

HAYVAN VARLIĞINA GÖRE ÇANAKKALE BİYOGAZ POTANSİYELİNİN TESPİTİNE YÖNELİK BİR ÇALIŞMA

A Study For Determination of Biogas Potential in Çanakkale, Assets by Animals

Doç.Dr. Rüştü ILGAR*



ÖZET

Çanakkale'de şu an bir biyogaz tesisi bulunmamaktadır. Araştırma sonucunda elde edilen verilerle görülmüştür ki Çanakkale önemli miktarda biyogaz üretim potansiyeline sahiptir. Çanakkale İl Tarım Müdürlüğü'nden alınan büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayılarından ve bu hayvanların gübre miktarları hesaplanarak yıllık toplam 96 934 753 m³ miktarda biyogaz elde edilebileceği hesaplanmıştır. Bu hesaplama yapılırken kimyasal ve biyolojik faktörlerin en uygun seviyede olduğu kabul edilmiştir. Trakya'da genelinin sahip olduğu potansiyelden sonra ikinci sırada yer almaktadır.

ABSTRACT

Currently, there is not any biogas plant in Çanakkale. Results of the study indicate that Çanakkale has a grand potential of biogas production. From the number of the animals (bovine, ovine and poultry), received from Çanakkale Provincial Directorate of Agriculture, and the calculation of the manure, it is calculated that approximately 96 934 753 m³ of biogas could be gained, annually. During the process, it is taken into consideration that chemical and biological factors are at optimum level. Çanakkale is in the second rank after the potential general of Thrace area.

* ÇOMÜ, Ortaöğretim Sosyal Alanlar Eğitimi Bölümü, Coğrafya Eğitimi ABD.
ilgar@comu.edu.tr

I. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızlı bir şekilde artmaya devam etmesi, sanayileşmenin yeni boyutlar kazanması ve insanlığın geleneksel yaşam şartlarından kurtularak yaşama standardını yükseltmek istemesi, enerji ihtiyacını hızlı bir şekilde artırmaktadır. Bu nedenle, yeni enerji kaynaklarının bulunması, enerji teknolojisinin geliştirilmesi; enerji sorununu çözememiş gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeleri yeni arayışlara itmiştir. Bütün gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi ülkemizin de gelişmiş ülkelerin seviyesine ulaşabilmesi için yeterli enerjiye sahip olması gerekmektedir. Günümüzde enerjiye olan ihtiyaç ve fosil yakıtların çevreye verdiği olumsuzluklar, bunun yanında fosil yakıtların tükenme eğilimine girmesi, araştırmacıların tükenmeyen yenilenebilir enerjiler üzerine araştırmalar yapmalarına sebep olmuştur. Bunlardan biri de biyogaz enerjisidir (Topaloğlu ve İmren, 2011).

Birincil enerji kaynaklarında dışa bağımlılık Türkiye’de % 72,6’dır (Şen, 2007). Fosil yakıt enerjisi kitledikçe, Türkiye, gelecek yıllara, enerji kıtlığı, enerji fiyatlarında belirgin artış ve enerji güvensizliği ile yüz yüze kalacaktır. Bu sebeplerle, yenilenebilir enerji kaynaklarının ve teknolojilerinin geliştirilmesi, Türkiye’nin sürdürülebilir ekonomik gelişimi için giderek artan şekilde önem kazanmaktadır (Demirbaş, 2006).

Türkiye’de linyit, taşkömürü, asfaltit, bitümlü şistler, ham petrol, doğalgaz, uranyum ve toryum gibi enerji kaynak rezervleri ile hidrolik enerji, jeotermal enerji, güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi ve biyokütle enerjisi gibi yenilenebilir kaynak potansiyelleri bulunmaktadır. Türkiye’nin bilinen uranyum yatakları ile ekonomik uranyum üretimi, zenginleştirme ve nükleer enerji tesisinin bulunmaması nedeniyle günümüz teknolojisinde pek uygun görülmemektedir. Ancak her şeye rağmen Türkiye toryum yatakları bakımından ise dünyanın sayılı rezervleri arasında yer almaktadır (Atılğan, 2000).

Biyogaz, doğalgaz veya LPG ile çalışan tüm cihazlarda, küçük modifikasyonlar yapılarak rahatlıkla kullanılabilir (Gürel, 2010). Küresel ısınmanın en önemli etkeni olan sera gazları azaltılması önemlidir. Metan küresel ısınmaya neden olan en önemli gazlardan biridir. Hayvansal atıklardan yayılan metan gazı aynı hacimdeki CO₂’den yirmi katı daha fazla sera gazı etkisine neden olmaktadır. Oysa biyogaz tesislerinde elde edilen metandan enerji eldesi oldukça avantajlıdır (Tolay ve diğerleri 2008). Dolayısıyla biyogaz çevresel sorunlara neden olan şehirsel ve kırsal kesimdeki atıkların bertaraf ettiğinden çevre dostu bir gaz görünümü oluşur. Özellikle kırsal kesimde hayvansal atıklardan (hayvan dışkıları) kaynaklanan koku ve sinek oluşumu hayvansal atıklar bekletilmeden biyogaz üretiminde kullanılmadığı bir diğer avantajdır. Ayrıca hayvansal atık ve dışkıları metandan arıtıldıktan sonra uzun süre bekletilmeye gerek kalmadan direkt tarlaya gübre olarak verilebilmektedir. Biyogaz üretimi ile hayvansal atıklarda bulunan zararlı ot tohumları çimlenme özelliğini kayıp eder ve elde edilen fermente gübre yüksek azot içeriğine sahip, yaklaşık % 10 daha verimli organik gübredir (Gürel, 2010). Daha sağlıklı, hijyenik yaşam alanlarının yaratılmasını da sağlar (Tolay ve diğerleri, 2008). Ayrıca biyogaz, ısı, elektrik, akaryakıt ihtiyacını karşıladığından dışa bağımlılığı azaltan, bölgesel gelişmeye katkı sağlayan, ekolojik yapıyı koruyan ve aynı zamanda sürdürülebilir bir enerji kaynağıdır. Biyogaz, enerji bitkilerinin üretimi ile kırsal kalkınmaya katkı sağladığı gibi, organik

atıkların toplanması, atıkların işlenmesi, elde edilen gazın, ısının, akaryakıtın, elektriğin ve fermente gübrenin dağıtımı vb. oluşan tedarik zinciri ile de istihdam yaratmakta, ekonomiye katkı sağlamaktadır (Gürel, 2010). Anaerobik biyoteknoloji ile biyogaz üretimi, yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir yeri olan biyokütleden enerji elde etme yöntemlerinden birisidir (Totzke, 2008). Son yıllarda, anaerobik çürütme prosesleri, endüstriyel ve zirai atıkların çoğuna uygulanmaktadır. Elde edilen bu temiz enerji, organik atıklarının oksijensiz ortamda metan gazına dönüşümü ile mümkündür. Geriye kalan kısım ise zenginleştirilmiş bir gübre kaynağı olmaktadır (Topaloğlu ve İmren, 2011).

