



TOKAT İLİNDEKİ HAYVANSAL ATIKLARIN

BİYOGAZ POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

MUSTAFA KONUK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Prof. Dr. Gazanfer ERGÜNEŞ

Temmuz - 2019

Her Hakkı Saklıdır

T.C.
TOKATGAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOKAT İLİNDEKİ HAYVANSAL ATIKLARIN
BİYOGAZ POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

MUSTAFA KONUK

TOKAT
Temmuz - 2019

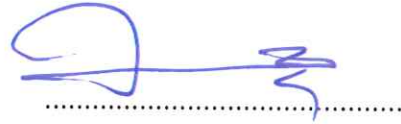
Her Hakkı Saklıdır

Mustafa KONUK tarafından hazırlanan "Tokat ilindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi" adlı tez çalışmasının savunma sınavı 30 Temmuz 2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

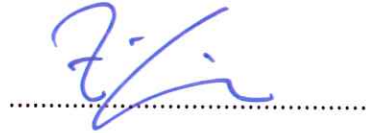
Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Prof. Dr. Gazanfer ERGÜNEŞ
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi



Üye
Doç. Dr. Zeki GÖKALP
Erciyes Üniversitesi



Üye
Dr. Öğr. Üyesi Hakan POLATCI
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi



ONAY



Prof. Dr. Çetin ÇEKİÇ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

23.08.2019

TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.



Mustafa KONUK

30 Temmuz 2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOKAT İLİNDEKİ HAYVANSAL ATIKLARIN BİYOGAZ POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

MUSTAFA KONUK

TOKATGAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI:Prof. Dr. Gazanfer ERGÜNEŞ)

Fosil kökenli enerji kaynaklarının tükenebilir olması, çevreye olan olumsuz etkileri ve enerji ihtiyacının gün geçtikçe artması mevcut kaynakların daha etkin kullanımı yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimi gerekli kılmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri de biyogazdır. Biyogaz üretiminde organik atıkların kullanılması hem atıkların tarımsal değerlerinin artırılması, hem de atıklardan enerji kazanılması bakımından önemlidir. Biyogaz üretiminde kullanılan organik atıkların başında hayvansal atıklar gelmektedir. Bu çalışmada, Tokat ilinde hayvansal atıklarından elde edilebilecek biyogaz potansiyelinin belirlenmesi ve haritalandırılması amaçlanmıştır. TÜİK'den alınan büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanları sayılarına ait verilere göre, hayvan atıklarından elde edilebilecek biyogaz miktarları hesaplanmıştır. Ayrıca hesaplanan biyogaz miktarlarının enerji eşdeğerleri değerlendirmeye alınmıştır. Tokat ilinde 2018 yılına ait verilerle yapılan çalışmada 310 431 adet büyükbaş, 390190 adet küçükbaş ve 200 640 adet kanatlı hayvan varlığı bulunmaktadır. Hayvansal atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarı yaklaşık 49.2 milyon m³/yıl olarak hesaplanmıştır. Tokat ilinde yılda üretilen biyogazın enerji eşdeğeri 1 116 370 GWh, elektriksel değeri ise 124 042 MWh olarak hesaplanmıştır.

2019,36 Sayfa

ANAHTAR KELİMELELER:Tokat, hayvansal atık, biyogaz, biyogaz potansiyeli, enerji

ABSTRACT

MASTER THESIS

**DETERMINATION OF BIOGAS POTENTIAL
FROM ANIMAL WASTE IN TOKAT PROVINCE**

MUSTAFA KONUK

**TOKATGAZIOSMANPASA UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

DEPARTMENT OF BIOSYSTEMS ENGINEERING

SUPERVISOR:Prof. Dr. Gazanfer ERGÜNEŞ

Depleting nature of fossil energy sources, their negative impacts on environment, increasing energy demands have led the efficient use of energy sources and the shift to local and renewable energy resources. Biogas is a renewable energy resource. Since organic wastes are used in biogas production, biogas offers a significant way of elimination of wastes and a source of energy. Animal wastes are the primary source of biogas. The objective of this thesis is to determine and map the biogas potential of Tokat province from animal wastes. Biogas potential was calculated based on ovine, bovine and poultry inventory of the province taken from TUIK. Energy equivalents of biogas potential were also calculated. According to 2018 data, there are 310431 cattle, 390190 sheep and 200.640 poultry in Tokat province. The amount of biogas that can be produced from animal wastes was calculated as 49.2 million m³/year. The annual energy equivalent of biogas produced in Tokat province was calculated as 1.116.370 GWh and electrical energy equivalent was calculated as 124042 MWh.

2019, 36 Page

KEYWORDS:Tokat, animal waste, biogas, biogas potential, energy

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimin süresince ve “Tokat İlindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi” konulu tez çalışmamda beni yönlendiren ve bana destek olan danışmanım Prof. Dr. Gazanfer ERGÜNEŞ’e teşekkür ederim.

Tokat iline ait hayvancılık verilerini temin etmemde yardımcı olan Gıda, Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü çalışanlarına, ayrıca yüksek lisans eğitimin süresince beni destekleyen aileme de sonsuz teşekkür ederim.

Mustafa KONUK

30 Temmuz 2019

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM	11
3.1 Materyal	11
3.1.1. Tokat ilinin konumu ve özellikleri	11
3.1.2. Tokat ili hayvan varlığı	12
3.2. Yöntem	18
3.2.1. Biyogaz potansiyelinin belirlenmesi	18
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	11
4.1. Tokat ili hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri	28
4.1.1. Tokat merkez ilçe biyogaz potansiyeli	29
4.1.2. Almus ilçesi biyogaz potansiyeli	29
4.1.3. Artova ilçesi biyogaz potansiyeli	29
4.1.4. Başçiftlik ilçesi biyogaz potansiyeli	29
4.1.5. Erbaa ilçesi biyogaz potansiyeli	29
4.1.6. Niksar ilçesi biyogaz potansiyeli	29
4.1.7. Pazar ilçesi biyogaz potansiyeli	29
4.1.8. Reşadiye ilçesi biyogaz potansiyeli	29
4.1.9. Sulusaray ilçesi biyogaz potansiyeli	29
4.1.10. Turhal ilçesi biyogaz potansiyeli	29
4.1.11. Yeşilyurt ilçesi biyogaz potansiyeli	29
4.1.12. Zile ilçesi biyogaz potansiyeli	29

4.2. Tokat ili hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri.....	29
4.3. Tesis Senaryoları.....	28
4.3.1. Pazar biyogaz enerji santrali projesi.....	29
4.3.2. Niksar biyogaz santrali projesi.....	30
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	31
6. KAYNAKLAR.....	313
7.ÖZGEÇMİŞ.....	36



SİMGELER VE KISALTMALAR

SİMGELER

AÇIKLAMA

CH ₄	Metan
CO ₂	Karbondioksit
MWh	Mega Watt saat
GWh	GigaWatt saat
MJ	Mega Joule
GJ	GigaJoule

Kısaltmalar

Açıklama

TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TEP	Ton Eşdeğer Petrol
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
TK	Toplam Katı Madde
UK	Uçucu Katı Madde
TYA	Toplam Yaş Atık Miktarı
HS	Hayvan Sayısı
HBY	Hayvan Başına Yaş Atık Miktarı
TKA	Toplam Katı Atık Miktarı
TYA _{BB}	Büyükbaş hayvan için toplam yaş atık miktarı
HS _{BB}	Büyükbaş hayvan sayısı
HBY _{BB}	Büyükbaş hayvan başına yaş atık miktarı
TYA _{KB}	Küçükbaş hayvan için toplam yaş atık miktarı
HS _{KB}	Küçükbaş hayvan sayısı
HBY _{KB}	Küçükbaş hayvan başına yaş atık miktarı
TYA _{KNT}	Kanatlı hayvan için toplam yaş atık miktarı
HS _{KNT}	Kanatlı hayvan sayısı
HBY _{KNT}	Kanatlı hayvan başına yaş atık miktarı

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. Tokat ili Merkez ve ilçeleri.....	12
Şekil 3.2. Büyükbaş hayvan varlığının ilçelere göre dağılımı.....	14
Şekil 3.3. Tokat İli Merkez ve ilçelerinin büyükbaş hayvan sayıları haritası.....	14
Şekil 3.4. Küçükbaş hayvan varlığının ilçelere göre dağılımı.....	15
Şekil 3.5. Tokat İli Merkez ve ilçelerinin küçükbaş hayvan sayıları haritası.....	16
Şekil 3.6. Kanatlı hayvan varlığının ilçelere göre dağılımı.....	17
Şekil 3.7. Tokat ili merkez ve ilçelerinin kanatlı hayvan sayıları haritası.....	17
Şekil 4.1. Tokat ili hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyelinin dağılımı	27
Şekil 4.2.Tokat ili hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyeli haritası.....	28

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. Tokat ili büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayıları yıllara göre değişimi..	13
Çizelge 3.2. Tokat ili ilçelerine ait 2018 yılı büyükbaş hayvan sayıları	13
Çizelge 3.3. Tokat ili ilçelerine ait 2018 yılı küçükbaş hayvan sayıları.....	15
Çizelge 3.4. Tokat ili ilçelerine ait 2018 yılı kanatlı hayvan sayıları.....	16
Çizelge 3.5. Hayvan cinslerine göre atık özellikleri ve biyogaz verimleri.....	18
Çizelge 3.6. Hayvan cinsine bağlı olarak elde edilebilecek atık miktarları.....	19
Çizelge 4.1. Tokat Merkez ilçe biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri	21
Çizelge 4.2. Almus ilçesi biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri.....	21
Çizelge 4.3. Artova ilçesi biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri	22
Çizelge 4.4. Başçiftlik ilçesi biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri	22
Çizelge 4.5. Erbaa ilçesi biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri	23
Çizelge 4.6. Niksar ilçesi biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri	23
Çizelge 4.7. Pazar ilçesi biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri.....	24
Çizelge 4.8. Reşadiye ilçesi biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri	24
Çizelge 4.9. Sulusaray ilçesi biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri	25
Çizelge 4.10. Turhal ilçesi biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri	25
Çizelge 4.11. Yeşilyurt ilçesi biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri	26
Çizelge 4.12. Zile ilçesi biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri	26
Çizelge 4.13. Tokat ili biyogaz potansiyeli ve enerji eşdeğerleri	27
Çizelge 4.14. Uzaklık seviyeleri.....	28
Çizelge 4.15. Tokat ili ilçeleri arası mesafeler.....	29
Çizelge4.16. Enerji santrali projesi senaryosu.....	29

1. GİRİŞ

Dünya enerji arzında fosil yakıtlar büyük bir paya sahiptir ve mevcut çevre sorunlarına, özellikle hava kirliliği ve küresel ısınmaya neden olmaktadır. Bunun yanında, fosil kökenli enerji kaynaklarının hızla tükenmesi ve fiyatlardaki dalgalanmalar, dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarına önemli oranda yönelmeye neden olmuştur (Abdeshahian ve ark., 2016).

AB Üye Ülkeleri, 2030 yılı için, 1990 yılı seviyelerine kıyasla sera gazı emisyonlarını %40 2050 yılına kadar da % 80 - 95'e kadar azaltmak, 2030 yılında tüketilen enerjinin % 27'sinin yenilenebilir kaynaklardan elde edilmesini sağlamak, enerji verimliliğini en az % 27 oranında artırmak konusunda mutabakata varmışlardır (Anonim, 2019).

Biyokütle, hayvan gübresi, ormancılık, tarımsal artıklar, belediye ve endüstriyel katı atıklar gibi geniş organik atıkların kullanıldığı yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Biyokütle sadece sürdürülebilir kalkınmaya katkıda bulunmakla kalmamakta, her an bulunabilme ve bilinen dönüşüm teknolojileri nedeniyle aynı zamanda enerji güvenliği temini ve sera gazı emisyonlarının azalmasına katkı sunması bakımından da önemli enerji kaynaklarından biridir.

Türkiye, enerji kaynağı olarak değerlendirilebilecek önemli biokütle potansiyeline sahiptir. Türkiye'nin yıllık ve toplam geri kazanılabilir biyokütle enerji potansiyeli 32.6 ve 17.2 Milyon TEP olarak tahmin edilmektedir (Öztürk ve Yüksel, 2016).

