



**YOZGAT İLİ HAYVANSAL ATIK KAYNAKLI
BİYOĞAZ POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ**

ENES MERMERKAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

PROF. DR. GAZANFER ERGÜNEŞ

2023

Her hakkı saklıdır

T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YOZGAT İLİ HAYVANSAL ATIK KAYNAKLI
BİYOGAZ POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

ENES MERMERKAYA

TOKAT - 2023

Her hakkı saklıdır.

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Gazanfer ERGÜNEŞ danışmanlığında hazırlamış olduğum “Yozgat İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi” adlı Yüksek Lisans tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

17/01/2023

ENES MERMERKAYA



JÜRİ KABUL VE ONAY

Enes MERMERKAYA tarafından hazırlanan “Yozgat İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 17/01/2023 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı Soyadı)

İmzası

Üye (Başkan) : Prof. Dr. Gazanfer ERGÜNEŞ

Üye : Doç. Dr. Hakan POLATCI

Üye : Doç. Dr. Tanzer ERYILMAZ

ONAY

...../...../.....

Prof. Dr. Mehmet GÜNEŞ
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

TEŞEKKÜR

“Yozgat İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi” adlı tez çalışmamda yardımlarını esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Gazanfer Ergüneş’e teşekkürü borç bilirim. Yozgat iline ait hayvancılık verilerini temin etmemde yardımcı olan Yozgat İl Tarım ve Orman Müdürlüğü’ne teşekkür ederim.

Ayrıca, çalışmalarım sırasında her türlü desteği sağlayan Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü akademik personeline, çalışmalarım sırasında yapmış oldukları katkılardan dolayı Burcu Aksüt ve Samet Kaya Dursun’a, ayrıca her zaman maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkür ederim.

Enes MERMERKAYA

2023

ÖZET
YOZGAT İLİ HAYVANSAL ATIK KAYNAKLI
BİYOGAZ POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

Mermerkaya, Enes

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Gazanfer Ergüneş
Ocak 2023, x + 39 sayfa

Dünyada enerji arzında büyük bir paya sahip olan fosil yakıtlar birçok çevre sorununa, özellikle hava kirliliği ve küresel ısınmaya neden olmaktadır. Bu nedenle, fosil enerji kaynaklarının hızla tükenmesi ve fiyatlarda görülen dalgalanmalar, dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru yönelmeye neden olmuştur. 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, Yozgat ilinde hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogaz potansiyelinin belirlenmiştir. Araştırma verileri, TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) ve Tarım ve Orman Bakanlığı'ndan elde edilmiştir. Yozgat ilinde 2021 yılında toplam 242 653 adet büyükbaş, 456 097 adet küçükbaş ve 630 725 adet kanatlı hayvan varlığı bulunmaktadır. Büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanlardan yıllık yaklaşık 2,83 milyon ton yaş atık elde edilmektedir. Bu atıklar işletmeler için büyük sorun teşkil etmektedir. Atıkların değerlendirilmesinin en iyi yolu biyogaz üretimidir. 2021 yılı verileri kullanılarak yapılan çalışmada, hayvansal atıklardan üretililecek biyogaz miktarı yaklaşık 40,7 milyon m³ olarak hesaplanmıştır. Yozgat ilinde Akdağmadeni, Merkez ve Sorgun ilçeleri, 6,06, 5,86 ve 5,13 milyon m³ ile diğer ilçeler arasında en yüksek potansiyele sahiptir. Yozgat ilinde yılda üretilen biyogazın enerji eşdeğeri 924 155 GJ ve 22 073 TEP olarak, biyogazdan elde edilebilecek elektrik enerjisi değeri ise 102 683 MWh olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yozgat, Hayvansal Atık, Biyogaz, Biyogaz Potansiyeli

ABSTRACT
DETERMINATION OF BIOGAS POTENTIAL
FROM ANIMAL WASTE IN YOZGAT PROVINCE

Mermerkaya, Enes

Department of Biosystems Engineering

Advisor: Prof. Dr. Gazanfer Ergüneş

January 2023, x + 39 pages

Fossil fuels, that have a large domain in the field of energy in the world, cause current environmental problems specially air pollution and global warming. For this reason, the rapid depletion of fossil energy sources and the fluctuations in prices have led to a shift towards renewable energy sources in the world. 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 Yozgat province from animal wastes. The data were provided by TUIK (Turkish Statistical Institute) and Ministry of Agriculture and Forestry in the study. In Yozgat Province, where is breeding 242 653 cattle, 456 097 sheep and 630 725 poultry in 2021. Annually, 2,83 million tons wet animal waste are obtained in Yozgat where is breeding cattle, sheep and poultry. These wastes are a big problem for farms. Biogas production is one of the best methods for the evaluation of waste. In the study conducted with the data of 2021, The amount of biogas that can be produced from animal wastes is calculated as 40,7 million m³/year. Akdağmadeni, Yozgat Central and Sorgun districts have the highest potential among other districts with 6,06, 5,86 and 5,13 million m³ in Yozgat province. The energy equivalent of the biogas produced annually in Yozgat is 924 155 GJ and 22.073 TEP. The electrical energy value that can be obtained from biogas is calculated as 102 683 MWh.

Keywords: Yozgat, Animal Waste, Biogas, Biogas Potential

İÇİNDEKİLER

ETİK SÖZLEŞME	i
JÜRİ KABUL VE ONAY.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
ÇİZELGELER LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
1.GİRİŞ	1
2.KAYNAK ÖZETİ.....	3
3. MATERYAL ve YÖNTEM	6
3.1. Materyal.....	6
3.1.1 Yozgat İlinin Coğrafi Konumu ve Özellikleri.....	6
3.1.2. Yozgat İli Hayvan Varlığı.....	6
3.2. Yöntem	8
3.2.1. Hayvansal atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarının belirlenmesi	8
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	11
4.1. Yozgat ili hayvansal atıklarının biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri.....	11
4.1.1. Merkez ilçe biyogaz potansiyeli.....	11
4.1.2 Akdağmadeni ilçesi biyogaz potansiyeli.....	12
4.1.3. Aydıncık ilçesi biyogaz potansiyeli.....	13
4.1.4 Boğazlıyan ilçesi biyogaz potansiyeli.....	14
4.1.5 Çandır ilçesi biyogaz potansiyeli.....	15
4.1.6 Çayıralan biyogaz potansiyeli.....	16
4.1.7 Çekerek ilçesi biyogaz potansiyeli.....	17
4.1.8 Kadışehri ilçesi biyogaz potansiyeli.....	18
4.1.9 Saraykent ilçesi biyogaz potansiyeli.....	19

4.10 Sarıkaya ilçesi biyogaz potansiyeli.....	20
4.11 Sorgun ilçesi biyogaz potansiyeli.....	21
4.12 Şefaattli ilçesi biyogaz potansiyeli.....	22
4.13 Yenifakılı ilçesi biyogaz potansiyeli.....	23
4.14 Yerköy ilçesi biyogaz potansiyeli.....	24
4.2. Yozgat ili biyogaz potansiyeli.....	25
4.3. Tesis senaryoları	30
4.3.1 Şefaattli Biyogaz Enerji Santrali	32
4.3.2 Sorgun Biyogaz Enerji Santrali	32
4.3.3 Akdağmadeni Biyogaz Enerji Santrali	33
5.SONUÇ ve ÖNERİLER	35
KAYNAKLAR	37
Özgeçmiş	39

SİMGELER VE KISALTMALAR

SİMGELER

CH ₄	Metan
CO ₂	Karbondiyoksit
MWh	Megawatt saat
KWh	Kilowatt saat
GWh	Gigawatt saat
Kcal	Kilokalori
MJ	Megajoule
GJ	Gigajoule

KISALTMALAR

CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
TEP	Ton Eşdeğer Petrol
TK	Toplam Katı Madde
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UK	Uçucu Katı Madde

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge No	Sayfa
Çizelge 3.1. Yozgat ili ve ilçelerine ait toplam hayvan verileri	7
Çizelge 3.2. Hayvan cinslerine göre atık özellikleri ve biyogaz verimleri.....	8
Çizelge 3.3. Hayvan cinslerine göre elde edilebilecek atık miktarları	8
Çizelge 4.1. Merkez ilçe hayvan sayıları, biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri.....	11
Çizelge 4.2. Akdağmadeni hayvan sayıları, biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri	12
Çizelge 4.3. Aydıncık ilçesi hayvan sayıları, biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri...	13
Çizelge 4.4. Boğazlıyan ilçesi hayvan sayıları, biyogaz potansiyeli, enerji değerleri...	14
Çizelge 4.5.Çandır ilçesi hayvan sayıları, biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri.....	15
Çizelge 4.6. Çayıralan ilçesi hayvan sayıları, biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri...	16
Çizelge 4.7. Çekerek ilçesi hayvan sayıları, biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri....	17
Çizelge 4.8. Kadişehri ilçesi hayvan sayıları, biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri...	18
Çizelge 4.9. Saraykent ilçesi hayvan sayıları, biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri...	19
Çizelge 4.10.Sarıkaya ilçesi hayvan sayıları, biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri...	20
Çizelge 4.11.Sorgun ilçesi hayvan sayıları, biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri.....	21
Çizelge 4.12.Şefaattli ilçesi hayvan sayıları, biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri.....	22
Çizelge 4.13.Yenifakılı ilçesi hayvan sayıları, biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri..	23
Çizelge 4.14.Yerköy ilçesi hayvan sayıları, biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri.....	24
Çizelge 4.15. Yozgat ili 2021 yılı hayvan sayıları ve atık miktarları	25
Çizelge 4.16. Yozgat ili 2021 yılı biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri	28
Çizelge 4.17 Uzaklık dereceleri ve mesafeler.....	31
Çizelge 4.18 Yozgat ili ilçeleri arası mesafeler	31
Çizelge 4.19. Biyogaz enerji santralleri için ilçelerin seçimi	32
Çizelge 4.20. Şefaattli biyogaz enerji santrali fizibilite çalışması.....	32
Çizelge 4.21. Sorgun biyogaz enerji santrali fizibilite çalışması.....	33
Çizelge 4.22. Akdağmadeni biyogaz enerji santrali fizibilite çalışması	33

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil No	Sayfa
Şekil 3.1. Yozgat ili Merkez ve ilçeleri haritası	7
Şekil 4.1. Yozgat ili 2021 yılı büyükbaş hayvan sayılarının ilçelere göre dağılımı ...	25
Şekil 4.2. Yozgat ili 2021 yılı büyükbaş hayvan sayıları dağılımı haritası	26
Şekil 4.3. Yozgat ili 2021 yılı küçükbaş hayvan sayılarının ilçelere göre dağılımı	26
Şekil 4.4. Yozgat ili 2021 yılı küçükbaş hayvan sayıları dağılımı haritası	27
Şekil 4.5. Yozgat ili 2021 yılı kanatlı hayvan sayılarının ilçelere göre dağılımı	27
Şekil 4.6. Yozgat ili 2021 yılı kanatlı hayvan sayıları dağılımı haritası	28
Şekil 4.7. Yozgat ili 2021 yılı biyogaz potansiyelinin ilçelere dağılımı	29
Şekil 4.8. Yozgat ili biyogaz potansiyelinin ilçelere göre dağılım haritası	30

1. GİRİŞ

Dünyada nüfusun sürekli artması, hızla gelişen teknoloji ve sanayileşmeye paralel olarak enerji kullanımı da artmaktadır. Enerji arzında oldukça önemli paya sahip olan fosil yakıtlar çevre sorunlarına, özellikle hava kirliliği ve küresel ısınmaya neden olmaktadır. Bu nedenlerle, fosil enerji kaynaklarının hızla tükenmesi ve rezervlerinin azalması yanısıra fiyatlarda görülen dalgalanmalar, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeye neden olmuştur. Araştırma sonuçlarına göre petrolün 2047, doğalgazın 2068 ve kömürün 2140 yılına kadar tükeneceği öngörülmektedir (Baran ve ark., 2017).

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alan biyokütle; hayvansal ve bitkisel atıklar, sanayi atıkları, orman atıkları ve kentsel atıkları gibi geniş kapsamlı organik atıkları içerir. Biyokütlenin değerlendirilerek enerji üretiminde kullanılması, enerji arz güvenliği sağlaması yanında, sera gazı emisyon değerlerinin azalmasına da katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, yerel imkanlarla bulunabilmesi, sürdürülebilir özellikte olması ve dönüşüm teknolojilerinin gelişmesi gibi nedenlerle, enerji talebini karşılamak için günümüzde ve yakın gelecekte önemli enerji kaynağı adayları arasında bulunmaktadır (Aksu, 2019; Kaynarca ve ark., 2021).

Biyokütle kaynakları bazı işlemlerle biyogaz, biyodizel, biyoetanol, biyoyağ gibi bazı enerji kaynaklarına dönüştürülebilmektedir. (Karadağ, 2022). Biyogaz; organik atıkların anaerobik (oksijensiz) fermentasyonu sonucunda oluşan rengi ve kokusu olmayan, havadan hafif, parlak mavi alevle yanan bir gazdır. Biyogazın bileşiminde ağırlıklı olarak %60-75 metan (CH_4), %25-50 karbondioksit (CO_2), çok az düzeylerde hidrojen sülfür (H_2S), hidrojen (H), azot (N) ve karbonmonoksit (CO) vb. bulunmaktadır (Maghanaki ve ark., 2013). Biyogaz, “Bataklık Gazı” Gübre Gazı”, “Gobar Gaz” gibi çeşitli şekillerde adlandırılır (Gülen ve Arslan, 2005).

