

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

116619

GÜNEŞ ENERJİLİ, ISI KONTROLLÜ VE FAZ DEĞİŞTİREN
ELEMENLİ BİYOGAZ TESİSİNİN TASARIMI

Abdullah AKBULUT

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ ANA BİLİM DALI

116619

ELAZIĞ
2002

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÜNEŞ ENERJİLİ, ISI KONTROLLÜ VE FAZ DEĞİŞTİREN
ELEMANLI BİYOGAZ TESİSİNİN TASARIMI**

Abdullah AKBULUT

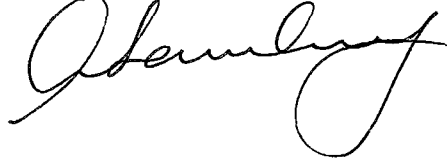
**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

Bu Tez, 27/08/2022 Tarihinde, Aşağıda Belirtilen Jüri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu İle Başarılı/Başarısız Olarak Değerlendirilmiştir.

(İmza)

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Celal SARSILMAZ



(İmza)

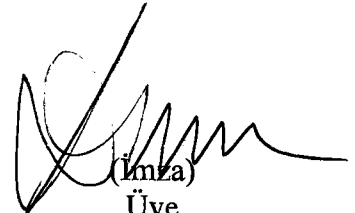
Üye

Prof Dr. Yasan Bicer



(İmza)

Üye



Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih
ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

ÖZET**YÜKSEK LİSANS TEZİ****GÜNEŞ ENERJİLİ, ISI KONTROLLÜ VE FAZ DEĞİŞTİREN ELEMANLI
BİYOGAZ TESİSİNİN TASARIMI****Abdullah AKBULUT****Fırat Üniversitesi****Fen Bilimleri Enstitüsü****Makine Eğitimi Anabilim Dalı****2002, Sayfa: 78**

Günümüzde, yenilenebilir enerji kaynaklarının uygulanabilirliğinin geliştirilmesi üzerine çok yönlü çalışmalar yapılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının başında güneş enerjisi gelmektedir. Güneş enerjisinin biyogaz üretiminde kullanılabilirliği son zamanlarda büyük önem kazanmıştır.

Bizim çalışmamızda güneş enerjisiyle çalışan bir biyogaz reaktörü geliştirilmiştir. Reaktör, iç içe geçmiş üç kapalı silindir gibi düşünülmüştür ve dış yüzeyi cam yünü ile yalıtılmıştır. Bu silindirlere en içteki, gaz elde etmek için hayvan küspesinin konulduğu şartlandırma odasıdır. Orta bölümdeki silindir; fermantasyon sıcaklığı için sıcak suyun geçtiği alandır. Sıcak su; 4 m² yüzey alanına sahip, zorlanmış konveksiyonla çalışan, kapalı devre güneş kolektöründen sağlanmaktadır. En dıştaki silindir ise; güneş ışınlarının olmadığı saatlerde, şartlandırma odasına ısı aktaracak, ısının depolandığı bölümdür. Isı depolamak için faz değiştiren materyal (FDM) kullanılmıştır. Faz değiştiren materyal olarak kalsiyum klorür hegzahidrat, yüksek özgül ısı nedeniyle tercih edilmiştir. Ayrıca sistem, şartlandırma odasında 32 °C

(fermantasyon) sıcaklık sağlamak için sıcak suyun hacimsel debisini ayarlayan bir kontrol ünitesiyle desteklenmiştir.

Deneyler sonucunda, uygun fermentasyon sıcaklığıyla ve faz değiştiren elemanın desteğiyle biyogaz üretim süresinin önemli ölçüde kısaldığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler:Biyogaz, Faz değiştiren eleman, Güneş enerjisi



ABSTRACT**MASTER THESIS****THE DESIGN OF BIOGAS PLANT WITH SOLAR ENERGY, HEAT
CONTROLLING AND PHASE CHANGE MATERIAL****Abdullah AKBULUT****Firat University****Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Education****2002, Page: 78**

Recently, there are many studies about renewable energy sources. Solar energy is the most important renewable energy sources. Bioenergy is commonly recognized as an important renewable energy. The utility of solar energy in biogas production is an important phenomenon.

In this study, biogas reactor which was aided solar energy was improved. Reactor was projected like three cylindrical jacket inner to inner and the outer surface was insulated with glass-wool the inner cylindrical jacket in which was put the organic materials for obtain the biogas is conditional room. The middle cylindrical jacket is the area which pass the hot water. Hot water is obtained from a solar collector which has an area of 4 m² and closed loop works with forced convection. When the solar radiation isn't effective, the required heat for supplying the fermentation temperature maintained at 32 °C was obtained from the outer cylindrical jacket where the heat was stored by phase change material. As a phase change material CaCl₂ was preferred because of the high specific heat. To obtain 32 °C in the conditional room, a control unit which is PID was used for regulate the hot water's volumetric flow rate.

As a result of the experiments, biogas production time has been watch over to become shorter by suitable fermentantion temperature and phase change material.

Keywords: Biogas, phase change material, solar energy



ÖNSÖZ

Günümüzde alışılmış enerji kaynaklarına olan bağımlılığın azaltılması için halen tüm dünyada uygulanan önlemlerin başında enerji tasarrufu ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan sistemlerin geliştirilmesi gelmektedir. Bu çalışma çözüm alternatifleri arasında yer alan güneş enerjisinin, diğer bir alternatif kaynak olan biyogaz üretiminde kullanımını araştırmaktır Yapılan bu çalışmada güneş enerjili,ısı kontrollü ve faz değıştiren malzemeli bir biyogaz reaktörü tasarlandı Bu araştırmanın, bundan sonra bu konuyla ilgili yapılacak araştırmalara yardımcı olacağı umulmaktadır.

Araştırmam süresince her türlü bilgi ve tecrübesinden yararlandığım başta tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Celal SARSILMAZ'a, değerli hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Aydın DURMUŞ'a, Arş. Gör.Fevzi GÜLÇİMEN'e, Arş. Gör. İrfan KURTBAŞ'a ve diğer araştırma görevlisi arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Abdullah AKBULUT

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	II
ABSTRACT	III
ÖNSÖZ	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİLLER LİSTESİ	VIII
TABLolar LİSTESİ	XI
 BÖLÜM I:.....	 1
1. GİRİŞ	1
 BÖLÜM II:.....	 4
2. BİYOGAZ ÜRETİMİ	4
2.1. Biyogaz Üretiminin Tarihçesi.....	4
2.2. Biyogazın Özellikleri Ve Oluşumu	7
2.3. Türkiye’de Biyogaz Potansiyeli Ve Üretimi İçin İşlem Geliştirme	12
2.4. Biyogaz Sistemlerinde Güneş Enerjisinden Yararlanma İmkanları	19
2.5. Üreteç Çeşitleri ve Gelişimi	23
2.5.1. Fermantasyon Tankı ve Gaz Toplayıcı Birlikte Olan Üreteçler.....	24
2.5.1.1. Sabit Kubbeli Üreteçler.....	24
2.5.1.2. Esnek Torbalı Üreteçler.....	24
2.5.2. Gaz Toplayıcısı Yüzücü olan Üreteçler.....	24
2.5.2.1. Su Kaplamasız, Gaz Toplayıcısı Yüzücü Olan Üreteçler.....	24
2.5.2.2. Su Kaplamalı, Gaz Toplayıcısı Yüzücü Olan Üreteçler.....	24
2.5.3. Ayrı Gaz Toplayıcı Üreteçler.....	24
2.6. Uygun Tip Üreteçlerin Seçimi ve kapasite Tayini.....	25
2.6.1. Sığır Gübresi İçin.....	26
2.6.2. Tavuk Gübresi İçin.....	27
2.6.3. İnsan Dışkısı İçin.....	27
2.6.4. Domuz Gübresi İçin.....	27
2.6.5. Bitkisel ve Hayvansal Artıklarla İnsan Artıkları Karışımı İçin.....	27

2.7. Üreteçlerin Başarılı Olmasında Temel İlkeler	29
2.7.1. Sıcaklık.....	29
2.7.2. Bekletilme Süresi.....	30
2.7.3. Hava.....	30
2.7.4. Bakteri.....	30
2.7.5. C/N Oranı.....	30
2.7.6. Ph.....	30
2.7.7. Uçucu Asitler.....	31
2.7.8. Katı Madde Miktarı.....	31
2.7.9. Toksin Maddeler.....	31
2.8. Üreteçlerin Doldurulması ve Çalıştırılması.....	31
2.8.1. Torba Tipi Üreteçler.....	33
2.8.2. Sabit Kubbeli Üreteçler	33
2.8.3. Üretecin Doldurulması.....	35
2.8.4. Üreteçlerin Çalıştırılması.....	36
2.8.5. Biyogaz Üretiminde Miktar ve Kalitenin Arttırılması Yolları.....	37
2.8.5.1. Sıcaklık Arttırıcı Yöntemler.....	37
2.8.5.2. Kimyasal ve Mikrobiyolojik Yöntemler.....	39
2.8.5.3. Mekanik Yöntemler.....	39

BÖLÜM III:..... 41

3. TEHLİKELİ ATIKLARIN YÖNETİMİ 41

3.1. Atık Minimizasyonu	43
3.1.1. Envanter Yönetimi	43
3.1.2. Üretim Prosesinde Modifikasyon	44
3.1.3. Hacim Azaltılması	45
3.1.4. Yeniden Kullanım ve Geri Kazanım	45
3.2. Tehlikeli Atık Envanterinin Oluşturulması	47
3.3. Tehlikeli Atıkların Ara Depolanması.....	48
3.4. Alternatif Bertaraf Yöntemleri.....	48
3.5. Türkiye’de Evsel Katı Atıkların Yönetiminde Mevcut Durum.....	49
3.5.1. Atık Yöntemi.....	49

3.5.2. Atık Bertarafı.....	50
3.5.3. Toplam değerlendirilebilir atık miktar	50
BÖLÜM IV:.....	51
4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	51
BÖLÜM V:.....	60
5. DENEY SETİ	60
5.1. Deney Düzenekinin Tanıtılması.....	60
5.2. Deneylerin Yapılışı ve Bulgular.....	64
5.3. Deneysel Çalışmada Oluşabilecek Ölçüm Hataları.....	68
BÖLÜM VI:.....	69
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	69
KAYNAKLAR	77
EKLER	

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. Gaz Depolama Özelliklerine Göre Biyogaz Üreteçlerinin Sınıflandırılması	23
Şekil 2.2. Üreticinin gaz tutucu ile yalıtımı.....	37
Şekil 2.3. Fermantasyon tankının güneş kollektörüyle ısıtılması.....	38
Şekil 5.1. Deney düzeneğinin şematik görünüşü.....	61
Şekil 5.2. PID kontrol ünitesinin ana elemanları ve şematik görünüşü.....	64
Şekil 5.3. Palet karıştırıcı.....	67
Şekil 6.1. Elazığ İline Ait Nisan, Mayıs, Haziran Işınım Değerleri.....	69
Şekil 6.2. Bazı Günlere Ait Reaktör Sıcaklığının Gün Boyunca Değişimi.....	70
Şekil.6.3. Her bir Dönem İçin Bekletme Süresine Göre Hacimsel Karbondioksit Değişimi.....	70
Şekil.6.4. Bekletme Süresine Göre Günlük Metan Üretimi.....	71
Şekil 6.5. Yakma odası aparatı.....	72
Şekil.6.6. Bekletme Süresine Göre Günlük Metan Üretim Hızı.....	73
Şekil.6.7. Her Bir Dönem İçin Bekletme Süresine Göre Metan Verimi.....	74
Şekil 6.8. Birinci Döneme Ait Sistemden Alınan ve Sisteme Verilen Enerji Miktarının Bekletme Süresine Göre Değişimi.....	75
Şekil 6.9. İkinci Döneme Ait Sistemden Alınan ve Sisteme Verilen Enerji Miktarının Bekletme Süresine Göre Değişimi.....	75
Şekil 6.10. Üçüncü Döneme Ait Sistemden Alınan ve Sisteme Verilen Enerji Miktarının Bekletme Süresine Göre Değişim.....	76

TABLOLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1. 1 m ³ biyogazın ortalama hacimsel bileşimi	7
Tablo 2.2. Metan gazının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	.8
Tablo 2.3. Çeşitli kaynaklardan biyogaz üretimi	10
Tablo 2.4. Sığır gübresi ve tarımsal artıkların karışımından oda Sıcaklığında (21 °C),anaerobik fermantasyonla üretilen biyogaz. miktarı.....	21
Tablo 2.5. Biyogaz Üretiminde Kullanılan Bazı Organik Maddelerin Denemelerde Belirlenen En Uygun Karışım Oranları.....	22
Tablo 2.6. Hayvansal Artıklar İçin Önerilen Sulandırma Oranları	23
Tablo 2.7. Günlük Gaz üretim miktarlarına göre Sabit kubbeli üreteçlerde gerekli hacim.....	26
Tablo 5.1. Normal şartlar altında CaCl ₂ .6H ₂ O'nun kimyasal özellikleri.....	62
Tablo 5.2. 1., 2. ve 3. Dönem deneylerine ait karbondioksit miktarları.....	63
Tablo 5.3. Elazığ ilinin 2002 yılı Nisan, Mayıs ve Haziran aylarına ait güneş ışıınım değerleri.....	65

BÖLÜM I

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızlı bir şekilde artmaya devam etmesi, sanayileşmenin yeni boyutlar kazanması ve insanoğlunun geleneksel yaşam şartlarından kurtularak yaşam standardını yükseltmek istemesi gibi faktörler enerji ihtiyacını hızlı bir şekilde artırmaktadır. Dünya enerji talebinin her yıl %5 oranında artması, çoğu sınırlı olan kaynakların insanlığın hizmetinde daha uzun süre tutulması için bu kaynakların uygun şekilde kullanılması, yenilenmesi veya azalan bu kaynakların yerine yeni kaynakların faaliyete geçirilmesi gerekmektedir.