Anaerobik biyolojik proseten elde edilen biyogaz, ağırlıklı olarak % 60-75 metan % 25-50 karbondioksit, eser miktarlarda hidrojen sülfür, hidrojen, azot ve karbon monoksit gibi gazlardan oluşur (Maghanaki ve ark., 2013).

Biyogaz teknolojisi, coğrafi kısıtlamaya sahip olmadığı için, yerel enerji ihtiyaçlarının karşılanması, atık problemine çözüm getirilmesi, patojenlerin azaltılması yanında, kimyasal gübrelerin yerine, toprağın kalitesini ve yapısını geliştiren organik gübre

olarak kullanılabilir. Biyogaz petrol, doğalgaz ve kömürün yerine; biyo-yakıtlar, biyogaz ve biyokütlenin kullanılabilirdiği, fosil yakıtlara doğrudan alternatif bir yakıttır. Hayvan gübresinin büyük bir bölümü kontrolsüz olarak depolanmakta, kırsal alanlarda ısıtma amacıyla doğrudan yakılmakta, bu da gübrenin kalitesini düşürmekte ve enerjinin çoğunun kaybına sebep olmaktadır. Ayrıca, koku ve görsel sorunlar, toprak-su kirliliği ve sağlık sorunları gibi çeşitli çevresel sorunlara yol açmaktadır (Özer, 2013).

Ayrıca, hayvansal atıklarının kontrolsüz olarak depolanması, küresel ısınma potansiyeli karbon dioksitin 21 katına sahip olan metanın atmosfere salınmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, biyokütle kullanımı, Türkiye'nin sürdürülebilir enerji arzı, enerji güvenliği, CO₂ emisyonlarının azaltılması ve atık yönetimi bakımından önem taşır. Dolayısıyla, biyogaz sisteminin maliyetlerini etkileyen hammadde ve ulaşım maliyetleri nedeniyle yerel potansiyelin değerlendirilmesi çok önemlidir.

Türkiye, enerjisinin% 70'inden fazlasını ithal eden bir ülkedir. Bu nedenle, elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi ana enerji politikası konularından birini oluşturur. Türkiye'nin biyogaz potansiyeli ile ilgili yapılan bir çalışmada, Türkiye'nin değerlendirilebilecek biyokütle enerjisi santral kurulu gücünün 9.5 GW olduğunu göstermektedir (Özcan ve ark., 2014).

Biyogaz enerji potansiyelinin kullanılması ve elektrik üretiminde payının artırılması; enerji arz güvenliği, dış kaynak bağımlılığının azaltılması açısından önem taşımaktadır. Bununla birlikte, Türkiye'de enerji kaynağı olarak değerlendirilebilmek için biyogaz üretimi, özellikle yerel biyogaz kaynaklarının yetersiz yönetimi nedeniyle, kontrol altında değildir.

Türkiye'nin enerji gereksiniminin karşılanmasında ve enerji sorununun çözümünde tarımsal, hayvansal ve evsel atıkların, anaerobik işlemlerle değerlendirilmesi gerektiği açıktır. Bu amaçla, atıkların üretim potansiyellerinin değerlendirilmesi, anaerobik parçalanma koşullarının ve uygun üreteç türünün belirlenmesi, konuyla ilgili çalışmaların desteklenerek teknolojilerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

Biyogaz teknolojisinin ülkemizde uygulanabilmesi için bölgesel ve daha yerel potansiyel belirleme çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Tokat ili tarımsal ve hayvansal üretim varlığı açısından Türkiye'nin önemli şehirlerinden birisidir. Tokat ilinde toplam nüfusun % 59.83'ü şehirde, % 40.17'si köylerde yaşamaktadır. İlin toplam büyükbaş hayvan varlığı 310431 baş, küçükbaş hayvan varlığı 390190 baş ve kanatlı varlığı 200640 adettir. Tokat ili enerji ormancılığı ve biyoyakıtlar açısından önemli altyapı ve tarım arazisine sahip olup bitkisel ürünlerin, hayvan ve orman atıklarının, çayırların, şehir ve endüstri atıklarının çevrimi şeklinde elde edilen biyokütle enerjisi henüz istenilen düzeyde üretilmemektedir. Yörede hayvansal atıkların arazide yığılarak veya tezek olarak yakılması önemli çevresel sorunları da beraberinde getirmektedir. Hayvancılığın hızla geliştiği ancak elde edilen atıkların değerlendirilemediği ilde, yöre ve ülke kalkınmasında gelecekte büyük katkıları olabilecek biyogaz üretim potansiyelinin bilimsel düzeyde değerlendirilmesine olanak sağlayacak araştırmaların yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmada; Tokat ili ve ilçelerinde yetiştiriciliği yapılan büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvancılığının durumu incelenmiş, mevcut istatistikî değerler kullanılarak ve belirli bilimsel kriterler çerçevesinde elde edilebilecek biyogaz üretim potansiyeli ve enerji değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Akbulut ve Dikici, (2004), Elazığ ili Biyogaz Potansiyeli ve Maliyet Analizi konulu çalışmalarında, Elazığ İli'nin hayvan ve tarım potansiyelini dikkate alarak elde edilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi eşdeğerini hesaplamışlardır.

Kaya ve ark. (2009), Türkiye'nin hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyeli ve ekonomisi üzerine çalışmışlardır. Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2006 yılı verileri esas alınarak büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanlarının yıllık elde edilebilecek atık miktarlarını belirlemişlerdir. Kullanılabilir atık miktarlarını belirledikten sonra bir ton atıktan elde edilebilecek biyogaz miktarını ve eşdeğer enerji karşılığını belirlemişlerdir. Ayrıca Türkiye'nin illere göre hayvansal kaynaklı kullanılabilir atıklarının ve hayvansal kaynaklı atıkların enerji potansiyeli haritalarını da çıkarmışlardır. Bunun yanında büyükbaş hayvan gübresi ile çalışan bir biyogaz tesisinin teknik özelliklerinin yanında maliyet hesaplamasını yapmışlardır.

Onurbaş Avcıoğlu ve Eliçin (2010), Ankara ilinin biyogaz potansiyeli ve uygun reaktör büyüklüğünü tespit etmek üzerine çalışmışlardır. TÜİK ve Tarım İl Müdürlüğü verileri esas alınarak büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanları üzerine işletme büyüklükleri ve hayvan sayıları belirlemişlerdir. Literatürdeki canlı ağırlık, taze atık miktarı, toplam kuru madde, uçucu kuru madde, hayvanların barınakta kalma süresi ve ortalama biyogaz verimi değerleri baz alınarak elde edilebilir katı madde miktarı, biyogaz miktarı ve ısı değerini hesaplamışlardır. Son olarak hidrolik bekletme süresini dikkate alarak % 9 katı için eklenecek su miktarını, uygun reaktör hacmini ve günlük elde edilecek biyogaz miktarını hesaplamışlardır.

Yokuş ve Onurbaş Avcıoğlu (2012), araştırmalarında bitkisel üretimin yoğun olarak yapıldığı Sivas'ta işletmelerin % 87'sinin bitkisel üretimin yanında hayvansal üretim de yaptıklarını, büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanları yetiştiriciliği yapılan ilde yıllık 2.88 milyon ton yaş atık elde edildiğini bildirmişlerdir. Atık miktarına göre Sivas'ın hayvansal atıklarından elde edilebilir yıllık biyogaz miktarı 41 milyon m³ ve enerji eşdeğeri 917715 GJ olarak hesaplanmıştır. Sivas ili yaş atık miktarının % 87'si büyükbaş hayvanlardan elde edilmektedir. Sivas İli biyogaz potansiyelinin % 18'ini

merkez ilçe, %16.3'ünü Yıldızeli, %9.5'ini Şarkışla, %8'ini Suşehri, %7.29'unu ise Zara'nın sağladığı belirlenmiştir. Çalışmada işletmeler için uygun biyogaz tesis büyüklükleri de hesaplanmıştır. Mevcut atık potansiyellerine göre biyogaz tesisi reaktör büyüklükleri olarak; büyükbaş hayvancılık işletmelerinde; 20 hayvan için 14 m³, 30 hayvan için 21 m³, 40 hayvan için 28 m³, kanatlılarda 30 000 adet için 356 m³, 40 000 hayvan için 474 m³, küçükbaş işletmelerde 500 hayvan için 16 m³ kapasite değerlerini önermişlerdir.

Öçal (2013), çalışmasında Eskişehir ilinde biyogaz potansiyeli ve üretilmesi üzerinde durmuştur. Eskişehir'deki büyükbaş hayvan sayısı belirlenmiş ve değerlendirilebilecek biyogaz potansiyeli ortaya konmuştur. Eskişehir ilçelerinde büyükbaş hayvan sayıları toplam 118.937'dir. Hayvansal atıklar toplanarak biyogaz tesislerine taşınmış ve hammadde olarak değerlendirilmiştir. Atıklardan elde üretilen biyogaz, enerji üretimi için kullanılırsa, günde elde edilebilecek elektrik enerjisinin 276454 kWh olabileceği bulunmuştur. Biyogaz enerjisinin karşılığı yılda 715643 adet büyük tüp (12 kg) karşılığı olarak hesaplanmıştır.

Avan (2014), yapmış olduğu tez araştırmasında, Tokat ili hayvansal atıkları kullanılarak üretilen biyogaz miktarını belirlemiş ve CBS teknolojileri yardımıyla enerji üretiminde değerlendirilme imkanlarını araştırmıştır. İl bazında büyükbaş hayvan varlığının fazla olması ve hayvan atıklarının daha kolay sağlanabilmesi nedeniyle 250, 500 ve 1000 adet büyükbaş hayvandan elde edilebilecek atıkların değerlendirileceği örnek bir merkezi biyogaz tesislerin planlanması yapılmış, AutoCAD programı ile taban planları, kesit ve cephe görünüşleri çizilmiş, tesislerin boyutlandırılması ve enerji analizleri hesapları yapılmıştır. ArcGIS programı kullanılarak yöredeki hayvan yoğunlukları ve kırsal yerleşim birimleri arasındaki tanımlı uzaklıklar göz önüne alınarak biyogaz tesislerinin yerleri, sayıları ve kapasiteleri belirlenmiştir.

Özbekcan (2014), araştırmasında, Çorum ilinin Türkiye yumurta ihtiyacının % 7.2'sini karşıladığını, il merkezinde yaklaşık 100 adet yumurta tavukçuluğu faaliyetinde bulunan işletme olduğunu bildirmiştir. Çorum'da büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvancılık işletmelerinde yıllık yaş atık miktarının 694572 ton olduğunu ve atıkların

çevre kirliliğine yol açtığını belirtmiştir. Çorum ili merkez ilçesinde 2014 yılı için toplam 94657 ton hayvansal katı atıktan yaklaşık 18.9 milyon m³ biyogazteminin edilebileceğini ve bundan 429744 GJ, 17 MTEP (Ton eşdeğer petrol) karşılığı enerji sağlanabileceğini hesaplamıştır.

Adeoti ve ark. (2014), Nijerya'nın hayvan gübresi kaynaklı biyogaz potansiyelini tahmin etmek ve bunun iklim değişikliğini azaltmaya olan katkısını ortaya koymak amacıyla çalışmışlardır. Elde edilen bulgular, Nijerya'da hayvan gübresinden elde edilen biyogaz potansiyelinin yılda en az 1.62 x 10⁹ m³ olduğunu göstermektedir. Tarımsal kullanım için, inorganik azot yerine anaerobik çürütücünden elde edilen organik azot kullanımı yanı sıra elektrik üretmek için dizel yakıtı yerine biyogazdan elde edilen metan kullanımı, yılda 683600 ton karbondioksit (CO₂) emisyon tasarrufuna neden olacağı belirtilmiştir.

