



**T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI**



ORAN Orta Anadolu
Kalkınma Ajansı
Middle Anatolia Development Agency

Kayseri İli Beydeğirmeni Besi Bölgesi Biyogaz Tesisi

Ön Fizibilite Raporu





**T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI**



ORAN Orta Anadolu
Kalkınma Ajansı
Middle Anatolia Development Agency

Kayseri İli Beydeğirmeni Besi Bölgesi Biyogaz Tesisi Ön Fizibilite Raporu



2020
E K İ M

RAPORUN KAPSAMI

Bu ön fizibilite raporu, Kayseri ilinde biyogaz tesisi kurulmasının uygunluğunu tespit etmek, yatırımcılarda yatırım fikri oluşturmak ve detaylı fizibilite çalışmalarına altlık oluşturmak amacıyla Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı koordinasyonunda faaliyet gösteren Orta Anadolu Kalkınma Ajansı tarafından hazırlanmıştır.

HAKLAR BEYANI

Bu rapor, yalnızca ilgililere genel rehberlik etmesi amacıyla hazırlanmıştır. Raporda yer alan bilgi ve analizler raporun hazırlandığı zaman diliminde doğru ve güvenilir olduğuna inanılan kaynaklar ve bilgiler kullanılarak, yatırımcıları yönlendirme ve bilgilendirme amaçlı olarak yazılmıştır. Rapordaki bilgilerin değerlendirilmesi ve kullanılması sorumluluğu, doğrudan veya dolaylı olarak, bu rapora dayanarak yatırım kararı veren ya da finansman sağlayan şahıs ve kurumlara aittir. Bu rapordaki bilgilere dayanarak bir eylemde bulunan, eylemde bulunmayan veya karar alan kimselere karşı Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ile Orta Anadolu Kalkınma Ajansı sorumlu tutulamaz.

Bu raporun tüm hakları Orta Anadolu Kalkınma Ajansı'na aittir. Raporda yer alan görseller ile bilgiler telif hakkına tabi olabileceğinden, her ne koşulda olursa olsun, bu rapor hizmet gördüğü çerçevenin dışında kullanılamaz. Bu nedenle; Orta Anadolu Kalkınma Ajansı'nın yazılı onayı olmadan raporun içeriği kısmen veya tamamen kopyalanamaz, elektronik, mekanik veya benzeri bir araçla herhangi bir şekilde basılamaz, çoğaltılamaz, fotokopi veya teksir edilemez, dağıtılamaz, kaynak gösterilmeden iktibas edilemez.

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	1
TABLOLAR.....	2
ŞEKİLLER.....	2
1. YATIRIMIN KÜNYESİ.....	5
2. EKONOMİK ANALİZ.....	7
2.1 SEKTÖRÜN TANIMI.....	7
2.2 SEKTÖRE YÖNELİK SAĞLANAN DESTEKLER	7
2.3 SEKTÖRÜN PROFİLİ.....	13
2.4 DIŞ TİCARET ve YURT İÇİ TALEP	18
2.5 ÜRETİM, KAPASİTE VE TALEP TAHMİNİ.....	19
2.6 GİRDİ PİYASASI	20
2.7 PAZAR VE SATIŞ ANALİZİ.....	22
3. TEKNİK ANALİZ.....	28
3.1 KURULUŞ YERİ SEÇİMİ	28
3.2 ÜRETİM TEKNOLOJİSİ	31
3.3 İNSAN KAYNAKLARI	61
4. FİNANSAL ANALİZ	63
4.1 SABİT YATIRIM TUTARI	63
4.2 YATIRIMIN GERİ DÖNÜŞ SÜRESİ.....	64
5. ÇEVRESEL VE SOSYAL ETKİ ANALİZİ	64

TABLolar

Tablo 1 Sektörün NACE Rev.2 Sınıflandırması.....	7
Tablo 2 Sektörün GTİP Numarası.....	7
Tablo 3 Öncelikli Yatırımlar için Destek Unsurları	8
Tablo 4 Biyogaz Tesisi için Bölgesel Teşvik Alan Firmalar ve Yatırım Tutarları.....	9
Tablo 5 Türkiye’de yenilenebilir enerji için uygulanan sabit fiyat garantisi	12
Tablo 6 Biyokütle için Yerli Katkı İlavesi.....	13
Tablo 7 Biyokütleden Elde Edilen Biyoyakıtlar.....	15
Tablo 8 Doğrudan İleri ve Geri Bağlantısı Yüksek Olan Elektrik, Gaz, Buhar ve Sıcak Su Üretimi Sektörünün Girdi Temin Ettiği İlk Beş.....	15
Tablo 9 Doğrudan İleri ve Geri Bağlantısı Yüksek Olan Elektrik, Gaz, Buhar ve Sıcak Su Üretimi Sektöründen Girdi Sağlayan İlk Beş Sektör.....	16
Tablo 10 Kayseri ve Civarı İllerde Bulunan Diğer Biyogaz Santralleri	17
Tablo 11 Türkiye Elektrik Piyasası Yıllık İthalat ve İhracatı	18
Tablo 12 12 Haziran 2019 Döneminde Ülke Bazında Yurtdışı Elektrik Ticareti* (MWh).....	19
Tablo 13 Türkiye'nin Yıllar İtibariyle Elektrik İhracatı ve İthalatı (USD).....	19
Tablo 14 Yıllar İtibariyle YEKDEM Katılımcılarının Yıllık Üretim Miktarları (MWh)	19
Tablo 15 Serbest Üretim Şirketi Santralleri için Türkiye’de Biyogaz Enerji Elde Eden Santrallerin Yıllar İtibariyle Kurulu Gücü (MW)	19
Tablo 16 Serbest Üretim Şirketi Santralleri için Türkiye’de Biyogaz Enerji Elde Eden Santrallerin Yıllar İtibariyle Emreanadelik Oranı (%).....	20
Tablo 17 Bazı Hammadde Kaynaklarının Katı Madde Oranı ve Biyogaz Verimi.....	21
Tablo 18 Yıllık Yakıt Giderinin Hesaplanması (TL)	21
Tablo 19 Amortisman Hesabı	22
Tablo 20 Tarımsal Üretim Değerleri.....	22
Tablo 21 Kayseri Büyükbaş, Küçükbaş ve Yumurta Tavuğu Sayısı Değişimi	23
Tablo 22 Kayseri İli 2019 Yılı Biyokütle Enerji Potansiyeli	23
Tablo 23 Saatlik Üretilecek Enerji	26
Tablo 24 Atık Hammaddelerden Üretilebilecek Katı Madde ve Biogas Miktarı	26
Tablo 25 YEKDEM ve Piyasa Takas Fiyatının Aylar İtibariyle Değişimi	27
Tablo 26 Biyogaz üretim yöntemlerinin farklı kriterlere göre sınıflandırılması	33
Tablo 27 Farklı ön işlem teknolojilerinin avantajları ve dezavantajları. (5)	36
Tablo 28 Biyogaz İçeriği	40
Tablo 29 Kullanılacak Makine Teçhizat ve Teknik Özellikleri	60
Tablo 30 Eğitim Durumuna Göre 15 Yaş ve Üzeri Nüfusun Dağılımı, 2018 (%).....	62
Tablo 31 Kayseri İli Çalışma Çağındaki Nüfusun Toplam Nüfus İçerisindeki Payı	62
Tablo 32 Kayseri İli Genç Nüfusun Toplam Nüfus İçerisindeki Payı	62
Tablo 33 İstihdam Edilecek Personel ve Maliyet Bilgileri	63

ŞEKİLLER

Şekil 1 Sürdürülebilir Kalkınma Senaryosunda Dünya Biyokütleden Enerji Üretimi, 2000-2030 (TWh)	16
Şekil 2 İller Bazında Biyogaz Tesisleri Kurulu Güç Dağılımı	17
Şekil 3 İmalatta Saat Başı İşçilik Maliyeti USD, 2018.....	24
Şekil 4 Toplam Vergi ve Katkı Oranı, 2019	25

Şekil 5 İş Yapma Kolaylığı Sıralaması, 2020	25
Şekil 6 Kocasinan İlçe Haritası	28
Şekil 7 Beydeğirmeni Besi Bölgesi ve Etrafındaki Substract Kaynakları	29
Şekil 8 Beydeğirmeni Besi Bölgesi	30
Şekil 9 Anaerobik çözünmenin dört temel biyolojik ve kimyasal aşaması.....	31
Şekil 10 Çelik Yatay Çürütücü Olan Çiftlik Ölçekli Biyogaz Tesisinin Şematik Gösterimi.	37
Şekil 11 Çiftlik Ölçeğinde Hayvan Gübresi ve Enerji Bitkileri Kullanan Bir Biyogaz Fabrikası, Danimarka.....	38
Şekil 12 Merkezi Ortak Bir Biyogaz Tesis, Danimarka	38
Şekil 13 Bazı Bitkiler kWh Enerji Eretimi için Üretim Maliyeti (cent)	40
Şekil 14 İki Aşamalı Bitki Çözünmesi için 500 kWe Kapasite Sahip Tesis için Malzeme Akışı (ton/gün) (4)	42
Şekil 15 Biyogaz Teknolojinin Proses Adımları	43
Şekil 16 Biyogaz Üretiminin Ana Bileşenleri ve Genel Proses Akışı.....	44
Şekil 17 Bunker Silo	45
Şekil 18 Çim silaj tabakası ile kaplı, yerde büyük bir yığın üzerinde depolanan mısır silajı ...	46
Şekil 19 Pompalama Sistemi.....	47
Şekil 20 Mısır Silajı Taşıyan Yükleyici	48
Şekil 21 Vida Tipi Taşıma Sistemi ve Aparatları	49
Şekil 22 Çürütücüye Besleme Stoğu Yerleştirmek için Yıkama Mili, Besleme Pistonları ve Besleme Konveyörleri Sistemi.....	49
Şekil 23 Yalıtılmış Gaz Boruları	49
Şekil 24 Kojeneratördeki Enerji Dönüşümü.....	50
Şekil 25 Biyogaz Tesis ısıtma Sistemi (solda), Beton Sindirici, Çözücü Bölümünün Yalıtımı (sağda).....	51
Şekil 26 Çözücü İçerisindeki Isıtma Boruları	52
Şekil 27 İnşa Halinde Dikey Çürütücü (solda), Gaz geçirmez membran ile kaplı dikey çürütücüler. Membran üstü üretilen biyogaz tarafından şişirilir (sağda).....	52
Şekil 28 Asma kanatlı karıştırıcılar (solda) ve karıştırma motoru (sağda).....	53
Şekil 29 Kürekli Karıştırıcılar.....	54
Şekil 30 Emniyet basınç tesisleri ve vanalar	55
Şekil 31 Modern Biyogaz Ateşlemeleri	55
Şekil 32 Hidrojen sülfürün uzaklaştırılması için reaktör tankı	56

Şekil 33 Doğal yüzer tabaka ile kaplı depolama tankları	58
Şekil 34 Membran kaplı depolama tankları	58
Şekil 35 Digestate depolama için açık havuz lagünleri.....	58
Şekil 36 İki ana sindiricili bir tarımsal biyogaz tesisi için bilgisayar tabanlı bir izleme planının ekran görüntüsü	58

KAYSERİ İLİ BEYDEĞİRMENİ BESİ BÖLGESİ BİYOGAZ TESİSİ ÖN FİZİBİLİTESİ

1. YATIRIMIN KÜNYESİ

Yatırım Konusu	Beydeğirmeni Besi Bölgesi Biyogaz Tesisi	
Üretilen Ürün/Hizmet	Elektrik Üretimi	
Yatırım Yeri (İl – İlçe)	Kayseri	
Tesisin Teknik Kapasitesi	2000 ton/gün Büyük Baş Hayvan Atığı, 3.15 MWh Elektrik Üretimi	
Sabit Yatırım Tutarı	(11.932.000 USD)	
Yatırım Süresi	(1 Yıl)	
Sektörün Kapasite Kullanım Oranı	% 70	
İstihdam Kapasitesi	31 kişi	
Yatırımın Geri Dönüş Süresi	4.2 Yıl	
İlgili NACE Kodu (Rev. 3)	35.11.19	
İlgili GTİP Numarası	2716	
Yatırımın Hedef Ülkesi	Türkiye	
Yatırımın Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına Etkisi	Doğrudan Etki	Dolaylı Etki
	Amaç 7: Erişilebilir ve Temiz Enerji	Amaç 1: Yoksulluğa Son,
Diğer İlgili Hususlar	Bölgesel Teşvik Alınmalıdır. Sabit Fiyat Desteği İçin Tesis 31.12.2020'ye kadar devreye alınmalıdır.	

Subject of the Project	Beydeğirmeni Fattening Region Biogas Plant	
Information about the Product/Service	Electricity generation	
Investment Location (Province-District)	Kayseri	
Technical Capacity of the Facility	2000 tons/day Cattle Waste, 3.15 MWh Electricity Generation	
Fixed Investment Cost (USD)	11.932.000	
Investment Period	1 Yıl	
Economic Capacity Utilization Rate of the Sector	%70	
Employment Capacity	31 people	
Payback Period of Investment	4.1 years	
NACE Code of the Product/Service (Rev.3)	35.11.19	
Harmonized Code (HS) of the Product/Service	2716	
Target Country of Investment	Turkey	
Impact of the Investment on Sustainable Development Goals	Direct Effect (<i>Doğrudan Etki</i>)	Indirect Effect (<i>Dolaylı Etki</i>)
	<i>Goal 7: Affordable and Clean Energy</i>	<i>Goal 1: No Poverty,</i>
Other Related Issues	Regional Incentive Should Be Taken. The Plant for Fixed Price Support should be put into operation until 31.12.2020.	

2. EKONOMİK ANALİZ

2.1 SEKTÖRÜN TANIMI

Çalışma konusu sektör NACE Rev.2 Sınıflandırmasında “Elektrik, Gaz, Buhar ve İklimlendirme Üretimi ve Dağıtımı” grubu içerisinde yer almaktadır. GTİP numarası olarak 27 kodlu “Mineral yakıtlar, mineral yağlar ve bunların damıtılmasından elde edilen ürünler; bitümlü maddeler, mineraller” grubu içerisinde 2716 kodlu Elektrik Enerjisi kodu içerisinde yer almaktadır.

Tablo 1 Sektörün NACE Rev.2 Sınıflandırması

D-	ELEKTRİK, GAZ, BUHAR VE İKLİMLENDİRME ÜRETİMİ VE DAĞITIMI
35	Elektrik, gaz, buhar ve havalandırma sistemi üretim ve dağıtımı
35.1	Elektrik enerjisinin üretimi, iletimi ve dağıtımı
35.11	Elektrik enerjisi üretimi
35.11.19	Elektrik enerjisi üretimi

Tablo 2 Sektörün GTİP Numarası

GTİP Kodu	
27	Mineral yakıtlar, mineral yağlar ve bunların damıtılmasından elde edilen ürünler; bitümlü maddeler; mineraller
2716	Elektrik enerjisi

2.2 SEKTÖRE YÖNELİK SAĞLANAN DESTEKLER

Yenilenebilir enerji üretimi birçok ülkede olduğu gibi Türkiye’de de desteklenmektedir. Yatırım Teşvik Sistemi kapsamında atık geri kazanım yatırımları öncelikli yatırım konuları arasında yer almakta, bölgesel teşvik kapsamında 5. Bölge teşviklerinden faydalanılabilmektedir. Ayrıca Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun kapsamında biyogazdan elektrik üretimine 13.3 cent/kWh fiyatından alım garantisi verilmektedir.

2.2.1 YATIRIM TEŞVİK SİSTEMİ

Yatırım teşvik sisteminin yatırımın yapılacağı sektörde ile sunduğu teşvik unsurları detaylı biçimde bu kısımda ele alınacaktır. Yatırımın konusu ve yapılacağı il dikkate alınarak, aşağıda yer alan teşvik unsurlarından yararlanılabilecek olanlar, teşvik miktarı, süresi ve şartları dikkate alınmak kaydıyla açıklanacaktır. Ayrıca, teşvik başvurusunda izlenecek yol da bu kısımda belirtilecektir.

Teşvik Unsurları;

- Gümrük Vergisi Muafiyeti,
- Katma Değer Vergisi İstisnası,
- Gelir Vergisi Stopajı Desteği,
- Sigorta Primi İşveren Hissesi Desteği,
- Vergi İndirimi,
- Yatırım Yeri Tahsisi,
- Faiz-Kâr Payı Desteği,

- Sigorta Primi Desteği,
- Katma Değer Vergisi İadesi.

Bölgesel Teşvik Sistemi

Ülkemizin ihtiyaçları doğrultusunda, tespit edilen alanlarda yapılacak olan yatırımlar, öncelikli yatırımlar olarak belirlenmiş ve bu yatırımlara 1. 2. 3. ve 4. Bölgelerde gerçekleştirilmiş olsalar dahi 5. Bölgede uygulanan destekler sağlanmıştır. Bu yatırımlara, 5. ve 6. Bölgede gerçekleştirilmeleri halinde ise kendi bölgelerinde uygulanan destekler sağlanmaktadır. Bu kapsamda “Asgari 5 milyon TL tutarındaki atık geri kazanım yatırımları ve/veya asgari 5 milyon TL tutarındaki bertaraf tesisi yatırımları” öncelikli yatırım konuları arasına alınmıştır.

Öncelikli yatırımlar kapsamında 5. bölge destekleri ile desteklenecek yatırım konuları içerisinde; “Asgari 5 milyon TL tutarındaki atık geri kazanım yatırımları ve/veya asgari 5 milyon TL tutarındaki bertaraf tesisi yatırımları” yer almaktadır.

Tablo 3 Öncelikli Yatırımlar için Destek Unsurları

Destek Unsurları		Destek Oranı ve Süreleri
KDV İstisnası		OK
Gümrük Vergisi Muafiyeti		OK
Vergi İndirimi	Yatırıma Katkı Oranı	40
	Vergi İndirimi	80
Sigorta Primi İşveren Hissesi Desteği		7 Yıl
Yatırım Yeri Tahsisi		OK
Faiz ve Kar Payı Desteği	İç Kredi	5 Puan
	Döviz/Döviz Endeksli Kredi	2 Puan

Kaynak: <https://www.sanayi.gov.tr/destek-ve-tesvikler/yatirim-tesvik-sistemleri/md0103011615>

Tablo 4 Biyogaz Tesisi için Bölgesel Teşvik Alan Firmalar ve Yatırım Tutarları

BELGE NO / SERMAYE TÜRÜ	YATIRIM YERİ İLİ	FİRMANIN ADI	KDV İSTİSNASI	GÜMRÜK VERGİSİ MUAFİYETİ	SİGORTA PRİMİ İŞVEREN HİSSESİ DESTEĞİ	VERGİ İNDİRİMİ	FAİZ DESTEĞİ	YATIRIMIN KAPASİTESİ	İSTİHDAM (Kişi)	İTH. MAK. TEÇ. TUT. (ABD\$)	SABİT YATIRIM (TL)
118472 / Yerli Sermaye	SAKARYA	BİOSUN PAMUKOVA KATI ATIK İŞLEME ENERJİ VE ÇEVRE SAN.TİC.A.Ş.	VAR	VAR		Vergi İndirimi %40, YKO %15		Organik gübre 14050 TON/YIL Hurda ambalaj geri kazanımı 3200 TON/YIL Biyogaz 4200 M3/YIL	25	1.775.130	22.199.875
124618 / Yerli Sermaye	BURSA	ENFAŞ ENERJİ ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.	VAR	VAR	Sigorta Primi İşveren Hissesi 2 Yıl	Vergi İndirimi %50, YKO %15		Atıktan Biyogaz 14700000 M3/YIL Atıktan organik gübre (sıvı) 280000 TON/YIL Atıktan organik gübre (katı) 70000 TON/YIL	5	1.365.000	8.015.000
126756 / Yerli Sermaye	KIRKLARELİ	SELEDA BİYOGAZ ENERJİ SANAYİ VE TİCARET A.Ş.	VAR	VAR	Sigorta Primi İşveren Hissesi 3 Yıl	Vergi İndirimi %55, YKO %20		Atıktan biyogaz 15539130 M3/YIL Atıktan Organik gübre(Sıvı ve Katı) 150000 TON/YIL	75	3.945.700	33.640.000
130506 / Yerli Sermaye	KONYA	ALTACA MERAM YEŞİL ENERJİ ÜRETİM A. Ş.	VAR	VAR	Sigorta Primi İşveren Hissesi 3 Yıl	Vergi İndirimi %55, YKO %20		ATIKTAN BİYOGAZ ÜRETİMİ 17726 M3/YIL ORGANİK GÜBRE 57500 TON/YIL	50	183.384	38.000.000
136487 / Yerli Sermaye	ANKARA	ARIŞ MAKİNA İMALAT SAN. TİC. VE TAAH. LTD. ŞTİ.	VAR		Sigorta Primi İşveren Hissesi 6 Yıl	Vergi İndirimi %70, YKO %30	Faiz Desteği	Booster Ünitesi, Siloksan Giderim Sistemi, Biyogaz Kurutma Sistemi ve H2S Giderim Sistemi 50 ADET/YIL	8	0	4.320.000

500403 / Yerli Sermaye	SAMSUN	GZL ENERJİ ANONİM ŞİRKETİ	VAR	VAR	Sigorta Primi İşveren Hissesi 7 Yıl	Vergi İndirimi %80, YKO %40	Faiz Desteği	ATIKTAN BİYOGAZ 3523800 M3/YIL ATIKTAN BİYOGAZ GÜBRE {KATI VE SIVI} 24090 TON/YIL	20	70.000	8.389.514
500445 / Yerli Sermaye	AMASYA	ZEN GLOBAL BİYOGAZ ELEKTRİK ENERJİ VE GÜBRE ÜRETİM TARIM HAYVANCILIK GIDA SANAYİ VE TİCARET ANONİM ŞİRKETİ	VAR	VAR	Sigorta Primi İşveren Hissesi 7 Yıl	Vergi İndirimi %80, YKO %40	Faiz Desteği	ATIKTAN BİYOGAZ 4239600 TON/YIL ATIKTAN GÜBRE {KATI VE SIVI} 19080 TON/YIL	20	5.500	9.868.732
500457 / Yerli Sermaye	KÜTAHYA	WM ENERJİ SANAYİ VE TİCARET ANONİM ŞİRKETİ	VAR	VAR	Sigorta Primi İşveren Hissesi 7 Yıl	Vergi İndirimi %80, YKO %40	Faiz Desteği	ATIKTAN BİYOGAZ 4391400 M3/YIL ATIKTAN GÜBRE {KATI VE SIVI} 23100 TON/YIL	20	50.000	20.732.594
500739 / Yerli Sermaye	KAYSERİ	BYZ GLOBAL ENERJİ VE GÜBRE ÜRETİMİ SANAYİ TİCARET ANONİM ŞİRKETİ	VAR	VAR	Sigorta Primi İşveren Hissesi 7 Yıl	Vergi İndirimi %80, YKO %40	Faiz Desteği	ATIKTAN BİYOGAZ 3607200 M3/YIL ATIKTAN GÜBRE{KATI VE SIVI} 54000 TON/YIL	20	55.000	7.765.057
502805 / Yerli Sermaye	ANKARA	ONAT ENERJİ YATIRIM ANONİM ŞİRKETİ	VAR	VAR	Sigorta Primi İşveren Hissesi 7 Yıl	Vergi İndirimi %80, YKO %40	Faiz Desteği	Hayvansal Atık Geri Kazanımı{ Biyogaz, kompost ve organik gübre} 200000 TON/YIL	10		25.802.342

502935 / Yerli Sermaye	ANKARA	PADAŞ ENERJİ VE GÜBRE ÜRETİM TİCARET SANAYİ ANONİM ŞİRKETİ	VAR	VAR	Sigorta Primi İşveren Hissesi 7 Yıl	Vergi İndirimi %80, YKO %40	Faiz Desteği	ATIKTAN BİYOGAZ 7215000 M3/YIL, ATIKTAN GÜBRE {KATI VE SIVI} 81390 TON/YIL	20		18.307.026
504491 / Yerli Sermaye	BALIKESİR	BALIKESİR BİYOGAZ İŞLETMELERİ ANONİM ŞİRKETİ	VAR	VAR	Sigorta Primi İşveren Hissesi 7 Yıl	Vergi İndirimi %80	Faiz Desteği	ATIKTAN BİYOGAZ 3.607.200 M3/YIL, ATIKTAN GÜBRE {KATI VE SIVI} 24.000 TON/YIL	10		12.000.000
504492 / Yerli Sermaye	KONYA	KONYA BİYOGAZ ELEKTRİK ÜRETİM ANONİM ŞİRKETİ	VAR	VAR	Sigorta Primi İşveren Hissesi 7 Yıl	Vergi İndirimi %80	Faiz Desteği	ATIKTAN BİYOGAZ 26.280.000 M3/YIL, ATIKTAN GÜBRE {KATI VE SIVI} 255.000 TON/YIL	10		35.568.395
505949 / Yerli Sermaye	KIRŞEHİR	EMİN BİYOGAZ ENERJİ ÜRETİM SANAYİ VE TİCARET ANONİM ŞİRKETİ	VAR	VAR	Sigorta Primi İşveren Hissesi 7 Yıl	Vergi İndirimi %80	Faiz Desteği	ATIKTAN BİYOGAZ 1.500 M3/SAAT, ATIKTAN KOMPOST 580 TON/GÜN	30		23.075.903

2.2.2 DİĞER DESTEKLER

Sabit Fiyat Garantisi Teşviki

YEKDEM' den faydalanabilecek üretim tesisleri 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (YEK Kanunu)'da rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyokütleden elde edilen gaz (çöp gazı dâhil), dalga, akıntı enerjisi ve gel-git ile kanal veya nehir tipi veya rezervuar alanı on beş kilometrekarenin altında olan hidroelektrik üretim tesisi kurulmasına uygun elektrik enerjisi üretim kaynakları olarak sıralanmıştır.

5346 sayılı YEK Kanunu'nun yürürlük tarihi olan 18/5/2005 tarihinden 31/12/2020 tarihine kadar işletmeye girmiş ya da girecek olan ve bu kanun kapsamında yer alan üretim tesislerine 10 yıl süre ile uygulanır.

YEKDEM' de yer alan tesislere uygulanacak fiyatlar YEK Kanunu ile belirlenmiş olup hidroelektrik ve rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisleri için 7,3 UScent/kWh, jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisleri için 10,5 UScent/kWh, biyokütle ve güneş enerjisine dayalı üretim tesisleri için ise 13,3 UScent/kWh şeklindedir. Lisanslı üretim tesisinde yerli aksam kullanılması ve ilgili yerli aksamın "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üreten Tesislerde Kullanılan Yerli Aksamın Desteklenmesi Hakkında Yönetmelik" hükümleri ve diğer ilgili mevzuat kapsamında belgelenmesi halinde ise bu fiyatlara yine YEK Kanunu Ek-II sayılı cetvelinde yer alan fiyatlardan beş yıl süreyle ilave edilir.

