

## **BİYOĞAZ ÜRETİMİ VE KULLANIMI**

**(Derleme)**

**(Biogas Production And Utilization)**

**(A review)**

**Fatma Tülin ÖZBAŞER<sup>1</sup>**

**Evren ERDEM<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Arı farma Limited Şirketi, Şaşmaz/Ankara

<sup>2</sup> Kırıkkale Üniversitesi Veteriner Fakültesi, 71450, Kırıkkale

### **ÖZET**

Nüfus artışı, sanayileşme ve şehirleşme ile birlikte yakıt için kullanılan rezervlerinin azalması insanları farklı enerji kaynaklarını bulmaya yönlendirmiştir. Bu kaynaklardan biri olan biyogaz, insan sağlığı için tehdit oluşturan organik atıkların elektrik ve ısı enerjisine dönüştürülmesine yardımcı olmakta ve çevreye daha az zarar vermektedir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde tarım ve hayvancılıkta yaygın olarak kullanılan biyogaz üretim tesislerinin sayısı, Türkiye’de istenilen düzeye ulaşmamıştır. Bu tesisler, daha çok belediyelerde evsel ve gıda sanayisi atıklarının değerlendirilmesi amacıyla kurulmuştur.

Bu çalışma yetiştiricilerin, sürü yönetiminde önemli bir problem oluşturan atıkların yok edilmesi ya da tekrar kullanılmasını sağlayan ve alternatif enerji kaynağı olarak görülen biyogaz üretim tesisleri hakkında bilgilendirilmesi ve bu alandaki olanakların araştırılması amacıyla yapılmıştır. Ayrıca Türkiye’deki hayvancılık işletmelerinde biyogaz ünite sayısının artırılması ile ülke çapında karlılığın artırılacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Biyogaz, Enerji, Hayvancılık, Atık.

### **SUMMARY**

Population growth, industrialization and decline of utilizable energy reserves in the world led people to search for different sources of energy. One of this sources known as biogas. It helps to convert organic wastes that damaging human health to electricity and heat energy makes less damaging to the environment. Biogas facilities are widely used by developed countries and developing countries in agriculture and animal husbandry which is not reach the desired level in Turkey.

The purpose of this facilities was utilized the household and food industry wastes in municipal governments. The aim of this study was to conduct of the breeders for biogas production facilities that seen as an alternative energy source for eradicate or reutilize the waste disposals in which constitute a major problem in herd management and to investigate of the potential opportunities in this field. Increasing the number of biogas facilities of livestock enterprises in Turkey possibly increased profitability all over the country

**Key Words:** Biogas, Energy, Animal Husbandry, Waste

## GİRİŞ

Enerji rezervlerinin dünyada azalmaya başlaması, küresel ısınmanın artması ve artan atık problemleri insan sağlığı için önemli tehdit oluşturmakta ve yaşam alanlarını sınırlamaktadır. Bütün bu problemlere karşı insanoğlu alternatif çözüm yolları bulmaya çalışmaktadır. Atıkların yok edilmesi veya tekrar kullanımı (geri dönüşümü) için yakma, depolama, piroliz ve biyogaz üretimi gibi çeşitli yöntemlere başvurulmaktadır (5, 18). Ayrıca dünyada çok az miktarda kaldığı belirtilen fosil kökenli yakıtların yerine yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları (hidroelektrik enerjisi, güneş ve rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji, okyanus ısı, biyokütle ve biyogaz enerjisi) kullanılmaktadır (15).

Biyogaz, organik atıkların (yüksek moleküllü protein, yağ, karbonhidrat ve selüloz gibi maddelerin) anaerobik fermantasyonu sonucunda daha küçük moleküllere (monosakkarit, amino asit, yağ asidi, su) dönüşmesiyle açığa çıkan, renksiz, kokusuz, parlak mavi alevle yanan ve diğer yakıtlara göre çevreye daha az zarar veren gazdır. Üretilen biyogaz oranı kullanılan organik atığın bileşimine, ortamın sıcaklık ve pH değerine göre değişmektedir. Genel olarak yapısında % 60-80 metan gazı (CH<sub>4</sub>), % 20-46 karbondioksit (CO<sub>2</sub>), %0-2 hidrojen sülfür, az miktarda azot (N<sub>2</sub>), su buharı ve hidrojen (H<sub>2</sub>) bulunmaktadır (1, 10, 16, 23, 35).

