

Organik Atıklardan Biyogaz Üretimi (Biyometanizasyon) Projesi - İstanbul Örneği

*Şenol Yıldız, Fatih Saltabaş, Vahit Balahorli, Kadir Sezer,
Köksal Yağmur*

*İSTAÇ A.Ş. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Atık Maddeleri
Değerlendirme Sanayi ve Ticaret A.Ş., İstanbul, Türkiye*

Özet

Günlük atık miktarının 15.000 ton'a ulaşması İstanbul için çevresel açıdan daha uygun bertaraf yöntemleri gerektirmektedir. Organik atıklardan anaerobik şartlarda biyogaz üretimi (Biyometanizasyon) hem çevresel hem de yenilenebilir enerji kazanımı açısından önem arz etmektedir.

Biyometanizasyon yoluyla enerji elde edilmesi yenilenebilir enerji kapsamında değerlendirilmektedir. Yenilenebilir enerji kapsamında devlet teşviği için alt yapı çalışmaları yapılmakta olup teşvik ile bu yöntem ekonomik açıdan da uygulanabilir olacaktır.

Bu kapsamda, İstanbul Büyükşehir Belediyesi İSTAÇ A.Ş. tarafından İstanbul Avrupa yakasında kurulması planlanan 45.000 ton/yıl kapasiteli Biyometanizasyon tesisinde hammadde olarak, kaynağında ayrı toplanmış organik atıklar kabul edilecektir. Proses sonucu oluşan yüksek metan içeren yaklaşık yıllık 5.400.000 m³ biyogaz kojenerasyon ünitesinde yakılarak yıllık yaklaşık 8.450 MW elektrik üretimi hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyometanizasyon, Biyogaz, Yenilenebilir Enerji

Biogas Production from Organic Wastes (Biomethanization) Project Istanbul Case Study

Abstract

The more suitable disposal methods are required for Istanbul because of the daily waste generated with a quantity of 15.000 tons. It is important, both in environmental and renewable energy generation aspects, to produce biogas from the organic wastes in anaerobic conditions (biomethanization).

Generating electric energy by biomethanization from biodegradable organic waste is evaluated in comprehension of renewable energy. In renewable energy scope, there are some studies about aid fee by the Energy Department of Turkey. Waste to energy by government support also will be feasible by economically.

With this scope, the source separated organic waste will be accepted as feedstock in the 45.000 tons per day biomethanization plant, which is planned to be built up in the European side by the Istanbul Metropolitan Municipality. By this process, it is intended to generate approximately 8.450 MWh electricity by the

Keywords: Biometanizasyon, Biogas, Renewable Energy

1. Giriş

Türkiye’de katı atık bertarafında kullanılan en yaygın uygulama düzenli depolama yöntemidir. Birçok Avrupa ülkesi için düzenli depolama, alan sıkıntısı ve sera gazı emisyonları ile sızıntı suyu sorunu yüzünden uygun bir atık yönetim metodu olmaktan çıkmıştır [1]. Eysel katı atığın organik kısmının anaerobik arıtımı(biometanizasyon), yenilenebilir enerji geri kazanımı ve atığın stabilizasyonu nedeniyle, özellikle Avrupa’da çok yaygın olarak uygulanmakta olup ülkemizde de alt yapısı oluşmuş durumdadır. Katı atığın organik kısmının anaerobik biyolojik yöntemlerle arıtımı oldukça cazip bir arıtma alternatifidir. Anaerobik reaktör teknolojisindeki önemli gelişmeler 1950’lerden sonra hız kazanmıştır [2].

Eysel katı atıkların organik kısmı (EKAOK) ile farklı organik atık türlerinin havasız çürütücülerde birlikte arıtımı sonucu entegre (bütünleşik) bir atık yönetimi sağlar [1]. Bu bağlamda özellikle Avrupa’da organik atıklardan biyogaz üretmek amacıyla çok sayıda tesis kurulmuştur. Bu tesisler, atık muhtevsındaki katı madde yüzdesine (ıslak ve kuru sistemler), kademe sayısına (tek ve çift kademeli sistemler) ve prosesin yürütüldüğü işletme sıcaklığına (mezofilik ve termofilik sistemler) göre sınıflandırılmaktadır.

