

Murat ÖZDEMİR

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

OCAK 2023



İSKENDERUN TEKNİK
ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK
LİSANS
TEZİ**

**GAZİANTEP İLİ BİYOGAZ
ENERJİ POTANSİYELİNİN
ARAŞTIRILMASI VE ÇİFTLİK TİPİ
50 m³ KAPASİTELİ
BİYOGAZ TESİS TASARIMI**

Murat ÖZDEMİR

**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

OCAK 2023





**GAZİANTEP İLİ BİYOGAZ ENERJİ POTANSİYELİNİN
ARAŞTIRILMASI VE ÇİFTLİK TİPİ 50m³ KAPASİTELİ BİYOGAZ TESİS
TASARIMI**

Murat ÖZDEMİR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

OCAK 2023

Murat ÖZDEMİR tarafından hazırlanan “GAZİANTEP İLİ BİYOGAZ ENERJİ POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI VE 50 m³ KAPASİTELİ BİYOGAZ TESİS TASARIMI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile İskenderun Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Cuma KARAKUŞ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....
.....

Başkan: Prof. Dr. Ertuğrul BALTACIOĞLU

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....
.....

Üye: Dr. Öğretim Üyesi İlker MERT

Elektrik ve Enerji Bölümü, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....
.....

Tez Savunma Tarihi : 24/01/2023

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Ersin BAHÇECİ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

İskenderun Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Yükseköğretim Kuruluna gönderilen kopya ile tarafımdan Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'ne verilen basılı ve/veya elektronik kopyaların birebir aynı olduğunu,
- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Murat ÖZDEMİR
24/01/2023

GAZİANTEP İLİ BİYOGAZ POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI VE ÇİFTLİK TİPİ 50 m³ KAPASİTELİ BİYOGAZ TESİS TASARIMI

(Yüksek Lisans Tezi)

Murat ÖZDEMİR

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

OCAK 2023

ÖZET

Sera gazı salımının artmasıyla yenilenebilir enerji kaynakları kullanımına yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarında yılın her mevsiminde enerji elde edilebilecek kaynaklar arasında biyogaz gelmektedir.

Bu çalışmada TÜİK'ten alınan veriler doğrultusunda Gaziantep ili için 2017 ila 2021 yılları arasındaki büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanları verileri kullanılarak Gaziantep ili ilçelerinin biyogaz potansiyeli, CO₂ salım azaltım miktarı ve Gaziantep ilinde saatlik metan üretimi 50 m³ olan biyogaz tesisi tasarımı yapılmıştır.

Tez kapsamında Gaziantep ilinde büyükbaş hayvanlardan en yüksek metan orana 12 999,45 m³ ile Nizip ilçesi ve küçükbaş ve kümes hayvanları içerisinde en yüksek metan oranları sırasıyla 824,60 m³, 8744,64 m³ ile Şehitkamil ilçesidir. Saatlik 50 m³ metan üretimine sahip biyogaz tesisinde 1575 MWh'lik elektrik enerjisi üretimi yapılabilceği ve elde edilen elektrik enerjisi ile yılda 3216,5 ton CO₂ salımın azaltımının gerçekleştirilebileceği hesaplanmıştır. Tesisin genel kurulum maliyetinin 600 000 \$ ve yıllık işletme maliyeti ise 65 000 \$ ve elektrik üretiminden elde edilecek yıllık gelirin ise yaklaşık 200 000 \$ civarında olduğundan tesisin geri ödeme süresi yaklaşık 4 yıl olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler : Biyogaz, Biyokütle, Enerji, Gaziantep
Sayfa Adedi : 73
Danışman : Doç. Dr. Cuma KARAKUŞ

INVESTIGATION OF GAZİANTEP PROVINCE BIOGAS ENERGY POTENTIAL AND FARM TYPE 50m³ CAPACITY BIOGAS PLANT DESIGN

(M. Sc. Thesis)

Murat ÖZDEMİR

ISKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

JANUARY 2023

ABSTRACT

With the increase in greenhouse gas emissions, studies are carried out for the use of renewable energy sources. In renewable energy sources, biogas is among the sources that can be obtained energy in all seasons of the year.

In this study, in line with the data received from TUIK, the biogas potential of the districts of Gaziantep, the amount of CO₂ emission reduction and the hourly methane production in Gaziantep province of 50 m³ were designed by using the cattle, ovine, and poultry data for the province of Gaziantep between 2017 and 2021.

Within the scope of the thesis, the highest methane rate in cattle and poultry in Gaziantep province is Nizip district with 12 999.45 m³, and the highest methane rate in sheep and poultry is in Şehitkamil district with 824.60 m³ and 8744.64 m³, respectively. It has been calculated that 1575 MWh of electrical energy can be produced in the biogas facility with an hourly production of 50 m³ of methane, and 3216.5 tons of CO₂ emissions can be reduced annually with the electrical energy obtained. Since the general installation cost of the facility is around \$600,000, the annual operating cost is around \$65,000, and the annual income from electricity generation is around \$200,000, the payback period of the facility is calculated as approximately 4 years.

Keywords : Biogas, Biomass, Energy, Gaziantep
Page Number : 73
Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Cuma KARAKUŞ

TEŞEKKÜR

Bu alıőmanın planlanması ve yürütölmesi esnasında sahip olduğu bilgi birikimi ve tecrübesi ile alıőmalarımı yönlendiren, yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Do. Dr. Cuma KARAKUŞ'a teşekkür ederim.

Eğitim hayatıma baőladıđım ilk günden bugüne her aőamada maddi ve manevi desteğini esirgemeyen sevgili annem Nahide ÖZDEMİR'e, babam Sırrı ÖZDEMİR'e, eőim Rabia ÖZDEMİR'e, kardeőlerim İbrahim ÖZDEMİR, Enes ÖZDEMİR ve Furkan ÖZDEMİR'e ve son olarak hayatımın her alanında olduğu gibi yüksek lisans öğrenimimde destek olan çocuklarım Ömer ÖZDEMİR ve Elif ÖZDEMİR'e en içten duygularıyla teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ	1
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	10
2.1. Materyal	10
2.1.1. Yenilenebilir enerji kaynakları	10
2.1.2. Gaziantep ili özellikleri	13
2.1.3. Gaziantep ilinde hayvancılık	14
2.1.4. Biyogaz tesisi.....	15
2.1.5. Biyogaz tesisi bileşenleri	21
2.1.6. Biyogaz üretimini etkileyen temel kriterler.....	23
2.1.7. Biyogaz üretiminin çevresel etkileri.....	25
2.1.8. Biyogaz tesis tasarımında dikkat edilmesi gerekenler.....	26
2.2. Yöntem.....	27
2.2.1. Biyogaz potansiyelinin hesaplanması ile ilgili kabuller ve tesis tasarımı	27
2.2.2. Biyogaz potansiyel hesaplama.....	30
2.2.3. Tesis tasarım formülleri.....	31
3. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	36
3.1. Gaziantep İli İçin Biyogaz Hesaplaması	38

	Sayfa
3.1.1. Oğuzeli ilçesi için biyogaz enerjisi potansiyeli	38
3.2. Gaziantep İli Biyogaz ve Enerji Değerleri	47
3.3. Biyogaz Tesis Tasarımı	53
3.3.1. Gaz deposunun boyutlandırılması ve reaktör hacminin belirlenmesi	53
3.3.2. Reaktör hacminin boyutlandırılması	53
3.3.3. Beslenen madde miktarının belirlenmesi	54
3.3.4. Ön dengeleme havuzunun boyutlandırılması (ÖDH).....	55
3.3.5. Sıvı gübre depolama havuzunun boyutlandırılması (SGH).....	55
3.4. Biyogaz Tesisi Ekonomik Analizi.....	56
3.4.1. Biyogaz üretimi	56
3.4.2. Elektrik üretimi ve elektrik giderleri	56
3.4.3. Gübre üretimi.....	57
3.4.4. Isı üretimi.....	58
3.4.5. Karbon salımı	58
3.4.6. Tesis maliyeti.....	59
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	61
KAYNAKLAR	63

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Biyogazın bileşenleri	13
Çizelge 2.2. Türkiye' de hayvan sayıları	14
Çizelge 2.3. Gaziantep ili yıllara göre hayvan sayıları	15
Çizelge 2.4. Metan oluşumu bakterileri için uygun sıcaklık aralığı ve hidrolik bekleme süreleri	23
Çizelge 2.5. Mezofilik koşullarda en uygun yükleme hızı	24
Çizelge 2.6. Organik maddelerin karbon (C)/azot (N) oranı	24
Çizelge 2.7. Hayvan türlerine göre biyogaz potansiyeli için kabul edilen gübre miktarı ve özellikleri	27
Çizelge 2.8. 2021 yılı ilçe bazlı büyükbaş hayvan sayısı	28
Çizelge 2.9. 2021 yılı ilçe bazlı küçükbaş hayvan sayısı	29
Çizelge 2.10. 2021 yılı ilçe bazlı kümes hayvanları sayısı	29
Çizelge 3.1. Oğuzeli ilçesi hayvan sayıları	38
Çizelge 3.2. Oğuzeli ilçesi büyükbaş hayvan sayısı	39
Çizelge 3.3. Oğuzeli ilçesi büyükbaş hayvanlardan elde edilen metan miktarı	41
Çizelge 3.4. Oğuzeli ilçesi türlerine göre küçükbaş hayvan sayıları	42
Çizelge 3.5. Oğuzeli ilçesi küçükbaş hayvanlardan elde edilen metan miktarı	44
Çizelge 3.6. Oğuzeli ilçesi türlerine göre kümes hayvanları sayısı	45
Çizelge 3.7. Oğuzeli ilçesi kümes hayvanlarından elde edilen metan miktarı	47
Çizelge 3.8. Gaziantep ili ilçe bazında metan üretim miktarları	48
Çizelge 3.9. İlçe bazında toplam metan üretimine bağlı enerji değerleri ve elektrik enerjisi miktarı	49
Çizelge 3.10. Bölge ve illere ait hayvansal atıklardan oluşabilecek biyogaz, elektrik, CO2 salım azaltım miktarlarına ait çalışmalar	51
Çizelge 3.11. Gaz deposunun boyutları	53
Çizelge 3.12. Kullanılacak reaktör hacminin boyutlandırılması	54

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.13. Ön dengeleme havuzu boyutları	55
Çizelge 3.14. Sıvı gübre depolama havuzu boyutları	56
Çizelge 3.15. Döviz kuru	56
Çizelge 3.16. Gelir gider tablosu	59
Çizelge 3.17. Tesis yatırım maliyeti	60



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Dünya'da 2021 yılında eklenen yenilenebilir elektrik kapasiteleri.....	2
Şekil 1.2. Türkiye'de enerji kaynaklarına göre kurulu gücü	3
Şekil 2.1. Örnek biyogaz tesisi	16
Şekil 2.2. Küçük hacimli reaktörler	18
Şekil 2.3. Tam karıştırmalı reaktör	19
Şekil 2.4. Lagun tipi reaktör	20
Şekil 2.5. Piston akımlı reaktör.....	21
Şekil 2.6. Biyogaz tesisi bileşenleri	21
Şekil 2.7. Biyogazın çevresel etkileri	25
Şekil 3.1. Gaziantep ili büyükbaş hayvaların ilçe bazlı dağılımı.....	36
Şekil 3.2. Gaziantep ili küçükbaş hayvaların ilçe bazlı dağılımı.....	37
Şekil 3.3. Gaziantep ili kümes hayvalarının ilçe bazlı dağılımı	37
Şekil 3.4. Oğuzeli ilçesi büyükbaş hayvanlardan elde edilen metan miktarı.....	42
Şekil 3.5. Oğuzeli ilçesi küçükbaş hayvanlardan elde edilen metan miktarı.....	44
Şekil 3.6. Oğuzeli ilçesi kümes hayvanlarından elde edilen metan miktarı	47
Şekil 3.7. Toplam metan miktarının hayvan türlerine göre metan miktarları.....	49
Şekil 3.8. Metan gazından elektrik ve enerji miktarı	50

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 2.1. Gaziantep ilinin ilçelere göre haritası	14



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
CO₂	Karbondioksit
PJ	Petajoule
EJ	Exajoule
GJ	Gigajoule
kJ	Kilojoule
GW	Gigawatt
MW	Megawatt
kW	Kilowatt
TW	Terawatt
m³	Metreküp
h	Saat
ML	Mega litre
CH₄	Metan
H₂S	Hidrojen sülfür
N₂	Azot
H₂	Hidrojen
CO	Karbon monoksit
pH	Potansiyel hidrojen
€	Euro
\$	Dolar
Q	Enerji
E	CHP motorunun yıllık elektrik üretimi
η_e	Verim
W	Metan gazının kWh olarak enerji değeri
CO_{2bio}	Karbondioksit salımı
CO_{2e}	Biyogazdan üretilen elektrik
gC_{max}	Maksimum saatlik gaz tüketimi

$t_{C_{max}}$	Maksimum zamanda tüketim miktarı
$V_{C_{max}}$	Maksimum gaz tüketimi
$t_{Z_{max}}$	Maksimum sıfır tüketim süresi
G_h	Saatlik gaz üretimi
G	Günlük üretilen gaz miktarı
V_d	Reaktörün iç hacmi
S_d	Beslenen hammadde miktarı
B	Eklenecek organik atık



Kısaltmalar**Açıklamalar**

TÜİK	Türkiye istatistik kurumu
M_{YYM}	Toplam hayvanlardan günlük elde edilecek yaş gübre miktarı
M_{YG}	Hayvan başına ortalama yaş gübre miktarı
S	Toplam hayvan sayısı
M_{YFYG}	Faydalanılabilecek olan yıllık ortalama yaş gübre miktarı
T	Yaş gübre toplayabilme oranı
M_{KM}	Faydalı gübre içerisindeki kuru madde miktarı
KM	Yaş gübre içindeki kuru madde oranı
M_{UKM}	Uçucu katı madde miktarı
UKM	Uçucu katı madde oranı
M_{METAN}	Toplam metan miktarı
MO	1 kg UKM'den üretilebilen metan miktarı
YB	Yıllık eklenecek organik madde miktarı
ÖDH	Ön dengeleme havuzu
SGH	Sıvı gübre depolama havuzu
RKH	Reaktör kapak hacmi
BM	Birleşmiş Milletler
EMO	Elektrik mühendisleri odası
HBS	Organik atığın reaktör içerisinde bekleme süresi
SGH	Sıvı gübre havuzunun boyutlandırılması
ÖDH	Ön dengeleme havuzu boyutlandırılması
RKH	Reaktör kapak hacmi
YSd	Yıllık organik atık miktarı
KDV	Katma değer vergisi
TSKB	Türkiye Sınai Kalkınma Bankası A.Ş.
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
TEİAŞ	Türkiye elektrik iletim A.Ş.
CHP	Kombine ısı ve güç çevirimi
TEP	Ton eşdeğer petrol

1. GİRİŞ

Nüfus artışları kentleşme ve modernleşme ile birlikte enerji talebini artırmaktadır. Dünya, enerji ihtiyaçlarını karşılamak için büyük ölçüde fosil kaynaklı yakıtlara güvenmektedir. Fosil yakıt kullanımı iklim değişikliği, kaynak kıtlığı, çevre kirliliği ve dengesiz kalkınma gibi zorlukları barındırmakla birlikte insan zaman çizelgelerinde yenilenebilir enerji kaynağı olmadıkları için hızla tükenmesine neden olmaktadır (Karne ve diğerleri, 2022).

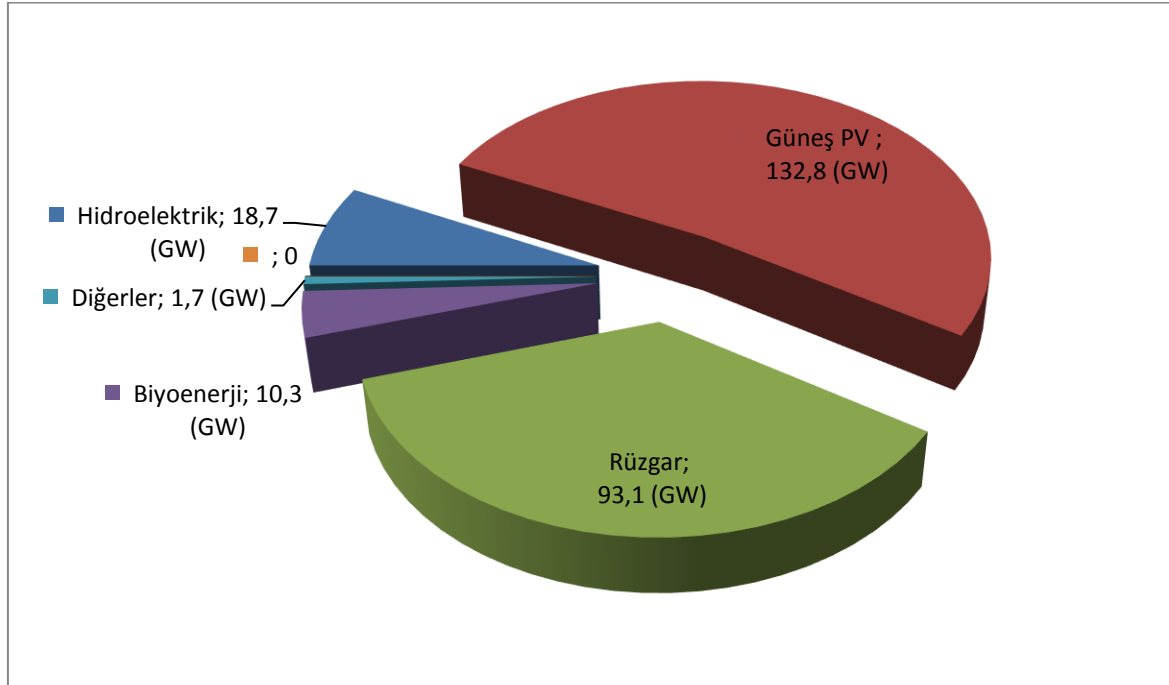
Paris Antlaşması'nın (2015) küresel sıcaklık artışının 1,5 °C ile sınırlandırılmasına uyum sağlamak amacıyla 2030 yılı için mevcut vaatlerin yanında küresel sera gazı salımlarının %25 oranında azaltılması hedeflenmiştir (Ram, Gulagi, Aghahosseini, Bogdanov ve Breyer, 2022). Küresel ısınma sonuçlarının hafifletilmesi amacıyla tüm sektörlerde, özellikle fosil yakıtlardan kaynaklanan sera gazı salımlarının azaltılması gerekmektedir (Jurgutis ve diğerleri, 2021).

Yenilenebilir enerji kaynakları büyüyen enerji sorunlarının çözümü olarak karşımıza çıkmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi ve kullanılması, enerji tedarikinde çeşitliliğini artırmasının yanı sıra uzun süreli enerji kaynaklarının sağlanmasına katkı, çevresel etkilerin azaltılması, kırsal alanlarda yeni istihdam olanakları sağlanması ve enerji hizmeti ihtiyaçlarını karşılamak için ticari olarak da çekici seçenekler sağlamaktadır.

Son yıllarda ülkeler, fosil kaynaklı enerjiden yenilenebilir ve temiz enerjiye geçiş için çalışmaları sürdürmektedir. Yenilenebilir enerji alanındaki yatırımlara ilişkin 2019 Birleşmeler Milletler (BM) Çevre raporunda, 2010-2019 yılları arasında Dünya üzerinde 2,6 trilyon ABD doları yatırım yapılmıştır (Chawla ve Ghosh, 2019). Türkiye'nin de içinde olduğu Dünyada gelişmekte olan yedi ülkenin (E7) 2000-2018 yılları arasındaki yenilenebilir enerji tüketimi %7'den %23'e yükselmiştir (Wang, Sun, ve Iqbal, 2022).

Dünya'da 2021 yılında eklenen yenilenebilir elektrik kapasiteleri Şekil 1.1'de verilmiştir (IRENA, 2022). Şekil incelendiğinde 2021 yılında yaklaşık 257 GW kapasiteli yenilenebilir enerjiden elektrik santralleri kurulmuş olduğu görülmektedir. Güneş ve rüzgar enerji santralleri büyümenin yaklaşık %88 'ini oluşturmaktadır. Biyoenerji ve hidroelektrik gücüne bakıldığında sırasıyla 10,3 GW ve 18,7 GW ile büyümeye katkı sağlamıştır. Aynı zamanda

biyoenerji 2019 yılında 768 TWh üretimi ile Dünyanın üçüncü en büyük yenilenebilir enerji elektrik kaynağı olmuştur (WBA, 2021).



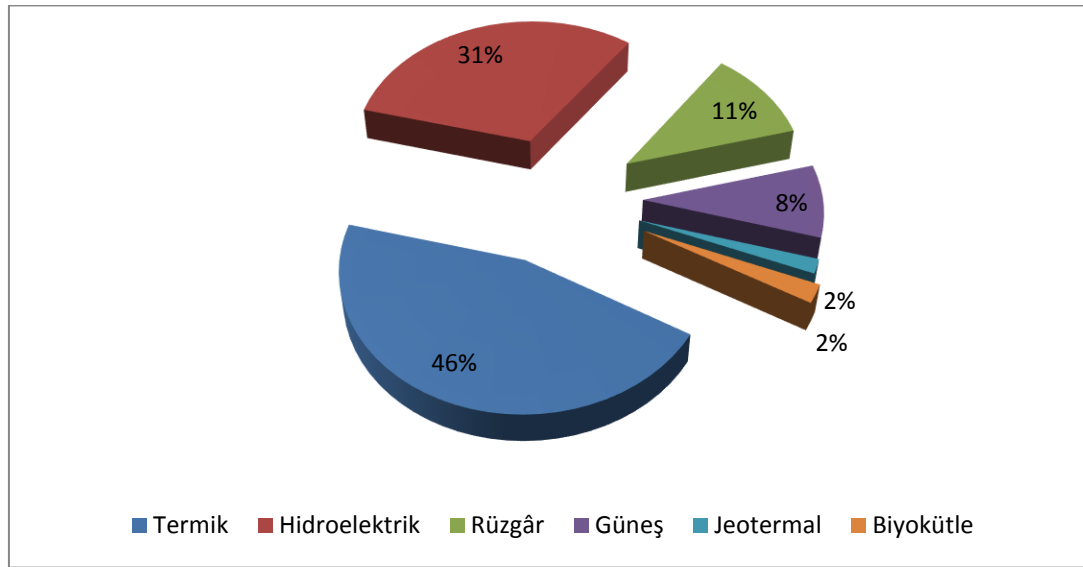
Şekil 1.1. Dünya'da 2021 yılında eklenen yenilenebilir elektrik kapasiteleri (IRENA, 2022)

Türkiye'de Enerjinin Önemi

Türkiye, Asya ve Avrupa kıtalarının kesişim noktasında kalmasıyla köprü görevini üstlenmektedir. Jeopolitik konuma sahip Türkiye'de ekonomik gelişiminde yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektedir. Türkiye'de yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik kurulu gücü toplam güce oranı 2018 yılı sonu itibari ile % 47,7'den 2022 a %54,3 oranına yükselmiştir. (TEİAŞ, 2023).

Türkiye'de dört mevsimin belirgin yaşanması biyoçeşitliliği artırıcı etkisinin yanında rüzgar, güneş, hidroelektrik, biyokütle gibi enerji kaynaklarının zenginliğini de göstermektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarında çeşitlilik olmasına rağmen bu enerji türlerinde biyokütle dışındaki diğer enerji türleri mevsimsel geçişlerden dolayı tam bir verimlilikle kullanılamamaktadır. Biyokütle enerjisinde hayvansal bitkisel ve evsel atıklar kullanıldığından sürekliliği devam etmektedir. Kırsal alanlarda biyokütle enerjisi ısınma amacıyla kullanımını sürdürmektedir.

Türkiye'de 2022 yılı toplam kurulu gücü 103,8 GW seviyelerine ulaşmıştır. 2022 yılı Ağustos ayında Türkiye'de elektrik üreten santrallerin %54,3 yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üreten santraller oluşturduğu ifade edilmiştir. Toplam kurulu güçler içerisinde biyokütle kurulu gücü ise yaklaşık 2245 MW ile toplam kurulu güce oranı ise % 2,2 seviyelerinde gerçekleşmiştir (Hakyemez, 2022). Türkiye' de enerji kaynaklarına göre kurulu gücü Şekil 1.2'de verilmiştir.



Şekil 1.2. Türkiye'de enerji kaynaklarına göre kurulu gücü (Hakyemez, 2022)

Literatürde yenilenebilir enerji kaynaklarından biyogaz ile ilgili yapılan birçok çalışmadan bazıları şunlardır:

Bayrakçeken ve Çetinkaya (1999) yapmış oldukları çalışmada Afyon'da toplam hacmi 2,29 m³ ve gaz toplama hacmi 0,602 m³'lük küçük çaplı ev tipi biyogaz tesisi kurulumunu atıkların reaktör içerisine alınması ve fermantasyona uğramış atıkların üniteyi terk etmelerini sağlayarak yapmışlardır. Sonuç olarak üretilen bir günlük gaz ile iki kişilik bir ailenin bir öğün yemeğini pişirmesine yeteceğini hesaplamışlardır.

Adeoti, Ayelegun ve Osho (2014) yapmış oldukları çalışmada Nijerya'nın hayvan gübresinden elde edilen biyogaz potansiyelini ve biyogazın iklim değişikliği üzerindeki etkisinin azaltılması incelemiştir. Çalışmalarında 1,62x10⁹ m³/yıl biyogaz elde edilebileceği ve tarımsal kullanım için aneorabik çürütücüden gelen gübrenin kullanılmasıyla 683 600 ton/yıl CO₂ salım azaltımı sağlanabileceğini hesaplamışlardır.

