

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEPOLAMA SAHASI GAZLARININ YÖNETİMİ VE
MODELLEMESİ**

104187

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Çevre Müh. Erdinç Oğuz TAŞKAN
(501971406)

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

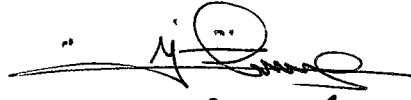
Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 19 Ocak 2001
Tezin Savunulduğu Tarih : 7 Şubat 2001

Tez Danışmanı :
Diğer Jüri Üyeleri

Prof.Dr. İzzet ÖZTÜRK

Prof.Dr. Mehmet BORAT (İ.Ü.)

Yrd.Doç.Dr. İbrahim DEMİR (İ.T.Ü.)







ŞUBAT 2001

104187

ÖNSÖZ

3 yılı aşkın süredir katı atık projelerinde çalışıyor olmam nedeniyle, Yüksek Lisans Tez konusu olarak “Katı Atık Depolama Sahası Gazlarının Yönetimi ve Modellemesi” ni seçmiş bulunmaktayım. Bu doğrultuda yapmış olduğum araştırma ve çalışmalar esnasında, Sayın Hocam Prof.Dr.İzzet ÖZTÜRK’e bana verdiği destek ve pozitif bilimsel katkılarından dolayı teşekkür etmek isterim. Ayrıca, Türkiye için çok yeni ve birçok gelişmelere açık olan “katı atık” sektörüne girmemdeki teşviklerinden dolayı Sn.Tansel TUGAL’a saygılarımı bu vesileyle sunmak isterim.

Şubat 2001

Erdoğan Oğuz TAŞKAN



İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	ix
ÖZET	x
SUMMARY	xii
1. GİRİŞ	1
2. DEPOLAMA SAHASINDAKİ BİYOKİMYASAL SÜREÇLER	2
2.1 Giriş	2
2.2 Depolama Sahasındaki Biyokimyasal Süreçler	3
3. DEPOLAMA SAHASI GAZI BİLEŞİMİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİ	6
3.1 Depolama Sahası Gazı Bileşimi	6
3.1.1 Giriş	6
3.1.2 Depolama Sahası Gazı Bileşimi	6
3.1.3 Eser Depolama Sahası Gazları	8
3.2 Depolama Sahası Gazlarının Çevresel Etkileri	8
4. DEPOLAMA SAHASI GAZI YÖNETİMİ	12
4.1 Giriş	12
4.2 Depo Gazı Oluşumu	12
4.3 Depo Gazı Oluşumunu Etkileyen Faktörler	12
4.3.1 Nem İçeriği	13
4.3.2 Nütriye İçeriği	16
4.3.3 pH Seviyesi	16
4.3.4 Gömülen Atıkların Bileşimi	17
4.3.5 Sıcaklık	17
4.3.6 Partikül Boyutu	19
4.3.7 Atık Yoğunluğu	19
4.4 Depolama Sahası Yönetiminin Metan Oluşumuna Etkisi	19
5. METAN EMİSYONLARI AZALTIMINA YÖNELİK YAKLAŞIMLAR	22
5.1 Giriş	22
5.2 Metan Emisyonu Azaltmaya Yönelik Olanakların Tanımlanması	23
5.3 Atık Yönetimi Uygulamaları	25

5.4	Enerji Kullanımı	26
5.5	Büyük Depolama Sahaları ve Atık Döküm Alanları	27
5.5.1	Depolama Sahasına İlişkin Verilerin Toplanması	28
5.5.2	Ortalama Depolama Sahası Boyutlarının Tahmini	29
5.5.3	Atık Özellikleri	31
5.5.4	İlk Değerlendirme Sonuçları	32
5.6	Potansiyel Gaz Üretimi	33
6.	GAZ MİGRASYONU	35
6.1	Depolama Sahası	35
6.2	Civar bölgeler	38
7.	DEPOLAMA SAHASI GAZLARININ TOPLANMASI VE KONTROLÜNDEKİ MEVCUT TEKNOLOJİLER	41
7.1	Depolama Sahası Gazlarının Pasif Kontrolü	42
7.1.1	Depolama Sahası Örtüsünde Açılacak Basınç Düşürücü Menfez/Alevler	42
7.1.2	Saha Çevresine Yerleştirilen Tutucu Hendekler	42
7.1.3	Saha Çevresine Yerleştirilen Bariyer Hendeği veya Harç Duvarı	43
7.1.4	Depolama Sahası Bünyesinde Oluşturulan Geçirimsiz Bariyerler	44
7.2	Saha Çevresinde Kurulacak Tesislerle Depolama Sahası Gazının Aktif Kontrolü	44
7.2.1	Saha Çevresi Gaz Çekme ve Koku Kontrol Kuyuları	45
7.2.2	Saha Çevresi Gaz Çekme Hendekleri	47
7.3	Depolama Sahası Gazlarının Düşey Ve Yatay Gaz Çekme Sistemleri İle Kontrolü	48
7.3.1	Düşey Gaz Çekme Sistemleri	48
7.3.2	Yatay Gaz Çekme Sistemleri	51
7.3.3	Gaz Çekme Sistemlerinin Geçerliliğini Etkileyen Faktörler	52
7.3.4	Gaz Geri Kazanım Sistemlerindeki Potansiyel Problemler	53
8.	GAZ GERİ KAZANIM VE KULLANIM TEKNOLOJİLERİ	55
8.1	Gaz Geri Kazanım Teknolojileri	55
8.1.1	Gaz Toplama Kuyuları.	56
8.1.2	Blower	56
8.1.3	Alev Sistemi	56
8.2	Gaz Kullanım Teknolojileri	58
8.2.1	Bölgesel Gaz Kullanımı	58
8.2.2	Elektrik Üretimi	59
8.2.3	Boruhattına Vermek	61
8.3	Depolama Sahası Gazının Arıtılması	61
9.	DEPOLAMA SAHASI GAZI TAHMİNİ YAKLAŞIMLARI	65
9.1	İstanbul Gaz Geri Kazanım Projesi Örneği	65
9.1.1	Giriş	65
9.1.2	Amaçlar	65
9.1.3	Yöntem	65
9.1.3.1	Gaz Üretim Hızları	65

9.1.3.2	Etki Bölgesi Testleri	65
9.1.4	Gaz Kuyu Detayları	66
9.1.4.1	Kuyu Başlıkları	66
9.1.4.2	Manifoldlar	66
9.1.5	Pompa Ekipmanı Detayları	66
9.1.6	İzleme Ekipmanı	67
9.1.7	Statik Testler	67
9.1.8	Gaz Pompa Testleri Sonuçları	67
9.1.9	Problar	67
9.1.10	Etki Alanı	69
9.1.11	Barometrik Basınç – Gaz Üretimi	69
9.1.12	Test Sonuçları & Hesaplamalar	69
9.1.13	Gaz Üretimi	70
9.1.14	Gaz İhtiyacı	71
9.1.15	Sondaj Kuyuları Aralıkları	71
9.1.16	Gaz Çekme Kuyuları Sayısı ve Derinliği	72
9.2	EPA Modeli	72
9.2.1	Depolama Sahası Emisyonları	73
9.2.1.1	Metan ve Karbon Dioksit	74
9.2.1.2	Hava Kirleticileri	75
9.2.1.3	NMOC	76
9.2.2	Sahanın Kapatılmasından Sonra Hesaplanan Yıllar	76
9.2.3	Depolama Sahası Tipinin Seçimi	76
9.2.4	EPA Modelinin Erzurum Örneğine Uygulanması	76
9.3	Tabasaran&Rettenberger Modeli	77
9.3.1	Gaz Tahmini	77
9.3.2	Gaz Potansiyeli	79
9.3.3	Gaz Oluşum Prosesi	80
9.3.4	Gaz Miktarı Eğrilerinin Oluşturulması	81
9.3.5	Tabasaran Modelinin Erzurum’a Uygulanması	82
9.3.5.1	Yaklaşım	82
9.3.5.2	Sonuçlar	84
9.3.5.3	Gaz Eğrisi	84
9.4	Gaz Oluşum Model Sonuçlarının Mukayesesi	84
10.	SONUÇ VE ÖNERİLER	87
10.1	Türkiye’deki Bazı İllerin Katı Atık Kompozisyonu ve Gaz Üretim Potansiyellerine Genel Bir Bakış	87
KAYNAKLAR		89
EKLER		90
ÖZGEÇMİŞ		125

KISALTMALAR

USEPA	: United States Environmental Protection Agency
NMOC	: Non-methane Organic Compounds
CAA	: Clean Air Act
AP-42	: Compilation of Air Pollutant Emissions Factors
VOC	: Uçucu Organik Karbon (Volatile Organic Carbon)
HAP	: Tehlikeli Hava Kirleticisi (Hazardous Air Pollutant)
PVC	: Poli Vinil Klorür
PE	: Poli Etilen
YYPE	: Yüksek Yoğunluklu Polietilen
İY	: İçten Yanmalı
BTU	: British Thermal Unit
LandGem	: Landfill Gas Generation Model
NSPS	: New Source Performance Standards

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 Ayrışma Sonucu Oluşan Yan Ürünler	5
Tablo 3.1 Depolama Sahası Gazındaki Başlıca Bileşenler	6
Tablo 3.2 Depolama Sahası Gazının Başlıca Bileşenleri	7
Tablo 3.3 Kaliforniya'daki 66 Depolama Sahasındaki Gaz Bünyesindeki Eser Gazlar	9
Tablo 4.1 Atık Nem İçerikleri	15
Tablo 4.2 Depolama Sahalarında Depo Gazı Kontrolü	20
Tablo 5.1 Enerji Kullanım Seçeneği Değerlendirme Tablosu	28
Tablo 5.2 Atık Depolanma Yüzdesi ve Atık Oluşumu	30
Tablo 5.3 İlk Değerlendirme Sonuçları Kontrol Formu	32
Tablo 7.1 Depolama Sahalarında Gaz ve Sızıntı Suyu Hareketinin Kontrolünde Kullanılan Geçirimsiz Malzemeler	45
Tablo 8.1 Gaz Türbinleri ile İçten Yanmalı Motorların Mukayesesi	59
Tablo 8.2 Depolama Sahası Gazı Kullanımı Seçeneklerinin Teknik Fizibilitesi Özeti	62
Tablo 8.3 Depolama Sahası Gazı Arıtma Prosesleri	63
Tablo 9.1 Statik Test Sonuçları	67
Tablo 9.2 Kuyuların Verimleri	68
Tablo 9.3 Problarda Okunan Basınç Değerleri	68
Tablo 9.4 Pompa Testleri Özet Tablosu	69
Tablo 9.5 1999 ve 2005 Yılları için Ortalama Gaz Üretimi Tahmini	71
Tablo 9.6 EPA Modeli parametreleri	74
Tablo 9.7 Erzurum'daki Birim Gaz Oluşumu	77
Tablo 9.8 Gaz Potansiyeli	80
Tablo 9.9 Erzurum Şehrinde Oluşan Katı Atık Miktarları	82
Tablo 9.10 Erzurum Kentindeki Katı Atık Miktarı Oluşumu Tahmini	83
Tablo 9.11 Erzurum'daki Birim Gaz Oluşumu	84
Tablo 9.12 Model Sonuçlarının Mukayesesi	85
Tablo 10.1 Türkiye'nin Çeşitli İllerindeki Atık Bileşimleri	88

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 Katı Atık Ayrışmasının Yan Ürünleri	3
Şekil 4.1 Gaz Oluşumunu Etkileyen Faktörler	13
Şekil 4.2 Depolama Sahasındaki Nem İçeriği Döngüsü	15
Şekil 6.1 Depolanan atıklardaki yatay gaz hareketi	36
Şekil 6.2 Gaz migrasyonundaki depolama sahası örtüsü ve atmosferik koşullar arasındaki ilişki	38
Şekil 6.3 Depolama sahası gazının tabakalar arasındaki migrasyonu ve geçirimsiz zeminlerin etkisi	40
Şekil 7.1 Saha Çevresine Yerleştirilen Tutucu Hendekler	43
Şekil 7.2 Saha Çevresi Bariyer Hendeği	43
Şekil 7.3 Depolama Sahasındaki Geçirimsiz Bariyerler	44
Şekil 7.4 Gaz Çekme ve Koku Kontrol Kuyuları	46
Şekil 7.5 Saha Çevresi Gaz Çekme Hendekleri	47
Şekil 7.6 Depolama Sahası Gazı Kuyusu Genel Tasarımı	49
Şekil 7.7 Depolama Sahası Gaz Çekme Kuyusu Genişletilebilir Başlığı	50
Şekil 7.8 Depolama Sahası Gaz Çekme Kuyusu için Sabit Başlık	50
Şekil 7.9 Eşkenar Üçgen Metoduyla Kuyu Aralıklarının Hesaplanması	51
Şekil 8.1 Gaz Geri Gazanım Sistemi Şematik Gösterimi	55
Şekil 8.2 Açık Alev sistemi Tipik Tasarımı	57
Şekil 8.3 Kapalı Alev Sistemi Tipik Tasarımı	57
Şekil 9.1 Metan üretim hızı, k sabitinin hesaplanması	75
Şekil 9.2 EPA Modeli Sonuçlarının Mukayesesi	78
Şekil 9.3 Erzurum Depolama Sahası için Tabasaran Modeli ile elde edilen Gaz Oluşum Eğrisi	86

SEMBOL LİSTESİ

w	: su numunesi kütlesi
d	: numunenin 105°C’de kurutulduktan sonraki ağırlığı
T	: Sıcaklık
R_i	: İdeal gaz sabiti
V_t	: Metan oluşum hızı
Q_{CH4}	: t anındaki metan üretim hızı
L_o	: Potansiyel metan üretim kapasitesi
R	: Depolama Ömrü boyunca yıllık bertaraf edilen atık miktarı
k	: Metan üretim hız sabiti
c	: saha kapatıldıktan sonraki yıl sayısı
t	: İlk atık depolanmaya başlanmasından sonra geçen süre
G_e	: Uzun sürede oluşan gaz miktarı
G_t	: t anına kadar oluşan gaz miktarı
C_{org}	: organik karbon içeriği
θ	: Sıcaklık

ÖZET

Artan nüfus, kentleşme ve sanayileşmeye paralel olarak oluşan katı atık miktarı da aynı hızla artmaktadır. Oluşan katı atıklar en yaygın uygulama olarak ya açık atık döküm sahalarında ya da düzenli depolama sahalarında bertaraf edilmektedir. Depolama sahalarının çevreye etkileri günümüzde iyi bilinmekte ve bu etkiler düzenli depolama sahası işletmesiyle kontrol altına alınıp bertaraf edilmektedirler. Depolama sahasında gerçekleşen prosesler, çevresel etkilerin anlaşılmasında ve kontrolünde büyük önem taşırlar.

Depolama sahalarında gerçekleşen fiziksel, kimyasal ve biyolojik proseslerin etkisiyle, katı, sıvı ve gaz yan ürünleri oluşmaktadır. Bu çalışma kapsamında, depolama sahalarında oluşan gazlar incelenmiştir. Depolama sahası tıpkı bir biyokimyasal reaktör gibi çalışmaktadır. Sonuçta oluşan gazlar, büyük miktarlardaki ana gazlar ile küçük miktarlardaki eser gazlardan oluşmaktadır. Depolama sahası gazının en önemli özelliği olan enerji değeri bu gazların sadece çevresel etkilerinden dolayı değil, aynı zamanda ekonomik faydasından dolayı da kontrolünü gerekli kılmaktadır.

Bu çalışmada, depolama sahasındaki biyokimyasal süreçler ve depolama sahası gazlarının çevresel etkileri anlatılmış ve depo gazı oluşumunu etkileyen faktörler ve bunun bir uzantısı olarak depolama sahası yönetiminin gaz oluşumu üzerindeki etkileri üzerinde durulmuştur. Sonraki bölümde ise, depolama sahası gazı azaltımına ilişkin yaklaşımlardan bahsedilmiştir. Oluşan depolama sahası gazının yarattığı önemli problemlerden birisi de gazın yatay ve düşey hareketiyle civar bölgelere ilerlemesidir. Gazın depolama sahası içinde ve civar bölgelere ilerlemesi konusu da bu çalışma kapsamında ele alınmıştır.

İlerleyen bölümlerde, gazın toplanması ve kontrolündeki mevcut teknolojiler üzerinde durularak toplanan gazın geri kazanımı ve kullanımı için uygun teknolojiler sıralanmış ve bu teknolojilerin birbiriyle mukayesesi yapılmıştır.

Tüm anlatılanların daha gerçekçi ve anlaşılır olabilmesi için, İstanbul Gaz Geri Kazanım Projesi örneği incelenmiştir. Altı MW gücündeki bir gaz geri kazanım tesisinin fizibilitesini yapabilmek için, Kemerburgaz Depolama Sahasında gerçekleştirilmiş olan pompaj testlerinin sonuçları ve bu sonuçlara göre sahada oluşacak gaz miktarları hesaplanmış ve önerilen gaz toplama ve kullanım sisteminin ön hesaplamaları da sunulmuştur.

Depolama sahası gazı potansiyelinin saptanmasında kullanılan diğer bir yol olan modelleme için de iki ayrı model ele alınmıştır: “Tabasaran&Rettenberger Modeli” ve “EPA Birinci Derece Ayrışma Modeli”. Bu iki modelin dayandığı esaslar anlatılarak her iki model de “Erzurum Katı Atık Projesi” için uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar mukayeseli olarak Sonuçlar Bölümünde sunulmuştur.

“Tabasaran&Rettenberger Modelinin” daha sağlıklı sonuçlar ortaya koyduğu görüşüne varılmıştır. Son olarak, Türkiye’nin çeşitli ilerinde daha önce elek analizleri ile elde dilmış katı atık kompozisyonları sunulmuştur.

Tüm anlatılanların ışığında, depolama sahası gaz potansiyelinin belirlenmesi için en güvenilir yolun pompaj testleri olduğu ortaya çıkmıştır. Sahada yapılacak testler ile gazın sadece miktarı değil, kalitesi de bulunabilmektedir. Böylece uygulanması düşünülen gaz geri kazanım ve kullanım projesinin fizibilitesinin daha sağlıklı yapılabilmesi mümkün olabilecektir.



MODELLING AND MANAGEMENT OF LANDFILL GASES

SUMMARY

In parallel to the development of population, urbanization and industrialization, the generated solid waste amount increases with the same ratio. Generated solid wastes are disposed with the most common practices; either in open dumps or in sanitary landfills. The impacts of landfills to the environment are known by today and these impacts are controlled and overcome by the sanitary landfill operations. Processes occurring in landfills have a considerable importance in knowing and controlling the environmental impacts.

Solid, liquid and gas by products form as the result of physical, chemical and biological processes in landfill. Within the context of this study, landfill gases have been examined. Landfill works just like a biochemical reactor. Finally formed gasses are comprised of main gasses of big quantities and trace gasses of smaller quantities. The energy value of landfill gas necessitates the control of landfill gas not because of only its environmental impacts, but also because of the economical benefits it would provide.

The biochemical processes in a landfill and environmental impacts of landfill gas are explained and factors effecting landfill gas generation are summarized together with the impacts of landfill operation on gas generation. In the proceeding section, approaches for landfill gas mitigation are given. Another problem caused by the landfill gas is the migration by horizontal and vertical movement. Migration of landfill gas both within the landfill and to the surrounding areas is given in this study.

In the following sections, current technologies for landfill gas collection and control are explained and technologies for recovery and utilization of collected gas are summarized together with the comparison of relevant technologies.

In order to make the explained issues more realistic and understandable, “Istanbul Gas Recovery Project” has been studied. For assessing the feasibility of a possible 6 MW gas recovery project, pumping trial test results are given and gas amount to generate on site are calculated. Preliminary calculations of the proposed gas collection and utilization system are also provided.

Modeling used in the determination of the landfill gas potential is studied with two different model approaches: “Tabasaran&Rettenberger Model” and “EPA First Degree Degradation Model”. The principles of these models are summarized and both models are applied for “Erzurum Solid Waste Project”. The results obtained are provided in the last section on comparative basis. It has been found out that the “Tabasaran&Rettenberger Model” provided more reliable data. As a last step, solid

waste compositions of different cities are presented obtained from the different sorting and sieving analysis performed in different years.

As a result of all the given information, it is clear that the most reliable and accurate method for landfill gas estimation is to perform pumping trials on site. With the trials on site, not only the quantity, but also the quality of the landfill gas could be obtained. By this way, the feasibility of a proposed gas recovery and utilization project could be assessed in a more reliable way.



1. GİRİŞ

Dünya üzerinde artan çevre kirliliği ve bu kirliliğin bir bileşeni olan katı atıklar insan sağlığını gün ve gün daha fazla tehdit eder duruma gelmiştir. Üretilen katı atıklar yaygın bir uygulama olarak ya açık atık döküm sahalarında ya da düzenli depolama sahalarında bertaraf edilmektedirler. Depolama sahası işletmesinin bir parçası olan depolama sahası gazlarının yönetimi oluşan çevresel etkiler ve ekonomik faydalar sebebiyle gün geçtikçe daha fazla önem kazanmaktadır.

Depolama sahasında oluşacak gaz potansiyelinin belirlenmesinde kullanılan yollardan biri, sahada pompa testleri yürütmektir. Buradan elde edilen değerler ile sadece gaz miktarı değil, aynı zamanda olası bir geri kazanım ve kullanım projesini destekleyecek gazın kalitesi hakkında da bilgiler elde edilebilecektir. Bu tür bir çalışmaya örnek olarak İstanbul Gaz Geri Kazanım projesi bu çalışmada sunulmaktadır. Diğer bir yöntem olan modelle için değişik yaklaşımlar bulunmaktadır. Fakat günümüz mühendislik çalışmalarında en yaygın kullanım alanı bulan “Tabasaran&Rettenberger Modeli” ve “EPA Birinci Derece Ayrışma Modeli” bu çalışmada Erzurum örneği için kullanılmış ve makul sonuçlara ulaşmak mümkün olmuştur.

Oluşan gazlar uygun toplama sistemleri ile toplanmakta ve ya yakılmakta ya da gazın enerji değerinden yararlanmak üzere çeşitli vasıtalarla yeniden kullanıma sunulmaktadır (bölgesel kullanım, elektrik üretimi v.b.).

Türkiye için çok yeni bir konu olan katı atıklar ve bunların bir uzantısı olarak da depolama sahası gazları bu tez kapsamında oluşumları, modellenmeleri, kontrolleri ve tekrar kullanımları açısından incelenmiştir.

Elde edilen sonuçlar literatürdeki ampirik değerlere dayandığından, bundan sonraki çalışmalarda sahaya özgü daha fazla bileşenlerin temel teşkil etmesinin doğru olacağı düşüncesi ortaya çıkmaktadır.

2. DEPOLAMA SAHASINDAKİ BİYOKİMYASAL SÜREÇLER

2.1 Giriş

Depolamanın ve depolama sahalarının çevreye olan etkileri günümüzde bilinmekte ve düzenli depolamada gerekli tedbirler alınarak bu etkiler kontrol edilmektedir. Depolama sahası bünyesinde gerçekleşen ayrışma prosesleri çevresel etkilerin anlaşılmasında ve kontrolünde çok büyük öneme sahiptirler.

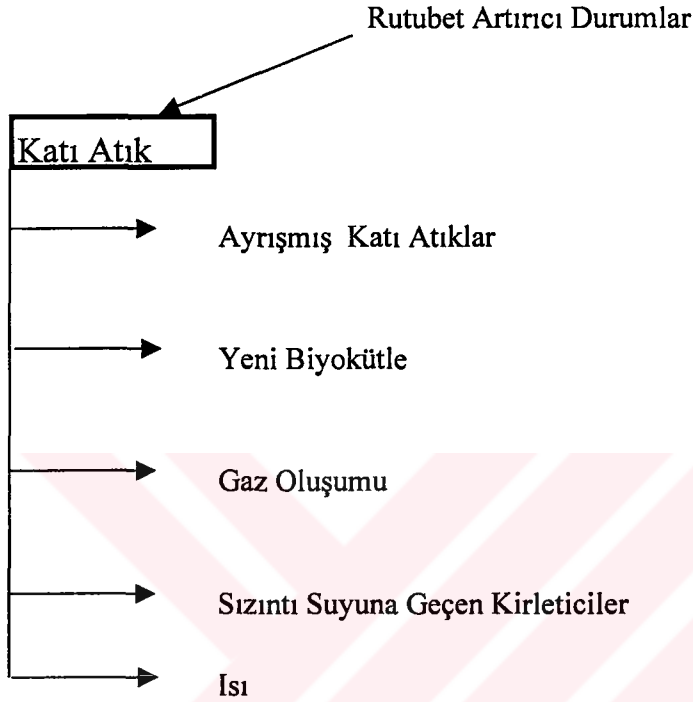
Depolama sahalarında depolanan katı atıklar fiziksel, kimyasal ve biyolojik proseslerin etkisiyle ayrışmaktadırlar. Ayrışmanın sonucunda katı, sıvı ve gaz yan ürünleri oluşmakta ve bu ürünlerin tamamı depolama sahası yönetiminde önem taşıyabilmektedirler. Biyolojik prosesler atıkların depolanmasını takiben atık bünyesindeki organik maddelerde cereyan etmeye başlamaktadırlar. Fakat, bu üç proses arasındaki birbirine bağımlılık durumu, kimyasal ve fiziksel proseslerin de biyolojik proseslerle beraber dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Bu duruma örnek olarak, biyolojik prosesler için gerekli olan nütriyent mevcudiyetinin fiziksel ve kimyasal proseslerden etkilenmesi gösterilebilir (McBean ve diğ, 1995).

Katı atıkların fiziksel ayrışması, atık bileşenlerinin fiziksel bozunma veya suyla temasıyla bozunması ve yer değiştirmesiyle meydana gelmektedir. Saha kapasitesine ulaşılmasıyla (su muhtevastaki en ufak bir artışın su olarak akışa geçtiği seviye), basınç gradyanına bağlı olarak atık bünyesinden ayrılmış parçacıklar akışa geçmekte ve konsantrasyon gradyanına bağlı olarak da difüzyon gerçekleşmektedir. Atığın su muhtevası artmaya devam ettikçe de, daha fazla parçacık kopmaları gözlenmektedir (McBean ve diğ, 1995).

Atık bozunmasında rol oynayan kimyasal prosesler ise, atık bileşenlerinin hidrolizi, çözünme/çökmesi, sorpsiyon/desorpsiyonu ve iyon değiştirmesidir. Kimyasal bozunma genellikle atık bileşenlerinin karakterlerinin değişmesiyle ve daha kararsız duruma gelmesiyle sonuçlanmaktadır (McBean ve diğ, 1995).

Fiziksel ve kimyasal proseslerin her ikisinin de depolama sahası stabilizasyonunda önemli yeri olmasına rağmen, biyolojik ayrışma en önemli procestir. Nitekim biyolojik ayrışma metan üretebilen tek procestir.

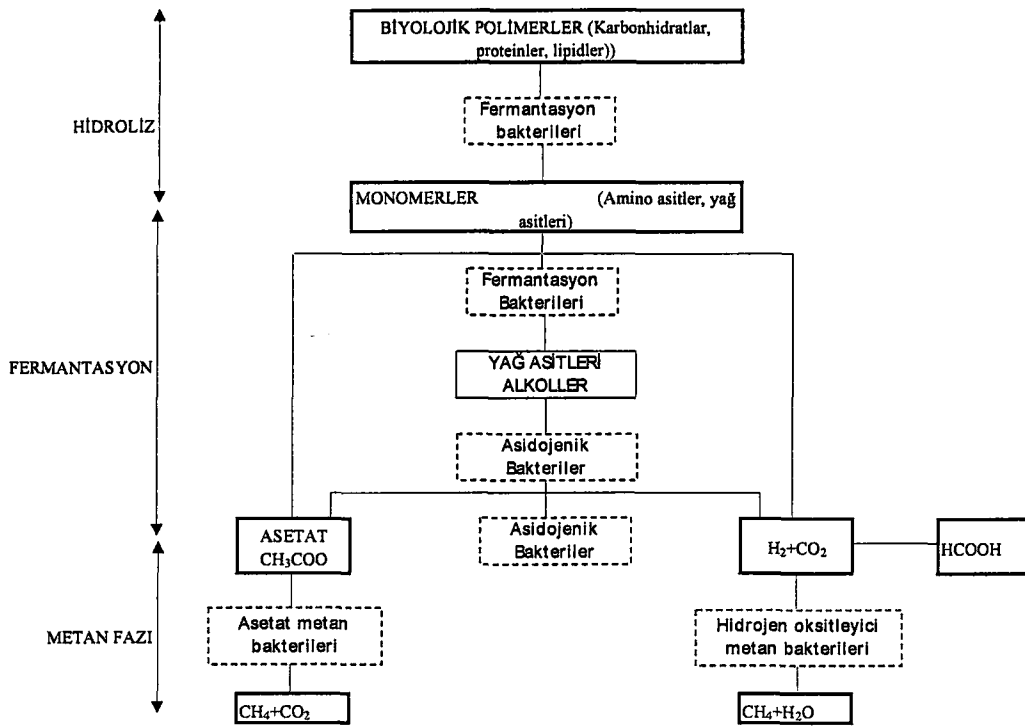
Biyolojik ayrışma ortamda doğal olarak bulunan bakteriler tarafından gerçekleştirilir. Biyolojik ayrışma depolama sahası bünyesinde gerçekleşen oldukça kompleks bir prosestir ve atığın çeşitli son ürünlere dönüştürüldüğü çeşitli biyolojik ardışık ve paralel basamaklardan oluşmaktadır. Fiziko-kimyasal ve biyolojik ayrışmanın ürünleri Şekil 2.1’de verilmektedir.



Şekil 2.1 Katı Atık Ayrışmasının Yan Ürünleri (McBean ve diğ, 1995)

2.2 Depolama Sahasındaki Biyokimyasal Süreçler

Yukarıda bahsedilen proseslerin sonucunda depolama sahası tıpkı bir arıtma tesisindeki anaerobik çürütücü gibi bir çeşit biyokimyasal reaktör olarak çalışmaktadır. Çeşitli noktadaki atığın su muhtevsındaki, atık yağındaki ve bileşimindeki değişkenlikler, atığın ayrışma derecesi ve hızını ve oluşacak yan ürünleri etkilemektedir. Bundan dolayı, su muhtevası, sızıntı suyu bileşimi ve gaz hareketi bilgilerinin doğru olarak bilinmesi, ayrışma proseslerinin hızının ve mevcut durumunun bilinmesi açısından gereklidir (Pohland ve Harper, 1985). Bir ön bilgi olması açısından organik maddenin anaerobik ayrışmasına ait akış diyagramı Şekil 2.2’de verilmektedir.



Şekil 2.2 Organik Maddenin Anaerobik Ayrışmasına Ait Akış Diyagramı (Gendebien ve diğ., 1992)

Katı atıkların stabilizasyon fazlarını aşağıdaki şekilde beş grupta toplamak mümkündür (Pohland ve Harper, 1985):

Faz I : Atığın depolanmasını müteakiben gözlenen kısa süreli aerobik fazdır. Kolay ayrışabilir organik maddeler aerobik olarak ayrışmaktadır. Stabilizasyon proseslerinin başladığını gösteren çevresel parametrelerdeki ilk değişimler gerçekleşmektedir.

Faz II : Depolama sahasının su tutma kapasitesi aşılmakta ve sızıntı suyu oluşumu başlamaktadır. Fermantasyon ve asit bakterilerinin faaliyeti ile uçucu yağ asitleri, karbon dioksit ve hidrojen oluşumu gözlenmektedir. Gazın bünyesindeki oksijenin yerini karbon dioksit bırakmasıyla birincil elektron alıcısı oksijenden nitrat ve sülfatlara dönüşmektedir. Asidik sızıntı suyu yüksek konsantrasyonda yağ asitleri, kalsiyum, demir, ağır metaller ve amonyak içerebilmektedir. Gaz bünyesindeki azot, karbon dioksit ve hidrojen üretimine bağlı olarak azalma göstermektedir.

Faz III : Bu fazda metan bakterilerinin yavaş da olsa bir büyümesi söz konusudur. Gazdaki metan konsantrasyonu artarken, hidrojen, karbon dioksit ve uçucu yağ asit konsantrasyonları düşmektedir. Ortamdaki yağ asitlerinin azalmaya başlaması, pH ve alkalinite artmaya sebep olmaktadır. Amonyak anaerobik ortamdan dolayı herhangi bir dönüşüme uğramamaktadır.

Faz IV : Bir önceki fazda ortaya çıkan ara ürünler metan ve karbon dioksit dönüştürülür. Bunun sonucu olarak gaz içinde hacimce %50-65 metan ve %35-50 CO₂ gözlenmektedir. Sızıntı suyunun organik içeriği, gaz üretimindeki artışla beraber artmaktadır. Metan gazı oluşum hızının yüksek olması nedeniyle yağ asitleri ve hidrojen düşük konsantrasyonlarda kalmaktadır. Azot, hidrojen, karbon monoksit, hidrojen sülfür ve amonyak mikro düzeyde kirlenmeyi oluşturmaktadır.

Faz V : Doğal çevresel koşullar yeniden oluşmaya başlamaktadır. Bu fazda depolanmış atıkta sadece refrakter organik karbonun kaldığı söylenebilir. Metan üretim hızı çok düşüktür ve buna bağlı olarak da depo gazı içinde azot tekrar görülmeye başlamaktadır. Aerobik bölgeler ve metan oluşumu için çok yüksek redoks potansiyeline sahip bölgeler, depolama sahası üst katmanlarında görülmektedir.

Bu idealize edilmiş ayrışma fazlarının homojen bir atık kütleinde gerçekleşebileceği unutulmamalıdır. Çok değişik atık yaşlarına ve bileşimlerine sahip hücrelerden oluşan gerçek bir depolama sahası, yukarıda açıklanandan daha farklı bir tablo ortaya koyabilmektedir.

Atık kabul etmeye devam eden bir depolama sahasında, yukarıdaki stabilizasyon fazları, depolama sahasının çeşitli noktalarında eşzamanlı olarak gerçekleşmektedir. Fakat, depolama sahasının kapatılmasını takip eden ilk yıllar boyunca ortama anaerobik fazlar hakimdir ve bu durum bütün organik maddeler ayrışmaya kadar devam etmektedir. Depolama sahasının yaşı arttıkça, depo gazı üretim hızları da zaman içinde azalmaya devam etmektedir. Buna rağmen depolama sahasının kapatılmasından uzun yıllar sonra bile az miktarda da olsa metan üretimi gerçekleşmektedir. Bundan dolayı, gaz ve sızıntı suyunun izlenmesi ile depolama sahasının ayrışma durumuna ilişkin çok fazla bilgi elde edilebilmektedir (McBean ve diğ., 1995).

Depolama sahasında gerçekleşen biyolojik proseslerin ve oksijen yokluğunun bir sonucu olarak ortama hakim olan gazlar metan ve karbon dioksittir. Bunların dışında daha az miktarlarda olmakla birlikte gazlar hidrojen sülfür, azot, hidrojen ve amonyaktır. Bu oluşan yan ürünlerin şematik gösterimi Tablo 2.1’de verilmektedir.

Tablo 2.1 Ayrışma Sonucu Oluşan Yan Ürünler (McBean ve diğ., 1995)

AYRIŞMA TİPİ	BİRİNCİL YAN ÜRÜNLER
Aerobik Ayrışma	CO ₂ , H ₂ O, Nitrat ve Nitrit
Anerobik Ayrışma	CH ₄ , CO ₂ , H ₂ O, Organik Asitler, Azot, Amonyak, Demir ve Mangan Tuzları ve Hidrojen Sülfür

3. DEPOLAMA SAHASI GAZI BİLEŞİMİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

3.1 Depolama Sahası Gazı Bileşimi

3.1.1 Giriş

Depolama sahası gazı büyük miktarlarda bulunan gazlardan (ana gazlar) ve düşük miktarlarda bulunan gazlardan (eser gazlar) oluşmaktadır. Ana gazlar katı atık bünyesindeki organik maddenin ayrışmasıyla oluşmaktadırlar. Bazı eser gazlar, küçük miktarlarda olmalarına rağmen, toksik etki gösterebilmekte ve kamu sağlığını tehdit edebilmektedir (Tchobanoglous ve diğ., 1993).

3.1.2 Depolama Sahası Gazı Bileşimi

Depolama sahası gazının bileşimi sahanın yaşından etkilenmektedir. Tablo 3.1 depolama sahası gazları için kritik değerleri özetlemektedir. Depolama sahası gazı genellikle %40-60 oranında metan CH_4 ve %60-40 oranında da karbon dioksit CO_2 içermektedir. Diğer gazlar depolama sahası gazında çok küçük miktarlarda bulunmaktadır.

Tablo 3.1 Depolama Sahası Gazındaki Başlıca Bileşenler (Gendebien ve diğ., 1992)

Bileşen	Sembol	Hacim %
Metan	CH_4	0-85
Karbon dioksit	CO_2	0-88
Karbon Monoksit	CO	0-3
Hidrojen	H_2	0-3,6
Oksijen	O_2	0-31
Azot	N_2	0-82,5
Amonyak	NH_3	0-0,35 hacimce ppm
Hidrojen sülfür	H_2S	0-70 hacimce ppm

Tablo 3.2 depolama sahası gazlarının başlıca bileşenlerinin fiziksel özelliklerini özetlemektedir. Depolama sahasında yaklaşık %5 hacimce azot, N_2 , bazen çok az miktarda hidrojen, H_2 ve oksijen, O_2 bulunmaktadır. Hidrojen sülfür %0,001 hacimce

diğer biyogazlardan çok daha düşük konsantrasyonlardadır. Eser bileşikleri, hem inorganik ürünleri hem de bazı spesifik organik bileşenleri içermekte ve hacimce 2-3'e karşılık gelmektedir (Gendebien ve diğ, 1992).

Tablo 3.2 Depolama Sahası Gazının Başlıca Bileşenleri (Gendebien ve diğ, 1992)

Gaz	Formül	Birim Ağırlık	Alt Kalorifik Değer	Kritik Sıcaklık	Havadaki tutuşma aralığı alt/üst	Yanma Hızı	Minimum tutuşma enerjisi	Tutuşma Sıcaklığı	Su çözünürlüğü	Özellikler
		(kg/m-3)	(kg/m-3)	(°C)	(hac.%)	(m/s)	(MJ)	(°C)	(g/l)	
Metan	CH ₄	0,717	35.600	-82,5	5/15	0,4	0,6-0,7	600	0,0645	Kokusuz, renksiz, zehirsiz
Karbon dioksit	CO ₂	1,977	-	31,1	-	-	-	-	1,688	Kokusuz, renksiz, düşük konsantrasyonlarda zehirsiz
Oksijen	O ₂	1,429	-	-118,8	-	-	-	-	0,043	Kokusuz, renksiz, zehirsiz
Azot	N ₂	1,25	-	-147,1	-	-	-	-	0,019	Kokusuz, renksiz, zehirsiz, yanıcı değil
Karbon Monoksit	CO	1,25	12.640	-139	12,5/74	0,5	-	600	0,028	Kokusuz, renksiz, zehirli, yanıcı değil
Hidrojen	H ₂	0,09	10.760	-239,9	4/74	2,8	0,05	560	0,001	Kokusuz, renksiz, zehirli değil, yanıcı
Hidrojen Sülfür	H ₂ S	1,539	-	100,4	4,3/45,5	-	-	-	3,846	Renksiz, zehirli
Hava		1,29	-	-	-	-	-	-	-	Kokusuz, renksiz, zehirsiz, yanıcı değil

Depolama sahası gazının en önemli özelliği metan içeriğinden dolayı enerji değeridir. Ortalama alt kalorifik değer metre küp başına 20.000 kJoule civarında gerçekleşmektedir. Bununla birlikte depolama sahası gazının yoğunluğunun havaya oranı 1,04'dür. Depolama sahası gazının önemli özelliği potansiyel patlayıcılığı, boğuculuk ve zehirlilik özelliği ve kötü kokusudur (Gendebien ve diğ, 1992).

Depolama sahası gazının patlayıcılığı esas olarak metan içeriğinden kaynaklanmaktadır. Metan renksiz, kokusuz, yanıcı bir gazdır ve birim ağırlığı havadan daha az (0,717 metan-1,29 hava) ve alt kalorifik değeri de 35.900 kJoule'dür (Gendebien ve diğ, 1992). Hacimce %5-15 metan konsantrasyonları hava ile patlayıcı karışımlar oluşturmaktadır. Bu üst limitin üzerinde metan-hava karışımı alev verildiğinde yanmakta, fakat patlayıcılık göstermemektedir.

Depolama sahası gazındaki diğer önemli bir gaz da renksiz, kokusuz ve yanıcı olmayan karbon dioksittir. CO₂ havadan daha ağırdır. "Zehirli-olmayan" özelliğine karşın karbon dioksit, solunum sisteminde oksijenin yerini alarak hayat için tehlikeli özellik göstermektedir. Hidrojen, H₂, organik maddenin biyolojik ayrışmasının ilk

aşamalarında oluşmaktadır. Hidrojen en hafif gazdır ve atmosfere doğru yükselme eğilimindedir. Yüksek miktarda yanıcıdır ve havada hacimce %4-7 oranında patlayıcılık aralığına sahiptir (Gendebien ve diğ, 1992).

Azot ve oksijen, depolama sahası gazında ancak atmosferik havanın girişiyle bulunmaktadır. Azot inert bir madde olup metanın yanıcılığı üzerindeki etkisinden dolayı önem taşımaktadır. Hidrojen sülfür, H_2S , yüksek miktarda zehirli ve yanıcıdır ve keskin bir kokuya sahiptir. Karbon monoksit, CO , yüksek zehirliliğe sahip bir gazdır. Renksiz, kokusuz ve yanıcı özellik göstermektedir. Karbon monoksit depolama sahası gazında yaklaşık hacimce %0,001 oranında bulunmaktadır (Gendebien ve diğ, 1992).

Yaklaşık metre küp başına 30 mg amonyak konsantrasyonları depolama sahası gazında bulunmaktadır. Metaller de depolama sahası gazında buhar basınçları ve sıcaklıktan dolayı bulunabilmektedirler. Yüksek konsantrasyonlarda bulunan tek bileşik yüksek buhar basıncından dolayı cıva, Hg 'dir. Metre küp başına 370 μg cıvanın rastlandığı depolama sahaları bulunmuştur (Gendebien ve diğ, 1992).

3.1.3 Eser Depolama Sahası Gazları

Kaliforniya Atık Yönetim Kurulu'nun depolama sahası gazı karakterizasyonu çalışmasının bir parçası olarak 66 depolama sahasında yapılmış olan eser gazları analizlerinin sonuçları Tablo 3.3'de verilmektedir. Bu gazların sızıntı suyu içindeki mevcudiyetleri, sızıntı suyu ile temastaki depolama sahası gazındaki konsantrasyonlarına bağlıdır. Yüksek miktarlarda VOC (uçucu organik karbon) mevcudiyeti, özellikle VOC içeren endüstriyel ve ticari atık kabul etmiş yaşlı depolama sahalarında gözlenmiştir. Tehlikeli atık bertarafının yasaklandığı yeni düzenli depolama sahalarında VOC konsantrasyonları çok düşüktür (Tchobanoglous ve diğ, 1993).

3.2 Depolama Sahası Gazlarının Çevresel Etkileri

Depolama sahası gazlarının oluşması katı atıkların bünyesinde bulunan organik maddelerin ayrışmasının bir sonucudur. Depolama sahası gazları genellikle %55 oranında CH_4 , %45 oranında CO_2 ve yüzün üzerinde eser gazlardan oluşmaktadır (Gendebien ve diğ., 1992).

Günümüzde, evsel atıklar geçmişe oranla daha fazla gaz üretmektedirler. Bunun birçok sebebi bulunmaktadır. Son yıllarda evsel nitelikli katı atıkların bileşimi bir değişim göstermiştir. Kül içeriğindeki azalmaya karşın kağıt ve karton gibi ambalaj malzemesi miktarında bir artış söz konusudur.

Tablo 3.3 Kaliforniya'daki 66 Depolama Sahasındaki Gaz Bünyesindeki Eser Gazlar (Tchobanoglous ve diğ., 1993)

Bileşik	Konsantrasyon, ppbV		
	Minimum	Ortalama	Maksimum
Aseton	0	6.838	240.000
Benzen	932	2.057	39.000
Klorobenzen	0	82	1.640
Kloroform	0	245	12.000
1,1-Dikloroetan	0	2.801	36.000
Diklorometan	1.150	25.694	620.000
1,1-Dikloroeten	0	130	4.000
Dietil klorid	0	2.835	20.000
Trans-1,2-Dikloroetan	0	36	850
2,3-Dikloropropan	0	0	0
1,2-Dikloropropan	0	0	0
Etilen bromür	0	0	0
Etilen diklorid	0	59	2.100
Etilen oksit	0	0	0
Etilen benzen	0	7.334	87.500
Metil etil keton	0	3.092	130.000
1,1,2-Trikloroetan	0	0	0
1,1,1-Trikloroetan	0	615	14.500
Trikloroetilen	0	2.079	32.000
Toluen	8.125	34.907	280.000
1,1,2,2-Tetrakloroetan	0	246	16.000
Tetrakloroetilen	260	5.244	180.000
Vinilklorid	1.150	3.508	32.000
Styrene	0	1.517	87.000
Vinilasetat	0	5.663	240.000
Xylene	0	2.651	38.000

Depolama sahasından kaynaklanan gazların potansiyel tehlikelere sadece son yirmi yıldan beri ilgi gösterilmeye başlanmıştır. Metanın havadan daha düşük bir yoğunluğa sahip olması nedeniyle depolama sahası gazının sahadan uzaklaşmaya karşı bir eğilimi bulunmaktadır. Bu hareketliliğin tek sebebi yoğunluk farkı değildir. Konsantrasyon gradyenleri arasındaki difüzyon ve basınç farkları da bu olaya sebep olmaktadır. Metan renksiz ve kokusuz bir gazdır. Metanın yükselme ve toplanmadığı

takdirde depolama sahası örtüsünden atmosfere karışma eğilimi vardır (Gendebien ve diğ., 1992).

Bunun dışında gerekli ortam oluştuğunda civardaki sahalara yatay olarak ilerlemesi de söz konusudur. Depolama sahası gazının yatay ilerleyişi depolama sahası üst yüzeyinin uygun bir örtüyle veya kışın donmayla geçirimsiz hale geldiği şartlarda oluştuğu söylenebilir. Depolama sahası gazının hareketi, zeminin geçirimli yapıda olması ve atıksu boruları gibi yeraltı tesisatların bulunmasıyla artacaktır. Depolama sahası gazı 1 km'ye kadar ilerleyebilmektedir

Depolama sahası gazının yatay hareketi geçirimsiz yüzeyler oluşturmakla veya atmosfere vermek veya toplamak için yapılmış hendeklerle önlenilmektedir (Gendebien ve diğ., 1992).

Metan gazı, hacimce %5-15 oranında havayla karıştığında, patlayıcı bir karışım ortaya çıkmaktadır. Bu limitin üzerinde, metan/hava karışımı yanmaya başlamakta ve potansiyel yangın tehlikesi oluşturmaktadır. Gazın patlayıcılığı, yetersiz depolama teknikleri ve artan sıcaklıkların sonucu depolama sahalarında yangın olarak ortaya çıkmaktadır. Bu yangınların bir sonucu da, klorlu dibenzofuranlar ve dioksinler için bir kaynak olabilmesidir (Gendebien ve diğ., 1992).

Patlama ve yangın tehlikesine ilaveten, depolama sahası gazları oksijenin yerini almakta ve canlı organizmalar için asfeksi etkisi yapmaktadır. Bitkilerin köklerine ulaşan depolama sahası gazları oksijenin yerini almakta ve dolayısıyla asfeksik ortam yaratmaktadır. Metan-oksitleyici bakteriler de bu bölgelerde gelişerek oksijen tüketimine yardımcı olmaktadır. Metanın tek başına bitkiler için toksik olmaması durumunda bile, depolama sahası gazının diğer ana bileşeni olan karbon dioksit benzer etkide toksik özellik göstermiştir (Gendebien ve diğ., 1992).

Eser bileşiklerinden dolayı depolama sahası gazı atmosferde rahatsız edici kokulara sebep olmaktadır. Bu durum özellikle yüksek sıcaklık ve hakim rüzgar şartlarında açığa çıkmaktadır. Koku problemi ayrışmanın ilk aşamalarında önemli boyuttadır. Organik eser bileşikleri sadece çevresel bir rahatsızlık yaratmalarına karşın, civar yerleşimlerdeki hava sirkülasyonunun az olduğu araba veya bodrum katları gibi kapalı alanlarda potansiyel toksik etkiye sahiptir (Gendebien ve diğ., 1992).

