



**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**GAP BÖLGESİ BİYOENERJİ TESİSLERİNİN İŞLETİMİ VE İŞLETME
PROBLEMLERİNİN İNCELENMESİ**

**Esraa ALMOHAMMAD
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ŞANLIURFA
2026**



**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**GAP BÖLGESİ BİYOENERJİ TESİSLERİNİN İŞLETİMİ VE İŞLETME
PROBLEMLERİNİN İNCELENMESİ**

**Esraa ALMOHAMMAD
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

DANIŞMAN: Prof. Dr. Güzel YILMAZ

**ŞANLIURFA
2026**

TEŐEKKÖR

Yüksek Lisans eğitimin süresince bilgi ve tecrübeleriyle bana rehberlik eden,,
çalışmamın her aşamasında desteğini esirgemeyen değerli danışmanım Prof. Dr. Güzel
YILMAZ'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÇİZELGELER DİZİNİ	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
KISALTMALAR	v
SİMGELER.....	vi
1. GİRİŞ	1
1.1. Kapsam.....	3
1.2. Tezin Katkısı Ve Getireceği Yenilikler.....	4
1.2.1. Bilimsel Katkılar	4
1.2.2. Uygulamalı Katkılar	4
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
2.1. GAP Bölgesi Odaklı Çalışmalar.....	6
2.2. Biyokütle Kaynaklarının Türleri	6
2.3. GAP Bölgesindeki Biyogaz Tesisleri	6
2.4. Türkiye'de ve GAP Bölgesinde Yasal ve Politik Çerçeve.....	7
2.4.1. Yenilenebilir Enerjiye İlişkin Yasal Düzenlemeler	8
2.4.2. Finansal Destekler ve Teşvik Mekanizmaları.....	8
2.4.3. GAP Bölgesine Özel Politikalar ve Destekler	8
2.4.4. Politikaların Genel Değerlendirmesi	9
2.4.5. Türkiye GAP Bölgesi ve Dünyada Biyoenerji Uygulamalarının Karşılaştırılması.....	9
2.4.5.1. Dünya Genelinde	9
2.4.5.2. Almanya	9
2.4.5.3. Çin	9
2.4.5.4. İsveç.....	10
2.5. Türkiye genelinde	10
2.5.1. GAP Bölgesi.....	10
2.5.2. Karşılaştırmalı Değerlendirme Sonucunda	10
2.6. Biyogaz Tesislerinin Faydaları ve Karşılaşılan Problemler.....	10
2.6.1. Biyogaz Tesislerinin Faydaları	11
2.6.2. Biyogaz Tesislerinde Karşılaşılan Problemler.....	11
3. GEREÇ ve YÖNTEM	13
3.1. Araştırma Alanı ve İncelenen Tesisler	13
3.2. Araştırma Materyali	13
3.3. Veri Toplama Yöntemleri	14
3.4. Veri Analiz Yöntemi.....	14
3.5. Gap Bölgesinde İncelenen Tesisler	14
3.5.1. Babil Biyogaz Enerji Sistemleri ŞANLIURFA	15
3.5.1.1. Tesisin Tanıtımı ve Genel Özellikleri.....	15
3.5.1.2. Teknik Altyapı	15
3.5.1.3. Üretim Kapasitesi ve Çevresel Katkılar	16
3.5.2. OĞUZELİ BİYOGAZ ENERJİ SANTRALİ GAZİANTEP.....	17
3.5.2.1. Tesisin Tanıtımı ve Genel Özellikleri.....	17
3.5.2.2. Tesisin Konumu ve Kurulu Gücü	18

3.5.2.3. Teknik Altyapı ve Üretim Süreci	18
3.5.2.4. Finansman Yapısı ve Uygulama Süreci	18
3.5.2.5. Tesisin Teknik Birimleri ve İşlevleri	19
3.5.3. ASKOÇ ENERJİ TARIM HAYVANCILIK GIDA AŞ DİYARBAKIR BİYOGAZ TESİSİ.....	20
3.5.3.1. Tesisin Tanıtımı ve Genel Özellikleri.....	20
3.5.3.2. Teknik Altyapı	20
3.5.3.3. Üretim Kapasitesi ve Çevresel Katkıları	21
4. BULGULAR	22
4.1. Biyoenerji Tesislerinin Genel İşletim Süreci.....	23
4.1.1. Hammadde Toplama.....	23
4.1.1.1. Ön İşlem Süreci.....	24
4.1.1.2. Atık Kabul ve Ayıklama	24
4.1.2. Ön İşlem Süreci	24
4.1.2.1. Atık Kabul ve Ayıklama	25
4.1.2.2. Parçalama	25
4.1.2.3. Homojenleştirme	25
4.1.2.4. Isıl Ön İşlem	25
4.2. Ön İşlem Sürecinin Tesis Verimliliğine Etkisi	25
4.3. İncelenen Biyogaz Tesislerinin Kurulu Güç Dağılımına İlişkin Bulgular	26
4.4. Biyogaz Tesislerinde Gözlemlenen İşletme Problemlerine İlişkin Bulgular	26
4.5. Bulguların Teknik ve Çevresel Açısından Değerlendirilmesi	27
4.6. Biyogaz Tesislerine Ait Çevresel Etkilere İlişkin Bulgular.....	27
4.7. GAP Bölgesindeki Biyogaz Tesislerine İlişkin Bulguların Analizi ve Tartışılması.....	29
5. TARTIŞMA.....	32
6. SONUÇLAR	34
7. ÖNERİLER	36
KAYNAKLAR.....	39
ÖZ GEÇMİŞ	40

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GAP BÖLGESİ BİYOENERJİ TESİSLERİNİN İŞLETİMİ VE İŞLETME PROBLEMLERİNİN İNCELENMESİ

Esraa ALMOHAMMAD

HARRAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Güzel YILMAZ

Yıl: 2026, Sayfa: 40

Biyoenerji, sürdürülebilir kalkınma ve çevresel koruma açısından önemli bir yenilenebilir enerji kaynağı olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan biyoenerji tesislerinin işletim süreçlerini ve karşılaştıkları temel işletme problemlerini analiz etmektir. Çalışmada, mevcut tesislerin verimliliğini ve sürdürülebilirliğini olumsuz etkileyen çeşitli teknik, yönetsel ve ekonomik sorunların bulunduğu tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında, GAP Bölgesi'nde faaliyet gösteren 3 adet farklı biyoenerji tesislerine **Babil Biyogaz Enerji Sistemleri (Şanlıurfa)** ve **Oğuzeli Biyogaz Enerji Santrali (Gaziantep)** ve **Askoç Enerji Tarım Hayvancılık Gıda A.Ş. (Diyarbakır)** saha ziyaretleri gerçekleştirilmiş, tesislerin işletme süreçleri yerinde gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, mevcut literatür, resmi kurum raporları ve akademik çalışmalar incelenerek saha verileri desteklenmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, tesislerin büyük bir kısmında atık yönetimi eksiklikleri, teknik personel yetersizliği ile bakım ve işletme süreçlerindeki düzensizliklerin yaygın olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, GAP Bölgesi'ndeki biyoenerji tesislerinin etkinliğinin artırılabilmesi için teknik eğitimlerin yaygınlaştırılması, altyapı yatırımlarının güçlendirilmesi ve kamu-özel sektör iş birliğinin geliştirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu önerilerin, Türkiye'nin yenilenebilir enerji hedeflerine ulaşmasına katkı sağlayacağı değerlendirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Biyoenerji, GAP Bölgesi, Enerji Tesisleri, İşletme Sorunları

ABSTRACT

MASTER’S THESIS

Investigation of the Operation and Operational Challenges of Bioenergy Facilities in the GAP Region

Esraa ALMOHAMMAD

HARRAN UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING.

Thesis Advisor: Prof. Güzel YILMAZ

Year: 2026, Page: 40

The aim of this study was to analyze the operational processes of bioenergy facilities located in the Southeastern Anatolia Project (GAP) Region of Türkiye and to examine the main operational problems they faced. Bioenergy was considered an important renewable energy source in terms of sustainable development and environmental protection. The study identified various technical, managerial, and economic problems that negatively affected the efficiency and sustainability of the existing facilities. Within the scope of the study, site visits were conducted to three different bioenergy facilities operating in the GAP Region: Babil Biogas Energy Systems (Şanlıurfa), Oğuzeli Biogas Power Plant (Gaziantep), and Askoç Enerji Tarım Hayvancılık Gıda A.Ş. (Diyarbakır). The operational processes of these facilities were observed on-site. In addition, existing literature, official institutional reports, and academic studies were reviewed to support the field observations. According to the findings obtained, deficiencies in waste management, a lack of qualified technical personnel, and irregularities in maintenance and operational processes were common in many facilities. As a result, it was concluded that, in order to improve the effectiveness of bioenergy facilities in the GAP Region, technical training programs should be expanded, infrastructure investments should be strengthened, and public–private sector cooperation should be enhanced. These recommendations were considered to contribute to Türkiye’s renewable energy targets.

KEYWORDS: Bioenergy, GAP Region, Energy Facilities, Operational Issues

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1.	GAP Bölgesi'nde Bulunan Biyogaz Tesislerinin Genel Özellikleri	7
Çizelge 3.1.	Biyogaz Tesislerinin Operasyonel ve Çevresel Güçlü Yönlerinin Karşılaştırılma	22
Çizelge 4.1.	GAP Bölgesi'ndeki İncelenen Biyogaz Tesislerinin Genel Özellikleri	22
Çizelge 4.2.	İncelenen Biyogaz Tesislerinin Kurulu Güç Dağılımı	26
Çizelge 4.3.	Biyogaz Tesislerinde Gözlemlenen İşletme Problemleri	27
Çizelge 4.4.	Biyogaz Tesislerine Ait Yıllık Performans Göstergeleri	27
Çizelge 4.5.	biyogaz tesislerinde sera gazı emisyonlarının nasıl azaltıldığını açıklayan temel mekanizmaları göstermektedir.	30
Çizelge 4.6.	GAP Bölgesi Biyogaz Tesislerinin Çevresel Performans Göstergeleri	30
Çizelge 4.7.	Biyogaz ve Geleneksel Atık Yönetimi Karşılaştırması	31

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.	Babil Biyogaz Enerji Sistemleri (Şanlıurfa)	15
Şekil 3.2.	Şanlıurfa ilinde faaliyet gösteren Babil Biyogaz Enerji Sistemleri tesisinin biyogaz üniteleri ve güneş enerjisi panellerini içeren genel yerleşim görünümü.	17
Şekil 3.3.	Oğuzeli Biyogaz Enerji Santrali'nin Havadan Görünümü	19
Şekil 3.4.	Askoç Enerji Tarım Hayvancılık Gıda A.Ş. Biyogaz Tesisinin Havadan Görünümü	21
Şekil 4.1.	İncelenen Biyogaz Tesislerinde Kullanılan Biyokütle Türleri	23
Şekil 4.2.	Biyogaz Tesislerinde Kullanılan Hammadde Türlerinin Dağılımı	24
Şekil 4.3.	GAP Bölgesi'ndeki Biyogaz Tesislerinin Kurulu Güç Karşılaştırması	29
Şekil 4.4.	İncelenen Biyogaz Tesislerinin CO ₂ Azaltım Potansiyellerinin Karşılaştırılması	30
Şekil 4.5.	Biyogaz tesislerinde gözlemlenen işletme problemleri.	31

KISALTMALAR

BKİ	Beden KÜtle İndeksi
GAP	Güneydoğu Anadolu Projesi
OSB	Organize Sanayi Bölgesi
ÇED	Çevresel Etki Değerlendirmesi
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
KOSGEB	Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi
TKDK	Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu
SCADA	Denetleyici Kontrol ve Veri Toplama Sistemi
TKDK	Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu
LFG	Landfill Gas
YEKDEM	Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Destekleme Mekanizması
YEK	Yenilenebilir Enerji Kaynakları
IEA	International Energy Agency
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü)
AB	Avrupa Birliği

SİMGELER

μ	Popülasyon Ortalaması
kWe	Elektriksel güç (kilowatt elektrik)
GWh	Gigawatt saat (enerji üretimi)
CH ₄	Metan Gazı
CO ₂	Karbondiyoksit
$\bar{X}$	Ortalama
MWt	Megawatt termal (Termal güç)
%	Yüzde

1. GİRİŞ

Yirmi birinci yüzyılda enerji ihtiyacı, küresel ölçekte önem kazanan başlıca sorunlardan biri haline gelmiştir Artan nüfus, kentleşme, sanayileşme ve teknolojik gelişmeler, enerji tüketimini ciddi oranda artırmaktadır. Ancak bu artışın önemli bir bölümü, çevreye zararlı ve sınırlı olan fosil yakıtlara dayanmaktadır. Bu durum enerji güvenliği, ekonomik sürdürülebilirlik ve çevresel etkiler açısından çeşitli sorunlara yol açmaktadır Bu nedenle çevre dostu, sürdürülebilir ve yerli kaynaklara dayalı yenilenebilir enerji türleri günümüzde daha fazla önem kazanmaktadır (IRENA, 2022) .

