

Gençyılmaz, O. and Seçkin, G. Çankırı İl'inin Hayvansal Kaynaklı Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi. International Journal of Life Sciences and Biotechnology, 2020. 3(3). p. 325-341.  
DOI: 10.38001/ijlsb.756288

## Çankırı İl'inin Hayvansal Kaynaklı Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi

Olca Gençyılmaz<sup>1\*</sup> , Gamze Seçkin<sup>2</sup> 

### ÖZET

Son yıllarda, tüm dünyada artan enerji ihtiyacının karşılanması ve çevresel sorunların çözümü için yenilenebilir kaynakların kullanımı giderek artmaktadır. Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırmak ve enerji bağımlılığını azaltmak için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu sebeple, Türkiye'deki alternatif enerji kaynağı arayışı biyogaz enerjisi üretiminin de yaygınlaşmasına sebep olmuştur. Özellikle tarım ve hayvancılığa uygun olan alanlarda oluşan organik atıklardan biyogaz enerji üretimini arttırmak için çalışmalar yapılmaktadır. Bu bölgelerde bitkisel ve hayvansal atıkların biyogaz enerji üretiminde kullanılması toplam enerji tüketiminin azaltılmasına ve atık yönetimine katkı sağlamaktadır. Bu çalışmada, Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan Çankırı İl'inin biyogaz enerji potansiyeli ve kullanılabilirliği araştırılmıştır. Genellikle tarım ve hayvancılık sektörünün geliştiği, sanayileşme oranının düşük olduğu Çankırı İl'inde hayvansal atıklardan elde edilebilir biyogaz enerji potansiyeli belirlenmiştir. Biyokimyasal metan üretim potansiyeli (BMP) ve elektrik üretimine katkısı hesaplanarak her bir ilçe için ayrı ayrı bölgesel harita ve grafikleri oluşturularak biyogaz enerji potansiyeli analizi yapılmıştır. Ayrıca, biyogaz üretiminden elde edilecek elektrik geliri ve CO<sub>2</sub> emisyon değerleri de hesaplanmıştır.

### MAKALE GEÇMİŞİ

Geliş

22 Haizran 2020

Kabul

3 Eylül 2020

### ANAHTAR

### KELİMELELER

Biyogaz,

CO<sub>2</sub> emisyon,

Çankırı,

Yenilenebilir enerji

<sup>1</sup> Çankırı Karatekin University, Çerkeş Vocational School, Materials and Materials Processing Technologies Department, Çankırı / Turkey

<sup>2</sup> Çankırı Karatekin University, Çerkeş Vocational School, City and Regional Planning, Çankırı / Turkey

\*Corresponding Author: Olca Gençyılmaz, e-mail: [ogencyilmaz@karatekin.edu.tr](mailto:ogencyilmaz@karatekin.edu.tr)

# Determination of Animal Source Biogas Potential of Çankırı Province

## ABSTRACT

In recent years, the world has focused on the use of renewable resources to meet increasing energy needs and to solve environmental problems. Several studies have been done to increase the use of renewable energy sources in Turkey and to reduce energy dependence. Therefore, the quest for alternative energy sources, biogas energy production in Turkey has led to the spread. Studies are carried out to increase biogas energy production from organic wastes, especially in areas suitable for agriculture and animal husbandry. Using vegetable and animal waste in biogas energy production in these regions contributes to reducing total energy consumption and waste management. In this study, Turkey Located biogas energy potential of Çankırı Province in Central Anatolia and availability were investigated. The biogas energy potential that can be obtained from animal wastes has been determined in Çankırı, where the agriculture and livestock sector is developed and the industrialization rate is low. Biogas energy potential analysis was made by calculating biochemical methane production potential (BMP) and its contribution to electricity production by creating regional maps and graphs for each district. In addition, electricity income and CO<sub>2</sub> emission values from biogas production were calculated.

## ARTICLE HISTORY

**Received**

22 June 2020

**Accepted**

3 September 2020

## KEY WORDS

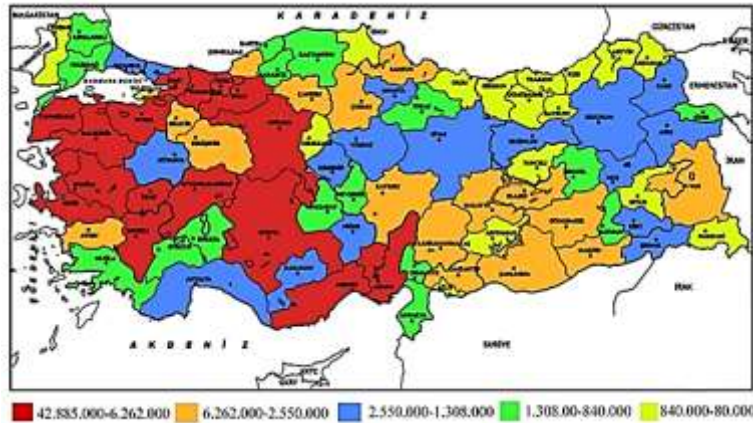
Biogas,  
CO<sub>2</sub> emission,  
Çankırı,  
renewable energy

## Giriş

Alternatif enerji kaynakları kullanılabilirliğinin arttırabilmesi için son yıllarda geniş çapta araştırmalar ve yatırımlar yapılmaktadır [1-10]. Gelişmiş ülkelerin çoğu enerji verimliliğini arttırılması, endüstriyel üretimin sürdürülebilirliği ve enerji tasarrufunu geliştirilmesine yönelik projeler ve araştırmalar yapmaktadır [11, 12]. Ayrıca, 2030 yılına kadar Avrupa Birliği üye ülkeleri enerji verimliliği konusundaki hedeflerini, enerji tüketimini azaltmak olarak belirlemiştir. Enerji tüketen sektörler ile motorlu taşıtlar için enerji verimliliği oranını % 27- % 30 olarak belirlenmiştir [13, 14]. Örneğin; Danimarka ve İsviçre’de tarımsal atıkların enerji olarak kullanılması için yapılan araştırmalar örnek teşkil etmiş, iki ülke arasındaki üretim ile tüketim farklarının sebepleri incelenmiştir [15]. Bununla beraber Arjantin, Brezilya, Kanada, Meksika ve Amerika gibi ülkelerde de yenilenebilir enerji politika konusunda çalışmalar yapılmaktadır [16]. Benzer şekilde Hollanda’da CO<sub>2</sub> emisyonu ve su kaynaklarının yönetimi gibi alanlarda da çalışmalar mevcuttur [17, 18]. Ayrıca Almanya diğer ülkelere göre alternatif enerji dönüşümü üzerinde çok ciddi yatırımlar yapmakta ve 2050 yılına kadar enerji tüketimini tamamen yenilenebilir enerjiden sağlamayı hedeflemektedir [19, 20]. İsveç’te de endüstriyel enerji verimliliği politikaları konusunda araştırmalar yapılmaktadır [21]. Diğer ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de var olan alternatif enerji kaynaklarını değerlendirmek için geniş çapta yatırımlar ve

araştırmalar yapılmaktadır [22-30]. 2020 yılı için dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilecek retim 2.3-3.3 MTEP (milyon ton petrol eşdeğeri) civarında olacağı hedefler arasında yer almaktadır [31].

