



Determination of Biogas Potential from Animal Waste in Tokat Province

Burcu Aksüt^{1,a,*}, Samet Kaya Dursun^{1,b}, Gazanfer Ergünes^{1,c}

¹Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Tokat Gaziosmanpaşa University, 60250 Tokat, Türkiye,

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 08/04/2022 Accepted : 27/05/2022</p> <p>Keywords: Animal waste Biogas Biogas potential Energy Organic wastes</p>	<p>With the increase in the world population and the continuous development of technology, energy demands continue to increase. In general, the global energy needs are met by fossil sourced fuels. Depleting nature of fossil energy sources, their negative impacts on environment, increasing energy demands have led the efficient use of energy sources and the shift to local and renewable energy resources. Biogas is a renewable energy resource. Since organic wastes are used in biogas production, biogas offers a significant way of elimination of wastes and a source of energy. Animal wastes are the primary source of biogas. In this study, it is aimed to determine the biogas potential of Tokat province from animal wastes. Depending on this purpose, the amount of waste and biogas that can be obtained from animal waste and the energy potential that can be produced have been revealed by using the current data of the Provincial Directorate of Agriculture and Forestry. Energy equivalents of the biogas that can be obtained were also calculated. According to 2021 data, there are 303.952 cattle, 511.457 sheep and 247.333 poultry in Tokat province. Annually, 245.988 tons solid animal waste are obtained in Tokat province. In this study, conducted with the 2021 data of Tokat province, the amount of biogas that can be produced from animal wastes was calculated as 49 million m³/year. Districts with the greatest biogas potential are Merkez, Turhal and Zile respectively in 2021. The energy equivalent of biogas produced has been calculated as 292.000 MWh/year</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 10(5): 958-963, 2022

Tokat İli Hayvansal Atık Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 08/04/2022 Kabul : 27/05/2022</p> <p>Anahtar Kelimeler: Hayvansal atık Biyogaz Biyogaz potansiyeli Enerji Organik atıklar</p>	<p>Dünya nüfusunun artması ve teknolojinin sürekli gelişmesiyle birlikte enerji talepleri de artmaya devam etmektedir. Genel olarak küresel enerji ihtiyacı fosil kaynaklı yakıtlarla karşılanmaktadır. Fosil kökenli enerji kaynaklarının tükenebilir olması, çevreye olan olumsuz etkileri ve enerji ihtiyacının gün geçtikçe artması mevcut kaynakların daha etkin kullanımını, yerli ve yenilebilir enerji kaynaklarına olan yönelimi gerekli kılmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi olan biyogaz üretiminde organik atıkların kullanılıyor olması hem atıkların tarımsal değerlerinin artırılması, hem de atıklardan enerji kazanılması bakımından önemlidir. Biyogaz üretiminde kullanılan organik atıkların başında hayvansal atıklar gelmektedir. Bu çalışmada, Tokat ilinde hayvansal atıklarından elde edilebilecek biyogaz potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaca bağlı olarak, İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'nün güncel verileri kullanılarak hayvan varlığına göre atık miktarları ve biyogaz potansiyeli belirlenmiştir. Ayrıca, elde edilebilecek biyogazın enerji eşdeğeri hesaplanmıştır. Tokat ilinde 2021 yılına ait verilerle yapılan çalışmada 303.952 adet büyükbaş, 511.457 adet küçükbaş ve 247.333 adet kanatlı hayvan varlığı bulunmaktadır. Tokat ilinde yıllık yaklaşık 245.988 ton katı atık elde edilmekte olup, bu atıklar hayvancılık işletmeleri için büyük sorun oluşturmaktadır. 2021 yılına ait hayvancılık verileriyle yapılan çalışmada, hayvansal atıklardan üretililecek biyogaz miktarı yaklaşık 49 milyon m³/yıl olarak hesaplanmıştır. En yüksek biyogaz potansiyeline sahip ilçeler sırasıyla Merkez, Turhal ve Zile'dir. 2021 yılında üretilen biyogazın enerji eşdeğeri 292.000 MWh/yıl olarak hesaplanmıştır.</p>

