

ARAŞTIRMA MAKALESİ

KATI ATIK DEPO GAZINDAN ELEKTRİK ÜRETİMİNİN TÜRKİYE'DE UYGULANABİLİRLİĞİNE İKİ ÖRNEK: İSTANBUL VE BURSA TESİSLERİ

Naim SEZGİN*, H.Kurtuluş ÖZCAN*, Kamil VARINCA**, Mehmet BORAT*

*İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Avcılar-İSTANBUL

**Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Yıldız-İSTANBUL

Geliş Tarihi: 18.04.2003

TWO EXAMPLES FOR APPLICABILITY OF ELECTRICAL ENERGY PRODUCTION FROM LANDFILL GAS IN TURKEY: ISTANBUL AND BURSA PLANTS

ABSTRACT

Because of adverse effects on both public health and environment, control of landfill gas (LFG) emissions requires by an effective gas control system. LFG emissions contain mainly methane and carbon dioxide. Because of the high calorific value of methane, LFG might be recovered. One of the utilization of LFG is electrical energy production. This method is in commonly used in the world-wide in the recent years. In this study, possibility of electrical energy production from LFG is investigated and two example plants are presented from Turkey. According to the amount of electrical production in these plants up to now, it could be comprehended that methane emission which occur in landfill is an significant energy source.

Key Words: Electrical energy production, Energy recovery, Landfill gas, Landfill gas composition, Methane

ÖZET

Depo gazının çevre ve halk sağlığında meydana getirdiği olumsuz etkilerden dolayı etkili bir gaz kontrol sistemi ile kontrol edilmesi gerekmektedir. Depo gazının büyük bir kısmını metan ve karbondioksit oluşturur. Metanın yüksek kalorifik değere sahip olmasından dolayı geri kazanılması söz konusudur. Depo gazından faydalanma metodlarından biri de elektrik üretimidir. Bu metod son zamanlarda dünya genelinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada depo gazından elektrik üretimi konusu incelenmiş ve Türkiye'de bulunan iki tesis örneği verilmiştir. Bu tesislerden şu ana kadar üretilen elektrik miktarlarına bakıldığında, metanın enerji eldesi bakımından önemli bir kaynak olduğu anlaşılmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Depo gazı, Depo gazı kompozisyonları, Enerji kazanımı, Elektrik üretimi, Metan

1. GİRİŞ

Katı atık depolama sahaları, tıpkı bir arıtma tesisindeki anaerobik çürütücü gibi bir biyokimyasal reaktör olarak çalışmaktadırlar. Depo alanına katı atığın depolanmasıyla birlikte depo içerisinde ayrışma da başlamakta, oluşan anaerobik ortamda organik maddelerin bozunması sonucunda bozunma gazları meydana gelmekte ve oluşan bu gazlar *Depo Gazı* olarak adlandırılmaktadır.

Depo gazı, büyük miktarlardaki esas gazlar ile az miktarlardaki eser gazlardan meydana gelir. Esas gazlar evsel katı atıkların organik ayrışması sonucunda, eser gazlar ise depo sahasına gelen zehirli bileşiklerin etkileri sonucunda oluşmaktadır. Eser gazlar az miktarlarda olmalarına karşın, esas gazlar kadar halk sağlığını tehdit edici niteliktedirler.

Depo gazı içerisinde esas olarak metan (CH₄), karbondioksit (CO₂), hidrojen (H₂), azot (N₂) ve hidrojen sülfür (H₂S) bulunmaktadır [1]. Esas gazların bileşimi Tablo1’de verilmiştir.

Tablo 1. Depo gazının bileşimi [2]

<i>Gaz</i>	<i>% hacim (kuru)</i>	<i>Gaz</i>	<i>% hacim (kuru)</i>
Metan	45-60	Sülfürler	0-1
Karbondioksit	40-60	Amonyak	0,1-1,0
Azot	2-5	Hidrojen	0-0,2
Oksijen	0,1-1,0	Karbonmonoksit	0,-0,2

Depo gazının büyük bir kısmını, Tablo 1’den de görüleceği gibi, metan (CH₄) ve karbondioksit (CO₂) gazları oluşturmaktadır. Metanın hiçbir işleme tabi tutulmadan atmosfere verilmesi halinde, bölgesel ve global olarak çevre ve insan sağlığı açısından olumsuzluklar meydana gelmektedir. Bu olumsuzlukların başında; koku problemi, bitkilerin kuruması, metandan kaynaklanan patlama ve yangın riski ile global sera etkisi sayılabilir.