Dünyada biyogaz kullanımı ile ilgili ilk çalışmaların 1630 yılında Jan Baptita Von Helmont ve 1667 de Shirley adlı araştırmacılar

tarafından gerçekleştirildiği bildirilmiştir. İlk biyogaz tesisi 1859 yılında Hindistan'da, daha sonra 1895 yılında İngiltere'de kurulmuştur. 1930 yılında Buswell ve arkadaşları metan bakterilerini tanımlamış ve biyogaz üretiminin bu bakterilerle gerçekleştiğini bildirmişlerdir. İkinci dünya savaşından sonra Avrupa'da anaerobik fermantasyon uygulamaları artmıştır. Günümüzde yaygın olarak, başta Çin olmak üzere uzak doğu ülkelerinde, Güneydoğu Asya ve Kuzey Amerika da, ABD, Almanya, İsveç, Danimarka, Japonya ve Hindistan gibi ülkelerde anaerobik biyoteknoloji kullanılmaktadır. Danimarka, Almanya ve İsveç gibi ülkelerde daha çok merkezi ve çiftlik tipi üniteler kurulmuşken, Latin Amerika, Hindistan, Çin, Nepal gibi ülkelerde ise çok sayıda 3-10 m<sup>3</sup> hacimli biyogaz tesisleri bulunmaktadır (24, 32).

Totzke'nin yapmış olduğu araştırmada dünyadaki Anaerobik tesis sayılarının ABD'de 707, Hindistan'da 220, Japonya'da 247, Almanya'da 408, Hollanda'da 126, Meksika'da 111, Çin'de 157, Fransa'da 97, Tayland'da 58, İspanya'da 79, Kolombiya'da 50, Kanada'da 48, Kore'de 47 olduğu bildirilmiştir (32). 2010 yılı verilerine göre de, Avrupa birliği ülkelerinde Almanya ve İngiltere başta olmak üzere toplam 8344.29 kbe biyogaz üretildiği bildirilmiştir (7)

Avrupa birliği komisyonu 2001 yılında yayınladığı direktiflerde, üye ülkelerin tükettikleri toplam enerjinin belirli oranının yenilenebilir enerjiden oluşmasını istemektedir. Bu oran 2010 yılında %12.5; 2020 yılında %20; 2050 yılında %50 olarak belirlenmiştir (36).

Türkiye’de biyogaz ile ilgili ilk endüstriyel çalışmalar 1960’lı yıllarda Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü ile Eskişehir bölge Toprak Su Araştırma Enstitüsünde yapılmıştır (23). 1980-86 yılları arasında Ankara Merkez Toprak Su Araştırma Enstitüsünde (Köy hizmetleri Ankara Araştırma Enstitüsü) sığır, koyun, tavuk gübrelerinden biyogaz üretimi ile ilgili çeşitli çalışmalara devam edilmiştir (10). Günümüzde Türkiye’de T.C Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı yönetimi altında bulunan Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü kurulmuştur (7). 2011 yılında hazırlanan rapora göre Türkiye’de hayvancılık ve tarım işletmelerindeki atıkları işleyen 2 adet, evsel ve gıda sanayi yan atıklarını işleyen 34 adet işletme bulunmaktadır. Ayrıca, 12 adet tarımsal atıkları, 37 adet diğer atıkları (ev ve gıda) işleyen tesis kurulmasının planlandığı da bildirilmiştir. Mevcut işletmelerdeki toplam kapasite 111.23 MW olup, kurulması planlanan tesislerle beraber toplam kapasitenin 222.99 MW olması amaçlanmaktadır (4). Kurulan tesisler Türkiye’nin daha çok Batı ve Orta Anadolu bölgelerinde bulunmaktadır. Devlet bu tür çalışmaları desteklemek amacıyla, 10 Mayıs 2005 tarihinde “Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımına” ilişkin kanunu, 25819 sayılı resmi gazetede yayınlamıştır. Bu kanunda, üretilecek olan elektriğin kullanımı, verilecek teşvikler, fiyatlandırma gibi konular hakkında bilgi verilmiştir. Buna göre Devlet Su İşleri veya Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğüne hazırlanan ve kişinin sadece kendi ihtiyaçlarını karşılayacak olan azami

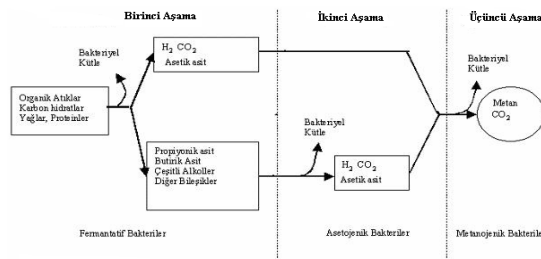
1000 KW elektrik üretecek işletmelerde, biyogaz ünitesinin projenin hazırlanması, planlanması, master planından ücret alınmayacağı ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretebilme lisansı alan kişilerin serbest piyasada satış yapabilecekleri bildirilmiştir (6).