Metan (CH₄) önemli bir sera gazıdır ve başlıca çevre kirleticilerindendir. Metan aynı zamanda doğal gazın en önemli bileşenidir ve dolayısıyla değerli bir enerji kaynağı olarak görülebilir. Metan emisyonunu azaltımı aşağıdaki sebeplerden dolayı global ısınmanın azaltılması ve hatta durdurulması için en etkin yollardan birisidir (USEPA, 1996):

- **Metan (CH₄), global ısınmaya katkısı olan başlıca sera gazlarındandır.** Metanın 1990 yılındaki katkısı tüm sera gazları içinde %18 civarındadır. Kilo bazında metan CO₂'e göre çok daha kuvvetli bir sera gazıdır (100 yıllık bir sürede 21 kat daha fazla) (USEPA, 1996).
- **Atmosferdeki metan konsantrasyona ani bir artış göstermiştir.** Metanın atmosferdeki konsantrasyonu yılda yüzde 0,6'lık bir artış göstermektedir ve son iki yüzyılda iki katından fazlaya çıkmıştır. Mukayese yapmak maksadıyla CO₂'in yılda %0,4'lük bir artış gösterdiği söylenmelidir (USEPA, 1996).
- **Metan emisyonunda oluşacak azaltımlar kısa dönemde önemli yararlar sağlayacaktır.** Metan diğer sera gazlarına oranlara çok daha az bir atmosferik ömre sahiptir. Metanın atmosferdeki ömrü yaklaşık 11 sene iken CO₂ için bu süre 120 yıldır. Metanın öneminden ve kısa ömründen dolayı metan emisyonlarının stabilizasyonu potansiyel iklim değişikliklerinin azaltılması üzerinde ani bir etki yapacaktır (USEPA, 1996).
- **Metanın sera gazı olması yanında bir enerji kaynağı olmasından dolayı, birçok emisyon kontrol teknolojileri ilave ekonomik faydalar sağlamaktadır.** Birçok durumda, atmosfere bırakılan metan geri kazanılabilir ve kullanılabilir veya üretilen metan maliyet-etkin yöntemlerle önemli oranlarda azaltılabilir. Yani, emisyon azaltım teknolojileri düşük maliyetli ve hatta karlı olabilmektedirler. Örneğin, depolama sahalarından ve açık atık döküm alanlarından geri kazanılan metan bir enerji kaynağı olarak kullanılabilir (USEPA, 1996).
- **Yeterliliği kanıtlanmış teknolojiler metan emisyonlarının azaltımı için ticari olarak sağlanabilmektedir.** Başlıca metan emisyonları için maliyet-etkin emisyon azaltıcı teknolojiler ticari olarak bulunmaktadır. Bu teknolojiler, önemli ölçüde emisyon azaltımı ve ekonomik yararlar sağlamasına rağmen, bu teknolojilerin ABD'de veya dünyada büyük ölçekte uygulanması mali, bilgilendirme, yasal, kurumsal ve diğer engeller nedeniyle gerçekleştirilememiştir (USEPA, 1996).

4. DEPOLAMA SAHASI GAZI YÖNETİMİ

4.1 Giriş

Atık bileşenlerinden oluşan gazların biyolojik faaliyetle veya buharlaşmayla (uçucu hale geçmesiyle) depo sahasını terk etmesi, depolama sahası işletmecileri ve civardaki yerleşimler için tehlike oluşturmaktadır. Bu tehlikelerden en bilindik olanı yangın ve patlamalardır. Olası tehlikelerin kontrolü, depo gazı kontrolü için çeşitli stratejilerin geliştirilmesine ve gaz toplama ve enerji geri kazanım tesislerinin kurulmasına yol açmıştır. Sonuçta, depo gazı yönetimindeki son teknolojik durum, depolama sahası muhafaza örtüsü ile gaz toplama, arıtma ve enerji üretme sistemlerinin entegrasyonundan oluşmaktadır.

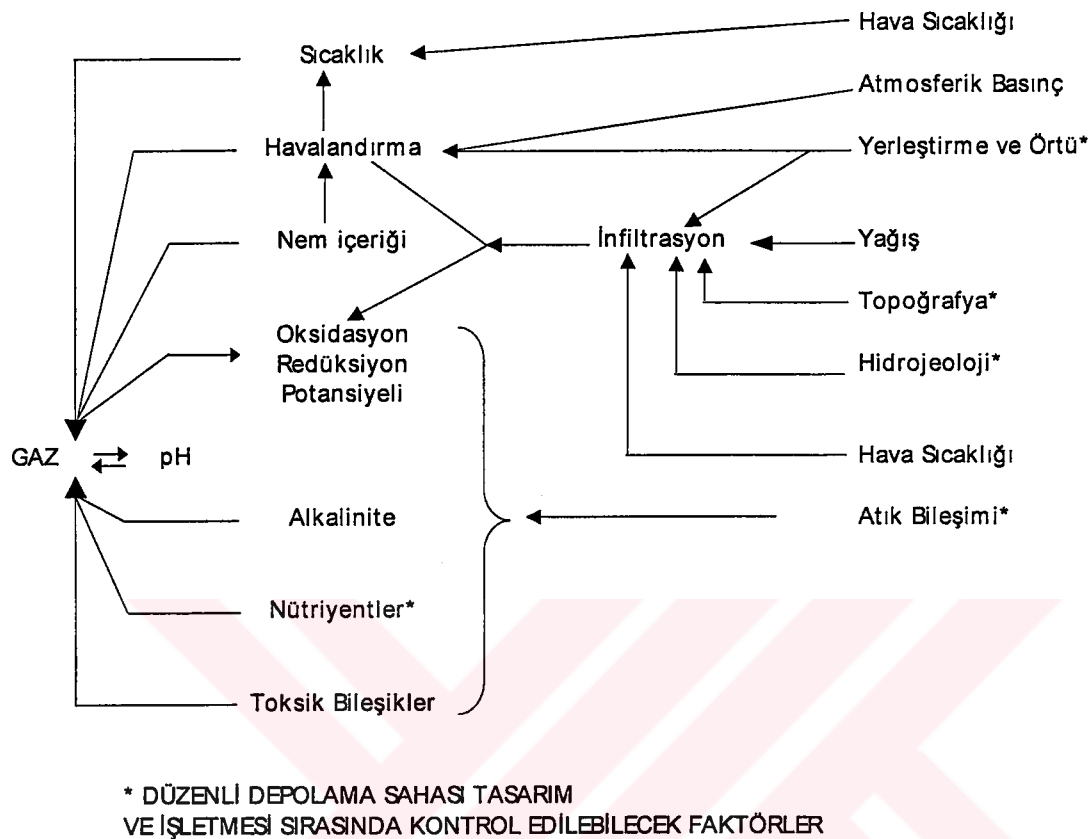
4.2 Depo Gazı Oluşumu

Bir depolama sahası için gerekli gaz yönetim ekipmanlarının seçimi ve uygulanması, gaz üretim hızlarının, oluşan ürünlerin ve gaz bileşiminin tahmin edilmesini gerektirmektedir. Bu tür bir tahmin teorik veya laboratuvar ve saha deneyimlerinden elde edilmiş deneysel sonuçlar kullanılarak gerçekleştirilebilir. Her iki durumda da gaz üretimini etkileyen biyokimyasal ve fiziksel faktörlerin ve söz konusu saha koşullarının iyi şekilde anlaşılması gerekmektedir. Özellikle, depolama sahası stabilizasyonu ve ilgili biyofiziksel değişimlerin, kullanılacak atık depolama ve sızıntı suyu kontrol teknolojileri ile bağlantılarının kurulması gerekmektedir (Pohland ve Harper, 1985).

4.3 Depo Gazı Oluşumunu Etkileyen Faktörler

Depo gazı oluşum hızını etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bir depolama sahasında ayrışmanın ve gaz üretiminin 30 ila 100 yıl arasında sürmesi beklenmektedir, fakat bu olaylar yüksek seviyede çok daha kısa bir sürede cereyan etmektedir. Bir depolama sahasında çok çeşitli ayrışabilir maddenin bulunması, ayrışma hızını verecek tek bir denklemin veya hız sabitinin olmamasına yol açmaktadır. Fakat, en azından çeşitli faktörlerin bu olaylardaki önemini açıklamak

mümkündür (McBean ve diğ., 1995). Şekil 4.1 söz konusu bu faktörleri göstermektedir.



Şekil 4.1 Gaz Oluşumunu Etkileyen Faktörler (McBean ve diğ., 1995)

Su atık bünyesindeki maddeleri süzmekte ve bu maddeler mikroorganizmalar için elverişli olan su fazına geçmektedirler. Bundan dolayı, yeterli düzeyde nem içeriğinin bulunması gaz oluşumu için gerek şarttır. Su fazının nütriyent içeriği ikinci en önemli parametredir, çünkü gaz üretimi için bakteriyel popülasyonun gelişimi gerekmektedir. Depolama sahasında bertaraf edilen atıkların bileşiminin de gaz oluşum hızları üzerinde etkili olduğu bilinmektedir. pH ve sıcaklık gibi çevresel parametreler anaerobik ortamdaki bakteri aktivitesini etkilemektedir. Gaz üretim hızlarını etkilediği düşünülen diğer iki parametre ise partikül boyutu ve atık yoğunluğudur (McBean ve diğ., 1995).

4.3.1 Nem İçeriği

Nem içeriği, atık ayrışmasında ve gaz üretiminde en önemli parametre olarak görülmektedir. Gaz üretimi için gerekli olan anaerobik ortamı sağlamakta ve depolama sahasında nütriyent ve bakterilerin taşınması için vasıta olmaktadır. Metan

bakterilerinin ihtiyaç duyduğu nem seviyesi çok düşüktür ve en kuru depolama sahalarında bile bu nem seviyesine ulaşmak mümkündür. Bundan dolayı, depo gazı bütün depolama sahalarında üretilmektedir. Nem içeriğinin, sahanın su tutma kapasitesine ulaşıncaya kadar artması gaz üretimini mutedil olarak artırmaktadır, çünkü nütriyentler, alkalinite, pH ve bakterilerin depolama sahasında taşınımı gerçekleşmemektedir. Atık bünyesindeki nem içeriğinin sahanın su tutma kapasitesini aşması durumunda harekete geçen ve nütriyentleri, bakterileri ve alkaliniteyi taşıyan su, artan gaz üretimi için çok uygun bir ortam oluşturacaktır (McBean ve diğ., 1995).

Katı atıkların nem içeriği, ıslak veya kuru malzemenin birim ağırlığı başına düşen su kütlesi olarak tanımlanmaktadır. Islak-ağırlık nem içeriği $M_{w/w}$ bir yüzde olarak aşağıdaki şekilde verilmektedir (McBean ve diğ., 1995):

$$M_{w/w} = \frac{w - d}{w} 100 \quad (4.1)$$

Burada;

w = sulu numunenin kütlesi (kg)

d = numunenin 105°C'de kurutulduktan sonraki ağırlığı (kg)

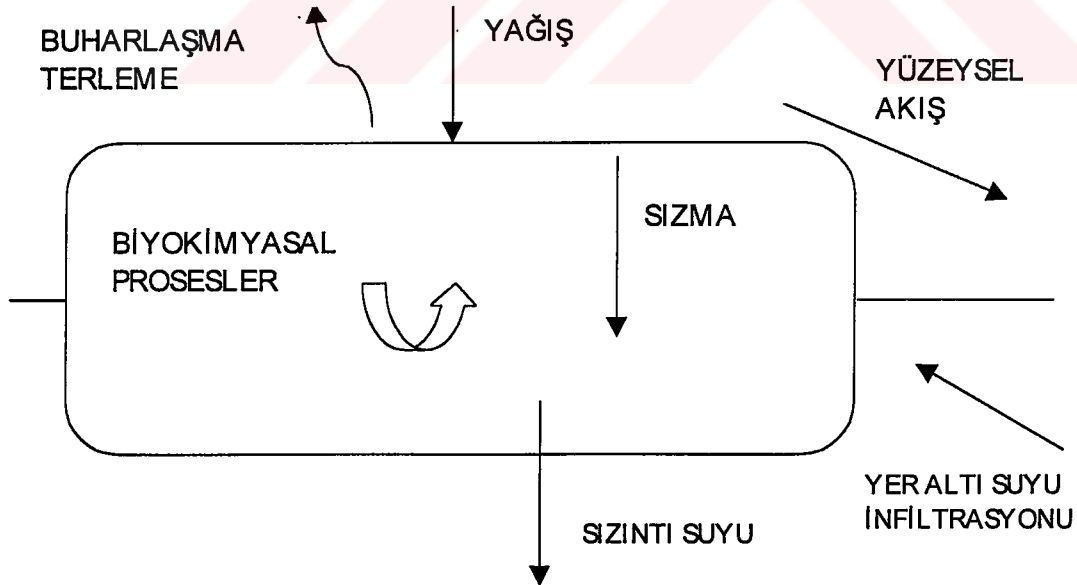
Depolama sahasına gelen atığın genel olarak nem içeriği, ıslak ağırlık olarak, %15-20 ila %30-40 arasında değişiklik gösterebilmektedir. Fakat, tipik nem içeriği literatürde %25 olarak verilmektedir. Tablo 4.1 çeşitli atık tipleri için nem içeriklerini göstermektedir.

Depolama sahasının çeşitli bölgelerinde değişik nem içeriklerine rastlamak mümkündür. Depolama sahası örtüsünden gerçekleşen yüzey suyu infiltrasyonu üst bölgelerden başlayarak sahanın nem içeriğini artırmaktadır. Şekil 4.2 depolama sahasındaki nem değişim mekanizmasını şematik olarak göstermektedir. Örtünün altındaki atıklar su tutma kapasitesine ulaşıncaya sızıntı suyu oluşumu gerçekleşmektedir. Bu durumun gerçekleşmemesi durumunda sahada kanalların oluşumu ve suların bu kanallarla taşınımı gerçekleşecektir. Depolama sahası kenarlarından gerçekleşecek yeraltı suyu infiltrasyonu, atıkların depolama sahası tabanından civardaki yeraltı suyu seviyesine kadar olan bölgede ve hatta kapilerite sayesinde daha yüksek bölgelerde bile doygunluğa ulaşmasına sebep olabilmektedir. Depolama sahasına çamur gibi sulu atıkların gömülmesi nem içeriğinin önemli ölçüde artmasına sebep olmaktadır. Nem içeriği ayrıca sızıntı suyunun depolama sahasına geri devrettirilmesi ile de değişmektedir (McBean ve diğ., 1995).

Tablo 4.1 Atık Nem İçerikleri

Atık Bileşeni	Nem İçeriği (kuru ağırlığın %'si olarak)			
	Numune 1	Numune 2	Numune 3	Numune 4
Yemek Atığı	151	133	118	122
Bahçe Atığı	67	99	102	91
Kağıt	29	28	38	36
Plastik, lastik, vb.	21	20	15	20
Tekstil	38	28	28	25
Ahşap	13	17	22	18
Metal	6	7	4	4
Cam, seramik	1	1	0	1
Kül, toz, kaya	10	26	15	13
Yakıt	47	47	47	51

Biyolojik bozunma için gerekli optimum nem içeriği genç ve yaşlı depolama sahaları için sırasıyla %50-70 ila %30-80 olarak bulunmuştur. Yapılan bir başka araştırmada kentsel katı atıkların biyolojik olarak ayrışması için en uygun nem içeriğinin %75 ve üstü olduğu söylenmekte, fakat bu değerün üstünün daha büyük hacimlerde sızıntı suyu oluşumuna sebep olacağı söylenmektedir. Sızıntı suyu geri devir çalışmaları nemin uniform olarak dağılmasının sahadaki nem miktarı kadar önemli olduğunu ortaya koymuştur (Pohland ve Harper, 1985).



Şekil 4.2 Depolama Sahasındaki Nem İçeriği Döngüsü (McBean ve diğ., 1995)

4.3.2 Nütriyent İçeriği

Depolama sahasındaki bakteriler gelişebilmeleri için çeşitli nütriyentlere ihtiyaç duymaktadırlar. Bu nütriyentlerin başlıcaları karbon, hidrojen, oksijen, azot ve fosfordur. Fakat küçük miktarlarda da olsa sodyum, potasyum, sülfür, kalsiyum, magnezyum ve diğer eser metallerine ihtiyaç duymaktadırlar. Bazı nütriyentlerin sadece yeterli miktarlarda bulunmaları değil, belli oranlarda bulunmaları gerekmektedir (McBean ve diğ., 1995). Anerobik ekosistem, substratın çok küçük bir kısmını asimile etmekte, dolayısıyla da aerobik sistemlere göre çok daha az azot ve fosfora ihtiyaç duymaktadır. Organik madde(kimyasal oksijen ihtiyacı olarak), azot ve fosfor arasındaki oran 100:0.44:0.08 olarak verilmektedir. Genelde, karışım sağlanmış bir depolama sahasında azot ve fosfor kısıtlayıcı durumda değildir, fakat atığın yetersiz karışımı ve homojen hale getirilmemesi nütriyent-kısıtlı bir ortama sebep olabilmektedir. Fosfor, anaerobik ayrışma prosesini sınırlayıcı olmaya en yakın nütriyent olarak bilinmektedir. Kolay bozunabilir nütriyentlerin miktarı arttıkça, gaz üretim hızı da artmakta; bakterilerin kullanabilmeleri zor olan nütriyentler daha düşük gaz üretim hızlarına neden olmaktadır. Ağır metaller gibi toksik maddeler bakteriyel gelişimi ve sonuçta da gaz üretimini yavaşlatmaktadırlar (McBean ve diğ., 1995).

4.3.3 pH Seviyesi

Anaerobik çürütme için optimum pH aralığı 6.7-7.5 olarak bilinmektedir. Bu optimum pH aralığında kalındığında metan bakterilerinin çoğalma hızı artmakta ve metan üretimi maksimum değerlere ulaşmaktadır. Optimum aralığın dışına çıkıldığında, yani pH'ın 6'dan küçük ve 8'den büyük değerlerinde, metan üretimi şiddetli bir şekilde kısıtlanmaktadır. Bir depolama sahasındaki pH aralığı endüstriyel atıkların mevcudiyetinden, alkaliniteden, yer altı suyu infiltrasyonundan ve organik asit üretimi ve metan oluşum hızlarından etkilenebilmektedir. Taze sızıntı suları, uçucu yağ asitlerinin mevcudiyetine bağlı olarak 6-7'den daha düşük pH değerlerine sahiptirler (McBean ve diğ., 1995).

Atığın ve sızıntı suyunun pH'ları kimyasal ve biyolojik prosesleri etkilemektedir. Asidik pH değeri birçok bileşenin çözünürlüğünü arttırmakta, adsorpsiyonu azaltmakta ve sızıntı suyu ile organik madde arasındaki iyon değişimini arttırmaktadır. Asidik bir pH, genellikle anaerobik bozunmanın ilk aşamalarında oluşan organik asitlerin bir sonucudur. Bu asitler metan bakterileri için substrat konumundadırlar. Asitlerin metana dönüşümüyle pH değeri artmaktadır. pH seviyesinin çok düşük olması durumunda, metan fazı inhibe olacaktır (McBean ve diğ., 1995).

Depolama sahasındaki metan ekosistemi oldukça hassastır ve çeşitli bakteri grupları arasındaki dengede yürüyen ilişkiler iyi bir metan üretimi için önem taşımaktadır. Depolama sahasında toprak v.b. tampon maddelerinin bulunması, sahada makul bir pH seviyesinin bulunmasını sağlayacaktır.

4.3.4 Gömülen Atıkların Bileşimi

Bilindiği gibi depolama sahasında bertaraf edilecek atıkların bileşimi bulunulan bölgeye ve atık kaynağının evsel, ticari veya endüstriyel oluşlarına göre oldukça büyük farklılıklar göstermektedir. Bu atıkların bileşimi gaz üretimini aşağıdaki açılardan etkilemektedir:

- Kullanılabilir bir substratın mevcudiyeti (organik, nütriyent ve nem içeriği),
- Potansiyel inhibitörlerin mevcudiyeti,
- Depolama sahası genelindeki sıvı ve gaz taşınımlarından bağımsız “mikro ölçekli ortamların” oluşumu.

Bilindiği gibi, kağıt ürünleri atık bileşiminin çok büyük bir kısmını oluşturmalarına rağmen, biyolojik ayrışmaya karşı yemek ve bahçe atıklarından daha dirençlidirler. Endüstriyel atıklar, bünyelerindeki tamponlar, metalikler ve diğer bileşenlerinden dolayı önem taşımaktadırlar ve reaksiyona olan eğilimlerine bağlı olarak hem yararlı hem de zararlı etkiler gösterebilirler (McBean ve diğ., 1995).

4.3.5 Sıcaklık

Bir depolama sahasındaki sıcaklık koşulları ortama hakim olacak bakterilerin türlerini ve gaz oluşum seviyelerini etkilemektedir. Bilindiği gibi, mezofilik bakteriler için optimum sıcaklık aralığı 30-35°C iken termofilik bakteriler için bu aralık 45-65 °C’dir. Termofilik ortamlarda daha yüksek gaz üretim hızları söz konusudur, fakat çoğu depolama sahaları mezofilik aralıkta çalışmaktadır. Depolama sahalarında sıcaklıklar, aerobik mikrobiyal aktivitenin bir sonucu olarak, atıkların gömülmesini takiben 45 gün sonra maksimum değere ulaşmaktadır. Depolama sahası sıcaklığı anaerobik şartların gelişmeye başlamasıyla birlikte düşüş göstermektedir. Depolama sahasının üst bölgelerinde, değişen hava sıcaklıklarına bağlı olarak daha büyük salınımlar görülmektedir. Üst bölgelerdeki atık kütlelerinin izolasyonu sebebiyle depolama sahasının orta ve derin bölgelerinde daha küçük sıcaklık salınımları söz konusudur. 15 m ve daha derinlerdeki bölgeler ortamın hava sıcaklıklarından nispeten daha az etkilenmekte ve 70 °C’yi bulan sıcaklıklara ulaşmak mümkün olmaktadır. Söz konusu bu izole edilmiş yüksek sıcaklıklı bölgeler, sahanın genelinde daha düşük sıcaklık gözlenen depolama sahalarında da gözlenebilmektedir. Bu yüksek sıcaklıklar atık derinliği yüksek olan, çamur

ilavesinin ve/veya sızıntı suyu geri devrinin yapıldığı depolama sahalarında (40 m'den daha büyük) gözlenebilmektedir. Atık derinliği az olan depolama sahalarında ortam sıcaklıkları atık kütlelerinin sıcaklıklarını etkileyebilmektedir (Mc Bean ve diğ., 1995).

Depolama sahasında artan gaz sıcaklıkları biyolojik aktivitenin bir sonucudur. Depo gazı sıcaklıklarının tipik aralığı 30-60°C olarak bilinmektedir. Depolama sahasındaki optimum sıcaklıklar 30-40°C arasında değişmekte ve 15°C'nin altındaki sıcaklıklar metan bakterilerinin aktivitesinin şiddetli bir şekilde etkilemektedir (McBean ve diğ., 1995).

Sıcaklık aynı zamanda kimyasal çözünürlüğü de etkilemektedir. Artan sıcaklıklarla çözünürlüğün de arttığı bilinmektedir.

Metan gazı üretiminde sıcaklığın etkisi şu şekilde verilmektedir (McBean ve diğ., 1995):

$$k_{T_2} = k_{T_1} e^{\left(\frac{E_a(T_2 - T_1)}{RT_1 T_2} \right)} \quad (4.2)$$

$$k_{10^\circ\text{C}} = 0.17 k_{25^\circ\text{C}} \quad (4.3)$$

Burada;

T = Sıcaklık (°K)

E_a = 20 kcal/mol

R = İdeal gaz sabiti = 1,987 kcal/°K/mol

k_T = CH₄ oluşum hızı (m³/g)

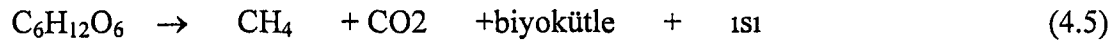
Atıkların hem aerobik hem de anaerobik ayrışmasıyla ısı üretilmektedir, fakat anaerobik ısı üretimi çok düşük sıcaklık artışlarına sebep olduğundan genellikle ihmal edilmektedir. Örnek olarak glikozun aerobik ve anaerobik ayrışması ele alınırsa, anaerobik ayrışma ile açığa çıkacak ısı aerobik ayrışma ile çıkacak ısıya sadece %7'si kadarıdır.

Glikozun aerobik ayrışması:



1 kg	0.64 kg	0.88 kg	0.34kg	(kuru ağırlık)	9300 kJ
				0.40 kg	

Glikozun anaerobik ayrışması:



1 kg 0.25 kg 0.69 kg (kuru ağırlık) 632 kJ
0.056 kg

4.3.6 Partikül Boyutu

Daha küçük partikül büyüklüğüne sahip öğütülmüş atıkların depo gazı oluşumu üzerinde olumlu bir etki yarattığı düşünülmektedir. Küçük partikül boyutuna sahip atıklar, gaz oluşumunu etkileyen önemli parametreler olan nem, nütriye ve bakteriler için daha büyük yüzey alanları sunmaktadır. İyi şekilde öğütülmüş bir atık kütlesi mikrobiyal aktivitenin ve nütriye türlerinin dolaşımının artmasına neden olmaktadır. Bu durum özellikle yeterli nemin bulunması şartında geçerlidir (McBean ve diğ., 1995).

4.3.7 Atık Yoğunluğu

Atık yoğunluğunun depo gazı üretimi üzerindeki etkisini kesin bir şekilde ortaya koyan çok az veri bulunmaktadır. Depolama sahasında gömme işlemi tamamlanmış atıkların yoğunluğu 300-450 kg/m³ olan depolama sahalarında, atık yoğunluğu ile gaz oluşumu arasında çok belirgin bir ilişkinin varlığı görülmemektedir (McBean ve diğ., 1995).

Bu durum balyalanmış atıklardan oluşan bir depolama sahasında farklılık gösterebilmektedir. Balyaların kendileri yüksek bir yoğunluğa sahip olmalarına rağmen depolama sahasında gömüldüklerinde aralarında büyük hava boşlukları bulunmaktadır. Suyun depolama sahası örtüsünden infiltrasyonu ve balyalardan süzülmesi, nütriye türlerinin ve bakterilerin mükemmel bir şekilde taşınımını sağlamasına rağmen, balyaların içindeki atık kütlelerine ulaşması oldukça zordur. Bundan dolayı, balyalanmış atıkların bulunduğu bir depolama sahasında, gaz üretiminin oldukça yavaş olması ve konvansiyonel depolama sahalarına göre daha uzun süreler alması beklenmektedir (McBean ve diğ., 1995).

Tablo 4.2 depolama sahalarında gaz oluşumunu etkileyen bazı faktörleri özetlemektedir (McBean ve diğ., 1995).

4.4 Depolama Sahası Yönetiminin Metan Oluşumuna Etkisi

Metan oluşum hızındaki bir diğer sınırlayıcı faktör yasal politikalar ve felsefelerdir. Tarihsel açıdan bakıldığında, kentsel katı atıklar çukurlara doldurulmakta ve nadiren

de üzerleri herhangi bir madde ile örtülmekteydi. Bu durum çoğu kez yer altı sularının kirlenmesine ve kirlenmiş yağmur sularının da yüzeysel sulara karışmasına neden olmaktaydı. Sonuçta, ülkeler kentsel katı atıkların yönetmelikler çerçevesinde bertarafına ve koruyucu tabakalar ve sızıntı suyu toplama sistemleri ile geliştirilmiş modern düzenli depolama sahalarına doğru yol almışlardır.

Tablo 4.2 Depolama Sahalarında Depo Gazı Kontrolü (McBean ve diğ., 1995)

Faktör	Değişiklik	CH ₄ Oluşum Hızına Olan Etki
Saha Örtüsü	Derinliğin Arttırılması	
	• Sızmanın Azalması	-
	• İzolasyon	+
	• O ₂ 'nin Azalması (ORP)	+
	Genel Toplam -	
Derinlik	Arttırılması	
	• İzolasyon	+
	• O ₂ 'nin Azalması (ORP)	+
	• Biyokütle ve organik temasının artması	+
	Genel Toplam +	
Sızıntı suyu Geri Devri ile Nemin Arttırılması	• Biyokütle ve organik temasının artması	+
	• O ₂ 'nin Azalması (ORP)	+
	Genel Toplam +	
Katkılar	• Kireç veya başka bir tampon	+
	• Fosfat	+
	• Çürütücüler-KKA, Çamur	+
	Genel Toplam +	

Düzenli depolama sahası tasarım standartları ilk başlarda sızıntı suyu oluşumunu minimize edebilmek için atıkla temas edecek su miktarını en aza indirmek şeklindeydi. Fakat, kuru depolama sahalarının kabul gördüğü bu zamanlarda, enerji için metan geri kazanımı henüz gündemde değildi. Yüzey suyu infiltrasyonu ile atıkların nem içeriğini fazlalaştırarak metan oluşum hızlarını arttıracak depolama sahalarının tasarımına yeteri kadar önem verilmiyordu. Son zamanlarda ise, katı atık yönetmelikleri, metan oluşumunu arttırmak için sızıntı suyu geri devrinin ve nötralizasyonun getireceği avantajlara göre düzenlenmiştir.

Artan metan üretimi ve geri kazanımı, enerji geri kazanımına ilave olarak aşağıdaki avantajlara sahiptir:

1. Metan üretiminin artırılması ile, sızıntı suyunun KOİ'sinde azalmalar meydana gelmekte, bu da sızıntı suyu arıtma maliyetlerini ve yeraltı suyu kirlenme potansiyelini azaltmaktadır.
2. Atık bozunmasıyla birlikte çökmeler oluşmakta ve bu çökmeler yarıkların kapatılması için depolama sahası örtüsünün onarımını gerektirmektedir. Nihai örtünün kapatılmasından önce atıkların daha fazla bozunması, çökmeleri ve uzun dönem onarım maliyetlerini minimize edecektir.
3. Artan metan üretim hızları enerji geri kazanım projelerini daha ekonomik hale getirecek ve daha fazla projenin uygulanması söz konusu olacaktır. Bu durumda, metan emisyonlarının atmosfere girişini azaltacaktır. Metan gazının karbon dioksit oranla hacim bazında yirmi kat daha fazla sera etkisi yaptığı bilinmektedir.
4. Artan atık ayrışması gelecekteki sızıntı suyu ve gaz emisyonlarının etkilerini azaltacaktır, bu da muhtemel uzun dönem izleme ve bakım ihtiyaçlarının düşürecektir.
5. Artan ayrışma, ayrışma ürünü olan gaz ve sızıntı suyunun, tasarıma en yakın çalıştığı zamanda açığa çıkması ve gerektiğinde sorumlu tarafların kolaylıkla bulunarak sahanın izleme ve onarımının yaptırılması anlamına gelmektedir.

Sızıntı suyu geri devri ve nötralizasyon esaslarına göre tasarlanan ve işletilen depolama sahalarının gelecekte daha fazla ilgi görmesi düşünülmektedir. O zaman, bugün kullanılan şekliyle sadece koruyucu tabakalara ve sızıntı suyu toplama sistemlerine sahip depolama sahalarına koku ve kenar eğimlerinde sızma problemleri yaratmayan sızıntı suyunu atık üzerine dağıtan sistemlerin eklenmesi gerekecektir.

5. METAN EMİSYONLARI AZALTIMINA YÖNELİK YAKLAŞIMLAR

5.1 Giriş

Metan katı atığın anaerobik koşullardaki doğal ayrışması sonucu depolama sahalarında ve açık atık döküm alanlarında oluşmaktadır. Depolanan atıkların bünyesindeki organik bileşenler, bakteriler tarafından kompleks bir biyolojik proses sonucunda metan, karbondioksit ve diğer eser gazlarına parçalanmaktadır. Dünyadaki depolama sahaları ve açık döküm alanlarından kaynaklanan metan emisyonlarına ilişkin tahminler, toplam üretimin 20-70 Tg/yıl olduğunu göstermektedir. Bu da, toplam yıllık metan emisyonlarının %6-20'sine karşılık gelmektedir (USEPA, 1996).

Depolama sahaları ve açık atık döküm alanlarından kaynaklanana metan emisyonlarının azaltılmasına yönelik iki yaklaşım vardır: (1) atık kütlesi içine açılmış kuyular vasıtasıyla gazın çekilmesi ve yakılması (2) depolama sahasına gelen organik atık miktarının azaltılması ve böylece gelecekte daha az metan oluşması. Geri kazanım ve/veya kompostlaştırma gibi faaliyetlerin depolama sahasına giren atık miktarını azaltılmasına karşılık (dolayısıyla metan emisyonu da azalmaktadır), sadece ilk yaklaşım (gazın çekilmesi ve yakılması) mevcut depolama sahalarından yayılacak metan emisyonlarının azaltılmasını sağlayabilecektir. Ayrıca, depolama sahalarına bazı organik atıkların girişi önlenirse bile, bazı atıklar yine de depolama sahasında bertaraf edilecek, bu da gazın geri kazanımını ve yakılmasını en patik çözüm olarak gerekli kılacaktır (USEPA, 1996).

Ayrıca, depolama sahalarından ve açık atık döküm sahalarından kaynaklanan gazların toplanmasının avantajı, gazın enerji olarak kullanılabilmesidir. Geri kazanılan gazın kullanımı için seçenekler, civardaki yerleşim yerlerinde veya endüstriyel tesislerde direkt kullanımı, doğal gaz boru hattı şebekesine verilmesi, elektrik üretimi veya buhar üretimi olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca, gazın yakılması da söz konusu olabilmektedir, ama yakma işlemi gazın enerji değerinin kullanılmaması anlamına gelmektedir (USEPA, 1996).

- *Direkt Gaz Kullanımı.* Orta kalitede gaz (örneğin %30-50 metan) yerel yerleşim birimleri veya endüstriyel tesisler tarafında kazan yakıtı veya fırın yakıtı olarak

kullanılabilir. Alternatif olarak da, bir gaz şebekesine verilmesi de söz konusu olabilir. Bir gaz boruhattı şebekesine verilmesi durumunda, gazın “boruhattı kalitesi”ne (enerji değeri olarak) ulaşabilmesi için işlenmesi gerekmektedir. Bu kaliteyle kastedilen, gazın minimum katkılar ihtiva etmesi ve neredeyse yüzde 100’e yakın metan içermesidir (USEPA, 1996).

- *Elektrik Üretimi.* Geri kazanılan metan, elektrik jeneratörünü çalıştırmak için kullanılabilir. Elektrik saha civarında kullanılabileceği gibi elektrik şebekesine de verilebilir (USEPA, 1996).
- *Buhar Üretimi.* Depolama sahası gazı bölgesel ısıtma veya diğer kullanımlar için kullanılabilir (USEPA, 1996).
- *Yakma.* Burada kastedilen toplanan gazın yakılmasıdır. Yakma sistemi için gerekli olan yatırım maliyetleri diğer gaz geri kazanım alternatiflerinin yanında düşük kalmaktadır, fakat gazın enerji değeri harcanmakta ve dolayısıyla hiçbir gelir veya ekonomik fayda elde edilememektedir. Bununla beraber, gaz debisinin gaz geri kazanım ve kullanım projelerini ekonomik olarak desteklemeyecek kadar az olduğu küçük depolama sahalarında yakma, emisyon azaltımı için uygun bir yöntem olabilmektedir (USEPA, 1996).

Gazın geri kazanılmasıyla gazın yeraltındaki hareketine engel olunmaktadır. Hareket eden gazın, civardaki yerleşim binalarının veya diğer tesislerin altında birikmesi patlama tehlikesi yaratmaktadır (USEPA, 1996).

5.2 Metan Emisyonu Azaltmaya Yönelik Olanakların Tanımlanması

Proje olanaklarının ön değerlendirilmesi dört aşamadan oluşmaktadır: (1) gazın geri kazanımı için uygun depolama sahalarının veya büyük açık atık döküm sahalarının var olup olmadığının saptanması; (2) üretilen enerjinin değerlendirilebileceği potansiyel pazarların bulunup bulunmadığının saptanması; (3) depolama sahalarının veya döküm sahalarının gaz geri kazanım projesinin destekleyecek kadar atığı sahip olup olmadığının saptanması; (4) depolama sahasının yeterli miktarda organik atık içerip içermediğinin saptanması (USEPA, 1996).

Bu prosesteki herbir adım aşılması gereken bir engel gibidir. Eğer engellerden biri geçilemiyorsa, umut verici emisyon azaltım olanaklarının bulunmadığı söylenebilir. Örneğin, eğer depolama sahası veya büyük bir açık atık döküm sahası mevcut değilse, emisyon azaltım olanakları da bulunmamaktadır. Depolama sahasının varolduğu düşünülse bile, geri kazanılan gaz için bir pazarın mevcut olmadığı gerçeğiyle karşılaşılabilir. Bu durumda, gaz geri kazanım projesi kazançlı olmaktan çıkar ve emisyon azaltımı maliyetli bir şekilde gerçekleştirilebilir. Bu

durumda da projenin devam etmesi yetkili kurumların emisyon azaltımının maliyetli olmasına karşın istemesine bağlıdır (USEPA, 1996).

İlk değerlendirme adımları aşağıdaki gibidir:

1. *Atık alan Depolama Sahalarının veya Büyük Atık Döküm Sahalarının Mevcudiyeti.* Gelişmekte olan veya ekonomileri geçiş sürecinde olan ülkelerde atıklar esas olarak depolama sahalarında ve atık döküm alanlarında bertaraf edilmektedirler. Gaz geri kazanım projeleri için sadece depolama sahaları ve büyük atık döküm alanları aday olarak düşünülebilir; küçük döküm alanları aday olarak görülmemelidir. Dolayısıyla, büyük atık döküm sahalarının veya depolama sahalarının tespitinden sonra değerlendirmeye devam edilmelidir (USEPA, 1996).
2. *Enerjinin Kullanım Alanının Bulunması.* Gaz geri kazanım projelerinin potansiyel karlılığının belirlenebilmesi ve gazın en uygun şekilde kullanım yöntemlerinin saptanabilmesi için enerjinin kullanılabileceği potansiyel yerlerinin bir değerlendirilmesinin yapılması gerekmektedir. Genellikle, doğal gazı yakıt olarak kullanan herhangi bir ekipmanın, depolama sahası gazıyla da işletilmesi mümkün olabilmektedir. Ayrıca, bazı durumlarda atık toplama araçlarının depolama sahası gazıyla işletilmesi de söz konusu olabilmektedir (USEPA, 1996).
3. *Büyük Miktarlarda Atık Mevcudiyeti.* İlk değerlendirme kriteri olarak, 1 milyon ton'dan daha fazla atığa sahip depolama sahalarının potansiyel adaylar olduğu söylenebilir. Bu büyüklükte depolama sahalarının bir gaz geri kazanım projesini genellikle destekleyeceği düşünülebilir. Fakat, bu kriterin çok katı olmadığını da belirtmek gerekir. Daha küçük depolama sahalarında da (örneğin 500.000 ton'dan daha fazla atık) oldukça başarılı gaz geri kazanım projeleri uygulanabilir. Bu, sahaya ait özelliklere ve pazar şartlarına bağlıdır (USEPA, 1996).
4. *Atık içinde Organik Madde Mevcudiyeti.* Atığın içindeki organik maddenin gazı üreten bileşen olmasından dolayı, yüksek miktarda organik atık içeren (yemek artıkları, kağıt, yeşil alan atıkları ve diğer biyolojik olarak ayrışabilen atıklar) geri kazanım için iyi birer adaydırlar. Bu depolama sahaları büyük miktarlarda gaz üreteceklerdir. Büyük miktarlarda inşaat ve yıkıntı molozları (organik olmayan malzemeler) içeren depolama sahaları bir geri kazanım projesinin destekleyebilecek miktarlarda gaz üretemezler (USEPA, 1996).

Bu kriterleri sağlamayan depolama sahaları konvansiyonel enerji geri kazanım projelerini desteklemeyeceklerdir.

5.3 Atık Yönetimi Uygulamaları

Atık yönetimi uygulamaları genellikle iki çeşittir: (1) genellikle gelişmekte olan ülkelerin kırsal kesimlerinde uygulanmakta olan açık döküm alanları; (2) gelişmiş ülkelerde ve gelişmekte olan ülkelerin kentsel alanlarında uygulanan düzenli depolama sahalarıdır. Bu iki atık yönetim yönteminin her ikisinde atık, organik madde içerdiği sürece metan üretimi gerçekleşecektir. Metan emisyonlarının azaltılması için uygulanacak olan gaz geri kazanım projeleri depolama sahaları ve büyük açık atık döküm alanları için uygundur. Gelişmekte olan ülkelerde uygulanan diğer bertaraf metotları ise, atıkların ısınma veya yemek pişirme maksadıyla yakılması, hayvanları beslemede kullanılması, nehirlerle ve diğer su kütlelerine dökülmesi veya caddeler üzerinde yakılması olarak karşımıza çıkmaktadır. Depolama sahaları ve büyük açık atık döküm sahaları aşağıda tanımlanmıştır:

- *Depolama Sahaları.* Depolama sahaları atık kabulü için özel olarak tasarlanmışlardır. Tasarımlarında detaylı mühendislik çalışmaları gerektirmektedir ve atıkların kontrollü olarak bertarafına yönelik hizmet vermektedirler. Kontrolsüz atık dökümünün çevreye verdiği tahribat her gün daha fazla anlaşıldığından, depolama sahası tasarımı ve yönetimi birçok ülkede artan bir hızla daha fazla benimsenmektedir. Depolama sahası tasarım standartları, depolama sahalarına atık kabulünden önce sahanın örtülerinin serildiğini güvence altına almakta ve üretilen sızıntı suyu ve gazın güvenli bir şekilde kontrol altına alınması ve hatta mümkün olan durumlarda bertarafı için önlemler bulunmaktadır. İyi işleyen atık yönetim uygulamaları boş alan kullanımını minimize etmek için atıkların sıkıştırılmasını sağlamaktadır. Tüm bu faktörler, depolama sahasında anaerobik şartların hızla erişilmesini ve devamlılığını sağlamakta ve metan oluşumuyla sonuçlanmaktadır.
- *Büyük Açık Atık Döküm Alanları.* Bu sahalar atık bertarafı için uygun farz edilen sahalardır. Açık döküm sahalarındaki atıklar genellikle aerobik olarak ayrışır ve metan üretimi yoktur. Fakat, bir miktar metan üretimin olduğuna dair belirtiler olsa da, miktarı hakkında bir belirleme yapmak mümkün değildir. Bazı büyük atık döküm alanları gaz geri kazanımı için aday olabilirler. Büyük atık döküm sahalarını gaz geri kazanımı için cazip hale getiren anahtar özellikler aşağıda verilmektedir (USEPA, 1996):
 - *Jeoloji:* Sahanın yerin altına doğru bir oyuk şeklinde olması gerekmektedir. Oyuk doğal bir çöküntü (çukur veya kanyon gibi) veya insan-yapımı olabilir. Ayrıca, döküm sahası yeterince büyük olmalıdır: en

az 7-10 m derinliğinde ve yaklaşık 60-70 Ha büyüklüğünde olmalıdır (USEPA, 1996).

- *Atık Özellikleri:* Atık sıkışmış ve ıslak olmalıdır. Konsantre hale gelmiş atık kütlesi - genellikle açık döküm alanın alt tarafı - gaz üretimi için gerekli anaerobik ortamı sağlayacaktır (USEPA, 1996).
- *Su kontrolü:* Sızıntı suyunu kontrol edecek iyi bir yüzey drenajı ve bununla ilgili tesisler varolmalıdır. Ayrıca saha, taşkınlara ve su birikintilerinin oluşmasına karşı dayanıksız olmamalıdır (USEPA, 1996).

Yukarıdaki gereksinimleri karşılayan açık döküm sahaları, geri kazanım için aday olarak gösterilebilir. Ayrıca, rehabilite edilen ve “depolama sahası” statüsüne kavuşan büyük atık döküm alanları da gaz geri kazanımı için iyi birer aday olabilirler (USEPA, 1996).

İlk adım olarak, depolama sahalarının ya da büyük atık döküm sahalarının bulunup bulunmadığı değerlendirilmelidir. Bu tür tesisler için en uygun yerler genellikle büyük kentsel alanların yakınlarıdır.

5.4 Enerji Kullanımı

En cazip emisyon azaltım projeleri, geri kazanılan gazın kullanılabilirdiği veya satılabilirdiği projelerdir. Gazdan elde edilen enerji değerinin, gazı toplama ve işleme maliyetlerinden daha fazla getirisi vardır. Bu aşamanın amacı, depolama sahasından ya da atık döküm alanından geri kazanılan gaz için uygun bir kullanım alanının bulunup bulunmadığını değerlendirmektir. Bu enerji kullanım kriterinin kesinlikle gerekli olmadığı vurgulanmalıdır. Depolama sahası gazının geri kazanıldığı ve yakıldığı durumlarda metan emisyonları da azaltılmış olacaktır. Fakat, gazın yakılması durumunda herhangi bir parasal kazanç sağlanmamış olacaktır. Sonuçta, kullanılabilir enerji sağlayan projeler maliyet açısından bakıldığında daha cazip emisyon azaltıcı seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır (USEPA, 1996).

Geri kazanılan gazın yakılmasında üç temel yaklaşım bulunmaktadır: (1) gazın yerel olarak direkt kullanımı (ya sahada ya da civarda); (2) elektrik üretimi ve enerji şebekesi vasıtasıyla dağıtımı; (3) gaz dağıtım şebekesine verilmesi (USEPA, 1996).

Gazın direkt kullanımı genellikle en kolay ve en maliyet-etkin yaklaşımdır. Orta kalitede bir gaz birçok şekilde değerlendirilebilir. Bunlar arasında; evsel kullanım (pişirme, sıcak su üretme, ısıtma), merkezi ısıtma için kazan yakıtı ve proses ısısı veya buharı gerektiren çeşitli endüstriyel kullanımlar (çimento üretimi, cam üretimi, ve kiremit kurutma gibi) sayılabilir (USEPA, 1996).

Direkt kullanımın pratik olmadığı durumlarda, gaz bir motor ya da türbini besleyerek elektrik üretmek için de kullanılabilir. Sahada elektrik gerekli değilse, yerel elektrik şebekesi vasıtasıyla dağıtımı yapılabilir. Bu yaklaşım elektrik kurumuyla yakın işbirliğini gerektirmektedir (USEPA, 1996).

Bazı durumlarda gaz, gaz dağıtım şebekesine de verilebilir. Orta kalitede bir gaz sisteminin olması durumunda, gaz minimum bir işlemeyle verilebilir. Fakat, doğal gaz boruhattı sistemleri genellikle yüzde 95'in üzerinde metan içeriğine sahip yüksek kaliteli gaz taşımaktadırlar. Geri kazanılan gazın böyle bir sisteme verilmesinden önce, gazın CO₂ ve diğer katkıların giderilmesi için yoğun olarak işlenmesi gerekmektedir. Gazın yüksek kalite gaz boruhattı standartlarını karşılamak için işlenmesi genellikle gazı alternatifi olan yakıtlardan daha maliyetli hale getirmektedir. Sonuç olarak, bu seçenek ekonomik olarak geçerliliğe sahip değildir. Fakat; çok yüksek yakıt fiyatlarının söz konusu olduğu ortamlarda depolama sahası gazının iyileştirilmesi karlı bir seçenek halini de alabilir (USEPA, 1996).

Diğer enerji kullanım seçenekleri, içinde bulunulan duruma göre geçerli hale gelebilirler. Örneğin, sıkıştırılmış gaz, atıkları depolama sahasına getiren toplama araçlarında kullanılabilir. Alternatif olarak, civarda gaz için özel bir talep olabilir (örneğin ısıtmalı bir sera için). Fakat; bunlar gelişmekte olan ülkelerde maliyet-etkinliği kanıtlanmamış bölgesel uygulamalardır (USEPA, 1996).

Tablo 5.1 Enerji kullanım seçeneklerinin var olup olmadığını ortaya koyan basit bir kontrol listesi vermektedir (USEPA, 1996).

5.5 Büyük Depolama Sahaları ve Atık Döküm Alanları

En cazip emisyon azaltım seçeneği, 1 milyon tonun üzerinde atığa sahip “büyük” depolama sahaları ve açık atık döküm sahalarıdır. Bu büyüklükteki tesislerin karlı bir geri kazanım projesini yıllarca destekleyeceği düşünülmektedir. Ayrıca, atık kütlelerinin büyük kısmının 10 yaşından daha az olması gerekmektedir (USEPA, 1996).

Aday sahaların geri kazanım projesinin destekleyebilecek kadar atığa sahip olup olmadıklarını değerlendirmek için tek bir temel yaklaşım yoktur. Bertarafa ilişkin genellikle ya eksiktir ya da hiç bulunmamaktadır. Bununla beraber, gaz geri kazanım projesinin daha fazla detaylarına girmeden önce aday depolama sahasının veya atık döküm sahasının yeterli büyüklükte olduğu ortaya koyulabilmelidir. Aşağıda miktara ilişkin belirlemelerde kullanılabilecek çeşitli yaklaşımlar verilmektedir.

Tablo 5.1 Enerji Kullanım Seçeneği Değerlendirme Tablosu

Geri Kazanılan enerji için Kullanım Alanları mevcut mu?		
1. Civarda ilave bir yakıt kullanabilecek yerleşim birimleri mevcut mu?	Evet	Hayır
2. Civarda orta kalitede gaz kullanabilecek merkezi ısıtma sistemi mevcut mu?	Evet	Hayır
3. Civarında orta kalitede gaz kullanabilecek endüstriyel tesis mevcut mu?	Evet	Hayır
4. Orta kalitede gaz dağıtım şebekesi var mı?	Evet	Hayır
5. Yüksek-kaliteli yakıtlar gaz işlemeyi maliyet-etkin kılacak kadar pahalı mı?	Evet	Hayır
6. Depolama sahası gibi projelerden enerji alacak (alabilecek) elektrik dağıtım şebekesi mevcut mu?	Evet	Hayır
7. Gaz geri kazanımının karlı olmamasına rağmen, metan emisyonu azaltımı için gerekli olarak mı görüyorsunuz?	Evet	Hayır
Yukarıdaki sorulardan herhangi birisi EVET ise, enerji kullanım kriteri sağlanmış demektir.		

5.5.1 Depolama Sahasına İlişkin Verilerin Toplanması

Araştırmayı söz konusu yerin Atık Departmanlarıyla (Türkiye’de bu departmanlar genellikle Belediyelerin Temizlik İşleridir) beraber yürütmek gerekmektedir. Bu Departmanların görevlilerinden bölgedeki depolama sahalarındaki atık miktarı sorulmalıdır. Özellikle eski depolama sahaları, görevlilerin orası hakkında tahmin yapılabilmeleri için gerekli hiçbir kayıta sahip değildirler. Söz konusu sahalardaki atık miktarını saptamaya yönelik yaklaşımlar aşağıda verilmektedir:

- *Alan, Derinlik, ve Atık Yoğunluğu.* Sahadaki atık miktarına ilişkin tahmin sahanın hacminden ve tipik atık yoğunluğundan hareketle gerçekleştirilebilir. Sahanın alanına ve atık derinliğine ilişkin bilgi, sahaya yapılacak bir geziyle ortaya koyulabilir. Sahaya getirilen sıkıştırılmamış evsel atığın yoğunluğu 200-400 kg/m³ arasında değişmektedir. Bu değer atığın gömülmesinden sonra 600 kg/m³ ve hatta 800 kg/m³ mertebesine (örtü olmaksızın) çıkmaktadır. Yoğunluk gelecekte yapılacak sıkıştırma ve oturma sonrasında 1000-1200 kg/m³ değerlerine yükselmektedir (USEPA, 1996).
- *Atık Kayıtları.* Bazı depolama sahalarında bertaraf edilen atık miktarına ilişkin bilgiler bulunabilir. Depolama sahasında bulunan görevli, atık hacmi, tipi, ve kaynaklarına ilişkin bilgileri günlük ve aylık istatistikler hazırlamak için

kullanıyor olabilir. Eğer böyle bir veri depolama sahasının hizmete girişinden itibaren mevcut ise, gömülmüş olan atık miktarı bu bilgilerden yola çıkılarak hesap edilebilir. Ayrıca, sahada izleme ve bertaraf işlerinden sorumlu personel de yaklaşık tahminlerde bulunabilir veya farklı yaklaşımlar getirebilir (USEPA, 1996).