^a burcu.aksutt@gmail.com

^b <https://orcid.org/0000-0002-2732-5388>

^c kayadrn44@gmail.com

^d <https://orcid.org/0000-0002-8230-3560>

^e gazanfer.ergunes@gop.edu.tr

^f <https://orcid.org/0000-0002-4177-4534>



Giriş

Ülkelerin gelişmişlik düzeylerini gösteren en önemli unsurlardan birisi kişi başına düşen enerji tüketimidir. Fosil yakıtlar, dünya enerji arzında büyük bir paya sahiptir. Fosil yakıtların kullanımı, küresel ısınma başta olmak üzere, hava kirliliği gibi çevre sorunlarına sebep olmaktadır. Fosil yakıt rezervlerinin gittikçe azalması sonucu fiyatların dalgalanması, dünya genelinde olduğu gibi Türkiye’de de enerji arz güvenliği, çevre kirliliği ve dışa bağımlılığın azaltılması gibi nedenlerle yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi giderek artmaktadır.

Biyokütleden enerjisinden daha iyi yararlanma; biyokütleyi doğrudan yakma dışında, çeşitli yöntemlerle biyokütleden farklı biyoyakıtlar elde edilerek de olabilir. Bu yakıtlardan birisi de biyogazdır. Biyogaz; tarımsal atıklar, evsel atıklar, orman atıkları ve endüstriyel atıklar gibi içerisinde organik madde bulunan atıklardan elde edilen yanıcı bir gaz karışımıdır.

Biyogazda; ağırlıklı olarak metan (CH₄) olmak üzere, karbondioksit (CO₂), hidrojen sülfür (H₂S), azot (N₂), hidrojen (H₂), karbonmonoksit (CO) ve amonyak (NH₃) bulunmaktadır. Atıkların biyogaza dönüştürülmesi, enerji tasarrufuna ek olarak sürdürülebilir kalkınma ve sera gazı yayılımlarını azaltmaktadır (Türkmenler ve ark., 2014; Baran ve ark., 2017; Demir Yetiş ve ark., 2019). Biyogaz, üretilmesi ve kullanılması gereken en önemli biyokütle enerji kaynaklarından birisidir.

Biyogaz üretiminde hammadde olarak tarımsal atıklar da yaygın olarak kullanılmaktadır. Hayvansal atıklar biyogaz üretiminde önemli bir yere sahiptir. Biyogaz üretimi sürecinde hayvansal atıklar bertaraf edilmekte ve gübrenin kokusu rahatsız etmeyecek derecede yok olmakta ve organik madde içeriğinden dolayı değerli bir gübre haline gelmektedir (Çanka Kılıç 2011; Polat Bulut ve Topal Cambaz, 2019).

Türkiye’nin tarımsal ve özellikle hayvansal atıklar bakımından göz ardı edilemeyecek kadar büyük bir potansiyele sahip olduğu bilinmektedir. Ancak, bu atıklardan enerji üretiminde gerektiği kadar yararlanıldığı söylenemez. Organik kökenli atıklar özellikle kırsal bölgelerde doğrudan yakılmakta veya çevreye rastgele atılmaktadır (Yokuş ve Onurbaş Avcıoğlu 2012).

Hayvansal atıkların gerektiği gibi yönetilmemesi, besin dengesizliğine ve çevrede zararlı organik atıkların artmasına neden olacaktır. Hayvan gübreleri ağır metaller, büyüme hormonu ve antibiyotikler gibi bazı zararlı madde kalıntılarını da barındırmaktadır. Biyogaz teknolojisi hayvansal kökenli atıklarının anaerobik ayrışması sonucunda elde edilecek biyogazın yanı sıra; kaliteli gübre üretimi, sürdürülebilir kullanım, koku ve hastalık yapıcı mikropların azaltılması gibi olumlu sonuçlar ortaya çıkaracaktır (Abdeshahian ve ark., 2016).

Bu çalışmada, Tokat İl Tarım ve Orman Müdürlüğü’nden temin edilen 2021 yılına ait veriler kullanılmıştır. Tokat merkez ve ilçeler düzeyinde hayvansal (büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı) atıkların; toplam miktarı, biyogaz potansiyeli ve biyogazdan üretilebilecek enerji eşdeğerleri belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogaz potansiyelinin belirlenebilmesi amacıyla, Tokat merkez ve ilçelerine ait hayvan sayıları ele alınmış, gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Değerlendirmelere esas olan veriler Tokat İl Tarım ve Orman Müdürlüğü’nden temin edilmiştir.