Türkiye’de biyogaz üretimi için kurulan tesisler genellikle belediyelerdeki evsel atıkların ya da gıda sanayisi yan atıklarının değerlendirilmesi amacıyla kurulmuş, tarım ve hayvancılıkla uğraşan işletmelerdeki sayı henüz yeterli düzeye ulaşmamıştır. Sürü yönetiminde önemli problem oluşturan gübrenin, enerji olarak geri dönüşümünün sağlanması ve değerliliğinin artırılması gibi avantajlar biyogaz ünitesinin kurulmasını cazip kılmaktadır. Bu çalışma biyogaz üretimi hakkında yetiştiricilerin bilgilendirilmesi, kurulacak tesisin yapısı, kullanılan ham maddeye göre (tavuk veya sığır gübresi gibi) elde edilecek enerji miktarı ve biyogaz kullanım olanaklarının araştırılması amacıyla yapılmıştır.

## BİYOGAZ ÜRETİMİ

Biyogaz, organik maddelerin oksijensiz ortamda bakteriler tarafından parçalanıp karbondioksit ve metan gazına dönüştürülmesi sonucu elde edilmektedir. Bu işlemin hidroliz, asit oluşturma, metan oluşumu olmak üzere üç aşaması bulunmaktadır. Her üç aşamada görev yapan farklı bakteri grupları (fermantatif bakteriler, asetojenik bakteriler ve metanojenik bakteriler) bulunmaktadır. Hidroliz aşamasında, karmaşık yapıları organik moleküller mikroorganizmaların hücre dışı

enzimleri ile daha küçük ve daha basit yapıda moleküllere (karbonhidratlar glikoz, pentoz ve heksoza; proteinler polipeptid ve aminoasitlere; yağlar ise alkoller, asitler ve hidrojene) dönüşmektedir. Anaerobik işlemlerde biyolojik parçalanma hızını belirleyen bu aşamadır. Atık içersindeki yağ bileşiminin fazla olması durumunda hidrolizin daha yavaş gerçekleştiği bildirilmiştir. Asit oluşum aşamasında, çözünür hale dönen organik maddeler asetojenik bakteriler ile çok karbonlu uçucu yağ asitlerine (asetik asit, bütirik asit, propiyonik asit, valeik asit); çözülmüş karbonhidratlar etanol, H<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub>'e; amino asitler, süksinik asit ve H<sub>2</sub>'e; yağ asitleri ise asetat ve H<sub>2</sub>'e dönüşmektedir. Üçüncü safhada ise, organik asitler metan oluşturan mikroorganizmalar tarafından H<sub>2</sub> ve asetat kullanılarak biyogaz elde edilmektedir. Bu aşamada oluşan metanın % 70'i asetatın dekarboksilasyonu, geriye kalanı ise hidrojen kullanan metan bakterileri tarafından CO<sub>2</sub>'in indirgenme reaksiyonları ile elde edilmektedir (1, 3, 8, 14, 25, 27). Biyogaz üretim aşamaları şekil 1'de gösterilmiştir.



**Şekil 1:** Biyogaz üretim aşamaları (25).

Biyogaz üretimde ham madde, tesisin kapasitesi ve kurulma yeri, biyogazın depolanması ve taşınması, tesisten çıkan gübrenin tarlaya taşıyıp dağıtılması gibi çeşitli

faktörler etkilidir (10). Biyogaz üretiminde kullanılan organik atıklar (ham madde) 3 ana başlık altında incelenebilmektedir. Bunlar; hayvansal atıklar (çiftlik hayvan gübrelere, mezbaha atıkları ve hayvansal ürünlerin işlenmesi sonucu oluşan atıklar), bitkisel atıklar (çeşitli bitkisel ürünlerin işlenmesi sırasında oluşan atıklar) ve organik içerikli şehir ve endüstriyel atıklar (kanalizasyon, kâğıt-gıda sanayi atıkları, ev atıkları)'dır (23, 24). Kullanılan ham maddeye bağlı olarak, üretilen biyogaz miktarı değişiklik göstermektedir. Yapılan bir araştırmada biyogaz reaktöründe kullanılan ham madde yüksek miktarda yağ içeriyorsa, metan gazı üretiminin daha fazla şekillendiği bildirilmiştir (9). Laboratuvar koşullarında yapılan başka bir araştırmada ise reaktördeki ham maddeye rumen içeriği eklenmesinin daha fazla biyogaz üretimi sağladığı bildirilmiştir (11, 12). Organik atık olarak gübre kullanılan diğer bir araştırmada ise üretilen biyogaz değerinin (değerliliğinin) hayvanın türü ve tesisin büyüklüğüne göre değiştiği bildirilmiştir. Çizelge 1'de kanatlı ve büyük baş hayvan sayısına göre elde edilebilecek biyogaz miktarları verilmiştir (10).

