

TÜRKİYE’NİN FARKLI KAYNAK TIPLERİNE GÖRE BİYOGAZ POTANSİYELLERİNİN BELİRLENMESİ

¹Mustafa ÖZCAN

¹Semra ÖZTÜRK

²Mehmet YILDIRIM

ozcanm2000@yahoo.com

semra@kocaeli.edu.tr

myildirim@kocaeli.edu.tr

¹Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü

²Kocaeli Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü

Özet: Bu çalışmada amaç, yenilenebilir enerji kaynağı olarak değerlendirilen biyokütleden elde edilen gazın, Türkiye potansiyel değerini farklı kaynak tiplerine göre belirlemektir. Biyokütle kaynakları olarak; kentsel katı atık, tarımsal ürün, hayvan gübresi ve kentsel atıksu arıtma çamuru kaynak tipleri gaz kaynakları olarak değerlendirilmektedir. Her bir kaynak tipine göre hesaplama yöntemleri verilmektedir. Yapılan hesaplamalar sonucunda, Türkiye genelindeki kentsel katı atıktan elde edilen gaz potansiyeli 4.850 milyon kWh/yıl, işlenen tarımsal alanın %1’inin enerji amaçlı kullanılması durumunda elde edilecek gaz potansiyeli 25.95 milyar kWh/yıl, hayvan gübresinden elde edilecek gaz potansiyeli 14.26 milyar kWh/yıl, ve 16 büyükşehir belediyesine ait atıksu arıtma çamuru kaynaklı gaz potansiyeli 1.879 milyar kWh/yıl olarak bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Yenilenebilir enerji, Biyokütle, Biyogaz, Türkiye biyogaz potansiyeli

1. Giriş

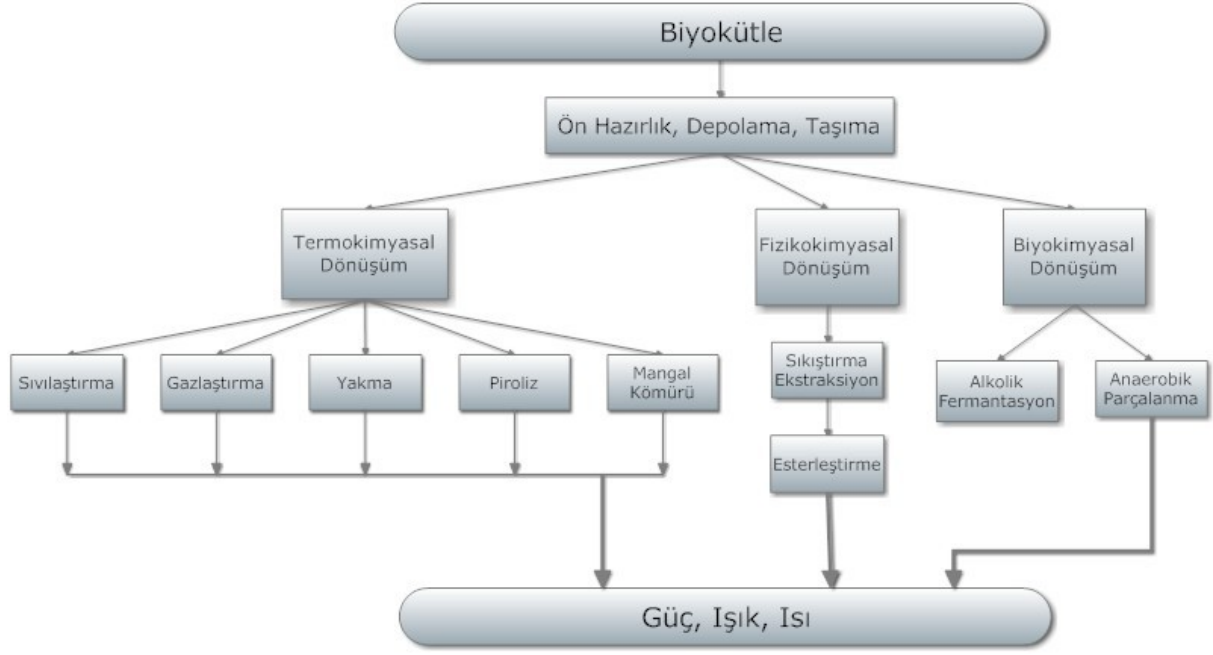
Avrupa Komisyonu tarafından 1997 yılında yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili hazırlanan beyaz belgede Avrupa birliği enerji sektöründeki yenilenebilir enerji kaynakları oranının iki katına çıkarılarak %6’dan %12 ye ulaştırılması amaçlanmış ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik projeksiyonlar yapılmıştır. Enerji sektörü uzun dönem yatırımlar ve planlama gerektiren bir sektördür. Yenilenebilir enerji sektöründeki gelişmeler dikkate alındığında, 1997-2010 yılları arası %6’lık, 2010-2020 yılları arasında ise %8’lik bir artışın sağlanması durumunda 2020 yılı itibariyle yenilenebilir kaynaklardan sağlanan elektrik enerjisinin oranının %20 olması uygulanabilir görülmektedir [1].