- *Harita Kullanmak.* Depolama başlamadan önce ve mevcut durumdaki haritalar kullanılarak sahadaki atık miktarının kaba da olsa bir tahmininin yapılması mümkündür. Bunun için yüzey topoğrafik haritaları veya hava fotoğraflarından yararlanılabilir. Bu yöntemin en büyük dezavantajı, depolama başlamadan önce sahanın bir haritasının bulunmamasıdır (özellikle de eski sahalar için) (USEPA, 1996).

5.5.2 Ortalama Depolama Sahası Boyutlarının Tahmini

Bu yaklaşım, bir kentsel yerleşim için depolama sahalarındaki toplam atık miktarından ve bölgedeki toplam depolama sahası sayısından yola çıkarak ortalama depolama sahası büyüklüğünün tespitine dayanmaktadır. Depolama sahaları ve büyük açık atık döküm alanları kentsel bölgelerde bulunacağından kırsal kesimler bu yaklaşımın dışında kalmaktadır.

Bu yaklaşımın arkasındaki temel kavram, kentsel alanda yılda üretilen toplam atık miktarı toplam nüfustan yola çıkılarak hesaplanabilir. Depolama sahasındaki atık miktarıyla bugüne kadar sahada bertaraf edilmiş atık miktarının bir değerlendirilmesi yapılabilir. Kesin olan şey, bu yaklaşımın çok kesin sonuçlar vermeyeceğidir. Aşamalar aşağıdaki gibidir:

Adım 1: Bertaraf Edilen Toplam Atık Miktarının Tahmini

Kentsel alanlar için bu veri mevcut değilse, kentsel nüfus, yılda kişi başına üretilen atık miktarı, üretilen atığın depolanma ile bertaraf yüzdesi ve depolamanın ne kadar zamandır yapıldığı bilgilerini kullanarak sahadaki atık miktarının kabaca tahmin etmek mümkündür.

- *Kentsel Nüfus:* Kentsel nüfusa ilişkin bilgilere kolaylıkla ulaşılabilir. Depolamanın yapıldığı süre boyunca nüfus artış hızlarının temin edilmesi depolama sahasının kullanımı boyunca nüfustaki değişimleri dikkate almak için gerekmektedir.
- *Atık Üretimi ve Depolama Yüzdesi:* Kişi başına düşen atık üretim miktarı ve atıkların depolama ile bertaraf edilme yüzdesi genellikle atık departmanından temin edilebilir. Fakat, özellikle gelişmekte olan ülkelerde bu tür kayıtların tutulmadığı düşünülürse, sağlıklı verilere ulaşmak için atık tartımı işleminin

yapılması gerekebilir. Bu işlem senede dört kereden daha az olmamalıdır. Buradaki amaç ise, bölgedeki mevsimsel değişiklikleri göz önüne alabilmektedir. Genel bir yaklaşım olmakla beraber Tablo 5.2 atık üretimine ve depolanma yüzdesine ilişkin bilgileri içermektedir.

Tablo 5.2 Atık Depolanma Yüzdesi ve Atık Oluşumu (USEPA, 1996)

	Depolanma Yüzdesi (%)	Yıllık atık Üretimi (kg/kişi)
Doğu Avrupa	85	220
Gelişmekte olan Ülkeler	80	182

- *Depolama Zamanı:* Sahadaki toplam atık miktarının belirlemek için atıkların kaç yıldır depolama sahasında bertaraf edildiğinin tespiti gerekmektedir. Büyük kentlerde, bu uygulamalar en az 10-20 yıldır süregelmektedir (USEPA, 1996).

Bu bilgiyi kullanarak, depolama saharındaki toplam atık miktarı aşağıdaki şekilde hesaplanır (USEPA, 1996):

Toplam Depolanan Atık Miktarı (ton) = Kent Nüfusu x Atık Üretim Miktarı (kg/kişi/yıl) x Depolanma Yüzdesi x Depolama Süresi (yıl) x 0,001 ton/kg

Adım 2: Depolama Sahası Sayısının Tespiti:

Bölgedeki toplam atık depolama sahasının tespit edilmesi gerekmektedir.

Adım 3: Ortalama Depolama Sahası Büyüklüğünün Hesaplanması:

Depolama sahasındaki ortalama atık miktarı depolama saharındaki atık miktarını depolama sahası sayısına bölerek elde edilir:

Ortalama Depolama Sahası Büyüklüğü (ton) = Toplam Depolanan Atık (ton) / Depolama Sahası Sayısı

Bu yöntem şehirlerde üretilen atık miktarının bir gaz geri kazanım projesini destekleyip destekleyemeyeceğini ortaya koyacaktır. Bu değerlendirme sahaya özel depolama tarihçesini fazla dikkate almamaktadır. Ayrıca, tüm depolama saharlarının aynı miktarda atık içerdiği kabulüne dayanmaktadır. Yine de, bulunan yaklaşık sonuçlar 1 milyon ton'dan daha fazla atık içeriyorsa, bu durumda en az bir sahanın kriterleri sağladığı söylenebilir.

Depolama Sahası veya Açık Atık Döküm Sahası Başına Düşen İnsan Sayısı

Bu yaklaşım aslında sorunun tersten sorulması anlamına gelmektedir: 1 milyon ton atığa sahip bir depolama sahası için ne kadar insan gereklidir. Bu tahmin yöntemiyle, bu limitin altındaki kentsel alanlar daha detaylı inceleme için dikkate alınmaz.

Adım 1: Depolama Sahası Başına Gerekli olan İnsan Sayısının Tahmini:

Gerekli insan sayısı 1 milyon ton atığı: yıllık kişi başına üretilen atık miktarına, depolama sahasına gömülen atık yüzdesi ve depolama sahasına gömme işleminin yapıldığı yıl sayısına bölerek hesaplanır. Yani (USEPA, 1996);

Depolama Sahası Başına Düşen İnsan Sayısı = Depolama Sahasındaki Atık Miktarı / (Atık üretim hızı (kg/kişi/yıl) x Depolama Sahalarındaki atığın yüzdesi x Depolama Süresi (yıl))

Adım 2: Aday Sahaların Saptanması:

Yukarıdaki tahminle, bulunan kriterin üzerindeki nüfusa sahip şehirler nüfus sayımlarından saptanabilir.

Adım 3: Aday Sahaların Gözden Geçirilmesi

Saptanan sahalara için şehre özel atık üretim ve bertaraf uygulamaları araştırılmalıdır.

5.5.3 Atık Özellikleri

Atık bileşimi depolama sahalarından üretilen gazın hem miktarını hem de boyutunu etkileyecektir. Evsel atıklar yeterli miktarlarda organik atık içermektedir. Bu organik maddelerin ayrışması metan emisyonuyla sonuçlanmaktadır. Değişik ülkeler ve değişik bölgeler çok değişik katı atık kompozisyonlarına sahiptirler. Gelişmekte olan ülkelerin atıkları yüksek miktarda yiyecek ve yeşil atıklara sahipken, gelişmiş ülkeler büyük miktarlarda kağıt ve karton atıklarına sahiptirler. Dolayısıyla gelişmekte olan ülkelerdeki depolama sahaları daha hızlı gaz üreteceklerdir (metan üretimini 10-15 yıl içinde tamamlayacaktır). Yüksek kağıt ve karton içeriğine sahip sahalara ise, 20 yıl ve üzerindeki sürelerde ve daha düşük hızlarda metan üreteceklerdir (USEPA, 1996).

Evsel atığa sahip depolama sahaları gaz geri kazanım projeleri için iyi birer adaydırlar. Eğer evsel atıkla beraber tehlikeli atıklarda depolanmış ise, geri kazanılan gazın bünyesinde kullanıma sunulmadan önce uzaklaştırılması gereken eser tehlikeli kimyasallar bulunabilir. Yüksek gaz arıtma ihtiyaçları da yüksek maliyetler anlamına gelmektedir.

Depolama sahalalarının inşaat molozları gibi atıkları büyük miktarlarda ise, bu sahalardan istenilen düzeyde gaz üretimi sağlanabileceği düşünülmemelidir.

Bu noktada, sağlıklı verilere ulaşabilmek için söz konusu şehrin atığının iyi şekilde tanınması gerekmektedir. Atığın içindeki ayrışabilir atıkların yüzdesi saptanmalıdır. Bunun için yapılması gereken şey, mevsimsel değişiklikler göz önüne alınarak elek analizinin gerçekleştirilmesidir. Burada önemli olan nokta, elek analizi için alınan

numunelerin temsil edici olmasıdır. Yani, şehrin tüm gelir grupları ve ticari ve endüstriyel alanlar için bu çalışma yürütülmelidir.

5.5.4 İlk Değerlendirme Sonuçları

Tablo 5.3 dört adımdan oluşan değerlendirmeye ait soruları vermektedir. Bu sorulardan her biri “evet” olarak cevaplandırılabilir, metan emisyonlarının gaz geri kazanımı ile azaltılması mümkün görünüyor demektir (USEPA, 1996).

Eğer sorulardan bir ya da birkaçı “evet” olarak cevaplandırılmıyorsa, bazı şartlarla metan emisyon azaltımı cazip hale gelebilir. Aşağıdaki şartlar bu durumda gaz geri kazanımı mantıklı kılabilir (USEPA, 1996):

Enerji Açığı: Enerji açığının bulunduğu bölgelerde gaz geri kazanım projesi yerel bölge için uygun bir çözüm olabilir (USEPA, 1996).

Yüksek Enerji Maliyetleri: Pahalı yakıtların söz konusu olduğu durumlarda, gaz geri kazanım projesi uygun çözüm olarak karşımıza çıkabilir (USEPA, 1996).

İyileştirme Maliyetleri: Bazı sahalarda halihazırda gaz toplama sistemleri mevcuttur. Bu sahalarda gaz kullanım tesislerin kullanılması için kurulması gereken sistemlerin maliyeti düşük olabilmektedir. Bazı durumlarda, gazın geri kazanımının en üst düzeye çıkarılabilmesi için iyileştirmeye ihtiyaç duyabilmektedir. Böyle durumlarda, küçük depolama sahaları bile cazip birer seçenek olarak karşımıza çıkabilmektedir. Tablo 5.3’de bu hususların ışığı altında ilk değerlendirme tablosu verilmektedir (USEPA, 1996).

Tablo 5.3 İlk Değerlendirme Sonuçları Kontrol Formu (USEPA, 1996)

1. Potansiyel aday olabilecek depolama sahaları veya büyük açık döküm sahaları (halan atık kabul eden veya yakın zamanda kapatılmış) var mı?	Evet	Hayır
2. Aday sahalarda, kazanılan enerjiden herhangi bir yararlı kullanım söz konusu mu?	Evet	Hayır
3. Aday saha en az 1 milyon ton atığa sahip mi?	Evet	Hayır
4. Aday sahalar ağırlıklı olarak evsel atık mı içermektedir?	Evet	Hayır
Yukarıdaki sorulardan hepsi EVET ise, gaz geri kazanımı için umut verici seçenekler söz konusu demektir.		

5.6 Potansiyel Gaz Üretimi

Mevcut gaz üretiminin saptanması için en güvenilir yol atık kütlesi içinde deneme kuyularının açılmasıdır. Bu uygulama yüksek maliyetli bir yöntem olduğundan, öncelikle sahada gaz üretebilecek kadar atığın mevcut olup olmadığı ve gazın kullanım seçenekleri değerlendirilmelidir.

Metod 1: Test Kuyuları

Gaz miktarının belirlenmesindeki en güvenilir yol, test kuyuları açmak ve bu kuyularla toplanan gazı ölçmektir. Açılacak olan kuyuların sahada temsil edici noktalarda seçilmesi gerekmektedir. Depolama sahası gazının tahmini, depolama sahası boyutu ve atık homojenliği gibi faktörlerden etkilenmektedir.

Bu yöntemin önemli bir faydası da toplanan gazın miktarıyla birlikte kalitesinin de ölçülebilir olmasıdır. Gaz metan içeriğiyle birlikte hidrokarbon, sülfür, partikül ve azot içerikleri için de analiz edilmelidir. Bu, proses ve enerji kazanım sisteminin tasarlanmasında yardımcı olacaktır. Test kuyularından elde edilen verilerle depolama sahasının tasarımı arasındaki ilişki Bölüm 10'da İstanbul örneği için detaylı olarak verilmiştir.

Metod 2: Yaklaşık Tahmin

Bir depolama sahasından kaynaklanacak gaz miktarının tahminindeki en basit yöntem depolama sahasındaki her bir ton atığın yılda 6 m³ gaz oluşturacağı (USEPA, 1996) kabulüdür. Gaz üretimine ilişkin bu yaklaşım, işletmedeki birçok depolama sahasından elde edilen atık miktarının gözlenen gaz oluşumuna oranıyla elde edilmiştir. Bu yaklaşım enerji geri kazanım projesini destekleyecek ortalama bir depolama sahasını yansıtmakta, fakat atık, iklim ve depolama sahasında bulunacak sahaya özgü diğer özellikleri hesaba katmamaktadır.

Bu kaba yaklaşım depolama sahasında ya da çöp döküm sahasında ne kadar atığın bulunduğu bilinmesini gerekli kılmaktadır. Bu tahminde ulaşılabilecek sonucun artı eksi %50 aralığında oynayacağı varsayılmaktadır. Bu üretim hızı sahaya bağlı olarak 5-15 yıl arasında devam edecektir.

Metod 3: Model Yaklaşımları

Test kuyuları belirli zamanlarda sahadaki gaz üretim hızlarına dair gerçek veriler sağlamasına rağmen, gaz üretim modelleri sahadaki depolama esnasında ve kapatılmasından sonra gaz üretimine ilişkin veriler ortaya koymaktadır. Bu modeller tipik olarak depolama zamanı, depolanan atığın miktarı, ve depolanmış atık tiplerine ilişkin verilere ihtiyaç göstermektedir. Bu çalışma kapsamında incelenecek olan iki

adet model yaklaşımı bulunmaktadır: “Birinci Derece Ayrışma Modeli” ve “Tabasaran & Rettenberger Modeli”.



6. GAZ MİGRASYONU

Depolama sahası gazının hareketini ve bundan kaynaklanan tehlikeleri önlemek için her zamana sahaya özgü alınması gereken önlemler bulunmakla birlikte, daima uygulanması gereken bazı temel prensipler de bulunmaktadır. Bu noktada dikkate alınması gereken hususlar temelde iki tanedir; birincisi depolanmış atıklar üzerindeki ve civarındaki etkiler, diğer ise civar bölgeler üzerindeki etkilerdir (Campbell, 1989).

6.1 Depolama Sahası

Çeşitli depolama sahaları tipleri ve tasarımları olduğu göz önüne alınarak, gaz üretiminde ve gaz migrasyonunu etkileyen başlıca değişkenler aşağıdaki gibidir (Campbell, 1989):

1. Depolama sahaları küçük, büyük, sıkı veya derin olabilirler; zemin seviyesi üstüne inşa edilmiş olabildikleri gibi ocaklara, kanyonlara da kurulmuş olabilirler.
2. Sahalarda değişik tipte ve değişen miktarlarda atıklar depolanmaktadır. Bu değişiklik sadece sahadan sahaya oluşmamakta aynı zamanda aynı saha içinde farklı lokasyonlarda da gerçekleşmektedir.
3. Saha işletme yöntemleri değişiklik göstermektedir. Bunlar; depolama yöntemi (alan, hücre metodu v.b.), çeşitli sıkıştırma yöntemleri, günlük, ara ve nihai örtü kullanımı olarak özetlenebilir.
4. Sahalardaki su/sızıntı suyu yönetim politikaları, ve iklimsel şartlar (özellikle de yağış) değişiklik göstermektedir.

Bunlar ve bunlar gibi birçok sahaya özgü değişkenler sırasıyla atık ayrışma proseslerini, gaz üretim hızlarını ve üretilen gaz basınçlarını etkileyecek ve bu sayılanlar da gaz migrasyonu potansiyelini etkileyecektir.

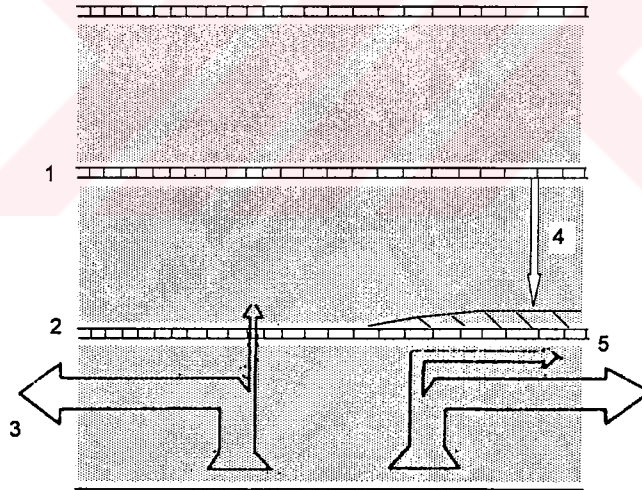
Migrasyon hızı ya da miktarı sadece gaz üretim hızlarının bir fonksiyonu olarak ortaya çıkmamakta aynı zamanda sahadaki birçok şartlara ve civardaki çevrenin özelliklerine bağlı olmaktadır.

Bir sahada, yüksek atık yoğunluğu ve nem içeriği poroziteyi düşürerek gaz basıncını arttıracaktır. Atık tabakaları üzerine serilen geçirimsiz toprak örtüler depolama

sahasında uniform gaz permeabilitelerinin oluşmasını engelleyecek ve sahanın değişik noktalarında ve derinliklerinde büyük gaz basıncı değişikliklerinin oluşmasına neden olacaktır. Çok geçirimli malzemeler, drenaj veya menfez/izleme sistemleri ise sahada gaz basınçlarının düşük olduğu yüksek gaz permeabilitesine sahip bölgelerin oluşmasına neden olabilecektir.

Üretilen depolama sahası gazı, düşük basınçlı bölgelere hareket etmek eğilimindedir. Sahalarda yatay gaz hareketinin oluşumu esasen düşey gaz hareketine göre daha olasıdır. Bunun başlıca iki sebebi vardır. Birinci sebep; atıkların tabaka esasına göre yerleştirilmeleri ve her bir atık tabakası yüzeyinde daha fazla sıkışma ve dolayısıyla da daha düşük porozite oluşumudur. Bu durum tabaka yüksekliğinin nispeten büyük olduğu bölgelerde gözlenebilmektedir. İkinci sebep ise, daha önemlidir. Günlük, ara ve nihai örtü malzemeleri, geçirimli toprak kullanılması durumunda bile düşük permeabiliteye sahip yatay tabakaların oluşumuna sebep olacaktır.

Şekil 6.1’de özetlendiği gibi, bu yatay tabakanın oluşumu, yağmur suyu atık bünyesinden süzülürken düşey gaz migrasyonu hızlarını kontrol edecektir. Sızıntı suyunun genellikle bu günlük örtülerde biriktiği bilinmektedir. Bu durum düşey gaz hareketini azaltıp saha sınırlarına doğru yatay gaz hareketini arttırıcı bir etki gösterecektir (Campbell, 1989).



Şekil 6.1 Depolanan atıklardaki yatay gaz hareketi (Campbell, 1989)

Şekil 6.1’de yatay gaz hareketi; (1) geçirimli günlük/ara örtü; (2) atık tabakası üst kısımları daha fazla sıkışma göstermekte dolayısıyla (3) atık tabakaları içinde oluşan gazların büyük kısmı yatay olarak hareket etmekte; (4) yağmur suyu infiltrasyonu ile oluşan sızıntı suyu tabakası; (5) düşey olarak hareket edecek gaz şimdi yatayda hareket etmektedir.

Migrasyon yollarını etkileyen sızıntı suları, saha işletme yöntemlerinden de etkilenmektedir. Sahadaki çalışmalar su infiltrasyonu hızlarını kontrol etmekte ve dolayısıyla mikrobiyal ayrışmaya ve gaz üretimine etki etmektedir. Hem sıcaklık hem de nem içeriği mikrobiyal faaliyeti ve gaz üretimini kontrolde önemli parametrelerdir (Campbell, 1989).

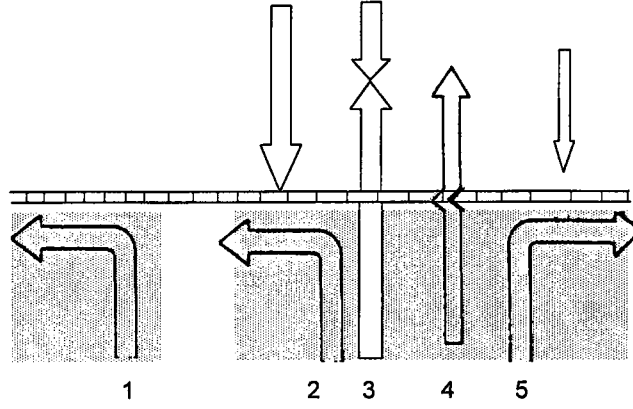
Atık çökmelerinin de migrasyon yolları üzerinde etkisi bulunmaktadır. Atıkların çökmesi, boşluklar yaratarak poroziteyi arttırabilmektedir. Fakat, genellikle çökmeler atık porozitesini azaltacak ve hem düşey hem de yatay gaz hareketlerini zaman içinde uniform hale getirecektir (Campbell, 1989).

Atık ayrışması, çökme v.b. proseslerin dinamik oldukları ve nem, sıcaklık ve mikrobiyal aktivite gibi değişen koşullara bağlı oldukları akıldan çıkarılmamalıdır. Dolayısıyla, gaz oluşumu ve potansiyel migrasyon hızları zaman içindeki değişecektir.

Depolama sahasında yağmursuyu etkisinin haricinde, iklimsel özelliklerin de gaz emisyonları üzerinde etkisi bulunmaktadır. Ani atmosferik basınç değişiklikleri gaz çıkış hızlarını etkileyebilmektedir. Yani, atmosferik basınçtaki hızlı bir düşüş kısa-dönemde daha hızlı gaz çıkışına sebep olabilmektedir.

Çoğu depolama sahası, özellikle yağış infiltrasyonunu azaltmak için örtü toprağının altında nispeten geçirimsiz örtü tabakasının inşaatını gerekli kılmaktadır. Bu tür malzemeler doğal olarak yüzey emisyonlarının azalmasına ve belirtilen noktalardan gaz çıkışına neden olacak yatay hareketi arttıracaktır. Bununla birlikte, çoğu toprak örtüler uzun süren kurak havalarda veya aşırı don koşullarında gazın çıkabileceği çatlakların oluşmasına neden olacak şekilde büzülmemektedir. Bu çatlaklar çökmelerin sonucunda da oluşabilmektedir. Şekil 6.2’de görüldüğü üzere, yağış suları ve bazı bölgelerde kar örtüsü yüzeysel çatlakları kapatmaya veya toprağın nemini arttırarak permeabiliteyi ve gaz migrasyonunu azaltmaya neden olmaktadır.

Depolama sahası gazının çevre üzerindeki etkisinin ve öneminin tam olarak saptanabilmesi için depolanan atıklara ilişkin ölçümlerin yapılması gerekmektedir. Gaz kalitesinin ve basıncın ve gaz debisinin ölçülmesi yeterli olmamaktadır. Gaz/atık sıcaklığının, sızıntı suyu seviyelerinin ve miktarlarının, çökme oranlarının, iklimsel verilerin izlenmesi ve ölçülmesi depolama sahası gazının migrasyon potansiyelinin belirlenmesi için gerekmektedir. Bu izleme işinin belli aralıklarla, hem depolama esnasında hem de sahanın kapatılmasından sonra devam ettirilmesi lazımdır.



Şekil 6.2 Gaz migrasyonundaki depolama sahası örtüsü ve atmosferik koşullar arasındaki ilişki (Campbell, 1989)

Şekil 6.2'deki depolama sahası örtüsü ve atmosferik koşulların gaz hareketi üzerindeki etkileri, (1) geçirimsiz örtü durumunda oluşan gaz yatay hareket etmekte; (2) geçirimli örtü, yüksek atmosferi basıncı durumunda oluşan gaz basınç farkına bağlı olarak yatay olarak hareket edebilmekte; (3) geçirimli örtü, düşük atmosfer basıncı durumunda oluşan gaz düşey olarak hareket etme eğilimindedir; (4) geçirimli ya da geçirimsiz örtü, örtüdeki çatlak düşey hareketi teşvik etmekte; (5) yağışlı kapanan örtü gazı yatay harekete zorlamaktadır.

6.2 Civar bölgeler

Saha sınırları ötesinde gaz migrasyonu potansiyeliyle ilgili iki temel husus vardır. İlki; depolama sahası dışındaki ve civarındaki katmanların yapısıdır. İkincisi ise; gazın sahaların üstünde ve civarında havadaki potansiyel seyrelmesidir. Bu kapsamda, koku rahatsızlığı, bitkiler üzerine etki, yangıcılık, zehirlilik ve asfeksi önemlidir (Campbell, 1989).

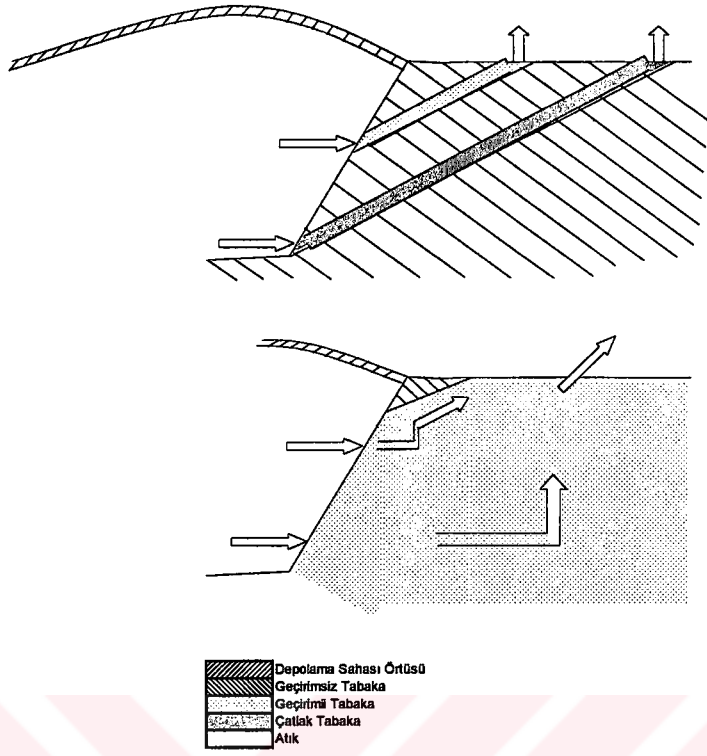
Gaz migrasyon potansiyelinin değerlendirilmesinde, atık ve saha sınırı arasındaki ara yüzey ayrı olarak düşünülmektedir. Gazın depolama sahası sınırları dışına hareket edebileceği yeni bir depolama sahası tasarımı, bu tür bir ara yüzeyin bir bariyer ya da menfez sistemi içermesi olasıdır ve saha tasarımının bir parçası olarak görülmektedir. Depolama sahası gazının saha sınırında civar tabakalar içinde gazla (hava ile) ilişkili olarak pozitif bir basınca sahip olacağı ve saha tabanı ve civarlarının geçirimsiz malzeme ile kaplanmamış olduğu kabul edilmektedir.

Aynı şekilde, depolama sahasında ve sahanın etrafındaki alanlarda birçok değişken koşullar hüküm sürecektir. Tam homojen bir tabakalaşmanın olduğu belirli bir basınç

altında, gaz migrasyon potansiyeli tabakaların gaz geçirgenliği ile doğrudan ilişkilidir. Saha sınırından itibaren migrasyon mesafesi, gazın yüzey zeminlerindeki dağılma kabiliyetiyle ilişkilidir. Dolayısıyla, saf kumlu bir killi zeminde yayılma, kumlu zemindekine oranla artan mesafelerde gerçekleşecektir.

Bu temel yaklaşım ne yazık ki birçok sahada gerçekleşmemektedir. Bu durum gerçekleşmiş olsaydı, uygun gaz izleme lokasyonlarının saptanması, verilerin değerlendirilmesi ve kontrol vasıtalarının teşkil edilmesi çok kolay olacaktır. Gaz migrasyon hızlarını ve yollarını değiştirecek bazı faktörler (Şekil 6.3)aşağıda verilmektedir (Campbell, 1989):

1. Tabakalar tam olarak homojen değildir. Kayalarda çatlaklar olabilir ve değişik geçirimsizliğe sahip tabakalar olacaktır.
2. Tabakalarda ya insan yapısı ya da doğal bölgesel açıklıklar, geçitler, faylar veya su yolları bulunabilir. Örneğin, tabakalarda maden arama sırasında kaya patlatma işlemleri sonucunda oluşmuş insan-yapısı çatlaklar bulunabilir.
3. Jeolojik formasyonlardaki eğim düzlemleri yatay olmayabilir ve bu da saha sınırında uzak mesafelerde zemin yüzeyini kesen daha geçirimli düzlemlerin oluşmasına neden olabilir.
4. Depolama sahasında üretilen gaz saha sınırlarında belli noktalarda migrasyon yapabilecektir. Örneğin, yerel kum merceklerinin bulunması yaygın olmayan bir durum değildir.
5. Tabakalardaki bölgesel birikmiş sular veya yeraltı suyu tablası zamanla değişebilmekte ve bu da tabaka içindeki gaz migrasyon yollarını ve basınç değişikliklerini etkilemektedir.
6. İklim koşulları tabaka içindeki gaz basınçlarını ve migrasyon hızlarını ve mesafeleri değiştirmekte veya yüzey toprağının porozitesini veya emisyon hızlarını etkilemektedir.
7. Depolama sahası etrafındaki arazi kullanımının değişmesi, yüzey emisyon hızlarını ve dolayısıyla gaz migrasyon mesafelerini değiştirebilmektedir (örn. arazide hayvancılıktan tarıma geçilmesi veya inşaat için imara açılması)



Şekil 6.3 Depolama sahası gazının tabakalar arasındaki migrasyonu ve geçirimsiz zeminlerin etkisi (Campbell, 1989)

7. DEPOLAMA SAHASI GAZLARININ TOPLANMASI VE KONTROLÜNDEKİ MEVCUT TEKNOLOJİLER

Düzenli depolama sahası gazlarının hareketi; atmosferik emisyonların azaltılması, koku emisyonlarının ve yer altı gaz hareketlerinin minimize edilmesi ve metan gazından enerji elde edilmesi maksadıyla kontrol edilmektedir (Tchobanoglous ve diğ., 1993). Bu gazların hareketinin kontrolü ve önlenmesi amacıyla bazı metotlar önerilmektedir. Kullanılacak kontrol teknolojilerinin oldukça uzun zaman dilimlerinde hizmet vermesi gerekmektedir. Pompalama metodu çok uzun zaman işletilmesi gerektiğinden pahalı bir metoddur. Gaz kontrol sistemlerinin uygulanabilir olduğu durumlarda doğal bariyerler ve hendekler, membranlar, kuyular ve ağızlıklar gibi inşa edilebilir yapılar kullanılmaktadır. Doğal bariyerlerde nemli ince-daneli toprak ve doymuş kaba-daneli topraklar kullanılmaktadır. İnşa edilen sistemler ise aktif ve pasif olarak ikiye ayrılmaktadır. Bu iki sistemin temel farkları aşağıda verilmektedir (McBean ve diğ., 1995):

- Pasif sistemler; bariyer ve ağızlık gibi düşük geçirgenliğe sahip malzemelerin kullanımı veya atık ve civarı arasındaki büyük iletkenlik farkı esasına dayanmaktadır. Bu sistemler hendeklerden, boru ağızlıklarından, membranlardan v.s. oluşmaktadır. Pasif kontrol sistemlerinde, depolama sahasında oluşan gaz basıncı, gazın hareketi için ana unsur olarak görev yapmaktadır.
- Aktif sistemler, gaz akışını sağlayacak vakumu üretmek için enerjiye ihtiyaç duymaktadırlar.

Bu sistemlerin seçimi tamamen söz konusu depolama sahasına özgüdür. Bu seçimde ekonomik faktörler, gerekli olan korumanın derecesi, ve sistemin güvenilirliği rol oynamaktadır. Aşağıdaki durumlar söz konusu olduğunda genellikle aktif sistemler tercih edilmektedir (McBean ve diğ., 1995):

- Atık yaşı 20'den küçük olduğunda,
- Atık derinliği 10 m.den büyük olduğunda,
- Korunması düşünülen yerleşim yerinin depolama sahasına uzaklığı 1,5 km'den az olduğunda.

7.1 Depolama Sahası Gazlarının Pasif Kontrolü

Bu sistemlerde, depolama sahasında üretilen gazın basıncı, gaz hareketi için ana unsur olarak görev yapmaktadır. Pasif kontrol, hem ana gazlar hem de eser gazlar için ana gazların yüksek hızla üretimi esnasında gerçekleştirilebilmektedir. Bu da, gaz akışının arzu edilen doğrultuda gerçekleşmesi için daha yüksek geçirgenliğe sahip yolların oluşturulmasıyla sağlanmaktadır. Örneğin; çakıl dolu hendek, gazı yakma ağzına iletmekte görev yapabilmektedir. Ana gazların üretiminin sınırlı olduğu durumlarda pasif kontrol çok verimli olamamaktadır. Bunun sebebi; moleküler difüzyonunun baskın taşınım mekanizması olmasıdır. Fakat; depolama sahası ömrünün bu aşamasında depo gazı bünyesindeki metan kalıntı emisyonlarının kontrolü çok da önemli olmamaktadır. VOC emisyonlarının kontrolü hem pasif hem de aktif kontrol tesislerinin kullanımını gerekli kılabilir (Tchobanoglous ve diğ., 1993).

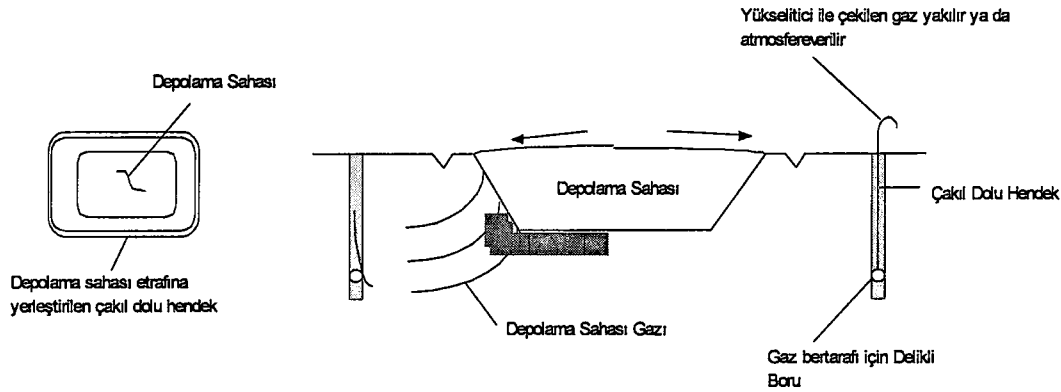
7.1.1 Depolama Sahası Örtüsünde Açılacak Basınç Düşürücü Menfez/Alevler

Depolama sahası gazlarının kontrolü için kullanılan en yaygın pasif metodlardan biri, depo gazı yanal hareketinin, depolama sahası bünyesindeki gaz basıncının düşürülmesiyle azaltılacağı gerçeğine dayanmaktadır. Bu amaçla, nihai depolama sahası örtüsünden katı atık kütesine doğru uzayan delikler açılmaktadır. Buradan çıkan gazdaki metan yeterli konsantrasyonda ise, çok sayıda delikler birbirine bağlanabilmekte ve bir gaz yakıcı da teşkil edilebilmektedir. Atık gaz yakıcıların kullanıldığı yerlerde, kuyunun üst taraftaki atık hücrelerinde açılmış olması gerekmektedir. Atık yakıcının yüksekliği yerden 3-6 m arasında değişmektedir. Yakıcı ya elle ya da sürekli pilot aleviyle ateşlenebilmektedir. Atık gaz yakıcıdan maksimum faydanın sağlanması için pilot alevi kullanılmalıdır. Fakat, burada dikkat edilmesi gereken nokta, yakıcı kullanılan pasif ağızlıklarda, istenilen düzeyde VOC ve koku giderim verimlerine ulaşılamayacağıdır. Dolayısıyla, bu tip yakıcıların kullanımı iyi bir uygulama olarak görülmemektedir (Tchobanoglous ve diğ., 1993).

7.1.2 Saha Çevresine Yerleştirilen Tutucu Hendekler

Yatay delikli plastik borudan oluşan (genellikle polivinil klorür PVC veya polietilen PE) çakıl dolu tutucu hendeklerden teşkil edilmiş bir çevre hendek sistemi, depolama sahası gazlarının yanal hareketini kesmek için kullanılabilir. Delikli boru, hendekte toplanan depo gazının atmosfere atılmasını sağlayan dikey yükselticiye bağlanmaktadır. Hendek içinde gazın toplanmasının teşkili maksadıyla, hendek duvarı genellikle membran tabakayla kaplanmaktadır (Tchobanoglous ve diğ., 1993). Teşkil edilen düşey borular arası yatay mesafe 25-35 m olarak uygulanmaktadır.

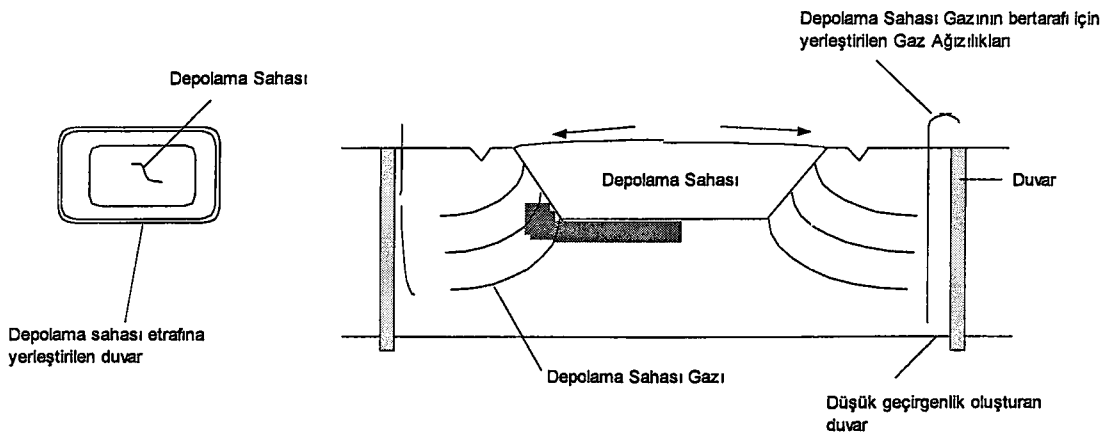
Dikey yükselticilerin çapı 10-15 cm ve yerden yüksekliği 3-4 m civarındadır (Mcbean ve diğ., 1995). Saha çevresine yerleştirilen hendek sistemi Şekil 7.1’de vermiştir.



Şekil 7.1 Saha Çevresine Yerleştirilen Tutucu Hendekler (Tchobanoglous ve diğ., 1993)

7.1.3 Saha Çevresine Yerleştirilen Bariyer Hendeği veya Harç Duvarı

Bariyer hendekleri genellikle kil harçları gibi nispeten geçirimsiz malzeme ile doldurulmaktadır. Böylece, hendek yüzey altında gaz hareketi için fiziksel bir bariyer olarak görev yapmaktadır (Şekil 7.2). Depo gazı, gaz çekme kuyuları ve çakıl hendekler vasıtasıyla bariyer iç yüzeyinde uzaklaştırılmaktadır. Fakat, bu hendekler için susuz kaldıklarında çatlama tehlikesi söz konusudur. Bundan dolayı daha çok yer altı suyu çekme projelerinde kullanılmaktadır. Bariyer hendeklerinin depo gazları hareketinin kontrolü için uzun-dönem verimliliği şu an için belirsiz görülmektedir (Tchobanoglous ve diğ., 1993).

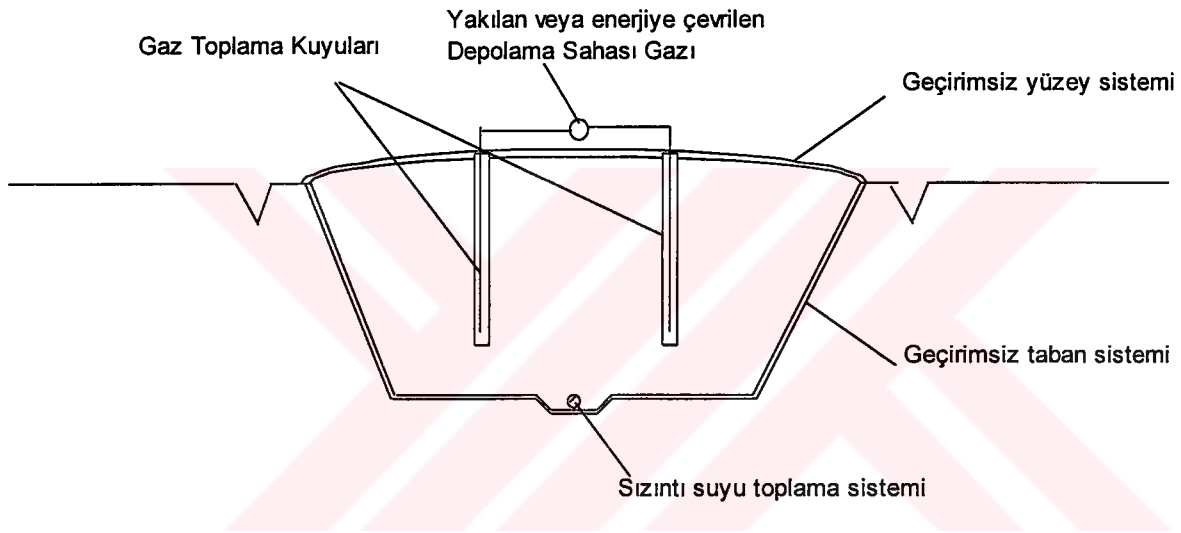


Şekil 7.2 Saha Çevresi Bariyer Hendeği (Tchobanoglous ve diğ., 1993)

7.1.4 Depolama Sahası Bünyesinde Oluşturulan Geçirimsiz Bariyerler

Modern depolama sahalarında, depo gazlarının civar topraklardaki hareketinin kontrolü için, atık doldurma işlemi başlamadan önce topraktan daha geçirimsiz malzemeler kullanarak bariyerler inşa edilmektedir (Şekil 7.3). Sızıntı suyu kontrolü de dikkate alındığında, sıkıştırılmış kil veya değişik tip geomembranlardan birinin kullanılması veya bunların çok tabakalı olarak kullanımı yaygın şekilde uygulanmaktadır.

Ana gazların ve eser gazların her ikisi de kil tabakalardan geçeceğinden, birçok kuruluş depo gazı hareketlerinin sınırlandırılması maksadıyla geomembran kullanımı yoluna gitmektedir (Tchobanoglous ve diğ., 1993). Depolama sahalarında kullanılan geçirimsiz malzemeler Tablo 7.1’de özetlenmektedir.



Şekil 7.3 Depolama Sahasındaki Geçirimsiz Bariyerler (Tchobanoglous ve diğ., 1993)

7.2 Saha Çevresinde Kurulacak Tesislerle Depolama Sahası Gazının Aktif Kontrolü

Depolama sahası gazının yanal hareketi; saha çevresinde gaz çekme kuyuları ve hendekler kullanılarak ve bu kuyulara doğru bir basınç gradyanı yaratacak kısmi vakumun oluşturulmasıyla kontrol edilebilmektedir. Çekilen gaz ya metan ve VOC emisyonlarının kontrolü maksadıyla yakılabilmekte ya da enerji üretiminde kullanılabilmektedir (Tchobanoglous ve diğ., 1993).

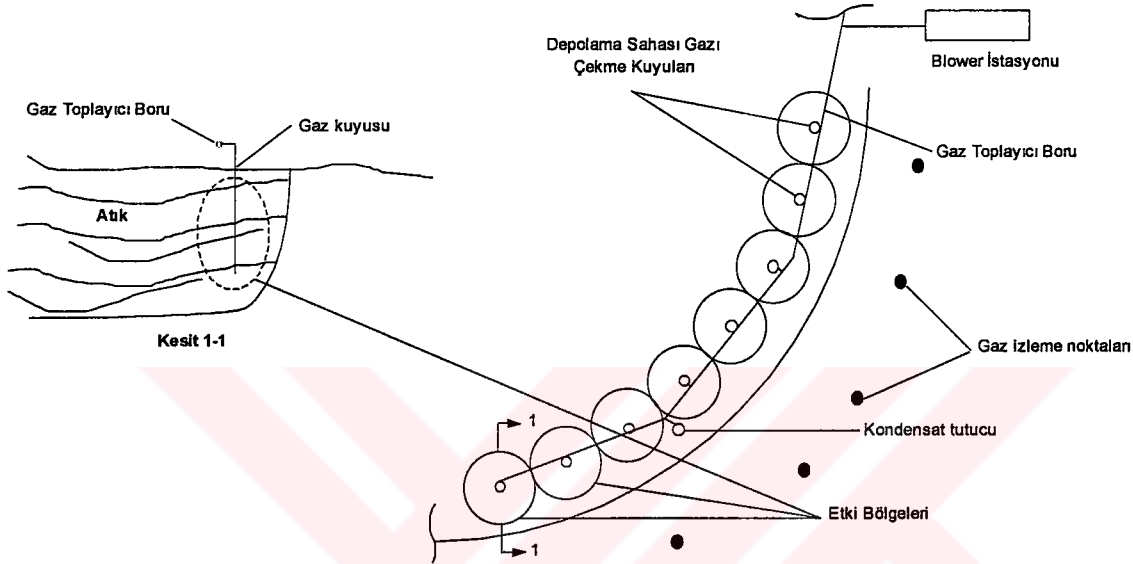
Tablo 7.1 Depolama Sahalarında Gaz ve Sızıntı Suyu Hareketinin Kontrolünde Kullanılan Geçirimsiz Malzemeler (Tchobanoglous ve diğ., 1993)

Geçirimsiz Malzeme		Notlar
Sınıflandırma	Temsili Tipler	
Sıkıştırılmış Toprak		Bir miktar kil veya ince silt içermeli
Sıkıştırılmış Kil	Bentonite, illiters, kaolinite	Depolama sahalarında sıkça kullanılan geçirimsiz tabaka; tabaka kalınlığı 15-120 cm arasında değişmekte; tabaka sürekli olmalı ve kuruyup çatlamasına izin verilmemeli
İnorganik Kimyasallar	Sodyum karbonat, silikat veya pirofosfat	Kullanımı yerel toprak özelliklerine bağlıdır
Sentetik Kimyasallar	Polimerler, kauçuk	Deneysel; sahada kullanımı iyi bilinmemekte
Sentetik Membran Örtüler	Polivinil klorür, butyl rubber, hypahen, polietilen, naylon takviyeli örtüler	Sızıntı suyu kontrolünde sıkça kullanılmakta; depo gazı kontrolü kullanımı artmakta
Asfalt	Modifiye asfalt, kauçuğa doymuş asfalt, asfalt kaplı polietilen doku, asfalt betonu	Tabaka, değişen oturma koşulları altında sürekliliği sağlayacak kadar kalın olmalı
Diğer	Gunit beton, toprak çimentosu, plastik toprak çimentosu	İnşasından sonra büzülerek çatlamasından dolayı sızıntı suyu ve gaz kontrolü için pek kullanılmamakta

7.2.1 Saha Çevresi Gaz Çekme ve Koku Kontrol Kuyuları

Saha çevresi gaz çekme kuyuları (Şekil 7.4); katı atık derinliğinin en az 7,5 m olduğu depolama sahalarında ve depolama sahası ile civar yerleşimler arasındaki mesafenin az olduğu durumlarda kullanılmaktadır (Tchobanoglous ve diğ., 1993). Bu sistem çok sayıda düşey kuyudan oluşmaktadır. Bu kuyular ya depolama sahası kenarı boyunca ya da depolama sahası köşesi ile saha sınırı arasındaki alanda inşa edilmektedir. Her bir gaz çekme kuyusunu birbirine bağlayan bir ana boru

kullanılmaktadır. Bu ana boru da elektrikle çalışan santrifüj bir blowera bağlanmaktadır. Santrifüj blower, toplayıcı boruda ve kuyularda vakuma (negatif basınç) sebep olmaktadır. Vakum uygulandığında, her bir kuyu etrafındaki katı atık kütlelerini etkileyecek şekilde bölgeler ya da etki yarıçapları oluşmaktadır. Çekilen gaz, blower istasyonunda kontrollü şartlarda ya atmosfere verilmekte ya da yakılmaktadır (Tchobanoglous ve diğ., 1993). Çekilen gazın yeterli kalite ve miktarda olması durumunda, bir enerji kaynağı olarak kullanılması da söz konusu olmaktadır.



