

## Biyogaz Tesislerinde Organik Katı Atıkların Enerji Ve Organik Gübre Eldesi İle Değerlendirilmesi ve Üretim Teknolojilerine Genel Bir Bakış

Namik Ak

Bahçeşehir Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, 34349, Beşiktaş, İstanbul

### Özet

Bilindiği gibi biyogaz, organik maddelerin oksijensiz şartlarda biyolojik parçalanması sonucu oluşan, ağırlıklı olarak metan ve karbondioksit gazından oluşmaktadır. Biyogaz üretiminde; hayvancılık, tarım, orman endüstrisi, deri ve tekstil endüstrisi, kağıt endüstrisi, gıda endüstrisi, park-bahçe atıklar ile, evsel atık su arıtma tesisi atıklarından oluşan çok çeşitli yelpazede organik maddeler kullanılarak ağırlıklı olarak metan ve karbondioksit gazı, kanşık bir mikrobiyolojik flora tarafından üretilmektedir. Oksijensiz bozunmada bekleme süresine, atıksu ve atık organik maddelerin türüne, ortamın pH' ı ile içerdikleri iyonlara ve bunlara bağımlı olarak meydana gelen mikroorganizma topluluğunun yapısına göre biyogaz verimi değişmektedir.

Biyogaz temiz ve ısı değeri yüksek, çok yönlü bir enerji kaynağıdır. Doğal gazın alternatif bir gaz yakıt olup, doğrudan yakma-ısıtma ve ısıtma, motor yakıtı (benzinle çalışan motorlarda doğrudan veya metan gazı saflaştırılarak, dizel motorlarda % 18-20 oranında motorin ile kanşarlarak), türbin yakıtı-elektrik eldesi, yakıt pili yakıtı, doğal gaz içine katkı maddesi gibi kullanım sahaları vardır.

Özellikle, yenilenebilir enerji kaynaklarının çok önem kazandığı günümüzde çevresel açıdan temiz bir enerji kaynağı olan biyogaz, aynı zamanda tükenmekte olan doğal gazın da önemli bir alternatif oluşturması bakımından önemlidir. Bu nedenle, hem organik içerikli atıkların değerlendirilmesi hem de biyogaz ile enerji eldesi bakımından önem arz eden biyogaz, sistemleri önemsenmeli ve yeni teknolojilerin geliştirilmesi için gerekli yatırımlar ve çalışmalar başlatılmalıdır.

Bu çalışmada organik atıklardan biyogaz eldesinin günümüzdeki önemi ve biyogaz üretim tesislerinin teknolojileri ile elde edilebilen biyogaz veriminin artırılmasının önemi üzerinde durulması planlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Katı Atık, Organik Atık, Metanizasyon, Anaerobik Bozunma, Biyogaz, Organik Gübre

### A General Evaluation of the Use of Organic Solid Wastes in Biogas Plants for the Production of Energy and Organic Fertilizers through New Technologies

#### Abstract

As it is known biogas is composed mainly of methane and carbon dioxide come out as a result of the biological fragmentation of the organic substances under

oxygen-free conditions. In biogas production, the wastes produced by wide variety of organic substances obtained from animal husbandry, agriculture, forest industry, leather, textile, paper, and food industries, as well as the wastes from parks/gardens, homes and municipal water treatment plants are used in order to produce methane and carbon dioxide by a complex microbiological flora. Biogas fertility varies according to the oxygen-free waiting period at digestion, type of wastewater and waste organic matter, pH and ions of the environment and structure of the microorganisms produced there.

Biogas is a clean, versatile energy source of high heat value. It is an alternative fuel gas for natural gas and used in direct combustion, in heating, as motor fuel (as pure or mixed with purified methane gas in gasoline engines, and mixed with motorin of 15-20% in diesel engines), in the production of turbine fuel-electric, the fuel battery fuel, and as additive to natural gas.

Biogas which is an environment friendly energy source along with the rising popularity of renewable energy sources today, is an important alternative to depleting natural gas sources.

Therefore, since biogas is important for the reuse of the wastes of organic content and for the energy production, organic biogas systems should be taken into consideration and necessary investments should be initiated in order to develop new technologies.