Katı atıkların biyometanizasyon yoluyla biyogaz geri kazanımı çevresel boyutun yanı sıra ekonomik olarak da dikkat çekmektedir. Bu yöntemle, düzenli depolanıp yeterli ve verimli bir şekilde geri kazanım sağlanamayan organik atıklardan biyogaz üretimi ve stabil gübre elde edilmesi sağlanabilecektir. Ayrıca organik atıklardan biyogaz üretimi yenilenebilir enerji kapsamına girdiğinden, yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik birçok Avrupa ülkesinde farklı oranlarda devlet tarafından sübvansiyon uygulanarak desteklenmektedir. Bu sayede katı atıkların biyometanizasyonu hem ekonomik hem de çevresel kazanç sağlanan bir bertaraf yöntemi olmaktadır. Türkiye’de de bu durum Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından incelenmekte ve yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisi için verilecek destek üzerinde çalışmalar yapılmaktadır.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi İSTAÇ A.Ş. tarafından yapılması planlanan biyometanizasyon tesisi için fizibilite çalışmaları tamamlanmıştır. Özellikle haller, pazar yerleri ve gıda endüstri atıklarından biyometanizasyon yöntemi ile biyogaz geri kazanımı sağlanıp üretilen biyogazın kojenerasyon ünitelerinde elektrik enerjisi üretilerek yenilenebilir enerji kazanımı sağlanacaktır. Bunun yanı sıra proses sonucu oluşan stabil gübre peyzaj uygulamaları için çok değerli bir üründür. Bu fermente ürün park ve bahçelerde kullanılabilir ya da uygun tarım alanlarında kullanılması mümkün olmaktadır.

2. Mevzuat

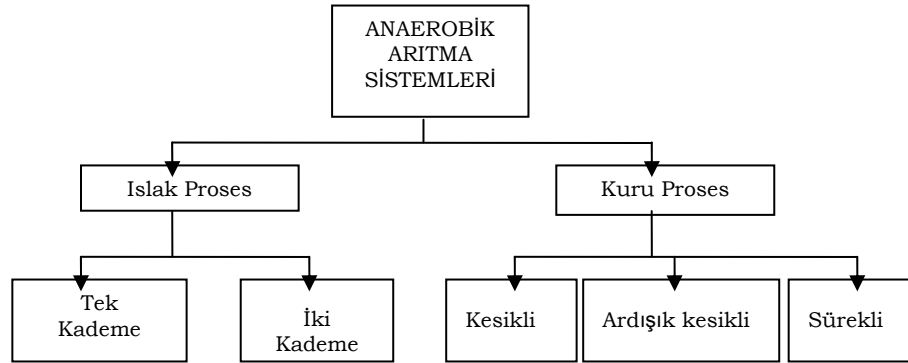
Kentsel ve kentsel nitelikli endüstriyel katı atıkların yönetiminde düzenli depolama uzun yıllardır kullanılan bir yöntemdir. Karışık kentsel atık içerisinde yüksek miktarda bulunan (ağırlıkça % 50-60 İstanbul için) organik atıkların düzenli depolama sahalarında depolanması çevre açısından öncelikli bertaraf yöntemi olarak tercih edilmektedir. Bu kapsamda Avrupa Birliği düzenli depolamaya gönderilen organik atıkların azaltımı için Düzenli Depolama Direktifi (1999/31/EC) yayınlamıştır. Söz konusu direktifte üye ve aday ülkeler için düzenli depo sahalarına göndermiş oldukları organik atıklar için sınırlamalar getirilmiştir. Direktifin, 1995 yılında oluşan kentsel katı atıkların %80’ini depolayan üye ülkeler için öngördüğü düzenli depolamaya kabul edilecek biyolojik olarak ayrışabilir atık kotaları, 2010 yılı için 1995 yılındaki biyolojik olarak ayrışabilir atık miktarının % 75’i, 2013 yılı için % 50’si ve 2020 yılı için % 35’i şeklindedir [3].