Noorollahi ve diğerkleri (2015) yapmış oldukları çalışmada İran'da farklı illerde hayvan gübresinden biyogaz üretimi potansiyelini inceleyip sonuçları ile bir coğrafi bilgi sistemi veritabanı oluşturmuşlardır. Çalışmalarında İran'da doğalgaz tüketiminin %3'ünden fazlasını biyogaz ile karşılayabilme potansiyeline sahip yedi il olduğunu ve Sistan-Baluchestan ili de %33,3 oranla en yüksek potansiyele sahip olduğunu hesaplamışlardır.

Kaya, Çoban, Çağman ve Eyidoğan (2015) Osmaniye ilinde bulunan 67 adet büyükbaş hayvan çiftliği ve üç adet tavuk çiftliğinden 832 kW kapasiteli bir tesis tasarımı, tesisin yerinin belirlenmesi ve tesis kurulum maliyetlerini araştırmışlardır. Tesisin geri ödeme süresinin ise 3,53 yıl olarak hesaplamışlardır.

Öztürk ve diğerkleri (2017) Türkiye ve Malezya'nın gelecekteki enerji planları, yenilenebilir enerji ve biyokütle potansiyellerini karşılaştırmışlardır. Çalışmalarında Türkiye'de 1,5 milyon ton/yıl biyodizel, üç milyon ton/yıl biyoetanol ve 2,5-4,0 milyar m³/yıl biyogaz üretilebileceğini ve 2030 yılında ise biyokütle enerji potansiyelinin 52,5 Mtep seviyesine ulaşacağını öngörmüşler. Malezya'nın ise yaklaşık 15 milyar m³ biyogaz enerji potansiyeli olduğu hesaplanmıştır. Ayrıca Malezya'da 2400 MW biyokütle ve 410 MW'dan fazla biyogaz üretilebileceğini elde etmişlerdir. Malezya'da 2011 yılında toplam potansiyelin sadece 773 MW kullanıldığını hesaplamışlardır.

Özer (2017) yapmış olduğu çalışmada 2015 yılına ait hayvansal ve tarımsal atıklardan biyogaz üretimiyle Ardahan ilinde CO₂ salımın azaltma miktarını hesaplamıştır. Biyokütleden elektrik üretim potansiyeli 323 GWh/yıl ve kömür santrali yerine biyogaz santrali kullanılmasıyla yaklaşık iki milyon ton/yıl CO₂ salım azaltımı yapılabileceği hesaplamıştır.

Scarlat ve diğerkleri (2018) Avrupa'da çiftlik hayvanları, kümes hayvanları, gübre üretimi ve toplama verilerini kullanarak biyogaz potansiyelini mekansal dağılımını mekansal analiz algoritması aracılığıyla hesaplamışlardır. Teorik biyogaz potansiyelinin 26 milyar m³ biyometan, teknik potansiyelin ise 16 milyar m³ biyometan olduğunu elde etmişlerdir. Avrupa'da toplam kurulu gücü 6144 MWe ile 7145 MWe arasında ve ortalama kapasitesi 315 kWe ile 515 kWe arasında olan 13 866 ile 19 482 arasında biyogaz tesisi kurulabileceğini hesaplamışlardır.

Karagöz ve diğerleri (2018) yapmış oldukları çalışmada Karabük ili için büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanlarında biyogaz potansiyelini ve 50 adet büyükbaş hayvana sahip bir tesis tasarımını incelemişlerdir. Karabük ilinde 8 356 828 m³/yıl biyogaz ve 50 başlık bir biyogaz tesis maliyetinin yaklaşık 23 500 TL olduğunu ve 16 024 m³/yıl biyogaz üretimi elde etmişlerdir.

Ramos-Suárez, Ritter, González ve Pérez (2019) Kanarya Adaları'ndaki çiftliklerden üretilen hayvan gübresinden biyogaz potansiyelini araştırmışlardır. Çalışmada 27,1 Mm³/yıl biyogaz elde edileceği ve elde edilen biyogaz miktarı ise 6,8 MWe güce karşılık geldiğini hesaplamışlardır. Ayrıca 546 çiftliğin hayvan gübresinin %80'inden fazlası 3 kW_e - 185 kW_e arasında kendi elektrik gücünü üretebileceğini göstermişlerdir. Elde edilen biyogaz ile 55 745 ton/yıl CO₂ salımını azaltacağını vurgulamışlardır.

Gabisa ve Gheewala (2019) yapmış oldukları çalışmada Etiyopya'nın Amhara bölgesinde biyogaz potansiyelini ve CO₂ salım azaltım miktarını araştırmışlardır. Bölgenin biyogaz potansiyelinin 223 PJ/yıl olduğu, 1984 ton/yıl CO₂ ve 1517 ton/yıl CO salım azaltılabileceğini hesaplamışlardır. Tesislerin geri ödeme süresini yaklaşık 2 yıl olarak elde etmişlerdir.

Khalil, Berawi, Heryanto ve Rizalie (2019) Endonezya'da hayvansal atıkların biyogaz potansiyelini inlemişlerdir. Çalışmada 9597,4 Mm³/yıl biyogaz ve 1,7x10⁶ kWh/yıl elektrik enerjisi üretilebileceği hesaplanmıştır.

Bao, Yang, Fu ve Xie (2019) yaptıkları çalışmada 14 hayvan türünü baz alarak Çin'de hayvan atığı, biyogaz potansiyeli ve 2030 yılına kadar hayvancılık verilerini dört farklı senaryoda hesaplamışlardır. Çin'de 2015 yılında biyogaz potansiyelinin tüm iller arasında 0,1-7,1 milyar m³ arasında değiştiğini, ticari besi alanlarında ise biyogaz 61 milyar m³ ve 2015 yılında sonra biyogaz potansiyelini 86-111 milyar m³ aralığında olacağını hesaplamışlardır.

Lüle (2019) Güneydoğu Anadolu Bölgesinin biyogaz potansiyelini incelemiştir. Çalışmada büyükbaş hayvanlarda Diyarbakır ili 23 283 936 m³/yıl, küçükbaş hayvanlarda Şanlıurfa ili 54 216 437 m³/yıl ve kanatlı hayvanlarda ise Gaziantep ili 4 507 144 m³/yıl ile en fazla biyogaz potansiyeline sahip olduğunu belirlemiştir.

Chowdhury ve diğeri (2020) Bangladeş'teki çiftlik atıklarından biyogaz potansiyelini araştırmışlardır. Çalışmalarında 2016 yılında yaklaşık 17 milyar m³ biyogaz ve 16,68x10¹⁰ kWh/yıl elektrik elde edileceğini, biyogaz kullanımıyla 1,65 ML dizel yerine konulacağını ve 4,42 megaton CO₂ salımı azaltılabileceğini hesaplamışlardır.

Wu ve diğeri (2020) yapmış olduğu çalışmada 21. yüzyılda Japonya'nın nüfus, arazi kullanımı ve şebekeye dayalı biyofiziksel koşullardaki biyogaz potansiyelini kapsamlı bir şekilde değerlendirmişlerdir. Çalışmalarında 2030, 2050 ve 2100 yıllarında sırasıyla 3,61 EJ/yıl, 3,72 EJ/yıl ve 3,72 EJ/yıl biyogaz potansiyeline ulaşabileceğini hesaplamışlardır.

Manesh, Rezazadeh ve Kabiri (2020) İran'da kanatlı hayvanların gübrelerinden biyogaz üretimini araştırmışlardır. İran'da kanatlı hayvanlardan 965 532 480 m³/yıl biyogaz, 521 387 539 m³/yıl metan ve biyogazdan 1 346 786 CO_{2e} ton/yıl elde edileceğini hesaplamışlardır. Ayrıca çalışmalarında gübreden elde edilen biyogaz miktarındaki değişimlere dayalı olarak kanatlı hayvan gübresinden üretilen biyogaz miktarına duyarlılık analizi yapmışlardır ve kanatlı hayvan gübresinin birim kilogramı için 0,22-0,33 m³ arasında olduğunu varsaymışlardır.

Ersoy ve Uğurlu (2020) Türkiye'de hayvan gübresinden biyogaz potansiyel hesaplanması ve sera gazı salımlarının azaltılmasını incelemişlerdir. Çalışmalarında biyogaz üretiminde hayvan gübrelerinin tamamının ya da gerçekte toplanabilen miktar olmak üzere iki farklı senaryo ile incelemesini yapmışlardır. 2015 yılında birinci senaryo ve ikinci senaryodan sırasıyla 8,41 milyar m³/yıl ve 4,18 milyar m³/yıl biyogaz ile %5,25 ve %2,3 elektrik talebinin karşılanabileceğini ve biyogaz üretimiyle sera gazı salımının %1,13 oranında azaltılabileceğini hesaplamışlardır.

Ay ve Kaya (2020) yapmış oldukları çalışmada Kahramanmaraş ilinde bulunan büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanları atıklarından biyogaz potansiyelini incelemişlerdir. Sonuç olarak bir yılda 1 691 310 ton hayvansal atıktan yaklaşık 70 milyon m³ biyogaz ve 326 GWh elektrik enerjisi potansiyeli olduğunu hesaplamışlardır.

Nuralan Poyraz (2020) Kayseri ilinde büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinin en fazla yapıldığı yerlerin biyogaz üretim potansiyeli, elektrik enerjisi ve elektrik enerjisinden elde edilecek CO₂ salım azaltım miktarını üç farklı durumda incelemiştir. Sonuç olarak CO₂ salımının

azaltılması için biyogaz tesislerinin kurulmasının mümkün olduğunca ham maddeye yakın bölgelere kurulmasının daha uygun olacağını belirtmiştir. Biyogaz tesislerinin ham maddeye uzak kurulmasında ham maddenin taşınması esnasında CO₂ salımı artırıcı etkenler mevcut olduğu irdelenmiştir.

Gençyılmaz ve Seçkin (2020) yapmış olduğu çalışmada Çankırı ilinin biyogaz potansiyeli, elektrik üretimi ve CO₂ salım azaltımı araştırılmıştır. Çankırı ilinde biyogaz üretiminden elektrik enerjisi eldesinde CO₂ salımın yaklaşık %41 oranında azaltılacağı, yıllık enerji üretimini de yaklaşık 56,5 GWh olarak hesaplamışlardır.

Erkan Can (2021) Adana ilinin büyükbaş ve kümes hayvanları atıklarının biyogaz potansiyelini hesaplamıştır. 2019 yılı için yaklaşık 72,5 dam³ biyogaz ve 253,61 MWh/yıl elektrik enerjisi üretileceğini hesaplamıştır.

Topal Canbaz ve Polat Bulut (2021) yapmış oldukları çalışmada İç Anadolu Bölgesinin hayvansal atıklarından biyogaz potansiyelini hesaplamışlardır. 2015 ve 2019 yıllarında sırasıyla 3410 GWh ve 4275 GWh enerji miktarı elde edilebileceğini hesaplamışlardır.

Yenigün, Gülşen ve Yenigün (2021) yapmış oldukları çalışmada Mardin ilinin hayvansal atıklarından biyogaz potansiyelini hesaplamışlardır. Hayvan atıklarından 0,178 km³/yıl biyogaz, 0,405 TJ/yıl enerji ve 0,230 GWh/gün elektrik enerjisi elde edileceğini hesaplamışlardır.

Kumaş ve Akyüz (2021) yapmış oldukları çalışmada Burdur ili biyogaz potansiyelini incelemişlerdir. 2019 yılı için hayvansal atıklardan 79249,97 m³-CH₄ ve 2853 GJ/yıl enerji elde edileceğini hesaplamışlardır. Biyogazın kullanımıyla 277,37 MWh/yıl elektrik enerjisi ve 160,877 ton CO₂ salımının azaltılacağını hesaplamışlardır.

Akbulut, Arslan, Arat ve Erbaş (2021) Malatya'da inşa edilen bir biyogaz tesisini teknolojik açıdan incelemişlerdir. Çalışmalarında 229,49 m³/h biyogaz, 139,08 m³/h metan, 5256 kWh/yıl elektrik üretilebileceğini ve geri ödeme süresinin 2,22 yıl olarak elde etmişlerdir. Tesisin aynı zamanda 14 105 ton CO₂ salımını azaltacağını hesaplamışlardır.

Kurnu Seyhan ve Badem (2021) yapmış oldukları çalışmada Erzincan ilinin ilçe bazlı biyogaz potansiyellerini incelemişlerdir. İlçeler içerisinde yaklaşık 7 hm³/yıl biyogaz potansiyeli ile en yüksek değerin merkez ilçesinde olduğunu hesaplamışlardır. Erzincan ilçelerinin birbirine olan mesafeleri, ekonomik verimliliği ve atık kapasiteleri göz önüne alınarak 2,4 MW, 1,2 MW ve 0,5 MW kurulu güce sahip üç tip senaryo sunulmuştur. Elektrik ve ısının etkin bir biçimde kullanımıyla üç farklı kurulu güce sahip tesisler yaklaşık dört yılda ilk yatırım maliyelerini geri ödeme süresi olduğunu hesaplamışlardır.

Kucher ve diğerleri (2022) yapmış oldukları çalışmada 2012 ila 2019 yılları arasında Ukrayna'nın canlı hayvan ve mahsul atıklarından biyogaz potansiyelini incelemişlerdir. Atıkların %37'sinin kullanılmasıyla 10 milyar m³ fazla biyogaz üretilebileceğini hesaplamışlardır. Ayrıca biyogaz tesis sayısalarının ve kapasitelerinin artırılması çevresel bozulma gibi faktörlerin ele alınmasında güçlü bir faktör olduğu belirtilmiştir.

Kaur ve diğerleri (2022) Hindistan'da sığır, manda, koyun ve keçi gibi türlerden elde edilecek biyogaz potansiyelini hesaplamışlardır. alışmalarında sığır/manda 22,5 kg/gün ve keçi/koyun 1,6 kg/gün gübre elde edilebileceğini varsayarak hayvanlardan 158,929 Mm³/yıl metan ve 5,2 milyar MJ/yıl ısı enerjisi üretebileceğini hesaplamışlardır.

Aravani ve diğerleri (2022) Yunanistan ve Çin'de tarlada kalan mahsul atıkları, hayvan gübreleri ve tarımdan kaynaklanan sıvı ve katı ikincil tarımsal atıkları ile biyokütle enerji potansiyelini hesaplamışlardır. Sonuçların ülkelerin nüfusları ile orantılı olduğunu ve Yunanistan ve Çin sırasıyla 77 TWh ve 5500 TWh enerji ve elektrik enerjisinin yaklaşık %135'i ve %99'u elde edilen biyokütlenin enerji potansiyelinden karşılanabileceğini hesaplamışlardır.

Ertop ve diğerleri (2022) yapmış oldukları çalışmada 2020 yılı verileriyle Türkiye'de il bazlı et ve süt sığırıcılığından biyogaz potansiyeli hesabı ve atıkların değerlendirilmesiyle elektrik enerjisini belirleyip dağılımını haritalandırmıştır. Türkiye'de büyükbaş hayvanlardan 2 361 063 163 MJ biyogaz potansiyel enerjisi ve 656.375,63 MWh elektrik enerjisine eşdeğer olduğu hesaplamıştır. Gaziantep ili için ise 25330 136,10 MJ ve 7041,78 MWh enerji elde edileceğini belirtmiştir.

Tırınk (2022) yapmış olduğu çalışmada Iğdır ilinin biyogaz potansiyelini hesaplamıştır. 2020 yılında 43 952 304 m³ biyogaz, 1 032 879 GJ ısı enerjisi ve 114 716 MWh elektrik enerjisi elde edilebileceğini ayrıca çalışmasında biyogaz kullanılmasıyla 78 465 ton CO₂ salımını azaltacağını hesaplamıştır.

Yıldırım ve Nacar Koçer (2022) yapmış oldukları çalışmada Diyarbakır ilinin biyokütle miktarı ve ısı değerini incelemiştir. 2019 ve 2020 yıllarında sırasıyla tarımsal kaynaklı biyoenerji miktarlarını 6 082 013 TEP - 6 105 267 TEP ve biyogaz miktarı 157 834,12 m³/yıl - 165 249 023,1 m³/yıl olarak hesaplamışlardır.

Yukarıda incelenen literatür çalışmalarında biyokütle enerji potansiyelinin ihmal edilemeyecek kadar yüksek olduğu, CO₂ salımının azaltılmasına katkı sağladığı ve tesislerin geri ödeme süreleri incelenmiştir.

Yapılan incelemelerde hayvansal atıklar bir enerji kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Hayvansal atığın toplanıp işlenebileceği ve enerji elde edileceği yerlerden birisi de çiftliklerdir. Çiftliklerdeki hayvansal atıkların işlenip enerji elde edilmesi sonucunda kaliteli ve verimli bir gübre çıkmaktadır. Aynı zamanda çiftliklerin kendi işletmesi için gereken enerjiyi hayvansal atıklardan elde ederek tesis harcamalarını indirgenmiş olmaktadır.

Yapılacak tez çalışmasında Türkiye'de biyokütle enerji potansiyelleri, CO₂ salımının azaltılması ve biyogaz tesislerinin maliyet analizi üzerine çalışmalar incelenmiştir. Çalışmalar sonuçlarında Gaziantep ili için fazla araştırma yapılmadığı görülmüştür. Çalışmada, Gaziantep ili ilçe bazında hayvan sayıları incelenmiş olup hayvan sayılarının çok olduğu ilçeler içerisinde merkezi bir ilçe seçilmiştir. Merkez ilçe olarak kabul edilen ilçenin biyogaz potansiyeli, elektrik üretimi ve CO₂ salım azaltılması detaylı bir şekilde irdelenecek ve diğer ilçelerin verileri çizelge halinde sunulacaktır. Hayvan çiftlikleri ve hayvan sayısı bakımından zengin olan Gaziantep ilinde saatlik üretimi 50 m³ kapasiteli bir biyogaz tesisinin tasarımı, maliyet analizi ve geri ödeme süresi hesaplanacaktır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

2.1.1. Yenilenebilir enerji kaynakları

Enerji yenilenebilir enerji ve yenilemez enerji olmak üzere iki ana dala ayrılır. Yenilemez enerji kaynakları petrol, kömür, doğalgaz gibi sıralanabilir. Fosil yakıtların tükenebilir olması, çevresel hasar ve dengesizliklere yol açması ve karbondioksit (CO₂) gibi zararlı sera gazı salımına neden olmaktadır. Bu nedenler iklim değişikliğini tetiklemektedir. İklim değişikliği 21. yüzyılın önemli sorunu haline gelmiştir. İklim değişikliği, yenilenebilir enerji kaynaklarının tüketilmesiyle ekonomik ve çevresel sorunları azaltabilecektir (Shang, Han, Gozgor, Mahalik ve Sahoo, 2022) (Devi, ve diğerleri, 2022). Yenilenebilir enerji kullanımıyla karbondioksit (CO₂) salımın azaltılması, tükenmeyen bir yakıt temini, temiz hava ve su sağlanması ve istihdam gibi avantajlar sağlamaktadır.

Yenilenebilir enerji yatırımları 2021 yılında 755 milyar dolara ulaşmış olup, 2022-2025 yılları arasında 2 trilyon doları aşacağı, 2026-2030 yılları arasında ise yaklaşık 4.1 trilyon dolar yatırım yapılacağı ifade edilmektedir (Dutta ve Dutta, 2022; BloombergNEF, 2022). Yapılan yatırımlar ışığında yenilenebilir enerji kaynakları son zamanların en hızlı büyüyen enerji kaynaklarından bir tanesidir (İnglesi-Lotz, 2016).

Hidroelektrik enerjisi

Hidroelektrik santrallerinde elektrik üretimi için büyük ölçüde kullanılmaktadır. Hidroelektrik santrali aynı zamanda su kaynaklarının yönetimi ve enerji arzında azalan su krizleri için alternatif çözümdür (Santos, Filho, Vasconcellos, Júnior ve Santos, 2022). 2021 yılı hidroelektrik enerji üretimi yaklaşık %0,4 düşüşle 4327 TWh seviyesine gerilemiştir (IEA, 2021). Üretimdeki düşüşe Türkiye, Çin, ABD, Brezilya, Hindistan ve Kanada gibi ülkelerin kurak bir mevsim geçirmesi hidroelektrik üretiminin düşüşüne neden olmuştur (IEA, Hydroelectricity, 2022).

Türkiye'de 2021 yılı aralık ayında hidroelektrik enerjisi toplam elektrik üretiminin %31,5'ini karşılamakta (TSKB, 2022) ve 2022 eylül ayında ise toplam elektrik üretimini 8293 MW akarsu kaynaklarından ve 23 275,2 MW barajlı kaynaklar ile %30,9 karşılamaktadır (TEİAŞ, 2022).

Rüzgâr enerjisi

Rüzgâr, yenilenebilir temiz, ekonomik olarak rekabetçi ve çevre dostu bir enerji kaynağıdır. Rüzgâr enerjisi, rüzgârın dalgalı doğası, rüzgâr santrallerinin inşasında yüksek maliyet ve elektrik şebekesine entegresinde çeşitli zorlukların oluşmaktadır (Vargas ve diğerleri, 2019). Uluslararası enerji ajansı rüzgâr enerjisi raporunda 2021 yılında %17'lik bir artışla 1870 TWh seviyelerine ulaşmıştır. Rüzgâr enerjisinin %93'ü karada kurulan sistemlerden oluşmaktadır. Rüzgâr enerjisine küresel olarak bakıldığında Çin 2021 yılındaki büyümede yaklaşık %70'lik bir orana sahiptir (IEA, Wind Electricity, 2022). 2021 yılı aralık ayında rüzgâr enerjisi toplam elektrik üretiminin %10,6'sı karşılamakta (TSKB, 2022) ve 2022 eylül ayında ise toplam elektrik üretimini 11 199,2 MW kapasite ile %10,9 karşılamaktadır (TEİAŞ, 2022).

Güneş enerjisi

Güneş, temiz, ucuz, yüksek potansiyele sahip CO₂ salım azaltımına katkı sağlayan önemli bir enerji kaynağıdır. Uluslararası enerji ajansı 2021 yılı güneş enerjisi raporunda %22'lik bir artışla 1000 TWh'yi aşmıştır. Güneş enerjisi küresel elektrik üretiminin %3,6'sını oluşturmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde ise üçüncü en büyük yenilenebilir elektrik teknolojisi olmaya devam etmektedir. Güneş enerjisinin 2021 yılı içindeki en çok büyümeyi yaklaşık %38 ile Çin'de gerçekleştirmiştir. 2021 yılındaki kurulan tesislere bakıldığında kamu hizmetleri %52, konutlar %28 ve ticari ve endüstriyel %19 olarak izlemiştir (IEA, Power PV, 2022). Türkiye'de 2021 yılı aralık ayında toplam elektrik üretiminin %7,8 güneşten karşıladığı (TSKB, 2022) ve 2022 eylül ayında ise toplam elektrik üretiminin 8961,7 MW kapasite ile yaklaşık %8,8'ini karşılamaktadır (TEİAŞ, 2022).

Güneş ve rüzgâr enerjisi, en verimli ve en iyi bilinen enerji kaynaklarından olup aynı zamanda kesintili ve istikrarsız olması gibi zorlukları da içerisinde barındırmaktadır (Lehtola ve Zahedi, 2019).

Jeotermal enerji

Jeotermal enerji, çoğu Avrupa ülkesi tarafından üretilmeyen ve az kullanılan enerjidir (Bórawskive diğerleri, 2019). Uluslararası enerji ajansı 2021 yılı yenilenebilir elektrik raporunda üretim artışı sınırlı kapasiteleri ilavesi nedeniyle 2021 yılında duraksamıştır (IEA, Renewable Electricity, 2022). Türkiye'de 2021 yılı aralık ayında jeotermal enerjisi toplam elektrik üretiminin %1,7'sini karşılamakta (TSKB, 2022) ve 2022 eylül ayında ise toplam elektrik üretimini 1686,3 MW kapasite ile %1,6'sını karşılamaktadır (TEİAŞ, 2022).

Biyokütle enerjisi

Yenilenebilir enerjilerden biri de biyokütledir. Biyokütleyi diğer yenilenebilir enerjilerden farklı kılan, organik atık maddelerin kontrol edilmesi ve toplanması ve aynı zamanda tarımsal sulamada kullanılmak üzere gübre ve su üretilmesindeki önemidir. Uluslararası enerji ajansı biyoenerji raporunda modern biyoenerjinin yenilenebilir enerjinin yaklaşık %55'ini ve küresel enerji arzının ise %6'sını oluşturduğunu belirtmiştir. 2021 yılında geleneksel yöntem dışında yalnızca modern biyoenerji kullanımıyla 42 EJ sahip olduğunu belirtilmiştir (IEA, Bioenergy, 2022). Türkiye'de 2021 yılı aralık ayında biyokütle enerjisi toplam elektrik üretiminin %2'sini karşılamakta (TSKB, 2022) ve 2022 eylül ayında ise toplam elektrik üretimini 2214,7 MW kapasite ile %2,2'sini karşılamaktadır (TEİAŞ, 2022).