**Keywords:** Solid Waste, Organic Waste, Metanization, Anaerobic Fermentation, Biogas, Organic Fertilizer

## 1. Giriş

Genelde Türkiye'nin, özelde İstanbul Büyükşehirin yaş halindeki katı atıklarının bileşenleri incelendiğinde; %45-50 oranında organik madde, %30-35 oranında geri kazanımı mümkün kâğıt, cam, metal, plastik, tetrapak v.b. malzemelerden meydana gelen ambalaj atıkları, %15-20 nispetinde düzenli depolanması gereken atık olarak ortaya çıkar [1]. Buradan, organik ve inorganik maddelerden oluşan katı atığın neredeyse %75-85 oranındaki kısmının geri kazanımının mümkün olduğu anlaşılır. İnorganik ambalajlı atıklar geri dönüşüm aracılığıyla kendilerine dönüştürülürken, organik menşeli ki, sebze-meyve, park-bahçe, yemek, mezbaha (kan, idrar, kıl-tüy, kanat, sakatat, v.s.) atıklar; büyükbaş, küçükbaş, kanatlı hayvanların gübreleri; anaerobik ortamda "metanizasyon reaksiyonu" sayesinde hem alternatif yenilenebilir enerji kaynağı Metan (CH<sub>4</sub>), hem %100 sulu organik gübre eldesi mümkün biyogaz tesisleri kurmak, ülke genelinde ambalajlı atıklar gibi organik atıkları kaynağında ayrı toplamak ve geri kazanmak başta ülke ekonomisine, yerel yönetimlerine katma değer katacağı gibi, depolama alanının oluşumunda arazi temini, hazırlaması ve işletim maliyetlerinin oldukça pahalı olduğu düşüncesinden hareketle, gereksiz yere depolama alanlarında hücresel hacimin işgal edilmemesine, özellikle, gerçekten değerlendirilmesi imkanı olmayan işe yaramayan, inert malzemelerin sıkıştırılarak ve toprak örtüsünün yapıldığı düzenli, hijyenik depolanmasına fırsat ve öncelik verilmiş olacağı düşünülebilir [1,2].

Bugün, Türkiye'nin 3225 yerel yönetiminin düzenli depolama tesisi olan iller (34 tesis), inşaat aşamasında olan iller (26 tesis), uygulama projesi aşamasında olan iller (10 tesis), ÇED sürecinde olan iller (7 tesis), yer seçimi ve tahsis aşamasında olan iller (7 tesis), AB Projesi kapsamında olan iller (10 tesis) olduğu; yani, 2003 yılına kadar 15 düzenli depolama tesisi ile 150 belediyede, 23 milyon nüfusa hizmet verilmekteyken 2008 yılı itibarıyla: 34 tesiste, 450 belediyenin katı atıkları, 29,1 milyon nüfusa hizmet edecek şekilde düzenli depolama tesislerinde bertaraf edilir hale getirilmiştir [3].

İstanbul gibi dünya kentinde ise, 1988'lerde etüt çalışmalarını yapılmış, raporları hazırlanmış ve sonuçta kararı verilmiş ve 1992 yılında vahşi depolamadan düzenli depolamaya geçme hamlesi yapılmış; 1994 yılında hızlandırılmış ve 1995'de düzenli depolama deneme işletmesi başlamış; 1997 senesinde ise, İstanbul'da katı atık vahşi depolamaya son verilmiş ve tamamen düzenli depolamaya geçilmiştir [3]. Halen İstanbul'da 2001'de devreye giren 1000 ton/gün kapasiteli Avrupa'nın bir

*Biyogaz Tesislerinde Organik Katı Atıkların Enerji Ve Organik Gübre Eldesi İle Değerlendirilmesi...*

numaralı Avrupa Yakası İşıklar Köyü "Geri Kazanım ve Kompost Tesisi" organik orijinli materyalleri kapalı ortamda işlemekte ve 8 haftada kompost elde etmekte iken, 2008'de işletmeye alınan 2000 ton/gün kapasiteli organik orijinli maddelerin açıkta kompostlaşması programlı Asya Yakasında "Kömürçüoda Geri Kazanım ve Kompost Tesisi" mevcuttur. İstanbul'un nüfusunun 15 milyon, kişi başına günlük atık miktarının 1 kg katı atık olduğu varsayılırsa, 15.000 ton katı atığın sadece 1/5'i (%20'si) geri kazanılırken çoğunluğu (4/5=%80'i) düzenli depolanmaktadır. Bilinmektedir ki, AB Haziran 1999 Direktifleri çerçevesinde katı atık yönetiminde 5 R (1R: Reduce/Atığı Azalt, 2R: Recycling/Geri Dönüşüm, 3R: Recovery/Geri Kazanım, 4R: Reuse/Yeniden Kullanım, 5R: Recovered/Recycled Buying/Geri Kazanılmışı/Dönüşümlüyü Satın Al) hedefleri yönünde atığı azaltmak, yeniden geri kazanmak esastır; hatta "sıfır atık" yönünde doğal kaynakları tüketirken savurgan değil, tasarruflu olmak gerektiği; hele evrende yaşanabilir tek gezegen yaşanmış dünyada, insanlığın sorumsuz ve bilinçsiz davranışına, gelecek neslin emaneti, fosil yakıtları hoyratça kullanımı atmosferde "Sera Gazı", "Küresel Isınma" neticesinde, "İklim Değişikliği" ve sonuçları itibarıyla hayatın doğal dengesinin (ekosistemin) bozulmasına, doğal felaketlere davetiye çıkardığı ve bunda insan aktif rol oynadığı kaçınılmazdır [1,2]. Çünkü bugün bilinmektedir ki, doğal afetlerin %90'ı hava, iklim ve su ile ilgilidir [WMO 2006, 4].

