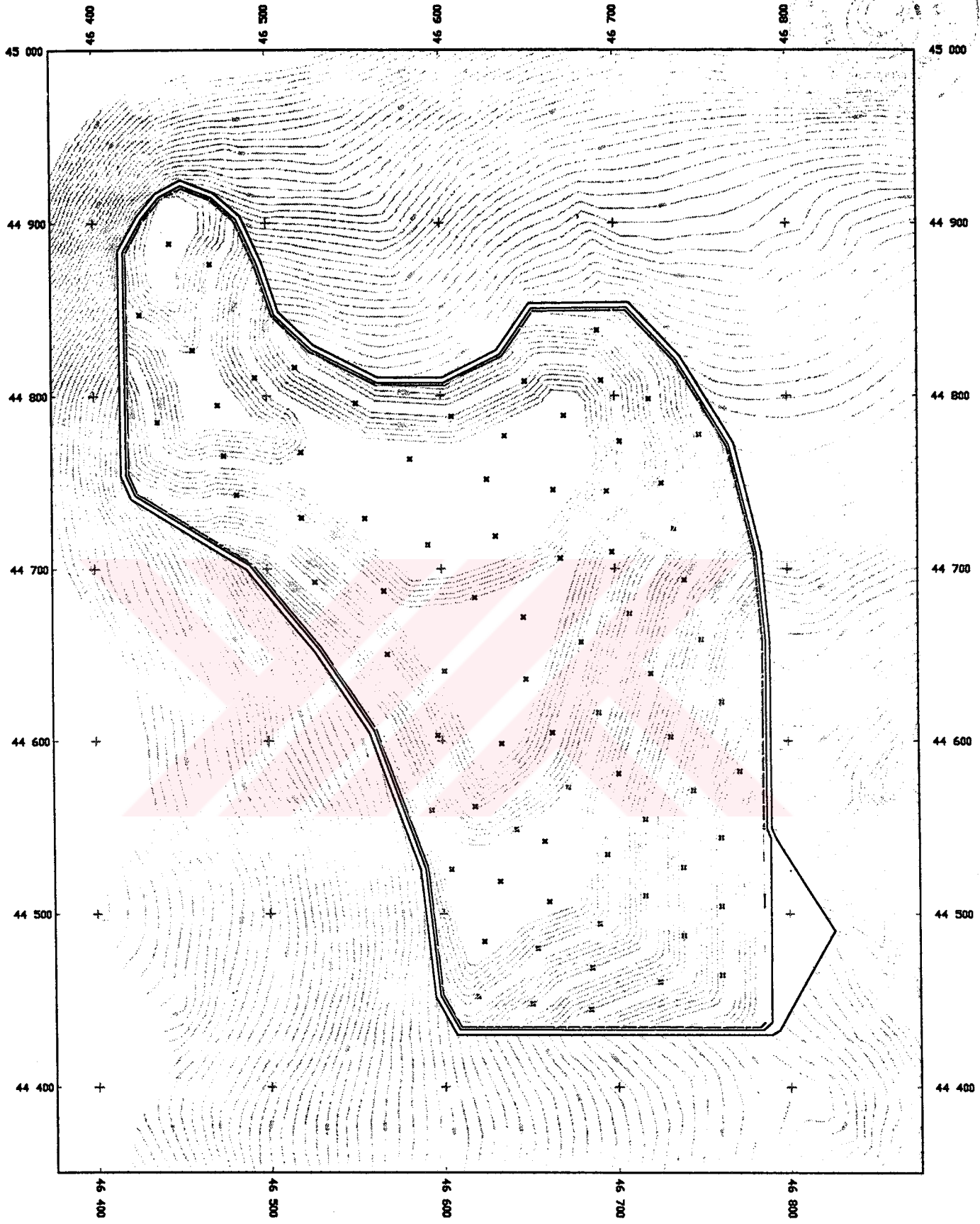
SEDDE YERLEŞİM PLANI



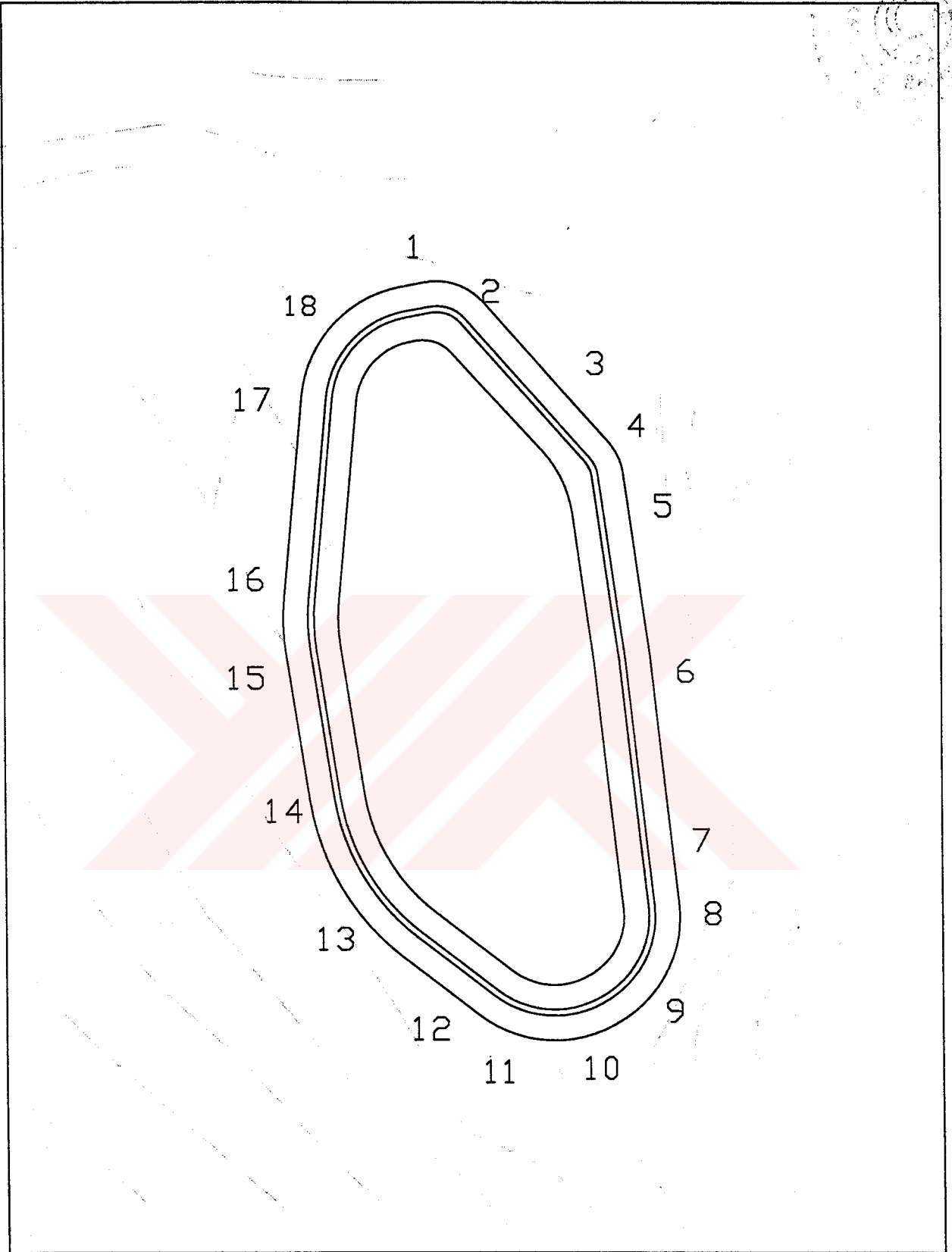
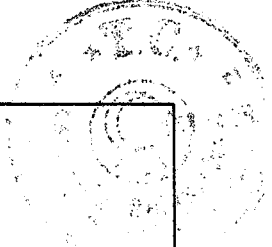