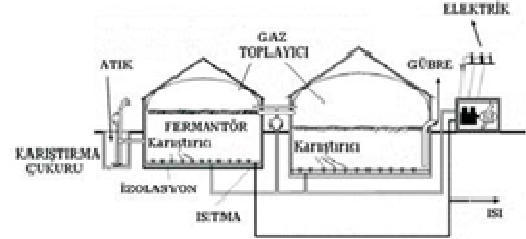
**Çizelge 1.** Hayvan sayısına bağlı olarak kurulacak tesiste elde edilecek biyogaz miktarı

Hayvan Sayısı (baş)	Tesis Büyüklüğü (m <sup>3</sup> )	Yaş Gübre İhtiyacı (kg/gün)	Biyogaz Üretimi (m <sup>3</sup> /gün)
2500 Tavuk	15	200	17
50 bin Tavuk	300	4000	340
10 büyükbaş	10	150	5
100 büyükbaş	100	1500	50

Tesiste kullanılacak olan yaş gübre miktarı, işletmenin kapasitesine göre hesaplanmalıdır. Büyükbaş hayvanlarda canlı ağırlığının % 5-6'sı (ortalama 10-20 kg/gün), koyun - keçilerde % 4-5'i (ortalama 2 kg/gün), tavuklarda da % 3-4'ü (ortalama 0.08-0.1 kg/gün) kadar gübre elde edilmektedir. Kurulan bir işletmede elde edilen yaş gübre miktarı yıllık olarak ortalama büyükbaş hayvanda 3.6 ton/baş; küçükbaş'da 0.7 ton/baş; kümes hayvanında 0.022 ton/baş'dır. Buna göre 1 ton gübreden türlere göre sığırdaki 33 m<sup>3</sup>/yıl, koyunda 58 m<sup>3</sup>/yıl, kümes hayvanlarında 78 m<sup>3</sup>/yıl biyogaz elde edilebilmektedir (7). Biyogaz reaktörlerinden elde edilen gazın ısı değeri 4700-5700 kJ/m<sup>3</sup> olup 1 m<sup>3</sup> biyogaz 0.66 L motorin'e, 0.75 L benzin'e, 4.70 kWh elektiriğe, 0.43 kg bütan gazına, 3.47 kg odun'a eş değer enerji sağlamaktadır (7, 36).

Biyogaz üretim tesisinde tepkimelerin daha hızlı şekillenmesi ve bakterilerin besinlerle iyi karışması için kullanılan materyalin, ufak yapıda ve belirli bir oranda sıvı olması gerekmektedir (11). Gübrede katı madde oranları türlere göre sığırdaki % 15-20, koyunda %40 tavukta %30 dur (10, 23). Biyogazın en iyi oranda üretimi için tesis içi gübre su karışımındaki katı madde oranının %7-9 arasında olması istenmektedir. Bu oranın yükseldiği durumlarda ham maddenin parçalanması için yapılan işlemler ek mali harcama gerektirmektedir. Ham maddenin küçük parçalara ayrılmış olmasının iri taneli veya elenmemiş gübreye oranla daha fazla gaz üretimi sağladığı, küçük ve parçalı olanlardan

436 L/kg UK, iri taneli olanlardan 404 L/kg UK biyogaz elde edildiği bildirilmiştir (17). Hayvancılık işletmelerinde kullanılabilecek örnek biyogaz tesisi Şekil 2'de gösterilmiştir.



**Şekil 2:** Hayvancılık işletmelerinde kullanılan biyogaz tesisi ve üretim işlemleri (15)

Biyogaz üretim tesislerindeki reaktör tipi, kapasiteye, katı madde yüzdesine, kademe sayısına, işletme sıcaklığına, besleme şekillerine göre değişiklik göstermektedir. Aile tipinde 6-12 m<sup>3</sup>'lük yeterli iken çiftlik tipinde bu değer 50-100-150 m<sup>3</sup>'e, köy tipinde 100-200 m<sup>3</sup>'e, bazı ülkelerde (Almanya, Amerika, Danimarka ve İsviçre) merkezi tipte ise 1000-10000 m<sup>3</sup>'e kadar çıkabilmektedir (10). Katı madde yüzdesine göre ıslak ve kuru, kademe sayısına göre tek ve çift kademeli, üretimin yapıldığı işletme sıcaklığına göre mezofilik, ve termofilik, besleme şekillerine göre kesikli, beslemeli-kesikli ve sürekli fermantasyon yapan reaktörler kullanılmaktadır (10, 14, 36). Reaktörler sahip oldukları hacimlere göre küçük ve büyük hacimli biyoreaktörler olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadırlar. Küçük hacimli biyoreaktörler; yığın tipi, sabit çatı (Çin tipi), yüzer kapalı (Hindistan tipi), balon ve torba tipini içine almaktadır. Büyük hacimli reaktörler ise; genel olarak tam karışım, piston akımlı, lagun tipi reaktörler ve centrifig sistemleridir (25). Bu reaktörler anaerobik