İstanbul ve Türkiye katı atığın neredeyse yarısını teşkil eden organik maddelerin, kaynağında ayrı toplanması konusunda yöntemin iyileştirilmesi, disipline edilmiş sistemin geliştirilmesi ile kısa zamanda biyogaz tesisleri inşa ederek, sisteme giren organik maddenin anaerobik/havasız ortamda fermentasyonu/çürütülmesi ile yenilenebilir enerji kaynağı metan ve sulu %100 organik gübre elde edilecektir. Bugün dünyanın %70'i (3/4'ü) suyla çevrili olmasına karşılık, ciddi su ve enerji sorunu ile karşı karşıya kaldığı göz önünde bulundurulursa, biyogaz tesisleri bir ürüne karşılık iki ürünün alındığı ve önemli bir katma değer kazandırdığı göz ardı edilemez. Hâlbuki kompost; bir toprak zenginleştirici madde iken, biyogaz tesislerinde organik materyallerin biyometanizasyon yoluyla değerlendirilmesi sonucu biyogaz dışında oluşan %100 organik sulu gübredir. İstenirse sulu gübre, ek tesisle beraber kurutmak mümkünken, susuzluğun ciddi seviyelere eriştiği ülkemizde de, "sulu organik gübre" kullanmakla, adeta sulama işini de birlikte yapılmasına imkân sağlamaktadır. Dolayısıyla, biyogaz tesisi doğal organik gübre, su ve enerji eldesi dikkate alınırsa bire karşılık üç ürün alınabilir dense yeri vardır [1, 2].

*Çizelge 1. İstanbul ve Türkiye Katı Atıklarının %Yaş Ağırlık Olarak Özellikleri*

PARAMETRE	BAŞTÜRK (1979)	TÜRKİYE ERDİN (1980)	WHO/UNDP (1981)	CH2MHİLL (1992)	ARIKAN (1996)	İSTAÇ A.Ş. (2001)
KÜL	29	(<8 mm)1-40	14,6	15	13,2	9,28
ORGANİK MADDE	46,5	20-80	60,6	45	48	42,97
KAĞIT	19	5-15	18,8	14,5	8,4	7,76
PLASTİK	3,5	1-6	3,1	9,5	11	4,8
CAM	3,0	1-10	0,7	3,8	4,6	6,2
TEKSTİL	3,0	0,5-5	3,1	5,6	2,9	5,36
METAL	1,5	1,1-4,2	1,5	2,2	2,3	5,8
DİĞERLERİ	1,5	Taş,por0,2-5	6,9	4,4	2,3	Kül içinde
ÇOCUK BEZİ	-	-	-	-	3,2	8,46
TOPLAM KATI ATIĞIN	I	II *	III	IV	V	VI
1-KOMPOST VEYA BİYOMETAN	46,5	20-80	60,6	45	48	42,97
2-GERİ DÖNÜŞÜM	30,0	8,8-45,2	27,20	35,6	29,20	39,29
3-DÜZENLİ DEPOLAMA	30,5	1-40	14,6	15	16,4	17,74

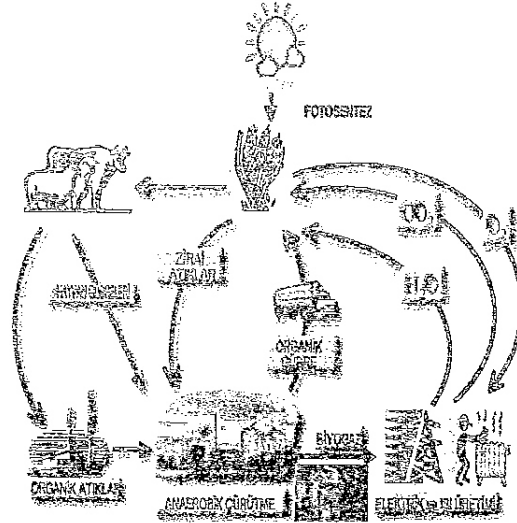
\* Türkiye geneli için katı atığın %68'i organik madde, %13'ü geri dönüşüm (değerlendirilebilir), %19'u diğer matzeme ki, düzenli depolama veya başka yollarla bertarafı mümkün bileşenlerden meydana gelmektedir [12].