Hayvansal atıkların geliş güzel kontrolsüz biriktirilmesi küresel ısınma potansiyeli CO_2 ’nin 21 katı bulunan CH_4 ’ün atmosfere atılmasına sebep olmaktadır. Biyokütle enerjisi kullanımı Türkiye’nin sürdürülebilir enerji arzı ve emniyeti, CO_2 emisyonunun düşürülmesi ve atık yönetiminden dolayı değer taşır. Bu nedenle biyogaz güç sistemi

maliyetlerini etkileyen hammadde ve ulaşım maliyetleri sebebiyle var olan potansiyelin değerlendirilmesi önemli etkindir (Özer, 2017). AB iklim ve enerji çerçevesi, sera gazı emisyonların, 2050 yılına kadar 1990 yılı seviyesinden %80-95 kadar azaltılması için bağlayıcı bir hedef içerir. Bu hedefe ulaşmak için yeryüzündeki yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma oranının artırılması gerekmektedir (Olabi, 2016).

Türkiye’de organik atıklardan biyogaz elde etmek için zengin kaynak potansiyeli vardır. Ancak bu kaynaklar yeterince değerlendirilmemektedir. Bu kaynaklarının kullanımını artırmak, enerjide dışa bağımlılığı azaltmak, bitkisel ve hayvansal atıklar ile diğer organik içerikli atıkların çevreye zarar vermeden değerlendirilmesi için mevcut potansiyelin ülkesel, bölgesel ve iller bazında belirlenmesi esastır (Aksu, 2019).

Bu tez çalışmasında, Yozgat ili Merkez ve ilçelerinde çiftlik hayvanlarının (büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı) atıklarından elde edilebilecek biyogaz üretim potansiyeli ve enerji değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma ile Yozgat ilinde yapılacak proje planları için veri tabanı ve altyapı oluşturulacak, ayrıca toplumu bilgilendirmek ve daha sonra yapılacak araştırmalar için de bir kaynak teşkil edecektir.

2. KAYNAK ÖZETİ

Abdeshahian ve ark. (2016), Malezya’da çiftlik hayvanlarının atıklarından biyogaz üretim potansiyelini belirlemek amacıyla çalışma yapmışlardır. Hayvansal atıklardan yılda 4 589 milyon m³ biyogaz elde edilebileceğini belirtmişlerdir. Biyogazın elektrik enerjisi üretiminde verimli bir şekilde kullanılabileceğini, az maliyetli ve sürdürülebilir enerji kaynağı olduğunu vurgulamışlardır.

Kaya ve ark. (2009), Türkiye’nin hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyeli ve ekonomisi üzerine çalışma yürütmüşlerdir. Biyogazın eşdeğer enerji potansiyeli tespit edilerek haritalandırılmıştır. Bunun yardımıyla tesis kurulabilecek potansiyeli olan iller tespit edilmiştir. Potansiyeli olan ve pilot bölge olarak seçilecek iller için farklı tesis senaryosuna göre tesis ekonomisi analiz edilmiştir.

Yetiş ve ark. (2019, Bitlis ilinde mevcut hayvan varlığını ele alarak, 2017 yılı için gübre, biyogaz, enerji potansiyeli ve yakıt artırımını hesaplamışlardır. Biyogaz potansiyelini büyükbaş hayvanlarda 17 570 030 m³/yıl, küçükbaş hayvanlarda 3.719.294 m³/yıl kanatlı hayvanlarda ise 175 621 m³/yıl olarak tespit etmişlerdir. Bitlis ilinde toplam biyogaz miktarı yaklaşık 21.46 milyon m³/yıl olarak bulunmuştur.

Taşova (2017), Tokat iline ait kümes hayvanlarının atıklarından 2010-2014 yılları arasında biyogaz üretim potansiyelini hesaplamıştır. Atık miktarları 5 190, 5 197, 5 459, 7 443 ve 6 973 ton/yıl olup, üretilebilecek biyogaz değerleri 404 798, 405 381, 425 836, 580 567, 543 896 m³/yıl olarak hesaplanmıştır. Üretilebilecek yıllık elektrik enerjisi değerleri 1 902 548, 1 905 291, 2 001 428, 2 728 667, 2 556 314 kWh olarak tespit edilmiştir.

Yokuş (2019), Sivas ilinde hayvansal atıkların belirli bir alanda toplanması yerine, bölgeye yakın farklı konumlarda kurulacak tesislerde kullanılmasının ekonomik yönden daha avantajlı olacağını belirtmiştir. Hayvansal atık miktarlarını esas alarak biyogaz potansiyeli tespit edilmiş ve sürdürülebilir biyogaz üretimi için il genelinde tesis alanları belirlenmiş, ArcGIS (CBS) haritalamaları yapılmıştır. Sivas ili genelinde dört havzada, 25-50 kW’lık 248 adet, 50-100 kW’lık 161 adet, 100-250 kW’lık 70 adet, 250-500 kW’lık 8 adet ve 500-2500 kW’lık 6 adet yapı kurulabileceği tespit edilmiştir.

Kaynarca ve ark. (2021), çalışmada Eskişehir ilinin hayvansal atık varlığı araştırılmış ve elde edilebilecek biyogaz ve enerji değerleri tespit edilmiştir. Hayvansal atık miktarları; 1 785 944 ton/yıl büyükbaş, 892 359 ton/yıl küçükbaş, 264 754 ton/yıl kanatlı hayvan ve 43 216 ton/yıl ise tek tırnaklı hayvan olmak üzere toplam 2 986 266 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Toplanabilir 2 050 383 ton/yıl hayvansal atıktan 66 620 541 m³ CH₄/yıl metan gazı üretilebileceği tespit edilmiştir. Metanın 57 283.89 TEP değerine karşılık geldiği ve bu metan gazı ile 233 171 MWh elektrik (%35 verim) üretilebileceği ve bu miktar ile Eskişehir'in yıllık elektrik tüketiminin yaklaşık %8'ini karşılayabileceği belirtilmiştir.

Erhan (2019), Ağrı ilinin büyükbaş hayvan potansiyeli ve biyogaz ve elektrik üretiminin Ağrı ili ve ülke ekonomisine katkısı incelenmiştir. Ağrı ilinde 2016 yılı toplam büyükbaş hayvan sayısı 321 032 adet olduğunu, bu atıklardan üretilebilecek elektrik enerjisinin yılda 224 064.28 MWh olduğunu hesaplamıştır.

Wagar ve ark. (2016), çalışmalarında, Pakistan'ın enerji ihtiyacını belli oranda karşılamak için biyogaz potansiyelini incelemişlerdir. 1 m³ biyogaz ile 2.5 kWh elektrik enerjisi üretilebileceğini, hayvansal dışkılarından günde 35.6 milyon kWh elektrik enerjisi elde edilebileceğini tespit etmişlerdir.

Altıkat ve Çelik (2012), hayvan sayılarını esas alarak Iğdır ili ve ilçelerinin biyogaz üretimi potansiyelini belirlemişler ve Doğu Anadolu Bölgesi ile ülkemizin hayvansal atık kaynaklı biyogaz varlığı değerleri ile kıyaslamalar yapmışlardır. Iğdır ilindeki hayvansal atık kaynaklı biyogaz miktarı yılda 21 441 milyon m³ olarak bulunmuştur. İlçelere göre en çok üretimin 8 172 milyon m³/yıl ile Tuzluca ilçesinden elde edilebileceği tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada ülkemiz kapsamında oluşabilecek yıllık biyogaz tutarının yaklaşık %18'inin Doğu Anadolu Bölgesi'nden sağlanabileceği, Iğdır ilinin Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki biyogaz potansiyeli oranı %3.76, Türkiye'de ise %0.679 olarak tespit edilmiştir. Iğdır ilinde yılda elde edilebilecek biyogazın elektrik enerjisi değerinin 100 milyon kWh olduğu bildirilmiştir.

Aybek ve ark. (2015), Kahramanmaraş ilinde hayvansal ve bazı bitkisel atıkların biyogaz potansiyelini belirlemişlerdir. İl genelinde tarımsal atıklardan elde edilebilecek yıllık toplam biyogaz enerji potansiyeli 2 177 TJ/yıl olarak hesaplanmış, Bu enerjinin yaklaşık %95'ini hayvansal atıkların oluşturduğu bildirilmiştir.

Çalışkan ve Özdil (2020), çalışmalarında, 2007-2019 yılları arasında Türkiye'nin çeşitli bölgelerine ait veriler kullanılarak hayvan gübresinden üretilen biyogaz potansiyeli ve elektrik üretim potansiyeli hesaplanmıştır. Söz konusu yıllar için biyogazdan 76.448 milyon m³ metan elde edilebileceğini belirlenmiştir. Türkiye'de hayvan gübresi atıklarından sağlanabilecek elektrik enerjisi potansiyeli 2007-2019 yılları arasında 231.009×10^6 kWh iken, aynı dönemdeki elektrik tüketimi $2.898.040 \times 10^6$ kWh olarak hesaplanmıştır. 'dir. Hayvan gübresinden sağlanabilecek potansiyel elektriğin aynı yıllarda tüketilen elektriğin %7,99'unu karşılayabileceğini bildirmişlerdir.

Aksüt ve ark. (2022), Tokat ilinde hayvansal atıklarından elde edilebilecek biyogaz potansiyelini belirlemişlerdir. 2021 yılı verilerine göre Tokat ilinde 303.952 adet büyükbaş, 511.457 adet küçükbaş ve 247.333 adet kanatlı hayvan bulunduğu, 245.988 ton katı atık elde edildiği ve hayvansal atıklardan yaklaşık 49 milyon m³/yıl biyogaz elde edilebileceği hesaplanmıştır. En yüksek biyogaz potansiyeline sahip olan ilçelerin sırasıyla Merkez, Turhal ve Zile ilçeleri olduğu bildirilmiştir. Üretilen biyogazdan elde edilebilecek elektrik enerjisi 117 00 MWh/yıl olarak hesaplanmıştır.

Ertop ve ark. (2022), Türkiye'de büyükbaş hayvanların atıklardan üretilen biyogazdan iller bazında elektrik enerjisi üretimi ve elektrik enerjisinin tüketilen elektrik enerjisini karşılama oranları belirlenmiştir. Araştırmada, 2020 yılı verileri kullanılmıştır. Büyükbaş hayvansal atıklarından elde edilebilecek biyogaz enerjisinin 2.361 063 163 MJ olduğu ve bu biyogaz enerjisinin yaklaşık 656 375 MWh elektrik enerjisine eşdeğer olduğu belirlenmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Yapılan çalışmada, Yozgat ili ve ilçelerinde büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanların atıklarından elde edilebilecek biyogaz potansiyeli ve enerji eşdeğerleri belirlenmiştir. Bu amaçla, Yozgat ili ve ilçelerine ait dört yıllık (2018-2021) hayvan varlığı ile ilgili veriler Tarım ve Orman Bakanlığı Yozgat İl Tarım Müdürlüğü ve Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)’ten alınmıştır.

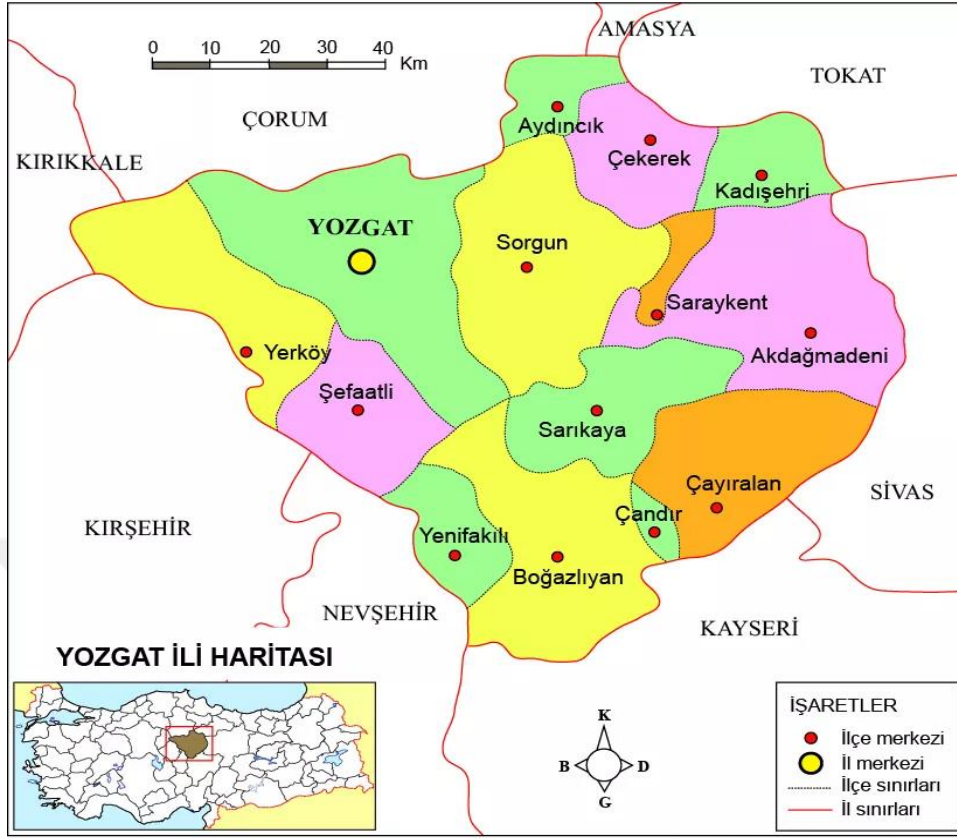
3.1.1 Yozgat ilinin coğrafi konumu ve özellikleri

Çalışmamıza konu olan Yozgat ili Türkiye’nin İç Anadolu Bölgesinde yer alır. Çekerek, Aydıncık, Kadişehri, Karadeniz Bölgesinde yer alır. Doğudan Sivas, güneyden Kayseri, Nevşehir, Kırşehir; batıdan Kırıkkale; kuzeyden ise Amasya, Çorum ve Tokat illeri ile çevrilidir. 34 05’-36 10’ doğu meridyenleri ile 38 40’-40 18’ kuzey paralelleri konumunda yer almaktadır. İl merkezinin rakımı 1 317 metredir. Yozgat ilinin ekonomik alanı daha çok tarım ve hayvancılıktır. Yozgat’ta halkın %56.52’si tarım, %43.8’i ise diğer alanlarda çalışmaktadır. Türkiye topraklarının %1.82’sini oluşturan ilin alanı 14 074 km²’dir. Bozok Platosu üzerinde bulunmaktadır. %51.4 platolar, %37.7’si dağlar ve %10.9’u ovalardan oluşmaktadır (Anonim, 2020).

