

## DEPO GAZINDAN ENERJİ ÜRETİMİ

Fatih SALTABAŞ, Mehmet Ali YALÇIN

**Özet** – Gelişen teknoloji ve şehirleşmenin çevresel açıdan getirdiği en önemli problemlerden biri, her gün hepimizin evinden çeşitli içeriklerde çıkan katı atıktır. Katı atığın toplanması, taşınması ve depo edilmesi önemli bir çevre sorunudur. Fakat, depo alanlarında oluşan depo gazının hem çevresel hem de insan sağlığı üzerine olumsuz etkisi düşünüldüğünde asıl sorunun burada olduğu anlaşılmaktadır. Bu yüzden meydana gelen bu depo gazının olumsuz etkilerini en az düzeye indirmek gerekmektedir. Bunun için de dünyada çeşitli teknikler kullanılmaktadır. Bu tekniklerin içersinde en etkili olanı, ekonomik açıdan da düşünüldüğünde depo gazının yakıt olarak kullanılması ve enerji üretilmesidir.

**Anahtar Kelimeler** – Depo gazı, kojenerasyon, enerji üretimi.

**Abstract** – The most important of the problem that the developing technology and urbanization is the solid waste where it is thrown various contents from our home everyday. Collecting, transporting and storing of the solid waste are important environment problem. The landfill area produces the landfill gas. But if we consider bad effect about environment and human health of this landfill gas where it is produced in the landfill area, the main problem is realized. So these bad effects of the landfill gas have to be decrease the minimal level. For this reason, various techniques are used in the world. The most effective of these techniques, if we consider the economic aspect, are used the landfill gas as a fuel. Then produce the energy from landfill gas.

**Key Words** – Landfill gas, cogeneration, energy production.

Fatih SALTABAŞ, İstanbul Büyükşehir Belediyesi İSTAÇ A.Ş. Çöp Gazından Elektrik Enerjisi Üretim Tesisi, Kemerburgaz İSTANBUL  
[fatihsaltabas@hotmail.com](mailto:fatihsaltabas@hotmail.com)  
Mehmet Ali YALÇIN, Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

### I. GİRİŞ

Organik içerikli çöplerin (evsel atık vs.) anaerobik ortamda çürümesiyle oluşan metan gazının ( $CH_4$ ), hem patlama riski hem de atmosfere sera etkisi vardır. Bu etkilerin her ne şekilde olursa olsun mutlaka bertaraf edilmesi gerekmektedir. Kontrolsüz bir şekilde depolanan çöplerin ürettiği metan içerikli depo gazı belli bir basınç değerine ulaşıp oksijen ile temas geçerse ( % 5 LEL(Low Explosion Limit) ) korkunç bir patlama meydana gelmektedir. Nitekim 1993 senesinde Ümraniye çöplüğünde böyle bir patlama meydana gelmiş ve onlarca kişi göçük altında kalarak hayatını kaybetmiştir.

İnsan yaşamı bizim için ne kadar önemli ise yaşadığımız ortam da bir o kadar önemlidir. Depo gazı (LFG) içerisindeki metan gazının atmosfere olan sera etkisi  $CO_2$  gazının yaklaşık olarak 21 katıdır. Bu denli büyük ve tehlikeli etkilerin en azından belli bir sıcaklık değerinde ( $1020^\circ C$ ) yakılarak bertaraf edilmesi gerekmektedir.

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 [1].