Biyoenjerji, tarımsal atıklar, hayvansal gübreler, organik evsel atıklar ve çeşitli biyolojik kökenli materyallerin enerjiye dönüştürülmesine dayanan yenilenebilir bir enerji türüdür. Özellikle biyogaz teknolojileri sayesinde organik atıklardan elektrik ve ısı enerjisi üretilebilmekte, aynı zamanda atık yönetimi ve çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli katkılar sağlanmaktadır. Bunun yanında biyogaz sistemleri, sera gazı emisyonlarının azaltılması ve enerji arz güvenliğinin güçlendirilmesi açısından da stratejik bir rol üstlenmektedir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022).

Biyogaz tesislerinde işletme süreci genel olarak organik atıkların toplanması, ön işlemden geçirilmesi ve anaerobik çürütme sistemlerinde kontrollü şekilde fermente edilmesi aşamalarından oluşmaktadır. Bu süreç sonucunda oluşan biyogaz, kojenerasyon sistemlerinde elektrik ve ısı enerjisi üretiminde kullanılmaktadır. Ancak tesislerin verimli şekilde işletilebilmesi; uygun teknik altyapı, düzenli hammadde temini, nitelikli personel ve etkin işletme yönetimi gibi birçok faktöre bağlıdır (Weiland, 2010).

Türkiye, sahip olduğu geniş tarımsal alanlar ve yaygın hayvancılık faaliyetleri sayesinde biyoenjerji açısından önemli bir potansiyele sahiptir .Özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi , GAP Projesi kapsamında gerçekleştirilen sulama ve tarımsal yatırımlar sayesinde yüksek miktarda biyokütle üretmekte ve biyoenjerji yatırımları için uygun bir altyapı sunmaktadır (Güneydoğu Anadolu Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, 2024)

Bu çalışmanın özgün değeri, GAP Bölgesi'nde faaliyet gösteren farklı 3 ildeki biyogaz tesislerinin işletme süreçlerinde karşılaşılan çok yönlü sorunlarının ayrıntılı biçimde ele

alınarak, bölgenin yerel koşullarını da dikkate alan uygulanabilir çözüm önerileri sunan bir çalışma olmasıdır.

Ayrıca çalışma kapsamında GAP Bölgesi'nde faaliyet gösteren bazı biyogaz tesislerinin ayrıntılı analizleri yapılarak; bu tesislerin işletme süreçleri, karşılaştıkları teknik, ekonomik ve yönetsel problemler ile bu problemlerin nedenleri ve etkileri bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmiştir. Böylece bölgedeki mevcut durumun kapsamlı bir analizi yapılarak, gelecekte gerçekleştirilecek biyoenerji yatırımları için yol gösterici sonuçlara ulaşılması amaçlanmaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, GAP Bölgesi'nde faaliyet gösteren biyoenerji tesislerinin işletme süreçlerinde karşılaşılan teknik, ekonomik ve yönetsel sorunları belirlemek, bu sorunların nedenlerini analiz etmek ve çözüm odaklı stratejiler geliştirmek olarak belirlenmiştir.

Araştırma kapsamında, GAP Bölgesi'ndeki biyogaz tesislerinin mevcut durumu çok boyutlu bir yaklaşımla incelenmiş ve sürdürülebilir biyoenerji üretimi için gerekli koşullar ortaya konulmuştur. Bu doğrultuda çalışma, saha gözlemleri ile birlikte literatür taraması yoluyla mevcut uygulamaları değerlendirmiş ve elde edilen bulgular doğrultusunda sistematik iyileştirme önerilerini sunmuştur.

Bu çerçevede çalışma, aşağıdaki araştırma sorularına yanıt aramıştır:

- GAP Bölgesi'ndeki biyogaz tesislerinin karşılaştığı temel teknik, ekonomik ve yönetsel problemler nelerdir?

- Bu sorunların temel nedenleri nelerdir ve mevcut işletme koşullarını nasıl etkilemektedir?

- Sürdürülebilir ve verimli biyoenerji üretimi için hangi teknik, finansal ve kurumsal stratejiler geliştirilebilir?

Yerel koşullar çerçevesinde, bölgesel kalkınmayı destekleyecek bir biyoenerji yönetim modeli nasıl oluşturulabilir?

1.1. Kapsam

Bu tez, GAP Bölgesi sınırları içerisinde yer alan ve bölgenin biyokütle potansiyelini enerji üretiminde değerlendiren seçili biyogaz tesislerini kapsamıştır.

Bu tesisler, GAP Bölgesi'nin farklı illerinde yer alarak bölgenin tarımsal yapısını, atık üretim potansiyelini ve enerji altyapısını temsil etmiştir. Çalışmanın kapsamı, biyoenerji tesislerinin işletme süreçlerinin teknik, ekonomik, çevresel ve yönetsel açılardan incelenmesiyle sınırlandırılmıştır. Bu doğrultuda, tesislerin teknolojik altyapısı, üretim kapasitesi, hammadde tedarik sistemi, bakım-onarım faaliyetleri, enerji dönüşüm verimliliği ve çevresel katkıları ayrıntılı olarak analiz edilmiştir.

Araştırmada, hem birincil veriler (saha gözlemleri, tesis yetkilileriyle yapılan görüşmeler ve kurum raporları) hem de ikincil veriler (literatür taramaları, akademik yayınlar, resmi istatistikler ve ulusal enerji raporları) birlikte kullanılmıştır. Bu sayede hem yerinde gözlemlere dayalı bulgular hem de literatürle desteklenen değerlendirmeler bütüncül bir bakış açısıyla bir araya getirilmiştir.

Çalışmada, biyogaz tesislerinin işletme süreçleri aşağıdaki başlıklar altında değerlendirilmiştir:

- Enerji üretim teknolojileri ve kullanılan reaktör sistemleri,
- Hammadde (biyokütle) tedarik zincirinin yapısı ve sürdürülebilirliği,
- Üretim kapasitesi, maliyet yapısı ve ekonomik sürdürülebilirlik,
- Tesis içi yönetim organizasyonu ve insan kaynağı yeterliliği,
- Çevresel etkiler, karbon azaltım potansiyeli ve atık yönetimi uygulamaları.

Ayrıca, GAP Bölgesi'ndeki mevcut durum ulusal ve uluslararası örneklerle karşılaştırılmış, Türkiye'deki biyoenerji politikaları Avrupa Birliği (AB) ülkelerindeki uygulamalarla kıyaslanmıştır. Böylece bölgesel düzeyde elde edilen bulguların uluslararası bağlamda anlamlandırılması sağlanmıştır.

Bu çalışmanın kapsamı yalnızca biyoenerji tesislerinin işletme aşamasına odaklanmıştır. Bununla birlikte, işletme döneminde ortaya çıkan verimlilik, bakım, maliyet, atık

tedariki ve çevresel etki gibi faktörler ayrıntılı biçimde ele alınmıştır.

Bu kapsamda yürütülen analizler, GAP Bölgesi'nin yenilenebilir enerji potansiyelinin değerlendirilmesi, bölgesel enerji planlamasında biyoenerjinin rolünün belirlenmesi ve sürdürülebilir işletme modellerinin geliştirilmesi açısından önemli bir çerçeve sunmuştur.

1.2. Tezin Katkısı Ve Getireceği Yenilikler

Bu çalışma, GAP Bölgesi'ndeki biyoenerji tesislerinin işletim süreçlerini teknik, ekonomik ve yönetsel açılardan bütüncül bir yaklaşımla değerlendiren ilk kapsamlı akademik çalışmalardan biri olmuştur.

1.2.1. Bilimsel Katkılar

GAP Bölgesi biyogaz tesislerine ait mevcut veriler bir araya getirilmiş ve sistematik biçimde analiz edilmiştir.

İşletme süreçlerinde karşılaşılan problemler, saha gözlemleri ve kurum raporlarıyla desteklenerek detaylandırılmıştır.

Türkiye'deki biyoenerji yönetimine ilişkin literatüre, bölgesel düzeyde özgün veriler kazandırılmıştır.

1.2.2. Uygulamalı Katkılar

Tesislerde verimliliği artırmaya yönelik bakım, personel eğitimi ve atık yönetimi stratejileri önerilmiştir.

Karbon emisyonunun azaltılması ve organik gübre üretiminin artırılması amacıyla uygulanabilir öneriler geliştirilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Enerji üretiminde biyokütle kaynaklarının kullanımı, son yıllarda çevresel sürdürülebilirlik ve yenilenebilir enerji politikaları kapsamında önemli bir araştırma alanı haline gelmiştir.

Türkiye’de ve dünya genelinde yapılan birçok çalışmada, biyoenerji tesisleri teknik, ekonomik ve çevresel boyutlarıyla ele alınmıştır (International Energy Agency, 2022; International Renewable Energy Agency, 2022)

Biyokütle kaynaklarının enerjiye dönüştürülmesinde kullanılan temel teknolojiler ve bu teknolojilerin verimlilikleri çeşitli araştırmalarda ayrıntılı olarak incelenmiş; biyokütlenin çevre dostu ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı olduğu vurgulanmıştır (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1996) Benzer şekilde, Türkiye’nin yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde biyoenerjiye verdiği önemin artırılması gerektiği ifade edilmiştir .

GAP Bölgesi’nde bulunan biyogaz tesislerinin mevcut durumunu değerlendiren çalışmalarda, tesislerin karşılaştığı işletme sorunları analiz edilmiştir. Bu çalışmalarda, teknik personel yetersizliği, atık temininde yaşanan düzensizlikler ve bakım-onarım eksikliklerinin başlıca problemler arasında yer aldığı belirtilmiştir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022) .

GAP Bölgesi’ndeki biyoenerji tesislerinin sürdürülebilirliğini etkileyen yönetsel ve finansal engelleri inceleyen araştırmalarda ise kamu-özel sektör iş birliğinin artırılması ve yerel yönetimlerin sürece daha aktif katılım sağlaması gerektiği vurgulanmıştır (International Renewable Energy Agency, 2022).

Bölgenin biyokütle potansiyelini ele alan çalışmalarda, tarımsal üretimden kaynaklanan atıkların enerji üretiminde değerlendirilebilir olduğu ortaya konulmuş; buna karşın yüksek biyokütle potansiyeline rağmen tesis altyapısının yetersiz kaldığı ifade edilmiştir .