2021 yılı TÜİK bilgilerine göre merkez ilçeye birlikte; 14 ilçe, 36 belediye bu belediyelerde 234 mahalle ve ayrıca 558 köy bulunmaktadır. Yozgat ilinde İlçeler; Merkez, Akdağmadeni, Aydıncık, Boğazlıyan, Çandır, Çayıralan, Çekerek, Kadişehri, Saraykent, Sarıkaya, Şefaati, Sorgun, Yenifakılı ve Yerköy’dür (Şekil 3.1)..

3.1.2. Yozgat ili hayvan varlığı

Yozgat ili hayvancılık açısından büyük bir varlığa sahiptir. Tarımsal işletmelerin genelinde hayvancılık, bitkisel üretimle beraber yapılmaktadır. Önceleri büyük oranda yerli ırklara dayanan hayvan potansiyelinde, son senelerde kültür ırkı ve kültür melezi ırklarda önemli artışlar görülmüştür. Kültür ırkında birinci sırayı Montofon ırkı melezi ile Montofon ırkı almaktadır (Anonim, 2020)..



Şekil 3.1. Yozgat ili merkez ve ilçeleri haritası

Merkez, Akdağmadeni, Çekerek, Kadışehri, Sorgun ve Yerköy ilçelerinde süt sığırcılığının yanında besicilikte de fazladır. Diğer ilçelerde ise süt sığırcılığı daha fazla yapılmaktadır (Anonim, 2020).

Yozgat ili merkez ve ilçelerinde hayvan verileri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Yozgat ili ilçelerine ait toplam hayvan verileri

Hayvan Türleri	2018	2019	2020	2021
Büyükbaş	230 000	242 000	245 000	242 653
Küçükbaş	355 000	370 000	340 000	456 097
Kanatlı	851 560	860 172	903 776	630 725

3.2. Yöntem

3.2.1. Hayvansal atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarının belirlenmesi

Teorik atık ve enerji potansiyelinin belirlenmesi için yapılan hesaplamalarında baz alınan hayvan cinsleri, canlı ağırlık, taze (yaş) atık miktarları, atık nem oranı ve biyogaz verimi gibi bilgiler Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Hayvan cinslerine göre atık özellikleri ve biyogaz verimleri (Köttner, 2003; Koçer ve ark., 2006; Başçetinçelik ve ark., 2007; Onurbas Avcıoğlu ve Türker, 2012)

Hayvan Cinsi	Canlı Ağırlık (kg)	Taze (Yaş) Atık Miktarı		Katı Madde TK (%)	Uçucu Katı Madde (UK) (%)	Barınakta Kalma Oranı (%)	Biyogaz Verimi (l/kg UK)
		Ağırlıkça Yüzde	kg/gün hayvan				
Büyükbaş	135-800	5-6	10-20	5-25	75-85	Süt: 65 Et:25	200-350
Küçükbaş	30-75	4-5	2	30	20	13	100-310
Kanatlılar							
Yumurta	1,5-2,0	3-4	0,08-1	10-35	70-75	99	310-620
Et				50-90	60-80		550-650

Günlük yaş atık miktarları, hayvanların canlı ağırlığının büyükbaş hayvanlarda % 6, küçükbaş hayvanlarda % 5 ve kanatlılarda (kümes hayvanlarında) ise % 4 olarak alınabilmektedir. Hayvanların barınakta kalma sürelerine göre atığın elde edilebilirlik oranları; büyükbaş hayvanlar için %50, küçükbaş hayvanlar için %13 ve kümes hayvanları için %99 olarak alınabilmektedir.

Çizelge 3.3. Hayvan türüne bağlı olarak elde edilebilecek atık miktarları (Yokuş, 2011)

Hayvan Cinsi	Yaş Atık Miktarı (kg/gün)	Katı Madde Oranı (%)	Katı Atık Miktarı (kg/gün)	Elde Edilebilirlik Oranı (%)	Elde Edilebilir Toplam Katı Atık (kg/gün)
Büyükbaş	27	15	4.05	50	2.025
Küçükbaş	2.50	30	0.75	13	0.0975
Kanatlı	0.10	35	0.035	99	0.035

Çizelge 3.3' te verilen değerlere göre büyükbaş hayvanlar için 2.025 kg, küçükbaş hayvanlar için 0.0975 kg, kanatlı hayvanlarda ise 0.035 kg günlük katı madde atık üretimi tespit edilmiştir. Bu veriler kullanılarak Yozgat ili ve ilçelerinde biyogaz verimleri hesaplanmıştır.

Yaş (Taze) Atık Miktarı

Büyükbaş hayvanlar için

$$TYA_{BB} = HS_{BB} \cdot HBY_{BB} \cdot 365 / 1000$$

TYA_{BB} : Büyükbaş hayvanlar için toplam yaş atık miktarı (ton/yıl)

HS_{BB} : Büyükbaş hayvan sayısı (adet)

HBY_{BB} : Büyükbaş hayvan başına yaş atık miktarı (27 kg/gün)

Küçükbaş hayvanlar için

$$TYA_{KB} = HS_{KB} \cdot HBY_{KB} \cdot 365 / 1000$$

TYA_{KB} : Küçükbaş hayvanlar için toplam yaş atık miktarı (ton/yıl)

HS_{KB} : Küçükbaş hayvan sayısı (adet)

HBY_{KB} : Küçükbaş hayvan başına yaş atık miktarı (2.5 kg/gün)

Kanatlılar (kümes hayvanları) için

$$TYA_{KNT} = HS_{KNT} \cdot HBY_{KNT} \cdot 365 / 1000$$

TYA_{KNT} : Kanatlılar için toplam yaş atık miktarı (ton/yıl)

HS_{KNT} : Kanatlı hayvan sayısı (adet)

HBY_{KNT} : Kanatlı hayvan başına yaş atık miktarı (0,1 kg/gün)

Toplanabilir Katı Atık Miktarı

Büyükbaş hayvanlar için

$$TKA_{BB} = TYA_{BB} \cdot (0.15 \times 0.5)$$

TKA_{BB} : Büyükbaş hayvanlar için toplam katı atık miktarı (ton/yıl)

TYA_{BB} : Büyükbaş hayvanlar için toplam yaş atık miktarı (ton/yıl)

Küçükbaş hayvanlar için

$$TKA_{KB} = TYA_{KB} (0.3 \times 0.13)$$

TKA_{KB} : Küçükbaş hayvanlar için toplam katı atık miktarı (ton/yıl)

TYA_{KB} : Küçükbaş hayvanlar için toplam yaş atık miktarı (ton/yıl)

Kanatlılar (kümes hayvanları) için

$$TKA_{KNT} = TYA_{KNT} (0.35 \times 0.99)$$

TKA_{KNT} : Kanatlı hayvanlar için toplam katı atık miktarı (ton/yıl)

TYA_{KNT} : Kanatlı hayvanlar için toplam yaş atık miktarı (ton/yıl)

Hesaplamalarda 1 ton katı hayvansal atıktan yaklaşık 200 m³ biyogaz elde edilebilmektedir. % 60 metan içeriğine sahip biyogazın enerji değeri 22,7 MJ/m³ olarak alınabilir. Biyogazdan elektrik üretimi hesaplamalarında, biyogazın metan oranı %60 olarak alınmıştır. Metanın enerji değeri 9,97 kWh/m³, kojenerasyon sisteminde elektrik üretiminde verim ise % 40 kabul edilmektedir (Yokuş, 2011).

Yozgat ili büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları üzerinden yapılan atık miktarları, biyogaz üretim miktarları ve enerji değerlerinin hesaplamasında Microsoft Excel programından yararlanılmıştır. Hesaplanan değerlerin haritalanmasında ise CBS yazılımlarından ArcGIS programı 10.1 sürümü kullanılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Yozgat İli Hayvansal Atıklarının Biyogaz Potansiyeli ve Enerji Değerleri

4.1.1. Merkez ilçe biyogaz potansiyeli

Yozgat ili Merkez ilçe hayvan verileri, hayvansal yaş atık, katı atık miktarları, biyogaz üretim potansiyeli ve biyogaz enerji değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Merkez ilçe hayvan sayıları, biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri

YOZGAT MERKEZ İLÇE				
Hayvan Sayıları				
	2018	2019	2020	2021
BÜYÜKBAŞ	35 506	35 500	35 352	35 526
KÜÇÜKBAŞ	52 000	52 000	40 061	65 650
KANATLI	25 671	41 531	83 768	55 478
Yaş Atık Miktarı (ton / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	349 912	349 852	348 394	350 109
KÜÇÜKBAŞ	47 450	47 450	36 556	59 905
KANATLI	937	1 516	3 057	2 025
TOPLAM	398 298	398 818	388 007	412 039
Katı Atık Miktarı (ton / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	26 243	26 239	26 129	26 258
KÜÇÜKBAŞ	1 851	1 851	1 426	2 336
KANATLI	325	525	1 059	702
TOPLAM	28 419	28 615	28 614	29 296
Biyogaz Potansiyeli (m ³ / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	5 248 674	5 247 787	5 225 909	5 251 631
KÜÇÜKBAŞ	370 110	370 110	285 134	467 264
KANATLI	64 934	105 051	211 887	140 329
TOPLAM	5 683 718	5 722 948	5 722 930	5 859 223
Biyogazın Enerji Değeri (GJ)				
BÜYÜKBAŞ	119 145	119 125	118 628	119 212
KÜÇÜKBAŞ	8 401	8 401	6 472	10 607
KANATLI	1 474	2 385	4 810	3 185
TOPLAM	129 020	129 911	129 910	133 004

Yozgat Merkez ilçede büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları 2018-2021 yılları itibarıyla Çizelge 4.1’de verilmiştir. 2021 yılında 35 526, büyükbaş, 65 650 küçükbaş ve 55 478 adet kanatlı hayvan bulunmaktadır. 2021 yılında elde edilebilecek toplam yaş atık miktarı 412039 ton, katı atık miktarı ise 29 296 ton olarak hesaplanmıştır. Bu atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarı 5 859 223 m³ olmaktadır. Biyogazın enerji değeri ise 133 004 GJ olarak hesaplanmıştır.

4.1.2. Akdağmadeni ilçesi biyogaz potansiyeli

Akdağmadeni ilçesine ait hayvan verileri, hayvansal yaş atık, katı atık miktarları, biyogaz üretim potansiyeli ve biyogaz enerji değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Akdağmadeni ilçesi hayvan sayıları, biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri

AKDAĞMADENİ				
Hayvan Sayıları				
	2018	2019	2020	2021
BÜYÜKBAŞ	36 051	36 200	37 164	34 239
KÜÇÜKBAŞ	40 863	29 000	41 833	45 003
KANATLI	318 395	318 164	291 895	269 203
Yaş Atık Miktarı (ton / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	355 282	356 751	366 251	337 425
KÜÇÜKBAŞ	37 287	26 462	38 173	41 065
KANATLI	11 621	11 613	10 654	9 826
TOPLAM	404 190	394 826	415 078	388 316
Katı Atık Miktarı (ton / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	26 646	26 756	27 469	25 307
KÜÇÜKBAŞ	1 454	1 032	1 489	1 601
KANATLI	4 027	4 024	3 692	3 405
TOPLAM	32 127	31 812	32 650	30 313
Biyogaz Potansiyeli (m³ / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	5 329 239	5 351 265	5 493 768	5 061 380
KÜÇÜKBAŞ	290 842	206 407	297 746	320 309
KANATLI	805 364	804 780	738 334	680 935
TOPLAM	6 425 445	6 362 452	6 529 848	6 062 624
Biyogazın Enerji Değeri (GJ)				
BÜYÜKBAŞ	120 974	121 474	124 708	114 893
KÜÇÜKBAŞ	6 602	4 685	6 759	7 271
KANATLI	18 282	18 268	16 760	15 457
TOPLAM	145 858	144 427	148 227	137 621

Yozgat ili Akdağmadeni ilçesinde bulunan büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları 2018-2021 yılları itibarıyla Çizelge 4.2’de verilmiştir. 2021 yılında 34 239 adet büyükbaş, 45 003 küçükbaş ve 269 203 adet kanatlı hayvan bulunmaktadır. 2021 yılında elde edilebilecek toplam yaş atık miktarı 388 316 ton, katı atık miktarı 30 313 ton olarak hesaplanmıştır. Bu atıklardan üretilbilecek biyogaz miktarı 6 062 624 m³ olmaktadır. Biyogazın enerji değeri ise 137 621 GJ olarak hesaplanmıştır.