ETKB 2010-2014 stratejik planına göre [2]; enerjide dışa bağımlılığın ve %73 seviyesinde olan ithalat bağımlılığının azaltılması amacıyla, uzun dönem plan çalışmalarında 2023 yılına kadar tüm yerli enerji kaynaklarının kullanılması, yenilenebilir enerji kaynaklarından olabildiğince faydalanılması, kömür, doğalgaz ve hidrolik kaynaklar yanında elektrik enerjisi üretim arzının çeşitlendirilmesi amaçlanmıştır. 2023 yılı itibariyle, toplam elektrik enerjisi arzı içerisindeki yenilenebilir enerji kaynaklı enerji üretiminin %30 seviyesinde olması temel hedeftir.

Hem maliyetlerin azalması hem de dünya genelinde yenilenebilir enerji paylarının artırılması zorunluluğu nedeniyle, enerji üretim planlamalarında artık bu enerji kaynaklarının da kullanılmasını gerektirmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları; hidrolik, rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütle, biyogaz (çöp gazı dahil), dalga, akıntı enerjisi ve gel-git gibi fosil olmayan enerji kaynaklarıdır.

Biyokütle, yeşil bitkilerin güneş enerjisini fotosentez yoluyla kimyasal enerjiye dönüştürerek depolaması sonucu meydana gelen ve canlı organizmaların kökeni olarak ortaya çıkan organik madde kaynakları olarak tanımlanmaktadır [3]. AB'nin yıllık toplam enerji tüketiminin yaklaşık %6'sı biyokütleden sağlanmakta olup biyokütle enerji kullanımı yıllık 45 MTEP'dir [4].

Biyokütleden enerji üretimi amacıyla çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler Şekil-1’de görüldüğü gibi; termokimyasal, fizikokimyasal ve biyokimyasal yöntemlerdir [5]. Kullanılan yöntemler sonucunda katı, sıvı ve gaz biyoyakıtlar üretilir. Biyokütle ve biyokütleden elde edilen gaz yenilenebilir enerji kaynakları olarak tanımlanmaktadır



Şekil-1. Biyokütleden enerji üretim yöntemleri.

Elektrik enerjisi üretim sistemlerinin planlanması, tahmin edilen yük talebini karşılayacak ve yüksek güvenilirliği sağlayacak mevcut birincil kaynakların potansiyel değerlerinin bilinmesi esasına dayanır. Ancak, biyokütleden elde edilen biyogazın farklı kaynak tiplerine göre hesaplanmış potansiyellerini veren bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada, yenilenebilir enerji kaynağı olarak değerlendirilen biyokütleden elde edilen gazın, farklı kaynak tiplerine göre Türkiye potansiyel değerlerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Kentsel katı atıklar, tarımsal ürünler, hayvan gübreleri ve kentsel atıksu arıtma çamurları genel biyokütle tiplerini oluştururlar. Bu nedenle, çalışmamızda bu biyokütle tiplerine ait gaz potansiyelleri belirlenmiştir.

2. Kentsel Katı Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli

Kentsel katı atıklardan biyogaz üretimi amacıyla kullanılan iki genel yöntem vardır. Bunlardan ilki kentsel katı atıkların organik kısmının ayrıştırılması ve daha sonra anaerobik fermantasyonu ile biyogaz üretimi olup, bu yöntem biyometanizasyon olarak adlandırılır. Diğer yöntem ise kentsel katı atıkların düzenli depolama alanlarında biriktirilmesi ile biyogaz üretimi olup, bu gaz LFG(Land- fill gas) veya deponi gaz olarak adlandırılır [6].