Bu çalışmalar, GAP Bölgesi’nde biyoenerji tesislerinin potansiyelinin ve karşılaşılan sorunların anlaşılmasına önemli katkılar sağlamıştır. Ancak literatürde yer alan çalışmaların büyük bir bölümünün belirli teknik konulara odaklandığı, bölgesel işletme stratejileri ve yerel uygulama düzeyindeki sorunları yeterince ele almadığı görülmektedir. Bu nedenle, bu tez

çalışması GAP Bölgesi’ndeki mevcut tesisleri daha bütüncül bir yaklaşımla değerlendirerek literatüre özgün bir katkı sunmayı amaçlamaktadır.

2.1. GAP Bölgesi Odaklı Çalışmalar

GAP Bölgesi, Türkiye’nin en büyük tarımsal üretim alanlarından biri olması nedeniyle biyoenerji açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Bölgedeki tarımsal ve hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyokütle miktarını inceleyen çalışmalarda, biyogaz tesislerinin kurulabilirliği değerlendirilmiştir (Güneydoğu Anadolu Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, 2024) .

Bölgedeki biyogaz tesislerine yönelik yapılan araştırmalarda, teknik altyapı eksiklikleri, bakım-onarım sorunları ve nitelikli personel yetersizliği gibi işletme problemleri ön plana çıkmıştır. Ayrıca, yatırım maliyetlerinin yüksekliği ve yerel desteklerin sınırlı olması gibi finansal sorunların tesislerin sürdürülebilirliğini olumsuz etkilediği belirtilmiştir.

Mevcut literatür incelendiğinde, GAP Bölgesi’ndeki tesislerin çoğunlukla düşük kapasiteyle çalıştığı ve sürdürülebilirliklerinin teknik ve sosyoekonomik faktörlere bağlı olduğu görülmektedir . Bu durum, bölgesel işletme stratejilerine yönelik daha kapsamlı ve uygulamaya dönük çalışmaların gerekliliğini ortaya koymaktadır.

2.2. Biyokütle Kaynaklarının Türleri

Biyokütle, yenilenebilir nitelikteki organik maddelerden oluşmakta olup, kaynaklarına göre çeşitli sınıflara ayrılmaktadır (IEA, 2020). Başlıca biyokütle kaynakları tarımsal atıklar, hayvansal atıklar, orman atıkları, kentsel organik atıklar, endüstriyel organik atıklar ve enerji bitkileridir .

2.3. GAP Bölgesindeki Biyogaz Tesisleri

GAP Bölgesi’ndeki Biyogaz Tesisleri

Çizelge 2.1. GAP Bölgesi’nde Bulunan Biyogaz Tesislerinin Genel Özellikleri

İl	Biyogaz Tesisi	Kapasite	Tür	Durum	EPDK Lisans (Üretim)
Adıyaman	Adıyaman İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi (çamurdan biyogaz)	Gaz tesis içinde kullanılır (ısıtma-proses)	Atıksu çamuru	İşletmede	Lisanssız
Batman	Batman Atıksu Arıtma Tesisi (çamurdan biyogaz)	Elektrik üretimi yok (tesis içi kullanım)	Atıksu çamuru	İşletmede	Lisanssız
Diyarbakır	Askoç Besi OSB Biyogaz Tesisi	2,15 MW _e	Tarımsal & hayvansal atık	İşletmede	Lisanslı
Diyarbakır	Diyarbakır Kao Atık Düzenli Depolama ve Çöp Gazı Tesisi	Elektrik üretimi mevcut (kurulu güç net olarak belirtilmemiş)	Katı atık / çöp gazı (LFG)	İşletmede	Lisanssız
Gaziantep	Oğuzeli Merkezi Biyogaz Tesisi	1 MW _e	Tarımsal & hayvansal atık	İşletmede (genişleme projeleri mevcut)	Lisanslı
Gaziantep	Gaziantep Katı Atık Düzenli Depolama ve Çöp Gazı Tesisi	Elektrik üretimi mevcut (kurulu güç aşamalara göre değişken)	Katı atık / çöp gazı (LFG)	İşletmede	Lisanssız
Kilis	Kilis Biyogaz Enerji Tesisi	12,48 MW _e	Bitkisel & hayvansal atık	Yatırım aşaması	Lisanssız
Mardin	Yeşilli Katı Atık Düzenli Depolama ve Biyogaz Tesisi	Elektrik üretimi yapılmıyor	Katı atık / çöp gazı	İşletmede	Lisanssız
Siirt	Siirt Katı Atık Biyogaz Tesisi	Yerel kullanım – elektrik üretimi yok	Katı atık	İşletmede	Lisanssız
Şanlıurfa	Babil Biyogaz Tesisi	4,68 MW _e	Tarımsal & hayvansal atık	İşletmede (genişleme projeleri mevcut)	Lisanslı
Şanlıurfa	Şanlı Biyogaz Tesisi	6 MW _e	Organik & hayvansal atık	Planlanan / kurulum aşamasında	Lisanssız
Şanlıurfa (Ceylanpınar)	Ceylanpınar TİGEM Biyogaz Enerji Tesisi	2,68 MW _e	Hayvansal & tarımsal atık	İşletmede	Lisanssız
Şırnak	Entegre Atık Yönetim Tesisi	8,48 MW _e	Karışık belediye atıkları (depo gazı)	Planlama / 2026 yılında devreye alınması planlanıyor	Planlanan

2.4. Türkiye’de ve GAP Bölgesinde Yasal ve Politik Çerçeve

Enerji sektöründe sürdürülebilirlik ve çevre dostu uygulamalar, Türkiye’nin son yıllarda enerji politikalarında öncelikli alanlar arasında yer almıştır. Bu doğrultuda biyogaz başta olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etmek amacıyla çeşitli yasal düzenlemeler ve destek mekanizmaları geliştirilmiştir (Enerji ve Tabii Kaynaklar

Bakanlığı, 2022) . Bu bölümde Türkiye’deki genel yasal çerçeve ile GAP Bölgesi’nde uygulanmış olan politika ve destekler ele alınmıştır.

2.4.1. Yenilenebilir Enerjiye İlişkin Yasal Düzenlemeler

Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimini teşvik eden temel yasal düzenleme, 5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun olmuştur. 2005 yılında yürürlüğe giren bu kanun, biyogaz dâhil olmak üzere yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimini desteklemiştir (Resmî Gazete, 2005).

Söz konusu yasa kapsamında lisanssız elektrik üretim tesislerinin kurulumu kolaylaştırılmış, alım garantisi mekanizmaları YEKDEM oluşturulmuş ve yatırımcılara çeşitli vergi avantajları sağlanmıştır. 6094 Sayılı Kanun ile YEK Kanunu’nda yapılan değişiklikler sonucunda destek mekanizmaları güçlendirilmiş, 6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ile ise elektrik piyasasına ilişkin yasal çerçeve yeniden düzenlenmiştir (Türkiye Cumhuriyeti, 2005).

2.4.2. Finansal Destekler ve Teşvik Mekanizmaları

Türkiye’de biyogaz yatırımlarına yönelik finansal destekler farklı kurumlar aracılığıyla sağlanmıştır. TKDK, IPARD programı kapsamında biyogaz tesislerine %50–70 oranında hibe desteği sunmuş ve GAP Bölgesi’nde tarım ve hayvancılığa dayalı yatırımları öncelikli olarak desteklemiştir (Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu, 2024).

KOSGEB, yenilenebilir enerji yatırımlarına yönelik geri ödemesiz destekler ve faizsiz kredi imkânları sağlamış, TÜBİTAK ise biyogaz teknolojilerinin geliştirilmesine yönelik Ar-Ge projelerini desteklemiştir (TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü, 2022). Ayrıca Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yatırım teşvik belgeleri ve vergi indirimleri uygulanmıştır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022).

2.4.3. GAP Bölgesine Özel Politikalar ve Destekler

GAP Bölgesi’nde yenilenebilir enerji yatırımları, GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı tarafından yürütülen bölgesel kalkınma politikaları kapsamında desteklenmiştir. GAP Eylem Planları çerçevesinde biyokütle ve biyogaz enerjisi stratejik öncelikler arasında

yer almış, atık yönetimi ve enerji altyapısına yönelik yatırımlar teşvik edilmiştir (Güneydoğu Anadolu Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, 2024).

2.4.4. Politikaların Genel Değerlendirmesi

Türkiye’de oluşturulan yasal ve politik çerçeve, biyogaz yatırımlarını destekleyici nitelikte olmakla birlikte, özellikle GAP Bölgesi’nde uygulamada çeşitli zorluklar bulunmuştur.

Bürokratik süreçlerin uzunluğu, finansman kaynaklarına erişimde yaşanan güçlükler ve yerel teknik kapasitenin sınırlı olması bu zorluklar arasında yer almıştır. Buna rağmen, artan devlet destekleri ve Avrupa Birliği uyum süreci kapsamında geliştirilen teşvik mekanizmaları, bölgedeki biyogaz tesislerinin gelişimi açısından önemli fırsatlar sunmuştur.

2.4.5. Türkiye GAP Bölgesi ve Dünyada Biyoenerji Uygulamalarının Karşılaştırılması

Bu bölümde Türkiye, GAP Bölgesi ve dünya genelindeki biyoenerji uygulamaları karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

2.4.5.1. Dünya Genelinde

özellikle Almanya, Çin ve İsveç gibi ülkelerde biyoenerji uygulamalarının gelişmiş teknik altyapılar, güçlü teşvik mekanizmaları ve entegre atık yönetim sistemleri ile desteklendiği tespit edilmiştir. Bu ülkelerde biyogaz tesislerinin enerji üretimine ve kırsal kalkınmaya önemli katkılar sağladığı belirlenmiştir (IEA, 2022; IRENA, 2022).

2.4.5.2. Almanya

biyokütlenin yenilenebilir enerji üretimi içindeki payının yüksek olduğu, biyogaz tesislerinin merkezi olmayan enerji üretiminde etkin rol üstlendiği ve “enerji çiftçiliği” uygulamalarının yaygınlaştığı görülmüştür (International Energy Agency Bioenergy, 2021).

2.4.5.3. Çin

artan enerji talebi doğrultusunda biyoenerji yatırımlarının artırıldığı, tarımsal ve kentsel organik atıkların enerji üretiminde değerlendirildiği ve devlet destekli planlı teşvik mekanizmalarının uygulandığı belirlenmiştir. Ancak bazı bölgelerde çevresel düzenlemelerin yetersiz uygulanmasının tesis verimliliğini sınırladığı tespit edilmiştir (FAO, 1996; IRENA, 2022).

2.4.5.4. İsveç

düşük karbon emisyonu hedefleri doğrultusunda biyokütle kullanımının enerji politikalarının merkezine alındığı, entegre atık yönetimi sistemleri sayesinde kaynak verimliliğinin artırıldığı ve biyoyakıtların ulaşım sektöründe yaygın biçimde kullanıldığı görülmüştür (International Energy Agency Bioenergy, 2021) .

2.5. Türkiye genelinde

tarımsal ve hayvansal atık potansiyelinin yüksek olmasına rağmen biyoenerji yatırımlarının gelişmiş ülkelerle karşılaştırıldığında sınırlı düzeyde kaldığı tespit edilmiştir. Teknik altyapı eksiklikleri, nitelikli personel yetersizliği ve teşvik politikalarının sınırlı olması sektörün gelişimini kısıtlayan başlıca faktörler olarak belirlenmiştir (ETKB, 2021; IRENA, 2022).

