



**Adem Yılmaz**

Batman University, adem.yilmaz@batman.edu.tr, Batman-Turkey

**Sinan Ünvar**

Ağrı İbrahim Çeçen University, sunvar@agri.edu.tr, Ağrı-Turkey

**Tufan Koca**

MEB, tufankoca33@hotmail.com.tr, Batman-Turkey

**Abdülkadir Koçer**

Akdeniz University, akocer@akdeniz.edu.tr, Antalya-Turkey

DOI	<a href="http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2017.12.4.2A0129">http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2017.12.4.2A0129</a>	
ORCID ID	0000-0002-3652-1442	0000-0001-7503-6380
	0000-0003-0782-2798	0000-0002-5139-421X

## TÜRKİYE'DE BİYOGAZ ÜRETİMİ VE BİYOGAZ ÜRETİMİ İSTATİSTİK BİLGİLERİ ÖZ

Gün geçtikçe gelişen teknoloji ve nüfus yoğunluğu ile birlikte artan enerji açığı yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini artırmıştır. Bu yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi de, hayvansal ve evsel atıkların işlenmesiyle üretilen biyogazdır. Hayvan, bitki ve çöp artıklarından biyogaz üretiminde son zamanlarda üzerinde en fazla durulan ve araştırma yapılan konular arasındadır. Bu çalışmada, Türkiye'de üretim yapan biyogaz tesislerinin yıllık üretim miktarları ve bu üretilen biyogaz'dan, elde edilen elektrik enerji miktarı tespit edilmiştir. Biyogazdan elde edilen elektrik enerjisinin Türkiye'de tüketilen toplam enerji miktarına oranı tespit edilmiş, tablo ve grafik haline getirilmiştir. Biyogaz üretiminin artırılması ülke şartlarında mümkün olmakla beraber, biyogaz üretimi açısından gerekli olan hayvan, bitki ve çöp atıklarının daha etkin bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Türkiye'de biyogaz üretiminin artırılması, tüketilen elektrik enerjisinin yenilenebilir enerjilerden sağlanması açısından önem arz etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Biyogaz, Hayvan, Bitki ve Çöp Artıklar,  
Biyogaz Miktarı, Yenilenebilir Enerji

## BIOGAS PRODUCTION AND İSTATİSTICAL INFORMATION OF BIOGAS PRODUCTION ABSTRACT

With increasing technology and population, energy needs have increased the importance of the renewable energy sources. One of these renewable energy sources is biogas produced by the evaluation of waste. Biogas production from animal, plant and garbage wastes is one of the most studied and researched subjects in recent years. In this study, the annual production quantities of the biogas institutions in Turkey and the amount of electrical energy obtained from the produced biogas have been determined. The ratio of the electricity energy obtained from the biogas to the total amount of energy consumed in Turkey has been determined and charted. Although increase of biogas production is possible in country conditions, animal, plant and garbage wastes which are necessary for biogas production need to be used more effectively. Increasing biogas production in Turkey is important in terms of ensuring the consumption of electricity from renewable energies.

**Keywords:** Biogas, Animal Plant and Garbage Wastes,  
Biogas Quantity, Renewable Energy

### How to Cite:

Yılmaz, A., Ünvar, S., Koca, T. ve Koçer, A., (2017). Türkiye'de Biyogaz Üretimi ve Biyogaz Üretimi İstatistik Bilgileri, *Technological Applied Sciences (NWSATAS)*, 12(4):218-232, DOI:10.12739/NWSA.2017.12.4.2A0129.



## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Enerji, sosyal ve ekonomik gelişmişliğin bir belirtisi olarak insanoğlunun vazgeçilmez bir ihtiyacıdır. Enerji yaşam kalitesinin artırılmasında etken olduğu gibi, teknolojik üretim ve gelişim için yaşamsal derecede önemlidir. Enerji tanımı içinde var olan fosil yakıtlar ve yenilenebilir enerjilerin kaynağı güneştir. Buna göre, bu enerjilerin tanımlanmaları üç gruba ayrılır:

- Yer altında kalan bitki ve canlıların bataklık alanlarda birikmesi sonucu oluşan tabakaların değişime uğramasıyla meydana gelen; Fosil Yakıtlar,
- Potansiyeli mevcut olan ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak kullanımı artan; Yeni Enerji kaynakları,
- Tükenmeyen ve eksilmeyen; Yenilenebilir Enerji kaynaklarıdır.

Fosil yakıtlardan oluşan enerji kaynaklarına alternatif olarak günümüzde önem kazanan, yenilenebilir enerji kaynakları Tablo 1'de gösterilmiştir (Çanka Kılıç, 2011). Dünyada fosil yakıtların rezervleri sınırlı olup yakın gelecekte tükeneceği bilimsel araştırma çalışmalarıyla ispatlanmıştır. Örneğin bugünkü tüketim hızıyla; petrolün 45-50 yıl, doğal gazın 65-70 yıl ve kömürün 150-160 yıl sonra tükeneceği bilim adamları tarafından söylenmektedir. Bu durum, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimi hızlandırmaktadır ve gelecek kuşaklara hazırlık olarak vazgeçilmez bir gereklilik arz etmektedir.

Tablo 1. Bilinen enerji kaynaklarına alternatif yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları [1]

(Table 1. Alternatives to conventional energy sources for new and renewable energy resources)

Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları
Hydroelektrik Enerji
Rüzgâr Enerjisi
Jeotermal Enerji
Dalga Enerjisi
Gel-Git Enerjisi
Okyanus Isısı Enerjisi
Hidrojen Enerjisi
Biyokütle ve Biyogaz Enerjisi

Yenilenebilir enerji kaynaklarının bulunması ve sürekliliğinin sağlanması günümüzde ihtiyaç olmaktan çıkıp bir zorunluluk haline gelmiştir. Bunun en önemli sebeplerinden biri de fosil kökenli yakıtların yoğun bir şekilde tüketimi, sera gazı oluşumuna bu sebepten dolayı küresel ısınmaya kaynak teşkil ederek, küresel iklim sorunlarına ve birçok çevre kirliliğine sebep olmasıdır. Bilindiği gibi sera gazlarının içeriğinde var olan ağırlıklı maddelerin başında karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ve metan gazı gelmektedir. Bunların yanı sıra, kükürt, parçacık madde, azot oksit (NO), kurum ve kül gibi atıklar da çevreyi kirletmektedir. Bu yüzden fosil kökenli yakıtlardan üretilen enerjinin toplam maliyeti bulunurken, uzun sürede meydana gelebilecek çevre ve insan sağlığı üzerine olan olumsuz etkileri de bu maliyetlerin içine dâhil edilmesi gerekmektedir. Temiz enerji çarelerinin hayata etken bir şekilde geçirilmesi şarttır [1]. Yenilenebilir enerjilerin bir çeşidi olan biyogaz, biyo yakıtların içerisinde yer almaktadır. 1990'larda biyogazdan elektrik enerjisi üretimi dünyada yaklaşık 5000GWh iken, 2000'li yıllarda bu rakam 12048GWh seviyesine ulaşmıştır. Bu rakamlar sırasıyla ABD'de 4984GWh, İngiltere'de 2556GWh, Almanya'da 1683GWh, İtalya'da 566GWh, Fransa'da



346GWh, olarak tespit edilmiştir (MMO/2008/479, 2008). Biyogazın yaygın olarak üretilmesinde en büyük etken, biyogazdan elektrik enerjisi üretiminin yapıldığı ülkelerde bu enerjinin en az uygulanan perakende tarifeyle yakın bir fiyatla satın alınması ve organik atıkların işlenmesinin yasal bir zorunluluk haline getirilmesidir [1].

## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Anaerobik bozunma; organik maddelerden havasız (oksijensiz) ortamda karbondioksit ( $CO_2$ ), metan ( $CH_4$ ) ve az miktarda da hidrojen sülfür ( $H_2S$ ) oluşmasıdır. Organik maddelerin havasız ortamda bozunması sonucu oluşan %60-70 Metan ( $CH_4$ ), %30-40 Karbondioksit ( $CO_2$ ), %0-2 Hidrojen sülfür ( $H_2S$ ) oranlarındaki gaz karışımına biyogaz denir. Biyogaz, temiz ve mavi renkli bir alevle yanar. Biyogaz üretiminde kullanılacak başlıca hammaddeler; sığır, at, koyun, tavuk vb. hayvanların dışkıları, insan dışkısı, mezbaha artıkları, ince kıyılmış sap, saman vb. tarım artıkları, mısır artıkları, şeker pancarı yaprakları, bitkisel ürün işlenmesinde çıkan artıklar, yemek atıkları, peynir altı suyu, melas vb. sanayi artıklarıdır. Farklı hammaddelerden üretilen biyogaz için metan verimleri tablo 2'de gösterilmektedir [2]. Bu çalışmada; yenilenebilir enerjilerden biyogaz konusu ve içeriği detaylı olarak araştırılmış; önemi, genel durumu ve Türkiye'deki yeri değerlendirilmiştir. Yapılan bu incelemelerle de genel bilinçlenmeye katkı sağlaması amaçlanmıştır. Sonuç olarak, Türkiye'nin enerji ihtiyacının karşılanmasında ve enerji sorununun doğru çözümünde yenilenebilir enerjiler bünyesinde yer alan biyogaz potansiyelinin başarılı bir şekilde uygulanmasının faydaları ve önemi ortaya konulmuştur.

Tablo 2. Hammadelere göre metan miktarındaki değişim [2]  
(Table 2. Change in the amount of methane relative to raw materials)

Hammadde (Hac. Yüz.)	Metan Oranı
Sığır Gübresi	60-70
Kanatlı Gübresi	58-69
Domuz Gübresi	58-60
Koyun Gübresi	64

Kalori değeri açısından içindeki bileşenlere bağlı olmakla birlikte bir metreküp biyogaz 5500-6000kcal enerjiye sahiptir. Biyogazın diğer yakıtlarla karşılaştırması da aşağıdaki gibi özetlenebilir [3].

$$\begin{aligned} 1m^3 \text{ Biyogaz} &= 0.60m^3 \text{ Doğalgaz} \\ &= 0.70lt \text{ Benzin} \\ &= 0.65lt \text{ Motorin} \\ &= 0.80kg \text{ Kok Kömürü} \end{aligned} \quad [3]$$

## 3. BİYOGAZIN KİMYASAL OLUŞUMU (BIOGRAPHIC CHEMICAL FORMATION)

Bütün ölü bitki ve hayvansal maddeler bozunmaya uğrar. Bu bozunma veya ayrışma, bakteri adı verilen organizmalar tarafından gerçekleştirilir. Bazı bakteriler bu bozunmayı havalı ortamda gerçekleştirirler. Bunlara aerobik bakteri adı verilir. Diğer bazı bakteriler ise bu bozunma işlemini havasız ortamda gerçekleştirirler ki bunlara da anaerobik bakteri adı verilir. Bataklıkların dibindeki ölü bitkisel ve hayvansal maddeler anaerobik bir ayrışmaya uğrarlar ve sonunda yüzeyde gaz kabarcıkları çıkmaya başlar ( $CH_4$ ,  $CO_2$  ve  $H_2$  gazları) [4].



Tablo 3. Optimum Fermantasyon Koşulları [5]  
(Table 3. Optimum Fermentation Conditions)

Faz	Proses	Işık	Oksijen	Sıcaklık (°C)	Uçucu Asit	pH	Oksidasyon Redüksiyon Gerilimi
Faz 1	Hidroliz ve Asit Fermantasyonu	Karanlık	Fakultatif	30-40	%2-4	4-4.5	+100/-100
Faz 2	Metan Fermantasyonu	Karanlık	Obligate	Mesofilik 30-40 Termofilik 50-55	300 mg/l daha az	6.5-7.5	-150/-400

Çevre şartlarının ideal olduğu ve fermantasyon için yeterli miktarda bakteri bulunduğunu varsayarak ne dereceye kadar fermantasyon olacağı reaksiyon süresine bağlıdır, yani belli limitler içinde fermantasyon da buna bağlı olarak azalır. Fermantasyonun tamamlanabilmesi için gübrenin fermantörün içinde kalması gereken zamana alkoyma süresi denmektedir. Bu alkoyma süresi ortamın sıcaklığı ve ortamdaki bakteriler için gerekli besin miktarıyla çok yakın ilişkilidir. Pratikte normal yaş sığır gübresi eşit miktarda veya belirli oranlarda su ile karıştırılmak suretiyle optimum katı madde oranı yaklaşık olarak sağlanır. Katı madde oranı değişen iklim şartlarına göre değiştirilmektedir. Yazın gaz üretiminin yüksek olduğu zamanlarda toplam katı madde oranı azaltılır, kışın ise çoğaltılır. Anaerobik fermantasyonu verimli bir şekilde kontrol edebilmek için bazı parametrelere ihtiyaç vardır. Bunların en önemlileri sıcaklık ve pH'tır. Anaerobik fermantörde meydana gelen reaksiyonlar bir bakteri topluluğunun aktivitesi sonucunda fermantasyon bakterilerinin en verimli şekilde çalışmasını sağlayabilmek için uygun bir sıcaklık sağlanması çok önemlidir. Belirli limitler çerçevesinde sıcaklığın artması fermantasyon hızının artmasını sağlar. En önemli husus ortam sıcaklık sabit tutabilmektir. Ani sıcaklık değişimleri 1-2°C dahi olsa metan fermantasyonunun kesilmesine ve yağ asitlerinin birikmesine neden olur. Uçucu asit konsantrasyonunun çok fazla yükselmesi (pH'ın çok düşük olması) amonyak azotu konsantrasyonunun yükselmesi, metan üreten bakterileri öldürür. Bunun yanında, zirai antiseptik maddeler, özellikle toksit olanlar bakterileri yok edebilir. Deterjanlar, ağır metallerde belli bir konsantrasyonun üstündeki bazı tuzlar (Na Cl) anaerobik fermantasyonu önleyici etki yaparlar. Bu sebeple hammaddeye, bu gibi zararlı maddelerin herhangi bir şekilde karışmasını kesinlikle önlemek gerekir.