Anaerobik çürütme kentsel katı atıkların organik kısmının oksijensiz ortamda biyolojik olarak bozunmasıdır. Anaerobik çürütme işlemi reaktörlerde gerçekleşir. Biyometanizasyon tesisleri atık muhtevastaki 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 [7].

Depolama sahasının üzeri kapatıldıktan sonra uygun teknoloji kullanılarak depo gazından enerji elde etmek mümkündür. Depolama sahası yaşlandıkça zaman içinde gaz oluşum hızı kademeli olarak düşmektedir [3]. Depo gazı fiilen işletildiği dönem boyunca ve bu süreye ek olarak 10-20 yıl boyunca üretilebilir. Tipik ölçekte bir evsel atığın depolama sahasının ömrü boyunca üretebileceği depo gazı oranı 200 m³/ton'dur. Depolama gazının %60'ı atık depolandıktan sonra 10 sene içinde oluşmaktadır. Bu miktar 15-20 sene içerisinde %90 seviyesine çıkmaktadır [8].

Atık hizmeti verilen belediye sınırları içerisindeki nüfus için bir potansiyel hesaplaması yapılabilir. Türkiye'de 3225 adet belediye bulunmakta olup bu belediyeler içerisinde yer alan 3129 belediyede atık hizmeti verilmektedir. Atık hizmeti verilen belediye sınırları içerisindeki nüfus 57,800,347'dir. Yaz ve kış aylarına ait kişi başı belediye atık miktarlarının ortalaması alındığında, kişi başı ortalama belediye atık miktarı 1.15 kg/kişi-gün'dür [9]. Bu ortalama değer dikkate alındığında, bir kişinin yıllık belediye atığı miktarı yaklaşık 0.42 ton/kişi-yıl olarak bulunur.

20 yıl süreyle ton başına elde edilebilecek çöp gazı üretim miktarı içerisinde bulundurduğu metan miktarına bağlı olarak 60-290 m³/ton arasında değişmektedir. Bu atığın %50-60'ı organik madde içerir ve atıktan elde edilecek gazın %50'si metandır [10]. Atık hizmeti verilen belediye sınırları içerisindeki nüfus için yıllık atık miktarı 24,276,145

ton/yıl olur. 20 yıl için oluşacak toplam belediye atığı miktarı 485,522,900 ton ve çöp gazı üretim miktarınının 100 m³/ton olduğu kabul edildiğinde [11], oluşacak çöp gazı miktarı yaklaşık 48.55 milyar m³ olacaktır. Teorik olarak elde edilebilecek gaz değerinin yaklaşık %40'ı pratikte elde edilebileceği kabul edildiğinde [11], 20 yıl için 19.42 milyar m³ olur. Buna göre atık hizmeti verilen belediyelerin çöp gazı potansiyelinin yıllık değeri 0.97 milyar m³ olur.

Çöp gazının alt ısıl değeri 18-27 kJ/Nm³ (5.10⁻³ – 7.510⁻³ kWh/Nm³) arasında değişir 5.10⁻³ kWh/Nm³ alt ısıl değeri için çöp gazı potansiyelinin enerji değeri hesaplandığında, yaklaşık olarak olarak 4.85 milyar kWh olarak bulunur.

3. Tarımsal Ürün Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli

Enerji ormanları ve ağaç atıkları orman ürünleri kapsamında enerji amaçlı olarak kullanılırken, tarım ürünleri alanında çeşitli bitkilerden faydalanılmaktadır. Ayçiçek, kolza, soya, aspir, susam, yer fıstığı gibi yağlı tohum bitkileri; patates, buğday, mısır, pancar, seker kamısı, gibi karbohidrat bitkileri; keten, kenaf, kenevir, sorgum gibi elyaf bitkileri bu alanda kullanılan genel tarım ürünleridir. Dal, sap, saman, kök, kabuk gibi bitkisel atıklardan da enerji üretimi amaçlı faydalanılmaktadır [12].