Özsoy ve ark. (2015), Bu makale, kuzeybatıda önemli bir tarımsal, endüstriyel ve turizm merkezi olan Bursa'da hayvan atıklarının biyogaz potansiyelini tanıtmaktadır. Bu araştırma Bursa'nın hayvan atıklarından biyogaz potansiyeline odaklanmıştır. Elektrik enerjisinin potansiyeli, hayvansal kaynaklardan elde edilen kişi başına biyo-elektrik enerji potansiyelinin yanı sıra potansiyel biyogaz miktarı incelenmiştir. Biyogaz potansiyelinin değerlendirilmesi doğru bir şekilde yapılırsa, hayvansal atıklardan elde edilen biyogazın elektriğe dönüşmesi ile Bursa'nın elektrik tüketiminin %1.12'si karşılanabilmektedir. Bu çalışma ayrıca, resmi dairelerde ve tüm tarımsal sulama operasyonlarında kullanılan elektrik enerjisinin yaklaşık iki mislinin ve sokak aydınlatmasının % 95'lik miktarının, Bursa'daki hayvansal atıklarından elde edilen biyogazdan üretilen elektrik enerjisi ile sağlanabileceğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, CBS'de tematik haritalar oluşturma yoluyla ilçelerdeki verilerin farklılıklarını daha net bir şekilde izleyebilmelerini sağlayarak araştırma verimliliği geliştirilmiştir.

Eryılmaz ve ark. (2015), yaptıkları çalışmada, Yozgat ili ve ilçelerindeki hayvansal atık kaynaklı biyogazın üretim potansiyelini belirlemişlerdir. Ayrıca, İç Anadolu Bölgesine Türkiye'de genel olarak hayvansal atıklardan biyogaz üretim potansiyelleri belirlenmiş ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Yozgat ilinin 45070 milyon m³ değerinde

hayvansal kaynaklı biyogaz potansiyeline sahip olduğu ve Yozgat ilinin hayvansal kaynaklı biyogaz potansiyelinin; İç Anadolu Bölgesi'nin %7.024'ünü, Türkiye'nin ise %1.266'sını oluşturduğu hesaplanmıştır.

Alibaş ve ark. (2015), çalışmalarında, 2010-2014 yıllarına ilişkin tarımsal üretim ve hayvansal üretim verilerini kullanarak Diyarbakır ilinin tarımsal kaynaklı biyogaz potansiyelini ilçelere göre belirlemişlerdir. Belirtilen yıllar arasında Diyarbakır'ın ortalama hayvansal kökenli biyogaz potansiyeli 50.8 milyon m³/yıl olduğunu ve bu potansiyelin elektrik enerjisine dönüştürülmesi ile 96.05 GWh/ yıl enerjinin elde edilebileceğini belirtmişlerdir. Bitkisel kaynaklı biyogaz potansiyelini 827.4GWh/yıl olarak hesaplamışlar ve bunun elektrik enerjisine dönüşümü ile 1 623.37 GWh/yıl enerji elde edilebileceğini belirtmişlerdir. İlçeler bazında ise; Bismil İlçesi'nin % 21.76'lık bir pay ile en yüksek potansiyele sahip olduğu, bunu sırasıyla % 15.79'luk pay ile Sur , %13.34'lük pay ile Sivrihisar, % 12.19'luk bir pay ile Çınar ve % 10.04'lik bir pay ile Ergani ilçelerinin izlediğini tespit etmişlerdir. Toplam üretilen biyogazdan elde edilebilecek elektrik enerjisinin ise 1 719.43 GWh/yıl olduğunu hesaplamışlardır.

Gökdoğan ve ark.(2015), Nevşehir iline ait hayvansal kökenli atıklarından elde edilebilecek biyogazın seralarda ısıtma maliyetlerine katkısını bulmaya çalışılmışlardır. 2014 yılı istatistiklerine göre, il genelinde 74 821 adet büyükbaş, 115 000 adet küçükbaş ve 1 008 000 adet kanatlı hayvan bulunduğu, bunlardan elde edilebilecek net gübre miktarları büyükbaş hayvanda 209499 ton/yıl, küçükbaş hayvanda 26 833 ton/yıl ve kanatlılarda 22176 ton/yıl olacağını hesaplamışlardır. Hayvansal atık miktarlarına göre toplam biyogaz üretimi yılda 10 199 548 m³ olarak hesaplanmıştır. Bu enerjinin eşdeğer karşılığı yaklaşık 47 938 MWh elektrik enerjisi olduğu hesaplanmıştır. Bu değerlerin Nevşehir ilinin hayvan atıkları biyogaz üretim sürecine dahil edildiğinde 120 günlük bitkisel yetiştirme döneminde sabit 10 °C sera içi sıcaklığında ve 14 saat/gün ısıtma süresinde 1 418 da sera alanının ısıtma maliyetinin karşılanabileceği belirlenmiştir.

Baran ve ark. (2016), Adıyaman ilinin hayvancılık verilerinden yola çıkarak elde edilebilecek biyogaz miktarını belirlemişlerdir. Büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan verileri Adıyaman İl Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü'nden alınmıştır. Bu

verilere göre 2015 yılında ilde 81733 büyükbaş, 305724 küçükbaş ve 231358 adet kanatlı hayvan bulunduğu belirlenmiştir. Hesaplanan atık miktarlarına göre elde edilebilecek gübre miktarı büyükbaş hayvanda 294238 ton/yıl, küçükbaş hayvanda 214.006ton/yıl ve kanatlı hayvanlarda ise 5089 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan gübre miktarlarına göre biyogaz üretim miktarları yılda; büyükbaş için 6.473253 m³, küçükbaş için 8274929m³ve kanatlılar için ise 264673 m³ olarak hesaplanmıştır. Bu miktarlardan elde edilebilecek enerjinin eşdeğer karşılıkları ise 254.017 GJ/yıl olarak hesaplanmıştır.

Waqar ve ark. (2016), Pakistan'ın son yıllarda ciddi enerji eksikliği sorunuyla karşı karşıya kaldığını ve her yıl enerji açığını kapatmak için ham petrol alımına 14,5 milyar ABD dolarından fazla harcama yaptığını belirtmişlerdir. Bu çalışmada, Pakistan'ın enerji ihtiyacını karşılamak için biyogaz potansiyelini gözden geçirmişlerdir. Bir m³biyogazdan 2.5KWh elektrik enerjisi üretebilmekte olup, Pakistan'da hayvansal atıklardan günde 35.6 milyon KWh elektrik enerjisi üretebilmek mümkün olacağını bildirmişlerdir.

Çevik (2016), Çanakkale ilinde hayvansal atıklardan elde edilebilecek teorik biyogaz potansiyellerinin belirlenmesi ve bunun alansal dağılımlarının incelenmesi üzerine çalışma yapmıştır. Sonuçta, hayvansal atıklardan elde edilebilecek toplam teorik biyogaz potansiyeli yılda yaklaşık 60.79 milyon metreküp olarak belirlenmiştir. Alansal dağılıma göre, ilin doğu kesiminde potansiyelin yoğunlaştığı dikkat çekmektedir. İlçe bazında potansiyelin en yüksek olduğu yer Biga ilçesi olmuştur. İlin toplam teorik biyogübre potansiyeli ise394719 ton/yıl olarak belirlenmiştir.

Badem (2017), Erzincan ilinde büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan yetiştiriciliğinden yılda 434469 ton hayvansal atık elde edildiğini ve bu atıkların sürdürülebilir ve etkin bir biçimde kullanımının en iyi yolunun biyogaz üretimi olduğunu bildirmiştir. Veriler, Erzincan Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliği ve Erzincan Gıda, Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü'nden alınmıştır. Erzincan ili hayvansal atıklardan elde edilebilir yıllık biyogaz miktarını yaklaşık 15.5milyon m³, elektrik enerjisini 38 milyon kWh ve ısı enerjisini ise35.8 milyar kcal olarak hesaplamıştır. Ayrıca ilçeler arası mesafelere göre,

üç adet 528 kW_e, 1299 kW_e ve 2463 kW_e kurulu güce sahip merkezi sistem biyogaz enerji santrali için fizibilite hazırlamıştır.

Baran ve ark. (2017), yapmış oldukları çalışmada, Adıyaman ilinin hayvan sayılarına göre elde edilebilecek enerji miktarını incelemiştir. Çalışmada, 2015 yılına ait Adıyaman ili hayvan sayıları belirlenmiş ve enerji potansiyeli hesaplanmıştır. Büyükbaş hayvanlardan yılda 294238 ton, küçükbaş hayvanlardan 214006 ton, kanatlılardan ise 5.089tonatık elde edilebileceğini hesaplamışlardır. Bu atıkların kullanılması ile yılda 15 milyon m³biyogaz üretilebileceği ve elde edilen biyogazın değerlendirilmesiyle de yaklaşık70.5GWh enerji üretiminin mümkün olduğu belirtilmiştir.

Görmüş, (2018), yaptığı çalışmada, Türkiye’de hayvan gübrelerinden oluşabilecek biyogaz potansiyelinin belirlenmesi ve haritalandırılmasını yapmıştır. Bu amaçla, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerinden yararlanmıştır. Büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanları sayıları yardımıyla hayvan gübrelerinden elde edilebilecek biyogaz miktarları hesaplanmıştır. Ayrıca hesaplanan biyogaz miktarlarının enerji değerleri değerlendirmeye alınmıştır. 2016 yılına ait hayvan sayıları; büyükbaş hayvanlar için 14.222228 küçükbaş için 41 329 232 ve kümes hayvanları için 333 541 262 adet olarak belirlenmiştir. Bu değerler baz alındığında hayvan gübrelerinden üretilebilecek biyogazın enerji eşdeğer 130 211 TJ/yıl olarak hesaplanmıştır.

Öztürk (2019), yüksek lisans tez çalışmasında, Aydın ilinde; % 36’sının hayvansal ve bitkisel üretim, % 35’inin yalnızca bitkisel üretim ve % 29’unun ise yalnızca hayvansal üretim yapan 70 884 adet tarım işletmesi bulunduğunu tespit etmiştir. Aydın ilinin bitkisel atığının% 80 oranında pamuk bitkisinden karşılandığı gözlemlenmiş, Bitkisel atıklardan yaklaşık 11.5 PJ ısı enerjisi sağlanabileceğini hesaplamıştır. Yılda 6 milyon ton hayvansal atık elde edildiği ve bu atıklardan sağlanabilecek ısı değerinin ise 2.24 PJ olduğu, toplamda ise 13.74 PJ ısı değeri ile biyogaz potansiyelini hesaplamıştır.

Yokuş (2019), doktora tez çalışmasında, Sivas ilinde katı atıkların ve özellikle tarımsal atıkların geri dönüşümü açısından değerlendirilmesi gerektiğini ve bu işin mutlaka entegre bir yönetim ile yapılmasını belirtmiştir. Tüm hayvansal atıkların belirli bir

güzergâhta toplanarak tek bir nokta yerine bölgeye yakın birçok noktada kurulabilecek tesislerde değerlendirilmesinin ekonomik açıdan daha uygun olacağını belirtmiştir. Araştırmada, Sivas İli hayvansal atıklarından elde edilebilecek biyogaz potansiyeli, sürdürülebilir bir biyogaz üretimi için il genelinde tesis lokasyonları belirlenmiş ve ArcGIS tabanlı haritalamalar yapılmıştır. İlde 4 havzada, 25-50kW'lık 248 adet, 50-100 kW'lık 161 adet, 100-250 kW'lık 70 adet, 250-500kW'lık 8 adet, 500-2500kW'lık 6 adet tesis kurulabileceği hesaplanmıştır. Sürdürülebilir bir üretim için yol ağı ile atık toplama potansiyeli göz önüne alındığında 1 MW'lık 4,500kW'lık 3 ve 250 kW'lık ise 18 adet tesis kurulabileceği tespit edilmiştir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Çalışma kapsamında, Tokat ili ve ilçelerinde hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogaz potansiyeli belirlenmiştir. Bu amaçla, Tokat ili ilçelerine ait hayvan sayıları temel alınmış, gerekli hesaplamalar yapılmış ve Merkez ilçe ve diğer ilçeler için biyogaz üretim potansiyeli belirlenmiştir. Gerekli veriler Tarım ve Orman Bakanlığı Tokat İl Müdürlüğü ve TÜİK'ten elde edilmiştir.