4.1.3. Aydıncık ilçesi biyogaz potansiyeli

Aydıncık ilçesine ait hayvan verileri, hayvansal yaş atık, katı atık miktarları, biyogaz üretim potansiyeli ve biyogaz enerji değerleri Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Aydıncık ilçesi hayvan sayıları, biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri

AYDINCIK				
Hayvan Sayıları				
	2018	2019	2020	2021
BÜYÜKBAŞ	8 341	8 000	7 778	7 902
KÜÇÜKBAŞ	6 762	4 000	5 692	5 794
KANATLI	7 745	6 840	3 169	3 657
Yaş Atık Miktarı (ton / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	82 200	78 840	76 652	77 874
KÜÇÜKBAŞ	6 170	3 650	5 194	5 287
KANATLI	283	249	116	133
TOPLAM	88 653	82 739	81 962	83 294
Katı Atık Miktarı (ton / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	6 165	5 913	5 749	5 840
KÜÇÜKBAŞ	240	142	202	206
KANATLI	98	86	40	46
TOPLAM	6 503	6 141	5 991	6 093
Biyogaz Potansiyeli (m³ / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	1 233 008	1 182 600	1 149 783	1 168 113
KÜÇÜKBAŞ	48 128	28 470	40 513	41 239
KANATLI	19 591	17 301	8 016	9 250
TOPLAM	1 300 727	1 228 371	1 198 312	1 218 602
Biyogazın Enerji Değeri (GJ)				
BÜYÜKBAŞ	27 989	26 845	26 100	26 516
KÜÇÜKBAŞ	1 092	646	920	936
KANATLI	445	393	182	210
TOPLAM	29 526	27 884	27 202	27 662

Yozgat ili Aydıncık ilçesinde bulunan büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları 2018-2021 yılları itibarıyla Çizelge 4.3'de verilmiştir. 2021 yılında 7902 adet büyükbaş, 5 794 adet küçükbaş ve 3 657 adet kanatlı hayvan bulunmaktadır. 2021 yılında elde edilebilecek toplam yaş atık miktarı 83 294 ton, katı atık miktarı ise 6 093 ton olarak hesaplanmıştır. Bu atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarı 1 218 602 m³ olmaktadır. Aydıncık ilçesinde üretilebilecek biyogazın enerji değeri ise 137 621 GJ olarak hesaplanmıştır.

4.1.4. Boğazlıyan ilçesi biyogaz potansiyeli

Boğazlıyan ilçesine ait hayvan verileri, hayvansal yaş atık, katı atık miktarları, biyogaz üretim potansiyeli ve biyogaz enerji değerleri Çizelge 4.4’te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Boğazlıyan ilçesi hayvan sayıları, biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri

BOĞAZLIYAN				
Hayvan Sayıları				
	2018	2019	2020	2021
BÜYÜKBAŞ	14 406	15 000	13 712	13 010
KÜÇÜKBAŞ	66 174	65 000	101 991	83 196
KANATLI	25 244	24 435	5 760	29 000
Yaş Atık Miktarı (ton / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	141 971	147 825	135 132	128 213
KÜÇÜKBAŞ	60 384	59 312	93 067	75 916
KANATLI	921	892	210	1 058
TOPLAM	203 276	208 029	228 409	205 187
Katı Atık Miktarı (ton / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	10 648	11 087	10 135	9 616
KÜÇÜKBAŞ	2 355	2 313	3 629	2 961
KANATLI	319	309	73	367
TOPLAM	13 322	13 709	13 837	12 944
Biyogaz Potansiyeli (m³ / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	2 129 567	2 217 375	2 026 976	1 923 203
KÜÇÜKBAŞ	470 993	462 637	725 921	592 147
KANATLI	63 853	61 807	14 569	73 354
TOPLAM	2 664 413	2 741 819	2 767 466	2 588 704
Biyogazın Enerji Değeri (GJ)				
BÜYÜKBAŞ	48 341	50 334	46 012	43 657
KÜÇÜKBAŞ	10 691	10 502	16 478	13 442
KANATLI	1 449	1 403	331	1 665
TOPLAM	60 481	62 239	62 821	58 764

Yozgat ili Boğazlıyan ilçesinde bulunan büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları 2018-2021 yılları itibarıyla Çizelge 4.4’de verilmiştir. 2021 yılında 13 010 adet büyükbaş, 83 196 adet küçükbaş ve 29 000 adet kanatlı hayvan bulunmaktadır. 2021 yılında elde edilebilecek toplam yaş atık miktarı 205 187 ton, katı atık miktarı 12 944 ton olarak hesaplanmıştır. Bu atıklardan üretilbilecek biyogaz miktarı 2 588 704 m³ olmaktadır. Boğazlıyan ilçesinde üretilbilecek biyogazın enerji değeri ise 58 764 GJ olarak hesaplanmıştır.

4.1.5. Çandır ilçesi biyogaz potansiyeli

Çandır ilçesine ait hayvan verileri, hayvansal yaş atık, katı atık miktarları, biyogaz üretim potansiyeli ve biyogaz enerji değerleri Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Çandır ilçesi hayvan sayıları, biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri

ÇANDIR				
Hayvan Sayıları				
	2018	2019	2020	2021
BÜYÜKBAŞ	2 081	2 300	2 486	2 000
KÜÇÜKBAŞ	6 151	5 000	9 686	11 222
KANATLI	64 350	3 795	43 484	56 535
Yaş Atık Miktarı (ton / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	20 508	22 666	24 499	19 710
KÜÇÜKBAŞ	5 613	4 562	8 838	10 240
KANATLI	2 349	139	1 587	2 063
TOPLAM	28 470	27 367	34 924	32 013
Katı Atık Miktarı (ton / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	1 538	1 700	1 837	1 478
KÜÇÜKBAŞ	219	178	345	399
KANATLI	814	48	550	715
TOPLAM	2 571	1 926	2 732	2 592
Biyogaz Potansiyeli (m³ / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	307 624	339 997	367 493	295 650
KÜÇÜKBAŞ	43 780	35 587	68 940	79 872
KANATLI	162 770	9 599	109 990	143 002
TOPLAM	514 174	385 183	546 423	518 524
Biyogazın Enerji Değeri (GJ)				
BÜYÜKBAŞ	6 983	7 718	8 342	6 711
KÜÇÜKBAŞ	994	808	1 565	1 813
KANATLI	3 695	218	2 497	3 246
TOPLAM	11 672	8 744	12 404	11 770

Yozgat ili Çandır ilçesinde bulunan büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları 2018-2021 yılları itibarıyla Çizelge 4.5’de verilmiştir. 2021 yılında 2000 adet büyükbaş, 11 222 adet küçükbaş ve 56 535 adet kanatlı hayvan bulunmaktadır. 2021 yılında elde edilebilecek toplam yaş atık miktarı 22 013 ton, katı atık miktarı 2 592 ton olarak hesaplanmıştır. Çandır ilçesinde 2021 yılında hayvansal atıklardan üretilbilecek biyogaz miktarı 518 524 m³ olmaktadır. Biyogazın enerji değeri ise 11 770 GJ olarak hesaplanmıştır.

4.1.6. Çayıralan biyogaz potansiyeli

Çayıralan ilçesine ait hayvan verileri, hayvansal yaş atık, katı atık miktarları, biyogaz üretim potansiyeli ve biyogaz enerji değerleri Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Çayıralan ilçesi hayvan sayıları, biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri

ÇAYIRALAN				
Hayvan Sayıları				
	2018	2019	2020	2021
BÜYÜKBAŞ	7 445	7 650	7 684	9 173
KÜÇÜKBAŞ	13 238	12 300	17 467	20 200
KANATLI	6 072	6 167	6 198	6 202
Yaş Atık Miktarı (ton / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	73 370	75 391	75 726	90 400
KÜÇÜKBAŞ	12 080	11 224	15 938	18 432
KANATLI	222	226	226	226
TOPLAM	85 672	86 841	91 890	109 058
Katı Atık Miktarı (ton / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	5 503	5 654	5 679	6 780
KÜÇÜKBAŞ	471	438	622	719
KANATLI	77	78	78	78
TOPLAM	6 051	6 170	6 379	7 577
Biyogaz Potansiyeli (m ³ / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	1 100 557	1 130 861	1 135 887	1 355 999
KÜÇÜKBAŞ	94 221	87 545	124 321	143 773
KANATLI	15 359	15 599	15 677	15 688
TOPLAM	1 210 137	1 234 005	1 275 885	1 515 460
Biyogazın Enerji Değeri (GJ)				
BÜYÜKBAŞ	24 983	25 670	25 785	30 780
KÜÇÜKBAŞ	2 139	1 988	2 822	3 264
KANATLI	349	354	356	357
TOPLAM	27 471	28 012	28 963	34 401

Yozgat ili Çayıralan ilçesinde bulunan büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları 2018-2021 yılları itibarıyla Çizelge 4.6’da verilmiştir. 2021 yılında 9173 adet büyükbaş, 20 200 adet küçükbaş ve 6 202 adet kanatlı hayvan bulunmaktadır. 2021 yılında elde edilebilecek toplam yaş atık miktarı 109 058 ton, katı atık miktarı 7 577 ton olarak hesaplanmıştır. Çayıralan ilçesinde 2021 yılında hayvansal atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarı 515 460 m³ olmaktadır. Biyogazın enerji değeri ise 34 401 GJ olarak hesaplanmıştır.

4.1.7. Çekerek ilçesi biyogaz potansiyeli

Çekerek ilçesine ait hayvan verileri, hayvansal yaş atık, katı atık miktarları, biyogaz üretim potansiyeli ve biyogaz enerji değerleri Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Çekerek ilçesi hayvan sayıları, biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri

ÇEKEREK				
Hayvan Sayıları				
	2018	2019	2020	2021
BÜYÜKBAŞ	25 943	25 500	27 207	27 741
KÜÇÜKBAŞ	17 953	16 700	16 931	16 209
KANATLI	6 170	6 834	8 093	8 355
Yaş Atık Miktarı (ton / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	255 668	251 302	268 126	273 387
KÜÇÜKBAŞ	16 382	15 239	15 449	14 791
KANATLI	225	249	295	305
TOPLAM	272 275	266 790	283 870	288 483
Katı Atık Miktarı (ton / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	19 175	18 847	20 109	20 504
KÜÇÜKBAŞ	639	594	602	577
KANATLI	78	86	102	105
TOPLAM	19 892	19 527	20 813	21 186
Biyogaz Potansiyeli (m³ / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	3 835 024	3 769 537	4 021 875	4 100 814
KÜÇÜKBAŞ	127 780	118 862	120 506	115 367
KANATLI	15 607	17 286	20 471	21 133
TOPLAM	3 978 411	3 905 685	4 162 852	4 237 314
Biyogazın Enerji Değeri (GJ)				
BÜYÜKBAŞ	87 055	85 569	91 296	93 088
KÜÇÜKBAŞ	2 901	2 698	2 735	2 619
KANATLI	354	392	465	479
TOPLAM	90 310	88 659	94 496	96 186

Yozgat ili Çekerek ilçesinde bulunan büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları 2018-2021 yılları itibarıyla Çizelge 4.7’de verilmiştir. 2021 yılında 27 741 büyükbaş, 16 209 adet küçükbaş ve 8 355 adet kanatlı hayvan bulunmaktadır. 2021 yılında elde edilebilecek toplam yaş atık miktarı 288 483 ton, katı atık miktarı 21 186 ton olarak hesaplanmıştır. Çekerek ilçesinde 2021 yılında hayvansal atıklardan üretililecek biyogaz miktarı 4 237 314 m³ olmaktadır. Biyogazın enerji değeri ise 96 186 GJ olarak hesaplanmıştır.

4.1.8. Kadişehri ilçesi biyogaz potansiyeli

Kadişehri ilçesine ait hayvan verileri, hayvansal yaş atık, katı atık miktarları, biyogaz üretim potansiyeli ve biyogaz enerji değerleri Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Kadişehri ilçesi hayvan sayıları, biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri

KADIşEHİRİ				
Hayvan Sayıları				
	2018	2019	2020	2021
BÜYÜKBAş	19 199	17 400	21 138	20 266
KÜÇÜKBAş	9 365	9 900	11 073	12 255
KANATLI	14 107	16 667	13 930	9 330
Yaş Atık Miktarı (ton / yıl)				
BÜYÜKBAş	189 206	171 477	208 315	199 721
KÜÇÜKBAş	8 545	9 034	10 104	11 183
KANATLI	515	608	508	340
TOPLAM	198 266	181 119	218 927	211 244
Katı Atık Miktarı (ton / yıl)				
BÜYÜKBAş	14 191	12 861	15 623	14 979
KÜÇÜKBAş	333	352	394	436
KANATLI	178	211	176	118
TOPLAM	14 702	13 424	16 193	15 533
Biyogaz Potansiyeli (m³ / yıl)				
BÜYÜKBAş	2 838 092	2 572 155	3 124 725	2 995 822
KÜÇÜKBAş	66 655	70 463	78 812	87 225
KANATLI	35 683	42 158	35 235	23 599
TOPLAM	2 940 430	2 684 776	3 238 772	3 106 646
Biyogazın Enerji Değeri (GJ)				
BÜYÜKBAş	64 425	58 388	70 932	68 005
KÜÇÜKBAş	1 513	1 599	1 789	1 980
KANATLI	810	957	799	536
TOPLAM	66 748	60 944	73 520	70 521

Yozgat ili Kadişehri ilçesinde bulunan büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları 2018-2021 yılları itibarıyla Çizelge 4.8’de verilmiştir. 2021 yılında 20 266 büyükbaş, 12 255 adet küçükbaş ve 9 330 adet kanatlı hayvan bulunmaktadır. 2021 yılında elde edilebilecek toplam yaş atık miktarı 211 244 ton, katı atık miktarı 15 533 ton olarak hesaplanmıştır. Kadişehri ilçesinde 2021 yılında hayvansal atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarı 3 106 646 m³ olmaktadır. Biyogazın enerji değeri ise 70 521 GJ olarak hesaplanmıştır.