Bu mekanizmada, her bir yenilenebilir enerji kaynağı için eşit olmamak kaydıyla yeni sabit fiyat garantisi getirilmiştir. Gerçek ve tüzel kurum ve kuruluşlar ihtiyaçlarının üzerinde ürettikleri elektrik enerjilerini dağıtım sistemine göndermeleri halinde 1 sayılı cetveldeki fiyatlardan 10 yıl süre ile yararlanmaktadırlar. 6094 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına ilişkin Kanuna göre sabit fiyat garantisi hidroelektrik ve rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi için 7,3 cent, jeotermal enerjiye dayalı üretim tesisi için 10,5 cent, biyokütle ve güneş enerjisine dayalı üretim için 13,3 cent olarak uygulanmaktadır. (Bkz. Tablo 5)

Tablo 5 Türkiye'de yenilenebilir enerji için uygulanan sabit fiyat garantisi

Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	Uygulanacak Fiyatlar (UScent/kWh)
a) Hidroelektrik üretim tesisi	7,3
b) Rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi	7,3
c) Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	10,5
d) Biyokütleyle dayalı üretim tesisi (Çöp gazı dâhil)	13,3
e) Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	13,3

5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kanunu ile tanımlanmış teşvikler biyokütle yatırımlarını da kapsamaktadır. Biyokütle yatırımları, en yüksek sabit fiyatlı alım garantisi seviyesi olan 13,3 UScent/kWh ile desteklenmekte, yurtiçi ekipman kullanımı durumunda "yerli katkı ilavesi" adı altındaki ilave teşvikle bu fiyat 18,1 UScent/kWh' a dek ulaşmaktadır. Kanunda tanımlanmış teşvikler 31 Aralık 2020'ye dek olan dönemde devreye girmiş ya da girecek olan tesisleri kapsamaktadır.

Kanunun eki Cetvel I' de tanımlanmış olan sabit fiyatlı alım garantisi, tesisin devreye girişinden itibaren 10 yıl, Cetvel II' de belirtilen yerli katkı ilaveleri ise 5 yıl süreyle geçerlidir.

Tablo 6 Biyokütle için Yerli Katkı İlavesi

Yurtiçi İmalat Ekipmanları	Bonus (UScent/kWh)
Akışkan yataklı buhar kazanı	0,8
Sıvı veya gaz yakıtlı buhar kazanı	0,4
Gazlaştırma ve gaz temizleme grubu	0,6
Buhar ve gaz türbini	2,0
İçten yanmalı motor ve stirling motoru	0,9
Jeneratör ve güç elektroniği	0,5
Kojenerasyon sistemi	0,4
Toplam	Seçilen teknolojiye göre en fazla 4,8

Kaynak: 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kanunu

TurSEFF Yenilenebilir Enerji Finansmanı

Türkiye Sürdürülebilir Enerji Finansman Programı (TurSEFF), kamu ve özel sektör tarafından uygulanması planlanan Sürdürülebilir Enerji ve Kaynak Verimliliği yatırımları için finansman sağlamak üzere oluşturulmuş bir programdır. Program, Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (EBRD) tarafından geliştirilmiştir ve 2010 yılından bu yana Avrupa Birliği (AB) tarafından desteklenmektedir. TurSEFF bugüne kadar 1500'den fazla projeye 640 milyon EUR değerinde finansman sağlamış ve 525 MW yenilenebilir enerji gücü kurulmasını desteklemiştir.

TurSEFF Yenilenebilir Enerji kredisi veya lease, 2023 yılına kadar "Ulusal Yenilenebilir Enerji Hedeflerine" ulaşılmasına katkıda bulunurken, birincil enerji tüketiminde ve karbon emisyonlarında ulusal düzeyde düşüşü sağlayacak yeni sürdürülebilir enerji yatırımlarını finanse etmek amacıyla geliştirilmiştir.

Avrupa Birliği KOBİ tanımına uyan (250'den az çalışanı ve yıllık satış hacmi 50 milyon € veya aktif büyüklüğü 43 milyon € altında) işletmeler TurSEFF Yenilenebilir Enerji finansmanından faydalanabilmektedir.

Proje başına kullanılacak maksimum finansman tutarı 5 milyon € veya muadilidir. Bir yatırımcı, yatırım başına 5 milyon €'yu aşmamak kaydı ile toplam 15 milyon €'ya kadar finansman kullanabilmektedir.

Biyokütleden termal/elektrik, çöp gazı, güneş enerjisinden elektrik üretimi projeleri (saha tipi, çatı tipi), rüzgâr enerjisi projeleri, elektrik üretimi için atık su çamuru kullanımı, küçük ölçekli nehir tipi hidroelektrik santralleri, jeotermal ısı pompaları veya jeotermal enerji santralleri program kapsamında finanse edilebilmektedir.

2.3 SEKTÖRÜN PROFİLİ

Sektörün Genel Yapısı

Türkiye sınırlı miktarda fosil kökenli yakıt rezervlerine sahiptir ve bu nedenle de dışa bağımlıdır. Mevcut enerji tüketiminin büyük bir kısmı ithalat yoluyla karşılanmaktadır. Oysa Türkiye fosil kaynaklı enerji türlerine alternatif olabilecek farklı yenilenebilir enerji imkânlarına sahiptir. Son yıllarda Türkiye'de hidroelektrik güneş, rüzgâr, jeotermal kaynaklı enerji üretimi yaygınlaşmaya başlamış olup diğer enerji türlerine göre biyokütle kaynaklı enerji üretimi yeterince yaygınlaşmamıştır.

Türkiye’de geçtiğimiz yıllarda çiftlik kapasitelerinde ve dolayısıyla gübre miktarlarında büyük artışlar olmuştur. Türkiye’de inek, koyun ve kümes hayvanları sayıları yaklaşık 18, 46 ve 360 milyondur. Toplam atık miktarı ise yaklaşık 200 milyon tondur. Günümüzde fosil yakıtların azalması dolayısıyla, yakın gelecekte enerji açığı oluşması muhtemeldir. Ayrıca bitkisel ve hayvansal atıklardan kaynaklanan çevre problemlerini düşündüğümüzde bu iki problemi çözmek için biyogaz tesisleri iyi bir çözüm olarak görünmektedir.

Yenilenebilir enerjiye ilişkin yasal çerçeve, Yenilenebilir Enerji Kanunu’nun yanı sıra Elektrik Piyasası Kanunu tarafından da düzenlenmektedir. Biyokütle bazında ise konu ile alakalı Çevre Kanunu da önemli bir konumdadır. Biyokütle santrallerine yönelik takip edilmesi gereken kanunlar, ikincil mevzuat, EPDK kurul kararları ve ETKB duyurularını kapsamaktadır.

Kanun

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanılmasına İlişkin Kanun, No: 5346
Elektrik Piyasası Kanunu, No 6446
Çevre Kanun, No 2872

İkincil Mevzuat

Lisansız üretim Yönetmeliği (02.10.2013/28873)
Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği (02.11.2013/28809)
Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üreten Tesislerde kullanılan aksamın Yurtiçinde İmalatı Hakkında Yönetmelik
Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik (05.05.2007/26927)
Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (14.03.1991/20814)

EKDK Kurul Kararları ve Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı Duyuruları

Şebeke Bağlantı Kapasiteleri Hakkında Duyuru
Lisans Başvurusu Kabul Tarihi Hakkında Duyuru

Sektöre Ait Ürün Yelpazesi

Biyolojik kaynaklı hammaddeleri kullanarak birçok farklı şekilde enerji elde edilebilir. En yaygın kullanılan enerji elde etme yolu katı yakıt olarak biyolojik hammaddelerin yakılmasıdır. Yakma işlemine hazır hale getirmek için biyolojik yakıtlar pelet haline dönüştürülebilirler.

Sıvı halde biyokütle kaynaklı enerji türlerine biyodizel ve bioetanolü örnek olarak verebiliriz. Fosil yakıtların fiyatlarının çok yüksek olduğu dönemlerde yakıt maliyetlerini azaltmak için biyodizel ve biyoetanol üretimi yaygınlaşmıştır. Biyoetanol belli oranlarda fosil yakıtların içerisine katılarak yakıt maliyetlerini azaltmak için kullanılır. Biyodizel, organik yağların baz ve alkolle karıştırılarak dizel yakıtı çevrilmesi sonucu elde edilen üründür.

Biyogaz terimi organik atıklardan kullanılabilir gaz üretilmesini ifade eder. En yaygın olarak kullanılan enerji üretme yöntemlerinden birisidir. Ayrıca sürdürülebilirlik açısından atık geri dönüşümü sağlaması

ve işlenmiş gübre çıktısı ile tarım ve hayvancılık ile entegre, birbirini bütünleyen bir sitemin parçası olarak görev yapar.

Sentez gazı, gazlaştırma veya karbon içerikli malzemelerin pirolizi aracılığı ile oluşturulur. Gazlaştırma, reaksiyonu oksijenin kontrolünde sınırlı yanma ile termal enerjiyi sağlayarak reaksiyonu devam ettirmek için, yüksek sıcaklıklara tabi tutulmuş malzemeleri içerir. Gazlaştırma operasyonu bir gazlaştırıcı reaktörde yapılabileceği gibi alternatif olarak yeraltı kömür madenlerinin bulunduğu yerlerde de gerçekleştirilebilir. Gaza dönüşen ham maddenin, örneğin odun veya organik atık gibi yakın zamanda elde edilen biyolojik bir kaynak olması halinde gaz dönüştürücüsü tarafından üretilen gaz yenilenebilir yakıt olarak düşünülür.

Mikroalgler ve bakteriler tarafından üretilen hidrojen biyohidrojenidir. Şu anda pratik bir biyohidrojen üretim süreci bulunmamaktadır. Organik atıkların koyu fermantasyonlarından elde edilen H₂ verimleri, CH₄ fermantasyonlarına kıyasla ısıtma değeri bazında tipik olarak %20'den azdır. Yüksek sıcaklıklarda, besin sınırlamaları olan ve bakterilerin metabolik mühendisliği yoluyla daha yüksek verim mümkün olabilir. Fotofermentasyonlar, organik substratların nitrojen fiksasyonlu fotosentetik bakterilerle H₂'ye dönüştürülmesi, yüksek H₂ verimi sağlar.

Tablo 7 Biyokütleden Elde Edilen Biyoyakıtlar

Katı Biyoyakıtlar	Sıvı Biyoyakıtlar	Gaz Biyoyakıtlar
Peletler	Biyodizel Biyoetanol	Biyogaz Biyosentez Biyohidrojen

Sektörün İleri ve Geri Bağlantıları

Elektrik, gaz, buhar ve sıcak su üretimi ve dağıtım sektörüne olan bir birimlik toplam talebin 0.412804 birimi kendi sektöründen, 0.082511 birimi diğer hizmet faaliyetleri sektöründen, 0.069836 birimi metal cevheri madenciligi sektöründen, 0.049745 birimi ana metal sanayi sektöründen, 0.045371 birimi ise kâğıt ve kâğıt ürünleri imalatı sektöründendir.

Tablo 8 Doğrudan İleri ve Geri Bağlantısı Yüksek Olan Elektrik, Gaz, Buhar ve Sıcak Su Üretimi Sektörünün Girdi Temin Ettiği İlk Beş

	1	2	3	4	5
	0,412804	0,147386	0,027331	0,022008	0,012908
32 Elektrik, gaz, buhar ve sıcak su üretimi ve dağıtım	32 Elektrik, gaz, buhar ve sıcak su üretimi ve dağıtım	5 Tetkik ve arama hariç, ham petrol ve doğalgaz çıkarımı ve bunlarla ilgili hizmet faaliyetleri	4 Maden kömürü, linyit ve turba çıkarımı	25 B.y.s. elektrikli makine ve cihazların imalatı	39 Kara taşımacılığı ve boru hattıyla taşımacılık

Kaynak: (1)

Tablo 9 Doğrudan İleri ve Geri Bağlantısı Yüksek Olan Elektrik, Gaz, Buhar ve Sıcak Su Üretimi Sektöründen Girdi Sağlayan İlk Beş Sektör

	1	2	3	4	5
	0.412804	0.082511	0.069836	0.049745	0.045371
32 Elektrik, gaz, buhar ve sıcak su üretimi ve dağıtımı	32 Elektrik, gaz, buhar ve sıcak su üretimi ve dağıtımı	58 Diğer hizmet faaliyetleri	7 Metal cevheri madenciliği	21 Ana metal sanayii	15 Kâğıt ve kâğıt ürünleri imalatı

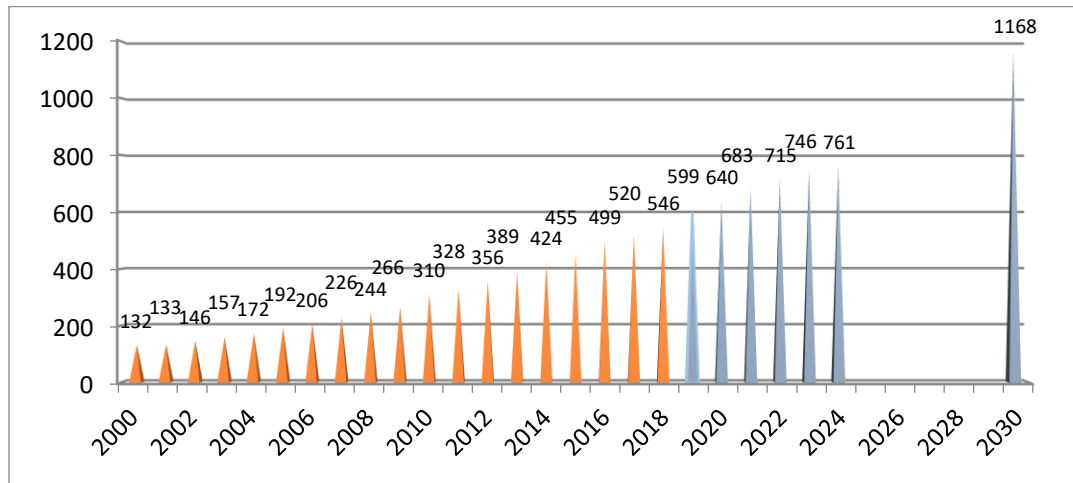
Kaynak: (1)

Dünyada Sektörün Büyüklüğü

Biyoenerji kapasitesinin 2024 yılına kadar %32 artarak 171 GW' a yükselmesi hedefleniyor. Bu toplam yenilenebilir kapasite büyümesinin sadece %3'ünü oluştururken, biyoenerjinin 2024 yılı sonunda yenilenebilir üretiminin %8'ini oluşturacağı hesaplanıyor. Küresel ilaveler 6 GW ila 8 GW arasında sabit kalırken, Çin esas olarak katı biyokütle ortak üretimi ve atık enerji projeleri biçiminde % 50'den fazla yeni kapasite oluşturması bekleniyor.

Brezilya ve Hindistan, şeker ve etanol endüstrisine bağlı, küspe yakıtlı ortak üretim nedeniyle bir sonraki en büyük büyüme pazarlarıdır. Avrupa Birliği, 2018 yılında ulaştığı 3 GW ilave kapasiteyle hala 2011'deki rekor büyümeye ulaşamamaktadır. Avrupa kapasitesinin, Birleşik Krallık, Hollanda ve Türkiye liderliğindeki, gelişmekte olan biyogaz piyasası sayesinde tüm tahmin dönemi boyunca (2024 yılına kadar) 6 GW' ın biraz altında büyüyeceği öngörülmektedir (IEA, Yenilenebilir Enerji 2019 Raporu, 2019-2024 Pazar Analizi ve Tahmini).

2015 yılında küresel biyoenerji enerji üretimi, 2014 seviyelerinde %8 artışla 455 TWh oldu. 2021 itibariyle, biyoenerji üretiminin yıllık ortalama %6 büyüme oranına ulaşacağı tahmin ediliyor. 2015 yılında Amerika Birleşik Devletleri 69 TWh ile biyoenerjiden en fazla elektrik üretimine sahiptir. Ardından Çin (53 TWh) ve Almanya (51 TWh) ile gelmektedir. Biyoenerji için büyük pazarlardaki en hızlı ortalama yıllık büyüme oranlarının Asya'da gerçekleşmesi beklenmektedir, özellikle Tayland'da %9, Çin'de (%9) ve Japonya'da (%8) olması beklenmektedir.

Şekil 1 Sürdürülebilir Kalkınma Senaryosunda Dünya Biyokütleden Enerji Üretimi, 2000-2030 (TWh)

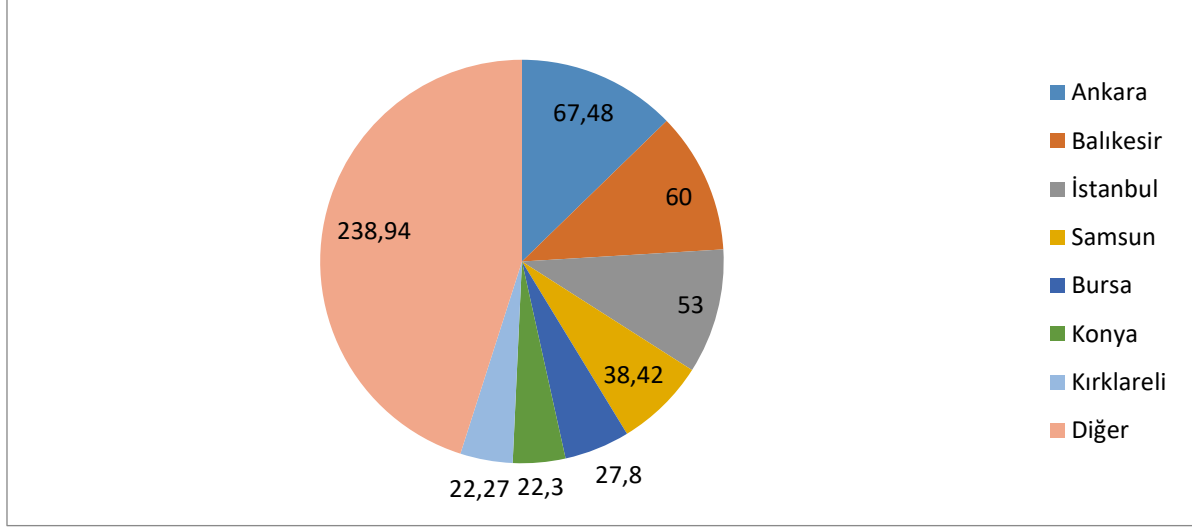
Not: Turuncu Gerçekleşen, Mavi Tahmin

Kaynak: Kaynak: Geçmiş veriler IEA (2018) Dünya Enerji İstatistikleri ve Dengeleri raporuna dayanmaktadır. www.iea.org/statistics

Türkiye’de Sektörün Büyüklüğü

Türkiye’de Biyogaz, Biyokütle, Atık Isı ve Piroolitik Yağ Enerji Santrali olarak yaklaşık 100 firma bulunmaktadır. Kurulu güçleri toplamı 736 MW olup toplam kurulu gücün %0,73’ünü oluşturmaktadır. Yıllık enerji üretimi yaklaşık olarak 2.277 GWh’dır.

Şekil 2 İller Bazında Biyogaz Tesisleri Kurulu Güç Dağılımı



Kayseri ve Çevre İllerdeki Sektörün Büyüklüğü

Enerji Atlası web sitesi verilerine göre Kayseri’de biyokütleden elektrik üretimi yapan bir firma (Her Enerji) bulunmaktadır. Tesiste çöp sahasından çıkarılan metan gazı kullanılmakta ve atık ısının ileride sera ısıtılmasında kullanılması planlanmaktadır. Her Enerji ve Çevre Teknolojileri Elektrik Üretim A.Ş. enerji sektöründe faaliyet göstermek amacıyla kurulmuştur. Her Enerji 2010 yılında çöp gazından elektrik üretilip şebekeye satmak için yatırım kararı almış ve 1995 yılından beri Kayseri ve çevre bölgelerden atıkların depolandığı Kayseri Molu Katı Atık Depolama Sahasını kiralamıştır. 2011 yılı Haziran ayında sahadaki inşaat işleri başlamıştır. Proje kapsamında gaz depolama sistemi, booster, flare (baca), 2 adet H₂S giderme ünitesi ve 6 adet TCG2020V16 tip gaz motorunun anahtar teslimi kurulumu yapılmıştır. Enerji santralinde toplam güç 8.1 MW’dır ve 6 adet TCG 2020V16 model biyogaz motoru vardır.

Ayrıca Kayseri Büyükşehir Belediyesi İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde bir biyogaz tesisi bulunmakta olup üretilen elektrik arıtma tesisinin ihtiyaçları için kullanılmaktadır. Ticari elektrik satışı yapılmamaktadır.

Tablo 10 Kayseri ve Civarı İllerde Bulunan Diğer Biyogaz Santralleri

Santral Adı	İl	Tesis Türü	Firma	Kurulu Güç
Kayseri Çöplüğü Biyogaz Elektrik Santrali	Kayseri	Biyogaz	Her Enerji	5,78 MW
Aksaray OSB Gübre Gazı Elektrik Santrali	Aksaray	Biyogaz	Sütaş Süt Enfaş Enerji	6,40 MW

Yapılcanlar Biyogaz Enerji Santrali	Aksaray	Biyogaz	Yapılcanlar Tohumculuk	1,07 MW
Malatya Çöp Gazlaştırma ve Yakma Tesisi	Malatya	Biyogaz	Mim Sanayi Kazanları	4,00 MW
Malatya BŞB Çöp Gazı Elektrik Üretim Santrali	Malatya	Biyogaz	Malatya Büyükşehir Belediyesi	2,40 MW
Malatya 1 Çöp Gaz Elektrik Üretim Tesisi	Malatya	Biyogaz		1,20 MW
Sivas Biyokütle Elektrik Üretim Tesisi	Sivas	Çöp Gazı	Novtek Enerji	2,82 MW
Sofulu Çöplüğü Biyogaz Santrali	Adana	Biyogaz	ITC Katı Atık Enerji	16 MW

Kaynak: <https://www.enerjiatlası.com/sehir/>

2.4 DIŞ TİCARET ve YURT İÇİ TALEP

Biyogaz ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin %99'u yurt içi piyasada tüketilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik arzı artsa dahi alım devam etmekte artan miktar kadar doğalgaz veya kömürden elde edilen elektrik azaltılmaktadır. Bu nedenle yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektrik için talep sıkıntısı bulunmamaktadır.

Tablo 11 Türkiye Elektrik Piyasası Yıllık İthalat ve İhracatı

	Birim	2016	2017	2018	2019	2020 (Ocak-Mart)
İthalat	GWh	6400129,16	2729060,87	2466009,25	2211506,39	718176,51
İhracat	GWh	1442081,65	3300096,2	3073600,77	2788667,28	602657,02

Kaynak: Türkiye Elektrik İdaresi AŞ (TEİAŞ)

Tablo 12 1 Haziran 2019 Döneminde Ülke Bazında Yurtdışı Elektrik Ticareti* (MWh)

ÜLKE	Gelen Enerji (MWh)	Giden Enerji (MWh)
YUNANİSTAN	1.371	142.094
GÜRCİSTAN	36.999	8
BULGARİSTAN	116.374	13.737
Genel Toplam	154.744	155.839

* Söz konusu rakamlar, parasal değil fiziki akışı göstermektedir.

Tablo 13 Türkiye'nin Yıllar İtibariyle Elektrik İhracatı ve İthalatı (USD)

Gtip Kodu	Ürün	2015	2016	2017	2018	2019
'271600	Elektrik Enerjisi İthalatı	325.171.000	213.614.000	85.501.000	57.031.000	40.606.000
'271600	Elektrik Enerjisi İhracatı	73.852.000	13.589.000	81.877.000	99.621.000	104.425.000

Kaynak: trademap.org

2.5 ÜRETİM, KAPASİTE VE TALEP TAHMİNİ

Türkiye'de biyogazdan elektrik üretimi her geçen yıl artmaktadır. Kurulu Güç miktarı son beş yılda 3 kat artmıştır. Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam üretim içerisindeki payının artırılması bir politika olarak belirlenmiştir. 2019 yılı itibariyle Türkiye enerji üretiminin %40'ını fosil yakıtlardan üretilen enerji ile karşılanmıştır. %40'lık bu üretim üretilmesi durumunda ulusal politikalar çerçevesinde yenilenebilir ve ulusal kaynak olan biyogaz, rüzgâr, jeotermal kaynaklardan elde edilebilir.

Tablo 14 Yıllar İtibariyle YEKDEM Katılımcılarının Yıllık Üretim Miktarları (MWh)

Türü	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Güneş					24.268	39.140	153.669
Hidrolik	528.646	1.072.832	5.683.331	25.520.255	24.417.133	27.338.752	37.755.762
Rüzgar	234.000	2.378.819	8.275.992	14.163.403	16.765.418	19.002.863	19.970.399
Jeotermal	857.527	1.436.579	2.710.856	3.706.764	4.503.345	5.968.202	7.971.462
Biyokütle	750.715	925.516	1.050.796	1.306.057	1.789.053	2.047.082	2.892.392
Genel Toplam	2.370.888	5.813.746	17.943.699	45.830.503	50.530.776	62.608.517	68.743.684

Kaynak: <https://seffaflik.epias.com.tr/>

Tablo 15 Serbest Üretim Şirketi Santralleri için Türkiye'de Biyogaz Enerji Elde Eden Santrallerin Yıllar İtibariyle Kurulu Gücü (MW)

Biyogaz	2016	2017	2018	2019	2020
Kurulu Güç	265	353	441	584	736

Bilindiği üzere elektrik üretim tesisleri her zaman kurulu gücü seviyesinde çalışmayabilir. Bir santralin arıza nedeniyle çalışmaması veya eksik kapasitede çalışması elektrik üretme kapasitesini doğrudan etkileyecektir. Arıza dışında başka nedenlerle de bir santral üretim yapamayabilir veya eksik üretim yapabilir. Türkiye elektrik sisteminde termik, hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal ve biyokütle kaynaklı santraller bulunmaktadır. Her bir santral teknolojisinin herhangi bir zamanda arıza yapması ve bu nedenle üretim yapamaması veya eksik üretim yapması mümkündür. Elektrik sistemindeki santrallerin bir şekilde eksik üretim yapmaları bu santrallerden elde edilebilecek elektrik üretim miktarını doğrudan etkilemektedir. Üretim yapamayacak durumda olan kapasite düşüldükten sonra her an elektrik üretmeye hazır durumda olan kapasite Emreamide Kapasite olarak adlandırılmaktadır.