Tablo 4. Biyogazın bileşenleri [6]  
(Table 4. Components of biogas)

Bileşenler	Sembol	Yüzdellik
Metan	CH <sub>4</sub>	40-70
Karbon Dioksit	CO <sub>2</sub>	30-60
Hidrojen	H <sub>2</sub>	5-10
Azot	N <sub>2</sub>	1-2
Su Buharı	H <sub>2</sub> O	0.3
Hidrojen Sülfür	H <sub>2</sub> S	Az Miktarda

#### 4. BİYOGAZIN ÖZELLİKLERİ (BIOGRAPHICAL CHARACTERISTICS)

Biyogaz da endüstri ve sanayide kullanılan diğer gazlar gibi bir takım kendine özgü özelliklere sahiptir.



Tablo 5. Biyogazın teknik özellikleri [7]  
(Table 5. Technical characteristics of biogas)

Özellik	Açıklama
Yanma	Yüksek Derece
Kullanım Alanları	Elektrik Enerjisi, Pişirme, Isıtma, Soğutma, Kurutma vb.
Yoğunluk	1.2 kg/m <sup>3</sup> (Havanın yoğunluğu 1.3kg/m <sup>3</sup> )
Tutuşma Sıcaklığı	700°C
Tutuşabilir Sıcaklık	CO <sub>2</sub> İçerdiğinden Düşüktür
Tutuşma Oranı	Hava-gaz Karışımını 6/12 Biyogaz
Yanma İçin Gerekli Hava	Teorik Olarak 5.7m <sup>3</sup> hava/m <sup>3</sup> Biyogaz Pratik Olarak %20-30
Patlama	Biyogaz Tek Başına Yanmaz, Çok Dikkatli Bir Şekilde Depolanmalıdır Hava İle Teması Veya Gaz Depolama Kısımında Sızma Yoksa Tehlikesi Yoktur
Rengi	Renksiz
Biyogazın Isıl Değeri	Ortalama 23000kj/m <sup>3</sup> (4700-6000kcal/m <sup>3</sup> )
Kokusu	Metan Kokusuzdur Fakat Diğer Gazların İçeriğinden Dolayı Sarımsak Kokusuna Benzer Bir Kokusu Vardır

Biyogaz hidrojen dışında diğer gaz formunda bulunan enerji kaynaklarına göre daha düşük enerji içeriğine sahiptir. Hava içerisinde bulunduğu durumda tabana çökelmez. Bu nedenle havayla daha hızlı karışır ve havadaki oranı düşer. Bu, ani patlama ve yanma tehlikesini azaltmaktadır. Tutuşma sıcaklığının yüksek olması bu açıdan önemli bir avantaj olarak değerlendirilmelidir. Hava içerisinde yanma hızı (0.25m/s) düşüktür. Bunun nedeni CO<sub>2</sub> içermesidir. Yanması için hava içerisinde en az %5 oranında bulunmalıdır. Yanması için 1m<sup>3</sup> biyogaza 5.7m<sup>3</sup> hava gereklidir. Ancak bu oran ideal bir yanmanın sağlanması için %20-30 olarak seçilmektedir. Biyogazın yanması için gerekli miktarda hava ile karışması ve tutuşma sıcaklığına ulaşması gerekmektedir. Bu nedenle yanma ortamından geriye doğru alev ilerleme tehlikesi çok azdır. Biyogazın yanması sonucu su buharı, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, azot oksitler, karbon monoksit ve is oluşmaktadır. SO<sub>2</sub>'nin nedeni gazda bulunan H<sub>2</sub>S'dir. Biyogazdan temizlenmesi durumunda kükürt dioksitin oranı azalır [5].

Normal şartlar altında 1 m<sup>3</sup> biyogaz ;

=0.66lt motorin 0.62 litre gazyağı

=0.75lt benzin 1.46kg odun kömürü

=0.25m<sup>3</sup> propan 3.47kg odun

=0.2m<sup>3</sup> butan 12.3kg tezek

=0.85kg kömüre 4.70kWh elektrik enerjisi

Yandığı zaman alev rengi LPG gazlarda olduğu gibi mavidir. Normal kullanılan sobalarda yakıldığı zaman % 60 verim sağlanmaktadır [8]. Biyogaz üretim şekline göre genellikle nemlidir. Bu nedenle tesisatta biriken suyun zamanla alınması gerekir. Biyogaz içerisindeki metan gazı yanma ve ısıl değerleri yönünden diğer gazlara benzemekle birlikte bazı fiziksel özellikleri yönünden propan ve butan gazlarından farklıdır. Metan gazı miktarı uzun bekleme sürelerinde yüksektir. Bekleme süresi kısaltılırsa metan içeriği %50'nin altına düşer, bu durumda biyogaz uzun süreli yanmaz. Propan butan vb gazlar oda sıcaklığında, düşük basınçlar da sıvılaştırılabilirken biyogazın sıvılaştırılması çok yüksek basınç ve düşük sıcaklık gerektirdiğinden ekonomik olarak çok masraflıdır. Bu nedenle tüplere doldurulmamakta ve ancak üretildiği yerde kullanılabilen veya taşınması borularla yapılabilir. Biyogaz kolayca bozulmayan sabit bir yapıya sahiptir. Metan gazı değeri beslenme materyallerine bağlıdır.



