

# Türkiye’de TR21 Bölgesinin (Trakya) Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi

Gül Kaykioğlu<sup>1,\*</sup>, Elif Cantekin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 59860, Çorlu, Tekirdağ.

## Özet

Hızlı nüfus artışına paralel olarak, oluşan atık miktarı da artmaktadır. Günümüzde atıkların bertarafı için kullanılan konvansiyonel yöntemler, bu atıkların çevreye zarar vermeyecek şekilde tekrar kullanımına ya da enerji elde edilmesine uygun olamamaktadır. Son yıllarda, çevrede olumsuz etkilere sebep olabilecek atıkların enerji değerleri dikkate alınmaya başlanmış ve enerji elde edilebilecek bertaraf yöntemlerine olan yönelim artış göstermiştir. Trakya Bölgesi, nüfusun yoğun olduğu, sanayi, tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin iç içe yürütüldüğü, Türkiye için önemli bir coğrafik bölgede yer almakta olup, enerji potansiyeli yüksek katı atık üretimi de fazladır. Bu çalışmada, Trakya Bölgesindeki biyogaz potansiyeli, hayvansal atıklar, bitkisel atıklar, arıtma çamurları ve mutfak atıkları dikkate alınarak belirlenmiştir. Trakya Bölgesinin biyogaz potansiyeli belirlenirken yıl bazındaki Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verileri kullanılmıştır. Bu çalışmada, 2010, 2015 ve 2020 yıllarına ait toplam biyogaz potansiyelinin sırasıyla 281.452 m<sup>3</sup>/gün, 341.228 m<sup>3</sup>/gün ve 358.153 m<sup>3</sup>/gün olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, tükenmekte olan fosil yakıtların yerine, atıkların hem ekonomik hem de ekolojik olarak bertaraf edilmesiyle elde edilen biyogaz enerjisinin kullanılması hem Trakya Bölgesi hem de ülkemiz için önerilmektedir.

## Anahtar Sözcükler

Biyogaz, Enerji, Biyobozunur Atık, Trakya Bölgesi, TR21

## Determination of Biogas Potential of TR21 Region (Thrace) in Turkey

### Abstract

With the rapid population growth, the amount of waste generated is also increasing. Today, conventional methods used for waste disposal are not suitable for reusing these wastes in a way that will not harm the environment or obtain energy. In recent years, the energy values of wastes that may cause harmful effects on the environment have started to be taken into account and the tendency towards disposal methods that can generate energy are increasing. The Thrace Region is located in an important geographical region for Turkey, where the population is dense, industry, agriculture, and livestock activities are carried out together, and solid waste production with high energy potential is also high. In this study, the biogas potential in the Thrace Region was determined by considering animal wastes, vegetable wastes, sewage sludge, and kitchen wastes. While determining the biogas potential of the Thrace Region, the data of the Turkish Statistical Institute (TUIK) on a yearly basis were used. In this study, it was determined that the total biogas potential of 2010, 2015, and 2020 were 281.452 m<sup>3</sup>/day, 341.228 m<sup>3</sup>/day, and 358.153 m<sup>3</sup>/day, respectively. As a result, it was recommended for both the Thrace Region and our country to use biogas energy obtained by disposing of wastes both economically and ecologically, instead of depleting fossil fuels.

### Keywords

Biogas, Energy, Biodegradable Waste, Thrace Region, TR21

## 1. Giriş

Tüm dünyada enerji rezervlerinin azalmasına paralel olarak yaşanan ve insan sağlığını tehdit edebilecek olan çevre kirliliği problemleri, farklı enerji kaynaklarının bulunması konusunda çalışmalar yapma gerekliliğini doğurmuştur. Bunun için atıkların yakılması, depolanması, piroliz uygulamaları ve biyogaz üretimi gibi farklı enerji üretim yöntemleri uygulanmaktadır. Dünya rezervleri her geçen gün tükenen fosil yakıtların alternatifi olan rüzgâr, hidroelektrik, güneş, jeotermal ve biyogaz enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönelmekte olup, biyogaz enerjisine olan ilgi her geçen gün artmaktadır (İlgar 2012).

Organik atık maddelerin anaerobik olarak parçalanması ile ortaya çıkan biyogaz, diğer yakıtlara oranla çevreye daha az zarar verebilen, renksiz ve kokusuz bir gazdır. Biyogaz üretim miktarı ve biyogaz içerisindeki gaz kompozisyonu, anaerobik olarak parçalanmış atığın karakterizasyonuna, organik madde içeriğine, kullanılan anaerobik reaktöre, ortam sıcaklığına ve pH değerine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir.

Biyogaz içerisinde yaklaşık %60-80 metan gazı (CH<sub>4</sub>), %20-46 karbondioksit (CO<sub>2</sub>), %0-2 hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S), az miktarda azot (N<sub>2</sub>) bulunmaktadır. Biyogaz, hem ısıtma amacı ile hem de elektrik üretimi amacı ile kullanılabilir. Biyogaz üretimi ile bileşikler temiz bir enerji formuna dönüşmüş olmaktadır (Şenol vd. 2017).

Biyogaz beraberinde istihdam da yaratmaktadır. Kırsal bölgelerde de kolaylıkla alternatif enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Fosil yakıtlar yerine ısıtma amacı ile biyogazın kullanılması durumunda, %75-90 oranlarından sera gazı emisyonlarında azalma mümkün olmaktadır. Organik atıklar biyogaz ile değerlendirildiği için toprak, hava ve su da kirliliği önleyerek doğal denge için sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır (Yenilmez 2015). Biyogaz üretiminde; tarım, ormancılık, sanayi ve diğer organik atıklar ham madde olarak kullanılabilir. Önemli biyogaz üretim potansiyeline sahip ham maddelerin başında çeşitli hayvan atıkları gelmektedir. Ayrıca, mezbaaha atıkları, yemek atıkları, peynir altı suyu, melas vb. sanayi atıkları da biyogaz üretiminde kullanılabilir.

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)'na üye ülkelerin (Avustralya, Avusturya, Brezilya, Çin, Finlandiya, Almanya, İrlanda, Norveç, İsveç, İsviçre ve İngiltere) biyogaz üretimi ve kullanımı konusunda vermiş olduğu bilgiler ışığında hazırlanan raporda; Çin'in, 100.000'den fazla biyogaz tesisi ile en fazla biyogaz tesisine sahip olduğu ve onu 10.000'den fazla tesis ile Almanya'nın takip etmekte olduğu ifade edilmektedir (URL-1 2022).