Katı atıkların organik kısmının anaerobik biyolojik süreç sonunda biyogaz üretimi ve biyogazın yakılması sonucu elektrik elde edilmesi yenilenebilir enerji kapsamında değerlendirilmektedir. Ülkemizde, Enerji Bakanlığınca 10.5.2005 tarihli 5346 no'lu "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun"da yenilenebilir enerji kapsamında rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyogaz, dalga, akıntı enerjisi ve gel-git ile kanal veya nehir tipi veya rezervuar alanı on beş kilometrekarenin altında olan hidroelektrik üretim tesisi kurulmasına uygun elektrik enerjisi üretim kaynakları yenilenebilir enerji kapsamında ele alınmıştır. Biyokütle enerjisi ise organik atıkların yanı sıra bitkisel yağ atıkları, tarımsal hasat artıkları dâhil olmak üzere, tarım ve orman ürünlerinden ve bu ürünlerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan yan ürünlerden elde edilen katı, sıvı ve gaz halindeki yakıtları oluşturmaktadır. [4] Ayrıca Avrupa Birliği, yenilenebilir enerji üretim hedefleri belirleyerek bu konuda bir direktif yayınlamıştır. Söz konusu direktifte ülke bazında tüketilen enerjinin belirli oranlarda yenilenebilir enerjiden elde edilmesi istenmektedir. Direktife göre yenilenebilir enerjinin toplam enerjiye oranı 2010 yılında % 12,5, 2020 yılında % 20, 2050 yılında % 50 olması istenmektedir [5].

3. Katı Atıkların Organik Kısımının Anaerobik Arıtımı

Katı atıkların anaerobik arıtımı için bazı ön-arıtma ve son-arıtma prosesleri gereklidir. Ön arıtma prosesleri manyetik ayırım, döner tambur, parçalama, eleme, hamurlaştırma, çöktürme ve pastörizasyon olarak sayılabilir. Bunların yanında biyogaz iyileştirme ve fermente ürün susuzlaştırma veya ıslak mekanik ayırım da birçok ürünün geri kazanılabileceği son-arıtma prosesleri olarak sayılabilir.

Evsel katı atıkların anaerobik olarak arıtıldığı tesisler birçok prosesin birleşiminden oluşur. Atıktan elde edilebilecek ürünlerin miktar ve kalitesini çoğu kez atığın bileşimi ve yapısı belirlese de, anaerobik reaktörün tasarımı da ürünlerin miktar ve kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Ayrıca, anaerobik reaktör tasarımı gerekli ön-arıtma ve son-arıtma ihtiyaçlarını da belirler. Evsel organik katı atıkların anaerobik olarak arıtıldığı reaktörler içlerindeki katı madde yüzdesine (ıslak ve kuru sistemler), kademe sayısına (tek ve çift kademeli sistemler) ve prosesin yürütüldüğü işletme sıcaklığına (mezofilik ve termofilik sistemler) göre sınıflandırılır (Şekil 1).



Şekil 1. Anaerobik Biyolojik Arıtma Yöntemleri İçin Sınıflandırma

Anaerobik çürütme proseslerinde, kompleks organik maddelerin metan gazına dönüştürülmesinde çeşitli tür ve özellikle mikroorganizma grupları yer almaktadır. Bu kompleks organiklerin anaerobik ayrıştırılarak metan gazına dönüştürülmesi üç aşamada gerçekleşmektedir [6].

1. **Hidroliz:** Kompleks organik maddeler, fermantatif ve hidrolitik bakteri grupları tarafından daha basit yapıda çözülebilir uçucu organik maddelere parçalanırlar. Hidroliz hızını etkileyen en önemli faktörler pH, sıcaklık ve çamur yaşıdır.

2. **Asit Üretimi:** Bu aşamada asetojenik bakteri grupları tarafından birinci aşama hidroliz ürünleri olan uçucu organik maddeler, organik asitlere dönüştürülür.
3. **Metan Üretimi:** Anaerobik arıtmanın son aşamasında ise, diğer iki kademedede oluşan ürünler metan oluşturan bakteriler tarafından metan gazına dönüştürülmektedir.

Anaerobik çürütücülerde oluşan biyogaz, hacimsel olarak % 65–70 metan (CH₄), % 25–30 karbondioksit (CO₂) ve küçük miktarlarda N₂, H₂, H₂S, su buharı ve diğer gazlardan meydana gelmektedir. Çürütücü gazın özgül ağırlığı havaya göre yaklaşık olarak 0.86’dır [7]. Gaz oluşumu, çamurun uçucu katı madde içeriğine ve çürütücüdeki biyolojik aktiviteye bağlı olarak geniş bir aralıkta salınır.