kontakt prosesi (ACR), anaerobik filitreler (AF), yukarı akışlı anaerobik çamur reaktörleri (UASB), akışkan yatak reaktörleri, genleşmeli granül çamur reaktörleri (EGSB), asit fazlı reaktör, içten karıştırılmalı reaktörler (IC), hibrit reaktörleri, tam karışımli çürütücüler, anaerobik lagun çürütücüler olarak isimlendirilebilmektedir (5, 26, 31, 32). Çalışma prensiplerine göre reaktörler düşük ve yüksek hızlı olmak üzere iki gruba ayrılmaktadırlar. Düşük hızlı reaktörler lagünler, tam karışımli çürütücüler, yatay veya dikey şekilli akışkan çamur reaktörleri olup, bu reaktörlerde mesofilik bakteriler görev yapmaktadır. Hızlı reaktörler ise mix çürütücüler, kontakt çürütücüler, hibrit reaktörler, fixed film reaktörleri olup, termofilik bakteriler tarafından gaz üretimi sağlanılmaktadır (13). Biyogaz tesislerinde üretilen enerjinin değerlendirilebilirliği taşıma uzaklığına göre değişmektedir. Enerji gübreden üretiliyorsa 200 km, kesimhane atıklarından üretiliyorsa 700 km ve üzeri mesafelerde üretilen enerjide kayıp olduğu bildirilmiştir (9). Biyogaz üretimini; yükleme oranı, hidrolik bekletme süresi, karıştırma, sıcaklık, pH, Karbon/Azot oranı ve toksik maddeler etkilemektedir (20,25).

### **Yükleme Oranı**

Yükleme oranı, birim üretim hacmine göre bir günde yüklenen organik kuru madde miktarıdır. Genelde yükleme oranı günde 1-5.8 kg (UK-Uçucu Katı=Ham maddeler içerisinde biyogaz'a dönüşen organik kısım)/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Mesofilik şartlarda bu değer günde 4 kg-UK/m<sup>3</sup> geçmemesi önerilmektedir.

Yükleme oranının yüksek olması durumunda ortamda asit birikmesi şekillenmekte ve pH değerinin düştüğü görülmektedir. Bu durum, nötr yada alkali ortamda yaşayan metajonik bakterilerin çalışmasını olumsuz etkilemekte ve gaz üretimini düşürmektedir (20, 25, 26). Bu bakterilerin aktivasyonu için uygun pH değeri 6.8-7.4 arasındadır. Bu değer 6.5'in altına düştüğü durumlarda asit oluşturan bakterilerin oranının arttığı ve gaz üretiminin azaldığı bildirilmiştir (25).

### **Hidrolik Bekletme Süresi**

Hidrolik bekletme süresi, kullanılan besin maddelerinin %70-80'inin yıkılmanması için geçen süredir. Bu süre tropikal bölgelerde 40-50 gün iken, Çin'in soğuk bölgelerinde 100 güne kadar uzayabilmektedir. Hidrolik bekletme süresi; mesofilik şartlarda sıvı sığır gübresinde 12-30 gün, sıvı domuz gübresinde 10-25 gün, sıvı tavuk gübresinde 20-40 gün arasında değişmektedir. Sürenin yetersiz olması durumunda, fermentasyonun yetersiz şekillendiği ve biyogaz üretiminin azaldığı bildirilmiştir (25). Hidrolik bekletme süresi reaktöre konulan atığın bileşimine ve reaktör sıcaklığına göre değişmektedir. Yapılan araştırmalarda, selüloz veya lignin gibi maddelerin biyoyararlanımlarının düşük olduğu, hidrolizasyonun zor olduğu, indirgenemedikleri ve bekletme sürenin uzadığı bildirilmiştir (11, 12). Reaktör sıcaklığı arttıkça hidrolik bekletme süresi kısalmaktadır. Bekletme süresi psikofilik sıcaklıkta uzun (100-300 gün), mesofilik sıcaklıkta orta (20-40 gün), termofilik sıcaklıkta ise daha kısa sürelerde gerçekleşmektedir (20, 25).

### **Karıştırma**

Atık içerisindeki maddelerin birbirleri ile temas ederek reaksiyona girebilmeleri için karıştırılmaları gerekmektedir. Karıştırma, bakteri popülasyonu ile taze atığın homojen olarak birleşip reaksiyona girmesi, çökme ile fermentörde ölü bölgenin oluşmasının önlenmesi, fermentördeki atığın sıcaklık dağılımının eşitlenmesi sağlanmaktadır. Karışımın yavaş yapılması hızlı ve verimli fermentasyon için gereklidir. En uygun karıştırma sıklığı atığın dört saatte bir karıştırılmasıdır (20). Ayrıca biyogaz üretiminde hammadde büyüklüğü önemli olduğu için büyük parçacıklar küçültülüp kütle aktarım dirençleri azaltılmaktadır (33).