Biyokütle enerjisi, önemli yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde yer almaktadır. Bitkisel, hayvansal, evsel, endüstriyel, kanalizasyon ve gıda atıkları biyokütleyi oluşturmakta olup günlük hayatta her yerde rahatlıkla bulunabilmektedir (Topal ve Arslan, 2008). Biyokütle kaynakları ile enerji elde etmek için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Biyokütleden en verimli bir şekilde enerji elde etmenin yolu oksijensiz ortamda fermantasyonudur (Sarıkaya, 2020) (Chiu, Wen, Hsu ve Wang, 2022). Biyokütlenin fermantasyonuyla oluşan ürünler sera gazı salımını azaltılmasına katkı sağlamakta ve aynı zamanda biyokütleden elde edilen ürünlerden toprağı güçlendirecek verimli gübreler elde edilmektedir. Bunun yanı sıra kullanılan gübreler tarımda önemli bir yere sahiptir (Yiğit, 2020). Biyogazın bileşenleri Çizelge 2.1'de verilmiştir (Öçal, 2013). Çizelge incelendiğinde biyogaz bileşimi %55 - 75 metan (CH₄), %30 - 45 karbondioksit (CO₂), %1-2 oranında hidrojen sülfür, az miktarda, azot ve hidrojen ve eser miktarlarda karbon monoksit ve oksijen içeren renksiz ve yanıcı bir gaz karışımından oluşmaktadır.

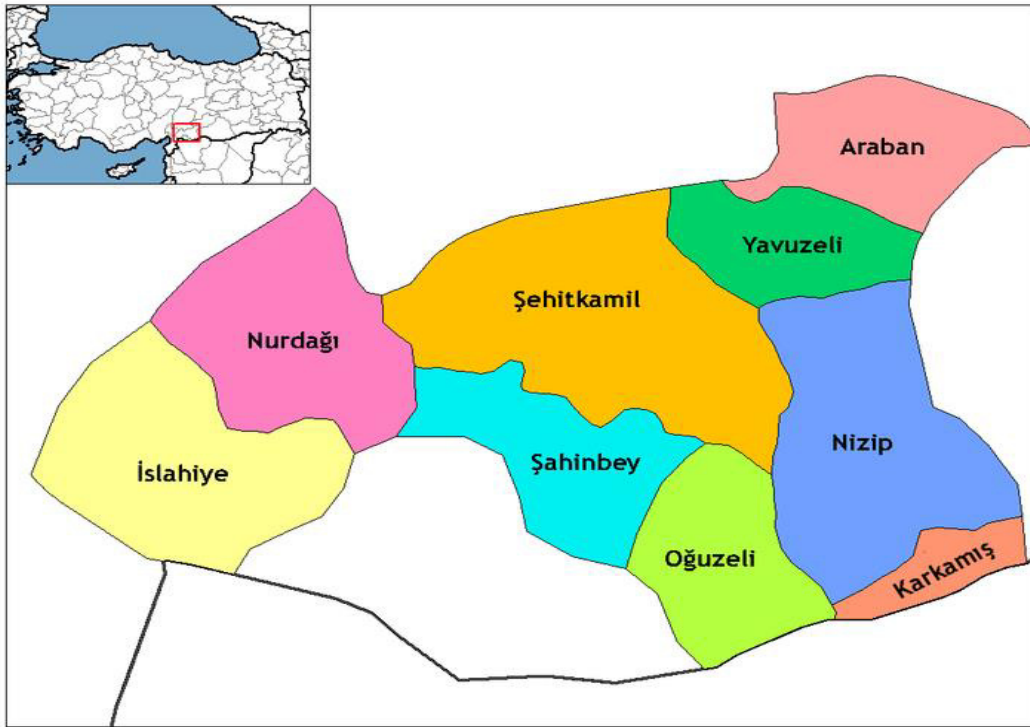
Çizelge 2.1. Biyogazın bileşenleri (Öçal, 2013)

Bileşenler	İçerik (%)
Metan (CH ₄)	55 - 75
Karbondiyoksit (CO ₂)	30 - 45
Hidrojen sülfür (H ₂ S)	1 - 2
Azot (N ₂)	0 - 1
Hidrojen (H ₂)	0 - 1
Karbon monoksit (CO)	Eser Miktarda
Oksijen (O ₂)	Eser Miktarda

Biyogaz üretimini sıcaklık, hidrolik bekleme süresi, organik yükleme hızı, pH, C/H oranı, mikroorganizma konsantrasyonu, karıştırma, ışık, iz elementler, gaz giderimi, inhibitörler ve atıkların ön arıtımı etkileyen parametrelerdir (Sabuncu, 2010). Elde edilen biyogazın enerji biçiminde kullanılıp kullanılmadığı içerisinde bulunan metan oranına bağlı olarak değişmektedir (Nuralan Poyraz, 2020). Biyogazın ısı değerine bakıldığında içeriğinde bulunan metan ısı değeri 19,6-25 MJ/m³ arasındadır (Bonilla, ve diğerleri, 2020). 1m³ biyogazın 4,70 kWh elektrik enerjisinin sağladığı ısıya eşittir (Buğutekin, 2007). Biyogazın yanması sonucu elde edilen enerji salımı biyogazın yakıt olarak kullanılmasının yanında yemek pişirme gibi herhangi bir ısıtma amacı için kullanılabilir. Gazın içindeki enerjiyi elektrik ve ısıya dönüştürmek için bir gaz motorunda kullanılabilir (Samer, ve diğerleri, 2019).

2.1.2. Gaziantep ili özellikleri

Gaziantep ili 36° 28' ve 38° 01' doğu boylamları ile 36° 38' ve 37° 32' kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır. İlin doğusunda Şanlıurfa, batısında Osmaniye ve Hatay, kuzeyinde Kahramanmaraş, güneyinde Suriye, kuzeydoğusunda Adıyaman ve güneybatısında Kilis illeri bulunmaktadır. 6222 km²'lik alanıyla Türkiye topraklarının yaklaşık olarak %1'lik bölümünü kapsamaktadır (Gaziantep Valiliği, 2022). Harita 2.1'de Gaziantep ilinin ilçelere göre haritası verilmiştir (Binbirkanal, 2023). Harita incelendiğinde Araban, İslahiye, Karkamış, Nizip, Nurdağı, Oğuzeli, Şahinbey ve Şehitkamil ilçelerinden oluşmaktadır.



Harita 2.1. Gaziantep ilinin ilçelere göre haritası (Binbirkanal, 2023)

2.1.3. Gaziantep ilinde hayvancılık

Türkiye'de hayvan yetiştiriciliğinde kümes hayvancılığı yaygındır. 2021 yılı verilerine göre Türkiye'de bulunan 2021 yılı hayvan sayıları Çizelge 2.2' de ve Gaziantep ilinde yıllara göre değişimi Çizelge 2.3' de verilmiştir. Gaziantep ili hayvan yetiştiricilikleri incelendiğinde Türkiye'de bulunan büyükbaş hayvanların %1,11'i, küçükbaş hayvanların %1,21'i ve kümes hayvanlarının %1,54'ünü oluşturmaktadır (TÜİK, 2022). Bu oranlar ihmal edilemeyecek kadar büyük olduğundan biyogaz potansiyel hesabı için değerlendirilmiştir.

Çizelge 2.2. Türkiye'de 2021 yılı hayvan sayıları (TÜİK, 2022)

Yıl	Büyükbaş (Adet)	Küçükbaş (Adet)	Kümes Hayvanları (Adet)
2021	18 036 117	57 519 204	398 115 160

Çizelge 2.3. Gaziantep ili yıllara göre hayvan sayıları (TÜİK, 2022)

Yıl	Büyükbaş (Adet)	Küçükbaş (Adet)	Kümes Hayvanları (Adet)
2004	48894	427856	462400
2011	103647	402696	1276354
2021	200050	698317	6131376

Gaziantep ilinde son on yılda büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanlarında artış oranları yaklaşık olarak sırasıyla %93, %73 ve %380 değerinde gerçekleşmiştir. Gaziantep ili için mevcut hayvan sayıları ve artış oranları incelendiğinde biyogaz potansiyeli yüksek miktarlarda olacağı değerlendirilmektedir.

2.1.4. Biyogaz tesisi

Bir örnek biyogaz tesisi Şekil 2.1'de gösterilmiştir (InteGreen, 2022). Şekil incelendiğinde biyogaz tesislerinde öncelikle hayvansal ve organik atıklar ön dengeleme havuzuna alınır. Ön dengeleme havuzunda atıkların katı madde oranı yaklaşık %4-8 oranında oluncaya kadar su ile karıştırılır. Organik atık daha sonrasında reaktör içerisine alınır ve tesis için belirlenen sıcaklık altında hidrolik bekleme süresi kadar bekletilir. Reaktör içerisine alınan organik atıklardan gaz elde edilebilmesi için karıştırma işlemi yapılır. Bekleyen organik atıklardan elde edilen gaz reaktörün üst kısmına geçer ve borular yardımıyla gaz deposuna gider. Sonrasında reaktör içerisinde bekleyen organik atık dışarıya atılır. Atılan organik atıktan sıvı ve katı halde olmak üzere gübreler elde edilir. Elde edilen gazın ve gübrelerin kullanımıyla 21 yüzyılın önemli sorunlarından biri olan çevre kirliliğini ve enerji güvensizliğini etkin bir şekilde azaltılması amaçlanmaktadır (Wu ve diğerleri 2019).



Şekil 2.1. Bir biyogaz örnek tesisi (InteGreen, 2022)

Kapasitelerine göre biyogaz tesisleri

Biyogaz tesisleri yapılan amaca göre farklı teknolojiler kullanılarak tasarlanabilmektedir. Biyogaz tesisleri, 6-12 m³ kapasitelilere aile tipi, 50-100-150 m³ kapasitelilere çiftlik tipi, 100-200 m³ kapasitelilere köy tipi tesisi ve 1.000-10.000 m³ kapasitelilere sanayi tipi olarak ifade edilmektedir (Kaya ve Öztürk, 2012; Özbaşer ve Erdem, 2013; Şenol, Elibol ve Açıkel, 2017).

Besleme şekillerine göre biyogaz tesisleri

Biyogaz tesisinin kurulduğu yer, kullanılacak atık türü ve iklim şartları değişkenlik göstermektedir. Anaerobik fermantasyon işleminde de reaktörün beslenmesi ve ilave edilme şekilleri farklılık göstereceğinden üretim sistemleri beslenme şekillerine göre üçe ayrılır (Kaya ve Öztürk, 2012; Savaş, 2018).

Kesikli besleme

Bu sistemde reaktörün hacmi kadar organik madde ile tamamen doldurulur. Ham madde hidrolik bekleme süresi kadar istenilen ortam sıcaklığında bekletilir ve gaz çıkışıyla üretim tamamlanır. Reaktör tamamen boşaltılmasıyla diğer gaz üretimi için yeniden doldurulur.

Beslemeli kesikli

Reaktör belirli miktarda gaz üretiminde kullanılacak ham madde ile doldurulur. Reaktörde kalan boş hacim miktarı hesaplanır. Reaktör içerisindeki boş hacim hidrolik bekleme süresine günlük olarak bölünerek günlük besleme yapılır. Belirlenen zaman sonunda reaktör tamamen boşaltılıp yeniden yükleme yapılır.

Sürekli besleme

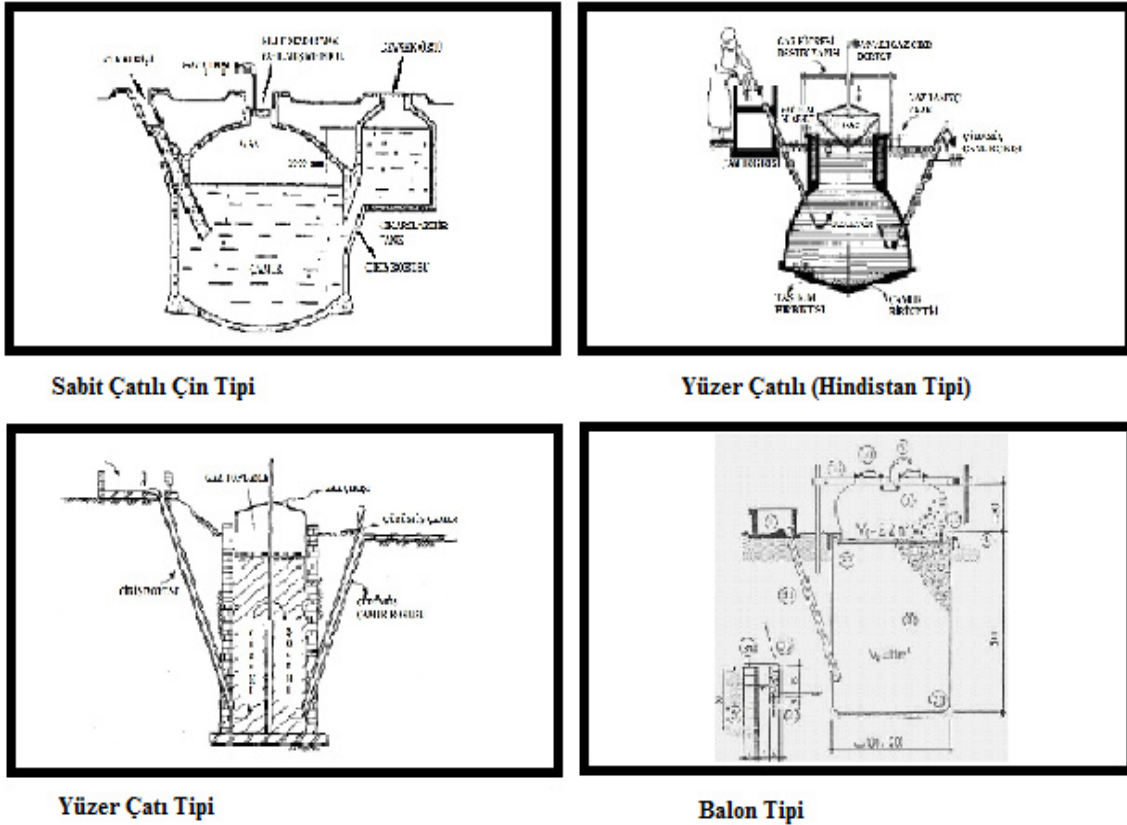
Reaktör hacmi kadar organik madde ile doldurulur. Gaz çıkışının başlamasıyla günlük düzenli olarak fermente edilmiş organik madde çıkışı yapılır ve çıkışı yapılan organik madde miktarınca yeni madde eklemesi yapılır. Yapılan sistemde reaktör içerisinde sürekli organik madde bulunacağından sürekli biyogaz üretimi sağlanır.

Reaktör tipine göre biyogaz tesisleri

Reaktörler hacimlerine göre küçük ve büyük hacimli reaktörler olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar. Hayvan sayısı az yerleşim ve tesislerde küçük ve basit reaktörler kurulmaktadır. Hayvan sayısının az olduğundan işletme maliyetini ve geri ödeme süresinin düşürülmesi için küçük hacimli biyoreaktör kullanılabilir. Hayvan sayısının fazla olduğu çiftliklere ise büyük ve teknolojik biyoreaktör tesisleri kurulabilmektedir.

Küçük hacimli reaktörler

Genellikle dört tip biyoreaktör bulunmaktadır. Şekil 2.2’de küçük hacimli reaktörler verilmiştir.



Şekil 2.2.Küçük hacimli reaktörler (Akbulut A. , 2011)

Sabit çatılı (Çin Tipi)

Gaz deposu ve çukurdan oluşur. Biyogaz, tankın üst kısmından oluşur. Gaz üretimi meydana geldikçe reaktör içerisindeki basınç artar ve organik atığı dışarı iter. Gaz çıkarıldığında ise belli miktarda organik atık reaktör içerisine dolar. Sabit çatılı reaktörde gaz basıncı sabit değildir. Gaz basıncı depolama miktarına bağlıdır. Reaktör içerisindeki basıncın sabit kalabilmesi için özel cihazlar ya da ayrı gaz tutucu sistem olması gerekir.

Yüzer çatılı (Hindistan Tipi)

Fermantasyon odası, biyogaz odası olmak üzere iki kısımdan oluşur. Reaktör toprak altındadır ve böylelikle reaktörün ısı değişiminden etkilenmesi minimum seviyeye indirilir. Reaktör iki bölümden oluşur ve taze gübre ile sindirilmiş gübrenin kısa devre yapması önlenir. Reaktör içerisinde akışkanlık elde edilir. Fermente edilen atık yükselerek diğer bölüme geçer. Gaz toplama bölümü oluşan gazın %50'sini depolamalıdır (Akbulut, 2011).

Yüzer çatı tipi

Reaktör fermente bölümü ile gaz deposundan oluşmaktadır. Gaz deposu su içinde hareket eder. Gaz bölümüne gaz depolandıkça yukarı çıkar ve gaz tüketildiğinde ise bölüm aşağı doğru iner.

Balon tipi

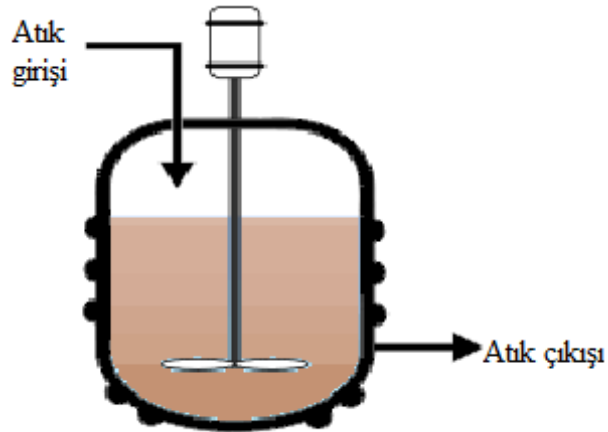
Dayanıklı plastik veya lastik malzemeler kullanılmaktadır. Gaz depolaması reaktörün üst bölümünde toplanmaktadır. Biyogazın oluşumuyla yüzeyde birikmeye bağlı basınç artmaktadır (Kaya ve Öztürk, 2012; Üçok, 2021).

Büyük hacimli reaktörler

Büyük kapasiteli hayvan gübrelere artılmasıyla üç tür reaktör kullanılmaktadır.

Tam karıştırmalı reaktör

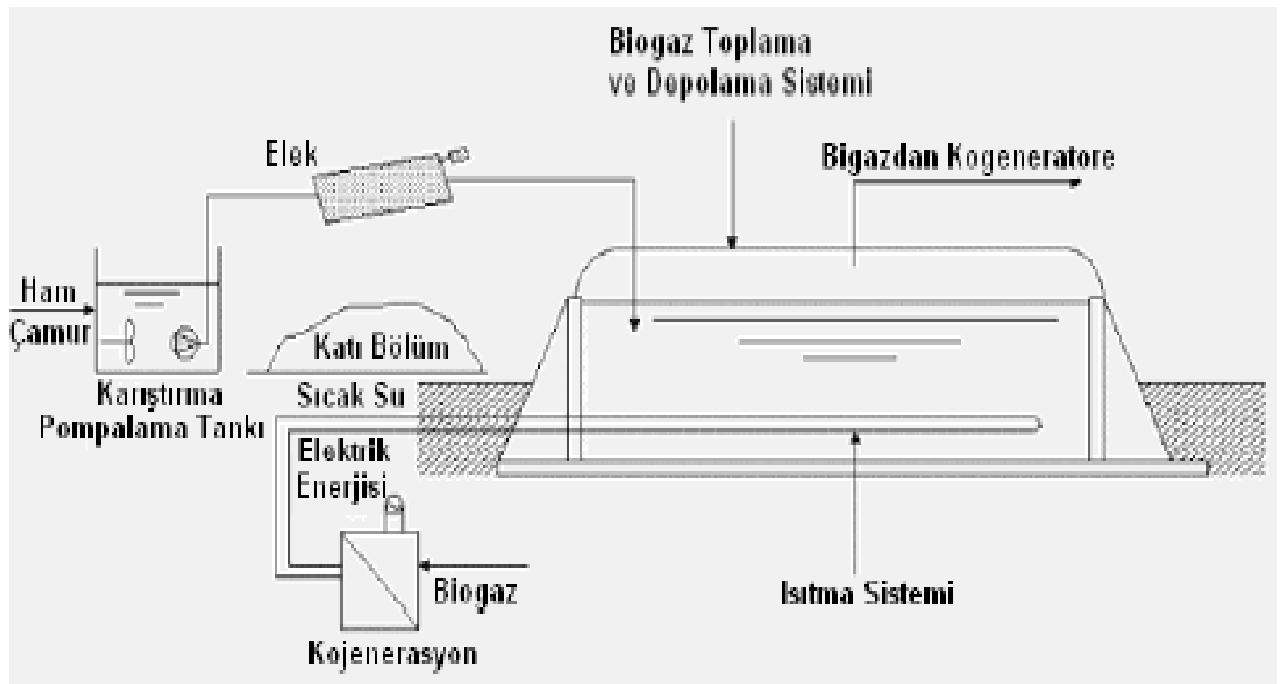
Reaktörde organik maddeler ısıtılarak reaktör içerisine verilir. Organik maddeler reaktör içerisine pompa ya da yerçekimi ile akacak şekilde verilir. Reaktör içerisine karıştırıcı konularak homojen ortam ve katı maddelerin askıda kalmaları sağlanır. Tesisten elde edilen biyogazın bir kısmı reaktörü ısıtmak için kullanılır. Hidrolik bekleme süresi 10 ile 20 gün arasındadır. Hacimler genellikle 100-2000 m³ arasında değişmektedir (Üçok, 2021). Tam karıştırmalı reaktör Şekil 2.3'de gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Tam karıştırmalı reaktör (Akbulut, 2011).

Lagun tipi reaktör

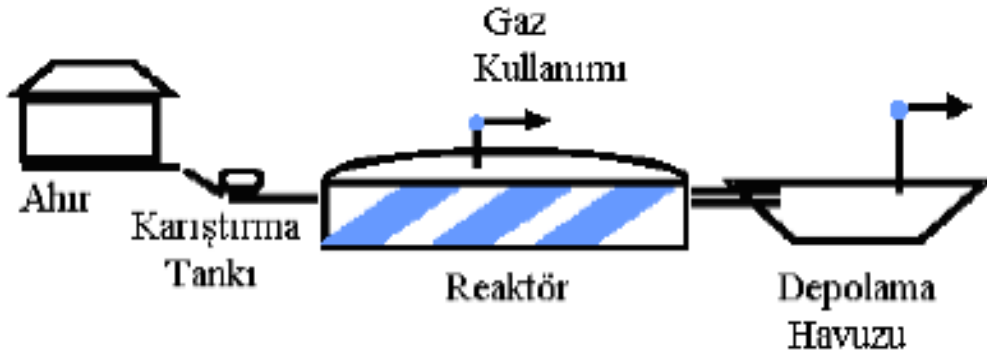
Üstü örtülü havuzlar, anaerobik lagun tipidir. Reaktöre organik maddeler bir uçtan girip diğer uçtan çıkar. Ortam sıcaklığı genellikle psikofilik veya toprak sıcaklığına yakın sıcaklık şartlarında çalışır. Üstü örtülü havuz olduğundan mevsim sıcaklıklarından maksimum derecede etkilenir. Böylelikle yaz aylarında daha fazla biyogaz elde edilir (Akbulut A., 2011). Şekil 2.4'de lagun tipi reaktörün çalışma sistemi verilmiştir.



Şekil 2.4. Lagun tipi reaktör (Akbulut A. , 2011; Öztürk M. , 2017)

Piston akımlı

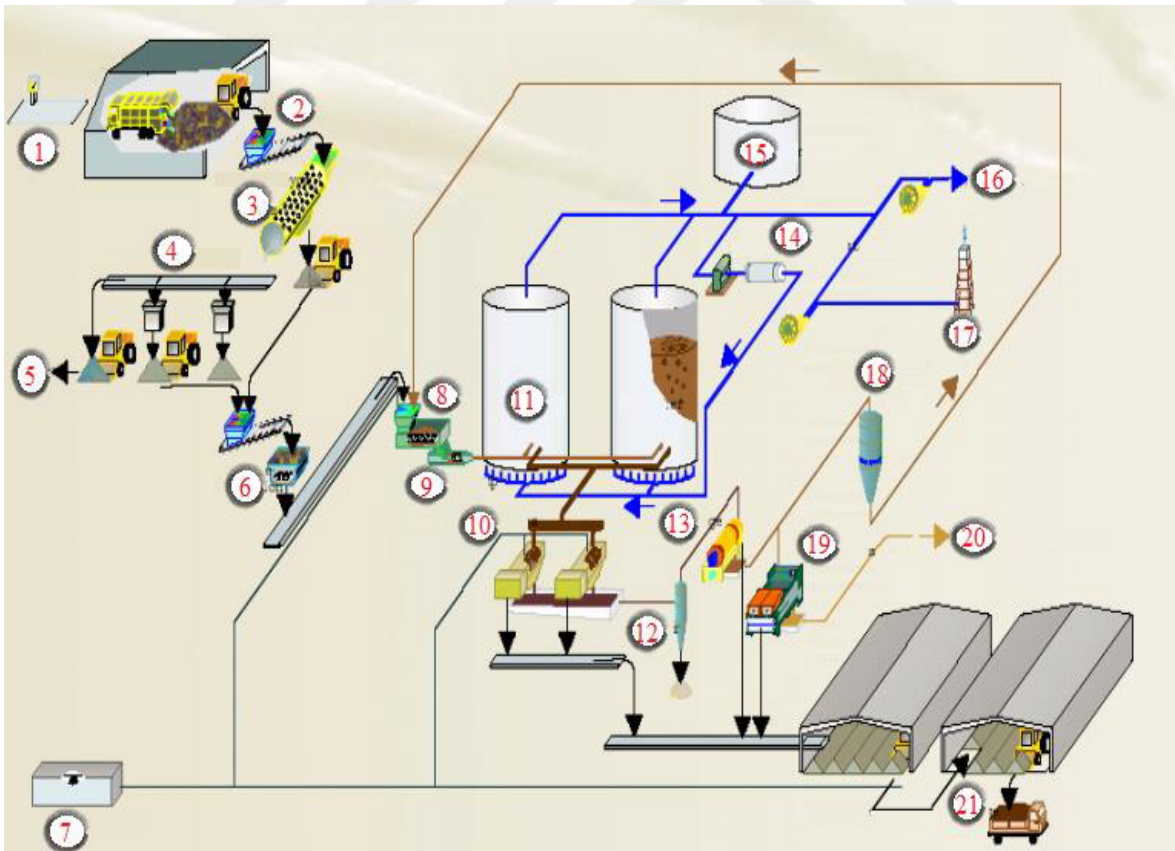
Reaktör içerisine atıklar karıştırma tankından girer ve atık depolama havuzlarından çıkmaktadır. Organik katı madde oranı %11-14 arasında ve hayvan gübresiyle beslemesi yapılır (Üçok, 2021). Şekil 2.5'de piston akımlı reaktörün çalışması verilmiştir.