Metan, dünya atmosferinde %0,00022 oranında bulunan, renksiz, kokusuz ve zehirleyici olmayan yanıcı bir gazdır. Metan, yanıcılığı nedeniyle geçmişte vahşi olarak depolanan katı atık depolama sahalarında sürekli görülen yangınlara sebep olmuştur. Vahşi depolama yerine düzenli depolamaya geçiş nedenlerinden biri de budur [2].

Metanın tipik kalorifik değeri 21.000 kJ/m³, yoğunluğu 0,716 g/L ve ateşlenme sıcaklığı 600 °C’dir. Metan havanın oksijeni ile %5-15 arasında karıştığında patlamakta, %15 değerinin üzerinde patlamadan yanmaktadır [1] [2].

Metan, havadan hafif olduğu için depo yüzeyine doğru çıkma eğilimi göstermekte, depo yüzeyine çıkma imkanı bulamadığı zamanlarda ise yatay olarak hareket ederek, kapalı mekanlarda birikebilmektedir. Metan, depo yüzeyi ve civarındaki bitkilerin oksijen almasını engellemekte ve bitkilerin kurumasına sebep olmaktadır.

Katı atık depolama sahalarında oluşan depo gazlarının çevrede meydana getirdiği olumsuz etkilerden dolayı kontrol edilmeleri gerekmektedir. Depo gazı bertarafında metanın geri kazanılması ve bu gazdan çeşitli amaçlar için faydalanılması söz konusudur. Metandan yaygın olarak faydalanma yöntemi ise elektrik üretimidir. Gelişmiş ülkelerde kullanılan bu yöntem, ülkemizde ancak son yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. Ülkemizde depo gazından elektrik üretme tesisi ilk olarak Bursa’da daha sonra ise 2002 yılının ortalarına doğru İstanbul’da faaliyete geçmiştir.

Bu çalışmada sırasıyla İstanbul ve Bursa’da oluşan katı atıkların miktar ve içeriklerinin yanında, her iki şehrimizde faaliyette bulunan depo gazından elektrik üretim tesisleri hakkında bilgi verilmiştir.

2. İSTANBUL’UN KATI ATIK MİKTARI VE ÖZELLİKLERİ

Bugün toplam 10.018.735 nüfusuyla Türkiye’nin en büyük şehri olan İstanbul, Türkiye’nin sosyal, kültürel ve ekonomik açıdan en gelişmiş şehridir [3]. İstanbul’da endüstriyel yatırım olarak enerji, elektrik, elektronik, tekstil, gıda, otomotiv, makine, metal, ağaç, inşaat malzemeleri, kağıt ve basın-yayın gibi değişik sektörlerde faaliyet gösteren çeşitli kuruluşlar bulunmaktadır.

İstanbul’da katı atıklar 1953 yılına kadar denize dökülmüş daha sonra ise Kağıthane-Sanayi Mahallesi ve Seyrantepe Mahallesi, Ümraniye-Mustafa Kemal Mahallesi gibi şehre yakın yerlere vahşi depolama şeklinde depolanmıştır. Bu bölgelerin gecekondularla dolması üzerine katı atık depolama alanı olarak Ümraniye-Hekimbaşı, Kartal-Yakacık, Tuzla-Aydınlı, Küçükçekmece-Halkalı, Esenler-Habibler, Şişli-Feriköy ve Kemerburgaz-Hasdal kullanılmıştır [4].

Katı Atık Depo Gazından Elektrik Üretimini...