Çalışma Alanı

Karadeniz Bölgesi’nin, orta Karadeniz iç kesiminde yer alan Tokat ili, 39° 52’-40° 55’ kuzey enlemleri ile 35° 27’-37° 39’ doğu boylamları arasında yer almakta, 10.073 km² ile Türkiye yüzölçümünün %1,3’üne karşılık gelmektedir (Konuk, 2019).



Şekil 1. Tokat merkez ve ilçeleri haritası

Figure 1. Tokat center and its districts map

Yöntem

Tokat Merkez ve ilçelerinin 2021 yıllarına ait büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı (kümes hayvanı) sayıları Çizelge 1’de ve dağılım yüzdeleri Şekil 2’de verilmiştir.

Hayvan sayılarının ilçe bazlı yüzde dağılımına bakıldığında büyükbaş ve küçükbaş hayvan varlığının Merkez ilçede, kanatlı hayvan varlığının ise Pazar ilçesinde olduğu tespit edilmiştir.

Hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogazın belirlenmesi

Teorik enerji potansiyeli, kullanılabilir enerji potansiyeli ve teorik atık potansiyelini belirlemek için hesaplamalarda hayvanların canlı ağırlık, atık nem oranı, atık miktarı, biyogaz verimi gibi özellikler bilinmelidir.

Taze (yaş) atık miktarını hesaplamak için büyükbaş hayvanlarda 10-20 kg/gün atık miktarı alınabileceği gibi hayvan canlı ağırlığının %5-6’sı da günlük atık miktarı olarak kabul edilebilmektedir. Küçükbaş hayvanlarda taze atık miktarı olarak 2 kg/gün ya da canlı ağırlığın %4-5’i, kümes hayvanları için ise 0,08-0,1 kg/gün veya canlı ağırlığın %3-4’ü alınabilir. Büyükbaş hayvanların canlı ağırlıkları 450 kg, küçükbaş hayvanların 50 kg ve kanatlıların ise 2 kg alınmıştır (Yokuş, 2011; Aksu, 2019).

Günlük taze atık miktarları; büyükbaş hayvanlarda canlı ağırlığın %6’sı, küçükbaş hayvanlarda %5’i ve kümes hayvanlarında %4’ü olarak alınmıştır. Hayvanların barınakta kalma süresi göz önüne alınarak, atığın kullanılabilirlik oranı; büyükbaş hayvanlarda %50, küçükbaş hayvanlarda %13 ve kümes hayvanlarında %99 olarak seçilmiştir (Aksu, 2019).

