



**Küçük ölçekli Biyogaz Tesisleri Hakkında Araştırma, Planlama ve Fizibilite
Çalışmalarının Yapılması Projesi**

FİZİBİLİTE RAPORU

04.03.2016

KARS

Bu proje 2015 yılı Doğrudan faaliyet Desteği Programı kapsamında Serhat Kalkınma Ajansı tarafından desteklenmektedir.

Selim Kaymakamlığı Köylere Hizmet Götürme Birliği

Selim Kaymakamlığı Hükümet Konağı Kat:3 SELİM/KARS/ TÜRKİYE 36900

Telefon : 0 474 461 31 01

Faks : 0 474 461 24 89

Email : selimkaymakamligi@gmail.com

Bu rapor Serhat Kalkınma Ajansının desteklediği “Küçük Ölçekli Biyogaz Tesisleri Hakkında Araştırma, Planlama ve Fizibilite Çalışmalarının Yapılması” projesi kapsamında hazırlanmıştır. İçerik ile ilgili tek sorumluluk Selim Kaymakamlığı / Burka Yatırım Elektrik ve Enerji Üretim San.ve Tic. A.Ş. ne aittir ve Serhat Kalkınma Ajansı’nın görüşlerini yansıtmaz.



KÜÇÜK ÖLÇEKLİ BİYOGAZ TESİSLERİ HAKKINDA ARAŞTIRMA, PLANLAMA VE FİZİBİLİTE PROJESİ

PROJE SAHİBİ : SELİM KAYMAKAMLIĞI

**DANIŞMAN FİRMA: BURKA YATIRIM ELEKTRİK
VE ENERJİ ÜRETİM SAN.TİC.AŞ**

PROJE KADROSU

Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü Öğretim Görevlisi Ahmet ERYAŞAR

Enerji Sistemleri Müh. Metin YILMAZ

Elek-Elekt.Müh. Hüsniye KORKMAZ

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	i
TABLO LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	x
RESİM LİSTESİ	xii
1. ÖZET	1
2.GİRİŞ.....	3
3.DÜNYADA VE TÜRKİYE’DEENERJİ DURUMU.....	5
3.1. Dünya’da Enerji’ye Genel Bakış.....	5
3.2. Türkiye’de Enerji’ye Genel Bakış	6
3.2.1. Enerjiye Yönelik Yasal Süreç.....	7
3.2.2. Yenilenebilir Enerji Kanunu.....	8
3.2.3. Diğer Kanun ve Yönetmelikler.....	11
3.2.4. Destekler.....	11
4. BİYOGAZ.....	12
4.1. Biyogazda Kullanılacak Hammadde Kaynakları.....	12
4.2. Biyogaz Üretimi.....	13
4.3. Biyogaz Üretiminde Kullanılan Ana Ekipmanlar.....	15
4.3.1. Fermantör.....	15
4.3.2. Gaz Deposu.....	15
4.3.3. Gübre ve Boşaltma Depoları.....	15
4.4. Biyogaz Üretimini Etkileyen Temel Kriterler.....	16
4.4.1. Reaktör Sıcaklığı	16
4.4.2. Hidrolik Bekleme Süresi.....	17
4.4.3. Organik Yükleme Hızı.....	17
4.4.4. P-H.....	17
4.4.5. C/N Oranı.....	18
4.4.6. Toksisite	18
4.5. Biyogaz Üretiminin Çevresel Etkileri.....	18
4.6. Biyogaz Üretiminin Sosyal Etkileri.....	19
4.7.Biyogaz’ın Tarihçesi.....	19

4.8. Biyogaz'ın Dünya Geneline Kullanımı.....	20
4.9. Değişik Ülkelerde Biyogaz Enerjisinden Yararlanma Durumu.....	20
4.9.1.Hindistan.....	20
4.9.2. Çin.....	20
4.9.3. Kore Cumhuriyeti.....	20
4.9.4. Pakistan.....	21
4.9.5. Tayland.....	21
4.9.6. Diğer Ülkeler.....	21
4.10. Türkiye’de Biyogaz Potansiyeli.....	21
5. KARS’IN BİYOGAZ YATIRIMLARINA UYGUNLUĞUNUN DEĞERLENDİRİLMES.....	23
5.1. Kars İline Genel Bakış.....	23
5.1.1 Coğrafi Özellikler.....	23
5.1.2. İklim Özellikleri.....	23
5.1.3. Tarım ve Hayvancılık.....	24
5.1.4. Kars İli Toplam Hayvan Sayısı Analizi.....	25
5.1.5. Kars İli Hayvansal Atık Miktarı Analizi.....	26
5.1.6. Kars İli Nüfus Bilgileri.....	27
5.1.7. Ekonomik Yapı.....	27
5.2. Yatırım Kararlarının Temel Amaçlarına Göre Değerlendirilmesi.....	27
5.2.1. Makro ve Mikro Açından Değerlendirilen Yatırımlar.....	28
5.2.2. Devlet Açısından Değerlendirilen Amaçlar.....	28
5.2.3. Finansörler Açısından Değerlendirilen Amaçlar.....	28
5.3. Yatırım Bölgesi Seçimine Etki Eden Faktörler.....	28
5.4.Biyogaz Enerjisi Yatırımcıları İçin Geçerli Koşulların ve Potansiyelin Değerlendirilmesi.....	29
6.KOJENERASYON.....	31
7. TEKNİK GEZİ KAPSAMINDAKİ ÇİFTLİKLER VE BİYOGAZ TESİSLERİ.....	33
7.1. Gürsu Belediyesi Güneş Enerjisi Tesisleri.....	33
7.1.1. 3 kWp Off-Grid (Akülü) Güneş Evi.....	33
7.1.2. 7 kWp Çift Eksenli Trackerli Solar Su Pompaj Sistemi.....	34
7.1.3. 96 kWp On – Grid Güneş Enerji Tarla.....	35

7.2. Sütüş Enfaş Karacabey Biyogaz Tesisi.....	36
7.3. Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü (GEE).....	37
7.4. Torbalı Ev tipi Biyogaz Tesisi.....	40
7.5. Almanya Teknik Gezisi Kapsamında Gezilen Tesisler.....	43
8. KARS SAHA ÇALIŞMASI KAPSAMINDAKİ GEZİLEN PİLOT ÇİFTLİKLE...	46
8.1. Eskigeçit Köyü PA Grup Süt Üretme Çiftliği.....	46
8.2. Eskigeçit Köyü Şahıs Besi ve Süt Üretimi İşletmesi.....	47
8.3. Oluklu Köyü Bulutoğlu Süt Üretme Çiftliği.....	48
8.4. Cumhuriyet Mahallesi Süt Üretme Çiftliği.....	49
8.5. Hamamlı Köyü Süt Üretme Çiftliği.....	50
8.6. Asbuğa Köyü Süt Üretme Çiftliği.....	51
8.7. Ali Sofu Köyü Süt Üretme Çiftliği.....	51
8.8. 30 Ekim Mahallesi Kırtay Besi Çiftliği	52
9. KARS SELİM OLUKLU MAHALLESİ BULUTOĞLU SÜT İŞLETMESİ ÇİFTLİK TİPİ BİYOGAZ TESİSİ FİZİBİLİTE RAPORU.....	57
9.1. PROSES TARİFİ.....	57
9.1.1 BİYOGAZ TESİSİ ÜNİTELERİ.....	57
9.1.2. BİYOGAZ SİSTEMİ TARİFİ.....	58
9.1.3. TOPLAM ATIK MİKTARININ HESAPLANMASI.....	59
9.2. PROSES TASARIMI.....	60
9.2.1. ÖN DENGELEME HAVUZU BOYUTLARI.....	60
9.2.2. BİYOGAZ REAKTÖRÜ BOYUTLARI.....	60
9.2.3. REAKTÖR KATI MADDE VE UÇUCU KATI MADDE YÜKLEMESİ...61	
9.2.4. GÜNLÜK BİYOGAZ ÜRETİMİNİN HESAPLANMASI.....	61
9.2.5. FERMENTE GÜBRE DEPOLAMA HAVUZU BOYUTLARI.....	62
9.2.6. BİYOGAZ TESİSİNİN ELEKTRİK ÜRETİMİ.....	63
9.2.7. BİYOGAZ REAKTÖRÜ ISINMA İHTİYACI.....	63
9.3. SİSTEM MALİYETİ.....	66
9.4. EKONOMİK DEĞERLENDİRME.....	68
9.4.1. Isı Üretimi.....	68
9.4.2. Elektrik Üretimi.....	68

9.4.3. Fermente Gübre Üretimi.....	68
9.4.4. Organik Atık Giderimi.....	69
9.4.5. İçsel Elektrik Tüketimi.....	69
9.4.6. Bakım/Onarım Giderleri.....	69
10. SELİM İLÇESİ KARAKALE KÖYÜ KURULMASI PLANLANAN BİYOGAZ ÜRETİM TESİSİ.....	71
11. KARS – SELİM KARAKALE SARIGÜN AKÇAKALE MAHALLELERİ MERKEZİ BİYOGAZ TESİSİ FİZİBİLİTE RAPORU.....	74
11.1. PROSES TARİFİ.....	74
11.1.1 BİYOGAZ TESİSİ ÜNİTELERİ.....	74
11.1.2. BİYOGAZ SİSTEMİ TARİFİ.....	76
11.1.3. TOPLAM ATIK MİKTARININ HESAPLANMASI.....	77
11.2. PROSES TASARIMI.....	79
11.2.1. ÖN DENGEME HAVUZU BOYUTLARI.....	79
11.2.2. BİYOGAZ REAKTÖRÜ BOYUTLARI.....	79
11.2.3. REAKTÖR KATI MADDE VE UÇUCU KATI MADDE YÜKLEMESİ.....	81
11.2.4. GÜNLÜK BİYOGAZ ÜRETİMİNİN HESAPLANMASI.....	81
11.2.5. FERMENTE GÜBRE DEPOLAMA HAVUZU BOYUTLARI.....	82
11.2.6. BİYOGAZ TESİSİNİN ELEKTRİK ÜRETİMİ.....	83
11.2.7. BİYOGAZ REAKTÖRÜ ISINMA İHTİYACI.....	84
11.3. SİSTEM MALİYETİ.....	88
11.4. FAALİYET PLANI.....	91
11.5. EKONOMİK DEĞERLENDİRME.....	94
11.5.1 Elektrik Üretimi	96
11.5.2. Isı Üretimi.....	96
11.5.3. Fermente Gübre Üretimi.....	97
11.5.4. Organik Atık Giderimi.....	97
11.5.5. İçsel Elektrik Tüketimi.....	98
11.5.6. Bakım/Onarım Giderleri.....	98
11.5.7. Personel Harcamaları.....	98
11.5.8. Atıkların Tesise Taşınması.....	98

12. KARS – SELİM KARAKALE MAHALLESİ KÖY TİPİ BİYOGAZ TESİSİ FİZİBİLİTE RAPORU.....	98
12.1. PROSES TARİFİ.....	98
12.1.1 BİYOGAZ TESİSİ ÜNİTELERİ.....	98
12.1.2. BİYOGAZ SİSTEMİ TARİFİ.....	99
12.1.3. TOPLAM ATIK MİKTARININ HESAPLANMASI.....	101
12.2. PROSES TASARIMI.....	102
12.2.1. ÖN DENGELEME HAVUZU BOYUTLARI.....	102
12.2.2. BİYOGAZ REAKTÖRÜ BOYUTLARI.....	103
12.2.3. REAKTÖR KATI MADDE VE UÇUCU KATI MADDE YÜKLEMESİ.....	104
12.2.4. GÜNLÜK BİYOGAZ ÜRETİMİNİN HESAPLANMASI.....	104
12.2.5. FERMENTE GÜBRE DEPOLAMA HAVUZU BOYUTLARI.....	106
12.2.6. BİYOGAZ TESİSİNİN ELEKTRİK ÜRETİMİ.....	107
12.2.7. BİYOGAZ REAKTÖRÜ ISINMA İHTİYACI.....	108
12.3. SİSTEM MALİYETİ.....	112
12.4. FAALİYET PLANI.....	115
12.5. EKONOMİK DEĞERLENDİRME.....	118
12.5.1 Elektrik Üretimi	118
12.5.2. Isı Üretimi.....	118
12.5.3. Fermente Gübre Üretimi.....	119
12.5.4. Organik Atık Giderimi.....	119
12.5.5. İçsel Elektrik Tüketimi.....	119
12.5.6. Bakım/Onarım Giderleri.....	120
12.5.7. Personel Harcamaları.....	120
12.5.7. Atıkların Tesise Taşınması.....	120
13. KARS – SARIKAMIŞ ALİSOFU/BOZAT/HAMAMLI/ASBUĞA MAHALLELERİ MERKEZİ BİYOGAZ TESİSİ FİZİBİLİTE RAPORU	100
13.1. PROSES TARİFİ.....	122
13.1.1 BİYOGAZ TESİSİ ÜNİTELERİ.....	122
13.1.2. BİYOGAZ SİSTEMİ TARİFİ.....	124

13.1.3. TOPLAM ATIK MİKTARININ HESAPLANMASI.....	125
13.2. PROSES TASARIMI.....	126
13.2.1. ÖN DENGELEME HAVUZU BOYUTLARI.....	126
13.2.2. BİYOGAZ REAKTÖRÜ BOYUTLARI.....	127
13.2.3. REAKTÖR KATI MADDE VE UÇUCU KATI MADDE YÜKLEMESİ.....	128
13.2.4. GÜNLÜK BİYOGAZ ÜRETİMİNİN HESAPLANMASI.....	128
13.2.5. FERMENTE GÜBRE DEPOLAMA HAVUZU BOYUTLARI.....	129
13.2.6. BİYOGAZ TESİSİNİN ELEKTRİK ÜRETİMİ.....	131
13.2.7. BİYOGAZ REAKTÖRÜ ISINMA İHTİYACI.....	132
13.3. SİSTEM MALİYETİ.....	136
13.4. FAALİYET PLANI.....	139
13.5. EKONOMİK DEĞERLENDİRME.....	141
13.5.1. Elektrik Üretimi	141
13.5.2. Isı Üretimi.....	142
13.5.3. Fermente Gübre Üretimi.....	142
13.5.4. Organik Atık Giderimi.....	142
13.5.5. İçsel Elektrik Tüketimi.....	143
13.5.6. Bakım/Onarım Giderleri.....	143
13.5.7. Personel Harcamaları.....	144
13.5.8. Atıkların Tesise Taşınması.....	144
14. KARS – SELİM ESKİGEÇİT/ KAMIŞLI /KOŞAPINAR/ BÖLÜKBAŞ/ KEKEÇ/ LALOĞLU /KATRANLI/ YENİCE MAHALLELERİ MERKEZİ BİYOGAZ TESİSİ FİZİBİLİTE RAPORU	145
14.1. PROSES TARİFİ.....	145
14.1.1 BİYOGAZ TESİSİ ÜNİTELERİ.....	145
14.1.2. BİYOGAZ SİSTEMİ TARİFİ.....	147
14.1.3. TOPLAM ATIK MİKTARININ HESAPLANMASI.....	148
14.2. PROSES TASARIMI.....	150
14.2.1. ÖN DENGELEME HAVUZU BOYUTLARI.....	150
14.2.2. BİYOGAZ REAKTÖRÜ BOYUTLARI.....	151

14.2.3.REAKTÖR KATI MADDE VE UÇUCU KATI MADDE YÜKLEMES.....	152
14.2.4. GÜNLÜK BİYOGAZ ÜRETİMİNİN HESAPLANMA.....	152
14.2.5.FERMENTE GÜBRE DEPOLAMA HAVUZU BOYUTLARI.....	153
14.2.6. BİYOGAZ TESİSİNİN ELEKTRİK ÜRETİMİ.....	154
14.2.7. BİYOGAZ REAKTÖRÜ ISINMA İHTİYACI.....	155
14.3. SİSTEM MALİYETİ.....	158
14.4. FAALİYET PLANI.....	162
14.5. EKONOMİK DEĞERLENDİRME.....	164
14.5.1 Elektrik Üretimi	165
14.5.2. Isı Üretimi.....	165
14.5.3. Fermente Gübre Üretimi.....	165
14.5.4. Organik Atık Giderimi.....	166
14.5.5. İçsel Elektrik Tüketimi.....	166
14.5.6. Bakım/Onarım Giderleri.....	166
14.5.7. Personel Harcamaları.....	167
14.5.8. Atıkların Tesise Taşınması.....	167
15.PROJE ÖZETİ.....	169
16.KAYNAKÇA.....	173

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Türkiye'nin Güncel Kurulu Gücü.....	6
Tablo 2. Kaynaklara Göre Kurulu Güç.....	7
Tablo 3. İşletmelere göre Türkiye' de yenilenebilir enerji kanununa göre belirlenmiş dolar sent /kwh şebekeye besleme tarifelendirmeler.....	9
Tablo 4. Türkiye'de üretilmiş mekanik veya elektromekanik ekipmanlar için teşvikler (kW-saat başına US dolar sent).....	10
Tablo 5. Kars İl Gıda Tarım Ve Hayvancılık Müdürlüğü Kars İli İlçeler Bazında Büyükbaş Hayvan Sayısı.....	17
Tablo 6. Kars İli hayvansal atık miktarı analizi.....	26
Tablo 7. Kars ili yıllık nüfus verileri (2015 yılı verisi öngörülen veridir).....	26
Tablo 8.Gezilen pilot işletmeler ve genel bilgileri.....	46
Tablo 9.Kars İl Gıda Tarım Ve Hayvancılık müdürlüğü Kars ili İlçeler bazında büyükbaş hayvan sayısı.....	54
Tablo 10 .Genel sığır gübresi değerleri.....	54
Tablo 11.Biyogazın diğer yakıt türleri ile karşılaştırılması.....	56
Tablo 12.Çeşitli kaynaklardan elde edilebilecek biyogaz verimleri ve biyogazdaki metan miktarlar.....	56
Tablo 13: Ön dengeleme havuzu boyutları.....	60
Tablo 14. Her bir biyogaz reaktörünün boyutları.....	61
Tablo 15.Ekipmanların günlük tüketimi.....	63
Tablo 16. Biyogaz Sistem Maliyetleri.....	66
Tablo 17.Ön dengeleme havuzu boyutları.....	79
Tablo 18.Her bir biyogaz reaktörünün boyutları.....	80
Tablo 19.Biyogaz tesisindeki ekipmanların günlük elektrik enerjisi tüketimi.....	83
Tablo 20. Biyogaz Sistem Maliyetleri.....	88
Tablo 21.İş paketi süreleri.....	93
Tablo 22.Ön dengeleme havuzu boyutları	103

Tablo 23. Her bir biyogaz reaktörünün boyutları	104
Tablo 24 Biyogaz tesisindeki ekipmanların günlük elektrik enerjisi tüketimi.....	107
Tablo 25 Biyogaz Sistem Maliyetleri.	112
Tablo 26 .İş paketlerinin gerçekleştirilme süreleri.	117
Tablo 27.Ön dengeleme havuzu boyutları	127
Tablo 28.Biyogaz reaktörü boyutları.....	128
Tablo 29. Biyogaz tesisindeki ekipmanların günlük elektrik enerjisi tüketimi	131
Tablo 30. Biyogaz Sistem Maliyetleri	136
Tablo 31. İş paketlerinin gerçekleştirilme süreleri	141
Tablo 32. Ön dengeleme havuzu boyutları	150
Tablo 33. Her bir biyogaz reaktörünün boyutları	151
Tablo 34. Biyogaz tesisindeki ekipmanların günlük elektrik enerjisi tüketimi	154
Tablo 35 Biyogaz Sistem Maliyetleri	159
Tablo 36. İş paketlerinin gerçekleştirilme süreleri	164
Tablo 37. Selim ilçesi mahallelerinde bulunan tarım işletmelerinin sayısının büyükbaş hayvan varlıklarına göre dağılımı	170
Tablo 38. İşletmelere göre toplam hayvan sayısının dağılımı.....	171

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. Biyogaz üretiminin şematik gösterimi.....	12
Şekil 2. Hammadde cinsi ve biyogaz verimleri.....	13
Şekil 3 Organik maddelerin anaerobik şartlarda sindirilmesi.....	13
Şekil 4 Oluşan fermentasyon artıkları ve artıkların işlenmesi.....	14
Şekil 5.Biyogazın çevreye katkılarının şematik görüntüsü.....	18
Şekil6.İlçe bazında hayvan birimi dikkate alınarak hesaplanmış sığır potansiyeli dağılımı.....	22
Şekil 7. Kars ili ve ilçeleri haritası	22
Şekil8 Kars 2015 yılı sıcaklık ve yağış ortalamaları meteoroloji genel müdürlüğü.....	24
Şekil 9.Biyokütle potansiyel türleri.....	30
Şekil 10. Biyogaz – Kojenerasyon sistemi.....	31
Şekil 11. Kojenerasyon sisteminin basit görünümü.....	32
Şekil 12 Biyogaz üretim sisteminin basit görünümü.....	55
Şekil 13 Biyogaz Tesisi Akış Şeması.....	58
Şekil 14 Reaktör ısı kaybı	65
Şekil 15 Kullanılabilir atık ısı.....	66
Şekil 16 Kars Selim İlçesi köyler Haritası.....	72
Şekil 17. Karakale Köyü uydu görüntüsü	75
Şekil 18 Biyogaz Tesisi Akış Şeması.....	76
Şekil 19. Reaktör toplam ısı kaybı.....	86
Şekil 20. Kullanılabilir Atık ısı.....	87
Şekil 21 Biyogaz Tesisi Akış Şeması.....	99
Şekil 22 Reaktör ısı kaybı.....	110
Şekil 23 Kullanılabilir atık ısı.....	111
Şekil 24 Biyogaz Tesisi Akış Şeması.....	123
Şekil 25 Biyogaz reaktörü ısı kaybı.....	133
Şekil 26. Kullanılabilir atık ısı.....	135
Şekil 27 Biyogaz Tesisi Akış Şeması.....	147
Şekil 28 Biyogaz reaktörünün günlük ısı kaybı.....	156
Şekil 29 Kullanılabilir atık ısı	158
Şekil 30 Hayvan varlığının işletme büyüklüklerine göre yüzdesel dağılım.....	171

RESİM LİSTESİ

Resim1. Biyogaz üretim tesisi görüntüsü.....	15
Resim2. Kars ili mera hayvancılığı ve kaz yetiştiriciliği	25
Resim3. Gürsu Belediyesi Güneş Evi Dış Görüntüsü	33
Resim4. Gürsu Belediyesi Güneş Evi İç Görüntüsü.....	34
Resim5. Gürsu Belediyesi Trackerli Güneş Enerjisi Sitemi	35
Resim6. Gürsu Belediyesi Trackerli Güneş Enerjisi Sitemi-2	35
Resim7. Gürsu Belediyesi Güneş Enerji Tarlası.....	36
Resim8. Süttaş Süt Ürünleri A.Ş. Karacabey.....	37
Resim9. GEE Biyokütle laboratuvarları	38
Resim10. Gazometre	39
Resim11. Güneş Enerjisi Enstitüsü Prototip Biyogaz Tesisi	40
Resim12. Torbalı ev tipi biyogaz tesisi	41
Resim13. Torbalı ev tipi biyogaz tesisi-2.....	42
Resim14. Torbalı ev tipi biyogaz tesisi-3.....	43
Resim15. Kojenerasyon binası ve kontrol odası.....	44
Resim16. Katı girdi besleme ünitesi.....	44
Resim17. Arka planda üzerlerinde gaz depolama üniteleri ile çürütücü tanklar ve paratonerler. Ön planda; mısır silajı ve buğday silajı (beyaz), ortada altlık saman ile karışık dışkı.....	45
Resim18. PA Grup Süt Çiftliği	47
Resim19. Bulutoğlu Süt Üretim Çiftliği.....	49
Resim20. Cumhuriyet Mahallesi Mürsel Aldağ Süt Üretim Tesisi.....	50
Resim21. Hamamlı köyü süt üretim çiftliği.....	51
Resim22. Kırtay Besi Çiftliği kullanılan ahır kısmı.....	53

1.ÖZET

SERKA Doğrudan Faaliyet Destek Programı kapsamında desteklenen “Küçük Ölçekli Biyogaz Tesisleri Hakkında Araştırma, Planlama ve Fizibilite Çalışmalarının Yapılması” başlıklı projesinde Kars İli, Selim İlçesi’ndeki biyogaz potansiyeli üzerine fizibilite çalışması yapılmasına karar verilmiştir.

Dünyada ve ülkemizde, gittikçe artan enerji ihtiyacının yanında, mevcut kaynakların yetersiz ve sınırlı olması, toplumları alternatif çözümler üretmeye yöneltmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının önemi gün geçtikçe artmaktadır.

Rüzgâr santralleri, hidroelektrik santralleri, güneş santralleri ve biyogaz santrallerinden elektrik üretilmesi yenilenebilir enerji olarak ilk planda akla gelmektedir. Ülkemiz tarım ve hayvancılık sektöründe dünya genelinde önemli bir role ve alternatif enerji kaynakları bakımından zengin bir potansiyele sahiptir. Bundan dolayı biyogaz teknolojisine ve diğer yenilenebilir enerji teknolojilerine yatırım yapılması gerekli görülmektedir.

Biyogaz, her türlü organik atığın, oksijensiz koşullarda fermentasyonu sonucu oluşan renksiz ve temiz, ısı değeri yaklaşık 5500 kcal/m³ olan bir gazdır. Biyogaz uygulamaları sonucunda, enerjinin yanında elde edilen fermante gübrenin (biyogübre), tarımsal üretime katkıda bulunacağı açıktır. Köylerin birçoğunda üretilen hayvan gübreleri yakılmaktadır. Bunun milli ekonomiye olan zararı küçümsenemeyecek derecede fazladır. Hayvan gübrelerinin tezek olarak yakılmasıyla hem yeterli enerji sağlanamamakta hem de topraklarımız bu gübreden faydalanamamaktadır.

Proje kapsamında ilk olarak Bursa ve İzmir çevresinde yenilenebilir enerji tesisleri gezilmiş işletmede olan bu tesislerin Kars’ ta uygulanabilirliği üzerine fikir alışverişinde bulunulmuştur. Ardından Kars’ta saha çalışması yapılarak bölgedeki hayvancılık ve tarım kaynaklı atıkların durumu tespit edilmiştir. Kurulacak bir biyogaz tesisi için ilk etapta hayvansal atıkların kullanılması öngörülmüştür. Yapılan fizibilite çalışması bu kapsamda düşünülmüştür. Elde edilen sayısal veriler ilerleyen kısımlarda ayrıntıları ile anlatılmıştır.

Selim Kaymakamlığı, kurulacak bir biyogaz tesisinin gelir getirmesi amacıyla önce köy halkının bu konuda bilinçlenmesi, ısınma sorunlarının ve elektrik sorunlarının karşılanması, gelişigüzel depolanan hayvan atıklarının oluşturduğu çevre kirliliği sorununun çözülmesi gibi çevresel bir sorumluluk bilincinde yaklaşmaktadır. Bu nedenle, fizibilite çalışmasında yapılabilirlik ve çevresel katkı ön planda tutulmuştur.

2.GİRİŞ

Fosil enerji kaynaklarının dünyada ciddi çevre sorunlarına yol açması, rezervlerin yakın gelecekte tükenecek olması, kaynak ülkelere bağımlılığın çeşitli siyasi ve ekonomik sorunlara yol açması ve fiyat istikrarsızlıkları gibi nedenlerden dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi artmaktadır.

Sadece ekonomik açıdan değil çevre ve insanlığın geleceği konusunda da yaklaşan tehlikeyi en azından erteleyeceği ve belki de kalıcı bir çözüm bulmaya yardımcı olacağı düşünülen yenilenebilir enerji kaynakları ister istemez zihinlere **“yenilenebilir enerji tercih mi, yoksa zorunluluk mu”** sorusunu getirmektedir.

Kalkınma hamlelerinin yerini, sürdürülebilir niteliğe bürünme aşamasına bıraktığı günümüzde, yenilenebilir enerji – sürdürülebilir kalkınma birlikteliği önem arz etmektedir. Yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimi, fosil kaynaklardan enerji üretiminin hem ekonomik hem de çevresel etkilerini ortadan kaldırmakla birlikte, endüstriyel bağlamda gün geçtikçe artan kullanım alanı neticesinde teknolojik açıdan da daha ucuz ve çevreci enerjiye ulaşmayı kolaylaştırmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretimi mikro enerji santralleri gibi uygulamalara imkân verebilmesi sebebiyle kolay uygulanabilir vasfını taşımaktadır. Enerji üretim maliyetinin, teknolojik yeniliklerin önemli etkisiyle düşmesinin yanı sıra çevreci nitelikte bir üretim sağlanmasını da beraberinde getiren bu yeşil enerji kaynağının raporumuz özelinde üzerinde durulan parçasını biyogaz enerjisi oluşturmaktadır. Hayvan gübresi ve birçok atığın içinde bulunan organik maddelerden üretilen biyogaz enerjisi, artan enerji talebinin sürdürülebilir ve çevreci bir yöntemle karşılanmasını sağlayacak teknolojik bir sistem olarak ön plana çıkmaktadır. Biyogaz teknolojisi üretim, depolama, taşınma, kullanım açısından maliyetli bir enerji olmakla birlikte, teknolojik gelişmelerle pozitif yönlü bir maliyet düşüşü de gerçekleşmektedir. Ayrıca bu alandaki sıkıntılardan biri de hali hazırda yeterli altyapı yatırımının ve bilinçlenmenin sağlanmamış olmasıdır.

Türkiye’ de özellikle kırsal bölgelerde, yemek pişirme ve ısınma amacıyla odun, tezek, LPG ve kömür yakıt olarak kullanılmaktadır. Özellikle son yıllarda Türkiye’deki yakıt fiyatlarındaki artış, gelir düzeyi düşük olan kırsal bölgelerdeki halkı ekonomik olarak ciddi şekilde mağdur etmektedir. Kırsal bölgelerde ısınma

amacı ile yeterli yakıtın olmaması, zaten kısıtlı olan orman alanlarının tahribatına neden olmaktadır.

Dünya’da enerji tüketim kaynaklarından biri olan ve ilk sıralarda yer alan enerji kaynağı da biyoenerjidir. Biyoenerji tüketim oranlarına bakıldığında, gelişmiş ülkelerde bu oranın diğer ülkelere göre çok daha fazla olduğu görülmektedir. Özellikle biyoenerji geliştirmekte olan ülkelerin kırsal bölgelerinde enerji temini amacıyla kullanılmaktadır.

3.DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE ENERJİ DURUMU

3.1.Dünya’da Enerji’ye Genel Bakış

Dünyada kullanılmakta olan enerjinin çoğu birincil enerji kaynaklarından elde edilmektedir. 2011 yılı verilerine göre dünyada birincil enerji kullanım miktarı 12274.6 Mtep (milyon tona eşdeğer petrol) olarak gerçekleşmiştir. Birincil enerji kullanımında en büyük paya sahip olan kaynaklar sırasıyla; petrol (%33.1), kömür (%30.3) ve doğal gaz (%23.7) dır.

En önemli yenilenemez enerji kaynakları; petrol, kömür ve doğal gaz olup bu kaynaklar dünya enerji üretiminin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. 2011 yılı dünya petrol rezervi 225.4 milyar ton, doğal gaz rezervi 208.4 trilyon m³, kömür rezervi ise 860.94 milyar ton olarak tespit edilmiştir. Petrol, doğal gaz ve kömürün kullanılabilme süreleri sırasıyla; 54 yıl, 64 yıl ve 112 yıl olarak öngörülmektedir.

Dünyada yaygın olarak kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları; hidrolik enerji, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi, güneş enerjisi ve rüzgar enerjisidir. Yenilenebilir elektrik güç kapasitesi bakımından yenilenebilir enerjiden en fazla yararlanan ülkenin Çin olduğu görülmektedir. Çin hidrolik enerji ve rüzgar enerjisinden en fazla faydalanan ülke konumundadır. Ayrıca enerji üretiminde fotovoltaik (Pv) panellerden en fazla faydalanan ülkenin Almanya; biyoyakıtlardan en fazla faydalanan ülkenin ise ABD olduğu belirlenmiştir. Dünyanın, Avrupa Birliği’nin ve Türkiye’nin yenilenebilir elektrik güç kapasiteleri sırasıyla; 1360 GW, 294 GW ve 19 GW olarak tespit edilmiştir.

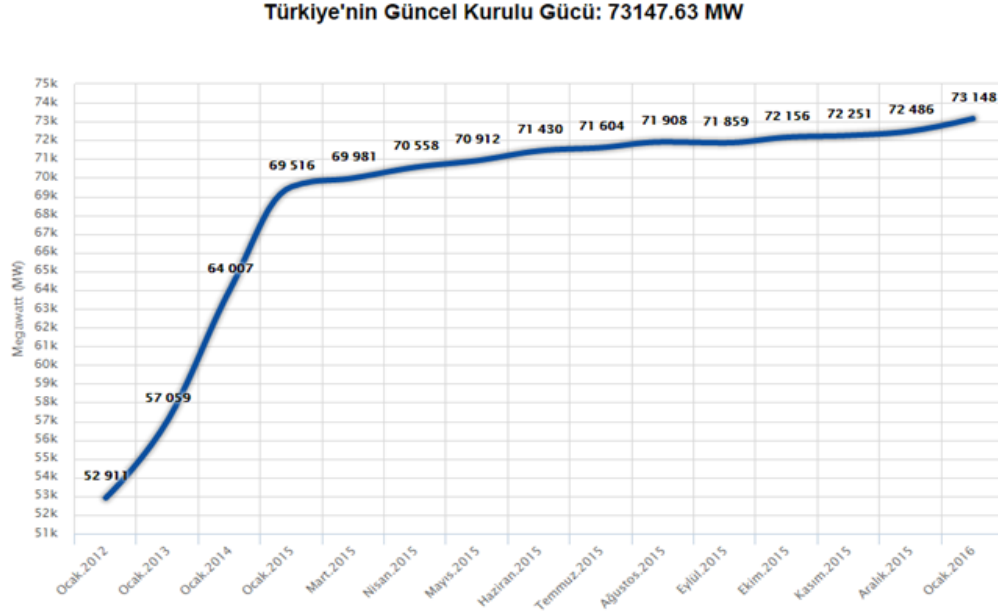
3.2. Türkiye’de Enerji’ye Genel Bakış

Türkiye gibi gelişmekte olan bir ülkenin büyümesinde en büyük etkenlerden olan sanayileşme süreci son yıllarda hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. Bu büyümeyle beraber ülkenin enerjiye olan ihtiyacı geçmiş yıllara oranla oldukça artmıştır. Bu ihtiyacı karşılamak adına ülkemizde çeşitli yöntemler ile elektrik enerjisi üretilmektedir. Bunların başında doğalgaz ve kömürden elektrik üretimi gerçekleştiren termik santraller yer almaktadır. Bu tarz üretim sistemleri, doğal kaynakların tüketilmesi açısından geri dönüşü olmayan sonuçlara yol açmaktadır.

Son yıllarda dünya genelinde çevresel farkındalığın artmasıyla birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi artmış ve bu konuda teknolojik gelişmeler hızlanmıştır.

Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları açısından potansiyeli ülkenin tüm enerji ihtiyacını karşılayabilecek seviyede olmasına rağmen bu konudaki yatırımlar şu an yetersizdir.

Tablo 1. Türkiye'nin Güncel Kurulu Gücü(Teiaş 2016 rapor sonuçları)



Tablo 1’de görüleceği üzere 2012 – 2015 yılları arasında enerji üretiminde ciddi bir artış söz konusudur. Bu artış 2015 yılında hızını arttırarak kurulu gücü 73000 MW seviyesinin üstüne çıkarmıştır. Bu kurulu gücün bileşenleri Tablo 2’de detaylı şekilde görülmektedir.

Tablo 2: Kaynaklara Göre Kurulu Güç (TEİAŞ 2016 kaynaklara göre kurulu güç raporu)

YAKIT CİNSLERİ	2015 YILI SONU			31 OCAK 2016 SONU İTİBARIYLA		
	KURULU GÜÇ	KATKI	SANTRAL SAYISI	KURULU GÜÇ	KATKI	SANTRAL SAYISI
	MW	%	ADET	MW	%	ADET
FUEL-OİL + ASFALTİT + NAFTA + MOTORİN	851.0	1.2	18	851.0	1.2	18
TAŞ KÖMÜRÜ + LİNYİT	9,013.4	12.3	28	9,148.4	12.5	28
İTHAL KÖMÜR	6,064.2	8.3	8	6,064.2	8.3	8
DOĞALGAZ + LNG	21,222.1	29.0	233	21,227.6	28.9	235
YENİLEN.+ATIK+ATIKISI+PIROLİTİK YAĞ	344.7	0.5	69	344.7	0.5	69
ÇOK YAKITLILAR KATI+SIVI	667.1	0.9	23	667.1	0.9	23
ÇOK YAKITLILAR SIVI+D.GAZ	3,684.0	5.0	46	3,684.0	5.0	46
JEOTERMAL	623.9	0.9	21	635.1	0.9	21
HİDROLİK BARAJLI	19,077.2	26.1	109	19,127.2	26.0	110
HİDROLİK AKARSU	6,790.6	9.3	451	6,790.6	9.2	451
RÜZGAR	4,498.4	6.1	113	4,533.6	6.2	114
TERMİK (LİSANSSIZ)	56.5	0.1	24	56.5	0.1	24
RÜZGAR (LİSANSSIZ)	4.8	0.0	9	7.3	0.0	10
GÜNEŞ (LİSANSSIZ)	248.8	0.3	362	290.0	0.4	409
TOPLAM	73,146.7	100.0	1,514	73,427.4	100.0	1,566

Tablo 2’ de görüldüğü üzere yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam kurulu güç içinde sahip olduğu kısım % 43.3’ ü bulmaktadır. Bu yüzdelik dilimde en büyük paya sahip kaynak ise % 35.4 ile hidrolik kaynaklardır. Fakat hidrolik kaynakların kurulum maliyetlerinin fazla olması, çevreye verdikleri zarar ve potansiyel kurulum bölgelerinin sınırlı olması nedeniyle belli bir gücün üzerine çıkamayacağı bilinmektedir. Türkiye enerji üretim kaynaklarını çeşitlendirmek ve alternatif enerji kaynakları oluşturma yolunu seçmek zorundadır.

3.2.1.Enerjiye Yönelik Yasal Süreç

Sektörel veya Bölgesel Politikalar ve Programlar Selim İlçesi, 2015 yılı Performans Programına bakıldığında Selim Kaymakamlığı ve Belediyesi için çevre politikaları önemli yer tutmaktadır. Çevre politikaları dâhilinde, çevre kirliliğinin oluşmadan önlenmesi ve azaltılmasına yönelik yöntemler oluşturulması, doğal kaynaklar ve enerjinin verimli bir şekilde kullanılması, atıkların oluşumunun önlenmesi ve geri kazanılmasının sağlanması için gerekli yatırımların yapılması gerekmektedir.

Çevre kirliliğinin azaltılarak, atık yönetimi başlatılması ve çevre sorunlarının önlenmesi için her türlü tedbirin alınması gerekmektedir. Bölgesel politikalar dikkate

alındığında, Selim İlçesi'nde kurulması planlanan Biyogaz Üretim Tesisleri'nin bölgesel politikalar ile birebir örtüştüğü görülmektedir.

Kars İlinde Selim İlçesi başta olmak üzere kurulması öngörülen Biyogaz Üretim Tesisleri'nin bölgesel uygunluğu değerlendirilirken konuya yerel ve bölgesel kapsamda da bakılması gerekmektedir. Bu konuda Türkiye'de biyogaz uygulamalarına yönelik mevcut yasal uygulamalar bulunmaktadır.

3.2.2. Yenilenebilir Enerji Kanunu

Selim İlçesi'nde kurulması planlanan Biyogaz Üretim Tesisinden elde edilecek enerji, yenilenebilir enerji kapsamında değerlendirilecektir. Bu nedenle proje kapsamında dikkate alınacak en önemli mevzuat 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunu” dur. Bu kanun kapsamında verilen teşvikler, hibeler ve ikinci mevzuat dikkate alınması gereken konulardır. 5346 Sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanununda, sabit fiyat garantisi ve yerli katkı ilavesi haricinde de teşvikler tanımlanmıştır.

Kanunun ana amaçları, yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretme amacıyla kullanılması (ısı üretimi dahil değil) enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi, sera gazı emisyon oranlarının düşürülmesi, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesi için ihtiyaç duyulan sektörün geliştirilmesini kapsamaktadır. Bu kanunda, kanun no 6094 ile revizyona gidilmiştir. Revize edilmiş kanun, Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına dair geniş ve karmaşık bir tüzüğe sahiptir. Ana amaçlar,

- Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretim sektöründe kullanım dağılımının artırılması,
- Uygulamalar için güvenli, maliyet – yararlı ve nitel bir yol belirlenmesi,
- Kaynak çeşitliliğinin arttırılması,
- Sera gazı emisyonlarının düşürülmesi,
- Atık değerlerinin yeniden hesaplanması,
- Çevrenin korunması ile ilgili gereksinimlerini karşılamak için üretim sektörü ile birlikte çalışılmasıdır.

Tablo 3: Şebekeye besleme tarifeleri US dolar cent / kWh

İşletmeler	Şebekeye Besleme Tarifeleri (Dolar cent)
Hidroelektrik Üretim Tesis	7.3
Rüzgar Enerji Üretim Tesis	7.3
Jeotermal Enerji Üretim Tesis	10.5
Biyokütleyle Dayalı Enerji Üretim Tesis	13.3
Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Santrali	13.3

Tablo 3 29.12.2010 tarihli 5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına Dair Kanunu Tesislere Göre Elektrik Üretim Fiyatları (US dolar cent / kwh)

Fiyatlandırmalar, 18 Mayıs 2005 ve 31 Aralık 2015 tarihleri arasında üretim lisansını elde eden ve işletmeye başlayan tesisler için 10 yıl boyunca aynı kalacaktır. 31 Aralık 2015'ten sonra üretime başlayacak olan tesisler için yeni fiyat tarifeleri, Bakanlar Kurulu'nun aşağıda bahsedilen sıralandırmaları hükmü tarafından belirlenecektir.

- Yenilenebilir enerji için satın alım miktarları hususunda tesisin büyüklüğü dikkate alınmayacaktır.
- Değişiklik, Türkiye'de üretilmiş yerli mekanik ve elektromekanik malzemeler için ayrıca bir teşvik getirmektedir.

Türkiye'de üretilmiş mekanik veya elektromekanik ekipmanlar için ayrıca ödenecek teşvikler (kW saat başına US dolar-sent) aşağıdaki tablo ... de verilmiştir.

Tablo 4: Türkiye’de üretilmiş mekanik veya elektromekanik ekipmanlar için teşvikler. (29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür)

Ekipmanlar	Teşvikler (Dolar cent /kW saat)
Akışkan Yataklı Buhar Kazanları	0,8
Akışkan veya Gaz Yataklı Buhar Kazanları	0,4
Gazlaştırma ve Gaz Temizleme Grubu	0,6
Buhar ya da Gaz Türbinleri	2,0
İçten Yanmalı Motorlar ya da Sterlin Motorlar	0,9
Jeneratör ve Güç Elektroniği	0,5
Kojenerasyon Sistemleri	0,4
Toplam	Seçilen teknolojiye göre en fazla 4,8

- İlgili Bakanlık veya bölgesel koruma kurulunun onayı ile YEK’ e dayalı elektrik üretim santrallerinin hassas çevresel alanlara kurulumlarına izin verilebilir.
- Elinde YEK’e dayalı elektrik üretim lisansı bulunduran yasal kişi veya kişiler aşağıdaki koşullar dahilinde kapasitelerini artırabilirler;
- Lisansta belirlenmiş kapsamın dışına çıkılmamalıdır.
- Lisanslarında özel olarak belirlenen kurulu güç kapasitesi aşılmamalıdır.
- Kurulu gücü 1000 kWe’yi aşmayan, Elektrik Piyasaları Kanun No 4628’de belirtilen kendi kişisel kullanımını aşan ve enerji dağıtım sistemine salınım yapan üreticiler, daha önceden belirtilmiş teşviklerden yararlanabilirler.

3.2.3. Diğer Kanun ve Yönetmelikler

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. Yenilenebilir Enerji Tesisleri ile ilgili kanunlar;

- No 6446 Çevre Kanunu, No 2872 EPDK Kurul Kararları ve Enerji ve Tabii Kaynaklar, Kaynaklar Bakanlığın Duyuruları, şebeke bağlantı kapasiteleri hakkında duyuru, Lisans başvurusu kabul tarihi hakkında duyuru
- Yenilenebilir Enerji Tesisleri ile ilgili yönetmelikler;
- Lisanssız Üretim Yönetmeliği (02.10.2013/28783),
- Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği (02.11.2013/28809),
- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üreten Tesislerde Kullanılan Aksamın Yurtiçinde İmalatı Hakkında Yönetmelik,
- EPDK Kurul Kararları ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Duyuruları;
- Şebeke bağlantı kapasiteleri hakkında duyuru,
- Lisans başvurusu kabul tarihi hakkında duyuru,

3.2.4. Destekler

- Yatırım Teşvik Belgesi(YTB)
- Teknoloji Geliştirme Vakfı(TTGV) destekleri
- Yenilenebilir Enerji Desteği(YED)
- Ziraat Bankası Sübvansiyonlu Kredi(SübKr)
- FKA Yenilenebilir Enerji Kredisi(Halkbank)
- Kırsal Kalkınma Fonu(KKF)
- Kalkınma Ajansları Destekleri

4.BİYOGAZ



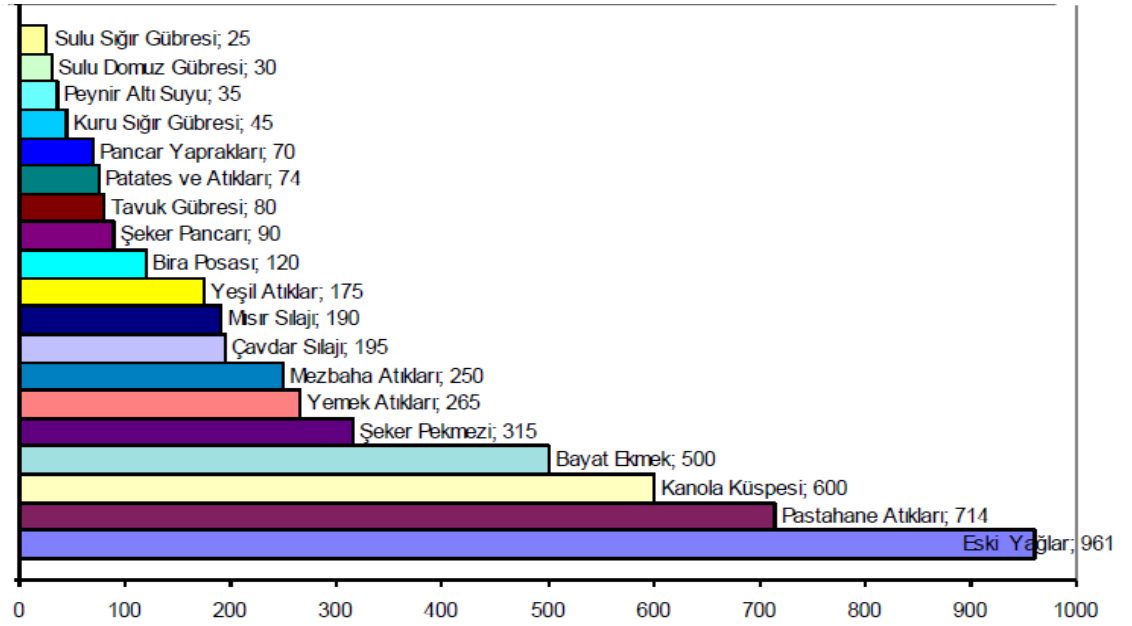
Şekil 1: Biyogaz üretiminin şematik gösterim

Hayvan gübresi başta olmak üzere çeşitli organik atıkların (bitkisel atıklar, deniz ve kara yosunları, özel olarak yetiştirilen bazı bitkiler vb.), oksijensiz ortamda fermentasyona uğratılması sonucunda elde edilen yanıcı gaz karışımına biyogaz denmektedir.

Bir tür dönüştürülmüş enerji olan biyogazı elde etmek için kullanılan organik kökenli bu maddelerin tamamına biyokütle, elde edilen enerjiye de biyokütle enerjisi denmektedir. 1m³ biyogaz yaklaşık olarak 0,5m³ doğalgaza eşdeğer ısıl enerjiye sahiptir.

4.1.Biyogazda Kullanılacak Hammadde Kaynakları

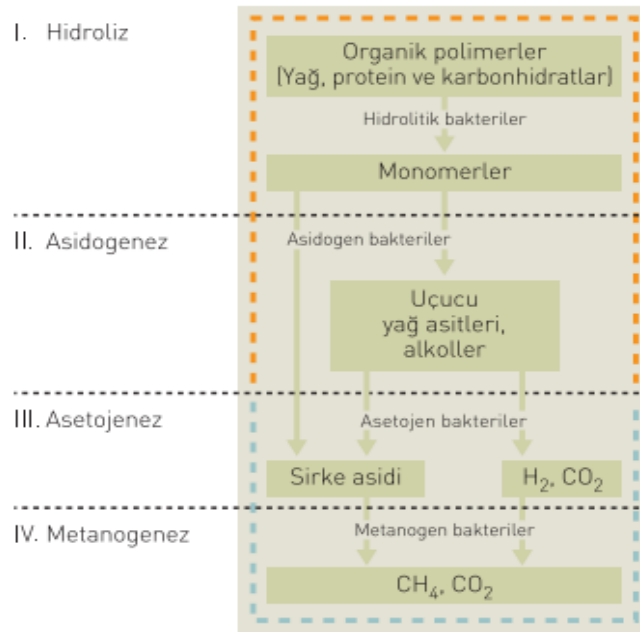
- **Bitkisel Atıklar:** İnce kıyılmış sap, saman, mısır silajı, şeker pancarı atıkları küspe atıkları v.s.
- **Hayvansal Atıklar:** İnek, domuz, kümes hayvanları gübresi v.s.
- **Gıda Sektörü Atıkları:** Yulaf posası (bira sektörü), bisküvi ve çikolata, peynir altı suyu, zeytinyağı değirmen suyu, zeytin küspesi, meyve posası(meşrubat sektörü), meyve ve sebze atıkları, biyolojik mutfak atıkları gibi...
- **Endüstri Atıkları:** Arıtma çamuru, gliserin gibi...



Şekil 2: Hammadde cinsi ve biyogaz verimleri

4.2. Biyogaz Üretimi

Hayvan gübresi içindeki organik maddelerin anaerobik şartlarda mikroorganizmalar tarafından sindirilerek metan üretimi 4 kademede gerçekleşmektedir.



Şekil 3: Organik maddelerin anaerobik şartlarda sindirilmesi

Birinci Aşama: Hidroliz,

Hidroliz aşamasında bakteriler uzun zincirli kompleks karbonhidratları, proteinleri, yağları ve lipitleri kısa zincirli yapıya dönüştürürler. Bazı lifli organik maddeler çözünür hale dönüştürülemez. Dolayısıyla bu maddeler bioreaktörde birikebilir veya reaktörden bozunmadan çıkabilir. Sindirilmemiş organik maddeler koku problemi oluşturur.

İkinci Aşama: Asit Oluşturma,

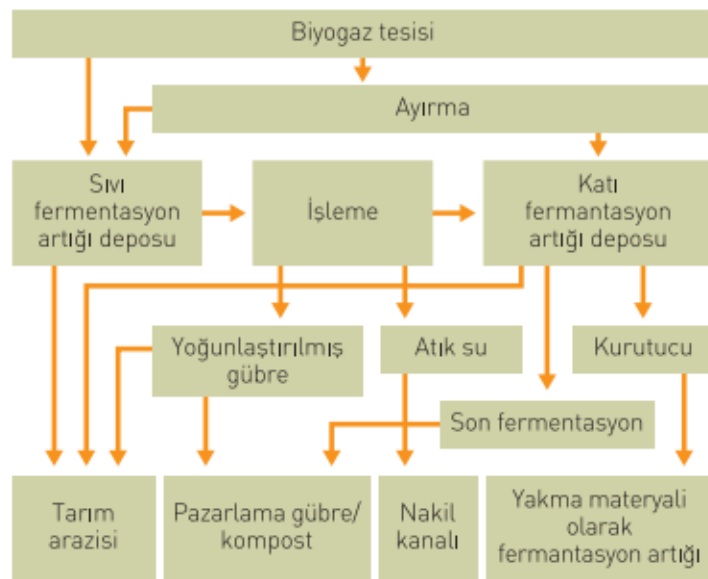
Asit oluşturma bakterileri, çözünür hale dönüşmüş organik maddeleri asetik asit başta olmak üzere uçucu yağ asitleri, hidrojen ve karbondioksit gibi daha küçük yapıları maddelere dönüştürürler. Bu bakteriler anaerobiktirler ve asidik ortamda büyürler.

Asit oluşturma bakterileri metan oluşturma bakterileri için uygun anaerobik ortamı oluştururlar. Asit üretim hızı metan üretim hızına göre daha fazladır.

Üçüncü Aşama: Fermantasyon,

Metan oluşturma bakterileri, asetik asitlerini parçalayarak biyogaza dönüştürürler. Havasız şartlarda üretilen metanın yaklaşık %30'u hidrojen gazı ile karbondioksit gazından, %70'i ise asetik asitin parçalanmasından oluşur.

Metan üretim süreci yavaştır. Havasız arıtmada hız sınırlayıcı olarak kabul görmektedir. Ayrıca metan oluşturma bakterileri diğer aşamalarındaki bakterilerin aksine çevresel şartlara karşı çok hassastırlar.