Bugün 6 milyara ulaşmış bulunan dünya nüfusunun 2010 yıllarında 9 milyarı bulacağı tahmin edilmektedir. Çoğu ülkelerde mevcut nüfusun dahi yeterince doyurulamadığı ve barındırılmadığı bir dönemde, dünyamız hızlı bir şekilde artan nüfusu nasıl besleyecektir, nasıl geçindirecektir

Artan nüfusun beslenmesini sağlayacak kadar yeni tarım alanlarının açılabileceğini söylemek gerçekçi olamaz. Bugün dünya toprakları mümkün olan en yüksek oranda tarıma sunulmuştur. Bu durumda yapılabilecek en verimli iş, birim alandan daha fazla mahsul almak olacaktır. Bunun içinde, en önemli yöntem, toprak kaynaklarının yenilenmesinin sağlanması veya gübrelemedir. Gübrelemede en önemli yöntem de tarımsal üretimde arta kalan hayvansal ve bitkisel artıkların organik ve mineral madde kaynağı olarak toprağa verilmesidir. Özellikle, tarım ülkeleri ve az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde bu yöntem vazgeçilmez temel bir uygulama olmalıdır. Ancak kırsal kesimlerde tarımsal üretim sonucu elde edilen bu organik artıkların büyük bir kısmı yakacak olarak kullanılmaktadır. Halbuki, bu artıklar yakıt olarak kullanılacağına gübre olarak değerlendirilebilse, milli ekonomiye katkısı hiç şüphesiz kat ve kat daha fazla olacaktır. O halde söz konusu artıkların milli ekonomiye en uygun bir şekilde kazandırılabilmesi için gerekli önlemleri almak gerekir.

Diğer taraftan, organik artıkların yakılması ile bir kaynak tüketimi söz konusudur. Kırsal kesimde yaşayan ve geçimini tarım ve hayvancılığa bağlayan nüfusun yakıt ihtiyacı daha ucuz ve bol olarak karşılanabilse, bu insanlara yeterli bilgi götürülebilse hiç şüphesiz bu israfın önüne geçilecektir. Aksi halde, organik artıkların yakıt olarak

harcanması ile uygun ve yeterli enerji sağlanamayacağı gibi bu artıklar yerine çeşitli kimyasal maddelerin gübre olarak kullanılmasına devam edilecek, uygulamada karşılaşılan tarımsal sorunlarının yanında kimyasal gübre dış alımları ile ortaya çıkan ekonomik kayıplar her geçen gün artacaktır.

Tarımsal üretim sonunda meydana gelen organik artıkların tarım topraklarına gübre olarak verilmesi zorunlu olduğu için, kırsal kesimlerdeki nüfusun enerji ihtiyacının başka yollarla karşılanması gerekir.ancak kırsal kesimlerdeki bu enerji kaynaklarının kolay temin edilebilir, ucuz, kullanım alanı geniş ve temiz olması istenir. Bu şekilde sunulabilecek alternatif kaynaklar köylü ve çiftçi tarafından kolaylıkla benimsenir ve eski alışkanlıklardan kısa sürede vazgeçilir. Kırsal kesimlerde güneş ve rüzgar enerjisinden istifade edilebilir. Ancak bu enerji kaynakları devamlılık arz etmeyebilir ve daha ziyade destek enerjisi olarak kullanılabilir.

Organik artıkların yakılmasını önleyerek, artıkların gübre değerini artıran, kolay temin edilebilen, temiz enerji kaynağı olarak bilinen, tatbik sahası geniş olan biyogazın kullanılması ideal olarak görünmektedir. Bu suretle kırsal kesimin hem enerji ihtiyacı karşılanmış ,hem de artıkların tarımsal topraklara verilmesi temin edilmiş olur. Bilhassa 1973 yılı sonunda petrol fiyatlarındaki artışlar, alternatif enerji kaynakları üzerindeki çalışmaları da artırmıştır.

Çeşitli dünya ülkelerinde biyogaz araştırmaları devam ederken, biyogaz tesislerinin daha ziyade Asya ülkelerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bir çok ülkede biyogaza, yenilenebilir enerji kaynağı, tabii gübre, artıkların değerlendirilmesi, çevre kirlenmesi ve halk sağlığının korunması gibi farklı görüş açılarından bakarak da ilgi gösterilmektedir.

Senelerden beri üniversitelerimizin ve bazı kuruluşlarımızın araştırma merkezlerinde ve bazı küçük ölçekli çiftliklerde yapılan araştırmaların dışında tatbik imkanı bulamayan biyogaz tesislerinin yaygınlaştırılması için maalesef ciddi çalışmalar yapılamamıştır. Oysa geniş toprakları, büyük bir hayvan varlığı, iklim şartları ve güneş enerjisinin müsait olduğu ülkemizde biyogaz ihmal edilemeyecek kadar ucuz bir enerji kaynağı görünümündedir. Biyogaz üretim tesislerinin geliştirilmesiyle kırsal kesimlerde yaygınlaştırıldığı takdirde, aydınlatma, yemek pişirme işlerinde kullanılacağı gibi, küçük sanayi işlerinde de istifade edilecektir. Tesisten çıkan artıklar ise mükemmel bir gübre olarak toprağa verilebilecektir.

Dünyanın pek çok ülkesinde gittikçe yaygınlaşan biyogaz tesisleri özellikle enerji ihtiyacının önemli bir ulusal ve uluslar arası sorun olarak ortaya çıkmasından sonra, diğer alternatif enerji kaynakları ile birlikte dikkat çekmeye başlamıştır. Özellikle 1973'lü yıllardan sonra biyogaz tesislerinin sayısındaki hızlı artış bunun en açık delilidir. Bunun yanında az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerin yanı sıra gelişmiş ülkelerinde biyogaz konusuna önem vermeleri ilgi çekicidir. Ancak, biyogaz üretim tesislerinin yaygınlaştırılmasından önce, bu konuda teknik bilgiye sahip kalifiye elemanların yetiştirilmesi, değişik iklim bölgelerine uygun tipteki biyogaz üreteçlerinin ve hammaddelerinin seçilmesi oldukça önemlidir. Bu konuyu ulusal bir politika olarak benimseyip, kırsal kesimlere bu alternatif enerjiyi götürmeyi ve organik atıkların gübre değerini artırmayı amaçlayan bir program geliştirilmelidir. Aksi halde, yapılacak yatırımların büyük bir bölümünden amaçlanan yarar sağlanamayacağı gibi, kaynak tasarrufu sağlanmaya çalışılırken savurganlığın içerisine girilecektir.

BÖLÜM II

2. BİYOGAZ ÜRETİMİ

Kırsal kesimde yaşayan ve büyük bir bölümü tarımsal üretimle uğraşan nüfusun, enerji ihtiyacının ve ülkemizdeki gübre açığının giderilmesinde önemli ölçüde katkıda bulunacağı düşünülen biyogaz üretiminin, teknik özelliklerinin iyi bilinmesi gerekir. Konunun tüm ayrıntıları ile gözden geçirilmesi ve daha önce yapılan uygulamaların iyice incelenmesi, bu sistemin yaygınlaştırılmasındaki başarıyı büyük ölçüde arttıracaktır.

2.1. Biyogaz Üretiminin Tarihçesi

Metan gazı ilk kez on yedinci yüzyılın sonlarına doğru bataklık gazı içerisinde görülmüş ve on dokuzuncu yüzyılda, organik maddenin oksijensiz (havasız) koşullarda ayrışması ile meydana geldiği belirlenmiştir. (National Academy of Sciences, 1977).

Hayvansal artıklardan yararlanılarak iyi planlanmış ve yapılmış septik tanklarda ilk kez gaz üretilerek, 1895 yılında İngiltere’de, Exeter caddelerinin aydınlatıldığı bilinmektedir. (National Academy of Sciences, 1977). Bazı kaynaklar ise, hayvan gübresinin biyolojik ayrışmasından yararlanılarak metan üreten ilk biyogaz üreticinin 1900 yılında Hindistan’da, Bombay’da yapıldığını belirtmektedir (Alpkent,N.,1981). Bu tarihlerden sonra organik artıkların kullanılmasıyla biyogaz üretimi, dünyanın bir çok yerinde uygulanmaya başlanmıştır. 1920 yıllarında İngiltere’nin değişik yerlerinde biyogaz tesisleri yapılarak farklı amaçlarla kullanılmağa çalışılmış ve aynı zamanda biyogaz üretiminin araştırılmasına başlanmıştır. Daha sonra, biyogaz araştırmaları dünyanın başka ülkelerine de sıçramıştır. Her ülke kendi iklim ve sosyo – ekonomik koşullarına uygun olacak üreteç tiplerini araştırmaya koyulmuştur. Özellikle 1930 yıllarından sonra bu konudaki araştırma çabalarının yoğunlaştığı görülmektedir. Bu ülkelerin başında, Cezayir, Fransa, Almanya, Hindistan, İngiltere ve ABD gelmektedir (Gotaas, 1956). İkinci dünya savaşı esnasında ve bu savaşın sonunda meydana gelen yakıt yetersizliği nedeniyle, otomobillerin çalıştırılmasını sağlamak amacıyla Fransa, Cezayir ve Almanya gibi ülkelerde metan gazı üretilerek kullanılmıştır (National Academy of Sciences, 1977).

Enerji sıkıntısı çeken ülkelerde, özellikle kırsal kesimin enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla metan üretim tesisleri oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. İklim ve kültürel faktörlere bağlı olarak değişik tip ve özelliklerde biyogaz üreteçleri geliştirilmiştir. Ülkemizde ve diğer gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi, Hindistan'da da hayvan gübresi sıkıştırılarak kurutulmakta ve yakıt olarak kullanılmaktadır. Böylece tarım topraklarına uygulanması gereken gübre az bir yarar sağlamak amacıyla yok edilmektedir. Bu uygulamayı durdurmak amacıyla, Hindistan'da, Yeni Delhi'de, Tarımsal Araştırma Enstitüsünde 1939 yılında araştırmalar başlatılmıştır. Yapılan bir seri araştırma sonunda, hayvansal artıkların fermentasyonu ile oldukça basit ve ucuz bir teknikle biyogaz üretilebileceği, bunun yakıt olarak kullanılabileceği ve gaz üretiminden sonra gübrenin bitkisel üretimi arttırmak amacıyla tarım topraklarına verilebileceği ortaya konulmuştur (Deniz,Y.). Bu sonucun elde edilmesiyle, biyogaz üreteçleri Hindistan'da hızlı bir şekilde yaygınlaşmıştır. 1960 yılında, sadece bu konu ile ilgilenmek üzere Ajitmal, Etawah (Uttar Pradesh) bölgesinde Gobar Gaz Araştırma İstasyonu kurulmuştur. 1971 yılında yayınlanan bir eserde, bu istasyon tarafından geliştirilen değişik tipte üreteçler tanıtılmıştır. Aynı araştırma istasyonu, 1977 yılında büyük ölçüde Çin'de kullanılmakta olan biyogaz üreteçlerinden yararlanarak Janata tipi biyogaz üreteçlerini geliştirmiştir (Y.Deniz). Hindistan'da, 1962 yılından 1978 yılına kadar 70.000 biyogaz üretici tesis edilmiştir. Gobar Gaz Araştırma İstasyonu, bu sayının 1983 yılına kadar yarım milyona ulaştırılmasını amaçlamaktadır (Goborgas, 1979). Hindistan'da mevcut biyogaz üreteçleri ile 1978 yılına kadar 131,22 milyon metreküp gaz üretildiği, bunun 81,38 milyon litre gaz yağına eşdeğer olduğu belirtilmektedir. Bunu parasal değeri ise, 984 milyon dolardır. Buna ek olarak üreteçlerden elde edilen gübrenin değeri ise 722 milyon dolar olarak hesaplanmıştır. Hindistan'da The Khadi and Village Industries Commission tarafından yapılan tahminlere göre, mevcut 550.000 köye 4 – 5 milyon adet üreteç tesis etmek mümkündür. Bu tesislerin tamamlanması ile elde edilecek gaz miktarı 5.431 milyon litre gazyağına eşdeğer olacak ve bunun parasal değeri 610 milyon dolar civarına çıkacaktır. Ayrıca, bu uygulamanın başarıya ulaşması halinde, 89,3 milyon ton organik gübre korunmuş olacaktır. Bu gübrenin değeri ise, 496 milyon dolar olacaktır.

Hindistan'daki çalışmalara benzer şekilde, diğer ülkelerde de araştırma uygulama alanlarında biyogaz üretimi mevcuttur. Örneğin, Tayland'da, biyogaz konusundaki

alışmalar 1955 yılında başlamıştır. Devlet tarafından desteklenen çalışmalarda domuz gubresinden biyogaz üretimini esas alınmıştır. Bu tarihten sonra, 7.500 civarında üreteç yapılarak kullanılmıştır. (National Academy Sciences, 1977).

Biyogaz konusundaki uygulamaların, özellikle 1970 yılından sonra, Çin Halk Cumhuriyeti'nde oldukça hızlı bir şekilde yaygınlaştırılması dikkat çekicidir. Bu konuda birkaç adet sempozyum düzenlenmiştir. Biyogazla ilgili olarak yapılan çalışmaları bir araya getirmek ve onlardan yararlanmak amacıyla, 1972 yılında Çin Bilim Akademisi ve Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından Szechwon'da bir toplantı düzenlenmiştir. Mevcut literatürden elde edilen bilgilere göre, insan dışkısından ve hayvansal artıklardan biyogaz üreten on binlerce üretecin bulunduğu, bunlardan sadece 30.000 adedinin Szchwon yöresinde yer aldığı anlaşılmaktadır. (National Academy of Sciences, 1977). Bazı kaynaklara göre, Çin Halk Cumhuriyeti'nde, halen çalışır durumda olan değişik kapasiteli üreteç sayısı 4 milyonun üzerindedir (National Academy of Sciences, 1977). Bu ülkede yaygın olan ev tipi biyogaz reteleri ailenin yemek pişirme, aydınlatma gibi günlük kullanımını büyük ölçüde karşılamaktadır. Daha büyük kapasiteli üreteçler ise tarımsal üretim çiftliklerinde su pompası, çiftlik makinaları ve elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır.