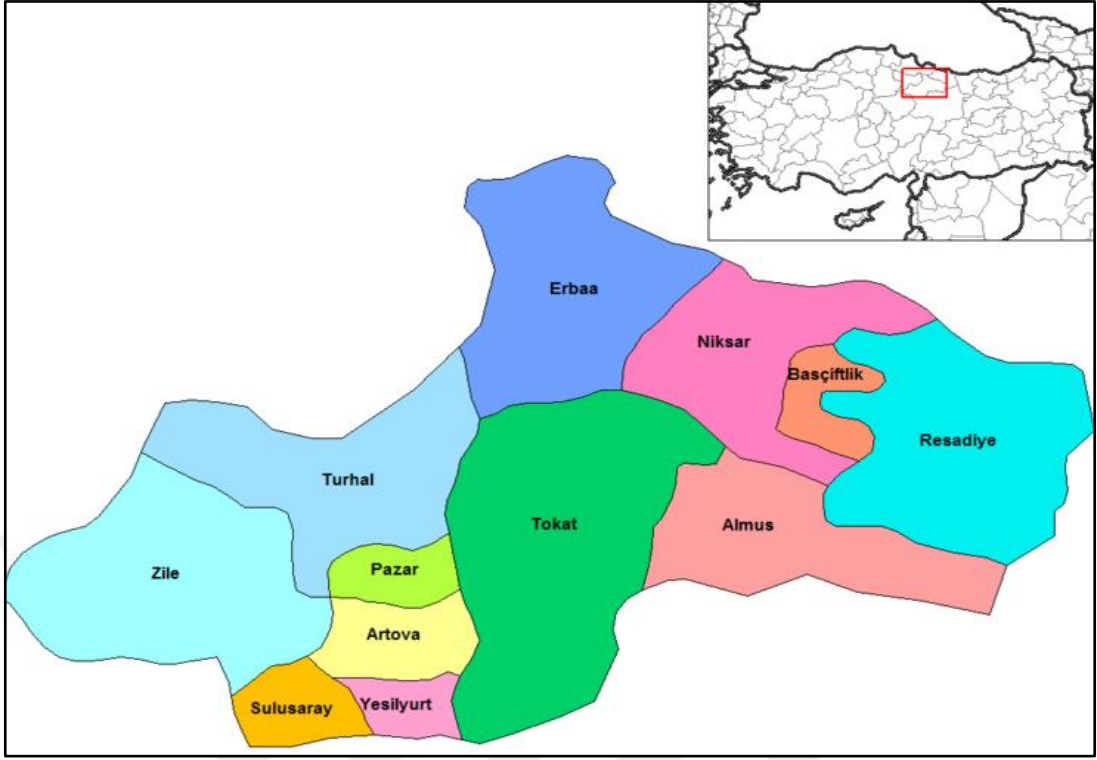
3.1.1. Tokat İlinin Konumu Ve Özellikleri

Çalışmaya konu olan Tokat ili, Orta Karadeniz Bölgesi'nin iç kesimde, 35° 27' - 37° 39' doğu boylamları ile 39° 52' - 40° 55' kuzey enlemleri arasında yer almakta, 10.073 km² yüzölçümü ile Türkiye yüzölçümünün % 1.3'üne karşılık gelmektedir. Rakımı 623 m olup, Canik, Dönefe, Dumanlı, Asmalı, Tosak başlıca dağlarıdır. Topçam, Muhat, Dumanlı, Selemen, Kızılcaören, Batmantaş, Bozçalı, Buğalı ve Çamiçi önemli yaylalarıdır. Ovalar İl yüzölçümünün yaklaşık % 15.4' ünü kaplar. Kazova, Omala, Turhal, Erbaa, Niksar, Artova ve Zile ovaları başlıca ovalardır. Akarsuları; Yeşilirmak nehrinin kolları olan Tozanlı, Kelkit ve Çekerek Çayıdır. Zinav (Çukurgöl), Göllüköy ve Kazgözü ilin doğal gölleridir (Anonim, 2018). İl nüfusu, 2016 yılı itibariyle 602662 olup, bunun % 59.83'ü kent nüfusu,% 40.17'si ise kırsal nüfustur (Anonim, 2018).

Tokat, 1923 yılında il olmuş; Erbaa, Niksar, Reşadiye, Zile ilçeleri bağlanmış, 1944 yılında Artova ve Turhal, 1954 yılında Almus, 1987 yılında Pazar ve Yeşilyurt, 1990 yılında Sulusaray ve Başçiftlik İlçeleri kurulmuştur. Tokat ilinde Merkez ilçe dahil 12 ilçe, 37 belediye, 313 mahalle ve 618 köy bulunmaktadır (Anonim, 2014).

Tokat'ın ekonomisi tarım, hayvancılık, sanayi ve ticarete dayalıdır. Yetiştirilen tarımsal ürünlerin başında buğday, arpa, mısır, baklagiller, tütün, şekerpancarı, ayçiçeği, patates, soğan, üzüm,mısır, karpuz, tütün ve diğer sebzeler gelmektedir.

Büyük ve küçükbaş hayvan yetiştiriciliği yaygın olarak yapılmaktadır. Ovalık alanlarda sığır ve manda, yaylaların bulunduğu dağlık kesimlerde de koyun ve keçi yetiştirilir. Ayrıca, tavukçuluk ve arıcılığın yanı sıra göllerde balıkçılık yapılmaktadır (Anonim, 2018).



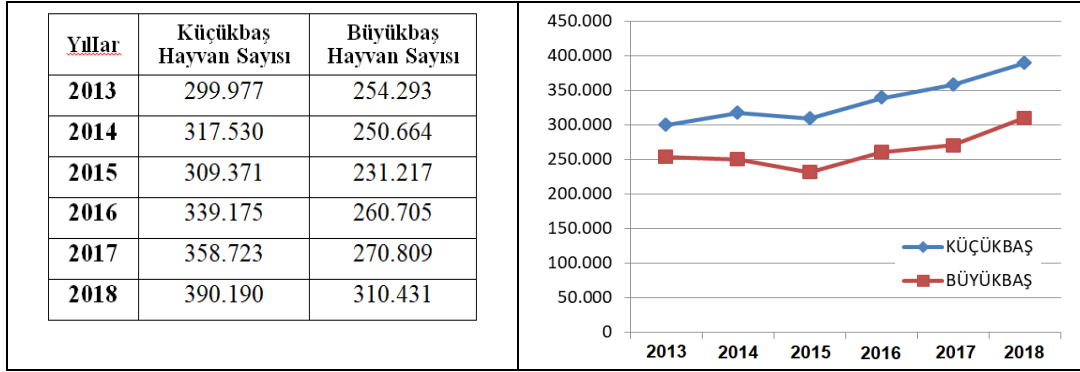
Şekil 3.1. Tokat ili Merkez ve ilçeleri

Tokat'ın iklimi; Karadeniz iklimi ile iç Anadolu iklimi arasında bir geçiş özelliği taşır. Genel olarak yaz mevsimi düşük rakımlı alanlarda sıcak, kurak, yüksek yerlerde serin yer yer yağışlı, kış ise soğuk ve kar yağışlıdır. Tokat'ın iklim özelliğinde denize olan uzaklığın ve yüksekliğin etkisi önemlidir. Tokat Meteoroloji istasyonunda yapılan kayıtlar esas alındığında son 38 yıllık istatistiklere göre; en soğuk ay ortalama 1.8°C, sıcak ay ortalama 21.8°C ile Temmuz olup, yıllık ortalama sıcaklığı ise 12.8 °C'dir.

3.1.2. Tokat İli Hayvan Varlığı

İlde hayvancılık giderek geleneksel yapıdan kurtulmakta olup, melezleme ile sığır ırklarının ıslahı yanında yurt dışından et ve süt verimi yüksek damızlık sığır türlerinin ithalatı ve üretimi yoluna gidilmektedir. Bölgede daha çok besi amaçlı büyük baş üretimi yapılmaktadır. İldeki büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayısının yıllara göre değişimi Çizelge 3.1'de sunulmuştur. (Anonim, 2018a).

Çizelge 3.1. Tokat ili büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayılarını yıllara göre değişimi

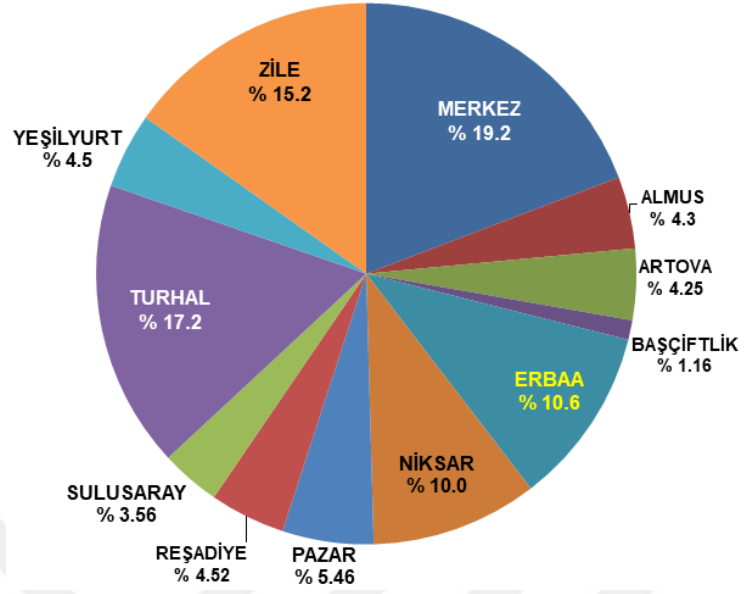


Tokat ili merkez ve ilçelerinin 2018 yılına ait büyükbaş hayvan sayıları Çizelge 3.2’de dağılım haritası da Şekil 3.3’de verilmiştir.

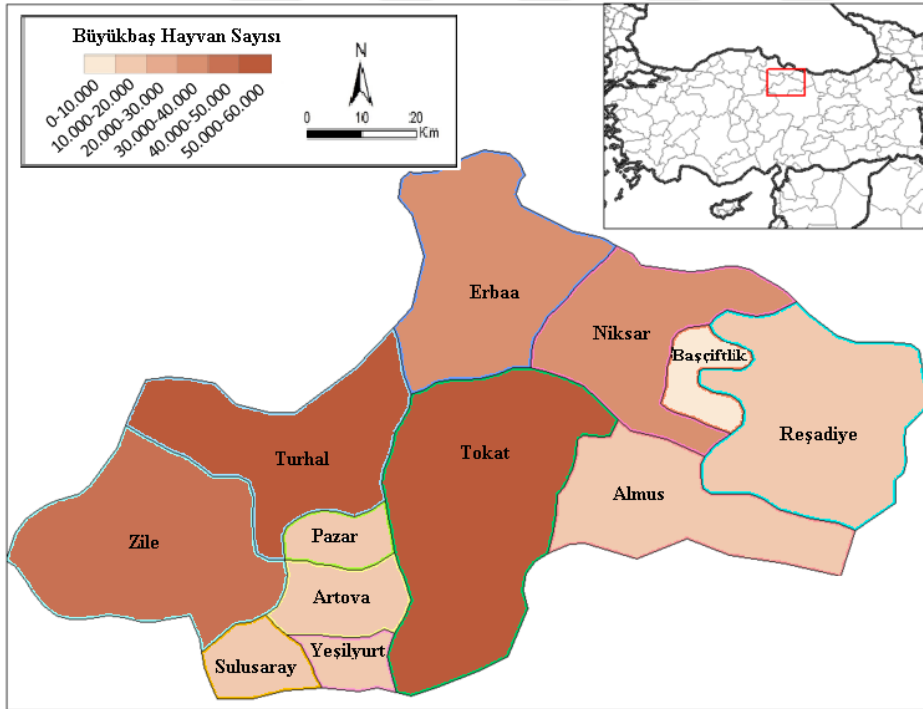
Çizelge 3.2. Tokat ili ilçelerine ait 2018 yılı büyükbaş hayvan sayıları (Anonim, 2018a)

İlçeler	SİĞİR				MANDA	TOPLAM	Oran (%)
	Saf Kültür	Melez	Yerli/Diğer	Toplam			
Almus	4.078	8.526	524	13.128	207	13.335	4.3
Artova	3.358	6.796	2.993	13.147	59	13.206	4.25
Başçiftlik	2.637	895	70	3.602	10	3.612	1.16
Erbaa	1.786	19.603	8.740	30.129	2.956	33.085	10.6
Merkez	25.000	24.712	8.175	57.887	1.740	59.627	19.2
Niksar	6.981	15.265	7.898	30.144	851	30.995	10.0
Pazar	7.207	7.303	1.140	15.650	1.300	16.950	5.46
Reşadiye	1.053	7.727	4.826	13.606	426	14.032	4.52
Sulusaray	2.566	7.624	828	11.018	34	11.052	3.56
Turhal	23.900	24.480	2.640	51.020	2.325	53.345	17.2
Yeşilyurt	3.388	9.631	903	13.922	47	13.969	4.5
Zile	14.962	28.165	3.246	46.373	850	47.223	15.2
TOPLAM	96.916	160.727	41.983	299.626	10.805	310.431	100

Tokat ilinde, 2018 rakamları itibarıyla, toplam büyükbaş hayvan sayısı 310 431 adet olup, bunun 96 916 adedi saf kültür, 160 727 adedi kültür melezi ve 41 983 adedi yerli sığırdan oluşmaktadır. Ayrıca, 10 805 adet manda bulunmaktadır. İlçelere göre dağılımına bakılacak olursa; ilk sırada %19.2 ile merkez ilçe gelmekte, Turhal (% 17.2) ve Zile (% 15.2) ile Merkez ilçeyi izlemektedir. Büyükbaş hayvan varlığının en az olduğu ilçe ise % 1.16 ile Başçiftlik ilçesidir (Çizelge 3.2).