İstanbul'da kişi başına günde 0,6-0,7 kg atık oluşmaktadır [5]. 1990 yılı için Avrupa yakasında 0,66 kg/kişi-gün, Asya yakasında 0,58 kg/kişi-gün, ortalama olarak da 0,63 kg/kişi-gün atık oluşum değerleri tespit edilmiş olup, bu değerlerin 2010 yılında ortalama 0,64 kg/kişi-gün, 2020 ise yılında ortalama 0,68 kg/kişi-gün olacağı tahmin edilmektedir [6]. Günümüzde ise İstanbul'da her gün yaklaşık 9.000 ton katı atık oluşmakta ve oluşan katı atıklar İstanbul Büyükşehir Belediyesinin bir kuruluşu olan İSTAÇ A.Ş. tarafından 6 adet aktarma merkezi aracılığı ile Avrupa yakasında Kemberburgaz-Odayeri, Asya yakasında ise Şile-Kömürçüoda düzenli depolama alanlarında bertaraf edilmektedir [4].

İstanbul'un katı atıklarının özellikleri yıllara ve bölgelere göre değişimler göstermekle birlikte genel olarak İstanbul'un katı atıklarının su muhtevasının %45-55, organik madde muhtevasının %50-60, C/N oranının 30-35 ve kalorifik değerinin ise 810-1.010 kcal/kg aralığında değiştiği belirlenmiştir [7]. İstanbul'a ait katı atık kompozisyonunun yıllara göre değişimi Şekil 1'de verilmiştir.

3. İSTANBUL-KEMERBURGAZ KATI ATIK VAHŞİ DEPOLAMA SAHASI VE DEPO GAZINDAN ELEKTRİK ÜRETİMİ UYGULAMASI

1998 yılında kullanıma kapatılan Kemberburgaz-Hasdal Açık Depo Sahası 1980 yılı başlangıç kabul edildiğinde 18 yıllık bir geçmişe sahiptir ve 577.000 m²lik bir yüzeye yayılmıştır. Sahada toplam 8,2 milyon m³ atık bulunmaktadır [10]. Depo sahasının denizden yüksekliği yaklaşık 100 m, bağıl nem oranı %50 civarında ve ortalama hava sıcaklığı 15 °C'dir [11].

Sahadaki depolama işlemi büyük boyutlara ulaştığında çevre sorunları da baş göstermeye başlamış, alandaki bazı bölümlerde kaymalar olmuş, trafiğe açık yollar kapanmıştır. Depo gazının kontrolsüz olarak atmosfere yayılması, oluşan kötü kokular ve yer yer yanmaların sürüp gitmesi sahanın rehabilitasyonunu zorunlu kılmış ve oluşan depo gazının kullanımını gündeme getirmiştir. Bu aşamada depo gazından motorlar vasıtasıyla elektrik üretilmesi ve oluşan ısının da kullanılmasını sağlayan bir kojenerasyon projesi hazırlanmıştır.

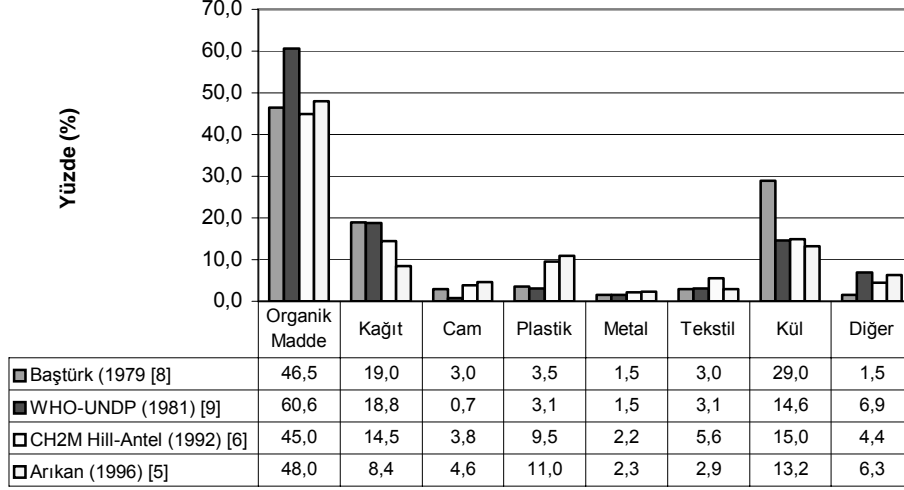
Bu kojenerasyon projesi; elde edilecek olan elektrik enerjisi ile aynı enerji iletim hattı güzergahında bulunan Kompost ve Geri Kazanım Tesisi ile Odayeri Düzenli Depolama Tesisinin elektrik ihtiyacını azami ölçüde karşılayacak, aynı zamanda baca gazlarından elde edilecek olan proses ısısından oluşan enerji ile de Kemberburgaz'da kurulacak olan seraların enerji ve ısı ihtiyacının karşılayacak olan bir enerji santrali projesidir [11].