## 5. BİYOGAZIN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI (BIOGRAPHY ADVANTAGES AND DISADVANTAGES)

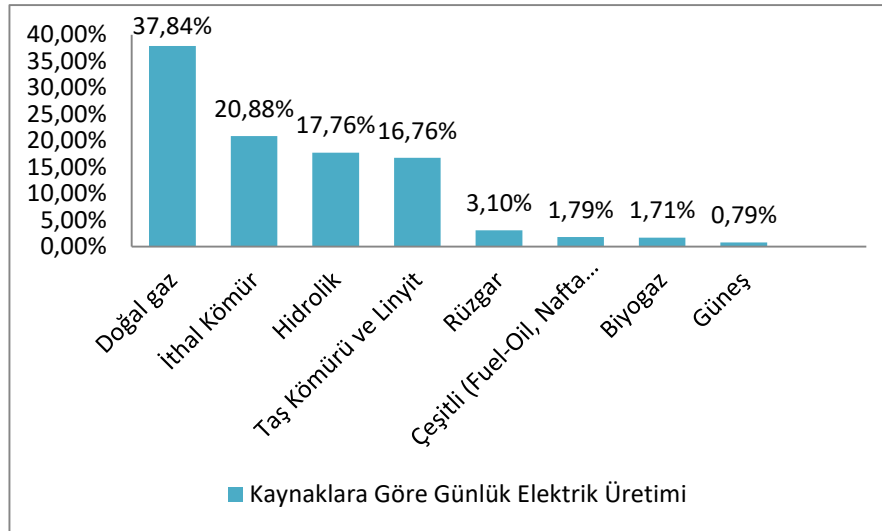
Hayvansal ve bitkisel organik atık/artık maddeler, çoğunlukla ya doğrudan doğruya yakılmakta veya tarım topraklarına gübre olarak verilmektedir. Bu tür atıkların özellikle yakılarak ısı üretiminde kullanılması daha yaygın görülmektedir. Bu şekilde istenilen özellikte ısı üretilemediği gibi, ısı üretiminden sonra atıkların gübre olarak kullanılması da mümkün olmamaktadır. Biyogaz teknolojisi ise organik kökenli atık/artık maddelerden hem enerji edesine hem de atıkların toprağa kazandırılmasına imkân vermektedir.

- Ucuz-çevre dostu enerji ve gübre kaynağıdır.
- Atık geri kazanımı sağlar.
- Biyogaz üretimi sonucunda hayvan gübresinin kokusu hissedilmeyecek ölçüde yok olmaktadır.
- Hayvan gübrelerinden kaynaklanan insan sağlığını ve yeraltı sularını tehdit eden hastalık etmenlerinin büyük oranda etkinliğinin kaybolmasını sağlamaktadır.
- Biyogaz üretiminden sonra atıklar yok olmamakta üstelik çok daha değerli bir organik gübre haline dönüşmektedir.
- Biyogaz temiz ve ısı değeri yüksek bir enerji kaynağıdır.
- Biyogaz üretiminden sonra atıklar yok olmamakta üstelik çok daha değerli bir gübre haline dönüşmektedir.
- Biyogaz üretimi sonucu hayvan gübresinde bulunabilecek yabancı ot tohumları çimlenme özelliğini kaybetmektedir [9 ve 13].

## 6. BULGULAR VE TARTIŞMALAR (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

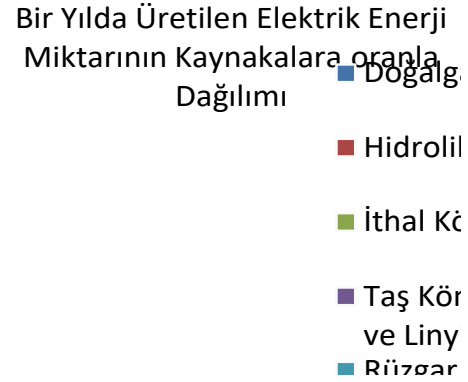
### 6.1. Türkiye Elektrik Üretimi (Turkish Electricity Generation)

Türkiye Elektrik Üretimi üretimdeki paylarına göre sırasıyla doğalgaz, hidroelektrik, taş kömürü ve linyit, ithal kömür, rüzgâr, motorin ve fuel-oil gibi sıvı yakıtlar jeotermal, biyogaz ve güneş enerjisi ile yapılmaktadır.



Grafik 1. Kaynaklara göre günlük elektrik üretimi oranları [14]  
(Graphic 1. According to sources, the production rates of daily electricity)

Açıklama	Miktar	%
Doğalgaz	91449924	33.57
Hidrolik	65967468	24.22
İthal Kömür	45535097	16.72
Taş Kömürü ve Linyit	41225087	15.13
Rüzgar	14400168	5.29
Jeotermal	4081862	1.50
Diğer Termik	2918311	1.07
Biyogaz	1891802	0.69
İthalat	4948040	1.82



Grafik 2. Türkiye'de son bir yılda üretilen elektrik enerji miktarının kaynaklara oranla dağılımı [14]

(Graphic 2. The amount of electrical energy produced in Turkey last year in proportion to the distribution of resources)

### 6.2. Türkiye'de Bulunan Biyogaz, Biyokütle, Atık Isı ve Pirolitik Yağ Enerji Santralleri (Biogas, Biomass, Waste Heat and Pyrolytic Oil Power Plants in Turkey)

Türkiye'de bulunan 73 adet biyogaz, biyokütle, atık ısı ve pirolitik yağ enerji santrali bulunmaktadır. Bu santrallerin toplam kurulu gücü yaklaşık 395.0MW'dır.



Şekil 1. Türkiye'de biyogaz tesislerinin harita üzerindeki gösterimi [11]

(Figure 1. The representation on the map of biogas plants in Turkey)

Tablo 6. Türkiye'de bulunan biyogaz, biyokütle, atık ısı ve pirolitik yağ enerji santralleri profili [14]

(Table 6. In Turkey, biogas, biomass, waste heat power plants, oil and pyrolytic Profile)

Aktif Santral Sayısı	73
Kurulu Güç	385MWe
Kurulu Güce Oranı	%0,50
Yıllık Elektrik Üretimi	~1.839GWh
Üretimin Tüketime Oranı	%0.73
Şebeke Bağlantısı	73 var, 0 yok

Türkiye'de bulunan biyogaz, biyokütle, atık ısı ve pirolitik yağ enerji santrallerini aşağıdaki Tablo 7'de daha detaylı olarak inceleyebiliriz.