### 1.1. Biyogaz Nedir ve Özellikleri Nelerdir

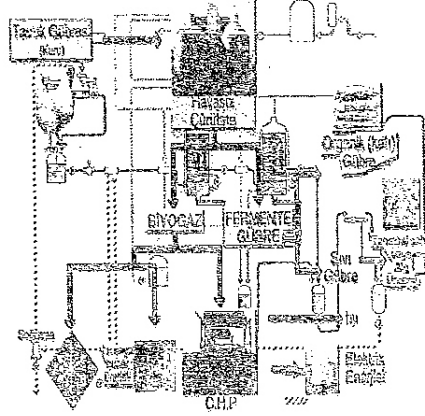
Biyogaz, hayvansal ve bitkisel atıkların oksijensiz ortamda ayrışması sonucu ortaya çıkan bir gaz karışımıdır. Biyogaza "Bataklık Gazı", "Gübre Gazı", "Gobar Gaz" gibi isimler de verilmektedir. Biyogaz; renksiz, yanıcı, ana bileşenleri metan ve karbondioksit olan, az miktarda hidrojen sülfür, azot, oksijen ve karbonmonoksit içeren bir gazdır. Genellikle organik maddenin %40-%60 kadarı biyogaza dönüştürülür. Biyogazın genel bileşiminin hacimsel %40-80'i CH<sub>4</sub>, %20-50'si CO<sub>2</sub>, %0-5'ini Hidrojen (H<sub>2</sub>), %0-3'ünü Azot (N<sub>2</sub>), %0.0002-0.0005'ini Hidrojen Sülfür (H<sub>2</sub>S), %0.0001-0.0005'ini Amonyak (NH<sub>3</sub>) oluşturmakta ve ısıl değeri 17-25 MJ/m<sup>3</sup>'tür. Geri kalan artık ise kokusuz, gübre olarak kullanmaya uygun bir katı veya sıvı atıktır [5].

Biyogaz organik maddelerin anaerobik (oksijensiz) ortamda, farklı mikroorganizma gruplarının varlığında, biyometanlaştırma süreçleri (havasız bozunma- biyolojik bozunma - mikrobiyal bozunma - anaerobik fermentasyonun kontrollü süreci) ile elde edilen bir gaz karışımıdır. Şekil 1.'de fotosentez-biyogaz üretimi, kullanımı döngüsü şematik gösterilmektedir [5].

Biyogaz, temiz ve mavi bir alevle yanar. Biyogaz, kullanılmadığı zaman çürük yumurta kokusundadır, ancak yanarken bu koku kaybolur. Bu özellik, biyogazı ileten borularda kaçak olup olmadığını anlamada kolaylık sağlar. Biyogaz çok düşük sıcaklıklarda (-164 °C) sıvılaştırılabilmektedir. Bu işlem çok pahalıdır bu nedenle gaz tüplerinde depolanması ekonomik değildir. Genellikle gaz halinde kullanılmaktadır [5].



Şekil 1. Fotosentez Biyogaz Döngüsü



Şekil 2. Genel Biyogaz Tesisi

## 1.2. Biyogaz Üretimi ve Mikrobiyolojisi

Biyogaz organik maddelerin oksijensiz şartlarda biyolojik parçalanması (anaerobik fermantasyon) sonucu oluşan ağırlıklı olarak metan ve karbondioksit gazıdır. Çeşitli organik maddelerin metan ve karbondioksit dönüşümü karışık mikrobiyolojik flora tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu oksijensiz bozunma sonucunda metan gazı üç aşamalı bir işlem sonucunda oluşur. Oksijensiz bozunmanın (anaerobik fermantasyonun) üç aşaması aşağıdaki gibi sıralanır:

### Fermantasyon ve Hidroliz:

Fermantatif ve hidrolitik bakteriler olarak isimlendirilen bakteri grupları organik maddenin üç temel ögesi olan karbon hidratları ( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub>, proteinleri ( $6C_2NH_3 \cdot 3H_2O$ ) ve yağları ( $C_50H_90O_6$ ) parçalayarak  $CO_2$ , asetik asit ve büyük bir kısmını da çözülebilir uçucu organik maddelere dönüştürürler. Bu son gruptaki uçucu organik maddelerin büyük bir bölümünün uçucu yağ asitleri olması nedeniyle, bu aşamaya uçucu yağ asitlerinin [ $CH_3(CH_2)_nCOOH$ ] oluşum aşaması adı da verilir [6].

### Asetik Asidin Oluşumu:

Bu aşamada, birinci adım sonucunda açığa çıkan ve uçucu yağ asitlerini asetik aside dönüştüren asetojenik (asit oluşturan) bakteri grupları devreye girer ve bir kısım asetojenik bakteriler uçucu yağ asitlerini asetik asit ve hidrojen dönüştürmektedir. Diğer bir kısım asetojenik bakteri grubu ise açığa çıkan karbondioksit ve hidrojeni kullanarak asetik asit oluşturmaktadır. Ancak bu ikinci yolla oluşan asetik asit miktarı, birinciye oranla daha azdır [6].

### Metan Gazının Oluşumu:

Anaerobik fermantasyonun bu son basamağında metan oluşturan bakteri grupları devreye girer ve bir kısım metan oluşturan bakteriler  $CO_2$  ve  $H_2$ 'yi kullanarak metan ( $CH_4$ ) ve suyu ( $H_2O$ ) açığa çıkarırlarken, öteki bir grup metan oluşturan bakteriler ise ikinci adım sonucunda açığa çıkan asetik asidi kullanarak  $CH_4$  ve  $CO_2$  oluşturmaktadırlar. Ancak bu aşamada birinci yolla oluşan metan miktarı, ikinci yolla elde edilen metan miktarından daha azdır. Üretilen tüm metanın %30'u birinci yolla, %70'i ikinci yolla yapılmaktadır [6].