4.1.9. Saraykent ilçesi biyogaz potansiyeli

Saraykent ilçesine ait hayvan verileri, hayvansal yaş atık, katı atık miktarları, biyogaz üretim potansiyeli ve biyogaz enerji değerleri Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Saraykent ilçesi hayvan sayıları, biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri

SARAYKENT				
Hayvan Sayıları				
	2018	2019	2020	2021
BÜYÜKBAŞ	9 462	9 500	9 812	9 011
KÜÇÜKBAŞ	2 654	2 400	4 168	3 952
KANATLI	6 730	6 734	0	950
Yaş Atık Miktarı (ton / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	93 248	93 622	96 697	88 803
KÜÇÜKBAŞ	2 422	2 190	3 803	3 606
KANATLI	246	246	0	35
TOPLAM	95 916	96 058	100 500	92 444
Katı Atık Miktarı (ton / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	6 993	7 022	7 252	6 660
KÜÇÜKBAŞ	94	85	148	141
KANATLI	85	85	0	12
TOPLAM	7 172	7 192	7 400	6 813
Biyogaz Potansiyeli (m³ / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	1 398 720	1 404 337	1 450 459	1 332 051
KÜÇÜKBAŞ	18 889	17 082	29 665	28 128
KANATLI	17 023	17 033	0	2 403
TOPLAM	1 434 632	1 438 452	1 480 124	1 362 582
Biyogazın Enerji Değeri (GJ)				
BÜYÜKBAŞ	31 751	31 878	32 925	30 237
KÜÇÜKBAŞ	429	388	673	638
KANATLI	386	387	0	55
TOPLAM	32 566	32 653	33 598	30 930

Yozgat ili Saraykent ilçesinde bulunan büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları 2018-2021 yılları itibarıyla Çizelge 4.9’da verilmiştir. 2021 yılında 9 011 büyükbaş, 3.952 adet küçükbaş ve 950 adet kanatlı hayvan bulunmaktadır. 2021 yılında elde edilebilecek toplam yaş atık miktarı 92 444 ton, katı atık miktarı 6 813 ton olarak hesaplanmıştır. Saraykent ilçesinde 2021 yılında hayvansal atıklardan üretililecek biyogaz miktarı 3 106 646 m³ olmaktadır. Biyogazın enerji değeri ise 70 521 GJ olarak hesaplanmıştır.

4.1.10. Sarıkaya ilçesi biyogaz potansiyeli

Sarıkaya ilçesine ait hayvan verileri, hayvansal yaş atık, katı atık miktarları, biyogaz üretim potansiyeli ve biyogaz enerji değerleri çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Sarıkaya ilçesi hayvan sayıları, biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri

SARIKAYA				
Hayvan Sayıları				
	2018	2019	2020	2021
BÜYÜKBAŞ	23 778	22 180	24 830	23 376
KÜÇÜKBAŞ	23 911	23 500	26 175	30 000
KANATLI	21 270	23 030	35 050	43 810
Yaş Atık Miktarı (ton / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	234 332	218 584	244 699	230 370
KÜÇÜKBAŞ	21 819	21 444	23 884	27 375
KANATLI	776	840	1 279	1 599
TOPLAM	256 927	240 868	269 862	259 344
Katı Atık Miktarı (ton / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	17 575	16 394	18 352	17 277
KÜÇÜKBAŞ	851	836	931	1 068
KANATLI	269	291	443	554
TOPLAM	18 695	17 521	19 726	18 899
Biyogaz Potansiyeli (m ³ / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	3 514 983	3 278 758	3 670 495	3 455 557
KÜÇÜKBAŞ	170 186	167 261	186 300	213 525
KANATLI	53 801	58 253	88 657	110 815
TOPLAM	3 738 970	3 504 272	3 945 452	3 779 897
Biyogazın Enerji Değeri (GJ)				
BÜYÜKBAŞ	79 790	74 428	83 320	78 441
KÜÇÜKBAŞ	3 863	3 797	4 229	4 847
KANATLI	1 221	1 322	2 012	2 515
TOPLAM	84 874	79 547	89 561	85 803

Yozgat ili Sarıkaya ilçesinde bulunan büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları 2018-2021 yılları itibarıyla Çizelge 4.10'da verilmiştir. 2021 yılında 23 376 büyükbaş, 30 000 adet küçükbaş ve 43 810 adet kanatlı hayvan bulunmaktadır. 2021 yılında elde edilebilecek toplam yaş atık miktarı 259 344 ton, katı atık miktarı 18 899 ton olarak hesaplanmıştır. Sarıkaya ilçesinde 2021 yılında hayvansal atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarı 3 779 897 m³ olmaktadır. Biyogazın enerji değeri ise 85 803 GJ olarak hesaplanmıştır.

4.1.11. Sorgun ilçesi biyogaz potansiyeli

Sorgun ilçesine ait hayvan verileri, hayvansal yaş atık, katı atık miktarları, biyogaz üretim potansiyeli ve biyogaz enerji değerleri Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Sorgun ilçesi hayvan sayıları, biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri

SORGUN				
Hayvan Sayıları				
	2018	2019	2020	2021
BÜYÜKBAŞ	32 895	33 150	36 567	32 148
KÜÇÜKBAŞ	35 217	41 000	36 688	38 630
KANATLI	89 777	114 250	40 110	40 720
Yaş Atık Miktarı (ton / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	324 180	326 693	360 368	316 818
KÜÇÜKBAŞ	32 135	37 412	33 478	35 250
KANATLI	3 277	4 170	1 464	1 486
TOPLAM	359 592	368 275	395 310	353 554
Katı Atık Miktarı (ton / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	24 314	24 502	27 028	23 761
KÜÇÜKBAŞ	1 253	1 459	1 305	1 375
KANATLI	1 135	1 445	507	515
TOPLAM	26 702	27 406	28 840	25 651
Biyogaz Potansiyeli (m ³ / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	4 862 703	4 900 399	5 405 517	4 752 278
KÜÇÜKBAŞ	250 657	291 817	261 127	274 949
KANATLI	227 086	288 989	101 456	102 999
TOPLAM	5 340 446	5 481 205	5 768 100	5 130 226
Biyogazın Enerji Değeri (GJ)				
BÜYÜKBAŞ	110 383	111 239	122 706	107 877
KÜÇÜKBAŞ	5 690	6 624	5 927	6 241
KANATLI	5 155	6 560	2 303	2 338
TOPLAM	121 228	124 423	130 936	116 456

Yozgat ili Sorgun ilçesinde bulunan büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları 2018-2021 yılları itibarıyla Çizelge 4.11’de verilmiştir. 2021 yılında 32 148 büyükbaş, 38 630 adet küçükbaş ve 40 720 adet kanatlı hayvan bulunmaktadır. 2021 yılında elde edilebilecek toplam yaş atık miktarı 353 554 ton, katı atık miktarı 25 651 ton olarak hesaplanmıştır. Sorgun ilçesinde 2021 yılında hayvansal atıklardan üretililecek biyogaz miktarı 5 130 226 m³ olmaktadır. Biyogazın enerji değeri ise 116 456 GJ olarak hesaplanmıştır.

4.1.12. Şefaati ilçesi biyogaz potansiyeli

Şefaati ilçesine ait hayvan verileri, hayvansal yaş atık, katı atık miktarları, biyogaz üretim potansiyeli ve biyogaz enerji değeri Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12 Şefaati ilçesi hayvan sayıları, biyogaz potansiyeli ve enerji değeri

ŞEFAATLİ				
Hayvan Sayıları				
	2018	2019	2020	2021
BÜYÜKBAŞ	9 301	8 520	8 034	8 023
KÜÇÜKBAŞ	25 010	33 200	30 329	37 379
KANATLI	14 750	15 674	22 350	27 400
Yaş Atık Miktarı (ton / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	91 661	83 965	79 175	79 067
KÜÇÜKBAŞ	22 822	30 295	27 675	34 108
KANATLI	538	572	816	1 000
TOPLAM	115 021	114 832	107 666	114 175
Katı Atık Miktarı (ton / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	6 875	6 298	5 938	5 930
KÜÇÜKBAŞ	890	1 181	1 079	1 330
KANATLI	187	198	283	347
TOPLAM	7 952	7 677	7 300	7 607
Biyogaz Potansiyeli (m ³ / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	1 374 921	1 259 469	1 187 627	1 185 999
KÜÇÜKBAŞ	178 008	236 301	215 866	266 046
KANATLI	37 309	39 646	56 533	69 307
TOPLAM	1 590 238	1 535 416	1 460 026	1 521 352
Biyogazın Enerji Değeri (GJ)				
BÜYÜKBAŞ	31 210	28 590	26 959	26 923
KÜÇÜKBAŞ	4 041	5 364	4 900	6 039
KANATLI	847	900	1 283	1 573
TOPLAM	36 098	34 854	33 142	34 535

Yozgat ili Şefaati ilçesinde bulunan büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları 2018-2021 yılları itibarıyla Çizelge 4.12’de verilmiştir. 2021 yılında 8 023 büyükbaş, 37 379 adet küçükbaş ve 27 400 adet kanatlı hayvan bulunmaktadır. 2021 yılında elde edilebilecek toplam yaş atık miktarı 114 175 ton, katı atık miktarı 7 607 ton olarak hesaplanmıştır. Şefaati ilçesinde 2021 yılında hayvansal atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarı 1 521 352 m³ olmaktadır. Biyogazın enerji değeri ise 34 535 GJ olarak hesaplanmıştır.

4.1.13. Yenifakılı ilçesi biyogaz potansiyeli

Yenifakılı ilçesine ait hayvan verileri, hayvansal yaş atık, katı atık miktarları, biyogaz üretim potansiyeli ve biyogaz enerji değerleri Çizelge 4.13'te verilmiştir.

Çizelge 4.13. Yenifakılı ilçesi hayvan sayıları, biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri

YENİFAKILI				
Hayvan Sayıları				
	2018	2019	2020	2021
BÜYÜKBAŞ	3 611	3 200	4 653	3 259
KÜÇÜKBAŞ	20 000	20 000	24 196	26 607
KANATLI	5 100	5 400	3 830	6 670
Yaş Atık Miktarı (ton / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	35 586	31 536	45 855	32 117
KÜÇÜKBAŞ	18 250	18 250	22 079	24 279
KANATLI	186	197	140	243
TOPLAM	54 022	49 983	68 074	56 640
Katı Atık Miktarı (ton / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	2 668	2 365	3 439	2 409
KÜÇÜKBAŞ	712	712	861	947
KANATLI	65	68	48	84
TOPLAM	3 445	3 145	4 348	3 440
Biyogaz Potansiyeli (m ³ / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	533 796	473 040	687 830	481 762
KÜÇÜKBAŞ	142 350	142 350	172 215	189 375
KANATLI	12 900	13 659	9 688	16 871
TOPLAM	689 046	629 049	869 733	688 008
Biyogazın Enerji Değeri (GJ)				
BÜYÜKBAŞ	12 117	10 738	15 614	10 936
KÜÇÜKBAŞ	3 231	3 231	3 909	4 299
KANATLI	293	310	220	383
TOPLAM	15 641	14 279	19 743	15 618

Yozgat ili Yenifakılı ilçesinde bulunan büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları 2018-2021 yılları itibarıyla Çizelge 4.13'de verilmiştir. 2021 yılında 3 259 büyükbaş, 26 607 adet küçükbaş ve 6 670 adet kanatlı hayvan bulunmaktadır. 2021 yılında elde edilebilecek toplam yaş atık miktarı 56 640 ton, katı atık miktarı 3 440 ton olarak hesaplanmıştır. Yenifakılı ilçesinde 2021 yılında hayvansal atıklardan üretililecek biyogaz miktarı 688 008 m³ olmaktadır. Biyogazın enerji değeri ise 15 618 GJ olarak hesaplanmıştır.

4.1.14. Yerköy ilçesi biyogaz potansiyeli

Yerköy ilçesine ait hayvan verileri, hayvansal yaş atık, katı atık miktarları, biyogaz üretim potansiyeli ve biyogaz enerji değerleri Çizelge 4.14’te verilmiştir.

Çizelge 4.14. Yerköy ilçesi hayvan sayıları, biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri

YERKÖY				
Hayvan Sayıları				
	2018	2019	2020	2021
BÜYÜKBAŞ	19 790	17 900	17 613	16 979
KÜÇÜKBAŞ	59 500	56 000	47 940	60 000
KANATLI	73 928	73 799	73 120	73 415
Yaş Atık Miktarı (ton / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	195 030	176 404	173 576	167 328
KÜÇÜKBAŞ	54 294	51 100	43 745	54 750
KANATLI	2 698	2 694	2 669	2 679
TOPLAM	252 022	230 198	219 990	224 757
Katı Atık Miktarı (ton / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	14 628	13 230	13 018	12 549
KÜÇÜKBAŞ	2 117	1 993	1 706	2 136
KANATLI	935	933	925	928
TOPLAM	17 680	16 156	15 649	15 613
Biyogaz Potansiyeli (m³ / yıl)				
BÜYÜKBAŞ	2 925 457	2 646 067	2 603 642	2 509 921
KÜÇÜKBAŞ	423 491	398 580	341 213	427 050
KANATLI	186 997	186 671	184 953	185 699
TOPLAM	3 535 945	3 231 318	3 129 808	3 122 670
Biyogazın Enerji Değeri (GJ)				
BÜYÜKBAŞ	66 408	60 066	59 103	56 975
KÜÇÜKBAŞ	9 613	9 048	7 745	9 694
KANATLI	4 245	4 237	4 198	4 215
TOPLAM	80 266	73 351	71 046	70 884

Yozgat ili Yerköy ilçesinde bulunan büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları 2018-2021 yılları itibarıyla Çizelge 4.14’de verilmiştir. 2021 yılında 16 979 büyükbaş, 60 000 adet küçükbaş ve 73 415 adet kanatlı hayvan bulunmaktadır. 2021 yılında elde edilebilecek toplam yaş atık miktarı 224 757 ton, katı atık miktarı 15 613 ton olarak hesaplanmıştır. Yerköy ilçesinde 2021 yılında hayvansal atıklardan üretililecek biyogaz miktarı 3 122 670 m³ olmaktadır. Biyogazın enerji değeri ise 70 884 GJ olarak hesaplanmıştır.