Çizelge 1. Tokat Merkez ve ilçelerinde hayvan sayıları

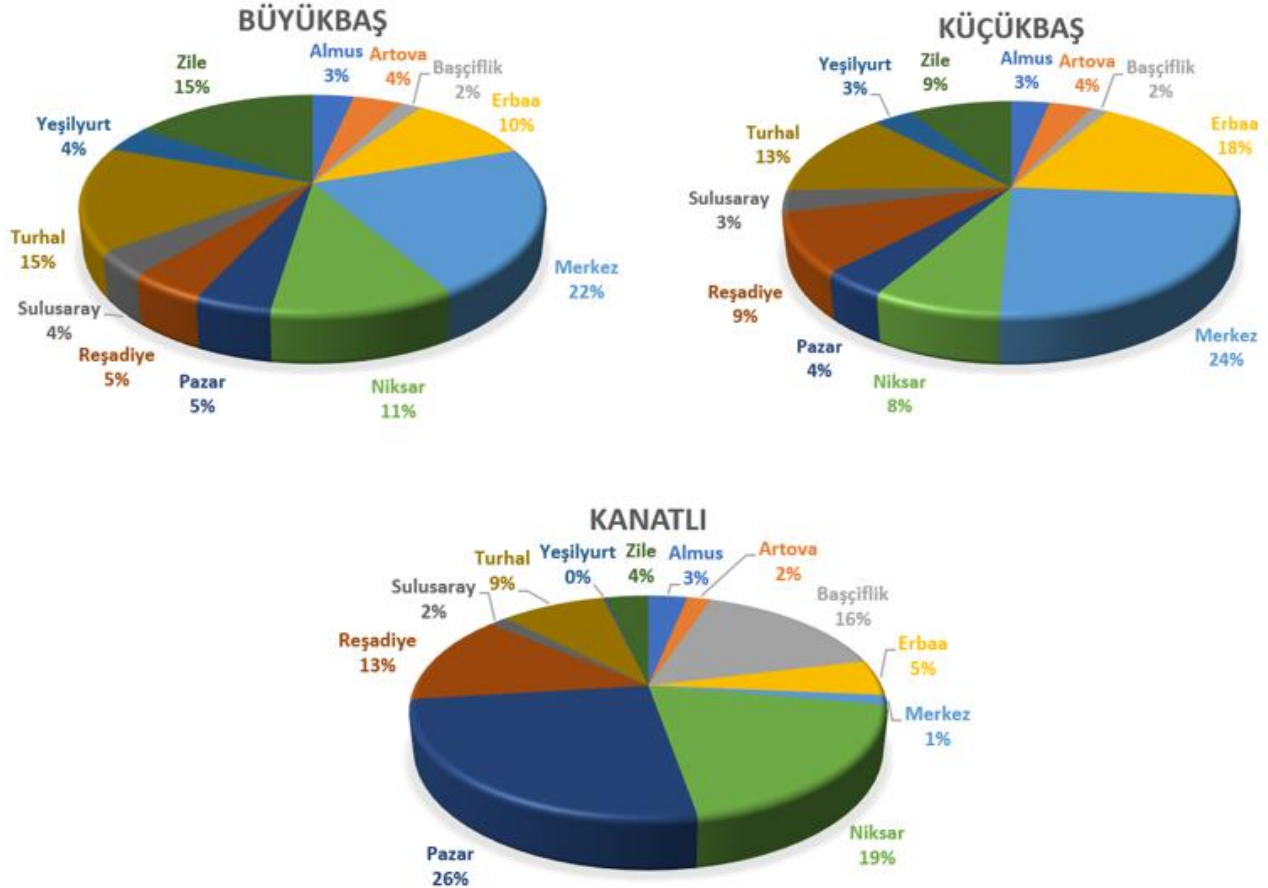
Table 1. The Numbers of animals in Tokat districts

	Büyükbaş	%	Küçükbaş	%	Kanatlı	%
Almus	10.546	3,5	16.859	3,3	7.950	3,2
Artova	12.378	4,1	18.589	3,6	4.750	1,9
Başçiflik	5.396	1,8	7.575	1,5	39.689	16,0
Erbaa	31.615	10,4	91.245	17,8	12.800	5,2
Merkez	66.521	21,9	124.954	24,4	3.491	1,4
Niksar	32.823	10,8	39.364	7,7	48.183	19,5
Pazar	13.791	4,5	20.229	4,0	63.770	25,8
Reşadiye	13.689	4,5	45.621	8,9	32.500	13,1
Sulusaray	10.952	3,6	17.193	3,4	3.810	1,5
Turhal	47.060	15,5	67.154	13,1	21.200	8,6
Yeşilyurt	12.215	4,0	17.602	3,4	500	0,2
Zile	46.966	15,5	45.072	8,8	8.690	3,5
Toplam	303.952	100	511.457	100	247.333	100

Çizelge 2. Hayvan cinslerine göre biyogaz verimleri (Köttner, 2003; Koçer ve ark, 2006; Başçetinçelik ve ark., 2007; Onurbas Avcıoğlu ve Türker, 2012)

Table 2. Biogas yields by animal species (Köttner, 2003; Koçer and ark, 2006; Başçetinçelik and ark., 2007; Onurbas Avcıoğlu and Türker, 2012)

Hayvan Türü	Katı Madde (%)	Uçucu Katı Madde (%)	Barınakta Kalma Oranı (%)	Biyogaz Verimi (l/kg UK)
Büyükbaş	5-25	75-85	Süt:65 ve Et: 25	200-350
Küçükbaş	30	20	13	100-310
Kanatlılar				
Yumurta	10-35	70-75	99	310-620
Et	50-90	60-80		550-650



Şekil 2. Tokat Merkez ve ilçelerinde hayvan varlığı dağılımı (Anonim, 2022)

Figure 2. Distribution of animals in Tokat center and its districts

Çizelge 3. Hayvan türlerine göre atık miktarları (Yokuş 2011; Aksu 2019).

Table 3. Animal waste value by animal species (Yokuş 2011; Aksu 2019).