Şekil 4: Oluşan fermentasyon atıkları ve artıkların işlenmesi

4.3. Biyogaz Üretiminde Kullanılan Ana Ekipmanlar

Modern bir biyogaz tesisinde üç ana organ yer alır.

Fermantör :

Hammaddenin beslemesinin yapıldıktan sonra belirli süre ve belirli sıcaklıkta tutularak bir yandan fermentasyon işlemi yapılarak çürümenin gerçekleştiği, diğer yandan gazın üretildiği bölümlerdir.



Resim 1: Biyogaz üretim tesisi görüntüsü

Gaz Deposu :

Büyük kapasiteli tesislerde oluşan biyogazı bir yerde tutmak ve gaz basıncının sabit kalmasını sağlamak için kullanılan depodur.

Gübre ve Boşaltma Depoları:

Biyogazın üretilmesi için fermentöre alınan organik maddenin kuru madde oranını belirli bir seviyede tutmak gerekmektedir. Bunun anlamı, sığır gübresi kullanılacaksa gübrenin belli bir oranda su ile karıştırılması demektir. Bu madde fermentasyon süresi sonunda fermentörden aynı şekilde çıkacaktır. Akışkan duruma gelmiş olan bulamaç halindeki gübrenin depolanması için havuz şeklinde bir gübre deposuna ihtiyaç vardır.

4.4. Biyogaz Üretimini Etkileyen Temel Kriterler

Hayvan cinsi, sayısı ve gübre toplama tekniği biyogaz tesisi kurulumu açısından büyük önem taşımaktadır. Biyogaz tesislerinde hayvan gübresi reaktöre yarı sıvı halde verilir. Hayvan gübresi hayvan cinsine bağlı olarak değişik su oranlarında karıştırılarak biyogaz reaktörüne verilmelidir. %20' den fazla katı madde içeren hayvan gübresini seyreltmeden biyogaz reaktörüne vermek sakıncalıdır. Çünkü gübrenin reaktör içinde akışkanlığı sağlanmalıdır.

Hayvan gübresinden anaerobik şartlarda biyogaz üretiminde reaktördeki organik maddenin sıcaklığı, pH, hidrolik bekleme süresi, yükleme hızı, organik yükleme hızı, C/N oranı ve katı madde konsantrasyonu önemlidir.

4.4.1. Reaktör Sıcaklığı

Metan üreten bakteriler çok yüksek ve çok düşük sıcaklıklara karşı epey hassastırlar. Biyokimyasal reaksiyonlar ve mikroorganizmaların büyümesi sıcaklık artışı ile artar. Bu kapsamda sıcaklık düştükçe reaktör hacminin büyüdüğü söylenebilir. Ortalama reaktör sıcaklıkları sistem tasarımına uygun olmalıdır.

Biyogaz reaktörlerinin çevresel şartlardan minimum seviyede etkilenmesi için ve ısısının korunması için yalıtılmasında yarar vardır.

Anaerobik fermantasyonda bekletme süresine, atık organik maddelerin türüne, ortamın PH ile içerdikleri iyonlara ve bunlara bağımlı olarak oluşan mikroorganizmalar topluluğunun yapısına göre üç değişik sıcaklık bölgesi mevcuttur. Anaerobik fermantasyonun üçüncü aşamasında devreye giren ve metan oluşumunu sağlayan metan bakterileri, fermantasyon ortamının sıcaklığına göre üç gruba ayrılır:

- **Psikrofil bakteriler:** +4 °C ile 20°C arasında yaşayanlar. (Ör: Pseudomonas, Alcaligenes ve Streptomyces cinslerine ait türler) Bu bakterilerin enzimleri –5°C ile +20 °C arasında aktivite gösterirler.
- **Mezofil Bakteriler:** +20 °C ile +45 °C arasında çoğalırlar.(Örneğin birçok Laktobasiller ve Stafilokoklar)

- **Termofil Bakteriler:** +50 °C ile +70 °C arasında yaşayanlar. (Örneğin *Bacillus stearothermophilus*, *Bacillus coagulans* ve *Lactobacillus thermophilus*)

4.4.2. Hidrolik Bekleme Süresi

Hidrolik bekleme süresi (HBS), hayvan gübresi içerisindeki organik maddelerin mikroorganizmalar tarafından çürütülmesi sonucu biyogaz üretilmesi için gereken süre olarak adlandırılır.

Hidrolik besleme süresi yeterli olmazsa reaktörden bakteri çıkışı olur ve uçucu yağ asidi konsantrasyonu artar. Bu sonuç da biyogaz üretimin düşmesine neden olur. Kısacası fermentasyon bu durumda tam olarak gerçekleşmez.

4.4.3. Organik Yükleme Hızı

Organik yükleme hızı, birim hacim (m³) biyogaz reaktörlerine günlük olarak besleme yapılan organik madde miktarı olarak adlandırılır.

Anaerobik arıtma tesisinde mümkün olduğunca optimum organik yükleme hızı korunmalıdır. Organik yükleme hızı yüksek olduğu zaman biyogaz reaktörü içinde asit birikmesi olur ve bu durumda metan üreten mikroorganizmaların faaliyetlerini olumsuz şekilde etkiler. Bu da gaz üretim hızını düşürür, hatta durdurur.

4.4.4. P-H

Metan oluşturan bakteriler nötr veya hafif alkali ortamda yaşarlar. Anaerobik şartlarda fermentasyon işlemi devam ederken pH 7-7.5 arasında değişir. pH değerinin 6.7 düzeylerine düşmesi durumunda bakteriler üzerinde toksit etki yapar.

Biyogaz reaktörlerinde pH düştüğü zaman iki yöntem uygulanır;

- İlk yöntemde organik madde beslemesi kesilmelidir. Bu şekilde bir uygulama yapıldığında ortamda bulunan metan üretici bakterilerin konsantrasyonu artırılarak yağ asidi konsantrasyonu azaltılabilir. pH değeri uygun düzeye geldiğinde beslemeye tekrar devam edilebilir.
- İkinci yöntem ise pH' ı yükseltmek amacıyla ortama kimyasal maddeler eklenmelidir. Bu işlemin en önemli avantajı pH' ın kısa bir sürede uygun düzeye gelebilmesidir.

4.4.5. C/N Oranı

Anaerobik bakterilerin en önemli besin maddeleri karbon ve azottur. Mikroorganizma karbonu enerji kaynağı olarak kullanırken azotu yeni hücrelerin oluşturulmasında yapı malzemesi olarak değerlendirir. Karbon azota nazaran 25-30 kat daha fazla kullanılır. İdeal karbon/azot oranı 30/1 dir. Yenilenebilir enerji genel müdürlüğünün verdiği C/N oranları aşağıdaki gibidir.

Buğday sapı: 87/1 Mısır sapı: 53/1 **Hayvan dışkısı: 29/1**

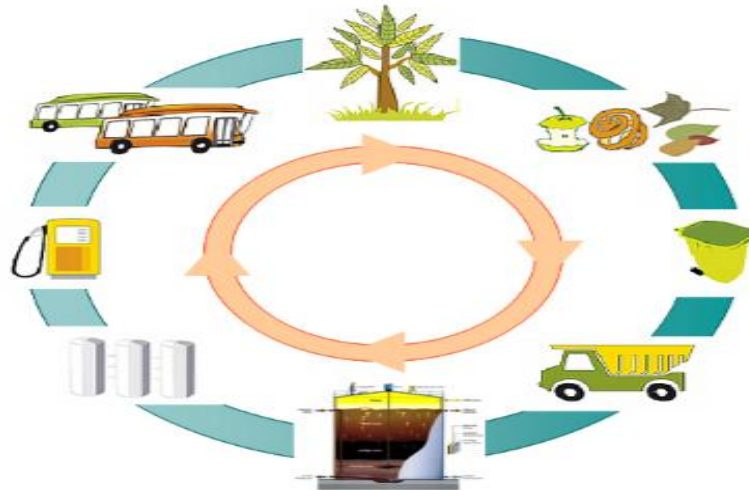
4.4.6. Toksisite

Hayvan gübresi içerisine karışan, ağır metaller ve deterjanlar biyogaz üretiminde bakterilerin büyümesini engelleyerek toksik etki yaparlar.

Sabun gibi deterjanlar, antibiyotikler ve dezenfektanlar bakterilerin metan üretim kapasitelerini azaltıp biyogaz verimini düşürürler. Bu sebepten bu maddelerin hayvan gübrelerine karışması önlenmelidir.

4.5. Biyogaz Üretiminin Çevresel Etkileri

Biyogazın fosil kaynaklar yerine kullanılması ile CO₂ ve diğer sera gazlarının salınımları azaltılmaktadır. Biyogaz üretimi sırasında oldukça az fosil yakıt (atık taşınım sırasında dizel kullanımı) tüketilir. Sonuç olarak, evlerin ısıtılması ve araç yakıtları yerine biyogazın kullanımı ile sera gazlarında %75 azalma gerçekleşebilmektedir.



Şekil 5: Biyogazın çevreye katkılarının şematik görünüşü.

Biyogazın çevreye sağladığı diğer katkıları ise aşağıda verilmiştir.

- Koku problemi azaltılır.
- Su kaynakları korunur.
- Patojenler ve yabancı bitki tohumları yok edilir.
- Sinek/ haşere üremesi önlenir.
- Kontrolsüz sera gazı salımı engellenir.
- Biyogaz üretiminden sonra atıklar yok olmamakla birlikte çok daha değerli bir gübre haline dönüşmektedir.

4.6. Biyogaz Üretiminin Sosyal Etkileri

Ulusal kalkınma programlarında, Kars İlinin hayvancılık alt sektöründe doğal avantajlara sahip olduğu ve bu avantajlarını ileriye (hayvancılık, gıda sektörü, organik tarım, biyoteknolojik yatırımlar vb.) ve geriye doğru (yem üretimi) kurulacak sektörel bağlantılar ile daha yüksek bir katma değere dönüştürme potansiyeli taşıdığı bilinmektedir. Kars ilinin sahip olduğu potansiyelin değerlendirilmesine yönelik bu proje ile; hayvancılık ve tarım sektöründe izlenen politikalara uygun, modern entegre tesislerin kurulması planlanmaktadır.

Kurulması planlanan bu tesislerin, ülkemizde sürdürülebilir ve modern tarımın gelişimine katkı sağlayacağı ortadadır.

4.7. Biyogaz'ın Tarihçesi

Biyogazın M.Ö. 10'uncu yüzyılda banyo suyu ısıtmak amacıyla Asurlular tarafından kullanıldığı bilinmektedir. Yine 16.y.y.'da Perslerin (İranlıların) bu enerjiden yararlandıkları söylenmektedir. Teknik olarak organik maddenin havasız ortamda çürütülmesi sonucunda yanabilen gazın üretileceğini ilk kez 1630 yılında Jan Baptita Von Helmont, ortaya koymuştur. İlk biyogaz tesisi 1859 yılında Hindistan'da bir cüzzamlılar kolonisinde kurulmuştur. 1895 yılında Anaerobik fermentasyon İngiltere'de kullanılmaya başlanmıştır. 1930'lu yıllarda mikrobiyolojik çalışmalarda gelişmeler sonucunda Buswell ve arkadaşları metan bakterilerini tanımlamışlar ve biyogaz üretiminin bu bakterilerce gerçekleştirildiğini belirlemişlerdir. Avrupa'daki anearobik fermentasyon uygulamaları genellikle çiftlik,

endüstri ve kanalizasyon atıklarının uygulamaları şeklinde yürütülmüştür. Genellikle II. Dünya savaşından sonra bu alandaki çalışmalar hız kazanmıştır.

4.8. Biyogaz'ın Dünya Geneline Kullanımı

Dünya genelinde biyogaz tesis çeşitliliği çok fazladır. Hayvan gübresinden elde edilen biyogazın tesis oranları dikkate alınırsa dünyadaki tesislerin %80'i Çin'de %10'u Hindistan'da, Nepal ve Tayland'da bulunmaktadır. Çin'de konut tipi biyoreaktörlerde yılda 3 milyar m³' ten fazla biyogaz üretilmektedir. Konut tipi biyogaz tesislerindeki temel amaç elde edilen gazların ısınma ve mutfakta yemek pişirmek amacıyla kullanılmasıdır. Avrupa'da en çok biyogaz tesisi bulunduran ülke 10000'i aşkın tesisiyle Almanya'dır. Bu tesisler uzak doğu ülkelerindeki tesislerin aksine sanayi tipi tesislerdir ve daha çok elektrik üretimi amacıyla kullanılır.

4.9. Değişik Ülkelerde Biyogaz Enerjisinden Yararlanma Durumu

4.9.1. Hindistan:

Biyogaz teknolojisinde, öncü ülkelerden birisidir. Bu konudaki çalışmalara, 1930' lu yıllarda başlamış ve 1980 yılına kadar ülkede, 80 000 adet aile konutunda biyogaz tesisi kurulmuştur. Bu sayının, VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı sonu olan 1985'te 180 000 adete ulaştığı görülmektedir. Ülkede, 500 nüfuslu ve 250 büyükbaş hayvana sahip 100'er hanelik köylerde, günde 130 m³ biyogaz üretilmektedir. Yüksek kapasiteli biyogaz tesislerinden, alternatörler (jeneratör) aracılığıyla elektrik enerjisi de elde edilmektedir.

4.9.2. Çin:

Biyogaz tesislerinin kurulması ve kırsal kesimde yaygınlaştırılmasında öncü ülkelerden bir diğeridir. Başta Seçuan eyaleti olmak üzere, ülkede 7.5 milyondan fazla biyogaz tesisi vardır. Oysa bu sayı, 1975' te 1 milyon dolayında tahmin ediliyordu.

4.9.3. Kore Cumhuriyeti:

Biyogaz üretim çalışmalarına 1969'da başlamış ve geliştirici yoğun çalışmalar devam etmektedir.

4.9.4.Pakistan:

Biyogaz teknolojisi giderek yaygınlaştırılmıştır. Örneğin 1980’lerde 150 olan köy tipi biyogaz tesisinin sayısı, 1984’de yaklaşık 7000’e ulaşmıştır.

4.9.5.Tayland:

Bu konuda 1980’de yapılan planlama, 106’sı köy tipi ve 60 000’aile tipi olmak üzere, biyogaz üretim tesislerinin, kırsal kesime yaygınlaştırılması planlanmıştır

4.9.6.Diğer Ülkeler:

Brezilya, Kenya, Kamerun, Mısır, Etiyopya, Nijerya, Sudan, Zambiya, Jamaika, Endonezya ve daha birçok ülkede bu konuda çalışmalar yapılmaktadır.

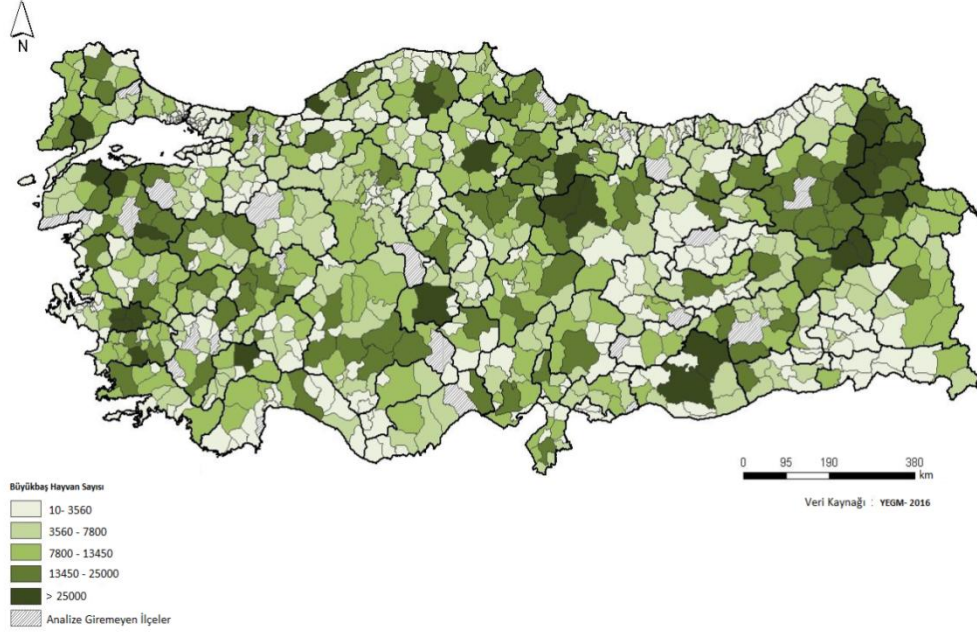
Aslında 1923’te A.B.D’ nin Kaliforniya eyaletinde başlayan bu teknoloji 1930 ile 1955 yılları arasında, giderek birçok ülkeye yayılmıştır. Bununla birlikte, 1955’lerden sonra dünya petrol üretiminin hızla artması ve fiyatının ucuzluğu, biyogaz konusundaki çalışmaların yavaşlamasına neden olmuştur. Oysa 1967’lerden sonra giderek petrol fiyatlarının yükselmesi, tekrar bu yenilenebilir kaynağa önem verme zorunluluğu ortaya çıkarmıştır.

4.10. Türkiye’ de Biyogaz Potansiyeli

Hayvancılık ve tarımın gelişmiş olduğu Türkiye’de tarımsal ve hayvansal kaynaklı organik atıkların kontrolsüz bir biçimde bertaraf edilmesi veya depolanması koku oluşumuna, ayrıca yer altı ve yüzeysel suların kirlenmesine neden olmaktadır. Atıkların değerlendirilmesi ülke ekonomisi ve çevre sağlığı açısından oldukça önemlidir. Bu atıkların biyogaz üretimi için kullanılması durumunda hem olumsuz etkilerden korunulur hem de enerji üretim tesislerinde kullanılarak ülke ekonomisine büyük katkıda bulunulması sağlanabilir.

Ülkemizin kırsal kesimlerinde hayvan gübresi, ısıtma ve yemek pişirme amacıyla tezek olarak yakılmaktadır. Bu gübrenin tarım topraklarında kullanılması, yakılarak enerjiye dönüştürülmesinden daha ekonomiktir. Hayvan gübresi, yapay gübrelere göre; toprağa bitki besin maddelerinin sağlanmasının yanında, toprağın yapısını da iyileştirici üstün özelliklere sahiptir. Kurulan biyogaz tesislerinde, gübrenin yakılması yerine tarım topraklarına kazandırılması öncelik olarak görülmüş ve elde

edilen biyogaz enerjisiyle yemek pişirmek, su ısıtmak kalorifer yakıtı olarak kullanmak amaçlanmıştır. Böylece elde edilen biyogaz; yemek pişirme, su ısıtma, kalorifer yakıtı olarak kullanılabildiği gibi elektrik enerjisi eldesinde de kullanılabilecek ve elde edilen biyogübre ile de mevcut arazilerin gübrenmesi yapılarak yapay gübre kullanımı da azaltılmış olacaktır.



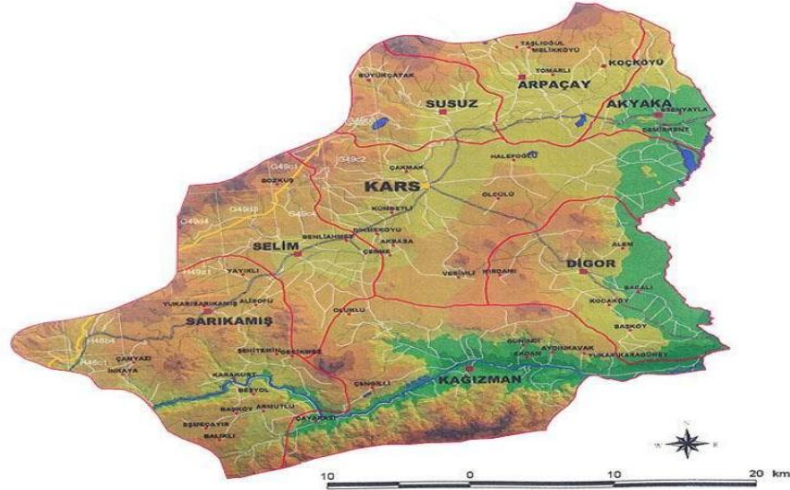
Şekil 6: İlçe bazında hayvan birimi dikkate alınarak hesaplanmış sığır potansiyeli dağılımı

5.KARS'IN BİYOGAZ YATIRIMLARINA UYGUNLUĞUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ

5.1. Kars İline Genel Bakış

5.1.1 Coğrafi Özellikler

Kars, Doğu Anadolu Bölgesi'nin kuzeydoğusunda yer alan bir ildir. Kars valiliğinin verilerine göre Kars ilinin merkez ilçeyle birlikte 8 ilçesi, 10 belediyesi ve 382 köyü ve 55 Mahallesi vardır. Yüz ölçümü 9.442 km²' dir. Kars ili, Doğu Anadolu Bölgesi'nin, Erzurum - Kars Bölümü'nde yer alır. Kuzeyinde; Ardahan, doğusunda; Ermenistan'la, güneyinde; Iğdır ve Ağrıyla, batısında ise Erzurum'la çevrilidir. Rakımı ortalama 2000 m'yi bulan Kars ili topraklarının büyük bölümü yaylalardan oluşur. Akarsu vadileriyle yer yer parçalanılan ilde yaylalar dalgalı düzlüklerden oluşur. Kars ilinde yer alan önemli yükseltiler şunlardır: Allahuekber Dağları, Kısır dağı, Akbaba, Aladağ ve Aşağıdağ Aras Nehri ve Kura Nehri şehir topraklarından geçerek Hazar Denizi'ne dökülür.



Şekil 7: Kars İli ve İlçeleri Haritası

5.1.2. İklim Özellikleri

Kars ilinde karasal iklim hâkimdir. Kışları kurak, yazları ise yağışlı geçen ilde kışın sıcaklıklar -39 °C' ye kadar düşer. Karla kaplı gün sayısı 120' den fazladır. Bu ildeki iklim tipi diğer doğu illerine göre farklılıklar göstermektedir. Örnek olarak en çok yağışın yaz mevsiminde yağdığı gösterilebilir. Kars ili dâhilinde yaz aylarında ilçeden ilçeye sıcaklık farklılıkları gözlemlenmektedir. Örneğin Akyaka, Arpaçay,

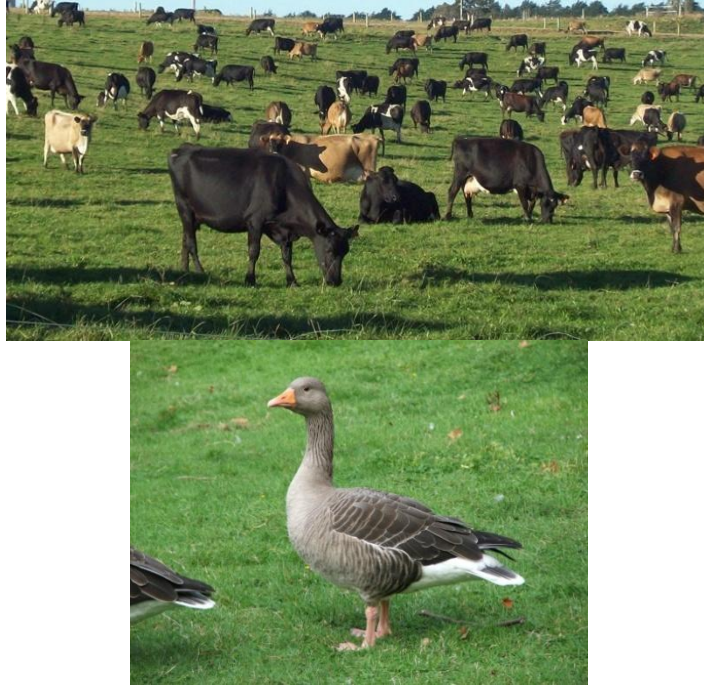
Digor ve Kağızman ilçeleri, merkez ilçe başta olmak üzere Sarıkamış, Selim ve Susuz' dan daha sıcak olur.



Şekil 8: Kars 2015 yılı sıcaklık ve yağış ortalamaları meteoroloji genel müdürlüğü

5.1.3. Tarım ve Hayvancılık

Kars ili ekonomisi büyük bir oranda tarım ve hayvancılığa dayalıdır. Kars ili arazisinin %34,7'si tarım arazisidir. İl genelinde başta hububat (buğday, arpa) üretimi olmak üzere yem bitkileri ve endüstri bitkileri yetiştirilmektedir. En çok üretilen ürün fiğdir. Yıllık üretim 280 bin tonun üzerindedir. Bunu 86 bin tonla arpa izlemektedir. Buğday üretimi ise 83 bin tondur. İl genelinde en çok üretilen ürünler bu tahıllardır. Bunda ilin iklim yapısı, yer şekilleri ve coğrafi konumunun büyük etkisi vardır. Bu ürünlerin dışında başta Digor ve Kağızman ilçeleri olmak üzere meyve ve sebze üretimi de yapılmaktadır. Meyve üretiminde başı kayısı, elma ve ceviz çekmektedir. İl genelinde en çok yetişen sebzeler ise sırasıyla beyaz lahana, soğan ve taze fasulyedir.



Resim 2: Kars ili mera hayvancılığı ve kaz yetiştiriciliği

Kars ili kırsalındaki en temel ekonomik sektör hayvancılıktır. Çayır ve mera arazileri %39,2 ile tarımsal araziden daha geniştir. Bu oranın büyük oluşu ilde özellikle küçük ve büyükbaş hayvancılığının gelişimine büyük katkı sağlamaktadır. 2015 yılı itibarı ile il genelinde 534.704 koyun, 398.470 sığır, 177.673 dana, 35.444 keçi, 15.000 tek tırnaklılar ve 26 manda bulunmaktadır. Bunun dışında özellikle arıcılık başta olmak üzere kümes hayvancılığı ve bu hayvanların sayısı ve ürettikleri bal ve yumurta sayıları da il halkının geçimine katkı sağlamaktadır. Ayrıca Kars ili Kaz yetiştiriciliği ile de meşhur bir ildir. Kaşar ve bal haricinde üretilen hayvansal ürünler pazarlanmamaktadır. Bu ürünler sadece aile ihtiyaçlarını karşılamaktadır.

5.1.4.Kars İli Toplam Hayvan Sayısı Analizi

Kars ilinin toplam büyükbaş hayvan sayısı, tablo olarak aşağıda verilmiştir.

Tablo 5. Kars İl Gıda Tarım Ve Hayvancılık Müdürlüğü Kars İli İlçeler Bazında Büyükbaş Hayvan Sayısı

İLÇE ADI	BOGA	DISI BUZAGI	DISI DANA	DÜVE	ERKEK BUZAGI	ERKEK DANA	INEK	TOSUN	TOPLAM
AKYAKA	2.958	992	3.447	3.461	933	3.091	23.264	2.443	40.589
ARPAÇAY	4.099	5.852	2.802	5.573	6.385	2.786	35.132	4.209	66.838
DİĞOR	3.871	2.993	2.718	3.612	2.962	2.388	26.167	2.207	46.918
KAĞIZMAN	9.164	1.560	3.018	4.387	1.617	2.862	33.463	4.119	60.190
KARS MERKEZ	9.985	4.735	10.703	13.889	5.544	10.129	67.912	8.669	131.566
SARIKAMIŞ	10.413	6.988	2.344	7.690	8.229	2.540	49.225	8.484	95.913
SELİM	9.725	6.255	3.044	7.579	6.126	3.411	51.068	6.690	93.898
SUSUZ	1.299	4.285	1.355	3.703	4.278	1.407	21.322	2.582	40.231
TOPLAM	51.514	33.660	29.431	49.894	36.074	28.614	307.553	39.403	576.143

5.1.5.Kars İli Hayvansal Atık Miktarı (ton/yıl) Analizi

Kars ilinin toplam hayvan atık miktarı, büyükbaş hayvan atık miktarı ve küçükbaş hayvan atık miktarı tablo olarak aşağıda verilmiştir.

Tablo 6. Kars İli hayvansal atık miktarı analizi

	Toplam Hayvansal Atık Miktarı (Ton/Yıl)	4.076.975
	Büyükbaş Atık Miktarı (Ton/Yıl)	3.840.242
	Küçükbaş Atık Miktarı (Ton/Yıl)	236.842

5.1.6. Kars İli Nüfus Bilgileri (Tüik 2015 Verileri)

Tablo 7: Kars ili yıllık nüfus veriler

Yıl	Erkek Nüfusu	Kadın Nüfusu	Toplam Nüfus
2015	153.023	142.172	292.660
2014	153.676	142.790	296.466
2013	155.625	145.249	300.874
2012	158.403	146.418	304.821

Kars

ili son on yıllık nüfus verilerine baktığımızda (2011 senesi hariç) sürekli bir azalma

göstermiştir. Kars' ta gördüğümüz nüfus kaybının en büyük nedeni işsizlikle bağlantılı olarak insanların ülkenin batısındaki şehirlere göç etmesidir.

5.1.7. Ekonomik Yapı

Bir bölgenin ekonomik gelişmişliği imalat sanayi sektöründe yapılan yatırımlar ve üretim kapasitesiyle doğrudan ilişkilidir. Kars ilinde imalat sanayi yeterince gelişmemiş olup bölge ekonomisi ağırlıklı olarak tarıma ve hayvancılığa dayalı olan bir yapıdadır.

Son yıllarda bölgeye hâkim olan tarımsal yapıdan sanayileşme sürecine geçmeye bağlayan TRA2 Bölgesi firmaları rakipleri ile rekabet etme konusunda önem arz eden marka, faydalı, model, patent ve endüstriyel tasarım hususlarında ülke genelinin oldukça gerisindedir. TRA2 Bölgesi'nden yapılan marka başvuruları ve tescil sayıları ülke genelinin binde 1'i civarındadır. Patent, faydalı model ve endüstriyel tasarım konusunda yapılan başvurular ise daha az sayıdadır.

5.2 Yatırım Kararlarının Temel Amaçlarına Göre Değerlendirilmesi

Yatırım projesi hazırlama ve değerlendirme çalışması veya başka bir ifadeyle fizibilite etüdü genel olarak üç temel amaç için hazırlanır. Bu amaçlar, makro ve mikro açıdan değerlendirilen amaçlar, devlet açısından değerlendirilen amaçlar ve finansörler açısından değerlendirilen amaçlar olarak sıralanabilir.

5.2.1. Makro ve Mikro Açıdan Değerlendirilen Amaçlar

Yatırım kararları alınırken makro ve mikro amaçlara uygunluk açısından değerlendirilmelidir. Bu amaçlara en uygun yatırımlar, yatırım yapmak için gereken her türlü kaynağın (finans, insan kaynağı, arazi, makine, ekipman vb.), optimal olarak kullanılmasını gerektirir. Bu durum, kısıtlı kaynakların en verimli biçimde kullanılarak kaynakların israf edilmesinin ve gelir dağılımındaki dengesizliğin önlenmesini sağlarken, ülke ve dünya ekonomisine katkı sağlanmasını mümkün kılmaktadır.

5.2.2. Devlet Açısından Değerlendirilen Amaçlar

Devletin çeşitli sektörlerde vereceği teşviklerde kredilerin doğru yatırımlara yapıldığının ispatlanması gerekmektedir. Bu doğrultuda, yapılacak olan yatırımlar devlet açısından değerlendirildiğinde, özellikle kullanılan kredilerin amaca uygunluğu, yapılan yatırımın istihdama katkısı, bölge ekonomisine yapılacak katkı ve vergi gelirlerine yapılacak katkı gibi konuların irdelenmesi ve dikkate alınması gerekmektedir.

5.2.3. Finansörler Açısından Değerlendirilen Amaçlar

Finansörler herhangi bir yatırımın yapılabilmesi için o yatırımın ihtiyaç duyacağı finansal kaynağı sağlayan kişi ya da kurumlardır. Bir finansörün herhangi bir yatırıma finansal destek sağlayabilmesi belirli kriterlere bağlıdır. Bu kriterlerin başında finansman talep edilen yatırım önerisinin talep edilen borcu ve faizini zamanında ödeyebileceğinden emin olunması gelmektedir. Dolayısıyla en az riskle en iyi sürede yatırımın geri dönüşünün sağlanması finansör açısından en önemli kriter olarak ortaya çıkmaktadır.

5.3. Yatırım Bölgesi Seçimine Etki Eden Kriterler

Herhangi bir yatırımın yapılabilmesi için gereken en önemli kaynaklardan birisi yatırım için seçilecek olan bölgedir. Yatırım bölgelerinin seçiminde birden fazla ve yatırımcıya göre farklılık gösteren değişkenler vardır. Kuruluş yeri seçimi, ham maddeye yakınlık, pazara yakınlık, ulaşım olanakları, su temini, enerji temini, personel temini gibi faktörlerden etkilenirken, bu seçim sadece ticari açıdan önemli olmakla kalmamakta; gelir dağılımı, bölgesel gelişmişlik farklarını etkileme, birbirleri ile ilişkili işletmelerin aynı mekânda toplanması sonucunda oluşacak dışsallıklar, çevre kirliliği, iklimin uygunluğu gibi çevresel faktörler ile teşvik tedbirlerinden faydalanabilme olanakları gibi boyutları içermektedir.

5.4. Biyogaz Enerjisi Yatırımcıları İçin Geçerli Koşulların ve Potansiyelin Değerlendirilmesi

Tüm dünyada gerçekleştirilen ev tipi, köy tipi ve sanayi tipi biyogaz enerjisi yatırımları ele alındığında, bu yatırımların temel noktasının çeşitli organik atıklardan elektrik ve ısı üretimi olduğu görülmektedir. Dünya üzerinde çevreye zararlı olan organik atıklardan elektrik ve ısınma üretimine dayalı bu sistem ile büyük çaplı endüstriyel atıkların yok edilip enerjiye çevrilmesine ilişkin yatırımlar sıklıkla

görülmektedir. Çin, Hindistan, Kore, Brezilya, Bangladeş, Nepal ve Almanya bu konuda önemli yatırımlara imza atmışlardır.

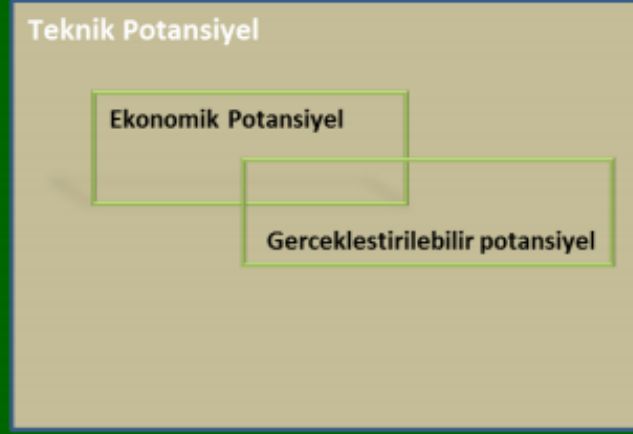
Biyogaz enerjisine dayalı tesisler, yatırım ve işletme süreçleri açısından değerlendirildiğinde, güneş enerjisi, fosil yakıtlar, rüzgâr ve hidroelektrik santralleri gibi enerji üretim santrallerine yakın süreçlere sahiptirler. Fakat biyogaz enerjisi tesislerinin kendisini amorti etme süresi daha kısadır. Diğer yenilenebilir enerji sistemlerine kıyasla biyogazın sahip olduğu bir başka avantaj ise, üretimin büyük ölçüde hava ve iklim şartlarından ve mevsimlerden bağımsız olmasıdır.

Türkiye'nin enerji ihtiyacı demografik ve ekonomik büyüme nedeniyle hızla artmaktadır. Türkiye ağırlıklı olarak ithal edilmiş, pahalı enerji kaynaklarına bağımlı bir ülkedir. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynaklarına ilişkin genel yaklaşımlar, yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye'nin enerji ihtiyacını ekonomik yönden pozitif olarak karşılayıp karşılayamayacağı ve fosil yakıt kullanımından kaynaklı çevre kirliliğinin çözümüne ne derece katkı sağlayabileceği üzerindedir. Bu sebepten yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi olan biyogaz enerjisi tesisi, çevreye zarar veren organik atıkları enerjiye dönüştürerek hem çevre kirliliğini engellenmiş hem de ülke ve il bazında ekonomik büyümeye katkıda bulunmuş olur.

Biyogaz potansiyeli analizi belirli yöntemler ile yapılmaktadır. Aşağıda belirtildiği üzere biyogaz potansiyelinin, teorik, teknik, ekonomik ve gerçekleştirilebilen olmak üzere farklı tanımları bulunmaktadır.

- Teorik Potansiyel: Belirlenmiş alan içerisindeki tüm biyo – kütleden sağlanabilecek teorik potansiyeli ifade eder.
- Teknik Potansiyel: Yapısal ekolojik sınırlamalar ve teknik imkanlar neticesinde kullanılabilmesi mümkün biyo – kütlenin potansiyelini ifade eder.
- Ekonomik Potansiyel: Ekonomik çerçeve bağlamında, ekonomik olarak kullanılması mümkün potansiyeli ifade eder.
- Gerçekleştirilebilir Potansiyel: Biyoenerjinin beklenen mevcut kullanımını ifade eder.

Teorik Potansiyel



Şekil 9: Biyokütle potansiyel türleri

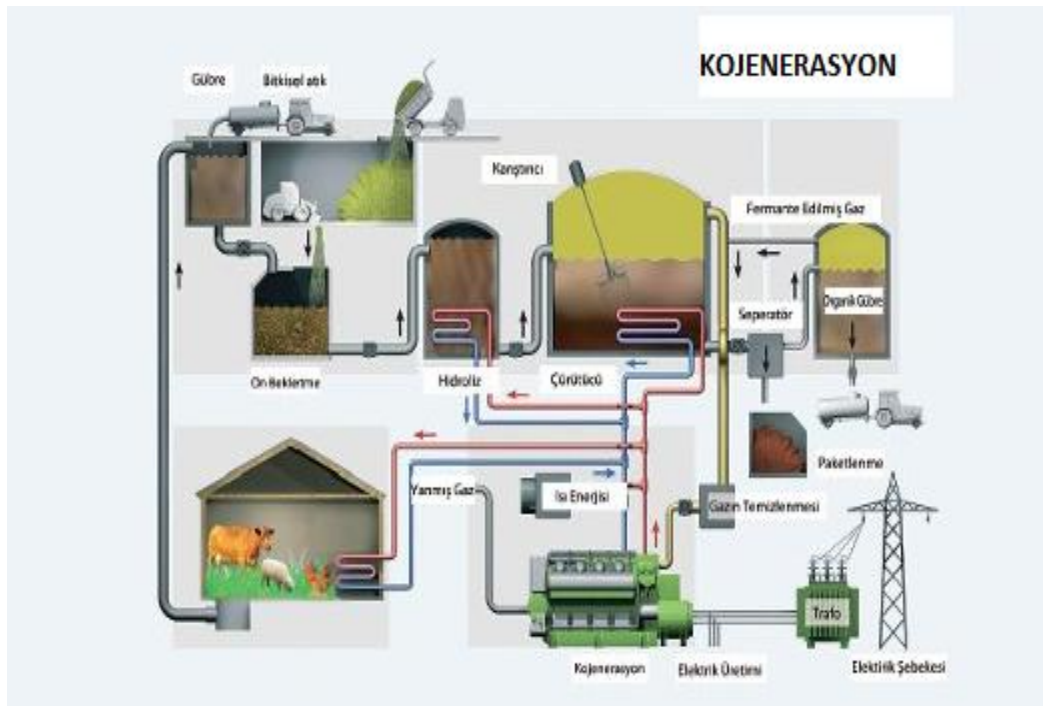
6. KOJENERASYON

Kojenerasyon sistemlerinde, biyogaz tesisinde üretilen gazın yakılması sonucu elektrik üretimi yapılır. Açığa çıkan ısı enerjisi de bu sistemde kullanılır. Kojenerasyon ünitesi gaz motoru, bu motora akuple çalışan bir jeneratör ve atık enerji geri kazanma sisteminden oluşmaktadır.

Kojenerasyon kelime olarak “Combined Generation” terimlerinin kısaltılmasından oluşmuştur. Isı ve elektriğin birlikte üretildiği “birleşik üretim” anlamına gelmektedir. Aynı yakıt kaynağından daha fazla kullanılabilir enerji açığa çıkarttığı için tek amaçlı üretim sistemlerinden daha verimlidir.

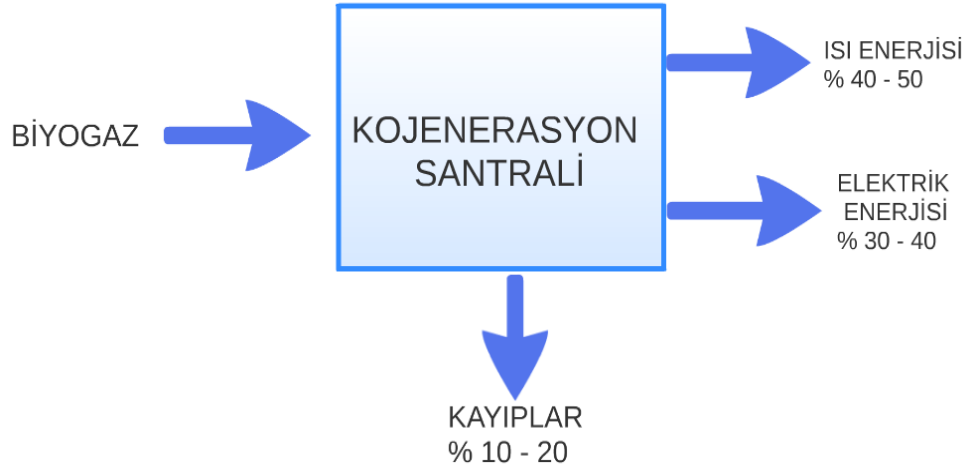
Böyle bir sistemin Kars'ta kurulması planlanan biyogaz tesislerinde uygulanabilirliği düşünüldüğünde;

- Coğrafi konumundan dolayı kış mevsiminde hava şartlarının çok soğuk geçmesi ve buna bağlı olarak yerel halkın ısınma ihtiyacının karşılanmasında,
- Kars İli'nin birçok bölgesinde ve köylerinde ısınma altyapısının olmamasına ve ısınmak için kullanılan enerji tüketim seçenekleri maliyetlerinin yüksek olmasına bağlı olarak maliyetlerin düşürülmesinde
- Isınmada insan işgücünün azaltılmasında büyük bir önem taşıyacağı ortadadır.



Şekil 10: Biyogaz – Kojenerasyon sistemi

Ayrıca biyogaz tesisinde metan veriminin istenilen düzeyde olması için reaktör sıcaklığının belli bir seviyede olması gerekmektedir. Bu amaç için gerekli ısı enerjisi kojenerasyon sistemi ile sağlanabilir.



Şekil 11: Kojenerasyon sisteminin basit görünümü

Kojenerasyon sistemleri, enerjinin hem elektrik hem de ısı formlarında aynı sistemden beraberce üretilmesinden dolayı, iki enerji formunun tek tek ayrı yerlerde üretilmesinden daha ekonomik neticeler oluşturmaktadır. Basit çevrimde çalışan, yani sadece elektrik üreten bir gaz türbini ya da motoru kullandığı enerjinin %30 ile % 40 kadarı elektriğe çevirebilir. Bu sistemin kojenerasyon şeklinde kullanılması halinde sistemden dışarıya atılacak olan ısı enerjisinin büyük bir bölümü de kullanılabilir enerjiye dönüştürülerek toplam enerji girişinin % 70 ile % 90 arasında değerlendirilmesi sağlanabilir.

7. TEKNİK GEZİ KAPSAMINDAKİ ÇİFTLİKLER VE BİYOGAZ TESİSLERİ

Küçük ölçekli biyogaz tesisleri hakkında araştırma, planlama ve fizibilite çalışmaları kapsamlı proje için Bursa, İzmir ve Almanya’ da bulunan yedi tesis gezilip hayvan atığından biyogaz ve/veya elektrik üreten tesisler yerinde görülmüş ve incelenmiştir. Tesislerden bir tanesi ise diğer bir yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisi tesisidir.

7.1. Gürsu Belediyesi Güneş Enerjisi Tesisleri

Türkiye'nin ilk lisanssız sabit ve trackerli on-grid fotovoltaiik sistemleri (LUY-001, LUY-002) Gürsu Belediyesi’nin başlatmış olduğu yenilenebilir enerji tesisleri projesi sayesinde kurulmuştur. Belediyenin hizmet binalarının toplam elektrik giderinin %40’ı bu tesislerden elde edilen temiz ve ücretsiz enerji ile karşılanmaktadır. Belediyeye ait tüm park ve yeşil alanların sulama işleri bu sistem sayesinde ücretsiz ve daha çevreci bir biçimde yapılmaktadır. Tesisler; Gürsu Belediyesine aylık 6 bin TL düzeyinde bir enerji tasarrufu sağlamaktadır.



Resim 3: Gürsu Belediyesi Güneş Evi Dış Görüntüsü

7.1.1. 3 kWp Off-Grid (Akülü) Güneş Evi

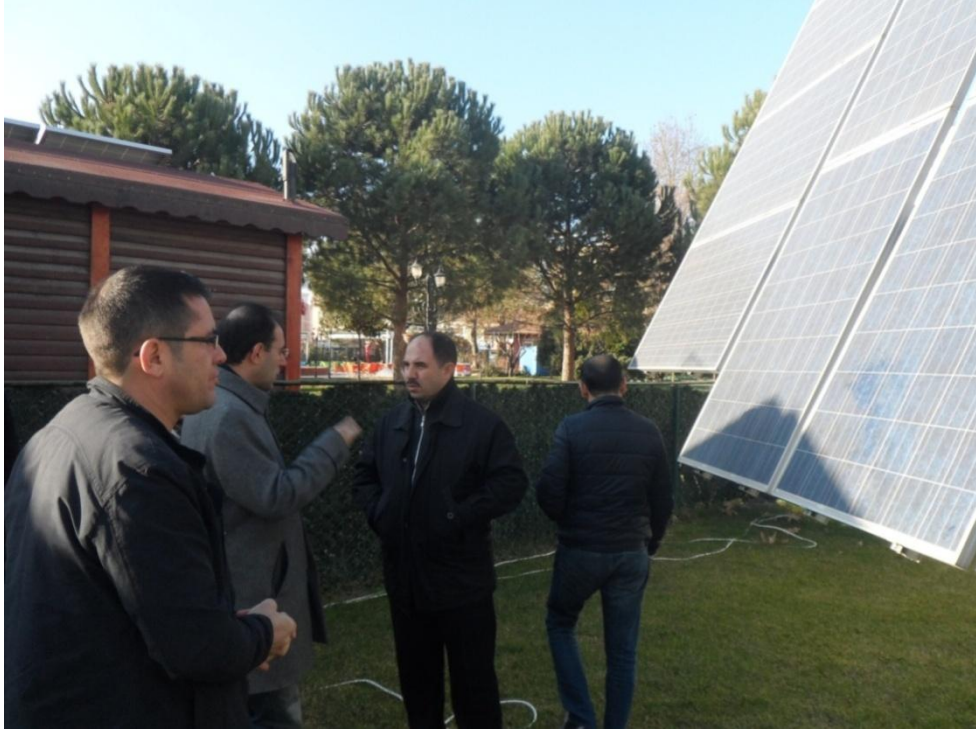
Güneş Evi Belediyenin önündeki parkta bir evin ihtiyaç duyduğu ev aletlerini çalıştırabilecek kapasitede akülü güneş evi sisteminde tasarlanarak kurulmuştur. Ürettiği enerjiyi 220V AC ev elektriğine çevirme özelliğine sahiptir. Bir evin ihtiyaç duyduğu ev aletlerini çalıştırabilecek akü depolama alanı mevcuttur.



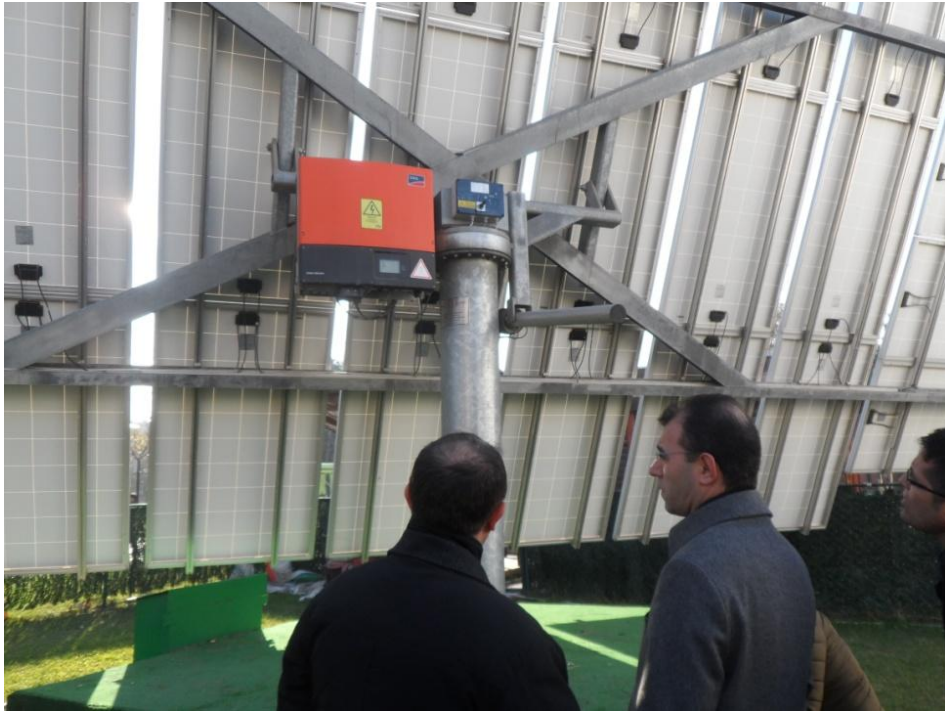
Resim 4: Gürsu Belediyesi Güneş Evi İç Görüntüsü

7.1.2. 7 kWp Çift Eksenli Trackerli Solar Su Pompaj Sistemi

7 kWp gücünde on-grid su pompaj sistemi, dıştaki bir pompa yardımıyla yer altından su pompalayarak parkın su teminini sağlamaktadır. Bu sistemle 60 metre derinlikten saatte 40 ton su çekilebilmektedir. Trackerli sistem maximum ısınımı kontrol ederek dönme özelliğine sahiptir. Böylece verimi %40' a kadar arttırabilme özelliği mevcuttur. Aylık 1200 kWh üretim gerçekleşmektedir. Şebeke bağlantılı sistemde çift yönlü sayaç kullanılmıştır. Eğer üretilen enerji kullanılan pompa için yeterli gelmiyorsa, gerekli enerji şebekeden çekilmekte ve aynı şekilde üretilen enerji fazla ise fazla olan enerji şebekeye verilmektedir. Bu takibi hem üretilen hem de tüketilen enerji olarak çift yönlü sayaç gerçekleştirmektedir. Sistemin tek dezavantajı yıllık bakım maliyetidir.



Resim 5: Gürsu Belediyesi Trackerli Güneş Enerjisi Sistemi



Resim 6: Gürsu Belediyesi Trackerli Güneş Enerjisi Sistemi 2

7.1.3. 96 kWp On – Grid Güneş Enerji Tarlası

Türkiye'nin ilk LÜY kapsamında şebekeye enerji satan güneş enerjisi tarlası olarak kurulmuştur. 01.04.2013 tarihinde devreye alınmıştır. Günlük ortalama 345 kWh enerji üretimi sağlamaktadır. Kurulduğu andan itibaren sağlanan enerji 318.080 kWh'dir. Kendi enerji nakil hattı, trafosu ve hücreleri ile bağlantı yapan ve resmi olarak mahsuplaşan ve fatura kesen Türkiye'de ilk GES' tir.



Resim 7: Gürsu Belediyesi Güneş Enerji Tarlası

7.2.Sütaş Enfaş Karacabey Biyogaz Tesisi

Sütaş Karacabey Entegre Tesisleri'nde kurulan grup şirketlerinden Enfaş Enerji Elektrik Üretim A.Ş. ("Enfaş") bünyesinde biyogaz tesisi faaliyete geçirilmiştir. 2013 Temmuz ayında inşaatına başlanmış olan biyogaz tesisi 10.000 hayvan kapasiteli ve yaklaşık 1.525 GWh yıllık elektrik üretim kapasitesi ile ülkemizdeki en büyük biyogaz tesislerinden biridir. Bu ölçekte hayata geçen ilk projelerden birisi olarak, tarım ve hayvancılık sektörüne öncülük etmektedir. Ekim 2014 tarihinde devreye alınan Enfaş Karacabey Biyogaz Tesisi'nde 2014 yılında, 78.452 ton atık bertaraf edilerek, 1.881 MWh elektrik ve 9.983 ton buhar üretilmiş, süt ve süt

ürünleri üretim tesisinin doğalgaz ihtiyacının %12'si karşılanmıştır.

Tesis ile şirketin bünyesindeki işletmelerin organik atıkları, anaerobik yöntemle biyogaza çevrilerek; elektrik, sıcak su ve buhar üretilmektedir. Buharı hijyen ve üretimde kullanılmaktadırlar. Separatörlerde kalan katı atık kısmı ise kendi arazilerinde kullanılmaktadırlar. Sıvı atık kısmını arıtması çok maliyetli olduğu için kullanılmamaktadır.