Tablo 7. Türkiye'de bulunan biyogaz, biyokütle, atık ısı ve pirolitik yağ enerji santrallerinin bilgileri [14]  
(Table 7. Found in turkey; biogas, biomass, waste heat and pyrolitic oil power plants' information)

No	Santral Adı	İl	Firma Adı	Kurulu Güç
1	Odayeri Çöp Gazı Santrali	İstanbul	Ortadoğu Enerji	34MW
2	Toros Tarım Samsun Atık Isı Santrali	Samsun	Toros Tarım	31MW
3	Mamak Çöplüğü Biyogaz Tesisi	Ankara	ITC Katı Atık Enerji	25MW
4	Çadırtepe Biyokütle Santrali	Ankara	ITC Katı Atık Enerji	23MW
5	Sofulu Çöplüğü Biyogaz Santrali	Adana	ITC Katı Atık Enerji	16MW
6	Akçansa Çimento Atık Isı Santrali	Çanakkale	Enerjisa Elektrik	15MW
7	Kömürcüoda Çöplüğü Biyogaz Santrali	İstanbul	Ortadoğu Enerji	14MW
8	Eti Alüminyum Atık Isı Elektrik Santrali	Konya	Cengiz Enerji	13MW
9	Eti Maden Bandırma Atık Isı Santrali	Balıkesir	Eti Maden	12MW
10	ITC-KA Sincan Biyokütle Gazlaştırma Tesisi	Ankara	ITC Katı Atık Enerji	11MW
11	Bağfaş Gübre Fabrikası Biyogaz Santrali	Balıkesir	Bağfaş Gübre Fabrikası	9.92MW
12	Hamitler Çöplüğü Biyogaz Santrali	Bursa	ITC Katı Atık Enerji	9.80MW
13	Çimsa Atık Isı Santrali	Mersin	Enerjisa Elektrik	9.56MW
14	Batıçim Atık Isı Santrali	İzmir	Batıçim Batı Anadolu	9.00MW
15	Prokom Pirolitik Yağ ve Pirolitik Gaz Tesisi	Erzincan	Prokom Madencilik	7.04MW
16	Aksaray OSB Gübre Gazı Elektrik Santrali	Aksaray	Sütaş Süt Enfaş Enerji	6.40MW
17	Şanlıurfa Biyokütle Enerji Santrali	Şanlıurfa	Full Force Enerji	6.24MW
18	Eman Enerji Mersin Biyokütle Enerji Santrali	Mersin	Mersin Büyükşehir Belediyesi	6.02MW
19	Avdan Biyogaz Tesisi	Samsun	Avdan Enerji	6.00MW
20	Modern Biyokütle Enerji Santrali	Tekirdağ	Eren Enerji	6.00MW
21	Trakya Yenişehir Cam Atık Isı Santrali	Bursa	Trakya Yenişehir Cam	6.00MW
22	Kayseri Çöplüğü Biyogaz Elektrik Santrali	Kayseri	Her Enerji	5.78MW
23	Konya Aslım Çöplüğü Elektrik Üretim Santrali	Konya	ITC Katı Atık Enerji	5.66MW
24	Gaziantep Çöp Gazı	Gaziantep	CEV Enerji	5.66MW
25	Batısöke Söke Çimento Atık Isı Elektrik Santrali	Aydın	Batısöke Söke Çimento	5.34MW
26	Kocaeli Çöplüğü Biyogaz Santrali	Kocaeli	Ortadoğu Enerji	5.09MW
27	Ovacık Biyogaz Enerji Santrali	Kırklareli	Işıt Biyokütle	4.80MW
28	Hasdal	İstanbul	İstanbul Büyükşehir Belediyesi	4.02MW
29	Afyon Biyogaz Enerji Santrali	Afyonkarahisar	Afyon Enerji	4.02MW
30	Gönen Biyogaz Tesisi	Balıkesir	Gönen Yenilenebilir Enerji	3.62MW
31	Belka Çöp Gazı Biyogaz	Ankara	Ankara Büyükşehir Belediyesi	3.20MW
32	ITC-KA Elazığ Çöp Gazı Santrali	Elazığ	ITC-KA Enerji	2.83MW
33	İskenderun Çöp Gazı Elektrik Üretim Tesisi	Hatay	Novtek Enerji	2.83MW
34	Trabzon Rize Çöp Gazı Santrali	Trabzon	Mustafa Modoğlu Holding	2.83MW
35	Sivas Biyokütle Elektrik Üretim Tesisi	Sivas	Novtek Enerji	2.82MW
36	Konya Atıksu Biyogaz Santrali	Konya	Konya Büyükşehir Belediyesi	2.44MW
37	Malatya BŞB Çöp Gazı Elektrik Üretim Santrali	Malatya	Malatya Büyükşehir Belediyesi	2.40MW
38	Arel Enerji Biyokütle Tesisi	Afyonkarahisar	Arel Enerji	2.40MW
39	Manavgat Çöp Gazı Santrali	Antalya	Arel Enerji	2.40MW
40	Senkron Efeler Biyogaz Santrali	Aydın	Senkron Grup	2.40MW
41	Mauri Maya Bandırma Biyogaz Santrali	Balıkesir	Mauri Maya	2.33MW
42	Tokat Çöpgazı Elektrik Üretim Santrali	Tokat	Tokat Belediyesi	230MW
43	Karacabey Biyogaz Tesisi	Bursa	Sütaş Süt Enfaş Enerji	2.13MW
44	Bandırma Edincik Biyogaz Santrali	Balıkesir	Telko Enerji	2.13MW





Tablo 1'in devamı  
(Continuation of Table 1)

45	Eses Enerji Biyogaz Santrali	Eskişehir	Eskişehir Büyükşehir Belediyesi	2.04MW
46	Karaduvar Atıksu Arıtma Tesisi Biyogaz Santrali	Mersin	Mersin Büyükşehir Belediyesi	1.90MW
47	Albe Biyogaz Santrali	Ankara	Era Grup	1.81MW
48	GASKİ Atıksu Biyogaz Elektrik Santrali	Gaziantep	Gaziantep Büyükşehir Belediyesi	1.66MW
49	Karma Gıda Biyogaz Santrali	Sakarya	Karma Gıda	1.49MW
50	Polatlı Biyogaz Tesisi	Ankara	Polres Elektrik Üretim	1.47MW
51	Aksaray Çöp Gazı Elektrik Santrali	Aksaray	ITC Katı Atık Enerji	1.42MW
52	Karaman Biyogaz Tesisi	Karaman	Karaman Yenilenebilir Enerji	1.41MW
53	Pamukova Katı Atık Biyogaz Santrali	Sakarya	Biosun Pamukova	1.40MW
54	Eman Enerji Silifke Biyokütle Enerji Santrali	Mersin	Mersin Büyükşehir Belediyesi	1.20MW
55	Uşak Çöpgazı enerji Santrali	Uşak	Uşak Belediyesi	1.20MW
56	Amasya Çöp Gazı Elektrik Üretim Santrali	Amasya	Boğazköy Enerji Elektrik Üretim	1.20MW
57	Ekim Grup Gübre Gazı	Konya	Ekim Grup Elektrik	1.20MW
58	Bolu Çöplüğü Biyogaz Santrali	Bolu	CEV Enerji	1.13MW
59	Kırıkkale Çöp Gazı Enerji Santrali	Kırıkkale	Mustafa Modoğlu Holding	1.00MW
60	Sigma Suluova Biyogaz Tesisi	Amasya	Sigma Elektrik Üretim	1.00MW
61	Kemerburgaz Çöplüğü Biyogaz Santrali	İstanbul	Ekolojik Enerji	0.98MW
62	Hayat Biyokütle Elektrik Üretim Santrali	Kocaeli	Hayat Enerji	0.96MW
63	Eman Enerji Karaman Biyokütle Enerji Santrali	Kahramanmaraş	Eman Enerji	0.95MW
64	Adana Batı Atıksu Biyogaz Santrali	Adana	Adana Büyükşehir Belediyesi	0.80MW
65	Adana Doğu Atıksu Biyogaz Santrali	Adana	Adana Büyükşehir Belediyesi	0.80MW
66	Beyazırma Biyogaz Tesisi	Ankara	Derin Enerji Üretim	0.79MW
67	Frito Lay Gıda Biyogaz Santrali	Kocaeli	Frito Lay Gıda	0.70MW
68	Frito Lay Gıda Kojenerasyon Santrali	Mersin		0.66MW
69	Kumkısık Çöplüğü Biyogaz Santrali	Denizli	Bereket Enerji	0.64MW
70	Sezer Bio Enerji	Antalya	Kalemirler Enerji	0.50MW
71	Denizli Atıksu Arıtma Tesisi Biyogaz Elektrik Üretim Santrali	Denizli	Denizli Büyükşehir Belediyesi	0.48MW
72	Solaklar İzaydaş Çöp Gazı	Kocaeli	Kocaeli Büyükşehir Belediyesi	0.33MW
73	Cargill Tarım Bursa Bioenerji Santrali	Bursa	Cargill Tarım	0.12MW