2009 verilerine göre Türkiye'nin toplam tarım alanı 38911 bin hektar ve işlenen toplam tarım alanı miktarı ise 21351 bin hektardır [13]. Orta verimdeki bir hektar tarladan yılda ortalama 80-100 ton-yaş veya 25-30 ton kuru biyokütle elde edilmektedir. Kuru biyokütle ısıl değeri 16-18 MJ/kg arasında değişir. Kuru biyokütle

ortalama ısıl değeri 17.5 MJ/kg'dır [3]. 21,351,000 hektar toplam işlenen tarım alanınının %1'inin enerji elde etmek amaçlı kullanılması halinde; bir hektar tarladan yılda ortalama 25 ton kuru biyokütle elde edileceği ve kuru biyokütle ortalama ısıl değerinin 17.5 MJ/kg olacağı kabul edilerek, 25.95 milyar kWh potansiyel belirlenmektedir.

4. Hayvan Gübresi Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli

TÜİK verilerine göre; 2009 yılı sonu itibariyle toplam büyükbaş hayvan sayısı 10,811,165, koyun sayısı 21,749,508, keçi sayısı 5,128,285 ve kümes hayvanları sayısı 234,082,206 olmuştur [14]. Hayvanların ağırlıklarına, cinslerine ve beslenme şekillerine bağlı olarak oluşturacakları gübre miktarları değişmektedir. Büyükbaş hayvanlarda yaklaşık olarak 9.95 ton/yıl, küçük baş hayvanlarda 0.82 ton/yıl ve kümes hayvanlarında ise 0.03 ton/yıl yaş gübre verimi vardır. Büyükbaş, küçük baş ve kümes hayvanı kuru gübresinin 1 tonundan, yaklaşık olarak 200 m³/yıl biyogaz elde edilir. Elde edilen biyogazın kaloriferik değeri 22.7 MJ/m³'dür (6.30 kWh/m³).

Büyük baş hayvanlarda kuru gübre oranı %12.7, küçükbaş hayvanlarda ve kümes hayvanlarında ise bu oran %25'dir. Kuru gübre miktarlarınının biyogaz üretimi için kullanılabilirlikleri ise sırasıyla %65, %13 ve %99 şeklindedir [15]. TÜİK 2009 yılı hayvansal üretim istatistiklerinde yer alan hayvan sayıları esas alınarak hesaplanan biyogaz değerleri Tablo-1'de verilmektedir. 2.26 milyar-m³/yıl'lık potansiyelin karşılığı, 6.30 kWh/m³ [15] kaloriferik değer için 14.26 milyar kWh /yıl olur.

Tablo-1. TÜİK 2009 yılı hayvansal üretim istatistikleri esas alınarak hesaplanan biyogaz potansiyelleri

Hayvan cinsi	Büyükbaş	Küçükbaş	Kümes hayvanları	Toplam
Hayvan sayısı	10,811,165	26,877,793	234,082,206	
Birim yaş gübre miktarı (Ton/yıl)	9.95	0.82	0.03	
Toplam yaş gübre miktarı (Milyon Ton/yıl)	107.57	22.03	7.02	
Kuru gübre oranı (%)	12.7	25.00	25.00	
Toplam kuru gübre miktarı(MilyonTon/yıl)	13.66	5.50	1.75	
Kullanılabilirlik(%)	65.00	13.00	99.00	
Kullanılabilir toplam kuru gübre miktarı (MilyonTon/yıl)	8.87	0.71	1.73	
1 ton kuru gübre için biyogaz miktarı (m ³ /yıl)	200.00	200.00	200.00	
Toplam biyogaz miktarı (milyar-m ³ / yıl)	1.77	0.14	0.34	2.26

5. Kentsel Atıksu Arıtma Çamuru Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli

Biyogaz elde etmek amaçlı kullanılan kaynaklardan biri de kentsel atıksu arıtma çamurudur. Atıksu; evsel, endüstriyel, tarımsal ve diğer kullanımlar sonucunda kirlenmiş veya özellikleri kısmen veya tamamen değişmiş sudur. Kişi başına kullanılan su miktarı 200 Lt/kişi-gün ile 1000 Lt/kişi-gün arasında değişmektedir [16]. Yüksek miktarlarda organik madde, besin maddeleri, patojen mikro organizmalar ve çok miktarda su içermeleri nedeniyle atıksuların arıtılması önem arz etmektedir. Ülkemizde genelde belediyeler tarafından kurulan ve çalıştırılan, nüfusun yaklaşık % 13'üne tekabül eden 69 adet evsel atıksu arıtma tesisiyle yıllık olarak 500 bin tona yakın arıtma çamuru ortaya çıkmaktadır [17]. Arıtma çamurunun içermiş olduğu organik maddelerin bir ısıl değerinin oluşu, tarım arazilerinde kullanılabilirliği ve çevreye vermiş olduğu zararların da önüne geçebilmek için değişik değerlendirme yöntemleri kullanılmaktadır. Biyogaz üretimi bu yöntemlerden biridir.