	Büyükbaş	Küçükbaş	Kanatlı
Katı Madde Oranı (%)	15	30	35
Elde Edilebilirlik (%)	50	13	99
Taze Atık (kg/gün hayvan)	27	2.5	0.10
Katı Atık (kg/gün hayvan)	2,025	0,0975	0,035

Çizelge 3'e göre; büyükbaş hayvanlarda 2,025 kg, küçükbaş hayvanlarda 0,0975 kg ve kanatlı hayvanlarda ise 0,035 kg hayvan başına günlük katı atık üretimi kabul edilerek Tokat ili ve ilçelerine ait 2021 yılı biyogaz verimleri hesaplanmıştır.

Taze (Yaş) Atık Miktarı (TA) (ton/yıl)

$$TA_{BB} = (HS_{BB} \times GTA_{BB} \times 365) / 1000$$

$$TA_{KB} = (HS_{KB} \times GTA_{KB} \times 365) / 1000$$

$$TA_{KNT} = (HS_{KNT} \times GTA_{KNT} \times 365) / 1000$$

Burada; HS_{BB} büyükbaş hayvan sayısını, HS_{KB} küçükbaş hayvan sayısını ve HS_{KNT} kanatlı hayvan sayısını ve GTA_{BB} , GTA_{KB} , GTA_{KNT} sırasıyla büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanlardan elde edilebilecek günlük taze atık miktarlarını (kg/ gün hayvan) göstermektedir.

Katı (Kuru) Atık Miktarı (KA) (ton/yıl)

$$KA_{BB} = (TA_{BB} \times 0,15 \times 0,50)$$

$$KA_{KB} = (TA_{KB} \times 0,30 \times 0,13)$$

$$KA_{KNT} = (TA_{KNT} \times 0,35 \times 0,99)$$

Burada; TA_{BB} büyükbaş, TA_{KB} küçükbaş ve TA_{KNT} ise kanatlı (kümes) hayvanları için yıllık yaş atık miktarlarını (ton/yıl) göstermektedir. 1 ton katı hayvansal atıktan elde edilebilecek biyogaz miktarı 200 m³ olup, %60 metan içeriğine sahip biyogazın enerji değeri 22,7 MJ/m³ olarak alınabilir (Yokuş, 2011; Deviren ve ark., 2017; Yağlı ve Koç, 2019). Biyogazdan elektrik üretiminde, biyogazın metan oranı yaklaşık %60 olarak alınmıştır. Metanın enerji içeriği 9,97 kWh/m³, kojenerasyon elektrik üretim verimi

ise %40 kabul edilmektedir (DBFZ, 2011; Aktaş ve ark., 2015; Aksay ve Tabak, 2022).

Bulgular ve Tartışma

Tokat ilinde elde edilen veriler doğrultusunda; 2021 yılına ait hayvan sayıları ve hesaplanan yaş atık miktarları Çizelge 4 'de verilmiştir.

2021 yılında Tokat ve ilçeleri arasında; 66.521 büyükbaş ve 124.954 küçükbaş hayvan sayısı ile Merkez ilçe ilk sırada yer almaktadır. En fazla kümes hayvanına sahip olan ilçe ise 63.770 adet ile Pazar ilçesidir. Yıllık toplam yaş atık miktarı bakımından 769.712 ton ile merkez ilçe ilk sırada gelmektedir. Yıllık yaş atık miktarı en düşük ilçe ise 61.539 ton ile Başçiftlik ilçesidir.

Tokat merkez ve ilçelerinde 2021 yılı için büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanlardan elde edilen atık miktarları, biyogaz potansiyeli ve biyogazın enerji eşdeğerleri Çizelge 5, biyogaz potansiyeli haritası ise Şekil 3'de verilmiştir.

Çizelge 5'de görüldüğü gibi 2021 yılı toplam hayvansal katı atık miktarı 245.988 ton olup, elde edilebilecek biyogaz miktarı ise 49.197.000 m³ olarak hesaplanmıştır. Mevcut biyogaz potansiyeli ile 117.000 MWh/yıl elektrik enerjisi üretilebilecektir.

Biyogaz potansiyeli bakımından Merkez ilçe ilk sırada yer almaktadır. Merkez ilçeyi Turhal, Zile, Erbaa ve Niksar izlemektedir. Biyogaz potansiyeli en düşük ilçe ise Başçiftlik ilçesidir.