Şekil 2.5. Piston akımlı reaktör (Öztürk M. , 2017)

2.1.5. Biyogaz tesisi bileşenleri

Biyogaz tesisinin bileşenleri Şekil 2.6'da verilmiştir.



Şekil 2.6. Biyogaz tesisi bileşenleri (Sayın ve Erdoğan, 2011)

- | | |
|----------------------|--|
| 1. Kantar | 12. Desander |
| 2. Besleme konveyör | 13. Santrifüj |
| 3. Elek | 14. Kompresör ve basınçlı gaz depolama |
| 4. Seperatör | 15. Gaz deposu |
| 5. Artık | 16. Gaz işleme |
| 6. Ufaltma makinesi | 17. Flare |
| 7. Hava işleme | 18. Proses suyu depolama |
| 8. Karıştırıcı | 19. Filtre presi |
| 9. Dozajlama ünitesi | 20. Atık su arıtma tesisine |
| 10. Vida presleri | 21. Son ürün deposu |
| 11. Reaktör | |

Reaktör

Organik maddenin beslemesi yapıldıktan sonra belli süre ve belirli sıcaklıkta tutularak bir yandan fermantasyon işlemi yapılarak çürümenin gerçekleştiği, diğer yandan gazın üretildiği bölümlerdir.

Gaz Deposu

Reaktör içerisindeki basıncın sabit kalmasını sağlamak için kullanılan depodur. İçerisinde üretilen gaz bir boru yöntemiyle depoya taşınır ve kullanıma gönderilir.

Gübre ve boşaltma depoları

Reaktöre alınacak organik maddelerin su ile seyreltilme işleminin yapıldığı depodur.

Diğer üniteler

Yukarıda belirtilen üç ana ünitenin yanı sıra ham madde depolama tankı, gaz boruları, vanalar, ısıtma sistemleri, pompalar, karıştırıcılar, ısı transfer elemanları, ayırma elemanları, filtrasyon elemanları ve bağlantı elemanlarıdır

2.1.6. Biyogaz üretimini etkileyen temel kriterler

Reaktör sıcaklığı

Sıcaklık metan üretimini oluşturan bakterilerin tepkime esnasında enerji olarak kullanılması için önemli bir kriterdir. Anaerobik ortam koşulları istenilen şartlar uygun olmaması durumunda metan üretimi istenilen seviyelerde gerçekleşmesi mümkün değildir. Sıcaklığın 25-38 °C aralığında olması hidrolik bekleme süresini (HBS) azaltacağından tesis tasarımında uygun olacaktır. Çizelge 3.4'de metan oluşumu bakterileri için uygun sıcaklık aralığı ve bekleme süreleri verilmiştir (Al Seadi ve diğerleri, 2008; Savaş, 2018). Çizelge incelendiğinde Sakrofilik, Mezofilik ve Termofilik sıcaklık aralığı sırasıyla 20 °C'den küçük, 30 ila 42 °C ve 43 ila 55 °C arasında ve HBS aralığının ise sırasıyla 70 ila 80 gün, 30 ila 40 gün ve 15 ila 20 gün arasında olduğu görülmektedir.

Çizelge 2.4. Metan oluşumu bakterileri için uygun sıcaklık aralığı ve hidrolik bekleme süreleri (Al Seadi ve diğerleri, 2008; Savaş, 2018)

	Sıcaklık Aralığı (°C)	Hidrolik Bekleme Süresi (gün)
Sakrofilik	<20	70 - 80
Mezofilik	30 - 42	30 - 40
Termofilik	43 - 55	15 - 20

Hidrolik bekleme süresi (HBS)

Reaktör içerisinde bulunan organik atıkların, bakteriler tarafından reaksiyona uğratılması sonucunda biyogaz oluşumu için geçen bekleme süresidir. HBS yeterli olmadığı zaman biyogaz üretiminin düşümüne neden olur. Böylelikle anaerobik fermantasyon tam olarak gerçekleşmez.

Organik yükleme hızı

Reaktöre yüklenecek organik maddenin birim hacim (m³) miktarıdır. Organik yükleme hızı optimum seviyede olmalıdır. Hızlı yükleme sonucunda pH değerini düşürerek asidik bir ortam oluşur. Böylelikle metan üretim hızı düşer ve durur. Mezofilik koşullarda en uygun yükleme hızı Çizelge 3.5'de verilmiştir (Selimoğlu, 2008).

Çizelge 2.5. Mezofilik koşullarda en uygun yükleme hızı (Selimoğlu, 2008)

Organik Madde	Yükleme Hızı (kg uçucu madde/m³.gün)
Sığır dışkısı	2,5 - 3, 5
Ek besinlerle birlikte sığır dışkısı	5,0 - 7,0

PH değeri

Çözeltilerin asitlik veya bazlık özelliği taşıyıp taşımadığını çözelti içerisindeki H⁺ iyonlarını potansiyelini belirten pH skalası vermektedir. Fermantasyon esnasında asit bakterileri metan bakterilerinden daha fazla olduğundan çözeltinin pH değeri düşmektedir. PH değerinin düşmesi biyogaz üretimini durdurur. Çözelti için uygun pH değeri 6,5-8,5 skala değer aralığında olabilir (Buğutekin, 2007).

Karbon/Azot (C/N) oranı

Biyogaz için karbon (C), fermantasyon için azot (N) miktarı önemlidir. C/N oranı biyogaz üretimi için uygun aralıkta olmalıdır. Genellikle C/N oranı 15-30:1 aralığındadır. Çözeltinin C/N dengesi uygun değilse belli miktarda üre ya da alçı taşı kullanılarak dengelenmesi sağlanabilir (Buğutekin, 2007). Organik maddelerin C/N oranları Çizelge 2.6'da verilmiştir.

Çizelge 2.6. Organik maddelerin karbon (C) / azot (N) oranı(Öztürk, 2017)

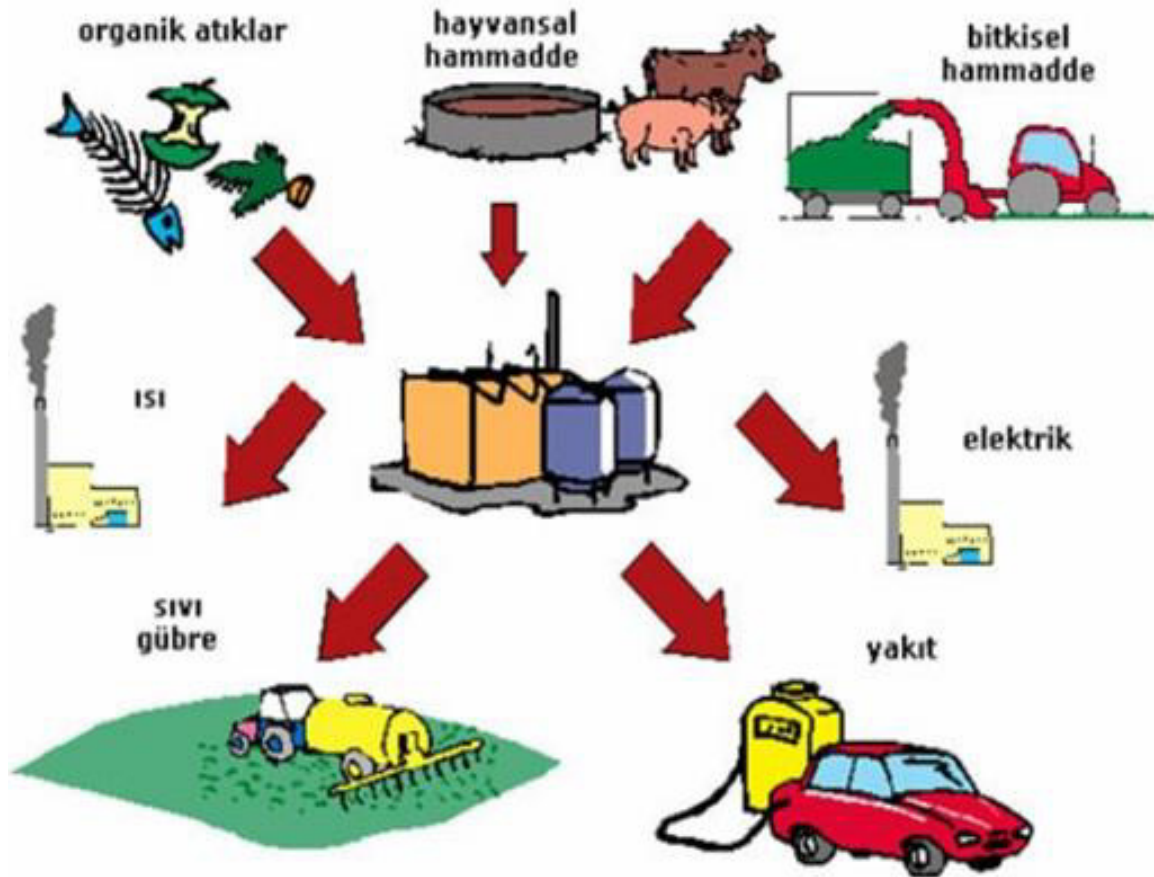
Gübre	C (% Kuru)	N (% Kuru)	C/N Oranı	Taze Gübredeki Nem Oranı (%)	Su ile Seyreltme
Sığır	30	1,66	18	80-85	1:1
Koyun	83,6	3,8	22	75-80	1:1
Kümes Hav.	87,5	6,55	14	70-80	1:3
At	33,4	2,3	15	80-85	2:3
Kaz	54	2	27	70-80	2:3
Güvercin	50	2	25	70-80	1:3
İdrar	15	15	1	90-95	
Çiftlik	42	3	14	75-80	

Toksik maddeler

Sodyum, bakır, potasyum, kalsiyum, nikel, magnezyum krom, kurşun, çinko, amonyum ve kükürt bakterilerin gelişimine olumlu etkilerken, yüksek konsantrasyonlarda toksik etki oluşturabilmektedir (Özbaşer ve Erdem, 2013; Öztürk M., 2017).

2.1.7. Biyogaz üretiminin çevresel etkileri

Organik maddelerin fermantasyonuyla çevreye yayılacak kötü kokuların azaldığını, su kaynaklarının korunduğu, insan sağlığını etkileyen unsurların ortadan kalktığını, üretim sonucunda verimli gübre eldesi ve CO₂ salımını azaltarak temiz ve sağlıklı bir çevre ortamı oluşturmaktadır (Kumbur, Özer, Özsoy ve Avcı, 2015; Selim Kaymakamlığı, 2016). Biyogazın çevresel etkileri Şekil 2.7'de verilmiştir.



Şekil 2.7. Biyogazın çevresel etkileri (Mühendis Beyinler (MB), 2022)

2.1.8. Biyogaz tesis tasarımında dikkat edilmesi gerekenler

Biyogaz tesis tasarımı için aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır (Akbulut, Arslan, Arat ve Erbaş, 2021).

- İş sağlığı ve güvenliği standartlarına uygun olmalıdır.
- Çevre mevzuatı ve standartlarına uygun olmalıdır.
- Enerji tüketimi açısından optimizasyona dikkat edilmeli ve minimum enerji tüketimi hedeflenmelidir.
- Tesis içerisinde araçlar ve yürüyüş yollarının belirlenmesi ve araçlar kullanımı yapılırken yaya yolunu engellememesi sağlanmalıdır.
- Proje ünitelerindeki arıza diğer ünite ve ekipmanları etkilememeli ve sistemi durdurmamalıdır.
- Biyogazın acil durumlarda yanmasını sağlamak için acil durum yakma sistemi bulunmalıdır.
- Taze karışık gübre toplayıcı ve çürütücü ısıtma sistemi toplayıcı makine dairesi kurulmalıdır. Bulamaç, ön çürütücü ve çürütücü sonrası, tampon tank, ayırıcı ve lagün arasında atık sirkülasyon yapabilen bir pompalama sistemi kurulmalıdır.
- Biyogaz enerji santrali tek noktadan izlenmeli ve kontrolü sağlanmalıdır.
- Ünitelerinin sıcaklık ölçümü ve kontrolü, işletmenin anlık üretim ve tüketim değerleri sürekli izlenmelidir.
- Makinelerin çalışma süreleri düzenli olarak kayıt altına alınmalıdır. Kayıtlarda arıza ve iş bilgileri yer almalıdır.
- Biyogaz tesisi ve kojeneratörün elektrik ihtiyacını karşılama için; kojeneratör kapasitesi 370 kW'a kadar olan biyogaz tesisi için 50 kW, kojeneratör kapasitesi bir MW'a kadar olan biyogaz tesisleri için 80 kW olmalıdır.
- Tesisin çalışması sırasında düzenli olarak fermantasyon substratı olan tüm beton tanklar için uyarı dikkate alınmalıdır. Fermantasyon tanklarının tamamen özel koruyucu boya ile kaplanmalı ve koruyucu boya düzenli olarak kontrol edilmelidir.
- Tesis işletme kriterleri metan yüzdesi, ton başına tüketilen elektrik, hacimsel gübre miktarı için tüketilen ve boşaltılan su miktarı, ön sindirici üniteden ve sindirme sonrası üniteden sindirilmiş gübre sıcaklığı, salımların çevre mevzuatına uygunluğu, koku giderme, gürültü önleme ve enerji verimliliği bazı bilgilerin raporlanmalıdır.
- Boru hatları mümkün olduğunca yer altına döşenmelidir. Yer üstü boru tesisatı gerekiyorsa, boru hatlarının malzemesi paslanmaz çelik olmalıdır.

2.2. Yöntem

Bu bölümde TÜİK'ten alınan veriler doğrultusunda hayvansal atıklardan biyogaz potansiyeli hesaplaması ve çiftlik tipi 50 m³ biyogaz tesisi tasarımı yapılacaktır.

2.2.1. Biyogaz potansiyelinin hesaplanması ile ilgili kabuller ve tesis tasarımı

Biyogaz potansiyeli hesabında hayvanların buldukları ilin konumu, beslenme şekilleri, yaşları ve türüne göre farklı biyogaz potansiyeline sahiptir. Yapılan çalışma kapsamında Gençyılmaz, Kaya ve Yağlı'nın çalışmalarında almış olduğu değerler göz önünde bulundurulacaktır (Kaya ve Öztürk, 2012; Yağlı ve Koç, 2019; Gençyılmaz ve Seçkin, 2020). Hayvan türleri içerisinde et sığırı, süt sığırı, yerli sığır, buzağı, keçi, koyun, et tavuğu, yumurta tavuğu, hindi, kaz ve ördek verileri kullanılmıştır. At, katır, eşek ve deve gibi hayvanların atıklarının toplanması zor olduğundan kullanılmamıştır. Çizelge 2.7'de hayvan türlerine göre biyogaz tasarımı için kabul edilen gübre miktarı ve özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.7. Hayvan türlerine göre biyogaz potansiyeli için kabul edilen gübre miktarı ve özellikleri

Hayvan Türü	Hayvan Başına Ortalama Yaş Gübre Üretimi (M _{YG})	Toplanabilir Faydalı Gübre Oranı (T)	Yaş Gübredeki Katı Madde Oranı (KM)	KM içerisindeki Uçucu Katı Madde Oranı (UKM)	Metan Üretim (MO)
	kg/gün-hayvan	%	%	%	Nm ³ CH ₄ /kg-UKM
Süt Sığırı	43,00	100	17,27	83,36	0,18
Et Sığırı	29,00	100	12,41	84,65	0,33
Yerli Sığır	29,00	50	17,27	83,36	0,33
Buzağı	2,48	100	3,71	44,23	0,33
Koyun	2,40	13	23,00	83,63	0,30
Keçi	2,05	13	23,17	73,06	0,30
Et Tavuğu	0,19	66	20,00	77,278	0,35
Yumurta Tavuğu	0,13	99	18,75	75,00	0,35
Hindi	0,38	68	19,36	75,38	0,35
Kaz-Ördek	0,33	68	17,27	61,28	0,35

2021 yılı verilerine göre Gaziantep ilinin ilçe bazlı büyükbaş hayvan sayıları Çizelge 2.8'de verilmiştir (TÜİK, 2022). Yapılacak araştırmada büyükbaş hayvan türlerinden süt sığırı, et sığırı, yerli sığır ve buzağı kullanılacaktır. Gaziantep ilinde ilçeler bazında süt sığırcılığının en yaygın olduğu ilçe 21 190 adet süt sığırı sayısı ile Oğuzeli, et sığırcılığının en yaygın olduğu ilçe 26 809 adet et sığırı sayısı ile Nizip, yerli sığırın en yaygın olduğu ilçe 379 adet yerli sığır ile İslahiye ve Buzağının en yaygın olduğu ilçe 10 889 adet buzağı ile Şehitkamil ilçesidir.

Çizelge 2.8.Gaziantep ili 2021yılı ilçe bazlı büyükbaş hayvan sayısı (TÜİK, 2022)

İlçeler	Süt Sığırı (Adet)	Et Sığırı (Adet)	Yerli Sığır (Adet)	Buzağı (Adet)
Araban	3510	519	15	2013
Karkamış	2326	361	0	810
Nizip	7693	26809	50	4198
Nurdağı	10196	867	2	4576
Oğuzeli	21190	9450	155	8084
Yavuzeli	6600	5277	114	2413
İslahiye	8799	2583	379	3761
Şahinbey	15575	5306	40	8306
Şehitkamil	20863	6310	11	10889
Toplam	96752	57482	766	45050

2021 yılı TÜİK verilerine göre Gaziantep ilinin ilçe bazlı küçükbaş hayvan sayıları Çizelge 2.9'da verilmiştir. Küçükbaş hayvan türlerinin yetiştiriciliğinde en yaygın ilçe 105 882 adet koyun ile Oğuzeli ve keçi için 51 280 adet keçi ile Şehitkamil ilçesidir.

2021 yılı TÜİK verilerine göre Gaziantep ili ilçe bazlı kümes hayvan sayıları Çizelge 2.10'da verilmiştir. Kümes hayvan türleri yetiştiriciliği içerisinde et tavuğunun 180 000 adet ile Şahinbey'de, 1 165 252 adet yumurta tavuğu ve 1925 adet hindi ile Nizip'te ve ördek ve kaz türlerinde ise 8942 adet ile İslahiye ilçesinde yaygın şekilde bulunmaktadır.

Çizelge 2.9. Gaziantep ili 2021 yılı ilçe bazlı küçükbaş hayvan sayısı (TÜİK, 2022)

İlçeler	Koyun (Adet)	Keçi (Adet)
Araban	26749	38908
Karkamış	4419	580
Nizip	15921	7079
Nurdağı	53719	32252
Oğuzeli	105882	2960
Yavuzeli	45074	31850
İslahiye	51160	44695
Şahinbey	73587	25267
Şehitkamil	86935	51280
Toplam	463446	234871

Çizelge 2.10. Gaziantep ili 2021 yılı ilçe bazlı kümes hayvanları sayısı (TÜİK, 2022)

İlçeler	Et tavuğu (Adet)	Yumurta Tavuğu (Adet)	Hindi (Adet)	Ördek ve Kaz (Adet)
Araban	0	12240	654	636
Karkamış	0	141177	1329	1269
Nizip	40000	397757	18781	1600
Nurdağı	0	30197	400	925
Oğuzeli	0	1165252	1750	1925
Yavuzeli	0	233272	750	850
İslahiye	0	46300	1150	8942
Şahinbey	180000	78007	900	3137
Şehitkamil	75000	3699283	764	740
Toplam	295000	5803485	26478	20024

2.2.2. Biyogaz potansiyel hesaplama

Biyogaz potansiyelini hesaplamak için Eş. 2.1 kullanılacaktır.

$$M_{YYM} = M_{YG} \times S \times 365 \quad (2.1)$$

Burada M_{YYM} ; Toplam hayvanlardan yıllık elde edilecek yaş gübre miktarı, M_{YG} ; Hayvan başına ortalama günlük yaş gübre miktarı ve S ise Toplam hayvan sayısı olarak verilmiştir. Hayvanların ahırlarda beslenme süreleri göz önüne alındığında yıllık toplam faydalanılabilir ortalama yaş gübre miktarı Eş.2.2 kullanılarak hesap edilir

$$M_{YFYG} = M_{YYM} \times T \quad (2.2)$$

Burada M_{YFYG} ; Hayvanlardan faydalanılabilecek olan yıllık ortalama yaş gübre miktarı ve T ise hayvanların üretmiş olduğu yaş gübreyi toplayabilme oranıdır (%). Faydalanılabilen yaş gübrelerdeki katı madde oranı Eş. 2.3 kullanılarak hesap edilir.

$$M_{KM} = M_{YFYG} \times KM \quad (2.3)$$

Burada M_{KM} ; Yıllık hayvanlardan toplanabilir faydalı gübre içerisindeki kuru madde oranını verir ve KM ise hayvanlardaki yaş gübre içindeki kuru madde oranını vermektedir. Katı uçucu madde miktarı Eş. 2.4 kullanılarak hesap edilir.

$$M_{UKM} = M_{KM} \times UKM \quad (2.4)$$

Burada M_{UKM} ; hayvanlardan yıllık toplanabilen ve faydalanılabilen gübre içerisindeki uçucu katı madde oranıdır (kg/yıl) ve UKM ise uçucu katı madde oranı (%) Metan üretim oranı ise Eş. 2.5 kullanılarak hesap edilir.

$$M_{METAN} = M_{UKM} \times MO \quad (2.5)$$

Burada M_{METAN} ; hayvanlar tarafından üretilebilen ve toplanabilen gübreden elde edilen toplam yıllık metan miktarıdır. MO ise 1 kg UKM 'den üretilebilen metan miktarıdır. Metan içeriği %60 sahip biyogazın enerji değeri 22,7 MJ/Nm³ ve hayvanlardan elde edilen yıllık

toplam biyogazın enerji değeri 36 MJ/Nm³. Metan gazından enerji üretimini Eş. 2.6 kullanılarak hesaplanabilir.

$$Q = M_{\text{METAN}} \times H_{\text{METAN}} \quad (2.6)$$

Burada, Q bir yılda elde edilecek metanın enerji miktarı (MJ/yıl) ve H_{METAN} metan gazının ısıl değeri olup 36 MJ/m³ olarak alınmıştır. Metan gazı birleşik ısı güç çevrimi (CHP) motorunda yakılmasıyla elektrik üretilmesi sonucu elde edilecek elektrik miktarı Eş. 2.7 kullanılarak hesap edilir.

$$E = M_{\text{METAN}} \times \eta_e \times W \quad (2.7)$$

Burada, E CHP motorunun yıllık elektrik üretimi (MWh/yıl), η_e CHP motorunun elektriksel verimi %35 alınmıştır (Yağlı ve Koç, 2019) ve W Metan gazının kWh olarak enerji değeri olup 10 kWh/m³ olarak alınmıştır. dört kişilik bir ailenin aylık ortalama elektrik gideri 230 kWh/ay olarak kabul edilmiştir (Elektrik Mühendisleri Odası [EMO], 2022).

Biyogaz potansiyelleri elektrik enerjisine dönüştürüldüğünde oluşan CO₂ salım azaltımı ayrı ayrı hesaplanır. Bu hesaplamalarda 1m³ biyogaz için 9,19 kg CO₂ salımı (CO_{2bio}) ve biyogazdan üretilen elektrik (CO_{2e}) ise 0,8 değerleri kabul edilmiştir (Gençyılmaz ve Seçkin, 2020).

2.2.3. Tesis tasarım formülleri

Reaktör seçimi ve boyutlandırılması

Reaktör seçiminde ve boyutlandırılmasında kurulum kolaylığı açısından reaktör çapı ve yüksekliği arasındaki oran önemlidir. Çap yükseklikten büyük belirlenmelidir. Ön dengeleme havuzu, reaktör hacmi, sıvı gübre depolama hacmi Eş. 2.8 kullanılarak hesap edilir.

$$V = \pi r^2 h \quad (2.8)$$

Burada V ; öndengeleme havuzu, reaktör ve sıvı depolamanın hacmini, r ; yarı çapını ve h ; yüksekliğini verir. Reaktör iç hacminin belirlenmesi Eş. 2.9 kullanılarak da hesap edilebilir (Savaş, 2018).

$$V_d = S_d \times HBS \quad (2.9)$$

Burada V_d ; reaktörün iç hacmi olarak m^3 olarak verilir, S_d ; beslenen hammadde miktarı ($m^3/gün$) olarak verilir ve HBS ; organik atığın reaktör içerisinde bekleme süresidir.