Çamurun ısıl değeri, çamurun tipine ve içeriğindeki uçucu katı madde oranına bağlıdır. Arıtılmamış ön çökeltim çamurunun ısıl değeri, özellikle önemli miktarda yağ ve gres içeriyorsa çok yüksektir. Çürümüş çamur ham çamurdan daha düşük ısıl değere sahiptir. Çamurun ısıl değeri bazı düşük kaliteli kömürlerin ısıl değerine (7,700 cal/g kuru madde) eşdeğerdir. Ortalama olarak ham ön çökeltim çamurunun ısıl değeri 6,100 cal/g, aktif çamurun 5,000 cal/g ve anaerobik çürümüş çamurun 2,750 cal/g kadardır. Çamurun nihai bertaraf edilmesi için termal işlemler uygulanacaksa mümkün olduğunca çamurun suyu alınarak ısıl değeri artırılmalıdır [18].

Evsel atıksu ön arıtma tesisinde kişi başına oluşacak gaz miktarı 0.015-0.022 m³/kişi-gün arasında değişir. İkincil arıtma tesislerinde ise bu değer yaklaşık olarak 0.028 m³/kişi-gün'dür. Oluşan gazın metan yüzdesi yaklaşık %65 olup, ısıl değeri yaklaşık olarak 22.4 MJ/m³'dür [19].

Türkiye genelindeki 16 büyükşehir belediyesine ait nüfusun 33,102,608 kişi olduğu dikkate alındığında, 0.025 m³/gün için oluşacak günlük gaz miktarı yaklaşık olarak 827,565 m³ olur. Yıllık olarak bu değer 302,061,298 m³ olur. Gaz ısıl değeri 22.4 MJ/m³ olduğuna göre yaklaşık 302 milyon m³ gazın enerji değeri 6.76 milyar MJ olur. Elektriksel olarak bu değer yaklaşık 1.88 milyar kWh enerji değerine eşittir.

6. Sonuçlar

Elektrik enerjisi üretim sitemlerinin planlanması, tahmin edilen yük talebini karşılayacak ve yüksek güvenilirliği sağlayacak mevcut birincil kaynakların potansiyel değerlerinin bilinmesi esasına dayanır. Bu çalışmada, yenilenebilir enerji kaynağı olarak değerlendirilen biyokütleden elde edilen gazın, farklı kaynak tiplerine göre Türkiye potansiyel değerlerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Kentsel katı atıklar, tarımsal ürünler, hayvan gübreleri ve kentsel atıksu arıtma çamurları genel biyokütle tiplerini oluştururlar. Bu nedenle, çalışmamızda bu biyokütle tiplerine ait gaz potansiyelleri belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda, Türkiye genelindeki kentsel katı atıktan elde edilen gaz potansiyeli 4.85 milyon kWh/yıl, işlenen tarımsal alanın %1'sinin enerji amaçlı kullanılması durumunda elde edilecek gaz potansiyeli 25.95 milyar kWh/yıl, hayvan gübresinden elde edilecek gaz potansiyeli 14.26 milyar kWh/yıl, ve 16 büyükşehir belediyesine ait atıksu arıtma çamuru kaynaklı gaz potansiyeli 1.88 milyar kWh/yıl olarak bulunmuştur. Toplamda 42.09 GWh olarak bulunan biyogaz potansiyeli ile Türkiye elektrik sisteminin yıllık enerji talebinin (2009 yılı için 194,079 GWh olarak gerçekleşmiştir) önemli bir bölümü karşılanabilecektir. Ancak, bu durum kentsel katı atıkların, hayvan gübresinin, 16 büyükşehirin kentsel atıksu arıtma çamurlarının %100'ü ve işlenebilir tarım alanlarının %1'inin biyogaz için ayrılması halinde sözkonusudur.