Şekil 3.2. Büyükbaş hayvan varlığının ilçelere göre dağılımı



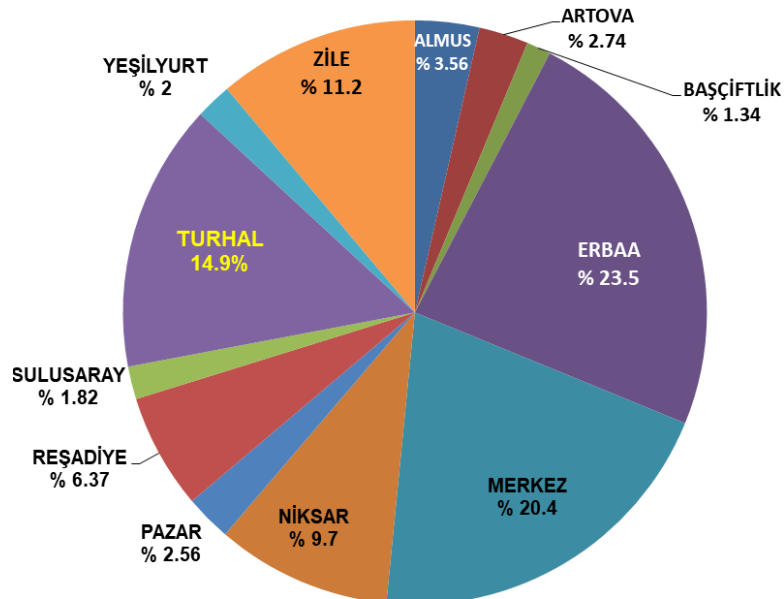
Şekil 3.3. Tokat ili merkez ve ilçelerinin büyükbaş hayvan sayıları haritası

Tokat ili merkez ve ilçelerinin 2018 yılına ait küçükbaş hayvan sayıları Çizelge 3.3'de dağılım haritası ise Şekil 3.5'de verilmiştir.

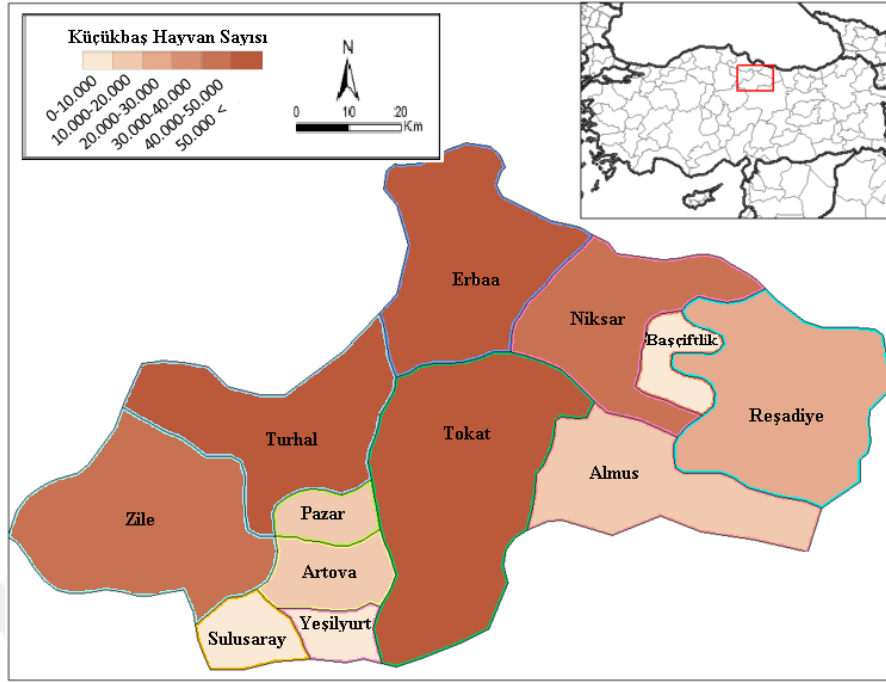
Çizelge 3.3. Tokat ili ilçelerine ait 2018 yılı küçükbaş hayvan sayıları(Anonim, 2018a)

İlçeler	KOYUN			KEÇİ			TOPLAM	Oran (%)
	Yerli/Diğer	Merinos	Toplam	Kıl Keçisi	Tiftik Keçisi	Toplam		
Almus	10.930	529	11.459	2.423	-	2.423	13.882	3.56
Artova	9.478	152	9.630	1.070	-	1.070	10.700	2.74
Başçıftlı	5.212	-	5.212	24	-	24	5.236	1.34
Erbaa	83.097	-	83.097	8.776	-	8.776	91.873	23.5
Merkez	53.000	-	53.000	26.500	-	26.500	79.500	20.4
Niksar	35.960	-	35.960	1.906	-	1.906	37.866	9.7
Pazar	8.000	-	8.000	2.005	-	2.005	10.005	2.56
Reşadiye	23.334	-	23.334	1.534	-	1.534	24.868	6.37
Sulusara	5.672	-	5.672	1.440	-	1.440	7.112	1.82
Turhal	39.300	2.080	41.380	16.550	-	16.550	57.930	14.9
Yeşilyurt	6.898	80	6.978	805	-	805	7.783	2.0
Zile	27.543	897	28.440	14.995	-	14.995	43.435	11.2
TOPLAM	308.424	3.738	312.162	78.028	-	78.028	390.190	100

Tokat ilinde, 2018 rakamları itibarıyla, toplam küçükbaş hayvan sayısı 390190 adet olup, bunun 312162 adedi koyun, 78028 adedi ise keçiden oluşmaktadır. İlçelere göre dağılımına bakılacak olursa; ilk sırada % 23.5 ile Erbaa ilçesi gelmekte, onu % 20.4 ile Merkez ilçe, % 14.9 ile Turhal ve % 11.2 ile Zile izlemektedir. Toplam küçükbaş hayvan varlığının % 70'i bu dört ilçede bulunmaktadır (Çizelge 3.3).



Şekil 3.4. Küçükbaş hayvan varlığının ilçelere göre dağılımı



Şekil 3.5. Tokat Merkez ve ilçelerinin küçükbaş hayvan sayıları haritası

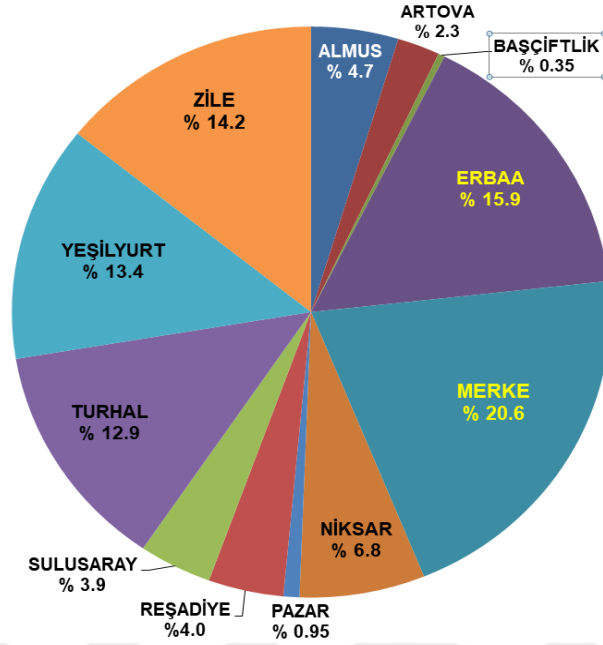
Tokat ili merkez ve ilçelerinin 2018 yılına ait kanatlı hayvan sayıları Çizelge 3.4’de dağılım haritası ise Şekil 3.7’de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Tokat ili ilçelerine ait 2018 yılı kanatlı hayvan sayıları (Anonim, 2018a)

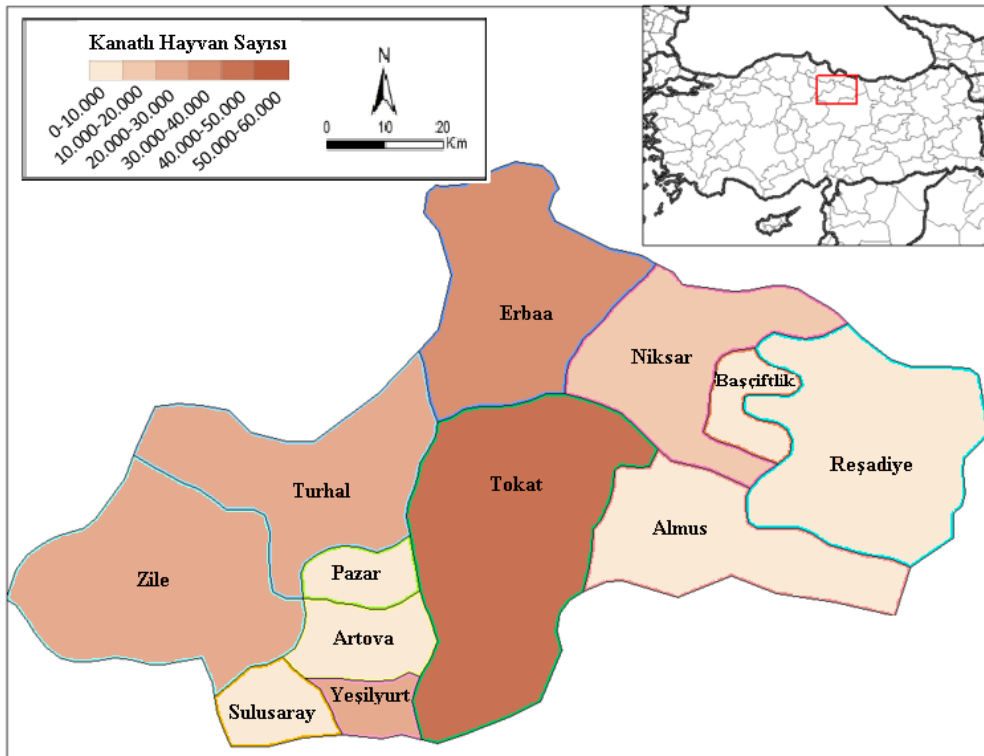
İlçeler	TAVUK		HİNDİ	KAZ	ÖRDEK	TOPLAM	Oran (%)
	Yumurta	Et					
Almus	9.000	-	100	250	95	9.445	4.7
Artova	3.450	-	350	660	161	4.621	2.3
Başçiftlik	700	-	-	-	-	700	0.35
Erbaa	31.124	-	213	328	251	31.916	15.9
Merkez	37.500	-	775	2.050	950	41.275	20.6
Niksar	12.500	-	300	700	100	13.600	6.8
Pazar	1.500	-	90	110	30	1.730	0.95
Reşadiye	7.950	-	110	60	38	8.158	4.0
Sulusaray	5.400	-	450	1.900	170	7.920	3.9
Turhal	25.000	-	650	100	100	25.850	12.9
Yeşilyurt	24.880	-	620	1.050	280	26.830	13.4
Zile	25.510	-	710	1.050	1.325	28.595	14.2
TOPLAM	184.514	-	4.368	8.258	3.500	200.640	100

2018 yılı itibarıyla, toplam kanatlı hayvan sayısı 200640 adet olup, bunun 184514 adedi tavuk, 4368 hindi, 8258 kaz ve 3500 adedi ise ördekten oluşmaktadır. İlçelere göre; ilk

sırada % 20.6 ile Merkez ilçe, % 15.9 ile Erbaa, % 14.2 ile Zile, % 13.4 ile Yeşilyurt ve % 12.9 ile Turhal gelmektedir (Çizelge 3.4).