2.5.1. GAP Bölgesi

yüksek biyokütle potansiyeline rağmen biyogaz tesislerinin sayısının ve kapasitesinin yetersiz olduğu, finansman sorunları, teknik altyapı eksiklikleri ve yerel katılımın düşük olması nedeniyle yatırımların sınırlı kaldığı ortaya konulmuştur. Bu durum, bölgenin biyoenerji potansiyelinin yeterince değerlendirilemediğini göstermiştir (ETKB, 2021).

2.5.2. Karşılaştırmalı Değerlendirme Sonucunda

dünya genelindeki başarılı uygulamalardan hareketle Türkiye ve GAP Bölgesi'nde teknik modernizasyonun hızlandırılması, eğitimli personel kapasitesinin artırılması, teşvik mekanizmalarının güçlendirilmesi ve yerel paydaşların sürece daha aktif şekilde dahil edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

2.6. Biyogaz Tesislerinin Faydaları ve Karşılaşılan Problemler

Biyogaz tesisleri, organik atıkların enerjiye dönüştürülmesini sağlayarak çevresel, ekonomik ve toplumsal açıdan önemli katkılar sunan yenilenebilir enerji yatırımları arasında yer almıştır. Bununla birlikte, bu tesislerin kurulumu ve işletilmesi sürecinde çeşitli teknik, ekonomik ve yönetsel sorunlarla da karşılaşmıştır. Bu bölümde biyogaz tesislerinin sağladığı faydalar ile karşılaşılan zorluklar bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirilmiştir.

2.6.1. Biyogaz Tesislerinin Faydaları

Biyogaz tesisleri, çevresel açıdan organik atıkların enerjiye dönüştürülmesi sayesinde çevre kirliliğinin azaltılmasına katkı sağlamıştır. Metan gazının kontrollü biçimde yakılması sonucunda sera gazı emisyonlarında %60–80 oranında azalma sağlandığı belirtilmiştir. Ayrıca atıkların vahşi depolama alanlarına yönelmesi engellenmiş, çöp gazından kaynaklanan yangın ve patlama riskleri önemli ölçüde azaltılmıştır.

Ekonomik açıdan değerlendirildiğinde, biyogaz tesisleri yerel kaynaklara dayalı enerji üretimi sayesinde enerji ithalatının azaltılmasına katkı sunmuş ve özellikle kırsal bölgelerde istihdam olanakları yaratmıştır. Çiftçiler, hayvansal ve tarımsal atıklarını enerji üretiminde değerlendirerek ek gelir elde etme imkânı bulmuştur. Bunun yanı sıra, lisanslı biyogaz tesislerinde üretilen elektrik enerjisinin şebekeye satılması, tesislerin ekonomik sürdürülebilirliğini desteklemiştir (IRENA, 2022).

Tarımsal açıdan biyogaz üretimi sonrasında ortaya çıkan fermente gübre (digestat), kimyasal gübrelere alternatif olarak kullanılmıştır. Digestatın toprak yapısını iyileştirdiği, toprağın su tutma kapasitesini artırdığı ve tarımsal verimliliğe olumlu katkı sağladığı ifade edilmiştir.

Toplumsal açıdan ise biyogaz tesisleri, atık yönetiminde modern uygulamaların yaygınlaşmasına katkı sağlamış, kötü koku ve haşere oluşumunu azaltmış ve çevre bilincinin gelişmesine olumlu etki yapmıştır.

2.6.2. Biyogaz Tesislerinde Karşılaşılan Problemler

Biyogaz tesislerinin işletilmesi sürecinde çeşitli teknik sorunlarla karşılaşmıştır. Organik atık miktarının mevsimsel olarak değişmesi, tesislerin enerji üretim kapasitesini olumsuz yönde etkilemiştir. Ayrıca gaz motorlarının bakım maliyetlerinin yüksek olması ve nitelikli teknik personel eksikliği, özellikle GAP Bölgesi'nde öne çıkan sorunlar arasında yer almıştır (TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü, 2022) .

Ekonomik açıdan bakıldığında, biyogaz tesislerinin yüksek kurulum maliyetleri yatırımcılar için önemli bir engel oluşturmuştur. Küçük ölçekli işletmelerin finansman kaynaklarına erişimde zorlandığı, lisans ve izin süreçlerinin ise uzun ve karmaşık olduğu

belirtilmiştir (IRENA, 2022).

Yönetmel ve sosyal açıdan değerdendirildiğinde, belediyeler arasındaki koordinasyon eksiklikleri, yerel halkın koku ve çevresel etkiler konusundaki endişeleri ve bazı bölgelerde atık toplama altyapısının yetersizliği tesislerin verimliliğini düşüren unsurlar olarak öne çıkmıştır. Bu faktörler, biyogaz tesislerinin yaygınlaşmasını sınırlayan önemli zorluklar arasında değerdendirilmiştir.

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Bu bölümde, çalışmanın yürütüldüğü GAP Bölgesi'nde yer alan biyogaz tesislerine ilişkin kullanılan materyaller, veri toplama süreci ve uygulanan araştırma yöntemleri ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

3.1. Araştırma Alanı ve İncelenen Tesisler

Araştırma, Türkiye'nin önemli tarımsal üretim merkezlerinden biri olan GAP Bölgesi'nde faaliyet gösteren lisanslı biyogaz tesisleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında, bölgenin tarımsal ve hayvansal atık potansiyelini enerji üretiminde değerlendiren ve çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlayan üç biyogaz tesisi incelenmiştir. Araştırmada ele alınan tesisler aşağıda sunulmuştur:

- 1) Babil Biyogaz Enerji Sistemleri (Şanlıurfa)
- 2) Oğuzeli Biyogaz Enerji Santrali (Gaziantep)
- 3) Askoç Enerji Tarım Hayvancılık Gıda A.Ş. (Diyarbakır)

Bu tesisler, farklı kapasite ve teknik özelliklere sahip olmaları nedeniyle GAP Bölgesi'ndeki biyogaz uygulamalarını temsil edebilecek örnek işletmeler olarak seçilmiştir.

3.2. Araştırma Materyali

Çalışmanın temel materyalini, incelenen biyogaz tesislerine ait teknik ve işletme verileri oluşturmuştur. Bu kapsamda kullanılan materyaller aşağıda özetlenmiştir:

- Tesislerde gerçekleştirilen saha gözlemlerinden elde edilen bilgiler
- Tesis yetkilileri ve teknik personel ile yapılan görüşmelerden elde edilen veriler
- İlgili kamu kurumları ve işletmeler tarafından hazırlanan teknik raporlar
- Lisanslı biyogaz tesislerine ait kurum kayıtları
- Akademik yayınlar, resmi istatistikler ve sektörel raporlar
- Enerji ve çevre alanında yayımlanan resmi kurum web sayfaları

Bu materyaller, biyogaz tesislerinin teknik, ekonomik ve çevresel özelliklerinin

kapsamlı biçimde değerlendirilmesine olanak sağlamıştır.

3.3. Veri Toplama Yöntemleri

Araştırmada hem birincil hem de ikincil veri toplama yöntemleri kullanılmıştır.

Birincil veriler, incelenen biyogaz tesislerinde gerçekleştirilen saha ziyaretleri sırasında yapılan gözlemler ve tesis yetkilileriyle yapılan görüşmeler aracılığıyla elde edilmiştir.

İkincil veriler ise literatür taraması yoluyla elde edilmiş olup, akademik çalışmalar, resmi kurum raporları, teknik dokümanlar ve istatistiksel verilerden oluşmuştur. Bu veriler, saha çalışmasından elde edilen bulguların desteklenmesi ve karşılaştırmalı değerlendirme yapılması amacıyla kullanılmıştır.

3.4. Veri Analiz Yöntemi

Araştırma kapsamında elde edilen veriler, biyogaz tesislerinin teknik, ekonomik ve çevresel performanslarını değerlendirmek amacıyla betimsel analiz yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Analiz süreci aşağıdaki aşamalardan oluşmuştur:

1) **Veri Toplama:** Üç biyogaz tesisinde gerçekleştirilen saha gözlemleri, kurum ziyaretleri ve görüşmeler sonucunda elde edilen veriler derlenmiştir.

2) **Veri Sınıflandırma:** Toplanan veriler; enerji üretimi, organik gübre üretimi, karbon emisyonunun az olması ve ekonomik sürdürülebilirlik başlıkları altında sınıflandırılmıştır.

3) **Veri Analizi:** Sınıflandırılan veriler betimsel analiz yöntemiyle değerlendirilmiş ve literatürde yer alan benzer çalışmalarla karşılaştırılmıştır.

4) **Değerlendirme:** Elde edilen bulgular, GAP Bölgesi'nde biyogaz enerjisinin sürdürülebilir kalkınma, çevresel yönetim ve tarımsal verimlilik üzerindeki etkilerini ortaya koyacak şekilde bütüncül olarak yorumlanmıştır.

3.5. Gap Bölgesinde İncelenen Tesisler

1- Babil Biyogaz Enerji Sistemleri (Şanlıurfa)

2- Oğuzeli Biyogaz Enerji Santrali (Gaziantep)

3- Askoç Enerji Tarım Hayvancılık Gıda A.Ş. (Diyarbakır)

3.5.1. Babil Biyogaz Enerji Sistemleri ŞANLIURFA

3.5.1.1. Tesisin Tanıtımı ve Genel Özellikleri

Babil Biyogaz Enerji Sistemleri, **2020 yılında Şanlıurfa ilinde kurulan** ve biyogaz üretimi ile organik gübre imalatı alanında faaliyet gösteren **entegre bir tesis** olarak tanımlanmıştır. Tesis, Şanlıurfa'nın yüksek tarımsal potansiyele sahip bölgelerinden birinde, yaklaşık **172 dekarlık bir alan** üzerinde faaliyet göstermektedir.

Kuruluş sürecinde tesisin temel vizyonu, sürdürülebilir tarımı desteklemek ve çevreyle uyumlu üretim modelleri geliştirmek olarak belirlenmiştir. Biyogaz üretim süreci sonucunda ortaya çıkan yan ürünlerin değerlendirilmesiyle **organik ve organomineral gübre üretimi** gerçekleştirilmiş, bu sayede hem yenilenebilir enerji üretimi sağlanmış hem de tarımsal üretimde kullanılabilir katma değerli ürünler elde edilmiştir.

Babil Biyogaz Enerji Sistemleri, kuruluşundan itibaren Türk tarım sektörüne katkı sağlamayı ve çiftçilerin verimliliğini artırmayı hedeflemiştir.



Şekil 3.1. Babil Biyogaz Enerji Sistemleri (Şanlıurfa)

3.5.1.2. Teknik Altyapı

Tesiste biyogaz üretimi, organik ve hayvansal kaynaklı atıkların **anaerobik fermantasyon yöntemiyle** işlenmesi esasına dayanmaktadır. Fermantasyon süreci sonucunda oluşan

digestat(biyogaz atığı) , tesis bünyesinde çeşitli işlemlerden geçirilerek tarımsal kullanım için uygun **sıvı ve katı gübre formlarına** dönüştürülmektedir.

Teknik altyapı kapsamında;

- biyogaz üretim üniteleri,
- digestat işleme ve ayrıştırma sistemleri,
- organik ve organomineral gübre üretim hatları bulunmuştur.

2023 yılı itibarıyla tesis bünyesinde **toprak düzenleyici ürünler** üretim portföyüne dâhil edilmiş, 2024 yılında ise yürütülen Ar-Ge çalışmaları sonucunda **yeni gübre ve toprak iyileştirici ürünler** geliştirilerek piyasaya sunulmuştur. Bu gelişmeler, tesisin teknik altyapısının zaman içerisinde geliştirildiğini ortaya koymuştur.