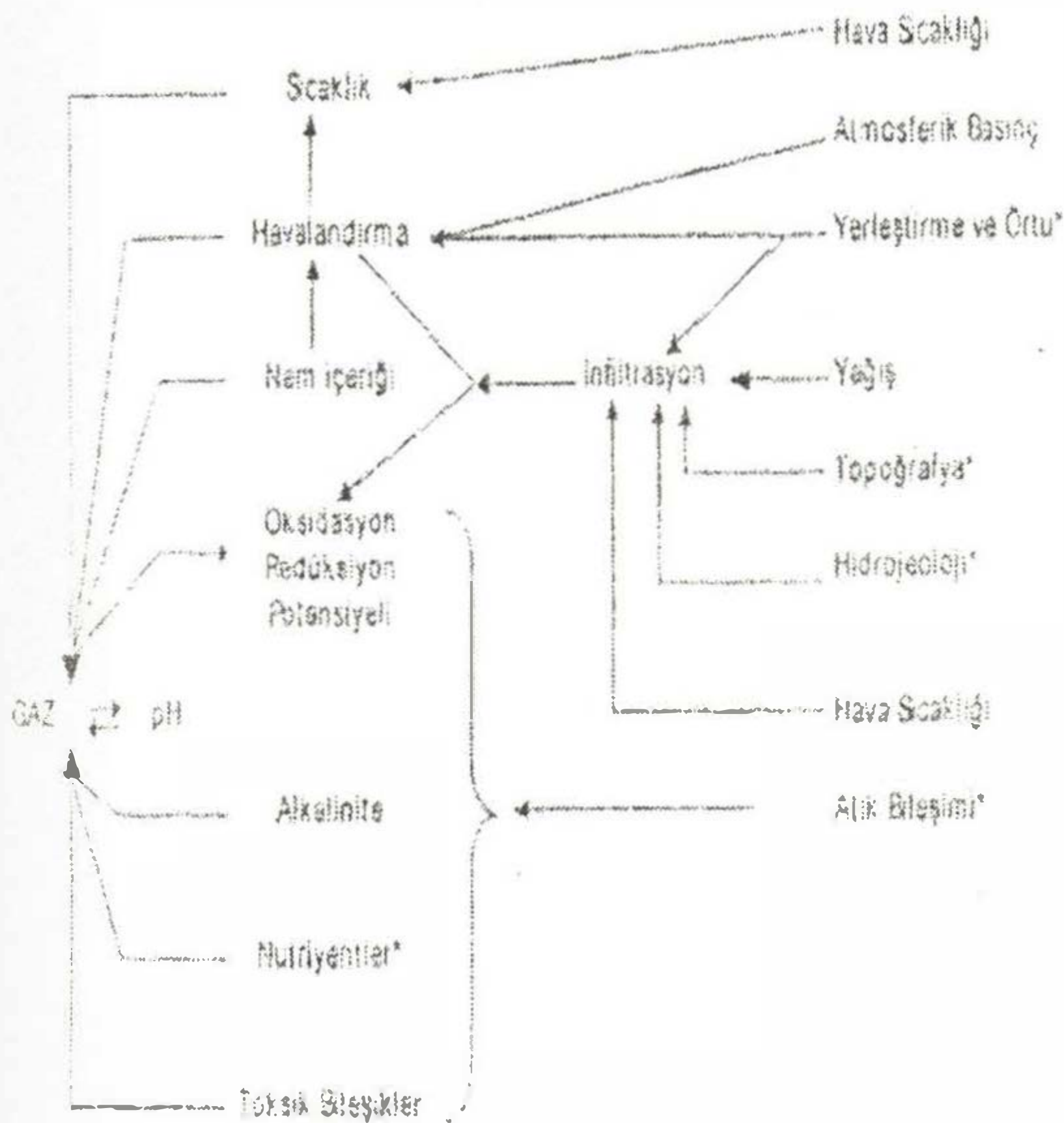
Ekonomik sebepler de hesaba katılacak olursa çöp gazının içerisindeki metanın kalorifik değerinden faydalanmak ve bu atıl enerjiyi faydalı bir enerji türüne çevirmek elbette ki daha mantıklı olacaktır. Diğer enerji türlerine kıyasla elektrik enerjisi birim maliyet açısından daha ucuz ve temiz bir enerji kaynağı olduğundan Çöp gazından elektrik enerjisi üretimi bu potansiyeli değerlendirmede daha uygun olacaktır.

### II. DEPO GAZI ÜRETİMİ

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 sonuçları kullanarak gerçekleştirilebilir. Her iki durumda da gaz üretimini etkileyen biyokimyasal ve fiziksel faktörlerin ve söz konusu saha koşullarının iyi şekilde anlaşılması gerekmektedir [2].