Son yıllarda, yenilenebilir enerji kaynakları arasında biyogaz enerji üretimi fosil enerjilere alternatif bir kaynak haline gelmiştir. Biyogaz retimi özellikle küçük yerleşim yerlerinde; bölgesel gelişime, kırsal kalkınmaya ve istihdama destek olmaktadır. Dünyada biyogaz üretimi başta in olmak üzere Asya, Amerika, Almanya, İsveç, Danimarka, Hindistan ve Japonya gibi pek çok ülkede yapılmaktadır [32]. Literatür incelendiğinde, özellikle diğer küçük illere kıyasla yüksek hayvan varlığına sahip olan ankırı ili için biyogaz enerji potansiyelinin belirlenme konusunda yeteri kadar çalışmanın yapılmadığı saptanmıştır (şekil 1). Bu çalışmada; ankırı İl'i için elde edilebilir hayvansal atıklar değerlendirilerek oluşabilecek biyogaz enerji potansiyeli, elektrik enerji geliri ve CO<sub>2</sub> emisyonunun azaltılması sağlayacağı katkı tespit edilmiştir. Bunun yanında; ankırı İl'inin hayvansal atıklardan elde edilebilir biyogaz enerji üretimi konusundaki elverişliliği, kullanılabilirliği ve bölgesel enerji politikalarına sağlayacağı katkının belirlenmesi amaçlanmıştır.



şekil 1. Türkiye'de illere göre hayvan varlıkları

## Materyal ve Yöntem

### Materyal

ankırı, İç Anadolu Bölgesi'ndeki Orta Kızılırmak Bölümünün 40° 30' ve 41° kuzey enlemleri ile 32° 30' ve 34° doğu boylamları arasında yer alan geçimini genel olarak tarım ve hayvancılıkla sağlayan küçük bir ildir [33]. İl'in yüzölçümü ise 749.00 hektar (7 490 km<sup>2</sup>)' dir [34]. Tablo 1'de ankırı ilinin arazi dağılımı verilmiştir.

**Tablo 1** Çankırı İli'nin arazi dağılımı 2016 [34]

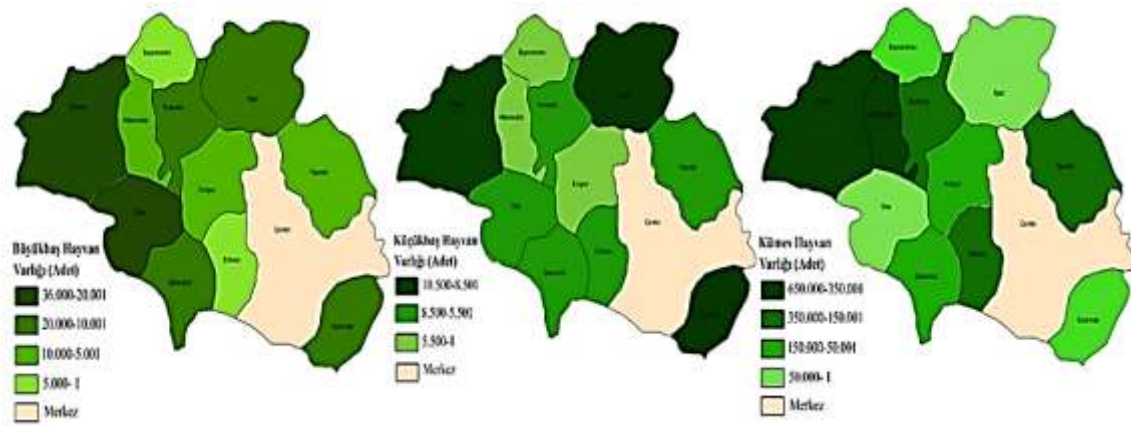
Arazinin Cinsi	Hektar	Yüzdesi (%)
Tarım Alanı	268 580	36
Orman Alanı	192 163	26
Çayır-Mera	149 520	20
Kullanılmayan ve Yerleşim Alanı	138 757	18
<b>Toplam</b>	<b>749 000</b>	<b>100</b>

Çankırı İl'inin arazi dağılımında en fazla payı % 36 ile tarım alanları oluştururken, en az payı % 18 ile kullanılmayan ve yerleşim alanları oluşturmaktadır. Çankırı ilinde ekonominin tarım ve hayvancılığa dayalı olduğunu göstermektedir. Bu durum göz önünde alındığında hayvansal ve bitkisel atık miktarları, kentleşme oranı yüksek olan illere kıyasla kentleşme oranı düşük olan yerlerde daha yüksek olacağı öngörülmektedir.

## Yöntem

### *Çankırı İl'indeki hayvan sayıları ve atık miktarlarının belirlenmesi*

Çankırı İl'inin biyogaz enerji potansiyelinin belirlenebilmesi için Çankırı İl'i 2018 yılına ait büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvan varlığı hakkında istatistik bilgileri Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası (BEPA)'dan elde edilmiştir. Şekil 2'de Çankırı ilçelerinin büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvan sayılarına göre dağılım haritaları verilmiştir. Ayrıca, Tablo 2'de Çankırı İli'nin ilçelerine ait hayvan sayıları verilmiştir.



**Şekil 2** Çankırı İl'ine ait (a) büyükbaş (b) küçükbaş ve (c) kümes hayvan sayısı dağılımı

**Tablo 2** Çankırı İl'i hayvan varlığı (2018)

İlçeler	Büyükbaş hayvan varlığı	Küçükbaş hayvan varlığı	Kümes hayvan varlığı	Toplam hayvan varlığı
---------	-------------------------	-------------------------	----------------------	-----------------------

Atkaracalar	5 279	2 320	643 605	651 204
Bayramören	3 550	3 868	5 529	12 947
Eldivan	3 300	8 738	306 821	318 859
Ilgaz	10 150	10 150	2 705	23 005
Korgun	8 932	4 007	54 705	67 644
Kurşunlu	12 367	7 829	255 425	275 621
Kızılırmak	13 480	10 090	11 230	34 800
Orta	25 230	8 440	2 320	35 990
Yapraklı	5 533	6 665	218 447	230 645
Çerkeş	35 404	9 900	643 492	688 796
Şabanözü	12 149	5 677	140 760	158 586
<b>Toplam</b>	<b>135 374</b>	<b>77 684</b>	<b>2 285 039</b>	<b>2 498 097</b>

Tablo 2'ye göre; Çankırı İl'inin ilçeleri arasında büyükbaş hayvan sayısının en fazla olduğu ilçe Çerkeş, küçükbaş hayvan sayısının en fazla olduğu ilçeler Ilgaz, Kızılırmak, Çerkeş ve kümes hayvan sayısının en fazla olduğu ilçe ise Atkaracalar ile Çerkeş'dir. Toplam hayvan varlığı en fazla olan ilçe ise Çerkeş ilçesidir. Şekil 2'de görüleceği gibi toplam hayvan varlığının yüksek olduğu Çerkeş ve Atkaracalar'ın olduğu görülmektedir. Biyogaz üretiminde kullanılacak atık miktarları, her bir ilçe için ayrı ayrı büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanlarının yıllık atık miktarları kullanılarak hesaplanmıştır.

#### ***Hayvansal atıklardan elde edilebilir biyogaz potansiyelinin belirlenmesi***

Çankırı İl'i genelinde üretebilecek biyogaz enerji potansiyeli elde edilen hayvansal atık miktarlarından yararlanılarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar yapılırken hayvansal atık türlerinin hayvan türüne göre göstermiş olduğu fiziksel ve kimyasal değişimler göz önüne alınmıştır [35, 36]. Buna göre hesaplamalarda kullanılan büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanlarının atık türlerine göre kabul edilen özellikleri Tablo 3'de verilmiştir.