Türkiye'de elektrik üretimi çoğunlukla doğal gaz, hidroelektrik, taş kömürü ve linyit ile gerçekleştirilmektedir (Yılmaz vd. 2018). Türkiye'de kurulu güç kapasitesi 34 MW ile 0,12 MW arasında değişen 104 adet biyogaz tesisi bulunmaktadır. 104 tesis içerisinde Trakya Bölgesinde faaliyette bulunan biyogaz tesisleri ve kurulu güç kapasiteleri Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'e göre, Trakya Bölgesi'nde altı adet biyogaz tesisinin bulunduğu ve bu tesislerin dört tanesinin Kırklareli ilinde olduğu belirlenmiştir.

Tablo 1: Trakya Bölgesinde faaliyette olan biyogaz tesisleri (URL-2 2021)

Santral Adı	İl	Firma	Kurulu Güç
Zeus Biyokütle Enerji Santrali	Kırklareli	Zeus Enerji	12 MW
Karatepe Biyokütle Elektrik Santrali	Tekirdağ	Ekolojik Enerji	8,49 MW
Modern Biyokütle Enerji Santrali	Tekirdağ	Eren Enerji	6,00 MW
Ovacık Biyogaz Enerji Santrali	Kırklareli	Işık Biyokütle	4,80 MW
Kumrular Biyogaz Tesisi	Kırklareli	Seleda Biyogaz Enerji	4,27 MW
Vesmec Çöp gazı Santrali	Kırklareli	Vesmec Makine	1,20 MW

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan biyokütle atlasına göre; 96.451.594 ton bitkisel atığın 39.877.285 ton eşdeğer petrol (TEP)/yıl, 163.297.308 ton hayvansal atığın 1.176.198 TEP/yıl, 31.331.836 ton kentsel organik atığın 2.315.414 TEP/yıl enerji eşdeğerine sahip olduğu belirtilmektedir. Türkiye'deki atıkların toplam enerji eşdeğeri 44.228.795 TEP/yıl'dır (Ar 2018).

Ülkemizde ve Dünya'da biyogaz potansiyelinin belirlenmesi üzerine çok sayıda çalışma yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir (Dursun vd. 2015; Aktaş vd. 2015; Sümer vd. 2016; Özer 2016; Çevik 2016; Külcü 2016; Köse 2018; Tunçöz 2018; Kalaycı vd. 2019; Çağlayan 2020).

Trakya Bölgesi, yoğun sanayileşme ile karşı karşıya kalmış bir bölge olup, buna paralel olarak da nüfus artışı yüksektir. Çok fazla miktarlarda katı atık üretimi söz konusu olabilmekte ve oluşan atıkların bertarafında güçlükler yaşanmaktadır. Bu sebeple, Trakya Bölgesinde oluşan atıkların biyogaza dönüştürülme potansiyeli yüksek kısmının belirlenmesi ve biyogaz oluşum potansiyelinin hesaplanması önemli olmaktadır. Literatürde bazı çalışmalarda Trakya Bölgesindeki biyogaz potansiyeli belirlenmiş, ancak bu çalışmalarda genellikle tek bir atık türü üzerinden biyogaz potansiyeli değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada, Trakya Bölgesindeki Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illerinin 2010, 2015, 2020 yıllarındaki hayvansal ve bitkisel atık miktarları, 2010, 2014, 2018 yıllarındaki evsel atıma çamur miktarları ve mutfak atık miktarları dikkate alınarak biyogaz oluşum potansiyelleri belirlenmiştir. Bunun sebebi, geçmiş yıllarda ilgili verilerin 5 yıllık periyotlar halinde nasıl değiştiğinin belirlenebilmesi ve elde edilen sonuçların da gelecekte elde edilebilecek olan biyogaz potansiyeli hakkında fikir verici olmasını sağlayabilmektir. Elde edilen veriler doğrultusunda Trakya Bölgesinde biyogaz üretimi ile ilgili öneri ve değerlendirmelerde bulunulmuştur.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Çalışma Bölgesi

İstatistikî Bölge Birimleri Sınıflandırmasına göre, TR21 Trakya Bölgesi Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli illerini kapsamaktadır. TR21 Bölgesi, Türkiye'nin kuzey batısında bulunmakta olup, bölgede ortalama yağış miktarı 600 mm civarındadır. Bölgede yetiştirilen başlıca tarım ürünleri buğday, ayçiçeği ve çeltiktir. Bunlardan başka, şeker pancarı, susam, mısır, soğan, sarımsak, fasulye, karpuz, kavun, çerezlik kabak gibi bitkilerin tarımı yapılmaktadır.

Türkiye'deki ayçiçek ekim alanının %70'i (yaklaşık 360.000 ha, çeltik ekim alanının %50'si (yaklaşık 35.000 ha) ve buğday ekim alanının yaklaşık %5'i (630.000 ha) Trakya Bölgesindedir. Trakya'da son yıllarda sanayi alanındaki gelişmeler, nüfus artışının hızlı olması ve kentleşme sonucu oluşan atıklar çevrede olumsuz sonuçlara sebep olmaktadır (Süzer 2021). Çalışmada kullanılan tüm veriler il geneli için hesaplanmıştır.

## 2.2. Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi

Hayvansal atıklardan biyogaz potansiyeli belirlenebilmesi amacıyla, Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illerine ait 2010, 2015 ve 2020 yılı hayvan sayıları verileri kullanılmıştır (Tablo 2). TÜİK verilerine göre hayvan sayıları büyükbaş hayvan (genç-yavru ve yetişkin), küçükbaş hayvan ve kümes hayvanları olarak belirlenmiştir (Tablo 2). Biyogaz potansiyeli hesaplamalarında Tablo 3'de verilmiş olan kabul değerleri dikkate alınmıştır. Farklı hayvan türleri için oluşacak gübre miktarının hesaplanabilmesi için birim gübre üretim miktarları (kg/hayvan.gün) ile hayvan sayısı değerleri çarpılmıştır. Hayvanların barınaklarda kalma sürelerine göre belirlenen kullanılabilirlik oranı da değerlendirmeye alınarak, gübrenin kuru ve uçucu kuru madde oranları hesaplanmıştır. Uçucu kuru madde üzerinden oluşabilecek metan miktarları her hayvan türü için Tablo 3'te verilen farklı kabul değerleri kullanılarak belirlenmiş olup, biyogaz içerisinde oluşacak olan metan yüzdesinin %60 olması kabul edilerek biyogaz potansiyeli belirlenmiştir.