Bu üç aşamada üç değişik bakteri grubu etkinlik göstermektedir. Anaerobik fermantasyonda bekleme süresine, atık su ve atık organik maddelerin türüne, ortamın pH ile içerdikleri iyonlara ve bunlara bağımlı olarak oluşan mikroorganizmalar topluluğunun yapısına göre üç değişik sıcaklık bölgesi mevcuttur. Anaerobik fermantasyonun üçüncü adımında devreye giren ve metan oluşumunu sağlayan metan bakterileri, fermantasyon ortamının sıcaklığına göre üç gruba ayrılır. Bunlar; 1- Psychrophilic (Sakrofilik) Bakteriler, optimum faaliyet

sıcaklığı: 5-25 °C; 2-Mezophilic (Mezofilik) Bakteriler, optimum faaliyet sıcaklığı: 25-38 °C; 3- Thermophilic (Termofilik) Bakteriler, optimum faaliyet sıcaklığı: 50-60 °C'dır [6].

Bugün, kurulan bir çok biyogaz tesisinin kullanım dışı kaldığı bilinmektedir. Tüm şartların uygun olduğu durumlar içerisinde kurulması gereken bölgeler için en uygun biyogaz tesis tipi seçilmelidir. Üretilen biyogazın kapsamındaki metan gazı üretiminin başarısı, bir kısım faktörlerin etkisi altındadır. Bunlar; 1) Ortam sıcaklığı, 2) Hammaddenin cinsi ve miktarı, 3) Ortam asitliği (pH), 4) Partikül büyüklüğü, 5) Fermantasyon/Mayalanma-Çürüme süresi, 6) Karbon azot oranı (C/N), 7) Tesis tipi, 8) Kuru madde miktarı.

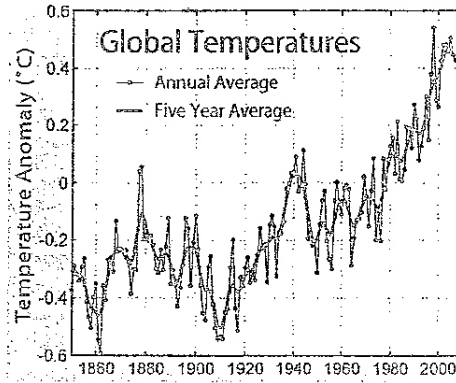
### 1.3. Biyogaz

1) Bileşim, 2) Isıl değer, 3) Tesis içi kullanım koşulları (Isı-Elektrik eldesi ekipmanlarının belirlenmesi), 4) Depolanma- Taşınım-Kullanım koşulları.

### 1.4. Fermente Gübre

1) Sıvı veya katı form, 2) Depolanma- Taşınım- Kullanım koşulları. Biyogaz üretimi organik atıkların kontrollü, uygun şartlarda depolanmasını sağlar. Fermente gübre; 1)Tarlaya sıvı formda uygulanabilir. 2) Granül haline getirilebilir. 3) Beton veya toprak havuzlarda doğal kurumaya bırakılabilir. Fermantasyon sonucu elde edilen organik gübrenin temel avantajı anaerobik fermantasyon sonucunda patojen mikroorganizmaların büyük bir bölümünün yok olmasıdır. Bu özellik kullanılacak olan organik gübrenin yaklaşık %10 daha verimli olmasını sağlar [5,6].

Çiftlik kökenli organik atıkların, gübrelerin kontrolsüz depolanması yeraltı-yerüstü sularının, toprağın ve havanın kirlenmesine neden olur. Gübrenin içerdiği azotlu bileşenler toprakta depolanır, yıkanır ve gaz halde atmosfere karışır. Azot, nitrat formunda ( $\text{NO}_3^-$ ) yeraltı suyuna karışarak, amonyak halinde ( $\text{NH}_3$ ) azot oksit yağmurlarına neden olarak ve azot oksit ( $\text{N}_2\text{O}$ ) yapısında da sera etkisine neden olarak çevreyi kirletir. Gübreden ayrıca metan gazı ( $\text{CH}_4$ ) çıkışı, emisyonu/ sahnını havayı  $\text{CO}_2$  'e oranla 20-25 misli oranda kirlenmekte ve ozon tabakasının incelmeye/delinmesine aynı nispette zarar verirken, azot oksitler karbondioksitten ( $\text{CO}_2$ ) 150 kat daha fazla ozon tabakası için zarar oluşturmaktadır (6,7). Sera gazları, "sera etkisini" destekleyen, atmosferde bulunan ve en çok ısı tutma özelliğine sahip olan; Karbon Oksitler ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$  ve  $\text{CO}_2$ ), Azot Oksitler ( $\text{NO}_x$ ), Kloro Floro Karbonlar (CFC), Metan ( $\text{CH}_4$ ), Halonlar ve Metil Bromür olarak tanımlanmaktadır Biyogaz üretimi sonrasında organik yapıdaki C/N oranı küçülür; böylece  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$  ve  $\text{N}_2\text{O}$  ve nitrat kirleticileri azalır [5,6,7].