Tablo 16 Serbest Üretim Şirketi Santralleri için Türkiye’de Biyogaz Enerji Elde Eden Santrallerin Yıllar İtibariyle Emreamide Oranı (%)

Biyogaz	2016	2017	2018	2019	2020
Ocak	0	%31	%32	%65	%75
Mart	0	%32	%54	%63	%70
Haziran	%28	%31	%51	%73	%83
Eylül	%28	%32	%61	%58	

2.6 GİRDİ PİYASASI

Biyogaz için Yatırım Maliyetleri

Belediye katı atıkları, tarımsal atıklar veya diğer endüstriyel organik atıkları kullanan büyük ölçekli Aneorobik Çözünme tesisleri biyogaz tesislerine örnektir, ancak hammadde mevcudiyeti ile tesis ölçeği değişebilmektedir. Enerji bitkilerinin kullanımı, daha yüksek hammadde maliyetleri de dâhil olmak üzere, daha büyük tesisler için fırsatları oluşturabilir. Üretilen biyogazın daha sonra araçlarda kullanılmak üzere kalitesi artırılabilir. Bu işlem, yüksek CO² seviyesini (tipik olarak yükseltmeden önce %45) biyogazdan uzaklaştırılmasıdır. Biyometanda izin verilen karbondioksit gibi safsızlıkların seviyesi, yerel düzenlemelere bağlı olarak ülkeye göre değişir.

Bir Aneorobik Çözünme biyogaz tesisi için toplam kurulu maliyet, hammaddeye bağlı olarak değişir. Gübre ve kanalizasyona dayalı olan tesisler için yatırım maliyeti genellikle daha ucuzdur. Bunun nedeni, hammaddenin elleçlenmesi ve depolanmasının hâlihazırda mevcut olması veya herhangi bir Aneorobik Çözünme dikkate alınmasa bile inşa edilmesi gerekmesidir. Öncelikli olarak enerji mahsullerine (örneğin mısır silajı) dayanan çözünme sistemleri için, toplam yatırım maliyetleri genellikle hammadde depolama ve elleçleme dikkate alınarak daha yüksek olacaktır. Çürütücü sistemi bir Anaerobik Çözünme biyogaz tesisinin en pahalı bileşenidir, ancak enerji bitkileri kullanan büyük ölçekli sistemler için depolama maliyeti de büyük olabilir. (1)

Hammadde Olarak Hayvan Gübresi Kullanımı

Biyogaz tesisi Beydeğirmeni Besi Bölgesi içerisine yapılacağı için hammadde olarak büyük ölçüde büyükbaş hayvan gübresi kullanılacaktır. Hayvan gübresi 700 tesiste faaliyet gösteren firmalardan ücretsiz olarak temin edilecektir. Ücretsiz hammadde kaynağının olmasından dolayı alternatif hammadde kaynaklarına gereksinimi azaltmıştır.

Büyükbaş hayvan atıklarının miktarı ve özellikleri büyük ölçüde değişiklik gösterir. Atık miktarı ve özellikleri toplam canlı ağırlığı, hayvan türü, yaşı, yem cinsi, suyla uzaklaştırma olup olmadığı, iklim ve yönetim pratiği (açık/kapalı ahır, altlık kullanımı, temizleme şekli vb.) gibi faktörlere bağlıdır.

Bölgede büyükbaş hayvancılık, %80 kapalı ahır tipi işletmelerde yapılmaktadır. Tesislerde ahır temizlikleri, el arabası ile toplama, sıyırma gibi metotlarla yapılmakta, temizlik için su kullanılmamaktadır.

Beydeğirmeni Besi Bölgesine kurulacak besi çiftliklerinin kapasitesinin 80.000 büyükbaş hayvan olması planlanmaktadır. Hammadde ihtiyacı 80.000 kapasiteli besi tesislerinden temin edilecektir. Oluşacak hayvan atığı miktarı 25 kg/gün/hayvan alındığında ise kapasite $80.000 \times 25 = 2.000$ ton/gün olacaktır.

Tablo 17 Bazı Hammadde Kaynaklarının Katı Madde Oranı ve Biyogaz Verimi

Ham madde Türü	Organik İçerik	C:N Oranı	Kuru Madde Miktarı %	Uçucu Maddelerin Kuru Maddeye Oranı %	Biyogaz Verimi m ³ /kg
Sığır Gübresi	Karbonhidratlar, proteinler, lipitler	6-20	5-12	80	0,20-0,30
Kümes Gübresi	Karbonhidratlar, proteinler, lipitler	3-10	10-30	80	0,35-0,60
Peynir Altı Suyu	%70-80 laktoz, %20-25 protein		8-12	90	0,35-0,80
Saman	Karbonhidratlar, lipidler	80-100	70-90	80-90	0,15-0,35
Çim		12-25	20-25	90	0,55
Meyve Atıkları		35	15-20	75	0,25-0,50

Kaynak:(2)

Nakliye Maliyeti

Günlük 2000 ton hammaddenin taşınması ciddi bir organizasyon ve araç gerektirmektedir. Biyogaz tesisinin besi bölgesi içerisinde olması taşıma maliyetlerini ciddi oranda azaltmaktadır. Ancak yine de 2000 ton/gün hammaddenin tesise taşınması yakıt maliyet oluşturmaktadır.

Tablo 18 Yıllık Yakıt Giderinin Hesaplanması (TL)

Ham madde ton/gün	2000
Vidanjör Sayısı adet	14
Vidanjör başına yük ton/gün	142
Ekonomik Taşıma Kapasitesi (ton)	10
Günlük Sefer Sayısı	14,2
Ortalama Sefer Mesafesi km	10
Günlük Gidilen Mesafe km	142
Tüketin Motorin lt/gün/araç	35
Motorin fiyatı TL/lt	6,5
Yıllık Motorin Maliyeti	1.162.525

Amortisman Hesabı

Vidanjörlerin ekonomik ömrü 7 yıl, Ön Depolama Tankları ve parçalarının ekonomik ömrü ise 20 yıl, kojenerasyon ünitesinin ekonomik ömrü 15 yıl olarak hesaplanmaktadır. Tesisin genel ömrü 50 yıl olarak öngörüldüğü için amortisman hesabına dahil edilmemiştir.

Tablo 19 Amortisman Hesabı

Yatırım Kalemleri	Yatırım Tutarı (TL)	Ekonomik Ömrü (Yıl)	Yıllık Maliyet (TL)
Vidanjör (14 Adet)	8.360.000	7	1.194.285
Ön Depolama Tankları ve Parçaları	2.100.000	20	105.000
Kojenerasyon Ünitesi	14.820.000*	15	988.000

* Euro/TL paritesi 7,6 olarak hesaplanmıştır.

Enzimler

Enzimler, probiyotikler ve mikro elementlerin karışımı biyogaz verim artışı için bir katkı maddesidir. Katkı maddeleri ile düşük maliyetle önemli sonuçlar elde edilebilir. Enzimler uygulamasının ana avantajları, tasarımında herhangi bir değişiklik yapılmadan biyogaz veriminin %25'ten 40'a çıkarılması, işlemin stabilitesi ve biyogazdaki metan içeriğinin artmasıdır. (4)

1 MW biyogaz tesisi için günlük tüketim 1-2 kg'dır. Enzimler için 30 Euro/kg alış fiyatı olarak öngörülebilir.

2.7 PAZAR VE SATIŞ ANALİZİ

Kayseri Türkiye'nin 30 büyük şehirden biridir. Yaklaşık 1.400.000 nüfusu ile İç Anadolu Bölgesi'nin çekim merkezlerinden biridir.

Kayseri'nin Tarım GSYH'si 2014 yılında 2004 yılına göre %202 oranında artış göstermiştir (Türkiye genelinde %148, TR72 Bölgesi'nde %152).

Kayseri'nin 2018 yılında tarımsal üretim değerinin en önemli kısmını canlı hayvanlar üretim değeri oluşturmaktadır. TÜİK verilerine göre il genelinde 5,7 milyar TL tarımsal üretim değerinin %53'ünü canlı hayvanlar üretim değeri oluşturmaktadır. %38'ini bitkisel üretim değeri ve %10'unu ise hayvansal üretim değeri oluşturmaktadır. Kayseri'nin Türkiye içerisinde tarımsal üretim değeri olarak aldığı pay her geçen yıl artmaktadır.

Tablo 20 Tarımsal Üretim Değerleri

Yıllar	Kayseri				Türkiye Tarımsal Üretim Değeri	Tarımsal Üretim Değeri
	Bitkisel Üretim	Canlı Hayvanlar	Hayvansal Üretim	Toplam Tarımsal Üretim Değeri		Kayseri/Türkiye (%)
2006	402.852	481.532	419.934	1.304.318	96.356.615	1,35
2007	565.123	483.751	395.517	1.444.391	104.375.170	1,38
2008	698.792	504.804	516.414	1.720.010	115.348.167	1,49
2009	713.406	539.144	512.383	1.764.933	123.023.786	1,43
2010	872.347	922.459	538.882	2.333.688	165.039.291	1,41

2011	1.006.809	1.271.400	258.968	2.537.177	191.627.972	1,32
2012	952.594	1.237.701	310.577	2.500.872	200.815.472	1,25
2013	1.251.316	1.061.553	340.010	2.652.879	190.567.943	1,39
2014	1.396.369	1.257.339	568.305	3.222.013	204.967.742	1,57
2015	1.577.159	1.504.889	448.487	3.530.535	248.925.103	1,42
2016	1.513.554	1.859.922	444.237	3.817.713	271.001.303	1,41
2017	1.663.480	2.691.171	507.981	4.862.632	323.608.353	1,50
2018	2.096.009	3.048.700	565.088	5.709.797	384.476.441	1,49

Kaynak: TÜİK

Tablo 21 Kayseri Büyükbaş, Küçükbaş ve Yumurta Tavuğu Sayısı Değişimi

	2015	2016	2017	2018	2019
Büyükbaş	293.074	291.056	351.351	349.696	350.237
Küçükbaş	638.542	647.070	647.024	647.093	651.505
Yumurta Tavuğu	3.727.429	3.679.271	4.726.266	4.825.531	4.360.133
Genel Toplam	4.659.045	4.617.397	5.724.641	5.822.320	5.361.875

Biyokütle enerjisi üretiminde birçok farklı yakıt/kaynak türü kullanılabilir. Aşağıdaki tablo, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan Biyokütle Potansiyel Atlası (BEPA) çalışması sonucunda Kayseri'nin kaynak bazında TEP/yıl olarak biyokütle potansiyelini göstermektedir.

Tablo 22 Kayseri İli 2019 Yılı Biyokütle Enerji Potansiyeli

	Atık Miktarı(ton)	Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)
Büyükbaş Enerji Eşdeğeri	3.393.430	19.679
Küçükbaş Enerji Eşdeğeri	684.010	1.608
Kanatlı Enerji Eşdeğeri	264.812	66.215
Tarla Ürünleri Enerji Eşdeğeri	864.165	359.767
Bahçe (Meyve) Ürünleri Enerji Eşdeğeri	35.221	15.342
Sebze Ürünleri Enerji Eşdeğeri	32.668	11.083

Kaynak: <https://bepa.enerji.gov.tr/>**Pazar Avantaj ve Dezavantajları**

Biyokütleden enerji üretimi yenilenebilir bir kaynaktan elektrik üretimi olarak sınıflandırılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması birçok ülke için enerji güvenliği açısından stratejik bir karar olarak görülmektedir ve yenilenebilir kaynaklara dayalı enerji üretimi desteklenmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde jeotermal ve biyokütleden elektrik üretimi randıman açısından güneş ve rüzgârâ göre daha verimlidir. Rüzgâr ve güneşin kısıtlı olduğu zamanlarda elektrik üretimi düşebilmektedir. Bu ise elektrik üretimi için planlama aşamasında tahminlerin yapılmasını gerektirmektedir. Biyokütle ve jeotermal kaynaklardan enerji üreten santrallerde düzenli, fazla dalgalanmayan bir üretimi devam ettirmek daha olasıdır. Bu nedenle jeotermal ve biyokütle kaynakları santraller baz santraller olarak sınıflandırılabilir.

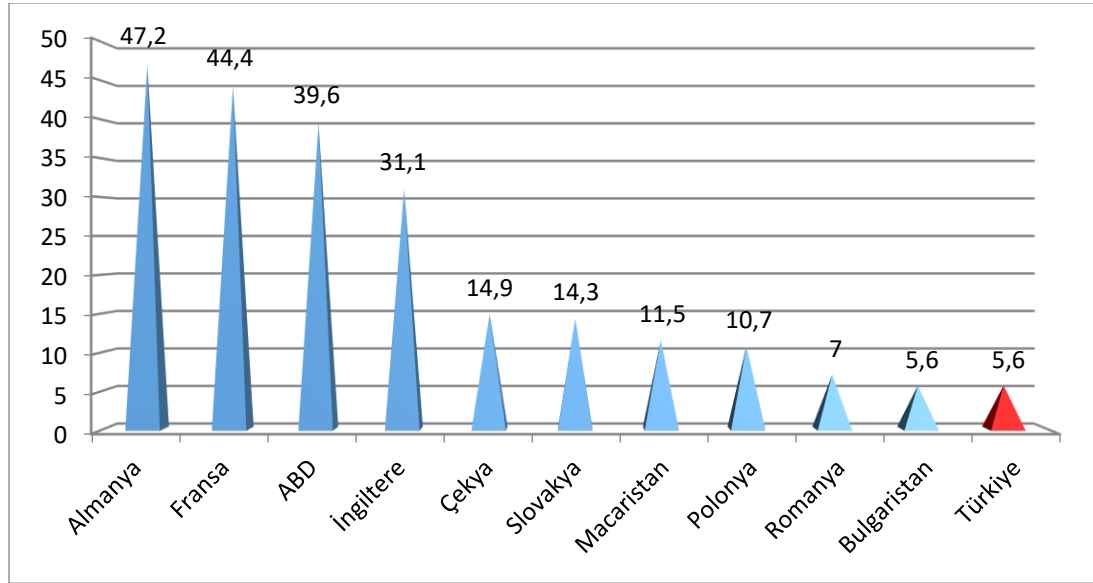
Biyokütle kaynaklı enerji santralleri enerji satış geliri dışında gübre satış gelirine de sahip olmaktadır. Bu ise işletme dönemi için ekstra bir gelire sebep olmaktadır.

Maliyet Unsurları (Teknolojik Üstünlük, Coğrafi Avantaj, Hammaddeye Yakınlık)

Beydeğirmeni Besi Bölgesi 700 parselde 80 bin büyükbaş hayvanın besi yapılacağı bir bölgedir. Biyogaz tesisi Besi Bölgesinin içerisine 45.000 m2 bir alana yapılacaktır. Bu nedenle taşıma maliyetleri noktasında ciddi bir avantaj sağlanacaktır. Ayrıca biyogaz tesisinin yapılacağı yer 3 yumurta tavuğu üretim tesisine, KASKİ Atık Su Arıtma Tesisine ve Kayseri Şeker Fabrikasına oldukça yakındır ve Kocasinan ilçesi gibi sulanabilir tarım alanlarının oldukça fazla olduğu bir ilçenin içerisine yapılacaktır. Tesis ilerleyen dönemde hammadde arzına göre bitki atıklarını veya kanalizasyon çamurunu hammadde olarak kullanabilir.

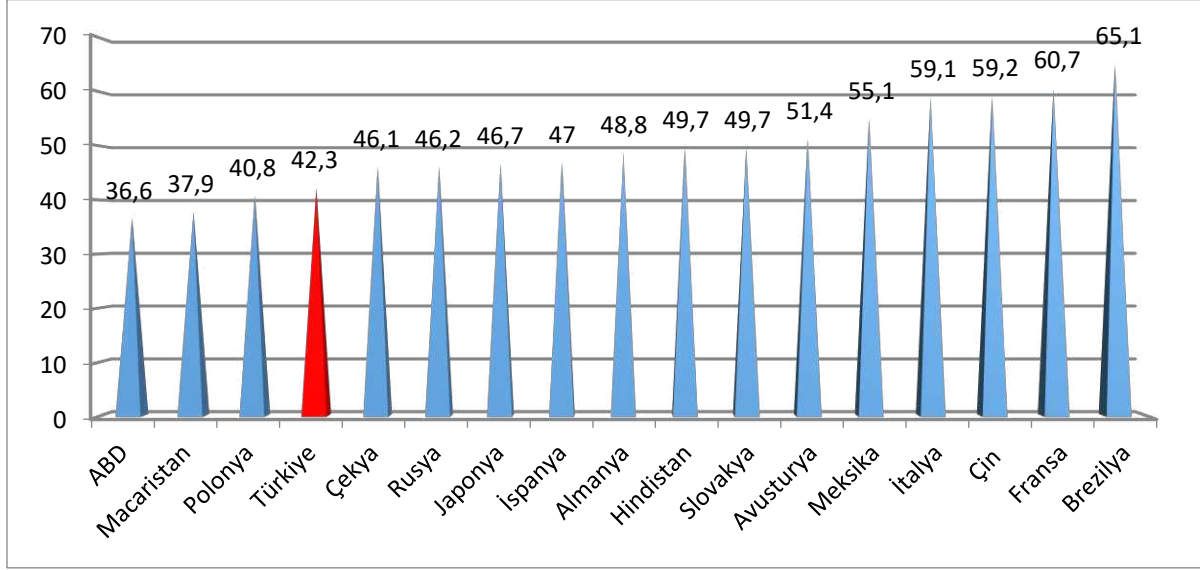
Girdi Maliyetlerinin Kıyaslanması

Şekil 3 İmalatta Saat Başı İşçilik Maliyeti USD, 2018



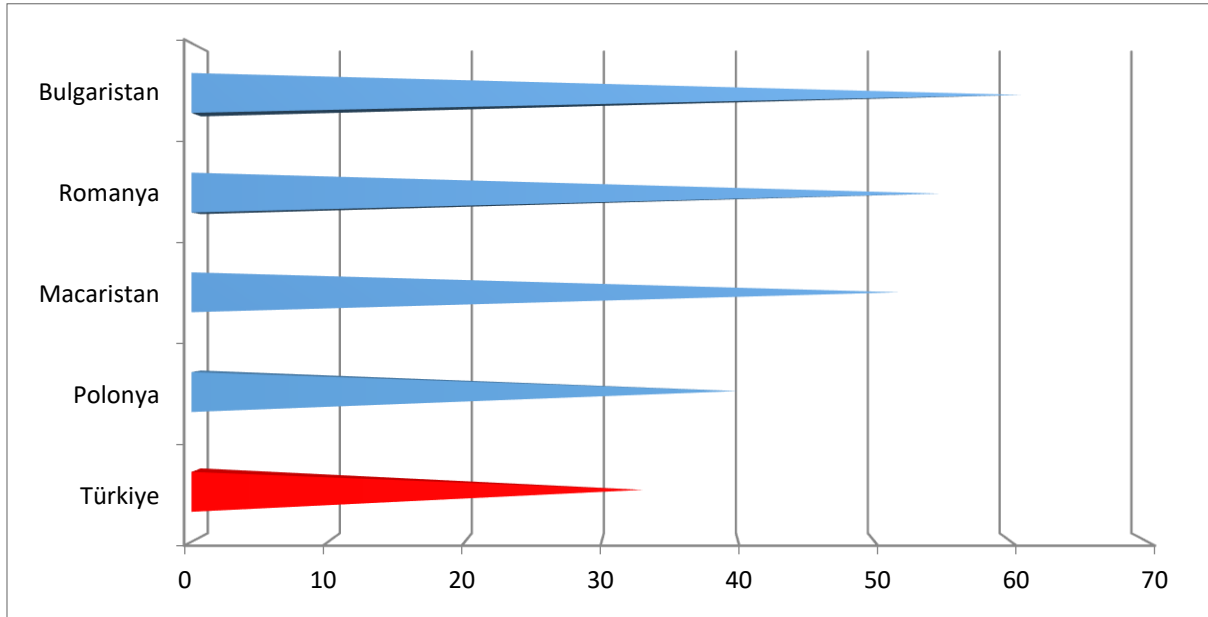
Kaynak: <https://www.invest.gov.tr/tr/library/publications/lists/investpublications/neden-turkiye-yatirim-yapmali.pdf>

Şekil 4 Toplam Vergi ve Katkı Oranı, 2019



Kaynak: <https://www.invest.gov.tr/tr/library/publications/lists/investpublications/neden-turkiye-yatirim-yapmali.pdf>

Şekil 5 İş Yapma Kolaylığı Sıralaması, 2020



Kaynak: <https://www.invest.gov.tr/tr/library/publications/lists/investpublications/neden-turkiye-yatirim-yapmali.pdf>

Beydeğirmeni Besi Bölgesi'nin 80.000 büyükbaş hayvan kapasiteli olarak kurulması planlanmaktadır. Bu durumda kurulacak tesisin saatlik elektrik üretim 3,15 olarak hesaplanmaktadır.

Tablo 23 Saatlik Üretilecek Enerji

Beydeğirmeni Besi Bölgesi	Hayvan Sayısı	Tahmini Yaş Atık Üretimi (ton/yıl)	Elde Edilebilir Katı Atık (ton.KM/yıl)	Tahmini Biyogaz üretimi (m ³ /yıl)	Elde Edilebilecek Enerji Eş Değeri (MJ/yıl)	Elde Edilebilecek Elektrik Enerjisi Eş Değeri (kWh/yıl)	Elde Edilebilecek Isı Enerjisi Eş Değeri (kWh/yıl)	Saatlik Elektrik Üretim Kapasitesi
Büyükbaş	80.000	730.000	54.750	10.950.000	248.565.000	27.618.333	34.522.917	3.153

Yıllık Yaş Atık=(hayvan sayısı) x (hayvan başına günlük yaş atık miktarı kg)*365/1000=ton/yıl yaş atık

Yıllık Katı Madde Miktarı=ton/yıl Yaş Atık X0,15(katı madde miktarı%15)*0,50(ahırda kalma süresi(%50))=TonKM.Yıl

Yıllık Biyogaz Miktarı=TonKM.yılX200 m³(1 TON katı maddeden elde edilen biyogaz miktarı)=m³/yıl

Enerji Eşdeğeri=m³/yıl*22,7(biyogaz enerji eş değeri)=MJ/kg

Elektrik Enerjisi Eş değeri=MJ/kgX1000/3600X0,4(elektrik oranı)=kWh

Isı Enerjisi Eş değeri=MJ/kgX1000/3600X0,5(ısı oranı)=kWh

Günde 24 saat çalışıldığı ve kapasite kullanım oranını da %70 olarak aldığımız durumda yıllık olarak üreteceğimiz elektrik 19.315 MW/yıl (3,15*24*365*0,70) olmaktadır.

Günlük 2000 ton büyükbaş gübresinden anaerobik çözünme işlemi sonrasında yaklaşık 300 ton işlenmiş gübre üretileceği hesaplanırsa yıllık olarak 240*365*0,5 ton/yıl işlenmiş gübre üretimi yapılabilecektir (Kuru Madde Miktarı %15, Uçucu Madde Oranı %80, Ahırda Kalma Süresi %50).

Tablo 24 Atık Hammaddelerden Üretililecek Katı Madde ve Biyogaz Miktarı

Hammadde Türü	Organik İçerik	C:N Oranı	Kuru Madde Miktarı %	Uçucu Maddelerin Kuru Maddeye Oranı %	Biogaz Verimi m ³ /kg
Sığır Gübresi	Karbonhidratlar, proteinler, lipitler	6-20	5-25	80	0,20-0,30
Kümes Gübresi	Karbonhidratlar, proteinler, lipitler	3-10	10-30	80	0,35-0,60

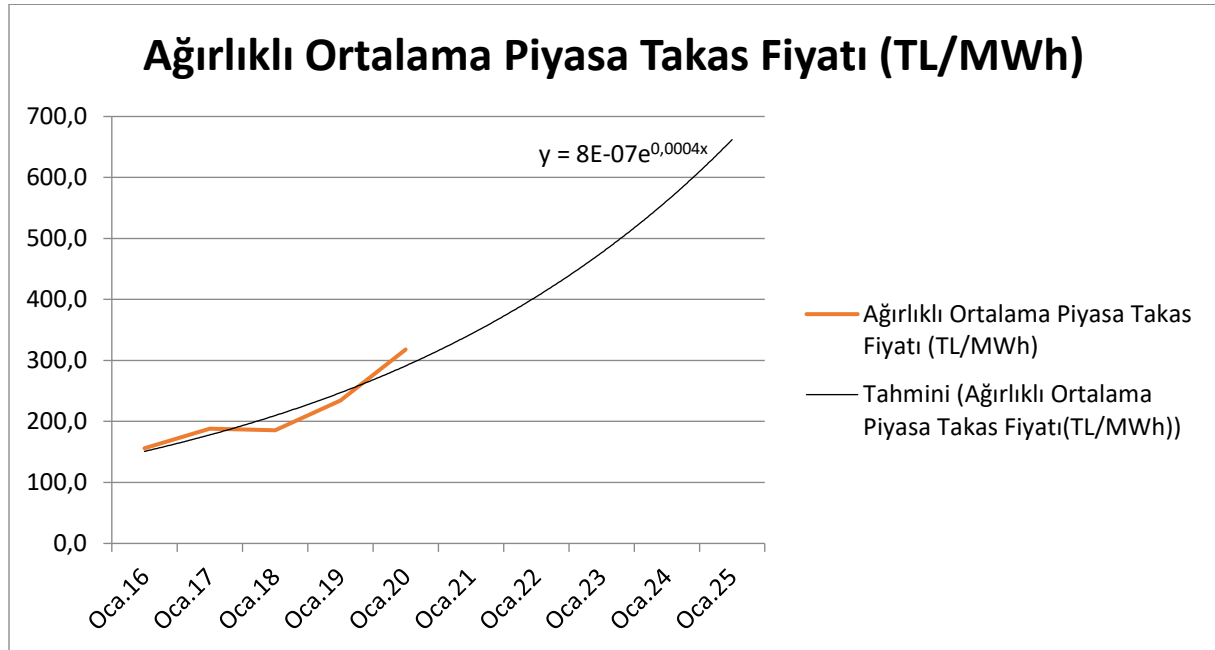
Kaynak: (2)

YEK kapasiteye Kanun (5346) ve alt düzenlemeler ile belirlenen fiyatlardan (kWh başına rüzgar için 7,3 \$, jeotermal için 10,3 \$, güneş için 13,3 \$) üretim miktarlarına göre ödeme yapılır. Portföyün üretimine karşılık sistemden kazanılan para, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik hükümlerine göre YEKDEM katılımcısı üretim şirketlerinin tahmini üretim değerlerini sistem işletmecisine sunması ve Gün Öncesi Piyasası'nda fiyattan bağımsız teklif olarak Piyasa Takas Fiyatını (PTF) etkilemeyecek şekilde kullanılması ile elde edilir. Sistemde oluşan PTF fiyatından mali uzlaştırması yapılan YEKDEM kapasitesinin dengesizliği, Dengesizlik Fiyatı yerine Sistem Marjinal Fiyatı'ndan uzlaştırılır. Böylelikle Gün Öncesi ve Dengeleme ve Güç Piyasası, YEKDEM portföyüne ödenen maliyetleri karşılamak amacıyla kullanılır. Ancak, piyasa fiyatı ve günün döviz kuruna göre oluşacak fark, piyasa işletmecisi zarar etmeyecek şekliyle tüketim portföyüne yansıtılır. Burada dikkat edilmesi gereken husus, YEK alacak ve borç kaleminin kayıp-kaçak ve aydınlatma tüketiminin sahibi Dağıtım Şirketi Portföyü 'ne yansıtılmaması ve sıfır bakiye düzeltme kalemindeki payının da tüm çekiş portföyüne aktarılmasıdır. .