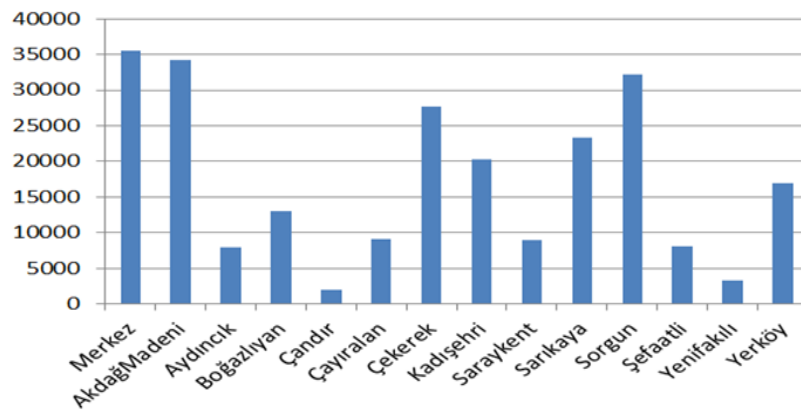
4.2. Yozgat ili biyogaz potansiyeli

Yozgat ili ve ilçelerinde 2021 yılına ait büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları, yaş ve kuru atık miktarları Çizelge 4.15'te verilmiştir.

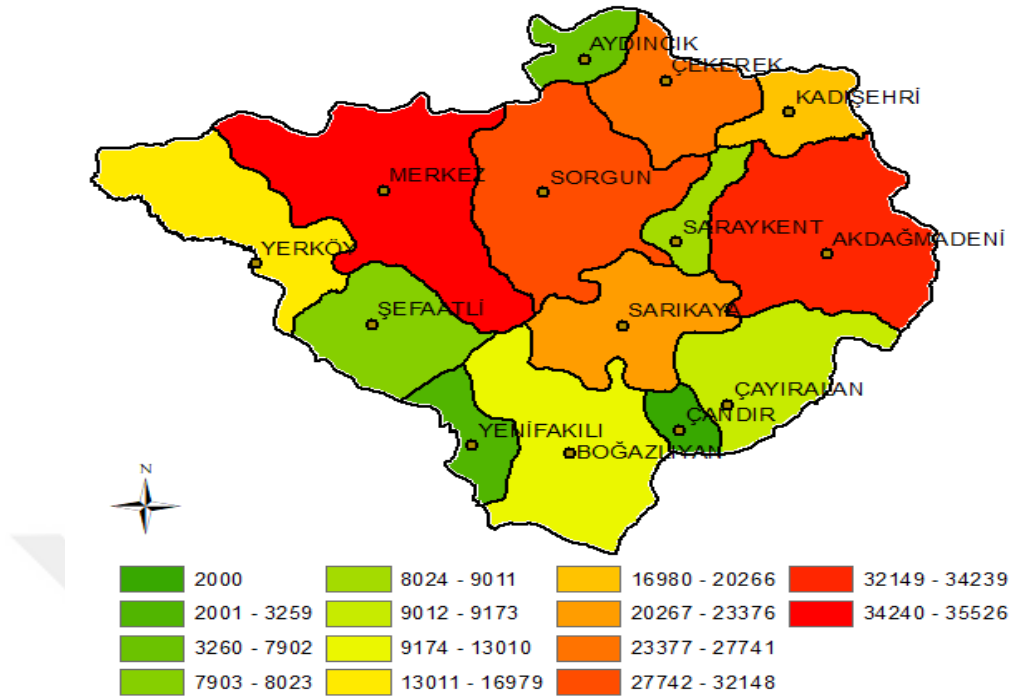
Çizelge 4.15. Yozgat ili 2021 yılı hayvan sayıları ve atık miktarları

İlçeler	Hayvan Sayısı			Atık Miktarı (t/yıl)	
	Büyükbaş	Küçükbaş	Kanatlı	Yaş	Katı
Merkez	35 526	65 650	55 478	412 039	29 296
Akdağmadeni	34 239	45 003	269 203	388 316	30 313
Aydıncık	7 902	5 794	3 657	83 294	6 093
Boğazlıyan	13 010	83 196	29 000	205 187	12 944
Çandır	2 000	11 222	56 535	32 013	2 592
Çayıralan	9 173	20 200	6 202	109 058	7 577
Çekerek	27 741	16 209	8 355	288 483	21 186
Kadışehri	20 266	12 255	9 330	211 244	15 533
Saraykent	9 011	3 952	950	92 444	6 813
Sarıkaya	23 376	30 000	43 810	259 344	18 899
Sorgun	32 148	38 630	40 720	353 554	25 651
Şefaati	8 023	37 379	27 400	114 175	7 607
Yenifakılı	3 259	26 607	6 670	56 640	3 440
Yerköy	16 979	60 000	73 415	224 757	15 613
TOPLAM	242 653	456 097	630 725	2 830 548	203 557

Yozgat ilinde, 2021 yılı için toplam 242 653 adet büyükbaş, 456 097 adet küçükbaş ve 630 725 adet kanatlı hayvan mevcuttur (Çizelge 4.15). Büyükbaş sayısı en fazla olan ilçe 35 526 adet ile Merkez ilçedir. Merkez ilçeyi 34 239 adet ile Akdağmadeni, 32 148 adet ile sorgun, izlemektedir. Büyükbaş hayvan sayısı en az olan ilçeler 2 000 adet ile Çandır ve 3 259 adet ile Yenifakılı ilçeleridir (Çizelge 4.15, Şekil 4.1 ve Şekil 4.2).

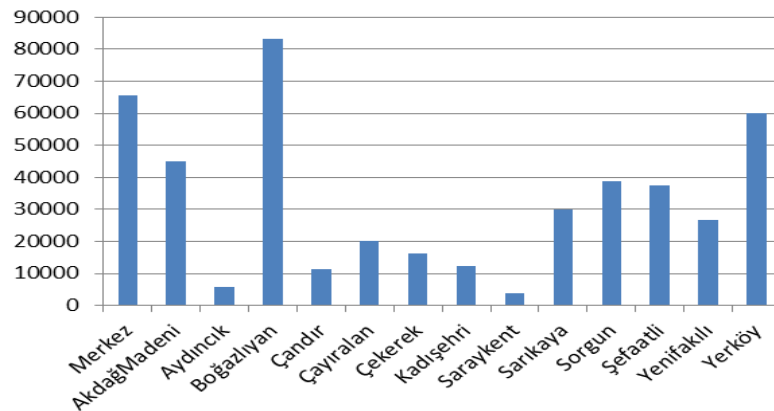


Şekil 4.1. Yozgat ili 2021 yılı büyükbaş hayvan sayılarının ilçelere göre dağılımı

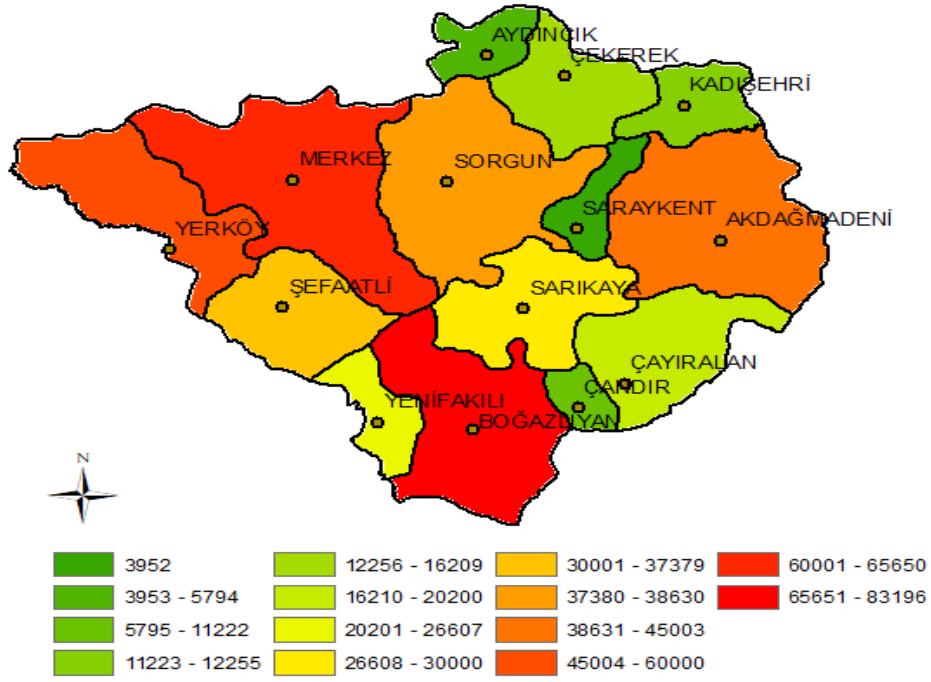


Şekil 4.2. Yozgat ili 2021 yılı büyükbaş hayvan sayıları dağılımı haritası

Yozgat ilinde 2021 yılı için küçükbaş hayvan varlığı bakımından, Boğazlıyan ilçesi toplam 83 196 adet ile ilk sırada yer almaktadır. Boğazlıyan ilçesini 65 650 ile Merkez, 60 000 adet ile Yerköy ve 45 003 adet ile Akdağmadeni izlemektedir. Küçükbaş hayvan sayısı en az olan ilçeler ise 3 952 ile Saraykent ve 5794 adet ile Aydıncık ilçeleridir (Çizelge 4.15, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4).

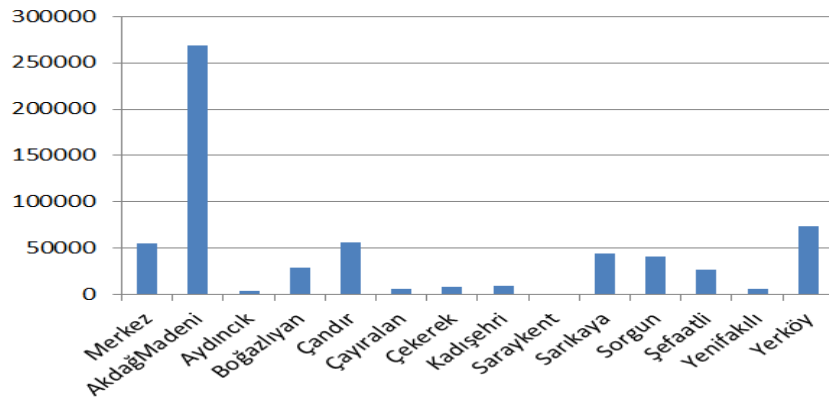


Şekil 4.3. Yozgat ili 2021 yılı küçükbaş hayvan sayılarının ilçelere göre dağılımı

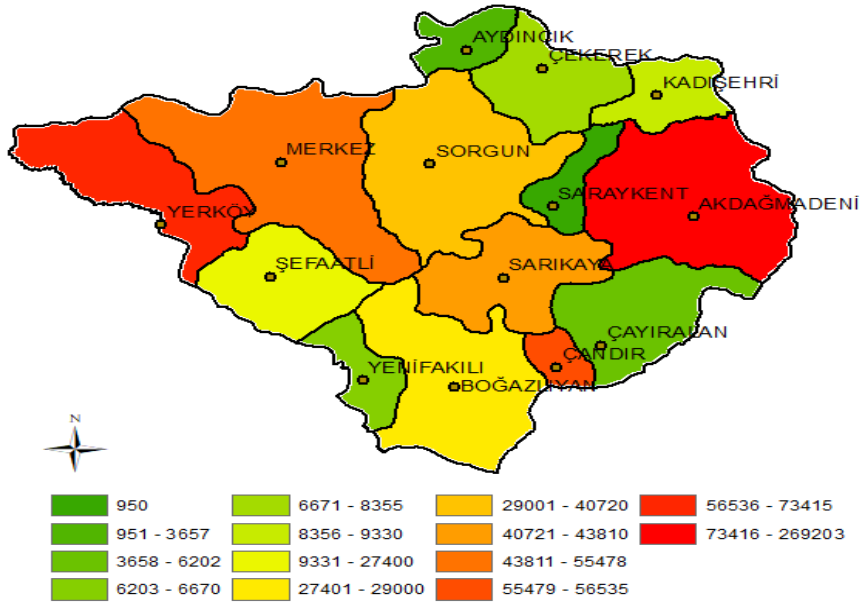


Şekil 4.4. Yozgat ili 2021 yılı küçükbaş hayvan sayıları dağılımı haritası

Yozgat ilinde 2021 yılında kanatlı hayvan varlığı bakımından, Akdağmadeni 269 203 adet ile ilk sırada yer almaktadır. Kanatlı sayısı en az olan ilçe 950 adet ile Saraykent ilçesidir (Çizelge 4.15, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6).



Şekil 4.5. Yozgat ili 2021 yılı kanatlı hayvan sayılarının ilçelere göre dağılımı



Şekil 4.6. Yozgat ili 2021 yılı kanatlı hayvan sayıları dağılımı haritası

Yozgat ili Merkez ve ilçelerinde 2021 yılına ait büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan atıklardan biyogaz üretim potansiyeli, enerji değerleri ve üretilebilecek elektrik enerjisi değerleri Çizelge 4.16’da verilmiştir.