Şekil 3. Sıra dışı Küresel Sıcaklık Ortalamaları



**2.1. Tesis Özellikleri:** 1)Tesis yeri seçimi, 2)Uygun tesis inşaatı, 3)Tesis enerji gereksiniminin belirlenmesi, 4)Tesisin ısıtılması- yalıtılması (5,6).

**2.2. Hammadde Özellikleri:** 1) Cins ve miktar, 2) Yoğunluk, 3) Kuru madde içeriği, 4) Tanecik büyüdüğü, 5) Karbon/ Azot oranı, 6) Organik asit içeriği, 7) Toksik madde içeriği.

**2.3. Reaktör Tasarımı:** 1) Tip, 2) Kapasite, 3) Çalışma koşulları.

**2.4. Biyometanlaştırma Süreci:** 1) Uygun mikroorganizma seçimi, 2) Sıcaklık, 3) pH.

### **3. Biyogaz Üretiminde Kullanılan Sistemler**

Biyogaz üretiminde kullanılan sistemler genel olarak üç ayrı grupta toplanmaktadır.

#### **3.1. Kesikli (Batch) Fermantasyon**

Tesisin fermantörü (üretim tankı) hayvansal ve/veya bitkisel atıklar ile doldurulmakta ve alkoyma - bekletme süresi kadar bekletilerek biyogazın oluşumu tamamlanmaktadır. Kullanılan organik maddeye ve sistem sıcaklığına bağlı olarak bekleme süresi değişmektedir. Bu süre sonunda tesisin fermantörü (reaktörü) tamamen boşaltılmakta ve yeniden doldurulmaktadır [2,5,6].

#### **3.2. Beslemeli - Kesikli Fermantasyon**

Burada fermantör başlangıçta belirli oranda organik madde ile doldurulmakta ve geri kalan hacim fermantasyon süresine bölünerek günlük miktarlarla tamamlanmaktadır. Belirli fermantasyon süresi sonunda fermantör tamamen boşaltılarak yeniden doldurulmaktadır [6].

#### **3.3. Sürekli Fermantasyon**

Bu fermantasyon biçiminde fermantörden gaz çıkışı başladığında günlük olarak besleme yapılır. Sisteme aktarılan karışım kadar gazı alınmış çökelti sistemden dışarıya alınır. Organik madde fermantöre her gün belirli miktarlarda verilmekte, alkoyma süresi kadar bekletilmekte ve aynı oranlarda fermente olmuş materyal günlük olarak fermantörden alınmaktadır. Böylece günlük beslemelerle sürekli biyogaz üretimi sağlanmaktadır [2,5,6].

### **4. Biyogaz Tesislerinin Kapasitelendirilmesi**

Biyogaz tesisleri projelendirilirken öncelikle kapasitenin tespiti gerekmektedir. Bunun için tesiste, sadece hayvan gübresi kullanılacaksa; günlük ortaya çıkan gübre miktarı, hayvanların beslenme şekilleri ve gübrelerin katı madde miktarları bilinmelidir [2,5].

**4.1. Günlük ortaya çıkan gübre miktarı:** Hayvanların gübre verimleri cinslerine göre değişik miktarlarda olabilmektedir. Gübre miktarının hesabında; büyükbaş hayvanlar için 10-20 kg/gün (yaş) gübre verimi kabul edilebileceği gibi canlı ağırlığın % 5-6'sı da günlük gübre miktarına esas alınabilir. Aynı şekilde koyun ve keçi için 2 kg (yaş)/gün veya canlı ağırlığın % 4-5'i günlük gübre üretimi olarak kabul edilebilmektedir. Tavuk için günlük gübre üretimi ise 0.08-0.1 kg (yaş)/gün veya canlı ağırlığın % 3-4'üdür [2,5].

**4.2. Hayvanların beslenme şekilleri:** Hayvanların mer'a da veya ahırda beslenmeleri günlük gübre üretimini etkiler.

**4.3. Gübrelerin katı madde oranları:** Optimum biyogaz oluşumu için tesis içi gübre-su karışımının katı madde oranının % 7-9 olması gerekmektedir. Katı madde



#### *Biyogaz Tesislerinde Organik Katı Atıkların Enerji Ve Organik Gübre Eldesi İle Değerlendirilmesi...*

oranları; sığır gübresinin % 15-20, tavuk gübresinin % 30, koyun gübresinin ise % 40 civarındadır. Bilinmesi gereken diğer bir konu ise hayvan gübrelerinin değişik sıcaklıklarda optimum alkoyma-bekleme süreleri ve biyogaz üretim miktarlarıdır [2,5].

**4.4. Kabuller:** Fermantör sıcaklığı: 30 °C, gübrelerin katı madde oranı: büyükbaş hayvan için 15 kg (yaş)/gün, tavuk için 0.08 kg (yaş)/gün, alkoyma-bekleme süresi: büyükbaş hayvan için 30 gün, tavuk için 24 gün.