Resim 8: Süttaş Süt Ürünleri A.Ş. Karacabey

7.3. Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü (GEE)

Güneş, biyokütle, rüzgâr ve jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili uygulamaya yönelik lisansüstü öğrenim vermek ve araştırma çalışmaları yürütmek amacıyla 1978 yılında kurulan Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü, ülkemizde bu alanda kurulmuş olan ilk ve tek enstitüdür. Enstitüde biyokütle enerji teknolojileri konusunda, atık ya da özel olarak yetiştirilmiş ham biyokütle kaynaklarının biyokimyasal ve termokimyasal yöntemlerle çeşitli biyoyakıtlara dönüştürülmesi üzerine çalışılmaktadır. Biyokütle enerji sistemlerinin yaygınlaştırılması ve sürekliliğinin sağlanması amacıyla BESTMER'i kurmuşlardır. Bu kapsamda yürütülerek sonuçlandırılan çeşitli DPT, TÜBİTAK ve AB projeleri ile

Ülkemiz genelinde nc bir konumdadır. Bu konuda Enstitü tarafından yürütülen “Kırsal Kesim Biyogaz Teknolojilerinin Geliştirilmesi ve Yaygınlaştırılması” isimli Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) projesi kapsamında, İzmir ve ilçelerinde 11 adet pilot tesis kurulmuştur. Bu kapsamda ki laboratuvar çalışmaları, gerek analiz gerekse deneysel çalışmalar kapsamında devam etmektedir. Seçilen pilot köylerden alınan atık numunelerinin karakterizasyonunun yapılması biyogaz potansiyellerinin belirlenmesine yönelik çalışmaları kolaylaştırmaktadır. Kısacası bu sistemlerin bütün analiz, araştırma, geliştirme ve inceleme birimleri enstitünün bünyesinde bulunan bu laboratuvarlarda yapılmaktadır.

Biyogazın içeriğinde bulunan bir takım bileşikler sebebiyle, doğalgazı yakıt olarak kullanan elektrik ve ısı üretim cihazlarının modifikasyon yapılmadan biyogaza uygun olmadığı bilinmektedir. Bu konuda elektrik ve ısı üretim cihazlarının biyogaz tüketimine uygun hale gelmesi için çalışmalarda bulunmuşlar ve kurdukları örnek ev tipi biyogaz tesislerinde uygulanmış olup istenilen sonuçları elde etmişlerdir. Bu kapsamda ısınma ihtiyaçları için kullanılan bir markanın kombisini ele alarak biyogaz tüketimi için uygun hale getirip uygulanılmasında başarılı sonuçlar almışlardır.



Resim 9: GEE Biyokütle laboratuvarları

GEE kendisine ait prototip bir biyogaz üretim tesisi yapmış ve biyogaz ile ilgili çalışmalarının genelini bu tesis üzerinden testler ve ölçümler yaparak değerlendirmiştir. Bu tesisteki biyogazın depolanması için patenti kendilerine ait olan ‘gazometre’ olarak adlandırdıkları bir sistem kullanmaktadırlar.



Resim 10: Gazometre

Söz konusu gazometre, biyogazla çalışan cihazların gereksinim duyduğu çalışma basıncını, ek bir basınçlandırıcıya ihtiyaç duymadan, suyun yer değiştirme

prensibiyle sağlamaktadır. Gazometrede elde edilen 200 – 700 mbar seviyelerindeki basınç değerleri, biyogazın 100 metreden daha uzak mesafelere, düşük maliyetlerle aktarılabilmesinde olanak sağlamaktadır. Hareketli parçalar içermedikleri için bakım maliyetleri düşüktür. Atmosfere açık olması nedeniyle, basınç yükselmelerine karşı daha güvenlidir.



Resim 11: Güneş Enerjisi Enstitüsü prototip biyogaz tesisi

7.4. Torbalı Ev tipi Biyogaz Tesisi

Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü'nün Ar-Ge amaçlı kurduğu tesis 2007'de başlanıp 2013'te üretime geçirilmiştir. 25 büyükbaş hayvan gübresiyle beslenen sistem 130 m² olan çiftlik üzerine kurulmuştur. Bu sistemin GEE'ye maliyeti 120 bin TL olmuştur. Araştırma esnasında yapılan bir tesis olduğundan maliyetin yüksek olduğu düşünülmekte ve böyle bir tesisin 60 – 70 bin TL civarında olması öngörülmektedir.



Resim 12: Torbalı ev tipi biyogaz tesisi

GEE' in kurduğu bu pilot tesis çiftlik sahipleri tarafından kolayca kullanılabilir şekilde tasarlanmıştır. Bu tesiste hayvan gübrelerinin biriktirildiği bir gübre çukuru bulunmaktadır. Ve tesis sahibi her gün hayvan gübrelerini el arabasıyla bu çukura dökmektedir. Hayvan gübresi döküldüğü zaman 1:1 oranında da bu çukura su eklenmektedir. Böylece karıştırıcıda gübrenin akışkanlığı sağlanmakta ve karıştırma işlemi yapıldıktan sonra atık çamur fermentasyon için hazırlanmış hale getirilmiş olmaktadır.

Fermentasyon tankındaki atık çamur da belirli periyodik zaman dilimlerinde karıştırılmaktadır. Karıştırma işlemleri bu şekilde yapılırken reaktörün ısıtma ihtiyacı ise sıcak su boylerinden gelen su, pompa ile tankın içerisinde dolaşan sıcak su borularına aktarılmaktadır. Sıcak su boylerindeki enerji ihtiyacı güneş kolektörlerinden gelen ısıyla ve GEE tarafından biyogaza uyarlanmış kombide üretilen ısıyla karşılanmaktadır.



Resim 13: Torbalı ev tipi biyogaz tesisi 2

Torbalı ev tipi biyogaz tesisinden üretilen gaz, sistem sahibinin gün boyunca evinin ısıtma ve mutfak ihtiyacını karşılamaya yetmektedir. Sistem kapasitesi 25 m³'tür. Sistemde üretilen biyogaz kombi yoluyla ev ısıtmasında kullanılmasının yanı sıra direk olarak ocakta da kullanılmaktadır. Hem kombi hem de ocak için gerekli olan gaz basıncı gazometre tarafından karşılanmaktadır. Kombi ve ocak alevlerinde tıkanma ve tekleme gibi durumlara yol açmamaktadır. Hem gazometre çıkışına hem de fermantasyon tankının çıkışına konulan sulu filtreler sayesinde gaz üretimi olduğunda ve ya gaz tüketimi olduğunda bu durum çıplak gözle takip edilebilmektedir. Bu sistemler için ileride dönüşümleri yapılmış jeneratörler kullanılarak elektrik üretiminin de yapılması düşünülmektedir.

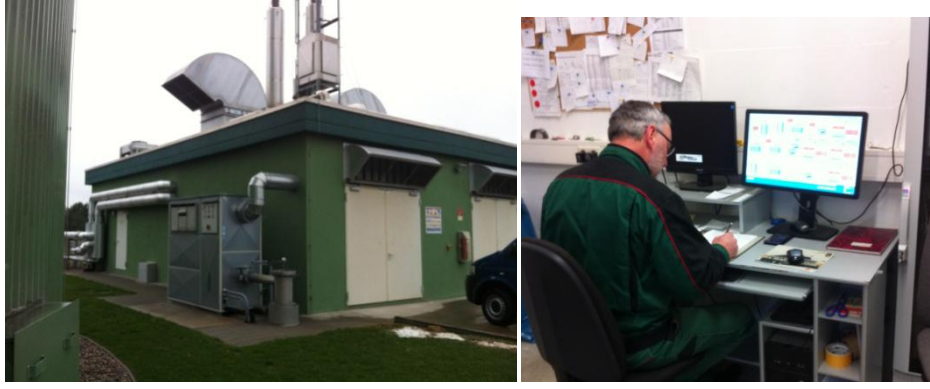


Resim 14: Torbalı ev tipi biyogaz tesisi 3

7.5 Almanya Teknik Gezisi Kapsamındaki Gezilen Tesisler

Almanya seyahati sırasında 1500, 716 ve 60 kWe güçlerinde değişik büyüklüklerde 3 biyogaz tesisi gezilmiştir. Bu tesisler esas itibarıyla sırasıyla büyükbaş dışkısı + mısır silajı, domuz dışkısı + mısır silajı ve sadece mısır silajı ile çalışmaktadır. 60 kW'lık tesis bir köyün içinde bulunmaktadır. Tipik bir Alman köyü de böylece incelenmiştir.

Tesisler ürettikleri elektriği şebekeye satmakta ve üretilen ısıyı çürütücülerin ısıtılmasında kullanılmaktadırlar. Elde edilen gübre ise kendi tarım faaliyetlerinde kullanılarak değer görmektedir.



Resim 15: Kojenerasyon binası ve kontrol odası



Resim 16: Katı girdi besleme ünitesi



Resim 17: Arka planda üzerlerinde gaz depolama üniteleri ile çürütücü tanklar ve paratonerler. Ön planda ; mısır silajı ve buğday silajı (beyaz), ortada altlık saman ile karışık dışkı.

8. KARS SAHA ÇALIŞMASI KAPSAMINDAKİ GEZİLEN PİLOT ÇİFTLİKLER

Küçük ölçekli biyogaz tesisleri hakkında araştırma, planlama ve fizibilite projesi kapsamında pilot süt çiftlikleri ve besi çiftlikleri olmak üzere toplamda 8 adet işletme gezilmiştir. Bu işletmelerden 4 adet hayvan gübresi numunesi alınarak Kars ilindeki biyogaz tespiti yapılması için akredite bir laboratuvarında analizi gerçekleştirilmiştir.

Tablo 8. Gezilen pilot işletmeler ve genel bilgileri

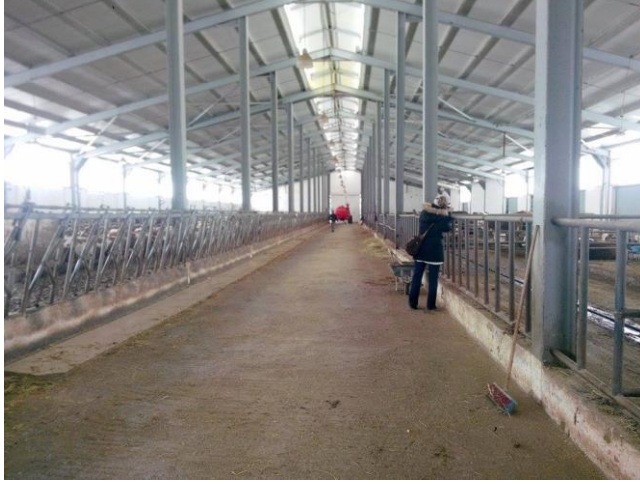
Pilot Köyler	Hayvan Sayısı (Tane)	NÜFUS (adet)	Günlük Atık Miktarı	Ahırda Kalma Süresi	Fiziksel Alt Yapıya Karışan Maddeler
	Büyükbaş (+buzağı)				
Kars Merkez / 30 Ekim Mahallesi	70 (+ 0)	2803	1,5 ton (min)	Yazın 3 Ay Dışarıda	Saman, Su
Selim / Cumhuriyet Mahallesi	54 (+2)	2153	1,5 ton	Yazın 2 Ay Dışarıda	Yok
Selim / Oluklu Köyü	92 (+18)	101	2 ton (min)	Sürekli Ahırda	Yok
Selim / Eskigeçit Köyü Şahis İşletmesi	55 (+8)	123	1,5 ton	Yazın 2,5 Ay Dışarıda	Yok
Selim / Eskigeçit Köyü PA Grup	86 (+60)	123	3 ton (min)	Yazın 2 Ay Dışarıda	Yok
Sarıkamış / Hamamlı Köyü	55 (+55)	433	2 ton (min)	Sürekli Ahırda	Saman, Su, Çayırotu
Sarıkamış / Alisofu Köyü	50 (+44)	983	2 ton (min)	Sürekli Ahırda	Saman, Su
Sarıkamış / Asbuğa Köyü	65 (+60)	163	2 ton (min)	Sürekli Ahırda	Saman, Su

8.1. Eskigeçit Köyü PA Grup Süt Üretim Çiftliği

PA Süt Çiftliği modern ekipman kullanımının olduğu ve TKDK hibe programından yararlanılarak kurulmuş olan bir tesistir. Tesiste büyükbaş hayvan sayısı 146 adettir ve bu hayvanların cinsi simental'dir. Kars ve çevresinde genel olarak mera hayvancılığı yapıldığı için yaz ve bahar dönemi belli zamanlarda hayvanlar yaklaşık 6 ay gibi bir süre merada kalmaktadır. PA Süt Çiftliği'nde bu süre 2 aydır. Çiftlik gübre çukuru ve sıyırıcı takımları gibi modern ekipmanlara sahiptir. Günlük ortalama 3 ton hayvan gübresi oluşmakta ve bu hayvan gübresi gübre çukurlarından alındıktan sonra tarımsal faaliyetleri arttırmak için arazilere dökülmektedir.

Çiftlik sahibinden tesisin genel enerji kullanım seçeneğinin elektrik olduğunu ve aylık elektrik faturasının yaklaşık 2 bin TL civarında olduğu öğrenilmiştir. Isınma ihtiyaçlarının ise kömür ve odun yakılarak karşılandığı belirlenmiştir.

Düz bir zemin üzerine kurulu olan tesise ulaşım konusunda herhangi bir sıkıntı bulunmamaktadır. Atıkların toplanması ve biyogaz tesisi için değerlendirilmesi çiftlik yöneticileri tarafından olumlu karşılanmıştır. Tesisin Eski Geçit köyü merkezine uzaklığı 300 metre, Selim ilçe merkezine uzaklığı ise 7 km'dir.



Resim 18: PA Grup Süt Çiftliği

8.2. Eskigeçit Köyü Şahıs Besi ve Süt Üretimi İşletmesi

PA Grup Süt Üretme Çiftliği'ne yakın olan Tolga Kurbanoglu 'nun işletmesi klasik hayvancılık sistemi ile yönetilmektedir. Tesiste 63 adet simental cinsi büyükbaş hayvan bulunmakta ve bu hayvanlar yılın 10 ayı çiftlikte bulunup 2 ay merada bulunmaktadır. Günde yaklaşık 1.5 ton hayvan gübresi oluşmaktadır. Hayvan gübrelerini basma diye tabir ettikleri bir atık biriktirme deposunda

biriktirmektedirler. Tesis ağırlıklı olarak elektrik kullanmaktadır. Isınma ihtiyaçları içinde kömür ve odun kullanıldığı tespit edilmiştir. Havalandırma ve ısınma sistemlerinin yokluğu tesisin en büyük problemi olarak gözükmektedir. Tesisin köy merkezine ve ilçe merkezine ulaşımında herhangi bir sıkıntı bulunmamaktadır. Eskigeçit köyü merkezine uzaklığı 150 metre ve Selim İlçe merkezine uzaklığı ise 9 km' dir.

8.3. Oluklu Köyü Bulutoğlu Süt Üretme Çiftliği

Bulutoğlu Süt Çiftliği de PA Grup Süt Çiftliği gibi modern ekipman kullanımının olduğu ve TKDK hibe programından yararlanılarak kurulmuş bir tesistir. Bulutoğlu Süt Üretme Çiftliği 200 büyükbaş hayvanlık kapasiteye sahip bir çiftliktir. Şuan tesiste 110 adet simental cinsi büyükbaş hayvan bulunmaktadır. Tesiste bulunan hayvanlar yılın 12 ayı tesistedirler. Bu sebepten bu tesiste mera hayvancılığı sistemi uygulanmamıştır. Modern ekipmanlarla kurulu bir çiftlik olduğu için de gübre çukuru ve sıyırıcı gibi ekipmanlar tesiste mevcuttur. Gübre çukurlarında biriktirilen hayvan gübreleri sonra tarım faaliyetlerini artırmak için tarım arazilerine dökülmektedir.. Isınma ihtiyaçlarını karşılamak için kömür ve odun kullandıkları belirlenmiştir. Oldukça düz ve ulaşımı kolay bir arazi üzerine kurulan tesisin Oluklu köy merkezine uzaklığı 1 km, Selim ilçe merkezine uzaklığı ise 6 km' dir.



Resim19 : Bulutoğlu Süt Üretim Çiftliği

8.4. Cumhuriyet Mahallesi Mürsel Aldağ Süt Üretim Tesisi

Bu süt üretim çiftliği de diğer çiftlikler gibi modern ekipman kullanımının olduğu ve TKDK hibe programından yararlanılarak kurulmuş olan bir tesistir. 80 adet büyükbaş hayvan kapasiteli bu çiftlikte şuan 56 adet simental cinsi büyükbaş hayvan bulunmaktadır. Ayrıca tesis sahibi yılda 10 ay hayvanların tesiste olduğunu belirtmiştir.



Resim 20: Cumhuriyet Mahallesi Mürsel Aldağ Süt Üretme Tesisi

Bu tesiste günde yaklaşık 1.5 ton civarında hayvan gübresi oluşmaktadır. Gübre çukuru ve sıyırıcı sistemleri gibi modern ekipmanları bulunan bu tesis biriktirilen hayvan gübresini tarımsal faaliyet amacıyla tarım arazilerine dökmektedir. Yine diğer pilot işletmeler gibi enerji ihtiyacını karşılamak için elektrik , odun ve kömür kullanmaktadır.. Tesisin bulunduğu arazi düz ve ulaşım sorununun olmadığı bir alandır. Selim ilçesinin Cumhuriyet Mahallesinde bulunan tesis Selim ilçe merkezine 3 km mesafededir.

8.5. Hamamlı Köyü Süt Üretme Çiftliği (Ebru Gökcan)

Bu tesis Sarıkamış İlçesi Hamamlı Köyünde modern ekipman kullanımının olduğu ve TKDK hibe programından yararlanılarak kurulmuş olan bir tesistir. 120 adet büyükbaş hayvan kapasiteli tesiste şuan 110 adet simental cinsi büyükbaş hayvan bulunmaktadır. Tesiste gübre çukuru, sıyırıcı sistem gibi modern ekipmanlar bulunmakta ve hayvan gübreleri gübre çukurunda biriktirildikten sonra tarımsal faaliyetleri arttırmak için tarım arazilerine dökülmektedir.

Hamamlı köyünde arazi şartları engebeli olup kışın yolların kapanma ihtimali bulunmaktadır. Bu nedenle atıkları tek merkezde toplama gibi bir proje yapıldığında ulaşım da gecikmeler yaşamak mümkündür. Tesisin köy merkezine uzaklığı 600 metre, Sarıkamış ilçe merkezine uzaklığı ise 7 km' dir.



Resim 21: Hamamlı köyü süt üretme çiftliği

8.6. Asbuğa Köyü Süt Üretme Çiftliği (Hıdır Zenci)

Modern ekipmanların bulunduğu TKDK hibe desteğiyle kurulmuş olan bu tesiste şuan simental cinsi 125 adet büyükbaş hayvan bulunmaktadır. Günlük olarak yaklaşık 2 ton civarında gübre oluşmakta ve bu atıklar gübre çukurlarında depolanmaktadır. Diğer çiftlikler gibi tarımsal faaliyetleri arttırmak için tarım arazilerine dökülen bu gübreler sıyrıcı sistem yardımıyla gübre çukuruna aktarılmaktadır. Sarıkamış ilçesine bağlı olan bu çiftliğin enerji ihtiyacını karşıladığı materyaller diğer çiftliklerle aynıdır. Tesisin Sarıkamış ilçe merkezine uzaklığı yaklaşık 16 km olup, köy merkezine uzaklığı 1 km ve Selim ilçe merkezine uzaklığı yaklaşık 6 km civarındadır.

8.7. Ali Sofu Köyü Süt Üretme Çiftliği (Remzi Soylu)

TKDK hibe desteğiyle kurulmuş olan bu tesisin 114 adet büyükbaş hayvanlık bir kapasitesi olup şuan tesiste 94 adet büyükbaş hayvan bulunmaktadır. Modern çiftlik anlayışı baz alınarak kurulan bu çiftlikte gübre deposu ve sıyrıcı sistemi gibi ekipmanlar mevcuttur. Yaklaşık günde 2 ton civarında hayvan gübresi oluşmaktadır. Gübre çukurunda biriktirilen hayvan gübreleri sonrasında diğer çiftlikler gibi

tarımsal faaliyetleri arttırmak amaçlı tarım arazilerine dökülmektedir. Çiftliğin genel enerji kullanım seçenekleri arasında elektrik, odun ve kömür bulunmaktadır.

Sarıkamış ilçesi Ali Sofu köyünde bulunan bu çiftliğin 10 metre yakınında 80 adet büyükbaş hayvan kapasiteli bir çiftlik ve 370 metre yakınında da 120 büyükbaş hayvan kapasiteli bir çiftlik kurulmaktadır. Kışın Ali Sofu köyünde hava şartlarından dolayı ulaşımda aksaklıklar yaşanması olası gözükmemektedir. Bu pilot çiftliğin köy merkezine uzaklığı yaklaşık 350 metre ve ilçe merkezine uzaklığı ise yaklaşık 8 km’ dir.

8.8. 30 Ekim Mahallesi Kırtay Besi Çiftliği

Kars Merkez 30 Ekim Mahallesinde bulunan Kırtay Besi Çiftliği klasik hayvancılık sistemi ile yönetilmektedir. Tesiste 2 adet ahır bulunmaktadır ve bu ahırların sadece bir tanesi kullanılmaktadır. Kullanılan ahırda montofon ve simental cinsi olmak üzere toplamda 70 adet büyükbaş hayvan bulunmaktadır. Tesis sahibi genel olarak bu tesiste besi işletmeciliği yapmakta ve büyükbaş hayvan alım satımı şeklinde faaliyet göstermektedir. Tesiste günlük yaklaşık 1.5 ton civarında hayvan gübresi oluşmakta ve bu gübreler gelişigüzel bir şekilde ahırın yakınlarında bir arazide biriktirilmektedir. Biriktirilen bu hayvan gübresi atıkları tarımsal faaliyetleri arttırmak için tarım arazilerine dökülmektedir. Çiftliğin Kars ilçe merkezine uzaklığı yaklaşık 3 km civarındadır.



Resim 22: Kırtay Besi Çiftliği kullanılan ahır kısmı

Biyogaz enerjisinin potansiyelinin belirlenmesinde, bölgedeki mevcut hayvan sayısının ve bu hayvanların dışkılarının toplanabilir olması oldukça önemlidir. Kars ta büyükbaş hayvancılık sektörü son yıllarda önemli derecede gelişmiştir. Bu gelişme Kars ilini biyogaz enerjisi potansiyeli olarak Türkiye de önemli bir konuma getirmektedir. Aynı zamanda günden güne artan enerji ihtiyacı ve çevre kirliliğinin artması da temiz enerji olan biyogaz enerjisine olan gereklilik ve ilgiyi de arttırmıştır. Bu gerekliliği ön planda tutarak Kars ilinin büyükbaş hayvan sayıları aşağıdaki tabloda belirlenmiştir.

Tablo 9: Kars İl Gıda Tarım Ve Hayvancılık müdürlüğü Kars ili İlçeler bazında büyükbaş hayvan sayısı

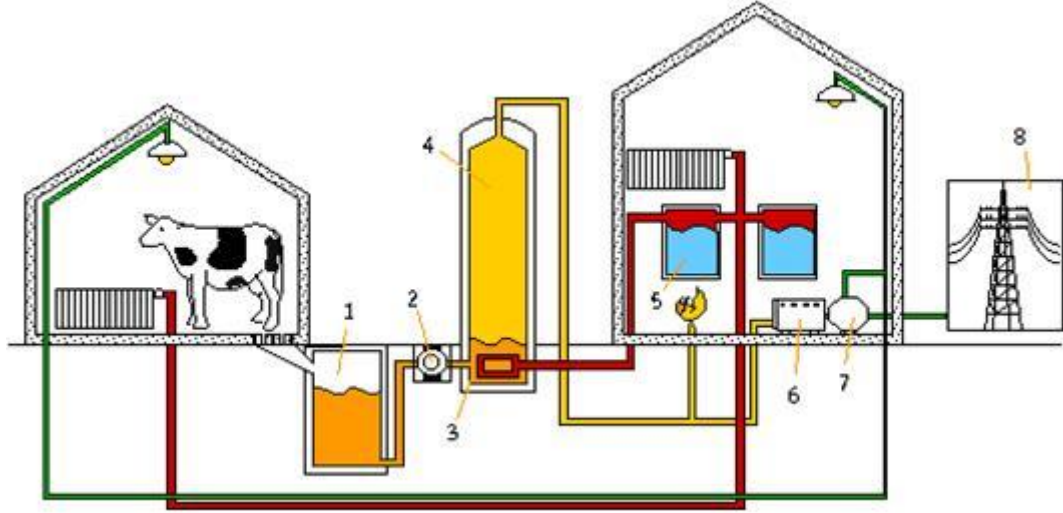
İLÇE ADI	BOGA	DISI BUZAGI	DISI DANA	DÜVE	ERKEK BUZAGI	ERKEK DANA	INEK	TOSUN	TOPLAM
AKYAKA	2.958	992	3.447	3.461	933	3.091	23.264	2.443	40.589
ARPAÇAY	4.099	5.852	2.802	5.573	6.385	2.786	35.132	4.209	66.838
DİĞOR	3.871	2.993	2.718	3.612	2.962	2.388	26.167	2.207	46.918
KAĞIZMAN	9.164	1.560	3.018	4.387	1.617	2.862	33.463	4.119	60.190
KARS MERKEZ	9.985	4.735	10.703	13.889	5.544	10.129	67.912	8.669	131.566
SARIKAMIŞ	10.413	6.988	2.344	7.690	8.229	2.540	49.225	8.484	95.913
SELİM	9.725	6.255	3.044	7.579	6.126	3.411	51.068	6.690	93.898
SUSUZ	1.299	4.285	1.355	3.703	4.278	1.407	21.322	2.582	40.231
TOPLAM	51.514	33.660	29.431	49.894	36.074	28.614	307.553	39.403	576.143

Tablo 10 . Genel sığır gübresi değerleri

Atık Kaynağı	Kuru Madde Oranı (%)	Organik Kuru Madde Miktarı(%)	Biyogaz Miktarı (Nm3/kg OKM)
Sığır Gübresi	15%	80%	0.3

Avrupa’da, hayvan atıkları ve enerji bitkilerinden biyogaz üreten binlerce çiftlik tipi, organik evsel ve endüstriyel atıklardan biyogaz üreten birçok merkezi biyogaz tesisi bulunmakta ve başarıyla işletilmektedir.

Biyogaz teknolojisi, makul bir zaman diliminde ilk yatırım maliyetini geri ödeyen, pahalı olmayan bir sistemdir. Bu sistem enerji ve gübre üreten bir fabrika olarak görülmelidir. Biyogaz sisteminden: ısı, elektrik, sıvı gübre ve katı gübre elde edilmektedir.



Şekil 12: Biyogaz üretim sisteminin basit görünümü

Ülkemizde hayvansal ve bitkisel atıklar, çoğunlukla ya doğrudan doğruya yakılmakta ya da tarım topraklarına gübre olarak verilmektedir. Kırsal bölgelerde ısınma, yemek pişirme gibi ihtiyaçları karşılamak için hayvan atıkları, odun, kömür ve LPG yakıt olarak kullanılmaktadır. Bu şekilde istenilen özellikte ısı üretilmediği gibi, ısı üretiminden sonra atıkların gübre olarak kullanılması da mümkün olmamaktadır. Altyapı yetersizliğinin bulunması bölgede yaşayanları bu materyalleri kullanmaya itmektedir. Biyogaz teknolojisi ise organik kökenli atıklardan hem enerji eldesine hem de atıkların toprağa kazandırılmasına imkan vermektedir. Özellikle son yıllardaki yakıt fiyatlarındaki artışlar gelir düzeyi düşük kırsal bölgedeki halkı ekonomik ve zamansal olarak ciddi şekilde mağdur etmektedir.

Bölgede hayvancılığın yaygın olarak yapılması ve birincil geçim kaynağı olmasından dolayı, biyogaz tesislerinin bölgeye kurulması fizibil olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca hammadde tedarik etmek, hayvancılık yaygın olacağı için kolay olacaktır. Gelişigüzel bertaraf edilen dışkıları düzenli ve sistematik olarak toplayıp, gaz çıkışını sağlayabilecek şekilde kurulan bir sistem bölge halkını ekonomik ve çevresel problemlerden kurtaracaktır.

Tablo 11. Biyogazın diğer yakıt türleri ile karşılaştırılması

Yakıt Cinsi	ISIL DEĞER (kcal/kg)	Biyogaz Miktarı Karşılıkları
1 kg No: 6 Fuel- Oil	9200	0.56 kg
1 kg Karışık Dökme Gaz	11000	0.46 kg
1 kg Propan Dökme Gaz	11000	0.46 kg
Sıvılaştırılmış Petrol Gazı-45 kg tüp	11000	0.46 kg
1 kg Motorin	10200	0.50 kg
1 m3 Doğalgaz	8250	0.62 m3
1 kg Soma Kömürü	4700	1.09 kg
1 kg İthal Linyit Kömürü	6500	0.79 kg

Tablo 12: Çeşitli kaynaklardan elde edilebilecek biyogaz verimleri ve biyogazdaki metan miktarlar

KAYNAK	BİYOGAZ VERİMİ (litre/kg)	METAN ORANI (Hacim %si)
Sığır Gübresi	90-310	65
Kanatlı Gübresi	310-620	60
Domuz Gübresi	340-550	65-70
Buğday Samanı	200-300	50-60
Çavdar Samanı	200-300	59
Arpa Samanı	290-310	59
Mısır sapları ve artıkları	380-460	59
Keten & Kenevir	360	59
Çimen	280-550	70
Sebze artıkları	330-360	Değişken
Ziraat atıkları	310-430	60-70
Yerfıstığı kabuğu	365	---
Dökülmüş ağaç yaprakları	210-290	58
Algler	420-500	63
Atık su çamuru	310-800	65-80

9.KARS –SELİM OLUKLU MAHALLESİ BULUTOĞLU SÜT İŞLETMESİ ÇİFTLİK TİPİ BİYOGAZ TESİSİ FİZİBİLİTE RAPORU

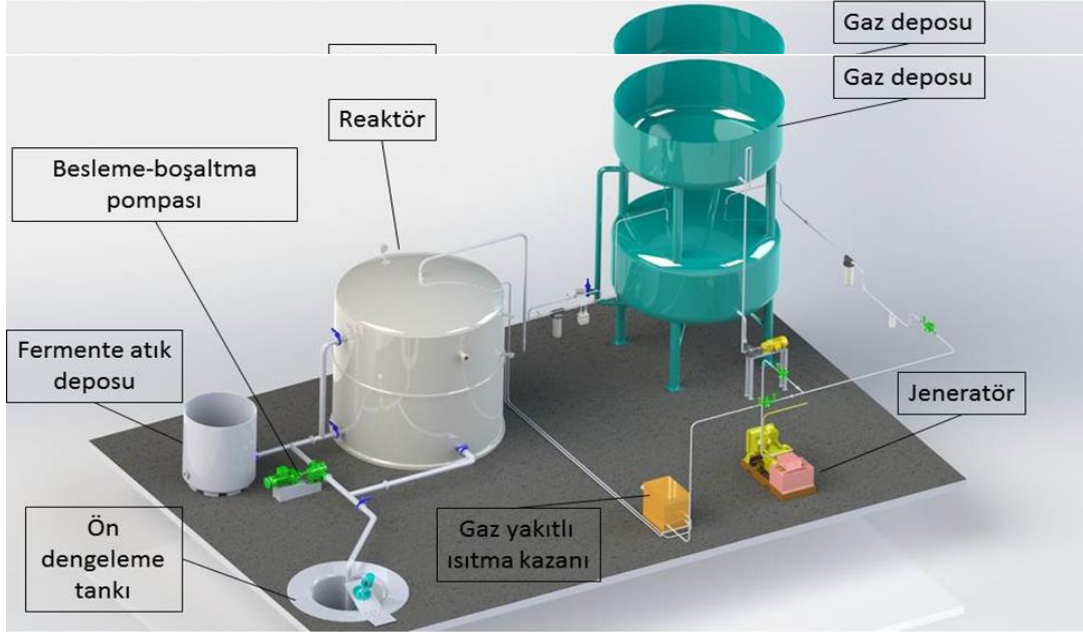
9.1.PROSES TARİFİ

9.1.1.BİYOGAZ TESİSİ ÜNİTELERİ

KARS/SELİM Oluklu Mahallesi Bulutoğlu Süt İşletmesinde kurulması planlanan ve akış şeması Şekil 1’de verilen Çiftlik Tipi Biyogaz Tesisi 3 üniteden oluşmaktadır:

- Biyogaz Üretim Ünitesi
 - Ön Dengeleme (Besleme) Havuzu
 - Biyogaz Reaktörü
 - Fermente Gübre Depolama Havuzu
- Biyogaz Hazırlama Ünitesi
 - Biyogaz Deposu
 - Biyogaz Yakma Ekipmanı
- Enerji Ünitesi
 - Biyogazlı kombi
 - Jeneratör

9.1.2. BİYOĞAZ SİSTEMİ TARİFİ



Şekil 13: Biyogaz Tesisi Akış Şeması

Şekil 13 de akış şeması verilen Biyogaz Tesisi, Bulutoğlu Süt İşletmesinde bulunan ahırdan alınan büyükbaş hayvan atığı ile işletilecektir. Ahırlardan alınan atıklar, ön dengeleme (besleme) havuzuna aktarılacaktır. Ön dengeleme havuzunda katı madde miktarı % 10'a getirilen atıklar, mekanik karıştırıcı yardımıyla karıştırılacak, bu şekilde çökelmeler önlenerek, atığın homojen olması sağlanacaktır. Ön dengeleme havuzundan pompa ile basılan bu karışım, biyogaz reaktörüne beslenecektir. Biyogaz reaktörüne basılan atık, reaktör içerisinde bulunan 2 adet karıştırıcı tarafından karıştırılacak ve biyogazlı kombiden alınan sıcak suyun sirküle edildiği ısıtma boruları ile belirlenen çalışma sıcaklığına kadar ısıtılacaktır. Reaktörler içerisindeki atık, boşaltma tankına aynı pompayla aktarılacaktır.

Reaktörden elde edilen biyogaz, gaz depolama tankında depolanacaktır. Burada su ile H_2S oranı düşürülen biyogaz kendi basıncıyla, kombiye, ocağa veya gerektiğinde jeneratöre gönderilecektir. Sistemde bir sorun olması durumunda biyogaz yakma ekipmanına iletilecektir.

9.1.3. TOPLAM ATIK MİKTARININ HESAPLANMASI

Tesiste, 110 büyükbaş hayvan bulunmaktadır. Günlük toplam atık miktarının hesaplanmasında, hayvan başına atık miktarı 30 kg/gün olarak alınmıştır. Buna göre günlük atık miktarı;

Atık Miktarı = 110 adet X 30 kg/adet.gün = 3.300 kg/gün = 3,3 ton/gün olarak bulunur. Yapılan analizlerde atığın yoğunluğu 986 kg/m³ olarak alınmıştır. Buradan yola çıkarak günlük hacimsel atık miktarı;

Hacimsel Atık Miktarı = 3.300 kg/gün ÷ 986 kg/m³ = 3,34 m³/gün olarak bulunur. Atıkların toplam katı maddesi (TK) % 15 olarak alınmıştır. Bu veri göz önüne alındığında günlük toplam katı madde miktarı;

Katı Madde Miktarı = 3,3 ton/gün X 0,15 = 0,495 ton/gün olarak karşımıza çıkmaktadır. Reaktör içerisindeki atıkların TK dizayn değeri % 10'dur. Bu nedenle, atıkların sulandırılması gerekmektedir. Bu gereksinim, ahırlarda kullanılan yıkama suyu ile düşecek ve ön dengeleme havuzunda gerektiğinde su ilave edilerek katı madde miktarı % 10 seviyesinde tutulacaktır. Eklenecek su miktarı maksimum;

Su Miktarı = (0,495 ton/gün ÷ 0,10) – 3,3ton/gün = 1,65 ton/gün olmalıdır. Suyun yoğunluğunun 1.000 kg/m³ olduğu göz önüne alındığında, reaktöre günlük beslenecek hacimsel atık miktarının değeri;

Kullanılacak Hacimsel Atık Mik. = 3,34 m³/gün + 1,65 m³/gün = 4,99 m³/gün

olarak hesaplanır. Biyogaz üretiminde önemli bir parametre de toplam uçucu katı madde (UK) miktarıdır. Bu değer % 80 olarak hesaplara dahil edildiğinde, kullanılabilir UK miktarı;

Uçucu Katı Madde Miktarı = 0,495 ton/gün X 0,80 = 0,396 ton/gün olarak bulunur.

9.2. PROSES TASARIMI

9.2.1. ÖN Dengeleme Havuzu Boyutları

Ön dengeleme havuzunun hacminin belirlenmesinde, günlük olarak biyogaz reaktörüne beslenecek materyalin hacimsel miktarı göz önüne alınır. Sistem işleyişinde sorun yaşanmaması için kullanılabilir havuz hacmi, günlük atık miktarının iki katı olacak şekilde seçilmiştir. Buna göre;

Kullanılabilir Ön Dengeleme Havuzu Hacmi = $2 \times 4,99 \text{ m}^3 = 9,98 \text{ m}^3$ olarak bulunur. Havuzun çapı 3 m olarak alındığında **kullanılabilir havuz yüksekliği 1,41 m** olarak hesaplanır. Ön dengeleme havuzunun toplam hacmine, kullanılabilir hacme hava payının eklenmesiyle ulaşılır. Genellikle kullanım hacminin 1,5 katı alınabilir. Bu şekilde;

Toplam Hacim = $9,98 \times 1,5 = 14,97 \text{ m}^3$ değerine ulaşılır. Buradan **minimum havuz yüksekliği 2,11 m** olarak bulunur. Bu yükseklik 2,5 m olarak seçilmiştir. Elde edilen minimum havuz boyutları Tablo 13’de verilmiştir.

Tablo 13: Ön dengeleme havuzu boyutları

<i>Havuz çapı (m)</i>	3
<i>Havuz yüksekliği (m)</i>	2,5
<i>Toplam hacim (m³)</i>	17,7
<i>Kullanılabilir havuz yüksekliği (m)</i>	2,11
<i>Kullanılabilir hacim (m)</i>	14,97

9.2.2. BİYOGAZ REAKTÖRÜ BOYUTLARI

Reaktör boyutunun hesaplanmasında en önemli faktör, bekletme süresinin belirlenmesidir. Uçucu katı gideriminin % 85 – 90 olduğu gün sayısı bekletme süresini verir. Tesisin mezofilik bölgede ve sıgır atığıyla çalıştığı göz önüne alınarak **bekletme süresi 35 gün** olarak seçilmiştir. Günlük hacimsel atık miktarı göz önüne alınınca kullanılabilir reaktör hacmi;

Reaktör Hacmi = $4,99 \text{ m}^3/\text{gün} \times 35 \text{ gün} = 175 \text{ m}^3$ olarak elde edilir. **Reaktör çapı 6 m** olarak seçildiğinde kullanılabilir reaktör **yüksekliğinin ise 6,18 m** olduğu görülmektedir. Sistem dizaynında **reaktör yüksekliği 7 m**’ye tamamlanmıştır. Bu şekilde bekletme süresindeki veya atık miktarındaki küçük değişimler karşılanabilecektir. Elde edilen reaktör boyutları Tablo 14’de gösterilmiştir.

Tablo 14: Her bir biyogaz reaktörünün boyutları

<i>Reaktör çapı (m)</i>	6
<i>Reaktör yüksekliği (m)</i>	7
<i>Toplam reaktör hacmi (m³)</i>	200
<i>Kullanılabilir reaktör yüksekliği (m)</i>	6,18
<i>Kullanılabilir reaktör hacmi (m³)</i>	175

9.2.3.REAKTÖR KATI MADDE VE UÇUCU KATI MADDE YÜKLEMESİ

Reaktör hacmi başına katı ve uçucu katı madde yükleme değerleri, biyogaz üretimi için önemlidir. Kurulacak olan biyogaz tesisinin kullanılabilir hacim başına katı madde yükleme değeri;

Katı Madde Yükleme = $495 \text{ kg/gün} \div 175 \text{ m}^3 = 2,82 \text{ kg/m}^3.\text{gün}$ olarak bulunur.

Uçucu katı madde yükleme değeri ise;

Uçucu Katı Madde Yükleme = $396 \text{ kg/gün} \div 175 \text{ m}^3 = 2,26 \text{ kg/m}^3.\text{gün}$ değeriyle kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

9.2.4.GÜNLÜK BİYOGAZ ÜRETİMİNİN HESAPLANMASI

Beklenen günlük biyogaz üretiminin hesaplanabilmesi için, 35 günlük bekletme süresinde giderilen UK miktarının bilinmesi gerekmektedir. Bu raporda 35. günde % 90 giderimin sağlandığı ve UK giderim veriminin % 50 olduğu göz önüne alınmıştır. Kurulacak olan tesiste günlük olarak işlenecek UK miktarı 0,396 tondur. Buradan giderilen UK miktarı;

Uçucu Katı Madde Giderimi = $0,396 \text{ ton/gün} \times 0,50 = 0,198 \text{ ton/gün}$ olarak elde edilir. Metan oluşumu giderilen kg UK başına 350 litre olarak alındığında günlük metan (CH₄) üretimi;

Metan Üretimi = $198 \text{ kg/gün} \times 0,35 \text{ m}^3/\text{kg} = 69,3 \text{ m}^3/\text{gün}$ olarak bulunur. Deneyimler biyogaz içerisindeki CH₄ oranının % 50 – 65 civarında olduğunu göstermiştir. Metan oranı % 55 alındığında günlük biyogaz üretimi;

Biyogaz Üretimi = $69,3 \text{ m}^3/\text{gün} \div 0,55 = 126 \text{ m}^3/\text{gün}$ olarak hesaplanır.

% 55 CH₄ içeriğine sahip biyogazın alt ısı değeri yaklaşık olarak 21 MJ/m³ (5020 kcal/m³ – 5,837 kWh_t/m³)’dür.

Jeneratörün elektrik çevrim verimi % 30 alındığında, günlük elektrik üretimi,
Elektrik Üretimi = 126 m³/gün X 5,837 kWh_t/m³ X 0,30 = 220kWh/gün olarak bulunur. Kurulu gücü bulmak için, jeneratörün genellikle yaz aylarında günde 12 saat çalışacağı öngörüldüğünde,

Jeneratör Gücü = 220kWh ÷ 12 saat = 18kWe olarak karşımıza çıkar. Jeneratörün kullanılmadığı durumlarda, kombi verimi 0,96 olarak alınarak termal enerji üretimi ise;

Termal Enerji Üretimi = 126 m³/gün X 5020 kcal/m³ X 0,96 = 607.219kcal/gün olarak hesaplanmıştır. Buradan termal güç;

Termal Güç = 607.219kcal ÷ 24 saat = 25.300kcal/saat = 30 Kw olarak bulunur.

9.2.5.FERMENTE GÜBRE DEPOLAMA HAVUZU BOYUTLARI

Fermente gübre depolama havuzunun boyutları, ön dengeleme havuzu ile aynıdır. Fermente atığın katı madde miktarı;

Fermente Atık Katı Madde Miktarı = 0,495 ton/gün – 0,198 ton/gün = 0,297 ton/gün bulunur. Havuzdaki atığın yoğunluğu 995 m³/kg alındığında, fermente atığın TK miktarı;

Fermente Atık TK = 0,297 ton/gün ÷ 4,965ton/gün = 0,059 = % 6 olarak elde edilir.

9.2.6.BİYOGAZ TESİSİNİN ELEKTRİK TÜKETİMİ

Tablo 15:Ekipmanların günlük tüketimi

<i>EKİPMAN</i>	<i>Asıl (Adet)</i>	<i>Yedek (Adet)</i>	<i>Motor Gücü (kW)</i>	<i>Kurulu Güç (kW)</i>	<i>Çalışma Süresi (saat)</i>	<i>Çalışma Gücü (kW)</i>	<i>Elektrik Tüketimi (kWh/gün)</i>
<i>Besleme Havuzu Karıştırıcıları</i>	1	0	4	4	1	4	4
<i>Reaktör Besleme Pompaları</i>	1	0	5,5	5,5	1	5,5	5,5
<i>Biyogaz Reaktörü Karıştırıcıları</i>	2	0	4	8	5	8	40
<i>Biyogaz Temizleme Sirkülasyon Pompası</i>	1	0	1,5	1,5	5	1,5	7,5
TOPLAM							57

Tablo 15’den görüleceği gibi, biyogaz tesisindeki ekipmanların günlük elektrik enerjisi tüketimi 57 kWh’dır. Gerektiğinde jeneratörden elde edilen elektrik enerjisi ise günlük 220 kWh olarak hesaplanmıştır.

9.2.7.BİYOGAZ REAKTÖRÜ ISITMA İHTİYACI

Biyogaz reaktörünün çalışma sıcaklığı 35°C olarak seçilmiştir. Sıcaklığın sabit tutulabilmesi amacıyla, kojenerasyon ünitesinden elde edilen ısı enerjisi kullanılacaktır. Biyogaz reaktörünün ısı kayıpları, reaktör yüzeylerinden oluşan ısı kaybı Q_r , besleme materyalinin reaktör sıcaklığına getirilmesi için gerekli ısı akımı Q_b , reaktörü terkeden biyogazla oluşan ısı kaybı Q_g , buharlaşma yoluyla oluşan ısı kaybı Q_e ve reaksiyon sırasında gerekli ısı akımı Q_k ile gösterilmiştir.

Bu kayıplar göz önüne alındığında, sistemin ısı dengesini korumak için gerekli toplam ısı ihtiyacı Q_t şu şekildedir:

$$Q_t(W) = Q_r + Q_b + Q_g + Q_e + Q_k$$

Yukarıdaki eşitlikte Q_g , Q_e ve Q_k diğerlerinin yanında ihmal edilebilecek büyüklüktedir. Bu yüzden reaktörün toplam ısı ihtiyacı;

$$Q_t (W) = Q_r + Q_b$$

şeklinde yazılabilir. Reaktör yüzeylerinden oluşan ısı kaybı Q_r şu şekilde hesaplanır:

$$Q_r (W) = A \cdot K_T \cdot \Delta T$$

Bu formülde toplam reaktör yüzey alanı A (m^2), toplam ısı geçiş katsayısı K_T ($W/m^2\text{°C}$) reaktör çalışma sıcaklığı ile çevre sıcaklığı arasındaki fark ΔT (°C) olarak verilmiştir. K_T hesaplanırken reaktör yüzeylerinde bulunan malzeme katmanlarının kalınlıkları $l_n(m)$ ve ısı iletim katsayıları $\lambda_n(W/m\text{°C})$ göz önüne alınır. Reaktörün bulunduğu ortamın ısı taşınım katsayısı $\alpha_{dış}$ ($W/m^2\text{°C}$) ve reaktör içindeki besleme materyalinin ısı taşınım katsayısı $\alpha_{iç}$ ($W/m^2\text{°C}$) yardımıyla toplam ısı geçiş katsayısı;

$$\frac{1}{K_T} = \frac{1}{\alpha_{iç}} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{l_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{dış}}$$

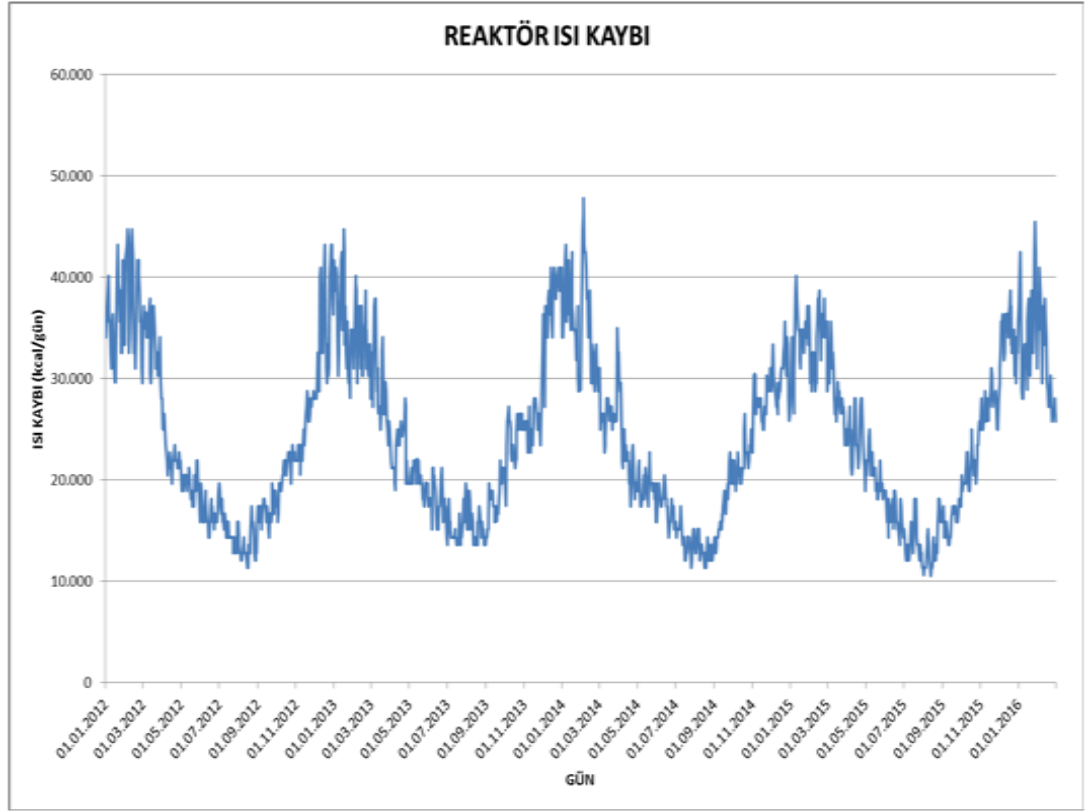
eşitliğiyle hesaplanır.

Besleme materyalinin fermentasyon sıcaklığına getirilmesi için gerekli ısı miktarı $Q_b(W)$, m besleme materyalinin kütleli debisi (kg/s), C_p özgül ısısı ($J/kg\text{°C}$) ve ΔT reaktör sıcaklığıyla besleme materyalinin sıcaklığı arasındaki fark (°C) olmak üzere;

$$Q_b = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

eşitliğiyle bulunur.

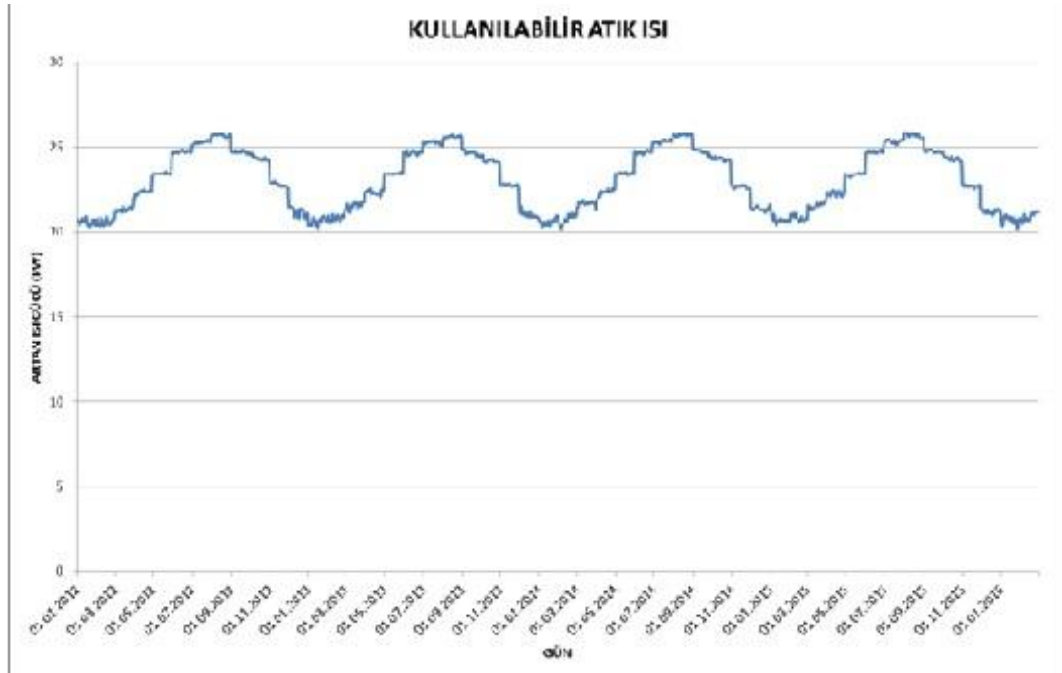
Kurulacak olan biyogaz tesisinin ısı ihtiyacının saptanmasında bu formüller dikkate alınmıştır. Yapılan hesaplarda Ocak/2012 – Şubat/2016 tarih aralığındaki Kars'a ait günlük iklim verileri kullanılmıştır. Reaktörlerin ısı kaybı hesabında, reaktör malzemesi olarak CTP alınmıştır. Yalıtım malzemesi kalınlığı 15 cm olarak hesaba dahil edilmiştir. Toplam ısı geçiş katsayısı K_T ise, yan duvarlar, taban ve biyogaz deposu için $0,20W/m^2\text{°C}$ olarak bulunmuştur. Bu değerler ve Kars için günlük iklim verileri kullanıldığında biyogaz reaktörünün günlük ısı kaybının değişimi Şekil 14'de kcal/gün olarak verilmiştir. Buna göre 2012 – 2016aralığındaki 1.521 gün içerisinde en yüksek ısı kaybı 47.763 kcal/gün, en düşük ısı kaybı ise 10.567 kcal/gün olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 14: Reaktör ısı kaybı

Besleme materyalinin reaktör çalışma sıcaklığı olan 35 °C'ye getirilmesi için harcanan ısı enerjisinin tespitinde ise daha önce hesaplanan 4.990kg/gün atık debisi dikkate alınmış ve günlük şebeke suyu sıcaklıkları kullanılmıştır. Hesaplamalarda atığın özgül ısısı 4.200 J/kg. C olarak alınmıştır. Böylece elde edilen besleme materyali ısı kaybı, reaktör ısı kaybıyla toplanarak toplam ısı kaybı hesaplanmıştır. Elde edilen değerlere göre, biyogaz sisteminin en yüksek ısı enerjisi ihtiyacı 191.692 kcal/gün, en düşük ısı enerjisi ihtiyacı ise 73.440 kcal/gün olmaktadır.