Çin (Tibet) ile Hindistan arasında küçük bir ülke olan Nepal'de, 1974 yılından önce sadece birkaç tane biyogaz tesisi mevcutken, son yıllarda artırılması için çalışmalar başlatılmıştır. İlk tesislerden biri 1950 yıllarında, Kathmandu yakınlarında St.Xavier Okulunda inşa edilmişti. Okuldan yetiştirilen hayvanların gübresinden yararlanılarak üretilen gazla, yedi yıl boyunca okulun yemek pişirme işlerinde kullanılacak gaz ihtiyacı karşılanmıştır. Okuldaki hayvanların kesilmesinden sonra, gübre temin edilemediğinden gaz üretimini mümkün olmamıştır. 1975 – 1976 yıllarında, ülke yüzeyinde 250 adet üretecin tesisi planlanmıştır. Bu retelerin inşasında yöresel materyalden yararlanılmış ve ülkenin sosyo – ekonomik yapısına uydurulmağa çalışılmıştır.

Kore'de, 1969–1973 yılları arasında, özellikle kırsal kesimde 24.000 adet biyogaz üretecinin tesisi edildiği belirtilmektedir (National Academy of Sciences, 1977).

Biyogaz konusunda yayınlanan bir takım makale eserden elde edilen bilgilere göre, Tanzania, Uganda ve Bangladeş gibi ülkelerde de biyogaz reteleri

bulunmaktadır. Güney Pasifik adalarının bazılarında da, 1971 yılından sonra araştırmaların başlatıldığı anlaşılmaktadır.

Batı dünyasında ve ABD biyogaz konusunda yapılan çalışmalar başarılı bir şekilde sürdürülmektedir. İngiltere, Fransa, Almanya, İsviçre, Macaristan ve İtalya gibi ülkelerde üretim amacıyla olduğu kadar araştırma amacıyla da üreteçler tesis edilmektedir (National Academy of Sciences, 1977)

2.2.Biyogazın Özellikleri Ve Oluşumu

Organik artıkların anaerobik (havasız) fermentasyonu sonucu açığa çıkan renksiz, kokusuz, havadan daha hafif, karışımı %60-70 metan (CH_4), %30-40 karbondioksit (CO_2) ve az miktarda kükürtlü hidrojen (H_2S), azot, hidrojen, karbon monoksit ve oksijenden oluşan, havaya karşı yoğunluk oranı 0.83, oktan sayıslı 10 dolaylarında, ısı değeri 4700-6000 kcal/m³ arasında olan bir gazdır. Biyogazın bileşimi, elde edildiği organik maddenin cinsine ve fermentasyon şekline bağlı olarak değişmekle beraber esas olarak iki ana bileşenden oluşur. Bunlar metan ve karbondioksittir. Tablo 2.1’de 1m³ biyogazın ortalama hacimsel bileşimi verilmiştir. Yanan metan gazının kendisinin kokusuz olmasına rağmen, biyogaz; karışımında yer alan kükürtlü hidrojen gazı nedeniyle kokuludur. Ancak yanma esnasında koku kaybolur. Üretilen biyogazın kullanılmadığı zamanlarda, gaz taşıyıcı sistemde kaçak olup olmadığı bu kokudan kolaylıkla anlaşılır. Biyogaza yanıcılık özelliği veren metan gazının özellikleri Tablo 2.2’de verilmiştir. Biyogaz is yapmayan, temiz ve mavi bir alevle yanar. Gün ışığında alevi görmek güçtür.

Tablo 2.1. 1m³ Biyogazın Ortalama Hacimsel Bileşimi

Bileşim Elemanı	% Hacimsel Bileşimi
Metan (CH_4)	54-80
Karbondioksit (CO_2)	20-45
Azot (N_2)	0-1
Hidrojen (H_2)	1-10
Karbonmonoksit (CO)	0.01
Oksijen (O_2)	0.1
Hidrojen Sülfür (H_2S)	Az miktarda

Tablo 2.2. Metan Gazının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri (National Academy of Sciences, 1977).

Kimyasal Formülü	CH ₄
Molekül Ağırlığı	16,042
Kaynama Noktası (760 mm Hg de)	-161,49 °C
Donma Noktası (760 mm Hg de)	-182,48 °C
Kritik Basınç	47,363 kg/cm ²
Kritik Sıcaklık	-82,5 °C
Özgül Ağırlık	
Sıvı (-164 °C de)	0,415
Gaz (25 °C ve 760 mm Hg de)	0,000658
Özgül Hacim (15,5 °C ve 760 mm Hg de)	1,42 lt/gr
Kalori Değeri (15,5 °C ve 760 mm Hg de)	9100 kcal/m ³
Yanma Denklemi	CH ₄ + 2 O ₂ → CO ₂ + H ₂ O
Yanması İçin Gerekli Hava (m ³ /m ³)	9,53
Tam Yanması İçin O ₂ /CH ₄	3,98 Ağırlık 2,00 Hacim
Tam Yanması İle CO ₂ / CH ₄	2,74 Ağırlık 1,00 Hacim

Biyogaz üretiminde kullanılan organik atık madde kaynağını bitkisel ve hayvansal kökenli olarak iki gruba ayırabiliriz. Bitkisel kökenli organik artıkların büyük bir bölümü, ülkemizde hayvan yemi olarak kullanılması nedeniyle, biyogaz üretiminde kullanılacak kesin miktarının tespit edilmesi oldukça zordur. Hayvansal kökenli organik artıklar, anaerobik fermantasyon sağlayan mikroorganizmalara sahip olması nedeniyle, biyogaz üretiminde ayrı bir yere sahiptirler (Alibaş,K.,Kudal,F.).

Biyogaz üretiminin sağlandığı organik maddelerin, anaerobik fermantasyonu, birbirini izleyen üç temel aşamada gerçekleşmekte ve bu üç aşama arasında aynı adla isimlendirilen, üç değişik bakteri grubu etkinlik göstermektedir. Fermantasyon olayının başarısı, çevrenin ve diğer karakterlerin uygunluğuna bağlıdır. Bu şartlar; sıcaklık, havasız ortam, yeterli cins ve miktarda besin maddesi, uygun PH ve toksin maddelerin bulunmayışı ve oldukça düşük derişim yoğunluğunda bulunmasıdır. Ayrıca, gaz üretimi gübre su karışımındaki katı miktarına da bağlıdır.

Anaerobik fermantasyonun birbirini izleyen üç temel aşaması şu şekilde sıralanabilmektedir (Alibaş,K.,Kudal,F.):

- a-) Fermantasyon ve hidroliz,
- b-) Asetik asidin oluşumu,
- c-) Metanın oluşumu

a-) Fermantasyon ve Hidroliz: Bu aşamada fermentavite ve hydrolytic bakteriler olarak isimlendirilen bakteri grupları, suyun yardımı ile organik maddenin üç temel ögesi olan karbonhidratları, proteinleri ve yağları parçalayarak CO₂, amino asitler, yap asitleri ve alkoller gibi suda çözünebilen ara ürünlere parçalanırlar. Bu aşamaya sıvılaştırma aşaması denir. Sıvılaştırma aşamasının ürünleri asit oluşturan anaerob ve fakültatif mikroorganizmalar tarafından üremeleri için besin kaynağı olarak kullanılırlar.

b-) Asetik Asidin Oluşumu: Bu aşamada, uçucu yağ asitlerini asetik aside dönüştüren asit oluşturan bakteri grupları devreye girmekte ve bir kısım asit oluşturan bakteriler uçucu yağ asitlerini asetik asit ve hidrojene dönüştürürken, diğer bir kısım asit oluşturan bakteri grubu ise, açığa çıkan CO₂ ve hidrojeni kullanarak asetik asit oluşturmaktadır. Ancak bu ikinci yolla oluşan asetik asit miktarı birinciye göre oldukça azdır. Bu iki aşamayı aşağıdaki reaksiyonla özetleyebiliriz:

Kompleks Organik

Asit Oluşturan Bakteriler → CO₂ + H₂O + Organik Asitler ve Alkoler

c-) Metan Oluşumu: Bu aşamada ise asitleştirme aşamasının ürünleri metan üzerinden ya da metanojenik bakteri grupları tarafından ,CO₂ ve H₂'yi kullanarak CH₄ ve H₂O oluşturlarken, bir kısmı da ikinci aşama sonucu ortaya çıkan asetik asidi kullanarak CH₄ ve CO₂ oluşturmaktadır. İkinci yolla elde edilen metan miktarı toplam metanın %70'i iken, birinci yolla %30'u elde edilebilmektedir.

Metanın oluşum aşamasında devreye giren metan bakterileri, fermantasyon ortamının sıcaklığına göre çeşitlenmekte ve isimlendirilmektedir. Anaerobik fermantasyon 0°C'den 97°C'ye kadar olan sıcaklık sınırlarında faaliyet gösteren metan bakterilerini, faaliyet gösterdikleri fermantasyon sıcaklıklarına göre üç grupta toplayabiliriz.

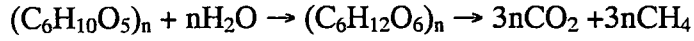
1-) Psychrophilic(sakrofilik) Bakteriler: Optimum faaliyet sıcaklığı 25°C

2-) Mezophilic (mezofilik) Bakteriler: Optimum faaliyet sıcaklığı 36°C

3-) Thermophilic (termofilik) Bakteriler: Optimum faaliyet sıcaklığı 55°C

Sakrofilik bakteriler hayvan gübresinde yaşamamaktadırlar. Bunlar deniz ve göl diplerindeki tortular ile bataklıklarda yaşarlar.

Organik maddenin havasız koşullarda mikrobiyolojik olarak ayrıştırılması ve metan üretimi genellikle şu reaksiyonla gösterilir:



Metan oluşumunda kullanılan bitkisel ve diğer organik artıkların büyük bir bölümünü oluşturan madde selülozdur. Selülotik bakteriler selüloz zincirini parçalayarak kısaltırlar. Önce şeker moleküllerine ve daha sonra da organik asitlere dönüştürürler. Biyogaz üretimi amacıyla kullanılabilecek kaynaklar Tablo 2.3’de verilmiştir.

Tablo 2.3. Çeşitli Kaynaklardan Biyogaz Üretimi

	40 Günde Toplam Gaz Üretimi L/kg U.K	Karıştırılan Materyalden Sağlanan Artış%	Toplam Gaz Üretimi L/kg U.K	60 Günde Karıştırılan Materyalden Sağlanan Artış%
İnek	380	-		437
Domuz	569	-		628
Tavuk	617	-		643
İnsan Gübresi	265	-		304
Yabani Ot	277	-		316
İnek +Domuz (50 + 50)	510	107	534	102
İnek + Tavuk (50 + 50)	528	105	534	103
İnek+ İnsan Gübresi (50 + 50)	407	116	474	128
Domuz +Tavuk (50 + 50)	634	106	663	104
İnek + Yabani Ot (50 + 50)	363	105	421	112
Domuz +Tavuk+İnek (50 + 25 + 25)	585	111	601	103
İnsan Güb.+ Tavuk (50 + 50)	413	101	478	101

Metan bakterilerinin faaliyetleri, birinci ve ikinci basamakta bakteriler tarafından besin maddesinin hazırlanışına bağlı olmaktadır. Örneğin metan bakterilerini azot ihtiyacının en iyi şekilde sağlanabilmesi için, önceki basamaklarda organik azotun amonyak durumuna dönüştürülmüş olması gerekir. Metan bakterilerinin besin maddesi ihtiyaçları, henüz kesin olarak belirlenmemesine karşın, fosfora da ihtiyaç duydukları bilinmektedir. Bunun dışında metan bakterileri bazı çevre faktörlerine karşı oldukça duyarlıdır. Bunlar tamamen oksijensiz ortamda faaliyet gösterebildiklerinden, ortamda az miktarda da olsa oksijen varlığı faaliyetlerini engellemektedir. Metan bakterileri PH değişimine karşı da oldukça duyarlıdır. PH anaerobik fermentasyonu kontrol eden en önemli faktörlerden birisidir. Optimum PH değerinin 6.4 - 7.4 olduğu bilinmektedir. PH'nin 6.4 değerinin altına düşmesi gaz veriminin azalmasına ve sistemin dengesinin bozulmasına yol açmaktadır. Metan oluşturan bakteriler, asit bakterileri tarafından üretilen yağ asitlerini, asit oluşum hızına eşit bir hızla parçalayabildikleri sürece sistem dengededir ve ortam PH'si 7 civarındadır. Ortam PH'sini kontrol eden birçok karmaşık asit-baz dengesi bulunmasına rağmen optimum işletme şartlarında, PH karbondioksit-bikarbonat sistemi tarafından denetlenir. Metan oluşturan mikroorganizmaların çalışmasını kısıtlayıcı şartlar ortaya çıktığında, ortamda biriken yağ asidi bikarbonat dengesinin bozulmasına sebep olur. Karbondioksit oluşumu, ortamdaki karbonik asit derişimini yükselterek PH'nin düşmesine neden olur. Bu nedenle PH ile birlikte ortamın bikarbonat alkalitesi veya gaz içindeki karbondioksit yüzdesinin ölçülmesi, sistemin normal çalışıp çalışmadığının anlaşılması açısından önemlidir. Ortam PH'si $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ilavesiyle 6.7 – 7.4 aralığında kontrol edilebilir.

Diğer bazı maddelerde metan üreten bakterileri olumsuz yönde etkileyerek üretimin azalmasına neden olmaktadır. Bu maddelerden en önemlileri; amonyak, amonyum iyonu, sülfatlar ve bakır, çinko, nikel gibi metallerin tuzlarıdır.

Metan gazı üretiminde ortamın sıcaklığı oldukça önemlidir. Bu sıcaklık özellikle mikroorganizmalar çoğalması yönünden önemlidir. Metan bakterileri ani sıcaklık değişimlerinden oldukça fazla etkilenirler. Genel bir kural olarak, ortam sıcaklığının 30°C – 40°C olması istenir. Gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farkları metan bakterilerini etkiler. Reaktördeki gübre-su karışımının sıcaklığının azalması ile metan gazı üretimi azalır. Sıcaklık 10°C 'ye düştüğünde metan üretimi aşağı yukarı durur. Isıtmalı olmayan üreteçlerde reaktör sıcaklığının 30°C – 40°C 'ye yükselmesi genellikle

mümkün olmaktadır. Gübre-su karışımının reaktörde bekletilme süresi de metan üretiminde etkili olmaktadır. Diğer taraftan, gübre-su karışım oranı, diğer bir deyişle, reaktördeki karışımda katı madde miktarı gaz üretimini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, karışımdaki en uygun katı madde miktarı %7 – 9'dur.