Şekil 3.6. Kanatlı hayvan varlığının ilçelere göre dağılımı



Şekil 3.7. Tokat ili merkez ve ilçelerinin kanatlı hayvan sayıları haritası

3.2. Yöntem

3.2.1. Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi

Teorik atık potansiyeli, teorik enerji potansiyeli ve kullanılabilir enerji potansiyelinin belirlenmesi hesaplamalarında söz konusu hayvanlar ve atıklarına ait canlı ağırlık, atık miktarı, atık nem oranı, atık biyogaz verimi gibi özelliklerin bilinmesi gerekmektedir. Bu amaçla, Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6’da verilen literatür değerlerinden derlenerek hazırlanmış verilerden yararlanılmıştır.

Çizelge 3.5. Hayvan cinslerine göre atık özellikleri ve biyogaz verimleri (Köttner, 2003; Başçetinçelik ve ark.,2007; Onurbasve Türker, 2012)

Hayvan Cinsi	Canlı Ağırlık (kg)	Taze (Yaş) Atık Miktarı		Katı Madde TK (%)	UçucuK atı Madde (UK) (%)	Barınakta KalmaOran 1 (%)	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
Kanathlar							
Yumurta	1,5-2,0	3-4	0,08-1	10-35	70-75	99	310-620
Et				50-90	60-80		550-650

Atık miktarının hesabında çizelgeden alınan değerler neticesinde büyükbaş hayvanlar için 10-20 kg/gün (yaş) atık verimi kabul edilebileceği veya canlı ağırlığın %5-6’sı da günlük atık miktarına esas alınabilir.

Çizelge 3.5’de görüldüğü gibi küçükbaş hayvanlarda 2 kg (yaş)/gün veya canlı ağırlığın % 4-5’i günlük atık üretimi olarak kabul edilebilmektedir. Kanatlı hayvanlar için de günlük atık üretimi ise 0.08-0.1 kg(yaş) veya canlı ağırlığın % 3-4’ü kabul edilebilir (Yokuş 2011).Büyükbaş hayvanlarda canlı ağırlık 450 kg, küçükbaş hayvanlarda 50 kg ve kanatlılarda ise 2 kg alınmıştır.

Çizelge 3.6. Hayvan cinsine bağlı olarak elde edilebilecek atık miktarları

Hayvan Cinsi	YaşAtık Miktarı (kg/gün)	Katı Madde Oranı (%)	Katı Atık Miktarı (kg/gün)	Elde Edilebilirlik Oranı (%)	Toplam Elde Edilebilir Katı Atık (kg/gün)
BÜYÜKBAŞ	27.0	15	4.050	0.50	2.025
KÜÇÜKBAŞ	2.50	30	0.750	0.13	0.0975
KANATLI	0.10	35	0.035	0.99	0.035

Günlük taze atık miktarı; hayvanların canlı ağırlığının büyükbaş hayvanlarda % 6, küçükbaş hayvanlarda % 5 ve kümes hayvanlarında %4 olarak alınmıştır. Atıkların ahırda kalma süresi dikkate alınarak atığın kullanılabilirliği büyükbaş hayvan için %50, küçükbaş hayvan için %13 ve kümes hayvanları için %99 seçilmiştir.

Büyükbaş hayvanlar için günde 2.025 kg, küçükbaş hayvanlar için 0.0975 kg, kanatlı hayvanlar için 0.035 kg katı atık miktarı verilmiştir (Çizelge 3.6). Bu değerler kullanılarak Tokat ili ve ilçeleri yıllara göre biyogaz verim hesaplanmıştır.

TOPLAM YAŞ (TAZE) ATIK MİKTARI

Büyükbaş hayvan için

$$TYA_{BB} = HS_{BB} * HBY_{BB} * 365 / 1000$$

TYA_{BB} : Büyükbaş hayvan 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 hayvan için

$$TYA_{KB} = HS_{KB} * HBY_{KB} * 365 / 1000$$

TYA_{KB} : Küçükbaş hayvan 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)

Kanatlı hayvanlar için

$$TYA_{KNT} = HS_{KNT} * HBY_{KNT} * 365 / 1000$$

TYA_{KNT} : Kanatlı hayvanlar 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)

TOPLAM KATI ATIK MİKTARI

Büyükbaş hayvan için

$$TKA_{BB} = TYA_{BB} * 0.15 * 0.5$$

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

Küçükbaş hayvan için

$$TKA_{KB} = TYA_{KB} * 0.3 * 0.13$$

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

Kanatlı hayvanlar için

$$TKA_{KNT} = TYA_{KNT} * 0.35 * 0.99$$

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

Hesaplamalarda 1 ton katı hayvansal atıktan elde edilen biyogaz miktarı 200 m³ ve biyogazın ısıl değeri 22.7 MJ/m³ olarak alınmıştır (Yokuş 2011).

Tokat ili ve ilçelerine ait büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları ve hesaplanan biyogaz potansiyeli değerleri CBS yazılımları kullanılarak haritalandırılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Tokat İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli ve Enerji Değerleri

4.1.1. Tokat Merkez İlçe Biyogaz Potansiyeli

Tokat Merkez ilçe hayvan sayıları ve biyogaz üretim potansiyeli ve biyogaz enerji değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Tokat Merkez ilçe biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri

Hayvan Cinsi	Hayvan Sayısı	Biyogaz Potansiyeli (m ³ /yıl)	Isı Enerjisi Potansiyeli (GJ/yıl)	Elektrik Enerjisi(MWh)
Büyükbaş	59 627	8 814 361	200 086	22 232
Küçükbaş	79 500	565 841	12 845	1 427
Kanath	41 275	105 458	2 394	266
TOPLAM		9 485 660	215 325	23 925

Çizelge 4.1’e göre, Tokat Merkez ilçede hayvansal atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarı yılda toplam 9 485 660m³ olmaktadır.Enerji değeri 215 325 GJ, elektriksel eşdeğeri ise 23 925 MWh olarak hesaplanmıştır.

4.1.2. Almus İlçesi Biyogaz Potansiyeli

Almus ilçesi hayvan sayıları ve biyogaz üretim potansiyeli ve biyogaz enerji değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Almus ilçesi biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri

Hayvan Cinsi	Hayvan Sayısı	Biyogaz Potansiyeli (m ³ /yıl)	Isı Enerjisi Potansiyeli (GJ/yıl)	Elektrik Enerjisi (MWh)
Büyükbaş	13 335	1 971 246	44 747	4 972
Küçükbaş	13 882	98 805	2 243	249
Kanath	9 445	24 132	548	61
TOPLAM		2 094 183	47 538	5 282

Almus ilçesinde hayvansal atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarı yılda toplam 2 094 183 m³ olmaktadır.Enerji değeri 47 538 GJ, elektriksel eşdeğeri ise 5 282 MWh olarak hesaplanmıştır.

4.1.3. Artova İlçesi Biyogaz Potansiyeli

Artova ilçesi hayvan sayıları ve biyogaz üretim potansiyeli ve biyogaz enerji değerleri Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Artova ilçesi biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri

Hayvan Cinsi	Hayvan Sayısı	Biyogaz Potansiyeli (m ³ /yıl)	Isı Enerjisi Potansiyeli (GJ/yıl)	Elektrik Enerjisi (MWh)
Büyükbaş	13 206	1 952 177	44 314	4 924
Küçükbaş	10700	7 6157	1 729	192
Kanath	4 621	11 807	268	30
TOPLAM		2 040 141	46 311	5 146

Artova ilçesinde hayvansal atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarı yılda toplam 2 040 141 m³ olmaktadır. Enerji değeri 46 311 GJ, elektriksel eşdeğeri ise 5 146 MWh olarak hesaplanmıştır.

4.1.4. Başçiftlik İlçesi Biyogaz Potansiyeli

Başçiftlik ilçesi hayvan sayıları ve biyogaz üretim potansiyeli ve biyogaz enerji değerleri Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Başçiftlik ilçesi biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri

Hayvan Cinsi	Hayvan Sayısı	Biyogaz Potansiyeli (m ³ /yıl)	Isı Enerjisi Potansiyeli (GJ/yıl)	Elektrik Enerjisi (MWh)
Büyükbaş	3 612	533 944	12 120	1 347
Küçükbaş	5 236	37 267	846	94
Kanath	700	1 789	41	5
TOPLAM		573 000	13 007	1 446

Başçiftlik ilçesinde hayvansal atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarı yılda toplam 573 000 m³ olmaktadır. Enerji değeri 13 007 GJ, elektriksel eşdeğeri ise 1 446 MWh olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.4).

4.1.5. Erbaa İlçesi Biyogaz Potansiyeli

Erbaa ilçesi hayvan sayıları ve biyogaz üretim potansiyeli ve biyogaz enerji değerleri Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Erbaa ilçesi biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri

Hayvan Cinsi	Hayvan Sayısı	Biyogaz Potansiyeli (m ³ /yıl)	Isı Enerjisi Potansiyeli (GJ/yıl)	Elektrik Enerjisi (MWh)
Büyükbaş	33 085	4 890 790	111 021	12 336
Küçükbaş	91 873	653 906	14 844	1 649
Kanath	31 916	81 545	1 851	206
TOPLAM		5 626 242	1 277 16	1 4191

Erbaa ilçesinde hayvansal atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarı yılda toplam 5 626 242m³ olmaktadır.Enerji değeri 127 716 GJ, elektriksel eşdeğeri 14 191 MWh olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.5).

4.1.6. Niksar İlçesi Biyogaz Potansiyeli

Niksar ilçesi hayvan sayıları ve biyogaz üretim potansiyeli ve biyogaz enerji değerleri Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Niksar ilçesi biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri

Hayvan Cinsi	Hayvan Sayısı	Biyogaz Potansiyeli (m ³ /yıl)	Isı Enerjisi Potansiyeli (GJ/yıl)	Elektrik Enerjisi (MWh)
Büyükbaş	30 995	4 581 836	104 008	11 556
Küçükbaş	37 866	269 511	6 118	680
Kanath	13 600	34 748	789	88
TOPLAM		4 886 095	110 915	12 324

Niksar ilçesinde hayvansal atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarı yılda toplam 4 886 095 m³ olmaktadır.Enerji değeri 110 915 GJ, elektriksel eşdeğeri 12 324 MWh olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.6).

4.1.7. Pazar İlçesi Biyogaz Potansiyeli

Pazar ilçesi hayvan sayıları ve biyogaz üretim potansiyeli ve biyogaz enerji değerleri Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Pazar ilçesi biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri

Hayvan Cinsi	Hayvan Sayısı	Biyogaz Potansiyeli (m ³ /yıl)	Isı Enerjisi Potansiyeli (GJ/yıl)	Elektrik Enerjisi (MWh)
Büyükbaş	16 950	2 505 634	56 878	6 320
Küçükbaş	10 005	71 211	1 616	180
Kanath	1 730	4 420	101	11
TOPLAM		2 581 264	58 595	6 511

Pazar ilçesinde hayvansal atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarı yılda toplam 2 581 264 m³ olmaktadır.Enerji değeri 58 595 GJ, elektriksel eşdeğeri 6 511 MWh olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.7).