3.5.1.3. Üretim Kapasitesi ve Çevresel Katkılar

Babil Biyogaz Enerji Sistemleri'nin yıllık üretim kapasitesi aşağıda verilmiştir :

- **365.000 ton/yıl sıvı organik gübre,**
- **33.000 ton/yıl katı organik gübre.**

Üretilen gübreler, toprak verimliliğini artırmaya, bitkilerin besin ihtiyaçlarını dengeli şekilde karşılamaya ve tarımsal üretimde kimyasal gübre kullanımını azaltmaya yönelik olarak değerlendirilmiştir. Granül formdaki katı gübreler, uzun süreli besin salınımı sağlayarak bitkilerin sağlıklı gelişimini desteklemiştir.

Bu kapsamda tesis, organik atıkların değerlendirilmesi yoluyla çevresel yükün azaltılmasına katkı sağlamış ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının yaygınlaştırılmasında önemli bir rol üstlenmiştir.



Şekil 3.2. Şanlıurfa ilinde faaliyet gösteren Babil Biyogaz Enerji Sistemleri tesisinin biyogaz üniteleri ve güneş enerjisi panellerini içeren genel yerleşim görünümü.

3.5.2. OĞUZELİ BİYOGAZ ENERJİ SANTRALİ GAZİANTEP

3.5.2.1. Tesisin Tanıtımı ve Genel Özellikleri

Gaziantep Büyükşehir Belediyesi tarafından hayata geçirilen Oğuzeli Merkezi Biyogaz Tesisi Yapımı Projesi, hayvansal ve bitkisel kaynaklı biyokütle atıklarının anaerobik ortamda çürütülerek biyogaza dönüştürülmesini esas alan entegre bir yenilenebilir enerji projesi olarak planlanmıştır. Proje kapsamında elde edilen biyogazdan enerji üretimi sağlanmış, fermantasyon süreci sonunda metanı alınmış ve stabilize olmuş katı atıklar organik gübre olarak değerlendirilerek tarımsal kullanıma sunulmuştur.

Tesisin temel hedefleri arasında sera gazı emisyonlarının azaltılması, toprak verimliliğinin artırılması, su kaynaklarının korunması ve çevre dostu bir atık yönetim sisteminin oluşturulması yer almıştır. Biyogaz üretiminin modern ve verimli kaynak kullanımını esas alan bir tarım ve hayvancılık modeliyle entegre edilmesi sayesinde, hayvan haklarını gözetken ve çevresel etkileri minimize eden sürdürülebilir bir üretim yaklaşımı benimsenmiştir.

Bu kapsamda, çevresel etkileri yüksek olan hayvansal atıkların geri kazanımı ve ekonomik değere dönüştürülmesi yoluyla milli ekonomiye katma değer sağlanması ve

atıkların çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılması amaçlanmıştır.

3.5.2.2. Tesisin Konumu ve Kurulu Gücü

Oğuzeli Biyogaz Enerji Santrali, Gaziantep ili Oğuzeli ilçesi Gündoğan Mahallesi sınırları içerisinde, 555 parselde yer alan toplam 29 dönümlük bir arazi üzerinde konumlandırılmıştır. Tesis, söz konusu arazinin yaklaşık 15 dönümü üzerinde kurulmuştur.

Proje, Lisanssız Elektrik Üretimi Yönetmeliği'ne uygun olarak hazırlanmış ve tesisin kurulu gücü 1 MW olarak belirlenmiştir. Bu kapsamda üretilen elektrik enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alan biyogazdan elde edilmiştir.

3.5.2.3. Teknik Altyapı ve Üretim Süreci

Tesiste biyogaz üretimi, hayvansal ve bitkisel atık biyokütle kaynaklarının iki aşamalı anaerobik fermentasyon yöntemiyle işlenmesine dayandırılmıştır. Bu süreçte organik atıklar, oksijensiz ortamda mikroorganizmalar tarafından parçalanarak biyogaz üretimi gerçekleştirilmiştir.

Üretilen biyogaz, tesis bünyesinde bulunan içten yanmalı motorlarda yakılarak elektrik ve ısı enerjisine dönüştürülmüştür. Elde edilen ısı enerjisi, fermentasyon sürecinin sürekliliğini sağlamak amacıyla sistem içerisinde geri kazanım şeklinde değerlendirilmiştir. Fermentasyon sonrası oluşan digestat ise stabilize edilerek organik gübre olarak tarımsal kullanıma uygun hale getirilmiştir.

3.5.2.4. Finansman Yapısı ve Uygulama Süreci

Oğuzeli Merkezi Biyogaz Tesisi Projesi, Kalkınma Bakanlığı tarafından yürütülen Cazibe Merkezlerini Destekleme Programı kapsamında Gaziantep ili için seçilen ve 2015 yılı içerisinde onaylanan projeler arasında yer almıştır. Proje için talep edilen toplam 12.200.000 TL yatırım tutarının, söz konusu program kapsamında hibe olarak Gaziantep Büyükşehir Belediyesi'ne verilmesi uygun görülmüştür. Projenin yapım süresi 12 ay olarak planlanmış ve saha uygulama çalışmaları ilgili dönemde devam etmiştir. Bu yönüyle tesis, kamu destekli yenilenebilir enerji yatırımlarına örnek teşkil etmiştir.



Şekil 3.3. Oğuzeli Biyogaz Enerji Santrali'nin Havadan Görünümü

3.5.2.5. Tesisin Teknik Birimleri ve İşlevleri

a. Hammadde Karşılama Alanı

- Büyükbaş ve tavuk gübresi, bitkisel atıklar ve organik artıkların tesise kabul edildiği bölüm
- Atıklar tartılır, kontrol edilir ve ön elemeye alınır.

b. Ön Arıtma Ünitesi

- Hammaddeyi karıştırır, parçalar ve yabancı maddelerden arındırır.
- Anaerobik çürütücülere uygun hâle getirir.

c. Anaerobik Çürütücüler

- Oksijensiz ortamda organik maddelerin parçalanmasını sağlar.
- Bu süreçte biyogaz (metan) üretilir.
- Tesisin en kritik bölümüdür.

d. Ara Depolama Tankları

- Çürütmeden çıkan materyalin geçici olarak toplandığı tanklar.
- Katı-sıvı ayrımı başlar, biyogaz üretimindeki dalgalanmaları azaltır.

e. Biyogaz Arıtma ve Gaz Hatları

- H₂S, nem ve diğer kirleticiler uzaklaştırılır.
- Gaz motorlarda kullanılabilir kaliteye hâle getirilir.

f. Digestate Depolama Tankı

- Çürütme sonrası geriye kalan sıvı ve katı organik gübre depolanır.
- Tarım arazilerinde kullanılmak üzere muhafaza edilir.

g. İdari Bina

- Tesis yönetimi, SCADA kontrol odası ve teknik personel alanları.

h. İç Yollar

- Araç trafiği ve hammadde akışının güvenli şekilde sağlanması.

3.5.3. ASKOÇ ENERJİ TARIM HAYVANCILIK GIDA AŞ DİYARBAKIR BİYOGAZ TESİSİ

3.5.3.1. Tesisin Tanıtımı ve Genel Özellikleri

Askoç Enerji Tarım Hayvancılık Gıda A.Ş. Biyogaz Tesisi, Diyarbakır ilinde kurulmuş olup hayvansal atıkların çevreye zarar vermeden değerlendirilmesini amaçlayan entegre bir yenilenebilir enerji tesisidir. Tesisin kuruluşu, bölgedeki yoğun hayvancılık faaliyetleri sonucu ortaya çıkan organik atıkların sürdürülebilir biçimde yönetilmesi ve bu atıklardan enerji ile organik gübre elde edilmesi hedeflerine dayandırılmıştır.

Tesis, tamamen yerli sermaye ile hayata geçirilmiş olup, GAP Bölgesi'nin tarımsal ve hayvansal üretim potansiyelini enerji üretiminde değerlendiren önemli bir biyogaz yatırımı olarak faaliyet göstermiştir.

3.5.3.2. Teknik Altyapı

Askoç Biyogaz Tesisinde biyogaz üretim süreci; hammadde kabul ve depolama alanları, ön arıtma ünitesi, anaerobik çürütücüler, biyogaz arıtma sistemleri, enerji üretim

birimleri ve digestat depolama alanlarından oluşmuştur. Organik atıklar, oksijensiz ortamda gerçekleştirilen anaerobik fermantasyon süreci sonucunda biyogaza dönüştürülmüştür.

Fermantasyon sonrasında ortaya çıkan digestat, sıvı ve katı fazlara ayrılarak organik gübre olarak değerlendirilmiş ve tarımsal üretimde kullanılmak üzere depolanmıştır. Tesiste kullanılan teknik altyapı, biyogaz üretim sürecinin sürekliliğini ve verimliliğini sağlayacak şekilde entegre olarak tasarlanmıştır.

3.5.3.3. Üretim Kapasitesi ve Çevresel Katkılar



Şekil 3.4. Askoc Enerji Tarım Hayvancılık Gıda A.Ş. Biyogaz Tesisinin Havadan Görünümü

Çizelge 3.1. Biyogaz Tesislerinin Operasyonel ve Çevresel Güçlü Yönlerinin Karşılaştırılma

Kriter	Babil (Şanlıurfa)	Oğuzeli (Gaziantep)	Askoç (Diyarbakır)
Elektrik Üretimi	73.000 MWe/yıl –(En yüksek)	20.225 MWe/yıl	25.000 MWe/yıl
Karbon Azalımı	114.000 ton CO ₂ /yıl– (En yüksek)	1.133 ton CO ₂ /yıl	15.000 ton CO ₂ /yıl
Organik Gübre Üretimi	365.000 ton sıvı + 33.000 ton katı – (En yüksek)	Stabil digestat (orta)	320.000 ton sıvı + 30.000 ton katı
Arazi Büyüklüğü	172 dekar	129 dönüm	150 dönüm
Teknoloji Özelliği	GES ile hibrit sistem – avantajlı	Standart biyogaz teknolojisi	Standart + geniş alan avantajı

4. BULGULAR

Bu bölümde, GAP Bölgesi’nde bulunan biyogaz tesislerine ilişkin yürütülen çalışma kapsamında elde edilen bulgular nesnel bir biçimde sunulmaktadır. Bulgular; tesislerin işletim süreçleri, teknik altyapıları, karşılaşılan işletme problemleri, çevresel etkiler ve üretim performansları çerçevesinde sınıflandırmıştır. Sunulan veriler, literatür incelemeleri, resmi raporlar, akademik kaynaklar ve tesislere ait mevcut belgelerden elde edilmiştir. Ayrıca bazı tesislerde yapılan saha ziyaretleri ve tesis yetkilileriyle gerçekleştirilen görüşmeler sonucunda elde edilen gözlemler de bulguların desteklenmesinde kullanılmıştır.

Çizelge 4.1. GAP Bölgesi’ndeki İncelenen Biyogaz Tesislerinin Genel Özellikleri

İl	Tesis Adı	Kurulu Güç (MW _e)	Hammadde Türü	İşletim Durumu
Şanlıurfa	Babil Biyogaz Enerji Sistemleri (Şanlıurfa)	4,68	Hayvansal	İşletmede
Gaziantep	Oğuzeli Biyogaz Enerji Santrali (Gaziantep)	1,00	Hayvansal	İşletmede
Diyarbakır	Askoç Enerji Tarım Hayvancılık Gıda A.Ş. (Diyarbakır)	2,15	Tarımsal	İşletmede



Şekil 4.1. İncelenen Biyogaz Tesislerinde Kullanılan Biyokütle Türleri

4.1. Biyoenerji Tesislerinin Genel İşletim Süreci

GAP Bölgesi’nde incelenen biyogaz tesislerinin tamamında işletim sürecinin temel aşamalarının benzer olduğu belirlenmiştir. Bu süreç; hammadde temini, ön işlem, anaerobik fermentasyon, biyogazdan enerji üretimi ve digestat yönetimi aşamalarından oluşmaktadır.