Şekil 7.4 Gaz Çekme ve Koku Kontrol Kuyuları (Tchobanoglous ve diğ., 1993)

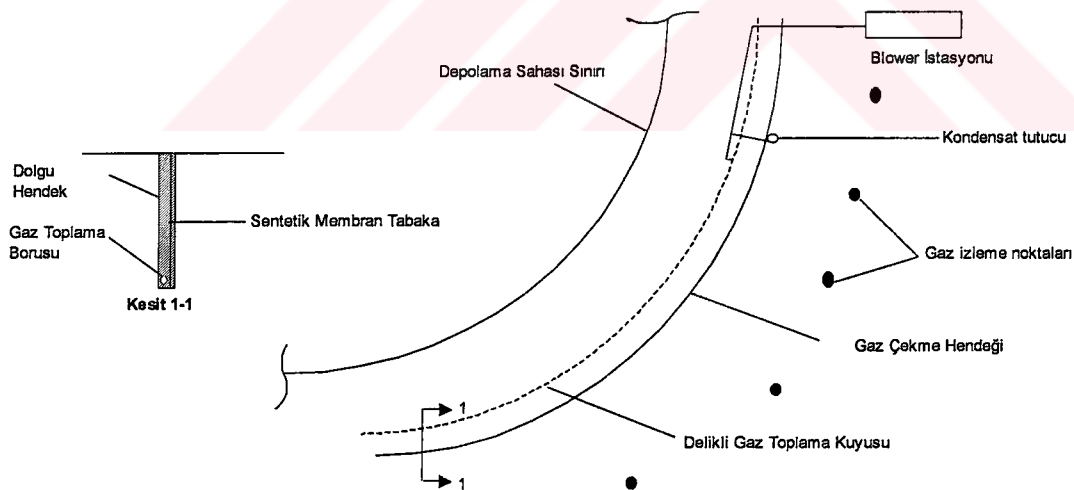
Gaz çekme kuyularında kullanılan borunun çapı genellikle 10-15 cm (PVC veya PE) civarındadır ve borular 45-90 cm'lik sondaj deliklerine yerleştirilmektedir. Borunun 1/3-1/2'lik alt kısmı delikli teşkil edilip çakıl bir dolgu içine yerleştirilmektedir (Tchobanoglous ve diğ., 1993). Boru boyunun geri kalan kısmı ise, delikli değildir ve ya toprağa (tercihen) ya da katı atık dolgusunu gömülmektedir. Kuyular, etki yarıçapları birbiriyle örtüşecek şekilde yerleştirilmektedir. Düşey kuyular için etki yarıçapı, kuyudan her yöne doğru uzayan bir küreye denk gelmektedir. Bu nedenle, sistemden aşırı çekme yapılmamasına dikkat edilmelidir. Aşırı çekme hızları, civar topraklardan katı atık kütlelerine hava sızmasına sebep olabilmektedir. Hava girişine engel olmak için, her bir kuyudaki gaz debisi dikkatle kontrol edilmelidir. Bu amaçla, gaz çekme kuyuları, gaz numune teşhizatı ve debi kontrol vanalarıyla teşkil edilmektedir. Depolama sahası derinliğine ve diğer yerel koşullara bağlı olarak, kuyular arası mesafe 60-120 m arasında değişecektir. Fakat daha büyük mesafelerin kullanımı da söz konusu olabilmektedir (Tchobanoglous ve diğ., 1993).

Büyük depolama sahalarında, düşey kuyular, depolama sahası içine yerleştirilen yatay ve düşey çekme borularıyla birlikte de kullanılmaktadır. Düşey kuyular

depolama sahası kenarından ve yüzeyinden meydana gelebilecek saha dışı gaz hareketinin kontrolünde kullanılmaktadır. Depolama sahası yüzeylerinden kaynaklanan koku emisyonlarının kontrolünde düşey kuyuların kullanımı, depolama sahası yüzeyine hafif bir vakum uygulanmasıyla gerçekleştirilmektedir (Tchobanoglous ve diğ., 1993).

7.2.2 Saha Çevresi Gaz Çekme Hendekleri

Bu hendekler (Şekil 7.5) genellikle depolama sahası çevresindeki civar doğal zeminlere inşa edilmektedir. 7,5 m veya daha az derinliğe sahip sığ depolama sahalarında kullanılmaktadır (Tchobanoglous ve diğ., 1993). Hendekler çakıl dolguyla teşkil edilmekte ve delikli plastik borular içermektedir. Bu plastik borular da yanal borular vasıtasıyla toplayıcıya ve santrifüj emme blowerına bağlanmaktadır. Hendekler depolama sahası yüzeyinden katı atık kütlelerinin en alt seviyesine veya yeraltı suyu seviyesine kadar açılabilen ve yüzeyleri de bir membranla kaplanabilmektedir. Emme blowerı, her bir hendeğe katı atık bünyesine doğru etki edecek şekilde negatif basınç bölgesi oluşturmaktadır. Bu bölgeye doğru hareket eden gaz ise, delikli boru ve toplayıcıya iletilmekte ve nihayetinde de blower istasyonunda ya atmosfere verilmekte ya da yakılmaktadır. Her bir hendeğe koyulacak kontrol vanaları ile debi düzenlemeleri de sağlanabilmektedir (Tchobanoglous ve diğ., 1993).



Şekil 7.5 Saha Çevresi Gaz Çekme Hendekleri (Tchobanoglous ve diğ., 1993)

Saha Çevresi Hava Enjeksiyon Kuyuları (Hava Perdesi Sistemleri):

Bu sistem doğal zemine inşa edilmiş birçok düşey kuyudan oluşmakta ve katı atık depolama sahası ve gaz girişiminden korunacak tesisler arasındaki bölgede kurulmaktadır. Hava enjeksiyon kuyuları genellikle, derinliği 6-7 m civarındaki

depolama sahalarının yanındaki doğal zeminlerde inşa edilmektedir (Tchobanoglous ve diğ., 1993).

7.3 Depolama Sahası Gazlarının Düşey Ve Yatay Gaz Çekme Sistemleri İle Kontrolü

Depolama sahalarından gaz çekilmesinde hem düşey hem de yatay gaz kuyuları kullanılmaktadır. Bazı durumlarda ise, her iki tip de kullanılmaktadır. Gaz geri kazanım sistemlerinin tasarımında dikkate alınması gereken önemli noktalardan biri de gaz çekildiğine oluşan kondensatın yönetimidir. Bu kondensat, gazın son kullanım seçeneğine bağlı olarak sistemden uzaklaştırılmalıdır.

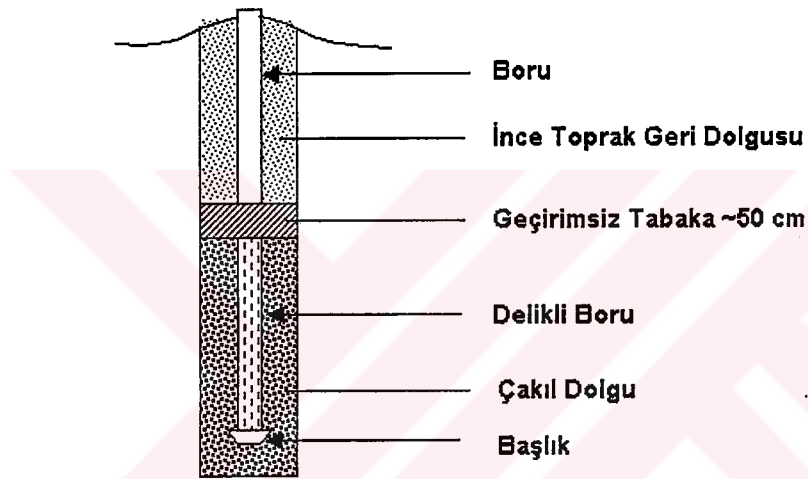
7.3.1 Düşey Gaz Çekme Sistemleri

Kuyular etki çapları kesişecek şekilde yerleştirilmektedir. Gaz geri kazanım tesisi bulunmayan depolama sahaları için gaz kuyularının etki çaplarının belirlenmesi bazen sahada gaz çekme deneyleri yapılarak gerçekleştirilmektedir. Genellikle, kuyudan düzenli uzaklıklarla bir çekme kuyusu gaz problemleriyle beraber inşa edilmekte ve çekme kuyusuna bir vakum uygulamasıyla depolama sahası bünyesindeki vakum ölçülmektedir. Hem kısa hem de uzun dönem testleri gerçekleştirilebilmektedir. Oluşacak gaz miktarı zamanla azalacağından, bazı tasarımcılar uniform kuyu aralıkları kullanmayı ve kuyuda vakumu ayarlayarak kuyunun etki yarıçapını kontrol etmeyi tercih etmektedirler. Düşey bir gaz çekme kuyusunun etki yarıçapı bir küre olacağından, etki yarıçapı aynı zamanda depolama sahası derinliğine ve depolama sahası örtüsü tasarımına bağlı olacaktır. Geomembran bir örtüye sahip derin depolama sahalarında gaz çekme kuyularının aralığı 45-60 m arasında değişmektedir. Kil ve/veya toprak örtüye sahip depolama sahalarında, gaz sistemine atmosfer gazlarının çekimini önlemek amacıyla daha düşük aralıklar (örneğin 30 m) kullanılmaktadır (Tchobanoglous ve diğ., 1993).

Düşey gaz çekme kuyuları genellikle depolama sahası dolduktan ya da bazı bölümleri dolduktan sonra inşa edilmektedir. Yaşlı depolama sahalarında, düşey kuyular hem enerjiyi geri kazanmak hem de civar yerleşimlere doğru olabilecek gaz hareketini kontrol etmek amacıyla inşa edilmektedir. Tipik bir kuyu, 45-90 cm'lik bir sondaj kuyusuna yerleştirilmiş 10-15 cm'lik bir borudan (genellikle PVC veya PE) oluşmaktadır (Tchobanoglous ve diğ., 1993). Fakat yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) bugüne kadar en çok kullanılan kaplamadır ve gitgide polivinil klorürün (PVC) yerine almaktadır (Gendebien ve diğ., 1992). Borunun 1/3-1/2'lik alt kısmı delikli teşkil edilmekte ve çakıl dolgu içine yerleştirilmektedir. Borunun geri kalan kısmı ise delikli değildir ve toprak dolguya gömülerek kille sıvanmaktadır. Gaz

kuyuları depolama sahasındaki atık derinliğinin %80'ine nüfuz edecek şekilde tasarlanmaktadır. Böylece etki çapları depolama sahası tabanına ulaşmaktadır. Fakat, gaz kaçaqları olabildiğine dair halkın korkusunun önüne geçmek için bazı tasarımcılar gaz kuyularının boyunu depolama sahası tabanına kadar uzatmaktadırlar (Tchobanoglous ve diğ., 1993). Depolama sahası tabanı üstünde bir sızıntı suyu tabakasının bulunması kuyunun derinliği için alt limiti oluşturmaktadır (Gendebien ve diğ., 1992).

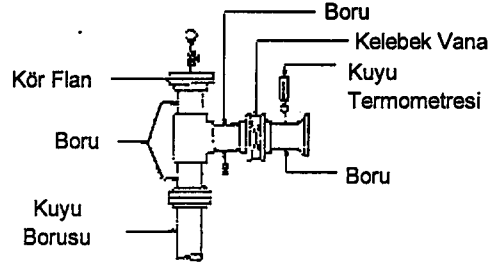
Şekil 7.6'da görüldüğü üzere tipik bir düşey gaz çekme kuyusunda delikli borunun üst kısmında 0,5 m kalınlığında beton, bentonite ve/veya kilden oluşan geçirimsiz bir tabaka bulunmaktadır.



Şekil 7.6 Depolama Sahası Gazı Kuyusu Genel Tasarımı

Her bir kuyu toplama başlığına bağlanmaktadır. Kuyu başlığı üst kör flanş bağlantısından, kelebek vanadan ve basınç ve numune bağlantılarından oluşmaktadır. Kör flanş bağlantısı kuyu dibinden numune almak ve kuyuda olabilecek tıkanmaları tespit amacıyla kullanılmaktadır. Kelebek vana ise hem vakumu kontrol etmek hem de kuyu çıkışı kesmek için bir tıkaç vazifesi görmektedir. Yerel şartlara bağlı olarak çeşitli başlık konfigürasyonları kullanılabilir (Gendebien ve diğ., 1992).

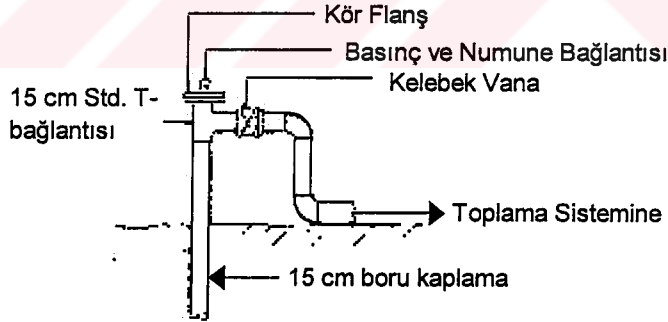
Depolama sahasında gömme işlemi devam ettiği durumda kuyu başlığı genişletilebilir olmalıdır. Böyle bir kuyu başlığı Şekil 7.7'de verilmektedir. Bu sistem kuyu yüksekliğinin gelecekte arttırılmasına olanak vermekte ve depolama işlemlerinden kuyunun zarar görmesini önlemektedir. Bu tip bir kuyu nihai yüksekliğe ulaşıncaya kadar uzatılabilmekte ve bu noktada da yerin altında ya da üstünde sabit bir başlık inşa edilmektedir (Gendebien ve diğ., 1992).



Şekil 7.7 Depolama Sahası Gaz Çekme Kuyusu Genişletilebilir Başlığı (Gendebien ve diğ., 1992)

Şekil 7.8’de gösterilen yer seviyesinin üzerindeki sabit bir başlık, test kuyularında ve nihai kullanımın rekreasyon veya başka bir kamu tesisi olmayacağı depolama sahalarında kullanılmaktadır. Depolama sahasının kapatılmasından sonra kamu tesisi kurulacağı durumlarda yerin altında sabit kuyu başlığı önerilmektedir. Bu başlıklar, kapaklı plastik ya da beton bir kasaya yerleştirilmektedir. Bu da başlığa ulaşılabilmeyi sağlamaktadır (Gendebien ve diğ., 1992).

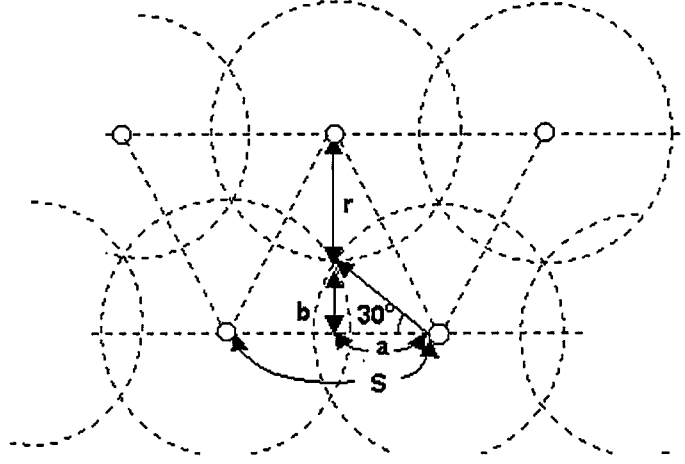
Depolama sahası gaz kuyuları depolama sahasında optimize bir şekilde dağıtılmalıdır. Toplama sistemi amacına göre kuyular arası boşluklar ayarlanmaktadır.



Şekil 7.8 Depolama Sahası Gaz Çekme Kuyusu için Sabit Başlık (Gendebien ve diğ., 1992)

Gaz migrasyonu temel amaç olduğunda, etkin bir kontrol için çekme kuyularında etkinin çakışması istenen bir özellik olmaktadır. Her şartta, kuyular arası mesafe, tahmin edilen etki yarıçapının iki katına eşit veya küçük olmalıdır. En etkili depolama sahası geri kazanımı, eşkenar üçgenlere kuyuları yerleştirmekle elde dlebilmektedir (Gendebien ve diğ., 1992). Bu tür bir yerleşim Şekil 7.9’da

verilmektedir. Tüm depolama sahası boyunca eşkenar üçgen metodu ile kuyu yerleşimi yapmak çoğunlukla uygun olmamaktadır. Bunun sebebi ise, depolama sahası sınırlarının geometrisindeki düzensizlikler ve depolama sahası sınırlarına yakın yerlerde daha düşük aralıklı kuyu yerleştirilmesinin gerekmesidir (Gendebien ve diğ., 1992).



Şekil 7.9 Eşkenar Üçgen Metoduyla Kuyu Aralıklarının Hesaplanması (Gendebien ve diğ., 1992)

Burada;

r = etki yarıçapı

$$S = 2a = 2(r \cos 30^\circ) = 1,732 r$$

Gömülmüş atığın özelliklerine bağlı olarak $r=35\pm 25$ m olarak kabul edilir.

Gaz çekme kuyuları arasındaki mesafe kuyunun etki yarıçapının bir fonksiyonudur. Etki yarıçapı ise, gaz çekme hızının ve aynı zamanda da çok değişken olabilen atık kütlelerinin porozitesinin bir fonksiyonudur. Bu da kuyu aralıklarının 16-160 metre arasında değişebilmesi anlamına gelmektedir (Gendebien ve diğ., 1992).

7.3.2 Yatay Gaz Çekme Sistemleri

Düşey gaz çekme kuyularının bir alternatifi olarak yatay kuyular görülmektedir. Yatay kuyular iki veya daha fazla hücre kapatıldıktan sonra inşa edilmektedir. Yatay gaz çekme hendeği katı atık kütlelerinde açılmaktadır. Hendek daha sonra yarısına kadar çakılla doldurulmakta ve uçları açık delikli bir boru hendek içine yerleştirilmektedir. Hendek çakılla doldurulmakta ve katı atıkla üzeri örtülmektedir. Çakıl dolgu ve iki ucu açık delikli boru kullanarak, zamanla depolama sahasında oluşacak oturmalarda dahi gaz hendeği fonksiyonel özelliğini sürdürmeye devam

edecektir. Yatay hendekler, düşeyde 25 m ve yatayda da 60 m aralık bırakılarak inşa edilmektedir (Tchobanoglous ve diğ., 1993).

Atık gömme işlemi devam ederken gaz geri kazanımını sağlamak için yatay kuyular ideal çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sistemdeki en büyük problem, depolama işlemi bitip saha kapatıldıktan sonra gaz çekme borularının üzerine gelen büyük basınç yükleridir. Bu problem aşağıda tariflenen iki yolla çözülebilmektedir (Gendebien ve diğ., 1992):

İlk yöntemde delikli borular 15 cm kalınlığındaki çakıl tabakası ile tamamen sarılmaktadır. Bu halka çakıl tabakası, metal bir ızgara ile desteklenmektedir. Yatay borular düşey kuyularla birbirlerine bağlanarak ulaşmaktadırlar. İkinci yöntemde ise drenaj hatları birbirine bitişik lastik tekerlerden oluşmaktadır. Bu drenler atık dökümünden önce inşa edilmektedir. Her bir drenin ucu, gaz çekimini sağlamak için yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) boruya bağlanmaktadır. Drenajın kendisi için de delikli yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) borunun kullanılması söz konusu olabilmektedir. Bu takdirde, et kalınlığı en az 1 cm olmalıdır.

Depolama sahası geri kazanımındaki diğer bir yatay sistem sıg yatay sistemi olarak adlandırılmaktadır. Bu sistemde delikli borular yatay hendeklere serilmekte ve çakılla geri dolgu işlemi yapılmaktadır. Bu sistemin temelinde dayandığı nokta, depolama sahasındaki gazın pozitif basınçta olup çevre basıncından daha yüksek bir basıncın söz konusu olmasıdır. Dolayısıyla, depolama sahası gazı da sahanın yüzeyine doğru yukarı doğru hareket etmek eğilimindedir. Depolama sahası gazı çekmenin etkinliği yine de çekme sisteminin üzerine gaz bariyer sistemi yapmakla artmaktadır. Bu sistem hava girişini önlemekte ve gaz kollektöründeki basıncın atmosferik basınçtan daha düşük kalmasını sağlamaktadır. Yatay boru şebekesi düşey toplama borularına bağlanmaktadır (Gendebien ve diğ., 1992).

7.3.3 Gaz Çekme Sistemlerinin Geçerliliğini Etkileyen Faktörler

Herhangi bir kuyuyu fazla pompalamak daha büyük bir etki alanı yaratacaktır. Daha büyük emme basınçları daha büyük bir alanda etki göstermekte, fakat pompalama sırasında daha fazla enerji harcanması anlamına gelmektedir. Daha büyük basınçlarda pompalama, aynı zamanda atmosferik havanın da çekilmesi potansiyelini beraberinde getirmektedir. Bazı kaynaklar depolama sahasında, fazla miktarda hava çekilmesinin artan sıcaklıklara ve yeraltı yangınlarına sebep olduğunu ortaya koymuştur. Hava girişi oksijen ve azotun artan sıcaklıklarına, depolama sahası gazı konsantrasyonunun düşmesine ve enerji kaynağı olarak kullanım özelliğinin azalmasına neden olmaktadır. Ayrıca, oksijenin mevcudiyeti patlama riskini arttırmakta ve gaz üreten metanojenlerin faaliyetlerini azaltmaktadır.

Özet olarak, gaz çekme sistemlerinin performansı aşağıdaki başlıklardan etkilenmektedir (McBean ve diğ., 1995):

- Depolama sahası gazının rahat hareketini engelleyen **günlük örtü**
- Depolama sahası gazının hareketindeki serbestliği etkileyen, **çamur veya sıvı atıklar**
- Depolama sahası gazının hareketindeki serbestliği etkileyen **sıvı artışları**
- Gazın çekilmesini zorlaştıran **sığ yükseklik**. Bunun sebebi de pompalama esnasında atmosferik havanın çekilecek olmasıdır. Ayrıca, metan geri kazanımı için derin depolama sahaları tercih edilmektedir, çünkü sızan havadaki oksijen depolama sahasının üst kısımlarında kalmakta ve sahanın alt kısımlarında anaerobik ayrışma devam edebilmektedir.
- **Nihai örtünün geçirimsizliği** – örtünün geçirimsizliğinin yüksek oluşu, atmosferik havanın girişine karşı direnci arttırmaktadır

7.3.4 Gaz Geri Kazanım Sistemlerindeki Potansiyel Problemler

Gaz geri kazanım sistemleri tasarımında aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir (McBean ve diğ., 1995):

1. Gaz çekme zor şartlarda tamamlanmalıdır. Örneğin, planlama, atıkların uzun zaman sürecinde sıkışmaları sonucu oluşan değişik oturmalara yansıtılmalıdır. Eğilmelerden kaynaklanacak boru problemleri ve kondensat çıkışlarındaki problemler önemli hususlardır.
2. Ana toplayıcı borulardaki kondensat tıkanması önemli bir husustur. Depolama sahasından çekilen gaz borular içinde nem birikime neden olacak şekilde suya doygunudur. Dolayısıyla, borulardaki kondensatlar üzerinde durulmalı, aksi takdirde pompa emme basıncı zamanla azalacaktır. Ana gaz toplama sistemleri değişik oturmalara izin verecek şekilde minimum %3 eğimle inşa edilmektedir. Ana toplayıcılar depolama sahası boyunca yukarı ve aşağı doğru eğimlerle inşa edildiklerinden, kondensat tutucular hat boyunca alt noktalarda tesis edilmektedirler. Kondensatların depolama sahasına geri verilmesinin yapılmadığı durumlarda, kondensat tutucular toplama tanklarına bağlanmaktadır. Bu tanklardaki kondensatlar periyodik olarak alınmakta ve bölgesel kanal şebekesine verilmeden önce ya bir bertaraf tesisine taşınmakta veya sahada arıtılmaktadır.
3. Gaz çekme sistemi, gaz üretim hızlarındaki değişikliklerle uyumlu olarak gerekli dengeyi sağlamalıdır.

4. Gaz kuyularında önemli miktarda su mevcudiyeti gaz çekme işlemini zor hatta imkansız kılabilir.
5. Emme basıncında dolayı depolama sahası yüzeyinden hava girişi olabilmektedir. Bu durum depolama sahası gazındaki artan oksijen ve azot konsantrasyonlarının izlenmesi ile tespit edilebilmektedir.
6. Toplama hatlarındaki kırıklar hava girişine sebep olup gaz kalitesinin bozulmasıyla sonuçlanmaktadır. Problemlerin en aza indirmek için alınacak önlemler arasında:
 - Mümkün olan bölgelerde yüksek boru eğimleri kullanmak (%2 veya daha fazla)
 - Çok fazla kondensat tutucu kullanmak (örn. 300 m’de 1)
 - Partikül ve çamurları temizlemek için toplama sisteminde elek açıklıkları kullanmak

gelmektedir.



8. GAZ GERİ KAZANIM VE KULLANIM TEKNOLOJİLERİ

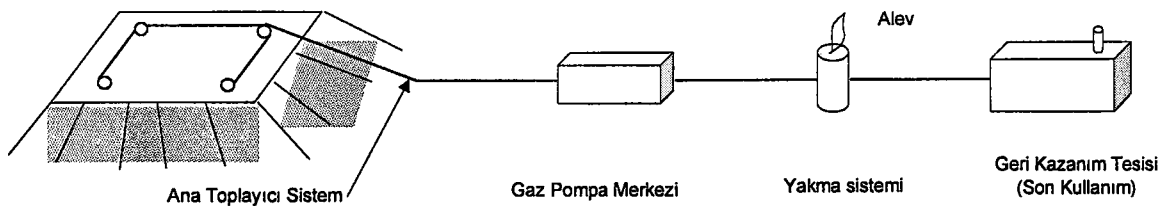
Bu bölümde düzenli depolama sahalarından ve açık atık döküm sahalarından kaynaklanan gazların geri kazanılması ve kullanılmasındaki geçerli teknolojiler üzerinde durulacaktır. Geri kazanımı desteklemesi gereken depolama sahası özellikleri ele alınacak ve daha sonra da geri kazanılan gazın yararlı kullanımı için teknolojiler üzerinde durulacaktır.

8.1 Gaz Geri Kazanım Teknolojileri

Depolama sahalarından gazın geri kazanımı için metanın üretildiği bölgelerde düşey veya yatay kuyular açılmaktadır. Kuyular yatay borular vasıtasıyla blower'ın negatif basınçla gazı uzaklaştırdığı merkezi bölgeye iletilmektedirler. Geri kazanım sistemleri genellikle tüm gaz kontrol sisteminin bir parçası olarak işletilmektedirler. Tipik bir geri kazanım sistemi genellikle yardımcı bir alev sistemini de ihtiva etmektedir.

Gaz geri kazanım sistemi Şekil 8.1'de görüldüğü üzere aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır (McBean ve diğ., 1995):

1. Atık içerisinde yerleştirilmiş bir veya daha fazla sayıda kuyu
2. Kuyular ile emmeyi sağlayacak pompa merkezini birleştirecek ana toplayıcı sistem
3. Gaza ihtiyaç olmadığı durumlarda kullanılmak üzere gazın yakılmasına imkan verecek yakma sistemi (gaz üretiminin gaz kullanımını aştığı durumlar için)
5. Gazın son kullanıcısı. Bu son kullanıcı değişik seçenekler olabilir; örneğin elektrik üretmek için bir motor veya CO_2 ile CH_4 'ü ayırmak ve CH_4 konsantrasyonunu arttırmak için gaz işleyen bir tesis.



Şekil 8.1 Gaz Geri Kazanım Sistemi Şematik Gösterimi (McBean ve diğ., 1995)

8.1.1 Gaz Toplama Kuyuları.

Gaz toplama depolama sahasının belli bir bölümü kapatıldıktan sonra başlamaktadır. Daha önceki bölümlerde de bahsedildiği üzere, kullanılan iki tip toplama sistemi mevcuttur; düşey ve yatay sistemler. Düşey sistemler günümüzde en yaygın kullanım alanı bulan kuyulardır. Yatay sistemler gazın hemen geri kazanılmasının gerektirdiği depolama sahaları için uygun olabilirler (örn, gaz migrasyonu problemine sahip depolama sahalarında). Hem yatay hem de düşey sistem kullanımında her bir kuyu, gazı ana toplayıcıya götüren yatay borulara bağlanmıştır. İdeal olarak toplama sistemi işletmecinin gaz akışını izlemesine ve müdahale etmesine olanak verecek şekilde tasarlanmalıdır (USEPA, 1996).

8.1.2 Blower

Blower (kompresör) gazı toplama kuyularından ana toplayıcıya götürecek negatif basıncı yaratmaktadır. Gazı depolama sahasından çekecek blowerlerin boyutları, tipi ve sayıları gaz debisine bağlıdır. Gazın kullanım şekline bağlı olarak ilave bir gaz sıkıştırmasının yapılması gerekebilmektedir. Bununla birlikte, sadece gazın çekilmesi için gerekli sıkıştırma miktarı genellikle çok küçüktür. Bunun sebebi de, sadece çok düşük miktarda negatif basınca ihtiyaç duyulmasıdır. Örnek olarak, 2 milyon ton atık içeren bir tesis yılda ortalama 15 milyon m³ veya dakikada 28,5 m³ gaz üretebilmektedir. Bu miktar için, m³/dk. gaz debisi için yaklaşık 0,3-0,8 hp'lik bir güç gerekmekte, bu da 36-95 hp gücünde bir blower'a ihtiyaç göstermektedir (USEPA, 1996).

8.1.3 Alev Sistemi

Alev sistemi gazın kullanılmadığı durumlarda yakılması içindir. Gaz hava ile yanabilir bir karışım oluşturmakta, ve yanmayı sağlamak için bir ateşlemeye ihtiyaç göstermektedir. Alev sistemi açık ya da kapalı olarak çalışmaktadır.

- *Açık Alev Sistemleri:* Açık alev sistemleri en basit teknoloji olarak görülmektedir. Bu sistem gazın içinden basıldığı bir borudan, gazı ateşleyecek bir alevden ve gaz akışını düzenleyecek bazı sistemlerden oluşmaktadır. Oluşabilecek bazı problemler arasında kararsız alev görülmektedir. Bu da etkin olmayan yanmaya, estetik şikayetlere ve açık sistemlerden kaynaklanan emisyonların analizinin zorlaşmasına neden olmaktadır. Bazı açık alev sistemleri örtülmekte, böylece alevin görülmesi önlenmekte ve düşük debiler için daha doğru izleme yapma olanağı sağlamaktadır (USEPA, 1996). Tipik bir açık alev sistemi Şekil 8.2'de verilmiştir.

emisyon kontrol teknolojisi olarak ortaya çıkmaktadır (USEPA, 1996). Alev sisteminin çevresel açıdan önemli boyutu, hidrokarbon bileşiklerin yok edilmesi ve yanmamış ürünlerin ve dioksinlerin oluşmamasıdır. Alevler yaklaşık %98-99,5 oranında yok etme verimine sahiptirler. Bu verimlilik yakıcıdaki alevin stabilitesine bağlıdır ve bu stabilite de depolama sahası gazı bileşiminin, atmosferik şartların, yakıcı tasarımının, alevleme kaynağının ve diğer parametrelerin bir fonksiyonudur. Alev sistemi, depolama sahası gazının %30-60 arasında metan içeriğine sahip olduğu durumda kararlı bir yanmaya sahne olmaktadır (Gebedien ve diğ., 1992).

Gazın geri kazanımı için bu üç bileşen kullanılmalıdır. Gaz kazanımının teknik açıdan uygulanabilir olması, tesiste kuyuların açılması için uygunluğa bağlıdır. Kuyuların açıldığı atık kütleleri stabil olmalı ve suya doymun olmamalıdır. Bazı tesislerde tabanda suyu tutan geçirimsiz tabakalar bulunmaktadır (kil örtüler gibi). Bu sular sızıntı suyu toplama boruları ile uzaklaştırılmaz ise atıklar suya doymun hale gelir ve gaz geri kazanım kuyularının devamlılığına izin vermezler. Atıkların gaz kuyularını destekleyeceğini doğrulamak amacıyla test kuyularının açılması önerilmektedir (USEPA, 1996).

8.2 Gaz Kullanım Teknolojileri

Kazanılan depolama sahası gazları değişik şekillerde kullanılabilirler. Kullanılacak seçeneğin seçiminde sahada ve civar bölgedeki enerji ihtiyaçları rol oynamaktadır. İhtiyaçlar belirlendikten sonra, en cazip seçenek tesiste üretilecek gazın miktar ve kalitesiyle uyumlu olanı olacaktır.

8.2.1 Bölgesel Gaz Kullanımı

Geri kazanılan gazın en kolay kullanımı bölgesel kullanımdır. Bu seçenek gazın peşpeşe filtreler ve/veya kurutucular içeren bir boruhattı ile taşınmasını gerekli kılmaktadır. Mümkün olduğu durumlarda, boruhattı ve işletme maliyetlerini azaltmak için tek noktada kullanım tercih edilmelidir (USEPA, 1996).

Gazı kullanıcıya iletmeden önce bir dereceye kadar temizlemek gerekmektedir. Kondensatın ve partiküllerin filtreler ve/veya kurutucular vasıtasıyla uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu minimum gaz arıtmadan sonra gaz kalitesinde tipik olarak %35-50'e ulaşılmaktadır. Metan konsantrasyondaki bu seviye ise kazan ve motorlar gibi birçok ekipmanda kullanmak için yeterli bulunmaktadır. Gaz kullanım ekipmanı genellikle %100 metan içeren doğal gaz için tasarlanmış olmasına rağmen, ekipman daha düşük içerikli metan kullanımı için kolaylıkla ayarlanabilmektedir (USEPA, 1996).

Bu seçeneğin fizibilitesini değerlendirmek için, gazı potansiyel kullanıcılara taşıyacak boruhattının uzunluğu tahmin edilmelidir. 3 km'nin üzerindeki mesafeler maliyet-etkin bulunmamaktadır. Ayrıca, boruhattının inşa edilebileceği bir güzergah da hazırlanmalıdır. Nehirler veya yüksek kayalık bölgeler gibi bariyerler boruhattı inşaatını oldukça yüksek maliyetlere çıkarabilmektedir (USEPA, 1996).

8.2.2 Elektrik Üretimi

Eletrik sahada kullanılmak veya bölgesel elektrik şebekesine verilmek üzere üretilmektedir. Elektrik üretimi için çeşitli teknolojiler mevcuttur. Bunlardan en yaygın olanları içten yanmalı motorlar (İY motorlar) ve gaz türbinlerdir (USEPA, 1996).

Elektrik üretimindeki yöntemin seçilmesinde beklenen gaz debisi önem taşımaktadır. Gaz türbinleri İY motorlara göre daha yüksek gaz debilerine ihtiyaç göstermektedirler. Dolayısıyla, gaz türbinleri sadece büyük depolama sahalarında uygun görülmektedir. Ayrıca, gaz türbinleri nispeten daha sürekli çalışma ihtiyacı göstermekte, ve dolayısıyla gün içindeki değişen elektrik yüklerini karşılamak için kapatılıp açılması uygun olmamaktadır. Sonuç olarak, gaz türbinleri elektrik şebekesini sürekli olarak besleyecek şekilde elektrik üretiminde kullanılmaktadır. İY motorlar, kolaylıkla açılıp kapatılabilmekte ve dolayısıyla kesik kesik güç ihtiyaçları için uygun görülmektedir (USEPA, 1996). Tablo 8.1'de içten yanmalı motorlarla gaz türbinlerin mukayesesi verilmektedir.

Tablo 8.1 Gaz Türbinleri ile İçten Yanmalı Motorların Mukayesesi (McBean ve diğ., 1995)

	Avantajlı Sistem	
	Gaz Türbinleri	Motorlar
Boyut Bulunabilirliği		X
Yatırım Maliyeti		X
İ&B Maliyeti	X	
Enerji Etkinliği ve Gelir		X
Toplam Maliyet		X
Korozyona Dayanıklılık	X	
Hava Emisyonları	X	
Uzmanlık Bakım İhtiyacı		X
İşletmede Özel Dikkat İhtiyacı	X	

- **İçten Yanmalı Motorlar:** İçten yanmalı motorlar depolama sahası gazı uygulamalarında kullanımı en yaygın dönüşüm teknolojileridir. Otomobil

motorlarına benzeyen sabit motorlar orta kalitede gazı kullanarak elektrik üretmektedirler. 30-2000 kilowatt arasında değişen İY motorlar, depolama sahalarında tipik olarak yaklaşık yediyüz kilowatt kapasitesindedirler (USEPA, 1996).

İY motorlar kanıtlanmış ve maliyet-etkin teknolojilerdir. Özellikle düşük üretim kapasitelerine karşı esneklikleri, küçük depolama sahaları için bu motorları tek elektrik üretim seçeneği haline getirmiştir. Geri kazanım projesinin başlangıcında, birçok İY motorlar tedarik edilip gaz üretimi düştükçe devre dışı bırakılır veya alternatif kullanım alanlarına gönderilirler (USEPA, 1996).

IC motorları güvenilir ve etkin üretim cihazlarıdır. Fakat, depolama sahası gazlarının IC motorlarında kullanımı gazın bünyesindeki kirliliklerden dolayı korozyon problemine sebep olabilmektedir. Bu kirlilikler arasında, IC motorun yüksek sıcaklık basıncında kimyasal olarak reaksiyona girebilecek olan klorlu hidrokarbonlar bulunabilmektedir. Ayrıca, İY motorları, depolama sahası gazında değişen hava:yakıt oranındaki salınımlara karşı daha az esnektirler. Bazı İY motorları önemli miktarlarda NO_x üretimine sebep olabilmekte, bununla birlikte NO_x emisyonlarını azaltıcı tasarımlar bulunmaktadır (USEPA, 1996).

- **Gaz Türbinleri**

Gaz türbinleri civar kullanıcılara veya elektrik şirketlerine satmak veya sahada kullanmak için orta kalitede gazdan elektrik üretebilmektedirler. Gaz türbinlerinin ekonomik açıdan cazip olmaları için IC motorlara göre daha yüksek miktarlarda gaz debilerine ihtiyaç göstermektedirler, ve dolayısıyla büyük depolama sahalarında kullanım alanı bulabilmektedirler. 500 kW ile 10 MW arasında değişen kapasitelere sahiptirler, fakat depolama sahaları için uygun olanlar 2-4 MW arasında olanlardır. Ayrıca, gaz türbinleri çalışmadıkları durumda bile elektrik üretimiyle neredeyse aynı miktarda yakıt kullanılmaktadır. Buna ilaveten gazın türbine verilmeden önce sıkıştırılması gerekmektedir (USEPA, 1996).

Bu ana seçeneklere ilave olarak, elektrik üretimi için bazı ilave seçenekler de bulunmaktadır. Yakıt hücreleri depolama sahası gazı ile test edilmektedir. 1-2 MW kapasitesinde üretim yapması beklenen bu üniteler, düşük NO_x emisyonları ile yüksek verim sağlamaktadır. Çalışma esası kimyasal enerjiyi elektrik ve ısı enerjisine çevirmek şeklindedir. Oldukça yüksek gaz debilerinin bulunması durumunda, buhar türbinleri de kullanılabilir (USEPA, 1996).

8.2.3 Boruhattına Vermek

Boru hattına vermek bölgesel kullanıcının bulunmaması durumunda uygun bir seçenek olabilmektedir. Yakında orta kalitede gaz taşıyan bir boru hattı bulunuyorsa, gazı vermeden önce sadece düşük bir gaz işleme gerekmektedir (USEPA, 1996). Boru hattına verme gazın boru hattı basıncına kadar sıkıştırılmasını da gerekli kılmaktadır.

- *Orta Kalite Gaz:* Orta kalite gaz, depolama sahası gazının %50 metan içeriğine sahip olmasıyla eşdeğerdir. Gaz verilmeden önce işlenmeli, böylece kuru hale gelmekte ve korozif katkılardan arındırılmaktadır. Bu seçeneğin cazipliğini etkileyen başlıca faktörler, gaz sıkıştırmanın büyüklüğü ve boru hattına olan mesafedir (USEPA, 1996).
- *Yüksek Kalite Gaz:* Yüksek kalite gaz için, geri kazanılan gazdaki karbondioksitin büyük kısmının ve eser elementlerinin uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu da diğer kirleticilerin uzaklaştırılmasından daha zor ve dolayısıyla daha pahalı bir prosestir (USEPA, 1996).

Boru hattına vermenin fizibilitesini değerlendirmek için, boru hattının güzergahlarının ve gerekli şartların saptanması gerekmektedir. Ayrıca, boru hattındaki ilave gaz taşıma kapasitesinin de değerlendirilmesi gerekmektedir (USEPA, 1996). Tüm yukarıda anlatılanlar ışığında, depolama sahası gazı kullanım seçeneklerinin teknik fizibilitelerinin bir özeti Tablo 8.2’de verilmektedir.

8.3 Depolama Sahası Gazının Arıtılması

Toplanmış olan gazın kullanılmadan önce bir arıtma işlemine tabi tutulması gerekebilmektedir. Depolama sahası gazının arıtılması iki amaca hizmet etmektedir: Bir tarafta, depolama sahası gazındaki kirleticilerin, bazı gaz son-kullanımları için uzaklaştırılmaları gerekmektedir. Diğer taraftan da, depolama sahası gazı doğal gaz kalitesine, (saf-metan gibi) yükseltilebilmektedir. Bu gaza yüksek-BTU gaz (BTU:British Thermal Unit) da denilmektedir. Bu durumda, depolama sahası gazının arıtılması önemli bir bileşen olan CO₂’nin giderilmesi anlamına gelmektedir. Giderilecek maddeler halojenli bileşikler, hidrojen sülfür veya bileşikleri gibi korozif maddelerle birlikte karbon dioksit, CO₂, azot, N₂ ve su gibi metanı seyrekleştiren ve ısı değeri etkileyen bileşiklerdir. Çevre üzerine olacak etkiler de göz önüne alınmalıdır (Gendebien ve diğ., 1992).

Depolama sahası gazındaki kirleticiler için iki strateji vardır. Bir tarafta, kirleticiler depolama sahası gazından son kullanımından önce giderilebilirler. Fakat,

kirleticilerin depolama sahası gazında kalmaları ve son-kullanım ekipmanlarının da bu duruma göre ayarlanmaları ekonomik olarak faydalı olabilmektedir.

Tablo 8.2 Depolama Sahası Gazı Kullanımı Seçeneklerinin Teknik Fizibilitesi Özeti (USEPA, 1996)

Seçenekler	Depolanmış Minimum Atık Miktarı*	Gaz Kalitesi (Minimum CH ₄ konsantrasyonu)	Uygulanabilirlik
Bölgesel Gaz Kullanımı			
Sahada veya endüstri, yerleşim yerleri veya ticari tesislerde doğrudan kullanım	1 milyon ton	35%	Saha dışında kullanım tesisi sahadan en fazla 1 km uzakta olmalıdır. Sahada kullanım yüksek enerji gereksinimi olan tesisler için uygundur özellikle zaten doğal gaz kullanan tesisler
Elektrik Üretimi			
İY Motorlar	1,5 milyon ton	40%	Elektrik şebekesi gerekli, satılan elektrik kullanıcının ekipmanıyla uyumlu olmalıdır Sahada kullanım elektrik kullanan yardımcı ekipmanlara sahip sahalar için uygundur.
Gaz Türbinleri	2 milyon ton	40%	Elektrik şebekesi gerekli, satılan elektrik kullanıcının ekipmanıyla uyumlu olmalıdır Sahada kullanım elektrik kullanan yardımcı ekipmanlara sahip sahalar için uygundur.
Boruhattına Verme			
Orta Kalite Gaz Boruhatları	1 milyon ton	%30-50	Orta kalite gaz boruhattı şebekesi bulunmalı ve ilave gazı taşıyacak kapasitede olmalıdır
Yüksek Kalite Gaz Boruhatları	1 milyon ton	95%	Yoğun gaz işleme gerekmekte ve, yüksek kalite gaz boruhattı şebekesi bulunmalı ve ilave gaz taşıyacak kapasitede olmalıdır
Diğer Seçenekler			
Yakma	Tüm Depolama Sahası boyutları için uygun	20%	Her boyuttaki depolama sahasında uygulanabilir
* Depolanmış olan atık yaşının ideal olarak 10 yıldan küçük olması istenir. Atık çok taze ise, 500.000 ton'dan büyük atık miktarları da yeterli olabilir.			

Su giderimi genellikle konsensat drenlerindede soğutma veya sıkıştırma ve soğutma ile gerçekleştirilmektedir. Hidrojen sülfür depolama sahası gazında nadiren

bulunmaktadır. Dolayısıyla giderimi de pek yaygın değildir (Gendebien ve diğ., 1992).

Yüksek konsantrasyonlarda halojenli organik bileşiklerle kirlenmiş depolama sahası gazı üç teknikten biriyle arıtılmaktadır: ilki, aktif karbon, reçineler veya moleküler elekler ile adsorpsiyon, ikincisi sıvılarda absorpsiyon ve üçüncüsü de soğutma ile yoğunlaştırmadır (Gendebien ve diğ., 1992).

Depolama sahası gazı arıtma prosesleri Tablo 8.3'da özetlenmektedir.

Tablo 8.3 Depolama Sahası Gazı Arıtma Prosesleri (Gendebien ve diğ., 1992)

Giderim Prosesi	H ₂ O Giderimi	CO ₂ Giderimi	H ₂ S Giderimi	Halokarbonlar
Adsorpsiyon - fiziksel - katı üzerine	Aluminyum Silis Koloit	-	Aktif Karbon	Aktif Karbon
Absorpsiyon - fiziksel - sıvı içine	Kloritler Etilen glikol	Su içinde Propilen karbonat	Su içinde	Metanol Etilen glikol
Absorpsiyon - kimyasal	Katı: - sönmemiş kireç - Kalsiyum klorit Sıvı: - Yok	Katı: - sönmemiş kireç Sıvı: - Alkali Hidroksitler - Alkali karbonatlar - Etanolaminler	Katı: - Demir oksitler - Sönmüş kireç Sıvı: - Alkali Hidroksitler - Alkali karbonatlar - Etanolaminler - Demir tuzları - Oksiredüksiyon	
Diğer	Soğutma Sıkıştırma ve soğutma	Membran Moleküler elek	Membran Mikrobiyal oksidasyon	Membran Moleküler elek Sıkıştırma ve soğutma

Sabit yatakta aktif karbon adsorpsiyonu en uygun olarak görülmektedir. Bu teknik yaklaşık 50-yıldır solvent gerikazanım teknolojisi için kullanılmıştır. Otomatik çalıştığından, bakım ve çalışma ihtiyaçları düşüktür. Basınç ile çalışan adsorpsiyon sistemleri depolama sahası gazındaki eser bileşiklerin artımında da bazen kullanılmaktadır (Gendebien ve diğ., 1992).

Depolama sahası gazındaki karbon dioksit içeriği hacimce %1-3 seviyelerine düşürüldüğünde, gazın doğal gaz kalitesinde olduğu düşünülmektedir. Hidrojen

sülfür içeriği de 5 mg/m³'ün altında olmalıdır. Karbon dioksit giderimi aşağıdaki tekniklerden biriyle gerçekleştirilebilir: Birincisi, sıyırma, ikincisi, moleküler elek olarak vazife görecektir aktif karbon üzerinde adsorpsiyon, üçüncüsü absorpsiyon, dördüncüsü sentetik polimer membranlarda giderim ve sonuncusu düşük sıcaklık damıtmasıdır. Absorpsiyon proseslerinde, karbon dioksit ya organik solventde ya da suda çözündürülmektedir (Gendebien ve diğ., 1992).

Depolama sahası gazı yaklaşık olarak % 100 su buharına doygundur. Depolama sahası gazının toplanması ve işlenmesi esnasında sıcaklık değişiminden dolayı, bu su buharı yoğunlaşmakta ve organik ve inorganik bileşikler çözünmektedir. Konsensatlar bileşimlerine bağlı olarak korozyon ve patlayıcı ve toksik özellikler gösterebilmektedir. Dolayısıyla, depolama sahasındaki konsensatların giderilmesi, hem korozyon riskinden hem de toplama sisteminde sebep olabilecek tıkanma riskinden (borular ve pompalarda) dolayı tavsiye edilmektedir (Gendebien ve diğ., 1992).

Depolama sahası gazından uzaklaştırılan konsensatlar güvenli bir şekilde bertaraf edilmeli ya da tehlikeli özelliklerinden dolayı tercihen arıtılmalıdır. Toplanan konsensatlar ya depolama sahası üzerinde geri verilebilir ya da kuyulara geri verilebilir. Toplanan sızıntı suları ile birlikte arıtılmaları da söz konusudur. Bazı durumlarda, konsensat fazlarının sahada ayrılması da gerçekleştirilmektedir. Sıvı faz yerel arıtma tesisine gönderilirken, ayrılmış hidrokarbonlar petrol geri kazanım tesislerine gönderilmekte ya da yakılmaktadır (Gendebien ve diğ., 1992).

9. DEPOLAMA SAHASI GAZI TAHMİNİ YAKLAŞIMLARI

9.1 İstanbul Gaz Geri Kazanım Projesi Örneği

9.1.1 Giriş

İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından Kemberburgaz Depolama Sahasında bir elektrik enerji üretim tesisinin tasarımı ve inşaatı planlanmaktadır. Tesis depolama sahası gazı ile beslenecektir. Bu kapsamda bir İngiliz firma sahanın seçilen bölgelerinde kapsamlı bir gaz pompa testleri yürütmekle görevlendirilmiştir.

Pompa deneyleri 24-26 Nisan 1999 tarihleri arasında bu İngiliz firma tarafından başlatılmıştır. 26 Nisan – 20 Mayıs 1999 tarihleri arasında İngiliz firmanın kontrolünde bir Türk firma rutin izleme ve ayarlama işlemi yürütmüştür. 21-22 Mayıs 1999 tarihlerinde ise son okumalar ve işi bitirme gerçekleştirilmiştir (Soiltec, 1999).

9.1.2 Amaçlar

Bu çalışmanın amacı, atıktan elde edilen gazın kalite ve miktarını belirlemek ve 6 MW gücündeki bir depolama sahası gazı santralini beslemek için yeterli potansiyelin bulunup bulunmadığını saptamaktır (Soiltec, 1999).