2.3.Türkiye’de Biyogaz Potansiyeli Ve Üretimi İçin İşlem Geliştirme

Dünyada son yıllarda yaşanmakta olan enerji krizi, endüstriyel gelişimini tamamlamış ülkelerin yanı sıra, zengin fosil yakıt kaynaklarından yoksun, gelişmekte olan ülkelerin ekonomisini de olumsuz yönde etkilemektedir. Bu sıkıntılara paralel olarak alternatif enerji kaynakları üzerinde yapılan çalışmalar gittikçe önem kazanmaktadır. Bu alternatif kaynakların başlıcaları, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji ile biyogazlardır (Soyupak,S.).

Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler için belirtilen alternatif enerji kaynaklarının önemi büyüktür. Organik artıkların kullanılmasıyla biyogaz üretimi ülkemizde yaygın değildir. Özellikle son yıllarda, tarım topraklarının verimliliğinde sürekliliğin sağlanması ve bitkisel üretimin artırılması amacıyla fazla miktarda gübreye gereksinim duyulması, gübre dış alımlarının önemli miktarda döviz kaybına neden olması ve gübre fiyatındaki sürekli artış, ayrıca kırsal kesime enerji temini çabaları biyogaz konusundaki çalışmaların hızlanmasına neden olmuştur (Soyupak,S.).

Araştırma amacıyla yapılan çalışmaların dışında, ülkemizdeki biyogaz üreteçlerinin sayısı son yıllara kadar 10-15 adedi geçmiyordu. Ancak çeşitli kamu kuruluşları tarafından yapılan çalışmalarla, bu sayı son zamanlarda 30-35 adede yükselmiştir. Üreteç sayısının artırılmasında en büyük çabayı Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Topraksa Genel Müdürlüğü göstermektedir.

Türkiye’de biyogazla ilgili çalışmaları iki aşamada özetlemek mümkündür. 1860-1870 dönemi: İlk çalışmalar araştırma boyutunda Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü ve Eskişehir Bölgesi Toprak Su Araştırma Enstitüsü’nde başlatılmıştır. Bu dönemde biyogaz enerji açısından değil, fermente gübrenin bitkisel üretiminde kullanılması açısından düşünülmüş, küçük üreteçler yerine büyük üreteçler planlanmıştır. Yapılan ekonomik analizler biyogazın, diğer yakıtlara göre daha ucuz olduğunu göstermiştir.

Ayrıca Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde prototip üreteçler üzerinde akademik çalışmalarda sürdürülmüştür (Bilgin,N.,Deniz,Y.)

Bu dönemdeki çalışmaların uygulamaya yansımamasının ve biyogaz tesislerinin yaygınlaşmamasının sebebi aşağıdaki gibi özetlenir:

a-) Gerek teknik gerekse işletme bazında yeterli bilgi ve deney birikiminin sağlanamaması ve gerekli kadroların yetiştirilememesi,

b-) O dönem koşullarında sıvılaştırılmış petrol gazının (LPG) ucuz ve uygun koşullarda çiftçiye ulaştırılması nedeniyle benimsenmemesi,

c-) Konunun önemini kavrayamayan yönetimlerin ülke koşullarına uygun bir planlama yapamaması ve biyogaz yatırımlarına gerekli kaynağı aktaramamaları.

1980-1986 Dönemi: Bu dönemde biyogazla ilgili araştırma ve uygulama çalışmaları birlikte yürütülmüştür. Konunun ülke gündemini belirleyici etken ülkemizi de etkileyen petrol krizidir. İlk olarak 1981 yılında Merkez Toprak-Su Araştırma Enstitüsü'nde bir biyogaz birimi oluşturulmuştur. Aynı süreçte aile tipi biyogaz üreteçlerinin ülke genelinde yaygınlaştırılması çalışmaları başlatılmıştır. Kendi imkanları ile biyogaz üretici yapmak isteyen kişiler, teknik yardım ve kredi ile desteklenmiştir.

Yapılan araştırma, uygulama, eğitim ve yayın çalışmaları başarılı sonuçlar vermiş, kamuoyunun ilgisi çekilmiş ve küçümsenmeyecek bilgi ve deney birikimi sağlanmıştır. Çalışmaların başarılı sonuçlar vermesine karşın, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü 1986 yılı sonundan itibaren çalışmaları durdurmuştur. Neden olarak, biyogaz üreteçlerinin pahalı olduğu, dolayısıyla bu konuda yapılacak yatırımların ekonomik olmayacağı ileri sürülmüştür.

Bu iki dönemde yapılan çalışmaları şu şekilde belirtebiliriz:

Toprak Su Genel Müdürlüğü tarafından biyogaz konusundaki ilk çalışmalar, 1957 yılında Ankara Toprak Su ve Gübre Araştırma Enstitüsü'nde başlatılmıştır. Bu çalışmaları daha sonra,1962-1967 yıllarında, Eskişehir Bölge Toprak Su Araştırma Enstitüsünün çalışmaları izlemiştir. Bu tarihlerde yapılan çalışmalarda biyogaz üreteçlerinin yaygınlaştırılması sağlanamamıştır. Bunun en önemli nedeni, tüp gaz fiyatlarının çok düşük oluşudur.ayrıca, tip olarak kesik besleme yöntemiyle çalışan üreteçlerin seçilmiş olması da üreteçlerin yaygınlaştırılmasında önleyici etken olmuştur (Eryılmaz,H.,1981).

Eskişehir’de yapılan çalışmaların sonuçları, biyogaza bir enerji kaynağı gözü ile bakılmaması gerektiğini, bu sistemin daha çok çiftlik gübresinin değerlendirilmesi yönünden önem taşıdığını, küçük tip üreteçler yerine orta ve büyük tarımsal işletmeler için yapılacak daha büyük kapasiteli üreteçlerin uygun olduğunu, yaygın uygulamalara geçilmeden önce farklı iklim bölgeleri için yeteri miktarda araştırma yapılması gerektiğini ortaya koymuştur

Biyogaz konusunda araştırma amacıyla yapılan çalışmalara 1964-1967 yıllarında, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültür Teknik Kürsüsünün çalışmalarında yer verilmiştir. Kırsal kesimler için aile tipi olarak geliştirilmiş prototip tesis, daha sonra Ankara köylerinin üçünde deneme tesisi olarak kullanılmıştır. Ankara iklim koşullarında, yaz aylarında başarı ile çalışan tesislerin, sıcaklık düşmesi ile sonbahar ve kış aylarında yeterince gaz üretmediği, bu aylarda taze gübre ile tecrit edilmeleri gerektiği belirtilmiştir. Üretilen biyogazın diğer yakıtlara oranla çok ucuz olacağı yapılan bu çalışmalarla ortaya konulmuştur (DİE,1984-1985).

Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (MTA) tarafından 1976 yılında başlatılan çalışmaların ilk aşamasında, Hacettepe Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü’nün işbirliği ile küçük çapta laboratuvar tipi üreteçlerde optimum ayırma için gerekli sıcaklık, PH, mikroorganizma ve ham madde özellikleri araştırılmıştır. İkinci aşamada elde edilen sonuçlardan yararlanılarak çiftlik tipi üreteçler üzerinde çalışmaya başlanmıştır. Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Etimesgut Çiftliği’nde 54 m³ kapasiteli Çin tipi bir üreteç 1978 yılında üretime alınmıştır (DPT).

Daha sonra, 1979 yılında Toprak-Su Genel Müdürlüğü tarafından konu yeniden ele alınmıştır. Ankara Merkez Toprak-Su Araştırma Enstitüsü tarafından yapılan bir seri çalışma ile, Çin, Hindistan, Nepal ve Kore gibi ülkelerde yaygın olarak kullanılan üreteçler tesis edilerek denemeye alınmıştır. Bu çalışmaların sonunda, sürekli beslenme yöntemiyle çalıştırılan Çin tipi biyogaz üreteçlerin ülkemiz koşullarında daha uygun olduğu açıklanmıştır. Ayrıca, bu tip üreteç için değişik kapasiteli projeler hazırlanmıştır. Toprak-Su Genel Müdürlüğü’nün biyogaz konusundaki araştırma ve yaygınlaştırma çabaları sürdürülmektedir (Eryılmaz.H., 1981).

Ayrıca, biyogaz çalışmalarının çok yönlü ve ilgili tüm kuruluşların katılımlarıyla yürütülmesi amacıyla, Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Birleşmiş Milletler Çocuklara Yardım Fonu (UNICEF) tarafından ortaklaşa hazırlanan biyogaz projesi, 08.10.1980

tarihinde yürürlüğe girmiştir. Devlet Planlama Teşkilatı'nın sorumluluk ve koordinatörlüğünde yürütülen bu proje, Tarım ve Orman Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Köy İşleri ve Kooperatifler Bakanlığı ve Maden Tetkik Arama Enstitüsü Genel Direktörlüğü katılmakta ve UNICEF projeye parasal ve teknik yardım sağlamaktadır. Bu projenin amacı, Türkiye koşullarına uygun ve özellikle, soğuk iklim bölgelerinde uygulanacak üreteç tipini geliştirmek ve ülke çapında biyogaz üretiminin yaygınlaştırılması olanaklarını saptamaktadır. Söz konusu proje dolayısıyla ilk tesis Muş-Alparslan D.Ü. Çiftliğinde kurulmuştur. Kurulan tesis 35 m³ hacminde olup, Hindistan tipidir (DİE,1984-1985).

Bunlara ilaveten, Atatürk Üniversitesi Çevre Sorunları Araştırma Enstitüsü tarafından 1981 yılında yapılan, Hindistan (Acharya) tipi, yüzücü gaz toplayıcı biyogaz üretici sürekli besleme yöntemiyle çalıştırılmaktadır. Tesis 3 m³/gün kapasiteli olup, yaz aylarında başarılı bir şekilde gaz üretmiştir. Henüz bu yıl kurulmuş olması nedeniyle tesisin kış aylarındaki üretimi belirlenmemiştir.

Biyogaz her türlü organik materyalden elde edilebildiği halde, ülkemizdeki biyogaz potansiyel hesabında yalnız hayvan gübreleri esas alınmıştır. Köy envanter etütleri kapsamı dışında bulunan büyükbaş hayvan çiftlikleri, tavukçuluk işletmeleri ve devlet çiftliklerinin hayvan varlıkları değerlendirme dışı bırakılmıştır. Gerek gübre, gerekse biyogaz potansiyeli hesabında bazı varsayımlardan hareket edilmiştir. Bulunan değerler asgari potansiyeli göstermektedir. Gerçek potansiyel çok daha yüksektir. Büyük ve küçükbaş hayvancılığın büyük çapta mera hayvancılığı karakterinde olması üretilebilecek gübre miktarının düşük olmasına neden olmaktadır. Bu, hem gübre hem de biyogaz açısından küçümsenmeyecek bir kayıp meydana getirmektedir (Çağlar,A., Uçar,T.).

Gübre ile ilgili kabuller (ortalama): (Deniz,Y.)

- 1 büyükbaş hayvandan 3.6 ton/yıl gübre
- 1 küçükbaş hayvandan 0.7 ton/yıl gübre
- 1 kümes hayvandan 0.022 ton/yıl gübre

Biyogazla ilgili bulgular (araştırma sonuçları):

1 ton sığır gübresinden 33 m³ biyogaz

1 ton koyun gübresinden 58 m³ biyogaz

1 ton tavuk gübresinden 78 m³ biyogaz

İki tür hesaplama yapılabilir. Birinci hesaplamada toplam hayvan sayısı, ikinci hesaplamada ise merada beslenen hayvanların gübrelerinin 1/3 ünün yok olduğu dikkate alınabilir.

Toplam hayvan sayısına göre gübre ve biyogaz hesabını basitçe şu şekilde yapabiliriz.

Büyükbaş hayvan sayısına X dersek;

1 büyükbaş hayvandan 3.6 ton/yıl gübre (ortalama) elde edilir.

Toplam gübre miktarı= X . 3.6 ton/yıl gübre olur.

1 ton sığır gübresinden 33 m³ biyogaz elde edilmektedir.

Toplam biyogaz miktarı= X . 3.6 . 33 m³/yıl biyogaz elde edilir.

Küçükbaş hayvanlardan:

Küçükbaş hayvan sayısına Y dersek;

1 küçükbaş hayvandan 0.7 ton/yıl gübre (ortalama) elde edilir.

Toplam gübre miktarı= Y . 0.7 ton/yıl gübre olur.

1 ton koyun gübresinden 58 m³ biyogaz elde edilmektedir.

Toplam biyogaz miktarı= Y . 0.7 . 58 m³/yıl biyogaz elde edilir.

Kümes hayvanlarından:

Kümes hayvanları sayısına Z dersek;

1 kümes hayvanından 0.022 ton/yıl gübre (ortalama) elde edilir.

Toplam gübre miktarı= Z . 0.022 ton/yıl gübre olur.

1 ton kümes hayvanı gübresinden 78 m³ biyogaz elde edilmektedir.

Toplam biyogaz miktarı= Z . 0.022 . 78 m³/yıl biyogaz elde edilir.