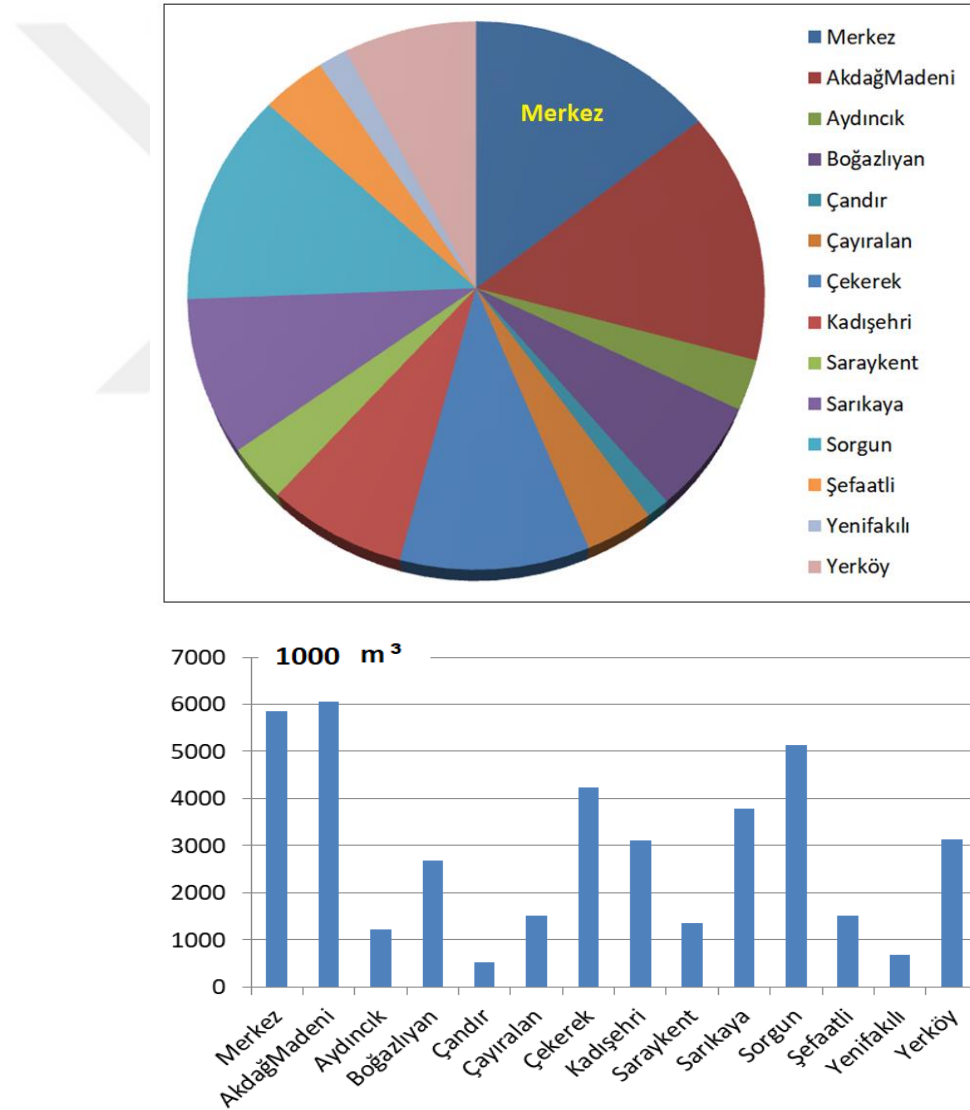
Çizelge 4.16. Yozgat ili 2021 yılı biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri

İlçeler	Katı Atık Miktarı (t/yıl)	Biyogaz Potansiyeli (m ³)	Enerji Eşdeğeri		Elektrik Üretimi (MWh)
			GJ	TEP	
Merkez	29 296	5 859 223	133 004	3 176.7	14 778
Akdağmadeni	30 313	6 062 624	137 621	3 287.0	15 291
Aydıncık	6 093	1 218 602	27 662	660.7	3 073
Boğazlıyan	12 944	2 588 704	58 764	1 403.6	6 529
Çandır	2 592	518 524	11 770	281.1	1 308
Çayıralan	7 577	1 515 460	34 401	821.7	3 822
Çekerek	21 186	4 237 314	96 186	2 297.3	10 688
Kadışehri	15 533	3 106 646	70 521	1 684.4	7 836
Saraykent	6 813	1 362 582	30 930	738.8	3 437
Sarıkaya	18 899	3 779 897	85 803	2 049.4	9 534
Sorgun	25 651	5 130 226	116 456	2 781.5	12 939
Şefaattli	7 607	1 521 352	34 535	824.8	3 837
Yenifakılı	3 440	688 008	15 618	373.0	1 735
Yerköy	15 613	3 122 670	70 884	1 693.0	7 876
TOPLAM	203 557	40 711 832	924 155	22 073.0	102 683

Yozgat ilinde 2021 yılında büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanlardan 2 830 548 ton yaş atık elde edilebilmektedir (Çizelge 4.15). Bu atıkların kuru atık olarak miktarı ise 203 557 ton olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.16).

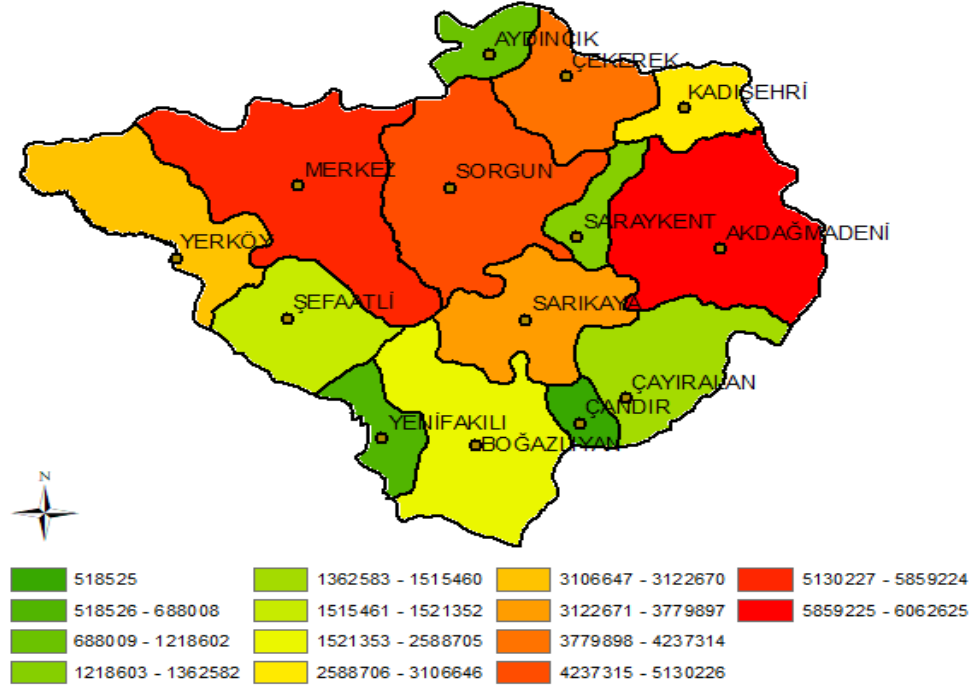
Hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogaz miktarı toplam 40 711 832 m³ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.16 ve Şekil 4.7).

Biyogazın enerji eşdeğeri 924 155 GJ olup, 22 073 ton petrole eşdeğerdir. Biyogazdan yılda 102 683 MWh elektrik enerjisi üretimi mümkündür (Çizelge 4.16).



Şekil 4.7. Yozgat ili 2021 yılı biyogaz potansiyelinin ilçelere dağılımı

Yozgat ilinde 2021 yılında hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogaz miktarı bakımından 6 062 624 m³ ile Akdağmadeni ilçesi ilk sırada yer almaktadır. Daha sonra 5.859 223 m³ ile Merkez ilçe gelmektedir. 5 130 226 m³ ile Sorgun takip etmektedir. En az biyogaz potansiyeli ise 518 524 m³ ile Çandır ilçesindedir (Çizelge 4.16, Şekil 4.6 ve Şekil 4.7).



Şekil 4.8. Yozgat ili biyogaz potansiyelinin ilçelere göre dağılım haritası

4.3. Tesis Senaryoları

Yapılan çalışmada, Yozgat ili Merkez ve ilçelerden elde edilebilecek hayvansal atık miktarları ve enerji potansiyeli belirlenmiştir. İlçelere göre hayvansal atık potansiyelinin biyogaz enerji santrali kurulumu için ekonomik olmadığı öngörüsü nedeniyle, ilçeler arası mesafeler dikkate alınarak bazı tesis kurulum yerleri için senaryolar oluşturulmuştur. Burada, birbirine yakın uzaklıkta yer alan ilçelerdeki hayvansal atıkların bir merkeze toplanarak, tesisin verimli ve ekonomik bir şekilde çalışması hedeflenmiştir. Bu amaçla, uzaklık kümeleri oluşturularak mesafe seviyeleri oluşturulmuştur (Seyhan ve Badem, 2021).

Yozgat ili Merkez ve ilçeler arası uzaklıklar 4 grupta ele alınmıştır. Bu gruplandırma Çizelge 4.17’de, Yozgat ili ilçeler arası mesafeler ise Çizelge 4.18’de görülmektedir.

Çizelge 4.17. Uzaklık dereceleri ve mesafeler

Lejant	Uzaklık Derecesi	Mesafe (km)
	1. Seviye	0-25
	2. Seviye	26-50
	3. Seviye	51-75
	4. Seviye	76 ve üzeri

Çizelge 4.18. Yozgat ili ilçeleri arası mesafeler

İLÇELER	MERKEZ	AKDAĞMADENİ	AYDINCIK	BOĞAZLIYAN	ÇANDIR	ÇAYIRALAN	ÇEKEREK	KADIŞEHİRİ	SARAYKENT	SARIKAYA	SORGUN	ŞEFAATLİ	YENİFAKILI	YERKÖY
MERKEZ	0	104	97	95	122	112	90	118	71	77	34	44	104	41
AKDAĞMADENİ	104	0	113	101	106	96	111	54	37	61	69	147	120	145
AYDINCIK	97	113	0	128	134	123	27	64	81	89	45	140	147	138
BOĞAZLIYAN	95	101	128	0	29	43	126	137	108	40	84	84	24	130
ÇANDIR	122	106	134	29	0	14	131	142	113	46	89	113	54	159
ÇAYIRALAN	112	96	123	43	14	0	120	131	102	35	78	128	68	154
ÇEKEREK	90	111	27	126	131	120	0	37	78	86	54	133	144	130
KADIŞEHİRİ	118	54	64	137	142	131	37	0	46	97	65	144	155	141
SARAYKENT	71	37	81	108	113	102	78	46	0	68	36	115	126	112
SARIKAYA	77	61	89	40	46	35	86	97	68	0	44	122	59	120
SORGUN	34	69	45	84	89	78	54	65	36	44	0	78	102	76
ŞEFAATLİ	44	147	140	84	113	128	133	144	115	122	78	0	60	57
YENİFAKILI	104	120	147	24	54	68	144	155	126	59	102	60	0	117
YERKÖY	41	145	138	130	159	154	130	141	112	120	76	57	117	0

İlçeler arası mesafeler dikkate alındığında, taşımacılık ve güzergah durumları açısından biyogaz santrallerinin kurulumu için 3 ayrı merkez planlanmıştır (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.18. Biyogaz enerji santralleri için ilçelerin seçimi

Enerji Santrali Projesi	İlçeler
Şefaati	Şefaati, Yerköy, Yenifakılı, Boğazlıyan
Sorgun	Sorgun, Yozgat Merkez, Sarıkaya, Saraykent, Aydıncık, Çekerek
Akdağmadeni	Akdağmadeni, Kadişehri, Çayıralan, Çandır

Şefaati Biyogaz Enerji Santrali

Şefaati biyogaz enerji santrali projesi kapsamında bulunan ilçeler (Şefaati, Yerköy, Yenifakılı, Boğazlıyan) ve tasarlanan tesiste 2021 yılı için elde edilebilecek hayvansal atık, biyogaz miktarları ile elektrik ve ısı üretim değerleri Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Çizelge 4.19. Şefaati biyogaz enerji santrali fizibilite çalışması

	Miktar	Birim
Toplam Yaş Atık	600 759	ton/yıl
Toplam Katı Atık	39 304	ton/yıl
Biyogaz üretimi	7 920 234	m ³ /yıl
Isı Üretimi	179 801	GJ
Elektrik üretimi	19 977	MWh
Elektriksel kurulu güç	2 280	kW _e

Şefaati biyogaz enerji santraline dahil olan ilçelerden, uzaklık durumlarına göre Yerköy ve Yenifakılı 3. seviye, Boğazlıyan 4. Seviyede bulunmaktadır. Bu ilçelerde 2021 yılı toplam hayvansal yaş atık miktarı 600 759 ton, katı atık miktarı ise 39 304 ton olarak bulunmuştur. Toplam biyogaz potansiyeli 7 920 234 m³/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu potansiyel ile elde edilebilecek elektrik enerjisi 19 977 MWh/yıl olmaktadır.