### III. DEPO GAZI OLUŞUMUNU ETKİLEYEN 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 [3]. Şekil 1. söz konusu bu faktörleri göstermektedir.



Şekil 1. Gaz oluşumunu etkileyen faktörler

#### III.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 sahaslarında bile bu nem seviyesine ulaşmak mümkündür. Bundan dolayı, depo gazı bütün depolama sahaslarında üretilmektedir [3].

#### III.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 [3].

#### III.3 PH Seviyesi

Anaerobik çürütme için optimum pH aralığı 6.7-7.5 olarak ifade edilmektedir. 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 olması durumunda, 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 [3].

#### III.4 Atık 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 taşınımından bağımsız "mikro ölçekli ortamların" oluşumu [3].

#### III.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 sahasları mezofilik aralıkta çalışmaktadır. Depolama sahaslarında 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 [3].

#### III.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, nütriyent ve bakteriler için daha büyük yüzey alanları sunmaktadır. İyi şekilde öğütülmüş bir atık kütlesi mikrobiyal aktivitenin ve nütriyentlerin dolaşımının artmasına neden olmaktadır. Bu durum özellikle yeterli nemin bulunması şartında geçerlidir [3].

### III.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  $300-450 \text{ kg/m}^3$  olan depolama sahalarında, atık yoğunluğu ile gaz oluşumu arasında çok belirgin bir ilişkinin varlığı görülmektedir [3].

## IV. DEPO GAZLARININ KONTROLÜNDE MEVCUT TEKNOLOJİLER

Depo gazının 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 metottur. Gaz kontrol sistemlerinin uygulanabilir olduğu durumlarda doğal bariyerler ve hendekler, membranlar, kuyular ve ağızlıklar gibi inşa edilebilir yapılar kullanılmaktadır. Doğal bariyerlerde nemli ince-taneli toprak ve doygun kaba-taneli topraklar kullanılmaktadır. İnşa edilen sistemler ise aktif ve pasif olarak ikiye ayrılmaktadır. Bu iki sistemin temel farkları aşağıda verilmektedir :

- 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 ve 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:

- ✓ 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 [3].

## V. DEPO GAZININ ARITILMASI VE SOĞUTULMASI PROSESİ

Mevcut teknolojiler kullanılarak elde edilen depo gazının içerisindeki toz ve partiküller filtre edilir. Filtre malzemeleri arasında elyaf ve çelik yapıları filtreler seçilebilir. Fakat depo gazının içerisinde bulunabilecek toz ve partikül miktarının fazla olması durumunda çelik filtre

kolay temizlenebilirliği yüzünden tercih edilmelidir. Ayrıca depo gazının kinetiğinden dolayı oluşabilecek drenaj suyu bir drenaj toplama sistemi ile gazın içinden alınmalıdır. Gaz sıcaklığının belli bir değerin altında olması volumetrik verim açısından önemlidir. Bu depo gazı uygulamaları için yaklaşık olarak  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  dir. Bu yüzden gaz sıcaklığının sürekli takip edilmesi ve bu sıcaklığın üzerine çıkılmaması için gereken soğutma yapılmalıdır.