Çizelge 1. Bir m³ Biyogazın Enerji Eşdeğerleri [8]

Motorin	0,66 litre
Benzin	0,75 litre
Elektrik	4,70 kWh
Gaz Yağı	0,62 litre
Odun Kömürü	1,46 kg
Odun	3,47 kg
Bütan Gazı	0,43 kg

Metan gazının standart sıcaklık ve basınç altında net ısı değeri 35.800 kJ/m³tür. Anaerobik çürütücü gazı ortalama olarak yaklaşık % 65 oranında metan içerdiğinden, çürütücü gazın ısı değeri bu değerden daha düşüktür (yaklaşık olarak 22.400 kJ/m³). Metan, propan ve bütandan oluşan doğalgaz ile karşılaştırıldığında ısı değeri düşüktür. Biyogaz, kazanlar ve içten yanmalı motorlar için yakıt olarak kullanılabilir.

Biyogaz üretimindeki ve kompost kalitesindeki yüksek verimler, ayrı olarak toplanmış veya kaynağında ayrılmış evsel organik katı atık ile elde edilirken, mekanik olarak ayrılmış evsel organik katı atığın biyogaz üretim verimi daha düşük olmaktadır [9].

Katı atıkların tek başına veya diğer atıklarla (mezbaha, 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 azaltımı hedeflerinin sağlanması açısından oldukça önemli bir alternatif olarak görülmektedir.

4. Türkiye ve Avrupa’da Biyogaz Durumu

Organik atıklardan biyogaz üretimi dünya genelinde çok yaygınlaşmış bir yöntemdir. İlk dönemlerde tek tip atıktan özellikle çiftlik atıklarından biyogaz üretimi yaygın olarak tercih edilirken son zamanlarda kentsel atıkların organik atıkları için de bu yöntem kullanılmaktadır.

Türkiye’de son zamanlarda organik atık, biyokütle ve biyogazdan enerji eldesine yönelik kamu ve özel sektör yatırımları artmaya başlamıştır. Öncelikle Büyükşehir belediyeleri çöp atıklarının çözümüne yönelik olarak atık yakma ve enerji üretim tesisleri kurmaya başlamışlardır [10].

Türkiye’de 2007 yılı itibariyle otoproduktör statüde gerçekleştirilen ve yapımı tamamlanan biyokütle ve atık yakıt kaynaklı kojenerasyon tesisleri; 4 MW gücünde (7 GWh/yıl kapasiteli) Kemberburgaz (İstanbul) çöp gazı santrali, 5.2 MW gücünde (37 GWh/yıl kapasiteli) Köseköy (İzmit) çöp gazı santrali, 0.8 MW gücünde (6 GWh/yıl kapasiteli) Adana çöp gazı santrali ve 3.2 MW gücünde (22 GWh/yıl kapasiteli) Belka (Ankara) çöp gazı santrali’dir.

Organik Atıklardan Biyogaz Üretimi (Biyometanizasyon) Projesi - İstanbul Örneği

Serbest üretim şirketleri tarafından yapılan biyokütle ve atık yakıt kaynaklı kojenerasyon tesisleri ise; 1 MW gücünde (8 GWh/yıl kapasiteli) Ekolojik enerji (Kemberburgaz) çöp gazı santrali, 5.7 MW gücünde (45 GWh kapasiteli) ITC-KA Enerji Mamak (Ankara) çöp gazı santrali ve 1.4 MW gücünde (10 GWh/yıl kapasiteli) Aksa çöp gazı santrali'dir [11].

Enerji bitkileri, tarımsal ve tek tip atıklardan biyogaz üretimi yanı sıra özellikle Avrupa ülkelerinde teşvik nedeniyle kentsel katı atıkların organik kısmının mekanik veya uygun ayırma ile ayrılarak biyometanizasyon yolu ile biyogaz üretimi ve elektrik enerjisine çevrilmesi kapsamında birçok tesisler kurulmuştur (Çizelge 2).

Çizelge 2. 17 Avrupa Ülkesinde Karışık Kentsel Atık Kullanan Biyometanizasyon Tesisler [12]

5 Yıllık Gelişme	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010 (Planlanan)
Kurulan Tesisler	15	44	54	55
Tesis/Yıl	3	8,8	10,8	11
Toplam Kurulan Kapasite (Ton)	194.000	1.117.500	2.077.950	1.727.700
Yıl Bazında Kurulan Kapasite (Ton)	38.800	223.500	415.590	345.540
Ortalama Tesis Büyüklüğü (ton)	12.993	25.398	38.481	31.413

Biyometanizasyon tesisleri başlı başına ekonomik açıdan kendini amorti edememektedir. Birçok ülkede özellikle Avrupa ülkelerinde organik maddelerin biyometanizasyon yoluyla bertaraf edilmesi desteklenmektedir. Bu yolla üretilen biyogazdan üretilen elektriğin kwh'sına verilen teşvikler aşağıda Çizelge 3'te verilmiştir. Türkiye'de yenilenebilir enerji kapsamında sadece rüzgâr enerjisine teşvik verilmekte olup biyokütle ve diğer yenilenebilir enerjisi kapsamında Enerji Bakanlığı tarafından teşvik verilmesi kararlaştırılmış olup verilecek olan teşvik değerleri hakkında çalışmalar yapılmaktadır.