Tablo 2: 2010, 2015 ve 2020 yılları için toplam büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvan sayıları (TÜİK 2021)

Büyükbaş Hayvan Sayısı (adet)	Zaman (yıl)	Edirne	Kırklareli	Tekirdağ	Toplam
Genç-Yavru	2010	72.354	59.813	79.523	211.690
Yetişkin		78.420	54.783	60.868	194.071
<b>Toplam</b>		<b>150.774</b>	<b>114.596</b>	<b>140.391</b>	<b>405.761</b>
Genç-Yavru	2015	72.492	74.892	73.008	220.392
Yetişkin		84.593	75.529	67.620	227.742
<b>Toplam</b>		<b>157.085</b>	<b>150.421</b>	<b>140.628</b>	448.134
Genç-Yavru	2020	80.678	83.124	82.898	246.700
Yetişkin		82.398	74.306	69.330	226.034
<b>Toplam</b>		<b>163.076</b>	<b>157.430</b>	<b>152.228</b>	<b>472.734</b>
<b>Küçükbaş Hayvan Sayısı (Adet)</b>	2010	234.803	199.196	177.894	611.893
	2015	346.634	398.916	288.028	1.033.578
	2020	377.972	407.540	321.376	1.106.888
<b>Kümes Hayvan Sayısı (Adet)</b>	2010	249.980	342.849	496.626	1.089.455
	2015	298.585	302.484	844.311	1.445.380
	2020	351.187	535.323	460.922	1.347.432

Tablo 3: Biyogaz potansiyelinin hesaplanması için kabul edilen değerler (Görmüş 2018; Erkan Can 2021; Kaynarca vd. 2021)

Ham madde		Birim Hayvan İçin Gübre Üretimi (kg/hayvan-gün)	Kullanılabilirlik (%)	KM (Kuru Madde, % Gübre Miktarı)	UKM (Uçucu Kuru Madde, % KM)	Metan Üretim Oranı (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /Kg UKM)
<b>Büyükbaş Hayvan Gübresi</b>	Yetişkin	43,00	50,00	13,95	83,33	0,18
	Genç-Yavru	2,48		8,39	44,23	0,33
<b>Küçükbaş Hayvan Gübresi</b>		2,40	13,00	27,50	83,64	0,30
<b>Kümes Hayvan Gübresi</b>		0,18	99,00	25,88	77,27	0,35

### 2.3. Bitkisel Atıkların Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi

Bitkisel atıkların biyogaz potansiyelinin belirlenmesinde TÜİK'in Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illeri için 2010, 2015 ve 2020 yılları bitkisel üretim istatistik verileri kullanılmıştır. Bu kapsamda, öncelikli olarak yetiştirilen (buğday, mısır, arpa, çavdar ve ayçiçeği) bitkisel ürünlere bağlı olarak, ekilen alanlar belirlenmiştir. 2010, 2015, 2020 yılları için toplam ekilen tarım alanı Tablo 4'te verilmektedir. Bu bitkilerin atık miktarları üzerinden hesaplamalar yapılmıştır. Biyogaz üretimi için kullanılabilir atık miktarları Tablo 5'de verilen değerler üzerinden hesaplanmıştır. Kullanılabilir atık miktarları ekilen alanlarda hasat zamanı sonrasında kalan ve biyogaz üretiminde kullanılacak atık miktarlarıdır. Seçilmiş olan bitkilerin hasat sonrası kalan atık miktarından oluşacak biyogaz potansiyelinin hesabı için 20 m<sup>3</sup> biyogaz/ton kabulü yapılmıştır (Köse 2018; Şenol vd. 2017).

Tablo 4: 2010, 2015, 2020 yılları için seçilmiş bitkilerde ekilen alan (TÜİK 2021)

Ekilen Alan / Dekar		Yıl	İller			Toplam
			Edirne	Kırklareli	Tekirdağ	
Tahıllar Ve Diğer Bitkisel Ürünler	Buğday (Durum Buğdayı Hariç)	2010	1.731.589	1.084.522	1.581.457	4.397.568
		2015	1.372.357	1.191.209	1.841.841	4.405.407
		2020	1.336.025	1.192.880	1.966.333	4.495.238
	Mısır	2010	23.497	37.338	5.385	66.220
		2015	19.600	41.132	1.278	62.010
		2020	8.892	15.230	770	24.892
	Arpa	2010	60.179	152.184	196.500	408.863
		2015	63.067	55.771	172.380	291.218
		2020	55.616	54.057	134.948	244.621
	Çavdar	2010	2.240	2.708	980	5.928
		2015	2.182	1.989	1.170	5.341
		2020	2.191	1.236	655	4.082
	Ayçiçeği Tohumu (Yağlık)	2010	1.153.124	775.759	1.365.073	3.293.956
		2015	984.061	733.520	1.284.677	3.002.258
		2020	909.155	778.064	1.424.669	3.111.888

Tablo 5: Tarla bitkilerinin kullanılabilir atık miktarları (Aybek vd. 2015)

Tarla Bitkisi	Kullanılabilir Atık Miktarı (kg/daa)
Buğday	37
Arpa	36
Çavdar	37
Mısır	528
Ayçiçeği	248

### 2.4. Arıtma Çamurlarının Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi

Biyogaz üretimi amaçlı olarak kullanılan ham maddelerden biri olan atık su arıtma tesisi arıtma çamurlarının Trakya Bölgesinde oluşan miktarları 2010, 2014 ve 2018 yıllarına ait TÜİK verileri kullanılarak hesaplanmıştır. 2015 ve 2020 yıllarına ait TÜİK verilerine ulaşılamadığı için en yakın yıllara ait veriler değerlendirilmiştir. Evsel atık su arıtma tesislerinde oluşan arıtma çamurlarının biyogaz potansiyelinin hesaplanmasında öncelikli olarak 2010, 2014, 2018 yıllarında Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illerinde arıtma tesisi tiplerine göre toplam tesis kapasiteleri belirlenmiştir (Tablo 6). Arıtma tesislerinin kapasitelerinden artılabilecek atık su miktarları ve arıtılan günlük atık su miktarının kaç kişiye karşılık geldiği hesaplanmıştır. Evsel atık su için 200 L/kişi.gün değeri kabul edilerek, atık su miktarı ile çarpımı sonucu kişi değeri elde edilmiştir. Her il için oluşabilecek arıtma çamuru miktarının hesabında ise 35 gKM/kişi.gün değeri kabul edilmiştir (Vouk vd. 2017).

Literatür araştırmasına göre, arıtma çamuru için organik kuru madde dikkate alındığında 310-810 m<sup>3</sup>/ton aralığında biyogaz verimi söz konusudur (Kalaycı vd. 2019). Yapılan hesaplamalarda minimum değer olan 310 m<sup>3</sup>/ton dikkate alınarak biyogaz potansiyeli belirlenmiştir.