Sahanın gaz kapasitesi ve üretim süresini tespit etmek amacıyla İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından Nisan 1999'da pompa deneyleri yaptırılmıştır. Katı atık gövdesinde açılan kuyularda yapılan deney sonuçlarına göre ortalama debi 23,1 m³/sa, ortalama CH₄ miktarı %56,8 ve ortalama O₂ miktarı ise %1,2 olarak belirlenmiştir. Etki derinliğinin düşeyde 8,5 m, yatayda ise 15 ilâ 25 m arasında olduğu tespit edilmiş olup son değer 20 m olarak kabul edilmiştir [10] [11].

Toplam katı atık hacmi ve derinliklerine bağlı olarak gaz üretim potansiyeli belirlenmiş ve depo gazının 6 MW'lık bir elektrik enerjisi üretmek için elverişli olduğu anlaşılmıştır. Elektrik enerjisi üretimi için gerekli yakıtı sağlayacak gaz hacmini temin edecek 180 adet depo gazı çıkarma kuyusunun yapılması gerektiği hesaplanmıştır. [10] [11].

Elde edilecek olan toplam depo gazının içindeki yaklaşık %50 oranındaki metan gazıyla 6 MW gücündeki motor için gerekli olan depo gazı miktarı 3.900 m³/saat olup zamanla metanın kalitesinin düşmesiyle motorun ihtiyacı olan yakıtı karşılamak amacıyla %20 toleransla 4.680 m³/saat depo gazı temin edilmesi gerektiği tespit edilmiştir. Sahanın 2005 yılı için depo gazı üretim kapasitesi 6.556 m³/sa olarak hesaplanmıştır [11].

Kuyulardan çıkan gaz, istasyondaki düşük basınçlı blowerlar ile çekilmekte, 15 manifoldla toplandıktan sonra 3 ana kolektör vasıtasıyla gaz santraline taşınmaktadır. Burada gaz içerisindeki su buharı ve zararlı gazlar filtrelerle tutulduktan sonra saflaştırılmış gaz soğutuculardan geçirilmekte ve gaz motorlarına gönderilmektedir.



Şekil 1. İstanbul'un katı atık kompozisyonu

İstasyonda 6 adet, her biri 1 MW elektrik üretme kapasitesine sahip motor-alternatör grubu yer almaktadır. 20 silindirli motorlar direkt olarak depo gazı ile çalışabilmektedirler. Elektrik verimleri %38,8 olmasına karşın, egzost ısısının da kullanılmasıyla bu oran %80'e varabilmektedir. Oluşan 380 V'luk elektrik trafo sayesinde 34,5 kV'a yükseltilmektedir [10].

Elde edilen elektrik enerjisi İstanbul Büyükşehir Belediyesi kuruluşlarında (aynı enerji iletim hattı güzergahında bulunan Kompost ve Geri Kazanım Tesisi ile Odayeri Düzenli Depolama Tesisi) kullanılmakta olup arta kalan enerji görevli kuruluş Boğaziçi Elektrik Dağıtım A.Ş. (BEDAŞ) ile yapılmış olan Elektrik Satış Anlaşması (ESA) çerçevesinde elektrik şebekesine verilmektedir [11].

Çıkan baca gazları içindeki CO₂ ve atık ısı ise bu proje dahilinde aynı bölgede kurulacak seralarda doğrudan ve öncelikle İstanbul Büyükşehir Belediyesi bünyesinde bulunan Park ve Bahçeler Müdürlüğü tarafından değerlendirilmesi ve ayrıca ısınma amacıyla kullanılması planlanmıştır [11].