**Tablo 3** Hayvan atıklarının elde edilecek biyogaz üretimindeki hesaplamalarda büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanlarının atık türlerine göre kabul edilen özellikleri [35, 36, 41]

<b>Atık Türü</b>	<b>Birim</b>	<b>Büyükbaş Hayvan Atığı</b>	<b>Küçükbaş Hayvan Atığı</b>	<b>Kümes Hayvan Atığı</b>
Bir yılda üretilebilecek toplam atık miktarı (TGM)	ton/yıl	1 034 187.00	82 403.00	72 812.00
Katı Madde Oranı (KMO)	(%)	14.50	30	28
Katı Madde İçindeki Uçucu Madde Oranı (UMO)	(%)	77.5	80	80
Toplanabilir Yaş gübre oranı (FGO)	(%)	100	13	78
Biyogaz Potansiyeli	(m <sup>3</sup> /ton UMO)	250	200	400

Biyogaz enerjisi elde etme sürecinde, materyalin cinsi ve içeriği, kuru madde ve organik madde oranı, partikül büyüklüğü, uçucu madde oranı, organik kuru madde oranı, fermantasyon sıcaklığı, bekleme süresi gibi üretimi etkileyen pek çok parametre vardır. Çankırı İl'i için biyogaz potansiyelinin belirlenmesinde bu parametreler göz önünde bulundurulularak çeşitli hesaplamalar yapılmıştır. Çankırı İl'i için hayvansal atıklardan üretebilecek biyogaz potansiyelinin hesaplanmasında (1-5) numaralı denklemler kullanılmıştır [37, 38].

$$TGM = T_{YG} \times 365 \times \sum HS_i \quad (1)$$

$$T_{YFYG} = TGM \times FGO \quad (2)$$

$$T_{KM} = T_{YFYG} \times KMO \quad (3)$$

$$T_{UMM} = T_{KM} \times UMO \quad (4)$$

$$T_{METAN} = T_{UMM} \times MO \quad (5)$$

$T_{YFYG}$ ; yıllık toplanabilir yaş gübre miktarı (ton/yıl),  $TGM$ ; hayvanlar tarafından üretilebilecek yıllık gübre miktarı (ton/yıl),  $FGO$ ; toplanabilir faydalı gübre oranı (%),  $T_{KM}$ ; toplanabilir faydalı gübre içerisindeki toplam katı madde miktarı (ton/yıl),  $KMO$ ; yaş gübre içindeki katı madde oranı,  $T_{UMM}$ ; hayvanlar tarafından üretilebilen katı madde içindeki uçucu katı madde miktarı (ton/yıl),  $UMO$ ; katı madde içerisindeki uçucu madde oranı,  $T_{METAN}$ ; toplanabilir faydalı gübreden elde edilecek toplam yıllık metan miktarı ( $m^3 CH_4/yıl$ ),  $MO$ ; 1kg  $UMO$ 'den üretilen metan gazı miktarıdır.

#### ***Biyogaz üretiminden elde edilebilecek enerji miktarının belirlenmesi***

Çankırı İl'i için yıllık hayvansal atık miktarları kullanılarak biyogaz potansiyeli sonucu elde edilebilecek metan gazında üretilebilecek ısı ve elektrik enerjisi miktarları hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar aşağıdaki bağıntılardan yararlanarak belirlenmiştir [39]:

$$Q = T_{METAN} \times Q_{METAN} \quad (6)$$

Metan gazından elde edilecek enerjiler hesaplanırken ortalama % 60 'ı metan gazından oluşan  $1 m^3$  biyogazın içerisindeki metan gazının ( $Q_{METAN}$ ) ısı enerji değeri  $36 MJ/m^3$  ve elektrik enerji miktarı  $4.70 kWh$  olarak saptanmıştır [40, 41].

#### ***Biyogaz üretimi sonucu oluşan CO<sub>2</sub> emisyonunun belirlenmesi***

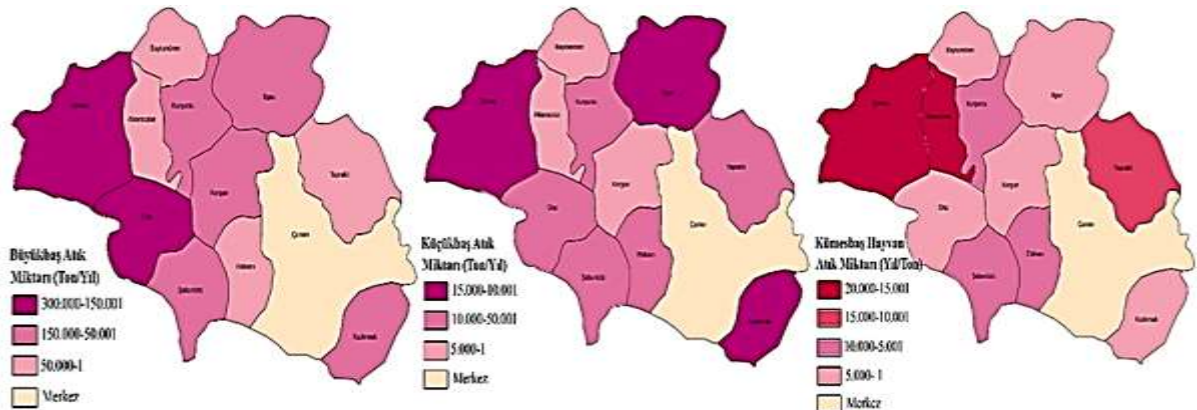
Biyogaz potansiyelleri elektrik enerjisine dönüştürüldüğünde oluşan CO<sub>2</sub> emisyonları ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda  $1 m^3$  biyogaz için  $9.19 kg CO_2$  emisyonu ( $CO_{2bio}$ ) ve biyogazdan üretilen elektrik ( $CO_{2e}$ ) ise  $0.8$  değerleri kabul edilmiştir [40].

## Bulgular ve Tartışma

Tablo 4’de hesaplanan büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanlarına ait yıllık atık miktarları ve toplam atık miktarları gösterilmektedir. Ayrıca Şekil 3’ de, Çankırı ilçelerine göre büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvan atık miktarlarının dağılım haritası verilmiştir.

**Tablo 4** Çankırı İl’i yıllık hayvan atık miktarları

İlçeler	Büyükbaş hayvan atık miktarı (ton/yıl)	Küçükbaş hayvan atık miktarı (ton/yıl)	Kümes hayvan atık miktarı (ton/yıl)	Toplam atık miktarı (ton/yıl)
Atkaracalar	43 953	2 537	17 420	63 910.00
Bayramören	24 594	4 035	300	28 929.00
Eldivan	25 294	8 351	8 469	42 114.00
Ilgaz	78 831	11 743	133	90 707.00
Korgun	72 619	3 975	1 519	78 113.00
Kurşunlu	105 453	8 398	7 041	120 892.00
Kızılırmak	88 546	11 575	575	100 696.00
Orta	179 788	9 117	118	189 023.00
Yapraklı	40 164	6 390	11 536	58 090.00
Çerkeş	288 915	10 639	19 048	318 602.00
Şabanözü	860 30	5 643	6 653	98 326.00
<b>Toplam</b>	<b>1 034 187.00</b>	<b>82 403.00</b>	<b>72 812.00</b>	<b>1 189 402.00</b>



**Şekil 3.** Çankırı ilçelerine göre (a) büyükbaş (b) küçükbaş ve (c) kümes hayvan varlığına bağlı yıllık atık miktarı dağılımı

Çankırı İl'i için büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanlarından elde edilebilir toplam atık miktarı 1 189 402.00 ton/yıl olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4 ve Şekil 3'e göre, hayvan sayıları ve türlerine bağlı olarak büyükbaş ve kümes hayvanları atık miktarlarının en fazla olduğu ilçe Çerkeş'tir. Küçükbaş hayvan atık potansiyeli en yüksek ilçeler ise Ilgaz ve Kızılırmak'tır.

### Hayvansal atıklardan elde edilebilir biyogaz potansiyeli

Büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvan sayılarına göre hesaplanan atık miktarı için, uçucu madde ve metan değerleri ve hesaplanan metan gazı miktarına ait sayısal grafiği ile dağılım haritası sırasıyla Tablo 5 ve Şekil 4 verilmiştir.