Tablo 25 YEKDEM ve Piyasa Takas Fiyatının Aylar İtibariyle Değişimi

	May.19	Haz.19	Tem.19	Ağu.19	Eyl.19	Eki.19	Kas.19	Ara.19	Oca.20	Şub.20
Ortalama YEKDEM Fiyatı (TL/MWh)	507,0	504,3	515,4	510,1	528,6	545,6	541,7	518,6	531,3	533,9
Ağırlıklı Ortalama Piyasa Takas Fiyatı (TL/MWh)	203,4	237,5	308,0	302,5	300,7	295,4	301,8	292,8	318,0	302,6

Sabit fiyat garantisi desteği kapsamında tesis, 31.12.2020 tarihine kadar işletmeye girmesi durumunda 13,3 cent/kWh olacak şekilde satış garantisini 10 yıl boyunca kullanabilmektedir. 13,3 cent yerli malzeme kullanımı durumunda 18 cent'e kadar çıkabilmektedir. Ancak desteğin devam etmemesi durumunda tesisin fiyatı ortalama piyasa takas fiyatı üzerinden hesaplanacaktır.



Biyogaz işleme süreçleri sonucunda oluşan verimli gübre piyasa şartlarında satılacaktır. Satış fiyatı olarak 15 Euro/Ton fiyat esas alınmıştır.

3. TEKNİK ANALİZ

3.1 KURULUŞ YERİ SEÇİMİ

Kayseri ilinin hem nüfus yoğunluğu hem de yüz ölçümü bakımından en büyük ilçelerinden biri Kocasinan'dır. İlçenin 2019 nüfusu 396.912 kişidir. Kocasinan, Melikgazi ilçesi ile birlikte merkez ilçeleri oluşturmaktadır. Nüfusun %100'ü merkezde şehirde yaşamaktadır. Ancak Kocasinan ilçesinin merkeze yakın kısımları haricinde oldukça kırsal alanları bulunmaktadır. İlçede 16.276 ha tarım arazisi bulunmaktadır ve bu arazilerin %16,11'inde sulı tarım yapılabilmektedir.

Şekil 6 Kocasinan İlçe Haritası



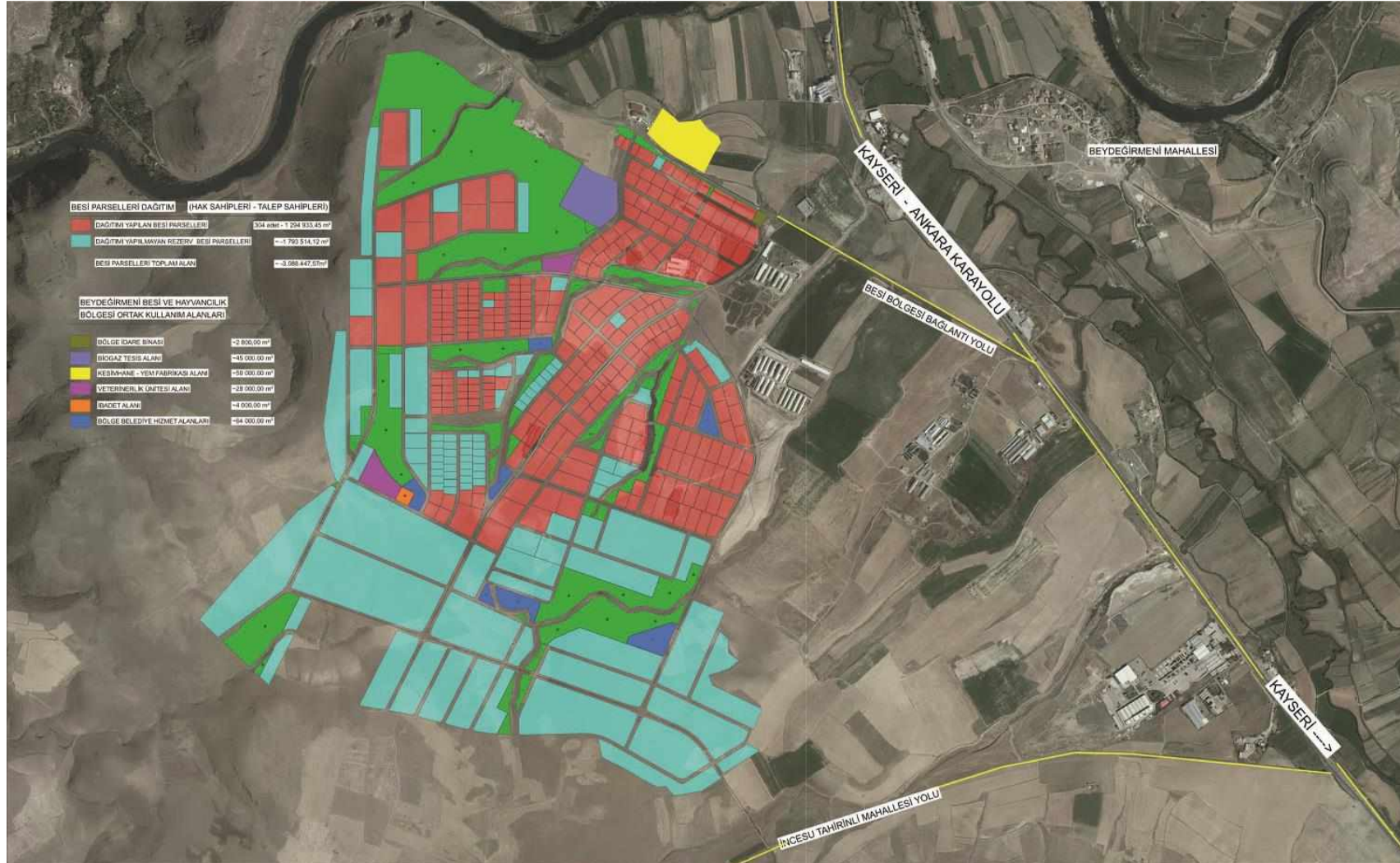
Kocasinan ilçesi yoğun olarak tavukçuluk ve büyükbaş hayvancılık faaliyetlerinin yürütüldüğü bir bölgedir. Belediyeye ait atıksu arıtma tesisleri Kocasinan ilçesinde bulunmaktadır. Ayrıca sulanabilir alan varlığı diğer ilçelere kıyasla oldukça fazladır. Bu durum ise bitkisel atıkların oldukça fazla olduğunu göstermektedir. Hayvan kesimhaneleri Kocasinan ilçesindeki Karpuzatan Bölgesi'nde toplanmıştır.

Beydeğirmeni Besi Bölgesi içerisinde biyogaz tesisi olarak 45.000 m² alan ayrılmıştır ve bu alan Kayseri Büyükşehir Belediyesi'ne aittir. Tesis için ayrıca bir alan düşünülmemektedir. Seçilen alan besi bölgesinin hemen içerisinde olduğundan taşıma kaynaklı maliyetler oldukça azalacaktır. Ayrıca Kayseri-Ankara yolu üzerinde olmasından dolayı çevresinde bulunan diğer substrat kaynaklarından da faydalanma imkânı bulunmaktadır. Tesis yeterince hammadde bulamaması durumunda KASKİ Atık Su Arıtma Tesis atıklarını, tavuk çiftlikleri atıklarını ve çevredeki biyolojik atıkları da kullanabilir. Ayrıca Kocasinan ilçesi sınırlarında Kayseri Şeker Fabrikası bulunmaktadır ve şeker pancarı atıkları da ekstra kaynak olarak kullanılma imkânı sunmaktadır.

Şekil 7 Beydeğirmeni Besi Bölgesi ve Etrafındaki Substrat Kaynakları

Proje 3.000.000 m² besi parsel alanına sahip olup, bu alanlar üzerinde toplam 1.800.000 m² yarı açık besi ahırları hak sahipleri tarafından yapılacaktır. Proje alanı ihtiyaçları gereği yol, hafriyat, su, elektrik ve altyapı maliyetleri yaklaşık şu ana kadar %75 seviyesinde olup, maliyeti 35.000.000 TL'dir. Proje de 1. grup yaklaşık 200 hak sahibi ile ilgili yapılan sözleşme gereği besi ahırları yapım bitiş tarihi 2023 olup, kalan parseller ile ilgili talep toplama ve satış işlemleri Kayseri İmar ve İnşaat Tic. A.Ş. öngöreceği şekilde olacaktır. Arazinin mülkiyeti Kayseri Büyükşehir Belediyesine aittir.

Şekil 8 Beydeğirmeni Besi Bölgesi



3.2 ÜRETİM TEKNOLOJİSİ

3.2.1 Anaerobik Çözünme (AÇ)

Anaerobik çözünme, mikroorganizmaların oksijen yokluğunda biyolojik olarak bozulabilir malzemeleri parçaladığı bir dizi işlemdir. Endüstriyel amaçlarla atık ve serbest enerjinin kontrolü maksadıyla uygulanır. Fermantasyon uygulamalarının çoğu yiyecek ve içecek elde etmek için kullanılır. Bu uygulamada ise fermantasyon biyolojik çözünme için kullanılmaktadır. Hayvan yemi olarak kullanılan silaj biyolojik çözünme ile elde edilir. Çözünme işlemi, karbonhidratlar gibi çözünmeyen organik polimerleri parçalamak ve bunları diğer bakteriler için kullanılabilir hale getirmek için giriş malzemelerinin bakteriyel hidrolizi ile başlar. Asedojenik bakteriler daha sonra şekerleri ve amino asitleri karbon dioksit, hidrojen, amonyak ve organik asitlere dönüştürür. Asetojenik bakteriler daha sonra ortaya çıkan bu organik asitleri, ilave amonyak, hidrojen ve karbondioksit ile birlikte asetik aside dönüştürür. Son olarak, metanojenler bu ürünü metan ve karbondioksite dönüştürür. Metanojenik arkea popülasyonları anaerobik atık su arıtımında vazgeçilmez bir rol oynamaktadır. Biyobozunur atıkların ve kanalizasyon çamurunun arıtılması sürecinin sürecin bir parçası olarak kullanılır. Entegre bir atık yönetim sisteminin bir parçası olarak, anaerobik sindirim, atık depolama gazının atmosfere emisyonunu azaltır. Anaerobik çürütücüler, mısır gibi amaca yönelik yetiştirilen enerji bitkileriyle de beslenebilir.

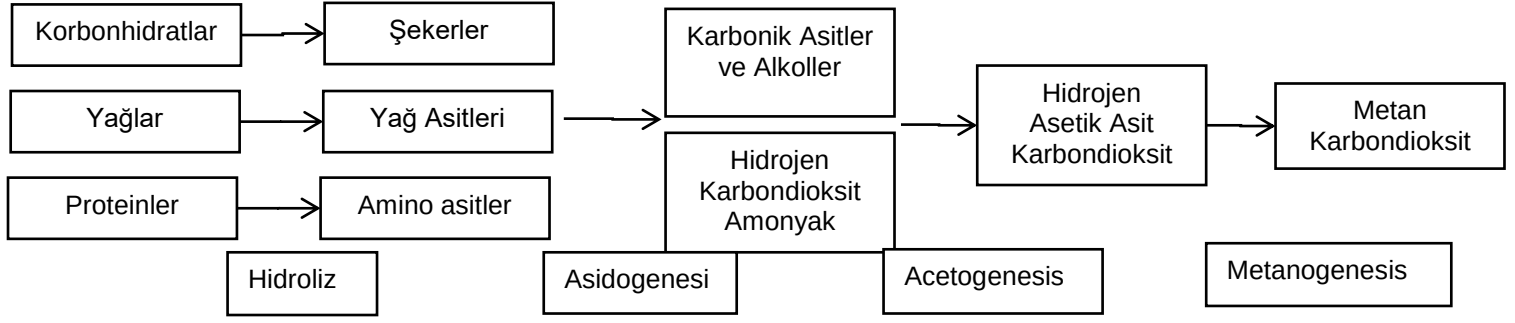
Asetik asit oluşturan bakteriler (asetojenler) ve metan oluşturan arkeler (metanojenler) dahil olmak üzere birçok mikroorganizma anaerobik çözünme sürecine dahil olur. Bu organizmalar, son olarak biyogaza dönüştürülmeden önce, şeker, hidrojen ve asetik asit dahil ara moleküllere dönüştürülen bir dizi farklı işleme tabi tutulan ilk besleme stoğundan beslenirler. Farklı bakteri türleri farklı sıcaklık aralıklarında hayatta kalabilir. 35 ila 40 °C arasındaki sıcaklıklarda en uygun şekilde yaşayanlara mezofiller veya mezofilik bakteriler denir. Bakterilerin bazıları, 55 ila 60 °C'lik daha sıcak ve zor koşullarda hayatta kalabilir; bunlara termofiller veya termofilik bakteriler denir. Metanojenler, arkea bölgesinden gelir. Bu aile, hidrotermal menfezlerin zor koşullarında büyüyen, bu nedenle ısıya daha dirençli olan ve bu nedenle, termofillere özgü bir özellik olan yüksek sıcaklıklarda çalışabilen türleri içerir. Aerobik sistemlerde olduğu gibi, bakteriler, anaerobik sistemlerde büyüyen ve üreyen mikroorganizmalar, hayatta kalmak için bir elemental oksijen kaynağı gerektirir, ancak anaerobik sistemlerde gazlı oksijen yoktur.

Anaerobik çözünmenin dört temel biyolojik ve kimyasal aşaması vardır:

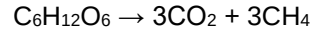
1. Hidroliz
2. Acidogenesis
3. Asetogenez
4. Metanogenesis

Çoğu durumda, biyokütle büyük organik polimerlerden oluşur. Anaerobik çürütücülerdeki bakterilerin materyalin enerji potansiyeline erişmesi için, bu zincirlerin önce daha küçük bileşen parçalarına ayrılması gerekir. Bu bileşen parçaları veya şekerler gibi monomerler diğer bakteriler tarafından kolayca elde edilebilir. Bu zincirleri kırma ve daha küçük molekülleri çözeltiye eritme işlemine hidroliz denir. Bu nedenle, bu yüksek moleküler ağırlıklı polimerik bileşenlerin hidrolizi, anaerobik sindirimde gerekli ilk adımdır. Hidroliz yoluyla kompleks organik moleküller basit şekerler, amino asitler ve yağ asitlerine ayrılır. İlk aşamalarda üretilen asetat ve hidrojen, doğrudan metanojenler tarafından kullanılabilir. Zincir uzunluğu asetattan daha büyük olan uçucu yağ asitleri (VFA'lar) gibi diğer moleküller önce metanojenler tarafından doğrudan kullanılabilen bileşiklere dönüştürülmelidir. Akidogenezin biyolojik süreci, geri kalan bileşenlerin akidojenik (fermentatif) bakteriler tarafından daha fazla parçalanmasıyla sonuçlanır. Burada VFA'lar, amonyak, karbon dioksit ve hidrojen sülfürün yanı sıra diğer yan ürünlerle birlikte oluşturulur. Acidogenesis süreci sütün ısınmasına benzer.

Şekil 9 Anaerobik çözünmenin dört temel biyolojik ve kimyasal aşaması



Anaerobik sindirimin üçüncü aşaması asetogenezdir. Burada, asidogenez fazı yoluyla oluşturulan basit moleküller, büyük ölçüde asetik asitin yanı sıra karbon dioksit ve hidrojenin üretilmesi için asetojenler tarafından daha fazla sindirilir. Anaerobik sindirimin terminal aşaması, metanogenezin biyolojik sürecidir. Burada, metanojenler önceki aşamaların ara ürünlerini kullanır ve bunları metan, karbondioksit ve suya dönüştürür. Bu bileşenler sistemden yayılan biyogazın çoğunu oluşturur. Metanogenez, hem yüksek hem de düşük pH'lara duyarlıdır ve pH 6.5 ile pH 8 arasında gerçekleşir. Bakterilerin kullanamayacağı ve sindirilemeyen kalan malzeme digestat oluşturur. Yukarıda özetlenen genel işlemler için basitleştirilmiş bir genel kimyasal denklem aşağıdaki gibidir:



Hidroliz teorik olarak AD'nin ilk adımıdır, bu sırada karmaşık organik madde (polimerler) daha küçük birimlere (mono- ve oligomerler) ayrıştırılır. Hidroliz sırasında karbonhidratlar, lipitler, nükleik asitler ve proteinler gibi polimerler glikoz, gliserol, pürinler ve piridinlere dönüştürülür.

Akidogenez sırasında, hidroliz ürünleri akidojenik (fermantif) bakteriler tarafından metanojenik substratlara dönüştürülür. Basit şekerler, amino asitler ve yağ asitleri asetat, karbon dioksit ve hidrojene (%70) ve ayrıca uçucu yağ asidi ve alkollere (%30) ayrıştırılır.

Metanojenik bakteriler tarafından doğrudan metana dönüştürülemeyen akidogenez ürünleri, asetogenez sırasında metanojenik substratlara dönüştürülür. Uçucu yağ asitleri ve alkoller asetat, hidrojen ve karbon dioksit gibi metanojenik substratlar halinde oksitlenir. İki birimden daha uzun karbon zincirlere ve bir birimden daha uzun karbon zincirlere sahip alkollere sahip uçucu yağ asitleri, asetat ve hidrojene oksitlenir. Hidrojen üretimi, hidrojen kısmi basıncını artırır. Bu, asetogenezin bir "atık ürünü" olarak kabul edilebilir ve asetojenik bakterilerin metabolizmasını inhibe eder. Metanogenez sırasında hidrojen metana dönüştürülür. Asetogenez ve metanogenez genellikle iki organizma grubunun simbiyozu olarak paralel çalışır.

Ara ürünlerden metan ve karbondioksit üretimi metanojenik bakteriler tarafından gerçekleştirilir. Oluşan metanın %70'i asetattan, geri kalan %30'u hidrojen (H) ve karbondioksit (CO₂) dönüşümünden üretilir. Metanogenez, sürecin en yavaş biyokimyasal reaksiyonu olduğu için tüm anaerobik sindirim prosesinde kritik bir adımdır. Metanogenez çalışma koşullarından ciddi şekilde etkilenir. Hammaddenin bileşimi, besleme hızı, sıcaklık ve pH, metanogenez sürecini etkileyen faktörlerin örnekleridir. Çürütücü aşırı yüklenmesi, sıcaklık değişiklikleri veya büyük miktarda oksijen girişi metan üretiminin sona ermesine neden olabilir.

3.2.2 Anaerobik Çözünme Yöntemlerinin Sınıflandırılması

Tablo 26 Biyogaz üretim yöntemlerinin farklı kriterlere göre sınıflandırılması

Kriter	Ayırıcı Özellikler
Materyallerin kuru madde miktarları	Yaş Fermentasyon Kuru Fermentasyon
Besleme türü	Sürekli olmayan besleme Kesik besleme Sürekli besleme
Proses aşamalarının sayısı	Tek aşamalı İki aşamalı
Proses ısısı	Sakrofil Mezofil Termofil

Kesikli veya Sürekli Üretim Yöntemi

Anaerobik çözünme, bir yığın işlemi veya sürekli bir işlem olarak gerçekleştirilebilir. Kesikli bir sistemde, işlemin başlangıcında reaktöre biyokütle eklenir. Reaktör daha sonra işlem süresi boyunca mühürlenir. En basit şekliyle parti işleme, anaerobik sindirimi başlatmak için önceden işlenmiş malzeme ile aşılama ihtiyacı duyar. Tipik bir senaryoda, zaman içinde normal bir dağılım modeli ile biyogaz üretimi oluşturulacaktır. Operatör, organik maddenin sindirim sürecinin ne zaman tamamlandığına inandığını belirlemek için bu gerçeği kullanabilir. İşlem tamamlanmadan bir parti reaktörü açılır ve boşaltılırsa ciddi koku sorunları olabilir. Daha gelişmiş bir parti yaklaşımı türü, anaerobik sindirimi damar içi kompostlama ile entegre ederek koku sorunlarını sınırlandırmıştır. Bu yaklaşımda aşılama, sirkülasyonlu gazdan arındırılmış percolate kullanılarak gerçekleştirilir. Anaerobik çözünme tamamlandıktan sonra, biyokütle reaktörde tutulur ve daha sonra açılmadan önce damar kompostlamada kullanılır. Toplu çözünme basit olduğundan ve daha az ekipman ve daha düşük tasarım çalışması gerektirdiğinden, tipik olarak daha ucuz bir sindirim şeklidir. Bir tesiste birden fazla parti reaktörü kullanmak, sürekli biyogaz üretimini sağlayabilir. Sürekli çözünme süreçlerinde, organik madde sürekli olarak reaktöre eklenir (sürekli tam karıştırılır) veya kademeli olarak reaktöre eklenir (sürekli tıkaç akışı; ilk giren ilk çıkar). Burada, nihai ürünler sürekli veya periyodik olarak çıkarılır ve bu da sürekli biyogaz üretimi ile sonuçlanır. Sırayla bir veya birden fazla sindirici kullanılabilir. Bu anaerobik sindirim formunun örnekleri arasında sürekli karıştırılmış tank reaktörleri, yukarı akışlı anaerobik çamur battaniyeleri, genişletilmiş granüler çamur yatakları ve iç sirkülasyon reaktörleri bulunur.

Sıcaklığa göre Üretim Yöntemleri

Anaerobik çürütücüler için iki geleneksel çalışma sıcaklığı seviyesi, çürütücülerdeki metanojen türleri tarafından belirlenir:

- Psikofilik sıcaklık aralığı 12-20 °C,
- Mezofilik sindirim optimal olarak 30 ila 38 °C civarında veya mezofillerin mevcut birincil mikroorganizmaların olduğu 20 ila 45 °C arasındaki ortam sıcaklıklarında gerçekleşir.
- Termofilik sindirim optimal olarak 49 ila 57 °C civarında veya termofillerin mevcut birincil mikroorganizmaların olduğu 70 °C'ye kadar yüksek sıcaklıklarda gerçekleşir.

Biyokimyasal reaksiyonla metan üretim miktarı, sıcaklık artışı ile artar. Termofilik sıcaklık koşullarında mezofilik sıcaklık şartlarına göre bio kimyasal reaksiyonlar daha hızlı olur. Termofilik koşullarda metan üretim hızı mezofilik koşullara göre 2 kat fazladır. Bundan dolayı reaktör hacmi mezofilik şartlara göre

yarı yarıya düşer. Termofilik şartlarda mezofilik şartlara göre aynı bekleme süresinde daha fazla organik yükleme yapılabilir. %15,8 katı madde içeren hayvan gübresi termofilik koşullarda çalışan bir reaktörde çözünürken gerekli hidrolik bekleme zamanı 6,3 gün iken mesofilik koşullarda bu süre 10.4 gündür. Ancak bio reaktörü termofilik şartlarda çalıştırmak için ilave ısıya ihtiyaç vardır. Yüksek sıcaklıkta çalışıldığı zaman serbest amonyak miktarı sıcaklık artışı ile arttığı unutulmamalıdır. Bu durum bioreaktör performansını olumsuz yönde etkileyebilir. Hatta verimliliği azaltabilir. (3)

Katı İçeriğe Göre Üretim Yöntemi

Tipik bir senaryoda, üç farklı operasyonel parametre, besleme stokunun sindiricilerdeki katı içeriği ile ilişkilidir:

- Yüksek katılar (kuru — istiflenebilir alt tabaka)
- Yüksek katılar (ıslak — pompalanabilir alt tabaka)
- Düşük katılar (ıslak — pompalanabilir alt tabaka)

Yüksek katı madde (kuru) çözücüler, katı içeriği %25 ila %40 arasında olan malzemeleri işlemek için tasarlanmıştır. Pompalanabilir bulamaçları işleyen ıslak çürütücülerin aksine, yüksek katı madde (kuru istiflenebilir alt tabaka) çürütücüler katı substratları su eklemeyen işlemek için tasarlanmıştır. Kuru çürütücülerin temel stilleri sürekli dikey tapa akışı ve kesikli tünel yatay çürütücülerdir. Sürekli dikey tapa akış çürütücüler, besleme stokunun çürütücünün üst kısmına sürekli olarak beslendiği ve sindirim sırasında yerçekimi ile aşağıya doğru aktığı silindirik tanklardır. Kesikli tünel çürütücülerinde, çürütücü içinde karışmaz. Kirletici maddelerin uzaklaştırılması gibi ön arıtma miktarı hem işlenen atık akışlarının niteliğine hem de çözücünün istenen kalitesine bağlıdır. Boyut küçültme (grinding), sürekli dikey sistemlerde, sindirimi hızlandırdığı için faydalıdır, oysa toplu sistemler öğütmeyi önler ve bunun yerine yığılmış yığının sıkışmasını azaltmak için yapıya (ör. Bahçe atığı) ihtiyaç duyar. Kesintisiz dikey kuru çürütücüler, daha kısa etkili tutma süresi ve dikey tasarım nedeniyle daha az yer kaplar. Islak sindiriciler, toplam askıda katı madde konsantrasyonu ~%20'den fazla veya düşük katı madde konsantrasyonu ~%15'ten az olan, yüksek katı içerikli çalışacak şekilde tasarlanabilir. Yüksek katı madde (ıslak) sindiriciler, besleme stokunu taşımak ve işlemek için daha fazla enerji girişi gerektiren yoğun bir bulamacı işler. Malzemenin kalınlığı da aşınma ile ilgili sorunlara yol açabilir. Yüksek katı sindiriciler, nemle ilişkili düşük hacimler nedeniyle tipik olarak daha düşük arazi gereksinimine sahip olacaktır. Yüksek katı sindiriciler ayrıca başlangıçta çok seyrek kanalizasyon sindirim konseptlerine dayanan geleneksel performans hesaplamalarının (ör. Gaz üretimi, retansiyon süresi, kinetikler, vb.) Düzeltmesini gerektirir, çünkü hammadde kütlelerinin daha büyük kısımları potansiyel olarak biyogaza dönüştürülebilir.) çürütücüler, önemli ölçüde daha düşük enerji girişi gerektiren standart pompaları kullanarak sistem üzerinden malzeme taşıyabilir. Düşük katı çürütücüler, çürütücülerin artan sıvı-besleme oranı ile ilişkili artan hacimler nedeniyle yüksek katılardan daha fazla miktarda toprağa ihtiyaç duyar. Sıvı bir ortamda çalışma ile ilişkili faydalar vardır, çünkü malzemelerin daha kapsamlı dolaşımını ve bakteriler ile yiyecekleri arasındaki teması sağlar. Bu, bakterilerin beslendikleri maddelere daha kolay erişmesini sağlar ve gaz üretim oranını artırır.