Çizelge 4. 2021 yılı Tokat ili ilçelerinde büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları ve yaş atık miktarları

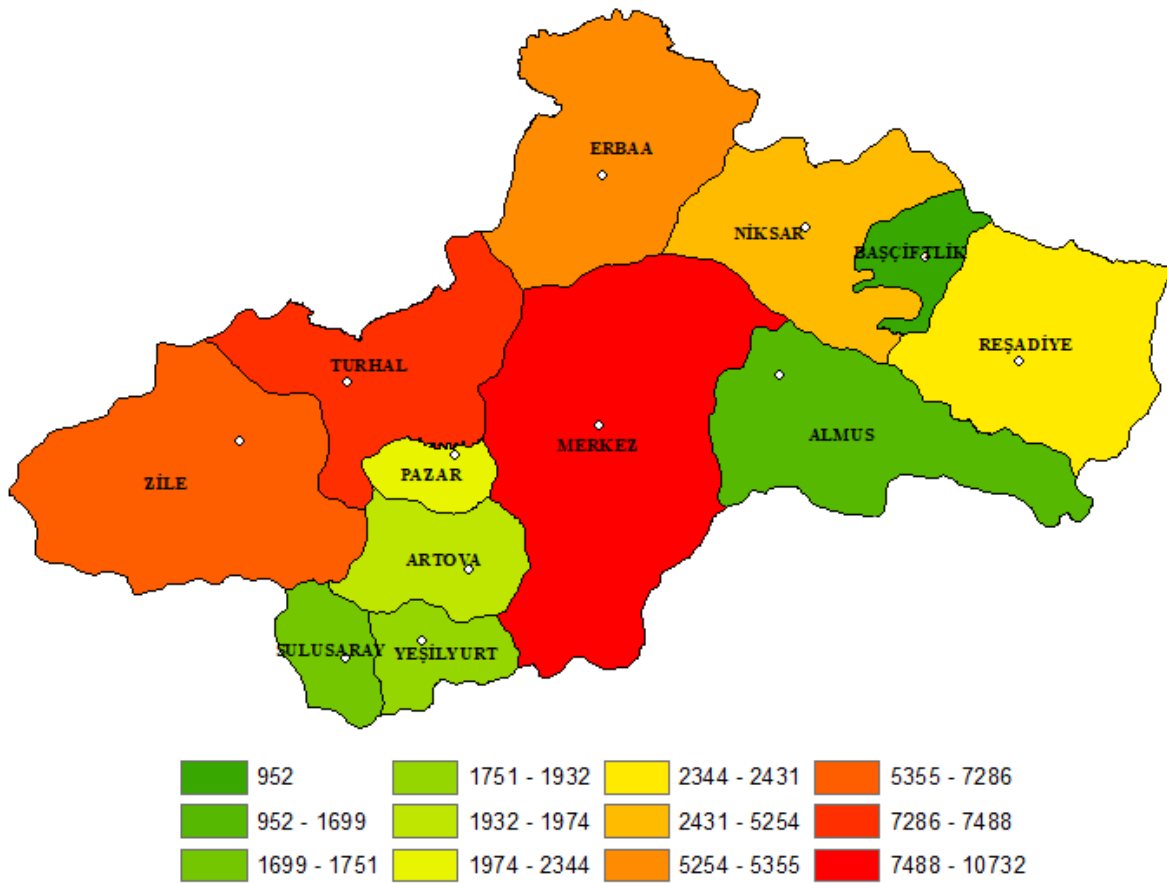
Table 4. Number of cattle, sheep and poultry and wet waste values in the districts of Tokat province in 2021