Sistemde ayrıca egzoz gazından 93 °C sıcaklıkta su elde edilen boylerler, motor piston-silindir soğutma suyu devresi ve yağlama sistemi soğutma suyu devresinden sıcak suyu soğutucu eşanjörleri bulunmaktadır. Kullanılmayan gazın yakılarak bertaraf edilmesi için de istasyonun yanında 1 adet yakma bacası bulunmaktadır [11].

Tesiste elde edilen, 2002 yılının son dört ayına ait elektrik değerleri Şekil 2'de verilmiştir [12].

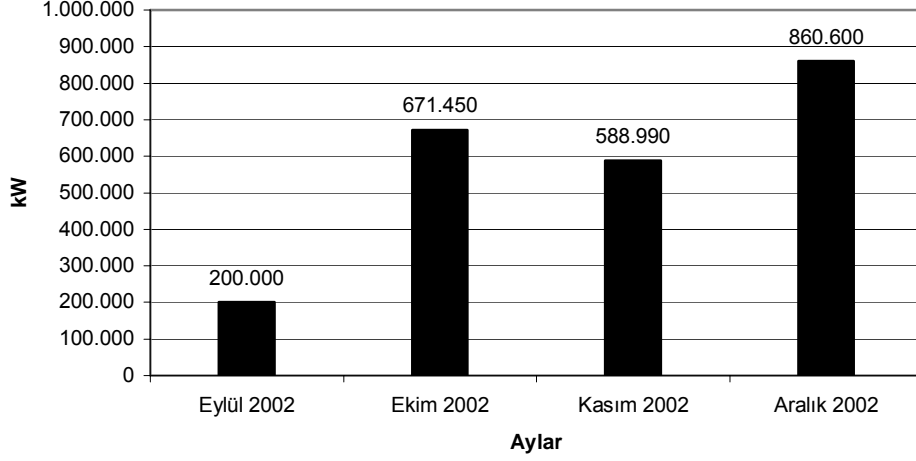
4. BURSA'NIN KATI ATIK MİKTARI VE ÖZELLİKLERİ

Bursa şehri Osmanlı döneminden itibaren dokuma sektöründe gelişmiş bir merkez olmasının yanında gelişen sanayisi, turizmi, doğal güzellikleri, ipekçiliği, bıçakçılığı, şeftalisi ve yüksek tarih kültürü ile ünlü bir şehirdir. 1960'lerden sonra gıda ve otomotiv endüstrisi gibi diğer endüstrilerde de gelişme göstermiş ve dolayısıyla nüfus da hızla artmıştır. Bugün Bursa 1.194.687 il merkezi nüfusuyla Türkiye'nin dördüncü büyük şehridir [3].

Şehirde artan nüfus son yıllara kadar büyüyen bir katı atık problemi de beraberinde getirmiştir. Şehrin katı atıkları 1960 yılından itibaren 36 yıl boyunca şehrin kuzeyinde yer alan Demirtaş'taki vahşi döküm sahasına depolanmıştır. 1996 yılında Demirtaş Açık Depo Sahasının kapatılmasının ardından katı atıklar şimdi, 77 ha katı atık depolama alanı ve 20 milyon m³ katı

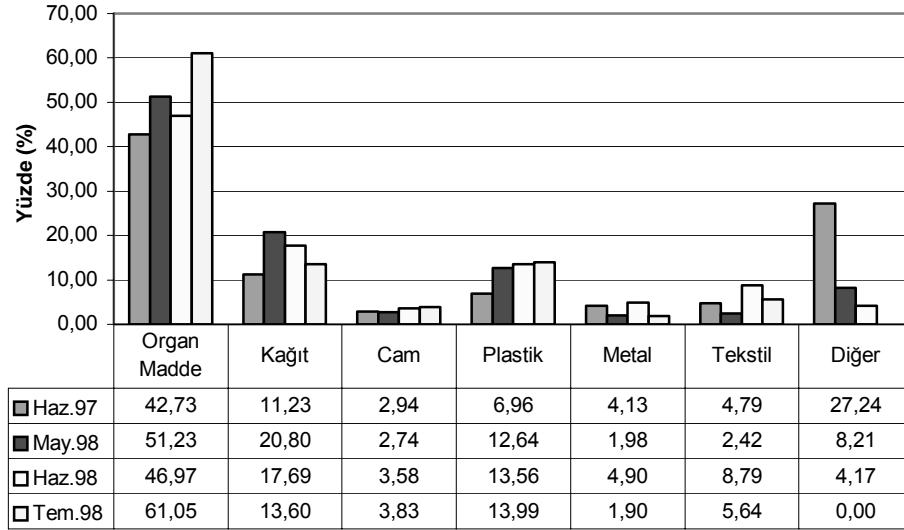
Katı Atık Depo Gazından Elektrik Üretiminin...