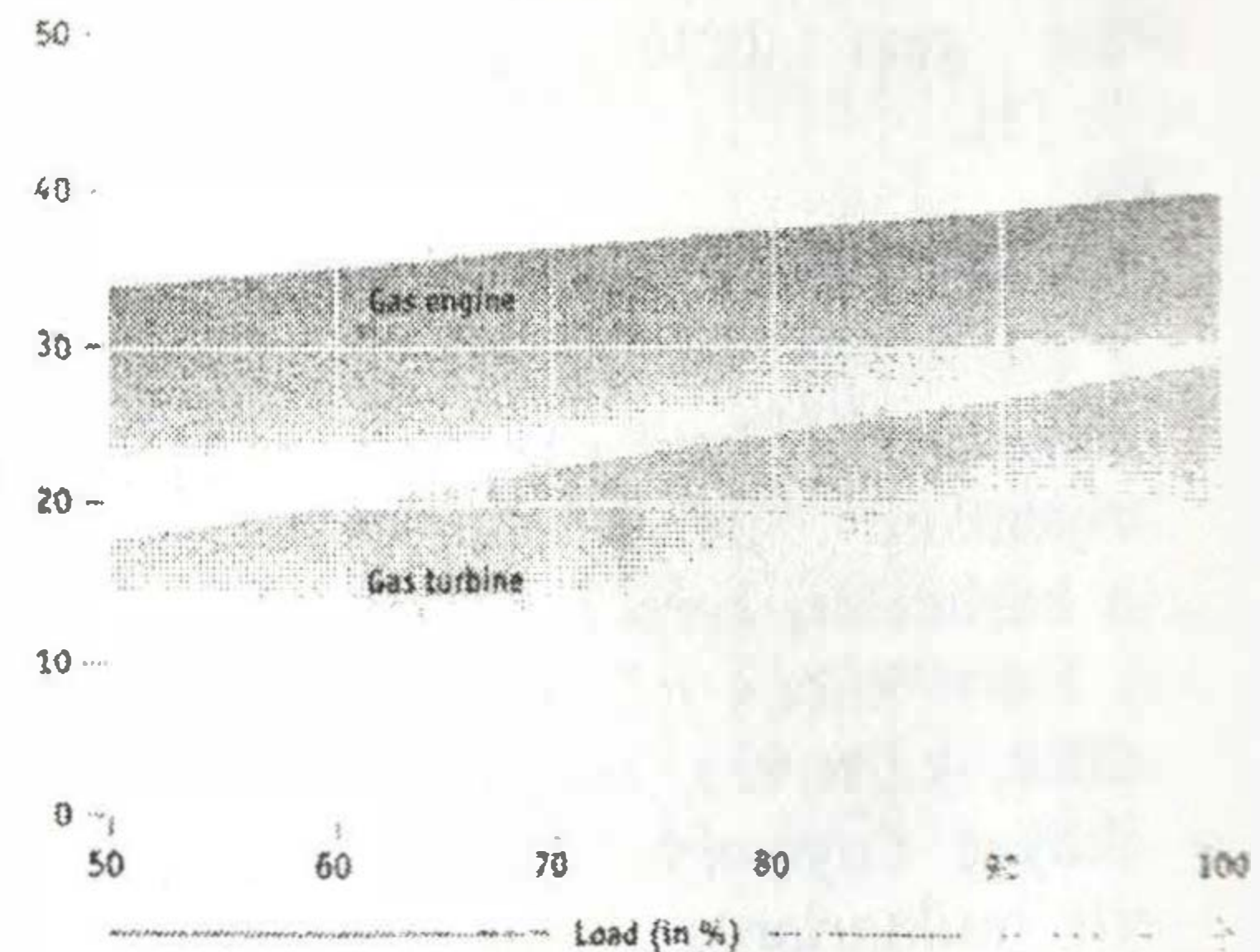
## VI. DEPO GAZINDAN ENERJİ ÜRETİMİ PROSESİ

Arıtılan ve soğutulan depo gazı enerji üretimi prosesi için hazır hale gelmiş demektir. Bu iş için özel tasarlanmış sistemler mevcuttur ve bu sistemlere genelde doğal gaz ile çalışan kojenerasyon sistemlerini örnek olarak gösterebiliriz. Kojenerasyon yani; birleşik ısı-güç sistemleri (CHP) hem elektrik enerjisi hem de ısı enerjisini birlikte üretme amacına yöneliktir ve toplam verim açısından konvensiyonel sistemlere nazaran çok üstündür. Kojenerasyon sistemlerinde gaz motoru uygulamaları veya gaz türbini uygulamaları kullanılmaktadır.

Günümüzde bütün endüstri kollarında uygulanan üretim teknolojilerinde, enerji kullanımında ağırlık; ısıdan elektrik enerjisi üretimine doğru kaymaktadır. Makine ve tesislerin spesifik ısı ihtiyaçlarının azaltılması ve otomasyon düzeyinin sürekli artması nedeniyle üretim proseslerinde söz konusu olan "elektrik enerjisi/proses ısı oranı" yükselmektedir.