4.1.8. Reşadiye İlçesi Biyogaz Potansiyeli

Reşadiye ilçesi hayvan sayıları ve biyogaz üretim potansiyeli ve biyogaz enerji değerleri Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Reşadiye ilçesi biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri

Hayvan Cinsi	Hayvan Sayısı	Biyogaz Potansiyeli (m ³ /yıl)	Isı Enerjisi Potansiyeli (GJ/yıl)	Elektrik Enerjisi (MWh)
Büyükbaş	14 032	2 074 280	47 086	5 232
Küçükbaş	24 868	176 998	4 018	446
Kanath	8 158	20 844	473	53
TOPLAM		2 272 122	51 577	5 731

Reşadiye ilçesinde hayvansal atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarı yılda toplam 2 272 122 m³ olmaktadır.Enerji değeri 51 577 GJ, elektriksel eşdeğeri 5 731 MWh olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.8).

4.1.9. Sulusaray İlçesi Biyogaz Potansiyeli

Sulusaray ilçesi hayvan sayıları ve biyogaz üretim potansiyeli ve biyogaz enerji değerleri Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Sulusaray ilçesi biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri

Hayvan Cinsi	Hayvan Sayısı	Biyogaz Potansiyeli (m ³ /yıl)	Isı Enerjisi Potansiyeli (GJ/yıl)	Elektrik Enerjisi (MWh)
Büyükbaş	11 052	1 633 762	37 086	4 120
Küçükbaş	7 112	50 620	1 149	128
Kanath	7 920	20 236	459	51
TOPLAM		1 704 617	38 694	4 299

Sulusaray ilçesinde hayvansal atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarı yılda toplam 1 704 617 m³ olmaktadır. Enerji değeri 38 694 GJ, elektriksel eşdeğeri 4 299 MWh olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.9).

4.1.10. Turhal İlçesi Biyogaz Potansiyeli

Turhal ilçesi hayvan sayıları ve biyogaz üretim potansiyeli ve biyogaz enerji değerleri Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Turhal ilçesi biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri

Hayvan Cinsi	Hayvan Sayısı	Biyogaz Potansiyeli (m ³ /yıl)	Isı Enerjisi Potansiyeli (GJ/yıl)	Elektrik Enerjisi (MWh)
Büyükbaş	53 345	7 885 725	179 006	19 889
Küçükbaş	57 930	412 317	9 360	1 040
Kanath	25 850	66 047	1 499	166
TOPLAM		8 364 088	189 865	21 095

Turhal ilçesinde hayvansal atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarı yılda toplam 8 364 088 m³ olmaktadır. Enerji değeri 189 865 GJ, elektriksel eşdeğeri 21 095 MWh olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.10).

4.1.11. Yeşilyurt İlçesi Biyogaz Potansiyeli

Yeşilyurt ilçesi hayvan sayıları ve biyogaz üretim potansiyeli ve biyogaz enerji değerleri Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Yeşilyurt ilçesi biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri

Hayvan Cinsi	Hayvan Sayısı	Biyogaz Potansiyeli (m ³ /yıl)	Isı Enerjisi Potansiyeli (GJ/yıl)	Elektrik Enerjisi (MWh)
Büyükbaş	13 969	2 064 967	46 875	5 208
Küçükbaş	7 783	55 396	1 257	140
Kanath	26 830	68 551	1 556	173
TOPLAM		2 188 914	49 688	5 521

Yeşilyurt ilçesinde hayvansal atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarı yılda toplam 2 188 914 m³ olmaktadır.Enerji değeri 49 688 GJ, elektriksel eşdeğeri 5 521 MWh olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.11).

4.1.12. Zile İlçesi Biyogaz Potansiyeli

Zile ilçesi hayvan sayıları ve biyogaz üretim potansiyeli ve biyogaz enerji değerleri Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Zile ilçesi biyogaz potansiyeli ve enerji değerleri

Hayvan Cinsi	Hayvan Sayısı	Biyogaz Potansiyeli (m ³ /yıl)	Isı Enerjisi Potansiyeli (GJ/yıl)	Elektrik Enerjisi (MWh)
Büyükbaş	47 223	6 980 740	158 463	1 7607
Küçükbaş	43 435	309 149	7 018	780
Kanath	28 595	73 060	1 658	184
TOPLAM		7 362 949	167 139	18 571

Zile ilçesinde hayvansal atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarı yılda 7 362 949 m³ olmaktadır.Enerji değeri 167 139 GJ, elektriksel eşdeğeri 18 571 MWh olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.12).

4.2. Tokat İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli Ve Enerji Değerleri

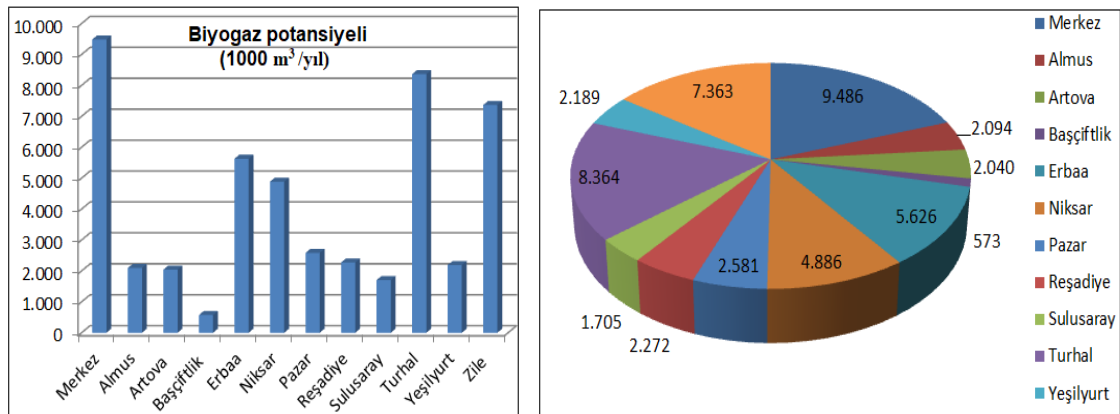
Tokat ilinde büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan atıklarından elde edilebilecek biyogaz potansiyeli ve enerji eşdeğerleri 2018 yılı için Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Tokat ili biyogaz potansiyeli ve enerji eşdeğerleri

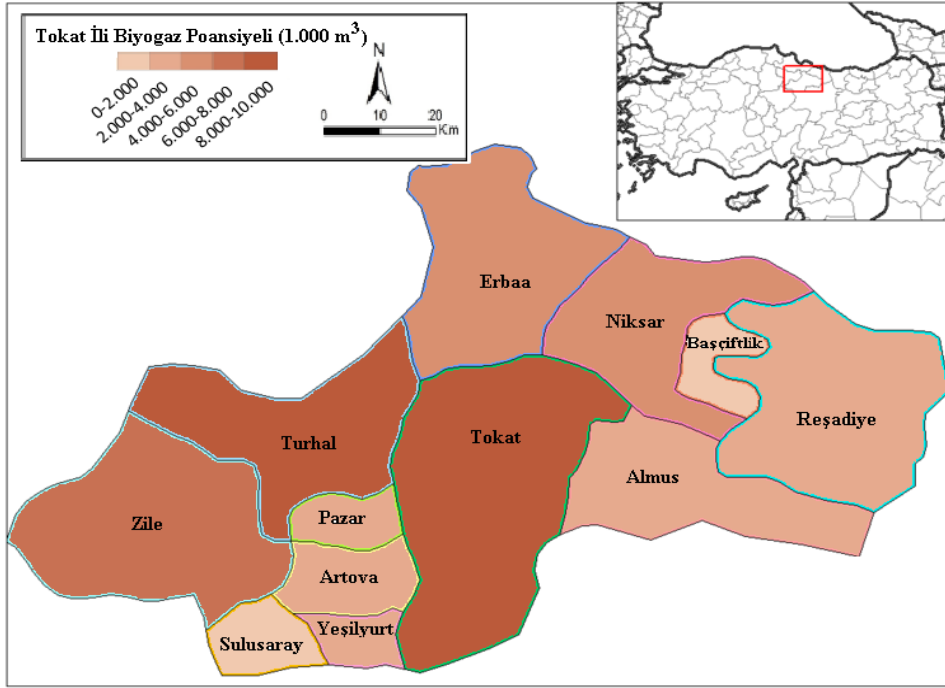
İlçeler	Biyogaz Potansiyeli (1000 m ³ /yıl)	Isı Enerjisi Potansiyeli (GJ/yıl)	Elektrik Enerjisi (MWh)
Merkez	9 486	215 325	23 925
Almus	2 094	47 538	5 282
Artova	2 040	46 311	5 146
Başçiftlik	573	13 007	1 446
Erbaa	5 626	127 716	14 191
Niksar	4 886	110 915	12 324
Pazar	2 581	58 595	6 511
Reşadiye	2 272	51 577	5 731
Sulusaray	1 705	38 694	4 299
Turhal	8 364	189 865	21 095
Yeşilyurt	2 189	49 688	5 521
Zile	7 363	167 139	18 571
TOPLAM	49 179	1 116 370	124 042

Çizelge 4.13’te görüldüğü gibi, Tokat ilinde 2018 yılı hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyeli yaklaşık 49 179 000 m³ hesaplanmıştır. Elde edilebilecek biyogazın ilçelere göre dağılımı Şekil 4.1’de görülmektedir.

Üretilen biyogazdan elde edilebilecek yıllık enerji miktarı 1 116 379 GJ ve yılda üretilen elektrik enerjisi karşılığı ise yaklaşık 124 milyon kWh olmaktadır.



Şekil 4.1. Tokat ili hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyelinin dağılımı



Şekil 4.2. Tokat ili hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyeli haritası

4.3. Tesis Senaryoları

Yapılan çalışmada ilçeler bazında hayvansal atık miktarları belirlenmiş ve elde edilecek biyogaz miktarları belirlenmiştir. Belirlenen miktarlar küçük ilçeler için ekonomik olarak biyogaz tesisi kurmaya elverişli olmadığı görülmüş, yakın ilçelerin atıkları yakın mesafelerde kurulacak merkezi tesislerde işlenecek şekilde projelendirilmiştir.

Nakliye üretime artı maliyet getireceğinden kurulması hedeflenen santraller uzaklığa göre 4 farklı kategoride değerlendirilmiştir (Badem, 2017; Höhn ve ark., 2014). İlgili kategoriler Çizelge 4.14'te, Tokat ili ilçeler arası mesafeler ise Çizelge 4.15'de sunulmuştur.

Çizelge 4.14. Uzaklık seviyeleri

LEJANT	UZAKLIK DERECESESİ	MESAFE (km)
	1. Seviye	0-25
	2. Seviye	26-50
	3. Seviye	51-75
	4. Seviye	76 ve üzeri

Çizelge 4.15. Tokat ili ilçeleri arası mesafeler

	MERKEZ	ALMUS	ARTOVA	BAŞÇİFTLİK	ERBAA	NİKSAR	PAZAR	REŞADİYE	SULUSARAY	TURHAL	YEŞİLYURT	ZİLE
MERKEZ	0	34	37	82	81	54	26	88	66	60	54	74
ALMUS	34	0	71	58	67	39	59	64	100	80	88	94
ARTOVA	37	71	0	118	120	91	26	125	30	51	19	55
BAŞÇİFTLİK	82	58	118	0	67	30	110	37	151	131	136	146
ERBAA	81	67	120	67	0	39	107	81	148	88	136	108
NİKSAR	54	39	91	30	39	0	79	48	120	101	109	115
PAZAR	26	59	26	110	107	79	0	113	56	26	45	36
REŞADİYE	88	64	125	37	81	48	113	0	155	136	143	149
SULUSARAY	66	100	30	151	148	120	56	155	0	77	12	56
TURHAL	60	80	51	131	88	101	26	136	77	0	98	22
YEŞİLYURT	54	88	19	136	136	109	45	143	12	98	0	74
ZİLE	74	94	55	146	108	115	36	149	56	22	74	0

Taşımacılık yönünden yerleşim yerlerinin birbirine olan mesafeleri ve güzergah durumları göz önüne alınarak biyogaz santral kurulumu 2 ayrı merkezde planlanmıştır. Mevzubahis plan Çizelge 4.15'de sunulmuştur.