### **Reaktör sıcaklığı ve pH**

Biyokimyasal reaksiyonda metan üretim hızı, sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Biyogaz üretimi için psikofilik sıcaklıkta (12-20°C), mesofilik sıcaklıkta (20-40°C) ve termofilik sıcaklıkta (40-65°C) çalışan reaktörler bulunmaktadır. Termofilik şartlarda tutulan organik atıklarda, gübreleme işleminde önemli problem olan zararlı ot tohumlarının yok edilmesi, mesofilik şartlara göre daha yüksek oranda gerçekleşmektedir (20, 26). Termofilik şartlarda çalışan reaktörlerde, mesofiliklere göre ısıtma enerjisi fazla, reaktör hacmi daha küçüktür. Bu nedenle en çok mesofilik sıcaklık aralığı (35-37°C) tercih edilmektedir (20, 25, 27). Hidroliz aşamasında ve asitojenik bakterilerle reaksiyon aşamasında ortamın pH'sının 5.2-6.3; metan gazı oluşumun safhasında ise pH'nın 6.7-7.5 değerleri arasında olması gerektiği bildirilmiştir (19).

### **Karbon/Azot (C/N) Oranı**

Reaktör içerisinde karbon/azot oranı da metan gazı oluşumunda etkilidir. Karbon, biyogaz oluşumunda, azot ise anaerobik bakterilerin gelişimi ve yeniden üretilmesi için gereklidir (20). Hayvan gübresi kullanan reaktörlerde C/N oranı hayvanın türüne göre değişmektedir. Genelde bu değer 15/1-30/1 arasında (yaklaşık ortalama değer sığır gübresinde 18, koyunda 22, kümes hayvanlarında 14, at gübresinde 15, güvercin gübresinde 25) olması istenmektedir (25). Hidroliz ve asitojenik bakterilerle reaksiyon aşamasında bu değer 10-45, metan gazı oluşumu aşamasında ise 20-30 olması gerektiği bildirilmiştir (19).

### **Toksik Maddeler**

Atık içerisinde mineral iyonlar, ağır metaller ve deterjanların bulunması mikroorganizmaların büyümesini engelleyerek toksik etki oluşturmaktadırlar. Düşük konsantrasyonda bakır, krom, nikel, çinko, kurşun gibi ağır metaller bakteri gelişimini olumlu etkilerken, yüksek konsantrasyonlarda toksik etki oluşturulabilmektedir. Sabun gibi deterjan ve dezenfektanların da metan üretimini düşürdükleri bildirilmiştir (25).

Bu faktörlerden başka çürütücülerde kalış süresi, su oranı, inhibitör ve alkalinitenin etkisi de biyogaz üretimini etkilemektedir.

### **BİYOGAZ KULLANIMI**

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan biyogaz üretimi ve kullanımı ile atmosferdeki metan ve amonyak miktarının azaltılması, karbondioksit emisyonunun arttırılması, küresel ısınmaya neden olan sera

gazlarının etkisinin azaltılması sağlanabilmekte, ülkelerin enerji bakımından dışa bağımlılıkları da azaltılmakta, sağıklı ve hijyenik yaşam alanları oluşturulmaktadır (15, 20, 29, 34).

Organik atıklar yeryüzü ve yer altı su kaynaklarını kirletmektedirler. Mikroorganizmalar kirli sulardaki organik maddeleri parçalayabilmek için daha fazla oksijen tkermeye ihtiyaç duyarlar. Tükettikleri bu oksijen miktarı (biyokimyasal oksijen gereksinimi=BOG) evre kirliliğinin belirlenmesinde önemli bir kriterdir. Bu değerin, çiftlik hayvanlarından elde edilen atıklarda insanların günlük oluşturdukları atıklara oranla daha fazla olduğu bildirilmiştir (21). Biyogaz kullanımı ile hayvansal atıklardaki bu değerin düşürülmesi mümkün olmaktadır.

Tarım ve hayvancılıkla uğraşan işletmelerde açığa çıkan organik kökenli atıklar; reaktörlerde kullanılabilen enerjiye ve toprakta kullanılabilecek verim değerliliği yüksek olan gübreye dönüştürülebilmektedir. Tarımda kullanılan gübrelerin fermente olurken toprakta tuz kalıntısı bıraktığı, biyogaz reaktöründen geçen gübrenin ise bu kalıntıyı bırakmadığı bildirilmiştir (2). Biyogaz retimi ile hayvan gbrelerinde bulunan yabani ot tohumlarının çimlenme özelliğini kaybettiği, gübrenin kokusunun ve taze gübrenin yıkımlayıcı etkisinin azaldığı, akışkanlığının arttığı, insan sağlığını tehdit eden hastalık etmenlerinin büyük ölçüde etkinliğini kaybettiği ve depolama sırasında oluşan sinek, haşere gibi böceklerin üremesinin de engellendiği bildirilmiştir (2, 10, 15).