Türkiye'de mevcut durumda olan biyogaz santralleri ve teknik özellikleri verilmiştir. Toplamda 73 santral bulunmaktadır. Güçleri 34MW ile 0.12MW arası değişmekte olup Türkiye'nin birçok ilinde kurulmuştur. Yukarıdaki tabloda verilen santrallerin bazılarının yıllara göre elektrik üretim miktarlarını, tesis ayrıntılarını aşağıda inceleyebiliriz.

- **Odayeri Çöp Gazı Santrali:** Odayeri Çöp Gazı Santrali-Biyogaz İstanbul'un Eyüp ilçesi Odayeri bölgesindedir. Ortadoğu Enerji firmasına ait santral 33.81MWe kurulu gücü ile Türkiye'nin 297. İstanbul'un ise 8. büyük enerji santralidir. Tesis ayrıca Türkiye'nin en büyük biyogaz tesisidir. Odayeri Çöp Gazı Santrali ortalama 214.446.854 kilovat saat elektrik üretimi ile 64.788 kişinin günlük hayatında ihtiyaç duyduğu (konut, sanayi, metro ulaşımı, resmi daire, çevre aydınlatması gibi) tüm elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilir. Odayeri Çöp Gazı

Santrali sadece konut elektrik tüketimi dikkate alındığında ise 68.078 konutun elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilecek elektrik üretimi yapmaktadır. Odayeri Çöp Gazı Santrali 2016 yılında Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması'ndan (YEKDEM) faydalanacak olup ürettiği 1kilovat saat elektriği 0.1330\$ fiyat ile devlete satacaktır. Odayeri Çöp Gazı Santrali-Biyogaz YEKDEM'den son olarak 2020 yılında faydalanabilecektir [10].

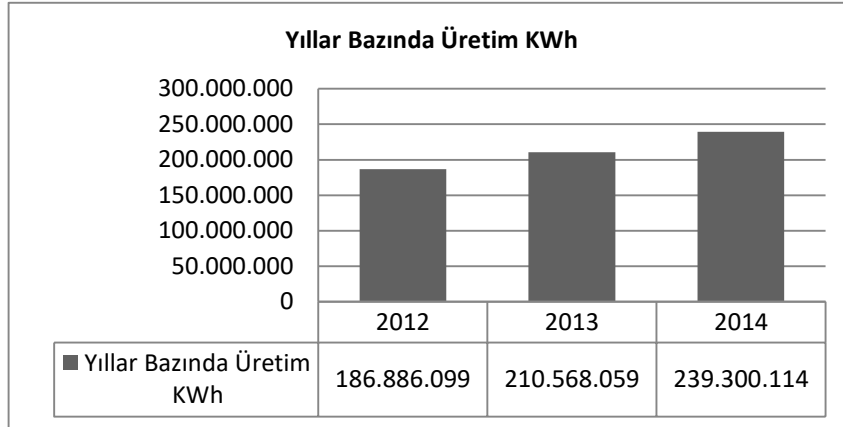
Tablo 8. Odayeri çöp gazı santrali bilgiler [14]  
(Table 8. Odayeri landfill gas power plant information)

Kurulu Güç	33.81MWe
Kurulu Güce Oranı	%0.0439
Üretim Kapasitesi	217.74 GWh-Yıl
Yıllık Elektrik Üretimi	~214 GWh
2014 Üretimi	239 GWh
Santralin Yeri	İstanbul, Eyüp
İşletmeci Firma	Ortadoğu Enerji
Lisans No	EÜ/1352-2/979



Şekil 2. Odayeri çöp gazı santralinden bir görüntü [14]  
(Figure 2. Image from a plant odayeri landfill gas)

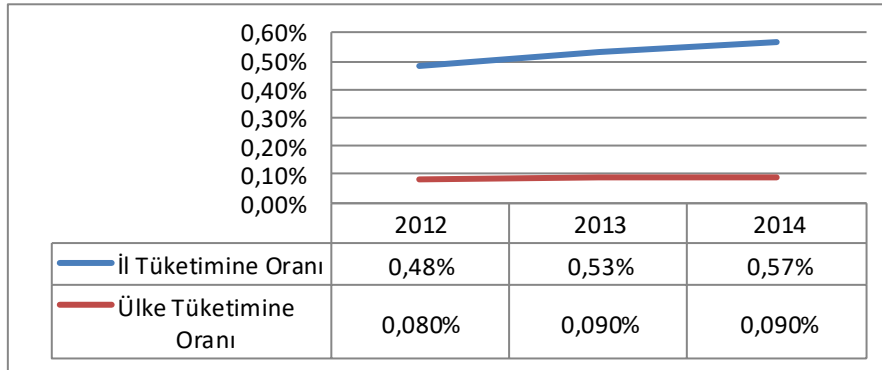
Odayeri çöp gazı santrali şu anda ülkemizde bulunan en büyük biyogaz üretim santralidir. Yıllar bazında baktığımızda üretim kapasitesi her geçen yıl biraz daha artmaktadır. Bu üretimdeki artışın başlıca sebeplerinden, hammadde olan çöp'ün gün geçtikçe artmasından kaynaklanmaktadır. Bu gibi santraller sayesinde atık olan çöp'ü kullanarak enerji üretmek ve bu üretimi arttırmak hem doğaya kazanç hem de ülke ekonomisi açısından önemli bir kazançtır.