Tablo 6: 2010, 2014, 2018 yılı atık su arıtma tesisi kapasiteleri (TÜİK 2021)

Yıl	Atık su Arıtma Tesisi Kapasitesi, m <sup>3</sup> /gün				Toplam
	Arıtma Tesisi Tipi	Edirne	Kırklareli	Tekirdağ	
2010	Fiziksel Arıtma	0	0	2.740	2.740
	Biyolojik Arıtma	1.000	219	6.773	7.992
	İleri Arıtma	0	0	0	0
	<b>Toplam</b>	<b>1.000</b>	<b>219</b>	<b>9.513</b>	<b>10.732</b>
2014	Fiziksel Arıtma	901	0	42.744	43.645
	Biyolojik Arıtma	15.300	39.853	8.293	63.446
	İleri Arıtma	0	5.000	0	5.000
	<b>Toplam</b>	<b>16.201</b>	<b>44.853</b>	<b>51.037</b>	<b>112.091</b>
2018	Fiziksel Arıtma	0	0	37.529	37.529
	Biyolojik Arıtma	40.823	50.503	8.661	99.987
	İleri Arıtma	0	19.900	184.319	204.219
	<b>Toplam</b>	<b>40.823</b>	<b>70.404</b>	<b>230.510</b>	<b>341.737</b>

## 2.5. Mutfak Atıklarının Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi

Biyogaz potansiyelinin yüksek olduğu bilinen başka bir ham madde de mutfak atıklarıdır. Mutfak atıklarının belirlenmesi için nüfus verileri ve kişi başına ortalama atık miktarı verileri TÜİK veri tabanından 2010, 2014 ve 2018 yılları için elde edilmiştir (Tablo 7). Evsel atıklardan, mutfak atıkları veya yemek atıkları organikdir. Plastik ambalajlar, kül ve ev eşyası kırıkları ise inorganiktir. Evsel katı atıkların %68'i organik atıklar olup, kalan kısmı ise kâğıt, karton, tekstil, plastik, deri, metal, ağaç, cam ve kül gibi maddelerden oluşmaktadır (Şenol vd. 2017). Mutfak atıklarının %60'ının organik atık olduğu ve 30 m<sup>3</sup>/gün biyogaz elde edilebileceği kabulleri ile biyogaz potansiyeli belirlenmiştir (Tınmaz ve Demir 2006; Şenol vd. 2017).

Tablo 7: 2010, 2014, 2018 yılları nüfus verileri ve kişi başına ortalama belediye atık miktarları (TÜİK 2021)

Zaman(Yıl)	İller	Nüfus (kişi)	Kişi Başı Ortalama Belediye Atık Miktarı (kg/kişi-gün)
2010	Edirne	261.920	1,84
	Kırklareli	219.333	1,49
	Tekirdağ	545.481	1,47
2014	Edirne	283.845	1,81
	Kırklareli	236.502	1,30
	Tekirdağ	906.732	1,20
2018	Edirne	300.198	1,33
	Kırklareli	256.750	1,19
	Tekirdağ	1.029.927	1,33

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. Hayvansal Atıklardan Elde Edilen Biyogaz Potansiyeli

2010, 2015 ve 2020 yıllarına ait hayvan sayıları dikkate alınarak elde edilen biyogaz potansiyeline ilişkin veriler Tablo 8 ve Tablo 9'da verilmiştir. Hayvansal atıklardan (büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanları) elde edilebilecek toplam metan miktarındaki değişim 2010, 2015 ve 2020 yılları için Şekil 1'de gösterilmektedir. 2010 yılında hayvansal atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarı tüm illerde 2015 ve 2020 yıllarına göre daha düşük belirlenmiştir. Her üç ilde de 2015 yılında yaklaşık 80.000 m<sup>3</sup>/gün civarındadır. Bu rakam 2020 yılında Edirne ve Kırklareli'de çok değişmez iken Tekirdağ'da 75.000 m<sup>3</sup>/gün'e düşmektedir. Bu durum, Tekirdağ'ın, Edirne ve Kırklareli'ye göre sanayi bakımından daha yoğun olması ile açıklanabilmektedir. Gelecekte de hayvancılığın bu ilde azalacağı ön görülmektedir.

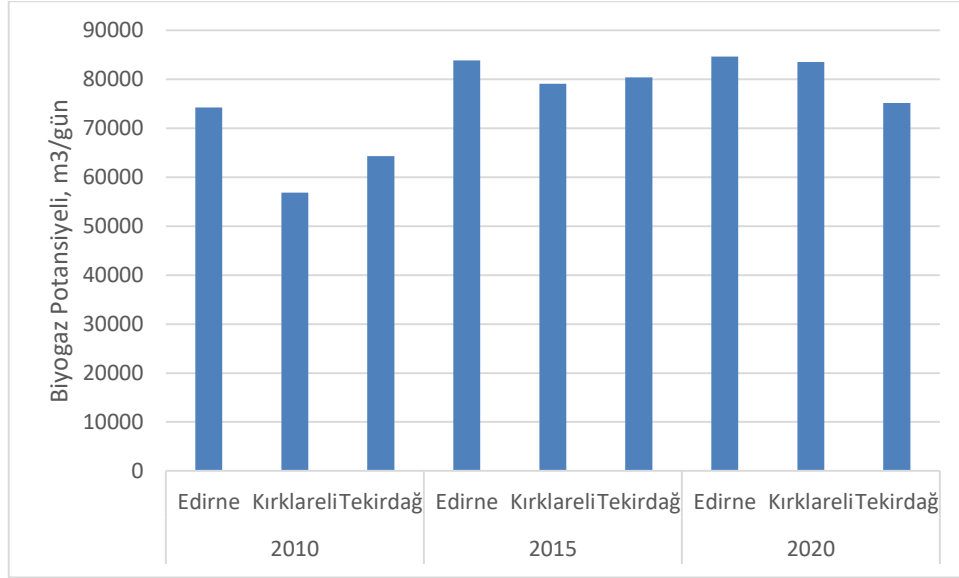
2010 yılında hayvansal atıklardan üretilebilecek toplam biyogaz potansiyeli 195.468 m<sup>3</sup>/gün, 2015 yılında 243.468 m<sup>3</sup>/gün ve 2020 yılında 243.445 m<sup>3</sup>/gün olarak belirlenmiştir. Dursun vd. (2015) 2013 yılına ait TÜİK verilerini kullanarak yapmış oldukları çalışmada Trakya bölgesinde hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogaz potansiyelini 262.903 m<sup>3</sup>/gün olarak belirlenmiş olup, çalışmada elde edilen sonuçlarla uyumlu olduğu görülmüştür.