Biyogaz nitelerinde elde edilen metan gazı elektrik ve ısı enerjine dönüştürülerek kullanılabilir. Çeşitli reaktörlerden 500-2000 kWh/1000 kg KOİ enerji üretilmektedir (8, 16, 30). Metan gazında tam yanmanın sağlanması ve ısıtma işleminde kullanılması için hava ile 1/7 oranında karıştırılması gerekmektedir. Dünyada yakıt olarak biyogaz ile çalışan çeşitli araçlar üretilmiştir ve benzin ile çalışan çeşitli motorlarda metan gazı doğrudan ya da içeriği saflaştırılarak kullanılabilir (16, 27). Üretilen gazın doğal gaza karıştırılmasıyla mevcut maliyetin azaltılması da sağlanabilmekte ve yakıt pillerinin kullanımında, kimyasal maddelerin üretimi sırasında biyogaz kullanılabilir (15).

## SONUÇ

Fosil kökenli kaynakların azalmaya başlaması, insanları alternatif yollardan enerji üretmeye yönlendirmektedir. Günümüzde bu kaynaklardan biri olan biyogaz üretimi çeşitli atıklardan enerji elde edilmesini sağlamakta ve hayvancılıkta önemli bir problem olan atık yönetimine yardımcı olması bakımından yaygın olarak kullanılmaktadır. Türkiye’de biyogaz üretiminin arttırılması için yapılacak çalışmalar iyi yönetim planlamasıyla daha sağıklı bir çevreye kavuşulmasını sağlayacak ve enerji bakımından dış ülkelere olan bağımlılığın azalmasına yardımcı olacaktır.

## KAYNAKLAR

1. **Alibaş K, Kudal F** (1988): Biyogaz Nedir? Nasıl Elde Edilir? Nerelerde Kullanılır. Çiftçi ve Köy Dünyası Aylık Dergi Cilt 4, Sayı 41: 25-27.



2. **Alçıçek A, Demiruluş H** (1994): Çiftlik gübrelerinin biyogaz teknolojisinde kullanılması Kullanılması. I. Ekoloji ve Çevre Dergisi 13.
3. **Amon T, Amon B, Kryvoruchko V, Zollitsch W, Mayer K, Gruber L** (2007): Biogas production from maize and dairy cattle manure- Influence of biomass composition on the methane yield. Agriculture, Ecosystems and Environment 118: 173-182.
4. **Anonim** (2011): Türkiye’de biyogaz yatırımları için geçerli koşulların ve potansiyelinin değerlendirilmesi. Erişim adresi: [http://www.biyogaz.web.tr/files/docs/dbfz\\_turkiye\\_biyogaz\\_potansiyel\\_raporu.pdf](http://www.biyogaz.web.tr/files/docs/dbfz_turkiye_biyogaz_potansiyel_raporu.pdf), Erişim tarihi: 20.04.2013.
5. **Anonim** (2012): Anaerobic digester type, Erişim adresi: [http://en.wikipedia.org/wiki/Anaerobic\\_digester\\_types](http://en.wikipedia.org/wiki/Anaerobic_digester_types), Erişim Tarihi: 01.10.2012.
6. **Anonim** (2012): 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun, 18 Mayıs 2005 tarih 25819 sayılı Resmi Gazete, Erişim adresi: 28.07.2012.
7. **Anonim** (2013): Biyogaz, Yenilebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Erişim adresi: <http://www.eie.gov.tr/>, Erişim Tarihi: 16.06.2013.
8. **Ardıç İ, Taner F** (2012): Biyokütleden biyogaz üretimi. Erişim Adresi: [http://www.emo.org.tr/ekler/14101ec47c52b48\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/14101ec47c52b48_ek.pdf), Erişim Tarihi: 21.11.2012.
9. **Berglund M, Börjesson P** (2006): Assessment of energy performance in the life-cycle of biogas production. Biomass and Bioenergy, 30: 254-266.
10. **Bilgin N** (2003): Biyogaz nedir? Tarım ve köy işleri bakanlığı köy hizmetleri genel müdürlüğü, Ankara Araştırma Enstitüsü.
11. **Budiyono IN, Widiasa Johari S, Sunarso** (2010): Increasing Biogas Production Rate from Cattle Manure Using Rumen Fluid as Inoculums. International Journal of Basic & Applied Sciences IJBAS-IJENS, 10(1): 68-75.
12. **Budiyono I N, Widiasa SJ, Sunarso** (2010): The Kinetic of Biogas Production Rate from Cattle Manure in Batch Mode. International Journal of Chemical and Biological Engineering, 3(1): 39-44.
13. **Burke PE** (2001): Dairy waste anaerobic digestion handbook Options for recovering beneficial products from dairy manure. Environmental Energy Company, Olympia, WA.
14. **Climent M, Ferrer I, Baeza MM, Artola A, Vázquez F, Font X** (2007): Effects of thermal and mechanical pretreatments of secondary sludge on biogas production under thermophilic conditions. Chemical Engineering Journal 133: 335-342.
15. **Çanka Kılıç F** (2011): Biyogaz, önemi, genel durumu ve Türkiye'deki yeri. Mühendis ve Makine, 52 (617) : 94-106.
16. **Ekinci MS** (2007): Tavuk gübresinden biyogaz üretimi için en uygun koşulların belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
17. **El-Mashad HM, Zhang R** (2010): Biogas production from co-digestion of dairy manure and food waste. Bioresource Technology, 101 (2010): 4021-4028.
18. **Francese AP, Mathiesen GA, Olesen T, Córdoba PR, Siñeriz F** (2000): Feding approaches for biogas production from animal