Grafik 3. Odayeri çöp gazı santrali 2012-2014 yılları arası üretim miktarları [14]

(Graph 3. Odayeri power plant landfill gas production volumes between the years 2012-2014)

Yukarıda gösterilmiş olan grafikte 2012 -2013- 2014 yıllarında üretilen biyogazdan elde edilen elektrik enerjisi miktarları gösterilmiştir. Grafikte de görüldüğü gibi her geçen yıl üretim miktarı biraz daha artmaktadır. Bu gibi santrallerin hammadde çöptür. Gün geçtikçe artan nüfusun tüketiminden açığa çıkan çöp miktarı bu santrallerdeki üretim miktarını etkilemektedir. İnsanların atık olarak ortaya çıkan çöpün değerlendirilmesi önemlidir.



Grafik 4. Odayeri çöp gazı santrali 2012-2014 yılları arası üretilen enerji miktarının il ve ülke tüketimine oranı [14]

(Graphic 4. Odayeri landfill gas power plant the amount of energy produced between years 2012-2014, the province and the country's consumption rate)

Yukarıdaki grafikte gösterilen 2012-2013-2014 yıllarında biyogazdan üretilen elektrik enerjisinin İstanbul ilinde tüketilen elektrik enerjisi miktarına oranı ve ülke tüketimine oranı verilmiştir. Değerler bir biyogaz tesisi açısından bakıldığında küçümsenmeyecek değerlerdir.

- **Mamak Çöplüğü Biyogaz Tesisi Santral Bilgileri:** Ankara'nın Mamak ilçesindedir. ITC-Ka Atık Enerji firmasına ait santral 25.43MWe kurulu gücü ile Türkiye'nin 362. Ankara'nın ise 7. büyük enerji santralidir. Tesis ayrıca Türkiye'nin 2. büyük Biyogaz Tesisi'dir. Mamak Çöplüğü Biyogaz Tesisi ortalama 150.857.860 kilovat saat elektrik üretimi ile 45.576

kişinin günlük hayatında ihtiyaç duyduğu (konut, sanayi, metro ulaşımı, resmi daire, çevre aydınlatması gibi) tüm elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilir. Mamak Çöplüğü Biyogaz Tesisi sadece konut elektrik tüketimi dikkate alındığında ise 47.891 konutun elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilecek elektrik üretimi yapmaktadır. Mamak Çöplüğü Biyogaz Tesisi 2016 yılında Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması'ndan (YEKDEM) faydalanacak olup ürettiği 1 kilovat saat elektriği 0.1330\$ fiyat ile devlete satacaktır. Mamak Çöplüğü Biyogaz Tesisi YEKDEM'den son olarak 2017 yılında faydalanabilecektir [10].

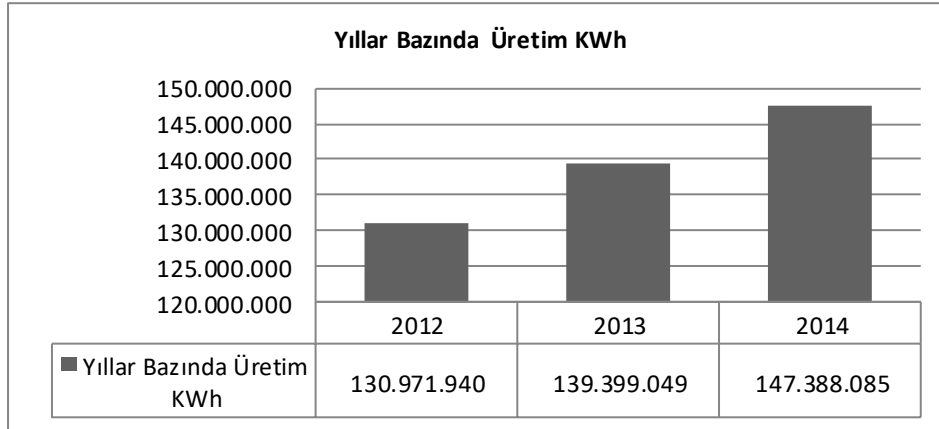
Tablo 9. Mamak çöplüğü biyogaz tesisi  
(Table 9. Mamak landfill biogas plant)

Kurulu Güç	25.43MWe
Kurulu Güce Oranı	%0.033
Üretim Kapasitesi	170 GWh-Yıl
Yıllık Elektrik Üretimi	~151 GWh
2014 Üretimi	147 GWh
Santralin Yeri	Ankara, Mamak
İşletmeci Firma	ITC-Ka Enerji
Lisans No	EÜ/848-3/668



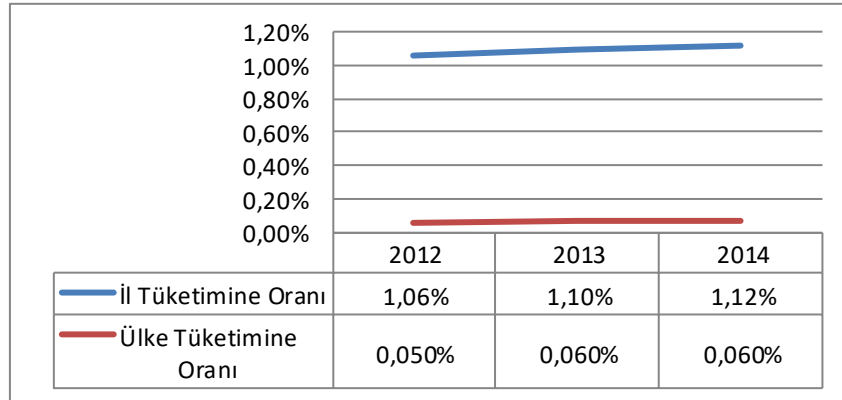
Şekil 3. Mamak çöplüğü biyogaz tesisi santralinden bir görüntü [14]  
Figure 3. Mamak landfill biogas plant plant from an image

- **Mamak Çöplüğü Biyogaz Tesisi 2012-2014 Yılları Arası Üretim Miktarları:** Tesis Türkiye'nin en büyük ikinci biyogaz üretim tesisidir. Ankara'nın ise en büyük biyogaz üretim tesisidir. Tesisin yıllık üretim miktarı yukarıdaki tabloda detaylı olarak gösterilmektedir (Enerjiatlası.com).