Gaz deposunun boyutlandırılması

Gaz deposunun boyutlandırılması gaz üretimi ve gaz tüketiminin nispi oranlarına bağlıdır. Gaz deposunun boyutlandırılmasında Eş. 2.10 ve Eş. 2.11 kullanılır (Werner, Stohr, ve Hees, 1989). Tepe tüketim oranları $gc_{max}(>Vg_1)$ ve en uzun sıfır tüketim döneminde üretilen gazı tutmak $tz_{max}(>Vg_2)$ sağlamalıdır.

$$Vg_1 = gc_{max} \times tc_{max} = vc_{max} \quad (2.10)$$

$$Vg_2 = G_h \times tz_{max} \quad (2.11)$$

Burada gc_{max} ; maksimum saatlik gaz tüketimi (m^3/h), tc_{max} ; saat olarak maksimum zamanda tüketim miktarını, vc_{max} ; maksimum gaz tüketimini (m^3) ve tz_{max} ; saat olarak maksimum sıfır tüketim süresidir, gaz deposuna %10-20 güvenlik marjı eklenmelidir. Gaz deposunun güvenlik marjı Eş. 2.12 kullanılarak hesap edilir (Werner, Stohr, ve Hees, 1989).

$$Vg = 1,15(\mp 0,5) \times \max(Vg_1, Vg_2) \quad (2.12)$$

Burada gaz deposunun hacmi Vg_1 ve Vg_2 'den büyük olanı seçilir. Saatlik gaz üretimi Eş. 2.13 kullanılarak hesaplanabilir.

$$G_h = G \div 24 [h/d] \quad (2.13)$$

Burada G_h ; saatlik gaz üretimini (m^3/h) verilir ve G ; günlük üretilen gaz miktarı olarak (m^3) verilir. Pratik deneyimler, günlük gaz üretiminin normal olarak %40-60'nın depolanması gerektiğini göstermektedir (Werner, Stohr, ve Hees, 1989).

Reaktör hacminin gaz deposu hacmine oranı, biyogaz tesisinin temel tasarımı açısından önemli bir faktördür. Tipik bir tarımsal biyogaz tesisi için, V_d/V_g oranı, en sık olarak 5/1 ve 6/1 olmak üzere 3/1 ve 10/1 arasında bir yerde bulunur (Langat, 2019). Reaktör tankını örten gaz kapağı veya kubbesi, günlük toplam gaz üretiminin %65-%75'ini tutan bir boyuta sahip olmalıdır (Tamoor ve diğerleri, 2020).

Beslenen madde miktarı

Beslenen madde miktarı Eş. 2.14 kullanılarak hesap edilir (Savaş, 2018).

$$S_d = B + S_u \quad (2.14)$$

Burada S_d ; beslenen hammadde miktarı ($m^3/gün$) olarak verilir, B ; eklenecek organik atık miktarı ($m^3/gün$) olarak verilir ve organik atığın seyreltilmesi için eklenecek su miktarı ($m^3/gün$) olarak verilir. Beslenen maddenin, %4-8'lik bir katı içeriğine ulaşmak için içerisine eklenecek su miktarına bağlıdır. Çoğu tarımsal biyogaz tesisinde, gübre (sığır) ve su ($B:S_u$) için karışım oranı 1:3 ile 2:1 arasındadır (Savaş, 2018).

Ön dengeleme havuzunun boyutlandırılması

Ön dengeleme havuzunun boyutunun belirlenmesinde Eş. 2.15 ve Eş. 2.16 kullanılarak hesaplanır (Savaş, 2018).

$$\text{ÖDH} = 2 \times S_d \quad (2.15)$$

$$\text{ÖDH} = \pi r^2 h \quad (2.16)$$

Burada ÖDH ; ön dengeleme havuzu boyutlandırılması (m^3) olarak verilir.

Sıvı gübre depolama havuzu boyutlandırması

Sıvı gübre depolama havuzunun boyutlandırılması Eş. 2.17 ve Eş. 2.18 kullanılarak hesaplanır (Savaş, 2018).

$$SGH = HBS \times Sd \quad (2.17)$$

$$SGH = \pi r^2 h \quad (2.18)$$

Burada SGH; sıvı gübre havuzunun boyutlandırılması (m^3) olarak verilir.

Hidrolik bekleme süresinin belirlenmesi

Hidrolik bekleme süresi reaktör hacminin günlük yüklenecek organik atık miktarına bölünmesiyle Eş. 2.19 kullanılarak hesap edilir (Öbekcan, 2014)

$$HBS = \frac{\text{Reaktör hacmi (m}^3\text{)}}{\text{Günlük debi (} \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} \text{)}} \quad (2.19)$$

Burada HBS; hidrolik bekleme süresi (gün) olarak verilir. Tez çalışması kapsamında mezofilik sıcaklık değer aralığı kabul edilerek HBS süresi 35 gün olarak alınacaktır (Chiu, Wen, Hsu ve Wang, 2022).

Isı üretimi

Isı üretimi jeneratörün gücü ve üretilen elektrik miktarlarının çarpılması sonucuyla Eş 2.20 kullanılarak hesap edilir (Savaş, 2018).

$$\text{Isı üretimi} = \text{Jenaratörün güç oranı} \times \text{elektrik üretim miktarı} \quad (2.20)$$

Burada jenaratörün güç oranı kullanılacak jeneratöre bağlı olarak değişkenlik gösterir. Hesaplamalarda %66' güç oranı kabul edilerek işlemler gerçekleştirilecektir.

Karbon salım miktarı

CO₂ salım azaltılması tesisin çalışma süresi ve saatlik biyogaz üretim miktarı ve salım sabiti çarpılmasıyla Eş.2.21 kullanılarak hesap edilir.

CO₂ salım azaltımı = tesis çalışma süresi × saatlik biyogaz miktarı × salım sabiti (2.21)

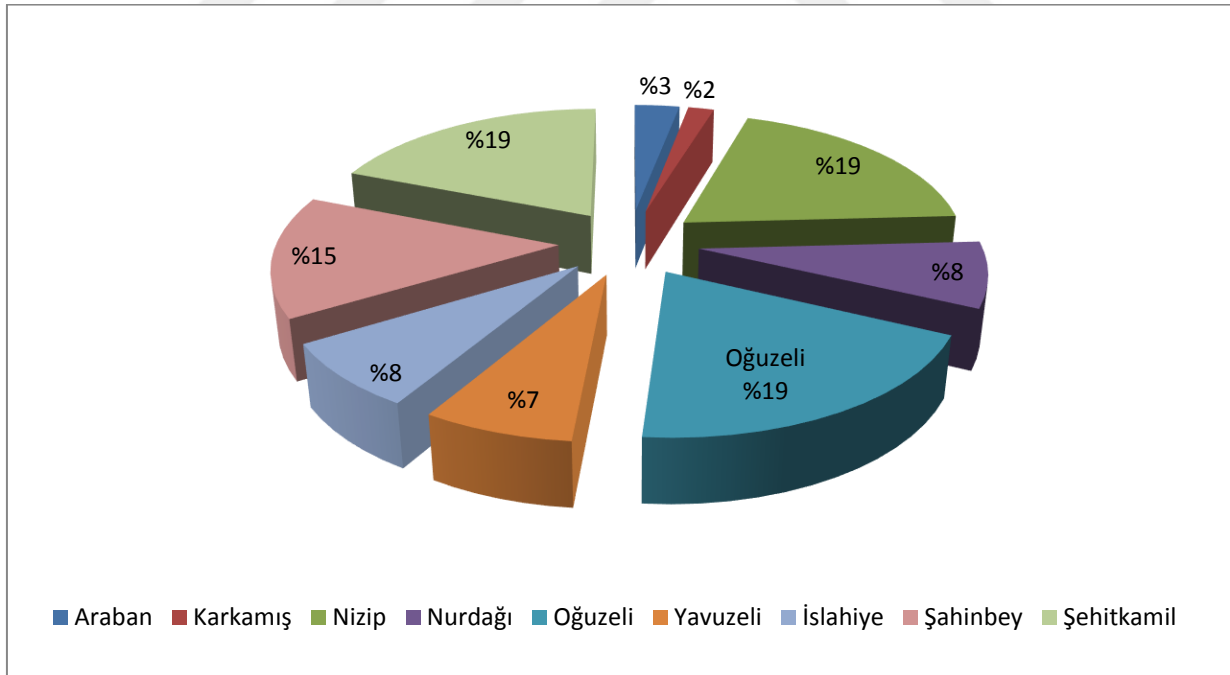
Burada CO₂ salım azaltılmasında 1m³ biyogaz için 9,19 kg CO₂ salımı ve yılda 7000 saat çalışma süresi kabul edilmiştir (Gençyılmaz ve Seçkin, 2020; Savaş, 2018).



3. ARAŞTIRMA BULGULARI

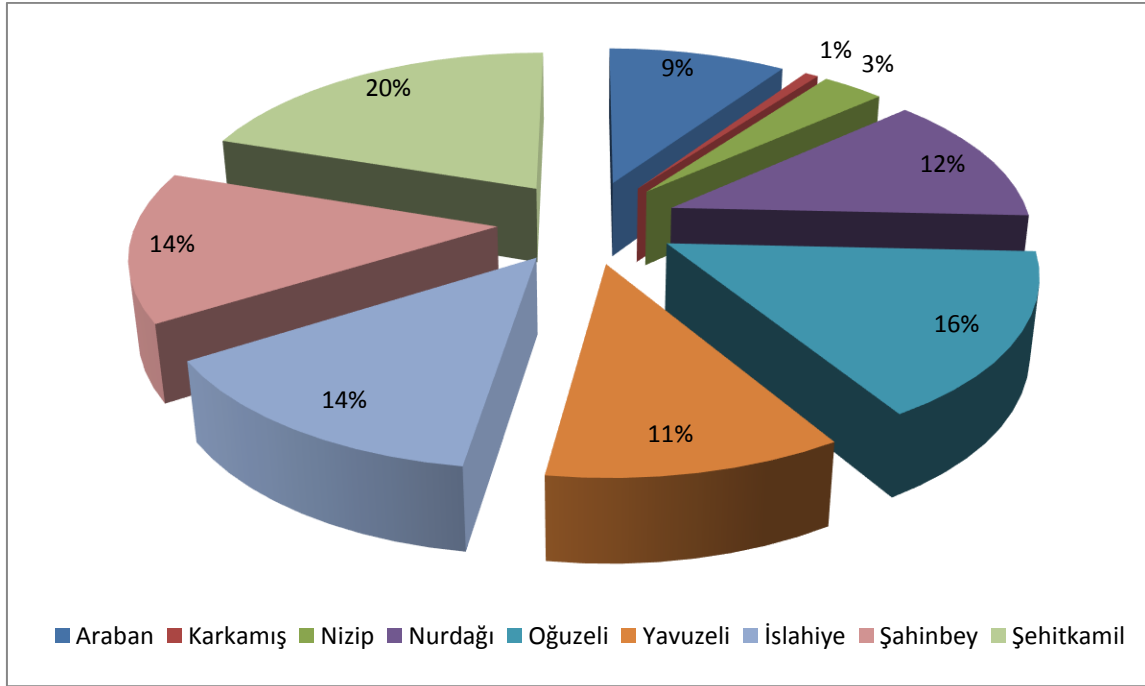
Gaziantep ili Türkiye'nin yüz ölçümünde %1'lik bir paya ve hayvan sayıları bakımından da yaklaşık %1'ine sahip olması bölgede önemli bir oranda biyogaz potansiyeli varlığından sözü edilebilir (TÜİK, 2022). Potansiyelin belirlenmesinde büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanlarının verileri önemlidir. Bölgenin kış aylarının soğuk ve kurak geçmesiyle biyogaz tesisi içerisinde güneş enerji sistemli ısıtma sistemleri kullanılarak tesis istenilen sıcaklığa getirilmesi mümkün olup geri dönüşüm süresinde kısa olması hedeflenmektedir. Tesisten istenilen verimin alınabilmesi için ham madde ihtiyaçlarının belirlenmesi ve elde edilecek sonuçların iyi analiz edilmesi büyük önem arz etmektedir.

Gaziantep ili büyükbaş hayvanların ilçe bazlı dağılımı yüzdeler olarak Şekil 3.1'de verilmiştir. İl genelinde toplamda 200 050 adet büyükbaş hayvan bulunmaktadır. Şekil incelendiğinde %19 ile Nizip, Oğuzeli ve Şehitkamil ilçelerinde en yüksek olduğu ve %2 ile Karkamış ilçesinde ise en düşük orana sahip olduğu görülmektedir.



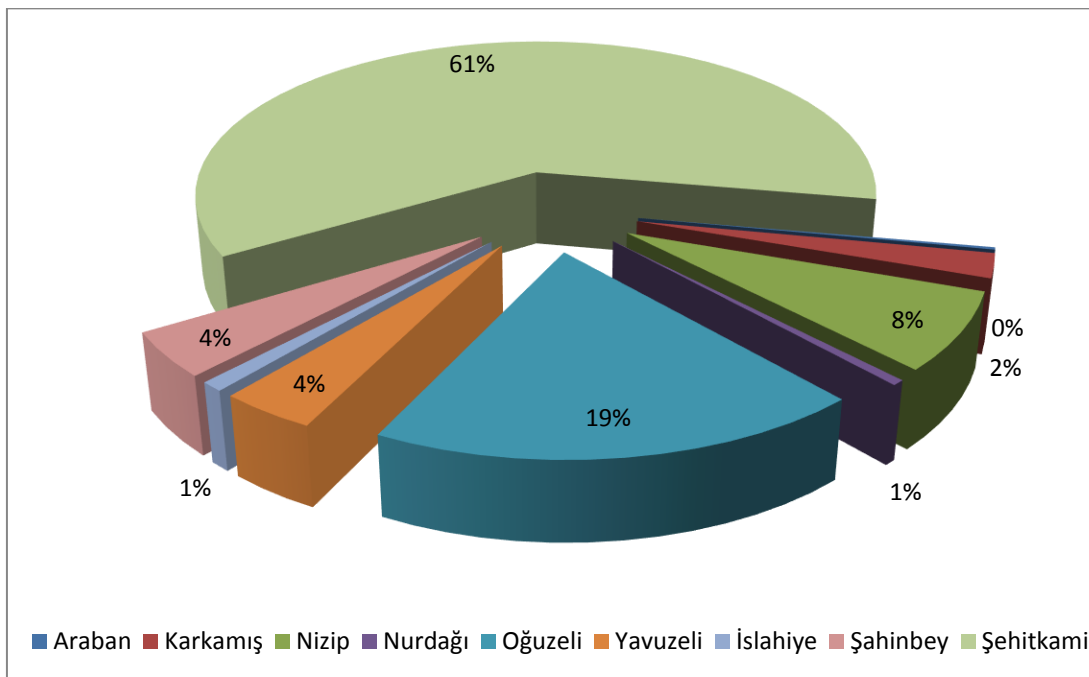
Şekil 3.1. Gaziantep ili büyükbaş hayvanların ilçe bazlı dağılımı

Küçükbaş hayvanların ilçe bazlı dağılımı yüzdeler olarak Şekil 3.2'de verilmiştir. İl genelinde toplamda 698 317 adet küçükbaş hayvan bulunmaktadır. Şekil incelendiğinde %20 ile Şehitkamil ilçesinde en yüksek olduğu ve %1 ile Karkamış ilçesi en düşük orana sahiptir.



Şekil 3.2. Gaziantep ili küçükbaş hayvaların ilçe bazlı dağılımı

Kümes hayvanlarının ilçe bazlı dağılımı yüzdeler olarak Şekil 3.3'de verilmiştir. İl genelinde toplamda 6 144 987 adet kümes hayvanı bulunmaktadır. Şekil incelendiğinde %61 ile Şehitkamil ilçesinde en yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 3.3. Gaziantep ili kümes hayvalarının ilçe bazlı dağılımı

3.1. Gaziantep İli Biyogaz Enerji Potansiyeli Hesaplaması

Gaziantep ili büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanları sayılarına bakıldığında Nizip, Oğuzeli ve Şehitkamil ilçeleri toplam hayvan sayısının yaklaşık %82'sine sahiptir. Üç ilçe içinde Oğuzeli merkez olarak kabul edilmiştir. Oğuzeli ilçesinin biyogaz potansiyel hesabı detaylı olarak yapılacak olup diğer ilçelerden elde edilen biyogaz (metan) miktarları Çizelgede verilecektir.

3.1.1. Oğuzeli ilçesi için biyogaz enerjisi potansiyeli

Oğuzeli ilçesinin Gaziantep ilinde hayvan sayılarının çok olduğu ilçelere yakın bulunmaktadır. Hayvan sayılarının fazla olması hayvancılığın geçim kaynakları arasında gösterilebilir. Oğuzeli ilçesinin TÜİK'ten alınan 2021 yılı hayvansayıları çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.11. Oğuzeli ilçesi hayvan sayıları (TÜİK, 2022)

Hayvan Türleri	Hayvan Sayıları (Adet)
Süt sığırı	21 190
Et sığırı	9450
Yerli sığır	155
Buzağı	8084
Koyun	105 882
Keçi	2960
Et tavuğu	0
Yumurta tavuğu	1 165 252
Hindi	1750
Ördek ve Kaz	1925
Toplam	1 316 648

Büyükbaş hayvanlardan elde edilen biyogaz potansiyelinin belirlenmesi

Oğuzeli ilçesinde büyükbaş hayvan verilerinin incelemesinde türlerine göre elde edilecek metan miktarı farklılık gösterdiğinden hesaplamalar ayrı ayrı yapılacaktır. Çizelge 3.2'de Oğuzeli ilçesi büyükbaş hayvan sayısı verilmiştir. Hayvan sayılarına bakıldığında en yüksek

21 190 adet ile süt sığırı, en az ise 155 adet ile yerli sığırdır. Toplam hayvan sayısı ise 38 879 adettir.

Çizelge 3.12. Oğuzeli ilçesi büyükbaş hayvan sayısı (TÜİK, 2022)

	Süt Sığırı (Adet)	Et Sığırı (Adet)	Yerli Sığır (Adet)	Buzağı (Adet)
Oğuzeli	21 190	9450	155	8084

Süt sığırı

Süt sığırında metan eldesi için aşağıda belirtilen eşitlikler kullanılır.

$$M_{YYM} = (21\ 190 \times 43 \times 365) \div 1000 = 332\ 577,1 \text{ ton/yıl} \quad (3.1)$$

$$M_{YFYG} = 332\ 577,1 \times \%100 = 332\ 577,1 \text{ ton/yıl} \quad (3.2)$$

$$M_{KM} = 332\ 577,1 \times \%17,27 = 57\ 436,1 \text{ ton/yıl} \quad (3.3)$$

$$M_{UKM} = 57\ 436,1 \times \%83,36 = 47\ 878,7 \text{ ton/yıl} \quad (3.4)$$

$$M_{METAN} = 47\ 878,7 \times 0,18 = 8618,2 \text{ m}^3 - \text{CH}_4/\text{yıl} \quad (3.5)$$

Burada Eş. 3.1 kullanılarak yıllık toplam yaş gübre miktarı hesabı yapılmıştır. Eş. 3.2 kullanılarak faydalınacak yaş gübre mikarı hesabı yapılmıştır. Eş. 3.3 kullanılarak toplanabilir faydalınacak yaş gübre mikarı hesabı yapılmıştır. Eş. 3.4 kullanılarak uçucu katı madde miktarı hesabı yapılmıştır ve Eş. 3.5 toplam yıllık metan miktarı sonuçları verilmiştir.

Et sığırı

Et sığırından metan eldesi için aşağıda belirtilen eşitlikler kullanılır.

$$M_{YYM} = (9450 \times 29 \times 365) \div 1000 = 100\ 028,3 \text{ ton/yıl} \quad (3.6)$$

$$M_{YFYG} = 100\,028,3 \times \%100 = 100\,028,3 \text{ ton/yıl} \quad (3.7)$$

$$M_{KM} = 100\,028,3 \times \%12,41 = 12\,413,5 \text{ ton/yıl} \quad (3.8)$$

$$M_{UKM} = 12\,413,5 \times \%84,65 = 10\,508,0 \text{ ton/yıl} \quad (3.9)$$

$$M_{METAN} = 10\,508 \times 0,33 = 3467,6 \text{ m}^3 - \text{CH}_4/\text{yıl} \quad (3.10)$$

Burada Eş. 3.6 kullanılarak yıllık toplam yaş gübre miktarı hesabı, Eş. 3.7 kullanılarak faydalınacak yaş gübre mikarı hesabı, Eş. 3.8 kullanılarak toplanabilir faydalanılacak yaş gübre mikarı hesabı, Eş. 3.9 kullanılarak uçucu katı madde miktarı hesabı yapılmış olup Eş. 3.10'da toplam yıllık metan miktarı sonuçları verilmiştir.

Yerli Sığır

Yerli sığırından metan eldesi için aşağıda belirtilen eşitlikler kullanılır

$$M_{YYM} = (155 \times 29 \times 365) \div 1000 = 1640,7 \text{ ton/yıl} \quad (3.11)$$

$$M_{YFYG} = 1640,7 \times \%50 = 820,4 \text{ ton/yıl} \quad (3.12)$$

$$M_{KM} = 820,4 \times \%17,27 = 141,7 \text{ ton/yıl} \quad (3.13)$$

$$M_{UKM} = 141,7 \times \%83,36 = 118,1 \text{ ton/yıl} \quad (3.14)$$

$$M_{METAN} = 118,1 \times 0,33 = 39 \text{ m}^3 - \text{CH}_4/\text{yıl} \quad (3.15)$$

Burada Eş. 3.11 kullanılarak yıllık toplam yaş gübre miktarı hesabı, Eş. 3.12 kullanılarak faydalınacak yaş gübre mikarı hesabı, Eş. 3.13 kullanılarak toplanabilir faydalanılacak yaş gübre mikarı hesabı, Eş. 3.14 kullanılarak uçucu katı madde miktarı hesabı yapılmış olup Eş. 3.15 toplam yıllık metan miktarı sonuçları verilmiştir.

Buzağı

Buzağıdan metan eldesi için aşağıda belirtilen eşitlikler kullanılır

$$M_{YYM} = (8084 \times 2,48 \times 365) \div 1000 = 7317,6 \text{ ton/yıl} \quad (3.16)$$

$$M_{YFYG} = 7317,6 \times \%100 = 7317,6 \text{ ton/yıl} \quad (3.17)$$

$$M_{KM} = 7317,6 \times \%3,71 = 271,5 \text{ ton/yıl} \quad (3.18)$$

$$M_{UKM} = 271,5 \times \%83,36 = 226,3 \text{ ton/yıl} \quad (3.19)$$

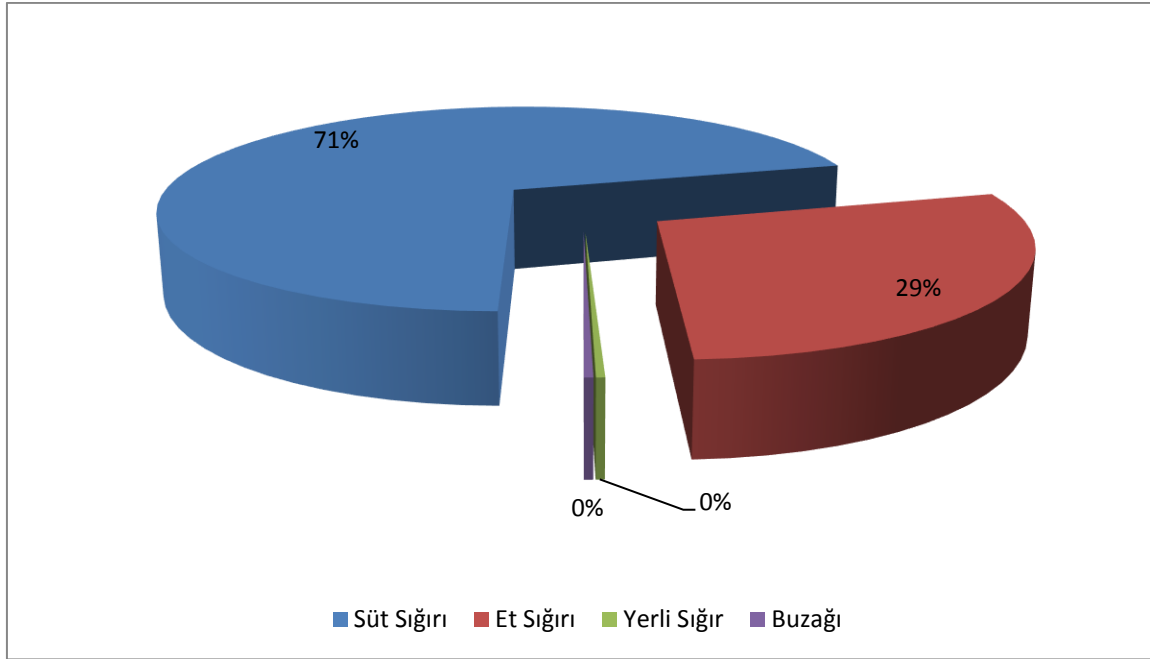
$$M_{METAN} = 226,3 \times 0,33 = 74,7 \text{ m}^3 - \text{CH}_4/\text{yıl} \quad (3.20)$$

Burada Eş. 3.16 kullanılarak yıllık toplam yaş gübre miktarı hesabı yapılmıştır, Eş. 3.17 kullanılarak faydalınacak yaş gübre mikarı hesabı yapılmıştır, Eş. 3.18 kullanılarak toplanabilir faydalınacak yaş gübre mikarı hesabı yapılmıştır, Eş. 3.19 kullanılarak uçucu katı madde miktarı hesabı yapılmıştır ve Eş. 3.20 toplam yıllık metan miktarı sonuçları verilmiştir.