Gübrelerin 1/3'ünün meralarda kaybolduğunu dikkate alırsak ikinci hesaplamaya göre gübre ve biyogaz hesabı:

Büyükbaş hayvanlardan:

$$(X/3) \cdot (3.6) \cdot (2/3) \text{ ton/yıl mera}$$

$$(X/3) \cdot (3.6) \text{ ton/yıl ahır}$$

Toplam elde edilen gübre miktarı ise;

$$(X/3) \cdot (3.6) \cdot (5/3) \text{ ton /yıl gübre elde edilir.}$$

Toplam elde edilecek biyogaz miktarı ise;

$$(X/3) \cdot (3.6) \cdot (5/3) \cdot (33) \text{ m}^3/\text{yıl biyogaz}$$

Küçükbaş hayvanlardan:

$$(Y/3) \cdot (0.7) \cdot (2/3) \text{ ton/yıl mera}$$

$$(Y/3) \cdot (0.7) \text{ ton/yıl ahır}$$

Toplam elde edilen gübre miktarı ise;

$$(Y/3) \cdot (0.7) \cdot (5/3) \text{ ton /yıl gübre elde edilir.}$$

Toplam elde edilecek biyogaz miktarı ise;

$$(Y/3) \cdot (0.7) \cdot (5/3) \cdot (58) \text{ m}^3/\text{yıl biyogaz}$$

Kümes hayvanlarında:

$$Z \cdot 0.022 \text{ ton/yıl gübre}$$

$$Z \cdot 0.022 \cdot 78 \text{ m}^3/\text{yıl biyogaz elde edilir.}$$

Ülkemizde elde edilebilecek hayvan gübrelerinin biyogaza dönüştürülmesi ile yılda yaklaşık olarak 4 milyar/m³ biyogaz enerjisi üretmek mümkündür.

Bu miktar enerjinin taşkömürü değeri 2-2.8 milyon ton/yıl olmaktadır. 1 m³ biyogaz 5000 kcal, 1 kg taşkömürü 7000 kcal, 1 kwh/elektrik 860 kcal alınmıştır. Görüldüğü gibi, biyogaz ülkemizin enerji sorununa çözüm olarak düşünülmemelidir. Biyogaz ancak enerji tasarrufu sağlayabilir. Tarımda enerji kullanım oranı diğer sektörlerle göre daha düşüktür (%67). Biyogaz teknolojisinin yaygınlaştırılması ile bu oran yükseltilecek, böylece dengesizlik azaltılmış olacaktır (Deniz,Y.) .

Öte yandan hayvan gübrelerinin toprakların, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini olumlu yönde etkilediği, bunun sonucu olarak bitkisel verimin önemli oranda artırdığı bilinmektedir. Organik gübrelerin ziyan olması ile çiftçilerimizin ve ülke ekonomisinin uğradığı zararları parayla ölçmek imkansızdır.

Hayvan gübrelerinin tarımımıza sağlayacağı yararları Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara Araştırma Enstitüsü'nde yapılan laboratuvar analizleri sonuçlarına göre, 1 ton çiftlik gübresinde ortalama 4 kg N, 2.9 kg P_2O_5 ve 4 kg K_2O olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan biyogaz tesisinden çıkan fermente gübrenin bir tonunda ise 5.06 kg N, 3.7 kg P_2O_5 ve 5.6 kg K_2O olduğu anlaşılmıştır.

Biyogübrenin tarımda kullanılması ile azotlu gübrelerin %32'si, fosforlu gübrelerin %35'i, potaslı gübrelerin ise yaklaşık 7.5 katı gübre katkısı sağlanabilecektir. Biyogazın parayla ölçülemeyen önemli bir yararı da çevre sağlığına önemli etkisidir. Biyogaz tesisinden çıkan gübrelerde koku yok olmakta, hastalık yapıcı mikroplar etkinliklerini geniş ölçüde yitirmektedir.

Köylerimizdeki konutlarda yemek pişirmek amacıyla tüp gaz kullanım oranı düşüktür. Odun ve tezek kullanılmaktadır. Odun ve tezek yakılarak hem yeterli enerji sağlanamamakta, hem de ulusal ekonomiye giderilmesi imkansız zararlar vermektedir. Biyogazdan elde edilecek enerjinin kırsal kesimde sadece yemek pişirmek amacıyla kullanılacağı düşünülse bile sağlayacağı katkılar büyüktür.

Biyogaz üretiminde değişik alternatif enerji kaynaklarının biyogaz sistemi ile beraber kullanılması, reaktörde kullanacağımız değişik malzeme seçimi ile farklı değerler elde edebiliriz. Reaktörde kullandığımız organik artıkların bakteri oluşumunu hızlandırıcı değişik maddeler kullanarak en yüksek verimin elde edilebileceği sistemlerin araştırmasını yapmalıyız. Etkili bir fermantasyon için gerekli şartları şu şekilde özetleyebiliriz:

a-) Sıcaklık: İki ayrı optimum sıcaklık aralığı tarif edilmiştir. Mezofilik aralık ($30^{\circ}C - 40^{\circ}C$) ve termofilik aralık ($45^{\circ}C - 55^{\circ}C$)

b-) Oksijen: Reaksiyon anaerobik bakteriler tarafından gerçekleştirildiği için, ortamda hiç oksijen bulunmamalıdır.

c-) PH: 6.4 ile 7.4 aralığında değişebilir. Ancak PH değerinin mümkün olduğu ölçüde 7'ye yakın olması istenir.

d-) Toksisite: Bazı iyon ve metallerin metan bakterisi içinde toksik olduğu bilinmektedir. Bunlar; sülfürler, çözünebilir ağır metaller, sodyum, potasyum, kalsiyum, amonyumdur.

Biyogaz üretiminde işlem geliştirmede izleyeceğimiz yol yukarıda belirttiğimiz şartları optimum düzeyde elde etmeye çalışmak olacaktır. Ayrıca biyogaz üretme tesisleri yapmadan önce, tesisin kurulacağı bölgenin gerekli ısı kapasitesini sağlayıp sağlayamayacağının araştırılması, üreticinin yalıtılması, gübre-su karışımının ısıtılması için çeşitli metotlar izlenebilir.

2.4. Biyogaz Sistemlerinde Güneş Enerjisinden Yararlanma İmkanları:

Alışılmış enerji kaynaklarının kullanımının dışında yeni alternatif enerji kaynaklarına yönelmeyi hızlandırmak için tüm dünya da uygulanan önlemlerin başında enerji tasarrufu ve alternatif enerji kaynaklarını kullanan sistemlerin geliştirilmesi gelmektedir. Bu çalışma alternatif çözüm yöntemleri içinde yer alan güneş enerjisinin diğer bir alternatif enerji kaynağı olan biyogaz üretiminde nasıl ve hangi oranlarda kullanılabileceğini incelemektedir.

Biyogazın oluşumuna etki eden parametrelerin başında fermantasyon sıcaklığı gelmektedir. Yıl boyunca biyogaz üretimini sağlamak maksadı ile değişik ısı kaynaklarından yararlanılabilir. Bunlar içinde kaynak sorunu olmayan ve teknolojik sorunları çözümlenmiş güneş enerjisi ile ısı temini sağlayan sistemler düşünülebilir.

Bu konuda yapılan çok az çalışmalar, organik artıklardan biyogaz üreten bir sistemin değişik çalışma şartlarında, enerji ihtiyacının belli bir kısmının güneş enerjisi ile karşılanmasının mümkün olduğunu ortaya koymuştur (Beba,A.).

Yeni enerji kaynaklarına bağımlı sistemlerin ilk yatırımları yüksektir. Enerji sorununu diğer her sorun gibi en yoğun biçimde yaşayan, geçimini büyük ölçüde hayvancılıkla sağlayan ve güneş enerjisi potansiyeli yeterli olan kırsal kesimlerde bu tür uygulamalar gereklidir.

Biyogazın oluşumunda en önemli aşama olan metan bakterilerini faaliyetlerini sürdürebileceği ortam sıcaklığı oldukça önemlidir. Anaerobik fermantörlerin belli bir sıcaklıkta tutulması bu prosesin en önemli noktasıdır. Bunun nedeni fermantasyon bakterilerini sıcaklığa karşı çok hassas bir yapıya sahip olmasıdır. Halen yaygın olarak kurulan biyogaz tesisleri 30°C-40°C sıcaklık aralığında (mezofilik), 45°C-55°C sıcaklık

aralığında (termofilik bölge) çalışmaktadır. Yüksek sıcaklıkta çalışan sistemlerin gaz verimlerinin daha yüksek olduğu ve organik artıkların çok daha kısa sürede gaz haline geldiği bilinen bir gerçektir. Ancak bu yüksek sıcaklığa erişmek için gerekli olan ısıнын temin edilmesi ve kararlılığın sağlanması oldukça zordur. Çünkü 45°C-55°C sıcaklıklarda kabul edilebilir oynama ± 0.3 °C dolaylarında olduğu kabul edilmektedir. Bu yüzden biyogaz üretiminde düşük sıcaklıklar daha çok tercih edilir. Bu sıcaklıklarda kabul edilebilir oynama ± 3 °C dolaylarındadır. Burada alt sınır olarak 30°C dolaylarındaki sıcaklık kabul edilmekte ve daha düşük sıcaklıklarda fermantasyonun büyük oranda azalması nedeni ile bazı durumlarda reaktör içindeki karışıma bakteri besin ilavesi yoluna gidilmektedir (Alibaş,K., Kudal,F.).

Biyogaz sistemlerinde gerekli ısı ihtiyacının güneş kolektörleri ile temini üzerinde bir takım çalışmaların yapılması gerekli bir konudur. Öncelikle biyogaz sisteminin gerçekleştirildiği yörelerdeki güneş enerjisi potansiyeli bilinmeli ve faydalı biçime getirilmesi için gerekli teknolojilerin uygulamaya koyulması bu amaç için şarttır.

Yıl boyunca güneş enerjisini mevsimlere göre değişim göstermesi gerçeği biyogaz sistemlerine uygulamada önemli sorunlar oluşturmaktadır. Biyogaz sistemlerinde en fazla enerji ihtiyacı kış aylarında olmasına paralel güneş enerjisinin yoğunluğunun en az olduğu aylarında bu kış mevsimi içerisinde olması büyük bir problem oluşturmaktadır (Kırımhan,S.).

Konuya teorik olarak yaklaşıldığında, güneş enerjisi yardımı ile biyogaz üreten sistemlerdeki tüm enerji kayıplarının bu kaynak ile karşılanması mümkün görülmektedir. Ancak sistemin dizayn aşaması çok önemlidir. Enerji ihtiyacının en fazla olduğu kış ayları temel alınarak güneş kolektörleri ile ısı ihtiyacını karşılayan sistemin tasarlanması, enerji ihtiyacının az gerektiği yaz aylarında fazla enerji üretilmesine neden olmaktadır. Öte yandan sistemin tasarımını yaz aylarındaki minimum enerji ihtiyacına göre yapmak, kış ayları içinde yetersiz enerji sağlayacağı için başka bir probleme neden olacaktır. Doğru olan yöntem güneş enerjisi sistemini yaz şartlarına göre tasarlamak olmaktadır. Kısaca, biyogaz sistemin yaz aylarındaki enerji ihtiyacı için güneş enerjisinden yararlanmak ve kış aylarında bundan mümkün olduğu ölçüde fayda sağlamak en akılcı yoldur (Beba,A.).

Güneş enerjisinden ısı kaynağı olarak yararlanacak sistemlerin dizaynı aşağıda sıralanan bazı faktörlere bağlıdır:

- 1-) Bölgeye ait meteorolojik verilerin doğru olarak tespit edilmesi ve uygulamada sistemin ısı yalıtımının sağlanması
- 2-) Sistemin çalışma sıcaklığı ve ısı ihtiyacının bilinmesi
- 3-) Güneş kollektörlerini ve bu kollektörlerden elde edilen faydalı ısıyı taşıyan ve depolayan sistemin karakteristik özelliklerinin tespit edilmesi gereklidir.

Daha genel bir anlatımla, güneş enerjisi ile desteklenen sistemler coğrafi ve meteorolojik parametrelere bağlıdır. Bölgenin enlemi, boylamı, yüksekliği gibi sabit değerlerle birlikte, bağıl nemi, bulutluluğu ve bazı bağımsız değişkenler güneş enerjisi değerlerine etkiler.

Güneş enerjisi sistemin biyogaz sistemlerine uygulanışı bazı kararların doğru olarak verilmesini gerektirir. Her şeyden önce güneş katkısının değerlendirilişi konusuna değinmek gereklidir. Burada ilk akla gelen yöntem organik karışımın belirli bir sıcaklığa ısıtılması ve sistemin kararlılığın sağlanması gereklidir.

Tablo 2.4. Sığır Gübresi Ve Tarımsal Artıkların Karışımından Oda Sıcaklığında (21°C), Anaerobik Fermantasyonla Üretilen Biyogaz Miktarı (Kaynak: National Academy of Sciences)

Ham Madde	Birim Katı Artıktan Üretilen Biyogaz m ³ /kg		Yirmi Bir Gün Sonunda Gaz Karışımı %		
	24 Gün Sonunda	80.gün Sonunda	CH ₄	H ₂	CO ₂
1. Sığır Gübresi	0,063	0,21	60,0	1,1	34,4
2. Sığır Gübresi ve % 0,4 kamış şekeri	0,070	0,21	57,6	2,1	38,4
3. Sığır Gübresi ve % 1 kül	0,068	0,19	60,4	2,9	34,4
4. Sığır Gübresi ve % 2,4 taze baklagil yaprakları	0,065	0,20	61,6	4,0	32,0
5. Sığır Gübresi ve % 1 selüloz	0,084	0,21	52,8	----	44,0
6. Sığır Gübresi ve % 1 kamış şekeri, % 1 üre	0,087	0,26	68,0	-----	30,6
7. Sığır Gübresi ve % 1 kamış şekeri, % 1 CaCO ₃	0,093	0,24	70,0	-----	28,0
8. Sığır Gübresi ve % 20 kuru, baklagil olmayan yaprak	0,081	0,22	68,0	0-6	28,0

Tablo 2.5. Biyogaz Üretiminde Kullanılan Bazı Organik Maddelerin Denemelerde Belirlenen En Uygun Karışım Oranları (Kaynak: United Nations).