9.1.3 Yöntem

9.1.3.1 Gaz Üretim Hızları

Gaz çekme kuyuları atık bünyesine yerleştirilmiş ve saha yüzeyine döşenmiş boru hattıyla gaz tesisine bağlanmıştır. Bu sistem gazın kontrollü bir şekilde çekilmesini (negatif basınç altında) sağlamaktadır. Gaz kalitesi ve miktarı herbir gaz kuyusundaki manifoldda ayrı ayrı ölçülmüştür. Gaz daha sonra yakma ile güvenli şekilde bertaraf edildiği gaz tesisine iletilmiştir (Soiltec, 1999).

9.1.3.2 Etki Bölgesi Testleri

Kuyuların “Etki Bölgeleri”ni belirlemek için atık içine kuyudan değişik uzaklıklara probalar yerleştirilmiştir. Atık içindeki basınç her bir probdaki izleme aygıtı ile

ölçülmüştür. Problardaki basınç okumaları gazın çekildiği kuyuların etrafındaki etki alanları hakkında bir gösterge oluşturmıştır (Soiltec, 1999).

9.1.4 Gaz Kuyu Detayları

Depolama sahası bünyesinde 3'ü bir, diğer 3'ü de başka bir bölgede olmak üzere 6 adet kuyu açılmıştır. Sondaj 250 mm'lik matkap ile yapılmış, fakat matkap ucunun eksantrik hareketinden dolayı yer seviyesindeki sondaj çapları 250-350 mm arasında gerçekleşmiştir (Soiltec, 1999).

Kuyular 160 mm YYPE delikli boru ve boru kaplaması ile teşkil edilmiştir. Sondaj duvarı ile delikli boru arasındaki alan filtre malzemesi ile doldurulmuştur. Bu filtre 40 mm ve altı malzemeden oluşmaktadır ve yerel olarak temin edildiği anlaşılmaktadır. Geri kalan boşluklar ise çimento/su harcı karışımıyla doldurulmuştur (Soiltec, 1999).

9.1.4.1 Kuyu Başlıkları

Sondaj işleminin ardından altı kuyu da kuyu başlıkları ile teçhiz edilmiştir.

Kuyu başlıkları bir T-borusu içermektedir. T-borusunun üst kısmı sondaj kuyusundaki su seviyesinin belirlenebilmesi için düzeneğin aşağı kısımlara ilerlemesini sağlayacak bir burgu kapakla teçhiz edilmiştir. Delikli boru gaz bertaraf ünitesine bağlantıyı sağlamak için flanşlanmıştır. Pompa testleri sırasında sistem dengesini basitleştirmek amacıyla her bir grup kuyu için vana, debi izleme ve gaz numune bölmeleri bir manifolda bağlanmıştır (Soiltec, 1999).

9.1.4.2 Manifoldlar

İki gaz bertaraf biriminin (yakma bacaları) her biri, manifold ile teçhiz edilmiştir. YYPE girişlerin her biri bir LT-2000 ani izleme parçası, BSP giriş noktası ve debi ayarlama vanasından oluşmaktadır. LT-2000 kuyulardaki CH₄, CO₂, O₂ ve basınç ölçümü için kullanılmıştır. BSP girişi ise hız-debi ölçümünü sağlamıştır (Soiltec, 1999).

9.1.5 Pompa Ekipmanı Detayları

Gaz pompa ekipmanı, 500 m³/saat debisindeki doğrudan tahrikli elektrik motoruyla birlikte orta sıcaklık alev bacasından oluşmaktadır. Alev bacası dizel jeneratör ile beslenmiştir (Soiltec, 1999).

Her alev bacası bir giriş manifoldundan, orifis debi ölçerden, gaz blowerından ve yakma odasından oluşmaktadır. Alev bacaları hem yanma hem de dışarı atma modunda çalışabilmektedirler. Her kontrol paneli, üniteyi alev olmaması durumunda

kapatacak ve gaz sistemindeki aşırı/düşük basınç durumunda otomatik devre dışı bırakacak şekilde teçhiz edilmiştir (Soiltec, 1999).

9.1.6 İzleme Ekipmanı

Tüm gaz izleme ve veri toplama işlemleri aşağıdaki ekipmanlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Soiltec, 1999):

Gaz Kalitesi	-	Geotechnical Instruments GA 90
Gaz Basıncı	-	Geotechnical Instruments GA 90
Gaz Debileri	-	Airflow Developments TA2 Anemometer
Gaz Sıcaklığı	-	Psion XP'ye bağlanmış Digitron THSF

9.1.7 Statik Testler

Tüm kuyularda gaz çekme işleminden önce statik testler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler Tablo 9.1'de verilmektedir.

Tablo 9.1 Statik Test Sonuçları (Soiltec, 1999)

	Basınç	CH4	CO2	O2	Debi
	(mbar)	(% hacim)	(% hacim)	(% hacim)	(m3/saat)
Kuyu A1	ND	7,0	24,5	1,4	<1
Kuyu A2	ND	6,3	22,0	1,2	<1
Kuyu A3	ND	7,9	27,0	1,6	<1
Kuyu B1	ND	12,6	21,4	2,9	<1
Kuyu B2	AÇILMAMIŞTIR				
Kuyu B3	ND	14,2	23,1	1,7	<1

9.1.8 Gaz Pompa Testleri Sonuçları

Tablo 9.2 her bir kuyunun kararlı haldeki (7 günlük pompa) ortalama verimlerinin bir özetini sunmaktadır.

9.1.9 Problar

Problar depolama sahasındaki basınç değişikliklerini saptayabilmek için kuyulardan 5m, 15m ve 25 m mesafelere radyal olarak yerleştirilmiştir. Problar 1,5 m derinliğe kadar indirilmiştir. 1,6m'lik prob uzunluğu (0,5 m delikli / 1,1 m deliksiz) kullanılmıştır. Örtünün 700 mm ile 1000 mm arasında değişmesi problemlerin en az 500 mm atığın içine girmesini sağlamıştır (Soiltec, 1999).

B1 ve B3 problemlerinde vakum ve basınç okumalarının bulunmaması bu problemlerin örtü malzemesi içinde kalmasının bir göstergesidir. Dolayısıyla, B problemlerinin basınç

verileri başarısızlıkla sonuçlanmıştır. Problardan okunan değerler Tablo 9.3’de özetlenmektedir.

Tablo 9.2 Kuyuların Verimleri (Soiltec, 1999)

	Test Tarihi	Ortalama Gaz Debisi	Ortalama CH ₄ Kalitesi	Ortalama O ₂ Kalitesi	Ortalama Vakum	Kuyu Derinliği
		(m ³ /saat)	(hacimce %)	(hacimce %)	(mbar)	(m)
Kuyu A1	27/04-2/05	18,5	48,3	3,0	-1,6	9,97
Kuyu A2	3/05-9/05	23,5	54,5	0,6	-18,1	8,85
Kuyu A3	4/05-10/05	21,7	62,5	1,2	-6,1	10,6
Kuyu B1	1/05-7/05	25	60,1	0,5	-4,7	9,1
Kuyu B2	Başarısız					
Kuyu B3	3/05-9/05	27	58,5	0,7	-4,6	7,9

Tablo 9.3 Problarda Okunan Basınç Değerleri (Soiltec, 1999)

Prob No	1	2	3	4	5	6	7	8
	Basınç (mb)							
P1	-0,1	-1,7	-1,8	-3,1	-2,7	-2,8	-2,8	-4,8
P2	0,0	-0,2	-0,3	-0,5	-0,6	-0,5	-0,5	-0,7
P3	0,0	0,0	0,0	-0,4	-0,5	-0,4	-0,4	0,0
P4	-0,7	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4	0,0	-0,4
P5	0,0	-0,1	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,4	0,0
P6	0,0	0,0	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
P7	-1,1	-1,2	-1,2	-2,4	-2,9	-2,9	-3,6	-4,1
P8	-0,3	0,3	-0,4	-1,0	-1,8	-1,3	-2,1	-2,8
P9	0,0	0,1	0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	-0,1
P10	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P11	0,1	0,0	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
P12	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P16	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,1	0,0	0,0	-0,1
P17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

9.1.10 Etki Alanı

Elde edilen veriler A grubu kuyulardaki etki alanının, mevcut yer seviyesinden 1,5 m aşağıda 15m'nin üzerinde fakat 25 m'nin altında olduğunu göstermektedir (Soiltec, 1999).

9.1.11 Barometrik Basınç – Gaz Üretimi

Testler esnasında barometrik basınçtaki değişikliklerin, gaz üretimi üzerinde hem kalite hem de miktar olarak çok az bir etkisinin olduğu ortaya çıkmıştır (Soiltec, 1999).

9.1.12 Test Sonuçları & Hesaplamalar

Pompa testlerinin “kararlı hal” aşamasındaki bilgileri kullanılarak Tablo 9.4 elde edilmiştir.

Tablo 9.4 Pompa Testleri Özet Tablosu (Soiltec, 1999)

Ortalama CH ₄ içeriği	%56,8
Ortalama O ₂ içeriği	%1,2
Ortalama Debi (kuyu başına)	23,1 m ³ /saat
Ortalama Kuyu Basıncı	-7,0 m.b.
Ortalama Sondaj Derinliği	9,3 m
Ortalama Etkin Kuyu Boyu	6,6 m
Ortalama Gaz Çekme	3,4 m ³ /m etkin kuyu boyu
Yatay Etki Alanı	15,0-25,0 m (20,0 m kabul edilmiştir)
Düşey Etki Alanı	Sondaj derinliği+8,5 m

Pompa test sondajların ortalama derinliği 9,3 m olarak ölçülmüştür. Topoğrafik bilgiler herbir pompa test sondaj kuyusundaki atık derinliğinin 20 m'nin üzerinde olduğunu ortaya koymuştur. Edinilen bilgilere göre, sahadaki atık derinliği 30 m'nin üzerinde olabilmektedir. Fakat, sahadaki büyük alanlardaki atık yüksekliği 7 m'nin altındadır (Soiltec, 1999).

Gaz çekme kuyularındaki ortalama sıvı seviyesi mevcut yer seviyesinden 8,5 m olarak saptanmıştır. Sahada örtü bulunmadığından, bu seviyenin doğal su/sızıntı suyu seviyesi olmadığı açıktır. Kuyularda daha derine inildikçe, su seviyesinin de aşağıya düşeceği düşünülmektedir (Soiltec, 1999).

Sondaj kuyularındaki artan sıvı (sızıntı suyu) seviyeleri gaz üretimi üzerinde olumsuz etki yapacaktır. Yerel şartlara bağlı olarak, gerekli olduğu durumlarda sızıntı suları çekilip ya sahada arıtılmalı ya da kanal veya depolama sahası yüzeyine deşarj edilmelidir (Soiltec, 1999).

İş kapsamında sahada toplam 5,2 milyon m³ atık olduğu bilgisi verilmişken bu değer saha personeli tarafından 8,2 milyon m³ olarak beyan edilmiştir (Soiltec, 1999).

Kemberburgaz depolama sahasında bertaraf edilmiş atıklara ait kayıtlar bulunmadığından, evseli ticari ve endüstriyel atık karışımının sahada bulunduğu kabulü yapılmıştır. Yapılan incelemelerde ise, depolanmış olan atıkların büyük kısmının ayrışabilir evsel nitelikli atıklardan oluştuğu gözlemlenmiştir (Soiltec, 1999).

Sahanın bazı kesimlerinin üzeri örtülmüş bazı kesimleri ise açık durumdadır. Pompa test alanlarındaki gaz basıncı sonuçları A bölgesinde maksimum 1,0 m ve B bölgesinde minimum 1,5 m derinliğinde bir örtü olduğuna dair bilgiler vermektedir. Pompa testi sonuçları oksijen girişini önleyecek kalınlıkta serilmesi durumunda mevcut malzemenin kalite olarak yeterli olduğunu göstermektedir. Gaz çekme potansiyelini koruyabilmek için minimum 0,75-1,0 m arasında bir yüzey örtüsünün tüm sahada serilmesi gerekmektedir (Soiltec, 1999).

Gaz pompa testlerinde büyük miktarlarda kondensat oluştuğu gözlenmiştir. Bu kondensatın büyük kısmının, gazın sıcaklığının yüksek olduğu depolama sahasından nispeten serin olan yerüstündeki geçici boru hattına taşındığında oluştuğu düşünülmektedir. Sabit yeraltı sisteminde oluşacak kondensat hacimlerinin, daha düşük sıcaklık farklarından dolayı pompa testlerine oranla daha az olacağı beklenmektedir. Yine de, taşıyıcı boru hattının kondensattan arınmış şekilde kalmasını sağlamak için şütlerin ve susuzlaştırma tesislerinin teçhizi de gerekecektir (Soiltec, 1999).

9.1.13 Gaz Üretimi

Pompa testleri, gaz çekme kuyusu başına 23,1 m³/saat debisi ortaya koymuştur. Gaz üretimi değerlendirmesi için etki yarıçapı ve etki derinliği bilgisine ihtiyaç duyulmaktadır (Soiltec, 1999).

Pompa testi sonuçları herbir kuyudaki etki yarıçapının 15 m'den fazla fakat 25 m'den az olduğunu ortaya koymuştur. Değerlendirmede bu değer 20 m olarak alınmıştır (Soiltec, 1999).

Pompa testlerinde kullanılan sondaj kuyuları sahanın alt kısmına kadar uzanmamaktadır. Testler esnasında, gaz önemli sayılabilecek vakumla çekilmiş, oysa enerji üretim sistemi düşük basınçlara göre tasarlanacaktır. Dolayısıyla, her bir kuyu için etki derinliğinin dikkate alınması gerekmektedir (Soiltec, 1999).

Değerlendirmede, kuyunun delikli kısmından 1,5 m yukarıdan ve 8,5 m altından gaz çekildiği varsayılmıştır (Soiltec, 1999).

Kemberburgaz depolama sahasındaki gaz üretimi geleneksel yöntemlerle hesaplanmıştır (debi, etki yarıçapı ve etki derinliği kullanılarak) ve 903 m³ atık başına 1 m³/saat değerine ulaşılmıştır (Soiltec, 1999).

Tablo 9.5 sahadaki gaz üretimini 5,7 ve 8,2 milyon metre küp için ayrı olarak ortaya koymaktadır.

Tablo 9.5 1999 ve 2005 Yılları için Ortalama Gaz Üretimi Tahmini (Soiltec, 1999)

Depolama Sahası Hacmi	Gaz Üretimi 1999	Gaz Üretimi 2005
m ³	m ³ /saat	m ³ /saat
5.700.000	6.312	4.418
8.200.000	9.080	6.356

Yukarıdaki tablo 1999'daki ve %30 azalma kabulü ile 2005'deki tahmini gaz üretimlerini özetlemektedir. Toplam atık hacmine bağlı olarak, saha 2005 yılında 4.418-6.356 m³/saat debilerini sağlayacaktır (Soiltec, 1999).

Topoğrafik bilgiler tüm pompa test kuyusu lokasyonlardaki atık derinliğinin 20 m'nin üzerinde olduğunu göstermesine rağmen, sondaj esnasında sahanın tabanına ulaşılmamıştır. Gaz üretimi değerlendirmelerinde, etki derinliği olarak 8,5 m kabulü yapılmıştır. Bu güvenlik sınırı kuyu başlıklarındaki düşük emme basınçlarını sağlamalıdır (Soiltec, 1999).

Sistem dizaynında ise, gazın çekildiği derinlik 18,1 m olarak kabul edilmiştir (15,1 etkin kuyu boyu ve 3,0 m boru kaplaması). Dolayısıyla, etkin kuyu boyunun metresi başına 1,53 m³ depolama sahası gazı çekilebileceği varsayılmaktadır (Soiltec, 1999).

9.1.14 Gaz İhtiyacı

6 Mw gücündeki motorları çalıştırmak için gerekli ortalama gaz ihtiyacı, %50 CH₄ içeriğinde yaklaşık 3.900 m³/saat'tir. Zamanla metanın kalitesindeki bir düşüş, motorlarda toplam kalorifik değeri tutturmak için gaz miktarında bir artış yapmayı gerekli kılacaktır. Dolayısıyla, pratik olarak %20'lik bir emniyet faktörü alınarak, minimum 4.680 m³/saat'lik bir depolama sahası gazı beslemesi gerektiği söylenebilir (Soiltec, 1999).

9.1.15 Sondaj Kuyuları Aralıkları

Radyal problemlerde yapılmış olan okumalar gaz çekme kuyuları etrafında 15,0 m ile 25,0 m arasında bir etki yarıçapı olduğunu ortaya koymuştur. Bu değer, gaz çekme kuyusu etrafındaki en yüksek etki yarıçapına denk gelmektedir ve etkin kuyu

bölgesinin üst kısmında gerçekleşmektedir. Etki yarıçapı derinlikle birlikte konik olarak azalacaktır. Dolayısıyla, optimum gaz kuyusu aralığı olarak 40 m alınması uygun olacaktır (Soiltec, 1999).

9.1.16 Gaz Çekme Kuyuları Sayısı ve Derinliği

Pompa testleri sonuçlarına dayanarak, %20'lik emniyet payı da dahil edildiğinde yeterli miktarda gaz çekmek için 3058 m delikli borunun döşenmesi gerekmektedir. 181 adet gaz çekme kuyusunun ortalama 20,0 m derinlikte (17,0 metre etkin kuyu uzunluğu ve 3,0 m boru kaplaması) inşa edilmesi gerekmektedir (Soiltec, 1999).

9.2 EPA Modeli

Depolama Sahası Gazı Emisyonları Modeli (LandGEM) katı atık depolama sahalarından kaynaklanan emisyonların miktarının otomatik belirlenmesi için tasarlanmıştır (USEPA, 1998).

Bu modeldeki temel yaklaşım depolama sahası gazının yarı yarıya metan ve karbon dioksitten ve bunlara ilaveten düşük konsantrasyonlarda diğer hava kirleticilerinden oluşmasına dayanmaktadır. Depolama sahasından kaynaklanan emisyonların tahmin edilebilmesi için aşağıdaki bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır (USEPA, 1998):

- Depolama sahası tasarım kapasitesi
- Depolama sahasında gömülü durumda bulunan atık miktarı ya da depolama sahasına yılda gelen atık miktarı
- Metan üretim hızı (k)
- Potansiyel metan üretim kapasitesi (L_0)
- Depolama sahasının hangi yıldan beri işletildiği
- Depolama sahasının tehlikeli atık bertaraf için de kullanılıp kullanılmadığı (karışık bertaraf)

Modelde kullanılan temel bir birinci-derece bozunma denklemidir. Depolama sahalarındaki atığın miktarı, yaşı ve bileşimine ait mevcut verilerin yetersizliğinden dolayı daha karmaşık bir yöntem kullanılmamıştır (USEPA, 1998). Modelde kullanılan denklem aşağıdaki gibidir (USEPA, 1997):

$$Q_{CH_4} = L_0 R (e^{-k_c} - e^{-kt}) \quad (9.1)$$

Burada;

$$Q_{CH_4} = t \text{ anındaki metan üretim hızını, } m^3/yıl$$

- L_0 = Potansiyel metan üretim kapasitesi, $m^3 CH_4/Mg$ atık
 R = Depolama ömrü boyunca yıllık bertaraf edilen atık, $Mg/yıl$
 k = Metan üretim hızı sabiti, $yıl^{-1}$
 c = Saha kapatıldıktan sonraki yıl sayısı, yıl (depolama yapıldığında $c=0$)
 t = İlk atık depolanmaya başlanmasından sonra geçen süre, yıl

Hazır olarak verilen bir set (CAA değerleri), depolama sahalası emisyonları için Clean Air Act (CAA) yönetmeliklerinin uygulanabilirliği esasına dayanmaktadır (USEPA, 1998). Bunun için de, yeni depolama sahaları için New Source Performance Standarts (NSPS) ve mevcut depolama sahaları için de emisyon değerleri esas alınmıştır.

Modeldeki CAA değerleri beklenebilecek maksimum emisyon miktarlarını ortaya koyacaktır. Sahaya özgü bilgilerin yetersizliği durumunda, modelde başka bir set değerler (AP-42 değerleri) yer almaktadır (USEPA, 1998). Modeldeki AP-42 değerleri ABD EPA Örgütü'nün Compilation of Air Pollutant Emission Factors'dan alınmış değerlere dayanmaktadır. AP-42 değerleri tipik depolama sahası emisyonlarını yansıtan tahminler vermekte ve emisyon tahminlerinde kullanılması tavsiye edilmektedir (USEPA, 1997).

9.2.1 Depolama Sahası Emisyonları

Gaz Emisyon Modeli, depolama sahasındaki atıkların ayrışmasıyla oluşan emisyonların tahmininde kullanılmaktadır. Depolama sahasındaki atıkların anaerobik ayrışmasıyla depolama sahası gazı emisyonları oluşmaktadır. Depolama sahası gazı atıktan geçerken, atığın bünyesindeki metandışı organik bileşikler (NMOC) ve diğer hava kirleticilerini yüzeye taşımaktadır. Modelde katık atık depolama sahasından kaynaklanan emisyonlar yüzde 50 metandan (CH_4) ve yüzde elli karbon dioksitten (CO_2) ve ilave olarak eser NMOC bileşiklerinden oluşmaktadır, ki bu yüzdeleri değiştirmek de mümkündür (USEPA, 1998). Gaz üretimi kararlı hala ulaştığında, depolama sahası gazı %40 CO_2 , %55 CH_4 , %5'e kadar azot (ve diğer atmosfer gazları) ve eser miktarda NMOCtan oluşmaktadır (genellikle %2'den daha düşük). Kararlı durumda toplam LFG üretimi, CH_4 , azot ve CO_2 'in toplamıdır (USEPA, 1997).

Bu model birinci-derece ayrışma kinetiğini kullanmaktadır ve yıllık emisyon değerlerini kullanıcı tarafından belirlenen süreler için hesaplamaktadır. Toplam gaz emisyonları, metan üretimi hesaplanıp bu sayıyı ikiyle çarparak bulunmaktadır (gazın yüzde elli metan ve yüzde elli karbon dioksitten oluştuğu kabul edilirse). Metan üretimi iki parametre kullanılarak hesaplanmaktadır: L_0 , atığın potansiyel

metan üretim kapasitesi, ve k , metan üretim hızı sabiti. Metan üretim hızının depolama sahası kapatıldığında veya sahadaki son atık gömme işlemi yapıldığında peak değerine ulaştığı kabul edilmektedir. Model, depolama sahasına ait verilerden yola çıkarak sahaya özgü L_0 ve k değerlerini girmesine olanak vermektedir (USEPA, 1998).

Model, metan (CH_4), karbon dioksit (CO_2), NMOC, ve depolama sahasından kaynaklanabilecek diğer hava kirleticilerinin emisyon hızlarını hesaplamaktadır (USEPA, 1998)

9.2.1.1 Metan ve Karbon Dioksit

Model, CO_2 emisyonlarının CH_4 emisyonları ile aynı olduğunu ve depolama sahası emisyonunun metan emisyonunun iki katı olduğunu varsaymaktadır. Depolama sahasından kaynaklanan metan iki değer fonksiyonudur: k , metan üretim hızı sabiti, ve L_0 , metan üretim potansiyeli (USEPA, 1998).

k sabiti, depolama sahasındaki herbir atık kütlesi için metan üretim hızını belirtmektedir. k 'nın yükselen değerleri, metan üretim hızının zaman içinde daha hızlı yükselmesi ve düşmesi anlamına gelmektedir. k değeri aşağıdakilerin bir fonksiyonudur: (1) atığın nem içeriği, (2) nütriyent içeriği, (3)pH, ve (4)sıcaklık. NSPS için elde edilen değerler k 'nın 0,003 ile 0,21 arasında değiştiğini göstermektedir. Eğer kullanıcı tarafından sahaya özgü bir k değeri girilemiyorsa, model hazır değerleri kullanmaktadır. Hazır olan iki k değeri vardır: CAA seçeneği için 0,05 1/yıl ve AP-42 seçeneği için 0,04 1/yıl. Burada önemli olan nokta k değerleri için bir kuraklık kriterinin olduğudur. Yani, yılda 25 inch'den (640 mm) daha az yağış alan bölgelerde k değerleri Tablo 9.6'da görüldüğü gibi değişmektedir (USEPA, 1998).

Atığın potansiyel metan üretim kapasitesi olan L_0 değeri depolama sahasında bulunan atığın tipine bağlıdır. Atığın selüloz içeriği arttıkça, L_0 değeri de artmaktadır. L_0 değeri 6,2 ile 270 m^3/Mg arasında değişmektedir. Modelde sahaya özgü bir L_0 değeri girilemiyorsa, kullanılan iki hazır değer mevcuttur. Bunlar; CAA seçeneği için 170 m^3/Mg ve AP-42 seçeneği için 100 m^3/Mg 'dır (USEPA, 1998).

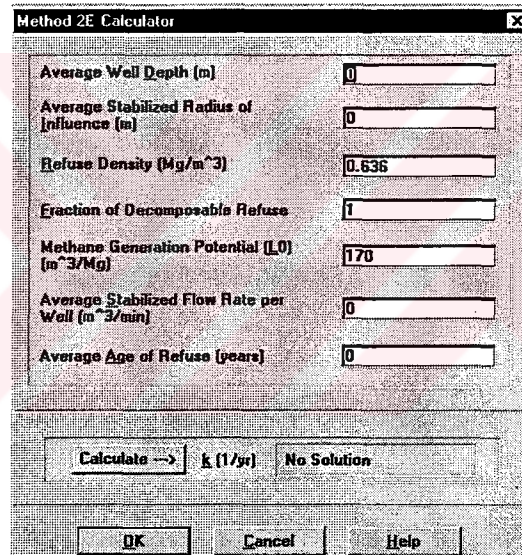
Tablo 9.6 EPA Modeli parametreleri

Parametre	CAA		AP-42	
	P>640 mm	P<640 mm	P>640 mm	P<640 mm
k (1/yıl)	0,05	0,02	0,04	0,02
L_0 (m^3/Mg)	170	170	100	100

Yukarıdaki, k değerinin sahada yapılmış gaz ölçümü ile elde edilen sonuçlarla hesaplanması da mümkündür. Bunun için elde bulunması gereken veriler (USEPA, 1998),

- Ortalama kuyu derinliği (m),
- Ortalama etki yarı çapı (m),
- Atık yoğunluğu (Mg/m^3),
- Ayrışabilir atığın yüzdesi (%),
- Metan üretim potansiyeli (L_0) (m^3/Mg),
- Kuyu başına ortalama gaz debisi (m^3/dk)
- Atığın ortalama yaşı

Bu bilgilerin girilmesiyle birlikte metan üretim hızı olan k değeri hesaplanabilmektedir. Bu hesaba ilişkin pencere Şekil 9.1’de verilmektedir.



The screenshot shows a window titled "Method 2E Calculator". It contains several input fields with the following labels and values:

Parameter	Value
Average Well Depth (m)	0
Average Stabilized Radius of Influence (m)	0
Refuse Density (Mg/m^3)	0.636
Fraction of Decomposable Refuse	1
Methane Generation Potential (L_0) (m^3/Mg)	170
Average Stabilized Flow Rate per Well (m^3/min)	0
Average Age of Refuse (years)	0

Below the input fields, there is a "Calculate -->" button. To its right, the text "k (1/yr)" is displayed, followed by "No Solution". At the bottom of the window, there are three buttons: "OK", "Cancel", and "Help".

Şekil 9.1 Metan üretim hızı, k sabitinin hesaplanması (USEPA, 1998)

9.2.1.2 Hava Kirleticileri

Depolama sahası gazı sızmalardan ve atığın ayrışmasından dolayı düşük konsantrasyonlarda hava kirleticileri içermektedir. Model hava kirleticileri için belli konsantrasyonları vermektedir ve eğer sahada yapılmış özel testler varsa bu değerler değiştirilebilmektedir. Depolama sahası gazıyla birlikte açığa çıkması beklenen hava kirleticileri ve bunları konsantrasyonları AP-42'deki test verileri esas alınarak modelde hazır olarak bulundurulmaktadır. Hava kirleticileri modelde tehlikeli hava kirleticisi (HAP) veya uçucu organik birleşik (VOC) olarak bulunmaktadır (USEPA, 1998).

Modelde, birlikte bertaraf (tehlikeli ve tehlikeli olmayan atıkların aynı yerde bertarafı) ve birlikte bertaraf etmeme (tehlikeli atık bertarafından kullanılmayan depolama sahaları) için iki seçenek bulunmaktadır. Bunun sebebi de tehlikeli atık bertarafı yapılan sahalarda bazı hava kirleticilerinin nispeten daha fazla olduğudur (USEPA, 1998).

9.2.1.3 NMOC

Depolama sahası gazındaki NMOC konsantrasyonu sahadaki atık tipine ve anaerobik ayrışma sonucunda açığa çıkan bileşiklerin reaksiyonlarına bağlıdır. NMOC konsantrasyonları 240 ile 14.300 ppmv arasında değişmektedir. Modelde üç değişik değer bulunmaktadır: biri CAA seçeneği diğeri AP-42 seçeneği (birlikte bertaraf ve birlikte bertaraf etmeme için). Yani, CAA değerleri kullanılıyorsa hekzan için NMOC konsantrasyonu 4000 ppmv ve AP-42 seçeneğinde ise birlikte bertaraf durumunda 2420 ve birlikte bertaraf etmeme durumunda 595 kullanılmaktadır (USEPA, 1998).

9.2.2 Sahanın Kapatılmasından Sonra Hesaplanan Yıllar

Depolama sahası gazı, saha kapatıldıktan sonra bile üretilmeye devam etmektedir, ve bu sebeple bu modelde depo sahası gazının saha kapatılana ve saha kapatıldıktan sonra da devam ettiği hesaplanmaktadır. Modelde saha kapatıldıktan sonraki 200 yıl için hesap yapılmakta ve bu sayı değiştirilememektedir (USEPA, 1998).

9.2.3 Depolama Sahası Tipinin Seçimi

Söz konusu sahada geçmişte evsel atıklarla beraber tehlikeli atıkların da bertaraf edilip edilmediğine dair bilgi varsa, bu durum modele yansıtılabilmektedir. Bundaki amaç, örneğin gaz bünyesindeki benzen ve toluen konsantrasyonlarının tehlikeli atıkların evsel atıklarla beraber bertaraf edildiği sahalarda daha yüksek olmasıdır. Bu farkı ortaya koyabilmek için, NMOC için AP-42 değerleri beraber bertaraf seçeneğinden etkilenmekte, fakat aynı şey CAA için söz konusu değildir. Yine de, hem AP-42 hem de CAA değerleri için, depo gazı bünyesindeki benzen ve toluen konsantrasyonlarının hesaplanmasında kullanılan katsayılar beraber bertaraf etme seçeneğinde daha yüksektir. Eğer sahada, tehlikeli atıkların bertaraf edilip edilmediği bilinmiyorsa, bu durumda en olumsuz duruma göre hesap yapılmasında fayda bulunmaktadır (beraber bertaraf durumu) (USEPA, 1998).

9.2.4 EPA Modelinin Erzurum Örneğine Uygulanması

Tüm yukarıda anlatılanlar ışığında Erzurum depolama sahası için AP-42 sabitlerinin kullanılmasının uygun olacağı görülmüştür.

Erzurum bölgesinde sanayinin yapısı incelediğinde bölgede yok denecek kadar az tehlikeli atık oluşmaktadır. Bu nedenle modelde birlikte bertaraf seçeneği bulunmadığı düşünülmüştür. Mevcut atık depolama sahasının da 2004 yılında kapanmış olacağı hesaba katılmıştır.

Ayrıca CAA ve AP-42 için verilen değerler de kullanılarak mukayese yapmak imkanı doğmuştur. Elde edilen tüm sonuçlar Ek 1-2’de detaylı şekilde verilmekte ve Tablo 9.7’de özetlenmektedir.

Tablo 9.7 Erzurum’daki Birim Gaz Oluşumu

	Birim	CAA	AP-42
Toplam Atık	(ton)	1.403.452	1.403.452
Toplam Metan Oluşumu	(m ³)	244.598.712	143.132.087
Toplam Gaz Oluşumu	(m ³)	489.197.424	286.264.174
Birim Gaz Oluşumu	(m ³ gaz/ ton atık)	349	204

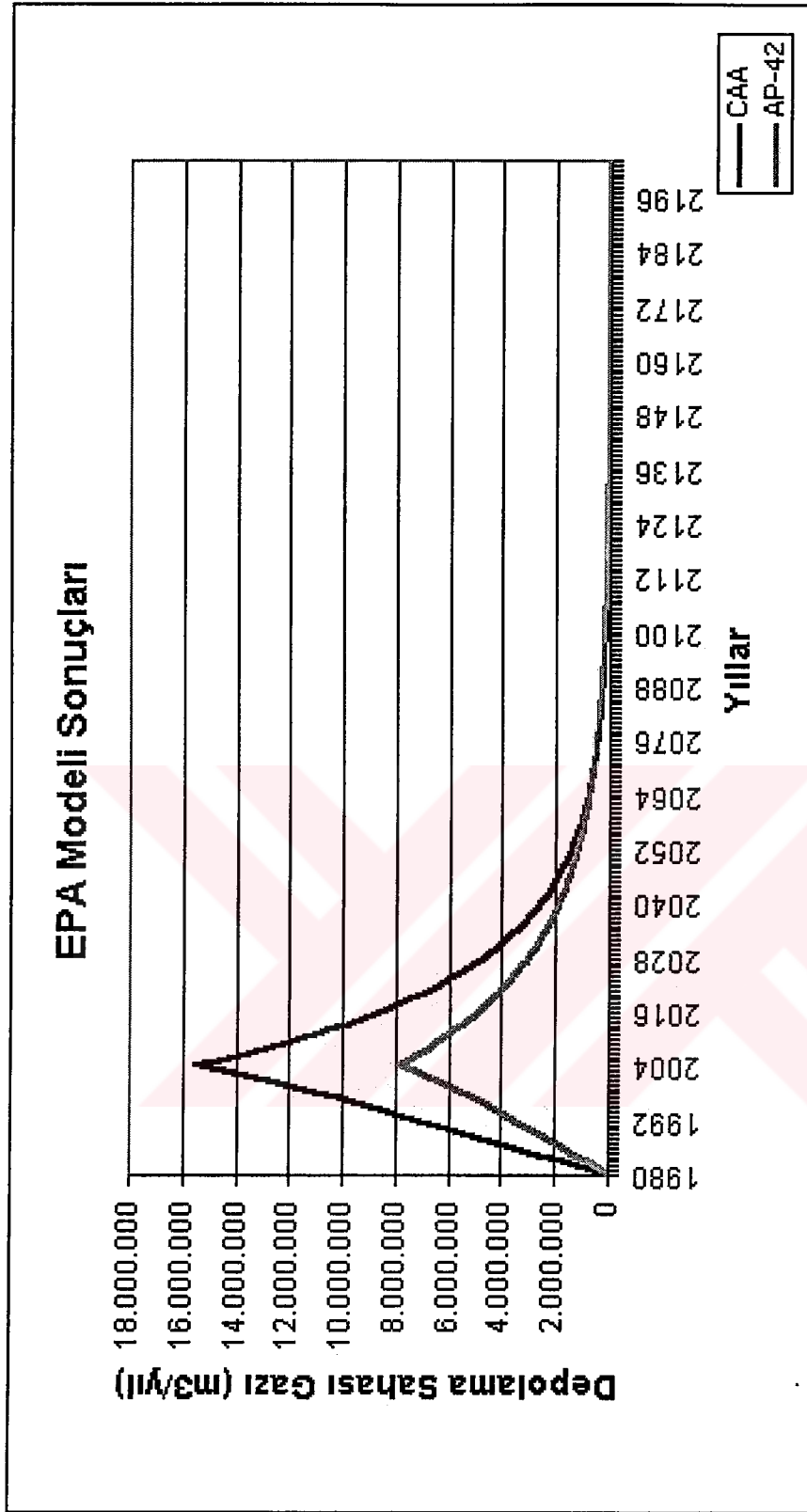
Yukarıdaki hesaplamalar sonucunda, Erzurum depolama sahasında 2203 yılına kadar toplam olarak CAA için 244.598.712 m³ ve AP-42 için 143.132.087 m³ metan oluşacağı ortaya çıkmıştır. Modelin başlangıcında yapılmış olan kabul, depolama sahası gazının %50’sinin metandan oluştuğu esasına dayandığından, toplam olarak CAA için 489.197.424 m³ ve AP-42 için 286.264.174 m³ depolama sahası gazı oluşacağı ortaya çıkmaktadır.

Literatürde, 1 ton evsel atık başına oluşacak depolama sahası gazı olarak 120-300 m³/ton aralığı verilmektedir (Tabasaran ve Rettenberger, 1987). Erzurum için yapılan hesaplamalarda bu değer CAA için 349 m³/ton ve AP-42 için 204 m³/ton atık olarak ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla, AP-42 için yapılan hesabın daha gerçekçi ve doğru bir sonuç ortaya koyduğu görülmektedir. Sonuçlar Şekil 9.2’de şematik olarak gösterilmektedir.

9.3 Tabasaran&Rettenberger Modeli

9.3.1 Gaz Tahmini

Gaz çekme tesislerinin boyutlandırılması ve depolama sahasındaki emisyonların tahminine yönelik olarak gerçekte oluşan gaz miktarı büyük önem taşımaktadır. Üzeri kapatılmış ve büyük alan kaplayan depolama sahalarında gazın teknik olarak ölçülmesi oldukça güçtür. Anlık değerler dışında kural olarak gelecekteki gaz oluşumu önem taşımaktadır. Böyle bir durumda gaz tahmini ilgili bilinmeyenler dikkate alınarak oluşturulmalıdır.



Şekil 9.2 EPA Modeli Sonuçlarının Mukayesesi

Gerçek planlama sırasında bu bilinmeyenler emniyet katsayıları kullanılarak kompanse edilmelidir. Zamana bağlı olarak gaz tahmini işletme sonuçlarına göre değerlendirilerek adapte edilir (Tabasaran ve Rettenberger, 1987).

9.3.2 Gaz Potansiyeli

Gaz potansiyeli ile, belirli şartlarda bir depolama sahasında 1 ton atıktan oluşan gaz miktarı ifade edilmektedir. Laboratuarda gaz miktarı kısa zaman aralıkları için belirlenebilir.

Böyle bir deneyin önemli sonucu şu şekildedir (Tabasaran ve Rettenberger, 1987);

- 1 ton evsel atıktan 120-300 m³ biyogaz (depolama sahası gazı) oluşmaktadır:

Örneğin (Tabasaran ve Rettenberger, 1987);

Pfeffer	185 m ³ /t
Klein	235 m ³ /t
Hilte	204 m ³ /t
Stegmann	120-150 m ³ /t
Dogu	250-300 m ³ /t

- Buradaki gaz miktarı bir depolama sahasında ölçülebilecek üst limiti göstermektedir. Gerçek depolama koşullarında gaz oluşumu uzun sürelerde beklenebilir .

Gaz potansiyelinin belirlenmesine yönelik önemli faktörler olarak bugüne kadar ayrışabilir karbon ve sıcaklık kabul edilmiştir. Ancak belirli sınır şartlarının sağlanması durumunda, örneğin su içeriğinin düzenlenmesi gibi, tüm bunların yanı sıra bugüne kadar tam olarak araştırılmamış diğer faktörlerin de etkili olabileceği göz ardı edilmemelidir. Bugüne kadar yapılmış araştırmaların sonuçları, gaz potansiyelinin büyüklüğü açısından güvenilir veriler sağlanmıştır. Evsel çamur için mesofilik aralıkta (25-40 °C) laboratuvar şartlarında, evsel çöp için de uygulanabilir olan aşağıdaki bağıntı geliştirilmiştir (Tabasaran ve Rettenberger, 1987).

$$G_e = 1,868 \cdot C_o \cdot (0,014 \theta + 0,28) \quad (9.2)$$

Burada;

G_e = uzun sürede oluşan gaz miktarı, m³

θ = Sıcaklık, °C

C_o = organik karbon

Ortalama bir değer olarak 1 ton başına evsel atık için organik karbon 200 kg olarak kabul edilebilir. Depolama saharında sıcaklık değeri çoğu zaman 30  C'nin üzerindedir. Bu şartlarda depolama sahasında 1 ton atık için uzun süreli bir depolama durumunda 260 m³ depolama sahası gazı beklenebilir (Tabasaran ve Rettenberger, 1987).

Bir başka tahmin de bu değerleri teyit etmektedir. Tablo 9.8'deki gaz miktarları atık içerisindeki organik karbon hesaplanmıştır.

Tablo 9.8 Gaz Potansiyeli (Tabasaran ve Rettenberger, 1987)

		m ³ /t'daki CH ₄	m ³ /t'daki CO ₂	m ³ /t'daki toplam Gaz
Karbon *	200 kg/t Atık	205	170	375

* (200/12) x 22,4 = 375 l

Depolama sahasındaki oldukça karmaşık proseslerin bu basit model ile tariflenemeyeceği açıktır. Homojen olmayan atık kütlesindeki enzim dağılımı ve gaz potansiyelinin büyüklüğünü etkileyen yer değiştirme prosesi dahi bugün için matematiksel hesap yöntemlerine dayanmaktadır. Laboratuarda elde edilen değerlerin (yukarıdaki modelle hesaplanan değerler) gerçekten bir depolama sahasında oluşup oluşmadığı prensip olarak ancak büyük depolama saharında gaz bilançosu için yapılacak ölçümler sonucunda belirlenebilir (Tabasaran ve Rettenberger, 1987).

9.3.3 Gaz Oluşum Prosesi

Gaz bilanço hesabının gerçeğe yakın olarak belirlenebileceği araştırma yöntemleri bulunmuştur. Bu tür ölçümler az sayıda depolama sahasında yapıldığından dolayı modelleme çalışmaları düşük sayıdaki kıyaslanabilir referanslara dayanmaktadır. Özellikle 5-10 yıldan beri kapalı bulunan depolama saharında ölçümler çok az sayıdadır. Her halükarda bugüne kadar yapılan araştırmalar buraya kadar yapılan açıklamaları doğrulamaktadır. Depolama saharındaki ölçümler gerçekte oluşan gaz miktarını göstermektedir (Tabasaran ve Rettenberger, 1987).

Depolama sahasında zamana bağlı prosesler fiziksel modellerle uyurmayabilir. Bundan dolayı tahmin yöntemlerinde matematik modeller kullanılmalıdır. Depolama sahasındaki proseslerin dış şartlardan az etkilendiği bilinmektedir. Laboratuar çalışmalarındaki reaksiyon türünü tahmin etmek bakımından depolama sahası kütlesindeki proseslerin benzeştirilmesi mantıklı olacaktır. Bu şartlarda aşağıdaki formül ortaya çıkmaktadır (Tabasaran ve Rettenberger, 1987):

$$G_t = G_e \cdot (1 - 10^{-k \cdot t}) \quad (m^3 \text{ depolama sahası gazı} / t \text{ Atık}) \quad (9.3)$$

Burada;

G_t = t anına kadar oluşan gaz miktarı (m^3/t)

k = ayrışma sabiti

t = zaman (yıl)

Bu model tamamıyla matematiksel bir model olarak kullanılmaktadır. Bunun anlamı ise depolama sahası kütlesindeki karmaşık prosesler kara kutu olarak görülmektedir. Gerçek şartlara uyarlama ise örneğin yukarıdaki ölçümlere dayanarak, uygun parametre seçimi ile yapılabilir (Tabasaran ve Rettenberger, 1987).

Teşhis yöntemi olarak böylelikle fiziksel model ile matematiksel model birleştirilmektedir (Tabasaran ve Rettenberger, 1987):

$$G_t = 1,868 \cdot C_{org} \cdot (0,014 \theta + 0,28) (1-10^{-k \cdot t}) \quad (9.4)$$

(bu bağıntı bir tür kümülatif artış gösterir)

9.3.4 Gaz Miktarı Eğrilerinin Oluşturulması

Bu model, depolama sahasının tamamında zamana bağlı tüm değerler kullanılarak gaz miktar eğrisi belirli bir atık miktarı için hesaplanmaktadır. Genellikle, atık dökümü ile gaz oluşumu başlangıcı arasındaki süre 1 yıl olarak düşünülmektedir. Aşağıdaki şartlar modelin uygulanması için parametrelerin seçimini açıklamaktadır (Tabasaran ve Rettenberger, 1987):

C_{org} : Bu değer evsel atık için 170-200 kg/t arasında değişmektedir. Ancak çalışılan depolama sahasındaki analiz verilerine dayandırılması daha sağlıklı olacaktır.

θ : Depolama sahalarındaki sıcaklıklar genellikle 30-35°C arasındadır. Ancak bu değerler bazen aşılmakta bazen de altına düşmektedir. Burada önemli olan modelin uygulanabilirliğinin mezofilik aralıkta olmasıdır.

k-değeri : Bu değer bugüne kadar 0,025-0,05 arasında (organik maddenin %75'i 24-12 yıl arasında bozunmakta) seçilmiştir. Depolama sahasındaki ölçümler ise k değerinin 0,035-0,04 arasında olduğunu ortaya koymuştur.

Gaz teşhisine yönelik olarak birden fazla parametre kombinasyonu veya ortalama bir parametre kombinasyonunun kullanımı sonuç itibariyle %10-15 dolayında salınım olduğunu göstermiştir. Bu yöntemle oluşan eğrilerde işletme safhasında artış

göstermekte ve atık dökümü sona erdikten sonra gaz oluşumunda hızlı bir düşüş göstermektedir (Tabasaran ve Rettenberger, 1987).

9.3.5 Tabasaran Modelinin Erzurum'a Uygulanması

9.3.5.1 Yaklaşım

Erzurum Katı Atık Yönetimi Projesi kapsamında yapılan tartımlarda, kentte bir haftada oluşan katı atık miktarları kış ve yaz için Tablo 9.9'de verilmektedir:

Tablo 9.9 Erzurum Şehrinde Oluşan Katı Atık Miktarları (Tabasaran ve Rettenberger, 1987)

	Kış 1999	Yaz 2000	Yıllık Ortalama
Atık Miktarı (ton/hafta)	1580	1437	~1510
Atık Miktarı (ton/gün)	226	205	215

İki mevsim arasındaki fark, kış aylarında bölgede yüksek miktarlarda oluşan kül ve cüruf miktarından kaynaklanmaktadır. Bu fark gerçekte daha fazla olmasına karşılık, özellikle büyük apartman ve sitelerin küllerinin Belediyelere ait çöp toplama kamyonlarıyla değil, özel şirketlerle veya Belediyenin Fen İşlerine ait kamyonlarla taşınması bu duruma sebep olmuştur. Fakat bu atıkların depolama sahası gazı oluşumuna yönelik bir olumlu etkileri olmadığından model açısından bir önem taşımamaktadır.

Modelde hesaplamaya esas teşkil edecek atık miktarı olarak 1510 ton/hafta veya 78.520 ton/yıl alınmıştır. Geçmiş yıllara ait atık miktarlarının hesaplanmasında tahmini birim atık üretim miktarları esas alınmıştır. Atığın ilk dökülmeye başladığı 1980 yılında bu değer 0,5 kg/kişi/gün olarak alınırken bu değer depolama sahasının kapatılması için öngörülen 2003 yılı için 0,7 kg/kişi/gün alınmış ve Tablo 9.10'daki atık miktarları elde edilmiştir.

Yukarıda anlatılan modelin Erzurum depolama sahasına uygulanmasında kullanılan kabuller aşağıda verilmektedir.

$$G_t = 1,868 \cdot C_{org} \cdot (0,014 \theta + 0,28) (1-10^{-k \cdot t}) \quad (9.5)$$

$$C_{org} = 170 \text{ kg/t}$$

$$\theta = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$k = 0,025 \text{ 1/yıl}$$

Burada dikkate alınması gereken durum Erzurum'un uzun dönem gözlemlerine göre yıllık ortalama sıcaklık değerinin 6°C olmasıdır. Depolama sahasındaki sıcaklık, sınır şartlar göz önüne alınarak literatürde verişmiş olan 30-35 °C aralığının alt

değeri olarak kabul edilmiştir. Fakat akıldan çıkarılmamalıdır gereken nokta bu değerin ortalama bir değer olduğu ve bu değerin altına düşülebildiği gibi üzerine de çıkılabileceğidir. Yine bölgede hüküm süren iklim şartlarının etkisi göz önüne alındığında ayrışmanın da yavaş olacağı ortaya çıkmakta, dolayısıyla da bozunma sabiti k'nın 0,025 1/yıl olarak hesaplamalara esas teşkil edilmesi doğru olacaktır. Atık kütesinin ortalama karbon içeriği olarak da literatürde verilmiş aralığın alt değeri olan 170 kg/t'un seçilmesi uygun görülmüştür. Bunun sebebi de Erzurum kentinde yapılmış olan elek analizlerinde atık içerisindeki inert madde miktarının oldukça yüksek çıkmış olmasıdır.

Tablo 9.10 Erzurum Kentindeki Katı Atık Miktarı Oluşumu Tahmini

YIL	Yıllık Atık (ton)	Toplam Atık (ton)
1980	36.628	36.628
1981	38.283	74.911
1982	39.938	114.850
1983	41.594	156.443
1984	43.240	199.683
1985	44.905	244.588
1986	49.248	293.836
1987	49.101	342.937
1988	48.954	391.891
1989	48.807	440.698
1990	48.660	489.358
1991	54.847	544.205
1992	56.610	600.815
1993	58.374	659.189
1994	60.137	719.326
1995	61.901	781.227
1996	63.664	844.891
1997	65.428	910.318
1998	73.076	983.394
1999	75.272	1.058.666
2000	78.520	1.137.186
2001	86.091	1.223.277
2002	88.755	1.312.033
2003	91.419	1.403.452

9.3.5.2 Sonuçlar

Yukarıda verilen kabuller doğrultusunda yapılan hesaplamalarla Erzurum çöplüğündeki gaz potansiyeli belirlenmiştir. İleride yapılması gündeme gelebilecek bir rehabilitasyon çalışmasında dikkat edilecek husus mevcut depolama sahasının halihazırda bir atık tepesinden ziyade geniş bir alana yayılmış bir saha görünümünde olmasıdır. Dolayısıyla ilk yapılacak adım atık yüksekliğinin artırılarak atık kütleindeki biyolojik faaliyetlerin artırılması olmalıdır. Her halükarda yapılacak bir rehabilitasyon çalışması sonucunda dikkate alınması gereken nokta oluşacak gazın ancak %50-60 gibi verimle çekilebileceğidir. Aşağıdaki Tablo 9.11’de bütün bu anlatılanlar ışığında Erzurum depolama sahasında oluşacak gaz miktarları verilmektedir. Yapılan hesaplamalar, EPA modeliyle bir kıyaslama yapabilmek amacıyla 2203 yılına kadar devam ettirilmiştir. Yapılan hesapların sonuçları Ek-3’de detaylı olarak verilmektedir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda, Erzurum depolama sahasında 2203 yılına kadar toplam olarak 311.974.224 m³ depolama sahası gazı oluşacağı ortaya çıkmıştır.