Dünya ülkelerinin gün geçtikçe yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesinin bir nedeni de son yıllarda kendini gösteren küresel ısınmadır. İnsanlar tarafından atmosfere salınan gazların sera etkisi yaratması sonucunda dünya yüzeyinde sıcaklığın artmasına küresel ısınma denilmektedir. Bu olay son 50 yıldır iyice saptanabilir duruma gelmiş ve önem kazanmıştır. Küresel ısınmaya, atmosferde artan sera gazlarının neden olduğu düşünülmektedir. Karbondioksit (CO₂), su buharı, metan (CH₄) gibi bazı gazların, güneşten gelen radyasyonun bir yandan dış uzaya yansımaları önleyerek ve diğer yandan da bu radyasyondaki ısıyı soğurarak yerkürenin fazlaca ısınmasına yol açtığı ileri sürülmektedir. Atmosferdeki CH₄ konsantrasyonlarının son yıllardaki artışı, küresel CH₄ kaynaklarının karakterizasyon çalışmalarının daha kapsamlı yapılması zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır (Güç ve Yılmaz, 2008). Toplam küresel ısınmanın yaklaşık % 18'ine CH₄'ın sebep olduğu belirlenmiştir (Ghosh, 1985). Bu değer yılda yaklaşık 500 milyon tona karşılık gelmekte ve bunun da 40-75 milyon tonu katı atık depo sahalarından kaynaklanmaktadır. Depo gazı bertaraf edilmedikçe veya enerji amaçlı kullanılmadıkça, nüfus artışı ve şehirleşmenin artmasına bağlı olarak katı atık depo sahaları atmosferik CH₄ konsantrasyonlarının önemli kaynakları arasında yerini koruyacaktır. Tarımsal aktivitelerden kaynaklı metan emisyonların küresel sera etkisine katkısı % 33 seviyelerindedir. Yalnızca hayvan atıkları % 7'sine sebep olup, bu da 20-30 milyon ton metan emisyonuna denk düşmektedir (USEPA Report'dan alıntılanarak Safley ve diğerleri, 1992). Kanalizasyon arıtımından kaynaklı metan üretimi küresel metan kaynaklarının % 5'ni oluşturmaktadır. AB ile atıklardan yenilenebilir enerji üretilirken iki yönlü çevresel yarar olmaktadır. Yenilenebilir enerjinin kullanılması ile fosil yakıtlara olan talebi azaltıp CO₂ emisyonları düşecek (1 m³ biyogaz 0,5 kg petrol eşdeğeri olup, 2,6 kg CO₂ emisyonu azaltılmış olur), ayrıca metanın kontrol edilmesi ile yayılımı engellenmektedir. AB ile üretilen enerjinin bir kısmı atık su arıtma tesislerinde sistem içinde kullanılırken (ısıtma, karıştırma, kurutma, vd.), geriye kalan yaklaşık % 63-78 kısmı satmaya uygun olmaktadır. İnsan aktivitelerinden kaynaklı metan emisyonları Tablo 1'de verilmiştir. AB teknolojilerinin uygulanması durumunda bu emisyonların azaltımı söz konusu olabilmektedir.

Tablo 1. İnsan aktiviteleri kaynaklı metan emisyonları (Güç ve Yılmaz, 2008)

Kaynak	EMİSYON (Tg CH ₄)
Kömür işletmeciliği, petrol sanayi	100
Pirinç ekimi	60

Hayvancılık	80
Gübre	25
Atık su arıtımı	25
Katı Atık Depo Alanı	30
Biyokütle	40
TOPLAM	360

Biyogazın M.Ö. 10. yüzyılda Asurlular, M.S. 16. yüzyılda İranlılar tarafından kullanıldığını, 17. yüzyılda Jan Baptita Van Helmont organik maddelerin bozunumuyla yanıcı gazların elde edilebildiğini, 1776 yılında Kont Alessandro Volta, organik maddelerin bozunma miktarıyla elde edilen yanıcı gaz arasında pozitif bir korelasyon (ilişki) olduğunu, 1808 yılında Sir Humphry Davy sığır gübresinin anaerobik fermantasyonu sonucu oluşan gazların içerisinde metan gazı olduğunu keşfedildiğini ve Hindistan'da biyogaz çalışmaları başlangıcının 1939 yılına uzandığını, bu ülkede ilk deneysel tesisin 1946 yılında ve ilk biyogaz tesisinin 1859 yılında Bombay kentinde kurulduğu ve 1859 yılında biyogazın İngiltere'de sokak lambalarında kullanıldığı, 1911 yılında ise elektrik ve ısı eldesi amacıyla kullanıldığını ifade edilebilmektedir (Koçar, 2009).

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Organik bazlı artıkların oksijensiz ortamda (anaerobik) farklı organizmalar yardımıyla parçalanması sonucunda açığa çıkan yanıcı bir gaz karışımıdır. Bu karışım; % 50-70 metan, % 30-40 karbondioksit, % 5-10 hidrojen, % 1-2 nitrojen, % 0,3 su buharı ve önemsenmeyecek derecede az miktarda hidrojen sülfür içerir (Gürel, 2010). Oluşan bu gazın bileşimi kullanılan hammaddeye ve ortam koşullarına göre değişmekle beraber % 99 CH₄ içeren biyogazın (doğalgaz) ısıl değeri 37,3 MJ/m³, % 65 CH₄ içeren biyogazın ısıl değeri ise 24,0 MJ/m³ dür (Staffort, 1980). Tablo 2'de bazı yakıtların ısıl değerleri gösterilmiştir;

Tablo 2. Çeşitli yakıtların ısıl değerleri

Yakıt türü	Isıl Değeri	
	MJ/L	MJ/kg
Propan	25,5	50,2
Bütan	28,7	49,6
Gazolin	34,8	47,1
Dizel fuel	38,7	45,6
Fuel Oil (No:2)	39,0	43,2
Doğalgaz (% 99 CH ₄)	37,3*	52,0

Biyogaz (% 65 CH ₄)	24*	33,5
Bitümlü		32,6
Linyit		14,0
Odun		19,8
Elektrik	3,6\$	