	Büyükbaş		Küçükbaş		Kanatlı		Toplam Yaş Atık Miktarı (ton/yıl)
	Hayvan Sayısı (adet)	Yaş Atık Miktarı (ton/yıl)	Hayvan Sayısı (adet)	Yaş Atık Miktarı (ton/yıl)	Hayvan Sayısı (adet)	Yaş Atık Miktarı (ton/yıl)	
Almus	10.546	103.931	16.859	15.384	7.950	290	119.605
Artova	12.378	121.985	18.589	16.962	4.750	173	139.120
Başçiftlik	5.396	53.178	7.575	6.912	39.689	1.449	61.539
Erbaa	31.615	311.566	91.245	83.261	12.800	467	395.294
Merkez	66.521	655.564	124.954	114.021	3.491	127	769.712
Niksar	32.823	323.471	39.364	35.920	48.183	1.759	361.150
Pazar	13.791	135.910	20.229	18.459	63.770	2.328	156.697
Reşadiye	13.689	134.905	45.621	41.629	32.500	1.186	177.720
Sulusaray	10.952	107.932	17.193	15.689	3.810	139	123.760
Turhal	47.060	463.776	67.154	61.278	21.200	774	527.545
Yeşilyurt	12.215	120.379	17.602	16.062	500	18	136.459
Zile	46.966	462.850	45.072	41.128	8.690	317	504.295
Toplam	303.952	2.995.447	511.457	466.705	247.333	10.744	3.472.896

Çizelge 5. Tokat Merkez ve ilçelerinde hayvansal atıkların biyogaz ve enerji potansiyeli

Table 5. Biogas and energy potential of animal waste by districts of Tokat

	Toplam Katı Atık (ton/yıl)	Biyogaz Potansiyeli (1000m ³ /yıl)	Metan Potansiyeli (1000m ³ /yıl)	Enerji Eşdeğeri (MWh/yıl)	Üretililecek Elektrik Enerjisi (MWh/yıl)	Kurulu Güç (MW)
Almus	8.496	1.699	1.019	10.159	4.064	0,464
Artova	9.871	1.974	1.184	11.804	4.722	0,539
Başçiftlik	4.760	952	571	5.693	2.277	0,260
Erbaa	26.776	5.355	3.213	32.034	12.813	1,463
Merkez	53.658	10.732	6.439	64.197	25.679	2,931
Niksar	26.270	5.254	3.153	31.435	12.574	1,435
Pazar	11.720	2.344	1.406	14.018	5.607	0,640
Reşadiye	12.153	2.430	1.458	14.536	5.815	0,664
Sulusaray	8.755	1.751	1.051	10.478	4.191	0,478
Turhal	37.441	7.488	4.313	43.001	17.200	1,963
Yeşilyurt	9.660	1.932	1.159	11.555	4.622	0,528
Zile	36.428	7.286	4.372	43.589	17.436	1,990
Toplam	245.988	49.197	29.518	292.000	117.000	13



Şekil 3. Tokat merkez ve ilçelerinin hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyeli (2021)

Figure 3. Biogas potential of Tokat center and its districts from animal wastes in 2021

Sonuçlar

Bu çalışma, Tokat ilinde hayvansal atıklarından elde edilebilecek biyogaz potansiyelinin belirlenmesi amacıyla, 2021 yılına ait veriler kullanılarak yapılmıştır. Tokat ili Merkez ve ilçelerinde toplam 303.952 adet büyükbaş, 511.457 adet küçükbaş ve 247.333 adet kanatlı hayvan bulunmaktadır. Hayvan sayıları üzerinden hesaplanan toplam yaş atık miktarı 3.472.896 ton/yıl ve toplam katı atık miktarı ise 245.988 ton/yıl olarak bulunmuştur. Büyükbaş ve küçükbaş hayvanlardan elde edilen atık

miktarı en fazla Merkez ilçede, kanatlılarda ise Pazar ilçesinde tespit edilmiştir.

Tokat ili biyogaz potansiyeli, 2021 yılı itibarıyla yaklaşık 49 milyon m³ olarak belirlenmiştir. Elde edilen biyogazın enerji eşdeğeri 292.000 MWh/yıl olup, üretililecek elektrik enerjisi 117.000 MWh/yıl olarak bulunmuştur.

Merkez ilçe 10,732 milyon m³ biyogaz potansiyeli ile ilk sırada yer almaktadır. Merkez ilçeyi 7,488 milyon m³

ile Turhal, 7,286 milyon m³ ile Zile, 5,355 milyon m³ ile Erbaa ve 5,254 milyon m³ ile Niksar izlemektedir. Başçiftlik ilçesi 0,952 milyon m³ ile biyogaz potansiyeli en düşük ilçedir.

Yapılan değerlendirmelere göre Tokat ili hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyeli oldukça fazladır. Hayvansal atıklardan biyogaz elde etmenin sağlayacağı katkılar, enerji üretimi yanında, atıkların bertaraf edilmesi, çevreye olan olumlu etkileri ve kullanılabilir formda organik gübre çıktısı olacaktır.