SIZINTI ÇÖP SUYU DRENAJ PLANI



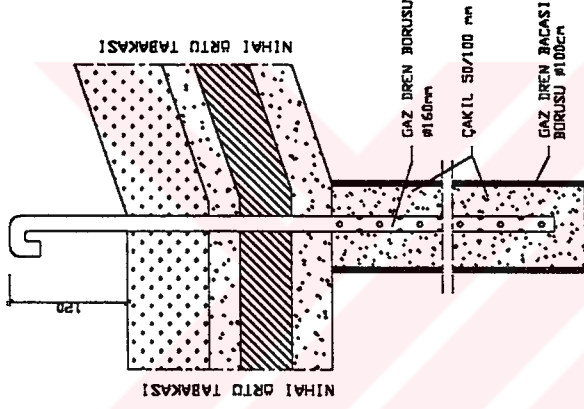
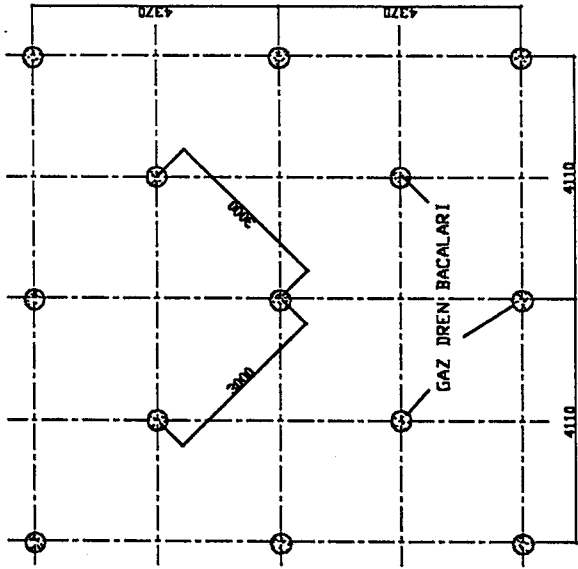
SAHA İÇİ SERVİS YOLLARI VE ÇÖP DÖKME RAMPALARI PLANI