**Tablo 5** Hayvan grupları için (a) büyükbaş, (b) küçükbaş, (c) kümes hesaplanan atık ve atık içerisindeki uçucu madde ve metan miktarı gazı değerleri

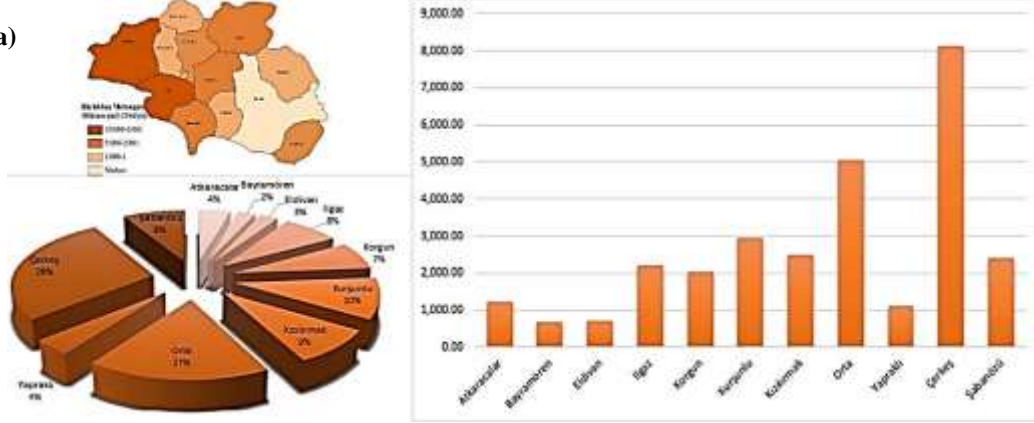
(a) İlçeler	TGM(ton/yıl)	T <sub>YFYG</sub> (ton/yıl)	T <sub>KM</sub> (%)	T <sub>UMM</sub> (ton/yıl)	T <sub>METAN</sub> (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /yıl)
Atkaracalar	43 953	43 953	6 373.19	4 939.22	1 234.80
Bayramören	24 594	24 594	3 566.13	2 763.75	690.94
Eldivan	25 294	25 294	3 667.63	2 842.41	710.60
Ilgaz	78 831	78 831	11 430.50	8 858.63	2 214.66
Korgun	72 619	72 619	10 529.76	8 160.56	2 040.14
Kurşunlu	105 453	105 453	15 290.69	11 850.28	2 962.57
Kızılırmak	88 546	88 546	12 839.17	9 950.36	2 487.59
Orta	179 788	179 788	26 069.26	20 203.68	5 050.92
Yapraklı	40 164	40 164	5 823.78	4 513.43	1 128.36
Çerkeş	288 915	288 915	41 892.68	32 466.82	8 116.71
Şabanözü	86 030	86 030	12 474.35	9 667.62	2 416.91
<b>Toplam</b>	<b>1 034 187.00</b>	<b>1 034 187.00</b>	<b>149 957.12</b>	<b>116 216.76</b>	<b>29 054.19</b>

(b) İlçeler	TGM(ton/yıl)	T <sub>YFYG</sub> (ton/yıl)	T <sub>KM</sub> (%)	T <sub>UMM</sub> (ton/yıl)	T <sub>METAN</sub> (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /yıl)
Atkaracalar	2 537	2 537	367.87	285.10	71.27
Bayramören	4 035	4 035	585.08	453.43	113.36
Eldivan	8 351	8 351	1 210.90	938.44	234.61
Ilgaz	11 743	11 743	1 702.74	1 319.62	329.90
Korgun	3 975	3 975	576.38	446.69	111.67
Kurşunlu	8 398	8 398	1 217.71	943.73	235.93
Kızılırmak	11 575	11 575	1 678.38	1 300.74	325.19
Orta	9 117	9 117	1 321.97	1 024.52	256.13
Yapraklı	6 390	6 390	926.55	718.08	179.52
Çerkeş	10 639	10 639	1 542.66	1 195.56	298.89
Şabanözü	5 643	5 643	818.24	634.13	158.53
<b>Toplam</b>	<b>82 403.00</b>	<b>82 403.00</b>	<b>11 948.44</b>	<b>9 260.04</b>	<b>2 315.01</b>

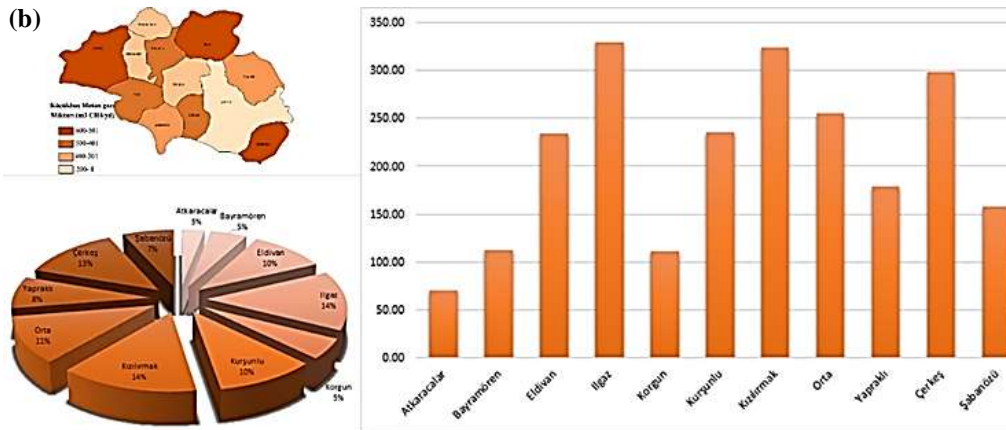


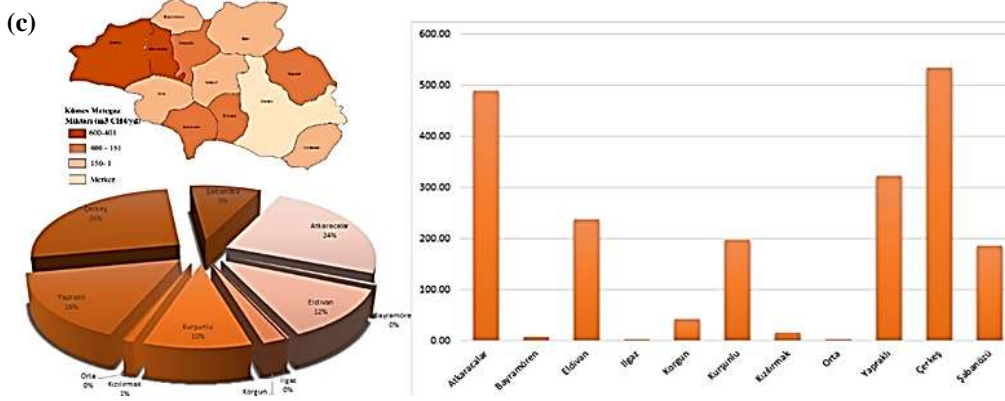
(c) İlçeler	TGM (ton/yıl)	TYFYG (ton/yıl)	T <sub>KM</sub> (%)	T <sub>UMM</sub> (ton/yıl)	T <sub>METAN</sub> (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /yıl)
Atkaracalar	17 420	17 420	2 525.90	1 957.57	489.39
Bayramören	300	300	43.50	33.71	8.43
Eldivan	8 469	8 469	1 228.01	951.70	237.93
Ilgaz	133	133	19.29	14.95	3.74
Korgun	1 519	1 519	220.26	170.70	42.67
Kurşunlu	7 041	7 041	1 020.95	791.23	197.81
Kızılırmak	575	575	83.38	64.62	16.15
Orta	118	118	17.11	13.26	3.32
Yapraklı	11 536	11 536	1 672.72	1 296.36	324.09
Çerkeş	19 048	19 048	2 761.96	2 140.52	535.13
Şabanözü	6 653	6 653	964.69	747.63	186.91
<b>Toplam</b>	<b>72 812.00</b>	<b>72 812.00</b>	<b>10 557.74</b>	<b>8 182.25</b>	<b>2 045.56</b>

(a)



(b)





**Şekil 4** Çankırı İl'i için (a) büyükbaş (b) küçükbaş (c) kümes hayvan atıklardan yararlanılarak hesaplanan metan gazı miktarı sayısal grafiği ve dağılım haritası