Tablo 8: Büyükbaş hayvan için biyogaz potansiyeli

İller	Tür	Toplam Hayvan Sayısı (adet)	Gübre Miktarı (kg/hayvan.gün)	Erişilebilir Gübre (kg/hayvan.gün)	KM (kg/gün)	UKM (kg/gün)	Metan Miktarı (m <sup>3</sup> /gün)	Toplam Metan Miktarı (m <sup>3</sup> /gün)	Biyogaz Potansiyeli (m <sup>3</sup> /gün)
<b>2010</b>									
Edirne	Genç-Yavru	72.354	179.438	89.719	7.527	3.329	1.099	36.377	60.628
	Yetişkin	78.420	3.372.060	1.686.030	235.201	195.993	35.279		
Kırklareli	Genç-Yavru	59.813	148.336	74.168	6.223	2.752	908	25.553	42.588
	Yetişkin	54.783	2.355.669	1.177.835	164.308	136.918	24.645		
Tekirdağ	Genç-Yavru	79.523	197.217	98.609	8.273	3.659	1.208	28.590	47.650
	Yetişkin	60.868	2.617.324	1.308.662	182.558	152.126	27.383		
<b>2015</b>									
Edirne	Genç-Yavru	72.492	179.780	89.890	7.542	3.336	1.101	39.157	65.262
	Yetişkin	84.593	3.637.499	1.818.750	253.716	211.421	38.056		
Kırklareli	Genç-Yavru	74.892	185.732	92.866	7.791	3.446	1.137	35.115	58.525
	Yetişkin	75.529	3.247.747	1.623.874	226.530	188.768	33.978		
Tekirdağ	Genç-Yavru	73.008	181.060	90.530	7.595	3.359	1.109	31.529	52.548
	Yetişkin	67.620	2.907.660	1.453.830	202.809	169.001	30.420		
<b>2020</b>									
Edirne	Genç-Yavru	80.678	200.081	100.041	8.393	3.712	1.225	38.293	63.822
	Yetişkin	82.398	3.543.114	1.771.557	247.132	205.935	37.068		
Kırklareli	Genç-Yavru	83.124	206.148	103.074	8.648	3.825	1.262	34.690	57.817
	Yetişkin	74.306	3.195.158	1.597.579	222.862	185.711	33.428		
Tekirdağ	Genç-Yavru	82.898	205.587	102.794	8.624	3.815	1.259	32.448	54.080
	Yetişkin	69.330	2.981.190	1.490.595	207.938	173.275	31.189		

Tablo 9: Küçükbaş hayvanları ve kümes hayvanları için biyogaz potansiyeli

İl	Toplam Hayvan Sayısı (adet)	Gübre Miktarı (kg/hayvan.gün)	Erişilebilir Gübre (kg/gün)	KM (kg/gün)	UKM (kg/gün)	Metan Miktarı (m <sup>3</sup> /gün)	Biyogaz Potansiyeli (m <sup>3</sup> /gün)
<b>Küçükbaş Hayvan</b>							
<b>2010</b>							
Edirne	234.803	563.527	73.259	20.146	16.850	5.055	8.425
Kırklareli	199.196	478.070	62.149	17.091	14.295	4.288	7.147
Tekirdağ	177.894	426.946	55.503	15.263	12.766	3.830	6.383
<b>2015</b>							
Edirne	346.634	831.922	108.150	29.741	24.876	7.463	12.438
Kırklareli	398.916	957.398	124.462	34.227	28.627	8.588	14.313
Tekirdağ	288.028	691.267	89.865	24.713	20.670	6.201	10.335
<b>2020</b>							
Edirne	377.972	907.133	117.927	32.430	27.124	8.137	13.562
Kırklareli	407.540	978.096	127.152	34.967	29.246	8.774	14.623
Tekirdağ	321.376	771.302	100.269	27.574	23.063	6.919	11.532
<b>Kümes Hayvanları</b>							
<b>2010</b>							
Edirne	249.980	44.996	44.546	11.529	8.908	3.118	5.197
Kırklareli	342.849	61.713	61.096	15.812	12.218	4.276	7.127
Tekirdağ	496.626	89.393	88.499	22.903	17.698	6.194	10.323
<b>2015</b>							
Edirne	298.585	53.745	53.208	13.770	10.640	3.724	6.207
Kırklareli	302.484	54.447	53.903	13.950	10.779	3.773	6.288
Tekirdağ	844.311	151.976	150.456	38.938	30.087	10.531	17.552
<b>2020</b>							
Edirne	351.187	63.214	62.582	16.196	12.515	4.380	7.300
Kırklareli	535.323	96.358	95.395	24.688	19.077	6.677	11.128
Tekirdağ	460.922	82.966	82.136	21.257	16.425	5.749	9.582



Şekil 1: Hayvansal atıklardan oluşan toplam biyogaz potansiyelinin yıllara göre iller bazında dağılımı

### 3.2. Bitkisel Atıklardan Elde Edilen Biyogaz Potansiyeli

Trakya bölgesi için, 2010, 2015 ve 2020 yıllarındaki bitkisel atıklardan elde edilebilecek biyogaz potansiyeli hesaplanarak Tablo 10'da verilmiştir. Bölgede bitkisel atıklar biyogaz potansiyeli bakımından şu şekilde sıralanabilmektedir; ayçiçek > buğday > mısır > arpa > çavdar. Ayçiçek üretiminin ve dolayısıyla atık üretiminin en fazla olduğu il Tekirdağ olup, bunu Edirne ve Kırklareli takip etmektedir. Buna göre; Tekirdağ ayçiçek atıklarından oluşabilecek önemli bir biyogaz potansiyeline sahip olmaktadır. Edirne ve Kırklareli illerinde bitkisel atık miktarında azda olsa azalma meydana gelirken, Tekirdağ ilinde ise artış görülmektedir (Tablo 11). Bitkisel atıklar için biyogaz potansiyeli en yüksek olan ilin Tekirdağ olduğu belirlenmiştir. Trakya bölgesinde 2010, 2015 ve 2020 yıllarına bitkisel atıklardan üretilebilecek toplam biyogaz potansiyeli sırasıyla 20.590.745 m<sup>3</sup>/yıl, 19.019.785 m<sup>3</sup>/yıl ve 19.203.380 m<sup>3</sup>/yıl olarak belirlenmiş olup, Köse (2018) 2017 yılı TÜİK verileri kullanarak Trakya bölgesi tarımsal atıklarından elde edilebilecek biyogaz potansiyelini 20.037.585 m<sup>3</sup>/yıl olarak belirlemiştir.