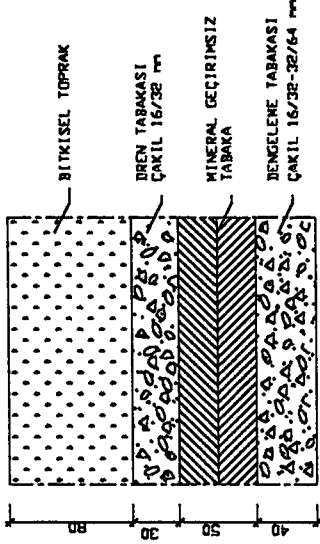
GAZ DRENAJ BACALARI VE NİHAİ HRTU PLANI



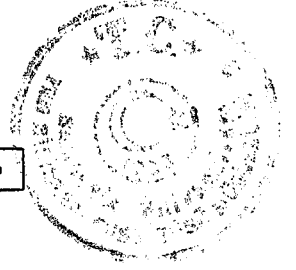
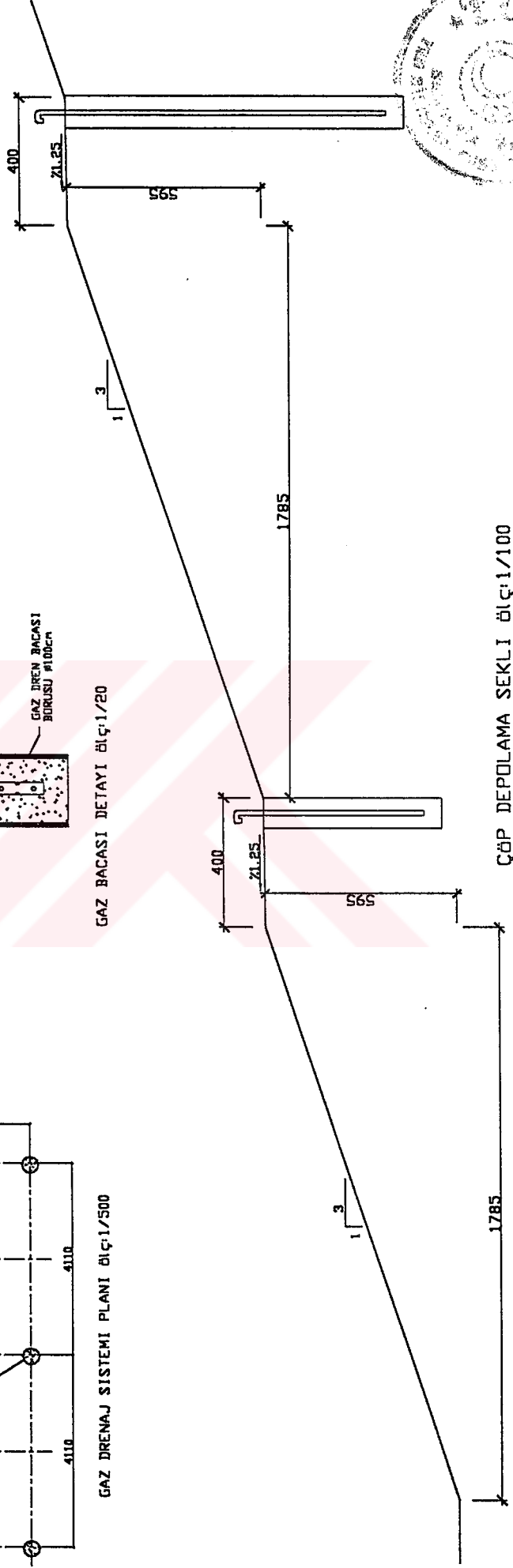
SIZINTI ÇÖP SUYU
TOPLAMA LAGÜNÜ