Tablo 5 (a) ve Şekil 4 (a) incelendiğinde; büyükbaş hayvan varlığı için yıllık faydalı yaş atık miktarının en çok Çerkeş (288 915 ton/yıl), ikinci olarak da Orta (179 788 ton/yıl) ilçesinde tespit edilmiştir. Büyükbaş hayvan varlığı için yıllık metan gazı üretiminin en yüksek olduğu ilçeler sırasıyla Çerkeş (8 116.71 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/yıl), Orta ve Kurşunlu ilçelerinde belirlenmiştir. Büyükbaş hayvan atıklarından elde edilebilecek biyogaz üretiminin en düşük üretim potansiyeline sahip olduğu ilçenin ise Bayramören olduğu görülmüştür. Tablo 5 (b) ve Şekil 4 (b) incelendiğinde; küçükbaş hayvan varlığı için yıllık faydalı yaş atık miktarının en fazla Ilgaz (11 743 ton/yıl), ikinci olarak da Kızılırmak (11 575 ton/yıl) ilçesinde olduğu tespit edilmiştir. Küçükbaş hayvan varlığı için yıllık yaş atık miktarlarından elde edilebilecek yıllık metan gazı üretiminin en yüksek olduğu ilçeler sırasıyla Ilgaz ve Kızılırmak olarak bulunmuştur. Ayrıca, Çerkeş ilçesinde de yıllık metan gazı üretim (298.89 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/yıl) miktarı, Ilgaz ve Kızılırmak ilçelerine çok yakın değerdedir. Küçükbaş hayvan atıklarından biyogaz üretimi için en düşük üretim potansiyeline sahip ilçenin ise Atkaracalar olduğu görülmüştür. Tablo 5 (c) ve Şekil 4 (c) incelendiğinde; kümes hayvan varlığı için yıllık faydalı yaş atık miktarının en fazla Çerkeş (19 048 ton/yıl), Atkaracalar (17 420 ton/yıl) ve Yapraklı (11 536 ton/yıl) ilçelerinde olduğu belirlenmiştir. Kümes hayvan sayısı için yıllık yaş atık miktarlarından yapılan hesaplamalar sonucu; gerçekleştirilecek yıllık metan gazı üretiminin en yüksek olduğu ilçeler sırasıyla Çerkeş ve Atkaracalar olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, Yapraklı ilçesinde de yıllık metan gazı üretim (324.09 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/yıl) miktarı, Çerkeş ve Atkaracalar ilçelerine yakın değerdedir.

### Biyogaz üretiminden elde edilebilecek enerji miktarının belirlenmesi

Tablo 6’da Çankırı İl’i hayvansal atık miktarlarından elde edilebilecek metan gazından üretilen ısı ve elektrik enerji değerleri verilmiştir. Ayrıca, Çankırı’nın ilçelere göre hayvan sayılarına ait elektrik enerjisi sayısal grafikleri ve dağılım haritaları verilmiştir (Şekil 5).

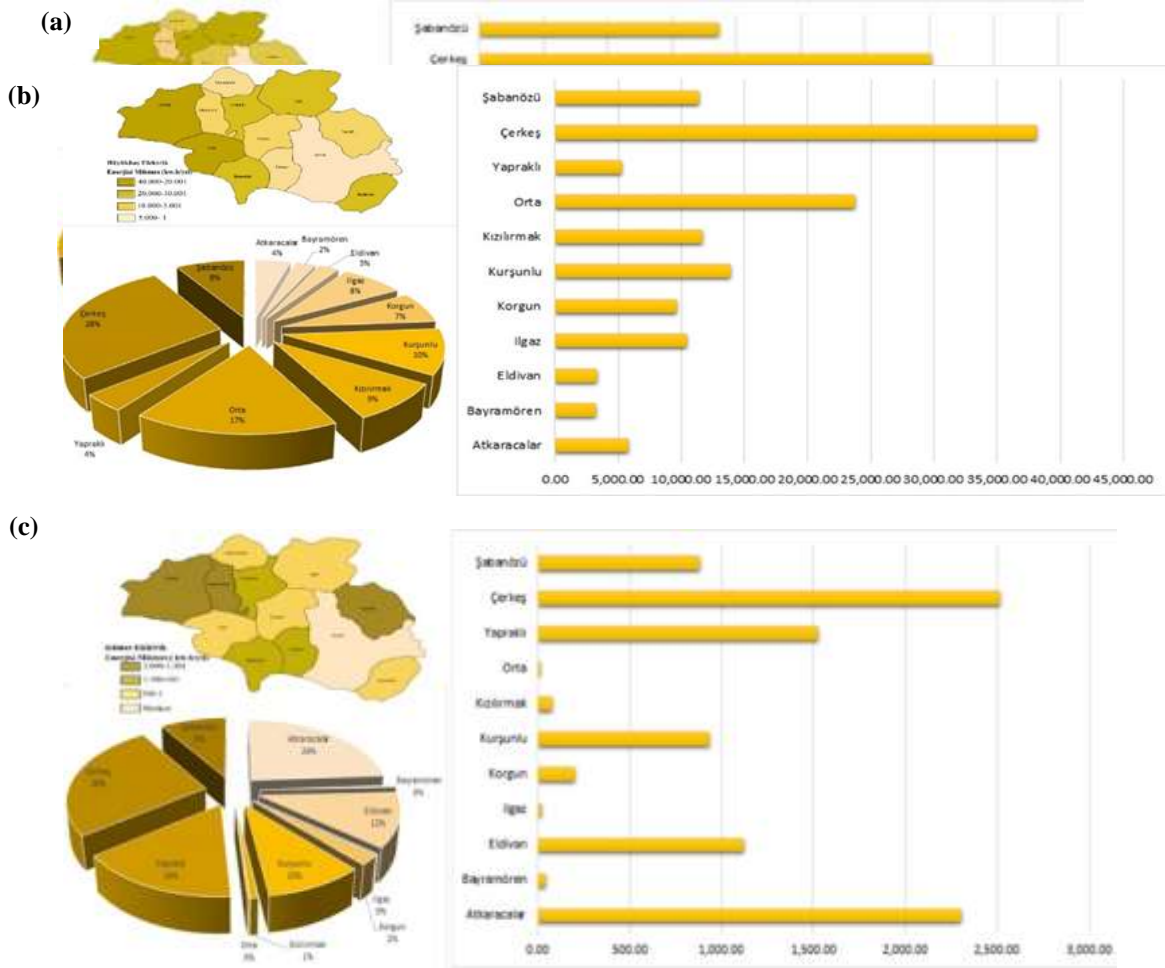
**Tablo 6** Hayvan grupları için (a) büyükbaş, (b) küçükbaş, (c) kümes hesaplanan enerji ve gelir değerleri

(a) İlçeler	Q (MJ/yıl)	Elektrik enerjisi (kWh/yıl)	Yıllık elektrik üretimi (kWh/yıl)	Yıllık gelir (TL/yıl)
Atkaracalar	44 452.97	5 803.58	2 089 289.37	710 358.39
Bayramören	24 873.76	3 247.41	1 169 066.57	397 482.63
Eldivan	25 581.72	3 339.84	1 202 340.80	408 795.87
Ilgaz	79 727.70	10 408.89	3 747 202.02	1 274 048.69
Korgun	73 445.04	9 588.66	3 451 916.93	1 173 651.76
Kurşunlu	106 652.53	13 924.08	5 012 668.81	1 704 307.40
Kızılırmak	89 553.21	11 691.67	4 209 000.91	1 431 060.31
Orta	181 833.09	23 739.32	8 546 155.16	2 905 692.75
Yapraklı	40 620.87	5 303.28	1 909 180.68	649 121.43
Çerkeş	292 201.41	38 148.52	13 733 466.18	4 669 378.50
Şabanözü	87 008.59	11 359.45	4 089 403.79	1 390 397.29
<b>Toplam</b>	<b>1 045 950.88</b>	<b>136 554.70</b>	<b>49 159 691.22</b>	<b>16 714 295.02</b>