Tokat ili hayvansal atıkların toplamından yılda yaklaşık 30 milyon m³ metan gazı, bu gazdan ise yılda yaklaşık 117 milyon MWh elektrik enerjisi elde etmek mümkündür. Mevcut potansiyele göre hesaplanan elektriksel kurulu güç ise yaklaşık 13 MW'dır.

Kaynaklar

- Abdeshahian P, Lim JS, Ho WS, Hashim H, Lee CT. 2016. Potential of biogas production from farm animal waste in Malaysia. *Renew Sustain Energy Rev*2016;60:714e23.<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser>
- Aksay MV, Tabak A. 2022. Mapping of biogas potential of animal and agricultural wastes
- Aksu Y. 2019. Amasya ilindeki hayvansal atıkların biyogaz potansiyelinin belirlenmesi. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat.*
- Aktaş T, Özer B, Soyak G, Ertürk MC. 2015. Tekirdağ ili'nde hayvansal atık kaynaklı biyogazdan elektrik üretim potansiyelinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 11 (1), 69-74.
- Anonim. 2022. Tokat ili hayvancılık istatistikleri. TC. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tokat il Tarım ve Orman Müdürlüğü
- Baran MF, Lüle F, Gökdoğan O. 2017. Adıyaman ilinin hayvansal atıklardan elde edilebilecek enerji potansiyeli. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(3), 245-249.
- Başçetinçelik A, Öztürk H, Karaca C. 2007. Türkiye'de tarımsal biyokütleden enerji üretim olanakları. <https://www.mmo.org.tr/sites/>
- Çanka Kılıç F. 2011. Biyogaz, önemi, genel durumu ve Türkiye'deki yeri. *Müh. Mak. Dergisi*, 52(617): 94-106.
- DBFZ, 2011. Türkiye'de Hayvansal Atıkların Biyogaz Yoluyla Kaynak Verimliliği Esasında ve İklim Dostu Kullanımı Projesi. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Demir Yetiş A, Gazigil L, Yetiş R, Çelikezen B. 2019. Hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyeli: Bitlis örneği. *Academic Platform Journal of Engineering and Science* 7-1, 74-78.
- Deviren H, İlkılıç C, Aydın S. 2017. Biyogaz Üretiminde Kullanılabilen Materyaller ve Biyogazın Kullanım Alanları. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi* 7 (2/2). in Turkey. *Biomass Conversion and Biorefinery*.
- Koçer Nacar, N. , Öner, C. ve Sugözü, İ. 2006. Türkiye'de hayvancılık potansiyeli ve biyogaz üretimi. *firat üniversitesi, Doğu Anadolu Araştırmaları Merkezi, Doğu Anadolu Araştırmaları* s 17-20.
- Konuk M. 2019. Tokat ilindeki hayvansal atıkların biyogaz potansiyelinin belirlenmesi. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat.*
- Köttner M. 2003. Dry fermentation - a new method for biological treatment in ecological sanitation systems (ecosan) for biogas and fertilizer production from stackable biomass suitable for semiarid climates. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc>
- Onurbaş Avcıoğlu A, Türker U. 2012. Status and potential of biogas energy from animal wastes in turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16: 1557-1561.
- Polat Bulut A, Topal-Canbaz G. 2019. Hayvan atıklarından Sivas ili biyogaz potansiyelinin araştırılması. *Karaelmas Fen ve Müh. Derg.* 9(1):1-10.
- Türkmenler, H., Varınca, K., Can, R. 2014. Biyogaz Çalıştay sonuç Raporu, Adıyaman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Erişim linki: http://cevre.adiyaman.edu.tr/Files/cevre/etkinlikler/20140603_Biyogaz_Calistayi/ADYU_Biyogaz_Calistay_Sonuc_Raporu.pdf.
- Yağlı H, Koç Y. 2019. Hayvan Gübresinden Biyogaz Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi: Adana İli Örnek Hesaplama. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 34 (3), s 35-48.
- Yokuş İ, Onurbaş-Avcıoğlu A. 2012. Sivas ilindeki hayvansal atıklardan biyogaz potansiyelinin belirlenmesi. 27. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, s 488-498, Samsun.
- Yokuş İ. 2011. Sivas ilindeki hayvansal atıkların biyogaz potansiyeli. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Ankara.*