Oğuzeli ilçesi büyükbaş hayvanlardan elde edilecek metan miktarları izelge 3.3'de ve yüzdelik olarak dağılımı ise Şekil 3.4'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde %71'lik oranla en fazla 8618,2m³-CH₄/yıl süt sığırında, %0 ile en az 39 m³-CH₄/yıl yerli sığırdadır. Toplamda ise 12 199,5m³-CH₄/yıl metan üretilir.

Çizelge 3.13. Oğuzeli ilçesi büyükbaş hayvanlardan elde edilen metan miktarı

Süt Sığırı (m ³ -CH ₄ /yıl)	Et Sığırı (m ³ -CH ₄ /yıl)	Yerli Sığır (m ³ -CH ₄ /yıl)	Buzağı (m ³ -CH ₄ /yıl)	Toplam (m ³ -CH ₄ /yıl)
8618,2	3467,6	39	74,7	12 199,5



Şekil 3.4. Oğuzeli ilçesi büyükbaş hayvanlardan elde edilen metan miktarı

Küçükbaş hayvanlardan elde edilen biyogaz potansiyelinin belirlenmesi

Oğuzeli ilçesinde küçükbaş hayvan verilerinin incelemesinde türlerine göre elde edilecek metan miktarı farklılık gösterdiğinden hesaplamalar ayrı ayrı yapılacaktır. Çizelge 3.4'de Oğuzeli ilçesi türlerine göre küçükbaş hayvan sayıları verilmiştir. Hayvan sayılarına bakıldığında en yüksek hayvan sayısının 105 882 adet ile koyun, en az hayvan sayısının 2960 adet ile keçi ve toplam hayvan sayısı ise 108 842 adettir.

Çizelge 3.14. Oğuzeli ilçesi türlerine göre küçükbaş hayvan sayıları (TÜİK, 2022)

	Koyun (Adet)	Keçi(Adet)
Oğuzeli	105 882	2960

Koyun

Koyundan metan eldesi için aşağıda belirtilen eşitlikler kullanılır

$$M_{YYM} = (105\ 882 \times 2,4 \times 365) \div 1000 = 92\ 752,6 \text{ ton/yıl} \quad (3.21)$$

$$M_{YFYG} = 92\ 752,6 \times \%13 = 12\ 057,8 \text{ ton/yıl} \quad (3.22)$$

$$M_{KM} = 12\,057,8 \times \%23 = 2773,3 \text{ ton/yıl} \quad (3.23)$$

$$M_{UKM} = 2773,3 \times \%83,63 = 2319,3 \text{ ton/yıl} \quad (3.24)$$

$$M_{METAN} = 2319,3 \times 0,30 = 695,8 \text{ m}^3 - \text{CH}_4/\text{yıl} \quad (3.25)$$

Burada Eş. 3.21 kullanılarak yıllık toplam yaş gübre miktarı hesabı yapılmıştır, Eş. 3.22 kullanılarak faydalınacak yaş gübre miktarı hesabı yapılmıştır, Eş. 3.23 kullanılarak toplanabilir faydalınacak yaş gübre miktarı hesabı yapılmıştır, Eş. 3.24 kullanılarak uçucu katı madde miktarı hesabı yapılmıştır ve Eş. 3.25 toplam yıllık metan miktarı sonuçları verilmiştir.

Keçi

Keçiden metan eldesi için aşağıda belirtilen eşitlikler kullanılır

$$M_{YYM} = (2960 \times 2,05 \times 365) \div 1000 = 2214,8 \text{ ton/yıl} \quad (3.26)$$

$$M_{YFYG} = 2214,8 \times \%13 = 287,9 \text{ ton/yıl} \quad (3.27)$$

$$M_{KM} = 287,9 \times \%23,17 = 66,7 \text{ ton/yıl} \quad (3.28)$$

$$M_{UKM} = 66,7 \times \%73,06 = 48,7 \text{ ton/yıl} \quad (3.29)$$

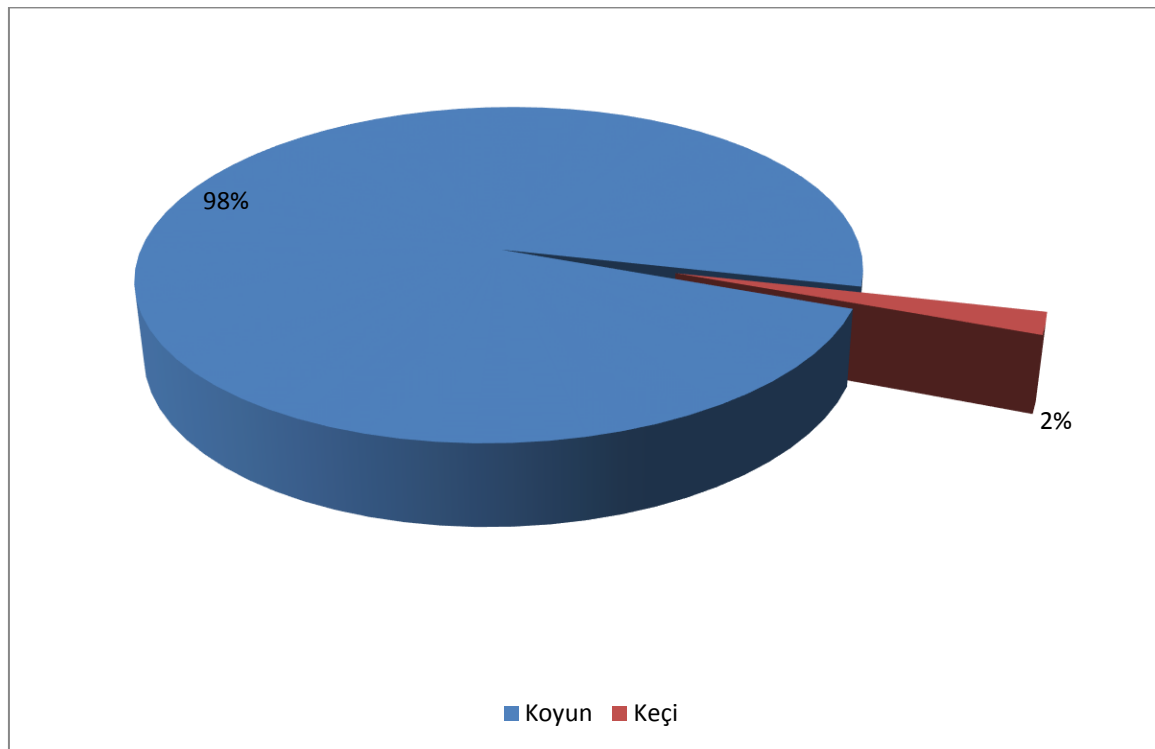
$$M_{METAN} = 48,7 \times 0,30 = 14,6 \text{ m}^3 - \text{CH}_4/\text{yıl} \quad (3.30)$$

Burada Eş. 3.26 kullanılarak yıllık toplam yaş gübre miktarı hesabı yapılmıştır, Eş. 3.27 kullanılarak faydalınacak yaş gübre miktarı hesabı yapılmıştır, Eş. 3.28 kullanılarak toplanabilir faydalınacak yaş gübre miktarı hesabı yapılmıştır, Eş. 3.29 kullanılarak uçucu katı madde miktarı hesabı yapılmıştır ve Eş. 3.30 toplam yıllık metan miktarı sonuçları verilmiştir.

Oğuzeli ilçesi küçükbaş hayvanlarından elde edilecek metan miktarları Çizelge 3.5'de ve yüzdelik olarak dağılımı ise Şekil 3.5'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde %98'lik bir oranla en fazla 695,79m³-CH₄/yıl koyun, %2'lik bir oranla en az 14,62 m³-CH₄/yıl keçi ve toplamda ise 710,42 m³-CH₄/yıl metan üretilir.

Çizelge 3.15. Oğuzeli ilçesi küçükbaş hayvanlardan elde edilen metan miktarı

Koyun (m ³ -CH ₄ /yıl)	Keçi (m ³ -CH ₄ /yıl)	Toplam (m ³ -CH ₄ /yıl)
695,8	14,6	710,4



Şekil 3.5. Oğuzeli ilçesi küçükbaş hayvanlardan elde edilen metan miktarı

Kümes hayvanlarından elde edilen biyogaz potansiyelinin belirlenmesi

Oğuzeli ilçesinde kümes hayvanları verilerinin incelemesinde türlerine göre elde edilecek metan miktarı farklılık gösterdiğinden hesaplamalar ayrı ayrı yapılacaktır. Çizelge 3.6'da Oğuzeli ilçesi türlerine göre kümes hayvanları sayısı verilmiştir. Hayvan sayılarına bakıldığında en yüksek 1 165 252 adet ile yumurta tavuğu, en az ise 1750 adet ile hindi ve toplam hayvan sayısı ise 1 168 927 adettir.

Çizelge 3.16. Oğuzeli ilçesi türlerine göre kümes hayvanları sayısı (TÜİK, 2022)

	Et tavuğu (Adet)	Yumurta Tavuğu (Adet)	Hindi (Adet)	Ördek ve Kaz (Adet)
Oğuzeli	0	1 165 252	1750	1925

TÜİK verisine göre Oğuzeli ilçesinde et tavuğu ırkı bulunmadığından hesabı yapılmamıştır.

Yumurta tavuğu

Yumurta tavuğundan metan eldesi için aşağıda belirtilen eşitlikler kullanılır

$$M_{YYM} = (1\,165\,252 \times 0,13 \times 365) \div 1000 = 55\,291,2 \text{ ton/yıl} \quad (3.31)$$

$$M_{YFYG} = 55\,291,2 \times \%99 = 54\,738,3 \text{ ton/yıl} \quad (3.32)$$

$$M_{KM} = 54\,738,3 \times \%18,75 = 10\,263,4 \text{ ton/yıl} \quad (3.33)$$

$$M_{UKM} = 10\,263,4 \times \%75 = 7697,6 \text{ ton/yıl} \quad (3.34)$$

$$M_{METAN} = 7697,6 \times 0,35 = 2694,2 \text{ m}^3 - \text{CH}_4/\text{yıl} \quad (3.35)$$

Burada Eş. 3.31 kullanılarak yıllık toplam yaş gübre miktarı hesabı, Eş. 3.32 kullanılarak faydalınacak yaş gübre miktarı hesabı, Eş. 3.33 kullanılarak toplanabilir faydalınacak yaş gübre miktarı hesabı, Eş. 3.34 kullanılarak uçucu katı madde miktarı hesabı ve Eş. 3.35 toplam yıllık metan miktarı sonuçları verilmiştir.

Hindi

Hindiden metan eldesi için aşağıda belirtilen eşitlikler kullanılır

$$M_{YYM} = (1750 \times 0,38 \times 365) \div 1000 = 242,7 \text{ ton/yıl} \quad (3.36)$$

$$M_{YFYG} = 242,7 \times \%68 = 165,0 \text{ ton/yıl} \quad (3.37)$$

$$M_{KM} = 165 \times \%19,36 = 31,9 \text{ ton/yıl} \quad (3.38)$$

$$M_{UKM} = 31,9 \times \%75,38 = 24,0 \text{ ton/yıl} \quad (3.39)$$

$$M_{METAN} = 24 \times 0,35 = 8,4 \text{ m}^3 - \text{CH}_4/\text{yıl} \quad (3.40)$$

Burada Eş. 3.36 kullanılarak yıllık toplam yaş gübre miktarı hesabı, Eş. 3.37 kullanılarak faydalınacak yaş gübre mikarı hesabı, Eş. 3.38 kullanılarak toplanabilir faydalınacak yaş gübre mikarı hesabı, Eş. 3.39 kullanılarak uçucu katı madde miktarı hesabı ve Eş. 3.40 toplam yıllık metan miktarı sonuçları verilmiştir.

Ördek ve Kaz

Ördek ve kazlardan metan eldesi için aşağıda belirtilen eşitlikler kullanılır

$$M_{YYM} = (1925 \times 0,33 \times 365) \div 1000 = 231,9 \text{ ton/yıl} \quad (3.41)$$

$$M_{YFYG} = 231,9 \times \%68 = 157,7 \text{ ton/yıl} \quad (3.42)$$

$$M_{KM} = 157,7 \times \%17,27 = 27,2 \text{ ton/yıl} \quad (3.43)$$

$$M_{UKM} = 27,2 \times \%61,28 = 16,7 \text{ ton/yıl} \quad (3.44)$$

$$M_{METAN} = 16,7 \times 0,35 = 5,8 \text{ m}^3 - \text{CH}_4/\text{yıl} \quad (3.45)$$

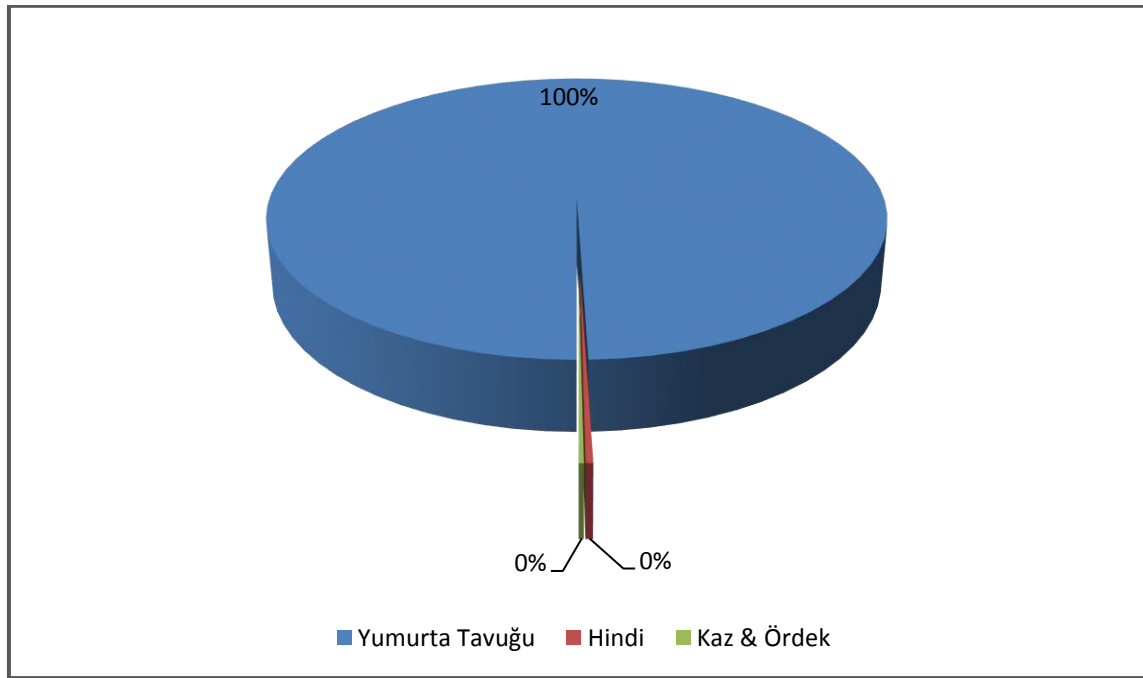
Burada Eş. 3.41 kullanılarak yıllık toplam yaş gübre miktarı hesabı, Eş. 3.42 kullanılarak faydalınacak yaş gübre mikarı hesabı, Eş. 3.43 kullanılarak toplanabilir faydalınacak yaş gübre mikarı hesabı, Eş. 3.44 kullanılarak uçucu katı madde miktarı hesabı ve Eş. 3.45 toplam yıllık metan miktarı sonuçları verilmiştir.

Oğuzeli ilçesi kümes hayvanlarından elde edilecek metan miktarları Çizelge 3.7'de ve yüzdelik olarak dağılımı ise Şekil 3.6'da verilmiştir. Çizelge incelendiğinde %100'lük bir

oranla en fazla 2694,2 m³-CH₄/yıl yumurta tavuğunda, %0 ile en az 5,8 m³-CH₄/yıl kaz ve ördeklerdir. Toplamda ise 2708,4 m³-CH₄/yıl metan üretilir.

Çizelge 3.17. Oğuzeli ilçesi kümes hayvanlarından elde edilen metan miktarı

Et tavuğu (m ³ -CH ₄ /yıl)	Yumurta tavuğu (m ³ -CH ₄ /yıl)	Hindi (m ³ -CH ₄ /yıl)	Kaz ve Ördek (m ³ -CH ₄ /yıl)
0	2694,2	8,4	5,8



Şekil 3.6. Oğuzeli ilçesi kümes hayvanlarından elde edilen metan miktarı

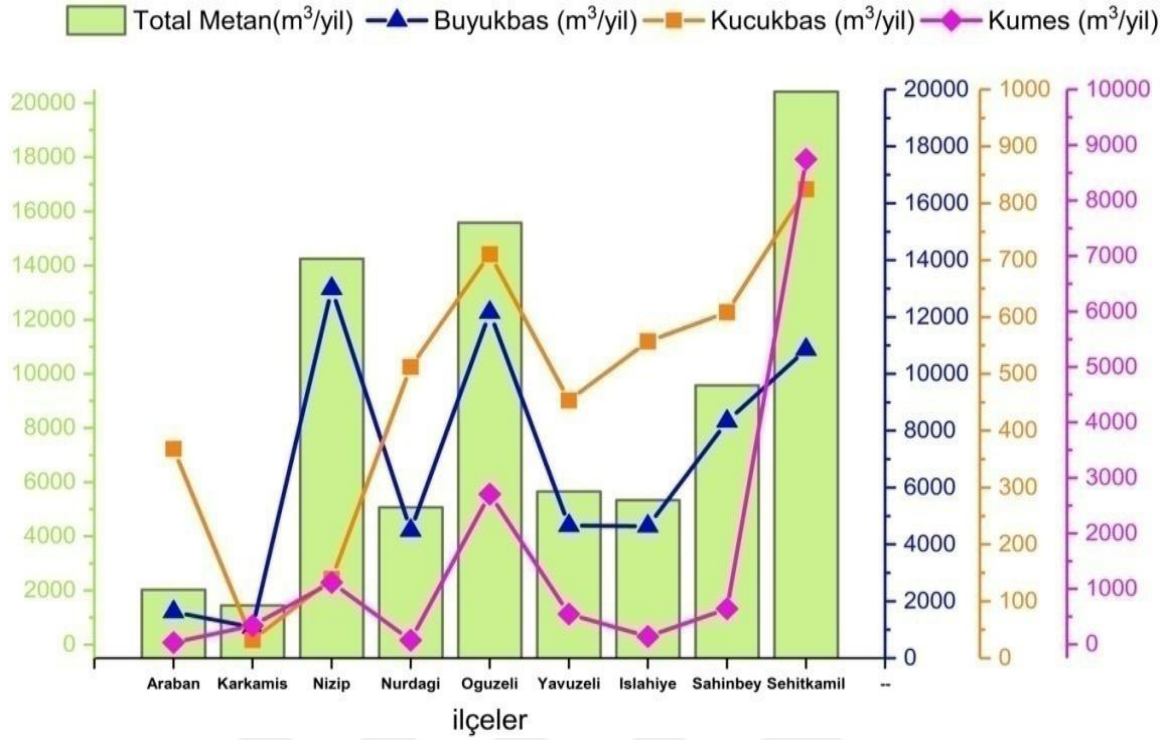
3.2. Gaziantep İli Biyogaz ve Enerji Değerleri

Gaziantep ili için 2021 yılında büyükbaş hayvanlardan elde edilecek metan miktarı 60 856,20m³-CH₄/yıl, küçükbaş hayvanlardan 4205,73 m³-CH₄/yıl ve kümes hayvanlarından 14 336,81 m³-CH₄/yıl üretilmektedir. İlçelerin toplam metan miktarlarına bakıldığında 20 425,99 m³-CH₄/yıl metan miktarı ile Şehitkamil ilçesidir. 2021 yılında elde edilen ilçe bazında metan üretim miktarları Çizelge 3.8'de verilmiştir.

Çizelge 3.18. Gaziantep ili ilçe bazında metan üretim miktarları

İlçeler	Büyükbaş Hayvanlardan Elde Edilen Metan Mik. (m ³ -CH ₄ /yıl)	Küçükbaş Hayvanlardan Elde Edilen Metan Mik. (m ³ -CH ₄ /yıl)	Kümes Hayvanlarından Elde Edilen Metan Mik. (m ³ -CH ₄ /yıl)	Toplam Metan Miktarı (m ³ -CH ₄ /yıl)
Araban	1631,63	367,98	33,38	2032,99
Karkamış	1082,44	31,90	336,66	1451
Nizip	12 999,45	139,6	1114,01	14 253,06
Nurdağı	4487,88	512,33	74,55	5074,76
Oğuzeli	12 164,41	710,42	2708,42	15 583,25
Yavuzeli	4661,15	453,54	545,53	5660,22
İslahiye	4640,19	556,98	139,72	5336,89
Şahinbey	8332,29	608,39	639,88	9580,56
Şehitkamil	10 856,75	824,60	8744,64	20 425,99
Toplam	60 856,20	4205,73	14 336,81	79 398,74

Gaziantep ilinin ilçe bazında toplam metan miktarları içerisinde hayvan türlerine göre metan üretim miktarları Şekil 3.7'de verilmiştir. Şekil incelendiğinde büyükbaş hayvanlarda Nizip ve Oğuzeli, küçükbaş hayvanlarda Şehitkamil ve Oğuzeli ve kümes hayvanlarının Şehitkamil ve Oğuzeli ilçeleri en yüksek metan üretim potansiyeline sahip ilçelerdir. Oğuzeli ilçesi her üç hayvan türü içerisinde de ikinci yüksek metan üretim potansiyel miktarına sahiptir.



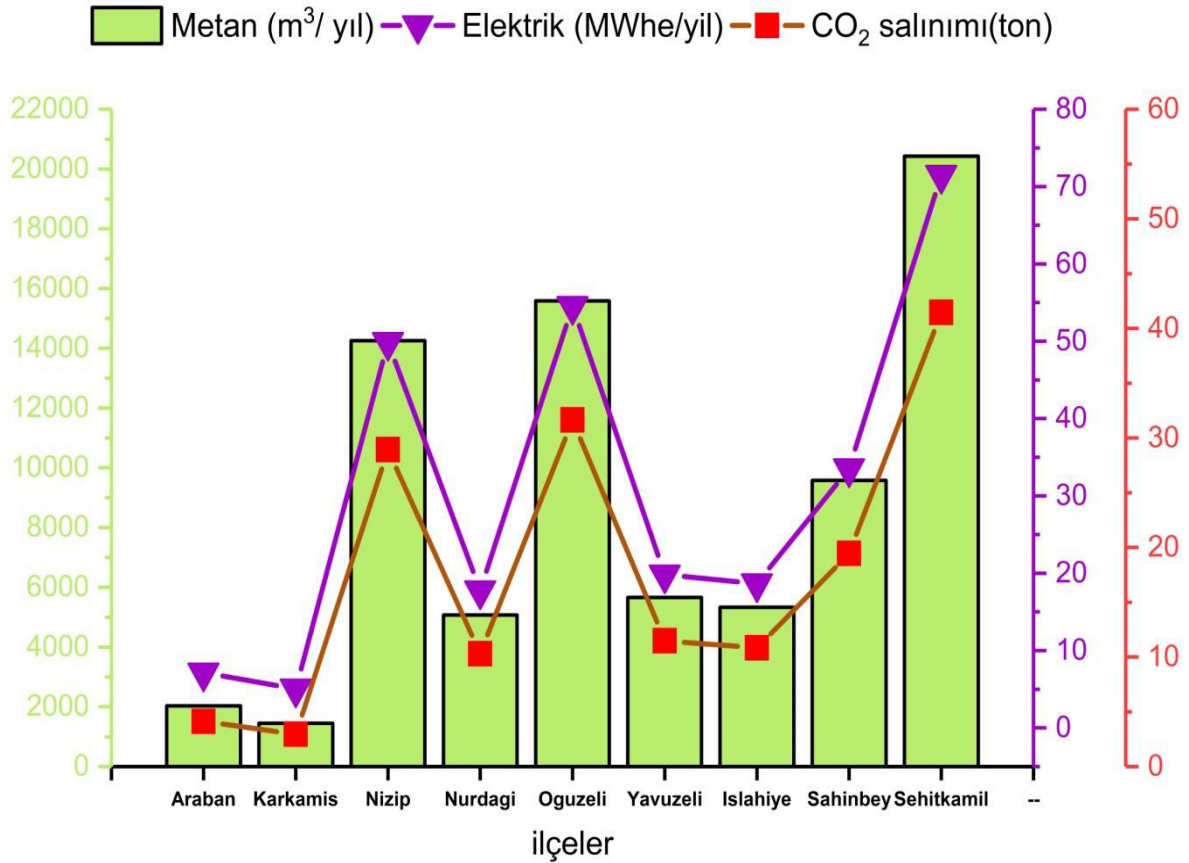
Şekil 3.7. Toplam metan miktarının hayvan türlerine göre metan miktarları

Gaziantep ili ilçe bazlı toplam metan miktarından elde edilebilecek enerji değerleri ve elektrik enerji değeri Çizelge 3.9'da verilmiştir. Çizelgeye göre 2021 yılında elde edilecek toplam metan miktarı 79 398,74 m³-CH₄/yıl dır. Toplam metan gazı enerjisi 2858,35 GJ/yıl ve 68,27 TEP/yıl ve elektrik enerjisi ise 277,9 MWhe/yıl'dır.