(b) İlçeler	Q (MJ/yıl)	Elektrik enerjisi kWh/yıl	Yıllık elektrik üretimi (kWh/yıl)	Yıllık gelir (TL/yıl)
Atkaracalar	2 565.86	334.99	120 595.34	41 002.42
Bayramören	4 080.90	532.78	191 802.21	65 212.75
Eldivan	8 445.99	1 102.67	396 961.65	134 966.96
Ilgaz	11 876.58	1 550.55	558 199.10	189 787.69
Korgun	4 020.22	524.86	188 950.13	64 243.05
Kurşunlu	8 493.53	1 108.88	399 195.78	135 726.57
Kızılırmak	11 706.67	1 528.37	550 213.28	187 072.52
Orta	9 220.71	1 203.81	433 373.18	147 346.88
Yapraklı	6 462.69	843.74	303 746.25	103 273.73
Çerkeş	10 760.02	1 404.78	505 720.88	171 945.10
Şabanözü	5 707.19	745.11	268 237.89	91 200.88
<b>Toplam</b>	<b>83 340.33</b>	<b>10 880.54</b>	<b>3 916 995.70</b>	<b>1 331 778.54</b>

(c) İlçeler	Q (MJ/yıl)	Elektrik enerjisi kWh/yıl	Yıllık elektrik üretimi (kWh/yıl)	Yıllık gelir (TL/yıl)
Atkaracalar	17 618.15	2 300.15	828 053.17	281 538.08
Bayramören	303.41	39.61	14 260.39	4 848.53
Eldivan	8 565.33	1 118.25	402 570.74	136 874.05
Ilgaz	134.51	17.56	6 322.11	2 149.52

Korgun	1 536.28	200.57	72 205.10	24 549.73
Kurşunlu	7 121.09	929.70	334 691.29	113 795.04
Kızılırmak	581.54	75.92	27 332.41	9 293.02
Orta	119.34	15.58	5 609.09	1 907.09
Yapraklı	11 667.22	1 523.22	548 359.43	186 442.21
Çerkeş	19 264.67	2 515.11	905 439.54	307 849.44
Şabanözü	6 728.68	878.47	316 247.86	107 524.27
<b>Toplam</b>	<b>73 640.24</b>	<b>9 614.14</b>	<b>3 461 091.12</b>	<b>1 176 770.98</b>



Şekil 5 (a) Büyükbaş (b) Küçükbaş ve (c) Kümes hayvan sayılarına ait elektrik enerjisi sayısal grafikleri ve dağılım haritaları

Metan gazından elde edilebilecek ısı ve elektrik enerjisi hesaplamaları açısından Çerkeş (292 201.41 MJ/yıl-38 148.52 kWh/yıl) ve Orta ilçesinin en fazla olduğu görülmüştür. Büyükbaş hayvan atıklarından üretilebilecek enerji değerlerinin en az Bayramören ve Eldivan ilçesinde olduğu tespit edilmiştir. Küçükbaş hayvan atıklarından en yüksek enerji potansiyellerinin Çerkeş, Ilgaz ve Kızılırmak olduğu bulunmuştur. Küçükbaş hayvan atıklarından üretilebilecek enerji değerlerinin en az Atkaracalar ilçesinde olduğu

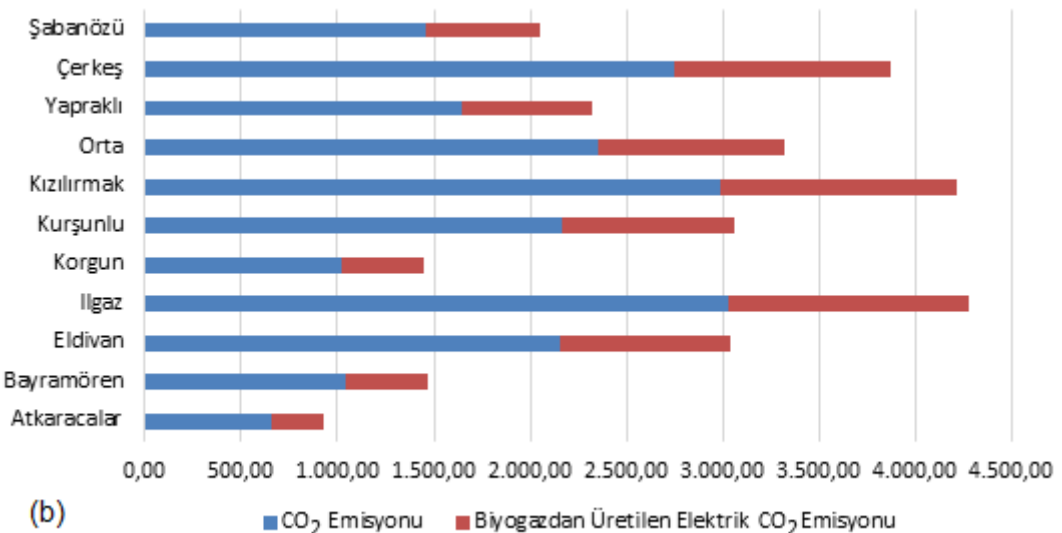
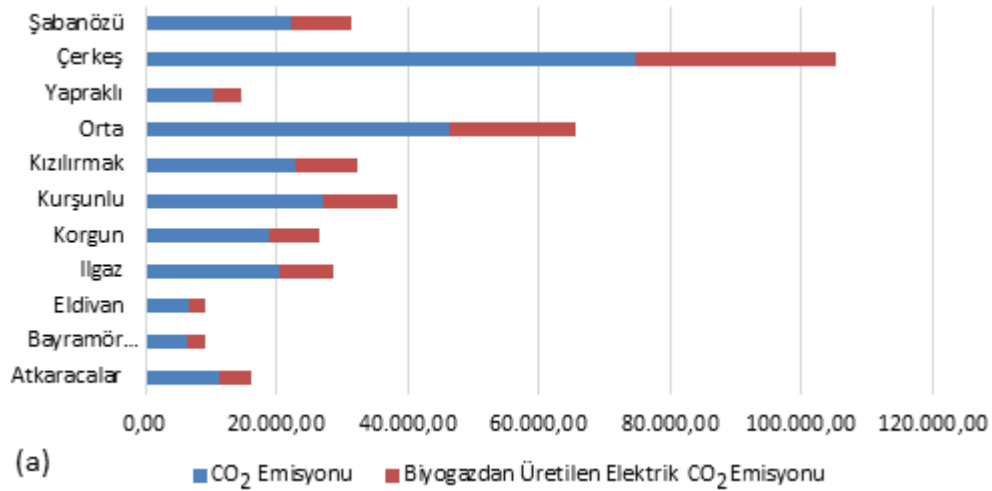
tespit edilmiştir. Kümes hayvan atıklarında enerji potansiyelinin en yüksek olduğu ilçeler; Çerkeş ve Atkaracalar iken, en az ise Ilgaz'dır.