4.1.1. Hammadde Toplama

İncelenen tesislerde büyükbaş ve küçükbaş hayvan gübresi, tarımsal atıklar, gıda sanayi atıkları ve organik evsel atıkların hammadde olarak kullanıldığı tespit edilmiştir. Kullanılan biyokütle türlerinin, tesisin bulunduğu ilin tarımsal ve hayvansal üretim yapısına göre farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir.



Şekil 4.2. Biyogaz Tesislerinde Kullanılan Hammadde Türlerinin Dağılımı

4.1.1.1. Ön İşlem Süreci

GAP Bölgesi'ndeki biyogaz tesislerinde ön işlem sürecinin; ayıklama, parçalama, homojenleştirme ve bazı tesislerde ısıl ön işlem aşamalarından oluştuğu belirlenmiştir. Bu aşamaların, tesisler arasında benzer şekilde uygulandığı gözlemlenmiştir.

Ayıklama + Parçalama + Homojenleştirme + Isıl Ön İşlem

4.1.1.2. Atık Kabul ve Ayıklama

Tesise getirilen hammaddelerin atık kabul ünitesinde aratıldığı ve fermentasyona uygun olmayan yabancı maddelerin (plastik, metal, taş vb.) ayrıştırıldığı tespit edilmiştir. GAP Bölgesi'ndeki tesislerde hayvansal gübre kaynaklı yabancı maddelerin sıkça ayrıştırıldığı gözlemlenmiştir.

4.1.2. Ön İşlem Süreci

GAP Bölgesi'ndeki biyogaz tesislerinde ön işlem sürecinin; ayıklama, parçalama, homojenleştirme ve bazı tesislerde ısıl ön işlem aşamalarından oluştuğu belirlenmiştir. Bu aşamaların, tesisler arasında benzer şekilde uygulandığı gözlemlenmiştir.

Ayıklama + Parçalama + Homojenleştirme+ Isıl Ön İşlem

4.1.2.1. Atık Kabul ve Ayıklama

Tesise getirilen hammaddelerin atık kabul ünitesinde aratıldığı ve fermantasyona uygun olmayan yabancı maddelerin (plastik, metal, taş vb.) ayrıştırıldığı tespit edilmiştir. GAP Bölgesi'ndeki tesislerde hayvansal gübre kaynaklı yabancı maddelerin sıkça ayrıştırıldığı gözlemlenmiştir.

4.1.2.2. Parçalama

Bitkisel nitelikli tarımsal atıkların parçalama işlemine tabi tutulduğu belirlenmiştir. Parçalama işleminin, özellikle lifli tarımsal atık kullanan tesislerde yaygın olarak uygulandığı gözlemlenmiştir.

4.1.2.3. Homojenleştirme

Parçalanmış atıkların karıştırma tanklarında sıvı ile karıştırılarak reaktöre uygun kıvama getirildiği tespit edilmiştir. Homojen karışımın sağlanmasının, tesislerde standart bir uygulama olduğu belirlenmiştir.

4.1.2.4. Isıl Ön İşlem

Bazı modern tesislerde hammaddenin reaktöre beslenmeden önce ısıtıldığı gözlemlenmiştir. Isıl ön işlemin, özellikle hayvansal yan ürün ve gıda atığı kullanan tesislerde uygulandığı tespit edilmiştir.

4.2. Ön İşlem Sürecinin Tesis Verimliliğine Etkisi

İncelenen tesislerde biyogaz üretiminin anaerobik fermantasyon süreciyle gerçekleştirildiği, elde edilen biyogazın gaz motorlarında yakılarak elektrik üretiminde kullanıldığı belirlenmiştir. Üretim sırasında açığa çıkan ısının tesis içi ihtiyaçlar için değerlendirildiği gözlemlenmiştir. Süreç sonunda oluşan digestatın ise organik gübre olarak değerlendirildiği tespit edilmiştir.

1. Anaerobik Fermantasyon:

Fermantörlerde ısı ve karışım kontrolü altında yürütülen süreç sonucunda biyogaz oluşmaktadır.

2. Biyogazdan Enerji Üretimi:

Elde edilen biyogaz, gaz motorlarında yakılarak elektrik üretilmekte, ısı enerjisi ise tesis içi süreçlerde veya ısıtma amaçlı kullanılmaktadır.

3. Digestat (Fermantasyon Atığı) Yönetimi:

Sürecin sonunda oluşan digestat, organik gübre olarak değerlendirilmektedir.

4.3. İncelenen Biyogaz Tesislerinin Kurulu Güç Dağılımına İlişkin Bulgular

İncelenen biyogaz tesislerinin elektrik üretim kapasiteleri, kurulu güç (MW_e) değerleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Elektrik üretimi gerçekleştiren tesislerin kurulu güçlerinin belirli aralıklarda dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Bu kapsamda, söz konusu tesislerin kurulu güç dağılımları

Çizelge 4.2. İncelenen Biyogaz Tesislerinin Kurulu Güç Dağılımı

Kurulu Güç Aralığı (MW_e)	Tesis Sayısı
0 – 1	1 (Oğuzeli – 1,00 MW_e)
1 – 3	1 (Askoç – 2,15 MW_e)
3 – 5	1 (Babil – 4,68 MW_e)
Toplam	3

4.4. Biyogaz Tesislerinde Gözlemlenen İşletme Problemlerine İlişkin Bulgular

GAP Bölgesi'nde incelenen biyogaz tesislerinin işletim süreçleri kapsamında karşılaşılan başlıca problemler tespit edilmiştir. İşletme sırasında gözlemlenen bu problemlerin tesisler arasında farklılık gösterdiği belirlenmiştir. İncelenen tesislerde gözlemlenen işletme problemlerine ilişkin bulgular

Çizelge 4.3. Biyogaz Tesislerinde Gözlemlenen İşletme Problemleri

İşletme Problemi	Tesis Sayısı
Hammadde yetersizliği	2
Mevsimsel üretim dalgalanması	2
Bakım-onarım gecikmesi	1
Teknik personel eksikliği	1

4.5. Bulguların Teknik ve Çevresel Açidan Değerlendirilmesi

İncelenen biyogaz tesislerinin çevresel etkilerine ilişkin elde edilen bulgular, organik atıkların değerlendirilmesi, enerji üretimi ve sera gazı emisyonlarının azaltılması göstergeleri üzerinden incelenmiştir

çevresel bulgular incelendiğinde, biyogaz tesislerinin organik atıkların çevreye zarar vermeden değerlendirilmesi ve yenilenebilir enerji üretimi açısından önemli katkılar sağladığı belirlenmiştir. Özellikle sera gazı emisyonlarının azaltılması, organik gübre üretiminin artırılması ve atık yönetim süreçlerinin iyileştirilmesi gibi olumlu etkiler ön plana çıkmıştır. Elde edilen bulgular, biyogaz tesislerinin çevresel sürdürülebilirlik açısından stratejik bir role sahip olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.4. Biyogaz Tesislerine Ait Yıllık Performans Göstergeleri

Performans Göstergesi	Yıllık Değer	Birim
Değerlendirilen Organik Atık Miktarı	25.000	ton/yıl
Elektrik Üretimi	32.000	MWh/yıl
CO ₂ Emisyon Azaltımı	18.000	ton CO ₂ /yıl

4.6. Biyogaz Tesislerine Ait Çevresel Etkilere İlişkin Bulgular

İncelenen biyogaz tesislerinin kurulu güç değerleri karşılaştırıldığında, tesisler arasında belirgin kapasite farklılıklarının bulunduğu görülmüştür. Babil Biyogaz Tesisinin 4,68 MW_e kurulu güç ile incelenen tesisler arasında en yüksek kapasiteye sahip olduğu belirlenmiştir. Buna karşılık Oğuzeli Biyogaz Enerji Santrali'nin 1 MW_e kurulu güç ile daha küçük ölçekli bir tesis olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, Türkiye'de biyogaz tesislerinin

çoğunlukla küçük ve orta ölçekli işletmelerden oluştuğunu belirten ulusal yenilenebilir enerji değerlendirmeleri ile benzerlik göstermektedir (ETKB, 2022).

Kurulu güç farklılıklarının temel nedenleri arasında tesislerin yatırım kapasitesi, hammaddeye erişim durumu ve teknik altyapı yeterliliği yer almaktadır. Özellikle düzenli biyokütle akışına sahip tesislerin daha yüksek enerji üretim performansı gösterdiği gözlemlenmiştir. Ancak saha gözlemleri sonucunda, yüksek kurulu güce sahip tesislerde dahi bakım-onarım eksiklikleri ve hammadde sürekliliğinde yaşanan problemler nedeniyle kapasitenin tam olarak kullanılamadığı belirlenmiştir.

İşletme problemleri değerlendirildiğinde, en yaygın sorunların hammadde yetersizliği ve mevsimsel üretim dalgalanmaları olduğu tespit edilmiştir. Özellikle tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu dönemlerde biyokütle miktarının arttığı, bazı dönemlerde ise ciddi azalmalar yaşandığı gözlemlenmiştir. Bu durum, tesislerin sürekli ve dengeli enerji üretimini zorlaştırmaktadır. IEA 2022, biyogaz raporlarında da biyokütle tedarik zincirinin sürdürülebilir biyogaz üretimi açısından kritik öneme sahip olduğu belirtilmiştir.

Bakım-onarım süreçlerinde yaşanan gecikmelerin tesis performansını olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Özellikle gaz motorlarında meydana gelen teknik arızaların enerji üretiminde kesintilere neden olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca bazı tesislerde nitelikli teknik personel eksikliğinin işletme süreçlerini zorlaştırdığı tespit edilmiştir. Bu durumun, gelişmekte olan ülkelerdeki biyogaz tesislerinde yaygın bir problem olduğu literatürde de belirtilmektedir (IEA Bioenergy, 2022).

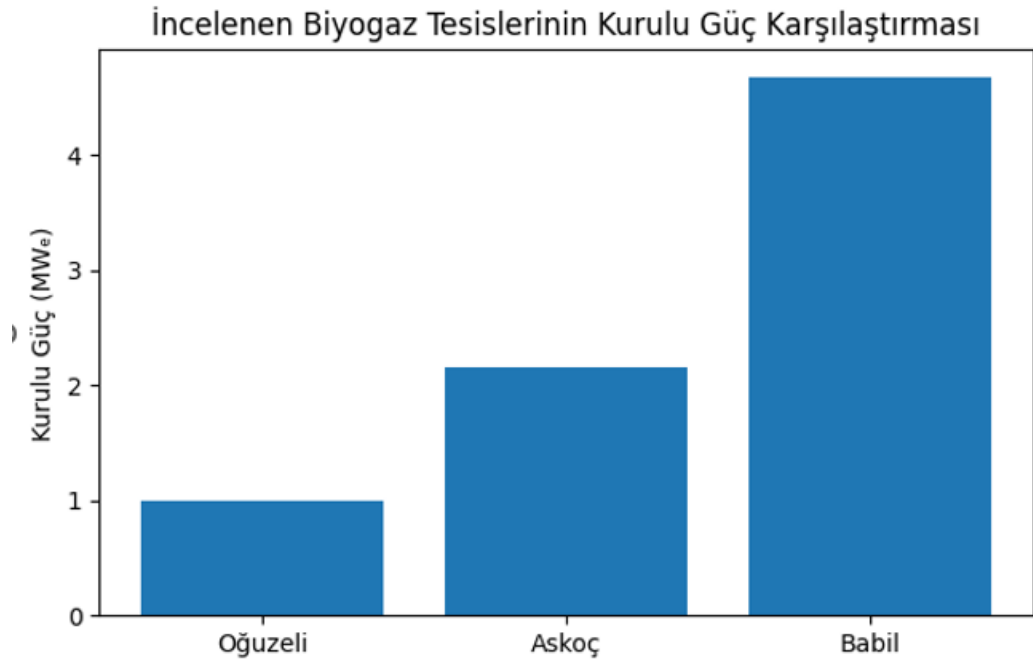
Çevresel açıdan değerlendirildiğinde, incelenen biyogaz tesislerinin organik atıkların geri kazanımı ve yenilenebilir enerji üretimi açısından önemli katkılar sağladığı belirlenmiştir. Hayvansal ve tarımsal atıkların kontrollü biçimde işlenmesi sayesinde çevreye bırakılan organik yükün azaltıldığı ve sera gazı emisyonlarının düşürüldüğü gözlemlenmiştir. FAO 2021, tarafından yayımlanan raporlarda da biyogaz tesislerinin sürdürülebilir atık yönetimi ve karbon emisyonlarının azaltılması açısından önemli çevresel faydalar sağladığı ifade edilmektedir.