Bu verilerden yola çıkılarak kombinin gücü hesaplanmıştır. En yüksek gerekli güç 9 kW, en düşük güç 4 kW olarak bulunmuştur. Kullanılacak kombinin verim değeri 0,96 alınarak **güç 9,375 kW** olarak seçilmiştir. Daha önce yapılan hesaplamalarda elde edilen **30 kW** ısıtma gücü, bu ısı kaybını karşılamakta ve farklı amaçlarla kullanılabilecek (mekan ısıtma, vb.) ısı enerjisinin varlığını bize göstermektedir. Kış aylarında en düşük 20 kW olan bu güç, özellikle hava sıcaklığının yüksek olduğu günlerde 22 kW'ın (maksimum 26 kW) üzerinde seyretmektedir. Yapılan hesaplamalar Şekil 15'de görülmektedir.



Şekil 15: Kullanılabilir atık ısı

9.3.SİSTEM MALİYETİ

Biyogaz sisteminin tahmini yatırım maliyeti, alt kategoriler bazında Tablo 16’da verilmiştir.

Tablo 16 Biyogaz Sistem Maliyetleri

KATEGORİLER	EURO
1 İnşaat İşleri	2.500
2 Karıştırıcı ve Pompalar	7.500
3 Otomasyon ve Elektrik İşleri	1.500
4 Jeneratör (opsiyonel)	(8.000)
5 Reaktör, Gazometre ve Diğer Tanklar	15.000
6 Kombi	750
7 Boru, Fittings ve Vanalar	8.000
8 Projelendirme	5.000
9 Öngörülemeyen Giderler	2.000
10 Müteahhit Karı	5.000
	47.250
TOPLAM	(55.250)

İnşaat işleri: Sistemin kurulacağı 300 m² zemin için hazırlanması gereken beton zemin bu kapsamdadır.

Karıştırıcı ve pompalar: Biyogaz reaktöründe 2 adet ve besleme tankında 1 adet olmak üzere 3 adet mekanik karıştırıcı bu kapsamdadır. Ayrıca gaz temizleme sirkülasyon pompası ve bir adet pozitif deplasmanlı pompa da bu kalem içerisine alınmıştır.

Otomasyon ve elektrik işleri: Sistem yarı otomasyonlu bir sistemdir. Karıştırma, ısıtma ve gaz temizleme otomasyon içerisindedir. MCC panonun imalatı ve elektrik tesisatı bu kategoride yer almaktadır.

Jeneratör: 18 kW gücünde gaz motorlu jeneratör ve kontrol ekipmanları bu kapsamdadır.

Reaktör, gazometre ve diğer tanklar: CTP malzemeden üretilmiş reaktör, gaz deposu, besleme ve boşaltma tankları bu kalem içerisindedir.

Kombi: Sistemin çalışma sıcaklığı 35 °C'dir. Reaktörde bu sıcaklığı sağlamak için, biyogazla çalışmaya uyarlanmış kombi kullanılacaktır.

Boru, fittings ve vanalar: Atık-su karışımının, fermente atığın, biyogazın taşındığı hatlar ve kombi sıcak/soğuk hattı bu kapsamdadır. Reaktör içerisindeki ısıtma serpantini de bu kapsamda ele alınmıştır.

Projelendirme: Biyogaz sisteminin mimari, detay, statik, mekanik ve elektrik projelerinin hazırlanması bu kalem içerisinde yer almaktadır. Ayrıca borulamada detayların verilmesi de bu kapsam içerisinde bulunmaktadır.

Öngörülme yen maliyetler: Ortaya çıkabilecek maliyetler bu kalem içerisine alınmış, yatırım tutarının % 5'i kadar bir bütçe maliyetlere bu kategori altında eklenmiştir.

Müteahhit karı: Toplam yatırım tutarının % 12'si olarak bütçelendirilen bu kalem, yüklenici firmanın karını oluşturmaktadır.

9.4. EKONOMİK DEĞERLENDİRME

Önceki bölümlerde ilk yatırım maliyeti belirtilen biyogaz sisteminin ekonomik analizi bu bölümde gerçekleştirilecektir. Sistemin birincil çıktısı ısı üretimidir. Isı üretiminin yanı sıra özellikle yaz aylarında elektrik enerjisi üretimi de söz konusudur. Diğer bir önemli çıktı fermente gübredir. Biyogaz üretim süreci sonucunda elde edilen ve azot yönünden zengin olan fermente gübre, sıvı ve katı olarak ayrılarak kullanıldığı gibi doğrudan da kullanılabilir. Biyogaz sistemleri aynı zamanda anaerobik arıtım üniteleridir. Bu nedenle dolaylı getiriler arasına, organik kirleticilerin giderim maliyetlerinin eklenmesi de gerekmektedir. Bu açıklamalar ışığında kurulacak sistemin getirilerinin parasal karşılıkları maddeler halinde aşağıda verilmiştir:

9.4.1. Isı üretimi: Projelendirme bölümündeki ısı analizlerde görüldüğü gibi, sistemden elde edilen ısı enerjisi reaktörlerin ısıtılmasında kullanılmaktadır. Bu ihtiyaç karşılandıktan sonra geriye yine özellikle ısıtmada kullanılabilecek ısı gücü kalmaktadır. Bu ısı gücü kış ayları için 22 kW değerindedir. Bu gücün işletmede bulunan kullanım alanlarını ısıtmada değerlendirildiği ve sadece soğuk aylarda kullanıldığı varsayıldığında toplam elde edilen ısı enerjisi 81.734.400kcal'dir. Bu miktar enerjinin kömür karşılığı 13,622 tondur. Kömürlü kazanların verim değerlerinin % 60 civarında olduğu da hesaba katıldığında bu miktar 22,704ton'a yükselmektedir. Parasal karşılığı ise piyasa değerlerine göre yaklaşık **3.950 EURO/yıl** olarak karşımıza çıkar. Isı enerjisinin yaz aylarında da kullanılması durumunda (ürün kurutma vb.) bu değer yaklaşık iki kat artabilecektir.

9.4.2. Elektrik üretimi: Sistem opsiyonel olarak 18 kW elektrik üretim gücüne sahiptir. Bu jeneratör, özellikle ısı enerjisi ihtiyacının olmadığı günlerde 12 saat için kullanılabilecektir. Fakat biyogazın bu süreçte reaktör ısıtmada kullanım oranı olan % 5- 10 oranı göz önüne alındığında, bu süre 10 saate düşecektir. Böylece karşımıza yıllık 32.400 kWh elektrik enerjisi üretimi çıkacaktır. Bu değeri güncel tüketim maliyeti olan 10 dolar sent/kWh değeriyle çarptığımızda yıllık toplam **3.240 dolar** getiri ile karşılaşırız. Euro karşılığı **2.904 EURO/yıl** dır.

9.4.3. Fermente gübre üretimi: Biyogaz üretimi sonunda geriye azot yönünden zengin fermente atık kalmaktadır. Bu atık Avrupa ülkelerinde ticari olarak

satılmaktadır. Fakat ülkemizde daha pazarı oluşmamıştır. Fermente gübrenin parasal olarak karşılığını bulabilmek için içeriğindeki ana besin maddelerinin kimyasal gübre karşılıklarının çıkarılması gerekmektedir. Ülkemizde bu tip çalışmalar sonucu 14,71 EURO/m³ değer belirlenmiştir. Fakat daha önce bahsettiğimiz pazarın oluşmaması, kullanıcıların fermente gübrenin yararlarından habersiz olması gibi nedenlerle, elde edilen gübrenin sadece % 20'sinin ticari değere dönüşebileceği öngörülmüştür. Buradan yola çıkıldığında tesisten bir yılda elde edilecek fermente atığın parasal karşılığı, **5.358 EURO** olarak bulunur.

9.4.4.Organik atık giderimi: Biyogaz sistemlerinin diğer yenilenebilir enerji sistemlerinden farkı, enerji üretimi yanında organik kirleticilerin arıtımını da sağlamasıdır. Bu çok önemli işlevin, ekonomik analize yansıtılması gerekmektedir. Fakat ülkemizde fermente gübrede yaşanan zorluk, atık bertaraf maliyetinde de karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle bir tahminleme yapmak gerekmektedir. Bu tahminleme için, atıkların en azından taşıma maliyetlerinin belirlenmesi önemlidir. Fakat burada da karşımıza atıkların sevk edileceği uzaklıklar çıkmaktadır. Tüm bu zorluklar göz önüne alındığında, iyimser bir tablo çizmemek için atık bertarafı m³ başına 1 EURO gibi düşük bir değerde tutulmuştur. Bu şekilde tesisin yılda 46.687 m³ atığın arıtıldığı ve bunun parasal karşılığının **1.219 EURO/yıl** olduğu yapılan analizlerde dikkate alınmıştır.

Böylece biyogaz tesisinin toplam getirisi, **13.431 EURO/yıl** olarak bulunur.

Sistemin ekonomik analizini yapabilmek için, yatırım maliyetleri dışında işletim maliyetlerini de tespit etmek gerekmektedir. Bu maliyetler; içsel enerji kullanımı, bakım/onarım giderleri gibi kalemlerden oluşmaktadır. Tüm bu maliyet kalemleri aşağıda maddeler şeklinde özetlenmiştir.

9.4.5. İçsel elektrik tüketimi: Daha önceki analizlerde biyogaz sisteminde bulunan ekipmanların günlük toplam elektrik tüketimi 57kWh/gün olarak bulunmuştur. Bu harcamanın, şebekeden alınan elektrikle karşılanacağı, bu nedenle 0,10 dolar sent/kWh fiyatın maliyet olarak karşımıza çıkacağı açıktır. Bu bağlamda yıllık toplam maliyet 2.080 USD, günlük kur ele alındığında **1.864 EURO** olarak bulunur.

9.4.6.Bakım/Onarım giderleri: Tesis içerisinde elektromekanik cihazlar bulunmaktadır. Bu nedenle rutin bakımlar ve karşılaşılabilecek sorunlarda yapılacak

onarım lar söz konusudur. Bu kalemin fiyatlandırılmasında, bu tip tesislerin çalıştırılmasından elde edilen istatistiki veriler kullanılmaktadır. İlk yatırım tutarının % 2'si bakım onarım maliyeti olarak alınabilir. Bunun da parasal karşılığı yaklaşık **1.105 EURO/yıl**'dır.

Böylece tesisin yıllık işletim maliyeti toplam **2.969 EURO** olarak bulunur. Buradan yıllık net getiri ise **10.422 EURO** olarak karşımıza çıkar.

Mali Net Bugünkü Değer (MNBD)'in bulunmasında, işletme gelir ve giderleri hesaplamalarından elde edilen veriler kullanılmıştır. Projenin ekonomik ömrü 20 yıl ve indirgeme oranı % 12 olarak hesaba dahil edilmiştir. 20. yılda sistemin hurda değeri, inşaat kalemlerinin azlığı nedeniyle, ilk yatırım maliyetinin % 25'i olarak hesaplara dahil edilmiştir. Bu şekilde

$$\begin{aligned} \text{MNBD} = & \frac{-55.250}{(1 + 0,12)^0} + \frac{10.422}{(1 + 0,12)^1} + \frac{10.422}{(1 + 0,12)^2} + \frac{10.422}{(1 + 0,12)^3} + \frac{10.422}{(1 + 0,12)^4} \\ & + \frac{10.422}{(1 + 0,12)^5} + \frac{10.422}{(1 + 0,12)^6} + \frac{10.422}{(1 + 0,12)^7} + \frac{10.422}{(1 + 0,12)^8} \\ & + \frac{10.422}{(1 + 0,12)^9} + \frac{10.422}{(1 + 0,12)^{10}} + \frac{10.422}{(1 + 0,12)^{11}} + \frac{10.422}{(1 + 0,12)^{12}} \\ & + \frac{10.422}{(1 + 0,12)^{13}} + \frac{10.422}{(1 + 0,12)^{14}} + \frac{10.422}{(1 + 0,12)^{15}} + \frac{10.422}{(1 + 0,12)^{16}} \\ & + \frac{10.422}{(1 + 0,12)^{17}} + \frac{10.422}{(1 + 0,12)^{18}} + \frac{10.422}{(1 + 0,12)^{19}} + \frac{13.812}{(1 + 0,12)^{20}} \end{aligned}$$

$$\text{MNBD} = 20.489 \text{ EURO}$$

olarak elde edilir. Bu verilerden projenin İç Karlılık Oranı (İKO),

$$\text{İKO} = \% 18$$

Geri Ödeme Süresi (GÖS);

$$\text{GÖS} = 8 \text{ yıl}$$

olarak bulunur.

10.SELİM İLÇESİ KARAKALE KÖYÜ

KURULMASI PLANLANAN BİYOGAZ

ÜRETİM TESİSİ

Biyogaz tesisleri küçük çaplı işletmelerin ısınma ve gaz ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kurulabildiği gibi, büyük çaplı tesislerde işletilerek elektrik üretimi sağlanabilir. Özellikle hayvancılık potansiyeli yüksek olan bölgelerde büyük çaplı biyogaz tesisi kurulumu daha uygundur. Büyükbaş hayvan sayısının Türkiye ortalamasının çok üzerinde olması Kars'ı biyogaz kurulumu için ön plana çıkarmaktadır.

Selim ve Sarıkamış ilçelerinde ki mevcut büyükbaş hayvan sayısının fazla olması, ilçelerdeki köylerin birbirine olan mesafelerinin kısa olması ve kurulması düşünülen bölgelerin toprak yapılarının engebesiz olması biyogaz tesisi kurulması için olumlu şartlar oluşturmaktadır.

Büyük çaplı biyogaz tesisleri çiftlik tipi olan tesislere gibi olmayıp daha profesyonel ve büyük çalışma ekipmanları gerektirmektedir. Biyogaz tesisinin işletilmesi ve hammadde tedariği için çalışma ekibi kurulmalı aynı zamanda hammadde beslemesi düzenli şekilde yapılmalıdır. Bu faktörler biyogaz tesislerinin sürekliliği için önemlidir. Elde edilen elektriği devlete satma yoluyla işletilecek olan tesisler büyük bir gelir kaynağı olarak kullanılabilir. Potansiyel arttıkça tesislerin ilk yatırım maliyetleri karşılanıp işletmeci için kar marjı yüksek bir yatırım aracı haline gelebilir.

Biyogaz tesislerinin kurulması çevre kirliliğini engelleyeceği gibi Karsın doğal yapısını korumaya yardımcı olacaktır. Kurulması düşünülen tesislerin işletmelerinde çalışanlar olacaktır. Bu da yöredeki halka istihdam olanağı sağlayacaktır. İşletmelerin kurulup belediyeler tarafından işletilmesi durumunda elektrik satışından büyük gelir kaynakları elde edilebilir. Sistemden elde edilecek ısı enerjisiyle, hava sıcaklık ortalaması düşük olan Kars iline büyük çaplı seralar kurulabilir ve tarım faaliyetlerinin daha uygun şartlarda yapılmasına yardımcı olunabilir. Sistem çıktısı olarak kullanılan gübre toprağa çok faydalı olup verimliliği arttırabilir. Belediyeler

kara geçip tesis işletmesinden sonra elde edecekleri gelirle ilçelere daha büyük yatırımlar yapabilecek, yaşayanların refahını kollayan projelere mali kaynak sağlayabilecektir.

Selim İlçesinde evsel nitelikli atıklar belediye tarafından toplanıp Katı Atık Depolama Alanı'na götürülmektedir. Hayvansal kaynaklı atıklar için tüm ülkede olduğu gibi Selim İlçesinde de herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Hayvansal kaynaklı oluşan atıkların bir kısmı tarımda gübre olarak kullanılmakta bir kısmı da gelişigüzel bir şekilde çevrede ki yer altı ve yer üstü kaynaklarına dökülmektedir. Bu da evre kirliliği açısından çeşitli problemlere yol açmaktadır. Azot açısından oldukça zengin olan hayvansal atıklar, yağışların etkisiyle topraktaki nitrit oranını artırmakta ve olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Ayrıca gübre ve idrardaki organik maddeler de yer altı sularına sızarak suyun kalitesini bozmaktadır. Tarımsal atıklar ise il genelinde çoğunlukla hayvan yemi olarak kullanılmaktadır.

Selim İlçesinde kurulabilecek biyogaz üretim tesisi'nin girdileri olan büyükbaş hayvan gübreleri toplanacak ve biyogaz tesisine girdi oluşturularak elektrik ve ısı enerjisine dönüştürülecek aynı zamanda sıvı gübre olarak kullanılabilecektir.



şekil 16: Kars Selim İlçesi köyler Haritası

Selim ve diğ er İlçelerde kurulması planlanan Biyogaz Tesisi için uygun yer seçimi hayvan gübresinin ağırlıklı olarak bulunduğu ve toplanabileceği bölgelere göre seçilecektir. Biyogaz Tesisi'nin, hayvan gübresinin ağırlıklı olarak toplanacağı bölgenin yakınl arına yapılması nakliye ve toplama giderleri açısından tesise ekonomik açıdan büyük katkı sağlayacaktır.

Biyogaz tesislerinde yer seçimi kapasite belirlenmesinde ve toplanan atık türü miktarının belirlenmesinde önemlidir. Selim İlçesinde 52 adet köy ve ilçede toplam 93.898 adet büyükbaş hayvan bulunmaktadır. İlçede ki köylerin hayvan sayıları incelendiğinde hem hayvan sayısının en yüksek olması hem de lojistik açıdan gübrenin taşınması gibi koşullar dikkate alınarak **Karakale Köyü** değerlendirmeye alınmıştır.

11.KARS – SELİM KARAKALE/SARIGÜN/AKÇAKALE MAHALLELERİ MERKEZİ BİYOGAZ TESİSİ FİZİBİLİTE RAPORU

11.1.PROSES TARİFİ

11.1.1.BİYOGAZ TESİSİ ÜNİTELERİ

KARS/SELİM Karakale Mahallesiinde kurulması planlanan ve akış şeması Şekil 18’de verilen Merkezi Biyogaz Tesisi 4 üniteden oluşmaktadır:

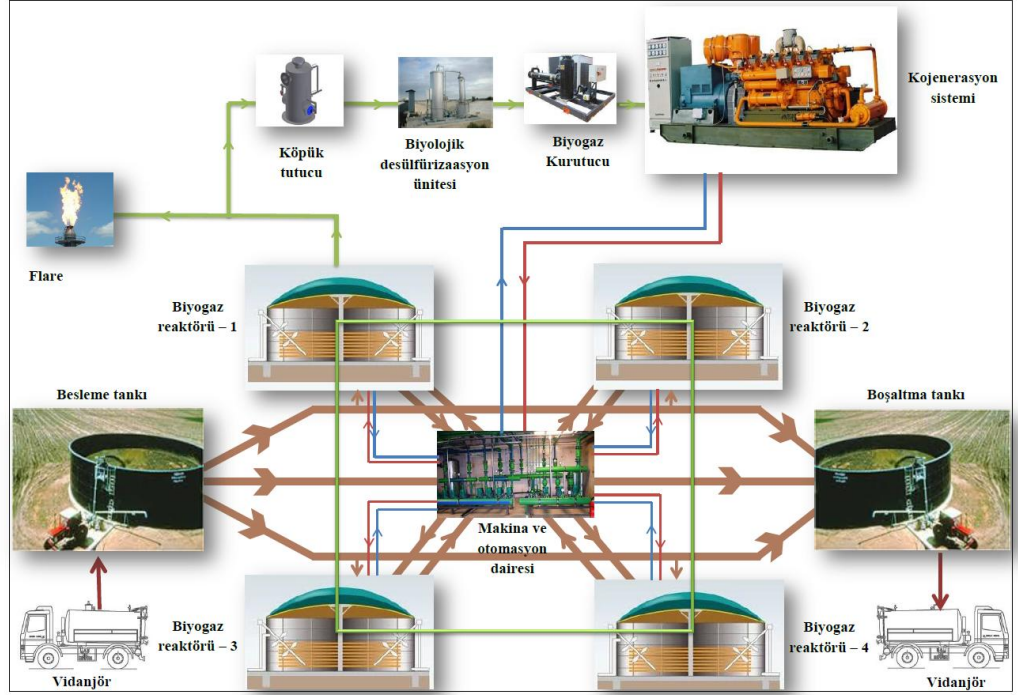
- Biyogaz Üretim Üniteleri
 - Ön Dengeleme (Besleme) Havuzu
 - 4 Adet Biyogaz Reaktörü
 - Fermente Gübre Depolama Havuzu
 - Seperatör
 - Sıvı Gübre Lagünü
 - Katı Gübre Deposu
- Biyogaz Yıkama ve Şartlandırma Üniteleri
 - Biyogaz Deposu (4 Adet – Biyogaz Reaktörlerine Entegre)
 - Köpük Tutucular
 - Kondens Tutucular
 - Biyolojik Desülfürizasyon Ünitesi
 - Biyogaz Yakma Bacası
- Enerji Ünitesi

- Kojenerasyon Sistemi
- Kimyasal Hazırlama ve Dozlama Üniteleri
- FeCl₃ Dozaj Ünitesi



Şekil 17 : Karakale Köyü uydu görüntüsü

11.1.2. BİYOGAZ SİSTEMİ TARİFİ



Şekil 18: Biyogaz Tesisi Akış Şeması

Şekil 18 de akış şeması verilen Biyogaz Tesisi, Karakale, Akçakale ve Sarıgün mahallelerinde bulunan ahırlardan alınan büyükbaş hayvan atığı ile işletilecektir. Ahırlardan alınan atıklar, vidanjörler aracılığıyla ön dengeleme (besleme) havuzuna aktarılacaktır. Ön dengeleme havuzunda katımadde miktarı % 10'a getirilen atıklar, dalgıç karıştırıcılar yardımıyla karıştırılacak, bu şekilde çökelmeler önlenerek, atığın homojen olması sağlanacaktır. Ön dengeleme havuzundan iki ayrı dalgıç pompa ile basılan bu karışım, debimetre ile debisi ölçülerek iki ayrı hatta verilebilecektir. Bu hatlardan biri 1. ve 2. biyogaz reaktörleriyle bir sorun durumunda kullanılmak üzere fermente gübre deposuna çekilen tesisattan oluşmaktadır. Diğeri 3. ve 4. biyogaz reaktörleriyle aynı şekilde bir sorun durumunda kullanılmak üzere fermente gübre deposuna çekilen hattır. Biyogaz reaktörlerine basılan atık, reaktör içerisinde bulunan 4 adet karıştırıcı tarafından karıştırılacak ve kojenerasyon ünitesinden alınan sıcak suyun sirküle edildiği ısıtma boruları ile belirlenen çalışma sıcaklığına kadar ısıtılacaktır. Reaktörlere girişte atığa, FeCl_3 dozajlama ünitesi ve statik mikser yardımıyla H_2S oluşumunu azaltmak amacıyla FeCl_3 eklenecektir. Reaktörler içerisindeki atık, mekanik dairede bulunan toplama kolektörüne iletilecek ve buradan

pompa yardımıyla basma kolektörüne aktarılacaktır. Basma kolektöründe, her bir reaktöre, boşaltma tankına ve besleme tankına çıkışlar bulunacaktır. Bu şekilde atık, otomasyon ve pnomatik aktüatörlü vanalar aracılığıyla istenilen hatta debileri ölçülerek basılabilecektir. Boşaltma tankına alınan fermente atık, gerektiğinde seperatöre gönderilerek, katı ve sıvı faza ayrılacak, sıvı faz lagüne, katı faz depolama ünitesine alınacaktır. Fermente gübrenin sıvı olarak kullanılması istendiğinde aktarım vidanjör yardımıyla gerçekleştirilecektir. Fermente gübre depolama havuzunda atığın çökmesini önlemek üzere dalgıç karıştırıcılar bulunacaktır.

Reaktörlerden elde edilen biyogaz, her bir reaktöre entegre olan çift membranlı gaz deposunda depolanacaktır. İç ve dış membrandan oluşan bu depoda, reaktör basıncının sabit tutulması amacıyla iki membran arasına hava basılacaktır. Gaz depoları birbirine paralel bağlanacaktır. Buradan alınan biyogaz, köpük giderici ve kondens tutucudan geçirilecektir. Kullanımdan önce biyolojik desülfürizasyon ünitesinde H_2S miktarı 200 ppm seviyesine düşürülen biyogaz, debisi ölçülerek, bir fan yardımıyla basınçlandırılıp, kullanılmak üzere kojenerasyon ünitesine iletilecektir. Sistemde bir sorun olması durumunda biyogaz yakma bacasına iletilecektir. Kojenerasyon ünitesinde biyogaz kullanılarak elektrik ve ısı enerjisi üretilcektir. Elde edilen ısı, biyogaz reaktörlerinin ısıtılmasında kullanılacak artanı ise ortak kullanım alanlarının (okul, sağlık ocağı, cami v.b.) ihtiyaçlarını karşılamak üzere sevk edilecektir. Elektrik enerjisi ise şebekeye verilecektir.

11.1.3.TOPLAM ATIK MİKTARININ HESAPLANMASI

Tesiste, Karakale, Sarıgün ve Akçakale mahallelerindeki çiftliklerde bulunan büyükbaş hayvanların atığı kullanılacaktır. Bu üç mahalledeki 511 işletmede toplam 11.203 adet büyükbaş hayvan bulunmaktadır. Fakat atıkların vidanjörlerle alınarak taşınacağı göz önüne alındığında, küçük işletmelerin (1- 20 adet büyükbaş sahibi) atıklarından yararlanmanın işletme maliyetlerini artıracığı düşünülmektedir. Toplam işletme sayısına oranı % 62 olan bu tip küçük işletmelerde bulunan büyükbaş hayvan sayısı oranı ise % 22'dir. 20 adet ve üzeri hayvan varlığına sahip işletme sayısı ise 193'dür. Atıkların toplanması sırasında karşılaşılabilecek, atıklara yabancı maddelerin karıştırılması, atık kaybı vb. sorunların çözümünde bu sayının nispeten az olması bir avantajdır. Bu nedenle hesaplamalarda 20 büyükbaş ve üzeri hayvan varlığı olan işletmelerden alınacak atıklar kullanılmıştır. Bu şekilde elde edilen

büyükbaş hayvan sayısı ise 8.672'dir. Ancak Nisan – Eylül ayları arasındaki yaylacılık ve mera hayvancılığı göz önüne alındığında, atıklarından yararlanılacak hayvan sayısının yaklaşık % 45 gerilediği varsayıldığında bu sayı 4700'lere gerilemektedir. Tesis maksimum değer olan 8.672 büyükbaş hayvana göre dizayn edilmiştir. Atık miktarındaki düşmeden doğacak sıkıntıların, biyogazı depolayarak, aynı güçte bir kojenerasyon ünitesinin günün daha az zamanında çalıştırılmasıyla atlatılabileceği öngörülmüştür. Bu durum işletmenin geliri hesaplanırken göz önüne alınmıştır. Günlük toplam atık miktarının hesaplanmasında, hayvan başına atık miktarı 30 kg/gün olarak alınmıştır. Buna göre günlük atık miktarı;

Atık Miktarı = 8.672 adet X 30 kg/adet.gün = 260.160 kg/gün = 260,2 ton/gün olarak bulunur. Yapılan analizlerde atığın yoğunluğu 986 kg/m³ olarak alınmıştır. Buradan yola çıkarak günlük hacimsel atık miktarı;

Hacimsel Atık Miktarı = 260.000 kg/gün ÷ 986 kg/m³ = 263,85 m³/gün olarak bulunur. Atıkların toplam katı maddesi (TK) % 15 olarak alınmıştır. Bu veri göz önüne alındığında günlük toplam katı madde miktarı;

Katı Madde Miktarı = 260,2 ton/gün X 0,15 = 39 ton/gün olarak karşımıza çıkmaktadır. Reaktör içerisindeki atıkların TK dizayn değeri % 10'dur. Bu nedenle, atıkların sulandırılması gerekmektedir. Bu gereksinim, ahırlarda kullanılan yıkama suyu ile düşecek ve ön dengeleme havuzunda gerektiğinde su ilave edilerek katı madde miktarı % 10 seviyesinde tutulacaktır. Eklenecek su miktarı maksimum;

Su Miktarı = (39 ton/gün ÷ 0,10) – 260,2ton/gün = 130 ton/gün olmalıdır. Suyun yoğunluğunun 1.000 kg/m³ olduğu göz önüne alındığında, reaktöre günlük beslenecek hacimsel atık miktarının değeri;

Kullanılacak Hacimsel Atık Miktarı = 263,85 m³/gün + 130 m³/gün = 393,85 m³/gün olarak hesaplanır. Biyogaz üretiminde önemli bir parametre de toplam uçucu katı madde (UK) miktarıdır. Bu değer % 80 olarak hesaplara dahil edildiğinde, kullanılabilir UK miktarı;

Uçucu Katı Madde Miktarı = 39 ton/gün X 0,80 = 31,2 ton/gün olarak bulunur.

11.2. PROSES TASARIMI

11.2.1.ÖN Dengeleme Havuzu Boyutları

Ön dengeleme havuzunun hacminin belirlenmesinde, günlük olarak biyogaz reaktörüne beslenecek materyalin hacimsel miktarı göz önüne alınır. Vidanjörle taşıma göz önüne alındığında sistem işleyişinde sorun yaşanmaması için kullanılabilir havuz hacmi, günlük atık miktarının beş katı olacak şekilde seçilmiştir. Buna göre;

Kullanılabilir Ön Dengeleme Havuzu Hacmi = $5 \times 393,85 \text{ m}^3 = 1.970 \text{ m}^3$ olarak bulunur. Havuzun çapı 26 m olarak alındığında **kullanılabilir havuz yüksekliği 3,71 m** olarak hesaplanır. Ön dengeleme havuzunun toplam hacmine, kullanılabilir hacme hava payının eklenmesiyle ulaşılır. Genellikle kullanım hacminin 1,5 katı alınabilir. Bu şekilde;

Toplam Hacim = $1.970 \times 1,5 = 2.955 \text{ m}^3$ değerine ulaşılır. Buradan **minimum havuz yüksekliği 5,57 m** olarak bulunur. Bu yükseklik 6 m olarak seçilmiştir. Elde edilen minimum havuz boyutları Tablo 1.'de verilmiştir.

Tablo 17:Ön dengeleme havuzu boyutları

<i>Havuz çapı (m)</i>	26
<i>Havuz yüksekliği (m)</i>	6
<i>Toplam hacim (m³)</i>	2.955
<i>Kullanılabilir havuz yüksekliği (m)</i>	3,71
<i>Kullanılabilir hacim (m)</i>	1.970

11.2.2.BİYOGAZ REAKTÖRÜ BOYUTLARI

Reaktör boyutunun hesaplanmasında en önemli faktör, bekletme süresinin belirlenmesidir. Uçucu katı gideriminin % 85 – 90 olduğu gün sayısı bekletme süresini verir. Tesisin mezofilik bölgede ve sığır atığıyla çalıştığı göz önüne alınarak

bekletme süresi 35 gün olarak seçilmiştir. Günlük hacimsel atık miktarı göz önüne alınarak kullanılabilir reaktör hacmi;

Reaktör Hacmi = $393,85 \text{ m}^3/\text{gün} \times 35 \text{ gün} = 13.784,75 \text{ m}^3$ olarak elde edilir. Hacmin büyüklüğü nedeniyle reaktör sayısı artırılmış, dört adet reaktör düşünülmüştür. Böylece her bir reaktör hacmi;

Birim Reaktör Hacmi = $13.784,75 \text{ m}^3 \div 4 \text{ adet} = 3.446,19 \text{ m}^3$ olarak bulunur.

Reaktör çapı 26 m olarak seçildiğinde kullanılabilir reaktör **yüksekliğinin ise 6,5 m** olduğu görülmektedir. Reaktör boyutlarının belirlenmesinde diğer bir faktör ise reaktör üzerinde bırakılacak boşluğun tespit edilmesidir. Genel yaklaşım, sıvı seviyesinin üzerinde minimum 0,5 – 1,0 m boşluk bırakılması şeklindedir. Sistem dizaynında bu değer **1 m** olarak alınarak **reaktör yüksekliği 7,5 m**'ye tamamlanmıştır. Bu şekilde bekletme süresindeki veya atık miktarındaki küçük değişimler karşılanabilecektir. Bu durumda **toplam birim reaktör hacmi 4.000 m³** olarak bulunur. Elde edilen reaktör boyutları Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 18: Her bir biyogaz reaktörünün boyutları

<i>Reaktör çapı (m)</i>	26
<i>Reaktör yüksekliği (m)</i>	7,5
<i>Toplam reaktör hacmi (m³)</i>	4.000
<i>Kullanılabilir reaktör yüksekliği (m)</i>	6,5
<i>Kullanılabilir reaktör hacmi (m³)</i>	3.446,19

11.2.3.REAKTÖR KATI MADDE VE UÇUCU KATI MADDE YÜKLEMESİ

Reaktör hacmi başına katı ve uçucu katı madde yükleme değerleri, biyogaz üretimi için önemlidir. Kurulacak olan biyogaz tesisinin kullanılabilir hacim başına katı madde yükleme değeri;

Katı Madde Yükleme = $39.000 \text{ kg/gün} \div (4 \times 3.446,19) \text{ m}^3 = 2,82 \text{ kg/m}^3.\text{gün}$ olarak bulunur. Uçucu katı madde yükleme değeri ise;

Uçucu Katı Madde Yükleme = $31.200 \text{ kg/gün} \div (4 \times 3.446,19) \text{ m}^3 = 2,26 \text{ kg/m}^3.\text{gün}$ değeriyle kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

11.2.4.GÜNLÜK BİYOGAZ ÜRETİMİNİN HESAPLANMASI

Beklenen günlük biyogaz üretiminin hesaplanabilmesi için, 35 günlük bekletme süresinde giderilen UK miktarının bilinmesi gerekmektedir. Bu raporda 35. günde % 90 giderimin sağlandığı ve UK giderim veriminin % 50 olduğu göz önüne alınmıştır. Kurulacak olan tesiste günlük olarak işlenecek UK miktarı 31,2 tondur. Buradan giderilen UK miktarı;

Uçucu Katı Madde Giderimi = $31,2 \text{ ton/gün} \times 0,50 = 15,6 \text{ ton/gün}$ olarak elde edilir. Metan oluşumu giderilen kg UK başına 350 litre olarak alındığında günlük metan (CH_4) üretimi;

Metan Üretimi = $15.600 \text{ kg/gün} \times 0,35 \text{ m}^3/\text{kg} = 5.460 \text{ m}^3/\text{gün}$ olarak bulunur. Deneyimler biyogaz içerisindeki CH_4 oranının % 50 – 65 civarında olduğunu göstermiştir. Metan oranı % 55 alındığında günlük biyogaz üretimi;

Biyogaz Üretimi = $5.460 \text{ m}^3/\text{gün} \div 0,55 = 9.927 \text{ m}^3/\text{gün}$ olarak hesaplanır. % 55 CH_4 içeriğine sahip biyogazın alt ısı değeri yaklaşık olarak 21 MJ/m^3 ($5020 \text{ kcal/m}^3 - 5,837 \text{ kWh}_t/\text{m}^3$)'dür. Kojenerasyon ünitesinin elektrik çevrim verimi % 40 ve termal verim % 48 alındığında, günlük elektrik üretimi,

Elektrik Üretimi = $9.927 \text{ m}^3/\text{gün} \times 5,837 \text{ kWh}_t/\text{m}^3 \times 0,40 = 23.177 \text{ kWh/gün}$ olarak bulunur. Kurulu gücü bulmak için, kojenerasyon ünitesinin günde 24 saat çalışacağı öngörüldüğünde,

Jeneratör Gücü = 23.177kWh ÷ 24 saat = 965,7kWe olarak karşımıza çıkar.

Termal enerji üretimi ise;

Termal Enerji Üretimi = 9.927 m³/gün X 5020 kcal/m³ X 0,48 = 23.920.000kcal/gün olarak hesaplanmıştır. Buradan termal güç;

Termal Güç = 23.920.000kcal ÷ 24 saat = 996.700kcal/saat = 1.158 Kw olarak bulunur.

11.2.5.FERMENTE GÜBRE DEPOLAMA HAVUZU BOYUTLARI

Fermente gübre depolama havuzunun boyutları, ön dengeleme havuzu ile aynıdır. Fermente gübre depolama havuzundaki atıklar, susuzlaştırma amacıyla seperatöre aktarılacaktır. Aktarılan atığın katı madde miktarı;

Fermente Atık katı Madde Miktarı = 39 ton/gün – 15,6 ton/gün = 23,4 ton/gün

bulunur. Havuzdaki atığın yoğunluğu 995 m³/kg alındığında,seperatöre gönderilecek fermente atığın TK miktarı;

Fermente Atık TK = 23,4 ton/gün ÷ 395,8ton/gün = 0,059 = % 6 olarak elde edilir. Speratörün günde 10 saat çalıştırıldığı varsayıldığında katı madde kapasitesi;

Seperatör Katı Madde Kapasitesi = 23.400 kg ÷ 10 saat = 2.340 kg/saat olmaktadır. Seperatörün hidrolik kapasitesi ise;

Seperatör Hidrolik Kapasitesi = 395,8 m³ ÷ 10 saat = 39,58 m³/saat olarak bulunur. Kapasitenin büyüklüğü göz önüne alınarak iki adet seperatör seçilmiştir. Böylece bir problem halinde yedekleme söz konusu olabileceği gibi, ön görülemeyen yük artışlarının da karşılanabilmesi düşünülmüştür.

11.2.6.BİYOGAZ TESİSİNİN ELEKTRİK TÜKETİMİ

Tablo 19 :biyogaz tesisindeki ekipmanların günlük elektrik enerjisi tüketimi

EKİPMAN	Asıl (Adet)	Yedek (Adet)	Motor Gücü (kW)	Kurulu Güç (kW)	Çalışma Süresi (saat)	Çalışma Gücü (kW)	Elektrik Tüketimi (kWh/gün)
Besleme Havuzu Karıştırıcıları	3	1	15	60	10	45	450
Reaktör Besleme Pompaları	2	1	9	27	10	18	180
Biyogaz Reaktörü Karıştırıcıları	8	0	15	120	16	120	1.920
Biyogaz Reaktörü Karıştırıcıları	8	0	5,5	44	16	44	704
Kojen-Mekanik Daire Sirk. Pomp.	1	1	7,5	15	24	7,5	180
Kolektör-Reaktör Sirk. Pompası	4	4	2,2	17,6	24	8,8	211,2
Atık Dağıtım Pompası	1	1	22	44	10	22	220
Depolama Havuzu Karıştırıcıları	3	1	15	60	10	45	450
Seperatör Besleme Pompaları	2	1	9	27	10	18	180
Seperatör	2	0	5,5	11	15	11	165
Biyogaz Fanı	1	0	7,5	7,5	24	7,5	180
Biyolojik desülfürizasyon ünitesi	1	0	8	8	24	8	192
Chiller	1	0	18	18	24	18	432
FeCl₃ Dozaj Pompası	4	0	0,01	0,04	10	0,04	0,4
MembranBlowerı	4	0	0,55	2,2	24	2,2	52,8
TOPLAM							5.517,4

Tablo 19'den görüleceği gibi, biyogaz tesisindeki ekipmanların günlük elektrik enerjisi tüketimi 5.517kWh'dır. Kojenerasyon ünitesinden elde edilen elektrik enerjisi ise günlük 23.177 kWh olarak hesaplanmıştır. Geriye kalan elektrik enerjisi şebekeye satılacaktır.

11.2.7.-BİYOGAZ REAKTÖRÜ ISITMA İHTİYACI

Biyogaz reaktörünün çalışma sıcaklığı 35°C olarak seçilmiştir. Sıcaklığın sabit tutulabilmesi amacıyla, kojenerasyon ünitesinden elde edilen ısı enerjisi kullanılacaktır. Biyogaz reaktörünün ısı kayıpları, reaktör yüzeylerinden oluşan ısı kaybı Q_r , besleme materyalinin reaktör sıcaklığına getirilmesi için gerekli ısı akımı Q_b , reaktörü terkeden biyogazla oluşan ısı kaybı Q_g , buharlaşma yoluyla oluşan ısı kaybı Q_e ve reaksiyon sırasında gerekli ısı akımı Q_k ile gösterilmiştir.

Bu kayıplar göz önüne alındığında, sistemin ısı dengesini korumak için gerekli toplam ısı ihtiyacı Q_t şu şekildedir:

$$Q_t(W) = Q_r + Q_b + Q_g + Q_e + Q_k$$

Yukarıdaki eşitlikte Q_g , Q_e ve Q_k değerlerinin yanında ihmal edilebilecek büyüklüktedir. Bu yüzden reaktörün toplam ısı ihtiyacı;

$$Q_t(W) = Q_r + Q_b$$

şeklinde yazılabilir. Reaktör yüzeylerinden oluşan ısı kaybı Q_r şu şekilde hesaplanır:

$$Q_r(W) = A \cdot K_T \cdot \Delta T$$

Bu formülde toplam reaktör yüzey alanı A (m^2), toplam ısı geçiş katsayısı K_T ($W/m^2\text{°C}$) reaktör çalışma sıcaklığı ile çevre sıcaklığı arasındaki fark ΔT (°C) olarak verilmiştir. K_T hesaplanırken reaktör yüzeylerinde bulunan malzeme katmanlarının kalınlıkları $l_n(m)$ ve ısı iletim katsayıları $\lambda_n(W/m\text{°C})$ göz önüne alınır. Reaktörün bulunduğu ortamın ısı taşınım katsayısı $\alpha_{dış}$ ($W/m^2\text{°C}$) ve reaktör içindeki besleme materyalinin ısı taşınım katsayısı $\alpha_{iç}$ ($W/m^2\text{°C}$) yardımıyla toplam ısı geçiş katsayısı;

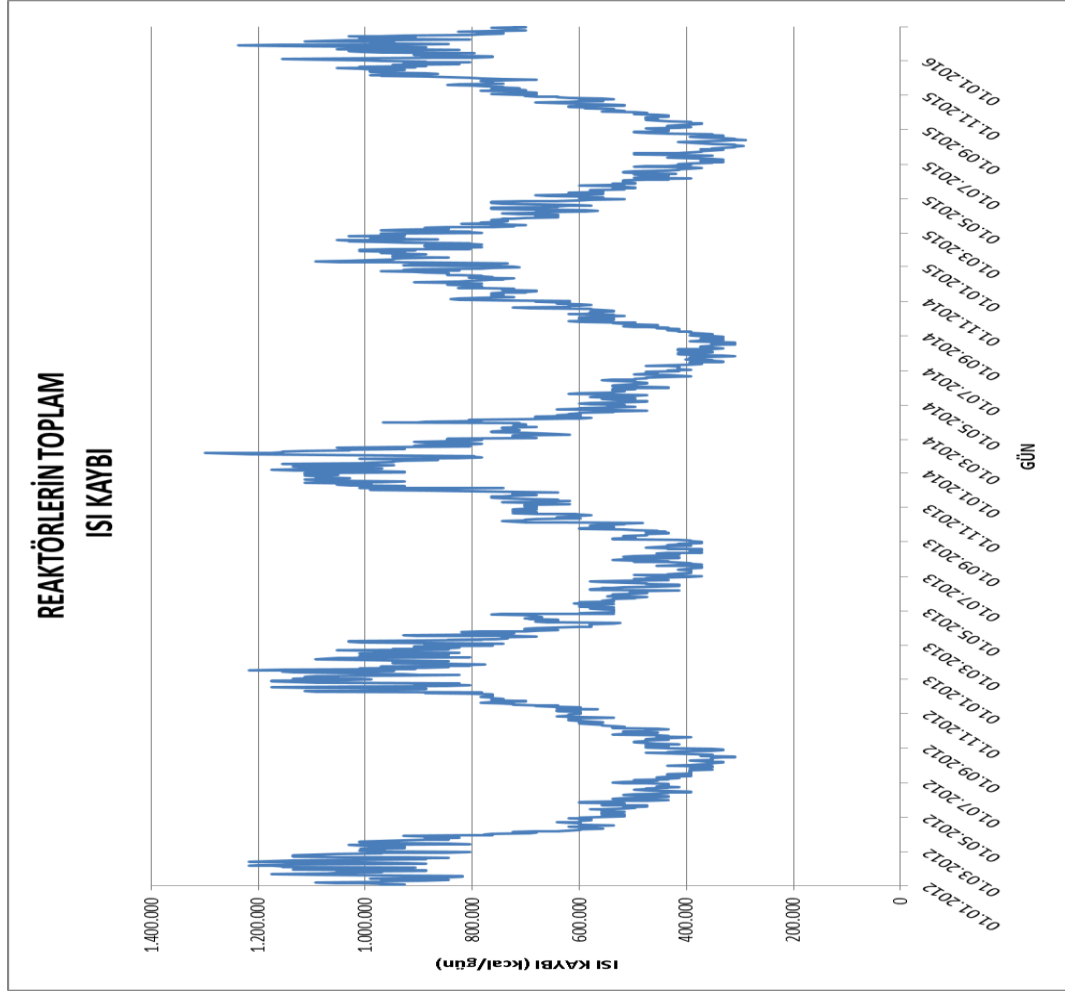
$$\frac{1}{K_T} = \frac{1}{\alpha_{iç}} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{l_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{dış}}$$

eşitliğiyle hesaplanır.

Besleme materyalinin fermentasyon sıcaklığına getirilmesi için gerekli ısı miktarı $Q_b(W)$, m besleme materyalinin kütleli debisi (kg/s), C_p özgül ısısı ($J/kg\text{°C}$) ve ΔT reaktör sıcaklığıyla besleme materyalinin sıcaklığı arasındaki fark (°C) olmak üzere;

$Q_b = m \cdot C_p \cdot \Delta T$ eşitliğiyle bulunur.

Kurulacak olan biyogaz tesisinin ısı ihtiyacının saptanmasında bu formüller dikkate alınmıştır. Yapılan hesaplarda Ocak/2012 – Şubat/2016 tarih aralığındaki Kars’a ait günlük iklim verileri kullanılmıştır. Reaktörlerin ısı kaybı hesabında, yan duvarlar, toprak temaslı taban ve biyogaz deposu ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Duvar kalınlığı yan yüzde 35 cm, tabanda 40 cm alınmıştır. Yalıtım malzemesi kalınlığı 10 cm olarak hesaba dahil edilmiştir. Her bir reaktör için yan duvar alanı 617 m², taban alanı 531 m² ve biyogaz deposu alanı 684 m² olarak hesaplanmıştır. Toplam ısı geçiş katsayısı K_T ise, yan duvarlar, taban ve biyogaz deposu için sırasıyla; 0,30W/m²°C, 0,29W/m²°C ve 0,9W/m²°C olarak bulunmuştur. Bu değerler ve Kars için günlük iklim verileri kullanıldığında biyogaz reaktörünün günlük ısı kaybının değişimi Şekil 19 da kcal/gün olarak verilmiştir. Buna göre 2012 – 2016aralığındaki 1.521 gün içerisinde en yüksek ısı kaybı 1.298.294kcal/gün, en düşük ısı kaybı ise 290.608kcal/gün olarak gerçekleşmiştir.

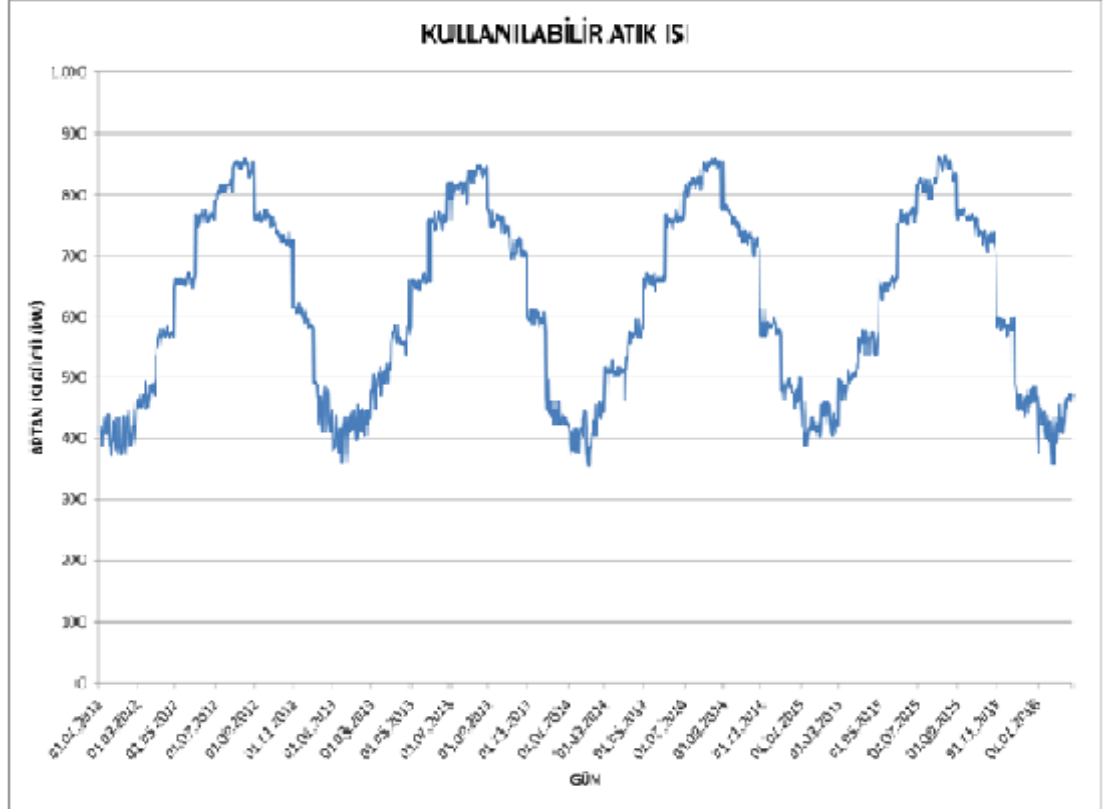


Şekil 19:Reaktör toplam ısı kaybı

Besleme materyalinin reaktör çalışma sıcaklığı olan 35 °C'ye getirilmesi için harcanan ısı enerjisinin tespitinde ise daha önce hesaplanan 390.000kg/gün atık debisi dikkate alınmış ve günlük şebeke suyu sıcaklıkları kullanılmıştır. Hesaplamalarda atığın özgül ısısı 4.200 J/kg. C olarak alınmıştır. Böylece elde edilen besleme materyali ısı kaybı, reaktör ısı kaybıyla toplanarak toplam ısı kaybı hesaplanmıştır. Elde edilen değerlere göre, biyogaz sisteminin en yüksek ısı enerjisi ihtiyacı 16.535.998kcal/gün, en düşük ısı enerjisi ihtiyacı ise 6.124.916kcal/gün olmaktadır.

Bu verilerden yola çıkılarak ısı değiştiricisinin gücü hesaplanmıştır. En yüksek gerekli güç 801 kW, en düşük güç 297 kW olarak bulunmuştur. Kullanılacak ısı eşanjörlerinin ısı transfer verim değeri 0,95 alınarak **güç 845 kW** olarak seçilmiştir. Kojenerasyon ünitesi için daha önce yapılan hesaplamalarda elde edilen **1.158 kW**

ısıtma gücü, bu ısı kaybını karşılamakta ve farklı amaçlarla kullanılabilir (mekan ısıtma, ürün kurutma vb.) ısı enerjisinin varlığını bize göstermektedir. Kış aylarında en düşük 358 kW olan bu güç, özellikle hava sıcaklığının yüksek olduğu günlerde 750 kW'ın (maksimum 862 kW) üzerinde seyretmektedir. Yapılan hesaplamalar Şekil 20'de görülmektedir.



Sekil 20:Kullanılabilir Atık ısı

11.3.SİSTEM MALİYETİ

Biyogaz sisteminin tahmini yatırım maliyeti, alt kategoriler bazında Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 20 Biyogaz Sistem Maliyetleri

KATEGORİLER	EURO
1 İnşaat İşleri	900.000
2 Karıştırıcı ve Pompalar	350.000
3 Otomasyon ve Elektrik İşleri	550.000
4 Kojenerasyon	600.000
5 Biyogaz Depolama ve Şartlandırma	400.000
6 Reaktör Isıtma Sistemi	100.000
7 Boru, Fittings ve Vanalar	80.000
8 Gözetleme Camları	70.000
9 Seperatörler	50.000
10 Projelendirme	60.000
11 İzinler	35.000
12 ÖngörülemeyenGiderler	150.000
13 MüteahhitKarı	220.000
TOPLAM	3.555.000

İnşaat işleri: Biyogaz sistemi betonarme dört adet reaktörden ve iki adet besleme-boşaltma tankından oluşmaktadır. Reaktörler ve tanklar 26 m çapa sahiptir. 40 cm kalınlıkta olan bu yapıların yükseklikleri, reaktörler için 7,5 m, tanklar için 5 m’dir. Sistemde ayrıca, 265 m² oturma alanına sahip, 4 m yüksekliğinde bir makina dairesi öngörülmüştür. Çıkan fermente atık seperatörden geçirildikten sonra, sıvı kısım 1400 m² alana sahip, 3,5 m derinlikte iki adet lagüne gönderilecektir. Lagünler, toprak hafriyatı ölçülere göre yapıldıktan sonra tabanı membranla kaplanarak oluşturulacaktır. Ayrıca seperatörden alınan katı kısmın depolanacağı, yine 1400 m² yüzey alanına sahip, betonarme bir katı gübre deposu yapılacaktır. İnşaat işleri bu kalemleri kapsamaktadır. Ayrıca kojenerasyon konteynırlarının, biyolojik

desülfürizasyon ünitesinin, seperatörlerin ve biyogaz yakma bacasının kaideleri bu kalem içerisinde. Reaktörlerin 10 cm straforla ve trapez saca kaplanması, yürüme platformlarının yapılması işi de bu kalemde ele alınmıştır. Lagünler dışında sistemin oturacağı 17.500 m² alanın çevre düzenlemesinin gerçekleştirilmesi, yolların yapılması ve sistem alanının çevresinin çitle kaplanması bu kapsamdadır.