Buhar türbinlerinde; buharın içerdiği ısı enerjisinin kondensasyon sırasında soğutma kulelerinden havaya atılması nedeniyle santralin toplam çevrim verimliliği, beklenen düzeyin altında kalmaktadır.

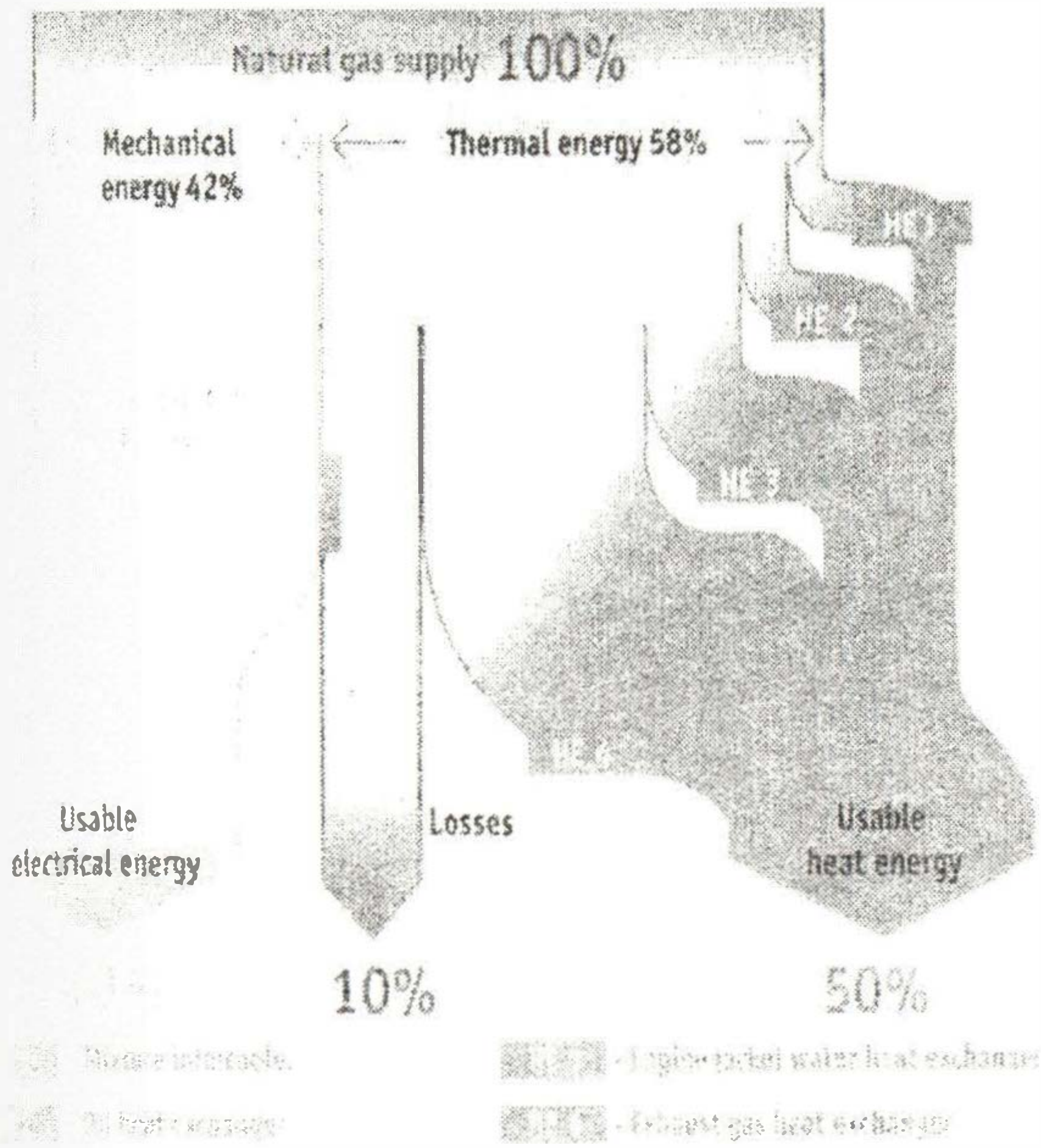
Özellikle 1985 yılından sonra dünyada tesis edilen enerji santrallerine (ve kojenerasyon tesislerine) bakıldığında gaz motoru uygulamalarının, buhar türbini uygulamalarına göre çok daha fazla gerçekleştiği görülmektedir [4].