Çizelge4.15. Enerji santrali projesi senaryosu

Enerji Santrali Projesi	İlçeler
Pazar Biyogaz Enerji Santrali	Merkez,Pazar, Artova, Yeşilyurt, Sulusaray, Zile, Turhal
Niksar Biyogaz Enerji Santrali	Niksar, Erbaa, Başçiftlik, Almus, Reşadiye

4.3.1. Pazar Biyogaz Enerji Santrali Projesi

Pazar biyogaz enerji santraline Merkez, Pazar, Artova, Yeşilyurt, Sulusaray, Zile, Turhal İlçelerinin toplam biyogaz kapasitesi Çizelge 4.13'deki veriler baz alındığında 33728000 m³/yıl biyogaz potansiyeline ve 85 068 MWh'lik elektrik enerjisine eşdeğer

Üretim yapılabilir. Pazar santrali izelge 4.14'deki uzaklık seviyelerine göre Sulusaray 3. diğer yerler 2. seviyede bulunmaktadır.

4.3.2. Niksar Biyogaz Santrali Projesi

Niksar biyogaz tesisi izelge 4.14'de Niksar, Erbaa, Başıftlık, Almus, Reşadiye ilçeleri konumları dikkate alınarak uygun görülmektedir. Niksar santralinin kapasitesi izelge 4.13'de verilen değerler ışığında 15 451 000 m³/yıl doğalgaz potansiyeline ve bunun karşılığı olarak 38 974 MWh'lik elektrik enerjisi üretimi planlanmıştır. Niksar santrali bütün tedarik merkezlerine 2. seviye mesafede bulunmaktadır.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemiz enerji konusunda dışarı bağımlı bir ülkedir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında bulunan ve biyokütle enerjisi kapsamında değerlendirilen biyogaz, genellikle atıl durumda olan bir enerji kaynağımızdır. Dünyada birçok yerde gerek aile tipi, gerekse kooperatifleşme sonucu büyük tesislerde biyogaz üretimi yapılmaktadır. Ülkemizde de biyogaz üretimi hem kaliteli gübre eldesi hem de enerji üretimini beraberinde getirerek tarımsal verimi arttıracak gibi enerjide dışa bağımlılığımızı da azaltacak, çiftçiye ucuz enerji kullanımını sağlayacaktır.

Yapılan çalışmada, Tokat ilinde yetiştiriciliği yapılan büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvancılığının durumu incelenmiş, mevcut istatistikî değerler kullanılarak ve belirli bilimsel kriterler çerçevesinde elde edilebilecek biyogaz üretim potansiyeli ve enerji değerleri ilçeler bazında belirlenmiştir.

Tokat ilinde yetiştirilen 310 431 büyükbaş, 390 190 küçükbaş ve 200 640 kanatlı olmak üzere toplam 901 261 hayvan mevcuttur. Tokat'ta yılda yaklaşık 245 896 ton hayvansal atık elde edilmekte, elde edilebilecek toplam biyogaz miktarı yaklaşık 49 179 000 m³, enerji değeri 1 116 370 GWh olup, elektrik enerji eşdeğeri ise 124 042 MWh, olarak hesaplanmıştır.

Biyogaz doğrudan kullanılabilirliği gibi tesislerine eklenecek kojenerasyon üniteleri ile elektrik enerjisi ve ısı enerjisine dönüştürülebilmektedir. Üretilen elektrik işletmelerin kendi ihtiyaçları için kullanılabildiği gibi doğrudan şebekeye de verilebilmektedir. Biyogaz üretim teknolojisinin sağlayacağı en önemli katkı biyogaz üretiminin çevreye olan olumlu etkileri ve kullanılabilir forma dönüştürülmüş organik gübre çıktısıdır.

İlçeler bazında hayvansal atık miktarları ve bu atıklardan elde edilecek biyogaz miktarları belirlenmiştir. Buna göre, küçük ilçelerin ekonomik olarak biyogaz tesisi kurmaya elverişli olmadığı görülmüş, yakın ilçelerin atıkları belirli mesafelere kurulacak merkezi tesislerde işlenecek şekilde projelendirilmesi yerinde olacaktır.

Tokat Merkez ilçe ve büyük ilçeler farklı kapasitedeki biyogaz üretimi için yeterli hayvan sayısı ve hammadde potansiyeline sahip olup aile tipi ve ortak tesisler rahatlıkla kurulabilecek kapasitededir. Ayrıca tarımsal ürünlerin atıkları da kurulacak sistemlerde rahatlıkla kullanılarak biyogaz üretimine destek olabilir. Kurulacak olan santrallerin devletin uygun kurumları tarafından desteklenmesi biyogaz üretiminin önünü açacak ve ülke ekonomisine büyük katkılar sağlayacaktır.



6. KAYNAKLAR

- Abdeshahian P., Lim J.S., Ho W.S., Hashim H., and Lee C.T.. 2016. Potential of Biogas Production from Farm Animal Waste in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, vol. 60, 714-723.
- Adeoti, O., Ayelegun, T.A., and Osho, S.O. 2014. Nigeria Biogas Potential from Livestock Manure and its Estimated Climate Value. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 37, 243-248.
- Akbulut, A., Dikici, ve A., 2004. Elazığ ilinin biyogaz potansiyeli ve maliyet analizi, *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, s.36-44.
- Alibaş, İ., Özsoy, G., Eliçin, A.K., 2015. Diyarbakır İli Tarımsal Kaynaklı Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 11(1), 75-87.
- Anonim, 2018a. Tokat ili 2018 yılı Tarım İstatistikleri. Tokat valiliği Tarım ve Orman İl Müdürlüğü. Koordinasyon ve Tarımsal Veriler Şube Müdürlüğü, Tokat.
- Anonim, 2018b. Tokat ili Tarım ve Kırsal Kalkınma Eylem Planı (2018-2023). Gıda, Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü, Tokat.
- Anonim, 2019. Enerji - AB'nin Hedefleri. AB Türkiye Delegasyonu. <https://www.avrupa.info.tr/tr/enerji-abnin-hedefleri-58> 14.05.2019
- Avan, H., 2014. Tokat İlindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Üretim Potansiyelinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Badem, A., 2017. Erzincan ilinin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyelinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Müh. Anabilim Dalı.
- Baran, M.F., Lüle, F., Gökdoğan, O., 2016. Adıyaman İlinin Hayvansal Atıklardan Elde Edilebilecek Enerji Potansiyeli. 2. Ulusal Biyoyakıtlar Sempozyumu, 27-30 Eylül, Samsun.
- Baran, M. F., Fuat, ve E., Gökdoğan, O. 2017. Adıyaman ilinin hayvansal atıklardan elde edilebilecek enerji potansiyeli. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, s. 245-249.
- Başçetinçelik, A., Öztürk, H. ve Karaca, C., 2007. Türkiye'de Tarımsal Biyokütleden Enerji Üretim Olanakları. <https://www.mmo.org.tr/sites/> Erişim Tarihi: 16.04.2019.
- Can, E., Ünal, H., Alibaş, İ., Vardar, A., Alibaş, K. 2009. Sığır, Bildircin ve Devekuşu Gübresi ile Mezbaha Atığı ve İspanaktan Biyogaz Üretim Miktarlarının Belirlenmesi. 25. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, 01-03 Ekim, Isparta.
- Çevik, A., 2016. Çanakkale ilindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyelinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Eryılmaz, T., Yeşilyurt, M.K., Gökdoğan, O., Yumak, B., 2015. Determination of Biogas Potential from Animal Waste in Turkey: A Case Study for Yozgat Province. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Cilt. 2, No. 4, S. 106-111.
- Eryaşar, A., 2007. Kırsal Kesime Yönelik Bir Biyogaz Sisteminin Tasarımı, Kurulumu, Testi ve Performansına Etki Eden Parametrelerin Araştırılması. Doktora Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Güneş Enerjisi Anabilim Dalı, İzmir.

- Gökdoğan, O., Bağdatlı, M.C., Savcı, S., 2015. Nevşehir’indeki Hayvansal Atıklardan Elde Edilecek Enerjinin Sera Isıtmasında Kullanımı. İç Anadolu Bölgesi 2. Tarım ve Gıda Kongresi, 28-30 Nisan, Nevşehir.
- Gökdoğan, O., 2016. Erzincan İlinin Hayvansal Atıklarından Elde Edilebilecek Elektrik Enerjisi Potansiyeli. Uluslararası Erzincan Sempozyumu, 28 Eylül-1 Ekim, Erzincan.
- Görmüş, C., 2018. Türkiye’deki Hayvan Gübrelerinin Biyogaz Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisan Tezi.
- Höhn, J., Lehtonen, E., Rasi, S., Rintala, J. 2014. Geographical Information System (GIS) based methodology for determination of potential biomasses and sites for biogasplants. Applied Energy 113, 1-10.
- Kaya, D., Çağman, S., Eyidoğan, M., Aydener, C., 2009. Türkiye’nin hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyeli ve ekonomisi, Atık Teknolojileri Dergisi.
- Kaya, D., Öztürk, H.H., 2012. Biyogaz Teknolojisi Üretim-Kullanım-Projeleme. Umuttepe Yayınevi, 253 s.
- Köttner, M., 2003. Dry Fermentation - A New Method for Biological Treatment in Ecological Sanitation Systems for Biogas and Fertilizer Production from Stackable Biomass Suitable For Semiarid Climates.
- Maghanaki M.M, Ghobadian B, Najafi G, Galogah R J. 2013. Potential of Biogas Production in Iran. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 28: 702-714
- Onurbaş A., Eliçin A.K., 2010. Ankara’nın Hayvansal Atıklardan Biyogaz Potansiyeli ve Uygun Reaktör Büyüklüğünün Belirlenmesi. 26. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, s.356-362, Hatay.
- 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.
- Öçal, F., 2013. Biyogaz Enerjisi Üretimi ve Eskişehir İli İçin Uygulama. Yüksek Lisans Tezi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Müh. Anabilim Dalı, Eskişehir.
- Özbekcan, H., 2014. Çorum ilinin Biyogaz Üretim Potansiyelinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Müh. Anabilim Dalı, Samsun.
- Özcan M., Öztürk S., Oğuz Y., 2014. Potential Evaluation of Biomass-based Energy Sources for Turkey. Engineering Science and Technology, an International Journal, 1-7.
- Özer B. 2013. Biogas Potential of Animal Wastes for Electricity Generation in Ardahan City of Turkey. Causes, impacts and solutions to global warming. 697-707. Springer, New York.
- Özsoy, G., Alibas, I., 2015. GIS Mapping of Biogas Potential from Animal Wastes in Bursa, Turkey. International Journal of Agriculture and Biological Engineering, 8(1), 74-83.
- Öztürk M., Yüksel Y.E., 2016. Energy Structure of Turkey for Sustainable Development. Renew Sustain Energy Rev. 53:1259-72.
- Öztürk, B., 2019. Aydın ili Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Müh. Anabilim Dalı, Aydın.

- Waqar, U., Khan, B., Neelofar, S., Majid, M., Mujtaba, G., Mehmood, A., Ali, S.M., Younas, U., Anwar, M., Almeshal, A., 2016. Biogas Potential for Electric Power Generation in Pakistan: A survey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 54, 25-33.
- Yokuş, İ., 2011. Sivas İlindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyeli. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Ankara.
- Yokuş, İ., Onurbaş Avcıoğlu, A., 2012. Sivas İlindeki Hayvansal Atıklardan Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi. 27. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, 5-7 Eylül, Samsun.
- Yokuş, İ., 2019. Sivas ili Hayvansal Atık Kaynaklı Sürdürülebilir Biyogaz Üretimi için Optimum Tesis Lokasyonlarının Belirlenmesi. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mustafa KONUK

Doğum yeri : TOKAT/Turhal

Doğum Tarihi : 27/11/1985

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Pazar Çok Programlı Lise 1999-2002

Lisans : Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Makine Mühendisliği Bölümü 2002-2006

Yüksek Lisans : Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı 2019

Çalıştığı Yerler

İCE MOTORLU ARAÇLAR A.Ş. (Servis Müdürlüğü) 2008-2010

BEST OTO BAKIM ONARIM HİZMETLERİ. (Servis Müdürlüğü) 2010-2013

TÜRKOĞLU MÜHENDİSLİK MUSTAFA KONUK SERBEST HİZMETLER 2013-

SGM BELGELENDİRME DENETİM LTD.ŞTİ (KURUCU ORTAK) 2016-