Karıştırıcı ve pompalar: Biyogaz reaktörlerinde 2 adet hızlı karıştırıcı, 2 adet akış hızlandırıcı olmak üzere 4 adet dalgıç mikser kullanılacaktır. Besleme ve boşaltma tanklarının her birinde, bir adeti yedek olmak üzere 4'er adet dalgıç tip hızlı karıştırıcı olacaktır. Böylece toplam 24 adet dalgıç mikser bu kalemde ele alınmıştır. Reaktörlerin beslenmesinde ve fermente gübrenin Seperatörler ve diğer kullanım alanlarına sevk edilmesinde, parçalayıcı dalgıç pompalar kullanılacaktır. Bu pompaların sayısı, 2 adeti yedek olmak üzere toplam 6 adettir. Makina dairesinde yapılacak olan kolektör ile her bir reaktörden gerektiğinde diğer reaktörlere ve besleme-boşaltma tanklarına gübre karışımını yönlendirme sağlanacaktır. Burada da iki adet eksantrik vidalı pompa kullanılacaktır. Tüm bu ekipman bu kalem altında ele alınmıştır. Dalgıç pompa ve mikserlerin istasyonel ekipmanları da bu kalem altında değerlendirilmiştir. Fakat sıcak su sirkülasyon pompaları, boru ve fittings kategorisi altında maliyete dahil edilmiştir.

Otomasyon ve elektrik işleri: Sistemde 10 adet ultrasonik debimetre ve biyogaz için 2 adet vorteks tip debimetre bulunmaktadır. Ayrıca her tank için seviyelerin ve sıcaklıkların kontrolü amaçlı sensörler bulunmaktadır. Oluşturulacak otomasyon sisteminde SCADA yazılımı ve ara yüzü kullanılacaktır. Her bir ekipmanın kontrolü (mikser çalışma zamanı, frekansı, pompa çalışma zamanı, sıcaklık kontrolü, arıza göstergeleri vb.) tek bir merkezden, gerek manuel gerekse otomatik olarak sağlanacaktır. Gübre su karışımının sevk, pnomatik aktüatörlü vanalar ile sağlanabilecektir. Tüm ekipmanların MCC ve PLC panolarının imalatı bu kalem altında ele alınmıştır. Ayrıca elektrik tesisatı, sistem besleme ve şebekeye aktarım için gerekli teçhizat bu kategoride yer almaktadır. İki adet sabit tip çoklu gaz analizörü de bu kapsamdadır.

Kojenerasyon:Biyogaz sistemi, 1 MW gücünde elektrik üretimine sahiptir. Sistem tasarımında 1 MW gücünde tek bir ünite yerine, arıza durumunda sistemin durmasını engellemek amacıyla, 2 adet 500 kW'lık iki ünite öngörülmüştür. Bu kalem altında her bir ünite için 2 adet konteynır, jeneratörler, ısı geri kazanım üniteleri, kontrol ekipmanları ve otomasyonu yer almaktadır.

Biyogaz depolama ve şartlandırma üniteleri: Üretilecek olan biyogaz, kullanıma bağlı dalgalanmaları dengelemek üzere, her bir reaktöre entegre olan 4 adet çift membranlı balonlarda depolanacaktır. Bu depolar üzerinde basınç/vakum valfi gibi emniyet teçhizatı bulunacaktır. Biyogaz kullanıma gönderilmeden önce H₂S giderimi sağlanacak ve içeriğinde bulunan nem uzaklaştırılacaktır. Ayrıca, kojeneratörlerde arıza olması veya gaz içeriğinde CH₄ oranının azalması durumunda yakmayı sağlamak üzere bir adet biyogaz yakma bacası bulunacaktır. Tüm bu üniteler bu kategori altında değerlendirilmiştir.

Reaktör ısıtma sistemi: Sistemin çalışma sıcaklığı 35 °C'dir. Reaktörlerde bu sıcaklığı sağlamak için, kojenerasyon ünitesinden elde edilen sıcak su kullanılacaktır. Bu su, herbir reaktör iç duvarına monte edilen 30'ar sıra 25x1,8'lik PEX boru içerisinden geçirilecektir. Bu borular, reaktör giriş ve çıkış flanşları, kolektörleri ve montaj ekipmanlarının tümü bu kategori altında maliyetlere dahil edilmiştir.

Boru, fittings ve vanalar: Sistem içerisinde gübre su karışımını ve fermente gübreyi sevk etmek amaçlı HDPE borular kullanılacaktır. Ayrıca kojeneratörden makina dairesine ve reaktörlere sıcak suyu göndermek amacıyla, kendinden izoleli borular sistemde yer alacaktır. Gübre hattında 46 adet bıçaklı vana kullanılacaktır. Bu vanaların 16 adeti pnomatik aktüatörlü olacaktır. Biyogazın şartlandırma ünitelerine ve kojeneratöre sevkinde AISI 316 kalite çelik borular kullanılacaktır. Tüm bu malzemeler ve bunların montajında kullanılacak olan fittings bu kalem altında değerlendirilmiştir. Ayrıca sıcak suyun sevk edilmesinde kullanılacak olan kuru ve ıslak rotorlu pompalar ve kapalı genleşme tankları, bu kalem içerisinde yer almaktadır.

Gözetleme camları: Reaktörlerde, mikserlerin durumunu, köpük oluşumunu ve karıştırma verimini kontrol amaçlı 5'er adet gözetleme camı bulunacaktır. Her bir

camın üzerinde, su ile yıkama, silecek ve led ışık olacaktır. Ayrıca 4 adet cam üzerine kamera yerleştirilecek ve böylece uzaktan durum kontrolüne olanak sağlanacaktır. Bu kalem içerisinde tüm bu ekipman ile, özel kablolar, otomasyon bağlantı yazılımları ve montaj parçaları bulunmaktadır.

Seperatörler:Biyogaz üretimi sonrasında ortaya çıkan fermente atık, sıvı ve gaz fazına ayrılarak kullanılacaktır. Bu amaçla 2 adet seperatör kullanılacaktır. Bu kalem altında bahsi geçen seperatörler, otomasyon panosu ve seperatör binaları yer almaktadır.

Projelendirme: Biyogaz sisteminin mimari, detay, statik, mekanik ve elektrik projelerinin hazırlanması ve onaya hazır hale getirilmesi bu kalem içerisinde yer almaktadır. Ayrıca borulamada detayların verilmesi de bu kapsam içerisinde bulunmaktadır.

İzinler: Üretilen elektriğin lisanssız üretim kapsamında değerlendirilmesi için gerekli izinler ve inşaat ile ilgili ruhsat ve benzeri yasal yükümlülükler için ortaya çıkacak maliyetler, bu kategori altında değerlendirilmiştir.

Öngörülmeyen maliyetler: Sistem büyüklüğü ve karmaşıklığı göz önüne alınarak, nakliye, zemin iyileştirme, sistem farklılaştırılması gibi oluşabilecek yeni koşullardan ortaya çıkabilecek maliyetler bu kalem içerisine alınmış, yatırım tutarının % 5'i kadar bir bütçe maliyetlere bu kategori altında eklenmiştir.

Müteahhit karı: Toplam yatırım tutarının % 8'i olarak bütçelendirilen bu kalem, yüklenici firmanın karını oluşturmaktadır.

11.4.FAALİYET PLANI

Projenin hayata geçirilmesi için gerçekleştirilecek iş paketleri 14 madde altında aşağıda listelenmiştir.

Kesin yer tespiti ve zemin etüdü:

Bu iş paketinde, tesisin yapılacağı yer kesin olarak tespit edilecek ve inşaat için gerekli zemin analizleri gerçekleştirilecektir

Projelerin hazırlanması: Mimari, statik, mekanik ve elektrik uygulama projeleri bu iş paketinde hazırlanacaktır.

Ruhsatlama: Bir önceki iş paketinde hazırlanan projelerin onayı sağlanacak ve inşaat ruhsatı alınacaktır.

İnşaat alanının hazırlanması: Bu iş paketinde şantiye kurulumu gerçekleştirilecek ve gerekli kazı/dolgu işlemleri yapılacaktır.

İnşaat işleri: Reaktörlerin, besleme ve boşaltma tanklarının, makina dairesinin, ekipmanlar için gerekli kaidelerin, lagünlerin, katı gübre depolama sahasının ve diğer betonarme yapıların inşası bu iş paketi içerisindedir.

Mekanik montaj: Pompaların, mikserlerin, gözetleme camlarının, emniyet ekipmanlarının ve desülfürizasyon ünitesinin montajları bu safhada gerçekleştirilecektir. Ayrıca borulama ve diğer mekanik montaj bu iş paketi kapsamındadır.

Kojenerasyon ünitesi montajı: Bu iş paketi kapsamında kojenerasyon konteynırlarının inşaat alanına getirilerek, mekanik montajı tamamlanacaktır.

Gaz depolama ünitelerinin montajı: Reaktörlerdeki mekanik montajın bitmesini takiben, gaz balonlarının ve emniyet ünitelerinin montajı tamamlanacak, mekanik sisteme entegrasyonu gerçekleştirilecektir.

Elektrik montajın ve otomasyonun tamamlanması: Bu iş paketi kapsamında, sistemin elektrik montajı tamamlanacak, otomasyon için gerekli olan sensörlerin, debimetrelerin montajı gerçekleştirilecek ve otomasyon ile ilgili yazılım hazır hale getirilecektir.

Sistem boşa denemelerinin gerçekleştirilmesi: Mekanik ve elektrik montajı gerçekleştirilen ekipmanların çalışma denemeleri bu iş paketi içerisindedir.

Çevre düzenlemesinin tamamlanması: Bu iş paketinde çevre düzenlemesi tamamlanacak ve gerekli uyarı levhalarının konumlandırılması gerçekleştirilecektir.

Sistemin çalıştırılması: Biyogaz üretim denemelerine bu iş paketinde başlanacaktır. Reaktörler doldurulacak, ilk ısıtma gerçekleştirilecek, elde edilen biyogaz yakma bacasında yakılacak ve kojenerastörde kullanılacaktır.

Hataların düzeltilmesi: İlk çalıştırma aşamasında tespit edilen mekanik ve elektrik montaj hataları ile kaçaklar, bu iş paketinde düzeltililecektir.

Devreye alma ve eğitim: Sistem hataları düzeltildikten sonra devreye alma gerçekleştirilecek, son kullanıcı sorumlularına gerek teorik gerekse pratik eğitimler verilerek bu iş paketinde sistem teslim edilecektir.

Yukarıda açıklamaları verilen iş paketlerinin gerçekleştirilme süreleri Tablo 21’de verilmiştir

Tablo 21: İş paketi süreleri

No	Faaliyet	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Kesin yer tespiti ve zemin etüdü												
2	Projelerin hazırlanması												
3	Ruhsatlama												
4	İnşaat alanının hazırlanması												
5	İnşaat işleri												
6	Mekanik montaj												
7	Kojenerasyon ünitesi montajı												
8	Gaz depolama ünitelerinin montajı												
9	Elektrik montajın ve otomasyonun tamamlanması												
10	Sistem boşa denemelerinin gerçekleştirilmesi												
11	Çevre düzenlemesinin tamamlanması												
12	Sistemin çalıştırılması												
13	Hataların düzeltilmesi												
14	Devreye alma ve eğitim												

11.5.EKONOMİK DEĞERLENDİRME

Önceki bölümlerde ilk yatırım maliyeti belirtilen biyogaz sisteminin ekonomik analizi bu bölümde gerçekleştirilecektir. Sistemin birincil çıktısı elektrik üretimidir. Elektrik üretiminin yanı sıra ısı enerjisi üretimi de söz konusudur. Diğer bir önemli çıktı fermente gübredir. Biyogaz üretim süreci sonucunda elde edilen ve azot yönünden zengin olan fermente gübre, sıvı ve katı olarak ayrılarak kullanıldığı gibi doğrudan da kullanılabilir. Biyogaz sistemleri aynı zamanda anaerobik arıtım üniteleridir. Bu nedenle dolaylı getiriler arasına, organik kirleticilerin giderim maliyetlerinin eklenmesi de gerekmektedir. Bu açıklamalar ışığında kurulacak sistemin getirilerinin parasal karşılıkları maddeler halinde aşağıda verilmiştir:

11.5.1.Elektrik üretimi: Sistem 1 MW elektrik üretim gücüne sahiptir. Yılın altı ayı sistem tam güçte çalıştırılabilir. Fakat yaylacılık ve mera hayvancılığının yoğun olduğu diğer altı aylık dönemde sistemin yarı güçte çalıştırılabileceği göz önüne alınmıştır. Kojenerasyon ünitesinin bir yıllık çalışma saati 8.760 saattir. Fakat çalışma saatini, sistem bakımı ve arızalar nedeniyle 8.300 saat olarak aldığımızda, 4.150 saat 1 MW, 4.150 saat 500 kW güçle sistemin çalışacağı varsayılmıştır. Bu şekilde bir yılda sistemden elde edilebilecek elektrik enerjisi miktarı, 6,225 GWh olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu değeri lisanssız elektrik üretiminde belirlenen 13,3 dolar sent/kWh değeriyle çarptığımızda yıllık toplam **827.925 dolar** getiri ile karşılaşırız. Euro karşılığı **742.101 EURO/yıl**'dır. Bu getirinin tamamı hesaplara yansıtılmıştır.

11.5.2.İsı üretimi: Projelendirme bölümündeki ısı analizlerinde görüldüğü gibi, kojeneratörden elde edilen ısı enerjisi reaktörlerin ısıtılmasında kullanılmaktadır. Bu ihtiyaç karşılandıktan sonra geriye yine özellikle ısıtmada kullanılabilecek ısı güç kalmaktadır. Bu ısı güç kış ayları için 500 kW değerindedir. Bu gücün ilçede bulunan ortak kullanım alanlarını ısıtmada değerlendirildiği ve sadece soğuk aylarda kullanıldığı varsayıldığında toplam elde edilen ısı enerjisi 1.857.600.000 kcal'dir. Bu miktar enerjinin kömür karşılığı 309.6 tondur. Kömürlü kazanların verim değerlerinin % 60 civarında olduğu da hesaba katıldığında bu miktar 516 ton'a yükselmektedir. Parasal karşılığı ise piyasa değerlerine göre yaklaşık **89.784 EURO/yıl** olarak karşımıza çıkar. Isı enerjisinin yaz aylarında da kullanılması

durumunda (ürün kurutma vb.) bu değer yaklaşık iki kat artabilecektir.

11.5.3.Fermente gübre üretimi:Biyogaz üretimi sonunda geriye azot yönünden zengin fermente atık kalmaktadır. Bu atık Avrupa ülkelerinde ticari olarak satılmaktadır. Fakat ülkemizde daha pazarı oluşmamıştır. Fermente gübrenin parasal olarak karşılığını bulabilmek için içeriğindeki ana besin maddelerinin kimyasal gübre karşılıklarının çıkarılması gerekmektedir. Ülkemizde bu tip çalışmalar sonucu 14,71 EURO/m³ değer belirlenmiştir. Fakat daha önce bahsettiğimiz pazarın oluşmaması, kullanıcıların fermente gübrenin yararlarından habersiz olması gibi nedenlerle, elde edilen gübrenin sadece % 20'sinin ticari değere dönüşebileceği öngörülmüştür. Buradan yola çıkıldığında tesisten bir yılda elde edilecek fermente atığın parasal karşılığı, **421.000 EURO** olarak bulunur.

11.5.4.Organik atık giderimi: Biyogaz sistemlerinin diğer yenilenebilir enerji sistemlerinden farkı, enerji üretimi yanında organik kirleticilerin arıtımını da sağlamasıdır. Bu çok önemli işlevin, ekonomik analize yansıtılması gerekmektedir. Fakat ülkemizde fermente gübrede yaşanan zorluk, atık bertaraf maliyetinde de karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle bir tahminleme yapmak gerekmektedir. Bu tahminleme için, atıkların en azından taşıma maliyetlerinin belirlenmesi önemlidir. Fakat burada da karşımıza atıkların sevk edileceği uzaklıklar çıkmaktadır. Tüm bu zorluklar göz önüne alındığında, iyimser bir tablo çizmemek için atık bertarafı m³ başına 1 EURO gibi düşük bir değerde tutulmuştur. Bu şekilde tesisin yılda 94.900 m³ atığın arıtıldığı ve bunun parasal karşılığının **94.900 EURO/yıl** olduğu yapılan analizlerde dikkate alınmıştır.

Böylece biyogaz tesisinin toplam getirisi, **1.347.785 EURO/yıl** olarak bulunur.

Sistemin ekonomik analizini yapabilmek için, yatırım maliyetleri dışında işletim maliyetlerini de tespit etmek gerekmektedir. Bu maliyetler; içsel enerji kullanımı, bakım/onarım giderleri, personel harcamaları gibi kalemlerden oluşmaktadır. Fizibilite raporuna konu olan tesisin özelinde, bu maliyetlere atıkların sisteme taşınmasından doğan maliyetlerinde eklenmesi gerekmektedir.Tüm bu maliyet kalemleri aşağıda maddeler şeklinde özetlenmiştir.

11.5.5.İçsel elektrik tüketimi: Daha önceki analizlerde biyogaz sisteminde bulunan ekipmanların günlük toplam elektrik tüketimi 5.517kWh/gün olarak bulunmuştu. Bu

harcama tutarına, aydınlatma, soğutma vb. gibi içsel tüketim miktarları da dahil edilerek 6.000kWh/gün harcama varsayılabilir. Bu harcamanın, tesiste üretilen elektrikle karşılanacağı, bu nedenle 0,133 dolar sent/kWh satış fiyatının maliyet olarak karşımıza çıkacağı açıktır. Bu bağlamda yıllık toplam maliyet 291.270 USD, günlük kur ele alındığında **257.567 EURO** olarak bulunur.

11.5.6.Bakım/Onarım giderleri: Tesis içerisinde elektromekanik cihazlar bulunmaktadır. Ayrıca kojenerasyon ünitesi içten yanmalı gaz motorları ihtiva etmektedir. Bu nedenle rutin bakımlar ve karşılaşılabilecek sorunlarda yapılacak onarımlar söz konusudur. Bu kalemin fiyatlandırılmasında, bu tip tesislerin çalıştırılmasından elde edilen istatistiki veriler kullanılmaktadır. Kojenerasyon ünitelerinde yağ değişimi, bakım gibi değerler, üretilen kWhenerji başına 1,1 EURO sent olarak alınabilir. Bu şekilde yıllık **68.475 EURO** maliyet bulunur. Ayrıca diğer ekipmanlar için ilk yatırım tutarının % 2'si bakım onarım maliyeti olarak alınabilir. Bunun da parasal karşılığı yaklaşık **71.100 EURO/yıl**'dır. Böylece tesisin yıllık bakım/onarım harcamaları **139.575 EURO** olarak bulunur.

11.5.7.Personel harcamaları: Tam otomasyona sahip olan tesisin işletilmesinde 1 mühendis ve 1 teknikerin (elektrik/mekanik) bulunması yeterli olacaktır. Mühendisin ülkemiz koşullarında maaşı 2.000 EURO/ay, teknikerin maaşı 1.300 EURO/ay olarak alınabilir. Böylece tesiste yıllık personel harcaması **39.600 EURO** olarak karşımıza çıkar.

11.5.8.Atıkların tesise taşınması: Tesise günlük 264 m³ atık çevre çiftliklerden getirilecektir. Bu çiftlikler tesisin kurulacağı alana 1-6 km mesafededir. Ortalama olarak 4 km mesafe göz önüne alındığında, vidanjörün 1 seferi yaklaşık 8 km olarak hesaba dahil edilebilir. Projede ön görülen 20 ton kapasiteli vidanjörle sefer sayısı 14 olacaktır. Bu tip araçların 100 km'de yaklaşık 33 litre motorin tüketeceği de göz önüne alındığında, yıllık atık taşıma maliyeti **18.701 EURO** civarında olacaktır.

Böylece tesisin yıllık işletim maliyeti toplam **455.443 EURO** olarak bulunur. Buradan yıllık net getiri ise **892.342 EURO** olarak karşımıza çıkar.

Mali Net Bugünkü Değer (MNBD)'in bulunmasında, işletme gelir ve giderleri hesaplamalarından elde edilen veriler kullanılmıştır. Projenin ekonomik ömrü 20 yıl ve indirgeme oranı % 12 olarak hesaba dahil edilmiştir. 20. yılda sistemin hurda değeri, inşaat kalemlerinin yüksekliği nedeniyle, ilk yatırım maliyetinin % 15'i olarak hesaplara dahil edilmiştir. Bu şekilde

$$\begin{aligned} \text{MNBD} = & \frac{-3.555.000}{(1 + 0,12)^0} + \frac{892.342}{(1 + 0,12)^1} + \frac{892.342}{(1 + 0,12)^2} + \frac{892.342}{(1 + 0,12)^3} + \frac{892.342}{(1 + 0,12)^4} + \frac{892.342}{(1 + 0,12)^5} \\ & + \frac{892.342}{(1 + 0,12)^6} + \frac{892.342}{(1 + 0,12)^7} + \frac{892.342}{(1 + 0,12)^8} + \frac{892.342}{(1 + 0,12)^9} + \frac{892.342}{(1 + 0,12)^{10}} \\ & + \frac{892.342}{(1 + 0,12)^{11}} + \frac{892.342}{(1 + 0,12)^{12}} + \frac{892.342}{(1 + 0,12)^{13}} + \frac{892.342}{(1 + 0,12)^{14}} + \frac{892.342}{(1 + 0,12)^{15}} \\ & + \frac{892.342}{(1 + 0,12)^{16}} + \frac{892.342}{(1 + 0,12)^{17}} + \frac{892.342}{(1 + 0,12)^{18}} + \frac{892.342}{(1 + 0,12)^{19}} + \frac{533.250}{(1 + 0,12)^{20}} \end{aligned}$$

$$\text{MNBD} = 2.743.815 \text{ EURO}$$

olarak elde edilir. Bu verilerden projenin İç Karlılık Oranı (İKO),

$$\text{İKO} = \% 24$$

Geri Ödeme Süresi (GÖS);

$$\text{GÖS} = 6 \text{ yıl}$$

olarak bulunur.

12.KARS –SELİM KARAKALE MAHALLESİ KÖY TİPİ BİYOGAZ TESİSİ FİZİBİLİTE RAPORU

12.1.PROSES TARİFİ

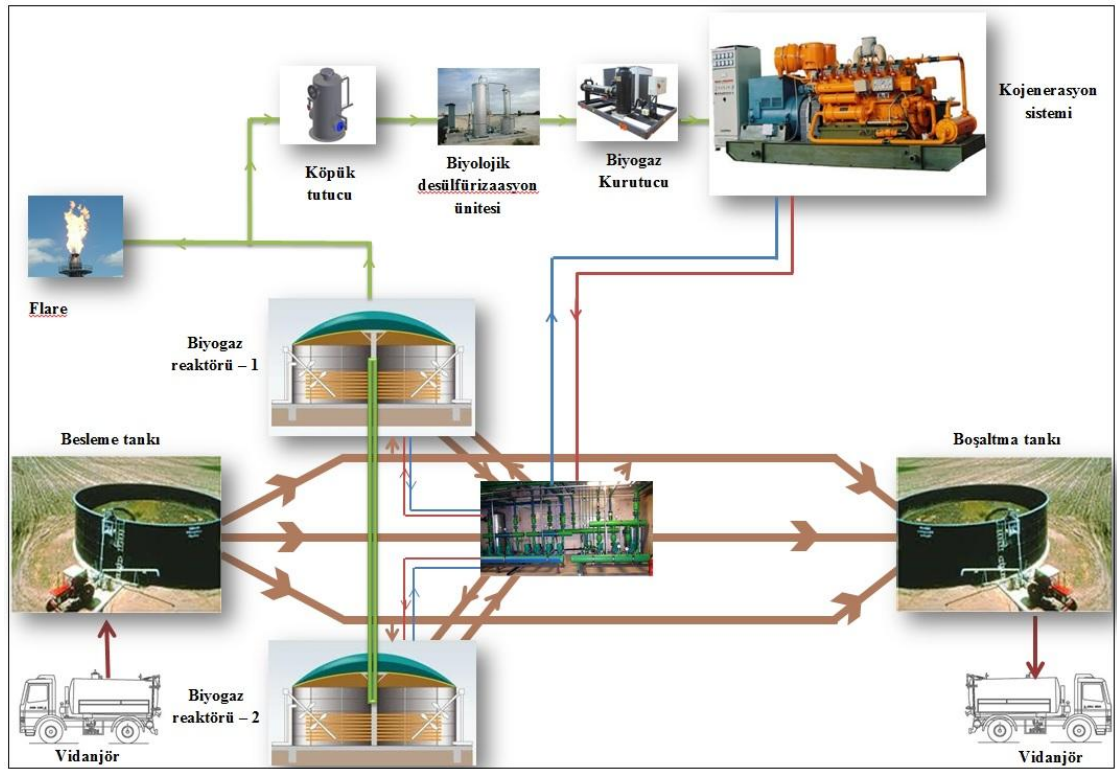
12.1.1.BİYOGAZ TESİSİ ÜNİTELERİ

KARS/SELİM Karakale Mahallesinde kurulması planlanan ve akış şeması Şekil 1’de verilen Köy Tipi Biyogaz Tesisi 4 üniteden oluşmaktadır:

- Biyogaz Üretim Üniteleri
 - Ön Dengeleme (Besleme) Havuzu
 - 2 Adet Biyogaz Reaktörü
 - Fermente Gübre Depolama Havuzu
 - Seperatör
 - Sıvı Gübre Lagünü
 - Katı Gübre Deposu
- Biyogaz Yıkama ve Şartlandırma Üniteleri
 - Biyogaz Deposu (2 Adet – Biyogaz Reaktörlerine Entegre)
 - Köpük Tutucular
 - Kondens Tutucular
 - Biyolojik Desülfürizasyon Ünitesi
 - Biyogaz Yakma Bacası

- Enerji Ünitesi
 - Kojenerasyon Sistemi
- Kimyasal Hazırlama ve Dozlama Üniteleri
 - FeCl_3 Dozaj Ünitesi

12.1.2.BİYOĞAZ SİSTEMİ TARİFİ



Şekil 21 Biyogaz Tesisi Akış Şeması

Şekil 21 de akış şeması verilen Biyogaz Tesisi, Karakale mahallesinde bulunan ahırlardan alınan büyükbaş hayvan atığı ile işletilecektir. Ahırlardan alınan atıklar, vidanjörler aracılığıyla ön dengeleme (besleme) havuzuna aktarılacaktır. Ön dengeleme havuzunda katımadde miktarı % 10'a getirilen atıklar, dalgıç karıştırıcılar yardımıyla karıştırılacak, bu şekilde çökelmeler önlenerek, atığın homojen olması sağlanacaktır. Ön dengeleme havuzundan iki ayrı dalgıç pompa ile basılan bu karışım, debimetre ile debisi ölçülerek iki ayrı hatta verilebilecektir. Bu hatlardan biri

1. reaktörle bir sorun durumunda kullanılmak üzere fermente gübre deposuna çekilen tesisattan oluşmaktadır. Diğer 2. biyogaz reaktörüyle aynı şekilde bir sorun durumunda kullanılmak üzere fermente gübre deposuna çekilen hattır. Biyogaz reaktörlerine basılan atık, reaktör içerisinde bulunan 4 adet karıştırıcı tarafından karıştırılacak ve kojenerasyon ünitesinden alınan sıcak suyun sirküle edildiği ısıtma boruları ile belirlenen çalışma sıcaklığına kadar ısıtılacaktır. Reaktörlere girişte atığa, FeCl_3 dozajlama ünitesi ve statik mikser yardımıyla H_2S oluşumunu azaltmak amacıyla FeCl_3 eklenecektir. Reaktörler içerisindeki atık, mekanik dairede bulunan toplama kolektörüne iletilecek ve buradan pompa yardımıyla basma kolektörüne aktarılacaktır. Basma kolektöründe, her bir reaktöre, boşaltma tankına ve besleme tankına çıkışlar bulunacaktır. Bu şekilde atık, otomasyon ve pnomatik aktüatörlü vanalar aracılığıyla istenilen hatta debileri ölçülerek basılabilecektir. Boşaltma tankına alınan fermente atık, gerektiğinde seperatöre gönderilerek, katı ve sıvı faza ayrılacak, sıvı faz lagüne, katı faz depolama ünitesine alınacaktır. Fermente gübrenin sıvı olarak kullanılması istendiğinde aktarım vidanjör yardımıyla gerçekleştirilecektir. Fermente gübre depolama havuzunda atığın çökmesini önlemek üzere dalgıç karıştırıcılar bulunacaktır.

Reaktörlerden elde edilen biyogaz, her bir reaktöre entegre olan çift membranlı gaz deposunda depolanacaktır. İç ve dış membrandan oluşan bu depoda, reaktör basıncının sabit tutulması amacıyla iki membran arasına hava basılacaktır. Gaz depoları birbirine paralel bağlanacaktır. Buradan alınan biyogaz, köpük giderici ve kondens tutucudan geçirilecektir. Kullanımdan önce biyolojik desülfürizasyon ünitesinde H_2S miktarı 200 ppm seviyesine düşürülen biyogaz, debisi ölçülerek, bir fan yardımıyla basınçlandırılıp, kullanılmak üzere kojenerasyon ünitesine iletilecektir. Sistemde bir sorun olması durumunda biyogaz yakma bacasına iletilecektir. Kojenerasyon ünitesinde biyogaz kullanılarak elektrik ve ısı enerjisi üretilcektir. Elde edilen ısı, biyogaz reaktörlerinin ısıtılmasında kullanılacak artanı ise ortak kullanım alanlarının (okul, sağlık ocağı, cami v.b.) ihtiyaçlarını karşılamak üzere sevk edilecektir. Elektrik enerjisi ise şebekeye verilecektir.

12.1.3.TOPLAM ATIK MİKTARININ HESAPLANMASI

Tesiste, Karakale mahallesindeki çiftliklerde bulunan büyükbaş hayvanların atığı kullanılacaktır. Karakale mahallesinde 131 işletmede toplam 4.204 adet büyükbaş hayvan bulunmaktadır. Mahallede 20 büyükbaş ve üzeri işletmelerde bulunan hayvan sayısının toplamın % 90 olması ve sistemin tamamen mahalle bünyesindeki atıklarla çalıştırılacağı düşünüldüğünde, atıkların tümünden yararlanılabileceği düşünülmektedir. Ancak Nisan – Eylül ayları arasındaki yaylacılık ve mera hayvancılığı göz önüne alındığında, atıklarından yararlanılacak hayvan sayısının yaklaşık % 45 azaldığı varsayıldığında bu sayı 2.312'lere gerilemektedir. Tesis maksimum değer olan 4.204 büyükbaş hayvana göre dizayn edilmiştir. Atık miktarındaki düşmeden doğacak sıkıntıların, biyogazı depolayarak, aynı güçte bir kojenerasyon ünitesinin günün daha az zamanında çalıştırılmasıyla atlatılabileceği öngörülmüştür. Bu durum işletmenin geliri hesaplanırken göz önüne alınmıştır. Günlük toplam atık miktarının hesaplanmasında, hayvan başına atık miktarı 30 kg/gün olarak alınmıştır. Buna göre günlük atık miktarı;

Atık Miktarı = 4.204 adet X 30 kg/adet.gün = 126.120 kg/gün = 126,12 ton/gün
olarak bulunur. Yapılan analizlerde atığın yoğunluğu 986 kg/m³ olarak alınmıştır. Buradan yola çıkarak günlük hacimsel atık miktarı;

Hacimsel Atık Miktarı = 126.120 kg/gün ÷ 986 kg/m³ = 127,91 m³/gün
olarak bulunur. Atıkların toplam katı maddesi (TK) % 15 olarak alınmıştır. Bu veri göz önüne alındığında günlük toplam katı madde miktarı;

Katı Madde Miktarı = 126,12 ton/gün X 0,15 = 18,92 ton/gün
olarak karşımıza çıkmaktadır. Reaktör içerisindeki atıkların TK dizayn değeri % 10'dur. Bu nedenle, atıkların sulandırılması gerekmektedir. Bu gereksinim, ahırlarda kullanılan yıkama suyu ile düşecek ve ön dengeleme havuzunda gerektiğinde su ilave edilerek katı madde miktarı % 10 seviyesinde tutulacaktır. Eklenecek su miktarı maksimum;

Su Miktarı = (18,92 ton/gün ÷ 0,10) – 126,12ton/gün = 63,08 ton/gün
olmalıdır. Suyun yoğunluğunun 1.000 kg/m³ olduğu göz önüne alındığında, reaktöre günlük beslenecek hacimsel atık miktarının değeri;

Kullanılacak Hacimsel Atık Mik. = $127,91 \text{ m}^3/\text{gün} + 63,08 \text{ m}^3/\text{gün} = 191 \text{ m}^3/\text{gün}$ olarak hesaplanır. Biyogaz üretiminde önemli bir parametre de toplam uçucu katı madde (UK) miktarıdır. Bu değer % 80 olarak hesaplara dahil edildiğinde, kullanılabilir UK miktarı;

Uçucu Katı Madde Miktarı = $18,92 \text{ ton/gün} \times 0,80 = 15,136 \text{ ton/gün}$ olarak bulunur.

12.2. PROSES TASARIMI

12.2.1.ÖN Dengeleme Havuzu Boyutları

Ön dengeleme havuzunun hacminin belirlenmesinde, günlük olarak biyogaz reaktörüne beslenecek materyalin hacimsel miktarı göz önüne alınır. Vidanjörle taşıma göz önüne alındığında sistem işleyişinde sorun yaşanmaması için kullanılabilir havuz hacmi, atıkların sadece mahalle bünyesindeki ahırlardan toplanacağı da göz önüne alınarak, günlük atık miktarının üç katı olacak şekilde seçilmiştir. Buna göre;

Kullanılabilir Ön Dengeleme Havuzu Hacmi = $3 \times 191 \text{ m}^3 = 573 \text{ m}^3$ olarak bulunur. Havuzun çapı 15 m olarak alındığında **kullanılabilir havuz yüksekliği 3,25 m** olarak hesaplanır. Ön dengeleme havuzunun toplam hacmine, kullanılabilir hacme hava payının eklenmesiyle ulaşılır. Genellikle kullanım hacminin 1,5 katı alınabilir. Bu şekilde;

Toplam Hacim = $573 \times 1,5 = 860 \text{ m}^3$ değerine ulaşılır. Buradan **minimum havuz yüksekliği 4,86 m** olarak bulunur. Bu yükseklik 5 m olarak seçilmiştir. Elde edilen minimum havuz boyutları Tablo 22’de verilmiştir.

Tablo 22 .ön dengeleme havuzu boyutları

<i>Havuz çapı (m)</i>	15
<i>Havuz yüksekliği (m)</i>	5
<i>Toplam hacim (m³)</i>	900
<i>Kullanılabilir havuz yüksekliği (m)</i>	3,25
<i>Kullanılabilir hacim (m)</i>	860

12.2.2.BİYOĞAZ REAKTÖRÜ BOYUTLARI

Reaktör boyutunun hesaplanmasında en önemli faktör, bekletme süresinin belirlenmesidir. Uçucu katı gideriminin % 85 – 90 olduğu gün sayısı bekletme süresini verir. Tesisin mezofilik bölgede ve sığır atığıyla çalıştığı göz önüne alınarak **bekletme süresi 35 gün** olarak seçilmiştir. Günlük hacimsel atık miktarı göz önüne alınarak kullanılabilir reaktör hacmi;

Rektör Hacmi = 191 m³/gün X 35 gün = 6.685 m³ olarak elde edilir. Hacmin büyüklüğü nedeniyle reaktör sayısı artırılmış, iki adet reaktör düşünülmüştür. Böylece her bir reaktör hacmi;

Birim Rektör Hacmi = 6.685 m³ ÷ 2 adet = 3.343 m³ olarak bulunur. **Reaktör çapı 28 m** olarak seçildiğinde kullanılabilir reaktör **yüksekliğinin ise 5,42 m** olduğu görülmektedir. Reaktör boyutlarının belirlenmesinde diğer bir faktör ise reaktör üzerinde bırakılacak boşluğun tespit edilmesidir. Genel yaklaşım, sıvı seviyesinin üzerinde minimum 0,5 – 1,0 m boşluk bırakılması şeklindedir. Sistem dizaynında bu değer **0,58 m** olarak alınarak **reaktör yüksekliği 6 m**'ye tamamlanmıştır. Bu şekilde bekletme süresindeki veya atık miktarındaki küçük değişimler karşılanabilecektir. Bu durumda **toplam birim reaktör hacmi 3.700 m³** olarak bulunur. Elde edilen reaktör boyutları Tablo 23'de gösterilmiştir.

Tablo 23: Her bir biyogaz reaktörünün boyutları

<i>Reaktör çapı (m)</i>	28
<i>Reaktör yüksekliği (m)</i>	6
<i>Toplam reaktör hacmi (m³)</i>	3.700
<i>Kullanılabilir reaktör yüksekliği (m)</i>	5,42
<i>Kullanılabilir reaktör hacmi (m³)</i>	3.343

12.2.3.REAKTÖR KATI MADDE VE UÇUCU KATI MADDE YÜKLEMESİ

Reaktör hacmi başına katı ve uçucu katı madde yükleme değerleri, biyogaz üretimi için önemlidir. Kurulacak olan biyogaz tesisinin kullanılabilir hacim başına katı madde yükleme değeri;

Katı Madde Yükleme = $18.920 \text{ kg/gün} \div (2 \times 3.343) \text{ m}^3 = 2,83 \text{ kg/m}^3.\text{gün}$ olarak bulunur. Uçucu katı madde yükleme değeri ise; **Uçucu Katı Madde Yükleme** = $15.136 \text{ kg/gün} \div (2 \times 3.343) \text{ m}^3 = 2,26 \text{ kg/m}^3.\text{gün}$ değeriyle kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

12.2.4.GÜNLÜK BİYOGAZ ÜRETİMİNİN HESAPLANMASI

Beklenen günlük biyogaz üretiminin hesaplanabilmesi için, 35 günlük bekletme süresinde giderilen UK miktarının bilinmesi gerekmektedir. Bu raporda 35. günde % 90 giderimin sağlandığı ve UK giderim veriminin % 50 olduğu göz önüne alınmıştır. Kurulacak olan tesiste günlük olarak işlenecek UK miktarı 15,136 tondur. Buradan giderilen UK miktarı;

Uçucu Katı Madde Giderimi = $15,136 \text{ ton/gün} \times 0,50 = 7,568 \text{ ton/gün}$ olarak elde edilir. Metan oluşumu giderilen kg UK başına 350 litre olarak alındığında günlük metan (CH₄) üretimi;

Metan Üretimi = 7.568 kg/gün X 0,35 m³/kg = 2.649 m³/gün olarak bulunur. Deneyimler biyogaz içerisindeki CH₄ oranının % 50 – 65 civarında olduğunu göstermiştir. Metan oranı % 55 alındığında günlük biyogaz üretimi;

Biyogaz Üretimi = 2.649 m³/gün ÷ 0,55 = 4.816 m³/gün olarak hesaplanır. % 55 CH₄ içeriğine sahip biyogazın alt ısı değeri yaklaşık olarak **21 MJ/m³ (5020 kcal/m³ – 5,837 kWh_t/m³)**’dür. Kojenerasyon ünitesinin **elektrik çevrim verimi % 40 ve termal verim % 48** alındığında, günlük elektrik üretimi,

Elektrik Üretimi = 4.816 m³/gün X 5,837 kWh_t/m³ X 0,40 = 11.245kWh/gün olarak bulunur. Kurulu gücü bulmak için, kojenerasyon ünitesinin günde 24 saat çalışacağı öngörüldüğünde, **Jeneratör Gücü = 11.245kWh ÷ 24 saat = 469kWe** olarak karşımıza çıkar. Termal enerji üretimi ise;

Termal Enerji Üretimi = 4.816 m³/gün X 5020 kcal/m³ X 0,48 = 11.604.633kcal/gün olarak hesaplanmıştır. Buradan termal güç;

Termal Güç = 11.604.633kcal ÷ 24 saat = 483.526kcal/saat = 562 kW olarak bulunur.

12.2.5. FERMENTE GÜBRE DEPOLAMA HAVUZU BOYUTLARI

Fermente gübre depolama havuzunun boyutları, ön dengeleme havuzu ile aynıdır. Fermente gübre depolama havuzundaki atıklar, susuzlaştırma amacıyla seperatöre aktarılacaktır. Aktarılan atığın katı madde miktarı;

Fermente Atık Katı Madde Miktarı = 18,92 ton/gün – 7,568 ton/gün = 11,352 ton/gün bulunur. Havuzdaki atığın yoğunluğu 995 m³/kg alındığında,seperatöre gönderilecek fermente atığın TK miktarı;

Fermente Atık TK = 11,352 ton/gün ÷ 190,045ton/gün = 0,059 = % 6 olarak elde edilir. Speratörün günde 10 saat çalıştırıldığı varsayıldığında katı madde kapasitesi;

Seperatör Katı Madde Kapasitesi = 11.352 kg ÷ 10 saat = 1.135 kg/saat olmaktadır. Seperatörün hidrolik kapasitesi ise;

Seperatör Hidrolik Kapasitesi = 191 m³ ÷ 10 saat = 19,1 m³/saat olarak bulunur.

12.2.6. BİYOGAZ TESİSİNİN ELEKTRİK TÜKETİMİ

Tablo 24: Biyogaz tesisindeki ekipmanların günlük elektrik enerjisi tüketimi

<i>EKİPMAN</i>	<i>Asıl (Adet)</i>	<i>Yedek (Adet)</i>	<i>Motor Gücü (kW)</i>	<i>Kurulu Güç (kW)</i>	<i>Çalışma Süresi (saat)</i>	<i>Çalışma Gücü (kW)</i>	<i>Elektrik Tüketimi (kWh/gün)</i>
<i>Besleme Havuzu Karıştırıcıları</i>	2	1	11	33	10	22	220
<i>Reaktör Besleme Pompaları</i>	2	1	9	27	10	18	180
<i>Biyogaz Reaktörü Karıştırıcıları</i>	4	0	18	72	16	72	1.152
<i>Biyogaz Reaktörü Karıştırıcıları</i>	4	0	5,5	22	16	22	352
<i>Kojen-Mekanik Daire Sirk. Pomp.</i>	1	1	7,5	15	24	7,5	180
<i>Kolektör-Reaktör Sirk. Pompası</i>	2	2	2,2	8,8	24	4,4	105,6
<i>Atık Dağıtım Pompası</i>	1	1	15	30	10	15	150
<i>Depolama Havuzu Karıştırıcıları</i>	2	1	11	33	10	22	220
<i>Seperatör Besleme Pompaları</i>	2	1	9	27	10	18	180
<i>Seperatör</i>	1	0	7,5	7,5	15	7,5	82,5
<i>Biyogaz Fanı</i>	1	0	7,5	7,5	24	7,5	180
<i>Biyolojik desülfürizasyon ünitesi</i>	1	0	8	8	24	8	192
<i>Chiller</i>	1	0	15	15	24	15	360
<i>FeCl₃ Dozaj Pompası</i>	2	0	0,01	0,02	10	0,02	0,2
<i>MembranBlowerı</i>	2	0	0,55	1,1	24	1,1	26,4
TOPLAM							3.580,7

Tablo 24'den görüleceği gibi, biyogaz tesisindeki ekipmanların günlük elektrik enerjisi tüketimi 3.580kWh'dır. Kojenerasyon ünitesinden elde edilen elektrik enerjisi ise günlük 11.245kWh olarak hesaplanmıştır. Geriye kalan elektrik enerjisi şebekeye satılacaktır.

12.2.7.BİYOGAZ REAKTÖRÜ ISITMA İHTİYACI

Biyogaz reaktörünün çalışma sıcaklığı 35°C olarak seçilmiştir. Sıcaklığın sabit tutulabilmesi amacıyla, kojenerasyon ünitesinden elde edilen ısı enerjisi kullanılacaktır. Biyogaz reaktörünün ısı kayıpları, reaktör yüzeylerinden oluşan ısı kaybı Q_r , besleme materyalinin reaktör sıcaklığına getirilmesi için gerekli ısı akımı Q_b , reaktörü terkeden biyogazla oluşan ısı kaybı Q_g , buharlaşma yoluyla oluşan ısı kaybı Q_e ve reaksiyon sırasında gerekli ısı akımı Q_k ile gösterilmiştir.

Bu kayıplar göz önüne alındığında, sistemin ısı dengesini korumak için gerekli toplam ısı ihtiyacı Q_t şu şekildedir:

$$Q_t(W) = Q_r + Q_b + Q_g + Q_e + Q_k$$

Yukarıdaki eşitlikte Q_g , Q_e ve Q_k diğerlerinin yanında ihmal edilebilecek büyüklüktedir. Bu yüzden reaktörün toplam ısı ihtiyacı;

$$Q_t(W) = Q_r + Q_b$$

şeklinde yazılabilir. Reaktör yüzeylerinden oluşan ısı kaybı Q_r şu şekilde hesaplanır:

$$Q_r(W) = A \cdot K_T \cdot \Delta T$$

Bu formülde toplam reaktör yüzey alanı A (m^2), toplam ısı geçiş katsayısı K_T ($W/m^2\text{°C}$) reaktör çalışma sıcaklığı ile çevre sıcaklığı arasındaki fark ΔT (°C) olarak verilmiştir. K_T hesaplanırken reaktör yüzeylerinde bulunan malzeme katmanlarının kalınlıkları $l_n(m)$ ve ısı iletim katsayıları $\lambda_n(W/m\text{°C})$ göz önüne alınır. Reaktörün bulunduğu ortamın ısı taşınım katsayısı $\alpha_{dış}$ ($W/m^2\text{°C}$) ve reaktör içindeki besleme materyalinin ısı taşınım katsayısı $\alpha_{iç}$ ($W/m^2\text{°C}$) yardımıyla toplam ısı geçiş katsayısı;

$$\frac{1}{K_T} = \frac{1}{\alpha_{iç}} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{l_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{dış}}$$

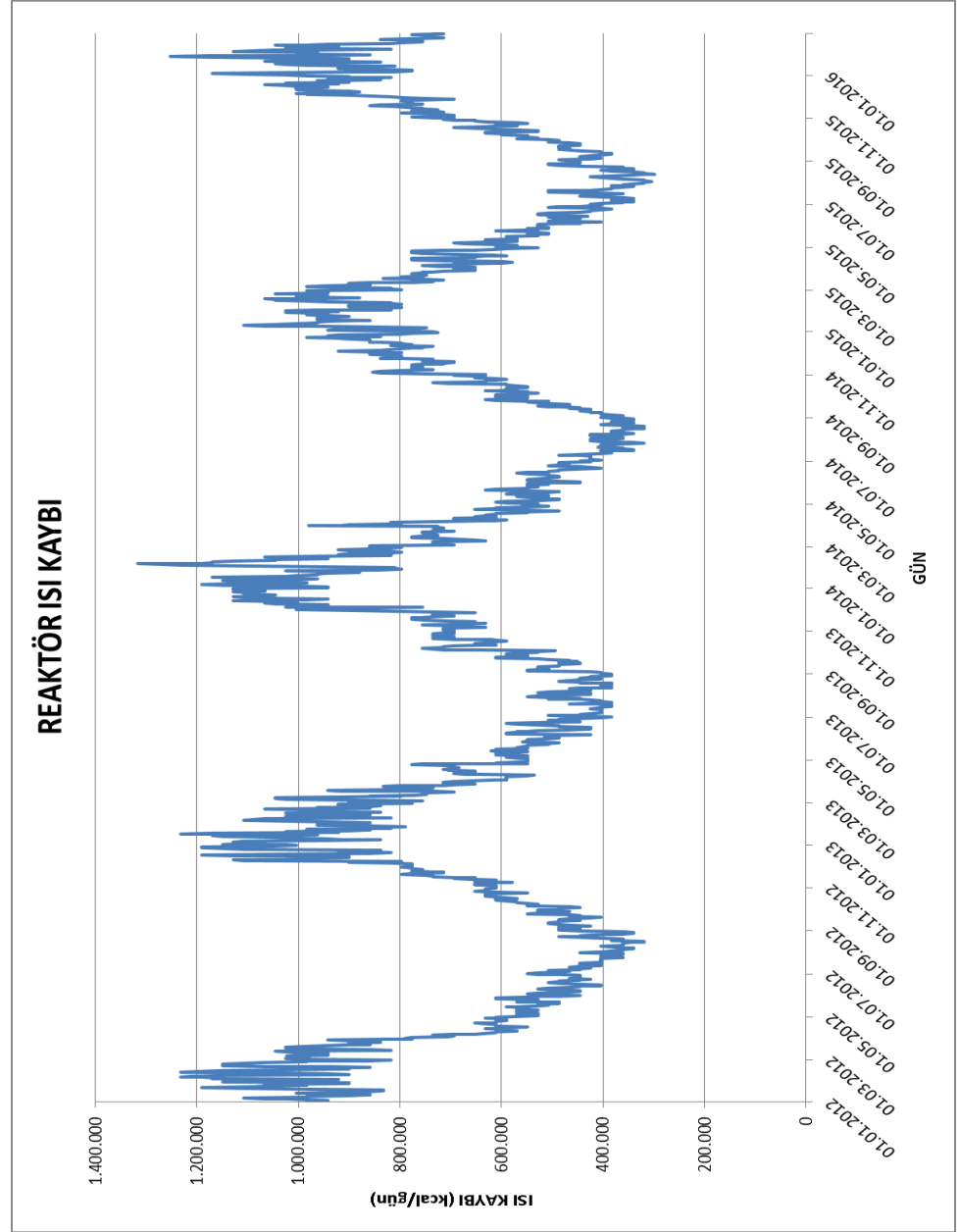
eşitliğiyle hesaplanır.

Besleme materyalinin fermentasyon sıcaklığına getirilmesi için gerekli ısı miktarı $Q_b(W)$, m besleme materyalinin kütleli debisi (kg/s), C_p özgül ısısı ($J/kg\text{°C}$) ve ΔT reaktör sıcaklığıyla besleme materyalinin sıcaklığı arasındaki fark (°C) olmak üzere;

$$Q_b = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

eşitliğiyle bulunur.

Kurulacak olan biyogaz tesisinin ısı ihtiyacının saptanmasında bu formüller dikkate alınmıştır. Yapılan hesaplarda Ocak/2012 – Şubat/2016 tarih aralığındaki Kars'a ait günlük iklim verileri kullanılmıştır. Reaktörlerin ısı kaybı hesabında, yan duvarlar, toprak temaslı taban ve biyogaz deposu ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Duvar kalınlığı yan yüzde 35 cm, tabanda 40 cm alınmıştır. Yalıtım malzemesi kalınlığı 10 cm olarak hesaba dahil edilmiştir. Her bir reaktör için yan duvar alanı 532 m^2 , taban alanı 615 m^2 ve biyogaz deposu alanı 710 m^2 olarak hesaplanmıştır. Toplam ısı geçiş katsayısı K_T ise, yan duvarlar, taban ve biyogaz deposu için sırasıyla; $0,30 \text{ W/m}^2\text{°C}$, $0,29 \text{ W/m}^2\text{°C}$ ve $0,9 \text{ W/m}^2\text{°C}$ olarak bulunmuştur. Bu değerler ve Kars için günlük iklim verileri kullanıldığında biyogaz reaktörünün günlük ısı kaybının değişimi Şekil 22'de kcal/gün olarak verilmiştir. Buna göre 2012 – 2016 aralığındaki 1.521 gün içerisinde en yüksek ısı kaybı $1.315.669 \text{ kcal/gün}$, en düşük ısı kaybı ise 299.650 kcal/gün olarak gerçekleşmiştir.