Grafik 5. Mamak çöplüğü biyogaz tesisi 2012-2014 yılları arası üretilen enerji miktarının il ve ülke tüketimine oranı [14]  
(Graphic 5. Mamak çöplüğü biogas facility ratio of energy amount produced between 2012-2014 to province and country consumption)

Yukarıda gösterilmiş olan grafikte 2012-2013-2014 yıllarında üretilen biyogazdan elde edilen elektrik enerjisi miktarları gösterilmiştir. Grafikte de görüldüğü gibi her geçen yıl üretim miktarı biraz daha artmaktadır. Bu gibi santrallerin hammadde çöptür. Gün geçtikçe artan nüfusun tüketiminden açığa çıkan çöp miktarı bu santrallerdeki üretim miktarını etkilemektedir. İnsanların atık olarak ortaya çıkan çöpün değerlendirilmesi önemlidir.



Grafik 6. Yıllara göre elektrik tüketim oranları [14]  
(Graphic electricity consumption rates by years)

Yukarıdaki grafikte gösterilen 2012-2013-2014 yıllarında biyogazdan üretilen elektrik enerjisinin Ankara'da tüketilen elektrik enerjisi miktarına oranı ve ülke tüketimine oranı verilmiştir. Değerler bir biyogaz tesisi açısından bakıldığında küçümsenmeyecek değerlerdir.

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Türkiye'de ve dünyada fosile dayalı enerji kaynaklarının yakın gelecekte biteceği düşünülürde, doğayı kirletici etkisi olmayan, güvenilir, temiz, sürdürülebilir, yerli ve çevre dostu özellikleriyle öne çıkan yenilenebilir enerji çeşitlerinin; üretimi, kullanımı ve bilinçli bir şekilde yaygınlaştırılması çok önemlidir. Türkiye'nin artan enerji talebini karşılamak için; doğal kaynakların akılcı bir



biçimde değerlendirilmesi ve kullanılması, yeni teknolojilere önem verilmesi, enerji üretimini çeşitlendirilmesi, var olan teknolojilerin verimliliğinin artırılması gerekmektedir. Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynaklarının doğru ve verimli değerlendirilmesi, rasyonel enerji stratejileri ve politika uygulanması, enerji arz güvenliğinin sağlanması, toplumda enerji verimliliği bilincinin geliştirilmesi de enerjide öncelikli konular arasında yer almaktadır.

Bu çalışmada Türkiye’de üretilen elektrik enerjisinin kaynaklara göre oranları tespit edilmiş olup, bu oranlar içinde yer alan biyogazdan elde edilen elektrik enerjisi araştırılmıştır. Bu araştırmada Türkiye genelinde 73 adet biyogaz tesisi faal durumda olduğu tespit edilmiştir. Bu faal durumda olan tesislerin üretim miktarları 385MWe olduğu belirlenmiştir. Bu üretilen elektrik enerjisinin ülke tüketimindeki oranı tablo ve grafik üzerinde gösterilmiştir. Türkiye’de bulunan 73 adet biyogaz tesislerinin birkaçını ele alıp 2012-2014 yılları arası üretim miktarları grafiklerle gösterilmiştir. Ve bu tesislerin illere göre enerji tüketim oranları tespit edilmiş grafik ve tablolarla gösterilmiştir. Bu gibi çalışmalarda öncelikle ülke genelinde insanları bilinçlendirmek için biyogazın önemini insanlara anlatmak gerekmektedir.

Sonuç olarak, Türkiye'nin enerji sorununun çözümü ve enerji ihtiyacının karşılanmasında için; tarımsal, hayvansal ve çöp atıkların daha etkin bir şekilde kullanılarak yenilenebilir enerji kaynaklarından olan biyogaz üretiminin artırılması önem arz etmektedir. Organik madde ve sudan meydana gelen biokütlelerin enerjiye dönüştürülmesinde kullanılan teknolojinin basit ve çabuk uygulanabilir olması, enerjinin az masrafla dönüştürülmesi, ucuz olması, yenilenebilir kaynaklara dayalı olması, doğada var olan dengeyi bozmaması da bu üretimlerin tercih sebepleri arasındadır. Atıklardan elde edilen enerji hem ülke ekonomisine büyük katkı sağlayacak hem de doğayı daha az kirleterek daha yaşanılır bir çevre yaratmış olacağız. Böyle bir imkân elimizde varken, bu imkânı değerlendirmemiz gerekmektedir.

#### **NOT (NOTE)**

Bu çalışma 5-8 Eylül 2017 tarihinde Gürcistan-Tiflis’te düzenlenen “2<sup>nd</sup> International Science Symposium (ISS2017)” sempozyumunda sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

#### **KAYNAKLAR (REFERENCES)**

1. Canka Kılıç, F., (2011). Türkiye’deki Yenilenebilir Enerjilerde Mevcut Durum ve Teşviklerindeki Son Gelişmeler, Mühendis ve Makine, Cilt:52, Sayı:614, ss:103-115.
2. Öztürk, İ., (1999). Anaerobik Biyoteknoloji ve Atık Arıtımındaki Uygulamaları, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 10, 34-44.
3. Demirci, G. ve Türkavcı, L., (2001). Biyogaz Atıklardan Enerji, Temiz Enerji Vakfı, Ankara, Ss:9-13.
4. Türkiye Çevre Sorunları Vakfı, (1996). Türkiye’nin Çevre Sorunları, Ankara.
5. Acaroğlu, M., (2003). Alternatif Enerji Kaynakları, Ders kitabı Atlas yayın dağıtım, İstanbul.
6. Irini, A., Poul, L., and Gang, L., (2013). Methods and Apparatus for Hydrogen Based Biogas Upgrading, Technical University of Denmark, vestforsyningi A/S, Publication no:W02013060331 A1.
7. Salah, M.A., (2003). Biogas a Source Of Energy, National Energy Reseach center, Ürdün.



8. Sathianathan, M.A., (1975). Biogas Achievements and Challenges, Association of Voluntary Agencies of Rural Development, New Delhi, India.
9. Yılmaz, V., (2009). Sürdürülebilir Bir Sistemde Biyogazın Yeri, V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Diyarbakır.
10. Consolidated Management Services Nepal, (1996). Energy and Environmental Technology A System Approach to Biogas Technology Fao/Tcp/Nep/4415-T.
11. İnternet: [http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/biyoenenerji/01-biyogaz/bg\\_uretim\\_yararlar.html](http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/biyoenenerji/01-biyogaz/bg_uretim_yararlar.html), Erişim Tarihi: 14 Şubat 2011.
12. Yenilenebilir Enerji Kaynakları., ( 2008). Oda Raporu, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Yayın No: MMO/2008/479. Ankara.
13. İnternet: [www.biyogaz.web.tr/tr/turkiyedeki-biyogaz-tesisleri](http://www.biyogaz.web.tr/tr/turkiyedeki-biyogaz-tesisleri), Erişim tarihi:11 Kasım 2016.
14. İnternet: <http://www.enerjiatlası.com/>, Erişim tarihi: 11 Kasım 2016.