Çizelge 3.19. İlçe bazında toplam metan üretimine bağlı enerji değerleri ve elektrik enerjisi miktarı

İlçeler	Enerji Değeri (GJ/yıl)	Enerji Değeri (TEP/yıl)	Elektrik Enerjisi Değeri (MWhe/yıl)	CO ₂ Salım Miktarı (ton CO ₂)
Araban	73,19	1,75	7,12	4,13
Karkamış	52,24	1,25	5,08	2,95
Nizip	513,11	12,25	49,89	28,93
Nurdağı	182,69	4,36	17,76	10,30
Oğuzeli	561	13,4	54,54	31,63
Yavuzeli	203,77	4,87	19,81	11,49
İslahiye	192,13	4,59	18,68	10,83
Şahinbey	344,9	8,24	33,53	19,45
Şehitkamil	735,34	17,56	71,49	41,46
Toplam	2858,35	68,27	277,9	161,18

Gaziantep ilçelerinde hesaplanan metan miktarlarında elde edilecek elektrik ve enerji miktarları Şekil 3.8'de verilmiştir. Şekil ve Çizelge incelendiğinde en yüksek metanın Şehitkamil, Oğuzeli ve Nizip ilçelerinde olduğu görülmektedir. Üç ilçeye ait metandan üretilen elektrik ve CO₂ salım miktarları sırasıyla 71,49 MWh/yıl - 41,46 ton CO₂, 54,54 MWh/yıl - 31,63 ton CO₂ ve 49,89 MWh/yıl - 28,93 ton CO₂ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.8. Metan gazından elektrik ve CO₂ salım miktarı

Metan gazı elektrik verimi %35 olan CHP motorunda yakılmasıyla yılda 277,9 MWh/yıl elektrik üretilebilir. 1 kWh elektrik tasarrufu yaklaşık 0,58 kg CO₂ salımına denk geldiğinden 161,2 ton CO₂ salımına denk gelmektedir. (Yağlı ve Koç, 2019)

Türkiye’de bölge ve illere ait hayvansal atıklardan oluşabilecek biyogaz, elektrik, CO₂ salım azaltım miktarlarına ait çalışmalar Çizelge 3.120’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar ile kıyaslaması değerlendirildiğinde çizelgede yapılan çalışmaların sonuçları ile uyumlu bulunmuştur.

Çizelge 3.10. Bölge ve illere ait hayvansal atıklardan oluşabilecek biyogaz, elektrik, CO₂ salım azaltım miktarlarına ait çalışmalar

Bölge/İl	Hayvan sayısı	Hayvan türleri	Metan/Biyogaz miktarı	CO ₂ salım azaltımı	Elektrik üretimi	Kaynak
Adana	3 062 992	Tüm hayvanlar	88.367,417 m ³ metan	179,4 ton CO ₂	309,286 MWh	(Yağlı ve Koç, 2019)
Adana	6 816 304	Büyükbaş Kümes	72,5 milyar m ³ biyogaz		253,61 MWh/yıl	(Erkan Can, 2021)
Adıyaman	668 440	Büyükbaş, Küçükbaş, Kümes	77 578 m ³ /gün	1 152 067 ton CO ₂	1 330 847 kWh/	(Aslan, Ulum, ve Türkmenler, 2021)
Balıkesir	34 946 645	Büyükbaş, Küçükbaş, Kümes	390.114.719 m ³ /yıl		893 363 MWh/yıl	(Kocabey, 2019)
Bitlis	762 385	Büyükbaş, Küçükbaş, Kümes	21,46 milyon m ³ /yıl biyogaz	-	100 885 246 kWh/yıl	(Yetiş, Gazigil, Yetiş, ve Çelikezen, 2019)
Bingöl	1 627 863	Büyükbaş, Küçükbaş, Kümes	47 743 182 m ³ /yıl	-	224 300 MWh/yıl	(Demir ve Çulun, 2022)
Bingöl	5 694 302	Büyükbaş, Küçükbaş	36,5 milyon m ³ /yıl	-	171,4 GWh/yıl	(Işık ve Yavuz, 2022)
Burdur	839105	Büyükbaş, Küçükbaş, Kümes	19723929.64 m ³ /yıl biyogaz	-	--	(Görgülü, 2019)
Çankırı	2 485 039	Büyükbaş, Küçükbaş, Kümes	33 414,76 m ³ /yıl metan	Yaklaşık %41	56 537 778,04 kWh/yıl	(Gençyılmaz ve Seçkin, 2020)
Çorum	4 973 092	Büyükbaş, Küçükbaş, Kümes	18 931 500 m ³ /yıl	-	47 749 450 kWhh/yıl	(Öbekcan, 2014)
Diyarbakır	4 055 294	Büyükbaş, Küçükbaş, Kümes	165 249 023,10 m ³ /yıl	-	-	(Yıldırım ve Nacar Koçer, 2022)
Düzce	7 451 785	Tüm hayvanlar	10 323 786 m ³ /yıl	-	-	(Kurt, 2021)
Doğu Anadolu Bölgesi	14 315 752	Büyükbaş, Küçükbaş	3 143 222 m ³ /yıl	-	-	(Çağlayan, 2020)
Elazığ	8 301 120	Büyükbaş, Küçükbaş,	170359 m ³ /gün	-	-	(Koçer ve Saatçi, 2007)
Gaziantep	200 050	Büyükbaş	60 856,20 m ³ metan	559,3 ton CO ₂	212,99 MWh	(Özdemir, Karakus, ve Kocaman, 2022)
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	17 621 274	Büyükbaş, Küçükbaş, Kümes	363 726,845 m ³ /yıl	-	-	(LÜLE, 2019)
Hatay	1 309 252	Büyükbaş, Küçükbaş, Kümes	52 156 774 m ³ /yıl	211 490 ton CO ₂	244,31 GWh	(Aşçı, 2018)

Çizelge 3.10 (devamı). Bölge ve illere ait hayvansal atıklardan oluşabilecek biyogaz, elektrik, CO₂ salım azaltım miktarlarına ait çalışmalar

Bölge/İl	Hayvan sayısı	Hayvan türleri	Metan/Biyogaz miktarı	CO ₂ salım azaltımı	Elektrik üretimi	Kaynak
Hatay	427 130	Süt Sığırı ve yumurta tavuğu	15 milyon m ³	-	37.7 GWh	(Karaca, 2017)
Iğdır	1 701 802	Büyükbaş, Küçükbaş, Kümes	43 952 304,278 m ³ /yıl	78 465,412 ton/yıl CO ₂	114 716 MWh/yıl	(Tırnk, 2022)
Isparta	945 253	Büyükbaş, Küçükbaş, Kümes	22366468.22 m ³ /yıl,	-	105122400 .65 kWh/yıl	(Gökdoğan, 2019)
İç Anadolu	55 613 326	Büyükbaş, Küçükbaş, Kümes	909 696 906,5 m ³	-	-	(Topal Canbaz ve Polat Bulut, 2021)
Kahramanmaraş	1 350 569	Büyükbaş, Küçükbaş, Kümes	70 milyon m ³ /yıl	-	326 GWh/yıl	(Ay ve Kaya, 2020)
Konya	15 milyon	Büyükbaş, Küçükbaş, Kümes	165,6 milyon m ³	-	778,4 milyar kWh/yıl	(Kılıçkap Işık ve Yavuz, 2022)
Malatya	2 132 457	Büyükbaş, Küçükbaş, Kümes	87,645 m ³ /gün	-	-	(Nacar Koçer ve Kurt, 2013)
Mardin	3041560	Büyükbaş, Küçükbaş, Kanatlı	56.778.608,24 m ³ /yıl	-	266.859.48 8,7 kWh/yıl	(Atılğan ve Yılmaz, 2021)
Mersin	20 200 937	Büyükbaş, Küçükbaş, Kümes	60 milyon m ³ /yıl	-	280 GWh/yıl	(Akbay ve Kumbur, 2020)
Tokat Erbaa	- 125 004	Büyükbaş, Küçükbaş, Kümes	1 904 363 m ³ /yıl biyogaz	-	8 946 908 kWh/yıl	(Taşova, 2019)
Yozgat	1 284 022	Büyükbaş, Küçükbaş, Kümes	12 170,190 m ³ /yıl biyogaz	-	57 199,894 kWh/yıl	(Taşova ve Yazarel, 2019)

3.3. Biyogaz Tesis Tasarımı

3.3.1. Gaz deposunun boyutlandırılması ve reaktör hacminin belirlenmesi

Biyogaz tesis tasarımında gaz deposunun boyutlandırılması ve reaktör hacminin belirlenmesi için aşağıda belirtilen eşitlikler kullanılır.

$$\max (V_{g1}, V_{g2}) = 50 \text{ m}^3 \quad (3.46)$$

$$V_g = 50 \times 1,15 = 57,5 \text{ m}^3 \quad (3.47)$$

$$V_d = 5 \times V_g = 5 \times 57,5 = 287,5 \text{ m}^3 \quad (3.48)$$

$$V_g = \pi r^2 h \Rightarrow 57,5 \text{ m}^3 = \pi 3^2 h \Rightarrow h = 2 \text{ m} \quad (3.49)$$

Burada saatlik üretilmesinin istenildiği maksimum gazın miktarı 50 m^3 olduğundan Eş. 3.46'da 50 m^3 olarak kabul edilmiştir. V_g değeri Eş. 3.47'de $57,5 \text{ m}^3$ olarak hesaplanmıştır. Eş. 3.48'de reaktörün hacim değeri hesaplanmıştır ve Eş. 3.49'da gaz deposunun çap ve yükseklikleri hesaplanmıştır. Eş. 3.49'da yarıçap 3 m olarak kabul edilmiştir. Çizelge 3.11'de gaz deposunun boyutları verilmiştir.

Çizelge 3.11. Gaz deposunun boyutları

Gaz deposu adedi	1
Gaz deposunun yarı çapı	3 m
Gaz deposunun yüksekliği	2 m
Gaz deposunun hacmi	57,5 m³

3.3.2. Reaktör hacminin boyutlandırılması

Reaktör hacminin belirlenmesi için aşağıda belirtilen eşitlikler kullanılır.

$$V_d = \pi r^2 h \Rightarrow 287,5 \text{ m}^3 = \pi 6^2 h \Rightarrow h = 2,54 \text{ m} \quad (3.50)$$

Eş. 3.50'de reaktör hacminin boyutlandırılmasında yarıçapı 6 m kabul edilerek yüksekliği bulunmuştur.

$$\text{Reaktör kapak hacmi (RKH)} = 50\text{m}^3 \times \%75 = 37,5 \text{ m}^3 \quad (3.51)$$

Reaktör kapak hacminin belirlenmesinde Eş. 3.51 kullanılarak hesaplanmıştır (Tamoore ve diğerleri, 2020).

$$\text{RKH} = 37,5 \text{ m}^3 = \frac{1}{6}\pi h(3r^2 + h^2) \Rightarrow r = 6 \text{ olduğuna göre } h = 0,66 \text{ m} \quad (3.52)$$

Reaktör hacminin boyutlandırılması Eş. 3.52'de verilmiştir (Tamoore ve diğerleri, 2020). Çizelge 3.12'de kullanılacak reaktör hacminin boyutlandırılması verilmiştir.

Çizelge 3.12. Kullanılacak reaktör hacminin boyutlandırılması

Reaktör adedi	1
Yarıçapı	6 m
Yüksekliği	3,54 m
Kullanılabilir reaktör hacmi	400,36 m ³

3.3.3. Beslenen madde miktarının belirlenmesi

Beslenen madde miktarının belirlenmesi için aşağıda belirtilen eşitlikler kullanılır.

$$S_d = 400,36 \div 35 = 11,44 \text{ m}^3/\text{gün} \quad (3.53)$$

Burada Eş. 3.53'de reaktör içerisinde beslenecek günlük madde miktarı hesaplanmıştır. HBS 35 gün olarak kabul edilmiştir. (Al Seadi ve diğerleri, 2008; Savaş, 2018)

$$S_d = B/0,986 + S_u/1 = 1,986 B = 11,44 \quad B = 5,76 \text{ ton/gün} \quad (3.54)$$

Burada Eş. 3.54'de günlük eklenecek organik atık miktarı hesaplanmıştır. Beslenen madde miktarının belirlenmesinde su ve organik atık miktarlarının aynı oranda eklendiği ve organik

atığın öz kütlesi 0,986 m³/ton kabul edilmiştir (Savaş, 2018). Yıllık organik atık miktarı ise Eş. 3.55'de hesaplanmıştır.

$$YSd = B \times 365 = 2102,4 \text{ ton/yıl} \quad (3.55)$$

3.3.4. Ön dengeleme havuzunun boyutlandırılması (ÖDH)

Ön dengeleme havuzunun boyutlandırılması için aşağıda belirtilen eşitlikler kullanılır.

$$\text{ÖDH} = 3 \times Sd = 3 \times 11,44 = 34,32 \text{ m}^3/\text{gün} \quad (3.56)$$

$$\text{ÖDH} = \pi r^2 h = 34,32 = \pi 2^2 h \quad h = 2,73 \text{ m} \quad (3.57)$$

Burada sistemde sıkıntı yaşanmaması adına ön dengeleme havuzu günlük beslenme miktarının üç katı olacak şekilde Eş. 3.56'da hesap edilmiştir (Langat, 2019). Eş. 3.57'de yarı çapı 2 m kabul edilmiştir. Çizelge 3.13'de ön dengeleme havuzunun boyutları verilmiştir.

Çizelge 3.13. Ön dengeleme havuzu boyutları

Ön dengelem havuzu adedi	1
Yarı çapı	2 m
Yüksekliği	2,73 m
Günlük hacmi	34,32 m³

3.3.5. Sıvı gübre depolama havuzunun boyutlandırılması (SGH)

SGH boyutlandırılması için aşağıda belirtilen eşitlikler kullanılır.

$$SGH = HBS \times Sd = 35 \times 11,44 = 400,4 \text{ m}^3 \quad (3.58)$$

$$SGH = \pi r^2 h \quad 400,4 = \pi 5^2 h \quad h = 5,1 \text{ m} \quad (3.59)$$

Burada Eş. 3.58'de reaktörden çıkan sıvı gübre için gerekli havuzun hacim hesabı yapılmıştır. Sıvı gübre depolama havuzunun yarı çapı 5 m kabul edilerek istenilen yükseklik hesabı Eş. 3.59'de yapılmıştır. Çizelge 3.14'de sıvı gübre havuzunun boyutları verilmiştir.

Çizelge 3.14. Sıvı gübre depolama havuzu boyutları

Sıvı gübre depolama havuzu adedi	1
Yarı çapı	5 m
Yüksekliği	5,1 m
Hacmi	400,4 m ³

3.4. Biyogaz Tesisi Ekonomik Analizi

Tesisin maliyet hesabında Merkez Bankasının 17.10.2022 tarihindeki kurları kabul edilmiştir. Merkez bankasının kurları Çizelge 3.15'de verilmiştir. Tesis bedelleri tek bir birim olarak kabul edilebilmesi adına Euro kabul edilmiştir.

Çizelge 3.15. Döviz kuru (Merkez Bankası, 2022)

€ Döviz Kuru	18,0771
\$ Döviz Kuru	18,5533
Çapraz Kur (\$/€)	1,02634

3.4.1. Biyogaz üretimi

Yapılan tez çalışmasında saatlik gaz üretimi 50 m³ olacak şekilde hesaplamalar ve kabuller yapılmıştır.

3.4.2. Elektrik üretimi ve elektrik giderleri

Jeneratör bir yılda durmadan çalıştığı hesap edildiğinde 8760 saat çalışması gerekecektir. Tesis ve jeneratör bakım süreçleri kapsamında tesisin çalışma süresi 7000 saat olarak kabul edilmiştir. Yapılan araştırmalarda jeneratör kapasitesi ve tesisi kapasitesi orantılı olarak 250 kW olarak alınmıştır (Savaş, 2018).

$$7000 \text{ saat/yıl} \times 250 \text{ kW} = 1\,750\,000 \text{ kWh/yıl} \quad (3.60)$$

$$1\,750\,000 \text{ kWh/yıl} \times 0,10 = 175\,000 \text{ kWh/yıl} \quad (3.61)$$

$$1\,750\,000 \text{ kWh/yıl} - 175\,000 \text{ kWh/yıl} = 1\,575\,000 \text{ kWh/yıl} \quad (3.62)$$

Burada jeneratörün çalışması sonucunda üretilecek elektrik üretimi Eş. 3.60'da hesaplanmıştır. Bir tesis kendi üretmiş olduğu elektrik enerjisinin yaklaşık %10'unu tüketeceği kabul edildiğinde tesis için gerekli elektrik miktarı Eş. 3.61'de hesap edilmiştir. Net elektrik üretimi Eş. 3.62'de hesaplanmıştır.

Yenilenebilir Enerji Bakanlığı, 5346 Sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının” Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına ilişkin Kanun’da kurumlarından sonraki 10 yıl içinde 13,3 \$cent/kWh değerinde sabit alım garantisi vermektedir (Yenilenebilir enerji kaynakları [YEK], 2020).

$$1\,575\,000 \text{ kWh/yıl} \times 13,3 \text{ $cent/kWh} = 20\,947\,500 \text{ $cent} = 209\,475 \text{ $} \quad (3.63)$$

$$175\,000 \text{ kWh/yıl} \times 13,3 \text{ $cent/kWh} = 2\,327\,500 \text{ $cent} = 23\,275 \text{ $} \quad (3.64)$$

Burada üretilen net elektriğin devletin alım sonucunda elde edilecek gelir Eş. 3.63'de hesap edilmiştir. Tesisin kendi ihtiyacı olan elektriğin miktarı devlete satılmayıp kendi içerisinde kullanılacağından elde edilecek yıllık elektrik faturası miktarı Eş. 3.64'de hesaplanmıştır.

3.4.3. Gübre üretimi

Bölüm 3.3.3'de hesaplanan 2102,4 ton/yıl yıllık gübre üretiminin 1/6'sı katı ve 5/6'sı sıvı gübre elde edildiği kabul edilmiştir. Bkz Eş. 3.55'de elde edilen gübre miktarı göz önünde bulundurularak hesaplamalar yapılacaktır.

$$\text{Katı gübre miktarı} = 2102,4 \text{ ton/yıl} \times 1/6 = 350,4 \text{ ton/yıl} \quad (3.65)$$

$$\text{Sıvı gübre miktarı} = 2102,4 \text{ ton/yıl} \times 5/6 = 1752 \text{ ton/yıl} \quad (3.66)$$

Burada fermantasyon sonucunda katı gübre miktarı Eş. 3.65 kullanılarak hesaplanır ve sıvı gübre miktarı Eş. 3.66 kullanılarak hesap edilir.

Yapılan araştırmalarda sıvı gübrenin üretim miktarı fazla olmasına rağmen rağbet görmemektedir. Sıvı gübre isteyen kişilere ücretsiz olarak verildiği belirtilmiştir. Katı gübre 150 TL/ton (KDV dahil) mali değere satılmaktadır.

$$\text{Katı gübre satışı} = 350,4 \text{ ton/yıl} \times 150 \text{ TL/ton} = 52\,560 \text{ TL/yıl} \quad (3.67)$$

$$\text{Katı gübre satışı} = 52\,560 \text{ TL/yıl} \div 18,5533 \text{ \$/TL} = 2832,9 \text{ \$/yıl} \quad (3.68)$$

Burada katı gübrenin satılması sonucunda elde edilecek gelir hesabı Eş. 3.67'de yapılmıştır. Gübre satımından elde edilen gübrenin dolar cinsinden değeri Eş. 3.68'de hesabı yapılmıştır.

3.4.4. Isı üretimi

Jeneratör gücüne bağlı olarak üretimin %66 katı olarak ısı üretim bedeli hesaplanacaktır (Savaş, 2018).

$$\text{Isı üretim miktarı} = 1\,750\,000 \text{ kWh/yıl} \times 0,66 = 1\,155\,000 \text{ kWh/yıl} \quad (3.69)$$

$$\text{Isı üretimin satışı} = 1\,155\,000 \text{ kWh/yıl} \times 0,01 \text{ \$/kWh} = 11\,550 \text{ \$/yıl} \quad (3.70)$$

Burada jeneratör gücüne bağlı olarak ısı üretim miktarı Eş. 3.69'da hesaplanmıştır. Isı birim bedeli 0,01\$/kWh kabul edilerek yıllık ısı geliri Eş. 3.70 kullanılarak hesap edilir (Savaş, 2018).

3.4.5. Karbon salımı

CO₂ salım azaltılmasında 1m³ biyogaz için 9,19 kg CO₂ salım kabul edilmiştir (Gençyılmaz ve Seçkin, 2020).

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{ salım azaltımı} &= 50 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times 7000 \frac{\text{h}}{\text{yıl}} \times 9,19 \text{ kg} \frac{\text{CO}_2}{\text{m}^3} / 1000 \text{ kg /ton} \\ &= 3216,5 \text{ ton CO}_2/\text{yıl} \end{aligned} \quad (3.71)$$

Burada 50 m³ biyogaz üretimine sahip tesisin karbon salım azaltılması miktarı Eş. 3.71'de hesaplanmıştır.

$$\text{CO}_2 \text{ azaltım bedeli} = 3216,5 \text{ ton CO}_2/\text{yıl} \times 1,75 \text{ \$/ton} = 5628,9 \text{ \$/yıl} \quad (3.72)$$

Burada karbon salımının azaltılması bedeli 1,75 \$/ton olarak belirlenmiştir (Savaş, 2018). Karbon salımının azaltılması sonucunda elde edilecek gelir Eş. 3.72 kullanılarak hesaplanmıştır.

4.4.6. Tesis maliyeti

Lisans sahibi ve teknolojik donanıma sahip saatlik biyogaz üretimi 50 m³ olan biyogaz tesisi gelir gider tablosu Çizelge 3.16'da ve tesis yatırım maliyeti Çizelge 3.17'de verilmiştir.

Çizelge 3.16. Gelir gider tablosu

GELİRLER	
Elektrik geliri	209 475 \$
Gübre geliri	3739,5 \$
Isı Geliri	11 550 \$
Karbon salım azalım geliri	5628,9 \$
Toplam geliri	230 393,4 \$
ÇIKTILAR	
Biyogaz üretimi	50 m ³ /h - 350 000 m ³ /yıl
Elektrik	
Elektrik üretimi	1 750.000 kWh/yıl
İç elektrik tüketimi	175 000 kWh/yıl
Net elektrik üretimi	1 575 000 kWh/yıl
Gübre-ısı üretimi	
Katı gübre	350,4 ton/yıl
Sıvı gübre	1752 ton/yıl
Isı üretimi	1 155 000 kWh/yıl
Karbon salım azalımı	
Karbon salım azalım miktarı	3216,5 ton/yıl

Çizelge 3.17. Tesis yatırım maliyeti

Tesis maliyeti	
Genel kurulum maliyeti	600 000 \$
Yıllık işletme maliyeti	65 000 \$

Çizelge 3.18’de verilen tesis yatırım maliyet kalemleri biyogaz tesis kurulumu yapan özel firmalar ile yapılan görüşmeler neticesinde elde edilen rakamlar olarak kabul edilmiştir. Yapılan araştırmalarda saatlik 50 m³ kapasiteye sahip biyogaz tesisi toplam kurulum maliyeti 600 000 \$ olarak ve yıllık masraflar ise 65 000 \$ alınmıştır. Tesisin yıl içerisindeki getirisi yaklaşık 230 000 \$ olarak hesap edilmiştir. Tesisin geri ödeme süresi hesap edildiğinde yaklaşık 4 yıl olarak hesaplanmıştır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gaziantep ilinde tarım ve hayvancılık önemli geçim kaynaklarından biri olup Türkiyede yaklaşık %1'lik kısmına sahiptir. TUIK'ten 2021 yılı için ilin ilçe bazlı hayvan sayıları göz önüne alınarak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Gaziantep ilinde mevcut olan buzağı, yerli sığır, süt sığır, et sığır, keçi, koyun, et tavuğu, yumurta tavuğu, hindi, ördek ve kaz hayvanlarının ilçere göre toplam sayıları alınarak biyogaz üretimi, enerji hesabı, karbon salım azaltımı ile birlikte 50 m³'lük bir biyogaz tesis tasarımı ve maliyet analizi yapılmıştır. Hesaplamalarda elde edilen sonuçlar şunlardır:

Gaziantep ilinde toplam hayvan sayıları 7 043 354 adettir.

- İlin büyükbaş hayvancılığının en yaygın olduğu ilçeler Oğuzeli, Nizip ve Şehitkamil olup sırasıyla 38 879, 38 750, 38 073 adet büyükbaş hayvana sahiptir.
- İlin küçükbaş hayvancılığın en yaygın olduğu ilçe Şehitkamil olup 138 215 adet küçükbaş hayvana sahiptir.
- İlin kanatlı kümes hayvancılığının en yaygın olduğu ilçe Şehitkamil olup 3 775 787 adet kümes hayvanına sahiptir.
- Gaziantep ilinde büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanlarından sırasıyla 60 856,20 m³, 4205,73 m³ ve 14 336,81 m³ metan elde edileceği hesap edilmiştir.
- Biyogaz potansiyeli en çok 39 349,92 m³ ile süt sığırdada olduğu ve Gaziantep ilinin ise toplam 60 856,20 m³ olarak hesaplanmıştır.
- Gaziantep ilinde biyogazın %77'si büyükbaş hayvanlardan, %18'i kanatlı kümes hayvanlarından ve %5'i küçükbaş hayvanlardan elde edilir.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde ise Gaziantep iline kurulacak biyogaz tesisi önerileri ise;

- Gaziantep ili için kurulabilecek biyogaz tesisi için en uygun alan Nizip, Şehitkamil ve Oğuzeli ilçeleri arasında bulunan bir bölgenin uygun olduğu değerlendirilmiştir.
- Yapılan analizler neticesinde elde edilen biyogaz potansiyeli ile Oğuzeli ilçesinde saatlik 50 m³ biyogaz tüketiminin olduğu enerji santrali ile yılda 1575 MWh'lik elektrik enerjisi üretiminin elde edilebileceği hesaplanmıştır.