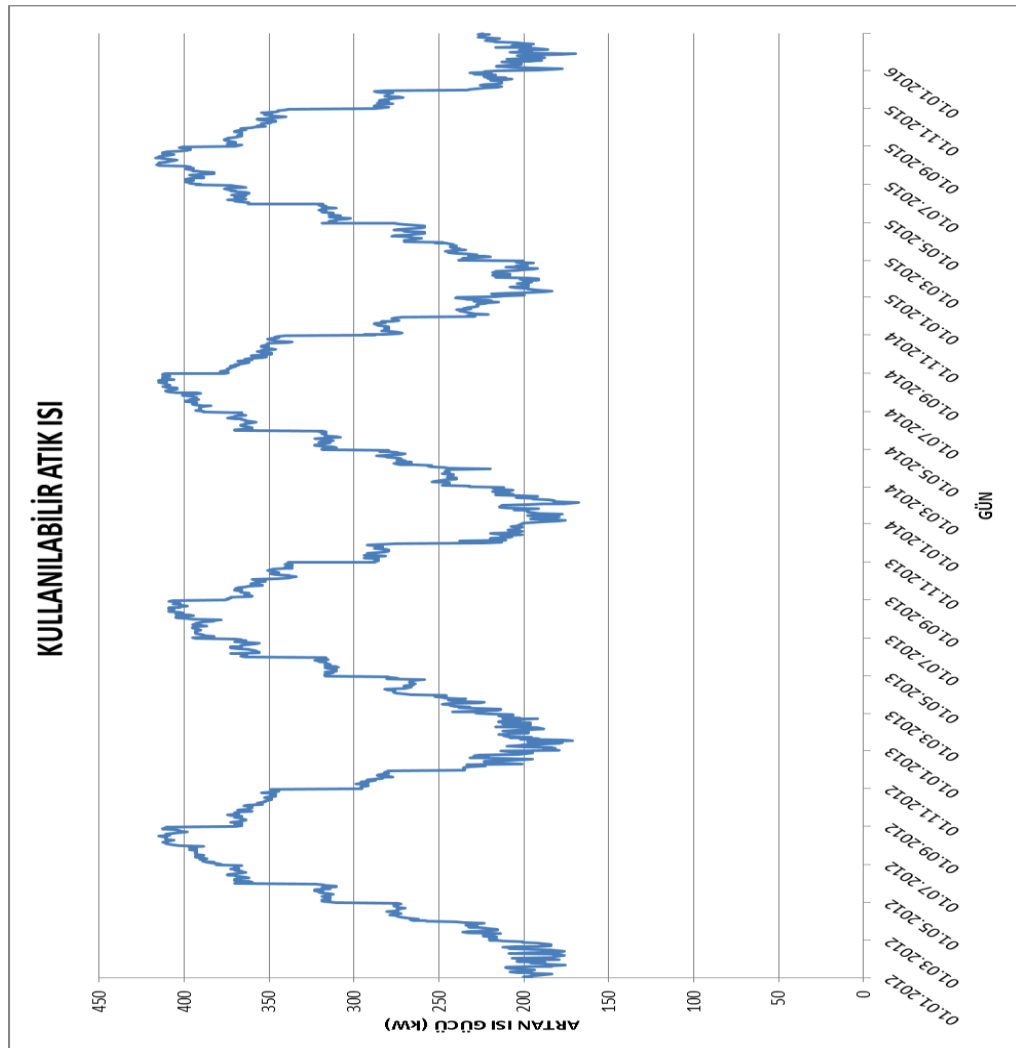


Şekil 22:Reaktör ısı kaybı

Besleme materyalinin reaktör çalışma sıcaklığı olan 35 °C'ye getirilmesi için harcanan ısı enerjisinin tespitinde ise daha önce hesaplanan 191.000kg/gün atık debisi dikkate alınmış ve günlük şebeke suyu sıcaklıkları kullanılmıştır. Hesaplamalarda atığın özgül ısısı 4.200 J/kg. C olarak alınmıştır. Böylece elde edilen besleme materyali ısı kaybı, reaktör ısı kaybıyla toplanarak toplam ısı kaybı hesaplanmıştır. Elde edilen değerlere göre, biyogaz sisteminin en yüksek ısı enerjisi

ihtiyacı 8.132.137kcal/gün, en düşük ısı enerjisi ihtiyacı ise 3.005.900kcal/gün olmaktadır.

Bu verilerden yola çıkılarak ısı değıştiricisinin gücü hesaplanmıştır. En yüksek gerekli güç 394 kW, en düşük güç 146 kW olarak bulunmuştur. Kullanılacak ısı eşanjörlerinin ısı transfer verim değeri 0,95 alınarak **güç 415 kW** olarak seçilmiştir. Kojenerasyon ünitesi için daha önce yapılan hesaplamalarda elde edilen **562 kW** ısıtma gücü, bu ısı kaybını karşılamakta ve farklı amaçlarla kullanılabilecek (mekan ısıtma, ürün kurutma vb.) ısı enerjisinin varlığını bize göstermektedir. Kış aylarında en düşük 168 kW olan bu güç, özellikle hava sıcaklığının yüksek olduğu günlerde 250 kW'ın (maksimum 417 kW) üzerinde seyretmektedir. Yapılan hesaplamalar Şekil 23'de görölmektedir.



Şekil 23:Kullanılabilir atık ısı

12.3.SİSTEM MALİYETİ

Biyogaz sisteminin tahmini yatırım maliyeti, alt kategoriler bazında Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 25:Biyogaz Sistem Maliyetleri

KATEGORİLER	EURO
1 İnşaat İşleri	450.000
2 Karıştırıcı ve Pompalar	150.000
3 Otomasyon ve Elektrik İşleri	350.000
4 Kojenerasyon	350.000
5 Biyogaz Depolama ve Şartlandırma	200.000
6 Reaktör Isıtma Sistemi	50.000
7 Boru, Fittings ve Vanalar	35.000
8 Gözetleme Camları	35.000
9 Seperatörler	25.000
10 Projelendirme	50.000
11 İzinler	35.000
12 ÖngörülemeyenGiderler	85.000
13 MütahhitKarı	125.000
TOPLAM	1.940.000

İnşaat işleri: Biyogaz sistemi betonarme iki adet reaktörden ve iki adet besleme-boşaltma tankından oluşmaktadır. Reaktörler 28 m, tanklar 15 m çapa sahiptir. 40 cm kalınlıkta olan bu yapıların yükseklikleri, reaktörler için 6 m, tanklar için 5 m’dir. Sistemde ayrıca, 150 m² oturma alanına sahip, 4 m yüksekliğinde bir makina dairesi öngörülmüştür. Çıkan fermente atık seperatörden geçirildikten sonra, sıvı kısım 1400 m² alana sahip, 3,5 m derinlikte bir adet lagüne gönderilecektir. Lagün, toprak hafriyatı ölçülere göre yapıldıktan sonra tabanı membranla kaplanarak oluşturulacaktır. Ayrıca seperatörden alınan katı kısmın depolanacağı, yine 800 m² yüzey alanına sahip, betonarme bir katı gübre deposu yapılacaktır. İnşaat işleri bu kalemleri kapsamaktadır. Ayrıca kojenerasyon konteynırlarının, biyolojik desülfürizasyon ünitesinin, seperatörlerin ve biyogaz yakma bacasının kaideleri bu

kalem içerisinde. Reaktörlerin 10 cm straforla ve trapez sacla kaplanması, yürüme platformlarının yapılması işi de bu kalemde ele alınmıştır. Lagün dışında sistemin oturacağı 12.000 m² alanın çevre düzenlemesinin gerçekleştirilmesi, yolların yapılması ve sistem alanının çevresinin çitle kaplanması bu kapsamdadır.

Karıştırıcı ve pompalar: Biyogaz reaktörlerinde 2 adet hızlı karıştırıcı, 2 adet akış hızlandırıcı olmak üzere 4 adet dalgıç mikser kullanılacaktır. Besleme ve boşaltma tanklarının her birinde, bir adeti yedek olmak üzere 3'er adet dalgıç tip hızlı karıştırıcı olacaktır. Böylece toplam 14 adet dalgıç mikser bu kalemde ele alınmıştır. Reaktörlerin beslenmesinde ve fermente gübrenin Seperatörler ve diğer kullanım alanlarına sevk edilmesinde, parçalayıcı dalgıç pompalar kullanılacaktır. Bu pompaların sayısı, 2 adeti yedek olmak üzere toplam 6 adettir. Makina dairesinde yapılacak olan kolektör ile her bir reaktörden gerektiğinde diğer reaktörlere ve besleme-boşaltma tanklarına gübre karışımını yönlendirme sağlanacaktır. Burada da iki adet eksantrik vidalı pompa kullanılacaktır. Tüm bu ekipman bu kalem altında ele alınmıştır. Dalgıç pompa ve mikserlerin istasyonel ekipmanları da bu kalem altında değerlendirilmiştir. Fakat sıcak su sirkülasyon pompaları, boru ve fittings kategorisi altında maliyete dahil edilmiştir.

Otomasyon ve elektrik işleri: Sistemde 4 adet ultrasonik debimetre ve biyogaz için 2 adet vorteks tip debimetre bulunmaktadır. Ayrıca her tank için seviyelerin ve sıcaklıkların kontrolü amaçlı sensörler bulunmaktadır. Oluşturulacak otomasyon sisteminde SCADA yazılımı ve ara yüzü kullanılacaktır. Her bir ekipmanın kontrolü (mikser çalışma zamanı, frekansı, pompa çalışma zamanı, sıcaklık kontrolü, arıza göstergeleri vb.) tek bir merkezden, gerek manuel gerekse otomatik olarak sağlanacaktır. Gübre su karışımının sevk, pnomatik aktüatörlü vanalar ile sağlanabilecektir. Tüm ekipmanların MCC ve PLC panolarının imalatı bu kalem altında ele alınmıştır. Ayrıca elektrik tesisatı, sistem besleme ve şebekeye aktarım için gerekli teçhizat bu kategoride yer almaktadır. İki adet sabit tip çoklu gaz analizörü de bu kapsamdadır.

Kojenerasyon: Biyogaz sistemi, 470kW gücünde elektrik üretimine sahiptir. Bu kalem altında 1 adet konteynır, jeneratörler, ısı geri kazanım üniteleri, kontrol ekipmanları ve otomasyonu yer almaktadır.

Biyogaz depolama ve şartlandırma üniteleri: Üretilecek olan biyogaz, kullanıma bağlı dalgalanmaları dengelemek üzere, her bir reaktöre entegre olan 2 adet çift membranlı balonlarda depolanacaktır. Bu depolar üzerinde basınç/vakum valfi gibi emniyet teçhizatı bulunacaktır. Biyogaz kullanıma gönderilmeden önce H_2S giderimi sağlanacak ve içeriğinde bulunan nem uzaklaştırılacaktır. Ayrıca, kojeneratörlerde arıza olması veya gaz içeriğinde CH_4 oranının azalması durumunda yakmayı sağlamak üzere bir adet biyogaz yakma bacası bulunacaktır. Tüm bu üniteler bu kategori altında değerlendirilmiştir.

Reaktör ısıtma sistemi: Sistemin çalışma sıcaklığı 35 °C'dir. Reaktörlerde bu sıcaklığı sağlamak için, kojenerasyon ünitesinden elde edilen sıcak su kullanılacaktır. Bu su, her bir reaktör iç duvarına monte edilen 30'ar sıra 25x1,8'lik PEX boru içerisinden geçirilecektir. Bu borular, reaktör giriş ve çıkış flanşları, kolektörleri ve montaj ekipmanlarının tümü bu kategori altında maliyetlere dahil edilmiştir.

Boru, fittings ve vanalar: Sistem içerisinde gübre su karışımını ve fermente gübreyi sevk etmek amaçlı HDPE borular kullanılacaktır. Ayrıca kojeneratörden makina dairesine ve reaktörlere sıcak suyu göndermek amacıyla, kendinden izoleli borular sistemde yer alacaktır. Gübre hattında 26 adet bıçaklı vana kullanılacaktır. Bu vanaların 12 adeti pnomatik aktüatörlü olacaktır. Biyogazın şartlandırma ünitelerine ve kojeneratöre sevkinde AISI 316 kalite çelik borular kullanılacaktır. Tüm bu malzemeler ve bunların montajında kullanılacak olan fittings bu kalem altında değerlendirilmiştir. Ayrıca sıcak suyun sevk edilmesinde kullanılacak olan kuru ve ıslak rotorlu pompalar ve kapalı genleşme tankları, bu kalem içerisinde yer almaktadır.

Gözetleme camları: Reaktörlerde, mikserlerin durumunu, köpük oluşumunu ve karıştırma verimini kontrol amaçlı 5'er adet gözetleme camı bulunacaktır. Her bir camın üzerinde, su ile yıkama, silecek ve led ışık olacaktır. Ayrıca 2 adet cam üzerine kamera yerleştirilecek ve böylece uzaktan durum kontrolüne olanak sağlanacaktır. Bu kalem içerisinde tüm bu ekipman ile, özel kablolar, otomasyon bağlantı yazılımları ve montaj parçaları bulunmaktadır.

Seperatörler: Biyogaz üretimi sonrasında ortaya çıkan fermente atık, sıvı ve gaz

fazına ayrılarak kullanılacaktır. Bu amaçla 1 adet seperatör kullanılacaktır. Bu kalem altında bahsi geçen seperatör, otomasyon panosu ve seperatör binası yer almaktadır.

Projelendirme: Biyogaz sisteminin mimari, detay, statik, mekanik ve elektrik projelerinin hazırlanması ve onaya hazır hale getirilmesi bu kalem içerisinde yer almaktadır. Ayrıca borulamada detayların verilmesi de bu kapsam içerisinde bulunmaktadır.

İzinler: Üretilen elektriğin lisanssız üretim kapsamında değerlendirilmesi için gerekli izinler ve inşaat ile ilgili ruhsat ve benzeri yasal yükümlülükler için ortaya çıkacak maliyetler, bu kategori altında değerlendirilmiştir.

Öngörülmeleyen maliyetler: Sistem büyüklüğü ve karmaşıklığı göz önüne alınarak, nakliye, zemin iyileştirme, sistem farklılaştırılması gibi oluşabilecek yeni koşullardan ortaya çıkabilecek maliyetler bu kalem içerisine alınmış, yatırım tutarının % 5'i kadar bir bütçe maliyetlere bu kategori altında eklenmiştir.

Müteahhit karı: Toplam yatırım tutarının % 8'i olarak bütçelendirilen bu kalem, yüklenici firmanın karını oluşturmaktadır.

12.4.FAALİYET PLANI

Projenin hayata geçirilmesi için gerçekleştirilecek iş paketleri 14 madde altında aşağıda listelenmiştir.

Kesin yer tespiti ve zemin etüdü: Bu iş paketinde, tesisin yapılacağı yer kesin olarak tespit edilecek ve inşaat için gerekli zemin analizleri gerçekleştirilecektir.

Projelerin hazırlanması: Mimari, statik, mekanik ve elektrik uygulama projeleri bu iş paketinde hazırlanacaktır.

Ruhsatlama: Bir önceki iş paketinde hazırlanan projelerin onayı sağlanacak ve inşaat ruhsatı alınacaktır.

İnşaat alanının hazırlanması: Bu iş paketinde şantiye kurulumu gerçekleştirilecek ve gerekli kazı/dolgu işlemleri yapılacaktır.

İnşaat işleri: Reaktörlerin, besleme ve boşaltma tanklarının, makina dairesinin, ekipmanlar için gerekli kaidelerin, lagünlerin, katı gübre depolama sahasının ve diğer betonarme yapıların inşaatı bu iş paketi içerisinde.

Mekanik montaj: Pompaların, mikserlerin, gözetleme camlarının, emniyet ekipmanlarının ve desülfürizasyon ünitesinin montajları bu safhada gerçekleştirilecektir. Ayrıca borulama ve diğer mekanik montaj bu iş paketi kapsamındadır.

Kojenerasyon ünitesi montajı: Bu iş paketi kapsamında kojenerasyon konteynırlarının inşaat alanına getirilerek, mekanik montajı tamamlanacaktır.

Gaz depolama ünitelerinin montajı: Reaktörlerdeki mekanik montajın bitmesini takiben, gaz balonlarının ve emniyet ünitelerinin montajı tamamlanacak, mekanik sisteme entegrasyonu gerçekleştirilecektir.

Elektrik montajın ve otomasyonun tamamlanması: Bu iş paketi kapsamında, sistemin elektrik montajı tamamlanacak, otomasyon için gerekli olan sensörlerin, debimetrelerin montajı gerçekleştirilecek ve otomasyon ile ilgili yazılım hazır hale getirilecektir.

Sistem boşa denemelerinin gerçekleştirilmesi: Mekanik ve elektrik montajı gerçekleştirilen ekipmanların çalışma denemeleri bu iş paketi içerisinde.

Çevre düzenlemesinin tamamlanması: Bu iş paketinde çevre düzenlemesi tamamlanacak ve gerekli uyarı levhalarının konumlandırılması gerçekleştirilecektir.

Sistemin çalıştırılması: Biyogaz üretim denemelerine bu iş paketinde başlanacaktır. Reaktörler doldurulacak, ilk ısıtma gerçekleştirilecek, elde edilen biyogaz yakma bacasında yakılacak ve kojenerastörde kullanılacaktır.

Hataların düzeltilmesi: İlk çalıştırma aşamasında tespit edilen mekanik ve elektrik montaj hataları ile kaçaklar, bu iş paketinde düzeltililecektir.

Devreye alma ve eğitim: Sistem hataları düzeltildikten sonra devreye alma gerçekleştirilecek, son kullanıcı sorumlularına gerek teorik gerekse pratik eğitimler verilerek bu iş paketinde sistem teslim edilecektir.

Yukarıda açıklamaları verilen iş paketlerinin gerçekleştirilme süreleri Tablo 25’de verilmiştir

Tablo 26: İş paketlerinin gerçekleştirilme süreleri

No	Faaliyet	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Kesin yer tespiti ve zemin etüdü												
2	Projelerin hazırlanması												
3	Ruhsatlama												
4	İnşaat alanının hazırlanması												
5	İnşaat işleri												
6	Mekanik montaj												
7	Kojenerasyon ünitesi montajı												
8	Gaz depolama ünitelerinin montajı												
9	Elektrik montajın ve otomasyonun tamamlanması												
10	Sistem boşta denemelerinin gerçekleştirilmesi												
11	Çevre düzenlemesinin tamamlanması												
12	Sistemin çalıştırılması												
13	Hataların düzeltilmesi												
14	Devreye alma ve eğitim												

12.5. EKONOMİK DEĞERLENDİRME

12.5.1.Elektrik üretimi:Önceki bölümlerde ilk yatırım maliyeti belirtilen biyogaz sisteminin ekonomik analizi bu bölümde gerçekleştirilecektir. Sistemin birincil çıktısı elektrik üretimidir. Elektrik üretiminin yanı sıra ısı enerjisi üretimi de söz konusudur. Diğer bir önemli çıktı fermente gübredir. Biyogaz üretim süreci sonucunda elde edilen ve azot yönünden zengin olan fermente gübre, sıvı ve katı olarak ayrılarak kullanıldığı gibi doğrudan da kullanılabilir. Biyogaz sistemleri aynı zamanda anaerobik arıtım üniteleridir. Bu nedenle dolaylı getiriler arasına, organik kirleticilerin giderim maliyetlerinin eklenmesi de gerekmektedir. Bu açıklamalar ışığında kurulacak sistemin getirilerinin parasal karşılıkları maddeler halinde aşağıda verilmiştir. **Elektrik üretimi:** Sistem 470 kW elektrik üretim gücüne sahiptir. Yılın altı ayı sistem tam güçte çalıştırılabilir. Fakat yaylacılık ve mera hayvancılığının yoğun olduğu diğer altı aylık dönemde sistemin yarı güçte çalıştırılabileceği göz önüne alınmıştır. Kojenerasyon ünitesinin bir yıllık çalışma saati 8.760 saattir. Fakat çalışma saatini, sistem bakımı ve arızalar nedeniyle 8.300 saat olarak aldığımızda, 4.150 saat 470 kW, 4.150 saat 235 kW güçle sistemin çalışacağı varsayılmıştır. Bu şekilde bir yılda sistemden elde edilebilecek elektrik enerjisi miktarı, 2,925 GWh olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu değeri lisanssız elektrik üretiminde belirlenen 13,3 dolar sent/kWh değeriyle çarptığımızda yıllık toplam **389.025 dolar** getiri ile karşılaşırız. Euro karşılığı **348.698 EURO/yıl**'dır. Bu getirinin tamamı hesaplara yansıtılmıştır.

12.5.2.İsı üretimi:Projelendirme bölümündeki ısı analizlerde görüldüğü gibi, kojeneratörden elde edilen ısı enerjisi reaktörlerin ısıtılmasında kullanılmaktadır. Bu ihtiyaç karşılandıktan sonra geriye yine özellikle ısıtmada kullanılabilecek ısı güç kalmaktadır. Bu ısı güç kış ayları için 250 kW değerindedir. Bu gücün ilçede bulunan ortak kullanım alanlarını ısıtmada değerlendirildiği ve sadece soğuk aylarda kullanıldığı varsayıldığında toplam elde edilen ısı enerjisi 928.800.000kcal'dir. Bu miktar enerjinin kömür karşılığı 154,8 tondur. Kömürlü kazanların verim değerlerinin % 60 civarında olduğu da hesaba katıldığında bu miktar 258ton'a yükselmektedir. Parasal karşılığı ise piyasa değerlerine göre yaklaşık **44.892 EURO/yıl** olarak karşımıza çıkar. Isı enerjisinin yaz aylarında da kullanılması durumunda (ürün kurutma vb.) bu değer yaklaşık iki kat artabilecektir.

12.5.3.Fermente gübre üretimi:Biyogaz üretimi sonunda geriye azot yönünden zengin fermente atık kalmaktadır. Bu atık Avrupa ülkelerinde ticari olarak satılmaktadır. Fakat ülkemizde daha pazarı oluşmamıştır. Fermente gübrenin parasal olarak karşılığını bulabilmek için içeriğindeki ana besin maddelerinin kimyasal gübre karşılıklarının çıkarılması gerekmektedir. Ülkemizde bu tip çalışmalar sonucu 14,71 EURO/m³ değer belirlenmiştir. Fakat daha önce bahsettiğimiz pazarın oluşmaması, kullanıcıların fermente gübrenin yararlarından habersiz olması gibi nedenlerle, elde edilen gübrenin sadece % 20'sinin ticari değere dönüşebileceği öngörülmüştür. Buradan yola çıkıldığında tesisten bir yılda elde edilecek fermente atığın parasal karşılığı, **205.101 EURO** olarak bulunur.

12.5.4.Organik atık giderimi: Biyogaz sistemlerinin diğer yenilenebilir enerji sistemlerinden farkı, enerji üretimi yanında organik kirleticilerin arıtımını da sağlamasıdır. Bu çok önemli işlevin, ekonomik analize yansıtılması gerekmektedir. Fakat ülkemizde fermente gübrede yaşanan zorluk, atık bertaraf maliyetinde de karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle bir tahminleme yapmak gerekmektedir. Bu tahminleme için, atıkların en azından taşıma maliyetlerinin belirlenmesi önemlidir. Fakat burada da karşımıza atıkların sevk edileceği uzaklıklar çıkmaktadır. Tüm bu zorluklar göz önüne alındığında, iyimser bir tablo çizmemek için atık bertarafı m³ başına 1 EURO gibi düşük bir değerde tutulmuştur. Bu şekilde tesisin yılda 46.687 m³ atığın arıtıldığı ve bunun parasal karşılığının **46.687 EURO/yıl** olduğu yapılan analizlerde dikkate alınmıştır.

Böylece biyogaz tesisinin toplam getirisi, **645.378 EURO/yıl** olarak bulunur.

Sistemin ekonomik analizini yapabilmek için, yatırım maliyetleri dışında işletim maliyetlerini de tespit etmek gerekmektedir. Bu maliyetler; içsel enerji kullanımı, bakım/onarım giderleri, personel harcamaları gibi kalemlerden oluşmaktadır. Fizibilite raporuna konu olan tesisin özelinde, bu maliyetlere atıkların sisteme taşınmasından doğan maliyetlerinde eklenmesi gerekmektedir.Tüm bu maliyet kalemleri aşağıda maddeler şeklinde özetlenmiştir

12.5.5.İçsel elektrik tüketimi: Daha önceki analizlerde biyogaz sisteminde bulunan ekipmanların günlük toplam elektrik tüketimi 3.580kWh/gün olarak bulunmuştu. Bu harcama tutarına, aydınlatma, soğutma vb. gibi içsel tüketim miktarları da dahil

edilerek 4.000kWh/gün harcama varsayılabılır. Bu harcamanın, tesiste üretilen elektrikle karşılanacağı, bu nedenle 0,133 dolar sent/kWh satış fiyatının maliyet olarak karşımıza çıkacağı açıktır. Bu bağlamda yıllık toplam maliyet 194.180 USD, günlük kur ele alındığında **174.051 EURO** olarak bulunur.

12.5.6.Bakım/Onarım giderleri: Tesis içerisinde elektromekanik cihazlar bulunmaktadır. Ayrıca kojenerasyon ünitesi içten yanmalı gaz motorları ihtiva etmektedir. Bu nedenle rutin bakımlar ve karşılaşılabilecek sorunlarda yapılacak onarımlar söz konusudur. Bu kalemin fiyatlandırılmasında, bu tip tesislerin çalıştırılmasından elde edilen istatistiki veriler kullanılmaktadır. Kojenerasyon ünitelerinde yağ değişimi, bakım gibi değerler, üretilen kWh enerji başına 1,1 EURO sent olarak alınabilir. Bu şekilde yıllık **32.175 EURO** maliyet bulunur. Ayrıca diğer ekipmanlar için ilk yatırım tutarının % 2'si bakım onarım maliyeti olarak alınabilir. Bunun da parasal karşılığı yaklaşık **38.800 EURO/yıl**'dır. Böylece tesisin yıllık bakım/onarım harcamaları **70.975 EURO** olarak bulunur.

12.5.7.Personel harcamaları: Tam otomasyona sahip olan tesisin işletilmesinde 1 mühendis ve 1 teknikerin (elektrik/mekanik) bulunması yeterli olacaktır. Mühendisin ülkemiz koşullarında maaşı 2.000 EURO/ay, teknikerin maaşı 1.300 EURO/ay olarak alınabilir. Böylece tesiste yıllık personel harcaması **39.600 EURO** olarak karşımıza çıkar.

12.5.8.Atıkların tesise taşınması: Tesise günlük 128 m³ atık çevre çiftliklerden getirilecektir. Bu çiftlikler tesisin kurulacağı alana 1-2 km mesafededir. Ortalama olarak 1,5 km mesafe göz önüne alındığında, vidanjörün 1 seferi yaklaşık 3 km olarak hesaba dahil edilebilir. Projede ön görülen 20 ton kapasiteli vidanjörle sefer sayısı 7 olacaktır. Bu tip araçların 100 km'de yaklaşık 33 litre motorin tüketeceği de göz önüne alındığında, yıllık atık taşıma maliyeti **3.519 EURO** civarında olacaktır.

Böylece tesisin yıllık işletim maliyeti toplam **288.145 EURO** olarak bulunur. Buradan yıllık net getiri ise **357.233 EURO** olarak karşımıza çıkar.

Mali Net Bugünkü Değer (MNBD)'in bulunmasında, işletme gelir ve giderleri hesaplamalarından elde edilen veriler kullanılmıştır. Projenin ekonomik ömrü 20 yıl ve indirgeme oranı % 12 olarak hesaba dahil edilmiştir. 20. yılda sistemin hurda

değeri, inşaat kalemlerinin yüksekliği nedeniyle, ilk yatırım maliyetinin % 15'i olarak hesaplara dahil edilmiştir. Bu şekilde

$$\begin{aligned}
 \text{MNBD} = & \frac{-1.940.000}{(1 + 0,12)^0} + \frac{357.233}{(1 + 0,12)^1} + \frac{357.233}{(1 + 0,12)^2} + \frac{357.233}{(1 + 0,12)^3} \\
 & + \frac{357.233}{(1 + 0,12)^4} + \frac{357.233}{(1 + 0,12)^5} + \frac{357.233}{(1 + 0,12)^6} + \frac{357.233}{(1 + 0,12)^7} \\
 & + \frac{357.233}{(1 + 0,12)^8} + \frac{357.233}{(1 + 0,12)^9} + \frac{357.233}{(1 + 0,12)^{10}} + \frac{357.233}{(1 + 0,12)^{11}} \\
 & + \frac{357.233}{(1 + 0,12)^{12}} + \frac{357.233}{(1 + 0,12)^{13}} + \frac{357.233}{(1 + 0,12)^{14}} + \frac{357.233}{(1 + 0,12)^{15}} \\
 & + \frac{357.233}{(1 + 0,12)^{16}} + \frac{357.233}{(1 + 0,12)^{17}} + \frac{357.233}{(1 + 0,12)^{18}} \\
 & + \frac{357.233}{(1 + 0,12)^{19}} + \frac{291.000}{(1 + 0,12)^{20}}
 \end{aligned}$$

$$\text{MNBD} = 644.166 \text{EURO}$$

olarak elde edilir. Bu verilerden projenin İç Karlılık Oranı (İKO),

$$\text{İKO} = \% 17$$

Geri Ödeme Süresi (GÖS);

$$\text{GÖS} = 9 \text{ yıl}$$

olarak bulunur.

13. KARS–SARIKAMIŞ

ALİSOFU/BOZAT/HAMAMLI/ASBUĞA

MAHALLELERİ

MERKEZİ BİYOGAZ TESİSİ

FİZİBİLİTE RAPORU

13.1.PROSES TARİFİ

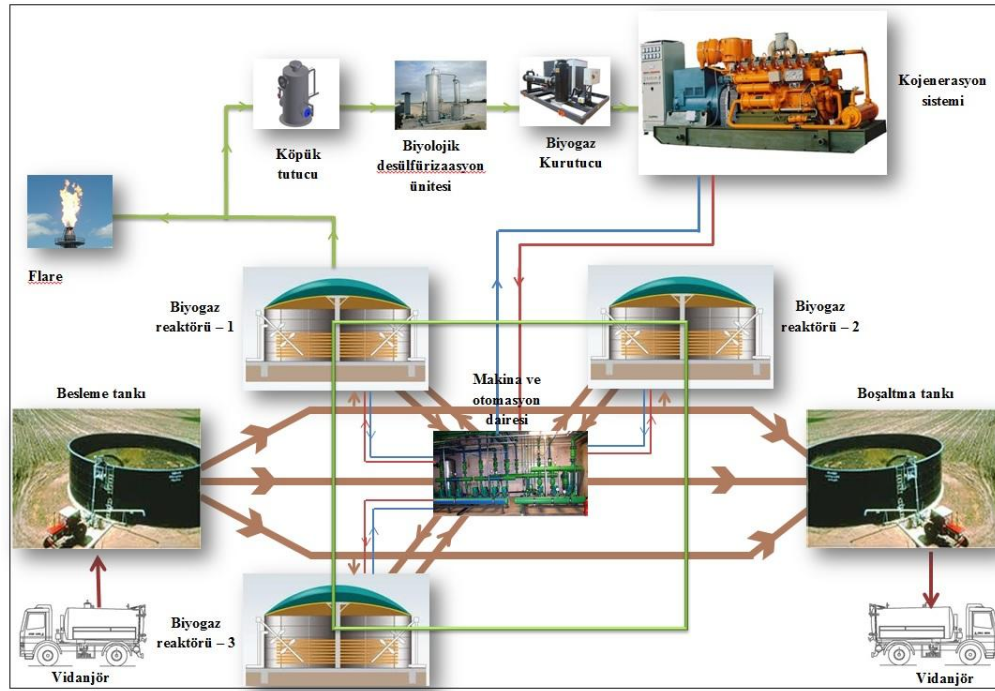
13.1.1.BİYOGAZ TESİSİ ÜNİTELERİ

KARS/SARIKAMIŞ Alisofu Mahallesinde kurulması planlanan ve akış şeması Şekil 24 'de verilen Merkezi Biyogaz Tesisi 4 üniteden oluşmaktadır:

- Biyogaz Üretim Üniteleri
 - Ön Dengeleme (Besleme) Havuzu
 - 3 Adet Biyogaz Reaktörü
 - Fermente Gübre Depolama Havuzu
 - Seperatör
 - Sıvı Gübre Lagünü
 - Katı Gübre Deposu
- Biyogaz Yıkama ve Şartlandırma Üniteleri
 - Biyogaz Deposu (3 Adet – Biyogaz Reaktörlerine Entegre)
 - Köpük Tutucular
 - Kondens Tutucular

- Biyolojik Desülfürizasyon Ünitesi
- Biyogaz Yakma Bacası
- Enerji Ünitesi
 - Kojenerasyon Sistemi
- Kimyasal Hazırlama ve Dozlama Üniteleri
 - FeCl₃ Dozaj Ünitesi

13.1.2.BİYOĞAZ SİSTEMİ TARİFİ



Şekil 24. Biyogaz Tesisi Akış Şeması

Şekil 24 de akış şeması verilen Biyogaz Tesisi, Alisofu, Bozat, Hamamlı ve Asbuğa mahallelerinde bulunan ahırlardan alınan büyükbaş hayvan atığı ile işletilecektir. Ahırlardan alınan atıklar, vidanjörler aracılığıyla ön dengeleme (besleme) havuzuna aktarılacaktır. Ön dengeleme havuzunda katımadde miktarı % 10'a getirilen atıklar, dalgıç karıştırıcılar yardımıyla karıştırılacak, bu şekilde çökelmeler önlenerek, atığın homojen olması sağlanacaktır. Ön dengeleme havuzundan iki ayrı dalgıç pompa ile basılan bu karışım, debimetre ile debisi ölçülerek iki ayrı hatta verilebilecektir. Bu

hatlardan biri 1. ve 2. biyogaz reaktörleriyle bir sorun durumunda kullanılmak üzere fermente gübre deposuna çekilen tesisattan oluşmaktadır. Diğer 3. biyogaz reaktörüyle aynı şekilde bir sorun durumunda kullanılmak üzere fermente gübre deposuna çekilen hattır. Biyogaz reaktörlerine basılan atık, reaktör içerisinde bulunan 4 adet karıştırıcı tarafından karıştırılacak ve kojenerasyon ünitesinden alınan sıcak suyun sirküle edildiği ısıtma boruları ile belirlenen çalışma sıcaklığına kadar ısıtılacaktır. Reaktörlere girişte atığa, FeCl_3 dozajlama ünitesi ve statik mikser yardımıyla H_2S oluşumunu azaltmak amacıyla FeCl_3 eklenecektir. Reaktörler içerisindeki atık, mekanik dairede bulunan toplama kolektörüne iletilecek ve buradan pompa yardımıyla basma kolektörüne aktarılacaktır. Basma kolektöründe, her bir reaktöre, boşaltma tankına ve besleme tankına çıkışlar bulunacaktır. Bu şekilde atık, otomasyon ve pnomatik aktüatörlü vanalar aracılığıyla istenilen hatta debileri ölçülerek basılabilecektir. Boşaltma tankına alınan fermente atık, gerektiğinde seperatöre gönderilerek, katı ve sıvı faza ayrılacak, sıvı faz lagüne, katı faz depolama ünitesine alınacaktır. Fermente gübrenin sıvı olarak kullanılması istendiğinde aktarım vidanjör yardımıyla gerçekleştirilecektir. Fermente gübre depolama havuzunda atığın çökmesini önlemek üzere dalgıç karıştırıcılar bulunacaktır.

Reaktörlerden elde edilen biyogaz, her bir reaktöre entegre olan çift membranlı gaz deposunda depolanacaktır. İç ve dış membrandan oluşan bu depoda, reaktör basıncının sabit tutulması amacıyla iki membran arasına hava basılacaktır. Gaz depoları birbirine paralel bağlanacaktır. Buradan alınan biyogaz, köpük giderici ve kondens tutucudan geçirilecektir. Kullanımdan önce biyolojik desülfürizasyon ünitesinde H_2S miktarı 200 ppm seviyesine düşürülen biyogaz, debisi ölçülerek, bir fan yardımıyla basınçlandırılıp, kullanılmak üzere kojenerasyon ünitesine iletilecektir. Sistemde bir sorun olması durumunda biyogaz yakma bacasına iletilecektir. Kojenerasyon ünitesinde biyogaz kullanılarak elektrik ve ısı enerjisi üretilcektir. Elde edilen ısı, biyogaz reaktörlerinin ısıtılmasında kullanılacak artanı ise ortak kullanım alanlarının (okul, sağlık ocağı, cami v.b.) ihtiyaçlarını karşılamak üzere sevk edilecektir. Elektrik enerjisi ise şebekeye verilecektir.

13.1.3.TOPLAM ATIK MİKTARININ HESAPLANMASI

Tesiste, Alisofu, Bozat, Hamamlı ve Asbuğa mahallelerindeki çiftliklerde bulunan büyükbaş hayvanların atığı kullanılacaktır. Bu üç mahalledeki 356 işletmede toplam 7.020 adet büyükbaş hayvan bulunmaktadır. Fakat atıkların vidanjörlerle alınarak taşınacağı göz önüne alındığında, küçük işletmelerin (1- 20 adet büyükbaş a sahip) atıklarından yararlanmanın işletme maliyetlerini artıracığı düşünülmektedir. Toplam işletme sayısına oranı % 67 olan bu tip küçük işletmelerde bulunan büyükbaş hayvan sayısı oranı ise % 26,36'dır. 20 adet ve üzeri hayvan varlığına sahip işletme sayısı ise 116'dır. Atıkların toplanması sırasında karşılaşılabilecek, atıklara yabancı maddelerin karıştırılması, atık kaybı vb. sorunların çözümünde bu sayının nispeten az olması bir avantajdır. Bu nedenle hesaplamalarda 20 büyükbaş ve üzeri hayvan varlığı olan işletmelerden alınacak atıklar kullanılmıştır. Bu şekilde elde edilen büyükbaş hayvan sayısı ise 5.169'dur. Ancak Nisan – Eylül ayları arasındaki yaylacılık ve mera hayvancılığı göz önüne alındığında, atıklarından yararlanılacak hayvan sayısının yaklaşık % 45 azaldığı varsayıldığında bu sayı 2.843'lere gerilemektedir. Tesis maksimum değer olan 5.169 büyükbaş hayvana göre dizayn edilmiştir. Atık miktarındaki düşmeden doğacak sıkıntıların, biyogazı depolayarak, aynı güçte bir kojenerasyon ünitesinin günün daha az zamanında çalıştırılmasıyla atlatılabileceği öngörülmüştür. Bu durum işletmenin geliri hesaplanırken göz önüne alınmıştır. Günlük toplam atık miktarının hesaplanmasında, hayvan başına atık miktarı 30 kg/gün olarak alınmıştır. Buna göre günlük atık miktarı;

Atık Miktarı = 5.169 adet X 30 kg/adet.gün = 155.070 kg/gün = 155,07 ton/gün olarak bulunur. Yapılan analizlerde atığın yoğunluğu 986 kg/m³ olarak alınmıştır. Buradan yola çıkarak günlük hacimsel atık miktarı;

Hacimsel Atık Miktarı = 155.070 kg/gün ÷ 986 kg/m³ = 157,27 m³/gün olarak bulunur. Atıkların toplam katı maddesi (TK) % 15 olarak alınmıştır. Bu veri göz önüne alındığında günlük toplam katı madde miktarı;

Katı Madde Miktarı = 157,27 m³/gün X 0,15 = 23,59 m³/gün olarak karşımıza çıkmaktadır. Reaktör içerisindeki atıkların TK dizayn değeri % 10'dur. Bu nedenle, atıkların sulandırılması gerekmektedir. Bu gereksinim, ahırlarda kullanılan yıkama

suyu ile düşecek ve ön dengeleme havuzunda gerektiğinde su ilave edilerek katı madde miktarı % 10 seviyesinde tutulacaktır. Eklenecek su miktarı maksimum;

Su Miktarı = (23,26 ton/gün ÷ 0,10) – 155,07ton/gün = 77,53 ton/gün olmalıdır. Suyun yoğunluğunun 1.000 kg/m³ olduğu göz önüne alındığında, reaktöre günlük beslenecek hacimsel atık miktarının değeri;

Kullanılacak Hacimsel Atık Mik. = 157,27 m³/gün + 77,53 m³/gün = 234,8 m³/gün olarak hesaplanır. Biyogaz üretiminde önemli bir parametre de toplam uçucu katı madde (UK) miktarıdır. Bu değer % 80 olarak hesaplara dahil edildiğinde, kullanılabilir UK miktarı;

Uçucu Katı Madde Miktarı = 23,26 ton/gün X 0,80 = 18,6 ton/gün olarak bulunur.

13.2.PROSES TASARIMI

13.2.1.ÖN Dengeleme Havuzu Boyutları

Ön dengeleme havuzunun hacminin belirlenmesinde, günlük olarak biyogaz reaktörüne beslenecek materyalin hacimsel miktarı göz önüne alınır. Vidanjörle taşıma göz önüne alındığında sistem işleyişinde sorun yaşanmaması için kullanılabilir havuz hacmi, günlük atık miktarının beş katı olacak şekilde seçilmiştir. Buna göre;

Kullanılabilir Ön Dengeleme Havuzu Hacmi = 5 X 234,8 m³ = 1.174 m³ olarak bulunur. Havuzun çapı 22 m olarak alındığında **kullanılabilir havuz yüksekliği 3,08 m** olarak hesaplanır. Ön dengeleme havuzunun toplam hacmine, kullanılabilir hacme hava payının eklenmesiyle ulaşılır. Genellikle kullanım hacminin 1,5 katı alınabilir. Bu şekilde;

Toplam Hacim = 1.174 X 1,5 = 1.761 m³ değerine ulaşılır. Buradan **minimum havuz yüksekliği 4,63 m** olarak bulunur. Bu yükseklik 5 m olarak seçilmiştir. Elde edilen minimum havuz boyutları Tablo 27.'de verilmiştir.

Tablo 27:Ön dengeleme havuzu boyutları

<i>Havuz çapı (m)</i>	22
<i>Havuz yüksekliği (m)</i>	5
<i>Toplam hacim (m³)</i>	1.900
<i>Kullanılabilir havuz yüksekliği (m)</i>	3,08
<i>Kullanılabilir hacim (m)</i>	1.174

13.2.2.BİYOGAZ REAKTÖRÜ BOYUTLARI

Reaktör boyutunun hesaplanmasında en önemli faktör, bekletme süresinin belirlenmesidir. Uçucu katı gideriminin % 85 – 90 olduğu gün sayısı bekletme süresini verir. Tesisin mezofilik bölgede ve sıgır atığıyla çalıştığı göz önüne alınarak **bekletme süresi 35 gün** olarak seçilmiştir. Günlük hacimsel atık miktarı göz önüne alınarak kullanılabilir reaktör hacmi;

Rektör Hacmi = 234,8 m³/gün X 35 gün = 8.218 m³ olarak elde edilir. Hacmin büyüklüğü nedeniyle reaktör sayısı artırılmış, üç adet reaktör düşünülmüştür. Böylece her bir reaktör hacmi;

Birim Rektör Hacmi = 8.218m³÷3adet = 2.740 m³ olarak bulunur. **Reaktör çapı 26 m** olarak seçildiğinde kullanılabilir reaktör **yüksekliğinin ise 5,16 m** olduğu görülmektedir. Reaktör boyutlarının belirlenmesinde diğer bir faktör ise reaktör üzerinde bırakılacak boşluğun tespit edilmesidir. Genel yaklaşım, sıvı seviyesinin üzerinde minimum 0,5 – 1,0 m boşluk bırakılması şeklindedir. Sistem dizaynında bu değer **0,84 m** olarak alınarak **reaktör yüksekliği 6 m**'ye tamamlanmıştır. Bu şekilde bekletme süresindeki veya atık miktarındaki küçük değişimler karşılanabilecektir. Bu

durumda **toplam birim reaktör hacmi 3.200 m³** olarak bulunur. Elde edilen reaktör boyutları Tablo 28’de gösterilmiştir.

Tablo 28:Biyogaz reaktörü boyutları

<i>Reaktör çapı (m)</i>	26
<i>Reaktör yüksekliği (m)</i>	6
<i>Toplam reaktör hacmi (m³)</i>	3.200
<i>Kullanılabilir reaktör yüksekliği (m)</i>	5,16
<i>Kullanılabilir reaktör hacmi (m³)</i>	2.740

13.2.3.REAKTÖR KATI MADDE VE UÇUCU KATI MADDE YÜKLEMESİ

Reaktör hacmi başına katı ve uçucu katı madde yükleme değerleri, biyogaz üretimi için önemlidir. Kurulacak olan biyogaz tesisinin kullanılabilir hacim başına katı madde yükleme değeri;

Katı Madde Yükleme = $23.260 \text{ kg/gün} \div (3 \times 2.740) \text{ m}^3 = 2,83 \text{ kg/m}^3.\text{gün}$ olarak bulunur. Uçucu katı madde yükleme değeri ise;

Uçucu Katı Madde Yükleme = $18.600 \text{ kg/gün} \div (3 \times 2.740) \text{ m}^3 = 2,26 \text{ kg/m}^3.\text{gün}$ değeriyle kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

13.2.4.GÜNLÜK BİYOĞAZ ÜRETİMİNİN HESAPLANMASI

Beklenen günlük biyogaz üretiminin hesaplanabilmesi için, 35 günlük bekletme süresinde giderilen UK miktarının bilinmesi gerekmektedir. Bu raporda35. günde % 90 giderimin sağlandığı ve UK giderim veriminin % 50 olduğu göz önüne alınmıştır. Kurulacak olan tesiste günlük olarak işlenecek UK miktarı 18,6 tondur. Buradan giderilen UK miktarı;

Uçucu Katı Madde Giderimi = 18,6 ton/gün X 0,50 = 9,3 ton/gün olarak elde edilir. Metan oluşumu giderilen kg UK başına 350 litre olarak alındığında günlük metan (CH₄) üretimi;

Metan Üretimi = 9.300 kg/gün X 0,35 m³/kg = 3.255 m³/gün olarak bulunur. Deneyimler biyogaz içerisindeki CH₄ oranının % 50 – 65 civarında olduğunu göstermiştir. Metan oranı % 55 alındığında günlük biyogaz üretimi;

$$\text{Biyogaz Üretimi} = 3.255 \text{ m}^3/\text{gün} \div 0,55 = 5.918 \text{ m}^3/\text{gün}$$

olarak hesaplanır. % 55 CH₄ içeriğine sahip biyogazın alt ısı değeri yaklaşık olarak 21 MJ/m³ (5020 kcal/m³ – 5,837 kWh_t/m³)’dür. Kojenerasyon ünitesinin elektrik çevrim verimi % 40 ve termal verim % 48 alındığında, günlük elektrik üretimi,

$$\text{Elektrik Üretimi} = 5.918 \text{ m}^3/\text{gün} \times 5,837 \text{ kWh}_t/\text{m}^3 \times 0,40 = 13.817 \text{ kWh/gün}$$

olarak bulunur. Kurulu gücü bulmak için, kojenerasyon ünitesinin günde 24 saat çalışacağı öngörüldüğünde,

Jeneratör Gücü = 13.817kWh ÷ 24 saat = 575kWe olarak karşımıza çıkar. Termal enerji üretimi ise;

$$\text{Termal Enerji Üretimi} = 5.918 \text{ m}^3/\text{gün} \times 5020 \text{ kcal/m}^3 \times 0,48 = 14.260.000 \text{ kcal/gün}$$
 olarak hesaplanmıştır. Buradan termal güç;

$$\text{Termal Güç} = 14.260.000 \text{ kcal} \div 24 \text{ saat} = 595.000 \text{ kcal/saat} = 690 \text{ kW}$$
 olarak bulunur.

13.2.5.FERMENTE GÜBRE DEPOLAMA HAVUZU BOYUTLARI

Fermente gübre depolama havuzunun boyutları, ön dengeleme havuzu ile aynıdır. Fermente gübre depolama havuzundaki atıklar, susuzlaştırma amacıyla seperatöre aktarılacaktır. Aktarılan atığın katı madde miktarı;

Fermente Atık Katı Madde Miktarı = 23,26 ton/gün – 9,3 ton/gün = 13,96 ton/gün bulunur. Havuzdaki atığın yoğunluğu 995 m³/kg alındığında,seperatöre gönderilecek fermente atığın TK miktarı;

$$\text{Fermente Atık TK} = 13,96 \text{ ton/gün} \div 233,626 \text{ ton/gün} = 0,059 = \% 6$$

olarak elde edilir. Speratörün günde 10 saat çalıştırıldığı varsayıldığında katı madde kapasitesi;

$$\text{Seperatör Katı Madde Kapasitesi} = 13.960 \text{ kg} \div 10 \text{ saat} = 1.396 \text{ kg/saat}$$

olmaktadır. Seperatörün hidrolik kapasitesi ise;

$$\text{Seperatör Hidrolik Kapasitesi} = 234,8 \text{ m}^3 \div 10 \text{ saat} = 23,48 \text{ m}^3/\text{saat}$$

olarak bulunur.Kapasitenin büyüklüğü göz önüne alınarak iki adet seperatör seçilmiştir. Böylece bir problem halinde yedekleme söz konusu olabileceği gibi, ön görülemeyen yük artışlarının da karşılanabilmesi düşünülmüştür.

13.2.6. BİYOGAZ TESİSİNİN ELEKTRİK TÜKETİMİ

Tablo 29: Biyogaz tesisindeki ekipmanların günlük elektrik enerjisi tüketimi

EKİPMAN	Asıl (Adet)	Yedek (Adet)	Motor Gücü (kW)	Kurulu Güç (kW)	Çalışma Süresi (saat)	Çalışma Gücü (kW)	Elektrik Tüketimi (kWh/gün)
Besleme Havuzu Karıştırıcıları	3	1	11	44	10	33	330
Reaktör Besleme Pompaları	2	1	9	27	10	18	180
Biyogaz Reaktörü Karıştırıcıları	6	0	15	90	16	90	1.440
Biyogaz Reaktörü Karıştırıcıları	6	0	5,5	33	16	33	528
Kojen-Mekanik Daire Sirk. Pomp.	1	1	7,5	15	24	7,5	180
Kolektör-Reaktör Sirk. Pompası	4	4	2,2	17,6	24	8,8	211,2
Atık Dağıtım Pompası	1	1	22	44	10	22	220
Depolama Havuzu Karıştırıcıları	3	1	11	44	10	33	330
Seperatör Besleme Pompaları	2	1	9	27	10	18	180
Seperatör	2	0	5,5	11	15	11	165
Biyogaz Fanı	1	0	7,5	7,5	24	7,5	180
Biyolojik desülfürizasyon ünitesi	1	0	8	8	24	8	192
Chiller	1	0	18	18	24	18	432
FeCl₃ Dozaj Pompası	4	0	0,01	0,04	10	0,04	0,4
MembranBlowerı	4	0	0,55	2,2	24	2,2	52,8
TOPLAM							4.621,4

Tablo 29'den görüleceği gibi, biyogaz tesisindeki ekipmanların günlük elektrik enerjisi tüketimi 4.621kWh'dır. Kojenerasyon ünitesinden elde edilen elektrik enerjisi ise günlük 13.817kWh olarak hesaplanmıştır. Geriye kalan elektrik enerjisi şebekeye satılacaktır.

13.2.7. BİYOGAZ REAKTÖRÜ ISITMA İHTİYACI

Biyogaz reaktörünün çalışma sıcaklığı 35°C olarak seçilmiştir. Sıcaklığın sabit tutulabilmesi amacıyla, kojenerasyon ünitesinden elde edilen ısı enerjisi kullanılacaktır. Biyogaz reaktörünün ısı kayıpları, reaktör yüzeylerinden oluşan ısı kaybı Q_r , besleme materyalinin reaktör sıcaklığına getirilmesi için gerekli ısı akımı Q_b , reaktörü terkeden biyogazla oluşan ısı kaybı Q_g , buharlaşma yoluyla oluşan ısı kaybı Q_e ve reaksiyon sırasında gerekli ısı akımı Q_k ile gösterilmiştir.

Bu kayıplar göz önüne alındığında, sistemin ısı dengesini korumak için gerekli toplam ısı ihtiyacı Q_t şu şekildedir:

$$Q_t(W) = Q_r + Q_b + Q_g + Q_e + Q_k$$

Yukarıdaki eşitlikte Q_g , Q_e ve Q_k diğerlerinin yanında ihmal edilebilecek büyüklüktedir. Bu yüzden reaktörün toplam ısı ihtiyacı;

$$Q_t(W) = Q_r + Q_b$$

şeklinde yazılabilir. Reaktör yüzeylerinden oluşan ısı kaybı Q_r şu şekilde hesaplanır:

$$Q_r(W) = A \cdot K_T \cdot \Delta T$$

Bu formülde toplam reaktör yüzey alanı A (m^2), toplam ısı geçiş katsayısı K_T ($W/m^2\text{°C}$) reaktör çalışma sıcaklığı ile çevre sıcaklığı arasındaki fark ΔT ($^{\circ}\text{C}$) olarak verilmiştir. K_T hesaplanırken reaktör yüzeylerinde bulunan malzeme katmanlarının kalınlıkları $l_n(m)$ ve ısı iletim katsayıları $\lambda_n(W/m^{\circ}\text{C})$ göz önüne alınır. Reaktörün bulunduğu ortamın ısı taşınım katsayısı $\alpha_{dış}$ ($W/m^2\text{°C}$) ve reaktör içindeki besleme materyalinin ısı taşınım katsayısı $\alpha_{iç}$ ($W/m^2\text{°C}$) yardımıyla toplam ısı geçiş katsayısı;

$$\frac{1}{K_T} = \frac{1}{\alpha_{iç}} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{l_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{dış}}$$

eşitliğiyle hesaplanır.

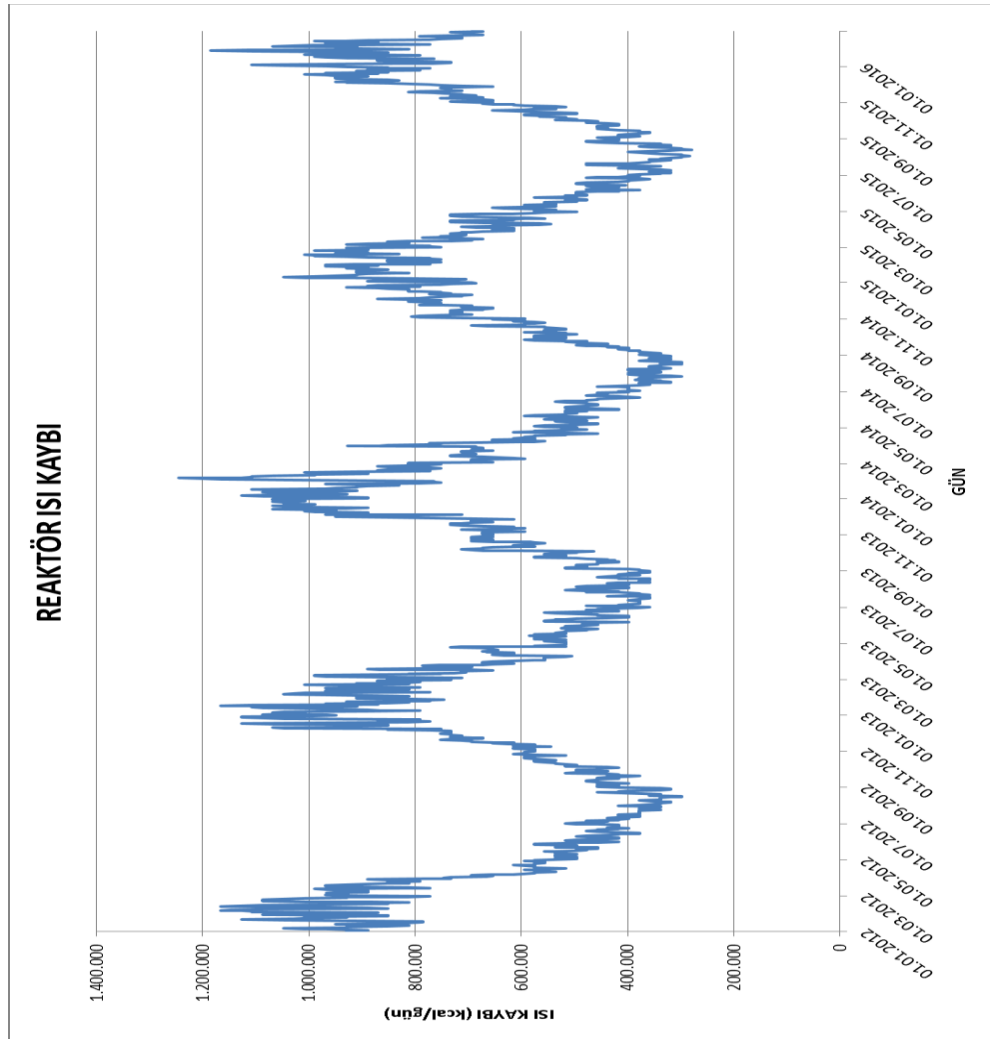
Besleme materyalinin fermentasyon sıcaklığına getirilmesi için gerekli ısı miktarı $Q_b(W)$, m besleme materyalinin kütleli debisi (kg/s), C_p özgül ısısı ($J/kg^{\circ}\text{C}$) ve ΔT reaktör sıcaklığıyla besleme materyalinin sıcaklığı arasındaki fark ($^{\circ}\text{C}$) olmak üzere;

$$Q_b = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

eşitliğiyle bulunur.