REFERANSLAR

1. European Renewable Energy Council, "Renewable Energy Targets for Europe", EREC, Brussels,(2004).
2. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, "Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2010-2014 Stratejik Planı", http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/ETKB_2010_2014_Stratejik_Planı.pdf, (Ziyaret tarihi: 12 Aralık 2010),
3. Yelmen B., Öztekin S., Üstüner M., "Türkiye'nin Biyokütle potansiyeli ve enerji üretimi", 2. Atık Teknolojileri Sempozyumu ve Sergisi, İstanbul, 04-05 Kasım,(2010),
4. Boztepe E., Karaca A., "Yenilenebilir Enerji Kaynağı Olarak Tarımsal Atıklar", Türkiye 11. Enerji kongresi ve Sergisi, İzmir, 21-23 Ekim,(2009),
5. "Büyükbaş Hayvan Gübresinden Biyogaz Üretimi", TÜBİTAK-MAM ESÇAE , Proje Adı: Kümes ve Ahır Gübrelerinin Geri Kazanılması ve Bertarafı, http://www.biyogazder.org/yazi_ve_makaleler.htm, (Ziyaret tarihi: 29 Kasım 2010),
6. Özkaya B., Demir A., "Kompost Teknolojileri Ve Uygulama Örnekleri", Organik Atıklardan Kompost Ve Yenilenebilir Enerji Üretimi&Kompost Kullanım Alanları Çalıştayı-ORAK 2010, İstanbul, 08-09 Haziran,(2010),

7. Yıldız Ş., Balahorli V., Sezer K., “Organik Atıklardan Biyogaz Üretimi (Biyometanizasyon Projesi”, Su ve Çevre, Sayı – 33, (2010),
8. Kiriş A., Saltabaş F., “Katı atık düzenli depolama sahalarında depo gazı (LFG) yönetimi ve İstanbul uygulamaları”, Türkiye’de Katı Atık Yönetimi Sempozyumu- TÜRKAY 2009, İstanbul, 15-17 Haziran (2009),
9. T.C. Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu, Belediye Atık İstatistikleri- 2008, TÜİK Haber Bülteni, Sayı:50, TÜİK,Ankara,(2010),
10. Sezgin N., Özcan H.K., Varınca K., Borat M., “Katı atık depo gazından elektrik üretiminin Türkiye’de uygulanabilirliğine iki örnek: İstanbul ve Bursa tesisleri”, www.yildiz.edu.tr/~kvarınca/Dosyalar/Yayinlar/yayin001.pdf, (Ziyaret tarihi: 18.11.2010),
11. Erdin E., “Çöplüklerden (Deponilerden) Enerji Elde Edilmesi”, <http://web.deu.edu.tr/erdin/pubs/doc116.htm>, (Ziyaret tarihi:18.11.2010),
12. Karaosmanoğlu F., “Türkiye Biyoyakıt Potansiyeli ve Son Gelismeler”, Türkiye 10.Enerji Kongresi, İstanbul, 27-30 Kasım,(2006),
13. T.C. Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim 1.Tahmini - Dönemi: I. Dönem 2010, www.tuik.gov.tr, (Ziyaret tarihi:13.12.2010),
14. T.C. Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu, “Hayvansal üretim istatistikleri 2009”, TÜİK Haber Bülteni, Sayı:87, TÜİK,Ankara,(2010),
15. Başçetinçelik ve diğ., "A Guide On Exploitation Of Agricultural Residues in Turkey, Agro-Waste - Exploitation Of Agricultural Residues in Turkey Project”, EU- Life Programme Project, Project No: LIFE03 TCY/TR/000061, (2006),
16. Filibeli A., “Su Kirlenmesi Ve Kontrolü”, www.nilufer.bel.tr/kentsaglik/2_gun%5Csalon_a%5Cayse_filibeli.pdf, (Ziyaret tarihi:01 Aralık 2010),
17. Kaya D., “Evsel Kaynaklı Arıtma Çamurlarının Biyogaz Üretiminde Kullanımının Değerlendirilmesi”, “ICCI - Uluslararası Enerji ve Çevre Fuarı ve Konferansı” İstanbul, 12–14 Mayıs,(2010),
18. Filibeli A. "Arıtma Çamurlarının Genel Özellikleri", Çevre Ve Orman Bakanlığı Çevre Görevlisi Ve Çevre Görevlisi Eğiticisi Eğitim Programı notları, Ankara,(2009),
19. Filibeli A., Büyükkamacı N., Ayol A., “Aneorobik arıtma”, İzmir,(2000).