Çizelge 3. Çeşitli Ülkelerde Biyogazdan Üretilen Elektrik İçin Verilen Teşvik Miktarları [13]

Ülke	Resmi İzinler [Ay]		Elektrik Teşviği [€ct/kWh] (KDV Hariç)			
	Yapım Ruhsatı	Faaliyet Ruhsatı	Tarımsal Substrat		Tarımsal Olmayan Substrat	
			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
			28	29	17	17
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

5. İstanbul-Hasdal Biyometanizasyon Projesi

İstanbul Hasdal mevki eski vahşi depolama sahasında kurulması planlanan biyometanizasyon tesisi için öngörülen yaklaşık değerler Çizelge 4’te özetlenmiştir.

Çizelge 4. Biyometanizasyon Tesisi İçin Öngörülen Proje Değerleri

Yatırım Bütçesi	4 - 5 Milyon €	
Günlük Kabul Edilecek Atık Miktarı	150 ton/gün	45.000 ton/yıl
Hedeflenen Biyogaz Miktarı	750 m ³ /saat,	5.400.000 m ³ /yıl
Elektrik Enerjisi Üretimi(Net)	1.057 kWh/saat,	8.456.000 kWh/yıl
Üretilen Gübre	50 ton/gün	15 000 ton/yıl

Biyometanizasyon tesisi için gerekli temel birimler aşağıda sıralanmıştır;

- Atık Kabul Alanı & Atık Ön İşleme
- Pastörizasyon
- Fermantasyon Birimi
- Gaz Depolama Birimi
- Gaz Temizleme Birimi
- Elektrik Üretim Birimi
- Katı/Sıvı Gübre Depolama Birimi

Tesiste, sebze-meyve hallerinin organik atıkları, pazaryerleri atıkları, yüksek miktarda organik atığı oluşan endüstriyel işletmeler, mekanik ayırmaya tabii tutulmuş kentsel atıkların organik kısmı, biyometanizasyon sürecinde olumsuz etkisi olmayan arıtma çamurları vb. atıklar kabul edilecektir. Bu kapsamda atık fizibilitesi yapılmış olup tesise kabul edilecek atıklarla miktarlar Çizelge 5’te özetlenmiştir.

Çizelge 5. Biyometan Tesisinde Hammadde Olarak Kullanılması Planlanan Atık Türleri

1.	Haller	Kış (Ton/gün)	Yaz (Ton/gün)
	Avrupa Yakası	45	120
	Asya Yakası	20	50
	Balık Hali	4	3
2	Halk Pazarları (Avrupa)	50	50
3	Resmi Kurumlar	5	5
4	Özel Firmalar	10	10
5	Kentsel Organik Atık	20	20
6	Arıtma Çamurları	10	10
	TOPLAM	164	268

6. Sonuçlar ve Değerlendirme

Ülkemizde organik atıklardan geri kazanılabilecek enerji potansiyeli oldukça yüksektir. Özellikle Türkiye gibi organik madde potansiyelinin çok yüksek olduğu bir ülkede, evsel organik katı atık ve diğer organik atıklardan biyogaz elde eden tesislerin kurulması ile önemli miktarda enerji geri kazanımı sağlanabilecektir [14].