Sürecin Karmaşıklığına Göre Üretim Yöntemleri

Sindirim sistemleri farklı karmaşıklık seviyelerinde yapılandırılabilir:

- Tek aşamalı bir sindirim sisteminde (tek aşamalı) tüm biyolojik reaksiyonlar tek, kapalı bir reaktör veya tutma tankında gerçekleşir. Tek bir aşama kullanılması, inşaat maliyetlerini azaltır, ancak sistemde meydana gelen reaksiyonların daha az kontrolüne neden olur. Asidojenik bakteriler, asitlerin üretimi yoluyla tankın pH'ını azaltır. Metanojenik bakteriler, daha önce belirtildiği gibi, kesin olarak tanımlanmış bir pH aralığında çalışır. Bu nedenle, tek kademeli bir reaktördeki farklı türlerin biyolojik reaksiyonları birbiriyle doğrudan rekabet edebilir. Bir başka tek aşamalı reaksiyon sistemi anaerobik bir lagündür. Bu lagünler, gübrenin tedavisi ve uzun

sürekli depolanması için kullanılan gölet benzeri toprak havzalarıdır. Burada anaerobik reaksiyonlar havuzda bulunan doğal anaerobik çamur içinde bulunur.

- İki aşamalı bir sindirim sisteminde (çok aşamalı), farklı sindirim alanları, sindiriciler içinde yaşayan bakteri toplulukları üzerinde maksimum kontrol sağlamak için optimize edilir. Asidojenik bakteriler, organik asitler üretir ve metanojenik bakterilere göre daha hızlı büyür ve çoğalırlar. Metanojenik bakteriler performanslarını optimize etmek için sabit pH ve sıcaklık gerektirir. (4)

3.2.3. Anaerobik Çözünme Sürecinin Verimini Etkileyen Parametreler

PH Değerin Üretim Sürecine Etkileri

PH değeri, bir çözeltinin (AÇ durumunda sırasıyla substrat karışımının) asitliği/alkalinitesinin ölçüsüdür ve milyonda kısım (ppm) olarak ifade edilir. AÇ substratının pH değeri, metanojenik mikroorganizmaların büyümesini etkiler ve AÇ işlemi için önemli olan bazı bileşiklerin (amonyak, sülfür, organik asitler) ayrılmasını etkiler. Deneyimler, metan oluşumunun, çoğu metanojen için 7,0-8,0 arasında optimum bir aralıkla, yaklaşık 5,5 ila 8,5 arasında nispeten dar bir pH aralığında gerçekleştiğini göstermektedir. Akidojenik mikroorganizmalar genellikle daha düşük optimum pH değerine sahiptir.

PH değeri, proteinlerin bozulması sırasında üretilen amonyak veya yem akışında amonyak varlığı ile artırılabilirken, uçucu yağ birikimi pH değerini azaltır.

Anaerobik reaktörlerdeki pH değeri esas olarak bikarbonat tampon sistemi tarafından kontrol edilir. Bu nedenle, reaktörün içindeki pH değeri, kısmi CO₂ basıncına ve sıvı fazdaki alkalın ve asit bileşenlerinin konsantrasyonuna bağlıdır. Baz veya asit birikmesi meydana gelirse, tampon kapasitesi pH'daki bu değişikliklere belirli bir seviyeye kadar karşı koyar. Sistemin tampon kapasitesi aşıldığında, pH değerlerinde, AÇ sürecini tamamen inhibe eden ciddi değişiklikler meydana gelir. Bu nedenle, pH değeri bağımsız bir süreç izleme parametresi olarak önerilmez.

Uçucu Yağ Asitlerinin Üretim Sürecine Etkileri

AÇ işleminin stabilitesi, uçucu yağ asitleri gibi ara ürünlerin konsantrasyonu ile ilgilidir. Uçucu yağ asitleri, akidogenez sırasında üretilen ve altı atoma kadar bir karbon zinciri olan ara bileşiklerdir (asetat, propionat, butirat, laktat). Çoğu durumda, AÇ işlem kararsızlığı çürütücü içinde uçucu yağ asitleri birikmesine yol açarak pH değerinde bir düşüşe yol açabilir.

Pratik deneyim, iki farklı sindiricinin aynı uçucu yağ asidi konsantrasyonuna göre tamamen farklı davranabileceğini göstermektedir. Bu nedenle ve pH durumunda olduğu gibi, uçucu yağ asidi konsantrasyonu bağımsız bir süreç izleme parametresi olarak önerilemez.

Amonyakın Üretim Sürecine Etkileri

Çürütücü içindeki çok yüksek amonyak konsantrasyonunun, özellikle serbest amonyağın (birleşmiş amonyak formu) çözünme sürecini olumsuz etkilemektedir. Bu, idrar kaynaklı yüksek amonyak konsantrasyonları nedeniyle hayvan bulamaçlarının AÇ' sinde yaygındır. Önleyici etkisi için amonyak konsantrasyonu 80 mg/l 'nin altında tutulmalıdır. Metanojenik bakteriler özellikle amonyağın olumsuz etkisine karşı duyarlıdır. Serbest amonyak konsantrasyonu sıcaklık ile doğru orantılıdır, bu nedenle mezofilik sıcaklıklara kıyasla termofilik sıcaklıklarda çalıştırılan AÇ işlemlerinin amonyağın engelleyici etkisi artar.

Tablo 27 Farklı ön işlem teknolojilerinin avantajları ve dezavantajları. (5)

Teknoloji	Avantajları	Dezavantajları
Ezmek, Karıştırmak	• İnhibitör üretimi yoktur (örn. Furfural ve HMF) • Artan metan (% 5–25)	• Yüksek enerji gereksinimleri • Yüksek bakım maliyeti
Sıkma (extrusion)	• Artırılmış yüzey alanı	• Artan enerji talebi • Yüksek bakım maliyeti
Buhar ön işlem / buhar patlaması	• Artan selüloz elyaf reaktivitesi	• İnhibitör üretme riski (örn. Furfural ve HMF (hidroksimetilfurfural)) • Lignin yoğunlaşması nedeniyle daha az sindirilebilir biyokütle • Çökme olayları
Sıcak su uygulaması	• Çözülmüş hemiselüloz ve lignin ürünleri daha düşük konsantrasyonlarda bulunur • Furfural gibi inhibitör üretme riskinde azalma • Artırılmış enzim erişilebilirliği	• Yüksek ısı talebi • Sadece belirli bir sıcaklığa kadar etkilidir
Mikrodalga	• Artılmadan % 4–7 daha fazla biyogaz üretimi	
Seyreltilmiş veya güçlü asit ön işlemi	• Hemiselülozu çözündürür • Metanojenler inhibe edici bileşiklere uyum sağlayabilir	• Yüksek asit maliyeti • İnhibe edici bileşikler oluşturma riski • Korozyon sorunları
Alkali ön işlem	• Hemiselüloz ve lignin parçaları çözündürülür • Artan metan üretimi	• İnhibitör üretme riski • Reaktörde yüksek alkali konsantrasyonu

3.2.4 Biyogazın Ana Uygulamaları

AÇ 'den biyogaz üretimi, modern toplum tarafından hayvan gübresi ve diğer atık karışımlarının yeniden değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Amaç yenilenebilir enerji üretmek ve gübre kalitesini artırmaktır. Tarımsal üretimin önemli olduğu ülkelerde, çevre mevzuatı ve gübre ve bitkisel atıkların geri dönüşümünün düzenlenmesi, AÇ' ye ucuz ve çevre dostu bir çözüm olarak ilgiyi artırmıştır.

Tarımsal biyogaz tesisleri, tarımsal kökenli hammaddeleri işleyen tesisler olarak kabul edilir. Bu tür bitkiler için en yaygın hammadde türleri, hayvan gübresi ve bulamaçları, bitkisel kalıntılar ve ürünlere göre sebze, özel enerji bitkileri, aynı zamanda gıda ve balıkçılık endüstrilerinden vb. çeşitli kalıntılardır.

Biyogaz tesislerinin tasarımı ve teknolojisi, iklim koşullarına ve ulusal çerçevelere (mevzuat ve enerji politikaları), enerji bulunabilirliğine ve satın alınabilirliğe bağlı olarak ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir. Göreceli büyüklük, işlev ve yerlerine göre, tarımsal AÇ türleri şu şekilde sınıflandırılabilir:

- Aile ölçeğinde biyogaz tesisleri (çok küçük ölçekli)
- Çiftlik ölçekli biyogaz tesisleri (küçük veya orta ila büyük ölçekli)
- Merkezi / ortak sindirim tesisleri (orta ila büyük ölçekli)

Aile Ölçeğinde Biyogaz Tesisleri

Nepal, Çin veya Hindistan gibi ülkelerde, çok basit teknolojiler kullanarak milyonlarca aile ölçeğinde biyogaz tesisi işletilmektedir. Bu biyogaz tesislerinde kullanılan AÇ besleme stoku, ev ve/veya bunların küçük tarım faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır ve üretilen biyogaz, ailenin pişirme ve aydınlatma ihtiyaçları için kullanılmaktadır. Bu çözücü tesisleri basit, ucuz, sağlam, kullanımı ve bakımı kolaydır ve yerel olarak üretilen malzemelerle inşa edilebilir. Genellikle, bu sindiricilerin çoğu daha sıcak iklimlerde çalıştığı için kontrol cihazı yoktur ve proses ısıtması yoktur (psikrofilik veya mezofilik çalışma sıcaklıkları).

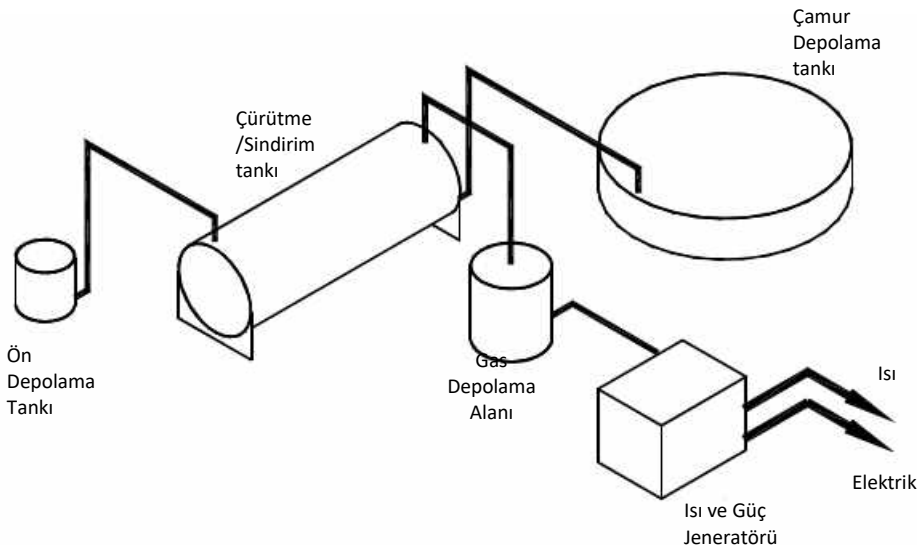
Çiftlik Ölçekli Biyogaz Tesisleri

Bir çiftlik ölçekli biyogaz tesisinde, sadece ölçekli bir bitki ve bu çiftlikte üretilen hammadde sindirilir. Birçok çiftlik ölçekli bitki, biyogaz verimini arttırmayı amaçlayan az miktarda metanca zengin substratları (örneğin balık endüstrilerinden veya bitkisel yağ kalıntılarından kaynaklanan yağlı atıklar) birlikte sindirir. Bir çiftlik ölçekli biyogaz tesisinin, bir veya iki komşu çiftlikten (örneğin boru hatları vasıtasıyla, bu çiftlikleri ilgili AÇ birimine bağlayan) hayvan bulamaçlarını alması ve işlemesi de mümkündür.

Dünyada çiftlik ölçekli biyogaz tesislerinin birçok türü ve konsepti vardır. Avrupa'da, Almanya, Avusturya ve Danimarka gibi ülkeler çiftlik ölçekli biyogaz üretiminin öncüleri arasındadır. Avrupalı çiftçilerin AÇ uygulamalarına olan ilgisi, günümüzde, yalnızca tarımsal biyogaz üretimi atık ürünleri değerli kaynaklara dönüştürdüğü ve yüksek kaliteli gübre ürettiği için değil, aynı zamanda ilgili çiftçiler için yeni iş fırsatları yarattığı ve onlara yenilenebilir olarak yeni bir statü verdiği için artmaktadır.

Çiftlik ölçekli biyogaz tesislerinin çeşitli boyutları, tasarımları ve teknolojileri vardır. Bazıları çok küçük ve teknolojik olarak basitken, diğerleri merkezi sindirim tesislerine benzer şekilde oldukça büyük ve karmaşıktır. Bununla birlikte, hepsinin ortak bir prensip düzeni vardır: gübre, bir ön depolama tankında, çürütücüye yakın toplanır ve sabit bir işlemi sürdürmek için izole edilmiş, çelik veya betondan yapılmış gaz geçirmez bir tank olan çürütücüye pompalanır. Sindiriciler yatay veya dikey olabilir, genellikle karıştırma sistemleriyle, alt tabakanın karıştırılması ve homojenleştirilmesinden ve yüzme katmanları ve tortu oluşumu risklerinin en aza indirilmesinden sorumludur. Substrat tipine ve sindirim sıcaklığına bağlı olarak ortalama hidrolik çözünme süresi yaygın olarak 20 ila 40 gündür.

Şekil 10 Çelik Yatay Çürütücü Olan Çiftlik Ölçekli Biyogaz Tesisinin Şematik Gösterimi.



Şekil 11 Çiftlik Ölçeğinde Hayvan Gübresi ve Enerji Bitkileri Kullanan Bir Biyogaz Fabrikası, Danimarka

Merkezi Ortak Biyogaz Tesisleri

Merkezi ortak biyogaz tesisleri, gübre toplama alanında merkezi bir şekilde bulunan bir biyogaz tesisinde çeşitli çiftliklerden toplanan hayvan gübresi ve bulamaçların sindirilmesine dayanan bir tesistir. Biyogaz tesisinin merkezi konumu, tesisin taşıma maliyetini, süresini ve iş gücünü azaltmayı amaçlamaktadır. Merkezi ortak biyogaz tesisleri büyük ölçüde dünyanın diğer bölgelerinde de yoğun hayvan yetiştiriciliği faaliyetleri ile birlikte uygulanmaktadır.

Hayvan gübresi ve bulamaçları ön depolama tanklarından veya çiftlikteki bulamaç kanallarından toplanır ve belirlenmiş bir programa göre özel vakumlu konteyner kamyonlarında biyogaz tesisine taşınır. Biyogaz tesisinde gübre, diğer tamamlayıcı katkılarla karıştırılır, homojenleştirilir ve çürütme tankı içine pompalanır. Taze gübrenin çiftçilerden biyogaz tesisine ve oluşturulan verimli gübrenin biyogaz tesisinden çiftçinin depolama tesislerine taşınması, elde edilen verimli gübrenin uygulandığı alanlara yakın yerleştirilmesi biyogaz tesisinin verimliliği açısından oldukça önemlidir. Elde edilen verimli gübrenin depolama tesisleri bazen birkaç çiftçi tarafından paylaşılmaktadır.

Şekil 12 Merkezi Ortak Bir Biyogaz Tesisi, Danimarka

Çürütücü besleme sistemi sürekli ve biyokütle karışımı, hassas pompa sekansları yoluyla çürütücülere eşit miktarlarda pompalanır ve çıkarılır. Çürütücüden dışarı pompalanan verimli gübre, boru hatları ile geçici depolama tanklarına aktarılır. Birçok durumda, bu tanklar, daha düşük sıcaklıkta gerçekleşen ek biyogaz üretiminin (toplamın %15'ine kadar) toplanması için gaz geçirmez bir membran ile kaplıdır. Biyogaz tesisinden ayrılmadan önce verimli gübre analiz edilir ve besinsel olarak tanımlanır (DM, VS, N, P, K ve pH). Giderek daha fazla biyogaz tesisi, sıvı ve katı fraksiyonlarda digestatın ayrılması için tesisler ile donatılmaktadır.

Atıksu Arıtma Tesisleri

AÇ büyük ölçüde belediye atık sularının aerobik arıtımından kaynaklanan birincil ve ikincil çamurların arıtılmasında kullanılır. Sistem birçok ülkede, nihai çamur miktarını dengelemek ve azaltmak için AÇ işleminin kullanıldığı gelişmiş arıtma sistemleri ile birlikte uygulanır. Kanalizasyon arıtma sistemleri sağlayan çoğu mühendislik şirketi de AÇ sistemleri sağlama yeteneğine sahiptir. Avrupa ülkelerinde, kanalizasyon çamurunun %30 ila %70'i ulusal mevzuata ve önceliklere bağlı olarak AÇ tarafından arıtılmaktadır.

AÇ ile işleme tabi tutulmuş çamur atığı ayrıca tarım arazilerinde gübre olarak veya yakılarak enerji üretimi için kullanılabilir. Atık suların düzenli depolama sahalarına atıldığı ülkeler bulunmaktadır. Bu uygulama nedeniyle çevre için olumsuz sonuçları olabilir. Atık maddelerinin yeraltı suyuna sızması ve sera gazı emisyonlarının atmosfere yayılması nedeniyle çoğu Avrupa ülkesinde yasaklanmıştır.

Belediye Katı Atık Arıtma Tesisleri

Birçok ülkede, belediye katı atıkları karışık olarak toplanır ve büyük enerji santrallerinde yakılır veya düzenli depolama sahalarına atılır. Organik maddelerin çoğu kaynağında ayrılıp AÇ besleme stoku olarak kullanılabilir.

Son yıllarda, atıkların kaynak ayrımı ve geri dönüşümü artan bir ilgi görmüştür. Sonuç olarak, Belediye katı atık arıtma tesisleri ayrı malzemeleri artık atılmadan önce daha gelişmiş geri dönüşüm arıtımı için kullanılabilir hale getirmelidir. Hangi atık yönteminin en uygun olduğunu belirlemede organik atıkların kökeni önemlidir. Mutfak atıkları genellikle çok ıslaktır ve aerobik kompostlama için yapıları uygun değildir, ancak AÇ için mükemmel bir hammadde sağlar. Öte yandan, odunsu atıklar yüksek oranlarda lignoselülozik malzeme içerir, AÇ için kullanılması için ön arıtma gerektiğinden kompostlama için daha uygundur.

Çöp gazı geri kazanım tesisleri

Çöplükler, ayrışma sürecinin süresiz olması ve düzenli depolama sahasının yaşına bağlı olması farkıyla büyük anaerobik kaynaklar olarak düşünülebilir. Çöplük gazı biyogaza benzer bir bileşime sahiptir, ancak sahadaki atık maddelerin ayrışmasından kaynaklanan toksik gazlar içerebilir.

Düzenli depolama gazının geri kazanımı sadece çevrenin korunması ve metan ve diğer düzenli depolama gazlarının emisyonlarının azaltılması için gerekli değildir. Aynı zamanda depolama sahası alanının daha hızlı stabilizasyonu ve gazdan elde edilen gelirler sayesinde fayda sağlayan ucuz bir enerji kaynağıdır. Çöp gazı elektrik üretimi için kullanılmaktadır, ancak alan ısıtmasından araç yakıtı ve boru hattı gazı kalitesine kadar tüm gaz kullanımı da mümkündür.

3.2.5 Biyogazın Kullanımı

Biyogaz Özellikleri

AÇ' den elde edilen biyogazın enerji içeriği kimyasal olarak metan ile sınırlıdır. Biyogazın bileşimi ve özellikleri, hammadde türleri, çözücü sistemleri, sıcaklık, bekleme süresi, vb. parametrelere göre belli ölçüde değişir. Literatürün çoğunda bulunan bazı ortalama biyogaz bileşim değerleri aşağıdaki gibidir.

Standart metan içeriği %50 olan biyogaz göz önüne alındığında, ısıtma değeri 21 MJ/Nm³, yoğunluk 1,22 kg/Nm³ ve kütle (1,29 kg/Nm³) dir.

Tablo 28 Biyogaz İçeriği

Bileşik	Kimyasal Sembolü	İçerik (Mik.-%)
Methan	CH ₄	50-75
Karbon dioksit	CO ₂	25-45
Su Buharı	H ₂ O	2 (20°C) -7 (40°C)
Oksijen	O ₂	<2
Nitrojen	N ₂	<2
Amonyak	NH ₃	<1
Hidrojen	H ₂	<1
Hidrojen sulfit	H ₂ S	<1

Birleşik ısı ve güç (CHP) üretimi (Kojenerasyon)

Kojenerasyon, biyogaz sektörü gelişmiş olan birçok ülkede AÇ 'den elde edilen biyogazın yaygın bir kullanımıdır. Çünkü enerji üretimi için biyogazın çok verimli bir şekilde kullanılması düşünülmektedir. Çoğu gaz motoru, biyogazdaki hidrojen sülfür, halojenli hidrokarbonlar ve siloksanlar için maksimum sınırlara sahiptir. Motor bazlı bir kojenerasyon enerji santrali %90'a varan verime sahiptir. %35 elektrik ve %65 ısı üretir.

En yaygın kojenerasyon santralleri, bir jeneratöre bağlanmış yanmalı motorlu blok tipi termik santrallerdir. Jeneratörler, şebeke frekansı ile uyumlu olmak için genellikle 1500 rpm (dakika başına rotasyon) sabit rotasyona sahiptir. Blok tipi termik jeneratörlerin alternatifleri, mikro gaz türbinleri, Stirling motorları ve yakıt hücreleridir; bunların hepsi, son yıllarda önemli gelişim aşamaları geçiren teknolojilerdir.

Biyogazdan üretilen elektrik, pompalar, kontrol sistemleri ve karıştırıcılar gibi elektrikli ekipman için proses enerjisi olarak kullanılabilir. Yenilenebilir elektrik için yüksek tarife tarifesi olan birçok ülkede, üretilen tüm elektrik şebekeye satılır ve işlem elektriği aynı ulusal elektrik şebekesinden satın alınır.

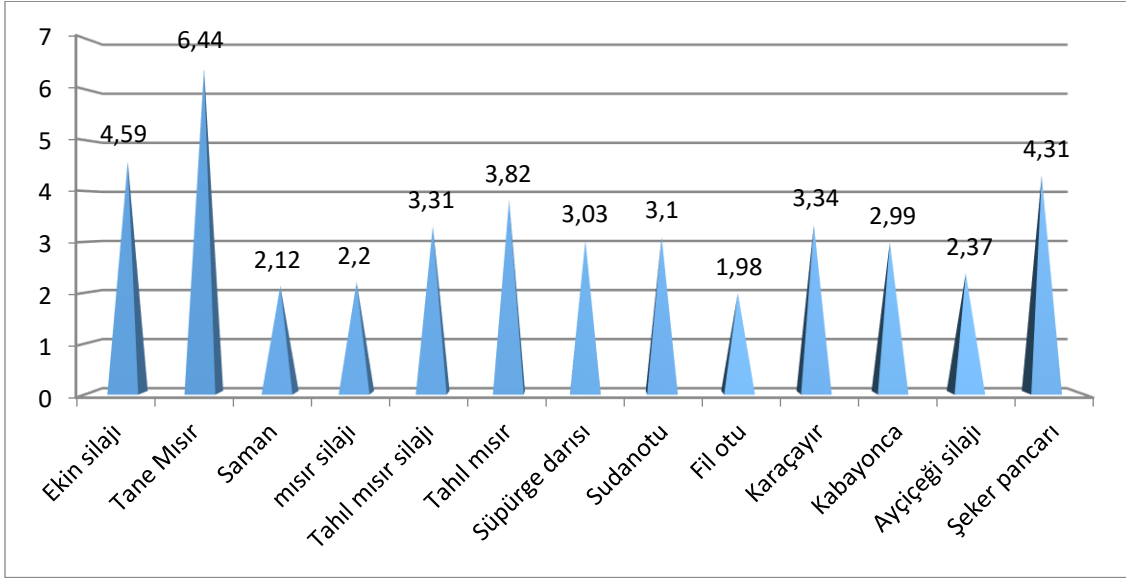
Bir biyogaz tesisinin enerji ve ekonomik verimliliği için önemli bir konu üretilen ısınn kullanılmasıdır. Genellikle, ısınn bir kısmı sindiricileri ısıtmak için kullanılır (proses ısıtması) ve üretilen tüm enerjinin yaklaşık 2/3'ü harici ihtiyaçlar için kullanılabilir. Biyogaz tesislerinin ilk nesillerinin birçoğu, üretilen ısınn kullanımı dikkate alınmaksızın, yalnızca elektrik amacıyla kurulmuştur. Günümüzde, ısı kullanımı tesis ekonomisi için çok önemli bir unsur olarak kabul edilmektedir. Birçok biyogaz tesisi için, yalnızca elektrik satışı ekonomik açıdan sürdürülebilir olmak için yeterli değildir, bu nedenle yeni kurulan biyogaz tesisleri, genel bitki tasarımıda ısı kullanımını içermelidir.