*MJ/m³ ; \$ MJ/ kW

Anaerobik parçalanma temelde üç aşamada gerçekleşmektedir. Bunlar; hidroliz, asit oluşum ve metan oluşum aşamalarıdır (Staffort, 1980). Hidroliz aşamasında karmaşık yapıları organik moleküller, mikroorganizmaların hücre dışı enzimleri ile daha küçük ve daha basit yapıda moleküllere dönüşmektedir. Bu aşamada selüloz, lignin ve hemiselüloz gibi karbonhidratlar glikoz, pentoz ve heksoza; proteinler, polipeptid ve aminoasitlere; ve yağlar ise alkoller, asitler ve hidrojene dönüşmektedir. Yağların hidrolizi çok yavaş gerçekleştiğinden, hidroliz aşaması anaerobik işlemlerde biyolojik parçalanma hızını belirleyen aşamadır. Asit oluşum aşamasında, hidroliz aşamasında asit oluşum aşamasında görev alan mikroorganizmalar tarafından kullanılacak yapılara dönüştürülen organik moleküller valerik asit, bütirik asit, propiyonik asit ve asetik asit gibi organik asitlere, ve metanola dönüştürülmektedir. Bu aşamada çözünmüş karbonhidratlar etanol, H₂ ve CO₂'e, amino asitler, süksinik asit ve H₂'e, yağ asitleri ise asetat ve H₂'e dönüşmektedir. Metan oluşum aşamasında ise, asit oluşum aşamasında oluşan organik asitler, H₂ ve asetat, metan oluşturan mikroorganizmalar tarafından kullanılmakta ve biyogaza dönüştürülmektedir. Bu aşamada oluşan metanın % 70'i asetatin dekarboksilasyonu, geriye kalanı ise hidrojen kullanan metan bakterileri tarafından CO₂'in indirgenme reaksiyonları ile oluşmaktadır (Speece 1996, Flotats 2000).

Metan gazı üretiminin başarısı birçok faktörün etkisi altındadır. Bunlar;

Sıcaklık

Hammaddenin cinsi ve miktarı

Ortam asitliği (pH)

Partikül büyüklüğü

Fermentasyon süresi

Karbon azot oranı (C/N)

Tesis yapısı

Yoğunluğu

Kuru madde miktarıdır. (Toruk, 2003)

Biyogaz üretiminde birçok materyal kullanılmaktadır. Bu materyallere; hayvansal atıklar, bitkisel artıklar, organik İçerikli evsel atıklar, şehir ve endüstriyel atıkları örnek olarak verebiliriz. Tablo 3'te bu kaynaklardan elde edilebilecek biyogaz verimi ve metan oranı değerleri gösterilmiştir;

Tablo 3. Çeşitli kaynaklardan elde edilebilecek biyogaz verimleri ve biyogazdaki metan miktarları

KAYNAK	BİYOGAZ VERİMİ (LİTRE/KG)	METAN ORANI (HACİM %'si)
Sığır gübresi	90-310	65
Kanatlı gübresi	310-620	60
Domuz gübresi	340-550	65-70
Çavdar samanı	200-300	59
Arpa samanı	290-310	59
Mısır sapları ve artıkları	380-460	59
Keten ve kenevir	360	59
Çimen	280-550	70
Sebze artıkları	330-360	Değişken
Ziraat atıkları	310-430	60-70
Yer fıstığı kabuğu	365	---
Dökülmüş ağaç yaprakları	210-290	58
Algler	420-500	63
Atık su çamuru	310-800	65-80

<http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyogaz.aspx>

Yapılan bir çalışmada; günde 100 ton hayvansal atık kabul eden örnek bir biyogaz tesisi için üretilecek biyogaz miktarı ve enerji üretim değerleri hesaplanmıştır. Çalışmanın sonucunda elde edilen değerler Tablo 4'te gösterilmiştir;

Tablo 4. Hayvansal atıklardan biyogaz üretimi ve enerji dengesi (1500 adet büyükbaş hayvan için) (Tolay ve diğerleri, 2008).

Üretilen biyogaz miktarı	2.780	m ³ /gün
Biyogazın metan içeriği	65	%
Biyogazın kalorifik değeri	6,5	kWh/m ³ Biogaz

Toplam üretilen enerji miktarı	18.070	kWh/ gün
Elektrik üretim verimliliği	38,5	%
Elektrik üretimi	6,957	kWhel./ gün
Biyogaz tesisinin elektrik ihtiyacı	417	kWhel./ gün
Isı üretim verimliliği	44	%
Isı üretimi	7,951	kWhth/ gün
Biyogaz tesisinin ısı ihtiyacı	3,600	kWh th. / g

Biyogaz üretimi yapabilmek için kurulmuş olan bir tesiste biyogaz üretimi konusunda dikkat edilmesi gereken bazı teknik özellikler dikkate alınmalıdır. Ancak teori ile uygulama her zaman aynı sonucu vermemektedir. Bu nedenle; bir biyogaz tesisinin ekonomik açıdan verimli olabilmesi için kaç hayvanın gübresine ihtiyacının olduğu, işletme büyüklükleri ve işletme tipi dikkate alınarak potansiyel hesaplamalarının yapılması gerekmektedir. Buna göre; öncelikle işletmenin ahır hayvancılığı, mera hayvancılığı, hayvanların yaşı, cinsi, beslenme alışkanlıkları, yem tür ve çeşitliliği, klimatolojik özellikler gözetilmelidir. Ancak bu çalışmada hayvan başına ortama değerler dikkate alınarak etkileyen bu parametreler göz ardı edilmiştir.

III. DÜNYADA BİYOĞAZIN DURUMU

Bölgesel olarak bakıldığında Avrupa, anaerobik biyoteknolojiyi en yoğun kullanan kıtadır. Avrupa'yı Güneydoğu Asya ve Kuzey Amerika izlemektedir. Çin'de dünyada kurulan biyogaz tesislerinin yaklaşık % 80'ni bulunmaktadır. Bu ülkeyi % 10 oran ve 2,9 milyon tesis ile Hindistan, 49 500 tesisle Nepal ve 29 000 tesisle Kore izlemektedir. Ancak Çin'de bulunan tesisler aile tipi ve Hindistan'daki tesisler ise çiftlik tipi tesislerden oluşmakta ve bunların çoğu çeşitli nedenlerden dolayı kullanılmamaktadır. Çin ve Hindistan'ın yanı sıra Nepal ve Kore'de de bulunan tesislerin yaklaşık 1/3ü, hatta yarıdan fazlası çeşitli nedenlerden dolayı (bakımsızlık, yetersiz atık ve atıkların ulaştırılması, organizasyon eksikliği gibi) çalıştırılmamaktadır (Eryaşar, 2007).