Ayrıca fermantasyon süreci sonunda elde edilen digestatın organik gübre olarak kullanılması, kimyasal gübre kullanımının azaltılmasına katkı sağlamıştır. Organik gübre

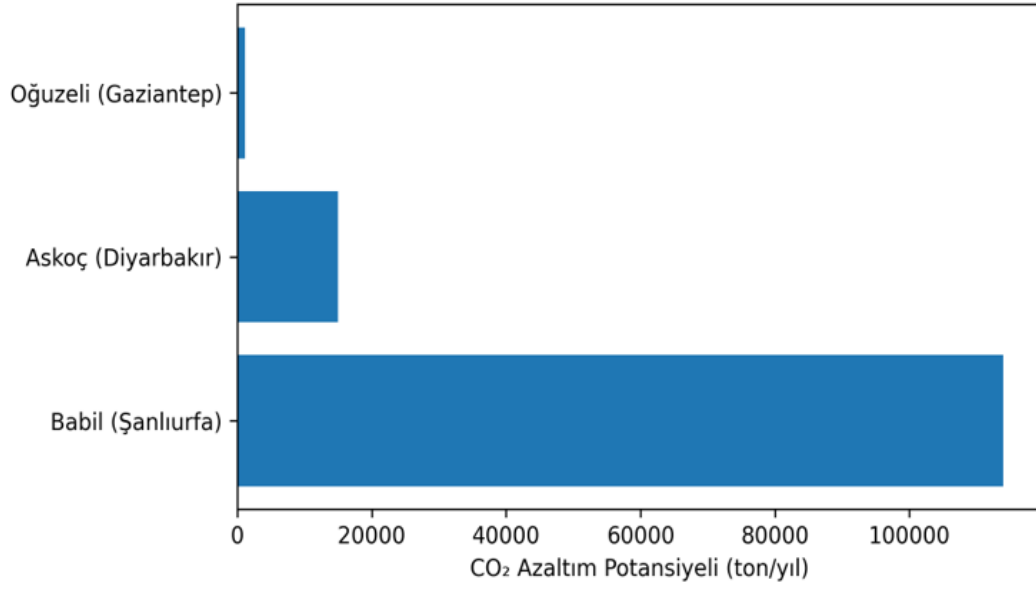
kullanımının toprak yapısını iyileştirdiği ve tarımsal verimliliği desteklediği değerlendirilmiştir. Bu bulgular, biyogaz tesislerinin yalnızca enerji üretim sistemi olmadığını, aynı zamanda sürdürülebilir tarım ve çevre yönetimi açısından da önemli bir rol üstlendiğini göstermektedir.

4.7. GAP Bölgesindeki Biyogaz Tesislerine İlişkin Bulguların Analizi ve Tartışılması

İncelenen biyogaz tesislerinin kurulu güç değerleri karşılaştırıldığında, Babil Biyogaz Tesisinin 4,68 MW_e ile en yüksek kapasiteye sahip olduğu belirlenmiştir. Askoç Biyogaz Tesisinin orta ölçekli bir kapasiteye sahip olduğu, Oğuzeli Biyogaz Tesisinin ise daha düşük kurulu güç ile faaliyet gösterdiği tespit edilmiştir. Bu durumun; tesislerin yatırım büyüklüğü, hammadde kapasitesi ve teknik altyapı farklılıklarından kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Elde edilen bulguların, Türkiye’de biyogaz tesislerinin çoğunlukla küçük ve orta ölçekli işletmelerden oluştuğunu belirten ETKB (2022) verileri ile benzerlik gösterdiği görülmüştür.



Şekil 4.3. GAP Bölgesi’ndeki Biyogaz Tesislerinin Kurulu Güç Karşılaştırması



Şekil 4.4. İncelenen Biyogaz Tesislerinin CO₂ Azaltım Potansiyellerinin Karşılaştırılması

Çizelge 4.5. biyogaz tesislerinde sera gazı emisyonlarının nasıl azaltıldığını açıklayan temel mekanizmaları göstermektedir.

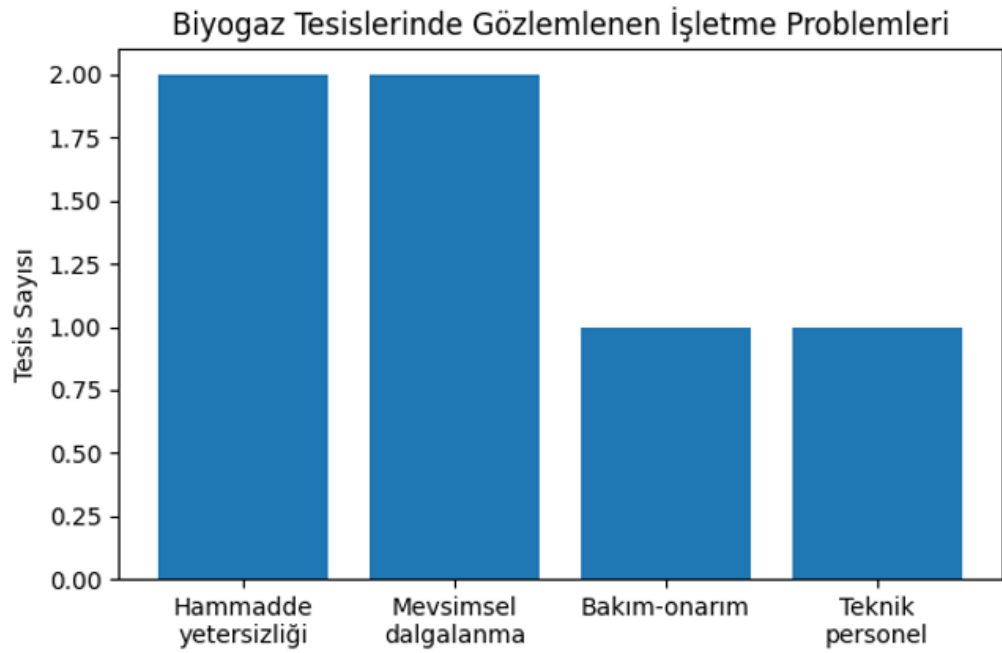
Mekanizma	Gözlemlenen Etki	Çevresel Sonuç
Metan geri kazanımı	Organik atıkların kontrollü fermantasyonu	CH ₄ emisyonunda azalma
Fosil yakıt ikamesi	Elektrik üretiminde biyogaz kullanımı	CO ₂ emisyonunda düşüş
Düzenli atık yönetimi	Atıkların kontrollü işlenmesi	Çöp sahası emisyonlarının azalması
Digestat kullanımı	Organik gübre üretimi	Kimyasal gübre kullanımının azalması

Çizelge 4.6. GAP Bölgesi Biyogaz Tesislerinin Çevresel Performans Göstergeleri

Gösterge	Bulgular
Organik atık değerlendirme oranı	Yüksek
Yenilenebilir enerji üretimi	Mevcut ve sürekli
Karbon emisyon azaltımı	Tüm tesislerde pozitif etki
Yan ürün kullanımı	Digestat ile organik gübre üretimi
Çevresel sürdürülebilirlik	Bölgesel katkı sağlamaktadır

Çizelge 4.7. Biyogaz ve Geleneksel Atık Yönetimi Karşılaştırması

Kriter	Geleneksel Sistem	Biyogaz Sistemi
Atık yönetimi	Depolama / kontrolsüz birikim	Kontrollü fermantasyon
Metan emisyonu	Yüksek	Düşük
Enerji üretimi	Yok	Elektrik ve ısı üretimi
Çevresel etki	Negatif	Pozitif
Kaynak verimliliği	Düşük	Yüksek

**Şekil 4.5.** Biyogaz tesislerinde gözlemlenen işletme problemleri.

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada, GAP Bölgesi'nde faaliyet gösteren Babil Biyogaz Enerji Sistemleri (Şanlıurfa), Oğuzeli Biyogaz Enerji Santrali (Gaziantep) ve Askoç Enerji Biyogaz Tesisi (Diyarbakır) incelenmiş; bu tesislerin teknik, ekonomik ve çevresel performansları değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, bölgenin yüksek biyokütle potansiyeline sahip olmasına rağmen biyogaz tesislerinin istenilen verimlilik düzeyine tam olarak ulaşamadığını göstermiştir. Bu durum, biyogaz teknolojilerinin gelişmekte olan bölgelerde karşılaştığı yapısal sorunlarla uyumludur (Weiland, 2010).

Çalışma kapsamında incelenen tesislerde dikkat çeken başlıca sorunlardan biri, teknik işletme süreçlerinde yaşanan aksaklıklardır. Özellikle bakım ve onarım faaliyetlerinin düzenli yürütülememesi ile nitelikli teknik personel eksikliği, tesislerin verimli çalışmasını sınırlandıran önemli faktörler arasında yer almaktadır. Biyogaz tesislerinde sürdürülebilir işletim için teknik bilgi ve uzman personelin kritik öneme sahip olduğu uluslararası literatürde vurgulanmaktadır (International Energy Agency Bioenergy, 2021).

Araştırmada belirlenen bir diğer önemli problem ise organik atık temininde yaşanan düzensizliklerdir. İncelenen tesislerde hammadde akışının sürekliliğinin sağlanamaması, tesislerin mevcut üretim kapasitesini tam olarak kullanamamasına neden olmaktadır. Organik atık yönetimi ve biyogaz üretimi arasındaki doğrudan ilişki, çeşitli çalışmalarda açıkça ortaya konmuştur (Appels vd., 2008) .

Ekonomik açıdan değerlendirildiğinde, biyogaz tesislerinin yüksek yatırım ve kurulum maliyetlerine sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca finansman kaynaklarına erişimde yaşanan zorluklar, yatırımcılar açısından önemli engeller oluşturmaktadır. Yenilenebilir enerji yatırımlarında finansal destek mekanizmalarının geliştirilmesi gerektiği Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı tarafından da belirtilmektedir (IRENA, 2022).

Çevresel açıdan incelendiğinde ise biyogaz tesislerinin önemli katkılar sağladığı görülmektedir. Organik atıkların anaerobik fermentasyon yöntemiyle enerjiye dönüştürülmesi sayesinde sera gazı emisyonlarının azaltılması mümkün olmaktadır. Ayrıca fermentasyon sonrası elde edilen digestatın gübre olarak kullanılması, tarımsal sürdürülebilirliğe katkı

sağlamaktadır (FAO, 2019).