Biyogaz İyileştirme (Biyometan Üretimi)

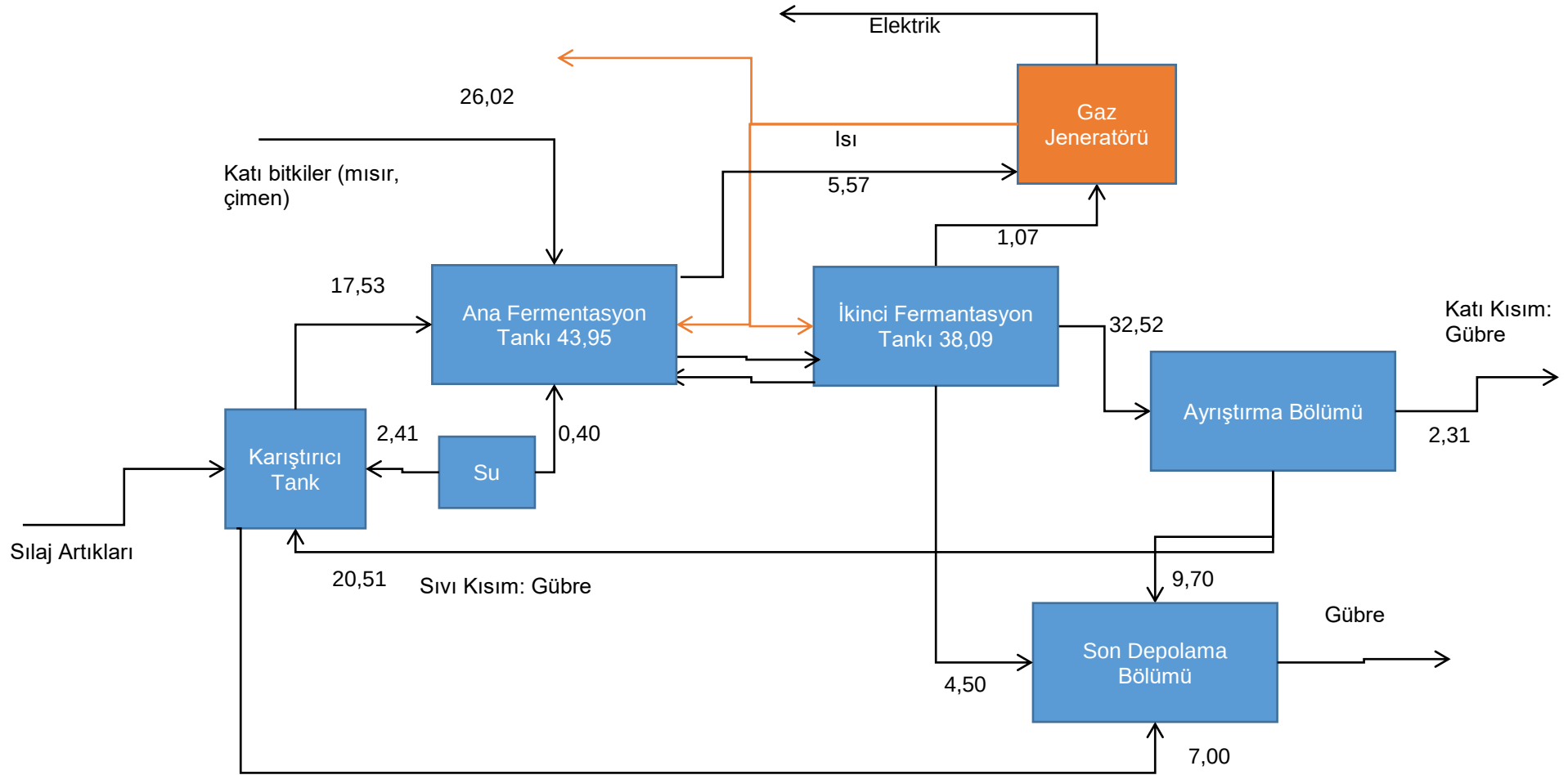
Biyogaz, mevcut doğal gaz şebekeleri aracılığıyla dağıtılabilir ve doğal gazla aynı amaçlar için kullanılabilir veya sıkıştırılabilir ve yenilenebilir araç yakıtı olarak kullanılabilir. Öncelikle doğal gaz şebekesine aktarım veya araç yakıtı olarak kullanımı için biyogaz, tüm kirleticilerin yanı sıra karbondioksitin çıkarıldığı ve metan içeriğinin (normalde olan %50-75'den %95'e) daha fazla artırıldığı bir yükseltme işlemine tabi tutulmalıdır. Yükseltlen biyogaz genellikle biyometan olarak adlandırılır.

Methan üretimi açısından birçok bitki türü ve atıklar değerlendirilmiştir. En yaygın metan üretici kaynak olarak bitkiler özellikle mısır kullanılmıştır. Mısır ucuz bir hammadde girdisi olduğu için tercih edilmiştir. Avrupa'da sadece bitkilerin hammadde olduğu birçok biyogaz tesisi bulunmaktadır. Aşağıda, tek bir tür bitki kullanıldığında oluşan girdi maliyetlerinin grafiği yer almaktadır. Örneğin, tamamen saman kullanarak 1 kWh enerji üretmek istediğimizde girdi maliyeti 2,12 cent olarak verilmiştir. Dolayısı ile, şeker pancarı ile üretim oldukça pahalıdır.

Şekil 13 Bazı Bitkiler kWh Enerji Eretimi için Üretim Maliyeti (cent)



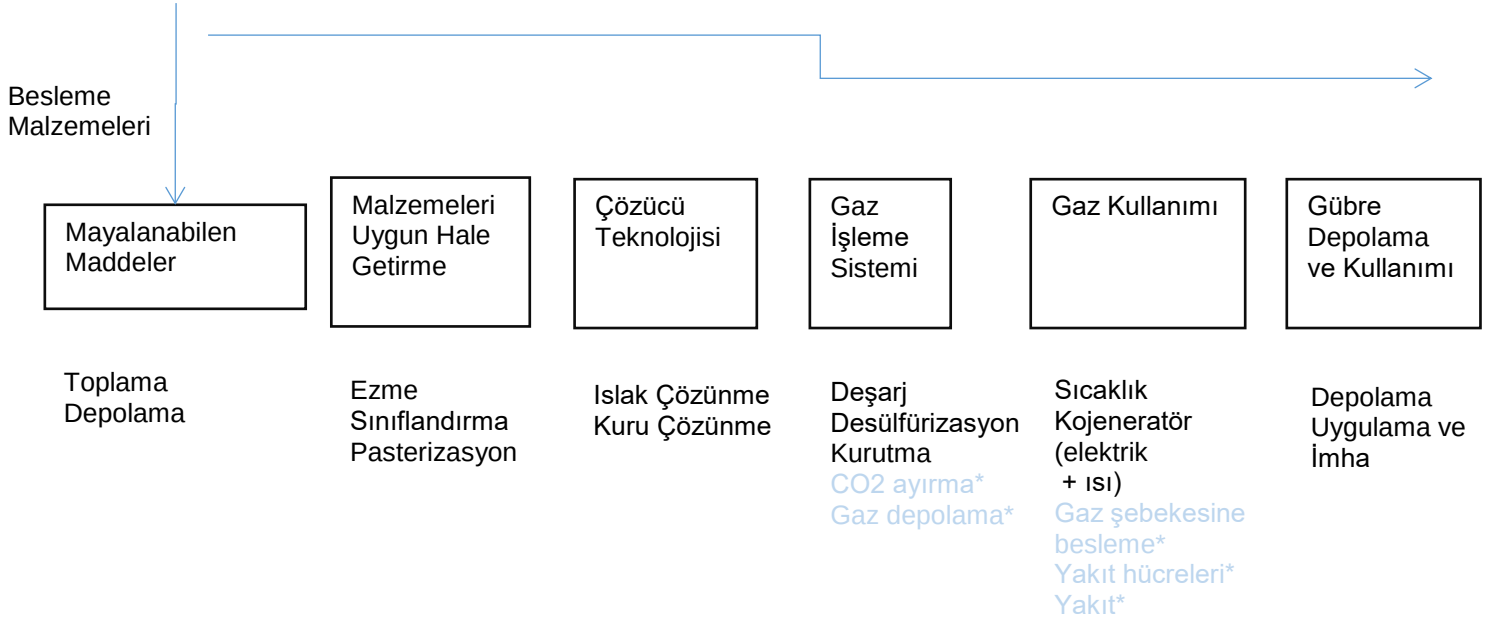
Şekil 14 İki Aşamalı Bitki Çözünmesi için 500 kWh Kapasite Sahip Tesisi için Malzeme Akışı (ton/gün) (4)



3.2.6 Biyogaz Tesisi Bileşenleri

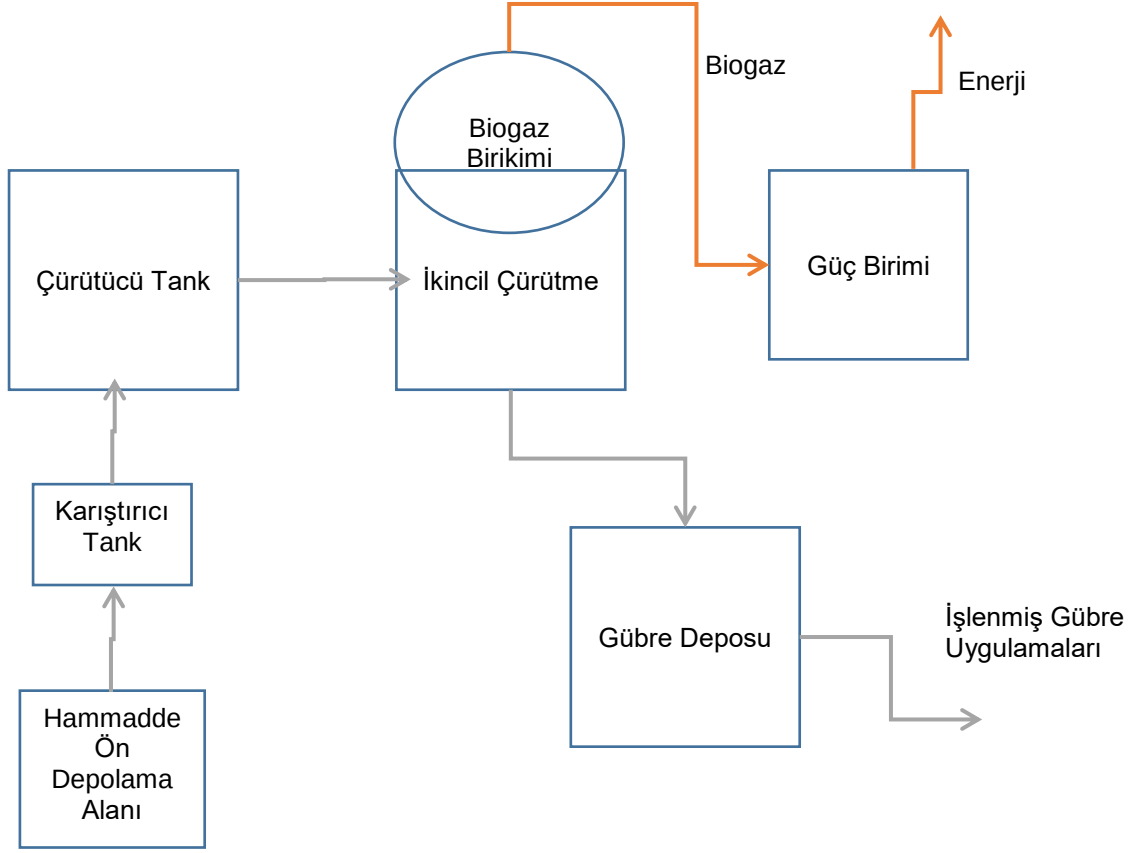
Bir biyogaz tesisi, çeşitli elementlerden oluşan karmaşık bir yapıdır. Böyle bir tesisin yerleşimi büyük ölçüde tedarik edilen hammadde türlerine ve miktarlarına bağlıdır. Biyogaz tesislerinde sindirime uygun birçok farklı hammadde türü olduğu için, buna uygun olarak, bu hammadde tiplerini ve farklı çürütücü yapıları ve işletim sistemleri kullanılmaktadır. Ayrıca, her biyogaz tesisinin tipine, büyüklüğüne ve çalışma koşullarına bağlı olarak, şartlandırma, depolama için çeşitli teknolojilerin kullanılması mümkündür.

Şekil 15 Biyogaz Teknolojinin Proses Adımları



*Zorunlu Olmayan Proses Adımları

Şekil 16 Biyogaz Üretiminin Ana Bileşenleri ve Genel Proses Akışı



Bir biyogaz tesisi inşa edilirken, tesisin tipi ve tasarımı esas olarak mevcut besleme stokunun miktarı ve tipi ile belirlenir. Hammadde miktarı, çürütücü ebadının, depolama kapasitelerinin ve kojeneratör biriminin boyutlandırılmasını belirler. Besleme stokunun bileşimine bağlı olarak, pompalanabilir bir karışıma dönüştürmek için sorunlu malzemeleri ayırmak, besleme stokunu ezmek ve hatta su eklemek gerekebilir.

Islak sindirim durumunda, genellikle akış süreci ile çalışan tek aşamalı AÇ tesisleri kullanılır. İki aşamalı süreçte ana çürütücüden önce bir ön çürütücü yerleştirilir. Ön çürütücü AÇ işleminin ilk iki işlem adımı (hidroliz ve asit oluşumu) için en uygun koşulları yaratır. Çürütücü öncesi, besleme stoku, sonraki AÇ adımlarının gerçekleştiği ana çürütücüye girer.

Sindirilen substrat (verimli gübre) (digestate) çürütücüden dışarı pompalanır ve depolama tanklarında depolanır. Bu depolama tankları, bu tankların içinde gerçekleşebilecek biyogaz üretiminin ortam sıcaklığında (sindirim sonrası) toplanmasını kolaylaştırmak için gaz geçirmez membran kapaklarıyla donatılmalıdır. Alternatif olarak, digestate, yüzey emisyonlarını en aza indirmeyi amaçlayan doğal veya yapay yüzer tabakalı açık digestate kaplarda saklanabilir.

Hammadde Kabul Bölümü

Hammaddelerin taşınması ve temini, bir biyogaz tesisinin işletilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, uygun kalitede ve miktarlarda istikrarlı ve sürekli bir hammadde tedarikinin sağlanması önemlidir. Biyogaz tesisi operatörü aynı zamanda hammadde üreticisi ise, yüksek kaliteli hammadde tedariki kolayca garanti edilebilir. Bu durumlarda, tedarik edilen malzemeyi kontrol etmek, hesaplamak ve doğrulamak için hammadde kalitesinin yönetimi gereklidir. İlk adımda, her bir hammadde yükünün

görsel kontrolünün yapılması kesinlikle gereklidir. Ardından, teslimat ağırlığı ve tüm hammadde verileri (tedarikçi, tarih, miktar, hammadde tipi, menşe ve kalite süreçleri) kaydedilmelidir. Atık olarak sınıflandırılan hammadde türlerine, yasal ve idari koşulların yanı sıra düzenleyici yükümlülüklerin (atık kategorisine bağlı olarak) yerine getirilmesi gerekebileceğine özellikle dikkat edilmelidir.

Hammadde depolama ve koşullandırma

Hammadde depolaması, öncelikle hammadde arzının mevsimsel dalgalanmalarını telafi etmeye yarar. Ayrıca çürütücünün sürekli beslenmesi için mayalanmaya müsait farklı yardımcı malzemelerin karıştırılmasını kolaylaştırır. Depolama tesislerinin türü, kullanılan hammaddeye bağlıdır. Depolama tesisleri esas olarak katı hammadde (ör. Mısır silajı) için bunker siloları ve sıvı hammadde (örn. Sıvı gübre ve bulamaçlar) için depolama tankları olarak sınıflandırılabilir. Genellikle bunker siloları hammaddeyi bir yıldan fazla saklama kapasitesine sahiptir ve gübre depolama tankları hammaddeyi birkaç gün saklama kapasitesine sahiptir. Bazı durumlarda, dikey silindir siloları da kullanılabilir. Depolama tesislerinin boyutlandırılması; depolanacak miktarlar, teslimat aralıkları ve çürütücüye beslenen günlük miktarlar ile belirlenir.

Bunker siloları başlangıçta silajı hayvan yemi olarak saklamak ve böylece mevsimsel mevcudiyetini dengelemek için geliştirilmiştir. Günümüzde bu tür depolama, biyogaz üretimi için gerekli hammaddelerin depolanmasında sıklıkla kullanılmaktadır.

Silaj, uygun nem içeriğine sahip bitki malzemesinden yapılmalıdır (depolama araçlarına, sıkıştırma derecesine ve depolama sırasında kaybedilecek su içeriğine bağlı olarak % 55-70). Silaj, fermentatif bakterilerin silajı koruyan asetat, propiyonat, laktat ve bütirat gibi uçucu yağ asitlerini üretmek için enerji kullandığı bir fermantasyon işlemine tabi tutulur.

Almanya gibi ülkelerde silaj, betondan yapılmış bunker silolarında veya yerdeki büyük yığınlarda depolanmaktadır. Silaj, mümkün olduğunca sıkı bir şekilde paketlenmesi için traktör tarafından yuvarlanır ve bu sayede havayı bastırır. Aerobik süreçlerden kaçınmak için oksijen içeriğini en aza indirmek gerekir. Aynı nedenle, silaj genellikle lastikler veya kum torbaları ile sıkıca tutulan plastik folyolarla kaplıdır. Alternatif olarak, bunker silosunu da sıkabilen bir çim silaj tabakası gibi doğal örtüler oluşturulabilir. Bazı silolarda da buğday ekilir veya bazı silolar kaplanmaz. Bu uygulama, örtü maliyetlerini azaltır ancak silajdan kaynaklanan enerji kayıplarını artırır.

Şekil 17 Bunker Silo



Şekil 18 Çim silaj tabakası ile kaplı, yerde büyük bir yığın üzerinde depolanan mısır silajı

Pompalanabilir besleme stoku genellikle kapalı, su geçirmez ve betonarme tanklarda depolanır. Tarımda kullanılanlara benzeyen bu tanklar, sıvı gübrenin depolanması için genellikle bir ila iki gün için yeterli bir depolama kapasitesine sahiptir. Emisyonları önlemek için tüm depolama tankları kapatılmalıdır. Depolama tankları çürütücüden daha yüksek bir seviyeye yerleştirilirse, hidrolik eğim pompa ihtiyacını kısmen ortadan kaldırır ve enerji tasarrufu sağlar.

Tamamlayıcı mayalanabilir katkılar depolama tankındaki ana malzemelerle karıştırılabilir, ezilebilir, homojenize edilebilir ve pompalanabilir bir karışıma dönüştürülebilir. Hammadde karışımının tıkanması, tortulaşması, yüzer tabakaları ve faz ayrılmasından kaçınılmalıdır. Bu nedenle, depolama tankları, genellikle besleme stokunu ezmek için yırtılma ve kesme aletleri ile birleştirilen karıştırıcılar ile donatılmıştır.

Endüstriyel kaynaklı hammadde türleri, sanitasyon önlemleri gerektirebilir ve bu nedenle, sanitasyon ekipmanında işlemiden önce kritik hammaddenin kritik olmayan hammadde ile karıştırılmasını önlemek için her zaman tarımsal hammadde dağıtım istasyonundan kesinlikle ayrılmalı ve saklanmalıdır.

Hammadde koşullandırma AÇ işleminin akışını ve verimliliğini etkiler. Koşullandırmanın temel amacı, sanitasyon ihtiyacını karşılamak ve hammadde çözünürlüğünü arttırmaktır. Hammadde koşullandırma, proses optimizasyonu için önemli bir potansiyel sunar, sindirim oranlarını ve biyogaz verimini artırır.

Safsızlıkların ve sorunlu malzemelerin besleme stoku substratından ayrılması ve ayrılması besleme stoğunun bileşimine bağlıdır. Silaj, en temiz hammadde türleri arasında yer alırken, ör. gübre ve evsel atıklar taş ve diğer fiziksel kirleri içerebilir. Bunlar genellikle depolama tanklarındaki çökeltme ile ayrılır ve zaman zaman tankların tabanından çıkarılması gerekir. Besleme malzemesini ana depolama tankına pompalamadan önce taşları ve diğer fiziksel kirleri tutabilen özel ızgaralarla donatılmış bir ön tank kullanılır.

Evsel atıklar, yiyecek içecek ve gıda atıkları çeşitli safsızlıklar; plastik, metal, ahşap, cam ve diğer sindirilemeyen malzemelerin paketleme ve ambalajlama kalıntıları içerebilir, bu da pompalarda, blok borularda ve hatta çözücüde hasara neden olabilir. Bu safsızlıklar, ör. evsel atıklar veya bunlar toplu olarak toplanan atıklardan mekanik, manyetik ve manuel yöntemlerle uzaklaştırılabilir.

Atıkların kullanımı, işlenmesi ve geri dönüşümü, insanlar, hayvanlar veya çevre için kontaminasyon riski olmadan güvenli bir şekilde yapılmalıdır. Sanitasyon genellikle çürütücü besleme sistemine bağlı ayrı, ısıtılmış paslanmaz çelik tanklarda gerçekleştirilir. Sanitasyon tipik izleme parametreleri sıcaklık, minimum garantili tutma süresi, basınç ve hacmi içerir. Sanitasyon işleminden sonra malzemenin sıcaklığı AÇ işlem sıcaklığından daha yüksektir. Bu nedenle ve çürütücü maddeye verilmeden önce, sterilize edilmiş malzeme bir ısı eşanjöründen geçmelidir, burada ısının bir kısmı çürütücüde pompalanan taze biyokütleyle aktarılır.

Hammadde kırma, partiküllerin yüzeylerini biyolojik ayrışma ve müteakip metan üretimi için hazırlar. Genel bir kural olarak, parçacık boyutu daha küçük olduğunda ayrışma süreci daha hızlıdır. Bununla birlikte, parçacık boyutu sadece sindirim süresini etkiler, fakat metan verimini mutlaka arttırmaz. Hammadde kırma genellikle doğrudan besleme sistemine bağlıdır. Her ikisi de bir elektrik motoru veya bir traktörün tahrik mili tarafından çalıştırılabilir.

Pompalar tarafından taşınabilen daha yüksek su içeriğine sahip besleme stokunun elde edilmesi için besleme stokunun ezilmesi gereklidir. Ezme, malzemeyi ana çürütücüye pompalamadan önce depolama tanklarında veya ön çürütücülerde gerçekleşir. Ezme işlemi için kullanılan sıvılar elde edilebilirliğe bağlıdır ve genellikle ham sıvı gübre, digestat, işlem suyu ve hatta tatlı su da olabilir.

Ezme için biyogaz çıktısı verimli gübre kullanmanın avantajı, tatlı su tüketiminin azaltılmasında ve mayalanabilir çürütücüden gelen AÇ mikro organizmaları ile aşılmasında yatmaktadır. Bu, sanitasyondan sonra veya tıkaç akış sürecinde önemli olabilir. Bununla birlikte, ezme için biyogaz çıktısı verimli gübre kullanılması sonuç olarak substrattaki besin ve tuz içeriğini artırabilir ve işlem dengesizliğine veya inhibisyonuna yol açabilir. Dezenfektanlar AÇ mikroorganizmaları üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olabileceğinden, temizleme işlemlerinden gelen su ezme için kullanılıyorsa aynı önlemler alınmalıdır. Yüksek maliyetler nedeniyle tatlı su kullanımından daima kaçınılmalıdır.

Pompalanabilirliğin yanı sıra, substrat homojenliği, AÇ işleminin stabilitesi için bir başka önemli faktördür. Zaten pompalanabilir besleme stoku, depolama tankı karıştırılarak homojenleştirilirken katı besleme stoku, besleme işlemi sırasında homojen hale getirilmelidir. Tedarik edilen hammadde türlerinde ve hammadde bileşiminde meydana gelen büyük dalgalanmalar, yeni mayalanabilir katkı maddelerine ve değişen koşullara adapte olmaları gerektiğinden AÇ mikroorganizmalarını baskı altına alabilir. Deneyimler genellikle bunun daha düşük gaz verimi ile sonuçlandığını göstermektedir, bu nedenle yüksek metan verimi ile dengeli ve "sağlıklı" bir AÇ sürecine sahip olmak için uzun bir süre boyunca istikrarlı ve sürekli bir besleme stokuna sahip olmak önemlidir.

Besleme Sistemi

Depolama ve ön işlemden sonra, AÇ besleme stoku çürütücü içerisine gönderilir. Aktarma tekniği hammadde tipine ve pompalanabilirliğine bağlıdır. Pompalanabilir besleme stoku, depolama tanklarından çürütücüye pompalarla aktarılır. Pompalanabilir besleme stoku kategorisi, hayvan bulamaçlarını ve çok sayıda sıvı organik atığı (örneğin yüzdürme çamuru, süt atıkları, balık yağı) içerir. Pompalanamayan hammadde türleri (lifli malzemeler, çimen, mısır silajı, yüksek saman içeriğine sahip gübre) bir yükleyici tarafından aktarma sistemine dökülebilir ve daha sonra çürütücü içine gönderilir. (Ör. Vidalı boru sistemi). Her iki hammadde tipi de (pompalanabilir ve pompalanamaz) aynı anda çürütücü içerisine beslenebilir. Bu durumda, pompalanamayan besleme stokunun by-pass' larla beslenmesi tercih edilir.

Mikrobiyolojik bir bakış açısından, kararlı bir AÇ prosesi için ideal durum, çürütücüden sürekli bir hammadde akışıdır. Uygulamada, hammadde gün boyunca birkaç grup halinde sindirime sürekli olarak eklenir. Besleme aparatları sürekli çalışmadığı için enerji tasarrufu sağlar. Çeşitli besleme sistemleri vardır ve bunların seçimi yine hammadde kalitesine, işlenebilme kabiliyetlerine ve besleme aralıklarına bağlıdır.

Çürütücüye beslenen hammaddenin sıcaklığına özel dikkat gösterilmelidir. Hammadde ön işlemlerden geçirildiğinde (130 ° C'ye kadar) veya kış mevsiminde (0 ° C'nin altında) yeni hammaddenin sıcaklığı ile çürütücünün çalışma sıcaklığı arasında büyük farklılıklar olabilir. Sıcaklık farklılıkları proses mikrobiyolojisini bozarak gaz verimi kaybına neden olur ve bundan kaçınılmalıdır. Bu probleme, çürütücüye yerleştirilmeden önce hammaddeyi önceden ısıtmak / soğutmak için ısı pompaları veya ısı eşanjörleri kullanmak gibi çeşitli teknik çözümler vardır.

Pompalanabilir besleme stoku substratının depolama tankından çürütücüye transferi, pompalar tarafından yapılır. Sıklıkla iki tip pompa kullanılır: santrifüj ve deplasmanlı pompalar. Santrifüjlü (dönen) pompalar genellikle suya daldırılır ancak kuru bir şaftta, çürütücünün yanına da yerleştirilebilirler. Özel uygulamalar için, uzun elyaflı malzemeler (saman, yem artıkları, çim kesimleri) için kullanılan kesme pompaları mevcuttur. Deplasmanlı pompalar (döner pistonlu pompalar, eksantrik vidalı pompalar), döner pompalara göre basınca daha dayanıklıdır. Kendinden emişlidirler, iki yönde çalışırlar ve azaltılmış taşıma kapasitesiyle nispeten yüksek basınçlara ulaşırlar. Bununla birlikte, düşük fiyatları sayesinde, döner pompalar deplasmanlı pompalardan daha çok tercih edilmektedir.