atık depolayabilme kapasitesiyle 2025 yılına kadar Bursa'nın ihtiyacına cevap verebilecek olan Bursa – Mudanya yolu yakınındaki Kent Katı Atık Sıhî Depolama Alanı'nda depolanmaktadır [13].



Şekil 2. İstanbul-Kemerburgaz Açık Depo Sahası Elektrik Eldesi

Değişen sosyal ve ekonomik şartlarla birlikte şehrin katı atık içeriği de değişim göstermiştir. Şekil 3'de Bursa'nın katı atık kompozisyonu yer almaktadır. Bursa'da her gün yaklaşık 1.000 ton katı atık oluşmaktadır [13].



Şekil 3. Bursa'nın katı atık kompozisyonu

5. BURSA-DEMİRTAŞ KATI ATIK VAHŞİ DEPOLAMA SAHASI VE DEPO GAZINDAN ELEKTRİK ÜRETİMİ UYGULAMASI

1960 - 1996 yılları arasında 36 yıl boyunca kullanılan Demirtaş'taki vahşi döküm sahası, çirkin görüntüsünün yanı sıra kötü kokular ve yangınlar nedeni ile hava kalitesini, çöp sızıntı suyuyla da yeraltı suyunu ve kaçak sulanan meyve-sebze ürünlerini etkileyerek, çevre ve insan sağlığına zararlı etkiler meydana getirmiştir [13].

Bu olumsuzlukların ortadan kaldırılması ve katı atık yönetimi konularında nasıl bir yol izlenmesi gerektiğine açıklık getirilmesi amacıyla 1991 yılında Bursa Büyükşehir Belediyesi tarafından proje hazırlık kredisi ve Japon hibesi alınarak Evsel ve Endüstriyel Katı Atık Yönetimi Hazırlık Etüdü yaptırılmıştır. Bu etüt kapsamında belirlenen işlerden biri olan mevcut Demirtaş Açık Depo Sahası Rehabilitasyon inşaatı 1994 yılı Aralık ayında başlamış 1996 Aralık ayında tamamlanmıştır. Saha 6 Mayıs 1996 tarihinde çöp kabulüne kapatılmıştır. 16 hektar alana sahip olan sahada toplam 2 milyon m³ atık bulunmaktadır [14].

Saha 10 yıl süreyle kiralanarak yap-işlet modeli ile çıkan metan gazlarının toplanıp değerlendirilerek elektrik enerjisine dönüştürülmesi amacıyla ihale edilmiştir [13]. İşin kapsamında açılmış olan 51 adet düşey gaz bacası yatay borularla birbirine bağlanmış ve 12 adet kollektör merkezinde toplanmıştır. Bu merkezlerde toplanan depo gazı ana gaz toplama borusu kanalıyla jeneratörlere getirilmiştir. Jeneratörlerde yakıt olarak kullanılıp alternatörler vasıtasıyla elektrik enerjisi üretilmektedir. Üretilen 380 V'luk elektrik enerjisi trafo ile 34,5 kV'ya yükseltilip enterkonnekte hatta verilerek TEDAŞ'a satılmaktadır. Sistemde 278 kW'lık 5 adet jeneratör bulunmakta olup tesisin kurulu gücü 1,4 MW/sa, gaz emme kapasitesi 900 m³/sa'tır [15].