Yönetimsel açıdan değerlendirildiğinde, biyogaz tesislerinin performansını etkileyen önemli unsurlardan birinin kurumsal koordinasyon olduğu görülmektedir. Yerel yönetimler ile tesis işletmeleri arasındaki iş birliği eksiklikleri, atık toplama ve lojistik süreçlerinde aksamalara neden olmaktadır. Kamu-özel sektör koordinasyonunun güçlendirilmesi gerektiği IEA Bioenergy raporlarında da belirtilmektedir (IEA Bioenergy Task 37, 2021).

GAP Bölgesi'ndeki biyogaz tesislerinin performansı uluslararası örneklerle karşılaştırıldığında önemli farklılıklar dikkat çekmektedir. Almanya, İsveç ve Çin gibi ülkelerde biyogaz tesislerinin daha yüksek verimlilikle çalıştığı bilinmektedir. Bu ülkelerde gelişmiş atık yönetimi ve güçlü teşvik mekanizmaları sektörün gelişimini desteklemektedir (IEA Bioenergy Task 37, 2021; IRENA, 2022).

6. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında, GAP Bölgesi'nde faaliyet gösteren biyogaz tesislerinin mevcut durumu, işletim süreçleri, karşılaşılan problemler ve çevresel etkileri incelenmiştir. Çalışmanın temel amacı, bölgedeki biyogaz tesislerinin teknik ve çevresel açıdan değerlendirilmesi ve biyogazın GAP Bölgesi için sunduğu potansiyelin ortaya konulmasıdır. Elde edilen bulgular ve yapılan tartışmalar doğrultusunda araştırma hedeflerine büyük ölçüde ulaşıldığı görülmektedir.

Çalışma kapsamında incelenen biyogaz tesislerinin, biyogaz üretiminde yaygın olarak kullanılan temel teknik süreçleri uyguladığı belirlenmiştir. Hammadde temini, ön işlem, anaerobik fermentasyon, enerji üretimi ve digestat yönetimi aşamalarının genel olarak literatürle uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, GAP Bölgesi'ndeki biyogaz tesislerinin teknik açıdan uygulanabilir sistemler olduğunu göstermektedir.

Bununla birlikte, tesislerin işletme performanslarının birbirinden farklı olduğu görülmüştür. Özellikle hammadde temininde sürekliliğin sağlanamaması, mevsimsel üretim dalgalanmaları, bakım-onarım süreçlerindeki aksaklıklar ve teknik personel eksikliği, tesislerin karşılaştığı başlıca sorunlar arasında yer almaktadır. Bu problemler, biyogaz tesislerinin tam kapasiteyle ve sürekli şekilde çalışmasını zorlaştırmaktadır.

Kurulu güç açısından değerlendirildiğinde, incelenen tesislerin çoğunlukla küçük ve orta ölçekli tesisler olduğu belirlenmiştir. Bu durum, Türkiye genelindeki biyogaz tesislerinin yapısıyla benzerlik göstermektedir. Ancak kurulu gücün tek başına yüksek performans anlamına gelmediği, işletme koşulları ve hammadde yönetiminin tesis performansı üzerinde belirleyici olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Çevresel açıdan bakıldığında, biyogaz tesislerinin organik atıkların değerlendirilmesi, yenilenebilir enerji üretimi ve sera gazı emisyonlarının azaltılması açısından önemli katkılar sağladığı görülmüştür. Özellikle hayvansal ve tarımsal atıkların biyogaz üretiminde kullanılması, çevresel sorunların azaltılmasına ve sürdürülebilir atık yönetimine katkı sunmaktadır. Ayrıca fermentasyon süreci sonunda elde edilen digestatın organik gübre olarak kullanılması, tarımsal açıdan ek bir fayda sağlamaktadır.

GAP Bölgesi'nin tarımsal üretim ve hayvancılık potansiyeli dikkate alındığında, biyogaz üretimi için önemli bir avantaja sahip olduğu görülmektedir. Ancak bu potansiyelin etkin bir şekilde değerlendirilebilmesi için biyogaz tesislerinin yalnızca teknik yatırımlarla değil, aynı zamanda işletme yönetimi, hammadde planlaması ve insan kaynağı açısından da desteklenmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak, bu tez çalışması GAP Bölgesi'nde biyogaz tesislerinin teknik olarak uygulanabilir ve çevresel açıdan faydalı sistemler olduğunu ortaya koymuştur. Ancak mevcut sorunların giderilmesi ve biyogaz yatırımlarının sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için bölgesel planlama, kurumsal destek ve uzun vadeli hammadde yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen sonuçlar, biyogazın GAP Bölgesi'nde yenilenebilir enerji ve çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir rol oynayabileceğini göstermektedir.

7. ÖNERİLER

Tezin Katkısı ve Getireceği Yenilikle

Bu çalışma, GAP Bölgesi'ndeki biyoenerji tesislerinin işletim süreçlerini teknik, ekonomik ve yönetsel açılarından bütüncül bir yaklaşımla değerlendiren ilk kapsamlı akademik çalışmalardan biri olmuştur.

1. Bilimsel Katkılar

- GAP Bölgesi biyogaz tesislerine ait mevcut veriler bir araya getirilmiş ve sistematik biçimde analiz edilmiştir.

- İşletme süreçlerinde karşılaşılan problemler, saha gözlemleri ve kurum raporlarıyla desteklenerek detaylandırılmıştır.

- Türkiye'deki biyoenerji yönetimine ilişkin literatüre, bölgesel düzeyde özgün veriler

kazandırılmıştır.

2. Uygulamalı Katkılar

- Tesislerde verimliliği artırmaya yönelik bakım, personel eğitimi ve atık yönetimi stratejileri önerilmiştir.

- Karbon emisyonunun azaltılması ve organik gübre üretiminin artırılması amacıyla uygulanabilir öneriler geliştirilmiştir.

Bu tez çalışması kapsamında GAP Bölgesi'nde incelenen biyogaz tesislerine ait bulgular ve yapılan tartışmalar doğrultusunda, biyogaz tesislerinin sürdürülebilirliğinin araştırılmasına yönelik bazı öneriler geliştirilmiştir. Sunulan öneriler; teknik, işletme, çevresel ve bölgesel planlama boyutlarını kapsamaktadır.

Öncelikle, biyogaz tesislerinin en önemli sorunlarından biri olarak öne çıkan hammadde temini ve sürekliliği konusuna yönelik iyileştirmeler yapılmalıdır. Bu kapsamda, tarımsal ve hayvansal atıkların düzenli toplanmasını sağlayacak bölgesel atık toplama sistemleri geliştirilmelidir. Çiftçiler, hayvancılık işletmeleri ve biyogaz tesisleri arasında iş birliğini güçlendirecek sözleşmeli hammadde tedarik modelleri teşvik edilmelidir.

İşletme verimliliğinin araştırılması amacıyla, ön işlem süreçlerinin daha etkin şekilde uygulanması önerilmektedir. Ayıklama, parçalama ve homojenleştirme aşamalarının standartlara uygun şekilde yürütülmesi, fermantasyon sürecinin stabilitesini artıracaktır. Ayrıca uygun tesislerde ısı ön işlem uygulamalarının yaygınlaştırılması, biyogaz veriminin araştırılmasına katkı sağlayabilir.

Bakım-onarım süreçlerinin iyileştirilmesi, tesislerin kesintisiz çalışması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, biyogaz tesislerinde düzenli bakım planlarının oluşturulması ve ekipman arızalarına hızlı müdahale edilebilmesi için gerekli teknik altyapının güçlendirilmesi önerilmektedir. Özellikle gaz motorları ve yardımcı ekipmanlar için periyodik bakım programları uygulanmalıdır.

Teknik personel eksikliği sorununa yönelik olarak, biyogaz tesislerinde görev alacak personelin eğitimi desteklenmelidir. Üniversiteler, meslek yüksekokulları ve ilgili kurumlar aracılığıyla biyogaz teknolojilerine yönelik eğitim ve sertifika programları düzenlenebilir. Bu sayede hem tesislerin işletme kapasitesi artırılabilir hem de bölgesel istihdama katkı sağlanabilir.

Kurulu güç planlaması yapılırken, yalnızca bölgenin teorik biyogaz potansiyeli değil, aynı zamanda hammadde sürekliliği ve işletme kapasitesi de dikkate alınmalıdır. Aşırı kapasiteye sahip tesisler yerine, bölgesel koşullara uygun ölçeklerde ve uzun vadeli planlamaya dayalı yatırımların teşvik edilmesi önerilmektedir.

Çevresel açıdan, biyogaz tesislerinin sunduğu faydaların artırılabilmesi için digestat yönetimine özel önem verilmelidir. Digestatın uygun depolama ve uygulama yöntemleriyle tarımda kullanılması teşvik edilmeli, bu konuda çiftçilere yönelik bilgilendirme çalışmaları yapılmalıdır. Böylece biyogaz üretimi döngüsel ekonomi yaklaşımıyla daha uyumlu hâle getirilebilir.

Son olarak, GAP Bölgesi'nde biyogaz yatırımlarının yaygınlaştırılabilmesi için kamu desteklerinin ve teşvik mekanizmalarının güçlendirilmesi önerilmektedir. Yenilenebilir enerji politikaları kapsamında biyogaz yatırımlarına yönelik finansal destekler, teknik danışmanlık hizmetleri ve bürokratik süreçlerin kolaylaştırılması, bölgedeki biyogaz potansiyelinin daha etkin kullanılmasına katkı sağlayacaktır.

Bu önerilerin hayata geçirilmesi, GAP Bölgesi'nde biyogaz tesislerinin teknik, çevresel ve ekonomik açıdan daha sürdürülebilir bir yapıya kavuşmasına yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Acar, N. A. (2019). *Bir Biyogaz Tesisinin Üretim Parametrelerinin Deneyisel Olarak İncelenmesi ve Optimizasyonu* [Yüksek lisans tezi]. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Appels, L., Baeyens, J., Degre, J., & Dewil, R. (2008). Principles and potential of anaerobic digestion of waste-activated sludge. *Progress in Energy and Combustion Science*, 34(6), 755–781.
- Biogas Technology: A Training Manual for Extension* (tek. rap.). (1996a). Kathmandu.
- Biogas Technology: A Training Manual for Extension* (tek. rap.). (1996b). Kathmandu.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2022). Türkiye Yenilenebilir Enerji Raporu.
- European Commission. (2018). Best available techniques (BAT) reference document for waste treatment.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1996). *Biogas technology: A training manual for extension (FAO/TCP/NEP/4451-T)*. Consolidated Management Services Nepal (CMS), Kathmandu.
- Güneydoğu Anadolu Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı. (2024). *GAP'ta enerji yatırımları*. <https://www.gap.gov.tr>
- IEA Bioenergy Task 37. (t.y.). IEA Bioenergy Task 37 reports.
- International Energy Agency Bioenergy. (2021). Biogas and biomethane – production, use and status.
- International Energy Agency (IEA). (2020). Outlook for biogas and biomethane: Prospects for organic growth.
- International Energy Agency (IEA). (2024a). *Bioenergy*. <https://www.iea.org/energy-system/renewables/bioenergy>
- International Energy Agency (IEA). (2024b). Renewables 2023.
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2022a). Bioenergy for the transition: Ensuring sustainability and overcoming barriers.
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2022b). Renewable energy statistics 2022.
- Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu (TKDK). (2024). *IPARD programı destekleri*. <https://www.tkd.gov.tr>
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2022). *İklim değişikliği ve atık yönetimi*. <https://csb.gov.tr>
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2022). Türkiye ulusal enerji planı (2022–2035).
- TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü. (2022). Biyogaz Teknolojileri ve Uygulamaları Raporu.
- Türkiye Cumhuriyeti. (2005). 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretimi Amaçlı Kullanımı Kanunu.
- Weiland, P. (2010). Biogas production: Current state and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85, 849–860.