Şekil 19 Pompalama Sistemi



Çim, mısır silajı, yüksek saman içerikli gübre, sebze artıkları gibi istiflenebilir besleme stokları, bir depolama tesisinden (bunker silo) çürütücü besleme sistemine taşınmalıdır. Bu genellikle yükleyiciler veya traktörler tarafından yapılır ve besleme stoku vidalı boru taşıma sistemi ile yapılır.

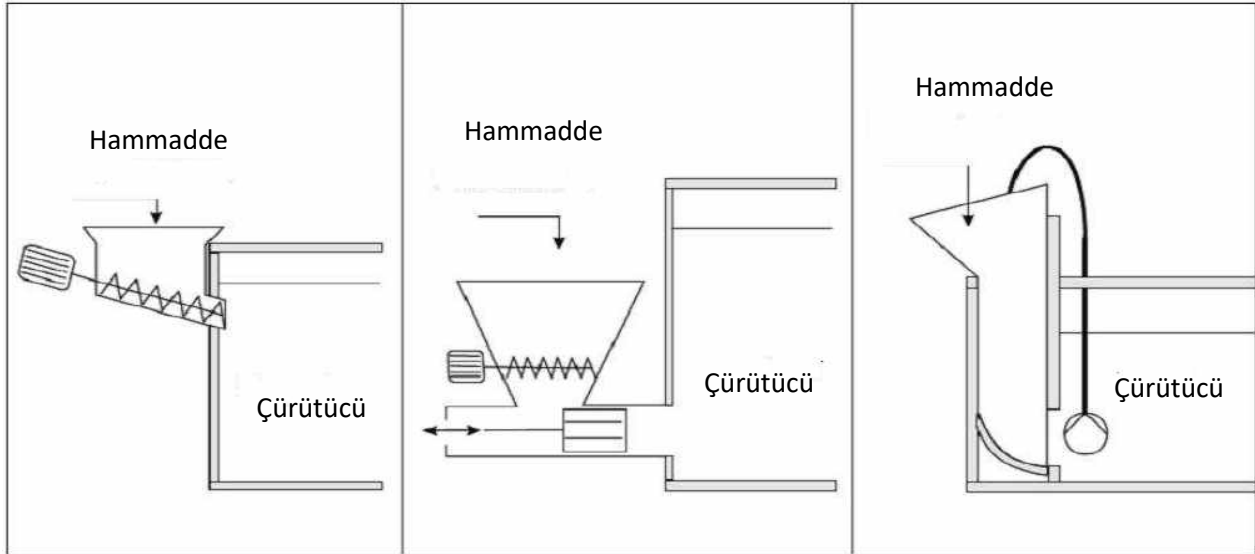
Şekil 20 Mısır Silajı Taşıyan Yükleyici



Şekil 21 Vida Tipi Taşıma Sistemi ve Aparatları



Şekil 22 Çürütücüye Besleme Stoku Yerleştirmek için Yıkama Mili, Besleme Pistonları ve Besleme Konveyörleri Sistemi



Biyogaz tesislerinde kullanılan armatürler ve boru hatları korozyona dayanıklı olmalı ve belirli malzeme türlerini (biyogaz ve biyokütle) işlemek için uygun olmalıdır. Boru hatları için kullanılan malzemeler, taşınan yük ve basınç seviyesine bağlıdır ve PVC, HDPE, çelik ve paslanmaz çelik içerir. Kavramalar, sürgülü vanalar, kelebek vanalar, temizleme açıklıkları ve manometreler gibi armatürlere erişilebilmeli, bakımı kolay ve dondan arındırılmış olmalıdır. Bazı durumlarda boruların izolasyonu gereklidir. Biyogaz tesisatlarının güvenli çalışması için, boru hatları ve armatürler için malzeme özellikleri, güvenlik özellikleri ve sızdırmazlıkları açısından minimum gereklilikler garanti edilmelidir.

Biyokütle boru hatları 300 mm çapında olmalıdır. Çürütücüden depolama tanklarına alt tabakanın geri akışı, uygun boru hattı yerleşimi ile önlenir. Boruları monte ederken, tam açıklık sağlamak için %1-2'lik

bir eğim korunmalıdır. Tesisatın uygun şekilde kapatılması şarttır. Uzun ve açılı boru hatları gevşek basınca karşı hassastır.

Şekil 23 Yalıtılmış Gaz Boruları



Kojenaratörler

Kombine ısı ve enerji santrali verimliliği, yakıt gazındaki enerjinin elektrik ve ısı şeklinde faydalı enerjiye dönüşümünün bir fonksiyonudur. Birleştirilmiş bir ısı ve güç (CHP) tesisi tipik olarak gazdaki enerjiyi bir krank milini çalıştırmak için kullanan pistonlu bir gaz motorudur. Krank mili elektrik üretmek için bir alternatörü döndürür. Gaz yanma işlemi sırasında ısı açığa çıkar. Bu ısı, sistemin ısıtma değerini en üst düzeye çıkarmak için kojenerasyon sırasında geri kazanılabilir.

Bir biyogaz tesisinin kombine ısı ve enerji santrali verimliliğini anlamak için, önce yakıt gazının enerji içeriğini anlamak gerekir.

Gaz ısıtma değeri

Gaz halindeki yakıtta depolanan enerji miktarının farklı tanımları vardır:

- Düşük Isıtma Değeri (LHV) veya Düşük Kalorifik Değer (LCV)
- Daha Yüksek Isıtma Değeri (HHV) veya Daha Yüksek Kalorifik Değer (HCV)

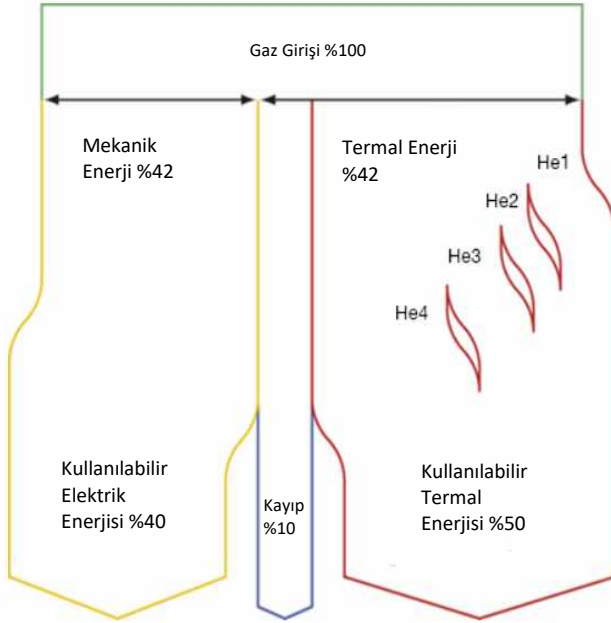
Hidrokarbon yakıtlar tipik olarak belirli bir miktarda su ile ilişkilendirilir. Ayrıca yakıt yandığında, yanma işleminin bir yan ürünü sudur. Üretilen su miktarı yakıt gazındaki hidrojen miktarının bir fonksiyonudur. Yüksek yanma sıcaklıkları nedeniyle bu su, buhar şeklini alır. Buhar, yanma işlemi sırasında açığa çıkan enerjinin küçük bir kısmını depolar; bu buharlaşma gizli ısıdır (suyun buharlaşmış halde depolanan ısısı).

Bir yakıt biriminin (HHV (HCV)) yanması sırasında açığa çıkan toplam ısı miktarı, buharlaştırılmış suda depolanan gizli ısıyı içerir. Bu buharlaştırılmış su (ve dolayısıyla enerji) motorun egzoz gazlarında salınır.

Buharlaşma gizli ısısı LHV'den (LCV) sonra yakıttan elde edilebilen ısı miktarı HHV'den düşüldür. LHV, bir gaz motorunun kullanabileceği enerjidir ve hangi dönüşüm verimliliğinin hesaplandığı ile ilgilidir

Bir yakıtın LHV'si, gaz motoruna girerken gereken yakıt akış hızını belirler. Çünkü motorun belirli bir çıkış gücü üretmesi için gereken toplam enerji girişi miktarı tanımlanır ve sabitlenir. Bu nedenle, gerekli enerji girişini sağlamak için gaz akış hızı buna uygun olmalıdır.

Yakıt LHV normalde kWh/Nm³ birimleri kullanılarak belirtilir. Motora enerji girişi hesaplanırsa, gaz akış hızı m³/saat cinsinden kolayca hesaplanabilir.

Şekil 24 Kojeneratördeki Enerji Dönüşümü

Kaynak: <https://www.clarke-energy.com/2013/chp-cogen-efficiency-biogas/>

Kombine ısı ve enerji santralinin dönüşüm verimliliği şu şekilde tanımlanabilir:

Bir alternatörden elektrik çıkışı + gaz motorundan kullanılan termal çıkış

Isıtma Sistemi- Çürütücü Isıtması

Çürütücü içindeki sabit proses sıcaklığı, kararlı çalışma ve yüksek biyogaz verimi için en önemli koşullardan biridir. Mevsime ve hava koşullarına göre belirlenen dalgalanmalar ve çürütücünün farklı bölgelerindeki yerel dalgalanmalar da dâhil olmak üzere sıcaklık dalgalanmaları mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır. Büyük sıcaklık dalgalanmaları, AÇ sürecinin dengesizliğine ve en kötü durumlarda süreç arızasına yol açar.

Sabit bir proses sıcaklığı elde etmek, korumak ve nihai ısı kayıplarını telafi etmek için, çözücüler harici ısıtma kaynakları tarafından yalıtılmalı ve ısıtılmalıdır. En sık kullanılan kaynak, biyogazın kojeneratör ünitesinden gelen atık ısıdır. Besleme stokunun ısıtılması, besleme işlemi sırasında (ön ısıtma), ısı eşanjörleri yoluyla veya çürütücü içinde (ısıtma elemanları veya sıcak buhar ile) yapılabilir. Besleme sırasında besleme stokunun önceden ısıtılması, çürütücü içindeki sıcaklık dalgalanmalarından kaçınma avantajı sağlar. Birçok biyogaz tesisi her iki hammadde ısıtma türünün bir kombinasyonunu kullanır.

Şekil 25 Biyogaz Tesisi Isıtma Sistemi (solda), Beton Sindirici, Çözücü Bölümünün Yalıtımı (sağda)

Şekil 26 Çözücü İçerisindeki Isıtma Boruları

Çürütücüler

Biyogaz tesisinin çekirdeğini hammaddenin ayrışma işleminin gerçekleştiği, oksijensiz ortamda biyogazın üretildiği, hava geçirmez bir reaktör tankı olan çürütücü oluşturmaktadır. Tüm çürütücüler hava geçirmez yapılardır. Ayrıca hammadde besleme sistemleri ile biyogaz ve işlenmiş gübre çıktı sistemlerine sahiptirler.

Bir biyogaz tesisinin tasarımı ve sindirim tipi, sindirilen substratın kuru madde içeriği ile belirlenir. AÇ, substratın ortalama kuru madde içeriği %15'in altında olduğunda ıslak sindirim ve substratın kuru madde içeriği bu değerin üzerinde olduğu kuru sindirim olmak üzere iki temel sindirim sistemi ile çalışmaktadır.

Sürekli tip çürütücülerde, besleme stoku çürütücüye sürekli aktarılır. Malzeme çürütücüden mekanik olarak veya yeni beslenen substratın basıncı ile hareket ederek sindirilen malzemeyi dışarı iter. Kesikli tip çürütücülerin aksine, sürekli çürütücüler, yeni besleme stokunu yüklemek ve sindirilmiş atık suyu boşaltmak için kesintisiz biyogaz üretir. Biyogaz üretimi sabit ve öngörülebilirdir.

Sürekli sindiriciler dikey, yatay veya çoklu tank sistemleri halinde olabilir. Alt tabakayı karıştırmak için seçilen çözeltiye bağlı olarak, sürekli sindiriciler tamamen karıştırılmış sindiriciler ve tıkaç akış sindiricileri olarak ayrılabilir. Tamamen karışık sindiriciler tipik olarak dikey sindiricilerdir, tıpa akışlı sindiriciler ise yataydır.

Pratikte, çoğu sindirici dikey sindiricilerdir. Bunlar kum çökeltilerinin kolay karıştırılması ve uzaklaştırılması için yuvarlak konik tabanlı, çelik veya betonarme tanklarda yapılır. Hava geçirmez, yalıtımlı, ısıtılmışlardır. Ayrıca karıştırıcılar veya pompalarla donatılmıştır. Sindiriciler beton, çelik veya gaz geçirmez bir çatı ile kaplanır ve üretilen biyogaz, sindiriciye yakın veya gaz geçirmez membranın altında harici bir depolama tesisinde depolanır. Membran üretilen biyogaz tarafından şişirilir veya merkezi bir direğe bağlanabilir.

Beton tanklar tamamen veya kısmen toprağa gömülü olarak yapılabilir. Hatalı yapılar çatlamaya, sızıntıya, korozyona veya çürütücünün yıkılmasına neden olabilir. Bu problemlerin uygun beton kalitesi ve profesyonel planlama ve inşaatı kullanılarak önlenmesi mümkündür.

Çelik sindiriciler beton bir temel üzerine monte edilir. Çelik plakalar ya birleştirilir ya da birbirine vidalanır. Çelik çürütücüler her zaman yer üstüne monte edilir. Dikey sindiricilerin en önemli avantajı çiftliklerdeki gübreleri, mevcut gübre tanklarına yalıtım ve ısıtma sistemi eklenerek oluşturulan maliyet etkin bir yapı ile biyogaz sindiricilerine gönderilebilmesidir.

Şekil 27 İnşa Halinde Dikey Çürütücü (Solda), Gaz geçirmez membran ile kaplı dikey çürütücüler. (Sağda)



Karıştırma Teknolojileri

Çürütücü içinde biokütlenin karıştırılması pasif karıştırma ile gerçekleşir. Bu durum besleme stoğunun ve müteakip termal malzeme akışlarının yanı sıra gaz kabarcıklarının yukarı akışıyla gerçekleşir. Tesislerdeki pasif karıştırma çürütücünün optimal çalışması için yeterli olmadığından, mekanik, hidrolik veya pnömatik ekipman kullanılarak aktif karıştırma yapılmaktadır. Biyogaz tesislerinin %90'ında mekanik karıştırma ekipmanları kullanılmaktadır.

Sistemdeki çürütücü içeriği, yeni gelen besleme stokunun çürütücü içindeki mevcut alt tabaka ile karıştırılması amacıyla günde birkaç kez karıştırılmalıdır. Karıştırma süreci yüzey katmanlarının ve tortuların oluşumunu önleyerek mikroorganizmaları yeni hammadde parçacıklarıyla temas ettirmektedir. Aynı zamanda gaz kabarcıklarının yukarı akışını kolaylaştırarak ısı ve besin maddelerinin tüm malzeme kütlesi boyunca dağılımını homojenleştirmektedir.

Karıştırıcılar sürekli veya periyotlar halinde çalıştırılabilir. Deneyimler karıştırma dizilerinin optimize edilebildiğini ve belirli bir biyogaz tesisine uyarlanabileceğini göstermektedir. İlk hammadde yükünün beslenmesi ve tesisin başlatılmasından sonra karıştırma periyotlarının optimum süresi ve sıklıklarının belirlenmesi ile karıştırıcıların ayarlanması süreç içerisindeki karıştırıcı performanslarının izlenmesi yoluyla belirlenmektedir.

Yapılan çalışmalar, geçmişte yaygın kullanımı olan suya batmış, elektrikle çalışan orta hızlı karıştırıcıların nispeten daha pahalı olduğunu ve bakım için erişimlerinin zor olduğunu göstermektedir. Daha iyi bir alternatifin ise sindiricilerin üzerine merkezi olarak monte edilen ve sürekli yavaş dönen karıştırıcıların olduğu kanıtlanmıştır. Bu şekilde kullanımda yüzer tabakaların oluşmasını önlemek için çürütücü içindeki biokütle seviyesinin hassas bir şekilde ayarlanmasını gerekmektedir.

Şekil 28 Asma kanatlı karıştırıcılar (solda) ve karıştırma motoru (sağda)



Şekil 29 Kürekli Karıştırıcılar



Biyogaz Depolama

Biyogaz üretimi mümkün olduğunca istikrarlı ve sabit tutulmalıdır. Çürütücü içinde biyogaz miktarı değişken seviyelerde oluşabilmektedir. Kojenerasyon santrali ise düzenli biyogaz arzına ihtiyaç duyar. Bu değişkenliği telafi etmek için üretilen biyogazın uygun depolama tesislerinde geçici olarak bekletilmesi gerekmektedir.

Günümüzde çok çeşitli biyogaz depolama tesisleri mevcuttur. Bu çeşitlilik içerisinde en basit çözüm çürütücü örtüsünün işlevine de sahip olan gaz sızdırmaz bir membran kullanılarak sindiricilerin üzerine kurulan biyogaz deposudur. Daha büyük biyogaz tesisleri, bağımsız tesis olarak inşa edilmekte ya da depolama binalarındaki biyogaz depolama alanları bağımsız yapıda olmaktadır. Biyogaz depolama tesislerinin basınç seviyeleri ise düşük, orta veya yüksek şeklinde yapılandırılmaktadır.

Biyogaz depolama tesisi işletmesinin doğru seçilmesi ve boyutlandırılması, biyogaz tesisinin verimliliğine, güvenilirliğine ve güvenliğine önemli ölçüde katkıda bulunurken, sürekli biyogaz tedariki sağlar ve biyogaz kayıplarını en aza indirir.

Tüm biyogaz depolama tesisleri gaz geçirmez ve basınca dayanıklı olması gerektiği gibi ayrıca UV, sıcaklık ve hava koşullarına dayanıklı olmalıdır. Biyogaz tesisini başlatmadan önce, gaz depolama tankları gaz sızdırmazlığı açısından kontrol edilmelidir. Tesisler hasarları ve diğer riskleri önlemek için emniyet valfleri (düşük basınç ve aşırı basınç) ile donatılmalıdır. Patlamaya karşı koruma da garanti edilmeli ve acil durum ateşlemesi yapılmalıdır. Gaz depolama tesisi günlük biyogaz üretiminin dörtte birine karşılık gelen minimum kapasiteye sahip olmalıdır. Normal olarak, bir veya iki günlük gaz üretim kapasitesi önerilmektedir

Şekil 30 Emniyet basınç tesisleri ve vanalar



Enerji üretimi için ihtiyaç olandan daha fazla biyogaz üretildiği durumlar da meydana gelmektedir. Bu, olağanüstü durumlar yüksek gaz üretimlerinde veya enerji geri kazanım sisteminin bozulması nedeniyle olabilmektedir. Dolayısıyla ilave biyogaz depolama veya ek enerji üretim sistemleri gibi yedekleme çözümleri gerekebilmektedir. Biyogazın sıkıştırılmadan depolanması kısa süreli olarak mümkündür, ancak birkaç saatten daha uzun süreler için bu şekilde depolama uygun bulunmamaktadır. Ek enerji üretim ünitesi (yani ikinci bir CHP tesisi) ekonomik olarak uygun değildir. Bu nedenle, biyogaz tesisi bir biyogaz parlaması ile donatılmalıdır. Depolanamayan veya kullanılamayan fazla biyogazın olduğu durumlarda, alevlenme, güvenlik risklerini ortadan kaldırmak ve çevreyi korumak için gerekli olan nihai çözümdür. İstisnai durumlarda, alevlenme, enerji geri kazanımının mümkün olmadığı AÇ prosesleri tarafından üretilen biyogazın güvenli bir şekilde atılması için bir çözüm olabilmektedir.

Şekil 31 Modern Biyogaz Ateşlemeleri



Biyogazın Arındırılması

Biyogaz çürütücünden ayrıldığında, su buharı ve metan (CH_4) ve karbondioksit (CO_2) yanında çeşitli miktarlarda hidrojen sülfür (H_2S) içerir. Hidrojen sülfür, çürük yumurtalara benzeyen, biyogazdaki su buharları ile birlikte sülfürik asit oluşturan, spesifik ve hoş olmayan bir kokuya sahip toksik bir gazdır. Sülfürik asit aşındırıcıdır ve kojenerasyon motorlarına, gaz boru hatlarına, egzoz borularına vb. zarar verebilmektedir. Bunu önlemek için biyogazın kükürttan arındırılması (H_2S 'nin uzaklaştırılması) ve kurutulması gerekmektedir.

Hayvan gübresinin AÇ'sinden elde edilen kuru biyogazın ortalama içeriği 1000-3000 ppm H_2S 'dir. Hayvan gübresinin diğer substratlarla birlikte sindirilmesiyle üretilen biyogaz, çeşitli H_2S seviyeleri içerebilmektedir. Kojenerasyon ünitesinde üretim için kullanılan geleneksel motorların çoğu, aşırı korozyonu ve yağlama yağının bozulmasını önlemek için H_2S seviyeleri 700 ppm'nin altında olan biyogaza ihtiyaç duymaktadır.

H_2S 'nin biyogazdan uzaklaştırılması (desülfürizasyon), çürütücü içinde veya dışında gerçekleşen biyolojik veya kimyasal çeşitli yöntemlerle yapılabilmektedir. Kükürt giderme H_2S içeriğine ve kükürt giderme ekipmanı boyunca verim oranına bağlıdır. Verim oranı, işleme bağlı olarak önemli ölçüde dalgalanabilir. Örneğin çürütücüye yeni besleme stokunun sokulmasından sonra başlatılan karıştırma sırasında daha yüksek biyogaz üretimi ve dolayısıyla yüksek verim oranları gözlemlenebilir. Tam bir desülfürizasyon sağlamak için, ortalama verim oranına kıyasla aşırı boyutlandırılmış desülfürizasyon ekipmanı kullanmak gerekmektedir.

Biyolojik oksidasyon, ham biyogaza az miktarda hava (%2-8) enjekte edilmesine dayalı olarak en çok kullanılan kükürt giderme yöntemlerinden biridir. Bu şekilde hidrojen sülfür biyolojik olarak katı serbest sülfür ile katı veya sıvı sülfürik aside (H_2SO_3) oksitlenmektedir.

Uygulamada, üretilen kükürt çökeltisi toplanmakta ve çıktı olarak oluşan verimli gübre özelliklerini geliştirmek için verimli gübre ile karıştırıldığı depolama tanklarına eklenmektedir. Biyolojik kükürt giderme genellikle uygun maliyetli bir yöntem olarak çürütücü içinde gerçekleştirilir. Bu tür desülfürizasyon için oksijen varlığında hidrojen sülfürü temel sülfüre dönüştürmek için oksijen ve sulfobacter oksidans bakterileri bulunmalıdır. AÇ substratı metabolizmalar için gerekli besin maddelerini içerdiğinden sulfobacter oksidanlar çürütücü içinde halihazırda bulunur (ilave edilmesi gerekmez). Oksijen çok küçük bir kompresör yardımıyla yapılan çürütücünün üst kısmına hava enjeksiyonu ile sağlanmaktadır. Çürütücü içindeki hava enjeksiyon boruları çıkış borularının tıkanmasını önlemek için biyogaz çıkışının karşı tarafına yerleştirilmelidir.

Şekil 32 Hidrojen sülfürün uzaklaştırılması için reaktör tankı



Kükürt giderme işlemi çürütücü içindeki besleme stoku karışımına kimyasal bir madde eklenerek de yapılabilir. Bu şekilde sülfür AÇ işlemi sırasında kimyasal olarak bağlanır ve hidrojen sülfürün biyogaza salınmasını önler. Böylece kükürt kaybolmayarak gübrenin içerisinde kalmaktadır.

Kimyasal biyogaz kükürt giderme için bazlar kullanılabilir (genellikle sodyum hidroksit). Bu yöntem için özel ekipmanlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Hidrojen sülfür içeriğini azaltmak için başka bir kimyasal yöntem de besleme stoğuna ticari demir çözeltisi ilave etmektir. Demir içeren bileşikler, sülfürü sıvı fazda çözünmeyen bir bileşikte bağlayarak gaz halindeki hidrojen sülfür üretimini önler. Stokiyometrik bazda demir içeren malzeme tüketiminin, gaz halindeki hidrojen sülfürde istenen azalmanın 2-3 katı olduğu kanıtlandığı için yöntem oldukça pahalıdır. Bu nedenle daha ucuz bir alternatif olan demir içeren malzemeler ile yardımcı substratlar (organik atıklar) sağlanmalı ve demir içeren ilaçlar sadece bir destek olarak kullanılmalıdır.

Çürütücü içindeki biyogazın bağıl nemi %100'dür. Bu nedenle gaz su buharları ile doyurulur. Enerji dönüşüm ekipmanını aşınmadan ve nihai hasardan korumak için üretilen biyogazdan su uzaklaştırılmalıdır.

Biyogazın içerdiği su miktarı sıcaklığa bağlıdır. Su buharlarının bir kısmı gazın soğutulması ile yoğunlaştırılmaktadır. Bu genellikle biyogazı çürütücüden kojenerasyon ünitesine taşıyan gaz boru hatları ile yapılmaktadır. Su, eğimli boruların duvarlarında yoğunlaşır ve boru hattının en alt noktasında bir yoğunlaşma ayırıcısında toplanabilir. Boru hatlarında etkili biyogaz soğutması için bir ön koşul da ilgili boruların uzunluğunun yeterli olup olmadığıdır. Gaz boru hatları yeraltına yerleştirildiğinde soğutma etkisi daha da yüksektir. Yeraltı boruları için batan veya hareket eden topraktan etkilenebilecek boruların eğimini garanti etmek için sabit bir temel üzerine yerleştirilmesi çok önemlidir. Yoğuşma ayırıcının düzenli olarak boşaltılması için dondan arındırılmış ve kolay erişilebilir olması gerekir. Çıkarılan su buharlarına ek olarak, yoğuşma ayrıca suda çözünür gazlar ve aerosoller gibi bazı istenmeyen maddeleri de giderir.

Verimli Gübrenin Depolanması

Çözücüden geçen verimli gübre, pompalama sekansları yoluyla çürütücüden dışarı pompalanır ve boru hatlarından çürütücünün yakınında gübrenin geçici olarak (birkaç gün) depolanabileceği depolama tesislerine taşınır. Tesislerin toplam kapasitesi, verimli gübre üretimini birkaç ay saklamak için yeterli olmalıdır. Birçok Avrupa ülkesinde tarımsal mevzuat, gübre olarak optimal ve verimli kullanılmalarını sağlamak için hayvan gübresi, bulamaç ve çıktı sonucu oluşan gübrenin 6 ila 9 aylık depolama kapasitesine sahip olmasını gerektirmektedir.