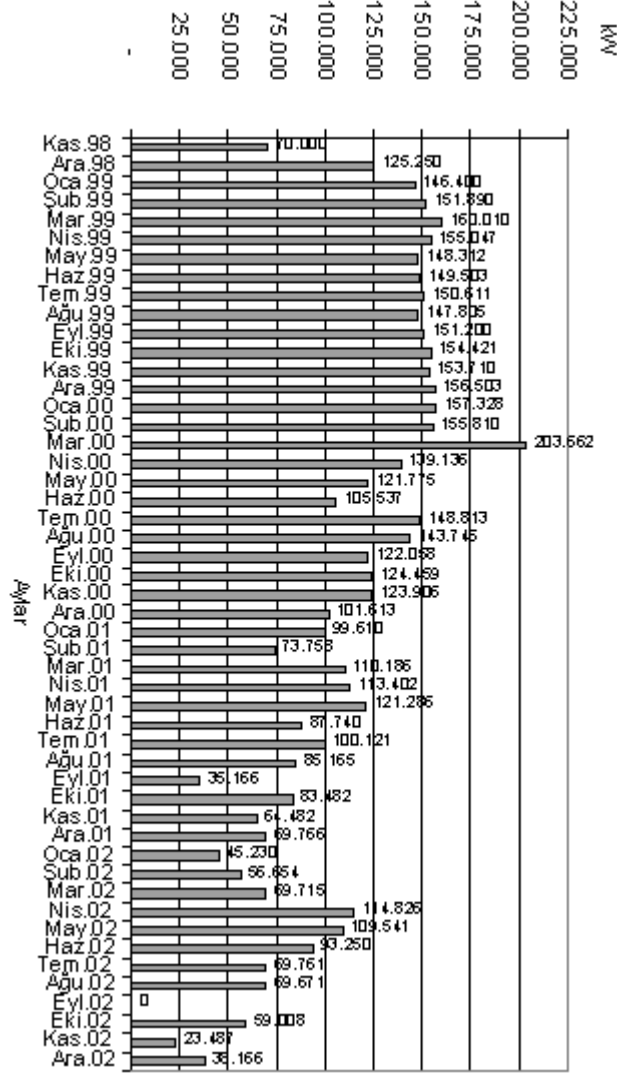
Sahadaki derinlikleri 10-20 m arasında değişen 51 adet kuyudan çıkan gazlar belli periyotlarla ölçüme tabi tutulmuştur. Kuyu başına ortalama CH₄ miktarı %55,8 olarak bulunmuştur [14].

Gazın jeneratör yakıtı olarak kullanılabilmesi için yanma öncesi CH₄ miktarının %40'dan fazla, O₂ miktarının %6'dan az olması gerekmektedir. Oksijen miktarının %6'dan fazla olması verimli yanmayı gerçekleştirmez. Tesis tamamen otomatik kontrollü olarak çalıştığından metanın %40'ın altına oksijenin de %6'nın üzerine çıktığı durumlarda çekilen gaz motorlara girmeden yakma bacasında 1200 °C'de yakılmaktadır [13].

Elektriğin satışından elde edilen gelirin 1. ve 2. yıllar için %3'ü, sonraki yıllar için %6'sının Belediye'ye verilmesi kararlaştırılmış olup sahadan yaklaşık olarak 15 yıl faydalanılacağı tahmin edilmektedir. Böylece bu tesisle atmosfere verilen gazların hava kirliliğine sebep olan olumsuz etkileri giderilmiş ve toplanan gazın jeneratör yakıtı olarak kullanılması ile elektrik enerjisi elde edilmiş olmaktadır [13].

Bursa-Demirtaş Açık Depo Sahasında şimdiye kadar üretilmiş elektrik miktarları Şekil 4'te verilmiştir [15].

Katı Atık Depo Gazından Elektrik Üretiminin...



Şekil 4. Bursa-Demirtaş Depo Gazından Elektrik Eldesi

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Katı atık depo gazının geri kazanılmasına yönelik birçok metot ve teknolojiler geliştirilmiştir. Bunlardan bazılarını bölgesel gaz kullanımı, elektrik üretimi, doğalgaz hattına verme, kojenerasyon ve araç yakıtı olarak kullanma olarak sıralayabiliriz. Bu yöntemlerden elektrik üretme yönteminin, oluşan elektriğin satılması veya kullanılması sonucunda gelir elde edildiği için diğer yöntemlere göre avantajlı olduğu söylenebilir.