Tarımsal atıkların anaerobik çürütülmesi konusundaki teknolojik gelişmeler merkezi biyogaz tesisleri kavramını ortaya çıkarmıştır. Burada, pek çok çiftliğin atıkları merkezi bir tesiste toplanır ve endüstriyel ve evsel organik atıklarla karıştırılarak biyogaz üretiminde kullanılmaktadır. Merkezi biyogaz tesisleri kavramı ilk önce Danimarka'da denenmiştir. Danimarka'da hayvan gübresinin içine % 10-30 civarında evsel ve endüstriyel kökenli organik atıklar karıştırılmaktadır. Bugün Danimarka'da 22 merkezi tesis ve çok sayıda çiftlik tipi biyogaz tesisi bulunmaktadır (Türker, 2007). Danimarka gibi biyogaz teknolojisini etkin olarak kullanan öncü ülkelerden biri de İsveç'tir. İsveç'te 12 civarında çiftlik tipi biyogaz tesisi mevcuttur. Bu tesislerde biyogaz üretimi hayvan gübresi ve gıda endüstrisi organik atıkları karıştırılarak gerçekleştirilmektedir. Her biyogaz tesisinde yıllık ortalama 10 000 ton hammadde, biyogaz üretiminde kullanılmaktadır. 1990'ların ortalarından sonra 12 civarında, Danimarka'daki merkezi biyogaz tesislerine benzer büyük

biyogaz tesisleri kurulmuştur. Bu tesislerde hayvan gübresi diğer organik kökenli evsel ve endüstriyel atıklarla karıştırılarak kullanılmakta ve her tesis yıllık 20 000-70 000 ton hammadde kullanmaktadır. Ayrıca İsveç'te hemen hemen bütün şehir arıtma tesislerinin aktif çamurunu anaerobik olarak çürütülüp biyogaza dönüştürmek üzere aktif çamur tesislerinin yanında 135 adet çamur çürütücü kurulmuştur. İsveç en fazla biyogaz enerjisini aktif çamurun anaerobik çürütülmesinden elde etmektedir (Türker, 2007). Almanya, biyogaz teknolojisini en etkin kullanan ülkelerden biridir. 1999'da 850 olan biyogaz tesis sayısı, hükümetin uyguladığı teşvikler sayesinde, hızla artmış 2006'da 3 500'e çıkmış, bugün ise 4 000 civarında biyogaz tesisi mevcuttur. Bu tesislerin çoğu çıkan biyogazı arıttıktan sonra elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Rusya'da 70'ten fazla, Kazakistan'da 30 civarında biyogaz tesisi mevcuttur. Ayrıca Rusya'da küçük hacimli ev tipi biyogaz tesisleri de kullanılmaktadır. İngiltere'de 75 civarında biyogaz tesisi mevcuttur (Deublein ve diğerleri, 2008).

Latin Amerika, Hindistan, Çin, Nepal gibi Güneydoğu Asya ülkelerinde kullanılan biyogaz tesisleri genellikle 3-10m³ hacminindedir ve sayıları çok fazladır. Bu tesisler günde 3-0 m³ biyogaz üretmekte ve bir ailenin günlük enerji ihtiyacını karşılamaktadır. Hindistan'da 2,5 milyonun üzerinde biyogaz tesisi mevcuttur. Nepal'de 145 000 biyogaz tesisi mevcuttur ve sayının dünya bankası destekleriyle yakın bir gelecekte 83 500 daha artması planlanmaktadır. Vietnam'da 2005 yılına kadar 18 000 biyogaz tesisi kurulmuştur ve bu sayının 2010 yılında 150 000'e çıkması hedeflenmektedir. Küresel enerji tüketiminin en önemli aktörlerinden Çin'de 2005 yılı itibarıyla 20 milyon ev tipi biyogaz tesisi mevcuttur (Türker, 2007).

Tablo 5. AB Ülkelerinin Biyogazdan Elde Ettikleri Elektrik Enerjisi Miktarları (Gwh).

ÜLKE	ÜRETİMİ
Almanya	5 564
İngiltere	4 690
İtalya	1313
İspanya	879,4
Fransa	460
Hollanda	286
Danimarka	274
Belçika	236
Yunanistan	274
Polonya	236,9
Çek Cumhuriyeti	179

İrlanda	175
Avusturya	160,9
Portekiz	122
Slovenya	57,7
İsveç	34,4
Lüksemburg	32,2
Macaristan	53,4
Finlandiya	27,1
Slovakya	25
Toplam	14 593,8

Kaynak: <http://www.eurobserv-er.org/pdf/baro212biogas.pdf>

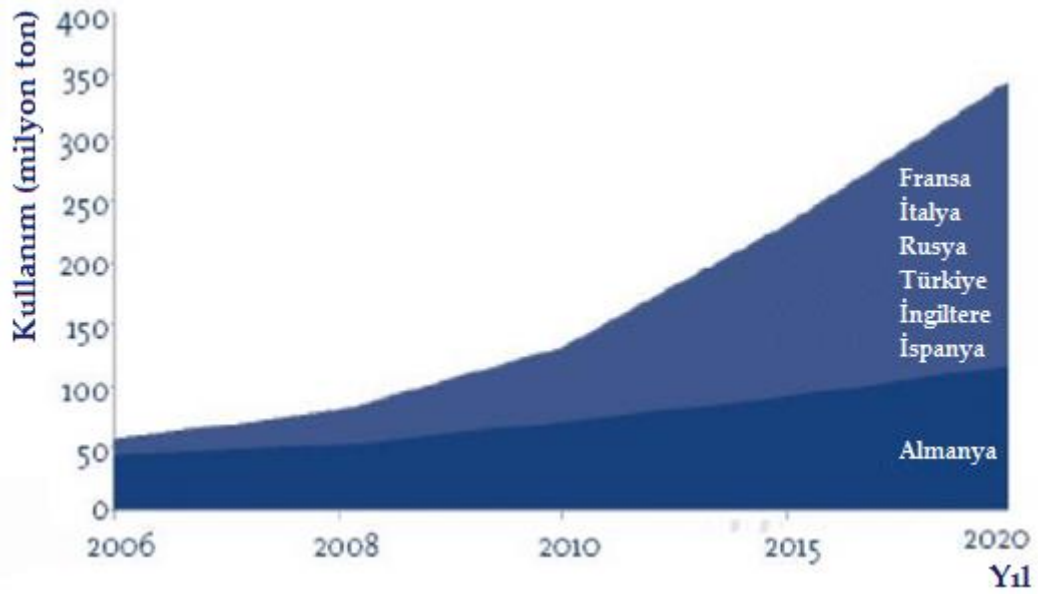
Biyogaz üretimleri açısından ülkeler bazında dağılımı ise Tablo gibidir.