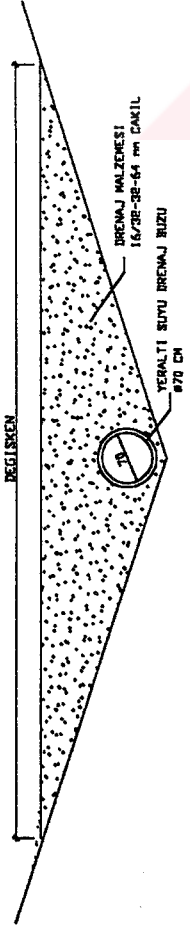
GAZ BACASI DETAYI ÖLÇ: 1/20



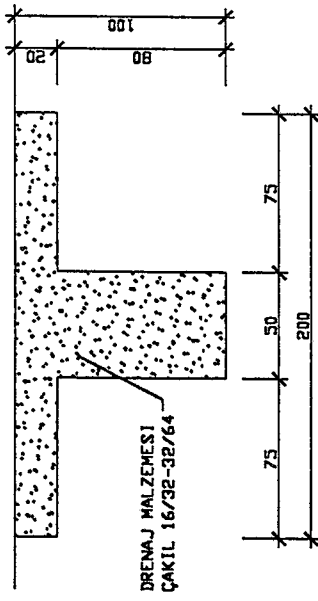
NİHAİ ÖRTÜ KAPLAMASI DETAYI ÖLÇ: 1/20



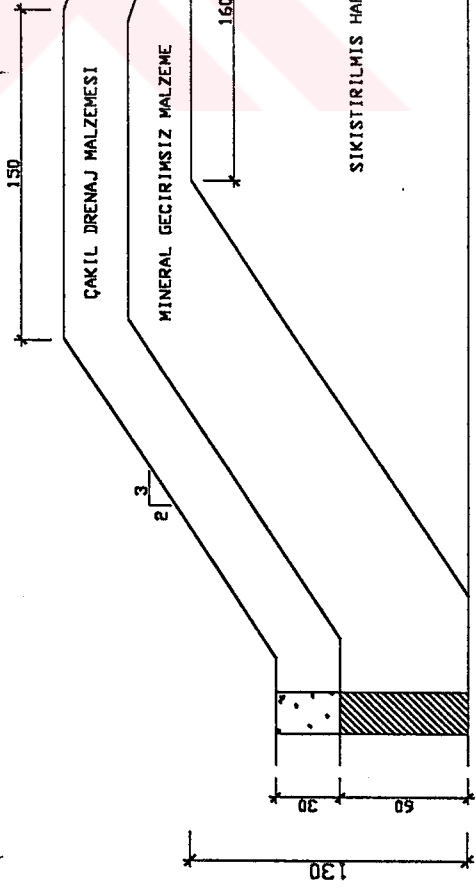
DETAYLAR I



YER ALTI SUYU ANA DREN KANALI ÖLÇ: 1/20



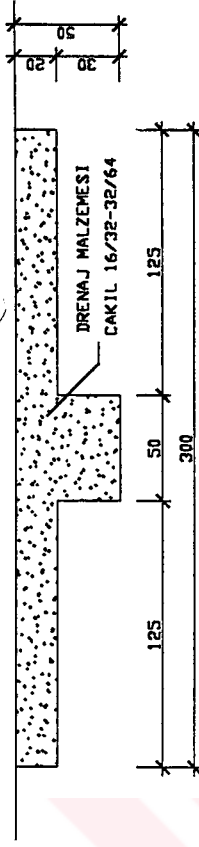
SEDDE ALTI YER ALTI SUYU DREN KESİTİ ÖLÇ: 1/20



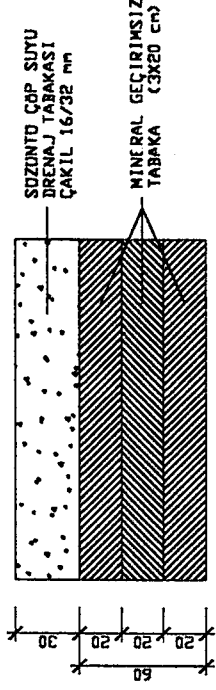
DEĞİŞKEN EGİM

DEPO SAHSI DİŞ KENAR SEDDE KESİTİ ÖLÇ: 1/20

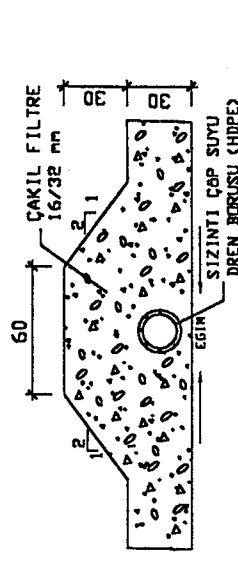
DETAYLAR II



YER ALTI SUYU KILCAL DREN KESİTİ ÖLÇ: 1/20



DEPO TABANI GEÇİRİMSİZLİK TABAKASI KESİTİ ÖLÇ: 1/20



SİZİNTİ SUYU DREN BORUSU DETAYI ÖLÇ: 1/10