Sorgun Biyogaz Enerji Santrali

Sorgun biyogaz enerji santrali projesi kapsamında bulunan ilçeler (Sorgun, Yozgat Merkez, Sarıkaya, Saraykent, Aydıncık, Çekerek) ve tasarlanan tesiste 2021 yılı için

elde edilebilecek hayvansal atık, biyogaz miktarları ile elektrik ve ısı üretim değerleri Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Sorgun biyogaz enerji santrali fizibilite çalışması

	Miktar	Birim
Toplam Yaş Atık	1 289 158	ton/yıl
Toplam Katı Atık	107 938	ton/yıl
Biyogaz üretimi	21 587 844	m ³ /yıl
Isı Üretimi	490 041	GJ
Elektrik üretimi	54 449	MWh
Elektriksel kurulu güç	6 216	kW _e

Sorgun biyogaz enerji santraline dahil olan ilçelerden, uzaklık durumlarına göre Yozgat, Sarıkaya, Saraykent, Aydıncık 2. seviye, Çekerek 3. seviyede bulunmaktadır. Bu ilçelerde 2021 yılı toplam hayvansal yaş atık miktarı 1 289 158 ton, katı atık miktarı ise 107 938 ton olarak bulunmuştur. Toplam biyogaz potansiyeli 21 587 844 m³/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu potansiyel ile elde edilebilecek elektrik enerjisi 54 449 MWh/yıl değerindedir.

Akdağmadeni Biyogaz Enerji Santrali

Akdağmadeni biyogaz enerji santrali projesi kapsamında bulunan ilçeler (Akdağmadeni, Kadışehri, Çayıralan, Çandır) ve tasarlanan tesiste 2021 yılında toplanabilecek hayvansal atık, biyogaz miktarları ile elektrik ve ısı üretim değerleri Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Akdağmadeni biyogaz enerji santrali fizibilite çalışması

	Miktar	Birim
Toplam Yaş Atık	740 631	ton/yıl
Toplam Katı Atık	56 015	ton/yıl
Biyogaz üretimi	11 203 254	m ³ /yıl
Isı Üretimi	254 313	GJ
Elektrik üretimi	28 257	MWh
Elektriksel kurulu güç	3 226	kW _e

Akdağmadeni biyogaz enerji santraline dahil olan ilçelerden, uzaklık durumlarına göre Kadışehri ve Çayıralan 3. seviye, Çandır 4. Seviyede bulunmaktadır. Bu ilçelerde 2021 yılı toplam hayvansal yaş atık miktarı 740 631 ton, katı atık miktarı ise 56 015 ton olarak bulunmuştur. Toplam biyogaz potansiyeli 11 203 254 m³/olarak hesaplanmıştır. Bu potansiyel ile elde edilebilecek elektrik enerjisi 28 257 MWh/yıl değerindedir.



5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Yozgat ilinde hayvancılık işletmelerinde ortaya çıkan hayvansal atıklar, çoğunlukla gübreliliklerde uygun olmayan şartlarda bekletilmekte ve daha çok tarımsal üretimde gübre olarak kullanılmaktadır. Açıkta bekletilen hayvansal atıklar çevrenin, havanın kirlenmesine neden olduğu gibi, toprağa ve yeraltı sularına sızarak çevre ve insan sağlığı açısından da olumsuz sonuçlara neden olmaktadır.

Çalışmada, Yozgat ili Merkez ve ilçelerinde hayvansal kaynaklı atıkların 2018 ile 2021 yıllarını içeren biyogaz ve enerji üretim potansiyellerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Yozgat ilinde 2021 yılı verilerine göre toplam 242 653 adet büyükbaş, 456 097 adet küçükbaş ve 630 725 adet kanatlı hayvan mevcuttur. Büyükbaş hayvan sayısı en fazla olan ilçe 35 526 adet ile Merkez ilçedir. Merkez ilçeyi 34 239 ile Akdağmadeni, 32 148 adet ile Sorgun, izlemektedir. Büyükbaş hayvan sayısı en az olan ilçeler 2 000 adet ile Çandır ve 3 259 adet ile Yenifakılı ilçeleridir. Küçükbaş hayvan sayısı olarak Boğazlıyan ilçesi 83 196 adet ile ilk sırada yer almaktadır. Boğazlıyan ilçesini 65 650 adet ile Merkez ilçe, 60 000 adet ile Yerköy ve 45 003 adet ile Akdağmadeni izlemektedir. Küçükbaş hayvan sayısı en az olan ilçeler ise 3 952 ile Saraykent ve 5794 adet ile Aydıncık ilçeleridir. Kumes hayvanları (kanatlılar) bakımından Akdağmadeni 269 203 ile ilk sırada yer almaktadır. Kanatlı sayısı en az olan ilçenin 950 adet ile Saraykent ilçesi olduğu görülmüştür.

Yozgat ilinin hayvan sayılarına göre elde edilebilecek yaş ve kuru atık miktarları yapılan hesaplamalar sonucu 2 830 548 ton ve 203 557 ton bulunmuştur. Hesaplanan hayvansal atık miktarlarına göre 2021 yılı toplam biyogaz potansiyeli 40 711 832 m³ olarak hesaplanmıştır. Biyogaz potansiyeli bakımından 6 062 624 m³ ile Akdağmadeni ilçesi ilk sırada yer almakta, daha sonra 5.859 223 m³ ile Merkez ilçe gelmektedir. 5 130 226 m³ ile Sorgun takip etmektedir. En az biyogaz potansiyeli ise 518 524 m³ ile Çandır ilçesindedir.

Biyogazın enerji eşdeğeri 924 155 GJ olup, 22 073 ton petrole eşdeğerdir. Elde edilen biyogazdan yılda 102 683 MWh elektrik enerjisi üretimi mümkündür. Akdağmadeni 15.291 MWh ile ilk sırayı almakta, onu 14 778 MWh ile Merkez ilçe ve 12 939 MWh ile Sorgun ilçesi izlemektedir.

Merkezi biyogaz enerji santrali tasarımı, biyogaza işlenecek atıkların toplanması ve taşınması önemli bir husustur. Yozgat ilinde, ilçeler arası mesafeler dikkate alınarak merkezi tesis lokasyonları belirlenmeye çalışılmıştır. Buna göre üç farklı biyogaz enerji santrali senaryosu için fizibilite çalışmaları yapılmıştır. Şefaati biyogaz enerji santraline; Şefaati, Yerköy, Yenifakılı ve Boğazlıyan ilçeleri dahil edilmiştir. 2021 yılı hayvansal yaş atık miktarı 600 759 ton olup, toplam biyogaz potansiyeli 7 920 234 m³ olarak hesaplanmıştır. Bu potansiyel ile elde edilebilecek elektrik enerjisi 19 977 MWh/yıl olmaktadır. Sorgun biyogaz enerji santraline; Sorgun, Merkez, Sarıkaya, Saraykent, Aydıncık ve Çekerek ilçeleri dahildir. Toplam hayvansal yaş atık miktarı 1 289 158 ton olup, biyogaz potansiyeli 21 587 844 m³/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu potansiyel ile elde edilebilecek elektrik enerjisi 54 449 MWh değerindedir. Akdağmadeni biyogaz enerji santraline dahil olan ilçeler; Akdağmadeni, Kadışehri, Çayıralan ve Çandır'dır. 2021 yılı toplam hayvansal yaş atık miktarı 740 631 ton olarak bulunmuştur. Biyogaz potansiyeli 11 203 254 m³/yıl olup, elde edilebilecek elektrik enerjisi 28 257 MWh değerindedir. Bölgede, daha küçük boyutlarda, taşıma mesafeleri daha kısa olan ve önerilen sayıdan daha fazla biyogaz tesisi kurmak da mümkündür.

Hayvansal ve diğer organik kökenli biyokütlenin ortadan kaldırılması ve değerlendirilmesi açısından yenilenebilir enerji kaynakları kapsamındaki biyogaz teknolojisi oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Biyogaz tesislerinin kurulumu, enerji üretimi ile ekonomik bir katkı sağlama yanında atıkların bertaraf edilmesiyle çevre kirliliğinin çözümüne de katkıda bulunabilecektir. Yozgat ilinin hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyelinin oldukça fazla olduğu çalışma sonuçlarında görülmektedir. Bu çalışmanın, Yozgat ili kapsamında kurulacak biyogaz tesislerinin planlanmasında veri tabanı oluşturması yanında, hayvansal kaynaklı atıkların biyogaza işlenerek bertaraf edilebilmesi ile bir atık yönetim modeli oluşturması hedeflenmiştir.

KAYNAKLAR

- Abdeshahian, P., Lim, J.S., Ho, W.S., Hashim, H. ve Lee, C.T., 2016. Potential of biogas production from farm animal waste in Malaysia. *Renew Sustain Energy Rev.* 60, 714-723.
- Aksu, Y., 2019. Amasya ilindeki hayvansal atıkların biyogaz potansiyeli. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans tezi.
- Aksüt, B., Dursun, S.K., Ergüneş, G., 2022. Tokat ili hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyelinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 10 (5): 958-963.
- Altıkat, S., ve Çelik, A., 2012. Iğdır ilinin hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyeli. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 2(1), 61-66.
- Anonim, 2020. Yozgat İl Tarım ve Orman Müdürlüğü (Erişim:01.02.2020).
- Aybek, A., Üçok, S., Bilgili, M.E., İspir, M.A., 2015. Kahramanmaraş ilinde bazı tarımsal atıkların biyogaz enerji potansiyelinin belirlenerek sayısal haritalarının oluşturulması. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi C. 29, Sayı 2*, 25-37.
- Baran, M. F., Lüle, F. ve 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. ve Karaca C., 2007. Türkiye’de tarımsal biyokütleden enerji üretim olanakları. <https://www.mmo.org.tr/sites/>
- Çalışkan, M., Tumen Özdi, N.F. 2020. Potential of biogas and electricity production from animal waste in Turkey. *BioEnergy Research* <https://doi.org/10.1007/s12155-020-10193-w>
- Demir, M., 2017. Kars ilinin biyokütle enerji kullanım ve kullanılabilirliği. *Türk Coğrafya Dergisi* , (68), 31-41
- Enerji Atlası., 2017. <http://www.enerjiatlası.com/biyogaz/> (Erişim, 13.04.2017)
- Erhan, M.K., 2019. Ağrı ili büyükbaş hayvan varlığı ve hayvansal atıklardan biyogaz ve elektrik üretiminin ağrı ili ve ülke ekonomisine katkısı. *Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5 (2), 207-216.
- Ertop, H., Atılğan, A., Saltuk, B., Aksoy, E., 2022. Büyükbaş hayvansal atıklardan elde edilebilir biyogaz ve elektrik üretim potansiyelinin belirlenerek sayısal haritaların oluşturulması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Sayı 35*, 530-540.
- Gülen, J., Arslan, H., 2005. Biyogaz. *Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 4: 121-129
- Karadağ, A., 2022) https://cdn.bartın.edu.tr/biyoteknoloji/86babca0507e88ae8f7ecb1dea80_2c6b/sunum1-biyoyakitlara-giris-ve-biyokutle_F2Bfnlp.pdf erişim 2022 sf:24
- Kaya, D., Çağman, S., Eyidoğan, M., Aydoner, C., Çoban, V. ve Tırıs, M., 2009. Türkiye’nin hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyeli ve ekonomisi. *Atık Teknolojileri Dergisi*, 1, 48-51.
- Kaynarca, H., Kılıç, T., Açıkkalp, E. ve Kandemir, S.Y., 2021. Eskişehir’in biyogaz potansiyelinin değerlendirilmesi. *Coğrafya Dergisi*, (42), 271-282.
- Koçer-Nacar, N., Öner, C. ve Sugözü, İ., 2006. Türkiye’de Hayvancılık Potansiyeli ve Biyogaz Üretimi. *Fırat Üniversitesi, Doğu Anadolu Araştırmaları Merkezi, Doğu Anadolu Araştırmaları*, 17-20.

- 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>
- Maghanaki, M.M., Ghobadian, B., Najafi, G. ve Galogah, R.J., 2013. Potential of biogas production in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 702-714.
- Olabi, A.G., 2016. Energy quadrilemma and the future of renewable energy. *Energy* 108, 1-6.
- Onurbaş-Avcıoğlu, A. ve Türker, U., 2012. Status and Potential of Biogas Energy from Animal Wastes in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16: 1557-1561
- Özer, B., 2017. Biogas energy opportunity of Ardahan city of Turkey. *Energy*, 139, 1144-1152.
- Öztürk, M., 2005. 'Hayvan Gübresinden Biyogaz Üretimi', T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Müsteşarlığı, Ankara, 2005
- Scarlat, N., Fahl, F., Dallemand, J. F., Monforti, F., Motola, V., 2018. A Spatial Analysis of Biogas Potential from Manure in Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94, 915-930
- Seyhan, A.K. ve Badem, A., 2021. Erzincan ili hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyelinin değerlendirilmesine yönelik biyogaz tesisi senaryoları. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(1), 245-256.
- Taşova, M., 2017. Kümes hayvanları atıklarının biyogaz üretim potansiyelinin belirlenmesi: Tokat ili örneği. *Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(2), 296-303.
- Tolay, M., Yamankaradeniz, H., Yardımcı, S. ve Reiter, R., 2008. Hayvansal atıklardan biyogaz üretimi. 2008 VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu (UTES) (ss.259-264). İstanbul.
- Waqar, U., Khan, B., Neelofar, S., Majid, M., Mujtaba, G., Mehmood, A., Ali, S.M., Younas, U., Anwar, M. ve Almeshal, A., 2016. Biogas Potential for Electric Power Generation in Pakistan: A survey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 25-33.
- Yetiş, A.D., Gazigil, L., Yetiş, R. ve Çelikezen, B., 2019. Hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyeli: Bitlis örneği. *Academic Platform-Journal of Engineering and Science*, 7(1), 74-78.
- Yokuş, İ., 2011. Sivas İlindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyeli. (Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Ankara.
- Yokuş, İ., 2019. Sivas ili Hayvansal Atık Kaynaklı Sürdürülebilir Biyogaz Üretimi için Optimum Tesis Lokasyonlarının Belirlenmesi (Doktora Tezi). Ankara Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.