Kurulacak olan biyogaz tesisinin ısı ihtiyacının saptanmasında bu formüller dikkate alınmıştır. Yapılan hesaplarda Ocak/2012 – Şubat/2016 tarih aralığındaki Kars'a ait günlük iklim verileri kullanılmıştır. Reaktörlerin ısı kaybı hesabında, yan duvarlar,

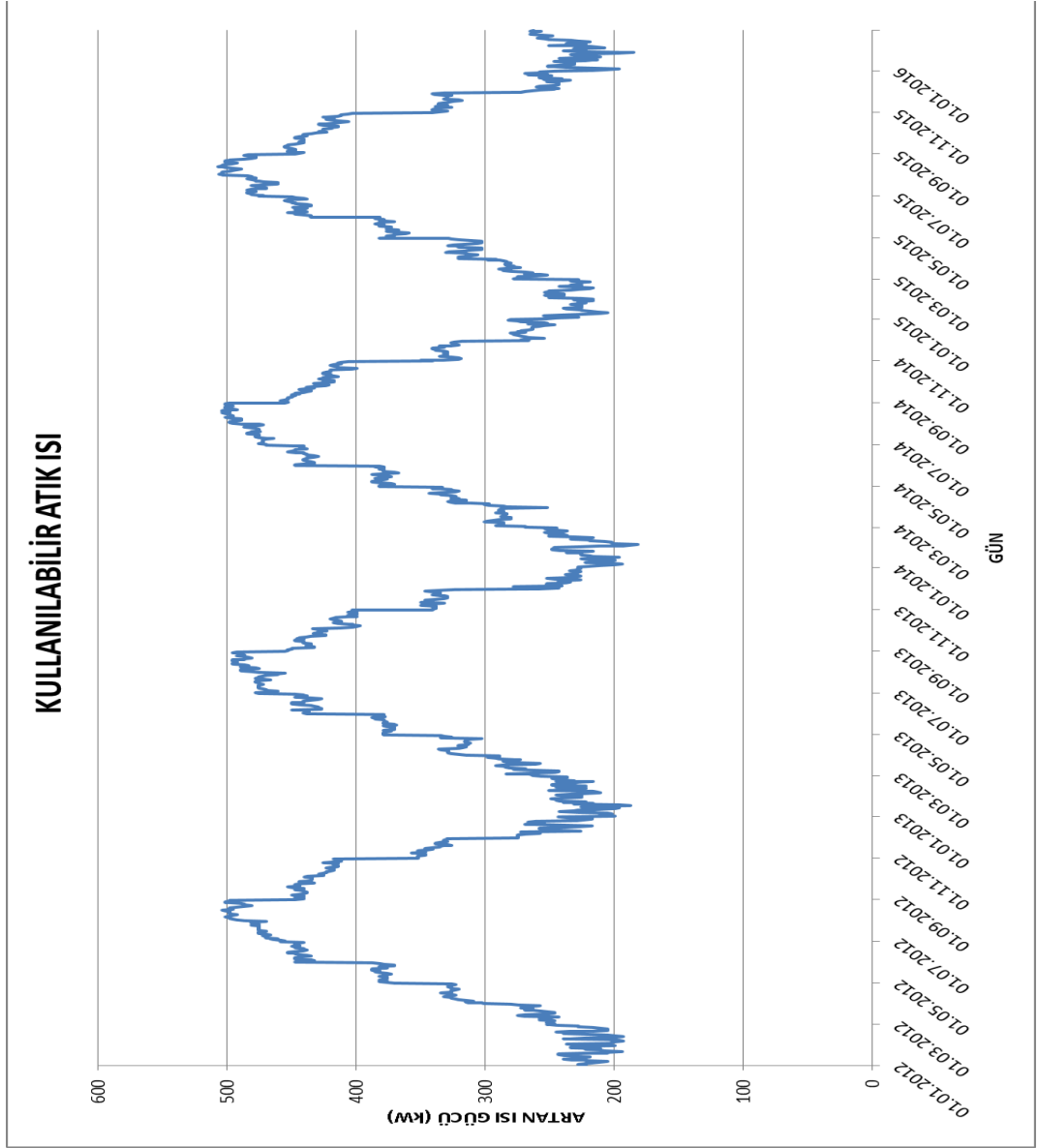
toprak temaslı taban ve biyogaz deposu ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Duvar kalınlığı yan yüzde 35 cm, tabanda 40 cm alınmıştır. Yalıtım malzemesi kalınlığı 10 cm olarak hesaba dahil edilmiştir. Her bir reaktör için yan duvar alanı 494 m², taban alanı 531 m² ve biyogaz deposu alanı 684 m² olarak hesaplanmıştır. Toplam ısı geçiş katsayısı K_T ise, yan duvarlar, taban ve biyogaz deposu için sırasıyla; 0,30W/m²°C, 0,29W/m²°C ve 0,9W/m²°C olarak bulunmuştur. Bu değerler ve Kars için günlük iklim verileri kullanıldığında biyogaz reaktörünün günlük ısı kaybının değişimi Şekil 25’de kcal/gün olarak verilmiştir. Buna göre 2012 – 2016aralığındaki 1.521 gün içerisinde en yüksek ısı kaybı 1.244.800kcal/gün, en düşük ısı kaybı ise 280.084kcal/gün olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 25: Biyogaz reaktörü ısı kaybı

Besleme materyalinin reaktör çalışma sıcaklığı olan 35 °C'ye getirilmesi için harcanan ısı enerjisinin tespitinde ise daha önce hesaplanan 234.800kg/gün atık debisi dikkate alınmış ve günlük şebeke suyu sıcaklıkları kullanılmıştır. Hesaplamalarda atığın özgül ısısı 4.200 J/kg. C olarak alınmıştır. Böylece elde edilen besleme materyali ısı kaybı, reaktör ısı kaybıyla toplanarak toplam ısı kaybı hesaplanmıştır. Elde edilen değerlere göre, biyogaz sisteminin en yüksek ısı enerjisi ihtiyacı 10.496.582kcal/gün, en düşük ısı enerjisi ihtiyacı ise 3.798.708kcal/gün olmaktadır.

Bu verilerden yola çıkılarak ısı değiştiricisinin gücü hesaplanmıştır. En yüksek gerekli güç 509 kW, en düşük güç 184 kW olarak bulunmuştur. Kullanılacak ısı eşanjörlerinin ısı transfer verim değeri 0,95 alınarak **güç 535 kW** olarak seçilmiştir. Kojenerasyon ünitesi için daha önce yapılan hesaplamalarda elde edilen **690 kW** ısıtma gücü, bu ısı kaybını karşılamakta ve farklı amaçlarla kullanılabilen (mekan ısıtma, ürün kurutma vb.) ısı enerjisinin varlığını bize göstermektedir. Kış aylarında en düşük 182 kW olan bu güç, özellikle hava sıcaklığının yüksek olduğu günlerde 300 kW'ın (maksimum 507 kW) üzerindeseyretmektedir. Yapılan hesaplamalar Şekil 26'de görülmektedir.



Şekil 26:Kullanılabilir atık ısı

13.3. SİSTEM MALİYETİ

Tablo 30 Biyogaz Sistem Maliyetleri

KATEGORİLER	EURO
1 İnşaat İşleri	650.000
2 Karıştırıcı ve Pompalar	250.000
3 Otomasyon ve Elektrik İşleri	450.000
4 Kojenerasyon	500.000
5 Biyogaz Depolama ve Şartlandırma	300.000
6 Reaktör Isıtma Sistemi	75.000
7 Boru, Fittings ve Vanalar	50.000
8 Gözetleme Camları	50.000
9 Seperatörler	50.000
10 Projelendirme	60.000
11 İzinler	35.000
12 Öngörülemeyen Giderler	120.000
13 Mütahhit Karı	180.000
TOPLAM	2.770.000

İnşaat işleri: Biyogaz sistemi betonarme üç adet reaktörden ve iki adet besleme-boşaltma tankından oluşmaktadır. Reaktörler 26 m, tanklar 22 m çapa sahiptir. 40 cm kalınlıkta olan bu yapıların yükseklikleri, reaktörler için 6 m, tanklar için 5 m'dir. Sistemde ayrıca, 265 m² oturma alanına sahip, 4 m yüksekliğinde bir makina dairesi öngörülmüştür. Çıkan fermente atık seperatörden geçirildikten sonra, sıvı kısım 1400 m² alana sahip, 3,5 m derinlikte iki adet lagüne gönderilecektir. Lagünler, toprak hafriyatı ölçülere göre yapıldıktan sonra tabanı membranla kaplanarak oluşturulacaktır. Ayrıca seperatörden alınan katı kısmın depolanacağı, yine 1400 m² yüzey alanına sahip, betonarme bir katı gübre deposu yapılacaktır. İnşaat işleri bu kalemleri kapsamaktadır. Ayrıca kojenerasyon konteynırlarının, biyolojik desülfürizasyon ünitesinin, seperatörlerin ve biyogaz yakma bacasının kaideleri bu kalem içerisinde yer almaktadır. Reaktörlerin 10 cm straforla ve trapez saca kaplanması, yürüme platformlarının yapılması işi de bu kalemde ele alınmıştır. Lagünler dışında sistemin oturacağı 15.000 m² alanın çevre düzenlemesinin gerçekleştirilmesi, yolların

yapılması ve sistem alanının çevresinin çitle kaplanması bu kapsamdadır.

Karıştırıcı ve pompalar: Biyogaz reaktörlerinde 2 adet hızlı karıştırıcı, 2 adet akış hızlandırıcı olmak üzere 4 adet dalgıç mikser kullanılacaktır. Besleme ve boşaltma tanklarının her birinde, bir adeti yedek olmak üzere 4'er adet dalgıç tip hızlı karıştırıcı olacaktır. Böylece toplam 20 adet dalgıç mikser bu kalemde ele alınmıştır. Reaktörlerin beslenmesinde ve fermente gübrenin Seperatörler ve diğer kullanım alanlarına sevk edilmesinde, parçalayıcı dalgıç pompalar kullanılacaktır. Bu pompaların sayısı, 2 adeti yedek olmak üzere toplam 6 adettir. Makina dairesinde yapılacak olan kolektör ile her bir reaktörden gerektiğinde diğer reaktörlere ve besleme-boşaltma tanklarına gübre karışımını yönlendirme sağlanacaktır. Burada da iki adet eksantrik vidalı pompa kullanılacaktır. Tüm bu ekipman bu kalem altında ele alınmıştır. Dalgıç pompa ve mikserlerin istasyonel ekipmanları da bu kalem altında değerlendirilmiştir. Fakat sıcak su sirkülasyon pompaları, boru ve fittings kategorisi altında maliyete dahil edilmiştir.

Otomasyon ve elektrik işleri: Sistemde 8 adet ultrasonik debimetre ve biyogaz için 2 adet vorteks tip debimetre bulunmaktadır. Ayrıca her tank için seviyelerin ve sıcaklıkların kontrolü amaçlı sensörler bulunmaktadır. Oluşturulacak otomasyon sisteminde SCADA yazılımı ve ara yüzü kullanılacaktır. Her bir ekipmanın kontrolü (mikser çalışma zamanı, frekansı, pompa çalışma zamanı, sıcaklık kontrolü, arıza göstergeleri vb.) tek bir merkezden, gerek manuel gerekse otomatik olarak sağlanacaktır. Gübre su karışımının sevk, pnomatik aktüatörlü vanalar ile sağlanabilecektir. Tüm ekipmanların MCC ve PLC panolarının imalatı bu kalem altında ele alınmıştır. Ayrıca elektrik tesisatı, sistem besleme ve şebekeye aktarım için gerekli teçhizat bu kategoride yer almaktadır. İki adet sabit tip çoklu gaz analizörü de bu kapsamdadır.

Kojenerasyon: Biyogaz sistemi, 600kW gücünde elektrik üretimine sahiptir. Sistem tasarımında 600kW gücünde tek bir ünite yerine, arıza durumunda sistemin durmasını engellemek amacıyla, 2 adet 300 kW'lık iki ünite öngörülmüştür. Bu kalem altında her bir ünite için 2 adet konteynır, jeneratörler, ısı geri kazanım üniteleri, kontrol ekipmanları ve otomasyonu yer almaktadır.

Biyogaz depolama ve şartlandırma üniteleri: Üretilecek olan biyogaz, kullanıma

bağlı dalgalanmaları dengelemek üzere, her bir reaktöre entegre olan 3 adet çift membranlı balonlarda depolanacaktır. Bu depolar üzerinde basınç/vakum valfi gibi emniyet teçhizatı bulunacaktır. Biyogaz kullanıma gönderilmeden önce H_2S giderimi sağlanacak ve içeriğinde bulunan nem uzaklaştırılacaktır. Ayrıca, kojeneratörlerde arıza olması veya gaz içeriğinde CH_4 oranının azalması durumunda yakmayı sağlamak üzere bir adet biyogaz yakma bacası bulunacaktır. Tüm bu üniteler bu kategori altında değerlendirilmiştir.

Reaktör ısıtma sistemi: Sistemin çalışma sıcaklığı 35 °C'dir. Reaktörlerde bu sıcaklığı sağlamak için, kojenerasyon ünitesinden elde edilen sıcak su kullanılacaktır. Bu su, herbir reaktör iç duvarına monte edilen 30'ar sıra 25x1,8'lik PEX boru içerisinden geçirilecektir. Bu borular, reaktör giriş ve çıkış flanşları, kolektörleri ve montaj ekipmanlarının tümü bu kategori altında maliyetlere dahil edilmiştir.

Boru, fittings ve vanalar: Sistem içerisinde gübre su karışımını ve fermente gübreyi sevk etmek amaçlı HDPE borular kullanılacaktır. Ayrıca kojeneratörden makina dairesine ve reaktörlere sıcak suyu göndermek amacıyla, kendinden izoleli borular sistemde yer alacaktır. Gübre hattında 38 adet bıçaklı vana kullanılacaktır. Bu vanaların 14'ü pnomatik aktüatörlü olacaktır. Biyogazın şartlandırma ünitelerine ve kojeneratöre sevkinde AISI 316 kalite çelik borular kullanılacaktır. Tüm bu malzemeler ve bunların montajında kullanılacak olan fittings bu kalem altında değerlendirilmiştir. Ayrıca sıcak suyun sevk edilmesinde kullanılacak olan kuru ve ıslak rotorlu pompalar ve kapalı genleşme tankları, bu kalem içerisinde yer almaktadır.

Gözetleme camları: Reaktörlerde, mikserlerin durumunu, köpük oluşumunu ve karıştırma verimini kontrol amaçlı 5'er adet gözetleme camı bulunacaktır. Her bir camın üzerinde, su ile yıkama, silecek ve led ışık olacaktır. Ayrıca 4 adet cam üzerine kamera yerleştirilecek ve böylece uzaktan durum kontrolüne olanak sağlanacaktır. Bu kalem içerisinde tüm bu ekipman ile, özel kablolar, otomasyon bağlantı yazılımları ve montaj parçaları bulunmaktadır.

Seperatörler: Biyogaz üretimi sonrasında ortaya çıkan fermente atık, sıvı ve gaz fazına ayrılarak kullanılacaktır. Bu amaçla 2 adet seperatör kullanılacaktır. Bu kalem

altında bahsi geçen seperatörler, otomasyon panosu ve seperatör binaları yer almaktadır.

Projelendirme: Biyogaz sisteminin mimari, detay, statik, mekanik ve elektrik projelerinin hazırlanması ve onaya hazır hale getirilmesi bu kalem içerisinde yer almaktadır. Ayrıca borulamada detayların verilmesi de bu kapsam içerisinde bulunmaktadır.

İzinler: Üretilen elektriğin lisanssız üretim kapsamında değerlendirilmesi için gerekli izinler ve inşaat ile ilgili ruhsat ve benzeri yasal yükümlülükler için ortaya çıkacak maliyetler, bu kategori altında değerlendirilmiştir.

Öngörülmeven maliyetler: Sistem büyüklüğü ve karmaşıklığı göz önüne alınarak, nakliye, zemin iyileştirme, sistem farklılaştırılması gibi oluşabilecek yeni koşullardan ortaya çıkabilecek maliyetler bu kalem içerisine alınmış, yatırım tutarının % 5'i kadar bir bütçe maliyetlere bu kategori altında eklenmiştir.

Müteahhit karı: Toplam yatırım tutarının % 8'i olarak bütçelendirilen bu kalem, yüklenici firmanın karını oluşturmaktadır.

13.4. FAALİYET PLANI :

Projenin hayata geçirilmesi için gerçekleştirilecek iş paketleri 14 madde altında aşağıda listelenmiştir.

Kesin yer tespiti ve zemin etüdü: Bu iş paketinde, tesisin yapılacağı yer kesin olarak tespit edilecek ve inşaat için gerekli zemin analizleri gerçekleştirilecektir.

Projelerin hazırlanması: Mimari, statik, mekanik ve elektrik uygulama projeleri bu iş paketinde hazırlanacaktır.

Ruhsatlama: Bir önceki iş paketinde hazırlanan projelerin onayı sağlanacak ve inşaat ruhsatı alınacaktır.

İnşaat alanının hazırlanması: Bu iş paketinde şantiye kurulumu gerçekleştirilecek ve gerekli kazı/dolgu işlemleri yapılacaktır.

İnşaat işleri: Reaktörlerin, besleme ve boşaltma tanklarının, makina dairesinin, ekipmanlar için gerekli kaidelerin, lagünlerin, katı gübre depolama sahasının ve diğer betonarme yapıların inşası bu iş paketi içerisinde.

Mekanik montaj: Pompaların, mikserlerin, gözetleme camlarının, emniyet ekipmanlarının ve desülfürizasyon ünitesinin montajları bu safhada gerçekleştirilecektir. Ayrıca borulama ve diğer mekanik montaj bu iş paketi kapsamındadır.

Kojenerasyon ünitesi montajı: Bu iş paketi kapsamında kojenerasyon konteynırlarının inşaat alanına getirilerek, mekanik montajı tamamlanacaktır.

Gaz depolama ünitelerinin montajı: Reaktörlerdeki mekanik montajın bitmesini takiben, gaz balonlarının ve emniyet ünitelerinin montajı tamamlanacak, mekanik sisteme entegrasyonu gerçekleştirilecektir.

Elektrik montajın ve otomasyonun tamamlanması: Bu iş paketi kapsamında, sistemin elektrik montajı tamamlanacak, otomasyon için gerekli olan sensörlerin, debimetrelerin montajı gerçekleştirilecek ve otomasyon ile ilgili yazılım hazır hale getirilecektir.

Sistem boşa denemelerinin gerçekleştirilmesi: Mekanik ve elektrik montajı gerçekleştirilen ekipmanların çalışma denemeleri bu iş paketi içerisinde.

Çevre düzenlemesinin tamamlanması: Bu iş paketinde çevre düzenlemesi tamamlanacak ve gerekli uyarı levhalarının konumlandırılması gerçekleştirilecektir.

Sistemin çalıştırılması: Biyogaz üretim denemelerine bu iş paketinde başlanacaktır. Reaktörler doldurulacak, ilk ısıtma gerçekleştirilecek, elde edilen biyogaz yakma bacasında yakılacak ve kojenerastörde kullanılacaktır.

Hataların düzeltilmesi: İlk çalıştırma aşamasında tespit edilen mekanik ve elektrik montaj hataları ile kaçaklar, bu iş paketinde düzeltilecektir.

Devreye alma ve eğitim: Sistem hataları düzeltildikten sonra devreye alma gerçekleştirilecek, son kullanıcı sorumlularına gerek teorik gerekse pratik eğitimler

verilerek bu iş paketinde sistem teslim edilecektir.

Yukarıda açıklamaları verilen iş paketlerinin gerçekleştirilme süreleri Tablo 29'de verilmiştir

Tablo 31: İş paketlerinin gerçekleştirilme süreleri

No	Faaliyet	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Kesin yer tespiti ve zemin etüdü												
2	Projelerin hazırlanması												
3	Ruhsatlama												
4	İnşaat alanının hazırlanması												
5	İnşaat işleri												
6	Mekanik montaj												
7	Kojenerasyon ünitesi montajı												
8	Gaz depolama ünitelerinin montajı												
9	Elektrik montajın ve otomasyonun tamamlanması												
10	Sistem boşa denemelerinin gerçekleştirilmesi												
11	Çevre düzenlemesinin tamamlanması												
12	Sistemin çalıştırılması												
13	Hataların düzeltilmesi												
14	Devreye alma ve eğitim												

13.5.EKONOMİK DEĞERLENDİRME

Önceki bölümlerde ilk yatırım maliyeti belirtilen biyogaz sisteminin ekonomik analizi bu bölümde gerçekleştirilecektir. Sistemin birincil çıktısı elektrik üretimidir. Elektrik üretiminin yanı sıra ısı enerjisi üretimi de söz konusudur. Diğer bir önemli çıktı fermente gübredir. Biyogaz üretim süreci sonucunda elde edilen ve azot yönünden zengin olan fermente gübre, sıvı ve katı olarak ayrılarak kullanıldığı gibi doğrudan da kullanılabilir. Biyogaz sistemleri aynı zamanda anaerobik arıtım üniteleridir. Bu nedenle dolaylı getiriler arasında, organik kirleticilerin giderim maliyetlerinin eklenmesi de gerekmektedir. Bu açıklamalar ışığında kurulacak sistemin getirilerinin parasal karşılıkları maddeler halinde aşağıda verilmiştir:

13.5.1.Elektrik üretimi: Sistem 575 kW elektrik üretim gücüne sahiptir. Yılın altı ayı sistem tam güçte çalıştırılabilir. Fakat yaylacılık ve mera hayvancılığının yoğun olduğu diğer altı aylık dönemde sistemin yarı güçte çalıştırılacağı göz önüne alınmıştır. Kojenerasyon ünitesinin bir yıllık çalışma saati 8.760 saattir. Fakat çalışma saatini, sistem bakımı ve arızalar nedeniyle 8.300 saat olarak aldığımızda, 4.150 saat 575kW, 4.150 saat 290 kW güçle sistemin çalışacağı varsayılmıştır. Bu

şekilde bir yılda sistemden elde edilebilecek elektrik enerjisi miktarı, 3,589GWh olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu değeri lisanssız elektrik üretiminde belirlenen 13,3 dolar sent/kWh değeriyle çarptığımızda yıllık toplam **477.436 dolar** getiri ile karşılaşırız. Euro karşılığı **427.944 EURO/yıl**'dır. Bu getirinin tamamı hesaplara yansıtılmıştır.

13.5.2. Isı üretimi: Projelendirme bölümündeki ısı analizlerde görüldüğü gibi, kojeneratörden elde edilen ısı enerjisi reaktörlerin ısıtılmasında kullanılmaktadır. Bu ihtiyaç karşılandıktan sonra geriye yine özellikle ısıtmada kullanılabilecek ısı gücü kalmaktadır. Bu ısı gücü kış ayları için 300 kW değerindedir. Bu gücün ilçede bulunan ortak kullanım alanlarını ısıtmada değerlendirildiği ve sadece soğuk aylardakullanıldığı varsayıldığında toplam elde edilen ısı enerjisi 1.114.560.000 kcal'dir. Bu miktar enerjinin kömür karşılığı 185,76 tondur. Kömürlü kazanların verim değerlerinin % 60 civarında olduğu da hesaba katıldığında bu miktar 310ton'a yükselmektedir. Parasal karşılığı ise piyasa değerlerine göre yaklaşık **53.940 EURO/yıl** olarak karşımıza çıkar. Isı enerjisinin yaz aylarında da kullanılması durumunda (ürün kurutma vb.) bu değer yaklaşık iki kat artabilecektir.

13.5.3. Fermente gübre üretimi: Biyogaz üretimi sonunda geriye azot yönünden zengin fermente atık kalmaktadır. Bu atık Avrupa ülkelerinde ticari olarak satılmaktadır. Fakat ülkemizde daha pazarı oluşmamıştır. Fermente gübrenin parasal olarak karşılığını bulabilmek için içeriğindeki ana besin maddelerinin kimyasal gübre karşılıklarının çıkarılması gerekmektedir. Ülkemizde bu tip çalışmalar sonucu 14,71 EURO/m³ değer belirlenmiştir. Fakat daha önce bahsettiğimiz pazarın oluşmaması, kullanıcıların fermente gübrenin yararlarından habersiz olması gibi nedenlerle, elde edilen gübrenin sadece % 20'sinin ticari değere dönüşebileceği öngörülmüştür. Buradan yola çıkıldığında tesisten bir yılda elde edilecek fermente atığın parasal karşılığı, **252.135 EURO** olarak bulunur.

13.5.4. Organik atık giderimi: Biyogaz sistemlerinin diğer yenilenebilir enerji sistemlerinden farkı, enerji üretimi yanında organik kirleticilerin arıttığını da sağlamasıdır. Bu çok önemli işlevin, ekonomik analize yansıtılması gerekmektedir. Fakat ülkemizde fermente gübrede yaşanan zorluk, atık bertaraf maliyetinde de karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle bir tahminleme yapmak gerekmektedir. Bu

tahminleme için, atıkların en azından taşıma maliyetlerinin belirlenmesi önemlidir. Fakat burada da karşımıza atıkların sevk edileceği uzaklıklar çıkmaktadır. Tüm bu zorluklar göz önüne alındığında, iyimser bir tablo çizmemek için atık bertarafı m³ başına 1 EURO gibi düşük bir değerde tutulmuştur. Bu şekilde tesisin yılda 57.403 m³ atığın arıtıldığı ve bunun parasal karşılığının **57.403 EURO/yıl** olduğu yapılan analizlerde dikkate alınmıştır.

Böylece biyogaz tesisinin toplam getirisi, **791.422 EURO/yıl** olarak bulunur. Sistemin ekonomik analizini yapabilmek için, yatırım maliyetleri dışında işletim maliyetlerini de tespit etmek gerekmektedir. Bu maliyetler; içsel enerji kullanımı, bakım/onarım giderleri, personel harcamaları gibi kalemlerden oluşmaktadır. Fizibilite raporuna konu olan tesisin özelinde, bu maliyetlere atıkların sisteme taşınmasından doğan maliyetlerinde eklenmesi gerekmektedir. Tüm bu maliyet kalemleri aşağıda maddeler şeklinde özetlenmiştir.

13.5.5.İçsel elektrik tüketimi: Daha önceki analizlerde biyogaz sisteminde bulunan ekipmanların günlük toplam elektrik tüketimi 4.621kWh/gün olarak bulunmuştu. Bu harcama tutarına, aydınlatma, soğutma vb. gibi içsel tüketim miktarları da dahil edilerek 5.000kWh/gün harcama varsayılabilir. Bu harcamanın, tesiste üretilen elektrikle karşılanacağı, bu nedenle 0,133 dolar sent/kWh satış fiyatının maliyet olarak karşımıza çıkacağı açıktır. Bu bağlamda yıllık toplam maliyet 242.725 USD, günlük kur ele alındığında **217.564 EURO** olarak bulunur.

13.5.6.Bakım/Onarım giderleri: Tesis içerisinde elektromekanik cihazlar bulunmaktadır. Ayrıca kojenerasyon ünitesi içten yanmalı gaz motorları ihtiva etmektedir. Bu nedenle rutin bakımlar ve karşılaşılabilecek sorunlarda yapılacak onarımlar söz konusudur. Bu kalemin fiyatlandırılmasında, bu tip tesislerin çalıştırılmasından elde edilen istatistiki veriler kullanılmaktadır. Kojenerasyon ünitelerinde yağ değişimi, bakım gibi değerler, üretilen kWhenerji başına 1,1 EURO sent olarak alınabilir. Bu şekilde yıllık **38.479 EURO** maliyet bulunur. Ayrıca diğer ekipmanlar için ilk yatırım tutarının % 2'si bakım onarım maliyeti olarak alınabilir. Bunun da parasal karşılığı yaklaşık **60.400 EURO/yıl**'dır. Böylece tesisin yıllık bakım/onarım harcamaları **98.879 EURO** olarak bulunur.

13.5.7. Personel harcamaları: Tam otomasyona sahip olan tesisin işletilmesinde 1 mühendis ve 1 teknikerin (elektrik/mekanik) bulunması yeterli olacaktır. Mühendisin ülkemiz koşullarında maaşı 2.000 EURO/ay, teknikerin maaşı 1.300 EURO/ay olarak alınabilir. Böylece tesiste yıllık personel harcaması **39.600 EURO** olarak karşımıza çıkar.

13.5.8. Atıkların tesise taşınması: Tesise günlük 157 m³ atık çevre çiftliklerden getirilecektir. Bu çiftlikler tesisin kurulacağı alana 1-10 km mesafededir. Ortalama olarak 6 km mesafe göz önüne alındığında, vidanjörün 1 seferi yaklaşık 12 km olarak hesaba dahil edilebilir. Projede ön görülen 20 ton kapasiteli vidanjörle sefer sayısı 8 olacaktır. Bu tip araçların 100 km’de yaklaşık 33 litre motorin tüketeceği de göz önüne alındığında, yıllık atık taşıma maliyeti **16.087 EURO** civarında olacaktır. Böylece tesisin yıllık işletim maliyeti toplam **372.130 EURO** olarak bulunur. Buradan yıllık net getiri ise **419.292 EURO** olarak karşımıza çıkar.

Mali Net Bugünkü Değer (MNBD)’in bulunmasında, işletme gelir ve giderleri hesaplamalarından elde edilen veriler kullanılmıştır. Projenin ekonomik ömrü 20 yıl ve indirgeme oranı % 12 olarak hesaba dahil edilmiştir. 20. yılda sistemin hurda değeri, inşaat kalemlerinin yüksekliği nedeniyle, ilk yatırım maliyetinin % 15’i olarak hesaplara dahil edilmiştir. Bu şekilde

$$\begin{aligned} \text{MNBD} = & \frac{-2.770.000}{(1 + 0,12)^0} + \frac{419.292}{(1 + 0,12)^1} + \frac{419.292}{(1 + 0,12)^2} + \frac{419.292}{(1 + 0,12)^3} \\ & + \frac{419.292}{(1 + 0,12)^4} + \frac{419.292}{(1 + 0,12)^5} + \frac{419.292}{(1 + 0,12)^6} + \frac{419.292}{(1 + 0,12)^7} \\ & + \frac{419.292}{(1 + 0,12)^8} + \frac{419.292}{(1 + 0,12)^9} + \frac{419.292}{(1 + 0,12)^{10}} + \frac{419.292}{(1 + 0,12)^{11}} \\ & + \frac{419.292}{(1 + 0,12)^{12}} + \frac{419.292}{(1 + 0,12)^{13}} + \frac{419.292}{(1 + 0,12)^{14}} + \frac{419.292}{(1 + 0,12)^{15}} \\ & + \frac{419.292}{(1 + 0,12)^{16}} + \frac{419.292}{(1 + 0,12)^{17}} + \frac{419.292}{(1 + 0,12)^{18}} \\ & + \frac{419.292}{(1 + 0,12)^{19}} + \frac{415.500}{(1 + 0,12)^{20}} \end{aligned}$$

$$\text{MNBD} = 322.754 \text{ EURO}$$

olarak elde edilir. Bu verilerden projenin İç Karlılık Oranı (İKO),

$$\text{İKO} = \% 14$$

Geri Ödeme Süresi (GÖS); **GÖS = 12 yıl** olarak bulunur.

14.KARS-SELİM ESKİGEÇİT/KAMIŞLI/KOŞAPINAR/ BÖLÜKBAŞ/KEKEÇ/LALOĞLU KATRANLI/YENİCE MAHALLELERİ MERKEZİ BİYOGAZ TESİSİ FİZİBİLİTE RAPORU

14.1. PROSES TARİFİ

14.1.1.BİYOGAZ TESİSİ ÜNİTELERİ

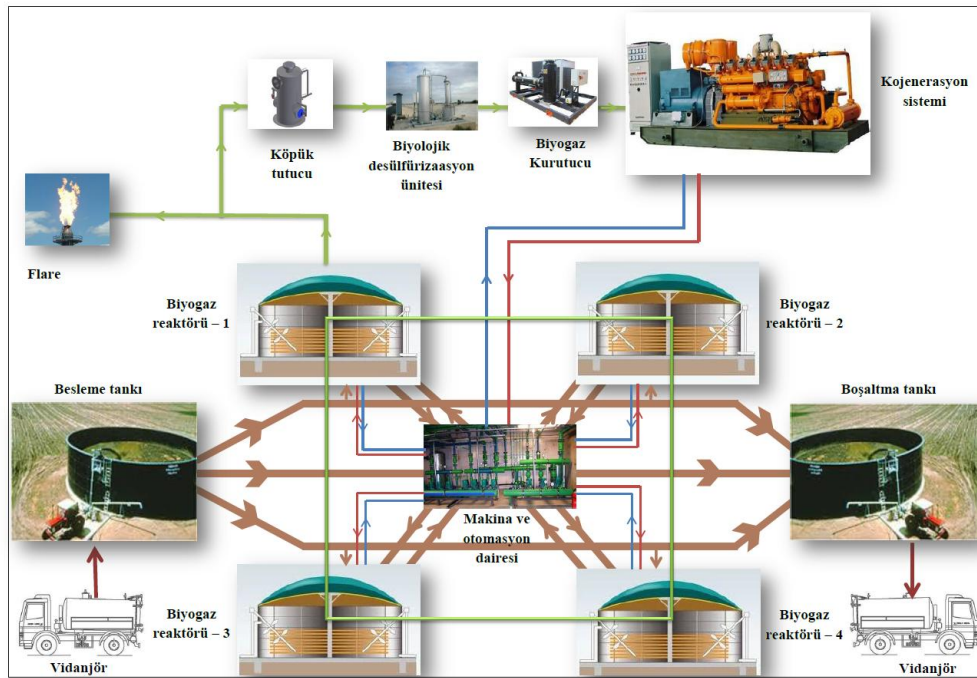
KARS/SELİM Eskigeçit Mahallesinde kurulması planlanan ve akış şeması Şekil 27’de verilen Merkezi Biyogaz Tesisi 4 üniteden oluşmaktadır:

- Biyogaz Üretim Üniteleri
 - Ön Dengeleme (Besleme) Havuzu
 - 4 Adet Biyogaz Reaktörü
 - Fermente Gübre Depolama Havuzu
 - Seperatör
 - Sıvı Gübre Lagünü
 - Katı Gübre Deposu

- Biyogaz Yıkama ve Şartlandırma Üniteleri
 - Biyogaz Deposu (4 Adet – Biyogaz Reaktörlerine Entegre)
 - Köpük Tutucular
 - Kondens Tutucular
 - Biyolojik Desülfürizasyon Ünitesi
 - Biyogaz Yakma Bacası
- Enerji Ünitesi
 - Kojenerasyon Sistemi
- Kimyasal Hazırlama ve Dozlama Üniteleri

FeCl₃ Dozaj Ünitesi

14.1.2. BİYOGAZ SİSTEMİ TARİFİ



Şekil 27 Biyogaz Tesisi Akış Şeması

Şekil 27 de akış şeması verilen Biyogaz Tesisi, Eskigeçit, Kamışlı, Koşapınar, Bölükbaş, Kekeç, Laloğlu, Katranlı ve Yenice mahallelerinde bulunan ahırlardan alınan büyükbaş hayvan atığı ile işletilecektir. Ahırlardan alınan atıklar, vidanjörler aracılığıyla ön dengeleme (besleme) havuzuna aktarılacaktır. Ön dengeleme havuzunda katımadde miktarı % 10'a getirilen atıklar, dalgıç karıştırıcılar yardımıyla karıştırılacak, bu şekilde çökelmeler önlenerek, atığın homojen olması sağlanacaktır. Ön dengeleme havuzundan iki ayrı dalgıç pompa ile basılan bu karışım, debimetre ile debisi ölçülerek iki ayrı hatta verilebilecektir. Bu hatlardan biri 1. ve 2. biyogaz reaktörleriyle bir sorun durumunda kullanılmak üzere fermente gübre deposuna çekilen tesisattan oluşmaktadır. Diğeri 3. ve 4. biyogaz reaktörleriyle aynı şekilde bir sorun durumunda kullanılmak üzere fermente gübre deposuna çekilen hattır. Biyogaz reaktörlerine basılan atık, reaktör içerisinde bulunan 4 adet karıştırıcı tarafından karıştırılacak ve kojenerasyon ünitesinden alınan sıcak suyun sirküle edildiği ısıtma boruları ile belirlenen çalışma sıcaklığına kadar ısıtılacaktır. Reaktörlere girişte atığa, FeCl_3 dozaajlama ünitesi ve statik mikser yardımıyla H_2S oluşumunu azaltmak amacıyla FeCl_3 eklenecektir. Reaktörler içerisindeki atık, mekanik dairede bulunan

toplama kolektörüne iletilecek ve buradan pompa yardımıyla basma kolektörüne aktarılacaktır. Basma kolektöründe, her bir reaktöre, boşaltma tankına ve besleme tankına çıkışlar bulunacaktır. Bu şekilde atık, otomasyon ve pnomatik aktüatörlü vanalar aracılığıyla istenilen hatta debileri ölçülerek basılabilecektir. Boşaltma tankına alınan fermente atık, gerektiğinde seperatöre gönderilerek, katı ve sıvı faza ayrılacak, sıvı faz lagüne, katı faz depolama ünitesine alınacaktır. Fermente gübrenin sıvı olarak kullanılması istendiğinde aktarım vidanjör yardımıyla gerçekleştirilecektir. Fermente gübre depolama havuzunda atığın çökmesini önlemek üzere dalgıç karıştırıcılar bulunacaktır.

Reaktörlerden elde edilen biyogaz, her bir reaktöre entegre olan çift membranlı gaz deposunda depolanacaktır. İç ve dış membrandan oluşan bu depoda, reaktör basıncının sabit tutulması amacıyla iki membran arasına hava basılacaktır. Gaz depoları birbirine paralel bağlanacaktır. Buradan alınan biyogaz, köpük giderici ve kondens tutucudan geçirilecektir. Kullanımdan önce biyolojik desülfürizasyon ünitesinde H_2S miktarı 200 ppm seviyesine düşürülen biyogaz, debisi ölçülerek, bir fan yardımıyla basınçlandırılıp, kullanılmak üzere kojenerasyon ünitesine iletilecektir. Sistemde bir sorun olması durumunda biyogaz yakma bacasına iletilecektir. Kojenerasyon ünitesinde biyogaz kullanılarak elektrik ve ısı enerjisi üretilmektedir. Elde edilen ısı, biyogaz reaktörlerinin ısıtılmasında kullanılacak artanı ise ortak kullanım alanlarının (okul, sağlık ocağı, cami v.b.) ihtiyaçlarını karşılamak üzere sevk edilecektir. Elektrik enerjisi ise şebekeye verilecektir.

14.1.3. TOPLAM ATIK MİKTARININ HESAPLANMASI

Tesiste, Eskigeçit, Kamışlı, Koşapınar, Bölükbaş, Kekeç, Laloğlu, Katranlı ve Yenice mahallelerindeki çiftliklerde bulunan büyükbaş hayvanların atığı kullanılacaktır. Bu üç mahalledeki 428 işletmede toplam 9.313 adet büyükbaş hayvan bulunmaktadır. Fakat atıkların vidanjörlerle alınarak taşınacağı göz önüne alındığında, küçük işletmelerin (1- 20 adet büyükbaş sahibi) atıklarından yararlanmanın işletme maliyetlerini artıracığı düşünülmektedir. Toplam işletme sayısına oranı % 59,1 olan bu tip küçük işletmelerde bulunan büyükbaş hayvan sayısı oranı ise % 22,96'dır. 20 adet ve üzeri hayvan varlığına sahip işletme sayısı ise 175'dir. Atıkların toplanması sırasında karşılaşılabilecek, atıklara yabancı maddelerin karıştırılması, atık kaybı vb. sorunların çözümünde bu sayının nispeten

az olması bir avantajdır. Bu nedenle hesaplamalarda 20 büyükbaş ve üzeri hayvan varlığı olan işletmelerden alınacak atıklar kullanılmıştır. Bu şekilde elde edilen büyükbaş hayvan sayısı ise 7.174'dür. Ancak Nisan – Eylül ayları arasındaki yaylacılık ve mera hayvancılığı göz önüne alındığında, atıklarından yararlanılacak hayvan sayısının yaklaşık % 45 gerilediği varsayıldığında bu sayı 3.950'lere gerilemektedir. Tesis maksimum değer olan 7.174 büyükbaş hayvana göre dizayn edilmiştir. Atık miktarındaki düşmeden doğacak sıkıntıların, biyogazı depolayarak, aynı güçte bir kojenerasyon ünitesinin günün daha az zamanında çalıştırılmasıyla atlatılabileceği öngörülmüştür. Bu durum işletmenin geliri hesaplanırken göz önüne alınmıştır. Günlük toplam atık miktarının hesaplanmasında, hayvan başına atık miktarı 30 kg/gün olarak alınmıştır. Buna göre günlük atık miktarı;

Atık Miktarı = 7.174 adet X 30 kg/adet.gün = 215.220 kg/gün = 215,22 ton/gün olarak bulunur. Yapılan analizlerde atığın yoğunluğu 986 kg/m³ olarak alınmıştır. Buradan yola çıkarak günlük hacimsel atık miktarı;

Hacimsel Atık Miktarı = 215.220 kg/gün ÷ 986 kg/m³ = 218,28 m³/gün olarak bulunur. Atıkların toplam katı maddesi (TK) % 15 olarak alınmıştır. Bu veri göz önüne alındığında günlük toplam katı madde miktarı;

Katı Madde Miktarı = 218,28 m³/gün X 0,15 = 32,74 m³/gün olarak karşımıza çıkmaktadır. Reaktör içerisindeki atıkların TK dizayn değeri % 10'dur. Bu nedenle, atıkların sulandırılması gerekmektedir. Bu gereksinim, ahırlarda kullanılan yıkama suyu ile düşecek ve ön dengeleme havuzunda gerektiğinde su ilave edilerek katı madde miktarı % 10 seviyesinde tutulacaktır. Eklenecek su miktarı maksimum;

Su Miktarı = (32,74 m³/gün ÷ 0,10) – 218,28 m³/gün = 109,44 m³/gün olmalıdır. Suyun yoğunluğunun 1.000 kg/m³ olduğu göz önüne alındığında, reaktöre günlük beslenecek hacimsel atık miktarının değeri;

Kullanılacak Hacimsel Atık Mik. = 218,28 m³/gün + 109,44 m³/gün = 327,72 m³/gün olarak hesaplanır. Biyogaz üretiminde önemli bir parametre de toplam uçucu katı madde (UK) miktarıdır. Bu değer % 80 olarak hesaplara dahil edildiğinde, kullanılabilir UK miktarı;

Uçucu Katı Madde Miktarı = 32,29 ton/gün X 0,80 = 25,832 ton/gün olarak bulunur.

14.2. PROSES TASARIMI

14.2.1.ÖN Dengeleme Havuzu Boyutları

Ön dengeleme havuzunun hacminin belirlenmesinde, günlük olarak biyogaz reaktörüne beslenecek materyalin hacimsel miktarı göz önüne alınır. Vidanjörle taşıma göz önüne alındığında sistem işleyişinde sorun yaşanmaması için kullanılabilir havuz hacmi, günlük atık miktarının beş katı olacak şekilde seçilmiştir. Buna göre;

Kullanılabilir Ön Dengeleme Havuzu Hacmi = 5 X 325,96 m³ = 1.630 m³ olarak bulunur. Havuzun çapı 26 m olarak alındığında **kullanılabilir havuz yüksekliği 3,07 m** olarak hesaplanır. Ön dengeleme havuzunun toplam hacmine, kullanılabilir hacme hava payının eklenmesiyle ulaşılır. Genellikle kullanım hacminin 1,5 katı alınabilir. Bu şekilde;

Toplam Hacim = 1.630 X 1,5 = 2.445 m³ değerine ulaşılır. Buradan **minimum havuz yüksekliği 4,6 m** olarak bulunur. Bu yükseklik 5 m olarak seçilmiştir. Elde edilen minimum havuz boyutları Tablo 30 'da verilmiştir.

Tablo 32 :Ön dengeleme havuzu boyutları

<i>Havuz çapı (m)</i>	26
<i>Havuz yüksekliği (m)</i>	5
<i>Toplam hacim (m³)</i>	2.445
<i>Kullanılabilir havuz yüksekliği (m)</i>	3,07
<i>Kullanılabilir hacim (m)</i>	1.630

14.2.2.BİYOĞAZ REAKTÖRÜ BOYUTLARI

Reaktör boyutunun hesaplanmasında en önemli faktör, bekletme süresinin belirlenmesidir. Uçucu katı gideriminin % 85 – 90 olduğu gün sayısı bekletme süresini verir. Tesisin mezofilik bölgede ve sıgır atığıyla çalıştığı göz önüne alınarak **bekletme süresi 35 gün** olarak seçilmiştir. Günlük hacimsel atık miktarı göz önüne alınarak kullanılabilir reaktör hacmi;

Rektör Hacmi = $325,96 \text{ m}^3/\text{gün} \times 35 \text{ gün} = 11.408,6 \text{ m}^3$ olarak elde edilir. Hacmin büyüklüğü nedeniyle reaktör sayısı artırılmış, dört adet reaktör düşünülmüştür. Böylece her bir reaktör hacmi;

Birim Rektör Hacmi = $11.408,6 \text{ m}^3 \div 4 \text{ adet} = 2.852,15 \text{ m}^3$ olarak bulunur. **Reaktör çapı 26 m** olarak seçildiğinde kullanılabilir reaktör **yüksekliğinin ise 5,37 m** olduğu görülmektedir. Reaktör boyutlarının belirlenmesinde diğer bir faktör ise reaktör üzerinde bırakılacak boşluğun tespit edilmesidir. Genel yaklaşım, sıvı seviyesinin üzerinde minimum 0,5 – 1,0 m boşluk bırakılması şeklindedir. Sistem dizaynında bu değer **0,63 m** olarak alınarak **reaktör yüksekliği 6 m**'ye tamamlanmıştır. Bu şekilde bekletme süresindeki veya atık miktarındaki küçük değişimler karşılanabilecektir. Bu durumda **toplam birim reaktör hacmi 3.200 m³** olarak bulunur. Elde edilen reaktör boyutları Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 33 Her bir biyogaz reaktörünün boyutları

<i>Reaktör çapı (m)</i>	26
<i>Reaktör yüksekliği (m)</i>	6
<i>Toplam reaktör hacmi (m³)</i>	3.200
<i>Kullanılabilir reaktör yüksekliği (m)</i>	5,37
<i>Kullanılabilir reaktör hacmi (m³)</i>	2.852,15

14.2.3. REAKTÖR KATI MADDE VE UÇUCU KATI MADDE YÜKLEMESİ

Reaktör hacmi başına katı ve uçucu katı madde yükleme değerleri, biyogaz üretimi için önemlidir. Kurulacak olan biyogaz tesisinin kullanılabilir hacim başına katı madde yükleme değeri;

$$\text{Katı Madde Yükleme} = 32.290 \text{ kg/gün} \div (4 \times 2.852,15) \text{ m}^3 = 2,83 \text{ kg/m}^3.\text{gün}$$

olarak bulunur. Uçucu katı madde yükleme değeri ise;

$$\text{Uçucu Katı Madde Yükleme} = 25.832 \text{ kg/gün} \div (4 \times 2.852,15) \text{ m}^3 = 2,26 \text{ kg/m}^3.\text{gün}$$

değeriyle kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

14.2.4. GÜNLÜK BİYOGAZ ÜRETİMİNİN HESAPLANMASI

Beklenen günlük biyogaz üretiminin hesaplanabilmesi için, 35 günlük bekletme süresinde giderilen UK miktarının bilinmesi gerekmektedir. Bu raporda 35. günde % 90 giderimin sağlandığı ve UK giderim veriminin % 50 olduğu göz önüne alınmıştır. Kurulacak olan tesiste günlük olarak işlenecek UK miktarı 25,832 tondur. Buradan giderilen UK miktarı;

Uçucu Katı Madde Giderimi = 25,832 ton/gün X 0,50 = 12,916 ton/gün olarak elde edilir. Metan oluşumu giderilen kg UK başına 350 litre olarak alındığında günlük metan (CH₄) üretimi;

Metan Üretimi = 12.916 kg/gün X 0,35 m³/kg = 4.520 m³/gün olarak bulunur. Deneyimler biyogaz içerisindeki CH₄ oranının % 50 – 65 civarında olduğunu göstermiştir. Metan oranı % 55 alındığında günlük biyogaz üretimi;

Biyogaz Üretimi = 4.520 m³/gün ÷ 0,55 = 8.218 m³/gün olarak hesaplanır. % 55 CH₄ içeriğine sahip biyogazın alt ısı değeri yaklaşık olarak 21 MJ/m³ (5020 kcal/m³ – 5,837 kWh/m³)'dür. Kojenerasyon ünitesinin elektrik çevrim verimi % 40 ve termal verim % 48 alındığında, günlük elektrik üretimi,

Elektrik Üretimi = 8.218 m³/gün X 5,837 kWh/m³ X 0,40 = 19.187kWh/gün olarak bulunur. Kurulu gücü bulmak için, kojenerasyon ünitesinin günde 24 saat çalışacağı öngörüldüğünde,

Jeneratör Gücü = 19.187kWh ÷ 24 saat = 800kWe olarak karşımıza çıkar. Termal enerji üretimi ise;

Termal Enerji Üretimi = 8.218 m³/gün X 5020 kcal/m³ X 0,48 = 19.802.000kcal/gün olarak hesaplanmıştır. Buradan termal güç;

Termal Güç = 23.920.000kcal ÷ 24 saat = 825.000kcal/saat = 959 kW olarak bulunur.

14.2.5. FERMENTE GÜBRE DEPOLAMA HAVUZU BOYUTLARI

Fermente gübre depolama havuzunun boyutları, ön dengeleme havuzu ile aynıdır. Fermente gübre depolama havuzundaki atıklar, susuzlaştırma amacıyla seperatöre aktarılacaktır. Aktarılan atığın katı madde miktarı;

Fermente Atık Katı Madde Miktarı = 32,29 ton/gün – 12,916 ton/gün = 19,37 ton/gün bulunur. Havuzdaki atığın yoğunluğu 995 m³/kg alındığında,seperatöre gönderilecek fermente atığın TK miktarı;

Fermente Atık TK = 19,37 ton/gün ÷ 324,33ton/gün = 0,059 = % 6 olarak elde edilir. Speratörün günde 10 saat çalıştırıldığı varsayıldığında katı madde kapasitesi;

Seperatör Katı Madde Kapasitesi = 19.370 kg ÷ 10 saat = 1.937 kg/saat olmaktadır. Seperatörün hidrolik kapasitesi ise;

Seperatör Hidrolik Kapasitesi = 325,96 m³ ÷ 10 saat = 32,60 m³/saat olarak bulunur.Kapasitenin büyüklüğü göz önüne alınarak iki adet seperatör seçilmiştir. Böylece bir problem halinde yedekleme söz konusu olabileceği gibi, ön görülemeyen yük artışlarının da karşılanabilmesi düşünülmüştür.

14.2.6.BİYOGAZ TESİSİNİN ELEKTRİK TÜKETİMİ

Tablo 34: Biyogaz tesisindeki ekipmanların günlük elektrik enerjisi tüketimi

<i>EKİPMAN</i>	<i>Asıl (Adet)</i>	<i>Yedek (Adet)</i>	<i>Motor Gücü (kW)</i>	<i>Kurulu Güç (kW)</i>	<i>Çalışma Süresi (saat)</i>	<i>Çalışma Gücü (kW)</i>	<i>Elektrik Tüketimi (kWh/gün)</i>
<i>Besleme Havuzu Karıştırıcıları</i>	3	1	15	60	10	45	450
<i>Reaktör Besleme Pompaları</i>	2	1	9	27	10	18	180
<i>Biyogaz Reaktörü Karıştırıcıları</i>	8	0	15	120	16	120	1.920
<i>Biyogaz Reaktörü Karıştırıcıları</i>	8	0	5,5	44	16	44	704
<i>Kojen-Mekanik Daire Sirk. Pomp.</i>	1	1	7,5	15	24	7,5	180
<i>Kolektör-Reaktör Sirk. Pompası</i>	4	4	2,2	17,6	24	8,8	211,2
<i>Atık Dağıtım Pompası</i>	1	1	22	44	10	22	220
<i>Depolama Havuzu Karıştırıcıları</i>	3	1	15	60	10	45	450
<i>Seperatör Besleme Pompaları</i>	2	1	9	27	10	18	180
<i>Seperatör</i>	2	0	5,5	11	15	11	165
<i>Biyogaz Fanı</i>	1	0	7,5	7,5	24	7,5	180
<i>Biyolojik desülfürizasyon ünitesi</i>	1	0	8	8	24	8	192
<i>Chiller</i>	1	0	18	18	24	18	432
<i>FeCl₃ Dozaj Pompası</i>	4	0	0,01	0,04	10	0,04	0,4
<i>MembranBlowerı</i>	4	0	0,55	2,2	24	2,2	52,8
TOPLAM							5.517,4

Tablo 34'den görüleceği gibi, biyogaz tesisindeki ekipmanların günlük elektrik enerjisi tüketimi 5.517kWh'dır. Kojenerasyon ünitesinden elde edilen elektrik

enerjisi ise günlük 19.187kWh olarak hesaplanmıştır. Geriye kalan elektrik enerjisi şebekeye satılacaktır.