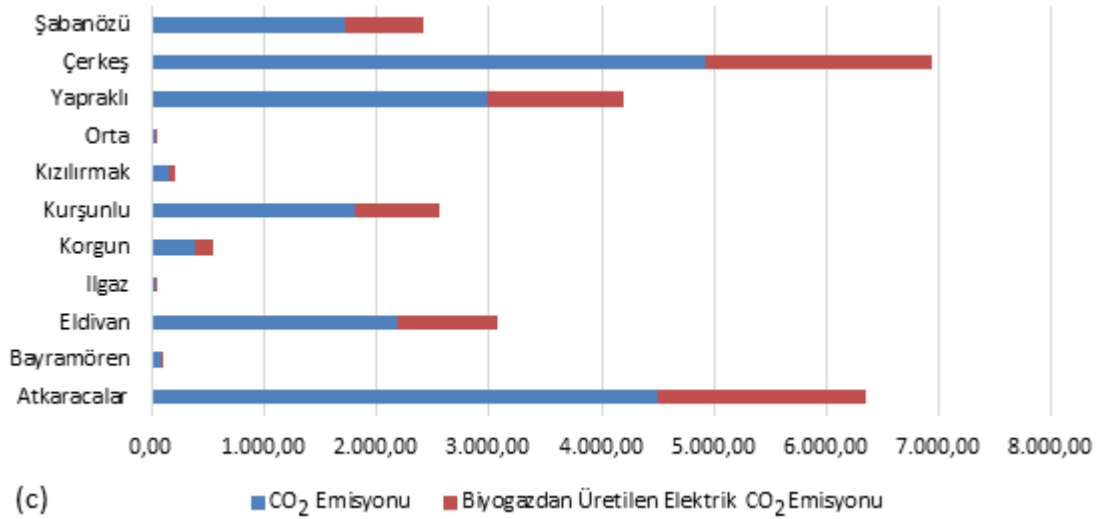
Biyogazdan elde edilecek yıllık elektrik üretimi potansiyeli hesaplanırken 1m<sup>3</sup> biyogaz için elektrik enerjisi olarak alınmıştır (4.70 kWh). Ayrıca, yıllık biyogazdan üretilecek elektrikten elde edilecek gelir hesabında mesken için 1kWh elektrik için 0.3496 TL olarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar Tablo 6'de verilmektedir.

Biyogazdan elde edilebilecek yıllık elektrik üretimi potansiyeli 56 537 778 kWh olarak hesaplanmıştır. Yıllık potansiyelin en yüksek olduğu ilçe Çerkeş en düşük olduğu ilçe ise Bayramören'dir. Çankırı İl'i yıllık elektrik üretiminde kullanılan kaynak dağılımları güneş enerjisi % 40.8, HES % 23.3, Kömür % 35.9 şeklindedir. Bu dağılımda biyogaz enerjisi yoktur.

### **Biyogaz üretimi sonucu oluşan CO<sub>2</sub> emisyonunun belirlenmesi**

Çankırı İl'indeki hayvansal atıklardan oluşan CO<sub>2</sub> emisyon hesaplamaları Tablo 7'de verilmiştir. Ayrıca, Şekil 6'da ilçelerdeki CO<sub>2</sub> emisyonunun değişim değerleri verilmiştir. Şekil 6'da biyogazdan elektrik üretimi ile hayvansal atıklardan oluşacak CO<sub>2</sub> emisyonu değerlerinin ciddi oranda azaltılabileceği görülmektedir.





**Şekil 6** Çankırı İl'i (a) büyükbaş (b) küçükbaş (c) kümes hayvan atıklarından elde edilen biyogaz üretimi için CO<sub>2</sub> emisyonu değişimi

**Tablo 7** Çankırı İl'indeki hayvansal atıklardan oluşan CO<sub>2</sub> emisyonu değerleri

İlçeler	Büyükbaş hayvan		Küçükbaş hayvan		Kümes hayvanı	
	CO <sub>2</sub> bio	CO <sub>2</sub> e	CO <sub>2</sub> bio	CO <sub>2</sub> e	CO <sub>2</sub> bio	CO <sub>2</sub> e
Atkaracalar	11 347.85	4 642.87	655.01	267.99	4 497.52	1 840.12
Bayramören	6 349.72	2 597.93	1 041.76	426.23	77.45	31.69
Eldivan	6 530.44	2 671.87	2 156.07	882.14	2 186.54	894.60
Ilgaz	20 352.71	8 327.12	3 031.83	1 240.44	34.34	14.05
Korgun	18 748.89	7 670.93	1 026.27	419.89	392.18	160.46
Kurşunlu	27 226.02	11 139.26	2 168.21	887.10	1 817.86	743.76
Kızılırmak	22 860.94	9 353.34	2 988.45	1 222.70	148.45	60.74
Orta	46 417.95	18 991.46	2 353.84	963.05	30.47	12.46
Yapraklı	10 369.60	4 242.62	1 649.78	674.99	2 978.38	1 218.58
Çerkeş	74 592.53	30 518.81	2 746.79	1 123.82	4 917.84	2 012.09
Şabanözü	22 211.36	9 087.56	1 456.92	596.08	1 717.68	702.77
<b>Toplam</b>	<b>267 008.02</b>	<b>109 243.76</b>	<b>21 274.94</b>	<b>8 704.43</b>	<b>18 798.72</b>	<b>7 691.31</b>

Tablo 7 incelendiğinde, hayvansal atıkların biyogaz üretiminde oluşturacağı yıllık toplam CO<sub>2</sub>bio emisyon değeri 307081.68'dir. Bu atıklar sadece biyogaz üretimde kullanıldığında toplam CO<sub>2</sub>bio emisyon değeri kadar sera gazı etkisi yaratacağı tespit edilmiştir. Fakat bu atıklar biyogaz üretiminde değerlendirilerek elektrik enerjisine

dönüştürülürse yıllık toplam 125639.5'lık CO<sub>2e</sub> elektrik enerjisi elde edilebileceği görülmüştür. Bu hesaplamalar hayvansal atıkların elektrik enerjisinde kullanıldığında Çankırı İl'inde oluşturacağı karbon emisyonunun % 40 azaltılabileceğini göstermiştir.

## **Sonuç ve Öneriler**

Biyogaz üretiminin yapılabilmesi için dikkat edilmesi gereken en önemli husus biyogaz tesislerinin tasarımı ve kurulacak lokasyonun belirlenmesidir. Diğer önemli bir husus ise tesisin kurulduğu yerin bölgesel olarak depolanmaya, taşıma ve dağıtımına elverişli olmasıdır. Çankırı ili batıya en yakın olmasından dolayı avantajlı olup, devletten en fazla destek alan ve coğrafi konum olarak ulaşım, güvenlik ve birçok alanda diğer iller içerisinde ön plana çıkmaktadır. Bu sebeple, çalışmamızda alternatif enerji kaynaklarından biyokütle enerji yatırımları için Çankırı ilinin elverişliliği ve uygulanabilirliği araştırılmıştır. Bu çalışmada Çankırı ilinde oluşan hayvan atıklarından yararlanılarak üretebilecek biyogaz enerji miktarı, enerjinin ısı ve elektrik olarak karşılığı hesaplanmıştır. Ayrıca, biyogaz üretiminden elde edilecek yıllık gelir ve CO<sub>2</sub> emisyonu belirlenmiştir.

Bu analiz ve hesaplamalar sonunda elde edilen sonuçlar şunlardır:

- Büyükbaş hayvan atıklarından elde edilebilecek biyogaz üretimi için en yüksek potansiyele sahip ilçenin Çerkeş, küçükbaş hayvanlar için Çerkeş, Orta ve Kurşunlu, kümes hayvanları için ise Çerkeş ve Atkaracalar olduğu sayısal olarak (33 414.76 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/yıl) tespit edilmiştir.
- İlçeler arasında biyogaz üretim potansiyeli büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvan atıklarının her üçü içinde elverişli olan ve biyogazın kullanılabilirliği (8 950.73 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/yıl) en iyi olacak ilçe Çerkeş'dir.
- Biyogaz üretiminden elde edilen elektrik ile yıllık elektrik tüketiminin 56 537 778.04 kWh/yıl karşılanabileceği tespit edilmiştir.
- Biyogaz üretimi sırasında açığa çıkan CO<sub>2</sub> emisyonunun % 41 oranında azalacağı tespit edilmiştir.

Bu çalışmanın sonuçlarından yararlanarak Çankırı ili öneriler ise;

- Biyogazın üretilmesi ve kullanılması Çankırı ili ekonomik kazanç ve istihdam sağlayabileceği,
- Biyogaz ile elektrik üretimi gerçekleştirilerek çevresel kirliliğe yol açan CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltılabileceği,

- Kurulacak biyogaz üretim tesisleri, Çankırı ili için hayvancılığın gelişmesini ve sürdürülmesini teşvik edebileceği,

- Enerji bağımlılığını azaltmaya katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak, Çerkeş ve Atkaracalar ilçeleri, coğrafi özellikleri, ulaşım olanakları hayvansal atıklardan elde edilecek biyogaz üretimi ve kullanılabilirliği açısından Çankırı İl'i için en elverişli bir bölgedir. Çankırı İl'i için başta bu ilçeler olmak üzere biyogaz üretimi teşvik edilmelidir.