Tablo 9.11 Erzurum’daki Birim Gaz Oluşumu

Toplam Atık Miktarı (ton) – 2003 yılında son döküm	1.403.452
Toplam Gaz Oluşumu (m ³)	311.974.224
Birim Gaz Oluşumu (m³ gaz/ ton atık)	222

Daha önce literatürde 1 ton evsel atık başına oluşacak depolama sahası gazı olarak 120-300 m³/ton aralığı verilmişti (Tabasaran ve Rettenberger, 1987). Erzurum için yapılan hesaplamalarda bu değer 222 m³/ton atık olarak ortaya çıkmaktadır.

9.3.5.3 Gaz Eğrisi

Yapılan hesaplamalar sonucunda, Erzurum belediye depolama sahası için elde edilen gaz eğrisi Şekil 9.3’te verilmektedir. Şekilden görüleceği üzere atık dökümünün yapılacağı son yıl olan 2003 yılından sonra daha önce de bahsedildiği gibi depolama sahası gazı oluşumunda önemli bir düşüş gözlenmektedir.

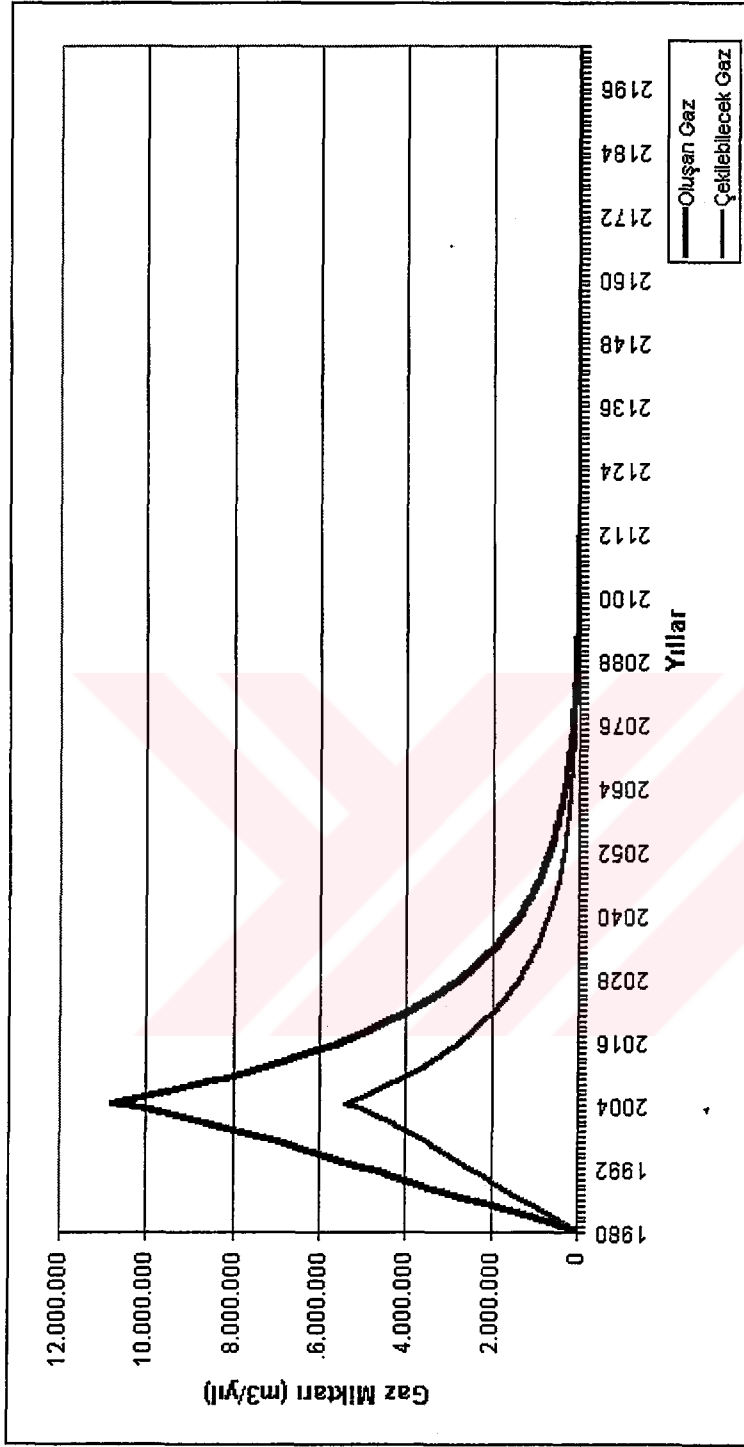
9.4 Gaz Oluşum Model Sonuçlarının Mukayesesi

Bu çalışma kapsamında, ele alınmış iki model “EPA Birinci Derece Ayırışma Modeli” ve “Tabasaran Gaz Oluşum Modeli” sonuçları Tablo 9.12’de özetlenmektedir.

Tablo 9.12 Model Sonuçlarının Mukayesesi

	Birim	EPA CAA	EPA AP-42	Tabasaran
Toplam Atık	m ³	1.403.452	1.403.452	1.403.452
Toplam Gaz Oluşumu	m ³	489.197.424	286.264.174	311.974.224
Birim Gaz Oluşumu	m ³ /ton atık	349	204	222
Çekilebilecek Gaz Miktarı	m ³ /ton atık	175	102	111

Bu çalışma kapsamında, ele alınmış iki model “EPA Birinci Derece Ayrışma EPA-CAA, Tabasaran ve EPA-AP-42’ye göre daha büyük yıllık gaz üretimleri ortaya koymaktadır. Buna karşılık AP-41 ve Tabasaran Modeli sonuçları birbirlerine %10’luk aralıkta yakın değerler göstermektedir. Tüm modellerde en büyük gaz üretim değerlerine depolamanın bittiği yıl olan 2004’de ulaşılmaktadır. CAA Modelinde bu değer 15.566.000 m³, AP-42’de 7.910.000 m³ ve Tabasaran Modelinde de 10.771.826 m³ olarak gerçekleşmiştir. Yukarıda elde edilmiş olan değerlerden en makul olanı Tabasaran Modelinin ortaya koymuş olduğu 222 m³/ton atık olduğu görüşüne varılmıştır. Bunun temel dayanağı ise, gaz üretiminin depolama işlemi bitirildikten sonraki yıllar boyunca en yüksek değerlerine sahip olacağı ve AP-42 ile elde edilen gaz miktarlarının daha düşük miktarlarda ve uzun yıllar boyunca devam etmesidir. Oysa, 2060 yılı civarlarında bu kadar yüksek gaz debilerinin oluşması makul görülmemiştir.



Şekil 9.3 Erzurum Depolama Sahası için Tabasaran Modeli ile elde edilen Gaz Oluşum Eğrisi

10. SONUÇ VE ÖNERİLER

Model sonuçlarının literatürde verilen aralıklarda çıkmış olmalarına rağmen, ileride yapılacak çalışmalarda, kurulacak modellerde parametrelerin seçiminde sahaya özgü deneylerin gerçekleştirilmesi önerilmektedir. Modellerle elde edilmiş değerlerden en makul olanı Tabasaran Modelinin ortaya koymuş olduğu 222 m³/ton atık olduğu görüşüne varılmıştır. Bugün için çevre mühendisliği çalışmalarında da en fazla uygulama alanı bulan Tabasaran Modelinin, bu çalışma ile de en uygun sonuçlar veren yaklaşım olduğu söylenebilir.

10.1 Türkiye'deki Bazı İllerin Katı Atık Kompozisyonu ve Gaz Üretim Potansiyellerine Genel Bir Bakış

Depolama sahası gazının oluşumu için gerekli başlıca bileşen organik madde içeriğidir. Dolayısıyla, herhangi bir depolama sahasından oluşacak gazın hesaplanmasında gömülen atıkların bileşiminin ve organik madde içeriğinin büyük rolü bulunmaktadır. Erzurum örneği için yapılan hesaplamalarda, organik karbon içeriği bilinmediğinden, bu parametre için literatürde verilmiş olan sınır değerler kullanılmıştır. Fakat, yapılmış olan elek analizinde organik madde içeriğinin yıllık ortalama ağırlıkça %32 olarak ortaya çıkması, bu parametre için düşük değerlerin kullanılmasını mantıklı kılmıştır. Türkiye'deki diğer illerde değişik yıllarda yapılmış elek analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 10.1'de özetlenmektedir.

Elde edilmiş değerlerin bazıları çok mantıklı görülmemekle birlikte, bu analizlerin değişik kişilerce, değişik yıllarda ve değişik yöntemlerle yapıldığı akıldan çıkarılmamalıdır. Tablodan görüldüğü üzere, inert madde olan kül ve ince malzeme değerleri Isparta, Trabzon ve Rize'de %40'ın üzerinde değerlere ulaşmıştır. Bunun nedeni diğer illerde küllerin normal belediye çöpü ile birlikte değil, ayrı olarak toplanıp depolama sahasına taşınmasından kaynaklanmaktadır.

Organik madde içeriklerine bakıldığında Erzurum'un aslında %32 ile en düşük değeri gösterdiği ortaya çıkmaktadır. Diğer illerde bu değer %60'lara kadar çıkmaktadır. Dolayısıyla, Tabloda verilmiş olan illerde daha büyük bir depolama sahası gazı potansiyeli bulunduğu söylenebilir. Fakat, bu yaklaşımın çok genel bir

bakış sağladığı ve buradan Türkiye geneli için bir değer vermenin mümkün olmayacağı akıldan çıkarılmamalıdır.

Tablo 10.1 Türkiye'nin Çeşitli İllerindeki Atık Bileşimleri

	Geri Kazanılabılır	Organik	Kül ve İnce Malzeme	Diğer
Erzurum (1999-2000)	40	32	20	8
Antalya (1997)	48	35	7	10
Alaşehir-Manisa (1997)	24	49	23	4
Isparta (1997-1998)	15	40	40	5
İzmir (1995-1996)	33	46	9	12
Denizli (1995)	35	52	10	3
Çeşme-Alaçatı (1996)	26	60	13	1
Adana (1997)	31	50	8	11
Trabzon (1995)	18	38	43	1
Rize (1995)	13	37	48	2

Bu konuda ilerleyen zamanlarda yapılması muhtemel çalışmalarda, elek analizinin yanında atığın organik içeriğinin de laboratuvarında ölçülerek modellerin daha sağlıklı kurulacağı sonucuna varılmıştır.

Mümkün olan durumlarda ise sahada pompa testlerinin gerçekleştirilmesi ve böylece sahaya özgü gerçek değerlerin elde edilmesi önerilmektedir. Böylece, sahadaki gaz üretim potansiyeli belirlenecek ve gelecek için yapılan planlamalar daha sağlıklı ve gerçekçi olacaktır.

KAYNAKLAR

- Campbell, D.**, 1989. Landfill Gas Migration, Effects and Control, in Sanitary Landfilling: Process, Technology and Environmental Impact, pp. 399-423, Eds.Christensen, T.H., Cossu, R. & Stegmann, R., Academic Press, Hardcourt+Brace Jovanovich Publishers.
- Gendebien, A.**, Pauwels, M., Constant, M., Ledrut-Damanet, M-J., Nyns, E-J., Willumsen, H-C., Butson, J., Fabry, R. and Ferrera, G-L., 1992. Landfill Gas From Environment to Energy - Final Report, Commission of the European Communities, Office for Official Publications of the European Communities, Brussels.
- McBean, E.A.**, Rovers, F.A. and Farquhar, G.J., 1995. Solid Waste Engineering and Design, Prentice Hall PTR, New Jersey
- Pohland, F.G.**, Harper, S.R., 1985. Critical review and Summary of Leachate and Gas Production from Landfills, USEPA Office of Research and Development.
- Soiltec Ltd.**, 1999. Kemerburgaz Landfill Site Power Generation Project Landfill Gas Pumping Trial Results, Report and Outline Proposals, Soiltec Soils and Gas Ltd.
- Tabasaran, O. ve Rettenberger, G.**, 1987. Grundlagen zur Planung von Entgasungsanlagen, in Müll und Abfallbeseitigung, Kumpf, Maas, Straub, Hrsg, Kennziffer 4547, E.Schmidt-Verlag, Bielefeld
- Tchobanoglous, G., Theisen, H. and Vigil, S.A.**, 1993. Integrated Solid Waste Management – Engineering Principles and Management Issues, McGraw-Hill International Editions.
- USEPA**, 1997. Emission Factor Documentation for AP-42 Section 2.4 Municipal Solid Waste Landfills Revised, Office of Air Quality Planning and Standards, North Carolina
- USEPA**, 1998. User's Manual Landfill Gas Emissions Model Version 2.0, Eds. Thornoloe, S.A., USEPA Control Technology Center and Office of Research and Development.
- USEPA**, 1996. A Guide for Methane Mitigation Projects – Gas to Energy at Landfills and Open Dumps, Draft Version 2, Eds. Orlic, M. & Kerr, T., USEPA Office of Air and Radiation



EK 1 EPA MODELİ SONUÇLARI- CAA SABİTLERİ

Model Parametreleri

Lo : 170.00 m³ / Mg
k : 0.0500 1/yr
NMOC : 4000.00 ppmv
Metan : hacimce % 50.0000
Karbon Dioksit : hacimce 50.0000
Seçilen sabitler : CAA Sabitleri

Depolama Sahası Parametreleri

Depolama Sahası tipi : Beraber Bertaraf Durumu yok
Açılış Yılı : 1980 Kapanış yılı: 2004
Kapasite : 3800000 Mg

Model Sonuçları

Metan Emisyon hızı

Yıl	Gömülü Atık (Mg)	(Mg/yıl)	(m ³ /yıl)	
1981	3.663E+04	2.077E+02	3.113E+05	311.300
1982	7.491E+04	4.147E+02	6.216E+05	621.600
1983	1.148E+05	6.209E+02	9.307E+05	930.700
1984	1.564E+05	8.265E+02	1.239E+06	1.239.000
1985	1.997E+05	1.031E+03	1.546E+06	1.546.000
1986	2.446E+05	1.236E+03	1.852E+06	1.852.000
1987	2.938E+05	1.455E+03	2.181E+06	2.181.000
1988	3.429E+05	1.662E+03	2.492E+06	2.492.000
1989	3.919E+05	1.859E+03	2.786E+06	2.786.000
1990	4.407E+05	2.045E+03	3.065E+06	3.065.000
1991	4.894E+05	2.221E+03	3.329E+06	3.329.000
1992	5.442E+05	2.424E+03	3.633E+06	3.633.000
1993	6.008E+05	2.627E+03	3.937E+06	3.937.000
1994	6.592E+05	2.830E+03	4.241E+06	4.241.000
1995	7.193E+05	3.033E+03	4.546E+06	4.546.000
1996	7.812E+05	3.236E+03	4.850E+06	4.850.000
1997	8.449E+05	3.439E+03	5.155E+06	5.155.000
1998	9.103E+05	3.642E+03	5.459E+06	5.459.000
1999	9.834E+05	3.879E+03	5.814E+06	5.814.000
2000	1.059E+06	4.117E+03	6.171E+06	6.171.000
2001	1.137E+06	4.361E+03	6.537E+06	6.537.000
2002	1.223E+06	4.637E+03	6.950E+06	6.950.000
2003	1.312E+06	4.914E+03	7.365E+06	7.365.000
2004	1.403E+06	5.193E+03	7.783E+06	7.783.000
2005	1.403E+06	4.939E+03	7.404E+06	7.404.000
2006	1.403E+06	4.698E+03	7.043E+06	7.043.000
2007	1.403E+06	4.469E+03	6.699E+06	6.699.000
2008	1.403E+06	4.251E+03	6.372E+06	6.372.000
2009	1.403E+06	4.044E+03	6.062E+06	6.062.000
2010	1.403E+06	3.847E+03	5.766E+06	5.766.000

=====

Model Parametreleri

=====

Lo : 170.00 m³ / Mg
k : 0.0500 1/yr
NMOC : 4000.00 ppmv
Metan : hacimce % 50.0000
Karbon Dioksit : hacimce 50.0000
Seçilen sabitler : CAA Sabitleri

=====

Depolama Sahası Parametreleri

=====

Depolama Sahası tipi : Beraber Bertaraf Durumu yok
Açılış Yılı : 1980 Kapanış yılı: 2004
Kapasite : 3800000 Mg

=====

Model Sonuçları

=====

Yıl	Gömülü Atık (Mg)	Metan Emisyon hızı		
		(Mg/yıl)	(m ³ /yıl)	
2011	1.403E+06	3.659E+03	5.485E+06	5.485.000
2012	1.403E+06	3.481E+03	5.217E+06	5.217.000
2013	1.403E+06	3.311E+03	4.963E+06	4.963.000
2014	1.403E+06	3.149E+03	4.721E+06	4.721.000
2015	1.403E+06	2.996E+03	4.491E+06	4.491.000
2016	1.403E+06	2.850E+03	4.272E+06	4.272.000
2017	1.403E+06	2.711E+03	4.063E+06	4.063.000
2018	1.403E+06	2.579E+03	3.865E+06	3.865.000
2019	1.403E+06	2.453E+03	3.677E+06	3.677.000
2020	1.403E+06	2.333E+03	3.497E+06	3.497.000
2021	1.403E+06	2.219E+03	3.327E+06	3.327.000
2022	1.403E+06	2.111E+03	3.164E+06	3.164.000
2023	1.403E+06	2.008E+03	3.010E+06	3.010.000
2024	1.403E+06	1.910E+03	2.863E+06	2.863.000
2025	1.403E+06	1.817E+03	2.724E+06	2.724.000
2026	1.403E+06	1.728E+03	2.591E+06	2.591.000
2027	1.403E+06	1.644E+03	2.464E+06	2.464.000
2028	1.403E+06	1.564E+03	2.344E+06	2.344.000
2029	1.403E+06	1.488E+03	2.230E+06	2.230.000
2030	1.403E+06	1.415E+03	2.121E+06	2.121.000
2031	1.403E+06	1.346E+03	2.018E+06	2.018.000
2032	1.403E+06	1.280E+03	1.919E+06	1.919.000
2033	1.403E+06	1.218E+03	1.826E+06	1.826.000
2034	1.403E+06	1.159E+03	1.737E+06	1.737.000
2035	1.403E+06	1.102E+03	1.652E+06	1.652.000
2036	1.403E+06	1.048E+03	1.571E+06	1.571.000
2037	1.403E+06	9.972E+02	1.495E+06	1.495.000
2038	1.403E+06	9.486E+02	1.422E+06	1.422.000
2039	1.403E+06	9.023E+02	1.353E+06	1.353.000
2040	1.403E+06	8.583E+02	1.287E+06	1.287.000

Model Parametreleri

Lo : 170.00 m³ / Mg
k : 0.0500 1/yr
NMOC : 4000.00 ppmv
Metan : hacimce % 50.0000
Karbon Dioksit : hacimce 50.0000
Seçilen sabitler : CAA Sabitleri

Depolama Sahası Parametreleri

Depolama Sahası tipi : Beraber Bertaraf Durumu yok
Açılış Yılı : 1980 Kapanış yılı: 2004
Kapasite : 3800000 Mg

Model Sonuçları

Yıl	Gömülü Atık (Mg)	Metan Emisyon hızı		
		(Mg/yıl)	(m ³ /yıl)	
2041	1.403E+06	8.165E+02	1.224E+06	1.224.000
2042	1.403E+06	7.766E+02	1.164E+06	1.164.000
2043	1.403E+06	7.388E+02	1.107E+06	1.107.000
2044	1.403E+06	7.027E+02	1.053E+06	1.053.000
2045	1.403E+06	6.685E+02	1.002E+06	1.002.000
2046	1.403E+06	6.359E+02	9.531E+05	953.100
2047	1.403E+06	6.049E+02	9.066E+05	906.600
2048	1.403E+06	5.754E+02	8.624E+05	862.400
2049	1.403E+06	5.473E+02	8.204E+05	820.400
2050	1.403E+06	5.206E+02	7.803E+05	780.300
2051	1.403E+06	4.952E+02	7.423E+05	742.300
2052	1.403E+06	4.711E+02	7.061E+05	706.100
2053	1.403E+06	4.481E+02	6.716E+05	671.600
2054	1.403E+06	4.262E+02	6.389E+05	638.900
2055	1.403E+06	4.054E+02	6.077E+05	607.700
2056	1.403E+06	3.857E+02	5.781E+05	578.100
2057	1.403E+06	3.669E+02	5.499E+05	549.900
2058	1.403E+06	3.490E+02	5.231E+05	523.100
2059	1.403E+06	3.320E+02	4.976E+05	497.600
2060	1.403E+06	3.158E+02	4.733E+05	473.300
2061	1.403E+06	3.004E+02	4.502E+05	450.200
2062	1.403E+06	2.857E+02	4.283E+05	428.300
2063	1.403E+06	2.718E+02	4.074E+05	407.400
2064	1.403E+06	2.585E+02	3.875E+05	387.500
2065	1.403E+06	2.459E+02	3.686E+05	368.600
2066	1.403E+06	2.339E+02	3.506E+05	350.600
2067	1.403E+06	2.225E+02	3.335E+05	333.500
2068	1.403E+06	2.117E+02	3.173E+05	317.300
2069	1.403E+06	2.013E+02	3.018E+05	301.800
2070	1.403E+06	1.915E+02	2.871E+05	287.100

Model Parametreleri

Lo : 170.00 m³ / Mg
k : 0.0500 1/yr
NMOC : 4000.00 ppmv
Metan : hacimce % 50.0000
Karbon Dioksit : hacimce 50.0000
Seçilen sabitler : CAA Sabitleri

Depolama Sahası Parametreleri

Depolama Sahası tipi : Beraber Bertaraf Durumu yok
Açılış Yılı : 1980 Kapanış yılı: 2004
Kapasite : 3800000 Mg

Model Sonuçları

Yıl	Gömülü Atık (Mg)	Metan Emisyon hızı		
		(Mg/yıl)	(m ³ /yıl)	
2071	1.403E+06	1.822E+02	2.731E+05	273.100
2072	1.403E+06	1.733E+02	2.598E+05	259.800
2073	1.403E+06	1.648E+02	2.471E+05	247.100
2074	1.403E+06	1.568E+02	2.350E+05	235.000
2075	1.403E+06	1.492E+02	2.236E+05	223.600
2076	1.403E+06	1.419E+02	2.127E+05	212.700
2077	1.403E+06	1.350E+02	2.023E+05	202.300
2078	1.403E+06	1.284E+02	1.924E+05	192.400
2079	1.403E+06	1.221E+02	1.830E+05	183.000
2080	1.403E+06	1.162E+02	1.741E+05	174.100
2081	1.403E+06	1.105E+02	1.656E+05	165.600
2082	1.403E+06	1.051E+02	1.575E+05	157.500
2083	1.403E+06	9.998E+01	1.499E+05	149.900
2084	1.403E+06	9.511E+01	1.426E+05	142.600
2085	1.403E+06	9.047E+01	1.356E+05	135.600
2086	1.403E+06	8.606E+01	1.290E+05	129.000
2087	1.403E+06	8.186E+01	1.227E+05	122.700
2088	1.403E+06	7.787E+01	1.167E+05	116.700
2089	1.403E+06	7.407E+01	1.110E+05	110.000
2090	1.403E+06	7.046E+01	1.056E+05	105.600
2091	1.403E+06	6.702E+01	1.005E+05	100.500
2092	1.403E+06	6.375E+01	9.556E+04	95.560
2093	1.403E+06	6.064E+01	9.090E+04	90.900
2094	1.403E+06	5.768E+01	8.646E+04	86.460
2095	1.403E+06	5.487E+01	8.225E+04	82.250
2096	1.403E+06	5.220E+01	7.824E+04	78.240
2097	1.403E+06	4.965E+01	7.442E+04	74.420
2098	1.403E+06	4.723E+01	7.079E+04	70.790
2099	1.403E+06	4.492E+01	6.734E+04	67.340
2100	1.403E+06	4.273E+01	6.405E+04	64.050

Model Parametreleri

Lo : 170.00 m³ / Mg
k : 0.0500 1/yr
NMOC : 4000.00 ppmv
Metan : hacimce % 50.0000
Karbon Dioksit : hacimce 50.0000
Seçilen sabitler : CAA Sabitleri

Depolama Sahası Parametreleri

Depolama Sahası tipi : Beraber Bertaraf Durumu yok
Açılış Yılı : 1980 Kapanış yılı: 2004
Kapasite : 3800000 Mg

Model Sonuçları

Yıl	Gömülü Atık (Mg)	Metan Emisyon hızı		
		(Mg/yıl)	(m ³ /yıl)	
2101	1.403E+06	4.065E+01	6.093E+04	60.930
2102	1.403E+06	3.867E+01	5.796E+04	57.960
2103	1.403E+06	3.678E+01	5.513E+04	55.130
2104	1.403E+06	3.499E+01	5.244E+04	52.440
2105	1.403E+06	3.328E+01	4.989E+04	49.890
2106	1.403E+06	3.166E+01	4.745E+04	47.450
2107	1.403E+06	3.011E+01	4.514E+04	45.140
2108	1.403E+06	2.865E+01	4.294E+04	42.940
2109	1.403E+06	2.725E+01	4.084E+04	40.840
2110	1.403E+06	2.592E+01	3.885E+04	38.850
2111	1.403E+06	2.466E+01	3.696E+04	36.960
2112	1.403E+06	2.345E+01	3.515E+04	35.150
2113	1.403E+06	2.231E+01	3.344E+04	33.440
2114	1.403E+06	2.122E+01	3.181E+04	31.810
2115	1.403E+06	2.019E+01	3.026E+04	30.260
2116	1.403E+06	1.920E+01	2.878E+04	28.780
2117	1.403E+06	1.827E+01	2.738E+04	27.380
2118	1.403E+06	1.737E+01	2.604E+04	26.040
2119	1.403E+06	1.653E+01	2.477E+04	24.770
2120	1.403E+06	1.572E+01	2.356E+04	23.560
2121	1.403E+06	1.495E+01	2.242E+04	22.420
2122	1.403E+06	1.422E+01	2.132E+04	21.320
2123	1.403E+06	1.353E+01	2.028E+04	20.280
2124	1.403E+06	1.287E+01	1.929E+04	19.290
2125	1.403E+06	1.224E+01	1.835E+04	18.350
2126	1.403E+06	1.165E+01	1.746E+04	17.460
2127	1.403E+06	1.108E+01	1.661E+04	16.610
2128	1.403E+06	1.054E+01	1.580E+04	15.800
2129	1.403E+06	1.002E+01	1.503E+04	15.030
2130	1.403E+06	9.535E+00	1.429E+04	14.290

Model Parametreleri

Lo : 170.00 m³ / Mg
k : 0.0500 1/yr
NMOC : 4000.00 ppmv
Metan : hacimce % 50.0000
Karbon Dioksit : hacimce 50.0000
Seçilen sabitler : CAA Sabitleri

Depolama Sahası Parametreleri

Depolama Sahası tipi : Beraber Bertaraf Durumu yok
Açılış Yılı : 1980 Kapanış yılı: 2004
Kapasite : 3800000 Mg

Model Sonuçları

Yıl	Gömülü Atık (Mg)	Metan Emisyon hızı		
		(Mg/yıl)	(m ³ /yıl)	
2131	1.403E+06	9.070E+00	1.360E+04	13.600
2132	1.403E+06	8.628E+00	1.293E+04	12.930
2133	1.403E+06	8.207E+00	1.230E+04	12.300
2134	1.403E+06	7.807E+00	1.170E+04	11.700
2135	1.403E+06	7.426E+00	1.113E+04	11.130
2136	1.403E+06	7.064E+00	1.059E+04	10.590
2137	1.403E+06	6.719E+00	1.007E+04	10.070
2138	1.403E+06	6.392E+00	9.581E+03	9.581
2139	1.403E+06	6.080E+00	9.113E+03	9.113
2140	1.403E+06	5.783E+00	8.669E+03	8.669
2141	1.403E+06	5.501E+00	8.246E+03	8.246
2142	1.403E+06	5.233E+00	7.844E+03	7.844
2143	1.403E+06	4.978E+00	7.461E+03	7.461
2144	1.403E+06	4.735E+00	7.097E+03	7.097
2145	1.403E+06	4.504E+00	6.751E+03	6.751
2146	1.403E+06	4.284E+00	6.422E+03	6.422
2147	1.403E+06	4.075E+00	6.109E+03	6.109
2148	1.403E+06	3.877E+00	5.811E+03	5.811
2149	1.403E+06	3.688E+00	5.527E+03	5.527
2150	1.403E+06	3.508E+00	5.258E+03	5.258
2151	1.403E+06	3.337E+00	5.001E+03	5.001
2152	1.403E+06	3.174E+00	4.758E+03	4.758
2153	1.403E+06	3.019E+00	4.526E+03	4.526
2154	1.403E+06	2.872E+00	4.305E+03	4.305
2155	1.403E+06	2.732E+00	4.095E+03	4.095
2156	1.403E+06	2.599E+00	3.895E+03	3.895
2157	1.403E+06	2.472E+00	3.705E+03	3.705
2158	1.403E+06	2.351E+00	3.524E+03	3.524
2159	1.403E+06	2.237E+00	3.353E+03	3.353
2160	1.403E+06	2.128E+00	3.189E+03	3.189

Model Parametreleri

Lo : 170.00 m³ / Mg
k : 0.0500 1/yr
NMOC : 4000.00 ppmv
Metan : hacimce % 50.0000
Karbon Dioksit : hacimce 50.0000
Seçilen sabitler : CAA Sabitleri

Depolama Sahası Parametreleri

Depolama Sahası tipi : Beraber Bertaraf Durumu yok
Açılış Yılı : 1980 Kapanış yılı: 2004
Kapasite : 3800000 Mg

Model Sonuçları

Yıl	Gömülü Atık (Mg)	Metan Emisyon hızı		
		(Mg/yıl)	(m ³ /yıl)	
2161	1.403E+06	2.024E+00	3.034E+03	3.034
2162	1.403E+06	1.925E+00	2.886E+03	2.886
2163	1.403E+06	1.831E+00	2.745E+03	2.745
2164	1.403E+06	1.742E+00	2.611E+03	2.611
2165	1.403E+06	1.657E+00	2.484E+03	2.484
2166	1.403E+06	1.576E+00	2.363E+03	2.363
2167	1.403E+06	1.499E+00	2.247E+03	2.247
2168	1.403E+06	1.426E+00	2.138E+03	2.138
2169	1.403E+06	1.357E+00	2.033E+03	2.033
2170	1.403E+06	1.290E+00	1.934E+03	1.934
2171	1.403E+06	1.228E+00	1.840E+03	1.840
2172	1.403E+06	1.168E+00	1.750E+03	1.750
2173	1.403E+06	1.111E+00	1.665E+03	1.665
2174	1.403E+06	1.057E+00	1.584E+03	1.584
2175	1.403E+06	1.005E+00	1.506E+03	1.506
2176	1.403E+06	9.560E-01	1.433E+03	1.433
2177	1.403E+06	9.094E-01	1.363E+03	1.363
2178	1.403E+06	8.650E-01	1.297E+03	1.297
2179	1.403E+06	8.228E-01	1.233E+03	1.233
2180	1.403E+06	7.827E-01	1.173E+03	1.173
2181	1.403E+06	7.445E-01	1.116E+03	1.116
2182	1.403E+06	7.082E-01	1.062E+03	1.062
2183	1.403E+06	6.737E-01	1.010E+03	1.010
2184	1.403E+06	6.408E-01	9.605E+02	961
2185	1.403E+06	6.096E-01	9.137E+02	913
2186	1.403E+06	5.798E-01	8.691E+02	869
2187	1.403E+06	5.516E-01	8.267E+02	827
2188	1.403E+06	5.247E-01	7.864E+02	786
2189	1.403E+06	4.991E-01	7.481E+02	748
2190	1.403E+06	4.747E-01	7.116E+02	712

Model Parametreleri

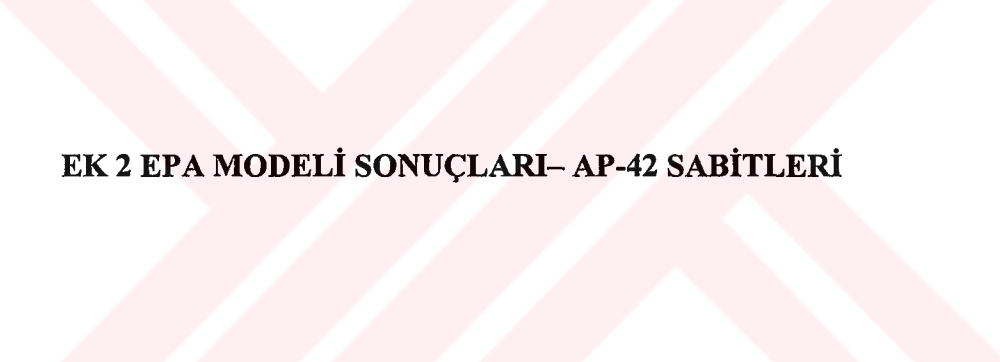
Lo : 170.00 m³ / Mg
k : 0.0500 1/yr
NMOG : 4000.00 ppmv
Metan : hacimce % 50.0000
Karbon Dioksit : hacimce 50.0000
Seçilen sabitler : CAA Sabitleri

Depolama Sahası Parametreleri

Depolama Sahası tipi : Beraber Bertaraf Durumu yok
Açılış Yılı : 1980 Kapanış yılı: 2004
Kapasite : 3800000 Mg

Model Sonuçları

Yıl	Gömülü Atık (Mg)	Metan Emisyon hızı		
		(Mg/yıl)	(m ³ /yıl)	
2191	1.403E+06	4.516E-01	6.769E+02	677
2192	1.403E+06	4.296E-01	6.439E+02	644
2193	1.403E+06	4.086E-01	6.125E+02	613
2194	1.403E+06	3.887E-01	5.826E+02	583
2195	1.403E+06	3.697E-01	5.542E+02	554
2196	1.403E+06	3.517E-01	5.272E+02	527
2197	1.403E+06	3.345E-01	5.014E+02	5.014
2198	1.403E+06	3.182E-01	4.770E+02	477
2199	1.403E+06	3.027E-01	4.537E+02	454
2200	1.403E+06	2.879E-01	4.316E+02	432
2201	1.403E+06	2.739E-01	4.105E+02	411
2202	1.403E+06	2.605E-01	3.905E+02	391
2203	1.403E+06	2.478E-01	3.715E+02	372
Toplam Gaz Oluşumu:			244.598.712	244.598.712



EK 2 EPA MODELİ SONUÇLARI- AP-42 SABİTLERİ

Model Parametreleri

Lo : 100.00 m³ / Mg
k : 0.0400 1/yr
NMOC : 595.00 ppmv
Metan : hacimce % 50.0000
Karbon Dioksit : hacimce 50.0000
Seçilen sabitler : AP-42 Sabitleri

Depolama Sahası Parametreleri

Depolama Sahası tipi : Beraber Bertaraf Durumu yok
Açılış Yılı : 1980 Kapanış yılı: 2004
Kapasite : 3800000 Mg

Model Sonuçları

Yıl	Gömülü Atık (Mg)	Metan Emisyon hızı		
		(Mg/yıl)	(m ³ /yıl)	
1981	3.663E+04	9.775E+01	1.465E+05	146.500
1982	7.491E+04	1.961E+02	2.939E+05	293.900
1983	1.148E+05	2.950E+02	4.421E+05	442.100
1984	1.564E+05	3.944E+02	5.912E+05	591.200
1985	1.997E+05	4.943E+02	7.409E+05	740.900
1986	2.446E+05	5.948E+02	8.915E+05	891.500
1987	2.938E+05	7.029E+02	1.054E+06	1.054.000
1988	3.429E+05	8.063E+02	1.209E+06	1.209.000
1989	3.919E+05	9.054E+02	1.357E+06	1.357.000
1990	4.407E+05	1.000E+03	1.499E+06	1.499.000
1991	4.894E+05	1.091E+03	1.635E+06	1.635.000
1992	5.442E+05	1.194E+03	1.790E+06	1.790.000
1993	6.008E+05	1.299E+03	1.946E+06	1.946.000
1994	6.592E+05	1.403E+03	2.104E+06	2.104.000
1995	7.193E+05	1.509E+03	2.262E+06	2.262.000
1996	7.812E+05	1.615E+03	2.421E+06	2.421.000
1997	8.449E+05	1.721E+03	2.580E+06	2.580.000
1998	9.103E+05	1.829E+03	2.741E+06	2.741.000
1999	9.834E+05	1.952E+03	2.926E+06	2.926.000
2000	1.059E+06	2.076E+03	3.112E+06	3.112.000
2001	1.137E+06	2.204E+03	3.304E+06	3.304.000
2002	1.223E+06	2.348E+03	3.519E+06	3.519.000
2003	1.312E+06	2.492E+03	3.736E+06	3.736.000
2004	1.403E+06	2.639E+03	3.955E+06	3.955.000
2005	1.403E+06	2.535E+03	3.800E+06	3.800.000
2006	1.403E+06	2.436E+03	3.651E+06	3.651.000
2007	1.403E+06	2.340E+03	3.508E+06	3.508.000
2008	1.403E+06	2.249E+03	3.370E+06	3.370.000
2009	1.403E+06	2.160E+03	3.238E+06	3.238.000
2010	1.403E+06	2.076E+03	3.111E+06	3.111.000

Model Parametreleri

Lo : 100.00 m³ / Mg
k : 0.0400 1/yr
NMOC : 595.00 ppmv
Metan : hacimce % 50.0000
Karbon Dioksit : hacimce 50.0000
Seçilen sabitler : AP-42 Sabitleri

Depolama Sahası Parametreleri

Depolama Sahası tipi : Beraber Bertaraf Durumu yok
Açılış Yılı : 1980 Kapanış yılı: 2004
Kapasite : 3800000 Mg

Model Sonuçları

Yıl	Metan Emisyon hızı			
	Gömülü Atık (Mg)	(Mg/yıl)	(m ³ /yıl)	
2011	1.403E+06	1.994E+03	2.989E+06	2.989.000
2012	1.403E+06	1.916E+03	2.872E+06	2.872.000
2013	1.403E+06	1.841E+03	2.759E+06	2.759.000
2014	1.403E+06	1.769E+03	2.651E+06	2.651.000
2015	1.403E+06	1.699E+03	2.547E+06	2.547.000
2016	1.403E+06	1.633E+03	2.447E+06	2.447.000
2017	1.403E+06	1.569E+03	2.351E+06	2.351.000
2018	1.403E+06	1.507E+03	2.259E+06	2.259.000
2019	1.403E+06	1.448E+03	2.171E+06	2.171.000
2020	1.403E+06	1.391E+03	2.086E+06	2.086.000
2021	1.403E+06	1.337E+03	2.004E+06	2.004.000
2022	1.403E+06	1.284E+03	1.925E+06	1.925.000
2023	1.403E+06	1.234E+03	1.850E+06	1.850.000
2024	1.403E+06	1.186E+03	1.777E+06	1.777.000
2025	1.403E+06	1.139E+03	1.707E+06	1.707.000
2026	1.403E+06	1.094E+03	1.641E+06	1.641.000
2027	1.403E+06	1.052E+03	1.576E+06	1.576.000
2028	1.403E+06	1.010E+03	1.514E+06	1.514.000
2029	1.403E+06	9.707E+02	1.455E+06	1.455.000
2030	1.403E+06	9.327E+02	1.398E+06	1.398.000
2031	1.403E+06	8.961E+02	1.343E+06	1.343.000
2032	1.403E+06	8.610E+02	1.290E+06	1.290.000
2033	1.403E+06	8.272E+02	1.240E+06	1.240.000
2034	1.403E+06	7.948E+02	1.191E+06	1.191.000
2035	1.403E+06	7.636E+02	1.145E+06	1.145.000
2036	1.403E+06	7.337E+02	1.100E+06	1.100.000
2037	1.403E+06	7.049E+02	1.057E+06	1.057.000
2038	1.403E+06	6.772E+02	1.015E+06	1.015.000
2039	1.403E+06	6.507E+02	9.753E+05	975.300
2040	1.403E+06	6.252E+02	9.371E+05	937.100

Model Parametreleri

Lo : 100.00 m³ / Mg
k : 0.0400 1/yr
NMOC : 595.00 ppmv
Metan : hacimce % 50.0000
Karbon Dioksit : hacimce 50.0000
Seçilen sabitler : AP-42 Sabitleri

Depolama Sahası Parametreleri

Depolama Sahası tipi : Beraber Bertaraf Durumu yok
Açılış Yılı : 1980 Kapanış yılı: 2004
Kapasite : 3800000 Mg

Model Sonuçları

Yıl	Metan Emisyon hızı			
	Gömülü Atık (Mg)	(Mg/yıl)	(m ³ /yıl)	
2041	1.403E+06	6.007E+02	9.003E+05	900.300
2042	1.403E+06	5.771E+02	8.650E+05	865.000
2043	1.403E+06	5.545E+02	8.311E+05	831.100
2044	1.403E+06	5.327E+02	7.985E+05	798.500
2045	1.403E+06	5.119E+02	7.672E+05	767.200
2046	1.403E+06	4.918E+02	7.371E+05	737.100
2047	1.403E+06	4.725E+02	7.082E+05	708.200
2048	1.403E+06	4.540E+02	6.805E+05	680.500
2049	1.403E+06	4.362E+02	6.538E+05	653.800
2050	1.403E+06	4.191E+02	6.282E+05	628.200
2051	1.403E+06	4.026E+02	6.035E+05	603.500
2052	1.403E+06	3.869E+02	5.799E+05	579.900
2053	1.403E+06	3.717E+02	5.571E+05	557.100
2054	1.403E+06	3.571E+02	5.353E+05	535.300
2055	1.403E+06	3.431E+02	5.143E+05	514.300
2056	1.403E+06	3.297E+02	4.941E+05	494.100
2057	1.403E+06	3.167E+02	4.747E+05	474.700
2058	1.403E+06	3.043E+02	4.561E+05	456.100
2059	1.403E+06	2.924E+02	4.382E+05	438.200
2060	1.403E+06	2.809E+02	4.211E+05	421.100
2061	1.403E+06	2.699E+02	4.046E+05	404.600
2062	1.403E+06	2.593E+02	3.887E+05	388.700
2063	1.403E+06	2.491E+02	3.734E+05	373.400
2064	1.403E+06	2.394E+02	3.588E+05	358.800
2065	1.403E+06	2.300E+02	3.447E+05	344.700
2066	1.403E+06	2.210E+02	3.312E+05	331.200
2067	1.403E+06	2.123E+02	3.182E+05	318.200
2068	1.403E+06	2.040E+02	3.058E+05	305.800
2069	1.403E+06	1.960E+02	2.938E+05	293.800
2070	1.403E+06	1.883E+02	2.822E+05	282.200

Model Parametreleri

Lo : 100.00 m³ / Mg
k : 0.0400 1/yr
NMOC : 595.00 ppmv
Metan : hacimce % 50.0000
Karbon Dioksit : hacimce 50.0000
Seçilen sabitler : AP-42 Sabitleri

Depolama Sahası Parametreleri

Depolama Sahası tipi : Beraber Bertaraf Durumu yok
Açılış Yılı : 1980 Kapanış yılı: 2004
Kapasite : 3800000 Mg

Model Sonuçları

Yıl	Gömülü Atık (Mg)	Metan Emisyon hızı		
		(Mg/yıl)	(m ³ /yıl)	
2071	1.403E+06	1.809E+02	2.712E+05	271.200
2072	1.403E+06	1.738E+02	2.605E+05	260.500
2073	1.403E+06	1.670E+02	2.503E+05	250.300
2074	1.403E+06	1.605E+02	2.405E+05	240.500
2075	1.403E+06	1.542E+02	2.311E+05	231.100
2076	1.403E+06	1.481E+02	2.220E+05	220.000
2077	1.403E+06	1.423E+02	2.133E+05	213.300
2078	1.403E+06	1.367E+02	2.050E+05	205.000
2079	1.403E+06	1.314E+02	1.969E+05	196.900
2080	1.403E+06	1.262E+02	1.892E+05	189.200
2081	1.403E+06	1.213E+02	1.818E+05	181.800
2082	1.403E+06	1.165E+02	1.746E+05	174.600
2083	1.403E+06	1.119E+02	1.678E+05	167.800
2084	1.403E+06	1.076E+02	1.612E+05	161.200
2085	1.403E+06	1.033E+02	1.549E+05	154.900
2086	1.403E+06	9.929E+01	1.488E+05	148.800
2087	1.403E+06	9.540E+01	1.430E+05	143.000
2088	1.403E+06	9.166E+01	1.374E+05	137.400
2089	1.403E+06	8.806E+01	1.320E+05	132.000
2090	1.403E+06	8.461E+01	1.268E+05	126.800
2091	1.403E+06	8.129E+01	1.218E+05	121.800
2092	1.403E+06	7.810E+01	1.171E+05	117.100
2093	1.403E+06	7.504E+01	1.125E+05	112.500
2094	1.403E+06	7.210E+01	1.081E+05	108.100
2095	1.403E+06	6.927E+01	1.038E+05	103.800
2096	1.403E+06	6.656E+01	9.976E+04	99.760
2097	1.403E+06	6.395E+01	9.585E+04	95.850
2098	1.403E+06	6.144E+01	9.209E+04	92.090
2099	1.403E+06	5.903E+01	8.848E+04	88.480
2100	1.403E+06	5.672E+01	8.501E+04	85.010

Model Parametreleri

Lo : 100.00 m³ / Mg
k : 0.0400 1/yr
NMOC : 595.00 ppmv
Metan : hacimce % 50.0000
Karbon Dioksit : hacimce 50.0000
Seçilen sabitler : AP-42 Sabitleri

Depolama Sahası Parametreleri

Depolama Sahası tipi : Beraber Bertaraf Durumu yok
Açılış Yılı : 1980 Kapanış yılı: 2004
Kapasite : 3800000 Mg

Model Sonuçları

Yıl	Gömülü Atık (Mg)	Metan Emisyon hızı		
		(Mg/yıl)	(m ³ /yıl)	
2101	1.403E+06	5.449E+01	8.168E+04	81.680
2102	1.403E+06	5.235E+01	7.848E+04	78.480
2103	1.403E+06	5.030E+01	7.540E+04	75.400
2104	1.403E+06	4.833E+01	7.244E+04	72.440
2105	1.403E+06	4.643E+01	6.960E+04	69.600
2106	1.403E+06	4.461E+01	6.687E+04	66.870
2107	1.403E+06	4.286E+01	6.425E+04	64.250
2108	1.403E+06	4.118E+01	6.173E+04	61.730
2109	1.403E+06	3.957E+01	5.931E+04	59.310
2110	1.403E+06	3.802E+01	5.698E+04	56.980
2111	1.403E+06	3.653E+01	5.475E+04	54.750
2112	1.403E+06	3.509E+01	5.260E+04	52.600
2113	1.403E+06	3.372E+01	5.054E+04	50.540
2114	1.403E+06	3.240E+01	4.856E+04	48.560
2115	1.403E+06	3.113E+01	4.666E+04	46.660
2116	1.403E+06	2.991E+01	4.483E+04	44.830
2117	1.403E+06	2.873E+01	4.307E+04	43.070
2118	1.403E+06	2.761E+01	4.138E+04	41.380
2119	1.403E+06	2.652E+01	3.976E+04	39.760
2120	1.403E+06	2.548E+01	3.820E+04	38.200
2121	1.403E+06	2.448E+01	3.670E+04	36.700
2122	1.403E+06	2.352E+01	3.526E+04	35.260
2123	1.403E+06	2.260E+01	3.388E+04	33.880
2124	1.403E+06	2.172E+01	3.255E+04	32.550
2125	1.403E+06	2.086E+01	3.127E+04	31.270
2126	1.403E+06	2.005E+01	3.005E+04	30.050
2127	1.403E+06	1.926E+01	2.887E+04	28.870
2128	1.403E+06	1.850E+01	2.774E+04	27.740
2129	1.403E+06	1.778E+01	2.665E+04	26.650
2130	1.403E+06	1.708E+01	2.560E+04	25.600

Model Parametreleri

Lo : 100.00 m³ / Mg
k : 0.0400 1/yr
NMOC : 595.00 ppmv
Metan : hacimce % 50.0000
Karbon Dioksit : hacimce 50.0000
Seçilen sabitler : AP-42 Sabitleri

Depolama Sahası Parametreleri

Depolama Sahası tipi : Beraber Bertaraf Durumu yok
Açılış Yılı : 1980 Kapanış yılı: 2004
Kapasite : 3800000 Mg