Tablo 10: Bitkisel atıklardan oluşan biyogaz potansiyeli

İl	Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünler (daa/yıl)					
	Ayçiçeği	Buğday	Mısır	Arpa	Çavdar	Toplam
<b>2010</b>						
Edirne	1.153.124	1.731.589	23.497	60.179	2.240	2.970.629
Kırklareli	775.759	1.084.522	37.338	152.184	2.708	2.052.511
Tekirdağ	1.365.073	1.581.457	5.385	196.500	980	3.149.395
<b>Tarlada Kalan Miktar (ton/yıl)</b>						
Edirne	285.974	64.068	12.406	2.166	82	364.696
Kırklareli	192.388	40.127	19.714	5.478	100	257.807
Tekirdağ	338.538	58.513	2.843	7.074	36	407.004
<b>Biyogaz Miktarı (m<sup>3</sup>/yıl)</b>						
Edirne	5.719.495	1.281.375	248.128	43.328	1.657	7.293.983
Kırklareli	3.847.764	802.546	394.289	109.572	2.003	5.156.174
Tekirdağ	6.770.762	1.170.278	56.865	141.480	725	8.140.110
<b>2015</b>						
	Ayçiçeği	Buğday	Mısır	Arpa	Çavdar	Toplam
Edirne	984.061	1.372.357	19.600	63.067	2.182	2.441.267
Kırklareli	733.520	1.191.209	41.132	55.771	1.989	2.023.621
Tekirdağ	1.284.67	1.841.841	1.278	172.380	1.170	4.759.559
<b>Tarlada Kalan Miktar (ton/yıl)</b>						
Edirne	244.047	50.777	10.348	2.270	80	307.522
Kırklareli	181.912	44.074	21.717	2.007	73	249.783
Tekirdağ	318.599	68.148	674	6.205	43	393.669
<b>Biyogaz Miktarı (m<sup>3</sup>/yıl)</b>						
Edirne	4.880.942	1.015.544	206.976	45.408	1.614	6.150.484
Kırklareli	3.638.259	881.494	434.353	40.155	1.471	4.995.732
Tekirdağ	6.371.997	1.362.962	13.495	124.113	865	7.873.432
<b>2020</b>						
	Ayçiçeği	Buğday	Mısır	Arpa	Çavdar	Toplam
Edirne	909.155	1.336.025	8.892	55.616	2.191	2.311.879
Kırklareli	778.064	1.192.880	15.230	54.057	1.236	2.041.467
Tekirdağ	1.424.669	1.966.333	770	134.948	655	3.527.375
<b>Tarlada Kalan Miktar (ton/yıl)</b>						
Edirne	225.470	49.432	4.694	2.002	81	281.679
Kırklareli	192.959	44.136	8.041	1.946	45	247.127
Tekirdağ	353.317	72.754	406	4.858	24	431.359
<b>Biyogaz Miktarı (m<sup>3</sup>/yıl)</b>						
Edirne	4.509.408	988.658	93.899	40.043	1.621	5.633.629
Kırklareli	3.859.197	882.731	160.828	38.921	914	4.942.591
Tekirdağ	7.066.358	1.455.086	8.131	97.162	484	8.627.221

Tablo 11: Bitkisel atıklardan toplam biyogaz üretimi potansiyeli (m<sup>3</sup>/gün)

Zaman (yıl)	Toplam Biyogaz Miktarı (m <sup>3</sup> /gün)		
	Edirne	Kırklareli	Tekirdağ
2010	19.984	14.127	22.302
2015	16.851	13.687	21.571
2020	15.435	13.541	23.636

### 3.3. Arıtma Çamurlarından Elde Edilen Biyogaz Potansiyeli

TR21 Bölgesinde, 2010, 2014 ve 2018 yıllarındaki arıtma çamurlarından elde edilebilecek olan biyogaz potansiyeli Tablo 12'de belirlenmiştir. Tablo 12'ye göre, Trakya Bölgesi'nde 2010, 2014 ve 2018 yıllarındaki arıtma çamurundan elde edilebilecek biyogaz potansiyellerinin zamana bağlı olarak artış gösterdiği görülmektedir. Arıtma çamurlarının oluşumu nüfusa bağlı olarak değişmektedir. Bunun yanı sıra, atık suların arıtılması ile ilgili yaptırımların artması sebebiyle atık su arıtma tesisi sayılarında da artış beklenmektedir. Dolayısıyla sürekli nüfus artışı görülen bölgede yakın zamanda daha fazla arıtma çamuru oluşabileceği öngörülmektedir.

Tablo 12: Evsel atık su arıtma tesislerinden oluşacak arıtma çamurları için biyogaz potansiyeli

İl	Nüfus (kişi)	Arıtma çamuru miktarı (ton KM/gün)	Biyogaz potansiyeli (m <sup>3</sup> /gün)
<b>2010</b>			
Edirne	5.001	0,175	54
Kırklareli	1.096	0,038	11
Tekirdağ	47.566	1,665	516
<b>2014</b>			
Edirne	81.008	2,835	878
Kırklareli	224.269	7,849	2.433
Tekirdağ	255.190	8,932	2.768
<b>2018</b>			
Edirne	204.116	7,144	2.214
Kırklareli	352.022	12,321	3.819
Tekirdağ	1.152.554	40,339	12.505

### 3.4. Mutfak Atıklarından Oluşan Biyogaz Potansiyeli

TR21 Bölgesinde, 2010, 2014 ve 2018 yıllarındaki mutfak atıkları için elde edilebilecek biyogaz potansiyeli Tablo 13'te verilmiştir. Tekirdağ iline ait nüfus değeri, Edirne ve Kırklareli illeri ile kıyaslandığında oldukça yüksektir. Dolayısıyla daha fazla atık oluşumu ve daha fazla biyogaz potansiyeli söz konusu olmaktadır.

Tablo 13: Mutfak atıklarından elde edilebilecek biyogaz potansiyeli

İl	Nüfus (kişi)	Kişi Başı Ortalama Belediye Atık Miktarı (kg/kişi-gün)	Biyogaz Verimi (m <sup>3</sup> /ton)	Kentsel Katı Atık Miktarı (ton/gün)	Mutfak Atık Miktarı (ton/gün)	Biyogaz Potansiyeli (m <sup>3</sup> /gün)
<b>2010</b>						
Edirne	261.920	1,84	30	482	289	8.675
Kırklareli	219.333	1,49	30	327	196	5.883
Tekirdağ	545.481	1,47	30	802	481	14.433
<b>2014</b>						
Edirne	283.845	1,81	30	514	308	9.248
Kırklareli	236.502	1,3	30	307	184	5.534
Tekirdağ	906.732	1,2	30	1.088	653	19.585