Ham Madde	Karışım Oranı
İnsan Dışkısı / Kuru Buğday Samanı	1,75:1
Domuz Dışkısı / Kuru Buğday Samanı	4,55:1
İnsan Dışkısı / Kuru Çeltik Sapı	1,40:1
Domuz Dışkısı / Kuru Çeltik Sapı	3,65:1
İnsan Dışkısı / Mısır Sapı	1,13:1
Domuz Dışkısı / Mısır Sapı	2,95:1
İnsan Dışkısı / Dökülmüş Yapraklar	0,85:1
Domuz Dışkısı / Dökülmüş Yapraklar	2,22:1
İnsan Dışkısı / Soyafasulyesi Artıkları	0,45:1
Domuz Dışkısı / Soyafasulyesi Artıkları	1,10:1
İnsan Dışkısı / Yeşil Ot	1,00:1
Domuz Dışkısı / Yeşil Ot	1.00:1
İnsan Dışkısı / Domuz Dışkısı / Çeltik Sapı	1:1:1
İnsan Dışkısı / Domuz Dışkısı / Buğday Sapı	1:2:1
İnsan Dışkısı / Domuz Dışkısı / Mısır Sapı	3:4:4
İnsan Dışkısı / Domuz Dışkısı / Yeşil Ot	1:10:180

Burada verilen karışımlar Çin'de uygulanan biyogaz üretimlerinden alınmıştır. Koyun, Sığır, ve At ıskısının C/N oranı 20–25 olduğundan doğrudan doğruya veya yukarıdaki karışımlardan herhangi biri ile kullanılabilir.

Tablo 2.6. Hayvansal Artıklar İçin Önerilen Sulandırma Oranları (Kaynak: National Academy Of Sciences).

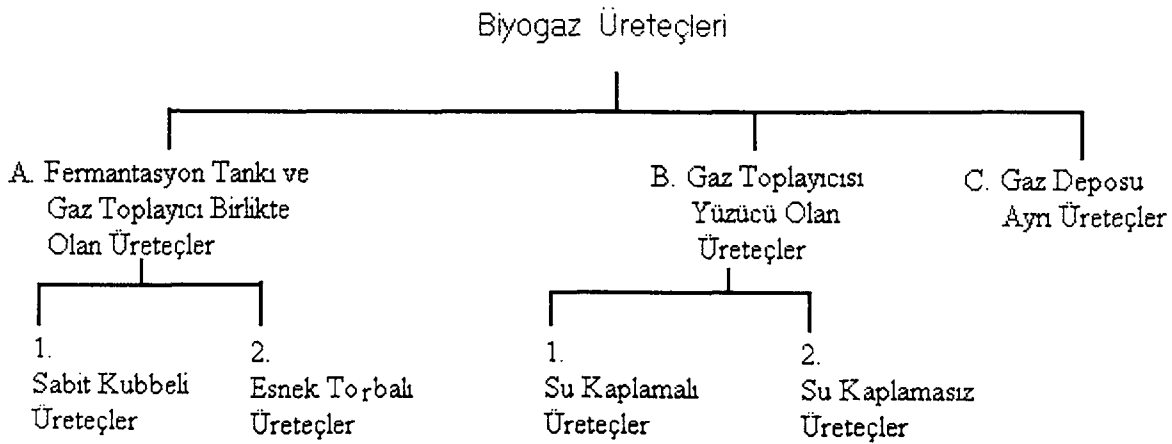
Hayvan Gübresi	Sulandırma (Gübre / Gübre – Su)
Domuz Gübresi	(a) 1 : 2,9
Süt Sığırı Gübresi	Sulandırmadan
Et Sığırı Gübresi	(b) 1 : 2,5
Yumurta Tavuğu Gübresi	(a) 1 : 8,3
Ev Tavuğu Gübresi	(a) 1 : 10,2

(a) Amonyak etkisine göre, (b) Asit etkisine göre dikkate alınmıştır.

2.5. Üreteç Çeşitleri ve Gelişimi

Biyogaz üretiminde kullanılabilen üreteçler, Hindistan, A.B. Devletleri, Çin, Halk Cumhuriyeti, Almanya, Tayland ve diğer bazı ülkelerde geliştirilecek standartlaştırılmış ve yaygınlaştırılmıştır. Standart haline getirilen bu tesisler, kullanılacak artık miktarlarına ve üretilmek istenen gaz miktarına göre farklı büyüklüklerde inşa edilebilmektedir.

Bu güne kadar geliştirilmiş olan biyogaz üreteçlerini gaz depolama özelliklerini dikkate alarak, Şekil 2.1.'de gösterildiği gibi sınıflandırabiliriz. (United Nations, 1980).



Şekil 2.1. Gaz Depolama Özelliklerine Göre Biyogaz Üreteçlerinin Sınıflandırılması

2.5.1. Fermantasyon Tankı ve Gaz Toplayıcı Birlikte Olan Üreteçler

2.5.1.1. Sabit Kubbeli Üreteçler

Bu tip üreteçler genellikle Çin’de geliştirilmiştir. Çin’deki uygulamaları oldukça yaygındır. Bunlar genellikle kesik beslenmeli tipler olup, sürekli beslenmeli duruma dönüştürülmeleri de mümkündür. Organik artıklar, gaz üretimi için uzun bir süre fermantasyon tankı içerisinde bekletilirler. Bu nedenle, insan ve hayvan dışkısı içerisinde bulunan hastalık yapıcı amipler havasız ortamda kolayca ölürler. Bu tip tesisler gübrenin değerlendirilmesi ve hastalık yapıcı amiplerin ortadan kaldırılması bakımından oldukça uygundur. Gaz üretimi yavaşladığında, boşaltılarak yeniden doldurulmaları gerekir (Toprak-Su Genel Müdürlüğü).

2.5.1.2. Esnek Torbalı Üreteçler:

Bu tip üreteçler genellikle torba üreteçler olarak bilinirler. Torba tipi üreteçler hem gübreyi ve hem de gazı tutabilmektedirler. Sürekli besleme yoluyla çalıştırılabilirler (Toprak-Su Genel Müdürlüğü).

2.5.2. Gaz Toplayıcısı Yüzücü Olan Üreteçler:

2.5.2.1. Su Kaplamasız, Gaz Toplayıcısı Yüzücü Olan Üreteçler:

Bunlar Hindistan’da geliştirilen tiplerdir, sürekli besleme yöntemiyle çalıştırılırlar.

2.5.2.2. Su Kaplamalı, Gaz Toplayıcısı Yüzücü Olan Üreteçler:

Oldukça temiz gaz üreten, fakat B1 tipine oranla tesis masrafları fazla olan bir tip üreteçtir.

2.5.3 Ayrı Gaz Toplayıcı Üreteçler:

Tesis masrafları fazla olduğundan fazlaca yaygın değildir (Toprak-Su Genel Müdürlüğü).

Burada belirtilen üreteçlerin tümü farklı büyüklüklerde tesis edilebilir. Ancak, tesislerin büyüklükleri farklı şekillerde ifade edilmektedir. A1 ve A2 tiplerinin büyüklükleri genellikle, depo hacmi olarak, ifade edilir. Bunun nedeni gübre – su karışımı ile gazın aynı yerde depolanmasıdır. B ve C tiplerinin büyüklükleri de genel olarak, üreteçlerin bir günde üretebilecekleri gaz hacmi olarak verilir.

Yapılan bu sınıflandırmaya uyarak, değişik üreteç tiplerinin özelliklerini, üstünlüklerini ve uygulamadaki güçlüklerini şöyle özetleyebiliriz:

2.6. Uygun Tip Üreteçlerin Seçimi ve kapasite Tayini:

Biyogaz üreteçlerinde başarıya ulaşabilmesi için uygun üreticinin seçilmesi ve kapasitenin belirlenmesi gerekir. Daha önceki bölümlerde açıklanan tiplerin üstünlük ve uygulamada karşılaşılan güçlükleri yanında aşağıda belirtilen hususlarda biyogaz üreteç tipinin seçiminde etkilidir. Bunlar;

- a. İnşaat malzemesinin mevcudiyeti
- b. Tesisi yapabilecek ustanın bulunup bulunmayışı
- c. Kullanılacak malzemenin fiyatı
- d. Hammadde olarak kullanılacak organik artıkların cins, miktar ve özellikleri
- e. Üreteçte ısıtmaya ihtiyaç duyulup duyulmayacağı.
- f. Karıştırmağa ihtiyaç duyulup duyulmayacağı
- g. Üreticinin inşa edileceği toprağın özellikleri
- h. Üretici kullanacak kişilerin bilgi ve deneyimleridir.

Örnek olarak;

1. Eğer sabit kubbeli üreteçler tesis edilmek isteniyorsa bu tesislerin duvar örme ve sıva yapma konusunda çok iyi bir ustalık gerektirdiğini unutmamak gerekir. Eğer böyle bir ustalık gerçekleştirilemiyorsa, metal gaz toplayıcı veya esnek torba gaz tutuculu üreteçlerin kullanılması daha uygun olacaktır.
2. Eğer hammadde olarak sebze artıkları kullanılmak isteniyorsa bu durumda en iyi tip üreteç sabit kubbeli üreteç olacaktır. Eğer yukarıda belirtildiği gibi, yeterli ustalık mevcut değilse gaz kubbesinin iç tarafının metalik levhalar veya plastik malzeme ile kaplanması gerekir.
3. Yeterli işçilik temin edilemiyorsa ve ortamın sıcaklığı fazla ise hayvan dışkısının hammadde olarak kullanılması halinde ,dayanıklı plastikten yapılmış esnek torba üreteçleri daha uygundur.

Diğer taraftan, kullanılan hammaddenin özelliğine bağlı olarak fermentasyon tankındaki hammadde karışımının zaman zaman karıştırılması gerekir. Bu amaçla uygun tipin seçimi zorunludur. Bunun yanında fermentasyon tankında yeterli sıcaklığın

sağlanabilmesi amacıyla ısıtmaya da ihtiyaç duyulabilir. Tesisin kapalı yerlerde, örneğin hayvan barınağı içerisinde yapılması gerekir. Bu duruma uygun olacak üreteç tipinin seçimi gerekecektir.

Üreteç tipinin yanında, üreteç büyüklüğünün de iyi tayin edilmesi gerekir. Gereğinden küçük yapılan bir üreteçten yeteri kadar gaz elde edilemediği gibi, büyük yapılan bir tesisi beslemek amacıyla yeteri kadar organik artık temin edilemeyebilir.

Sabit kubbeli üreteçler için günlük gaz üretim miktarına göre üreticinin gerekli hacmi Tablo 2.7 de verilmiştir.

Tablo 2.7. Günlük Gaz üretim miktarlarına göre Sabit kubbeli üreteçlerde gerekli hacim (Kaynak: United Nations, 1980)

Günlük Gaz Üretimi(m ³)	Üreticinin Hacmi (m ³)	Açıklama(m ³)
2	10	Bu tesisler genellikle Ekonomik değildir.
3	15	
5	25	
10	50	En fazla kullanılan tesis hacmidir.

Üreticinin planlanmasında fermantasyon tankı için gerekli hacim, üreticinin tesis edileceği yerin sıcaklığına kullanılacak hammaddenin cinsine bağlı olarak değişir. Fermantasyon tankındaki sıcaklığı 27°C olarak sabit kabul ederek, farklı ham maddelere göre 1m³ gaz üretimi için gerekli olan tank hacmini aşağıda verildiği şekilde tahmin edebiliriz:

2.6.1. Sığır Gübresi İçin:

Sığır gübresinin 50 günlük bekletme süresince 1kg 'ından 0,636 m³ gaz elde edilebildiği var sayılacak olursa, günde 1 m³ gaz üretimi için gerekli olacak gübre miktarı $1/0,636=28$ kg/gün olacaktır. Bu miktardaki gübrenin sağlanabilmesi için iki büyük baş hayvana ihtiyaç vardır. Gübrenin yarı yarıya su ile karıştırılması gerektiğine göre, günde 1m³ gaz üretilmesi amacıyla fermantasyon tankının hacmi (1kg gübrenin hacmi 1lt olarak alınırsa);

$(28+28) \times 50 / 1000 = 2,8$ m³ olmalıdır. Ancak , zamanla ham madde çökmesinin meydana geleceğini dikkate alarak bu hacmin artırılması gerekir.

2.6.2 Tavuk Gübresi İçin:

Tavuk gübresinin 1kg'ının 30 günlük bekletme süresince günde 0,043 m³ gaz verildiğini ve gübrenin yarı yarıya su ile karıştırıldığı kabul edilirse, bir günde ihtiyaç duyulan gübre miktarı 1/0,044=23 kg/gün olacaktır. Bu miktarda ki gübrenin özgül ağırlığı "1" olarak kabul edilirse , günde 1m³ gaz üretilmesi amacıyla fermantasyon tankının hacmi;

$$(23 + 23) \times 30/1000 = 1,38 \text{ olmalıdır.}$$

2.6.3 İnsan Dışkısı İçin:

İnsan dışkısının günlük olarak 200 gr kuru madde ve 800 ml idrar olduğunu, ayrıca 1lt su kullanıldığını kabul edersek; bu karışımın 60 günlük bekletme süresince vereceği gaz miktarı 0,024 m³ /gün dür. Günlük 1m³ gaz üretilmesi amacıyla tuvaleti kullanması gerekli insan sayısı 1/0,24=42 dir. Bu verilere göre, gerekli fermantasyon tankı hacmi;

$$2 \times 42 \times 60 / 1000 = 5,04 \text{ m}^3 \text{ olmalıdır.}$$

2.6.4 Domuz Gübresi İçin:

Domuz gübresinin 40 günlük bekletilme süresince 1 kg' ının 0,045 m³/gün gaz verdiği ve yine yarı yarıya su ile karıştırıldığı düşünülürse, günde 1 m³ gaz üretimi için gerekli gübre miktarı 1/0,045=22 kg'dır. Bu miktardaki gübrenin elde edilmesi için 9 adet domuzun bulunması gerekir. Günde 1 m³ gaz üretimi yapabilecek fermantasyon tankının hacmi;

$$(22 + 22) \times 40 /1000 = 1,79 \text{ m}^3 \text{ olacaktır.}$$

2.6.5. Bitkisel ve Hayvansal Artıklarla İnsan Artıkları Karışımı İçin:

Daha önce de belirtildiği gibi, ham maddeler tek tek kullanıldığı gibi, bazen karışık olarak da kullanılabilir. Karışım oranı dikkate alınarak fermantasyon tankı için gerekli olan hacmi hesaplamak gerekir. Bu amaçla verilecek örnek, Çin'de Sinhuan yöresinde uygulanmakta olan bir karışımdır. Bu karışım: %10 insan dışkısı (sıvı

kısım dahil), %40 hayvansal ve bitkisel artık ve %50 su dur. Böyle bir karışımda oluşan gazın %10'unun insan dışkısından, %40'ının hayvansal ve %50'sinin bitkisel artıklardan sağlandığı saptanmıştır. Sabit kubbeli üreteçlerde, elde edilebilecek gaz miktarı, insan dışkısı için 0,024 m³/kg, domuz gübresi için 0,034 m³/kg ve kompostlanmış bitki artığı için 0,030 – 0,040 m³/kg dir. Böylece 1 m³ gaz üretimi için gerekli ham madde miktarı;

a. $1/0,24 \times 10/100 = 4,2$ kg/gün (bu gübre 3 büyük ve bir çocuğun günlük dışkısına denktir.),

b. $1/0,34 \times 40/100 = 11,8$ kg /gün (bu gübre iki domuzun gübresine denktir.),

c. $1/0,030 \times 50/100 = 16,7$ kg/gün bitki artığı dır .