Model Sonuçları

Yıl	Gömülü Atık (Mg)	Metan Emisyon hızı		
		(Mg/yıl)	(m ³ /yıl)	
2131	1.403E+06	1.641E+01	2.460E+04	24.600
2132	1.403E+06	1.577E+01	2.364E+04	23.640
2133	1.403E+06	1.515E+01	2.271E+04	22.710
2134	1.403E+06	1.456E+01	2.182E+04	21.820
2135	1.403E+06	1.399E+01	2.096E+04	20.960
2136	1.403E+06	1.344E+01	2.014E+04	20.140
2137	1.403E+06	1.291E+01	1.935E+04	19.350
2138	1.403E+06	1.240E+01	1.859E+04	18.590
2139	1.403E+06	1.192E+01	1.786E+04	17.860
2140	1.403E+06	1.145E+01	1.716E+04	17.160
2141	1.403E+06	1.100E+01	1.649E+04	16.490
2142	1.403E+06	1.057E+01	1.584E+04	15.840
2143	1.403E+06	1.016E+01	1.522E+04	15.220
2144	1.403E+06	9.758E+00	1.463E+04	14.630
2145	1.403E+06	9.375E+00	1.405E+04	14.050
2146	1.403E+06	9.007E+00	1.350E+04	13.500
2147	1.403E+06	8.654E+00	1.297E+04	12.970
2148	1.403E+06	8.315E+00	1.246E+04	12.460
2149	1.403E+06	7.989E+00	1.197E+04	11.970
2150	1.403E+06	7.676E+00	1.151E+04	11.510
2151	1.403E+06	7.375E+00	1.105E+04	11.050
2152	1.403E+06	7.085E+00	1.062E+04	10.620
2153	1.403E+06	6.808E+00	1.020E+04	10.200
2154	1.403E+06	6.541E+00	9.804E+03	9.804
2155	1.403E+06	6.284E+00	9.420E+03	9.420
2156	1.403E+06	6.038E+00	9.050E+03	9.050
2157	1.403E+06	5.801E+00	8.695E+03	8.695
2158	1.403E+06	5.574E+00	8.354E+03	8.354
2159	1.403E+06	5.355E+00	8.027E+03	8.027
2160	1.403E+06	5.145E+00	7.712E+03	7.712

Model Parametreleri

Lo : 100.00 m³ / Mg
k : 0.0400 1/yr
NMOC : 595.00 ppmv
Metan : hacimce % 50.0000
Karbon Dioksit : hacimce 50.0000
Seçilen sabitler : AP-42 Sabitleri

Depolama Sahası Parametreleri

Depolama Sahası tipi : Beraber Bertaraf Durumu yok
Açılış Yılı : 1980 Kapanış yılı: 2004
Kapasite : 3800000 Mg

Model Sonuçları

Yıl	Gömülü Atık (Mg)	Metan Emisyon hızı		
		(Mg/yıl)	(m ³ /yıl)	
2161	1.403E+06	4.943E+00	7.410E+03	7.410
2162	1.403E+06	4.750E+00	7.119E+03	7.119
2163	1.403E+06	4.563E+00	6.840E+03	6.840
2164	1.403E+06	4.384E+00	6.572E+03	6.572
2165	1.403E+06	4.212E+00	6.314E+03	6.314
2166	1.403E+06	4.047E+00	6.067E+03	6.067
2167	1.403E+06	3.889E+00	5.829E+03	5.829
2168	1.403E+06	3.736E+00	5.600E+03	5.600
2169	1.403E+06	3.590E+00	5.381E+03	5.381
2170	1.403E+06	3.449E+00	5.170E+03	5.170
2171	1.403E+06	3.314E+00	4.967E+03	4.967
2172	1.403E+06	3.184E+00	4.772E+03	4.772
2173	1.403E+06	3.059E+00	4.585E+03	4.585
2174	1.403E+06	2.939E+00	4.405E+03	4.405
2175	1.403E+06	2.824E+00	4.232E+03	4.232
2176	1.403E+06	2.713E+00	4.067E+03	4.067
2177	1.403E+06	2.607E+00	3.907E+03	3.907
2178	1.403E+06	2.504E+00	3.754E+03	3.754
2179	1.403E+06	2.406E+00	3.607E+03	3.607
2180	1.403E+06	2.312E+00	3.465E+03	3.465
2181	1.403E+06	2.221E+00	3.329E+03	3.329
2182	1.403E+06	2.134E+00	3.199E+03	3.199
2183	1.403E+06	2.050E+00	3.073E+03	3.073
2184	1.403E+06	1.970E+00	2.953E+03	2.953
2185	1.403E+06	1.893E+00	2.837E+03	2.837
2186	1.403E+06	1.819E+00	2.726E+03	2.726
2187	1.403E+06	1.747E+00	2.619E+03	2.619
2188	1.403E+06	1.679E+00	2.516E+03	2.516
2189	1.403E+06	1.613E+00	2.418E+03	2.418
2190	1.403E+06	1.550E+00	2.323E+03	2.323

Model Parametreleri

Lo : 100.00 m³ / Mg
k : 0.0400 1/yr
NMOC : 595.00 ppmv
Metan : hacimce % 50.0000
Karbon Dioksit : hacimce 50.0000
Seçilen sabitler : AP-42 Sabitleri

Depolama Sahası Parametreleri

Depolama Sahası tipi : Beraber Bertaraf Durumu yok
Açılış Yılı : 1980 Kapanış yılı: 2004
Kapasite : 3800000 Mg

Model Sonuçları

Yıl	Gömülü Atık (Mg)	Metan Emisyon hızı		
		(Mg/yıl)	(m ³ /yıl)	
2191	1.403E+06	1.489E+00	2.232E+03	2.232
2192	1.403E+06	1.431E+00	2.144E+03	2.144
2193	1.403E+06	1.374E+00	2.060E+03	2.060
2194	1.403E+06	1.321E+00	1.979E+03	1.979
2195	1.403E+06	1.269E+00	1.902E+03	1.902
2196	1.403E+06	1.219E+00	1.827E+03	1.827
2197	1.403E+06	1.171E+00	1.756E+03	1.756
2198	1.403E+06	1.125E+00	1.687E+03	1.687
2199	1.403E+06	1.081E+00	1.621E+03	1.621
2200	1.403E+06	1.039E+00	1.557E+03	1.557
2201	1.403E+06	9.980E-01	1.496E+03	1.496
2202	1.403E+06	9.589E-01	1.437E+03	1.437
2203	1.403E+06	9.213E-01	1.381E+03	1.381
Toplam Gaz Oluşumu:			143.132.087	143.132.087



EK 3 TABASARAN MODELİ SONUÇLARI

Yıllar	1980	1981	1982	1983	1984	1986	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Kümülatif Gaz Oluşumu																
Toplam Gaz Oluşumu	0	455.462	1.361.490	2.713.464	4.507.020	6.737.927	9.402.421	12.530.255	16.093.683	20.066.509	24.244.004	29.142.823	34.279.688	39.833.141	45.801.807	52.184.386
Yıllık Gaz Oluşumu (m3/yıl)	0	455.462	906.028	1.351.974	1.793.556	2.230.907	2.684.493	3.127.834	3.563.428	3.972.826	4.357.495	4.718.819	5.136.865	5.553.453	5.968.666	6.382.579
Cekilebilecek Yıllık Gaz (m3/yıl)	0	227.731	453.014	675.987	896.778	1.115.453	1.332.247	1.563.917	1.781.714	1.986.413	2.178.748	2.359.409	2.568.433	2.776.727	2.984.333	3.191.289
Saatlik Gaz Oluşumu (m3/saat)	0,0	52,0	103,4	154,3	204,7	254,7	304,2	357,1	406,8	453,5	497,4	538,7	586,4	634,0	681,4	728,6
Cekilebilecek Gaz (m3/saat)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Yıllar	1980	1981	1982	1983	1984	1986	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995

Kümülatif Gaz Olusumu

Yıllar	1986	1987	1988	1989	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Toplam Gaz Olusumu	58.979.651	68.186.445	73.803.877	81.903.493	90.488.204	99.565.188	108.206.830	119.412.784	130.184.810	140.353.869	149.954.269	159.017.631	167.573.997	175.651.727	183.277.595
Yıllık Gaz Olusumu (m3/yıl)	8.765.265	7.206.794	7.817.232	8.095.816	8.582.711	8.079.984	9.641.642	10.205.954	10.771.826	10.189.259	9.600.400	9.063.362	8.556.365	8.077.730	7.825.889
Sarıtık Gaz Olusumu (m3/yıl)	3.397.633	3.802.397	3.808.616	4.049.808	4.291.355	4.536.492	4.820.821	5.102.877	5.361.933	5.084.630	4.800.200	4.531.681	4.278.183	4.038.865	3.812.934
Sarıtık Gaz Olusumu (m3/jeat)	775,7	822,7	869,5	924,8	978,8	1.036,4	1.100,6	1.165,1	1.228,7	1.160,9	1.095,9	1.034,6	976,8	922,1	870,5
Cökülebilecek Gaz (m3/jeat)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	614,8	580,4	548,4	517,3	488,4	461,1	435,3
Yıllar	1986	1987	1988	1989	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1986	4.900.669	5.081.992	5.253.172	5.414.775	5.567.339	5.711.369	5.847.342	5.975.708	6.095.894	6.212.301	6.319.308	6.421.273	6.517.535	6.608.411	6.694.204
1987	4.921.392	5.122.139	5.311.655	5.490.571	5.669.478	5.819.936	5.969.475	6.111.593	6.245.760	6.372.423	6.492.000	6.604.888	6.701.481	6.812.072	6.907.056
1988	4.812.348	5.134.181	5.343.608	5.541.319	5.727.970	5.904.180	6.070.583	6.227.158	6.376.843	6.515.812	6.647.951	6.772.680	6.890.467	7.001.648	7.106.810
1989	4.871.222	5.115.941	5.346.971	5.565.077	5.770.982	5.965.369	6.148.883	6.322.130	6.495.687	6.640.094	6.785.864	6.923.480	7.053.397	7.176.047	7.291.836
2000	4.784.531	5.084.010	5.318.414	5.558.587	5.785.325	5.999.379	6.201.460	6.392.236	6.572.340	6.742.370	6.902.888	7.053.548	7.197.489	7.332.548	7.460.052
2001	4.682.688	4.976.124	5.258.978	5.523.176	5.772.595	6.008.064	6.201.359	6.440.220	6.636.341	6.825.380	7.001.856	7.168.654	7.326.027	7.474.597	7.614.855
2002	4.791.240	5.135.612	5.460.720	5.787.642	6.057.395	6.330.839	6.589.182	6.832.979	7.063.136	7.280.422	7.485.552	7.679.206	7.862.028	8.034.623	8.197.563
2003	4.413.254	4.776.943	5.120.268	5.444.426	5.750.432	6.039.321	6.312.049	6.569.921	6.813.580	7.042.623	7.258.698	7.463.216	7.666.293	7.833.569	8.010.049
2004	3.958.267	4.003.888	4.262.827	4.504.943	4.743.119	4.973.198	5.211.211	5.453.132	5.696.833	5.922.174	6.139.558	6.352.949	6.566.240	6.771.514	6.970.434
2005	3.150.071	3.587.433	3.991.934	4.373.612	4.734.035	5.071.818	5.375.969	5.653.322	5.915.973	6.162.242	6.417.785	6.669.883	6.915.497	7.148.514	7.386.178
2006	3.045.303	3.580.741	4.043.565	4.495.388	4.929.709	5.335.958	5.719.482	6.081.552	6.423.368	6.748.063	7.050.707	7.338.309	7.619.808	7.898.137	8.167.499
2007	2.588.182	3.147.341	3.675.225	4.173.573	4.644.048	5.088.204	5.507.514	5.903.396	6.277.080	6.6					

Yıllar	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
6.775.198	6.851.651	6.823.847	6.891.995	7.056.330	7.111.067	7.174.406	7.228.538	7.279.642	7.327.887	7.373.433	7.416.431	7.457.024	7.495.347	7.531.525	
6.996.726	7.161.289	7.236.747	7.347.936	7.507.974	7.637.914	7.748.689	7.848.629	7.935.207	8.009.620	8.073.046	8.135.592	8.187.250	8.238.019	8.286.904	
7.205.701	7.399.248	7.587.952	7.770.936	7.959.646	8.148.354	8.337.062	8.525.770	8.714.478	8.903.186	9.091.894	9.280.602	9.469.310	9.658.018	9.846.726	
7.401.148	7.594.345	7.781.770	7.969.204	8.156.638	8.344.072	8.531.506	8.718.940	8.906.374	9.093.808	9.281.242	9.468.676	9.656.110	9.843.544	10.030.978	
7.580.424	7.772.275	7.959.126	8.145.977	8.332.822	8.519.679	8.706.530	8.893.381	9.080.232	9.267.083	9.453.934	9.640.785	9.827.636	10.014.487	10.201.338	
7.747.269	7.939.120	8.130.971	8.322.822	8.514.673	8.706.524	8.898.375	9.090.226	9.282.077	9.473.928	9.665.779	9.857.630	10.049.481	10.241.332	10.433.183	
8.351.368	8.496.609	8.633.706	8.769.134	8.895.322	9.021.510	9.147.698	9.273.886	9.400.074	9.526.262	9.652.450	9.778.638	9.904.826	10.031.014	10.157.202	
8.173.103	8.326.469	8.471.256	8.616.044	8.760.832	8.905.620	9.050.408	9.195.196	9.339.984	9.484.772	9.629.560	9.774.348	9.919.136	10.063.924	10.208.712	
7.988.642	8.148.609	8.301.516	8.445.869	8.589.886	8.733.903	8.877.920	9.021.937	9.165.954	9.310.071	9.454.088	9.598.105	9.742.122	9.886.139	10.030.156	
7.781.618	7.962.698	8.124.149	8.276.596	8.428.543	8.579.990	8.731.937	8.883.884	9.035.831	9.187.778	9.339.725	9.491.672	9.643.619	9.795.566	9.947.513	
7.587.520	7.768.159	7.938.694	8.099.688	8.251.671	8.403.654	8.555.637	8.707.620	8.859.603	9.011.586	9.163.569	9.315.552	9.467.535	9.619.518	9.771.501	
8.336.587	8.502.259	8.655.856	8.808.953	8.962.050	9.115.147	9.268.244	9.421.341	9.574.438	9.727.535	9.880.632	10.033.729	10.186.826	10.339.923	10.493.020	
8.368.822	8.604.617	8.757.223	8.909.830	9.062.437	9.215.044	9.367.651	9.520.258	9.672.865	9.825.472	9.978.079	10.130.686	10.283.293	10.435.900	10.588.507	
8.371.959	8.624.864	8.877.771	9.130.678	9.383.585	9.636.492	9.889.399	10.142.306	10.395.213	10.648.120	10.901.027	11.153.934	11.406.841	11.659.748	11.912.655	
8.282.046	8.593.478	8.899.191	9.204.904	9.510.617	9.816.330	10.122.043	10.427.756	10.733.469	11.039.182	11.344.895	11.650.608	11.956.321	12.262.034	12.567.747	
8.184.144	8.517.960	8.833.142	9.130.673	9.411.951	9.676.114	9.940.277	10.204.440	10.468.603	10.732.766	11.000.029	11.268.292	11.536.555	11.804.818	12.073.081	
8.047.447	8.410.890	8.753.944	9.077.836	9.383.610	9.676.279	9.940.279	10.204.440	10.468.603	10.732.766	11.000.029	11.268.292	11.536.555	11.804.818	12.073.081	
8.556.224	8.998.169	9.394.064	9.777.253	10.139.007	10.480.525	10.821.043	11.161.561	11.502.079	11.842.597	12.183.115	12.523.633	12.864.151	13.204.669	13.545.187	
8.346.298	8.815.405	9.258.271	9.676.363	10.071.067	10.445.692	10.810.317	11.174.942	11.539.567	11.904.192	12.268.817	12.633.442	12.998.067	13.362.692	13.727.317	
8.188.115	8.706.462	9.195.812	9.657.768	10.093.922	10.505.659	10.894.394	11.283.129	11.671.864	12.060.600	12.449.335	12.838.070	13.226.805	13.615.540	14.004.275	
8.375.646	8.977.849	9.545.976	10.082.511	10.589.034	11.087.221	11.585.408	12.083.595	12.581.782	13.079.969	13.578.156	14.076.343	14.574.530	15.072.717	15.570.904	
7.977.425	8.634.831	9.255.463	9.841.377	10.384.515	10.918.712	11.452.909	11.987.106	12.521.303	13.055.500	13.589.697	14.123.894	14.658.091	15.192.288	15.726.485	
7.489.614	8.216.877	8.894.018	9.533.277	10.136.778	10.706.519	11.244.350	11.782.173	12.320.004	12.857.835	13.395.666	13.933.497	14.471.328	15.009.159	15.546.990	
Toplam Gaz Olusumu															
190.476.880	197.273.442	203.689.811	209.747.254	215.465.848	220.864.551	225.961.254	230.772.851	235.315.293	239.603.634	243.652.089	247.474.077	251.082.268	254.488.617	257.704.418	
Yıllık Gaz Olusumu (m3/yıl)															
7.199.284	6.796.583	6.416.389	6.057.443	5.718.585	5.396.702	5.096.703	4.811.588	4.542.441	4.288.341	4.048.455	3.821.988	3.608.189	3.406.350	3.215.802	
Çekililecek Yıllık Gaz (m3/yaar)															
3.599.642	3.398.281	3.208.184	3.028.721	2.859.297	2.699.351	2.548.351	2.405.799	2.271.221	2.144.171	2.024.228	1.910.994	1.804.095	1.703.175	1.607.901	
Sarıllık Gaz Olusumu (m3/3saat)															
821.8	775.9	732.5	691.5	652.8	615.3	581.8	546.3	518.5	489.5	462.2	436.3	411.9	388.9	367.1	
Çekililecek Gaz (m3/3saat)															
410.9	387.9	365.2	345.7	326.4	309.1	290.9	274.6	259.3	244.8	231.1	218.2	205.9	194.4	183.6	
Yıllar	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025

Toplam Gaz Oluşumu
Yıllık Gaz Oluşumu (m3/yıl)
Çakıllılık Yıllık Gaz (m3/yıl)
Saflik Gaz Oluşumu (m3/saat)
Çakıllılık Gaz (m3/saat)

Yıllar	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Toplam Gaz Olusumu	7.585.680	7.997.924	7.828.365	7.857.103	7.864.233	7.705.845	7.734.025	7.756.852	7.778.402	7.798.747	7.817.954	7.838.088	7.853.204	7.869.364	7.884.621
Yüksek Gaz Olusumu (m3/yıl)	7.871.687	7.907.585	7.828.365	7.857.103	7.864.233	7.705.845	7.734.025	7.756.852	7.778.402	7.798.747	7.817.954	7.838.088	7.853.204	7.869.364	7.884.621
Cekililecek Yüyük Gaz (m3/yıl)	8.172.800	8.212.249	8.249.491	8.284.649	8.317.841	8.348.176	8.378.758	8.408.686	8.438.051	8.467.841	8.497.054	8.526.698	8.555.785	8.584.337	8.612.303
Sarfit Gaz Olusumu (m3/isaat)	8.468.009	8.511.527	8.552.610	8.591.396	8.628.011	8.663.578	8.695.213	8.726.021	8.755.106	8.783.569	8.811.406	8.838.628	8.865.745	8.892.758	8.919.668
Cekililecek Gaz (m3/isaat)	8.755.225	8.803.146	8.848.388	8.891.096	8.931.416	8.969.481	9.005.417	9.039.342	9.071.369	9.101.605	9.130.150	9.157.988	9.185.128	9.211.671	9.237.618
	9.039.593	9.092.307	9.142.073	9.189.055	9.233.409	9.274.282	9.314.812	9.352.131	9.387.363	9.420.623	9.452.023	9.481.667	9.509.652	9.536.972	9.563.614
	9.852.681	9.913.930	9.971.743	10.026.322	10.077.849	10.126.492	10.172.415	10.215.769	10.256.698	10.295.337	10.331.815	10.366.252	10.398.763	10.429.455	10.459.330
	9.661.071	9.729.372	9.793.853	9.854.728	9.912.184	9.966.447	10.017.696	10.065.019	10.111.668	10.156.287	10.200.063	10.241.866	10.281.321	10.319.347	10.355.964
	9.559.840	9.632.071	9.700.167	9.764.454	9.825.144	9.882.440	9.936.530	9.987.595	10.035.803	10.081.315	10.124.260	10.164.842	10.203.136	10.239.287	10.273.415
	9.454.882	9.531.157	9.603.070	9.670.981	9.735.054	9.795.592	9.852.885	9.908.613	9.967.524	10.019.587	10.069.862	10.118.278	10.164.734	10.209.741	10.253.308
	10.566.217	10.657.165	10.743.025	10.824.082	10.900.605	10.972.845	11.041.049	11.105.435	11.166.230	11.223.604	11.277.778	11.329.622	11.379.205	11.427.468	11.474.419
	10.806.497	10.905.931	10.999.803	11.089.424	11.172.068	11.251.071	11.325.636	11.394.030	11.457.424	11.515.011	11.566.231	11.619.370	11.673.158	11.724.993	11.775.419
	11.034.508	11.137.844	11.241.732	11.342.442	11.433.823	11.520.093	11.601.537	11.676.424	11.751.011	11.819.538	11.884.231	11.943.305	12.000.962	12.057.395	12.108.782
	11.248.327	11.378.168	11.479.732	11.585.361	11.685.081	11.778.223	11.868.098	11.952.002	12.031.213	12.105.992	12.176.589	12.243.236	12.306.155	12.365.555	12.421.631
	11.635.369	11.778.147	11.890.048	12.034.517	12.152.967	12.264.790	12.370.359	12.470.021	12.564.109	12.652.934	12.736.789	12.815.854	12.890.691	12.961.247	13.027.856
	11.804.440	11.957.890	12.102.367	12.239.952	12.367.895	12.489.628	12.604.547	12.713.040	12.815.464	12.912.158	13.003.443	13.089.622	13.170.980	13.247.787	13.320.297
	13.003.037	13.184.343	13.355.508	13.517.097	13.669.848	13.813.665	13.949.625	14.077.890	14.199.156	14.313.552	14.421.550	14.523.506	14.618.759	14.710.627	14.798.412
	13.546.822	13.765.406	13.971.764	14.166.577	14.350.464	14.524.122	14.688.037	14.842.783	14.988.873	15.128.790	15.259.993	15.379.912	15.495.956	15.605.507	15.708.693
	14.599.202	14.853.084	15.092.726	15.318.981	15.532.580	15.744.230	15.924.600	16.104.321	16.273.988	16.434.164	16.585.381	16.728.138	16.862.810	16.990.142	17.110.258
	14.773.749	15.050.975	15.312.693	15.569.771	15.793.028	16.012.227	16.221.127	16.417.368	16.602.670	16.777.588	16.942.721	17.098.616	17.245.781	17.384.733	17.515.903
	14.914.734	15.217.201	15.502.748	15.772.322	16.026.817	16.267.075	16.493.863	16.708.023	16.910.175	17.101.019	17.281.187	17.451.277	17.611.852	17.765.444	17.906.557
	260.740.332	263.608.419	266.312.178	268.869.582	271.278.093	273.554.707	275.703.968	277.733.002	279.648.534	281.456.913	283.164.132	284.775.851	286.297.412	287.733.858	289.089.950
Yüksek Gaz Olusumu (m3/yıl)	3.035.913	2.868.087	2.705.760	2.554.402	2.411.511	2.276.614	2.149.262	2.029.034	1.915.532	1.806.378	1.707.219	1.611.719	1.521.961	1.438.448	1.356.093
Cekililecek Yüyük Gaz (m3/yıl)	1.517.857	1.435.043	1.352.880	1.271.201	1.205.786	1.138.307	1.074.631	1.014.517	957.766	904.189	853.610	805.858	760.780	719.223	678.046
Sarfit Gaz Olusumu (m3/isaat)	346,6	327,2	308,9	291,6	275,3	259,9	245,3	231,6	218,7	206,4	194,9	184,0	173,7	164,0	154,8
Cekililecek Gaz (m3/isaat)	173,3	163,8	154,4	145,8	137,6	129,9	122,7	115,8	109,3	103,2	97,4	92,0	86,8	82,0	77,4
Yıllar	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040

Yıllar	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054	2055	
Kümülatif Gaz Olusumu	7.899.024	7.912.621	7.925.458	7.937.576	7.949.017	7.959.818	7.970.014	7.979.640	7.988.728	7.997.307	8.005.407	8.013.053	8.020.271	8.027.066	8.033.520	
	8.240.939	8.255.993	8.270.205	8.283.622	8.296.288	8.309.246	8.321.522	8.334.192	8.346.751	8.358.718	8.370.184	8.382.164	8.393.751	8.404.956	8.415.780	
	8.590.673	8.597.258	8.612.963	8.627.789	8.641.786	8.655.000	8.667.474	8.679.251	8.690.369	8.700.866	8.710.775	8.720.129	8.728.961	8.737.298	8.745.169	
	8.917.801	8.936.252	8.953.577	8.969.932	8.985.373	8.999.890	9.013.712	9.026.033	9.038.968	9.050.547	9.061.478	9.071.798	9.081.541	9.090.738	9.099.421	
	9.250.635	9.270.843	9.289.921	9.307.931	9.324.934	9.340.986	9.356.140	9.371.448	9.383.952	9.396.702	9.408.739	9.420.103	9.430.831	9.440.859	9.450.521	
	9.584.561	9.606.780	9.627.777	9.647.598	9.666.293	9.683.850	9.700.620	9.716.357	9.731.214	9.745.240	9.758.481	9.770.982	9.782.763	9.793.925	9.804.443	
	10.485.785	10.511.609	10.535.989	10.559.005	10.580.733	10.601.246	10.620.611	10.638.884	10.656.153	10.672.447	10.687.802	10.702.332	10.716.061	10.729.004	10.741.273	
	10.427.224	10.454.497	10.480.244	10.504.551	10.527.488	10.549.162	10.569.613	10.588.921	10.607.149	10.624.357	10.640.602	10.655.939	10.670.417	10.684.089	10.696.980	
	10.305.635	10.335.052	10.364.168	10.391.878	10.417.471	10.441.832	10.464.442	10.485.976	10.506.305	10.525.497	10.543.615	10.560.720	10.576.866	10.592.113	10.606.565	
	10.242.484	10.274.807	10.304.932	10.333.582	10.360.590	10.386.106	10.410.194	10.432.858	10.454.404	10.474.672	10.493.607	10.511.870	10.528.924	10.545.073	10.560.222	
	11.806.444	11.844.786	11.881.003	11.915.973	11.953.344	11.987.454	12.021.932	12.053.376	12.082.833	12.111.085	12.137.542	12.162.098	12.186.434	12.208.358	12.229.374	
	11.804.457	11.876.388	11.915.973	11.953.344	11.987.454	12.021.932	12.053.376	12.082.833	12.111.085	12.137.542	12.162.098	12.186.434	12.208.358	12.229.374	12.249.213	
	12.157.295	12.203.094	12.246.332	12.287.150	12.325.685	12.362.065	12.396.409	12.428.833	12.459.442	12.488.340	12.515.620	12.541.375	12.566.689	12.591.643	12.616.313	
	12.474.571	12.524.550	12.571.732	12.618.276	12.663.327	12.698.028	12.735.505	12.770.887	12.804.280	12.835.824	12.865.594	12.893.699	12.920.232	12.945.281	12.968.928	
	13.090.738	13.150.104	13.208.149	13.259.058	13.309.008	13.356.164	13.400.681	13.442.709	13.482.385	13.519.842	13.555.204	13.589.588	13.620.104	13.649.057	13.677.946	
Toplam Gaz Olusumu	280.370.184	281.578.803	282.719.813	283.796.995	284.813.921	285.773.961	286.680.297	287.535.934	288.343.707	289.103.284	289.826.222	290.505.878	291.147.515	291.753.280	292.325.119	
	1.280.234	1.288.618	1.295.010	1.301.413	1.307.833	1.314.268	1.320.718	1.327.183	1.333.663	1.340.158	1.346.668	1.353.193	1.359.733	1.366.288	1.372.858	
	640.117	644.308	648.505	652.713	656.933	661.168	665.418	669.683	673.963	678.258	682.568	686.893	691.233	695.588	699.958	
	146.1	148.0	150.0	152.0	154.0	156.0	158.0	160.0	162.0	164.0	166.0	168.0	170.0	172.0	174.0	
	73.1	74.0	75.0	76.0	77.0	78.0	79.0	80.0	81.0	82.0	83.0	84.0	85.0	86.0	87.0	
	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054	2055	
	Yıllık Gaz Olusumu (m3/yıl)	1.280.234	1.288.618	1.295.010	1.301.413	1.307.833	1.314.268	1.320.718	1.327.183	1.333.663	1.340.158	1.346.668	1.353.193	1.359.733	1.366.288	1.372.858
	Cekililecek Yıllık Gaz (m3/yıl)	640.117	644.308	648.505	652.713	656.933	661.168	665.418	669.683	673.963	678.258	682.568	686.893	691.233	695.588	699.958
	Sarfiyat Gaz Olusumu (m3/saat)	73.1	74.0	75.0	76.0	77.0	78.0	79.0	80.0	81.0	82.0	83.0	84.0	85.0	86.0	87.0
	Cekililecek Gaz (m3/saat)	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054	2055

Yıllar	2056	2057	2058	2059	2060	2061	2062	2063	2064	2065	2066	2067	2068	2069	2070
8.039.593	8.045.327	8.050.741	8.055.851	8.060.675	8.065.230	8.069.530	8.073.589	8.077.421	8.081.039	8.084.455	8.087.678	8.090.723	8.093.597	8.096.310	
8.396.567	8.402.816	8.408.909	8.414.566	8.420.908	8.426.955	8.432.955	8.438.448	8.443.205	8.448.234	8.453.174	8.458.804	8.463.174	8.468.356	8.473.960	
8.782.600	8.789.615	8.796.238	8.802.490	8.809.392	8.816.965	8.824.225	8.831.191	8.838.880	8.846.485	8.854.336	8.861.430	8.868.770	8.876.450	8.884.369	
9.107.618	9.115.357	9.122.663	9.129.560	9.136.071	9.142.218	9.148.021	9.154.500	9.160.762	9.167.816	9.173.555	9.179.925	9.186.003	9.191.803	9.197.339	
9.499.547	9.507.611	9.515.357	9.523.509	9.531.078	9.538.965	9.546.284	9.553.937	9.561.931	9.569.274	9.576.961	9.584.992	9.592.376	9.599.807	9.607.085	
9.814.372	9.823.748	9.832.596	9.840.951	9.848.838	9.856.284	9.863.314	9.869.950	9.876.215	9.883.130	9.889.714	9.896.985	9.903.962	9.910.660	9.917.085	
10.752.758	10.763.648	10.773.928	10.783.635	10.792.788	10.801.448	10.809.614	10.817.324	10.824.602	10.831.473	10.837.960	10.844.084	10.849.865	10.855.323	10.860.476	
10.709.173	10.720.674	10.731.531	10.741.781	10.751.458	10.760.593	10.769.218	10.777.360	10.785.046	10.792.303	10.799.154	10.806.621	10.813.727	10.820.491	10.826.932	
10.694.933	10.677.079	10.688.545	10.699.370	10.709.589	10.719.237	10.728.345	10.736.944	10.745.061	10.752.725	10.759.960	10.766.790	10.773.238	10.779.325	10.785.072	
10.620.092	10.632.919	10.645.028	10.656.460	10.667.253	10.677.442	10.687.060	10.696.141	10.704.714	10.712.807	10.720.448	10.727.683	10.734.470	10.740.899	10.746.968	
10.574.571	10.588.117	10.600.805	10.612.878	10.624.376	10.635.336	10.645.794	10.655.837	10.665.484	10.674.784	10.683.684	10.692.129	10.700.160	10.707.725	10.714.868	
11.802.843	11.818.107	11.834.375	11.849.780	11.864.398	11.878.244	11.891.372	11.903.822	11.915.631	11.926.841	11.937.500	11.947.659	11.957.356	11.966.641	11.975.464	
12.267.943	12.285.628	12.302.319	12.318.778	12.334.956	12.350.804	12.366.281	12.381.427	12.396.185	12.410.594	12.424.699	12.438.448	12.451.891	12.465.076	12.477.945	
12.630.771	12.650.084	12.668.317	12.685.530	12.701.760	12.717.121	12.731.604	12.745.277	12.758.165	12.770.371	12.781.875	12.792.736	12.802.989	12.812.669	12.821.807	
12.891.252	13.017.328	13.072.328	13.107.328	13.132.225	13.157.048	13.181.863	13.206.613	13.231.331	13.256.026	13.280.700	13.305.363	13.330.016	13.354.659	13.379.292	
13.349.213	13.372.182	13.393.865	13.415.396	13.435.700	13.454.853	13.473.931	13.492.931	13.511.863	13.530.736	13.549.551	13.568.307	13.587.004	13.605.651	13.624.248	
13.704.463	13.729.497	13.753.131	13.775.443	13.796.506	13.816.362	13.835.055	13.852.638	13.869.159	13.884.674	13.899.145	13.913.620	13.927.054	13.940.404	13.952.628	
14.056.850	14.084.102	14.109.829	14.134.118	14.157.048	14.178.895	14.199.613	14.218.242	14.235.838	14.252.441	14.268.002	14.282.571	14.297.098	14.311.531	14.324.411	
15.987.811	15.700.052	15.730.480	15.759.225	15.786.353	15.811.863	15.836.745	15.861.141	15.885.986	15.910.331	15.934.126	15.957.421	15.980.266	15.999.609	16.018.498	
16.103.483	16.138.641	16.171.851	16.203.204	16.232.802	16.260.745	16.287.125	16.312.029	16.335.940	16.358.873	16.381.860	16.404.837	16.427.848	16.450.848	16.472.848	
16.759.497	16.796.367	16.835.063	16.869.373	16.902.412	16.933.288	16.963.047	16.991.745	17.018.424	17.044.140	17.068.848	17.092.597	17.116.348	17.139.052	17.160.660	
18.330.376	18.375.520	18.418.138	18.458.373	18.496.357	18.532.216	18.566.069	18.598.028	18.628.200	18.656.683	18.683.574	18.709.860	18.735.596	18.760.732	18.785.319	
18.848.312	18.897.610	18.944.151	18.988.089	19.029.568	19.068.727	19.105.696	19.141.597	19.176.445	19.210.284	19.243.016	19.274.738	19.305.410	19.335.018	19.363.544	
19.360.260	19.414.067	19.464.845	19.512.763	19.558.039	19.600.764	19.641.088	19.679.177	19.715.125	19.749.062	19.781.901	19.813.748	19.844.560	19.874.280	19.902.909	
302.864.889	303.374.660	303.855.819	304.310.064	304.738.888	305.143.743	305.525.942	305.886.761	306.227.396	306.548.976	306.852.567	307.138.176	307.408.752	307.665.192	307.906.344	
539.870	539.870	481.160	454.244	428.834	404.846	382.189	360.819	340.635	321.580	303.691	286.009	270.578	255.440	241.151	
269.935	254.835	240.560	227.122	214.417	202.423	191.069	180.408	170.318	160.790	151.796	143.304	135.288	127.720	120.576	
61.6	56.2	54.9	51.9	49.0	46.2	43.6	41.2	38.9	36.7	34.7	32.7	30.9	29.2	27.5	
30.9	29.1	27.5	25.9	24.5	23.1	21.8	20.6	19.4	18.4	17.3	16.4	15.4	14.6	13.8	
2056	2057	2058	2059	2060	2061	2062	2063	2064	2065	2066	2067	2068	2069	2070	
Kümülatif Gaz Oluşumu															
Toplam Gaz Oluşumu															
Yıllık Gaz Oluşumu (m³/yıl)															
Çekililecek Yıllık Gaz (m³/yıl)															
Satılık Gaz Oluşumu (m³/yıl)															
Çekililecek Gaz (m³/yıl)															

Kümülatif Gaz Olusumu

Yıllar	2071	2072	2073	2074	2075	2076	2077	2078	2079	2080	2081	2082	2083	2084	2085
8.068.871	8.101.288	8.103.572	8.105.727	8.107.761	8.109.692	8.111.495	8.113.207	8.114.823	8.116.349	8.117.789	8.119.149	8.120.432	8.121.644	8.122.788	8.123.901
8.462.195	8.464.872	8.467.399	8.469.850	8.472.038	8.474.164	8.476.172	8.478.067	8.479.856	8.481.545	8.483.140	8.484.645	8.486.066	8.487.408	8.488.674	8.489.874
8.825.122	8.825.080	8.830.873	8.833.510	8.835.998	8.838.348	8.840.567	8.842.661	8.844.638	8.846.505	8.848.267	8.849.930	8.851.501	8.852.984	8.854.383	8.855.701
9.187.621	9.180.885	9.183.986	9.186.874	9.189.620	9.192.212	9.194.659	9.196.951	9.199.151	9.201.210	9.203.154	9.204.989	9.211.721	9.218.357	9.224.901	9.231.425
9.547.845	9.551.239	9.554.631	9.557.834	9.560.858	9.563.712	9.566.407	9.568.951	9.571.353	9.573.820	9.575.760	9.577.781	9.579.689	9.581.490	9.583.180	9.584.859
9.911.283	9.915.236	9.918.968	9.922.491	9.925.817	9.928.957	9.931.921	9.934.720	9.937.362	9.939.856	9.942.211	9.944.434	9.946.532	9.948.513	9.950.384	9.952.245
10.265.340	10.269.932	10.274.268	10.278.381	10.282.224	10.285.872	10.289.316	10.292.567	10.295.636	10.298.534	10.301.269	10.303.852	10.306.280	10.308.591	10.310.784	10.312.967
10.628.070	10.632.919	10.637.498	10.641.820	10.645.901	10.649.753	10.653.390	10.656.824	10.660.065	10.663.125	10.666.014	10.668.741	10.671.316	10.673.747	10.676.042	10.678.317
10.990.497	10.995.619	10.999.954	10.999.454	10.999.329	10.999.882	10.999.838	10.999.864	10.999.864	10.999.864	10.999.864	10.999.864	10.999.864	10.999.864	10.999.864	10.999.864
11.362.897	11.367.107	11.371.107	11.375.034	11.378.882	11.382.558	11.386.064	11.389.407	11.392.582	11.395.598	11.398.457	11.401.161	11.403.820	11.406.441	11.408.920	11.411.389
11.714.611	11.718.107	11.721.516	11.724.816	11.727.916	11.730.816	11.733.616	11.736.316	11.738.916	11.741.516	11.744.016	11.746.516	11.749.016	11.751.516	11.754.016	11.756.516
12.070.133	12.073.633	12.076.833	12.079.716	12.082.316	12.084.816	12.087.216	12.089.616	12.091.916	12.094.216	12.096.516	12.098.816	12.101.116	12.103.416	12.105.716	12.107.967
12.430.743	12.434.243	12.437.743	12.440.243	12.442.743	12.445.243	12.447.743	12.450.243	12.452.743	12.455.243	12.457.743	12.460.243	12.462.743	12.465.243	12.467.743	12.470.243
12.800.434	12.803.934	12.807.434	12.810.934	12.814.434	12.817.934	12.821.434	12.824.934	12.828.434	12.831.934	12.835.434	12.838.934	12.842.434	12.845.934	12.849.434	12.852.934
13.180.135	13.183.635	13.187.135	13.190.635	13.194.135	13.197.635	13.201.135	13.204.635	13.208.135	13.211.635	13.215.135	13.218.635	13.222.135	13.225.635	13.229.135	13.232.635
13.568.773	13.572.273	13.575.773	13.579.273	13.582.773	13.586.273	13.589.773	13.593.273	13.596.773	13.600.273	13.603.773	13.607.273	13.610.773	13.614.273	13.617.773	13.621.273
13.963.269	13.966.769	13.970.269	13.973.769	13.977.269	13.980.769	13.984.269	13.987.769	13.991.269	13.994.769	13.998.269	14.001.769	14.005.269	14.008.769	14.012.269	14.015.769
14.368.584	14.372.084	14.375.584	14.379.084	14.382.584	14.386.084	14.389.584	14.393.084	14.396.584	14.400.084	14.403.584	14.407.084	14.410.584	14.414.084	14.417.584	14.421.084
14.787.137	14.790.637	14.794.137	14.797.637	14.801.137	14.804.637	14.808.137	14.811.637	14.815.137	14.818.637	14.822.137	14.825.637	14.829.137	14.832.637	14.836.137	14.839.637
15.216.343	15.219.843	15.223.343	15.226.843	15.230.343	15.233.843	15.237.343	15.240.843	15.244.343	15.247.843	15.251.343	15.254.843	15.258.343	15.261.843	15.265.343	15.268.843
15.667.077	15.670.577	15.674.077	15.677.577	15.681.077	15.684.577	15.688.077	15.691.577	15.695.077	15.698.577	15.702.077	15.705.577	15.709.077	15.712.577	15.716.077	15.719.577
16.137.343	16.140.843	16.144.343	16.147.843	16.151.343	16.154.843	16.158.343	16.161.843	16.165.343	16.168.843	16.172.343	16.175.843	16.179.343	16.182.843	16.186.343	16.189.843
16.637.077	16.640.577	16.644.077	16.647.577	16.651.077	16.654.577	16.658.077	16.661.577	16.665.077	16.668.577	16.672.077	16.675.577	16.679.077	16.682.577	16.686.077	16.689.577
17.161.343	17.164.843	17.168.343	17.171.843	17.175.343	17.178.843	17.182.343	17.185.843	17.189.343	17.192.843	17.196.343	17.199.843	17.203.343	17.206.843	17.210.343	17.213.843
17.716.343	17.719.843	17.723.343	17.726.843	17.730.343	17.733.843	17.737.343	17.740.843	17.744.343	17.747.843	17.751.343	17.754.843	17.758.343	17.761.843	17.765.343	17.768.843
18.297.864	18.301.364	18.304.864	18.308.364	18.311.864	18.315.364	18.318.864	18.322.364	18.325.864	18.329.364	18.332.864	18.336.364	18.339.864	18.343.364	18.346.864	18.350.364
18.916.335	18.919.835	18.923.335	18.926.835	18.930.335	18.933.835	18.937.335	18.940.835	18.944.335	18.947.835	18.951.335	18.954.835	18.958.335	18.961.835	18.965.335	18.968.835
308.134.005	308.348.831	308.551.834	308.743.388	308.924.225	309.094.947	309.256.119	309.408.275	309.551.920	309.687.529	309.815.553	309.938.415	310.050.515	310.158.234	310.258.928	310.359.622
227.861	214.926	202.903	191.553	180.638	170.722	161.172	152.196	143.645	135.609	128.023	120.862	114.101	107.718	101.893	96.078
113.831	107.463	101.452	95.777	90.419	85.361	80.588	76.078	71.822	67.805	64.012	60.431	57.050	53.858	50.846	47.641
28.0	24.5	23.2	21.9	20.8	19.5	18.4	17.4	16.4	15.5	14.6	13.8	13.0	12.3	11.6	10.9
13.0	12.3	11.8	10.9	10.3	9.7	9.2	8.7	8.2	7.7	7.3	6.8	6.5	6.1	5.8	5.4
Yıllar	2071	2072	2073	2074	2075	2076	2077	2078	2079	2080	2081	2082	2083	2084	2085
Toplam Gaz Olusumu	308.134.005	308.348.831	308.551.834	308.743.388	308.924.225	309.094.947	309.256.119	309.408.275	309.551.920	309.687.529	309.815.553	309.938.415	310.050.515	310.158.234	310.258.928
Yıllık Gaz Olusumu (m3/yıl)	227.861	214.926	202.903	191.553	180.638	170.722	161.172	152.196	143.645	135.609	128.023	120.862	114.101	107.718	101.893
Cekililecek Yıllık Gaz (m3/yıl)	113.831	107.463	101.452	95.777	90.419	85.361	80.588	76.078	71.822	67.805	64.012	60.431	57.050	53.858	50.846
Satılık Gaz Olusumu (m3/saat)	28.0	24.5	23.2	21.9	20.8	19.5	18.4	17.4	16.4	15.5	14.6	13.8	13.0	12.3	11.6
Cekililecek Gaz (m3/saat)	13.0	12.3	11.8	10.9	10.3	9.7	9.2	8.7	8.2	7.7	7.3	6.8	6.5	6.1	5.8

Kümülatif Gaz Oluşumu

Yıllar	2086	2087	2088	2089	2090	2091	2092	2093	2094	2095	2096	2097	2098	2099	2100
Toplam Gaz Oluşumu	310.355.930	310.448.564	310.532.128	310.612.905	310.689.164	310.761.158	310.829.122	310.893.286	310.953.860	311.011.046	311.065.033	311.116.000	311.164.116	311.209.541	311.252.424
Yıllık Gaz Oluşumu (m³/yr)	96.004	90.634	85.564	80.777	76.259	71.993	67.866	64.164	60.574	57.186	53.967	50.967	48.116	45.424	42.883
Cekililecek Yıllık Gaz (m³/yr)	48.002	45.317	42.782	40.389	38.129	35.996	33.963	32.062	30.287	28.593	26.994	25.484	24.058	22.712	21.442
Saatlik Gaz Oluşumu (m³/saat)	11.0	10.3	9.8	9.2	8.7	8.2	7.8	7.3	6.9	6.5	6.2	5.8	5.5	5.2	4.9
Cekililecek Gaz (m³/saat)	5.5	5.2	4.9	4.6	4.4	4.1	3.8	3.7	3.5	3.3	3.1	2.9	2.7	2.6	2.4
Yıllar	2086	2087	2088	2089	2090	2091	2092	2093	2094	2095	2096	2097	2098	2099	2100
8.123.666	8.124.868	8.125.851	8.126.780	8.127.617	8.128.427	8.129.192	8.129.914	8.130.595	8.131.239	8.131.846	8.132.419	8.132.961	8.133.472	8.133.954	8.134.406
8.489.970	8.490.999	8.492.065	8.493.071	8.494.021	8.494.918	8.495.763	8.496.563	8.497.318	8.498.030	8.498.702	8.499.337	8.499.937	8.500.502	8.501.036	8.501.536
8.855.705	8.856.952	8.858.130	8.859.242	8.860.281	8.861.282	8.862.218	8.863.103	8.863.937	8.864.722	8.865.465	8.866.166	8.866.828	8.867.454	8.868.044	8.868.599
9.221.359	9.222.735	9.224.034	9.225.260	9.226.418	9.227.511	9.228.543	9.229.518	9.230.437	9.231.306	9.232.125	9.232.899	9.233.630	9.234.320	9.234.971	9.235.594
9.584.796	9.586.311	9.587.742	9.589.092	9.590.367	9.591.571	9.592.707	9.593.780	9.594.793	9.595.749	9.596.652	9.597.504	9.598.308	9.599.068	9.599.785	9.600.458
9.952.150	9.953.817	9.955.360	9.956.876	9.958.279	9.959.603	9.960.853	9.962.033	9.963.147	9.964.199	9.965.192	9.966.129	9.967.014	9.967.850	9.968.638	9.969.379
10.312.815	10.314.752	10.316.580	10.318.306	10.319.935	10.321.474	10.322.928	10.324.287	10.325.591	10.326.813	10.327.967	10.329.056	10.330.084	10.331.054	10.331.971	10.332.834
10.678.208	10.680.253	10.682.184	10.684.007	10.685.727	10.687.352	10.688.886	10.690.333	10.691.700	10.692.991	10.694.209	10.695.359	10.696.445	10.697.470	10.698.438	10.699.350
11.043.417	11.045.607	11.047.646	11.049.571	11.051.389	11.053.104	11.054.724	11.056.253	11.057.686	11.059.059	11.060.348	11.061.560	11.062.702	11.063.780	11.064.800	11.065.764
11.408.617	11.410.898	11.413.051	11.415.084	11.417.003	11.418.815	11.420.526	11.422.140	11.423.665	11.425.104	11.426.463	11.427.745	11.428.958	11.430.100	11.431.179	11.432.198
11.773.665	11.776.074	11.778.348	11.780.485	11.782.522	11.784.435	11.786.242	11.787.947	11.789.557	11.791.077	11.792.512	11.793.866	11.795.145	11.796.352	11.797.492	11.798.568
12.140.840	12.143.516	12.146.231	12.148.784	12.151.214	12.153.488	12.155.635	12.157.691	12.159.613	12.161.428	12.163.141	12.164.798	12.166.385	12.167.921	12.169.408	12.170.844
12.507.829	12.510.974	12.513.842	12.516.442	12.518.795	12.520.937	12.522.881	12.524.647	12.526.254	12.527.739	12.529.102	12.530.352	12.531.502	12.532.556	12.533.524	12.534.406
12.864.631	12.867.565	12.870.285	12.872.795	12.875.103	12.877.238	12.879.131	12.880.803	12.882.281	12.883.686	12.884.937	12.886.052	12.887.042	12.887.918	12.888.684	12.889.341
13.201.015	13.203.763	13.206.302	13.208.636	13.210.768	13.212.705	13.214.458	13.216.033	13.217.471	13.218.791	13.219.922	13.220.922	13.221.802	13.222.572	13.223.244	13.223.817
13.527.829	13.530.974	13.533.842	13.536.442	13.538.795	13.540.937	13.542.881	13.544.647	13.546.254	13.547.739	13.549.102	13.550.352	13.551.502	13.552.556	13.553.524	13.554.406
13.854.631	13.857.565	13.860.285	13.862.795	13.865.103	13.867.238	13.869.131	13.870.803	13.872.281	13.873.686	13.874.937	13.876.052	13.877.042	13.877.918	13.878.684	13.879.341
14.172.406	14.175.340	14.178.059	14.180.569	14.182.877	14.184.985	14.186.893	14.188.601	14.189.922	14.191.077	14.192.077	14.192.922	14.193.602	14.194.222	14.194.792	14.195.312
14.487.391	14.490.225	14.492.844	14.495.253	14.497.461	14.499.469	14.501.377	14.503.085	14.504.593	14.505.914	14.507.069	14.508.069	14.508.914	14.509.602	14.509.942	14.510.142
14.792.416	14.795.150	14.797.669	14.800.078	14.802.286	14.804.294	14.806.102	14.807.710	14.809.128	14.810.373	14.811.463	14.812.408	14.813.208	14.813.863	14.814.373	14.814.838
15.097.497	15.100.131	15.102.540	15.104.824	15.106.982	15.108.924	15.110.658	15.112.183	15.113.601	15.114.914	15.116.122	15.117.222	15.118.212	15.119.092	15.119.862	15.120.522
15.392.853	15.395.262	15.397.420	15.399.338	15.401.116	15.402.764	15.404.299	15.405.724	15.407.049	15.408.267	15.409.377	15.410.377	15.411.267	15.412.047	15.412.717	15.413.277
15.687.853	15.690.102	15.692.186	15.694.114	15.695.886	15.697.494	15.698.937	15.699.312	15.699.566	15.699.709	15.699.744	15.699.774	15.699.799	15.699.819	15.699.834	15.699.844
15.972.853	15.975.002	15.976.916	15.978.594	15.980.042	15.981.377	15.982.602	15.983.717	15.984.724	15.985.624	15.986.419	15.987.109	15.987.694	15.988.174	15.988.544	15.988.814
16.257.853	16.260.002	16.261.816	16.263.394	16.264.742	16.265.969	16.267.084	16.268.084	16.268.969	16.269.739	16.270.394	16.270.934	16.271.364	16.271.684	16.271.894	16.272.004
16.542.853	16.545.002	16.546.816	16.548.394	16.549.742	16.550.969	16.552.084	16.552.969	16.553.739	16.554.299	16.554.739	16.555.069	16.555.279	16.555.379	16.555.464	16.555.524
16.827.853	16.830.002	16.831.816	16.833.394	16.834.742	16.835.969	16.837.084	16.837.969	16.838.739	16.839.299	16.839.739	16.839.969	16.840.069	16.840.144	16.840.194	16.840.224
17.112.853	17.115.002	17.116.816	17.118.394	17.119.742	17.120.969	17.122.084	17.122.969	17.123.739	17.124.299	17.124.739	17.124.969	17.125.069	17.125.144	17.125.194	17.125.224
17.397.853	17.400.002	17.401.816	17.403.394	17.404.742	17.405.969	17.407.084	17.407.969	17.408.739	17.409.299	17.409.739	17.409.969	17.410.069	17.410.144	17.410.194	17.410.224
17.682.853	17.685.002	17.686.816	17.688.394	17.689.742	17.690.969	17.692.084	17.692.969	17.693.739	17.694.299	17.694.739	17.694.969	17.695.069	17.695.144	17.695.194	17.695.224
17.967.853	17.970.002	17.971.816	17.973.394	17.974.742	17.975.969	17.977.084	17.977.969	17.978.739	17.979.299	17.979.739	17.979.969	17.980.069	17.980.144	17.980.194	17.980.224
18.252.853	18.255.002	18.256.816	18.258.394	18.259.742	18.260.969	18.262.084	18.262.969	18.263.739	18.264.299	18.264.739	18.264.969	18.265.069	18.265.144	18.265.194	18.265.224
18.537.853	18.540.002	18.541.816	18.543.394	18.544.742	18.545.969	18.547.084	18.547.969	18.548.739	18.549.299	18.549.739	18.549.969	18.550.069	18.550.144	18.550.194	18.550.224
18.822.853	18.825.002	18.826.816	18.828.394	18.829.742	18.830.969	18.832.084	18.832.969	18.833.739	18.834.299	18.834.739	18.834.969	18.835.069	18.835.144	18.835.194	18.835.224
19.107.853	19.110.002	19.111.816	19.113.394	19.114.742	19.115.969	19.117.084	19.117.969	19.118.739	19.119.299	19.119.739	19.119.969	19.120.069	19.120.144	19.120.194	19.120.224
19.392.853	19.395.002	19.396.816	19.398.394	19.399.742	19.400.969	19.402.084	19.402.969	19.403.739	19.404.299	19.404.739	19.404.969	19.405.069	19.405.144	19.405.194	19.405.224
19.677.853	19.680.002	19.681.816	19.683.394	19.684.742	19.685.969	19.687.084	19.687.969	19.688.739	19.689.299	19.689.739	19.689.969	19.690.069	19.690.144	19.690.194	19.690.224
19.962.853	19.965.002	19.966.816	19.968.394	19.969.742	19.970.969	19.972.084	19.972.969	19.973.739	19.974.299	19.974.739	19.974.969	19.975.069	19.975.144	19.975.194	19.975.224
20.247.853	20.250.002	20.251.816	20.253.394	20.254.742	20.255.969	20.257.084	20.257.969	20.258.739	20.259.299	20.259.739	20.259.969	20.260.069	20.260.144	20.260.194	20.260.224
20.532.853	20.535.002	20.536.816	20.538.394	20.539.742	20.540.969	20.542.084	20.542.969	20.543.739	20.544.299	20.544.739	20.544.969	20.545.069	20.545.144	20.545.194	20.545.224
20.817.853	20.820.002	20.821.816	20.823.394	20.824.742	20.825.969	20.827.084	20.827.969	20.828.739	20.829.299	20.829.739	20.829.969	20.830.069	20.830.144	20.830.194	20.830.224
21.102.853	21.105.002	21.106.816	21.108.394	21.109.742	21.110.969	21.112.084	21.112.969	21.113.739	21.114.299	21.114.739	21.114.969	21.115.069	21.115.144	21.115.194	21.115.224
21.387.853	21.390.002	21.391.816	21.393.394	21.394.742	21.395.969	21.397.084	21.397.969	21.398.739	21.399.299	21.399.739	21.399.969	21.400.069	21.400.144	21.400.194	21.400.224
21.672.853	21.675.002	21.676.816	21.678.394	21.679.742	21.680.969	21.682.084	21.682.969	21.683.739	21.684.299	21.684.739	21.684.969	21.685.069	21.685.144	21.685.194	21.685.224
21.957.853	21.960.002	21.961.816	21.963.394	21.964.742	21.965.969	21.967.084	21.967.969	21.968.739	21.969.299	21.969.739	21.969.969	21.970.069	21.970.144	21.970.194	21.970.224
22.242.853	22.245.002	22.246.816	22.248.394	22.249.742	22.250.969	22.252.084									