## 5. Türkiye’de ve Yurtdışındaki Bazı Biyogaz Tesisleri

### 5.1. Türkiye’de Örnekleri veya Kurulması Düşünülen Tesisler

En yakın tarihli çalışma; İBE Işıklar köyü “Geri Kazanım ve Kompost Tesisi” yakınına kurulan büyük bir konteyner içindeki TÜBİTAK 1007 kapsamında desteklenen, İstanbul sebze-meyve hali organik atıklarının havasız arıtımı yoluyla İTÜ çalışma ekibinin yürüttüğü proje, Mayıs-Temmuz 2008 tarihleri arasında yapılan çalışma döneminde; “çürütücüde ortalama üretilen biyogaz miktarı 630±200 l/gün , çürütücüde üretilen biyogazın ortalama bileşimi %69 CH<sub>4</sub>, %31 CO<sub>2</sub> olarak ölçülmüştür. Bu tip organik katı atıkların tek başına veya diğer atıklarla (mezbeha, hayvan çiftliği, organik endüstriyel atıklar gibi) birlikte havasız sistemlerde arıtımı hem biyogaz eldesi ve enerji üretimi hem de düzenli depolama tesislerine gönderilen organik katı atık miktarının azaltılarak Avrupa Birliği biyolojik olarak ayrışabilir atık azaltım hedeflerinin sağlanması açısından oldukça önemli bir alternatif olarak görülmektedir” sonucuna varılmıştır [8,9].

TÜBİTAK- MAM Biyogaz Pilot tesisin kurulacağı Kocaeli bölgesinin hem bitkisel ve hem de hayvansal atık kapasitesi 231, 779 ton/yıl, tesisin toplam hacmi 1650 m<sup>3</sup> olarak planlanmıştır. Bu hacim 825 m<sup>3</sup>’ten oluşan iki ayrı tesis şeklinde inşa edilecektir. Pilot Tesisin toplam materyal kapasitesi 7.000 ton/yıl, günlük beslenecek miktar 19 tondur. Biyogaz Tesisi Kocaeli Belediyesi İZAYDAŞ Tesisi arazisine kurulacaktır [10].

Köy Hizmetleri Ankara Araştırma Enstitüsü tarafından 1987 yılında yapılan bir anket sonucunda yapımı gerçekleştirilen biyogaz tesislerinin işletilememesinin sebepleri arasında; tesis inşaatı konusunda yeterli eğitim sağlanamaması nedeniyle inşaat hataları yapılmış, tesis sahipleri teknik bilgi yetersizliği nedeniyle tesisleri işletememişler, tesis işletmecileri danışman bir kuruluş bulamamışlar, tarımsal anlamda ele alındığında, çöplerin en iyi değerlendirilme şekli, toplama ve biriktirilmesinde bazı kural ve tekniklere uymak şartıyla uygun bir yöntemik kompost elde edilerek kullanılması olarak tespit edilmiştir [11].

### 5.2. Yurtdışında Kurulu Biyogaz Tesislerinden Örnek

Bir Alman firmasının Ürdün Amman’da Kurulu Biyogaz Tesisi’nde günlük 60 ton organik maddeleri işlenmekte, 1 MW/h=1,000 kW/h; yani, 8 GW/yıl= 8,000MW/yıl = 8,000,000 kW/yıl elektrik ve 16,000 ton/yıl üstün kaliteli organik gübre elde edilmektedir. Aynı şirket onlarca (yak. 50) Biyogaz Tesisini Avrupa’da kurmuştur. (12).

Çizelge 2. Bazı Ülkelerdeki Biyogaz Tesisleri sayısı

SIRA NO	ÜLKELER	TESİS SAYISI (Adet)	SIRA NO	ÜLKELER	TESİS SAYISI (Adet)
1.	Çin	7.000.000	8	Bangladeş	280
2.	Hindistan	2.900.000	9	İtalya	120
3.	Nepal	49.500	10	İsviçre	81
4.	Kore	29.000	11	Danimarka	75
5.	Almanya	3750	12	Hollanda	64
6.	Brezilya	2300	13	İsviçre	8
7.	Avusturya	350		TOPLAM	9.985.518

## 6. Değerlendirme ve Sonuç

Biyogaz üretim teknolojisinin ülkemizde başarılı olabilmesi için; biyogaz tesislerinin inşaat tiplerinin bölge koşullarına göre geliştirilmesi, ucuz ve yöresel izolasyon materyallerinin saptanması, biyogaz kullanım araçlarının geliştirilmesi, bitkisel atıklardan da biyogaz elde edilmesi imkanlarının tespit edilmesi, biyogaz tesislerinden çıkan gübrenin bitkisel üretime ve toprak özelliklerine etkilerinin araştırılması, biyogaz tesislerinden çıkan gübrenin araziye taşınımını ve dağıtımını sağlayıcı mekanizasyonun geliştirilmesi, biyogazın çevre sağlığına olan katkılarının belirlenmesi, biyogaz üretim teknolojisinin kırsal kesimde oluşturacağı sosyo-ekonomik etkilerinin araştırılması gerekmektedir.