Tablo 6. Biyogaz Üretimlerinin Avrupa Ülkelerindeki Dağılımları (ktoe)
(ktoe=1000 ton petrole eş değer)

ÜLKE	Çöplük Gazı	Atık Çamur Gazı	Diğer Biyogaz	Toplam
İngiltere	1421	179	---	1 600
Almanya	573,2	369,8	651,4	1 594,4
İtalya	334,1	0,4	42	376,5
İspanya	236,5	56,8	23,6	316,9
Fransa	129	77	3	209
Hollanda	59,8	50,7	29,6	140,1
Danimarka	14,3	20,5	57,5	92,3
Belçika	56,3	9,7	7,8	73,8
Çek Cum.	21,5	31,4	2,8	55,8
Polonya	11	25,3	0,3	50,7
Avusturya	20,5	19,1	14,5	45,4
Yunanistan	24,9	15,5	---	36
İrlanda	10,1	4,8	5,1	34,8
İsveç	16,6	18,7	0,9	29,8
Finlandiya	---	9,9	---	26,5
Portekiz	6	---	10	10
Slovenya	---	0,7	---	6,8
Lüksemburg	---	---	6,7	6,7
Slovakya	---	5,7	0,2	5,9
Macaristan	0,8	2,9	0,2	3,8
Toplam	2 961,4	898	855,6	4 715

EurObserv, ER 2006 http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat_baro/observ/baro173a.pdf

Ülkeler bazında yukarıdaki durum gözlemlenirken tüm Avrupa Birliği ülkelerinin genelinde hızlı bir artış trendi teşviklerle beraber gerçekleşmektedir. Aynı zamanda enerji elde edilmesi sürecinde işe yaramaz diye öngörülen atıkların değerlendirilmesi en önemli çevresel kazanımdır (Deublin ve Steinhauser 2010.)

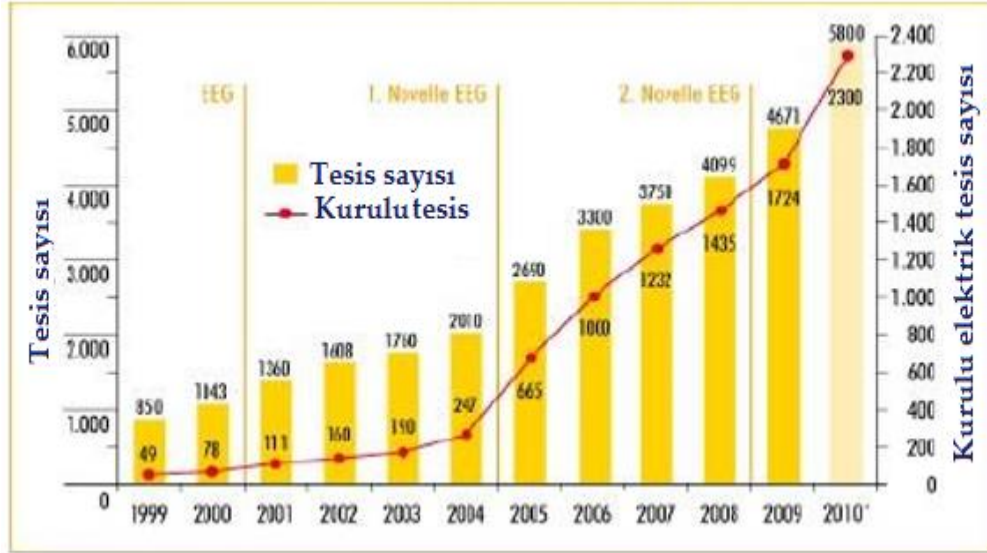


Şekil 1: AB ülkelerinde biyogaz kullanımı ve gelecek için öngörüler

Der Markt für Biogasanlagen in Europa bis 2020, trend:research, Institut für

Trend- und Marktforschung, <http://www.trendresearch.de>, Erişim Ağustos 2014.

Alternatif enerji üretiminde elektrik üretimindeki en yüksek payı Almanya almaktadır. Özellikle 2004 yılında hızlı bir artış trendi söz konusu iken 2010 yılında bu artış zirveye çıkmıştır.



Şekil 2: Almanya’da biyogaz tesislerinin ve elektrik üretiminin gelişimi

Biogasanlagen in Deutschland, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, <http://www.bio-energie.de/biogas/biogasanlagen-in-deutschland/>

Bu artışın altında yatan etmenler biyogazdan enerji üretimi için verilen teşviklerdir. Bazı Avrupa Birliği ülkelerinde kilovat saat başına verilen cent teşvikleri aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

Tablo 7. Çeşitli Ülkelerde Biyogazdan Üretilen Elektrik İçin Verilen Teşvik Miktarları

Ülke	Resmi izin için bekleme süresi [Ay]		Elektrik üretiminde teşvik [€ct/kWh]			
	Yapım Ruhsatı	Faaliyet Ruhsatı	Tarımsal Taban		Tarımsal Olmayan Taban	
			100 kWhel	500 kWhel	100 kWhel	500 kWhel
Avusturya	6 – 18	3 – 12	20,43	17,99	11,86	9,79
Belçika	4,5 – 8	4,5 – 8	21,78	21,78	22,20	22,20
İngiltere	2 – 18	3 – 12	14,8	14,8	14,8	14,8
Fransa	18	10	14,0	13,7	14,0	13,7
Almaya	6 – 12	3 – 9	21,83	15,77	10,83	9,77
İtalya	1	6	30	30	18	18

Polonya	6 – 18	6 – 12	12	12	12	12
Slovenya	6 – 24	6 – 12	18,94	18,94	6,11	6,11
İspanya	12 – 18	3 – 9	13,80	10,29	13,80	10,29

(Sakulin, 2009)

IV. TÜRKİYE’DE BİYOGAZ DURUMU

Biyogaz sistemlerinin avantajlarına ve ülkemizin yüksek hayvansal ve bitkisel atık potansiyeline rağmen, ülkemizde biyogaz sistemleri yaygınlaşmamıştır. Türkiye’de biyogaz ile ilgili çalışmaları 1980 öncesi ve sonrası olarak 2’ye bölmek olasıdır. 80 öncesinde çalışmalar birkaç üniversite ve kamu kurumunda yetersiz teknolojik bilgiyle ayrı ayrı yürütülmüştür. İlk çalışmalar 1957 yılında Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü’nde başlatılmıştır (Bilir ve diğeleri, 1982). 1960’lı yıllarda biyogazla ilgili yoğun çalışmalar yapılmış ve bazı devlet üretme çiftliklerinde pilot tesisler kurulmuştur (Kaygusuz ve Türker, 2002). Tarım Bakanlığı’na bağlı Toprak Su Araştırma Enstitüsü bünyesinde 1963 yılında başlatılan çalışmalarla 5 adedi Eskişehir Toprak Su Araştırma Enstitüsü’nde, 2 adedi Eskişehir’in köylerinde ve biri de Çorum deneme istasyonunda olmak üzere toplam 8 adet biyogaz tesisi kurulmuştur. Çalışmalar 1969 yılına kadar sürmüştür (Soylukan ve Akdoğan, 2001). Bunların bir kısmından iyi sonuç alınmasına karşılık, yönetimlerin biyogaza sıcak bakmamaları, çalışmaları yönlendirecek ve yürütecek kurumun olmaması, teknik eleman ve çiftçilerin yeterince eğitilememeleri gibi sebeplerden tesislerin bir kısmı yarım bırakılmış ya da bir müddet kullanıldıktan sonra istenilen verim alınmadığı gerekçesiyle terk edilmiştir (Köse, 1998). Fakat 1980 sonrasında UNICEF’in teknik bilgi ve finans yönünden desteklediği, koordinasyonun DPT tarafından sağlandığı çalışmalar başlatılmıştır. Tarım ve Orman Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar bakanlığı gibi kurumlar yanında MTA, TOPRAK-SU gibi kuruluşlar da bu çalışmalara katılmışlardır. Çeşitli devlet üretim çiftliklerinde, farklı iklim koşullarında pilot tesisler kurularak test edilmiştir. 1982 yılında konuyla ilgili sorumluluk TOPRAK-SU’ya verilmiş, devletin köylülere sağladığı 1600 USD limitli 16 yıllık faizli kredilerle 1000 adet 6, 8, 12 ve 50 m³ boyutlarda biyogaz sistemleri kurulmuştur. Ayrıca bu yıllarda küçük ölçekli biyogaz tesislerinin projeleri dergilerde ve kitaplarda kullanıcıya sunulmuş yaygınlaştırma çalışmalarına başlanmıştır (Göğüş, 1986). Bu çalışmalar da organizasyon eksiklikleri ve projeler arasında iletişim kopukluğu nedeniyle başarılı olamamıştır. Yapılan uygulamalarda verim alınamamasının en önemli sebebi olarak, reaktör sıcaklığının istenilen seviyede tutulamaması gösterilmektedir. Ayrıca teşvikler yeterli olmamıştır. 1980’li yıllardan sonra biyogazla ilgili çalışmalara ara verilmiştir (Kaygusuz ve diğeleri, 2003).