Tüm dünyada hızla uygulanmaya başlanan bu yöntem ülkemizde de kullanılmaya başlanmış ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Bugüne kadar Bursa-Demirtaş tesisinden toplam

5.641.979 kW, İstanbul'da ise 2002 yılının son dört ayında toplam 2.321.040 kW elektrik enerjisi elde edilmiştir [15]. Uygulamalardan görüldüğü üzere ülkemiz açısından depo gazından elektrik üretimi, depo gazıyla ilgili diğer geri kazanım yöntemlerine göre uygun olabilir.

Katı atık geri dönüşüm sisteminin etkinleşmesi sonucu, depolama sahalarına gelecek katı atık miktarlarının azalacağı düşünülse dahi, mevcut vahşi depolama sahaları ile açılacak olan düzenli depolama sahalarından oluşan depo gazının elektrik potansiyeli, enerji darboğazları yaşamış ülkemiz açısından büyük bir öneme sahiptir. Merkezi yönetimin bu enerji potansiyelinden faydalanmak için yerel yönetimlere destek vermesi, yerel yönetimlerin ise sahip oldukları depolama sahalarında elektrik üretim potansiyelini araştırması ve sonuca göre hareket etmesi faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Borat M., “*Katı Atık Yönetimi*”, Ders Notları, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 2001, 90-92.
- [2] Gönüllü T., “*Patlama Riski Açısından Çöp Depo Yerleri*”, Kent Yönetimi İnsan ve Çevre Sorunları Sempozyumu, İstanbul, (1999), Cilt 3/3, 313-321.
- [3] DİE, Devlet İstatistik Enstitüsü, (2002), [İnternet] “*2000 Yılı Genel Nüfus Sayımı Kesin Sonuçları*”, http://www.die.gov.tr/2000Nufus_Kesin1.htm [Erişim: Ocak 2003].
- [4] İSTAÇ A.Ş., İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Atık Maddeleri Değerlendirme SAN. ve TİC. A.Ş., (2002), [İnternet], “*Faaliyetler*”, <http://www.istac.com.tr/faal/index.html> [Erişim: Ocak 2003].
- [5] Arıkan O., “*İstanbul Katı Atıklarının Karakterizasyonu ve Havasız Kompostlaşabilirliği Üzerine Bir Çalışma*”, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, 1996.
- [6] CH2M Hill International Ltd. – Antel Arıtma A.Ş., “*Municipal of Greater İstanbul Solid Waste Management Study*”, İstanbul Anakenti Katı Atık Yönetim Etüdü, İstanbul, 1992.
- [7] Demir İ., Altınbaş M., Arıkan O., “*Katı Atıklar için Entegre Yönetim Yaklaşımı*”, Kent Yönetimi İnsan ve Çevre Sorunları Sempozyumu, İstanbul, (1999), Cilt 3/3, 252-262.
- [8] Baştürk A., “*Katı Atıklar Üzerine Bir Araştırma Modeli ve İstanbul için Uygulanması*”, İstanbul, 1979.
- [9] WHO-UNDP, “*Solid Wastes Management in the Metropolitan Area of İstanbul*”, Final Project Report, İstanbul, 1981.
- [10] YAPISAL A. Ş., “*Çöpten Enerjiye Dönüşümün Çarpıcı Öyküsü*”, İstanbul, 2000.
- [11] BİMTAŞ, “*İstanbul Büyükşehir Belediyesi Kapatılmış Kemberburgaz Katı Atık Depo Alanında Oluşan Gazlardan Elektrik Enerjisi Elde Etme Projesi Kojenerasyon Tesisi Fizibilite Raporu*”, İstanbul, 2000.
- [12] YAPISAL A. Ş., İstanbul, 2003.
- [13] Yolcu İ. D., “*Bursa Katı Atık Yönetimi*”, Kent Sorunları İnsan ve Çevre Sempozyumu, İstanbul, (1999), Cilt 3/3, 300-312.
- [14] Varınca K., “*Katı Atık Depolama Sahalarında Oluşan Depo Gazından Elektrik Üretilmesi*”, Bitirme Tezi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul Üniversitesi, 2002.
- [15] Bursa Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma Daire Başkanlığı, Bursa, 2003.