Tablo 13'ün devamı

İl	Nüfus (kişi)	Kişi Başı Ortalama Belediye Atık Miktarı (kg/kişi-gün)	Biyogaz Verimi (m <sup>3</sup> /ton)	Kentsel Katı Atık Miktarı (ton/gün)	Mutfak Atık Miktarı (ton/gün)	Biyogaz Potansiyeli (m <sup>3</sup> /gün)
<b>2018</b>						
Edirne	300.198	1,33	30	399	240	7.187
Kırklareli	256.750	1,19	30	306	183	5.500
Tekirdağ	1.029.927	1,33	30	1.370	822	24.656

### 3.5. Bölgesel Deęerlendirme

Çalışmada Trakya Bölgesinde (Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ) 2010, 2015, 2020 yıllarına ait bitkisel, hayvansal atıklar, evsel atık su arıtma tesislerinden oluşan arıtma çamuru miktarları ve mutfak atık miktarları ile yapılan hesaplamalar sonucunda biyogaz oluşum potansiyeli belirlenmiştir. Biyogaz oluşum potansiyeli olabilecek atıklar ve toplam biyogaz potansiyelleri Tablo 14'te özetlenmiştir. Buna göre; hayvansal ve bitkisel atıklar için biyogaz potansiyelinde yıllara göre önemli artışlar görülmez iken, arıtma çamuru ve mutfak atık miktarında yıllara göre artış olması sebebiyle biyogaz potansiyelinde de önemli artışlar belirlenmiştir.

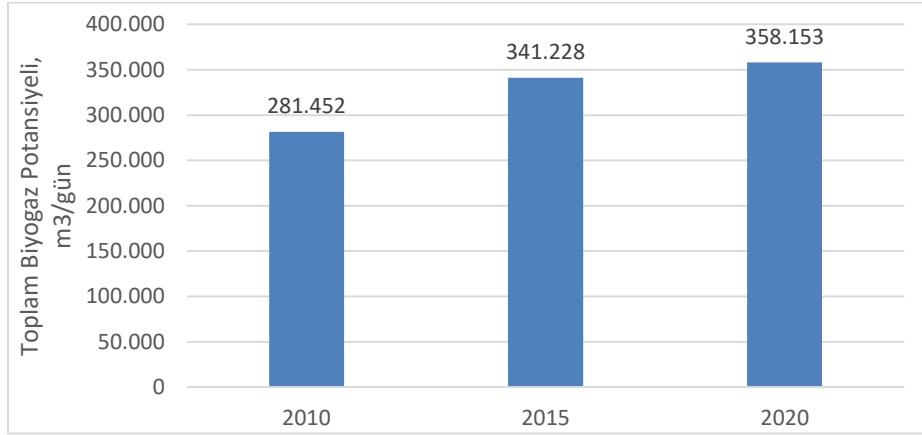
Tablo 14: Atık türlerine göre elde edilebilecek toplam biyogaz potansiyeli (m<sup>3</sup>/gün)

Zaman (yıl)	Edirne	Kırklareli	Tekirdağ	Toplam (m <sup>3</sup> /gün)
<b>Hayvansal Atık</b>				
2010	74.250	56.862	64.357	195.468
2015	83.907	79.127	80.435	243.468
2020	84.683	83.568	75.193	243.445
<b>Bitkisel Atık</b>				
2010	19.983	14.126	22.301	56.411
2015	16.850	13.686	21.571	52.108
2020	15.434	13.541	23.636	52.612
<b>Arıtma Çamuru</b>				
2010	54	11	516	582
2015	1.319	2.559	7.000	10.878
2020	2.670	4.938	14.493	22.101
<b>Mutfak Atığı</b>				
2010	8.675	5.883	14.433	28.991
2015	8.184	5.590	21.000	34.774
2020	7.254	5.351	27.389	39.995

Bölgedeki 2010, 2015 ve 2020 yıllarına ait toplam hayvansal atık, bitkisel atık, arıtma çamurları ve mutfak atıkları miktarları için yapılan hesaplamalar sonucunda (Şekil 2); yıllara göre sırasıyla 281.452 m<sup>3</sup>/gün, 341.228 m<sup>3</sup>/gün ve 358.153 m<sup>3</sup>/gün biyogaz potansiyeli olduğu tespit edilmiştir. 2010, 2014 ve 2018 yıllarına ait verilerden oluşan grafiğin lineerize edilmesi ile elde edilen denklem kullanılarak 2015 ve 2020 yılları biyogaz potansiyelleri belirlenmiştir.

1 m<sup>3</sup> biyogazın 4,7 kWh elektrik enerjisine eş değer olduğu ve ortalama bir hane halkının (4 kişilik) 253 kWh aylık elektrik ihtiyacı kabulü ile (Saz 2021); 2010 yılı için; 281.452 m<sup>3</sup>/gün (8.443.560 m<sup>3</sup>/ay) biyogaz üretileceği belirlenmiş olup, bunun 39.684.732 kWh elektriğe dönüştürülerek 156.857 hanenin elektrik ihtiyacını karşılayabileceği öngörülebilmektedir. Buna göre, 627.426 kişinin (hane halkının 4 kişi olması kabulü ile) elektrik ihtiyacı karşılanabilecektir. Bu değer 2015 yılı için; 760.682 kişi ve 2020 yılı için ise 798.412 kişi olarak belirlenebilmektedir. 2018 yılı nüfus verilerine göre bölgedeki toplam nüfus 1.586.875 kişidir. Trakya Bölgesinde artan nüfusa paralel olarak oluşan atık miktarındaki artış da dikkate alındığında, elde edilebilecek olan enerji ile bölge nüfusunun yarısının elektrik ihtiyacını karşılanabileceği öngörülebilmektedir.

Bu sebeple, bölgeye biyogaz santrallerinin kurulumu ve mevcut santrallerin sürdürülebilirliğine destek verilmesi önemlidir. Nüfus artışı ve biyogaz potansiyeli yüksek olan farklı kaynaklar da dikkate alınarak biyogaz tesislerinin kurulumu ile bölge çevre dostu enerji kaynakları sayesinde değer kazanırken, beraberinde ekonomik süreçleri de olumlu etkileyeceği tahmin edilmektedir.



Şekil 2: TR21 Bölgesinde yıllara göre oluşan toplam biyogaz potansiyelinin karşılaştırılması

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Türkiye'de ve dünyada fosil enerji kaynaklarının yakın zamanda tükeneceği bilinmektedir. Bu nedenle doğayı kirletici etkisi olmayan, sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji çeşitleri önem arz etmektedir. Türkiye'nin artan enerji talebini karşılayabilmek için, doğal kaynakların doğru şekilde kullanılması, enerji üretimi konusunda yeni teknolojilere açık olunması ve mevcut teknolojilerin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu sebeple biyogaz üretiminin artırılması önemlidir.