İnsan ve hayvan artıkları her gün ilave edilebilirse de, uygulamada bitki artıkları yılda iki kez konulmaktadır. Bu nedenle 6 ayda bir konulacak bitki artıkları 16,7 kg/gün x 180 gün 3.000 kg dır.

Çin'in Sichuan bölgesinde (30° N) böyle bir hammadde karışımı ile, 1m³ lük fermentasyon tankı hacminden, günde 0,15 m³ gaz üretilmektedir. O halde günde 1 m³gaz üretimi için gerekli olan gerçek hacim $1/0,15 = 6,7$ m³ olmalıdır.

Üreteçlerde, fermentasyon tankının hacmi kadar, gaz toplayıcıların hacimleri de önemlidir. Gaz toplayıcılar, gazı topladıktan sonra belirli bir süre de depolamak zorundadırlar. Buna göre, gazın kullanılma amacı ve biçimi dikkate alınarak gaz toplayıcıların hacimlerinin önceden belirlenmesi gerekir.

Sabit kubbeli üreteçlerde, gaz, kubbenin altındaki boşluktaki boşlukta toplanır.

Biyogaz üretiminde, üreteçlerin tesis edileceği yerin de iyi seçilmesi gerekir. Yer seçimi ile ilgili dikkate alınması gereken hususlar şunlardır:

a.Üreteç, gazın kullanılacağı mutfak, oda ve salon gibi yerlere yakın inşa edilmelidir. Aksi halde gaz taşınması için gerekli olan boru boyu uzayacağından üretim maliyeti artacaktır,

b.Yukarda ki durumun da dikkate alınarak tesisin ham madde yakınına inşa edilmesi gerekir. Böylece hammadde taşıma işi kolaylaştırılmış olur,

c.Biyogaz üretiminden sonra, gübre-su karışımının depolanacağı bir yere ihtiyaç olduğundan, üreticin böyle bir depolama yerine de yakın olması gerekir,

d.Bulaşmayı önlemek için, üretcin içme suyu kuyularından en az 10-15 m mesafede inşası zorunludur,

e.Ağaç köklerinin tesise yapacağı zararlar dikkate alınarak, üreteç büyük ağaçlardan uzak olmalıdır,

f. Fermantasyon olayı için en uygun sıcaklık 30°C olduğuna göre, tank içerisinde ki gübre-su karışımının bu sıcaklığa ulaşabilmesi için üretcin gölgelik yerlere değil, güneş gören yerlere inşası önerilir. Buna rağmen, bazı araştırmalar sabit sıcaklık koşullarında gaz üretiminin daha fazla olduğunu ortaya koymuştur. Güneş ışığı altında bırakılan tesislerde sürekli sıcaklık değişimleri olabileceğinden, bazı kaynaklar tesisin güneş altında bırakılmasını önermemektedirler. Bunun yanında soğuk bölgelerde, yeterli sıcaklık sağlanabilmesi için üretcin ahır içinde yapılması zorunludur,

g.Üreteçler, taban suyunun yüksek olduğu yerlerde ve soğuk rüzgarların etkin olduğu yönlerde tesis edilmelidir.

2.7. Üreteçlerin Başarılı Olmasında Temel İlkeler

Biyogaz üretimini etkileyen birçok faktör vardır. Bu faktörlerin büyük bir bölümü kırsal kesimler de giderilebileceğinden ve denetlenebileceğinden dikkate alınması gerekmektedir. Verilecek olan faktörler, daha önceki bölümlerde zaman zaman belirtilmiş olmasına karşın, burada toplu halde verilmesinin yararlı olacağı düşünülmüştür. Bunlar;

2.7.1 Sıcaklık

Metan üreten bakteriler için en uygun sıcaklık 35°C dir. Bu sıcaklığa yaklaşıldıkça gaz üretiminde artış olur. Gübre su karışımının sıcaklığı 10°C ye düştüğünde, gübreden gaz üretimi en az düzeye iner ve durur. Diğer taraftan, metan bakterileri ani sıcaklık değişimine oldukça duyarlıdır. Sıcaklığın sürekli alçalıp yükselmesi gaz üretimini önemli ölçüde azaltır. Bu nedenle gübre-su karışımının sıcaklığının 1°C lik oynamalar dışında değişmesini engellemek gerekir.

2.7.2. Bekletilme Süresi:

Fermantasyon tankında gübre-su karışım oranı için arzu edilen bekletilme süresi, tanktaki sıcaklıkla ve gübrenin cinsiyle yakından ilgilidir. Teorik olarak, bekletilme süresi, fermantasyon tankı hacminin günlük doldurma hacmine oranı olarak tanımlanır. Fermantasyon tankının gübre-su karışımının en uygun sıcaklıkta (35°C) olduğu kabul edilirse, en fazla gaz üretimi için gerekli süre, sığır gübresinde 33-39 gün, tavuk gübresinde 22-29 gün ve domuz gübresinde 20-25 gündür.

2.7.3. Hava:

Metan üreten bakteriler anaerobiktir.bu nedenle

Oranda az da olsa havanın bulunması bakteri faaliyetini etkileyeceğinden gaz üretim hızı düşecektir

2.7.4. Bakteri :

Fermantasyon tankındaki gübre-su karışımında bulunan bakterilerin cins ve miktarı, kullanılan her maddenin cinsine ve ortamın sıcaklığına bağlı olarak değişir. Ortamda uygun cins ve miktarda bakteri bulunmadığında, yeterli gaz üretimi beklenemez. Bu nedenle bakteri sayısını artırıcı yollara baş vurulması gerekir.

2.7.5. C/N Oranı:

Bakteriler karbonu enerji sağlamak ve azotu da hücrelerinin inşası için kullanırlar. Ancak bu elementler kullanım miktarları değişir. Karbon, azota oranla 25-30 kat daha fazla kullanılmaktadır bu nedenle, biyogaz üretiminde kullanılacak ham maddenin veya ham madde karışımının C/N oranının 25-30 'a yaklaşması gerekir.

2.7.6. Ph:

Fermantasyon tankına doldurulan gübre-su karışımının reaksiyonunu gösteren pH, optimum gaz üretimi için 7,0-8,0 olmalıdır. Bu değerdeki 0,5 birimlik değişimler normal sayılabilir.

2.7.7. Uçucu Asitler:

Gübre –su karışımı içinde oluşan bu asitlerin miktarı, ortamın pH değerinden daha etkilidir. Bakteriler için toksit olarak gaz üretimini yavaşlatırlar.

2.7.8. Katı Madde Miktarı:

Fermantasyon tankı içerisindeki su – gübre karışımında uygun katı miktarı %7-9 dur. Bu değerin yüksek olması ile karışımın kıvamı artar ve gaz çıkışı azalır. Daha fazla sulu olduğunda, gaz çıkışı için yeteri katı madde oluşmayacağından verimde yine azalma olur.

2.7.9. Toksin Maddeler:

Ham madde içerisinde bulunması mümkün olan asit, yağ sabun, deterjan gibi maddeler deterjan bakteriler için zararlı olduğundan gaz üretimini olumsuz yönde etkiler.

2.8. Üreteçlerin Doldurulması ve Çalıştırılması

Biyogaz üreteçlerinin doğru bir şekilde tesis edilmelerinden sonra yapılacak iş, üreteçlerin uygun bir şekilde doldurulması ve çalıştırılmasıdır

Yüzücü Gaz Toplayıcı Üreteçler:

Sabit kubbeli üreteçlerin dışında diğer üreteçler sadece gübre ve su karışımı ile doldurulmaktadır Doldurulması ve Çalıştırılması Üreteçlerin

Biyogaz üreteçlerinin doğru bir şekilde tesis edilmelerinden sonra yapılacak iş, üreteçlerin uygun bir şekilde doldurulması ve çalıştırılmasıdır.

Gaz üretimi için en uygun karışım, fermantasyon tankı içerisindeki gübrenin % 7-9 oranında katı madde ilave etmesiyle sağlanır. Hayvan gübresinin su miktarı, hayvanın cinsine, sağlık durumuna, beslenme şekline bağlı olarak değişir. Taze alındığında genellikle, %18-25 oranında su içerir. Bu nedenle yarı yarıya sulandırılması ile istenilen kıvama getirilebilir. Karıştırma işlemi yapılırken aşağıda belirtilen maddelerin fermantasyon tankı içerisine girmesine müsaade edilmemelidir.

a-) Gübreye karışmış bulunan toprak, zamanla tank dibinde toplanarak tankın yararlı hacmini azaltır,

b-) Sap, saman veya ot gibi bitkisel artıkların tank içerisine girmesi engellenmelidir. Bunun için gübre doldurma ağzına bir süzgeç yerleştirilerek bu maddeler gübreden ayrılabilir. Aksi halde, tank içerisine girecek bitkisel artıklar zamanla gübre karışımının yüzeyinden birikerek gaz çıkışını engelleyecek ve yüzücü gaz toplayıcının alçalıp yükselmesine engel olacaktır.

c-) Ham madde içerisinde bulunabilecek yağ, sabun, deterjan ve benzeri maddeler bakterilerin faaliyetlerini engelleyeceğinden, doldurma yapılırken dikkat edilmesi gerekir. Ayrıca gübrenin karıştırılmasında kullanılacak suyun klorlu olmamasına da dikkat etmelidir.

Fermantasyon tankına boşaltılacak gübre, içerisinde herhangi bir keseklenme kalmayınca kadar su ile iyice karıştırılmalıdır. Bu karışım yeterince sağlanmazsa gaz üretimi istenilen düzeye yükseltilemez. Karışım katı ise mutlaka su ilave edilmelidir. Bunu sağlamak için en uygun yol kıvamın ölçülmesidir. Bu amaçla, 1.000 – 1.200 özgül ağırlık (su için 1.000) aralığında çalışan hidrometre veya 0 – 30 aralığında çalışan sıvı ölçek kullanılarak kıvam kontrolü yapılabilir. Hidrometre okumasının 1.045 – 1.190 ve sıvı ölçek okumasının 6 – 24 arasında olması, gübre – su karışımının uygun kıvamda olduğunu gösterir. Bu değerlerin üzerinde okuma yapıldığında su katılması gerekir. Bu işlem bir kez yapıldıktan sonra alışkanlık kazanılacağından çoğu kez yeniden ölçülmesine gerek kalmaz. Eğer gübre gereğinden fazla sulandırılacak olursa, fermantasyon tankı içerisinde, düşey doğrultuda tabakalaşma meydana gelir. Ağırlığı fazla olan katı maddeler dip kısımda, su orta kısmı da ve bitki parçaları yüzeyde birikir. Gübre – su karışımı çok katı olursa, oluşan gaz yukarıya çıkamadığından üretim hızı azalır.

Üretimin doldurulması mümkün olduğu kadar çabuk yapılmalıdır. Aksi halde, doldurmak için beklenen gübre zamanla kuruyacağından karıştırılmada güçlükler çıkacaktır. Doldurulmaya başlanmadan önce, giriş ağzına yerleştirilecek bir süzgeçle gübre içerisinde bulunacak organik ve inorganik yabancı maddeler ayıklanmalıdır. Giriş ağzı önce uygun bir tıkaçla kapatılmalı ve gerekli gübre – su karışımı sağlandıktan sonra tıkaç açılarak karışımın tank içerisine akması sağlanmalıdır. Çıkış borusundan dışarıya akış başlayınca kadar doldurma işlemine devam edilir.

Doldurma işlemi tamamlandıktan sonra, gaz tutucunun boyası yeniden gözden geçirilmelidir. Boyası dökülmüş olan yerler boya ile kapatılmalıdır. Gaz tutucu metal

silindir yerine yerleştirilirken ana gaz vanası açık tutulmalıdır. Daha sonra vana kapatılmalıdır.

Gaz toplanması için, çevre sıcaklığına bağlı olarak 7 – 20 gün beklemek gerekir. İlk toplanan gaz içerisinde fazla miktarda hava bulunacağından bu gaz arzu edilen şekilde yanmadığı gibi, daha önemlisi oldukça patlayıcıdır. Bu nedenle ilk dolumla elde edilen gaz, ana vananın açılması ile kullanılmadan dışarı atılmalıdır. Gaz toplayıcı içerisine yeteri miktarda gazın depolanabilmesi için yine uygun bir süre beklenmesi gerekir. Çoğu kez toplanan ikinci gazın da arzu edilen şekilde yanmadığı görülebilir. Bunun nedeni gaz içerisindeki karbondioksit miktarının yüksek oluşudur. Gaz yine dışarıya atılır. Ve yeniden dolması için beklenir. Üçüncü dolumda, ana vana açılarak gaz kokusu alınıncaya kadar beklenir ve vana tekrar kapatılır. Uygun gaz alma boruları takılarak, kullanma amacına uygun olarak gazın kullanılmasına başlanır. Üreticiden, toplayıcı dolusu üç kez gaz alınıncaya kadar günlük doldurma yapılmamalıdır. Daha sonra günlük doldurmalar sürdürülmelidir.