Verimli gübrenin depolanması ve işlenmesinden kaynaklanan metan ve besin maddelerinin kaybı mümkündür. Toplam biyogaz üretiminin %20'sine kadarı, çürütücü dışında, gübre depolama tanklarında gerçekleştirilebilir. Metan emisyonlarını önlemek ve ekstra gaz üretimini toplamak için depolama tankları gaz geri kazanımı için daima gaz geçirmez bir membran ile kaplanmalıdır. Modern biyogaz tesisleri gaz geçirmez bir membran ile kapatılmış depolama tanklarına sahiptir. Gübre geçici olarak tarlalardaki depolama tesislerinde saklandığında amonyak uçuculuğu riskini azaltmak için doğal bir yüzer tabaka ile kaplanmalıdır. Deneyimler gübre için depolama tanklarında yapay yüzen katmanların kurulmasının, amonyak uçuculuğunu %20'den daha aza indirebileceğini göstermektedir.

Şekil 33 Doğal yüzer tabaka ile kaplı depolama tankları**Şekil 34 Membran kaplı depolama tankları****Şekil 35 Digestate depolama için açık havuz lagünleri**

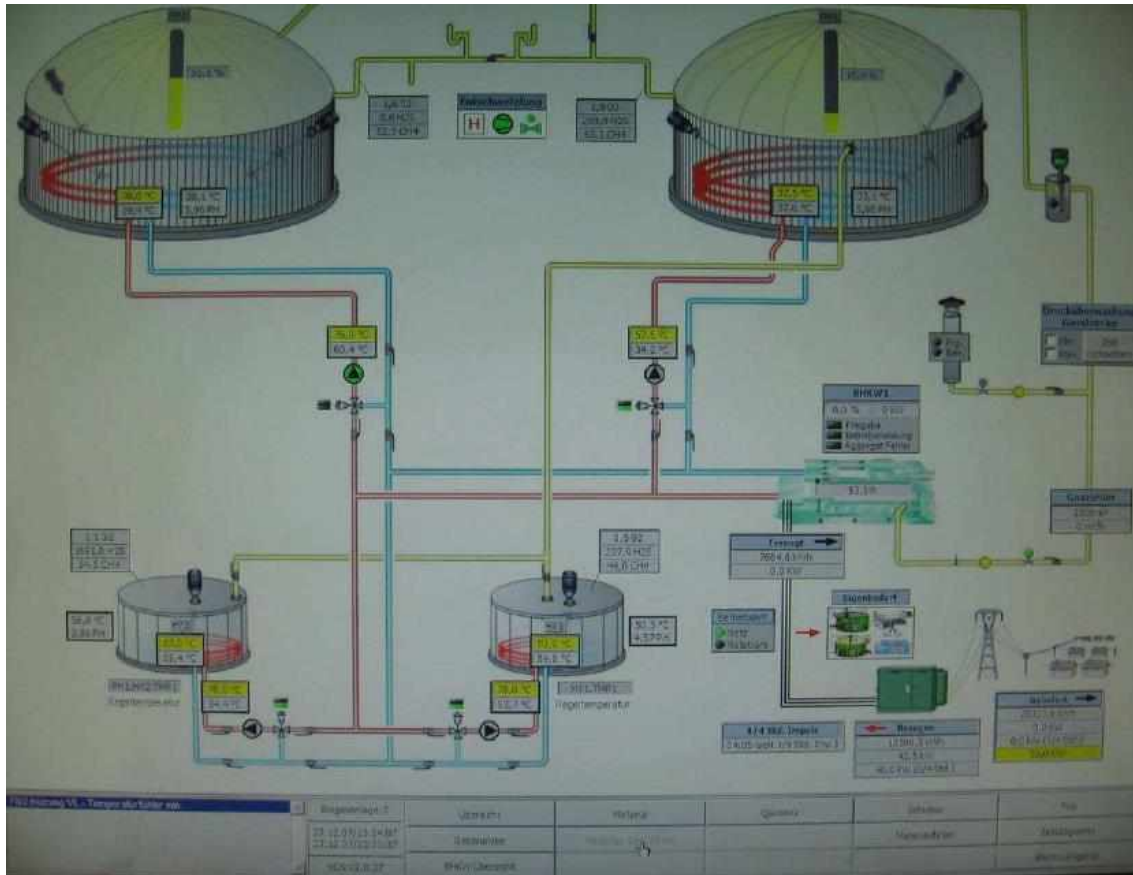
Kontrol Ünitesi

Bir biyogaz tesisi tüm parçaları arasında yakın ilişkiler bulunan karmaşık bir yapıdır. Bu nedenle merkezi bilgisayarlı izleme ve kontrol, başarıyı garanti etmek isteyen tesislerin en önemli bileşenlerindendir. AÇ süreç teknolojilerinin standartlaştırılması ve daha da geliştirilmesi önemli verilerin düzenli olarak izlenmesi ile mümkündür. İzleme ve dokümantasyon, standart değerlerden sapmaları tanıyabilmek ve ilgili düzeltici önlemleri alabilmek için gereklidir.

İzleme süreci kimyasal ve fiziksel parametrelerin toplanmasını ve analizini içermektedir. Biyokimyasal süreci optimize etmek ve biyogaz üretiminin engellenmesini veya çökmesini önlemek için düzenli laboratuvar testleri gerektirir. Dolayısıyla aşağıdaki parametreler izlenmelidir:

- Girilen hammaddenin tipi ve miktarı (günlük)
- Proses sıcaklığı (günlük)
- PH değeri (günlük)
- Gaz miktarı ve bileşimi (günlük)
- Kısa zincirli yağ asitleri içeriği
- Dolum seviyesi

Şekil 36 İki Ana Sindiricili Bir Tarımsal Biyogaz Tesisi İçin Bilgisayar Tabanlı Bir İzleme Planının Ekran Görüntüsü



Tablo 29 Kullanılacak Makine Teçhizat ve Teknik Özellikleri

Makine ve Teçhizat	Teknik Özellikleri
Ön Depolama Tankları ve Parçalarının Maliyetleri (8 Adet)	Ön depolama takı için nakliye, montaj, seviye tespit cihazları, elektrik bağlantıları, GPRS sistemi ve sabit vidanjör hortumları
Ön Dengeleme Tankı	R=12 metre h=6 metre Betonarme Havuz, 2 adet 15 kW'lık Dalgıç Karıştırıcı, 2 adet Parçalayıcı Numune Alma Noktası Seviye Kontrol Ünitesi
Fermentasyon Tankı (8 Adet)	R=32 metre, h=8 metre, Betonarme Havuz 8x2 metre Epoksi Zemin Kaplaması 30 metre, Zemin Yalıtımı 8x30 metre Dış Cephe Yalıtımı ve Kaplaması 30 metre Kaçak Keçesi 30 metre Sızdırmaz Membran Çatı 30 metre Desülfürizasyon Hattı Seviye Kontrol Ünitesi Basınç Ünitesi 8x4 adet 18.5 kW'lık Dalgıç Karıştırıcı 8x22 kW'lık Saplama Karıştırıcı 8x5 adet Gözlem Penceresi 8x5 adet Çalışma Platformu Tank Duvarı Isıtma Hattı Dozlama Hattı Rögar Numune Alma Noktası
Pompa Kontrol Ünitesi (2 Adet)	2 adet 5,5 kW'lık Ön Dengeleme Havuzu Pompası 2 adet 5 yönlü Ön Dengeleme Havuzu Dağıtıcısı 2 adet 5,5 kW'lık Merkezi Pompa 2 adet 5 yönlü Merkezi Dağıtıcısı Pompa Ünitesi Odası Pompa Ünitesi Odası Ekipmanları
Gaz Boru Hattı	8 metre DN250 Standartlarında Gaz Çıkışı 8 metre DN250 Tanklar Arası Gaz Geçiş Borusu 300 metre DN250 Standartlarında Gaz Borusu 1 adet Kondens Hattı 2 adet Sirkülasyon Pompası 1 adet Gaz Analizatörü (H ₂ S, O ₂ , CH ₄)
Hammadde Boru Hattı	300 metre DN250 Standartlarında Ön Dengeleme Havuzu Hammadde Borusu 300 metre DN250 Standartlarında Tesis Geneli Hammadde Borusu
Isıtma Boru Hattı	300 metre DN100 Standartlarında Isıtma Hattı Borusu 8 adet Isı Dağıtıcı 1 adet 4000 kWh'lık Isı ayrıştırıcısı
Otomasyon Elektronik Altyapı	Sistem Otomasyon Yazılımı Ana Salt Panosu Pompa ve Kontrol Ünite Odası 2 adet Ön Dengeleme Havuzu Elektronik Pompa 2 adet Ön Dengeleme Havuzu Dağıtıcısı

	2 adet Öğütücü 2 adet 15 kW'lık Dalgıç Karıştırıcı 32 adet 18,5 kW'lık Dalgıç Karıştırıcı 8 adet 22 kW'lık Saplama Karıştırıcı 2 adet Merkezi Pompa 8 adet Havuz Duvar Isıtma 8 adet Membran Çatı 2 adet Gas Flare 4 adet Kojeneratör Motoru 1 adet Acil Durum Jeneratörü Bağlantısı 1 adet Desülfürizasyon Ünitesi 1 takım Hammadde Hattı Debimetreleri 1 takım Gaz Hattı Debimetreleri 1 takım Basınç Ölçümleri 1 takım Sıcaklık Ölçümleri 1 takım Kablo ve Kablolama Aksesuarları 1 takım Topraklama
Kojenerasyon (3 adet)	3 ayrı Kojeneratör Motoru Kojeneratör Motorları Sabitleme Temeli
Gaz Ateşlemesi	Gas Flare Kulesi Sabitleme Temeli 2 adet 900 Nm ³ 'lük Yakma Bacası
Desülfürizasyon Ünitesi	2 adet 1800 Nm ³ , 2000 ppm'lik Kule
Kompost Üretim Tesisi	2 Adet Kompost (38 m ³ – SP600HD Seperatör İle) 2 Adet Hijyenizasyon Ünitesi 3 Adet 5000 m ³ lük Sıvı Gübre Havuzu 2 Adet BC50 Çıkış Konveyörü (6 m) 2 Adet Wireless Sıcaklık Ölçüm ve Takip Sistemi 1 Adet BC30 besleme pompaları için borulama, kablolar ve bağlantı elemanları 1 Adet Dalgıç Karıştırıcı 2 Adet Dalgıç Pompa 1 Adet Kompost Karıştırma Makinesi 1 Adet Paketleme Hattı

3.3 İNSAN KAYNAKLARI

TÜİK tarafından 2015 yılında yapılan yaşam endeksi çalışmasında Kayseri ilinin eğitim endeksi sıralamasında 81 il arasında 43'üncü sırada yer aldığı görülmektedir.

ADNKS sonuçlarına göre, Kayseri ilinde 6 yaş ve üzeri nüfus grubunda okuryazar nüfus oranı 2009 yılında %93,68 iken 2018 yılında %97,51'e yükselmiştir. Türkiye genelinde okuryazar nüfus oranı ise %92,47'den %96,97 seviyesine ulaşmıştır. Her iki dönemde de Kayseri'deki 6 yaş ve üzeri nüfusun okuryazarlık oranı Türkiye ve TR72 Bölgesi genelinden yüksektir. Yine her iki dönemde de TR72 Bölgesi ve Kayseri'de okuryazar erkek nüfus oranı, okuryazar kadın nüfus oranından yüksektir. İl bazında okuma yazma bilmeyenlerin oranı 2009 yılında %6,32 iken 2016 yılında %2,85'e gerileyerek Türkiye ortalaması olan %3,50'un altında gerçekleşmiştir. İlde okuma yazma bilmeyenlerin oranı erkeklerde %0,69, kadınlarda ise %5,01'dir.

Eğitim durumuna göre 15 yaş ve üzeri nüfusun dağılımı incelendiğinde, 2018 yılında Kayseri ili ilköğretim, ortaokul ve lise mezunlarının toplam içindeki payı bölge ve Türkiye ortalamalarının üzerinde yer alırken (TR72 Bölgesi ilköğretim mezunu oranı hariç), yüksekokul, yüksek lisans ve doktora kademelerinde Türkiye ortalamalarının altındadır. Fakat TR72 Bölgesi ile kıyaslandığında daha iyi bir

durumda olduğu görülmektedir. 2018 yılı itibariyle yüksekokul veya fakülteden mezun olanların oranı Türkiye genelinde %11,9 iken Kayseri’de %11,3 olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 30 Eğitim Durumuna Göre 15 Yaş ve Üzeri Nüfusun Dağılımı, 2018 (%)

Bitirilen öğretim kurumu	Türkiye			Kayseri		
	Toplam	Erkek	Kadın	Toplam	Erkek	Kadın
İlkokul mezunu	0,159	0,065	0,094	0,161	0,060	0,100
İlköğretim mezunu	0,108	0,062	0,046	0,109	0,063	0,046
Ortaokul veya dengi okul mezunu	0,106	0,059	0,047	0,107	0,060	0,047
Lise veya dengi okul mezunu	0,180	0,102	0,078	0,188	0,107	0,081
Yüksekokul veya fakülte mezunu	0,119	0,064	0,055	0,113	0,063	0,051
Yüksek lisans mezunu	0,012	0,007	0,005	0,011	0,006	0,004
Doktora mezunu	0,003	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001

Kaynak: TÜİK, Bölgesel İstatistikler

Tablo 31 Kayseri İli Çalışma Çağındaki Nüfusun Toplam Nüfus İçerisindeki Payı

	15-65 Arası Nüfus	Ölçüm bazında	15-65 yaş Arası Nüfusun Toplam Nüfus İçerisindeki Payı
2015	895524	1341056	66,8%
2016	910012	1358980	67,0%
2017	923037	1376722	67,0%
2018	930209	1389680	66,9%
2019	942036	1407409	66,9%

Tablo 32 Kayseri İli Genç Nüfusun Toplam Nüfus İçerisindeki Payı

	15-25 Arası Nüfus	Ölçüm bazında	15-25 Yaş Arası Nüfusun Toplam Nüfus İçerisindeki Payı
2015	219.073	1.341.056	16,3%
2016	219.914	1358.980	16,2%
2017	223.416	1.376.722	16,2%
2018	221.041	1.389.680	15,9%
2019	221.383	1.407.409	15,7%

Profesyonel bir yönetime sahip bir biyogaz tesisinin işletme maliyetleri, inşaat maliyetleri kadar önemlidir. Bu giderler işletmenin organizasyon şeması ve yönetim şekline göre değişmektedir.

Tablo 33 İstihdam Edilecek Personel ve Maliyet Bilgileri

Personel Niteliği	Kişi Sayısı	Net Ücreti (TL/ay)	Brüt Ücreti (TL/ay)	Toplam Maliyet (TL/ay)
Yönetici	1	6000	11.237	11.237
Bakım Personeli	1	3500	6.240	6.240
Laboratuvar Personeli	1	3500	6.240	6.240
Şoför	14	2500	4.387	61.618
Yardımcı Eleman	14	2500	4.387	61.618
Toplam	31			146.953

Toplama işleminin toplam 3 saat sürmesi planlanmaktadır. 8,5 saatlik çalışma süresi esas alındığında, 25 m3'lük 8 adet vidanjörle tüm toplama işlemi gerçekleştirilebilecektir. Ancak hammadde temininin sürekliliği, çalışanların dinlenme süreleri ve olası bakım/onarım durumları dikkate alındığında bir adet yedek vidanjöre ihtiyaç duyulacaktır. Toplam 8 vidanjörde 8'i şoför 8'ü de yardımcı eleman olmak üzere 16 kişi dönüşümlü çalışarak hammadde temininin sürekliliği sağlayacaklardır.

Şekil 3'de görüleceği üzere Avrupa'daki potansiyel yatırım yapılacak ülkelerin saatlik işçilik maliyetleri dolar cinsinden özetlenmiştir. Türkiye işçilik maliyetleri açısından çoğu Avrupa ülkesinden daha avantajlı durumdadır.

4. FİNANSAL ANALİZ

4.1 SABİT YATIRIM TUTARI

Kurulacak olan tesis için bölgesel teşvik belgesi kapsamında KDV ödenmeyeceği için ayrıca KDV hesaplaması yapılmamıştır.

Yatırım Kalemleri	Yatırım Tutarı (TL)
Arazi Arsa 45.000 m ² , 29,5 TL/m ²	1.327.500
Makine ve Teçhizat*	71.136.000
Vidanjör 14 (Adet)	8.360.000
Ön Depolama Tankları ve Parçaları	2.100.000
İdari Bina+ Laboratuvar	600.000
Toplam	83.523.500 TL

*Euro Döviz Kuru 7,6 TL olarak alınmıştır.

4.2 YATIRIMIN GERİ DÖNÜŞ SÜRESİ

Yatırımın geri dönüş süreci destek uygulamalarından faydalanma durumuna göre değişiklik göstermektedir. Yatırımın Sabit Fiyat Garantisi Desteği kapsamına girmesi durumunda yatırım 4,2 yılda geri dönebilmektedir. (Yatırım süresi hariç)

Teşvik alınmaması ve Sabit Fiyat Garantisi Kapsamına Girilememesi Durumunda yatırımın geri dönüş süresi 10,42 yılı bulmaktadır.

5. ÇEVRESEL VE SOSYAL ETKİ ANALİZİ

Söz konusu yatırımın toplumsal gruplar (kadın, erkek, çocuk, genç, yaşlı vb.) üzerinde oluşturacağı parasallaştırılamayan olumlu veya olumsuz sosyal etkilere bu bölümde yer verilecektir.

3 Ekim 2013 tarihli ve 28784 sayılı resmî gazetede yayınlanan Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliğine göre “Günlük kapasitesi 100 ton ve üzeri kümes ve ahır gübrelerinin geri kazanılmasına ve/veya bertaraf edilmesine yönelik tesisler” ÇED uygulanacak projeler listesinde belirtilmiştir.

Yapılması planlanan Biyogaz ve Kojenerasyon Tesisi hayata geçirildiğinde 80.000 kapasiteli besi tesisi faaliyeti kapsamında oluşacak olan hayvan gübrelerinin bertarafı konusunda bir çözüm sunmuş olacaktır. Kayseri İmar ve İnşaat Tic. A.Ş. tesisi faaliyetlerine başladığında yaklaşık 2000 ton büyükbaş hayvan gübresini bertarafı sağlayacaktır. Düzensiz depolamadan kaynaklanan koku ve su kirliliği problemine de çözüm getirecektir. Ayrıca ham gübrelerin işlenmesiyle oluşan sıvı organik gübre ise tarımda daha verimli arazilerin oluşmasına ve daha kaliteli ürünlerin elde edilmesine olanak sağlayacaktır. Kurulacak olan bu tesis ülkemizin enerjide dışa bağımlılığını azaltacak, elektrik üretiminde kullanılan doğalgaz için ödenen milyarlarca doların en azından bir kısmının yurt içinde kalmasını sağlayacaktır. Tesis, çevresinde bulunan birçok insana da istihdam kaynağı olacaktır.

Kaynakça

1. *Türkiye’de Enerji Sektöründe Yapısal Bağınlaşma:*. **Abdullah Özdemir, Mehmet Mercan**. Volume 3 Number 2, s.l. : Business and Economics Research Journal, 2012. ISSN: 1309-2448.
2. <https://cleanleap.com/6-biogas/63-total-biogas-production-costs-produce-biomethane-vehicles>. *cleanleap.com*. [Çevrimiçi]
3. **Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder,**. *Biogas Handbook*. Esbjerg, Danimarka : University of Southern Denmark Esbjerg, Niels Bohrs Vej 9-10, 2008. ISBN 978-87-992962-0-0.
4. **ÖZTÜRK, Prof. Dr. Mustafa**. *HAYVAN GÜBRESİNDEN BİOGAZ ÜRETİMİ*. Ankara : s.n., 2017.
5. **Cividino, Sirio Rossano Secondo**. *Biogas Overview of Key Technologies - Benchmarking and Potentials*. s.l. : Smart Energy- Network of Excellence, 2009.
6. *A Technological Overview of Biogas Production from Biowaste*. **Spyridon Achinas, Vasileios Achinas, Gerrit Jan Willem Euverink**. s.l. : Green Chemical Engineering—Review, 2017.
7. <https://www.biogasworld.com/news/reduce-the-costs-of-biogas-plant/>. *biogasworld.com*. [Çevrimiçi] Biogas World.

Ek-1: Fizibilite Çalışması için Gerekli Olabilecek Analizler (Tüm Ön Fizibilite Çalışmalarında bu bölüme yer verilecektir.)

Yatırımcı tarafından hazırlanacak detaylı fizibilitede, aşağıda yer alan analizlerin asgari düzeyde yapılması ve makine-teçhizat listesinin hazırlanması önerilmektedir.

- **Ekonomik Kapasite Kullanım Oranı (KKO)**

Sektörün mevcut durumu ile önümüzdeki dönem için sektörde beklenen gelişmeler, firmanın rekabet gücü, sektördeki deneyimi, faaliyete geçtikten sonra hedeflediği üretim-satış rakamları dikkate alınarak hesaplanan ekonomik kapasite kullanım oranları tahmini tesis işletmeye geçtikten sonraki beş yıl için yapılabilir.

Ekonomik KKO= Öngörülen Yıllık Üretim Miktarı /Teknik Kapasite

- **Üretim Akım Şeması**

Fizibilite konusu ürünün bir birim üretilmesi için gereken hammadde, yardımcı madde miktarları ile üretimle ilgili diğer prosesleri içeren akım şeması hazırlanacaktır.

- **İş Akış Şeması**

Fizibilite kapsamında kurulacak tesisin birimlerinde gerçekleştirilecek faaliyetleri tanımlayan iş akış şeması hazırlanabilir.

- **Toplam Yatırım Tutarı**

Yatırım tutarını oluşturan harcama kalemleri yıllara sari olarak tablo formatında hazırlanabilir.

- **Tesis İşletme Gelir-Gider Hesabı**

Tesis işletmeye geçtikten sonra tam kapasitede oluşturması öngörülen yıllık gelir gider hesabına yönelik tablolar hazırlanabilir.

- **İşletme Sermayesi**

İşletmelerin günlük işletme faaliyetlerini yürütebilmeleri bakımından gerekli olan nakit ve benzeri varlıklar ile bir yıl içinde nakde dönüşebilecek varlıklara dair tahmini tutarlar tablo formunda gösterilebilir.

- **Finansman Kaynakları**

Yatırım için gerekli olan finansal kaynaklar; kısa vadeli yabancı kaynaklar, uzun vadeli yabancı kaynaklar ve öz kaynakların toplamından oluşmaktadır. Söz konusu finansal kaynaklara ilişkin koşullar ve maliyetler belirtilebilir.

- **Yatırımın Kârlılığı**

Yatırımı değerlendirmede en önemli yöntemlerden olan yatırımın kârlılığının ölçümü aşağıdaki formül ile gerçekleştirilebilir.

Yatırımın Kârlılığı= Net Kâr / Toplam Yatırım Tutarı

- [Nakit Akım Tablosu](#)

Yıllar itibariyle yatırımda oluşması öngörülen nakit akışını gözlemek amacıyla tablo hazırlanabilir.

- [Geri Ödeme Dönemi Yöntemi](#)

Geri Ödeme Dönemi Yöntemi kullanılarak hangi dönem yatırımın amorti edildiği hesaplanabilir.

- [Net Bugünkü Değer Analizi](#)

Projenin uygulanabilir olması için, yıllar itibariyle nakit akışlarının belirli bir indirgeme oranı ile bugünkü değerinin bulunarak, bulunan tutardan yatırım giderinin çıkarılmasıyla oluşan rakamın sıfıra eşit veya büyük olması gerekmektedir. Analiz yapılırken kullanılacak formül aşağıda yer almaktadır.

$$NBD = \sum_{t=0}^n \frac{NAt}{(1-k)^t}$$

NAt : t. Dönemdeki Nakit Akışı

k: Faiz Oranı

n: Yatırımın Kapsadığı Dönem Sayısı

- [Cari Oran](#)

Cari Oran, yatırımın kısa vadeli borç ödeyebilme gücünü ölçer. Cari oranın 1,5-2 civarında olması yeterli kabul edilmektedir. Formülü aşağıda yer almaktadır.

$$\text{Cari Oran} = \frac{\text{Dönen Varlıklar}}{\text{Kısa Vadeli Yabancı Kaynaklar}}$$

Likidite Oranı, yatırımın bir yıl içinde stoklarını satamaması durumunda bir yıl içinde nakde dönüşebilecek diğer varlıklarıyla kısa vadeli borçlarını karşılayabilme gücünü gösterir. Likidite Oranının 1 olması yeterli kabul edilmektedir. Formülü aşağıda yer almaktadır.

$$\text{Likidite Oranı} = \frac{\text{Dönen Varlıklar} - \text{Stoklar}}{\text{Kısa Vadeli Yabancı Kaynaklar}}$$

Söz konusu iki oran, yukarıdaki formüller kullanılmak suretiyle bu bölümde hesaplanabilir.

- [Başabaş Noktası](#)

Başabaş noktası, bir firmanın hiçbir kar elde etmeden, zararlarını karşılayabildiği noktayı/seviyeyi belirtir. Diğer bir açıdan ise bir firmanın, giderlerini karşılayabildiği nokta da denilebilir. Başabaş noktası birim fiyat, birim değişken gider ve sabit giderler ile hesaplanır. Ayrıca sadece sabit giderler ve katkı payı ile de hesaplanabilir.

$$\text{Başabaş Noktası} = \frac{\text{Sabit Giderler}}{(\text{Birim Fiyat} - \text{Birim Değişken Gider})}$$

Ek-2: Yerli/İthal Makine-Teçhizat Listesi

İthal Makine / Teçhizat Adı	Miktarı	Birimi (Adet, kg, m ³ vb.)	F.O.B. Birim Fiyatı (\$)	Birim Maliyeti (KDV Hariç, TL)	Toplam Maliyet (KDV Hariç, TL)	İlgili Olduğu Faaliyet Adı

Yerli Makine / Teçhizat Adı	Miktarı	Birimi (Adet, kg, m ³ vb.)	Birim Maliyeti (KDV Hariç, TL)	Toplam Maliyeti (KDV Hariç, TL)	İlgili Olduğu Faaliyet Adı



Mevlana Mahallesi, M.K.P Bulvarı, No:79, Kat: 5-6 P.K: 38080 Kocasinan/KAYSERİ
+90 352 352 6726 (ORAN)
info@oran.org.tr

Kalkınma Ajansı Yayınları Bedelsizdir, Satılamaz