- wastes and industrial effluents. World journal of microbiology & biotechnology, 16: 147-150.
19. **Guo Guo L** (2010): Potential Of Biogas Production From Livestock Manure In China, Department Of Energy And Environment Division Of Energy Technology, Chalmers University of Technology Göteborg, Sweden.
  20. **İlkiliç C, Deviren H** (2011): Biyogaz oluşumunu etkileyen fiziksel kimyasal parametreler. 6. International advanced Technologies symposium, Elazığ, Turkey.
  21. **Karaman S** (2006): Hayvansal üretimden kaynaklanan çevre sorunları ve çözüm olanakları. KSÜ. Fen ve Mühendislik 9(2): 133-139.
  22. **Kaya D, Eyidoğan M, Çoban V, Çağman S, Aydner C, Tırıs M** (2009): Türkiye'nin hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyeli ve ekonomisi. ICCI, 2009 Bildiriler Kitabı, 59-62.
  23. **Koçer NC, ner C, Sugözü İ** (2006): Türkiye'de Hayvancılık Potansiyeli ve Biyogaz retimi. Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları.
  24. **Meyer-Aurich A, Schattauer A, Hellebrand HJ, Klauss H, Plchl M, Berg W** (2012): Impact of uncertainties on greenhouse gas mitigation potential of biogas production from agricultural resources. Renewable Energy 37: 277-284.
  25. **Öztürk M** (2005): Hayvan gübresinden biyogaz retimi. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Müsteşarlığı, Ankara.
  26. **Pöschl M, Ward S, Owende P** (2010): Evaluation of energy efficiency of various biogas production and utilization pathways. Applied Energy 87:3305-3321.
  27. **şerit G, Yiğit GS, Gündüz M, şengün RB, Toraman ** (2009): İki Fazlı Biyogaz retim Tesislerinde Gaz retimine Etki Eden Parametreler. III. Enerji verimliliği ve kalitesi sempozyumu, Kocaeli.
  28. **Teke B** (2008): Biyogaz Teknolojisi. Aktel dergisi, 79(3): 8-13.
  29. **Tolay M, Yamankaradeniz H, Yardımcı S, Reiter R** (2008): Hayvansal atıklardan biyogaz retimi. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES, İstanbul.
  30. **Tricase C, Lombardi M** (2009): State of the art and prospects of Italian biogas production from animal sewage: Technical-economic considerations. Renewable Energy 34: 477-485.
  31. **Trivett A, Hall M** (2009): Feasibility of Biogas Production on Small Livestock Farms. Department of Engineering, University of Prince Edward Island, Charlottetown, PEI. Erişim adresi: [http://ecopei.ca/Final-biogas\\_report\\_2008.pdf](http://ecopei.ca/Final-biogas_report_2008.pdf).
  32. **Trker M** (2008): Anaerobik biyoteknoloji: Türkiye ve dünyada'ki eğilimler. Çevkor Vakfı yayınları, İstanbul.
  33. **Walla C, Schneeberger W** (2008): The optimal size for biogas plants. Biomass and bioenergy 32: 551-557.
  34. **Weinland P** (2010): Biogas production: current state and perspectives. Appl. Microbial Biotechnol, 85:849-860.
  35. **Yadvika Santosh Sreekrishnan TR, Kohli S, Rana V** (2004): Enhancement of biogas production from solid substrates using different techniques. A review. Biosource Technology 95: 1-10.
  36. **Yıldız ř, Saltabaş F, Balahorli V, Sezer K, Yağmur K** (2009): Organik atıklardan biyogaz üretimi projesi-İstanbul rneği, Türkiye'de katı atık yönetimi sempozyumu, TRKAY 2009