İstanbul, Kayseri ve Ankara belediyeleri, aktif çamur sistemlerinden elde edilen fazla çamuru anaerobik çürütücülerde çürüterek biyogaza dönüştürmekte ve hacmini azaltmaktadır. Konya Belediyesi de çamur çürütücüleri devreye alma aşamasındadır. Ayrıca Bursa ve İstanbul belediyeleri bünyesinde çöplerin gömüldüğü depone alanlarından depone gazı üretilmekte ve bu gaz enerji üretiminde kullanılmaktadır. Ankara Belediyesi, Ankara Mamak ve Sincan’da depone gazı üretme çalışmalarını sürdürmektedir (Türker,

2008). Ülkemizdeki hayvan sayısı, yıllık yaş gübre üretimi ve potansiyel biyogaz üretim kapasitesi Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Türkiye’nin hayvansal atık miktarına karşılık gelen üretilebilecek biyogaz potansiyeli ve taşkömürü eş değeri (Türker, 2008).

Hayvan cinsi	Sayısı (adet)	Yaş Gübre (ton/yıl)	Biyogaz Üretim Potansiyeli (m ³ /yıl)	Taş kömürü eş değeri (ton/yıl)
Sığır	11 054 000	40 347 100	994 860 000	710 613
Koyun-keçi	38 030 000	26 621 000	1 901 500 000	1 358 215
Tavuk-hindi	243 510 453	5 357 207	487 020 906	347 871
Toplam	292 594 453	72 325 307	1 672 030 906*	2 416 699

*18 °C’deki miktar. Optimum fermentör sıcaklığında çalışılması durumunda bu rakamın 2-2.5 milyar m³ arasında olması öngörülmektedir.

Toplam yaş gübre içinde en büyük payı sığır gübresi alırken, arkasından koyun-keçi gübresi gelmektedir. Biyogaz potansiyeli ise en yüksek gübre kümes hayvanları, sonrası koyun ve keçi gübresidir.

Tablo 9. Gübre miktarlarına göre biyogaz üretim miktarı

Gübre Cinsi	Gübre Miktarı	Elde Edilebilecek Biyogaz Miktarı (m ³ /yıl)
Sığır	1 ton	33
Koyun	1 ton	58
Kümes Hayvanı	1 ton	78

<http://www.eie.gov.tr/venilenebilir/biyogaz.aspx>

Biyogaz üretim teknolojisinin ülkemizde başarılı olabilmesi için daha pek çok konuda araştırma yapılması gerekmektedir. Bugüne kadar yapılan araştırmalar belirli bir bilgi birikimi sağlamıştır. Ancak bu yeterli değildir (Sözer ve Yaldız, 2006).

V. ÇANAKKALE’DE BİYOGAZ POTANSİYELİ

Bir yerde kurulacak olan biyogaz tesisinin verimliliğini bulmak için öncelikli olarak oranın sahip olduğu potansiyeli araştırmak önemlidir. Bu araştırmada bilinmesi gerekenler; hayvan sayıları, bu hayvanların yıllık veya günlük gübre miktarlarıdır. Gübre miktarlarına göre ortalama biyogaz üretebilme potansiyeli hesaplanır. Biyogaz üretim potansiyeli, hayvanların yıllık gübre miktarı ve bu gübreden ne kadar biyogaz elde edilebileceği kabul edilmiş oranlar üzerinden hesaplanır. Bu değerler aşağıda gösterilmiştir;

Büyükbaş hayvan canlı ağırlığının % 5-6’sı kg-yaş gübre/gün, koyun-keçi canlı ağırlığının % 4-5’si kg-yaş gübre/gün, tavuk canlı ağırlığının % 3-4’si kg-yaş gübre/gün olarak gübre yaptıkları varsayımından hareketle hayvanların kütle endeksine bağlı

değişkenlik gösteri. Ancak hesaplamalarda ortalama değer olarak kabul edilen standartlar ise şu şekildedir:

Tablo 10. 1 adet hayvan cinsine göre yaş gübre miktarları

Hayvan Cinsi	Yaş Gübre Miktarı (ton/yıl)
Büyükbaş	3,6
Küçükbaş	0,7
Kümes	0,022

<http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyogaz.aspx>

Çanakkale Tarım İl Müdürlüğü'nden 2012 yılı hayvan sayıları alınmış ve bu sayılar üzerinden hayvanların yıllık gübre miktarları hesaplanmıştır. Bu gübre miktarlarından yola çıkarak yıllık biyogaz üretim potansiyeli hesaplanmıştır. Bu sonuçlar Tablo 12' de gösterilmiştir.

Tablo 11. Çanakkale hayvan cinsi ve sayısı

HAYVAN CİNSİ	SAYISI
Büyükbaş Hayvan	200 137
Küçükbaş Hayvan	577 361
Kanatlı Hayvan	28 973 000

Çanakkale Tarım İl Müdürlüğü (2012)

Tablo 12. Hayvanların yıllık gübre miktarlarına göre biyogaz üretim miktarları

HAYVAN CİNSİ	HAYVAN SAYISI	GÜBRE MİKTARI (Y/TON)	BİYOĞAZ MİKTARI (M ³ /YIL)
Büyükbaş	200 137	720 493	23 776 269
Küçükbaş	577 361	404 152	23 440 816
Kanatlı	28 973 000	637 406	49 717 668
Toplam	29 750 498	1 762 051	96 934 753

Çanakkale'nin sahip olduğu biyogaz üretim potansiyeli verileriyle bu verilerin elektrik enerjisi eşdeğeri hesaplanmıştır. 1m³ biyogaz 4,70kWh enerjidir (Bilir ve diğerleri 1983).