## Kaynaklar

1. W. Choia., et al ., Greenhouse gas emissions of conventional and alternative vehicles: Predictions based on energy policy analysis in South Korea, *Applied Energy*, 2020. 2651 : p. 114754.
2. C. A. Simona, and M. C. Moltz, Going native? Examining nativity and public opinion of environment, alternative energy, and science policy expenditures in the United States , *Energy Research & Social Science*, 2018. 46: p. 296-302.
3. D. Yang., et al., Sectoral energy-carbon nexus and low-carbon policy alternatives: A case study of Ningbo, *China Journal of Cleaner Production*, 2017. 15610: p.480-490.
4. T. Hui Oh., et al., Energy policy and alternative energy in Malaysia: Issues and challenges for sustainable growth – An update *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2018. 81: p. 3021-3031.
5. K. Steinbacher and S. Röhrkasten, An outlook on Germany's international energy transition policy in the years to come: Solid foundations and new challenges, *Energy Research & Social Science*, 2019. 49: p. 204-208.
6. I. T Santos, Confronting governance challenges of the resource nexus through reflexivity: A cross-case comparison of biofuels policies in Germany and Brazil *Energy Research & Social Science*, 2020. 65:p.101464.
7. Tasova, M. and I. Naneli, Bolu ve Tokat İllerindeki Buğday Sap Atıklarının Enerji Potansiyel Değerlerinin Karşılaştırmalı Teorik Analizi. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 2019. 2(3): p. 136-144.
8. C. Stagnaro., et al., Managing the liberalization of Italy's retail electricity market: A policy proposal *Energy Policy*, 2020.137: p. 111150.
9. K. Hofman, and X. Li, Canada's energy perspectives and policies for sustainable development, *Applied Energy*, 2009. 86:p. 407-415..
10. I. Kyprianoua., et al., Energy poverty policies and measures in 5 EU countries: A comparative study, *Energy and Buildings*, 2019. 1961: p. 46-60.
11. K.J.Chua., et al ., Achieving better energy-efficient air conditioning – A review of technologies and strategies, *Applied Energy*, 2013. 104: p. 87-104.
12. S. Safarzadeh., et al., A review of optimal energy policy instruments on industrial energy efficiency programs, rebound effects, and government policies, *Energy Policy*, 2020. 139: p. 111342.
13. J.Yan., et al ., Efficient and affordable energy for a sustainable future, *Applied Energy* 2017.185 (2): p. 953-962.
14. Stefan Frank., et al ., Dynamics of the land use, land use change, and forestry sink in the European Union: the impacts of energy and climate targets for 2030, *Climatic Change*, 2016. 138: p. 253–266.



15. N. S. Bentsen, D. Nilsson, and S. Larsen, Agricultural residues for energy - A case study on the influence of resource availability, economy and policy on the use of straw for energy in Denmark and Sweden, *Biomass and Bioenergy*, 2018. 108: p. 278-288.
16. E.C. Pischke ., et al ., From Kyoto to Paris: Measuring renewable energy policy regimes in Argentina, Brazil, Canada, Mexico and the United States, *Energy Research & Social Science*, 2019. 50: p. 82-91.
17. S. Akerboom., et al ., Meeting goals of sustainability policy: CO2 emission reduction, cost-effectiveness and societal acceptance. An analysis of the proposal to phase-out coal in the Netherlands *Energy Policy*, 2020. 138: p. 111210.
18. R. A. Al-Masri, J. Chenoweth, and R. J. Murphy, Exploring the Status Quo of Water-Energy Nexus Policies and Governance in Jordan, *Environmental Science & Policy*, 2019. 100: p. 192-204.
19. K. Hansen, B.V. Mathiesen, and I. R Skov, Full energy system transition towards 100% renewable energy in Germany in 2050, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2019. 102: p. 1-13.
20. J. Blazejczak., et al ., Economic effects of renewable energy expansion: A model-based analysis for Germany, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2014. 40: p. 1070-1080.
21. S. Safarzadeh, M. Rasti-Barzoki, and S.R Hejazi, A review of optimal energy policy instruments on industrial energy efficiency programs, rebound effects, and government policies, *Energy Policy*, 2020. 139: p. 111342.
22. K. Barış, and S. Kucukali, Availability of renewable energy sources in Turkey: Current situation, potential, government policies and the EU perspective, *Energy Policy*, 2012. 42: p. 377-391.
23. K. Baris, The role of coal in energy policy and sustainable development of Turkey: Is it compatible to the EU energy policy?, *Energy Policy*, 2011. 39: p. 1754–1763.
24. O.G. Austvik, and G. Rzayeva, Turkey in the geopolitics of energy, *Energy Policy*, 2017. 107: p. 539-547.
25. I. Yüksel, Energy production and sustainable energy policies in Turkey, *Renewable Energy*, 2010. 35(7): p. 469-1476.
26. B. Hacisalihoglu, Turkey's natural gas policy, *Energy Policy*, 2008. 36 (6): p. 1867-1872.
27. E. Kulińska, and M. Dendera – Gruszka, Green cities – problems and solutions in Turkey, *Transportation Research Procedia*, 2019. 39: p. 242-251.
28. S. Oksay, and E. Iseri, A new energy paradigm for Turkey: A political risk-inclusive cost analysis for sustainable energy, *Energy Policy*, 2011. 39 (5):p. 2386-2395.
29. K. Kaygusuz, Sustainable energy, environmental and agricultural policies in Turkey *Energy Conversion and Management*, 2010. 51 (5): p. 1075-1084.
30. M. Ozturk, Y. E. Yuksel, and N. Ozek, A Bridge between East and West: Turkey's natural gas policy *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2011. 15 (9): p. 4286-4294.
31. M. Acaroğlu, Biyokütle enerjisinin global potansiyeli, Biyokütle enerji politikaları, Avrupa Birliği ve Türkiye I. Ege Sempozyumu ve Sergisi, Denizli, Türkiye, 22-13 Mayıs 2003.
32. F. T. Özbaşer, Biyogaz Üretimi ve Kullanımı, *Lalahan Hay. Araşt. Enst. Derg.* 2013. 53 (2): p. 115-124.
33. Çankırı Belediyesi. *Coğrafi yapı*, <http://www.cankiri.bel.tr/sayfa-16/cografya-yapi.php>
34. Çankırı İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, 2016 Çalışma Raporu, p. 24
35. Bahtiyar Ö., Emin O., Temmuz, 2008, Membran yöntemiyle biyogazdan karbondioksitin ayrıştırılması ve metan saflaştırma projesi, PROJE NO: 105Y084
36. Nagamani, B. and Ramasamy, K., Biogas production technology: An Indian perspective. <http://www.ias.ac.in/currsci/jul10/articles13.htm>
37. C. Karaca, ve M. Eşgünoğlu, Türkiye'nin 2023 Yılı Yenilenebilir Enerji Yatırım Hedeflerinin İşsizliğe Etkisi, *Icomep 2016 | 26-27 October | İstanbul, Turkey.*
38. BEPA. <https://bepa.enerji.gov.tr/>

39. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, <http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari>
40. C. İlkiliç, H. Deviren, Biyogazın Üretimi ve Üretimi Etkileyen Faktörler, 6. Uluslararası İleri teknolojiler Sempozyumu, 16-18 Mayıs 2011, Elazığ, Turkey
41. H. Yağlı, Y. Koç, Hayvan Gübresinden Biyogaz Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi:Adana İli Örnek Hesaplama, Çkurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2019. 34 (3): p. 35-48.