- Biyogaz santralinden elde edilen elektrik enerjisi neticesinde yılda 3216,5 ton CO₂ salım azaltımının gerçekleştirilebileceği hesaplanmıştır.
- Kurulacak tesisin geri ödeme süresi yaklaşık 4 yıl olarak hesaplanmıştır.

Yapılan tez neticesinde biyogaz tesis kurulumunun Gaziantep ili için uygun olacağı mevcut hayvan sayıları ve biyogaz üretim miktarları neticesinde elde edilebilecek enerji üretim potansiyeli, geri ödeme süresi ve karbon salım azaltımının yeterli seviyelerde gerçekleştiği değerlendirilmektedir.

Gaziantep ili sınırları içerisinde kurulacak bir biyogaz tesisi için yapılacak öneriler gözönüne alındığında; hayvansal atıkların toplanmasında ilçeler arasında bir optimizasyon çalışması yapılması işletme maliyetlerinin azaltılacağı değerlendirilmektedir.

Hayvansal atıkların ilçeler bazlı biyogaz potansiyelinin kimyasal olarak analizinin yapılması neticesinde daha net bir biyogaz potansiyeli hesabının analizi gerçekleştirilebilir.

Biyogaz tesisi kurulacak bölge için ise çevresel etkilere en aza indirecek şekilde bölge seçimi yapılması önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- Adeoti, O., Ayelegun, T., & Osho, S. (2014). Nigeria biogas potential from livestock manure and its estimated climate value. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1(37) 243-248.
- Akbay, H. E., & Kumbur, H. (2020). Determination of Biogas Potential of Livestock Manure: A Case Study from Mersin Province. *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 8-2, 295-303.
- Akbulut, A. (2011). *Biyogazın Isı ve Elektrik Üretiminde Kullanılmasının İrdelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Akbulut, A., Arslan, O., Arat, H., & Erbaş, O. (2021). Important aspects for the planning of biogas energy plants: Malatya case study. *Case Studies in Thermal Engineering*, 26(1), 101076.
- Al Seadi, T., Rutz, D., Prassl, H., Köttner, M., Finsterwalder, T., Volk, S., & Janssen, R. (2008). *Biogas Handbook*. Esbjerg, Denmark: University of Southern Denmark Esbjerg, Niels Bohrs Vej 9-10.
- Aravani, V. P., Sun, H., Yang, Z., Liu, G., Wang, W., Anagnostopoulos, G., . . . Papadakis, V. G. (2022). Agricultural and livestock sector's residues in Greece & China: Comparative qualitative and quantitative characterization for assessing their potential for biogas production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 154, 111821.
- Aslan, M., Ulum, T., & Türkmenler, H. (2021). Adıyaman İlinin Yenilenebilir Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi Üzerine Bir Değerlendirme. *Fırat Üniversitesi Müh. Bil. Dergisi*, 33(1), 263-274.
- Aşçı, M. F. (2018). Hatay İli Biyogaz Enerjisi Potansiyelinin İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, İskenderun Teknik Üniversitesi/Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü/Makine Mühendisliği Anabilim Dalı*.
- Atılğan, S., & Yılmaz, A. (2021). Mardin İlinin Hayvansal Gübre Kaynaklı Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi. *Mühendis ve Makina*, 62.704: 429-445.
- Ay, Ö. F., & Kaya, A. (2020). Kahramanmaraş İlinin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10(4), 2822-2830.
- Bao, W., Yang, Y., Fu, T., & Xie, G. H. (2019). Estimation of livestock excrement and its biogas production potential in China. *Journal of Cleaner Production*, 229, 1158-1166.
- Bayrakçeken, H., & Çetinkaya, K. (1999). Afyon yöresinde biyogaz üretim sistemi tasarımı. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1(2) 99-108.
- BloombergNEF. (2022). *Energy Transition Investment Trends 2022*. BloombergNef.

- Bonilla, H., Vega, C., Feijóo, V., Villacreses, D., Pesantez, F., & Olivera, L. (2020). Methane gas generation through the anaerobian codigestion of urban solid waste and biomass. *Energy Reports*, 6, 430-436.
- Bórawski, P., Beldycka-Bórawska, A., Szymańska, E. J., Jankowski, K. J., Dubis, B., & Dunn, J. W. (2019). Development of renewable energy sources market and biofuels in The European Union. *Journal of Cleaner Production*, (228), 467-487.
- Buğutekin, A. (2007). *Atıklardan Biyogaz Üretimini İncelenmesi*. İstanbul: Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Makine Eğimi Ana Bilim Dalı.
- Chawla, K., & Ghosh, A. (2019). *Greening New Pastures for Green Investments*. Delhi, India: Centre for Energy Finance.
- Chiu, M., Wen, C., Hsu, H., & Wang, W. (2022). Key wastes selection and prediction improvement for biogas production through hybrid machine learning methods. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 52, 102223.
- Chowdhury, T., Chowdhury, H., Hossain, N., Ahmed, A., Hossen, M. S., Chowdhury, P., . . . Saidur, R. (2020). Latest advancements on livestock waste management and biogas production: Bangladesh's perspective. *Journal of Cleaner Production*, 272, 122818.
- Çağlayan, G. H. (2020). Doğu Anadolu Bölgesindeki Büyükbaş ve Küçükbaş Hayvan Atıklarının Biyogaz Potansiyelinin İncelenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(3): 672-681.
- Demir, Ü., & Çulun, P. (2022). Investigation of Biogas Potential from Animal Waste in Bingöl Province. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 11(1), 36-42.
- Devi, M., Manikandan, S., Oviyapriya, M., Selvaraj, M., Assiri, M., Vickram, S., . . . Awasthi, M. (2022). Recent advances in biogas production using Agro-Industrial Waste: A comprehensive review outlook of Techno-Economic analysis. *Bioresource Technology*, 363, 127871.
- DİKA. (2021). *Mardin İli Biyogaz Santrali Ön Fizibilite Raporu*. Mardin: Dicle Kalkınma Ajansı.
- Dutta, A., & Dutta, P. (2022). Geopolitical risk and renewable energy asset prices: Implications for sustainable development. *Renewable Energy*, (196), 518-525.
- Erkan Can, M. (2021). Adana merkez ve ilçeleri için çiftlik hayvanları kaynaklı atık ve kirlilik yükü potansiyeli. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 34(2), 215-222.
- Ersoy, E., & Ugurlu, A. (2020). The potential of Turkey's province-based livestock sector to mitigate GHG emissions through biogas production. *Journal of Environmental Management*, 255, 109858.
- 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*, (35), 530-540.

- Gabisa, E. W., & Gheewala, S. H. (2019). Potential, environmental, and socio-economic assessment of biogas production in Ethiopia: The case of Amhara regional state. *Biomass and Bioenergy*, 122, 446-456.
- Gençyılmaz, O., & Seçkin, G. (2020). Çankırı İl'inin Hayvansal Kaynaklı Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 3(3), 325-341.
- Gökdoğan, O. (2019). Isparta İlinin Hayvansal Atıklarından Elde Edilebilecek Enerjinin Sera Isıtmasında Kullanımı. *Akademia Doğa ve İnsan Bilimleri Dergisi*, 5(1), 27-34.
- Görgülü, S. (2019). Burdur İlinin Hayvansal ve Bazı Tarımsal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi . *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 6(3): 543-557.
- Hakyemez, C. (2022). *Aylık Enerji Bülteni TSKB Ekonomik Araştırmalar*.
- Inglesi-Lotz, R. (2016). The impact of renewable energy consumption to economic growth: A panel data application. *Energy Economics*, (53), 58-63.
- IRENA. (2022). *Renewable Energy and Jobs Annual Review 2022*. www.irena.org: IRENA International Renewable Energy Agency.
- Işık, S., & Yavuz, S. (2022). Investigation of Biogas Production Potential from Livestock Manure by Anaerobic Digestion in Bingöl Province. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 11(1): 116-122.
- İnternet: Binbirkanal. (2023). URL: <https://www.binbirkanal.com/gaziantep-haritasi> Son Erişim Tarihi: 14.01.2023
- İnternet: Elektrik Mühendisleri Odası EMO. (2022). *EMO*. URL: https://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=135116&tipi=2&sube= Son Erişim Tarihi: 28.10.2022
- İnternet: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ETKB. (2018, Nisan 24). *Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2019-2023 Stratejik Planı*. Enerji Çalışma Grubu MMO: URL: https://enerji.mmo.org.tr/wp-content/uploads/2020/05/ETKB-2019-2023_Stratejik_Plan%C4%B1.pdf Son Erişim Tarihi: 26.10.2022
- İnternet: Gaziantep Valiliği. (2022). URL: <http://www.gaziantep.gov.tr/ilimiz-gaziantep> Son Erişim Tarihi: 27.10.2022
- İnternet: International Energy Agency IEA. (2022). *Bioenergy*, URL: <https://www.iea.org/reports/bioenergy> Son Erişim Tarihi: 25.10.2022
- İnternet: International Energy Agency IEA. (2022). *Hydroelectricity*, URL: <https://www.iea.org/reports/hydroelectricity> adresinden alındı Son Erişim Tarihi: 25.10.2022

- İnternet: International Energy Agency IEA. (2022). *Pover PV*, URL: <https://www.iea.org/reports/solar-pv> Son Erişim Tarihi: 25.10.2022
- İnternet: International Energy Agency IEA. (2022). *Renewable Electricity*, URL: <https://www.iea.org/reports/renewable-electricity> Son Erişim Tarihi: 25.10.2022
- İnternet: International Energy Agency IEA. (2022). *Wind Electricity*, URL: <https://www.iea.org/reports/wind-electricity> Son Erişim Tarihi: 25.10.2022
- İnternet: InteGreen. (2022). Integreen Yenilenebilir Enerji Sistemleri: URL: <http://www.integreen.com.tr/Biyogaz.html> Son Erişim Tarihi: 31.10.2022
- İnternet: Mühendis Beyinler MB. (2022). URL: <https://www.muhendisbeyinler.net/organik-atiklardan-biyogaz-uretimi/> Son Erişim Tarihi: 31.10.2022
- İnternet: Merkez Bankası. (2022). URL: <https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/TR/TCMB+TR/Main+Menu/Istatistikler/Doviz+Kurlari/Gosterge+Niteligindeki+Merkez+Bankasi+Kurlarii/> Son Erişim Tarihi: 17.10.2022
- İnternet: Türkiye Elektrik İletişim A.Ş TEİAŞ. (2022). URL: <https://www.teias.gov.tr/kurulu-guc-raporlari> Son Erişim Tarihi: 25.10.2022
- İnternet: Türkiye Elektrik İletişim A.Ş TEİAŞ. (2022) URL: <https://www.teias.gov.tr/kurulu-guc-raporlari> Son Erişim Tarihi: 26.10.2022
- İnternet: Türkiye Sınai Kalkınma Bankası TSKB. (2022). *Aylık Enerji Bülteni TSKB Ekonomik Araştırmalar Aralık 2021*. URL: <https://www.tskb.com.tr/uploads/file/enerji-bulteni-aralik-2021-1.pdf> Son Erişim Tarihi: 25.10.2022
- İnternet: Türkiye İstatistik Kurumu TÜİK. (2022). URL: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr> Son Erişim Tarihi: 07.10.2022
- İnternet: Yenilenebilir Enerji Kaynakları YEK. (2020). URL: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.5346.pdf> Son Erişim Tarihi: 29.10.2022
- J.L.Ramos-Suárez, A.Ritter, González, J., & Pérez, A. (2019). Biogas from animal manure: A sustainable energy opportunity in the Canary Islands. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 104, 137-150.
- Jurgutis, L., Šlepetienė, A., Amalevičiūtė-Volungė, K., Volungevičius, J., & Šlepetys, J. (2021). The effect of digestate fertilisation on grass biogas yield and soil properties in field-biomass-biogas-field renewable energy production approach in Lithuania. *Biomass and Bioenergy*, 106211.
- Karaca, C. (2017). Hatay İlinin Hayvansal Gübre Kaynağından Üretilen Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1): 34-39.

- Karagöz, M., Çiftçi, B., Deniz, E., & Binark, A. K. (2018). Karabük İlinde Hayvansal Atıktan Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi ve Örnek Biyogaz Tesisi Kurulumu. *14th International Combustion Symposium (INCOS2018)*, 629-634.
- Karne, H., Mahajan, U., Ketkar, U., Kohade, A., Khadilkar, P., & Mishra, A. (2022). A review on biogas upgradation systems. *A review on biogas upgradation systems. Materials Today: Proceedings*, in press.
- Kaur, G., Sharma, N. K., Kaur, J., Bajaj, M., Zawbaa, H. M., Turkey, R. A., & Kamel, S. (2022). Prospects of biogas and evaluation of unseen livestock based resource potential as distributed generation in India. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(4), 101657.
- Kaya, D., & Öztürk, H. (2012). *Biyogaz Teknolojisi Üretim Kullanım Projeleme*. Kocaeli: Umuttepe Yayınları.
- Kaya, D., Çoban, V., Çağman, S., & Eyidoğan, M. (2015). *Osmaniye İlinde Hayvansal Biyogaz ve Enerji Potansiyelinin Araştırılmasına Yönelik Fizibilite Raporu*. Kocaeli: Kartepe Enerji Araştırma Geliştirme San. ve Tic. Ltd. Şti.
- Kaynarca, H., Kılıç, T., Açikkalp, E., & Yerel Kandemir, S. (2021). Eskişehir'in Biyogaz Potansiyelinin Değerlendirilmesi. *Coğrafya Dergisi*, 42: 271-282.
- Khalil, M., Berawi, M. A., Heryanto, R., & Rizalie, A. (2019). Waste to energy technology: The potential of sustainable biogas production from animal waste in Indonesia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 105, 323-331.
- Kılıçkap Işık, S., & Yavuz, S. (2022). Determination of Biomass Energy Potential That Can Be Obtained from Agricultural and Animal Wastes of Konya Province. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 11(2): 89-98.
- Kocabey, S. (2019). Balıkesir İli İçin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17), 234-243.
- Koçer, N., & Saatçi, Y. (2007). Elazığ'daki Hayvansal Atıkların Biyoenerji Potansiyeli. *Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi*, 5.2: 119-124.
- Kucher, O., Hutsol, T., Glowacki, S., Andreitseva, I., Dibrova, A., Muzychenko, A., . . . Kocira, S. (2022). Energy potential of biogas production in Ukraine. *Energies*, 15(5), 1710.
- Kumaş, K., & Akyüz, A. (2021). Burdur'da Biyogaz Potansiyeli, CO2 Emisyonu ve Hayvan Atıklarından Elektrik Enerjisi Eşdeğeri. *Akademia Doğa ve İnsan Bilimleri Dergisi*, 7(1), 52-62.
- Kumbur, H., Özer, Z., Özsoy, H., & Avcı, E. D. (2015). Türkiye'de Geleneksel ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması. *Yeksem 2005, III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi*, 19-21.

- Kurnu Seyhan, A., & Badem, A. (2021). Erzincan ili hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyelinin değerlendirilmesine yönelik biyogaz tesisi senaryoları. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(1), 245-256.
- Kurt, A. (2021). Düzce İlinin Tarımsal ve Hayvansal Kaynaklı Biyogaz ve Kompost Elde Edilebilirlik Potansiyelinin Değerlendirilmesi. *Yalvaç Akademi Dergisi*, 6(1): 14-26.
- Langat, K. (2019). *Biogas Production Potential of Different Substrate Combinations From Kaitui Location, Kericho county, Kenya*. Master of Science, Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology.
- Lehtola, T., & Zahedi, A. (2019). Solar energy and wind power supply supported by storage technology: A review. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 25-31.
- LLE, F. (2019). Gneydoğu Anadolu Bölgesinin Hayvansal Atıklardan Elde Edilebilecek Enerji Potansiyeli. *OM Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(1), 145-150.
- Manesh, M. K., Rezazadeh, A., & Kabiri, S. (2020). A feasibility study on the potential, economic, and environmental advantages of biogas production from poultry manure in Iran. *Renewable Energy*, 159, 87-106.
- Nacar Koçer, N., & Kurt, G. (2013). Malatya'da Hayvancılık Potansiyeli ve Biyogaz retimi. *SA. Fen Bilimleri Dergisi*, 17, 1-8.
- Noorollahi, Y., Kheirrouz, M., Asl, H. F., Yousefi, H., & Hajinezhad, A. (2015). Biogas production potential from livestock manure in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1(50) 748-754.
- Nuralan Poyraz, H. (2020). *Kayseri İli İçin Büyükbaş Hayvan Atığından Biyogaz ve Elektrik retim Potansiyelinin ve Maliyetinin Araştırılması*. Kayseri: Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Ozdemir, M., Karakus, C., & Kocaman, E. (2022). Biogas Potential to be Obtained from Gaziantep Province Cattle. *Global Summit on Advanced Materials & Sustainable Energy (G-AMSE22)*, 124-132.
- bekcan, H. (2014). orum İlinin Biyogaz retim Potansiyelinin Araştırılması. *Yüksek lisans tezi, Ondokuz Mayıs niversitesi evre Mühendisliği Anabilim Dalı*.
- al, F. (2013). *Biyogaz Enerjisi retimi ve Eskişehir İli İçin Uygulama*. Eskişehir: Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı.
- zbaşer, F. T., & Erdem, E. (2013). Biyogaz retimi ve Kullanımı Derleme. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 53(2), 115-124.
- Özer, B. (2017). Biogas energy opportunity of Ardahan city of Turkey. *Energy*, 1(139), 1144-1152 .
- Öztürk, M. (2017). *Hayvan gübresinden biyogaz retimi*. Ankara: evre ve şehircilik Bakanlığı.

- Öztürk, M. (2017). *Hayvan Gübresinden Biyogaz Üretimi*. Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Öztürk, M., Saba, N., Altay, V., Iqbal, R., Hakeem, K. R., Jawaid, M., & Ibrahim, F. H. (2017). Biomass and bioenergy: An overview of the development potential in Turkey and Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 1285-1302.
- Panwar, N., Kaushik, S., & Kothari, S. (2011). Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1513-1524.
- Ram, M., Gulagi, A., Aghahosseini, A., Bogdanov, D., & Breyer, C. (2022). Energy transition in megacities towards 100% renewable energy: A case for Delhi. *Renewable Energy*, 578-589.
- Sabuncu, Ö. C. (2010). *Biyogaz Üretiminin Teknik, Ekonomik ve Çevresel Analizi*. Ankara: Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
- Samer, M., Helmy, K., Morsy, S., Assal, T., Amin, Y., Mohamed, S., . . . Abdou, A. (2019). Cellphone application for computing biogas, methane and electrical energy production from different agricultural wastes. *Computers and Electronics in Agriculture*, 163, 104873.
- Santos, I. R., Filho, G. L., Vasconcellos, B. T., Júnior, O. H., & Santos, I. F. (2022). Energy and economic study of the increased energy production of cascaded hydroelectric plants due to the heightening of the upstream reservoir: A case study in Cipó-Rio das Antas dam. *Renewable Energy*, (198), 228-245.
- Sarıkaya, F. (2020). *Çoklu Besiyeri Anaerobik Çamur Çürütmenin Biyogaz Eldesine Etkisinin Belirlenmesi*. Konya: Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Savaş, A. Ö. (2018). *Organik Atıkların Kullanıldığı 1000 Başlık Bir Biyogaz Tesisinin Projelendirilerek İmalat ve Üretim Maliyet Analizlerinin Belirlenmesi*. Bursa: Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Sayın, U., & Erdoğan, D. (2011). Atık Yönetiminde Biyometanizasyon Teknolojisi. *Çevre Ve Orman Bakanlığı Atık Yönetimi Dairesi Başkanlığı, ICCI, İstanbul*.
- Scarlat, N., Fahl, F., Dallemard, 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.
- Selim Kaymakamlığı. (2016). *Küçük Ölçekli Biyogaz Tesisleri Hakkında Araştırma, Planlama ve Fizibilite Projesi*. Kars: Selim Kaymakamlığı.
- Selimoğlu, G. (2008). *Büyükbaş Hayvan Dışısından Biyogaz Üretimi*. Ankara: Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Shang, Y., Han, D., Gozgor, G., Mahalik, M. K., & Sahoo, B. K. (2022). The impact of climate policy uncertainty on renewable and non-renewable energy demand in the United States. *Renewable Energy*, (197), 654-667.
- Şenol, H., Elibol, E. A., & Açikel, Ü. (2017). Biyogaz Üretimi İçin Ankara'nın Başlıca Organik Atık Kaynakları. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 15-28.
- Tamoor, M., Tahir, M. S., Sagir, M., Tahir, M. B., Iqbal, S., & Nawaz, T. (2020). Design of 3 kW integrated power generation system from solar and biogas. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(23), 12711-12720.
- Taşova, M. (2019). Tokat-Erbaa İlçesindeki Hayvansal Kaynaklı Atıkların Enerji Potansiyel Değerlerinin Belirlenmesi. *TÜVAB Bilim Dergisi*, 12(1): 14-19.
- Taşova, M., & Yazarel, S. (2019). Yozgat İli Hayvansal Kaynaklı Atıkların Biyogaz ve Enerji Potansiyellerinin Belirlenmesi. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 2(1), 16-24.
- Tırınk, S. (2022). Hayvansal Atıkların Biyogaz Üretim Potansiyelinin Hesaplanması: Iğdır İli Örneği. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 12(1), 152-163.
- Topal Canbaz, G., & Polat Bulut, A. (2021). İç Anadolu Bölgesinde Bulunan Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyelinin İncelenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(4), 905-912.
- Topal, M., & Arslan, E. I. (2008). Biyokütle Enerjisi ve Türkiye. *VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu*, 17, 19.
- Üçok, S. (2021) Bölüm 5. *Ziraat, Orman ve Su Ürünlerinde Araştırma ve Değerlendirme 1*. 87.
- Vargas, S. A., Esteves, G. R., Maçaira, P. M., Bastos, B. Q., Oliveira, F. L., & Souza, R. C. (2019). Wind power generation: A review and a research agenda. *Journal of Cleaner Production*, (218) 850-870.
- Wang, S., Sun, L., & Iqbal, S. (2022). Analyzing green financing role on renewable energy dependence and energy transition in E7 economies. *Renewable Energy*.
- WBA. (2021). *World Bioenergy Association*. Global Bioenergy Statistics .
- Werner, U., Stohr, U., & Hees, N. (1989). *Biogas Plants in Animal Husbandry*. Braunschweig: Frider. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH.
- Wu, D., Li, L., Zhao, X., Peng, Y., Yang, P., & Peng, X. (2019). Anaerobic digestion: A review on process monitoring. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 103(1), 1-12.
- Wu, W., Hasegawa, T., Fujimori, S., Takahashi, K., & Oshiro, K. (2020). Assessment of bioenergy potential and associated costs in Japan for the 21st century. *Renewable Energy*, 162, 308-321.

- Yağlı, H., & Koç, Y. (2019). Hayvan Gübresinden Biyogaz retim Potansiyelinin Belirlenmesi: Adana İli rnek Hesaplama . *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 34(3), 35-48.
- Yenigün, İ., Gülşen, H., & Yenigün, A. (2021). Mardin ilinin hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyelinin belirlenmesi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 12(3), 479-486.
- Yetiş, A. D., Gazigil, L., Yetiş, R., & Çelikezen, B. (2019). Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli: Bitlis rneği. *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 7(1), 74-78.
- Yiğit, D. (2020). *Biyogaz / Biyometanizasyon Tesislerinin Çevre Kanunundaki Yeri*. Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Yıldırım, A. M., & Nacar Koçer, N. (2022). Diyarbakır İli Biyokütle Potansiyeli Ve Enerji retimi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(1), 27-40.

DİZİN

B

Biyogaz · 7, 13, 15, 16, 18, 21, 23,
24, 25, 26, 27, 30, 31, 38, 47,
51, 52, 53, 56, 59, 61, 62, 65,
66, 67, 68, 69, 70

Biyokütle, 2, 12, 70

C

CO₂ salımı, 6, 7, 31, 35

E

Elektrik, 8, 31, 49, 51, 52, 56, 57,
59, 65, 66

F

Fosil yakıt, 1

G

Gaziantep, 5, 8, 9, 13, 14, 15, 28,
29, 36, 37, 38, 47, 48, 49, 50, 51,
61, 62, 65

Güneş, 1, 11

H

Hayvan, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 14, 15, 19,
27, 28, 29, 30, 36, 38, 39, 42,
44, 48, 49, 61, 62, 64, 67, 68,
69

Hidroelektrik, 10

I

Isı, 8, 9, 18, 22, 31, 58, 59, 63

İ

İklim, 1, 3, 10, 16

J

Jeotermal enerji, 12

K

Küresel ısınma, 1

M

Metan, 6, 7, 8, 12, 13, 23, 24, 26,
30, 31, 38, 39, 40, 41, 42, 43,
44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51,
61

N

Nizip, 14, 28, 29, 36, 38, 48, 49,
50, 61

O

Oğuzeli, 14, 28, 29, 36, 38, 39, 41,
42, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50,
61

R

Rüzgâr, 11

S

Sıvı, 8, 15, 31, 32, 34, 55, 57

Ş

Şehitkamil, 14, 28, 29, 36, 37, 38,
47, 48, 49, 50, 61

T

Tesis, 26, 31, 53, 56, 59, 60

TÜİK, 61

Türkiye, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11,
12, 14, 50, 66, 67, 70

V

Verim, 3, 8, 9, 12, 13, 26, 27, 33,
38, 53

Y

Yenilenebilir enerji, 1, 2, 3, 4, 10,
12, 63, 67



TEKNOVERSITE



teknoversite **AYRICALIĞINDASINIZ**

İSTE