Tablo 13. Çanakkale biyogaz potansiyeli ve elektrik enerjisi eş değeri

HAYVAN CİNSİ	ELDE EDİLEBİLECEK BİYOĞAZ (m ³ /gün)	ELEKTRİK ENERJİSİ EŞDEĞERİ (kWh/gün)
Büyükbaş	65 140	306 158
Küçükbaş	64 221	301 839
Kanatlı	136 212	640 196
Toplam	265 573	1 248 193

Çanakkale'nin sahip olduğu bu yüksek biyogaz üretim potansiyeli göz önüne alınarak kurulacak bir biyogaz tesisinde üretilen biyogazın hava ile 1/7 oranında karıştığı zaman tam yanma gerçekleştirilirse ısıtma amacıyla gaz yakıtlarla çalışan fırın ve ocaklardan yararlanılabileceği gibi termosifon ve şofbenler de biyogaz ile kullanılabilir. Biyogaz, sıvılaştırılmış petrol gazı ile çalışan sobaların meme çaplarında basınç ayarlaması yapılarak kolaylıkla kullanılabilir. Yine Çanakkale için doğrudan aydınlatmada kullanılabilme imkanı vardır. Bu amaçla sıvılaştırılmış petrol gazları ile çalışan lambalardan yararlanılabilir. Ayrıca Çanakkale'deki benzinle çalışan motorlarda hiçbir katkı maddesine gerek kalmadan doğrudan kullanılabilirdiği gibi içeriğindeki metan gazı saflaştırılarak da kullanılabilir. Dizel motorlarda kullanılması durumunda belirli oranlarda (% 18-20) motorin ile karıştırılarak kullanılabilir.

Yan ürün ayrıca yan ürün olarak elde edilen biyogaz üretimi sonucu sıvı formda fermente organik gübre olarak ildeki tarımsal arazilerde kullanılabilir. Fermantasyon sonucu elde edilen organik gübrenin temel avantajı anaerobik fermantasyon sonucunda patojen mikroorganizmaların büyük bir bölümünün yok olduğundan dolayı bu gübrenin yaklaşık % 10 daha verimli olduğu da gözlemlenmiştir <http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyogaz.aspx>.

Elde edilen veriler ışığında biyogaz üretim potansiyeli açısından Çanakkale'nin durumu şu şekildedir:

Tablo 14: Çalışma yapılan iller, Türkiye ve Çanakkale'nin sahip olduğu değerler

ŞEHİR	BÜYÜKBAŞ HAYVAN SAYISI	KÜÇÜKBAŞ HAYVAN SAYISI	Kanatlı Hayvan Sayısı
ELAZIĞ ¹	514 280	375 490	7 411 350
SAMSUN ²	424 544	183 059	6 404 507
TRAKYA ³	346 n970	554 790	1 773 910
TEKİRDAĞ ⁴	134 707	168 410	428 800
ÇANAKKALE	200 137	577 361	28 973 000
TÜRKİYE ⁵	11 054 000	38 030 000	243 510 453

¹Akbulut ve Dikici, 2004, ²Topaloğlu ve İmren 2011, ³Toruk ve Eker, 2003, ⁴Gürel 2010, ⁵Türker 2008.

Tablodan da görüldüğü üzere elde edilen bulgular ışığında Çanakkale yüksek bir biyogaz üretim potansiyeline sahiptir. Çanakkale sahip olduğu bu yenilenebilir enerji kaynağını alternatif olarak üretilip kullanmaya başlarsa hem ilin kalkınmasına, hem de çevreci bir üretim yapılmasına katkıda bulunacaktır.

VI. SONUÇ ve ÖNERİLER

Günümüzde doğalgaz rezervlerine bakıldığında 57 yıllık ömrü kaldığı görülmektedir. Yeni rezervler bulunmasına karşın doğalgaza olan talebin her geçen yıl artmasından dolayı ömrü uzamak yerine daha da kısalmaktadır. Mevcut petrol rezervlerinin ise hesaplanan 45 yıl ömrü kaldığı görülüyor. İthalatta 5 milyar 964 milyon maliyeti nedeniyle de Türkiye gelecek için yeni alternatif çözümler üretmek zorundadır <http://www.pigm.gov.tr/istatistikler.php>.

Çanakkale kendi ölçeğinde bu olumsuzların önüne geçebilecek potansiyele sahiptir. İl Tarım Müdürlüğü'nden alınan büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayılarından ve bu hayvanların gübre miktarları hesaplanarak yıllık toplam 96 934 753 m³ miktarda biyogaz elde edilebileceği hesaplanmıştır. Bu hesaplama yapılırken kimyasal ve biyolojik faktörlerin en uygun seviyede olduğu kabul edilmiştir.

Araştırma sonucunda elde edilen verilerle görülmüştür ki Çanakkale önemli miktarda biyogaz üretim potansiyeline sahiptir. Bu potansiyel göz önüne alındığında, Çanakkale biyogaz tesisi kurulması için elverişlidir. Araştırma sonucunu diğer illerde yapılmış çalışmaların sonuçlarıyla karşılaştırdığımız zaman tabloda da görüleceği üzere Trakya geneline göre sahip olduğu potansiyeller değerlendirildiğinde 2. sırada yer almaktadır. İller bazında baktığımız zaman ise çalışma yapılan iller arasında biyogaz potansiyeli açısından 1. sıradadır. Ancak tüm bu potansiyel gücüne rağmen Çanakkale'de şu an bir biyogaz tesisi bulunmamaktadır.

Ortaya çıkan bu sonuçla birlikte biyogaz tesisi kurulabilmesi için bir takım araştırmaların yapılması ve Çanakkale halkının bu konuda algıda seçiciliğinin artırılması gerekmektedir. Büyük bir biyogaz tesisinin kurulması yüksek maliyetler gerektirdiğinden teşviklerin sağlanması yararlı olacaktır. Eğer halk hayvan gübresi, tarım ürünleri artıkları ve çeşitli evsel atıklar sayesinde elde edilen biyogazın getireceği avantajlar konusunda bilgi sahibi olsa atıl olarak düşündüğü kirleticilerinde doğal ekosistemde bir yararı olduğunu kavrayacak ve hiçbir atığı boş yere zayi etmeyecektir.

Gerekli çalışmalar, desteklemeler ve yatırımlar yapılırsa Çanakkale alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarından olan biyogaz üretimiyle hem kendi ilinin kalkınmasını sağlayacak, hem de diğer illere de örnek olacaktır.