Şekil 2. Gaz motoru ve gaz türbini uygulamalarında elektriksel verim

Gaz motoru uygulamalarında elektriksel verim %35-40, ısı verimi %55-50 olmakta ve toplam verim %90 seviyesine ulaşabilmektedir. Gaz türbini uygulamalarında ise ısı verimi daha yüksek olmakta ve spesifik ısı ihtiyacı fazla olan tüketiciler için uygun bir seçenek oluşturmaktadır [5].

Motora ulaşan gaz; motorda hava ile karışarak silindirlerde yakılır. Yanma etkisiyle motorun krank mili döner. Krank miline direk (akuple) bağlı jeneratör milinden elektrik enerjisi elde edilir ve transformatörlerde istenilen gerilim değerine dönüştürülerek amaçlanan yerlerde kullanılır. Yukarıdaki şekilde gösterilen atık ısı ise çeşitli yerlerde değerlendirilebilir.



Şekil 3. Gaz motorlu kojenerasyon sistemlerinde toplam verim

Bu genel bilgiler doğrultusunda kullanılacak gaz motoru ve jeneratör setinin gücü, mevcut çöp sahasının metan konsantrasyonu ve gaz debisi göz önünde tutularak seçilir. Mevcut çöp sahasındaki evsel nitelikli 1.000.000 ton çöpten kaba bir hesaplama saatte 1MW elektrik enerjisi 1,25 MW da ısı enerjisi tesis edilebilir. Fakat bu hesap ortalama bir hesaptır ve çöp sahasındaki organik içerikli malzemelerin oranına ve eğer hacimsel bir hesap yapıldıysa çöpün sıkıştırma oranına bağlıdır.

Yapılacak gaz miktarı (debisi) hakkında kesin bir sonuca ancak pompalama deneyleri neticesinde ulaşılır. Çöp sahası üzerine açılacak deney kuyularından gaz, bir emici fan vasıtasıyla emilir ve ulaşılabilecek maksimum gaz debisi hesaplanır [6].

## VII. SONUÇ

Daha önce de belirtildiği gibi atıl durumda olan ve hatta kontrolsüz uygulamalar sonucunda çok tehlikeli hale geçen çöp gazından dolayısıyla çöplerimizden bu şekilde yararlanabilmek ve faydalı hale getirebilmek mutluluk verici bir olaydır. Dünyada çok örneği olmasına rağmen Türkiye’de İstanbul Büyükşehir Belediyesinin kurmuş olduğu ve İSTAÇ A.Ş tarafından işletilen ve kurulu gücü 4 MW olan Çöp gazından Elektrik Enerjisi Üretim Tesisi bulunmaktadır. Türkiye’de daha birçok uygulamasını göreceğimiz bu tip tesisler arttıkça hem ülke ekonomisi kalkınacak hem de daha önemlisi çevreye ve insanlara olabilecek zararlar bertaraf edilecektir.

## KAYNAKLAR

- [1]. Tchobanoglous, G., Theisen, H. And Vigil, S.A., 1993. Integrated Solid Waste Management – Engineering Principles and Management Issues, McGraw-Hill International Editions.
- [2]. Pohland, F.G., Harper, S.R., 1985. Critical Review and Summary of Leachate and Gas Production From Landfills, USEPA Office of Research and Development.
- [3]. McBean, E.A., Rovers, F.A. and Farquhar, G.J., 1995. Solid Waste Engineering and Design, Prentice Hall PTR, New Jersey.
- [4]. Metan Gazından Elektrik Enerjisi Elde Etme Projesi Kojenerasyon Tesisi Fizibilite Raporu, BİMTAŞ, 1999-2000.
- [5]. Jenbacher Energy, Cogeneration With Gas Engines.
- [6]. Kemberburgaz Landfill Site Power Generation Scheme Review. Biogas Technology Limited. June 2003. Report No:1982.