Bu çalışmada biyogaz üretimi için önemli kaynaklardan olan hayvansal atıklar, bitkisel atıklar, arıtma çamurları ve mutfak atık miktarları için son 10 yılda belirli periyotlardaki üç yıla ait TÜİK verileri dikkate alınarak, Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illerine ait biyogaz potansiyeli belirlenmiştir. Elde edilen veriler ışığında, bölgede yıllara göre biyogaz potansiyelinde artış olduğu tespit edilmiştir. Hızlı nüfus artışı ile beraber atık miktarlarının artacak olması biyogaz potansiyelini de doğru orantılı olarak arttıracaktır. 2020 yılında elde edilebilecek enerji sayesinde Tekirdağ ilinin 2018 nüfusunun %9'unun, Edirne ve Kırklareli illerinin %50-60'ının hanede kullanacakları elektrik ihtiyacını karşılanabileceği belirlenmiştir. Bölgede biyogaz tesis sayılarının artırılmasının hem çevresel hem de ekonomik anlamda olumlu katkılar sağlayacağı ifade edilebilmektedir.

#### Teşekkür

Bu makale, Elif Cantekin'in "Trakya Bölgesinde Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi" isimli Yüksek Lisans Tezi verileri kullanılarak yazılmıştır.

#### Kaynaklar

- Aktaş T., Özer B., Gürkan S., Ertürk M., (2015), *Tekirdağ ilindeki hayvansal atık kaynaklı biyogazdan elektrik üretim potansiyelinin belirlenmesi*, Tarım Makinaları Bilim Dergisi, 11(1), 69-74.
- Ar F.F., (2018), *Ottan Çöpten Enerji*, <https://www.enerji-dunyasi.com/edergi/6/143/files/assets/common/downloads/publication.pdf>, [Erişim 25 Ocak 2020].
- Aybek A., Üçok S., İspir M., Bilgili M., (2015), *Türkiye'de kullanılabilir hayvansal gübre ve tahıl sap atıklarının biyogaz ve enerji potansiyelinin belirlenerek sayısal haritalarının oluşturulması*, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 12(03), 109-120.
- Çağlayan G., (2020), *Doğu Anadolu bölgesindeki büyükbaş ve küçükbaş hayvan atıklarının biyogaz potansiyelinin incelenmesi*, Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 7(3), 672-681.
- Çevik A., (2016), *Çanakkale ilindeki hayvansal atıkların biyogaz potansiyelinin değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Dursun B., Demir C., Kocabey S., Gönülol E., (2015), *Trakya'da tarımda yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin kullanımı*, Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 11(1), 47-53.
- Erkan Can M., (2021), *Büyükbaş hayvan ve tavuk gübreleri kaynaklı biyogaz potansiyeli; Adana ili örneği*, Mediterranean Agricultural Sciences, 34(2), 205-214.
- Görmüş C., (2018), *Türkiye'deki Hayvan Gübrelerinin Biyogaz Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, Türkiye.

- Ilgar R., (2012), *Hayvan varlığına göre Çanakkale biyogaz potansiyelinin tespitine yönelik bir çalışma*, Doğu Cođrafya Dergisi, 35(2012), 90-106.
- Kalaycı E., Türker G., Çađlarer E., (2019), *Kırklareli ilinin hayvansal atık potansiyelinin biyogaz üretimi çerçevesinde değerlendirilmesi ve güncel yapının yorumlanması*, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 8(4), 1489-1497.
- Kaynarca H., Kilic T., Acikkalp E., Kandemir Y., (2021), *Eskişehir'in biyogaz potansiyelinin değerlendirilmesi*, Cođrafya Dergisi, 42, 271-282.
- Köse E., (2018), *Trakya bölgesinde tarımsal atıkların biyogaz enerji potansiyeli*, Uluslararası Matematik, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi, 2(4), 11-22.
- Külcü R., (2016), *Afyonkarahisar ilinin tarımsal biyokütle potansiyelinin incelenmesi*, Akademia Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 2(1), 1-9.
- Özer Y., (2016), *Türkiye'nin yenilenebilir ve temiz enerji konusunda ABD, Çin ve Avrupa Birliđi ile karşılaştırmalı analizi*, Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 9(1), 137-156.
- Saz S., (2021), *Muđla ili biyogaz potansiyelinin belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Muđla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muđla.
- Sümer S., Say S., Çiçek G., (2016), *Çanakkale ilinin tarla ürünleri atık ve enerji potansiyelinin belirlenmesi*, Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 31(2016), 2040-247.
- Süzer S., (2021), *Trakya Koşullarında Sürdürülebilir Tarımın Toprak Verimliliđi ve Ekosistemin Korunmasına Etkisi*, <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/ttae/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=86>, [Erişim 26 Ocak 2021].
- Şenol H., Elibol E., Açıkel Ü., Şenol M., (2017), *Biyogaz üretimi için Ankara'nın başlıca organik atık kaynakları*, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 6(2), 15-28.
- Tınmaz E., Demir I., (2006), *Research on solid waste management system: To improve existing situation in Corlu Town of Turkey*, Waste Management, 26(3), 307-314.
- Tunçez F., (2018), *Eređli ilçesinin biyogaz potansiyelinin belirlenmesi*, Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, 1(1), 1-7.
- TÜİK, (2021), *Türkiye İstatistik Kurumu*, <https://www.tuik.gov.tr/>, [Erişim 20 Ocak 2021].
- URL-1, (2022), *IEA Bioenergy Task 37 – A perspective on the state of the biogas industry from selected member countries*, [https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2022/03/IEA\\_T37\\_CountryReportSummary\\_2021.pdf](https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2022/03/IEA_T37_CountryReportSummary_2021.pdf), [Erişim 15 Aralık 2022].
- URL-2, (2021), *Biyogaz, Biyokütle, Atık Isı ve Piroolitik Yađ Enerji Santralleri*, <https://www.enerjiatlası.com/biyogaz>, [Erişim 20 Ocak 2021].
- Vouk D., Nakic D., Siljeg M., (2017), *Sewage sludge disposal routes case study – North Adriatic region in Croatia*, Proceedings of the IWA Specialist Conference On Sludge Management: SludgeTech 2017, 9-13 July, London, UK, ss.1-12.
- Yenilmez F., (2015), *Tavukçuluk atıklarından biyogaz üretimi*, F.Ü. Sağlık Bilgileri Veterinerlik Dergisi, 29(3), 205-212.
- Yılmaz A., Ünvar S., Koca T., Koçer A., (2018), *Türkiye'de biyogaz üretimi ve biyogaz üretimi istatistik bilgileri*, <https://www.enerji-dunyasi.com/edergi/6/143/files/assets/common/downloads/publication.pdf>, [Erişim 15 Ocak 2020].