VII. KAYNAKÇA

- Atılğan, İ., 2000, Türkiye'nin enerji potansiyeline bakış. Gazi Üniv. Müh. Fak.Der., 15,1, 31-47
- Akbulut, A., Dikici, A., 2004. "Elazığ İli'nin Biyogaz Potansiyeli ve Maliyet Analizi", Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları Dergisi, , Cilt No:2, Sayı No:2, Sayfa:36-41, Şubat 2004.

- Bilir, M., Karabay, E., Deniz, Y., Katlı, N. 1982. Biyogazın Önemi, Yararları, Kullanımı, Biyogaz Tesislerinin Tasarımı ve Türkiye'de Yaygınlaştırma Olanakları. Köy Hizmetleri Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara.
- Bilir, M., Karabay, E., Deniz, Y., 1983. "Biyogaz Üretimine Yönelik Değerlerin Saptanması", Toprak Su Araştırma Ana Projesi, proje no: 872, Ankara,
- Deublin, D., Steinhäuser, A., 2010. "Biogas From Waste and Renewable Resources, 2nd, Revised and Expanded Edition, Wiley VCH
- Demirbaş, A., 2006. "Turkey's Renewable Energy Facilities in the Near Future". Energy Sources, Part A. 28, 527-536
- Eryaşar, A., 2007. Kırsal Kesime Yönelik Bir Biyogaz İsteminin Tasarımı, Kurulumu, Testi Ve Performansına Etki Eden Parametrelerin Araştırılması, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Güneş Anabilim Dalı (Doktora Tezi), Danışman:Prof Dr Günnur KOÇAR, İzmir
- Flotats, X., 2000. "La Digestió Anaeròbia Com Alternativa De Tractament O Com Procés Previ Al Procés De Compostatge", 4ª Jornada Tècnica Sobre la Gestió de Residus Municipals: Residus Orgànics Municipals i Compostatge, Barcelona, 2000.
- Ghosh, S., 1985. "Solid-Phase Methane Fermentation Of Solid Wastes". Trans ASME, 107, 402-405.
- Göğüş, A.Y., 1986, "İşte Biyogaz", Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, Cilt 9, Sayı 4, s. 42-44.
- Güç, M., Yılmaz, V., 2008. "Organik Atıklardan Kaynaklı Sera Gazları Salımlarının Azaltılmasında Anaerobik Bozundurma'nın Önemi", VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu UTES, 2008, İstanbul. http://www.uteg.org/makaleler/organik_atiklardan_kaynakli_sera_gazlari.pdf, Erişim Nisan 2015.
- Gürel, A., 2010. "Tekirdağ İlinin Keşfedilmeyen Değerlerinden Biyogaz Potansiyeli", Tekirdağ Değerleri Sempozyumu, 21 Ekim 2010., Ege Basım, Ataşehir, İstanbul, s.62-75
- Kaygusuz, K., Türker, M.F., 2002. Biomass Energy Potential in Turkey, Renewable Energy, 26, pp 661-678.
- Koçar, G., 2009. "Kırsal Kesim Biyogaz Teknolojilerinin Geliştirilmesi ve Yaygınlaştırılması, GÜDÜMLÜ TEKNOLOJİ GELİŞTİRME PROJESİ", Proje No: 07/Dpt/003, Ege Üniversitesi, Güneş Enerjisi Enstitüsü, İzmir, <http://egweb.ege.edu.tr/eusolar/files/biyogaz%20dpt%20projesi.pdf>, Erişim Ekim 2010.
- Köse, F., 1998. "Güneşli Isıtımlı Biyogaz Üretimi", Enerji Workshop-I, Alternatif Enerji Kaynakları, Selçuk Üniversitesi- Ege Üniversitesi, Konya.
- Safley, L.M., Casada, M.E., Woodbury, J.W., Roor, K.F., 1992. (USEPA Report'dan alıntılanarak, orijinal metin görülmemiş), "Global Methane Emission From Livestock And Poultry Manure". 400/ 1-91/ 048.

- Sakulin C., 2009. "Country Specific Conditions for the Implementation of Biogas Technology Comparison of Remuneration", http://www.fedarene.org/publications/Projects/BIOGAS/publications/Comparison_of_Remuneration_in_9EU_countries_in_2008-final.pdf
- Speece, R.E., 1996."Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewater", Arche Press, Tennessee, 1996
- Staffort, D.A., Hawkes, D.L. ve Horton, H.R., 1980. "Global Methane Production from Waste Organic Matter", Revision of a 1974 Agriculture Canada Publication, no: 1528, Canada
- Şen, H.M., 2007. "Türkiye'nin Genel Enerji Durumu, Türkiye'de Enerji ve Geleceği", İTÜ Görüşü, 27-35, Nisan 2007, İstanbul.
- Soylukan, Ş., Akdoğan, F., 2001. "Kırsal Kesimdeki Küçük Bir Aile İçin Biyogaz Üretim Tesisi", VI. Türk-Alman Enerji Sempozyumu, Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Çevre Korunumu, 21-24 Haziran 2001
- Sözer, S., Yıldız, O., 2006. "Sığır Gübresi ve Peynir Altı Suyu Karışımlarından Biyogaz Üretimi Üzerine Bir Araştırma", 19(2): 179-183
- Türker, M., 2007. Biyogaz Teknolojisi, Çevkor Vakfı Yayınları 9, İzmir.
- Tolay, M., Yamankaradeniz, H., Yardımcı, S., Reiter, R., 2008. "Hayvansal Atıklardan Biyogaz Üretimi", VII. Ulusal temiz enerji sempozyumu, UTES 2008, 17-19 Aralık 2008, İstanbul.
- Topaloğlu, B., İmren, V. 2011, "Samsun İlinde Biyogaz Enerjisi Potansiyeli ve Uygulanabilirliği", Samsun Sempozyumu, 13 Ekim 2011, 3.oturum sunumu
- Toruk, F., 2003. "Biyogaz", Aylık Enerji, Elektrik, Elektronik Teknoloji Dergisi, Sayı 104, s.52-55, ISSN 1303-4782, İstanbul
- Totzke, D.E., 2008. "Anaerobic Treatment Tecnology" Overview. Applied Technologies, Inc.
- Trend- und Marktforschung <http://www.trendresearch.de>, Erişim Ağustos 2014.
- Türker, M., 2008. "Anaerobik Biyoteknoloji ve Biyoenerji Üretimi", Çevkor Vakfı Yayınları, İzmir, 260. s.7
- <http://www.bio-energie.de/biogas/biogasanlagen-in-deutschland/>
<http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyogaz.aspx> Erişim Ağustos 2014.
- <http://www.eurobserv-er.org/pdf/baro212biogas.pdf>
<http://www.pigm.gov.tr/istatistikler.php> Erişim Ağustos 2014.
- EurObserv, ER 2006 http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat_baro/observ/baro173a.pdf Erişim Ağustos 2014.