Ülkemizde anaerobik çürütme teknolojilerinin kentsel katı atıkların organik kısmında, gıda ve benzeri endüstriyel tesislerde, tarım ve hayvan atıklarında kullanılarak biyogaz üretilmesi, hem temiz enerji üretimini sağlayacak hem de çevre kirliliğinin azalmasına katkı sağlayacaktır. Ayrıca proses sonucu stabilize olmuş katı atıklar da gübre ve toprak düzenleyici olarak kullanılabilir. Enerji bakımından dış ülkelere bağımlı ve evsel katı atık içerisindeki organik madde yüzdesi yüksek olan Türkiye’de katı atıkların biyometanizasyonu ve diğer atıklarla birlikte arıtımı; Avrupa Birliği’nin düzenli depolama alanlarına gönderilecek organik içerikli atıklara uyguladığı kotaların sağlanması ve yenilenebilir enerji üretimi bakımından uygun bir yöntem olarak görülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji için devlet tarafından yeterince teşvik sağlandığı takdirde, yabancı ve özellikle yerli arıtma firmaları bu büyük pazardan pay alabilmek için harekete geçecektir. Bu sayede hem ülkemizin enerji açığı azaltılabilecek hem de istihdam yaratılabilecektir.

Bu bakımdan İstanbul Büyükşehir Belediyesi İSTAÇ A.Ş. tarafından kurulacak olan biyometanizasyon tesisinde, büyük miktarlarda organik atık üreten endüstriyel tesislerden, sebze-meyve hallerinden organik atıkların ayrı toplanarak bunun yanı sıra organik muhtevası yüksek olan bölgelerden alınan atıkların mekanik ayırmak suretiyle bertarafı ve bu sayede biyogaz elde edilmesi söz konusu hedeflere ulaşmakta çok önemli yer tutmaktadır.

Kaynaklar

- [1]. Hartmann H., Angelidaki I., Ahring B. K., “Co-digestion of The Organic Fraction Municipal Waste With Other Waste Types, In: Biomethanization of The Organic Fraction Municipal Waste”, J. Mata-Alvarez (ed.), IWA Publishing, London, UK, 2002.
- [2]. McCarthy, P.L., 1982. One hundred years of anaerobic digestion, anaerobic Digestion, 1981, Hughes vd. (eds.).
- [3]. AB, Avrupa Birliği Komisyonu. Düzenli Depolama Direktifi, 99/31/EC, 1999.
- [4]. YKEUK, “Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretimi Amaçlı Kullanımı Kanunu”, Resmi Gazete No: 5346, 10.05.2005.
- [5]. AB, Avrupa Birliği Komisyonu. AB Yenilenebilir Enerji Direktifi (2001/77/EC), 2001.
- [6]. Öztürk, İ., “Anaerobik Biyoteknoloji ve Atık Arıtımındaki Uygulamaları”, Su Vakfı Yayınları, 1999, 11-46.
- [7]. Metcalf ve Eddy, “Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, Reuse”, McGraw-Hill, 2003, p 1523, New York.
- [8]. Yılmaz, A. H., Atalay, F. S., 2004. Çeşitli Organik Katı Atıkların Anaerobik Fermantasyonu ve Modelleme Çalışmaları, V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul, s. 619-626., 26-28 Mayıs 2004.
- [9]. Bolzonella D., Pavan P., Fatone F., et. al., “Anaerobic Fermentation of Organic Municipal Solid Wastes For The Production of Soluble Organic Compounds”, Ind. Eng. Chem. Res., 44, 10, 3412-3418, 2005.
- [10]. Eniş, A., “Enerji Politikaları ile Yerli, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları”, TMMOB Makine Mühendisleri Odası Enerji Çalışma Grubu, 295-324, 2002.

[11]. Akpınar A., Kömürcü M., Filiz H. M., “Türkiye’nin enerji kaynakları ve çevre, Sürdürülebilir Kalkınma ve Temiz Enerji Kaynakları”, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu-UTES’2008, 17-19 Aralık 2008, İstanbul. Türkiye.

[12]. De Baere L., Mattheeuws B., “State of the art 2008-Anaerobic Digestion of Solid Waste” Waste Management World, pp.78, June July 2008.

[13]. Sakulin C., “Country Specific Conditions for the Implementation of Biogas Technology Comparison of Remuneration”, 2009. from http://www.fedarene.org/publications/Projects/BIOGAS/publications/Comparison_of_Remuneration_in_9EU_countries_in_2008-final.pdf

[14]. Öztürk İ., Çokgör E. U., Gömeç Ç. Y., ve diğerleri, "Evsel Atıksular ve Organik Katı Atıkların Birlikte Arıtımı Yoluyla Yenilenebilir Enerji (Biyometan) Geri Kazanım Teknolojilerinin Araştırılması Projesi”, 1. Gelişme Raporu Eki, Kamu Kurumları Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı, 1007 Projesi No: 105G024, TÜBİTAK, Ankara, 2006.