Kümülatif Gaz Olusumu

Yıllar	2101	2102	2103	2104	2105	2106	2107	2108	2109	2110	2111	2112	2113	2114	2115
8.134.410	8.134.540	8.135.246	8.136.629	8.135.991	8.136.332	8.136.655	8.136.959	8.137.248	8.137.518	8.137.774	8.138.016	8.138.244	8.138.459	8.138.663	8.138.853
8.501.541	8.502.017	8.502.496	8.502.890	8.503.291	8.503.699	8.504.026	8.504.363	8.504.681	8.504.982	8.505.265	8.505.533	8.505.786	8.506.024	8.506.249	8.506.463
8.868.601	8.869.127	8.869.624	8.870.093	8.870.535	8.870.953	8.871.348	8.871.720	8.872.072	8.872.404	8.872.717	8.873.013	8.873.292	8.873.556	8.873.805	8.874.038
9.235.985	9.236.166	9.236.314	9.237.231	9.237.719	9.238.180	9.238.615	9.239.026	9.239.414	9.239.780	9.240.126	9.240.452	9.240.760	9.241.051	9.241.326	9.241.588
9.600.462	9.601.101	9.601.704	9.602.274	9.602.819	9.603.318	9.603.788	9.604.251	9.604.678	9.605.081	9.605.465	9.605.821	9.606.160	9.606.480	9.606.783	9.607.068
9.969.383	9.970.066	9.970.750	9.971.376	9.971.968	9.972.526	9.973.053	9.973.551	9.974.021	9.974.464	9.974.883	9.975.278	9.975.651	9.976.004	9.976.336	9.976.651
10.332.836	10.333.652	10.334.423	10.335.151	10.335.838	10.336.487	10.337.099	10.337.677	10.338.223	10.338.738	10.339.225	10.339.684	10.340.118	10.340.527	10.340.913	10.341.276
10.699.351	10.699.877	10.700.374	10.700.848	10.701.298	10.701.725	10.702.129	10.702.511	10.702.871	10.703.210	10.703.528	10.703.825	10.704.101	10.704.357	10.704.594	10.704.812
10.832.198	10.833.160	10.834.068	10.834.925	10.835.734	10.836.498	10.837.220	10.837.901	10.838.543	10.839.150	10.839.723	10.840.264	10.840.775	10.841.257	10.841.712	10.842.151
12.170.372	12.171.585	12.172.730	12.173.811	12.174.831	12.175.795	12.176.704	12.177.563	12.178.373	12.179.139	12.179.861	12.180.543	12.181.187	12.181.795	12.182.369	12.182.918
12.560.336	12.561.682	12.562.914	12.564.098	12.565.211	12.566.265	12.567.259	12.568.198	12.569.084	12.569.921	12.570.710	12.571.456	12.572.160	12.572.825	12.573.452	12.574.042
13.339.761	13.341.342	13.342.834	13.344.242	13.345.572	13.346.827	13.348.013	13.349.131	13.350.188	13.351.185	13.352.128	13.353.015	13.353.854	13.354.646	13.355.394	13.356.101
13.726.198	13.727.920	13.729.596	13.731.218	13.732.784	13.734.296	13.735.752	13.738.163	13.739.613	13.740.955	13.742.178	13.743.472	13.744.662	13.745.826	13.746.961	13.748.068
14.116.429	14.118.006	14.119.524	14.121.085	14.122.591	14.124.042	14.125.438	14.126.879	14.128.265	14.130.591	14.131.858	14.133.118	14.134.372	14.135.618	14.136.858	14.138.084
14.507.491	14.509.335	14.511.164	14.513.265	14.515.005	14.516.828	14.518.161	14.519.607	14.520.973	14.522.253	14.523.480	14.524.629	14.525.714	14.526.738	14.527.705	14.528.714
16.200.955	16.203.373	16.205.655	16.207.810	16.209.844	16.211.765	16.213.578	16.215.289	16.216.905	16.218.431	16.219.871	16.221.231	16.222.514	16.223.726	16.224.870	16.225.958
16.685.168	16.687.808	16.690.287	16.692.648	16.694.867	16.696.963	16.698.941	16.700.808	16.702.572	16.704.236	16.705.807	16.707.291	16.708.691	16.710.013	16.711.262	16.712.451
17.402.260	17.405.175	17.407.927	17.410.524	17.412.977	17.415.392	17.417.478	17.419.542	17.421.480	17.423.239	17.424.865	17.426.365	17.427.733	17.428.979	17.430.113	17.431.242
19.076.875	19.080.281	19.083.457	19.086.474	19.089.322	19.092.011	19.094.550	19.096.946	19.099.209	19.101.345	19.103.361	19.105.265	19.107.062	19.108.759	19.110.361	19.111.861
19.663.513	19.667.210	19.670.700	19.673.995	19.677.106	19.680.042	19.682.815	19.685.432	19.687.903	19.690.235	19.692.437	19.694.516	19.696.479	19.698.332	19.700.081	19.701.726
20.246.704	20.253.738	20.257.545	20.261.140	20.264.534	20.267.738	20.270.763	20.273.618	20.276.314	20.278.859	20.281.261	20.283.529	20.285.671	20.287.692	20.289.601	20.291.499
311.292.909	311.331.128	311.367.210	311.401.274	311.433.432	311.463.791	311.492.452	311.519.509	311.545.053	311.569.169	311.591.935	311.613.427	311.633.718	311.652.873	311.670.957	311.688.977
40.485	38.220	36.082	34.064	32.158	30.359	28.661	27.058	25.544	24.115	22.766	21.493	20.290	19.155	18.084	17.042
20.242	18.110	16.041	14.022	12.058	10.160	8.330	6.579	4.899	3.288	1.726	1.215	0.745	0.315	0.042	0.000
4,6	4,4	4,1	3,9	3,7	3,5	3,3	3,1	2,9	2,8	2,6	2,5	2,3	2,2	2,1	2,0
2,3	2,2	2,1	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0
Yıllar	2101	2102	2103	2104	2105	2106	2107	2108	2109	2110	2111	2112	2113	2114	2115

Toplam Gaz Olusumu

Yıllık Gaz Olusumu (m3/yıl)

Özellikle Yıllık Gaz Olusumu (m3/yıl)

Sarıllık Gaz Olusumu (m3/yıl)

Özellikle Yıllık Gaz Olusumu (m3/yıl)

Yıllar	2116	2117	2118	2119	2120	2121	2122	2123	2124	2125	2126	2127	2128	2129	2130
8.138.955	8.139.026	8.139.207	8.139.389	8.139.572	8.139.755	8.139.938	8.139.802	8.139.930	8.140.051	8.140.169	8.140.274	8.140.376	8.140.472	8.140.563	8.140.648
8.508.462	8.508.663	8.508.852	8.509.031	8.509.200	8.509.369	8.509.538	8.507.510	8.507.682	8.507.783	8.507.813	8.508.013	8.508.146	8.508.252	8.508.353	8.508.448
8.874.039	8.874.261	8.874.471	8.874.688	8.874.895	8.875.101	8.875.198	8.875.198	8.875.643	8.875.503	8.875.643	8.875.775	8.875.850	8.876.016	8.876.129	8.876.234
9.241.985	9.241.830	9.242.061	9.242.279	9.242.485	9.242.679	9.242.852	9.242.852	9.243.036	9.243.199	9.243.354	9.243.499	9.243.637	9.243.767	9.243.890	9.244.005
9.607.068	9.607.338	9.607.592	9.607.832	9.608.059	9.608.273	9.608.475	9.608.475	9.608.668	9.608.846	9.609.016	9.609.177	9.609.328	9.609.471	9.609.606	9.609.734
9.976.650	9.976.847	9.977.026	9.977.198	9.977.365	9.977.528	9.977.688	9.977.848	9.978.008	9.978.168	9.978.328	9.978.488	9.978.648	9.978.808	9.978.968	9.979.128
10.941.278	10.941.622	10.941.966	10.942.310	10.942.654	10.942.998	10.943.342	10.943.686	10.943.320	10.943.664	10.943.767	10.943.972	10.944.166	10.944.349	10.944.521	10.944.694
10.908.267	10.908.631	10.908.974	10.909.288	10.909.604	10.909.919	10.909.919	10.910.166	10.910.423	10.910.680	10.910.937	10.911.193	10.911.449	10.911.705	10.911.962	10.912.218
10.875.192	10.875.576	10.875.939	10.876.281	10.876.604	10.876.919	10.877.188	10.877.188	10.877.469	10.877.726	10.877.983	10.878.240	10.878.497	10.878.754	10.878.911	10.879.168
10.842.142	10.842.547	10.842.930	10.843.292	10.843.633	10.843.955	10.844.259	10.844.259	10.844.547	10.844.818	10.845.074	10.845.315	10.845.543	10.845.759	10.845.962	10.846.154
10.809.070	10.809.488	10.809.902	10.810.284	10.810.645	10.810.985	10.811.306	10.811.306	10.811.609	10.811.896	10.812.166	10.812.421	10.812.662	10.812.889	10.813.104	10.813.307
12.182.810	12.183.422	12.184.034	12.184.646	12.185.258	12.185.870	12.186.482	12.186.482	12.186.943	12.187.294	12.187.607	12.187.921	12.188.234	12.188.547	12.188.860	12.189.173
12.574.044	12.574.603	12.575.131	12.575.630	12.576.100	12.576.544	12.576.964	12.576.964	12.577.359	12.577.733	12.578.086	12.578.419	12.578.734	12.579.030	12.579.311	12.579.575
12.965.109	12.965.720	12.966.297	12.966.841	12.967.355	12.967.840	12.968.298	12.968.298	12.968.730	12.969.138	12.969.524	12.969.888	12.970.231	12.970.555	12.970.861	12.971.150
13.356.100	13.356.766	13.357.396	13.357.990	13.358.550	13.359.080	13.359.580	13.359.580	13.360.041	13.360.497	13.360.917	13.361.314	13.361.689	13.362.043	13.362.377	13.362.692
13.747.011	13.747.736	13.748.424	13.749.071	13.749.683	13.750.260	13.750.805	13.750.805	13.751.318	13.751.805	13.752.263	13.752.686	13.753.105	13.753.491	13.753.855	13.754.199
14.137.836	14.138.628	14.139.375	14.140.081	14.140.747	14.141.376	14.141.969	14.141.969	14.142.530	14.143.059	14.143.559	14.144.030	14.144.479	14.144.898	14.145.292	14.145.667
14.528.618	14.529.480	14.530.294	14.531.062	14.531.787	14.532.471	14.533.118	14.533.118	14.533.726	14.534.304	14.534.847	14.535.361	14.535.845	14.536.303	14.536.735	14.537.143
16.225.950	16.226.969	16.227.832	16.228.641	16.229.699	16.230.508	16.231.273	16.231.273	16.231.895	16.232.676	16.233.319	16.233.927	16.234.500	16.235.041	16.235.552	16.236.035
16.712.440	16.713.552	16.714.603	16.715.594	16.716.530	16.717.414	16.718.248	16.718.248	16.719.035	16.719.779	16.720.481	16.721.143	16.721.769	16.722.359	16.722.917	16.723.443
17.432.394	17.433.623	17.434.784	17.435.878	17.436.913	17.437.890	17.438.812	17.438.812	17.439.682	17.440.503	17.441.279	17.442.011	17.442.702	17.443.355	17.443.971	17.444.553
19.111.873	19.113.300	19.114.848	19.115.921	19.117.122	19.118.256	19.119.326	19.119.326	19.120.337	19.121.291	19.122.192	19.123.042	19.123.845	19.124.603	19.125.318	19.125.984
19.701.732	19.703.291	19.704.763	19.706.152	19.707.464	19.708.702	19.709.871	19.709.871	19.710.975	19.712.017	19.713.100	19.713.928	19.714.806	19.715.633	19.716.415	19.717.152
20.291.402	20.293.103	20.294.709	20.296.225	20.297.656	20.299.007	20.299.007	20.300.283	20.301.487	20.302.624	20.303.697	20.304.710	20.305.666	20.306.568	20.307.422	20.308.277
311.688.029	311.704.146	311.719.362	311.733.726	311.747.267	311.760.080	311.772.176	311.772.176	311.783.686	311.794.358	311.804.527	311.814.127	311.823.191	311.831.747	311.839.825	311.847.451
17.072	18.117	15.216	14.384	13.581	12.802	12.086	12.086	11.410	10.772	10.169	9.600	9.063	8.556	8.078	7.626
8.536	8.059	7.608	7.182	6.760	6.401	6.043	6.043	5.705	5.386	5.085	4.800	4.532	4.278	4.039	3.813
1,9	1,6	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9
1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4
Yıllar	2116	2117	2118	2119	2120	2121	2122	2123	2124	2125	2126	2127	2128	2129	2130
Toplam Gaz Olusumu	311.704.146	311.719.362	311.733.726	311.747.267	311.760.080	311.772.176	311.772.176	311.783.686	311.794.358	311.804.527	311.814.127	311.823.191	311.831.747	311.839.825	311.847.451
Yıllık Gaz Olusumu (m3/yıl)	18.117	15.216	14.384	13.581	12.802	12.086	12.086	11.410	10.772	10.169	9.600	9.063	8.556	8.078	7.626
Çaklılabilecek Yıllık Gaz (m3/yıl)	8.536	8.059	7.608	7.182	6.760	6.401	6.043	5.705	5.386	5.085	4.800	4.532	4.278	4.039	3.813
Sarıllık gaz Olusumu (m3/saat)	1,9	1,6	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9
Çaklılabilecek Gaz (m3/saat)	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4

Kümülatif Gaz Olusumu

Kümülatif Gaz Oluşumu														Yıllar
2131	2132	2133	2134	2135	2136	2137	2138	2139	2140	2141	2142	2143	2144	2145
8.140.728	8.140.806	8.140.878	8.140.946	8.141.011	8.141.071	8.141.128	8.141.183	8.141.234	8.141.282	8.141.328	8.141.371	8.141.411	8.141.450	8.141.486
8.508.537	8.508.622	8.508.702	8.508.777	8.508.849	8.508.916	8.508.978	8.509.039	8.509.096	8.509.148	8.509.200	8.509.247	8.509.292	8.509.335	8.509.373
8.876.333	8.876.426	8.876.515	8.876.598	8.876.677	8.876.751	8.876.821	8.876.887	8.876.950	8.877.009	8.877.065	8.877.117	8.877.167	8.877.214	8.877.258
9.244.115	9.244.218	9.244.315	9.244.407	9.244.494	9.244.576	9.244.654	9.244.727	9.244.796	9.244.861	9.244.922	9.244.980	9.245.035	9.245.087	9.245.135
9.609.854	9.609.968	9.610.075	9.610.176	9.610.272	9.610.362	9.610.447	9.610.528	9.610.604	9.610.675	9.610.743	9.610.807	9.610.867	9.610.924	9.610.978
9.978.715	9.979.840	9.979.958	9.980.069	9.980.174	9.980.274	9.980.367	9.980.456	9.980.539	9.980.618	9.980.693	9.980.763	9.980.829	9.980.892	9.980.951
10.344.533	10.344.663	10.344.780	10.344.892	10.344.999	10.345.102	10.345.200	10.345.298	10.345.396	10.345.488	10.345.574	10.345.656	10.345.733	10.345.806	10.345.875
10.712.027	10.712.160	10.712.285	10.712.403	10.712.515	10.712.621	10.712.728	10.712.828	10.712.923	10.713.013	10.713.100	10.713.183	10.713.261	10.713.335	10.713.404
10.878.163	10.878.325	10.878.478	10.878.622	10.878.768	10.878.907	10.880.049	10.880.183	10.880.314	10.880.440	10.880.560	10.880.675	10.880.786	10.880.892	10.880.994
10.846.335	10.846.508	10.846.668	10.846.820	10.846.964	10.847.100	10.847.228	10.847.349	10.847.463	10.847.571	10.847.673	10.847.769	10.847.860	10.847.946	10.848.027
10.813.468	10.813.678	10.813.849	10.814.010	10.814.162	10.814.306	10.814.441	10.814.568	10.814.689	10.814.804	10.814.911	10.815.013	10.815.109	10.815.199	10.815.285
12.186.186	12.186.413	12.186.617	12.186.809	12.186.991	12.187.162	12.187.324	12.187.478	12.187.625	12.187.765	12.187.898	12.188.026	12.188.151	12.188.272	12.188.389
12.579.825	12.580.061	12.580.283	12.580.493	12.580.692	12.580.879	12.581.056	12.581.223	12.581.381	12.581.529	12.581.670	12.581.802	12.581.928	12.582.048	12.582.163
12.971.423	12.971.681	12.971.924	12.972.153	12.972.370	12.972.575	12.972.768	12.972.950	12.973.122	12.973.285	12.973.438	12.973.580	12.973.720	12.973.849	12.973.971
13.362.980	13.363.271	13.363.536	13.363.787	13.364.023	13.364.247	13.364.457	13.364.650	13.364.834	13.365.022	13.365.199	13.365.347	13.365.496	13.365.637	13.365.770
13.754.523	13.754.830	13.755.119	13.755.392	13.755.650	13.755.893	13.756.123	13.756.348	13.756.565	13.756.778	13.756.981	13.757.183	13.757.385	13.757.587	13.757.789
14.146.020	14.146.354	14.146.669	14.146.967	14.147.248	14.147.513	14.147.763	14.148.000	14.148.223	14.148.434	14.148.632	14.148.820	14.148.997	14.149.185	14.149.323
14.537.527	14.537.891	14.538.234	14.538.558	14.538.864	14.539.152	14.539.425	14.539.682	14.539.925	14.540.154	14.540.371	14.540.575	14.540.768	14.540.950	14.541.122
16.238.480	16.238.920	16.239.326	16.237.709	16.238.071	16.238.413	16.238.735	16.239.039	16.239.327	16.239.596	16.239.854	16.240.096	16.240.324	16.240.540	16.240.743
16.723.940	16.724.409	16.724.852	16.725.270	16.725.665	16.726.038	16.726.389	16.726.722	16.727.035	16.727.331	16.727.610	16.727.874	16.728.123	16.728.358	16.728.580
17.445.102	17.445.620	17.446.109	17.446.571	17.447.007	17.447.418	17.447.808	17.448.175	17.448.521	17.448.848	17.449.157	17.449.449	17.449.724	17.449.984	17.450.239
19.126.631	19.127.233	19.127.802	19.128.336	19.128.845	19.129.323	19.129.774	19.130.200	19.130.603	19.130.983	19.131.341	19.131.680	19.131.999	19.132.301	19.132.585
19.717.849	19.718.506	19.719.127	19.719.713	19.720.266	19.720.788	19.721.281	19.721.748	19.722.186	19.722.600	19.722.992	19.723.362	19.723.711	19.724.040	19.724.351
20.308.885	20.309.704	20.310.381	20.311.020	20.311.624	20.312.183	20.312.711	20.313.239	20.313.718	20.314.171	20.314.598	20.315.001	20.315.382	20.315.742	20.316.081
311.854.850	311.861.446	311.867.863	311.873.920	311.879.639	311.885.038	311.890.134	311.894.848	311.899.488	311.903.777	311.907.825	311.911.647	311.915.255	311.918.682	311.921.877
7.198	6.787	6.416	6.057	5.719	5.398	5.087	4.812	4.542	4.288	4.048	3.822	3.608	3.406	3.218
3.600	3.398	3.206	3.029	2.869	2.699	2.548	2.406	2.271	2.144	2.024	1.911	1.804	1.703	1.608
0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4
0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
2131	2132	2133	2134	2135	2136	2137	2138	2139	2140	2141	2142	2143	2144	2145
Yıllar														
Toplam Gaz Oluşumu														
Yıllık Gaz Oluşumu (m3/yıl)														
Gedililecek Yıllık Gaz (m3/yıl)														
Sarıllık Gaz Oluşumu (m3/haat)														
Gedililecek Gaz (m3/haat)														
Yıllar														

Kümülatif Gaz Oluşumu														Yıllar
2146	2147	2148	2149	2150	2151	2152	2153	2154	2155	2156	2157	2158	2159	2160
8.141.520	8.141.552	8.141.583	8.141.611	8.141.639	8.141.664	8.141.688	8.141.711	8.141.733	8.141.753	8.141.772	8.141.790	8.141.807	8.141.824	8.141.839
8.509.413	8.509.448	8.509.482	8.509.514	8.509.544	8.509.572	8.509.599	8.509.624	8.509.648	8.509.671	8.509.692	8.509.712	8.509.730	8.509.749	8.509.766
8.877.300	8.877.339	8.877.377	8.877.412	8.877.445	8.877.476	8.877.506	8.877.534	8.877.561	8.877.585	8.877.609	8.877.631	8.877.652	8.877.671	8.877.690
9.245.182	9.245.225	9.245.266	9.245.305	9.245.342	9.245.376	9.245.409	9.245.439	9.245.469	9.245.498	9.245.522	9.245.547	9.245.570	9.245.591	9.245.612
9.611.029	9.611.071	9.611.112	9.611.155	9.611.205	9.611.243	9.611.279	9.611.313	9.611.345	9.611.375	9.611.404	9.611.431	9.611.456	9.611.480	9.611.503
9.981.007	9.981.060	9.981.110	9.981.157	9.981.201	9.981.243	9.981.282	9.981.320	9.981.355	9.981.388	9.981.420	9.981.449	9.981.477	9.981.504	9.981.529
10.946.339	10.946.401	10.946.459	10.946.513	10.946.565	10.946.613	10.946.659	10.946.703	10.946.743	10.946.782	10.946.819	10.946.853	10.946.886	10.946.916	10.946.945
10.913.612	10.913.677	10.913.738	10.913.798	10.913.850	10.913.902	10.913.950	10.913.998	10.914.039	10.914.080	10.914.118	10.914.155	10.914.189	10.914.222	10.914.252
10.880.837	10.880.896	10.880.970	10.881.031	10.881.089	10.881.143	10.881.194	10.881.242	10.881.288	10.881.331	10.881.372	10.881.410	10.881.446	10.881.481	10.881.513
10.848.103	10.848.175	10.848.244	10.848.308	10.848.369	10.848.426	10.848.480	10.848.537	10.848.579	10.848.625	10.848.668	10.848.708	10.848.747	10.848.783	10.848.817
10.815.385	10.815.442	10.815.514	10.815.581	10.815.646	10.815.706	10.815.763	10.815.817	10.815.868	10.815.916	10.815.961	10.816.004	10.816.045	10.816.083	10.816.119
12.190.437	12.190.516	12.190.604	12.190.695	12.190.782	12.190.834	12.190.902	12.190.969	12.191.027	12.191.085	12.191.138	12.191.190	12.191.238	12.191.284	12.191.327
12.582.263	12.582.362	12.582.456	12.582.545	12.582.628	12.582.707	12.582.782	12.582.852	12.582.919	12.582.981	12.583.041	12.583.098	12.583.149	12.583.199	12.583.246
12.974.088	12.974.194	12.974.297	12.974.394	12.974.485	12.974.571	12.974.653	12.974.730	12.974.802	12.974.871	12.974.935	12.974.996	12.975.054	12.975.109	12.975.160
13.365.696	13.365.826	13.365.956	13.366.076	13.366.191	13.366.303	13.366.414	13.366.522	13.366.627	13.366.732	13.366.833	13.366.889	13.366.952	13.367.012	13.367.068
13.757.691	13.757.820	13.757.942	13.758.058	13.758.166	13.758.268	13.758.366	13.758.457	13.758.544	13.758.625	13.758.702	13.758.775	13.758.844	13.758.908	13.758.969
14.149.472	14.149.612	14.149.745	14.149.871	14.149.989	14.150.101	14.150.207	14.150.306	14.150.400	14.150.489	14.150.573	14.150.652	14.150.727	14.150.798	14.150.864
14.541.284	14.541.438	14.541.582	14.541.719	14.541.848	14.541.970	14.542.085	14.542.193	14.542.295	14.542.392	14.542.483	14.542.570	14.542.651	14.542.728	14.542.800
16.240.635	16.241.116	16.241.268	16.241.408	16.241.502	16.241.746	16.241.882	16.242.010	16.242.131	16.242.246	16.242.354	16.242.456	16.242.552	16.242.643	16.242.728
16.728.790	16.728.988	16.729.175	16.729.351	16.729.517	16.729.674	16.729.823	16.729.963	16.730.095	16.730.220	16.730.338	16.730.449	16.730.554	16.730.653	16.730.747
17.450.480	17.450.678	17.450.865	17.451.040	17.451.204	17.451.338	17.451.458	17.451.569	17.451.672	17.451.769	17.451.859	17.451.942	17.452.019	17.452.091	17.452.157
18.132.855	18.133.109	18.133.348	18.133.575	18.133.788	18.133.980	18.134.160	18.134.360	18.134.530	18.134.690	18.134.841	18.134.984	18.135.119	18.135.246	18.135.368
19.724.845	19.724.922	19.725.184	19.725.431	19.725.664	19.725.884	19.726.082	19.726.269	19.726.474	19.726.649	19.726.814	19.726.970	19.727.117	19.727.256	19.727.387
20.316.402	20.316.704	20.316.980	20.317.259	20.317.514	20.317.754	20.317.981	20.318.193	20.318.397	20.318.586	20.318.768	20.318.938	20.319.099	20.319.250	20.319.393
311.924.913	311.927.779	311.930.485	311.933.040	311.935.451	311.937.728	311.939.877	311.941.906	311.943.822	311.945.630	311.947.337	311.948.949	311.950.470	311.951.907	311.953.283
3.036	2.866	2.706	2.564	2.412	2.277	2.148	2.029	1.918	1.808	1.707	1.612	1.522	1.438	1.356
1.518	1.433	1.353	1.277	1.206	1.138	1.075	1.015	958	904	854	806	761	718	678
0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
2146	2147	2148	2149	2150	2151	2152	2153	2154	2155	2156	2157	2158	2159	2160
Yıllar														

Toplam Gaz Oluşumu	311.924.913
Yıllık Gaz Oluşumu (m ³ /yıl)	3.036
Gekiklenmiş Yıllık Gaz (m ³ /yıl)	1.518
Saatlik Gaz Oluşumu (m ³ /saat)	0,3
Gekiklenmiş Saatlik Gaz (m ³ /saat)	0,2
Yıllar	

Kümülatif Gaz Olusumu

Yıllar	2161	2162	2163	2164	2165	2166	2167	2168	2169	2170	2171	2172	2173	2174	2175
	8.141.853	8.141.867	8.141.880	8.141.892	8.141.903	8.141.914	8.141.924	8.141.934	8.141.943	8.141.952	8.141.960	8.141.967	8.141.975	8.141.981	8.141.988
	8.509.782	8.509.797	8.509.811	8.509.824	8.509.837	8.509.849	8.509.860	8.509.871	8.509.881	8.509.890	8.509.898	8.509.908	8.509.916	8.509.923	8.509.931
	8.877.708	8.877.724	8.877.740	8.877.755	8.877.769	8.877.782	8.877.795	8.877.806	8.877.818	8.877.828	8.877.838	8.877.847	8.877.856	8.877.872	8.877.872
	9.245.631	9.245.650	9.245.667	9.245.684	9.245.699	9.245.714	9.245.727	9.245.740	9.245.753	9.245.764	9.245.775	9.245.785	9.245.795	9.245.804	9.245.813
	9.611.524	9.611.544	9.611.564	9.611.582	9.611.599	9.611.615	9.611.630	9.611.644	9.611.658	9.611.670	9.611.682	9.611.694	9.611.704	9.611.715	9.611.724
	9.981.552	9.981.574	9.981.595	9.981.615	9.981.634	9.981.651	9.981.668	9.981.684	9.981.699	9.981.713	9.981.726	9.981.738	9.981.750	9.981.761	9.981.772
	10.846.973	10.846.998	10.847.023	10.847.046	10.847.067	10.847.088	10.847.107	10.847.126	10.847.143	10.847.159	10.847.175	10.847.189	10.847.203	10.847.216	10.847.228
	10.914.281	10.914.308	10.914.334	10.914.358	10.914.381	10.914.403	10.914.423	10.914.443	10.914.461	10.914.478	10.914.494	10.914.510	10.914.524	10.914.538	10.914.551
	10.881.544	10.881.572	10.881.600	10.881.625	10.881.649	10.881.672	10.881.694	10.881.714	10.881.734	10.881.752	10.881.769	10.881.785	10.881.800	10.881.815	10.881.828
	10.848.849	10.848.879	10.848.908	10.848.935	10.848.961	10.848.985	10.849.008	10.849.029	10.849.050	10.849.069	10.849.087	10.849.104	10.849.120	10.849.136	10.849.150
	10.816.153	10.816.185	10.816.215	10.816.244	10.816.271	10.816.297	10.816.321	10.816.343	10.816.365	10.816.385	10.816.404	10.816.422	10.816.439	10.816.456	10.816.471
	12.191.367	12.191.406	12.191.442	12.191.476	12.191.509	12.191.539	12.191.568	12.191.595	12.191.621	12.191.645	12.191.668	12.191.688	12.191.709	12.191.729	12.191.747
	12.583.291	12.583.332	12.583.372	12.583.409	12.583.445	12.583.478	12.583.509	12.583.539	12.583.567	12.583.594	12.583.619	12.583.642	12.583.664	12.583.685	12.583.705
	13.387.121	13.387.171	13.387.218	13.387.263	13.387.305	13.387.344	13.387.382	13.387.417	13.387.451	13.387.482	13.387.512	13.387.540	13.387.566	13.387.592	13.387.615
	13.759.027	13.759.062	13.759.103	13.759.142	13.759.182	13.759.228	13.759.271	13.759.312	13.759.350	13.759.387	13.759.421	13.759.453	13.759.484	13.759.513	13.759.540
	14.150.827	14.150.866	14.151.042	14.151.085	14.151.125	14.151.165	14.151.207	14.151.249	14.151.289	14.151.326	14.151.362	14.151.392	14.151.425	14.151.456	14.151.486
	14.542.869	14.542.933	14.542.994	14.543.052	14.543.106	14.543.158	14.543.208	14.543.252	14.543.295	14.543.336	14.543.374	14.543.411	14.543.445	14.543.477	14.543.508
	16.242.809	16.242.886	16.242.958	16.243.026	16.243.091	16.243.151	16.243.209	16.243.263	16.243.314	16.243.362	16.243.408	16.243.451	16.243.491	16.243.529	16.243.566
	16.730.835	16.730.918	16.730.997	16.731.072	16.731.142	16.731.208	16.731.271	16.731.330	16.731.385	16.731.438	16.731.488	16.731.535	16.731.579	16.731.621	16.731.660
	17.452.720	17.452.812	17.452.899	17.452.981	17.453.059	17.453.132	17.453.201	17.453.267	17.453.329	17.453.389	17.453.441	17.453.493	17.453.542	17.453.588	17.453.632
	19.135.479	19.135.586	19.135.687	19.135.783	19.135.873	19.135.958	19.136.038	19.136.114	19.136.186	19.136.253	19.136.317	19.136.377	19.136.434	19.136.488	19.136.536
	19.727.511	19.727.628	19.727.738	19.727.842	19.727.941	19.728.034	19.728.121	19.728.204	19.728.282	19.728.356	19.728.426	19.728.491	19.728.553	19.728.612	19.728.667
	20.319.528	20.319.656	20.319.776	20.319.880	20.319.997	20.320.099	20.320.194	20.320.285	20.320.370	20.320.450	20.320.526	20.320.598	20.320.666	20.320.730	20.320.790
	311.954.543	311.955.752	311.956.893	311.957.970	311.958.987	311.959.947	311.960.853	311.961.709	311.962.517	311.963.279	311.963.999	311.964.679	311.965.321	311.965.926	311.966.488
Totlam Gaz Olusumu	1.280	1.209	1.141	1.077	1.017	960	906	856	808	763	720	680	642	606	572
Yıllık Gaz Olusumu (m3/yıl)	640	604	571	539	508	480	453	428	404	381	360	340	321	303	288
Cekililecek Yıllık Gaz (m3/yıl)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Sarıllık Gaz Olusumu (m3/saat)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cekililecek Gaz (m3/saat)	2161	2162	2163	2164	2165	2166	2167	2168	2169	2170	2171	2172	2173	2174	2175

Yıllar	2176	2177	2178	2179	2180	2181	2182	2183	2184	2185	2186	2187	2188	2189	2190
	8.141.894	8.142.000	8.142.005	8.142.010	8.142.015	8.142.020	8.142.024	8.142.028	8.142.032	8.142.035	8.142.039	8.142.042	8.142.045	8.142.048	8.142.051
	8.509.937	8.509.944	8.509.950	8.509.955	8.509.961	8.509.966	8.509.970	8.509.975	8.509.979	8.509.983	8.509.987	8.509.991	8.509.994	8.509.997	8.510.000
	8.877.880	8.877.887	8.877.893	8.877.898	8.877.904	8.877.910	8.877.916	8.877.921	8.877.926	8.877.931	8.877.935	8.877.939	8.877.942	8.877.946	8.877.949
	9.245.821	9.245.828	9.245.834	9.245.840	9.245.846	9.245.852	9.245.857	9.245.862	9.245.867	9.245.872	9.245.877	9.245.882	9.245.886	9.245.890	9.245.894
	9.611.733	9.611.740	9.611.746	9.611.752	9.611.758	9.611.764	9.611.770	9.611.775	9.611.780	9.611.785	9.611.790	9.611.795	9.611.800	9.611.804	9.611.808
	9.981.782	9.981.789	9.981.795	9.981.801	9.981.807	9.981.813	9.981.819	9.981.824	9.981.830	9.981.835	9.981.840	9.981.845	9.981.850	9.981.854	9.981.859
	10.947.240	10.947.250	10.947.260	10.947.270	10.947.280	10.947.290	10.947.300	10.947.310	10.947.320	10.947.330	10.947.340	10.947.350	10.947.360	10.947.370	10.947.380
	10.914.563	10.914.575	10.914.585	10.914.596	10.914.605	10.914.614	10.914.623	10.914.631	10.914.638	10.914.646	10.914.653	10.914.659	10.914.666	10.914.671	10.914.677
	10.881.841	10.881.853	10.881.865	10.881.876	10.881.886	10.881.895	10.881.905	10.881.913	10.881.921	10.881.928	10.881.936	10.881.943	10.881.950	10.881.956	10.881.961
	10.848.194	10.848.176	10.848.188	10.848.200	10.848.211	10.848.221	10.848.230	10.848.240	10.848.248	10.848.256	10.848.264	10.848.271	10.848.278	10.848.284	10.848.290
	10.816.485	10.816.498	10.816.511	10.816.523	10.816.535	10.816.546	10.816.556	10.816.565	10.816.574	10.816.583	10.816.591	10.816.598	10.816.606	10.816.613	10.816.619
	12.191.764	12.191.780	12.191.795	12.191.810	12.191.823	12.191.836	12.191.848	12.191.860	12.191.871	12.191.881	12.191.891	12.191.900	12.191.908	12.191.916	12.191.924
	12.583.724	12.583.742	12.583.758	12.583.774	12.583.789	12.583.803	12.583.818	12.583.829	12.583.841	12.583.852	12.583.862	12.583.872	12.583.882	12.583.891	12.583.899
	12.975.682	12.975.701	12.975.718	12.975.731	12.975.743	12.975.756	12.975.768	12.975.780	12.975.792	12.975.804	12.975.816	12.975.828	12.975.840	12.975.852	12.975.864
	13.367.637	13.367.659	13.367.678	13.367.697	13.367.715	13.367.732	13.367.748	13.367.762	13.367.777	13.367.790	13.367.802	13.367.814	13.367.826	13.367.838	13.367.849
	13.759.690	13.759.713	13.759.733	13.759.753	13.759.773	13.759.793	13.759.813	13.759.833	13.759.853	13.759.873	13.759.893	13.759.913	13.759.933	13.759.953	13.759.973
	14.151.541	14.151.565	14.151.589	14.151.612	14.151.633	14.151.653	14.151.672	14.151.689	14.151.706	14.151.722	14.151.737	14.151.751	14.151.764	14.151.777	14.151.788
	14.543.537	14.543.564	14.543.590	14.543.614	14.543.637	14.543.659	14.543.679	14.543.696	14.543.717	14.543.734	14.543.750	14.543.765	14.543.780	14.543.794	14.543.806
	16.243.800	16.243.832	16.243.862	16.243.891	16.243.916	16.243.941	16.243.968	16.243.994	16.244.021	16.244.048	16.244.075	16.244.102	16.244.129	16.244.156	16.244.183
	16.731.697	16.731.733	16.731.766	16.731.797	16.731.827	16.731.855	16.731.881	16.731.908	16.731.930	16.731.952	16.731.973	16.731.992	16.732.011	16.732.029	16.732.045
	17.453.673	17.453.712	17.453.749	17.453.783	17.453.816	17.453.847	17.453.876	17.453.903	17.453.929	17.453.954	17.453.977	17.453.999	17.454.020	17.454.039	17.454.057
	19.136.586	19.136.631	19.136.674	19.136.714	19.136.752	19.136.788	19.136.822	19.136.854	19.136.884	19.136.912	19.136.939	19.136.965	19.136.989	19.137.011	19.137.033
	19.728.720	19.728.769	19.728.815	19.728.859	19.728.901	19.728.940	19.728.977	19.729.012	19.729.045	19.729.076	19.729.105	19.729.133	19.729.161	19.729.184	19.729.207
	20.320.847	20.320.901	20.320.952	20.321.000	20.321.045	20.321.088	20.321.128	20.321.166	20.321.202	20.321.236	20.321.268	20.321.298	20.321.327	20.321.354	20.321.379
Toplam Gaz Oluşumu	311.967.038	311.967.548	311.968.029	311.968.483	311.968.912	311.969.317	311.969.699	311.970.060	311.970.400	311.970.722	311.971.026	311.971.312	311.971.583	311.971.838	311.972.079
Yıllık Gaz Oluşumu (m3/yıl)	540	510	481	454	428	405	382	361	341	322	304	287	271	255	241
Catılabilecek Yıllık Gaz (m3/yıl)	270	255	241	227	214	202	191	180	170	161	152	143	135	128	121
Saatlik Gaz Oluşumu (m3/saat)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Catılabilecek Saatlik Gaz (m3/saat)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Yıllar	2176	2177	2178	2179	2180	2181	2182	2183	2184	2185	2186	2187	2188	2189	2190

Kümülatif Gaz Oluşumu

Yıllar	2191	2192	2193	2194	2195	2196	2197	2198	2199	2200	2201	2202	2203
Kümülatif Gaz Olusumu	8.142.053	8.142.056	8.142.058	8.142.060	8.142.062	8.142.064	8.142.066	8.142.067	8.142.069	8.142.071	8.142.072	8.142.073	8.142.075
	8.510.003	8.510.006	8.510.008	8.510.010	8.510.013	8.510.015	8.510.017	8.510.019	8.510.021	8.510.022	8.510.024	8.510.025	8.510.027
	8.877.952	8.877.955	8.877.958	8.877.961	8.877.963	8.877.965	8.877.968	8.877.970	8.877.972	8.877.974	8.877.975	8.877.977	8.877.979
	9.245.801	9.245.804	9.245.808	9.245.810	9.245.813	9.245.816	9.245.818	9.245.821	9.245.823	9.245.825	9.245.827	9.245.829	9.245.830
	9.611.821	9.611.825	9.611.828	9.611.831	9.611.834	9.611.837	9.611.840	9.611.843	9.611.845	9.611.847	9.611.849	9.611.851	9.611.853
	9.981.879	9.981.883	9.981.886	9.981.889	9.981.893	9.981.896	9.981.899	9.981.902	9.981.905	9.981.907	9.981.910	9.981.912	9.981.914
	10.947.352	10.947.357	10.947.361	10.947.365	10.947.369	10.947.373	10.947.376	10.947.379	10.947.382	10.947.385	10.947.388	10.947.391	10.947.393
	10.914.682	10.914.687	10.914.691	10.914.696	10.914.700	10.914.704	10.914.707	10.914.711	10.914.714	10.914.717	10.914.720	10.914.723	10.914.725
	10.881.967	10.881.972	10.881.977	10.881.981	10.881.986	10.881.990	10.881.994	10.881.997	10.882.001	10.882.004	10.882.007	10.882.010	10.882.013
	10.849.296	10.849.302	10.849.307	10.849.311	10.849.316	10.849.320	10.849.324	10.849.328	10.849.332	10.849.335	10.849.338	10.849.341	10.849.344
	10.816.625	10.816.631	10.816.636	10.816.641	10.816.646	10.816.651	10.816.655	10.816.659	10.816.663	10.816.666	10.816.670	10.816.673	10.816.676
	12.191.931	12.191.938	12.191.944	12.191.951	12.191.956	12.191.962	12.191.967	12.191.972	12.191.976	12.191.980	12.191.985	12.191.989	12.191.992
	12.583.907	12.583.914	12.583.921	12.583.928	12.583.934	12.583.940	12.583.946	12.583.951	12.583.956	12.583.961	12.583.965	12.583.968	12.583.973
	12.975.882	12.975.890	12.975.897	12.975.905	12.975.912	12.975.918	12.975.924	12.975.930	12.975.935	12.975.940	12.975.945	12.975.950	12.975.954
	13.367.855	13.367.864	13.367.873	13.367.881	13.367.888	13.367.895	13.367.902	13.367.908	13.367.914	13.367.920	13.367.925	13.367.930	13.367.935
	13.759.828	13.759.838	13.759.847	13.759.856	13.759.864	13.759.871	13.759.879	13.759.886	13.759.892	13.759.898	13.759.904	13.759.909	13.759.914
	14.151.800	14.151.810	14.151.820	14.151.830	14.151.838	14.151.847	14.151.855	14.151.862	14.151.869	14.151.876	14.151.882	14.151.888	14.151.894
	14.543.819	14.543.830	14.543.841	14.543.851	14.543.861	14.543.870	14.543.879	14.543.887	14.543.894	14.543.902	14.543.909	14.543.915	14.543.921
	16.243.933	16.243.947	16.243.960	16.243.972	16.243.983	16.243.994	16.244.004	16.244.014	16.244.023	16.244.031	16.244.040	16.244.047	16.244.054
	16.732.061	16.732.076	16.732.090	16.732.103	16.732.116	16.732.127	16.732.139	16.732.149	16.732.159	16.732.168	16.732.177	16.732.186	16.732.193
	17.454.075	17.454.091	17.454.107	17.454.121	17.454.135	17.454.148	17.454.160	17.454.172	17.454.183	17.454.193	17.454.203	17.454.212	17.454.221
	19.137.053	19.137.072	19.137.090	19.137.107	19.137.123	19.137.138	19.137.152	19.137.166	19.137.178	19.137.180	19.137.202	19.137.212	19.137.222
	19.729.229	19.729.250	19.729.270	19.729.288	19.729.306	19.729.322	19.729.338	19.729.352	19.729.366	19.729.379	19.729.392	19.729.404	19.729.415
	20.321.403	20.321.426	20.321.447	20.321.467	20.321.487	20.321.505	20.321.522	20.321.538	20.321.553	20.321.567	20.321.581	20.321.593	20.321.605

ÖZGEÇMİŞ

1975 İstanbul doğumlu Erdiñ Oğuz Taşkan, ilköğretimi Artvin İlokulunda, orta ve lise eğitimini ise Beşiktaş Anadolu Lisesi'nde tamamlamıştır. Lisans Eğitimini İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde tamamladıktan sonra, 1997 kış yarıyılında aynı üniversitede Yüksek Lisans Eğitime başlamıştır. 1998 yılında askerlik sebebiyle eğitime bir yıl süreyle ara vermiştir. Çevre mühendisliği konusunda 3 yılı aşkın profesyonel tecrübeye sahip olup, görev yaptığı birçok proje uluslararası finansmanla hayat geçirilmiştir. Veri toplama, saha araştırmaları, saha ve atık karakterizasyonu programlarının planlanması ve uygulanması, büyük ve küçük ölçekli saha örnekleme araştırmalarının yönetimi, fizibilite ve çevresel çalışmaların hazırlanması konularında tecrübe sahibidir. Proje Mühendisi olarak görev aldığı bazı projeler arasında;

- Türkiye Ulusal Tehlikeli Atık Yönetim Projesi
- Erzurum Katı Atık Yönetimi Projesi Fizibilite Çalışması
- İzmir Katı Atık Yönetimi Projesi
- Isparta Katı Atık Yönetimi Projesi Fizibilite Çalışması
- Marmaris Bölgesel Katı Atık Yönetim Projesi Fizibilite Çalışması

gelmektedir. Bilgisayar uygulamalarında çok büyük tecrübeye sahip olup, fizibilite çalışmalarındaki katkısı hem bilimsel hem de profesyonel anlamda olmaktadır. MS-DOS ve Windows işletim sistemi ve yazılımları konusunda tecrübeye sahiptir.