14.2.7.BİYOGAZ REAKTÖRÜ ISITMA İHTİYACI

Biyogaz reaktörünün çalışma sıcaklığı 35°C olarak seçilmiştir. Sıcaklığın sabit tutulabilmesi amacıyla, kojenerasyon ünitesinden elde edilen ısı enerjisi kullanılacaktır. Biyogaz reaktörünün ısı kayıpları, reaktör yüzeylerinden oluşan ısı kaybı Q_r , besleme materyalinin reaktör sıcaklığına getirilmesi için gerekli ısı akımı Q_b , reaktörü terkeden biyogazla oluşan ısı kaybı Q_g , buharlaşma yoluyla oluşan ısı kaybı Q_e ve reaksiyon sırasında gerekli ısı akımı Q_k ile gösterilmiştir.

Bu kayıplar göz önüne alındığında, sistemin ısı dengesini korumak için gerekli toplam ısı ihtiyacı Q_t şu şekildedir:

$$Q_t(W) = Q_r + Q_b + Q_g + Q_e + Q_k$$

Yukarıdaki eşitlikte Q_g , Q_e ve Q_k diğerlerinin yanında ihmal edilebilecek büyüklüktedir. Bu yüzden reaktörün toplam ısı ihtiyacı;

$$Q_t(W) = Q_r + Q_b$$

şeklinde yazılabilir. Reaktör yüzeylerinden oluşan ısı kaybı Q_r şu şekilde hesaplanır:

$$Q_r(W) = A \cdot K_T \cdot \Delta T$$

Bu formülde toplam reaktör yüzey alanı A (m^2), toplam ısı geçiş katsayısı K_T ($W/m^2\text{°C}$) reaktör çalışma sıcaklığı ile çevre sıcaklığı arasındaki fark ΔT ($^{\circ}\text{C}$) olarak verilmiştir. K_T hesaplanırken reaktör yüzeylerinde bulunan malzeme katmanlarının kalınlıkları $l_n(m)$ ve ısı iletim katsayıları $\lambda_n(W/m^{\circ}\text{C})$ göz önüne alınır. Reaktörün bulunduğu ortamın ısı taşınım katsayısı $\alpha_{dış}(W/m^2\text{°C})$ ve reaktör içindeki besleme materyalinin ısı taşınım katsayısı $\alpha_{iç}(W/m^2\text{°C})$ yardımıyla toplam ısı geçiş katsayısı;

$$\frac{1}{K_T} = \frac{1}{\alpha_{iç}} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{l_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{dış}}$$

eşitliğiyle hesaplanır.

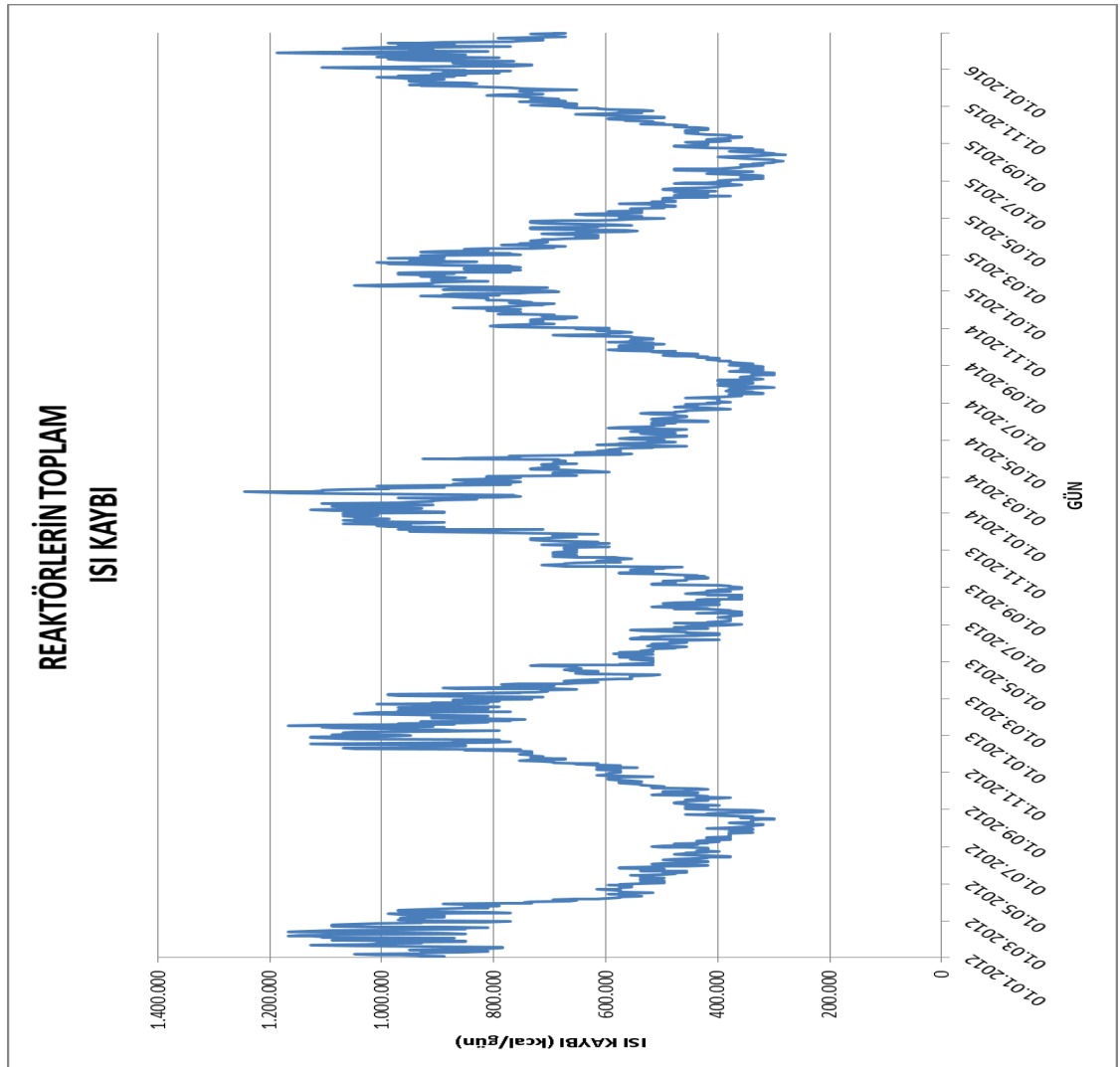
Besleme materyalinin fermentasyon sıcaklığına getirilmesi için gerekli ısı miktarı $Q_b(W)$, m besleme materyalinin kütledebisi (kg/s), C_p özgül ısısı ($J/kg^{\circ}\text{C}$) ve ΔT reaktör sıcaklığıyla besleme materyalinin sıcaklığı arasındaki fark ($^{\circ}\text{C}$) olmak üzere;

$$Q_b = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

eşitliğiyle bulunur.

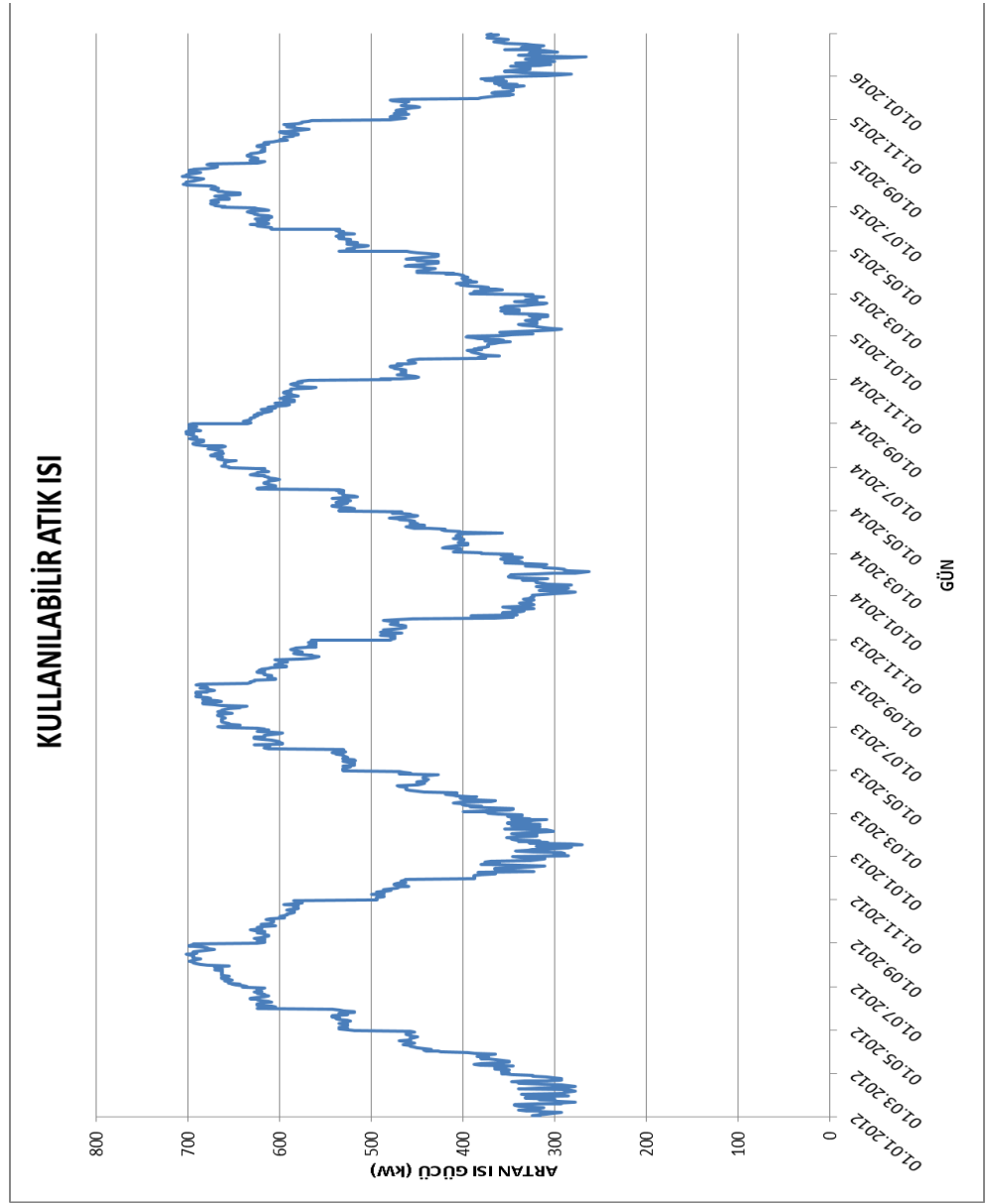
Kurulacak olan biyogaz tesisinin ısı ihtiyacının saptanmasında bu formüller dikkate alınmıştır. Yapılan hesaplarda Ocak/2012 – Şubat/2016 tarih aralığındaki Kars’a ait günlük iklim verileri kullanılmıştır. Reaktörlerin ısı kaybı hesabında, yan duvarlar, toprak temaslı taban ve biyogaz deposu ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Duvar kalınlığı yan yüzde 35 cm, tabanda 40 cm alınmıştır. Yalıtım malzemesi kalınlığı 10 cm olarak hesaba dahil edilmiştir. Her bir reaktör için yan duvar alanı 494 m², taban alanı 531 m² ve biyogaz deposu alanı 684 m² olarak hesaplanmıştır. Toplam ısı geçiş katsayısı K_T ise, yan duvarlar, taban ve biyogaz deposu için sırasıyla; 0,30W/m²°C, 0,29W/m²°C ve 0,9W/m²°C olarak bulunmuştur. Bu değerler ve Kars için günlük iklim verileri kullanıldığında biyogaz reaktörünün günlük ısı kaybının değişimi Şekil 28’de kcal/gün olarak verilmiştir. Buna göre 2012 – 2016aralığındaki 1.521 gün içerisinde en yüksek ısı kaybı 1.244.800 kcal/gün, en düşük ısı kaybı ise 280.084 kcal/gün olarak gerçekleşmiştir.

Şekil 28:Biyogaz reaktörünün günlük ısı kaybı



Besleme materyalinin reaktör çalışma sıcaklığı olan 35 °C'ye getirilmesi için harcanan ısı enerjisinin tespitinde ise daha önce hesaplanan 390.000kg/gün atık debisi dikkate alınmış ve günlük şebeke suyu sıcaklıkları kullanılmıştır. Hesaplamalarda atığın özgül ısısı 4.200 J/kg. C olarak alınmıştır. Böylece elde edilen besleme materyali ısı kaybı, reaktör ısı kaybıyla toplanarak toplam ısı kaybı hesaplanmıştır. Elde edilen değerlere göre, biyogaz sisteminin en yüksek ısı enerjisi ihtiyacı 14.366.847kcal/gün, en düşük ısı enerjisi ihtiyacı ise 5.227.434kcal/gün olmaktadır.

Bu verilerden yola çıkılarak ısı değiştiricisinin gücü hesaplanmıştır. En yüksek gerekli güç 696 kW, en düşük güç 253 kW olarak bulunmuştur. Kullanılacak ısı eşanjörlerinin ısı transfer verim değeri 0,95 alınarak **güç 735 kW** olarak seçilmiştir. Kojenerasyon ünitesi için daha önce yapılan hesaplamalarda elde edilen **959 kW** ısıtma gücü, bu ısı kaybını karşılamakta ve farklı amaçlarla kullanılabilecek (mekan ısıtma, ürün kurutma vb.) ısı enerjisinin varlığını bize göstermektedir. Kış aylarında en düşük 263 kW olan bu güç, özellikle hava sıcaklığının yüksek olduğu günlerde 500 kW'ın (maksimum 706 kW) üzerindeseyretmektedir. Yapılan hesaplamalar Şekil 29'da görülmektedir.



Şekil 29: Kullanılabilir atık ısı

14.3.SİSTEM MALİYETİ

Biyogaz sisteminin tahmini yatırım maliyeti, alt kategoriler bazında Tablo 35’de verilmiştir.

Tablo 35 Biyogaz Sistem Maliyetleri

KATEGORİLER	EURO
1 İnşaat İşleri	850.000
2 Karıştırıcı ve Pompalar	350.000
3 Otomasyon ve Elektrik İşleri	550.000
4 Kojenerasyon	550.000
5 Biyogaz Depolama ve Şartlandırma	400.000
6 Reaktör Isıtma Sistemi	100.000
7 Boru, Fittings ve Vanalar	80.000
8 Gözetleme Camları	70.000
9 Seperatörler	50.000
10 Projelendirme	60.000
11 İzinler	35.000
12 ÖngörülemeyenGiderler	150.000
13 MütahhitKarı	220.000
TOPLAM	3.465.000

İnşaat işleri: Biyogaz sistemi betonarme dört adet reaktörden ve iki adet besleme-boşaltma tankından oluşmaktadır. Reaktörler ve tanklar 26 m çapa sahiptir. 40 cm kalınlıkta olan bu yapıların yükseklikleri, reaktörler için 6 m, tanklar için 5 m’dir. Sistemde ayrıca, 265 m² oturma alanına sahip, 4 m yüksekliğinde bir makina dairesi öngörülmüştür. Çıkan fermente atık seperatörden geçirildikten sonra, sıvı kısım 1400 m² alana sahip, 3,5 m derinlikte iki adet lagüne gönderilecektir. Lagünler, toprak hafriyatı ölçülere göre yapıldıktan sonra tabanı membranla kaplanarak oluşturulacaktır. Ayrıca seperatörden alınan katı kısmın depolanacağı, yine 1400 m² yüzey alanına sahip, betonarme bir katı gübre deposu yapılacaktır. İnşaat işleri bu kalemleri kapsamaktadır. Ayrıca kojenerasyon konteynırlarının, biyolojik desülfürizasyon ünitesinin, seperatörlerin ve biyogaz yakma bacasının kaideleri bu kalem içerisinde yer almaktadır. Reaktörlerin 10 cm straforla ve trapez saca kaplanması, yürüme platformlarının yapılması işi de bu kalemde ele alınmıştır. Lagünler dışında sistemin oturacağı 17.500 m² alanın çevre düzenlemesinin gerçekleştirilmesi, yolların

yapılması ve sistem alanının çevresinin çitle kaplanması bu kapsamdadır.

Karıştırıcı ve pompalar: Biyogaz reaktörlerinde 2 adet hızlı karıştırıcı, 2 adet akış hızlandırıcı olmak üzere 4 adet dalgıç mikser kullanılacaktır. Besleme ve boşaltma tanklarının her birinde, bir adeti yedek olmak üzere 4'er adet dalgıç tip hızlı karıştırıcı olacaktır. Böylece toplam 24 adet dalgıç mikser bu kalemde ele alınmıştır. Reaktörlerin beslenmesinde ve fermente gübrenin Seperatörler ve diğer kullanım alanlarına sevk edilmesinde, parçalayıcı dalgıç pompalar kullanılacaktır. Bu pompaların sayısı, 2 adeti yedek olmak üzere toplam 6 adettir. Makina dairesinde yapılacak olan kolektör ile her bir reaktörden gerektiğinde diğer reaktörlere ve besleme-boşaltma tanklarına gübre karışımını yönlendirme sağlanacaktır. Burada da iki adet eksantrik vidalı pompa kullanılacaktır. Tüm bu ekipman bu kalem altında ele alınmıştır. Dalgıç pompa ve mikserlerin istasyonel ekipmanları da bu kalem altında değerlendirilmiştir. Fakat sıcak su sirkülasyon pompaları, boru ve fittings kategorisi altında maliyete dahil edilmiştir.

Otomasyon ve elektrik işleri: Sistemde 10 adet ultrasonik debimetre ve biyogaz için 2 adet vorteks tip debimetre bulunmaktadır. Ayrıca her tank için seviyelerin ve sıcaklıkların kontrolü amaçlı sensörler bulunmaktadır. Oluşturulacak otomasyon sisteminde SCADA yazılımı ve ara yüzü kullanılacaktır. Her bir ekipmanın kontrolü (mikser çalışma zamanı, frekansı, pompa çalışma zamanı, sıcaklık kontrolü, arıza göstergeleri vb.) tek bir merkezden, gerek manuel gerekse otomatik olarak sağlanacaktır. Gübre su karışımının sevk, pnomatik aktüatörlü vanalar ile sağlanabilecektir. Tüm ekipmanların MCC ve PLC panolarının imalatı bu kalem altında ele alınmıştır. Ayrıca elektrik tesisatı, sistem besleme ve şebekeye aktarım için gerekli teçhizat bu kategoride yer almaktadır. İki adet sabit tip çoklu gaz analizörü de bu kapsamdadır.

Kojenerasyon: Biyogaz sistemi, 800kW gücünde elektrik üretimine sahiptir. Sistem tasarımında 800kW gücünde tek bir ünite yerine, arıza durumunda sistemin durmasını engellemek amacıyla, 2 adet 400 kW'lık iki ünite öngörülmüştür. Bu kalem altında her bir ünite için 2 adet konteynır, jeneratörler, ısı geri kazanım üniteleri, kontrol ekipmanları ve otomasyonu yer almaktadır.

Biyogaz depolama ve şartlandırma üniteleri: Üretilecek olan biyogaz, kullanıma bağlı dalgalanmaları dengelemek üzere, her bir reaktöre entegre olan 4 adet çift membranlı balonlarda depolanacaktır. Bu depolar üzerinde basınç/vakum valfi gibi emniyet teçhizatı bulunacaktır. Biyogaz kullanıma gönderilmeden önce H₂S giderimi sağlanacak ve içeriğinde bulunan nem uzaklaştırılacaktır. Ayrıca, kojeneratörlerde arıza olması veya gaz içeriğinde CH₄ oranının azalması durumunda yakmayı sağlamak üzere bir adet biyogaz yakma bacası bulunacaktır. Tüm bu üniteler bu kategori altında değerlendirilmiştir.

Reaktör ısıtma sistemi: Sistemin çalışma sıcaklığı 35 °C'dir. Reaktörlerde bu sıcaklığı sağlamak için, kojenerasyon ünitesinden elde edilen sıcak su kullanılacaktır. Bu su, herbir reaktör iç duvarına monte edilen 30'ar sıra 25x1,8'lik PEx boru içerisinden geçirilecektir. Bu borular, reaktör giriş ve çıkış flanşları, kolektörleri ve montaj ekipmanlarının tümü bu kategori altında maliyetlere dahil edilmiştir.

Boru, fittings ve vanalar: Sistem içerisinde gübre su karışımını ve fermente gübreyi sevk etmek amaçlı HDPE borular kullanılacaktır. Ayrıca kojeneratörden makina dairesine ve reaktörlere sıcak suyu göndermek amacıyla, kendinden izoleli borular sistemde yer alacaktır. Gübre hattında 46 adet bıçaklı vana kullanılacaktır. Bu vanaların 16 adeti pnomatik aktüatörlü olacaktır. Biyogazın şartlandırma ünitelerine ve kojeneratöre sevinde AISI 316 kalite çelik borular kullanılacaktır. Tüm bu malzemeler ve bunların montajında kullanılacak olan fittings bu kalem altında değerlendirilmiştir. Ayrıca sıcak suyun sevk edilmesinde kullanılacak olan kuru ve ıslak rotorlu pompalar ve kapalı genleşme tankları, bu kalem içerisinde yer almaktadır.

Gözetleme camları: Reaktörlerde, mikserlerin durumunu, köpük oluşumunu ve karıştırma verimini kontrol amaçlı 5'er adet gözetleme camı bulunacaktır. Her bir camın üzerinde, su ile yıkama, silecek ve led ışık olacaktır. Ayrıca 4 adet cam üzerine kamera yerleştirilecek ve böylece uzaktan durum kontrolüne olanak sağlanacaktır. Bu kalem içerisinde tüm bu ekipman ile, özel kablolar, otomasyon bağlantı yazılımları ve montaj parçaları bulunmaktadır.

Seperatörler: Biyogaz üretimi sonrasında ortaya çıkan fermente atık, sıvı ve gaz fazına ayrılarak kullanılacaktır. Bu amaçla 2 adet seperatör kullanılacaktır. Bu kalem altında bahsi geçen seperatörler, otomasyon panosu ve seperatör binaları yer almaktadır.

Projelendirme: Biyogaz sisteminin mimari, detay, statik, mekanik ve elektrik projelerinin hazırlanması ve onaya hazır hale getirilmesi bu kalem içerisinde yer almaktadır. Ayrıca borulamada detayların verilmesi de bu kapsam içerisinde bulunmaktadır.

İzinler: Üretilen elektriğin lisanssız üretim kapsamında değerlendirilmesi için gerekli izinler ve inşaat ile ilgili ruhsat ve benzeri yasal yükümlülükler için ortaya çıkacak maliyetler, bu kategori altında değerlendirilmiştir.

Öngörülmeven maliyetler: Sistem büyüklüğü ve karmaşıklığı göz önüne alınarak, nakliye, zemin iyileştirme, sistem farklılaştırılması gibi oluşabilecek yeni koşullardan ortaya çıkabilecek maliyetler bu kalem içerisine alınmış, yatırım tutarının % 5'i kadar bir bütçe maliyetlere bu kategori altında eklenmiştir.

Müteahhit karı: Toplam yatırım tutarının % 8'i olarak bütçelendirilen bu kalem, yüklenici firmanın karını oluşturmaktadır.

14.4.FAALİYET PLANI

Kesin yer tespiti ve zemin etüdü: Bu iş paketinde, tesisin yapılacağı yer kesin olarak tespit edilecek ve inşaat için gerekli zemin analizleri gerçekleştirilecektir.

Projelerin hazırlanması: Mimari, statik, mekanik ve elektrik uygulama projeleri bu iş paketinde hazırlanacaktır.

Ruhsatlama: Bir önceki iş paketinde hazırlanan projelerin onayı sağlanacak ve inşaat ruhsatı alınacaktır.

İnşaat alanının hazırlanması: Bu iş paketinde şantiye kurulumu gerçekleştirilecek ve gerekli kazı/dolgu işlemleri yapılacaktır.

İnşaat işleri: Reaktörlerin, besleme ve boşaltma tanklarının, makina dairesinin, ekipmanlar için gerekli kaidelerin, lagünlerin, katı gübre depolama sahasının ve diğer betonarme yapıların inşaatı bu iş paketi içerisinde.

Mekanik montaj: Pompaların, mikserlerin, gözetleme camlarının, emniyet ekipmanlarının ve desülfürizasyon ünitesinin montajları bu safhada gerçekleştirilecektir. Ayrıca borulama ve diğer mekanik montaj bu iş paketi kapsamındadır.

Kojenerasyon ünitesi montajı: Bu iş paketi kapsamında kojenerasyon konteynırlarının inşaat alanına getirilerek, mekanik montajı tamamlanacaktır.

Gaz depolama ünitelerinin montajı: Reaktörlerdeki mekanik montajın bitmesini takiben, gaz balonlarının ve emniyet ünitelerinin montajı tamamlanacak, mekanik sisteme entegrasyonu gerçekleştirilecektir.

Elektrik montajın ve otomasyonun tamamlanması: Bu iş paketi kapsamında, sistemin elektrik montajı tamamlanacak, otomasyon için gerekli olan sensörlerin, debimetrelerin montajı gerçekleştirilecek ve otomasyon ile ilgili yazılım hazır hale getirilecektir.

Sistem boşa denemelerinin gerçekleştirilmesi: Mekanik ve elektrik montajı gerçekleştirilen ekipmanların çalışma denemeleri bu iş paketi içerisinde.

Çevre düzenlemesinin tamamlanması: Bu iş paketinde çevre düzenlemesi tamamlanacak ve gerekli uyarı levhalarının konumlandırılması gerçekleştirilecektir.

Sistemin çalıştırılması: Biyogaz üretim denemelerine bu iş paketinde başlanacaktır. Reaktörler doldurulacak, ilk ısıtma gerçekleştirilecek, elde edilen biyogaz yakma bacasında yakılacak ve kojenerastörde kullanılacaktır.

Hataların düzeltilmesi: İlk çalıştırma aşamasında tespit edilen mekanik ve elektrik montaj hataları ile kaçaklar, bu iş paketinde düzeltililecektir.

Devreye alma ve eğitim: Sistem hataları düzeltildikten sonra devreye alma gerçekleştirilecek, son kullanıcı sorumlularına gerek teorik gerekse pratik eğitimler verilerek bu iş paketinde sistem teslim edilecektir.

Yukarıda açıklamaları verilen iş paketlerinin gerçekleştirilme süreleri Tablo 33de verilmiştir.

Tablo 36: İş paketlerinin gerçekleştirilme süreleri

No	Faaliyet	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Kesin yer tespiti ve zemin etüdü												
2	Projelerin hazırlanması												
3	Ruhsatlama												
4	İnşaat alanının hazırlanması												
5	İnşaat işleri												
6	Mekanik montaj												
7	Kojenerasyon ünitesi montajı												
8	Gaz depolama ünitelerinin montajı												
9	Elektrik montajın ve otomasyonun tamamlanması												
10	Sistem boşa denemelerinin gerçekleştirilmesi												
11	Çevre düzenlemesinin tamamlanması												
12	Sistemin çalıştırılması												
13	Hataların düzeltilmesi												
14	Devreye alma ve eğitim												

14.5.EKONOMİK DEĞERLENDİRME

Önceki bölümlerde ilk yatırım maliyeti belirtilen biyogaz sisteminin ekonomik analizi bu bölümde gerçekleştirilecektir. Sistemin birincil çıktısı elektrik üretimidir. Elektrik üretiminin yanı sıra ısı enerjisi üretimi de söz konusudur. Diğer bir önemli çıktı fermente gübredir. Biyogaz üretim süreci sonucunda elde edilen ve azot yönünden zengin olan fermente gübre, sıvı ve katı olarak ayrılarak kullanıldığı gibi doğrudan da kullanılabilir. Biyogaz sistemleri aynı zamanda anaerobik arıtım üniteleridir. Bu nedenle dolaylı getiriler arasına, organik kirleticilerin giderim maliyetlerinin eklenmesi de gerekmektedir. Bu açıklamalar ışığında kurulacak sistemin getirilerinin parasal karşılıkları maddeler halinde aşağıda verilmiştir:

14.5.1.Elektrik üretimi: Sistem 800 kW elektrik üretim gücüne sahiptir. Yılın altı ayı sistem tam güçte çalıştırılabilecektir. Fakat yaylacılık ve mera hayvancılığının yoğun olduğu diğer altı aylık dönemde sistemin yarı güçte çalıştırılabileceği göz önüne alınmıştır. Kojenerasyon ünitesinin bir yıllık çalışma saati 8.760 saattir. Fakat çalışma saatini, sistem bakımı ve arızalar nedeniyle 8.300 saat olarak aldığımızda, 4.150 saat 800kW, 4.150 saat 400 kW güçle sistemin çalışacağı varsayılmıştır. Bu şekilde bir yılda sistemden elde edilebilecek elektrik enerjisi miktarı, 4,980GWh olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu değeri lisanssız elektrik üretiminde belirlenen 13,3 dolar sent/kWh değeriyle çarptığımızda yıllık toplam **662.340 dolar** getiri ile karşılarız. Euro karşılığı **593.680 EURO/yıl**'dır. Bu getirinin tamamı hesaplara yansıtılmıştır.

14.5.2.Isı üretimi:Projelendirme bölümündeki ısı analizlerde görüldüğü gibi, kojeneratörden elde edilen ısı enerjisi reaktörlerin ısıtılmasında kullanılmaktadır. Bu ihtiyaç karşılandıktan sonra geriye yine özellikle ısıtmada kullanılabilecek ısı güç kalmaktadır. Bu ısı güç kış ayları için 400 kW değerindedir. Bu gücün ilçede bulunan ortak kullanım alanlarını ısıtmada değerlendirildiği ve sadece soğuk aylardakullanıldığı varsayıldığında toplam elde edilen ısı enerjisi 1.486.080.000 kcal'dir. Bu miktar enerjinin kömür karşılığı 247,68 tondur. Kömürlü kazanların verim değerlerinin % 60 civarında olduğu da hesaba katıldığında bu miktar 413ton'a yükselmektedir. Parasal karşılığı ise piyasa değerlerine göre yaklaşık **71.862 EURO/yıl** olarak karşımıza çıkar. Isı enerjisinin yaz aylarında da kullanılması durumunda (ürün kurutma vb.) bu değer yaklaşık iki kat artabilecektir.

14.5.3.Fermente gübre üretimi:Biyogaz üretimi sonunda geriye azot yönünden zengin fermente atık kalmaktadır. Bu atık Avrupa ülkelerinde ticari olarak satılmaktadır. Fakat ülkemizde daha pazarı oluşmamıştır. Fermente gübrenin parasal olarak karşılığını bulabilmek için içeriğindeki ana besin maddelerinin kimyasal gübre karşılıklarının çıkarılması gerekmektedir. Ülkemizde bu tip çalışmalar sonucu 14,71 EURO/m³ değer belirlenmiştir. Fakat daha önce bahsettiğimiz pazarın oluşmaması, kullanıcıların fermente gübrenin yararlarından habersiz olması gibi nedenlerle, elde edilen gübrenin sadece % 20'sinin ticari değere dönüşebileceği öngörülmüştür. Buradan yola çıkıldığında tesisten bir yılda elde edilecek fermente atığın parasal

karşılığı, **350.000 EURO** olarak bulunur.

14.5.4.Organik atık giderimi: Biyogaz sistemlerinin diğer yenilenebilir enerji sistemlerinden farkı, enerji üretimi yanında organik kirleticilerin arıtımını da sağlamasıdır. Bu çok önemli işlevin, ekonomik analize yansıtılması gerekmektedir. Fakat ülkemizde fermente gübrede yaşanan zorluk, atık bertaraf maliyetinde de karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle bir tahminleme yapmak gerekmektedir. Bu tahminleme için, atıkların en azından taşıma maliyetlerinin belirlenmesi önemlidir. Fakat burada da karşımıza atıkların sevk edileceği uzaklıklar çıkmaktadır. Tüm bu zorluklar göz önüne alındığında, iyimser bir tablo çizmemek için atık bertarafı m³ başına 1 EURO gibi düşük bir değerde tutulmuştur. Bu şekilde tesisin yılda 79.672 m³ atığın arıtıldığı ve bunun parasal karşılığının **79.672 EURO/yıl** olduğu yapılan analizlerde dikkate alınmıştır.

Böylece biyogaz tesisinin toplam getirisi, **1.095.214 EURO/yıl** olarak bulunur.

Sistemin ekonomik analizini yapabilmek için, yatırım maliyetleri dışında işletim maliyetlerini de tespit etmek gerekmektedir. Bu maliyetler; içsel enerji kullanımı, bakım/onarım giderleri, personel harcamaları gibi kalemlerden oluşmaktadır. Fizibilite raporuna konu olan tesisin özelinde, bu maliyetlere atıkların sisteme taşınmasından doğan maliyetlerinde eklenmesi gerekmektedir. Tüm bu maliyet kalemleri aşağıda maddeler şeklinde özetlenmiştir.

14.5.5.İçsel elektrik tüketimi: Daha önceki analizlerde biyogaz sisteminde bulunan ekipmanların günlük toplam elektrik tüketimi 5.517kWh/gün olarak bulunmuştu. Bu harcama tutarına, aydınlatma, soğutma vb. gibi içsel tüketim miktarları da dahil edilerek 6.000kWh/gün harcama varsayılabilir. Bu harcamanın, tesiste üretilen elektrikle karşılanacağı, bu nedenle 0,133 dolar sent/kWh satış fiyatının maliyet olarak karşımıza çıkacağı açıktır. Bu bağlamda yıllık toplam maliyet 291.270 USD, günlük kur ele alındığında **257.567 EURO** olarak bulunur.

14.5.6.Bakım/Onarım giderleri: Tesis içerisinde elektromekanik cihazlar bulunmaktadır. Ayrıca kojenerasyon ünitesi içten yanmalı gaz motorları ihtiva etmektedir. Bu nedenle rutin bakımlar ve karşılaşılabilecek sorunlarda yapılacak

onarımlar söz konusudur. Bu kalemin fiyatlandırılmasında, bu tip tesislerin çalıştırılmasından elde edilen istatistiki veriler kullanılmaktadır. Kojenerasyon ünitelerinde yağ değişimi, bakım gibi değerler, üretilen kWh enerji başına 1,1 EURO sent olarak alınabilir. Bu şekilde yıllık **54.780 EURO** maliyet bulunur. Ayrıca diğer ekipmanlar için ilk yatırım tutarının % 2'si bakım onarım maliyeti olarak alınabilir. Bunun da parasal karşılığı yaklaşık **69.300 EURO/yıl**'dır. Böylece tesisin yıllık bakım/onarım harcamaları **124.080 EURO** olarak bulunur.

14.5.7.Personel harcamaları: Tam otomasyona sahip olan tesisin işletilmesinde 1 mühendis ve 1 teknikerin (elektrik/mekanik) bulunması yeterli olacaktır. Mühendisin ülkemiz koşullarında maaşı 2.000 EURO/ay, teknikerin maaşı 1.300 EURO/ay olarak alınabilir. Böylece tesiste yıllık personel harcaması **39.600 EURO** olarak karşımıza çıkar.

14.5.8.Atıkların tesise taşınması: Tesise günlük 220 m³ atık çevre çiftliklerden getirilecektir. Bu çiftlikler tesisin kurulacağı alana 1-6 km mesafededir. Ortalama olarak 4 km mesafe göz önüne alındığında, vidanjörün 1 seferi yaklaşık 8 km olarak hesaba dahil edilebilir. Projede ön görülen 20 ton kapasiteli vidanjörle sefer sayısı 11 olacaktır. Bu tip araçların 100 km'de yaklaşık 33 litre motorin tüketeceği de göz önüne alındığında, yıllık atık taşıma maliyeti **14.740 EURO** civarında olacaktır.

Böylece tesisin yıllık işletim maliyeti toplam **435.987 EURO** olarak bulunur. Buradan yıllık net getiri ise **659.227 EURO** olarak karşımıza çıkar.

Mali Net Bugünkü Değer (MNBD)'in bulunmasında, işletme gelir ve giderleri hesaplamalarından elde edilen veriler kullanılmıştır. Projenin ekonomik ömrü 20 yıl ve indirgeme oranı % 12 olarak hesaba dahil edilmiştir. 20. yılda sistemin hurda değeri, inşaat kalemlerinin yüksekliği nedeniyle, ilk yatırım maliyetinin % 15'i olarak hesaplara dahil edilmiştir. Bu şekilde

$$\begin{aligned}
\text{MNBD} = & \frac{-3.465.0000}{(1 + 0,12)^0} + \frac{659.227}{(1 + 0,12)^1} + \frac{659.227}{(1 + 0,12)^2} + \frac{659.227}{(1 + 0,12)^3} + \frac{659.227}{(1 + 0,12)^4} \\
& + \frac{659.227}{(1 + 0,12)^5} + \frac{659.227}{(1 + 0,12)^6} + \frac{659.227}{(1 + 0,12)^7} + \frac{659.227}{(1 + 0,12)^8} + \frac{659.227}{(1 + 0,12)^9} \\
& + \frac{659.227}{(1 + 0,12)^{10}} + \frac{659.227}{(1 + 0,12)^{11}} + \frac{659.227}{(1 + 0,12)^{12}} \\
& + \frac{659.227}{(1 + 0,12)^{13}} + \frac{659.227}{(1 + 0,12)^{14}} + \frac{659.227}{(1 + 0,12)^{15}} + \frac{659.227}{(1 + 0,12)^{16}} \\
& + \frac{659.227}{(1 + 0,12)^{17}} + \frac{659.227}{(1 + 0,12)^{18}} + \frac{659.227}{(1 + 0,12)^{19}} + \frac{519.750}{(1 + 0,12)^{20}}
\end{aligned}$$

$$\text{MNBD} = 1.289.621 \text{EURO}$$

olarak elde edilir. Bu verilerden projenin İç Karlılık Oranı (İKO),

$$\text{İKO} = \% 18$$

Geri Ödeme Süresi (GÖS);

$$\text{GÖS} = 8 \text{ yıl} \text{ olarak bulunur.}$$

15. PROJE ÖZETİ

Küçük Ölçekli Biyogaz Tesisleri Araştırma, Planlama ve Fizibilite Çalışmalarının Yapılması başlıklı projenin gerçekleştirilmesinde, öncelikle Bursa ve İzmir çevresindeki biyogaz ve yenilenebilir enerji tesisleri ziyaret edildi ve yerinde incelendi. Projenin ilk aşaması olarak planlanan teknik geziye Selim İlçe Kaymakamı Erdinç Dolu, Selim İlçesi Sosyal yardımlaşma ve Dayanışma Vakıf Müdürü Fikret Çelik ve Selim İlçe Tarım Müdürlüğü Mühendisi Erkan Özdemir katılım sağlamıştır. Ardından Kars İlinde saha çalışması yapılarak bölgedeki biyogaz potansiyeli tespit edilmiştir. Bölge ziyareti kapsamında 8 adet pilot çiftlik gezilerek çiftlik sahipleriyle biyogaz fizibilite anketleri yapılmış ve görüşleri alınmıştır. Projenin son aşamasında ise Almanya' ya teknik gezi düzenlenmiştir.

Yapılan çalışmalar ve atık potansiyeli değerleri ışığında biri küçük ölçekli olmak üzere beş adet biyogaz tesisi için ön fizibilite raporu hazırlanmıştır. Bu raporlarda kurulması olanaklı olan bu tesislerin geri ödeme sürelerinin 6-12 yıl arasında değişiklik gösterdiği görülmüştür. Analizlerde sistemlerin getirileri değerlendirilirken iskonto oranının % 12 olarak alınması, fermente gübrenin değerlendirilebilirlik oranının % 20'de tutulması, ısınma için referans yakıt olarak kömürün kullanılması gibi olabilecek en olumsuz senaryolar göz önüne alınmıştır. Bunun yanı sıra kurulacak tesislerin sosyo-ekonomik faydaları da değerlendirmeye alınmamıştır. Buna rağmen tesisler ekonomik olarak uygulanabilir görünmektedir. Ön fizibilitesi hazırlanan tesisler biri dışında büyük ölçeklidir. Sistem ölçeği büyüdükçe tesislerin geri ödeme sürelerinin düştüğü gözlenmektedir. Bu doğal bir durumdur. Fakat büyük ölçekli tesislerin, atık tedarikiyle ilgili sorunları bulunmaktadır. Atık yönünden çok sayıda işletmeye bağımlı olunması, sistemlerin işletilmesi sırasında risk oluşturmaktadır. Tablo 37 'de Selim ilçesinin mahallelerinde bulunan işletmelerin, hayvan sayına göre dağılımları verilmiştir.

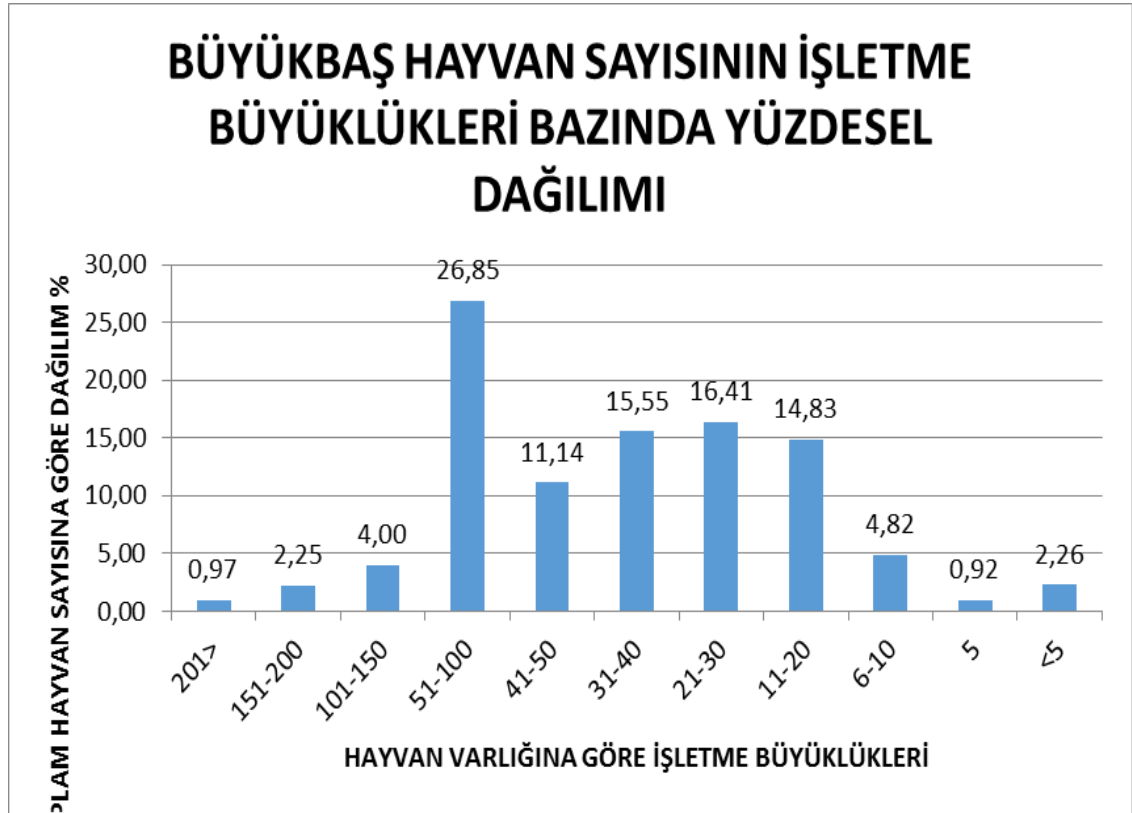
Tablo 37 Selim ilçesi mahallelerinde bulunan tarım işletmelerinin sayısının büyükbaş hayvan varlıklarına göre dağılımı

HAYVAN SAYISINA GÖRE İŞLETME BÜYÜKLÜKLERİ	AKÇAKALE	BÖLÜKBAŞ	ESKİGEÇİT	KAMIŞLI	KARAKALE	KATRANLI	KEKEÇ	KOŞAPINAR	LALOĞLU	OLUKLU	SARIGÜN	YENİCE	TOPLAM
201>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
151-200	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
101-150	0	0	0	0	1	1	0	3	0	1	1	0	7
51-100	12	1	3	6	24	7	3	2	5	0	13	7	83
41-50	6	5	4	3	13	2	3	4	2	2	5	3	52
31-40	18	7	4	6	20	7	2	5	8	2	8	7	94
21-30	23	20	4	2	19	7	10	4	8	6	27	9	139
11-20	35	22	6	11	22	17	13	4	11	6	50	10	207
6-10	19	12	5	7	11	4	4	4	13	5	38	8	130
5	4	0	0	1	4	6	5	2	2	0	15	0	39
<5	34	11	8	9	16	3	20	5	21	3	70	9	209
TOPLAM	153	78	35	45	131	54	60	33	70	25	227	53	964

Tablo 37’de görüldüğü gibi, 964 işletmenin önemli bir bölümü 20 büyükbaş ve altı hayvan varlığına sahiptir. Fakat bu işletmelerin hayvan varlığı yönünden de ele alınması gerekmektedir. Bu nedenle, toplam büyükbaş hayvan sayılarının işletmeler bazında dağılımı hesaplanmış ve bu dağılım Tablo 38’de gösterilmiştir. Tablo 38’deki verilerin yüzdesel gösterimi ise Şekil 30’da sunulmuştur.

Tablo 38 İşletmelere göre toplam hayvan sayısının dağılımı

HAYVAN SAYISINA GÖRE İŞLETME BÜYÜKLÜKLERİ	AKÇAKALE	BÖLÜKBAŞ	ESKİGEÇİT	KAMIŞLI	KARAKALE	KATRANLI	KEKEÇ	KOŞAPINAR	LALOĞLU	OLUKLU	SARIGÜN	YENİCE	TOPLAM
201>	204	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	204
151-200	151	0	165	0	159	0	0	0	0	0	0	0	475
101-150	0	0	0	0	126	105	0	351	0	112	149	0	843
51-100	862	80	239	337	1623	451	209	162	339	0	940	419	5661
41-50	279	212	178	128	584	91	145	186	83	98	225	140	2349
31-40	625	234	136	213	724	238	71	181	275	70	274	237	3278
21-30	592	475	106	55	502	165	251	87	195	145	653	235	3461
11-20	515	334	95	167	347	268	185	58	167	99	735	156	3126
6-10	162	100	30	54	93	30	32	26	90	37	297	66	1017
5	20	0	0	5	20	30	25	10	10	0	75	0	195
<5	79	25	16	21	26	9	51	11	49	8	162	19	476
TOPLAM	3489	1460	965	980	4204	1387	969	1072	1208	569	3510	1272	21085



Şekil 30 Hayvan varlığının işletme büyüklüklerine göre yüzdesel dağılımı

Tablo 38 ve Şekil 30'dan görüleceği gibi, 51-100 büyükbaş hayvana sahip işletmeler, hayvan varlığı yönünden toplamın % 26,85'ine sahiptir. 10 ve altı hayvan sayısına sahip işletmelerin hayvan varlığı ise % 8 gibi düşük bir orana sahiptir. Bu dağılım çiftlik tipi küçük tesislerin uygulanabilirliği açısından önemli avantajlara sahiptir. Bu tip tesislerde, sistemin işletilmesi için gerekli olan atığın tedarikinde sorun yaşanmayacaktır. Makro ekonomik yaklaşım yönünden, merkezi biyogaz tesislerinin, gerek kurulum ve işletme, gerekse bakım onarım yönünden yurt dışı bağımlılığı % 30'la % 60 arasında değişmektedir. Bölgesel olarak bakıldığında ise bu tip tesislerin İstanbul, Ankara ve İzmir orjinli firmalara bağımlılığı % 90'lara çıkmaktadır. Oysa çiftlik tipi küçük tesislerde yerli teknoloji oranı % 90'lara çıkmakta, bölgesel olarak ise (yerel yükleniciler, mekanik ve elektrik tesisatçıları, malzeme satıcıları vb.) toplam yatırımın ve işletme harcamalarının neredeyse % 50'ye yakınının yerel aktörler tarafından karşılanması nedeniyle ekonomik canlılık sağlayacağı düşünülmektedir. Bunun yanı sıra, bu sistemlerin hayata geçirilmesi, gelir dağılımında eşitsizlik yaratmadan, sosyo-ekonomik şartların, kırsal kesim sakinleri için düzeltilebilmesi potansiyelini de barındırmaktadır. Mikro ekonomik yönden geri ödeme sürelerinden kaynaklı dezavantajlar, yukarıda bahsi geçen avantajlar sayesinde kabul edilebilir ölçülerde kalmaktadır. Bu sistemlerin diğer bir özelliği, inşaat kalemlerinin düşük olmasıdır. Bu da, sistemlerin taşınabilir olmasını sağlamakta, çevresel mevzuatlardan kaynaklanabilecek sıkıntıların aşılmasını kolaylaştırmaktadır. Mevcut teknolojiler ışığında bu tip tesislerin hayata geçirilmesi için gereken yatırım tutarı 15 milyon EURO civarındadır. Merkezi sistemler yapıldığında ise bu tutar 10 milyon EURO'nun altına gerilemektedir. Bu 5 milyon EURO fazlalık bir dezavantajdır. Fakat yatırımlardan elde edilecek gelirlerin gerek yurt içi, gerek yerel aktörlerde toplanması, çarpan etkisi nedeniyle, makro ekonomik yönden önemli bir avantajdır. Merkezi sistemlerin işletim yönünden dezavantajlarının giderilmesi yönünden, köy tipi büyük tesislerin yapılması da ayrı bir çözümdür. Özellikle köy sakinlerinin oluşturacakları enerji kooperatifleri, hem sistemlere sahip çıkılmasında, hem de oluşabilecek gelir dengesizliğini gidermede rol oynama kapasitesine sahiptir. Böylece işletmeler, sağladıkları atık miktarı bazında tesisten ekonomik olarak yararlanabilecek, atık ısının ortak kullanım alanlarında değerlendirilebilmesi nedeniyle, toplumsal getiriler sağlanabilecektir. Ön fizibilite çalışmaları içerisinde Karakale mahallesi için ayrı sistemin göz önüne alınması bu nedenledir.

Kurulacak biyogaz tesisleriyle;

- Oluşan çevre kirliliğinin önüne geçilecek,
- Yerel halk bu konuda bilinçlenecek ve çevreye daha duyarlı bir il olma yolunda aşama katedilecek,
- Biyogaz üretimi sonucunda hayvan gübresinde bulunabilecek yabancı ot tohumları çimlenme özelliğini kaybedecek,
- Biyogaz üretimi sonucunda hayvan gübresinin kokusu hissedilmeyecek ölçüde yok olacaktır,
- Hayvan gübrelerinden kaynaklanan insan sağlığını ve yeraltı sularını tehdit eden hastalık etmenlerinin büyük oranda etkinliğinin kaybolması sağlanacak,
- Genel geçimini hayvancılıktan karşılayan bir şehir olarak, böyle bir projenin gerçekleştirilmesi sonucunda diğer illere de örnek bir şehir olma yolunda ve ülkenin enerji politikasını artırma yolunda önemli bir adım atılmış olunacaktır.

KAYNAKÇA

Prof. Dr.Durmuş KAYA-Prof Dr.H.Hüseyin ÖZTÜRK Biyogaz Teknolojisi

C.A.R.M.E.N: Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing und Ent-wicklungs- Netzwerk e.V ; Wagner, R.: Präsentation „Allgemei-ne Möglichkeiten der Gärresteverwertung“ (Sunum “Fermantasyon Artıklarının Değerlendirilmesine İlişkin Genel İmkanlar”), 07.11.2008

<https://www.cse.org.uk/projects/view>

Kars Selim Kaymakamlığı

Kars İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü

www.tuik.gov.tr/

Kars ziraat odası,Selim Belediyesi

Sarıkamış İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü

<http://kars.tkd.gov.tr/>

Selim İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü

Database of State Incentives for Renewables & Efficiency (DSIRE), 2012-2013. U.S. Department of Energy

U.S. Census 2010.” U.S. Census Bureau, July 2010.

<http://www.census.gov/2010census/>

Biosfer: Biosfer Danismanlik ve Mühendislik Ltd: Suluova Sığır Besicileri Birliği (SBB) Hayvancılık Organize Sanayi Bölgesi (OSB) Merkezi Biyometan Tesisi (MBT) Fizibilite Raporu, Suluova-Amasya, Istanbul 2009

FNR: Einsatz von Hilfsmitteln zur S teigerung der Effi zienz und Stabilität des Biogasprozesses (Biyogaz sürecinin verimin ve istikrarının arttırılmasına yönelik yardımcı araçların kullanımı), Gülzower Fachgesprä-che Band 35, H. Döhler, 232, Gülzow. 2011

www.endustriyelsimbiyoz.org

<http://www.teias.gov.tr/>

<http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir>

<http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle.aspx>