Gerek merkezi gerek yerel yönetimlerin bir an önce katı atıklardan ambalajlı materyallerin geri kazanımı/dönüşümü ne kadar öncelikli ise, organik atıkların da kaynağında ayrıştırılarak, atığın ve yörenin özelliğine uygun hem toplama, taşıma ve değerlendirme sistemi geliştirmek, hem biyogaz tesis tipini seçmek ve bütün bu şartları sağlayan yabancı ya da yerli yatırımcıya "yap-işlet-devret/devretme" veya daha modern ve ekonomik modelle; para vererek alınan organiklerin, ayrıştırmadan işe yaramaz çöplerle birlikte mütalaa edilerek düzenli depolanması değil, enerji ve su darboğazına giren ülkemize yenilenebilen, temiz enerji ve %100 sulu organik gübre elde edilmesini sağlanmasını, bunun ise tarımda, park-bahçe, peyzaj v.b. işlerinde kullanımını öncelikle o kadar önemli olduğunu ve bu süreci hızlandırmalarını öneriyoruz.

## Kaynaklar

- [1]. Ak, N., "Çevreci Bakış: İ.B.B.Katı Atık Yönetimi", İşletme Dünyası, Aralık-Ocak sayı:12, sayfa:30-32, İstanbul, 2006 ve İ.B.B.Katı Atık Yönetimi, İstanbul-2006, (İnternet), <http://www.istac.com.tr>, (Erişim:29.04.2009).
- [2]. Ak, N., "Organik Katı Atıkların Biyometanizasyonu ile Enerji ve Organik Gübre Eldesini Öncelemek", VII.Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES'2008", Harbiye, İstanbul, (17-19 Aralık 2008), 363-373.
- [3]. Akça, L., "AB ile Uyumlu Çevre Yönetimi", Kent Yönetimi İnsan ve Çevre Sorunları Sempozyumu, The Marmara Hotel, İstanbul, (02-6 Kasım 2008), 31.
- [4]. WMO, (2006), "İstanbul ve Avrupa Birliği Katı Atık Düzenli Depolama Yönergesi (99/31/EC) Uyarısı" ve Karaca, M. "İklim Değişimi ve Şehirleşme: İstanbul Örneği", Kent Yönetimi, İnsan ve Çevre Sorunları'08 Sempozyumu, The Marmara Hotel, İstanbul, (02-06 Kasım 2008).
- [5]. Karaosmanoğlu, F., (İnternet), Bahçeşehir Üniversitesi, <http://www.biyogas.com>, (Erişim:29.04.2009).
- [6]. Alıbaş, K., ve diğerleri, "Biyogaz Üretimi", (İnternet), Uludağ Üniv. Ziraat Fak.Tarım Mak.Böl. Görükle Kampüsü, Bursa.
- [7]. Yılmaz, V. ve Güç, M., "Organik Atıklardan Kaynaklı Sera Gazları Salımlarının Azaltılmasında Anaerobik Bozundurma'nın Önemi", VII.Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES' 2008", Harbiye, İstanbul, (17-19 Aralık 2008), 140-143.
- [8]. Hartman, H. ve Ahring, B.K. (2005). "Strategies For The Anaerobic Digestion Of The Organic Fraction Of Municipal Solid Waste An overview". In Proceedings of 4th International Symposium Anaerobic Digestion of Solid Waste, 34 - 51, 31 August - 2, Copenhagen, Denmark, (September, 2005).
- [9]. Aydın, A.F., ve diğerleri, "Organik Katı Atıkların Havasız Arıtım Yoluyla Biyometan Enerjisi Geri Kazanımı", Kent Yönetimi, İnsan ve Çevre Sorunları'08 Sempozyumu, The Marmara Hotel, İstanbul, (02-06 Kasım 2008), 141-142.

*Biyogaz Tesislerinde Organik Katı Atıkların Enerji Ve Organik Gübre Eldesi İle Değerlendirilmesi...*

- [10]. Bilgin, N., Tarım Ve Köyşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara Araştırma Enstitüsü, Ankara, 2003.
- [11]. TÜBİTAK, Kocaeli Biyogaz Tesisi I.Dönem Faaliyet Özeti, (İnternet), (Erişim:29 Nisan 2009), 1-17.
- [12]. Ak, N., Weis, A., ve Diğerleri, "Organik Atıkların Anaerobik Ortamda Biyolojik Yöntemlerle Çürüterek Üretilen Biyogazın (Metanın) Doğrudan Isıtma Veya Kojenerasyonla Elektrik Enerjisine Dönüştürülmesi Modelinde Farmatic Amman Biyogaz Tesis Örneği", İstanbul, TÜRKAY 2007 Sunum Taslağı.
- [13]. WMO, 2006; Karaca, M. İklim Değişimi ve Şehirleşme: İstanbul Örneği: Kent Yönetimi, İnsan ve Çevre Sorunları'08 sempozyumu, 02-06 Kasım 2008, İstanbul ve Avrupa Birliği Katı Atık Düzenli Depolama Yönergesi (99/31/EC) Uyarısı.