2.8.1. Torba Tipi Üreteçler:

Torba tipi üreteçlerin doldurulması da yukarıda belirtildiği şekilde yapılır. Ancak doldurmaya başlanmadan önce, oturtulacağı zeminin düzgün ve sağlam olup olmadığı kontrol edilmelidir. Bunun dışında, bu sırada gübre doldurması esnasında havanın dışarı boşalması gerekeceğinden, gaz musluğu ve çıkış ağzının açık tutulmasına dikkat edilmelidir. Torba içerisinde oluşacak gazın basıncını arttırmak için üzerine kum torbaları yerleştirilebilir. Uygun ağırlık miktarı denem ve yanılma yolu ile saptanmalıdır. Üreticinin zarar görmemesi için fazla ağırlık yüklemesinden kaçınılmalıdır.

2.8.2. Sabit Kubbeli Üreteçler:

Sabit kubbeli üreteçler inşa edilmelerinden sonra, doldurulmadan önce su ve hava (gaz) kaçaklarına karşı kontrol edilmelidirler.

Üreteçte su sızıntısı olup olmadığı şöyle kontrol edilebilir:

a-) Gaz çıkışı için ana vana tamamen açılarak üreteç giriş ve çıkış bölmelerinin yarısına kadar yükselecek şekilde su ile doldurulur,

b-) Üreteç duvarlarının yeterince su alarak ıslanması için 3 – 5 saat beklenir ve bu andaki su düzeyi işaretlenmelidir.,

c-) Bir gün sonra işaretlenen su düzeyi kontrol edilir. İki gözlem arasında önemli bir azalma görülürse bu üretcin duvar veya tabandan su sızdırdığını gösterir,

d-) Su seviyesinin takibine devam edilir ve seviyedeki düşüşün durduğu yer yeniden işaretlenir. Böyle bir durum varsa, bu sızıntının iki seviye arasında duvarda olduğunu gösterir,

e-) Sızıntının meydana geldiği çatlak bulunarak iyice kazınır ve 1:1 oranında çimento ve kum karışımı ile doldurulur,

f-) Eğer bu seviyeler arasında çatlak bulunamıyorsa, en doğru yol, duvarın bu bölümünün yeniden sıvanmasıdır,

g-) Sıva kuruduktan sonra ortaya çıkacak ıslak noktalar veya hatlar sızıntının olduğu yerleri gösterecektir. Bu kısımlar iyice onarılmalıdır,

h-) Sızıntı duvarlardan değilse, su seviyesinin azalması üreteç tabanına kadar devam eder. Bu durumda sızıntı tabandan olacağından tabanın onarılması gerekir.

Üreteçte gaz kaçağının olup olmadığı şöyle kontrol edilir:

a-) Taban ve duvarların su sızdırmadığı kesin olarak belirlendikten sonra, üst kapak iyice kapatılır ve gaz çıkış borusuna sulu bir manometre bağlanır,

b-) Üreteç içerisindeki su seviyesi biraz daha yükseltilerek basınç artırılır,

c-) Üreteç içerisinde 40 cm su sütununa eşdeğer bir basınç elde edilir su seviyesinin yükseltilmesi durdurulur ve basınç 24 saat tekrar kontrol edilir,

d-) Manometredeki basınç değişimi 1 – 2 cm'den fazla ise üreteç herhangi bir yerinden gaz kaçırmaktadır,

e-) Bu amaçla, hazırlanacak bir sabun solüsyonu ile önce üst kapak, ana vana ve diğer bağlantılar kontrol edilir. Buralarda köpürmenin olması gaz kaçağını gösterir. Uygun şekilde sızıntıların önlenmesi gerekir,

f-) Gaz kaçağı yukarıda belirtilen değerlerde değilse, büyük olasılıkla üreteçteki su seviyesinin üzerinde kalan duvar kısmındadır. Bunun giderilmesi için üreteçteki hava ve su boşaltılır, kuruması beklenir ve üst kısım yeniden sıvanır. Gaz kaçağına karşı tekrar kontrol edilir.

Diğer üreteçlerde, ham madde olarak sadece hayvan ve insan gübresi kullanılırken, sabit kubbeli üreteçlerde bu ham maddelerle birlikte bitkisel artıklar da kullanılabilir. Bitkisel artıklardan başarılı bir şekilde gaz üretilebilmesi için iki yol izlenmelidir. Birincisi, bitkisel artıkların mümkün olduğu kadar küçük parçalara ayrılarak üretece boşaltılmasıdır. Bu çoğu zaman oldukça küçüktür. İkinci yol, bitkisel artıkların kompostlandıktan sonra üretece boşaltılmasıdır. Çin’de oldukça yaygın olarak kullanılan bu yöntem daha başarılı olmaktadır. Bu yöntemde, bitkisel artıklar 50 cm’lik katlar halinde yığılmakta, bu yığınlar bir miktar kireçli su ve insan veya hayvan dışkısı ile karıştırılmış su serpilmekte, daha sonra üzeri kil tabaksı ile kaplanmaktadır. Çevre sıcaklığı 30°C olduğunda, kompostlanma 7 – 10 günde tamamlanmaktadır. Çevre sıcaklığının 20 °C olması halinde bu süre 30 güne çıkmaktadır.

2.8.3. Üretimin Doldurulması:

- a-) Önce kompostlanmış bitki artıkları doldurulur,
- b-) Giriş ve çıkış ağzlarından hayvan ve insan dışkısı doldurulur,
- c-) Sığır ve at gübresi önce su ile karıştırılmalı, daha sonra giriş ağzından boşaltılmalıdır,
- d-) Doldurma süresince gaz ana vanası açık bulundurulmalıdır,
- e-) Fermantasyon tankı hacminin %75-80’inden fazla doldurulmamalıdır,
- f-) Doldurma işi tamamlandıktan sonra, gaz vanası kapatılmalıdır,
- g-) İlk oluşan gaz yanıcı olmadığından gaz vanası açılarak dışarı atılmalıdır. Bu gaz patlayıcı olduğundan ateşle yaklaşılmamalıdır,
- h-) İlk doldurmadan sonra gaz elde edilip dışarı atılırken yeniden ham madde ilavesi gerektiği düşünülmemelidir. Ana gaz vanası kapatılarak manometrenin yeniden yükselmesine kadar beklenmelidir. İlk yanıcı gazın kullanılmasından bir hafta sonra günlük doldurma işlemlerine başlanmalıdır. Genel olarak, sabit kubbeli üreteçlerde bitkisel artıklar altı aylık dönemlerde yılda iki kez doldurulmaktadır. Ancak, hayvansal ve insan artıkları her gün veya iki günde bir ilave edilebilir. Bunun yanında, çıkış ağzından alınan miktar kadar, kompostlanmış bitki artıkları, hayvan ve insan dışkısı iki haftada bir ilave edilebilir.

2.8.4. Üreteçlerin Çalıştırılması:

Biyogaz üreteçlerinin yaygın olarak kullanıldığı ülkelerde yapılan etütler, uygun şekilde tesis edilen üreteçlerin zaman zaman yeterince gaz üretmediklerini göstermiştir. Bu çalışmalarla, gaz üretimindeki yetersizlikler, üreteçlerin iyi çalıştırılmamasına bağlanmıştır. Bu konuda üzerinde durulması gereken konuları şöyle sıralayabiliriz:

a-) Günlük doldurmalarda, gübre-su karışımı önemlidir. Çoğu kez üreticiyi çalıştıran kişiler bunun önemini iyice anlayamadıklarından, bazen daha katı ve bazen daha sulu karışımlar yapmaktadırlar. Gübre-su oranındaki sürekli değişim ve uygun kıvamda olmayışı bakterilerin faaliyetlerini olumsuz yönde etkilediği gibi gaz çıkışının da azalmasına neden olmaktadır. Burada, uygun karışımın hazırlanmasında bir örnek vermek yerinde olacaktır.

Örnek: Sığır gübresinin ham madde olarak kullanıldığı, günlük 5 m³ gaz kapasiteli bir üretece her gün verilmesi gereken gübre su karışımı ne olmalıdır?

1 m³ / gün gaz üretimi için gerekli olan taze sığır gübresi miktarı 32 kg'dır. O halde

5 m³ gaz üretimi için 160 kg gübre gerekir. Taze gübrenin %20 oranında katı madde ihtiva ettiği düşünülürse, gübreni 1:1 oranında su ile karıştırılması yeterli olacaktır. Buna göre verilecek su miktarı da taze gübrenin özgül ağırlığı 1 olarak kabul edilirse, 160 lt olacaktır. O halde, üretece ilave edilecek günlük gübre-su karışımı 320 lt olacaktır. Bunun ölçülmesinde en pratik yöntem, gübre doldurma çukurunda her gün ilave edilecek hacme göre, yükseklik üzerinde bir işaret bulundurmak, bu derinliği yarısına kadar hayvan dışkısı ile doldurmak, üstünü su ile tamamlayarak iyice karıştırdıktan sonra tıkaçı açıp, karışımı fermantasyon tankına akıtmaktır. Ancak, burada unutulmaması gereken bir önemli husus, hayvan gübresinin her zaman aynı su içeriğine sahip olmayacağıdır. Gübrenin su oranında gelecek değişiklikleri izlemek gerekir. Su oranı arttığı mevsimlerde, karışıma konulacak su miktarını azaltmak, gübrenin katılaşacağı dönemlerde su oranını arttırmak zorunludur.

b-) Gaz üretiminin arttırılmasında, fermantasyon tankı içerisindeki ham madde karışımının zaman zaman karıştırılması çok yararlıdır ve hatta zorunludur. Yeteri zaman aralıkları ile iyice karıştırılmadığı durumlarda gaz üretiminde önemli miktarda azalmalar meydana gelir. Sabit kubbeli üreteçlerde, tesisin yapımı esnasında uygun tipte bir karıştırma sisteminin de mutlaka tank içerisine yerleştirilmesi gerekir. Yüzücü

tip toplayıcılara sahip üreteçlerde, fermantasyon tankındaki ham maddenin karıştırılması bazen, metal silindirin kendi eksenine etrafında sağa sola çevrilmesiyle sağlanabilir. Bazen de, giriş borusundan uzatılacak uygun karıştırıcılarla bu işlem gerçekleştirilebilir. Karıştırmaya en fazla ihtiyaç duyulan üreteçler, bitkisel artıkları da ham madde kaynağı olarak kullanılan sabit kubbeli üreteçlerdir.

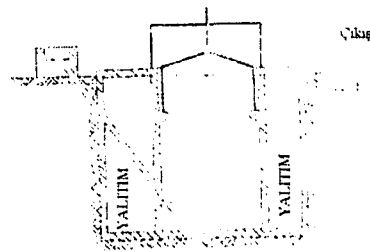
2.8.5 Biyogaz Üretiminde Miktar ve Kalitenin Arttırılması Yolları

Kırsal kesim koşullarında, gaz üretiminin arttırılması bazı uygulamalarla sağlanabilir. Bunların başında tesisin uygun bir şekilde çalıştırılması gelir. Günlük doldurmaların uygun miktarlarda ve kıvamda yapılması ve fermantasyon tankının karıştırılması en önemli uygulamalardır

2.8.5.1.Sıcaklık Arttırıcı Yöntemler:

Daha önceki bölümlerde de belirtildiği gibi, gübre-su karışımı için en uygun sıcaklık 35 °C dir. Çoğu yerde, ısıtma yapılmaksızın veya yeterli yalıtım sağlanmaksızın bu sıcaklığa ulaşılması mümkün değildir. Diğer taraftan sıcaklıklardaki değişimin de mümkün olduğu kadar dar tutulması gerekir. Bunun için yalıtım veya ısıtmaya ihtiyaç duyulur.

Üreteç, gaz tutucu ile birlikte yalıtılmalıdır (Şekil 2.2). Bunun anlamı, bütün duvarların içten gelen basınca dayanıklı ve su geçirmez olarak yapılmasıdır. Yalıtım malzemesi, örneğin saman, mutlaka kuru olmalıdır ve kuru kalmalıdır. Gaz toplayıcı da uygun bir şekilde yalıtılmalıdır. Yalıtım malzemesinin kalınlığı genellikle 5-8 olmalıdır.



Şekil 2.2. Üretecin gaz tutucu ile yalıtımı

Fermantasyon tankına konulan gübre-su karışımı, önceden güneş enerjisinden yararlanılarak ısıtılabilir. Karışımın hazırlanışında genellikle soğuk su kullanıldığından

ve günlük doldurma, yaklaşık olarak, fermantasyon tankı hacminin %2 – 4'üne eşit olduğunda, her gün ilave edilen bu karışım, özellikle soğuk aylarda, tanktaki karışımın belirli ölçüde soğumasına neden olacaktır. Ancak karışımdaki suyun önceden ısıtılması ile olumsuz etki giderildiği gibi, gaz üretimi de arttırılabilir.

Bu şekilde uygulamada, suyun fazla sıcak olmasından kaçınılmalıdır. Çünkü, fazla sıcak su da bakteri faaliyetini etkiler.

Üreteçlerin üzeri plastik örtülerle kapatılarak sera etkisi meydana getirilebilir. Böylece güneş ışınlarından yararlanılırken, alt kısımda oluşan sıcaklığın dışa gitmesi de engellenir. Bu yöntemle sağlanan sıcaklık artışından dolayı gaz veriminde %50 oranında artma görülmektedir. Bunun olumsuz yanı, plastik örtünün zamanla güneş ışınlarının (mor ötesi) etkisi ile tahrip olmasıdır.

Şekil 2.3'de görüldüğü gibi, fermantasyon tankı etrafında oluşturulan su cebi, sürekli olarak güneş kolektörleri ile ısıtılarak tank içerisindeki gübre-su karışımının sıcaklığı arttırılabilir. Sıcaklığın artışı ile verim artmaktadır.



Şekil 2.3. Fermantasyon tankının güneş kolektörüyle ısıtılması

İklim bölgelerinin özelliklerine bağlı olarak, üreteçlerin üzeri sundurma şeklinde kapatılarak da sıcaklığın sağlanabilir. Diğer taraftan daha soğuk bölgelerde en uygun yol, üreteçlerin hayvan barınakları içerisinde yapılmasıdır. Böylece hem sıcaklıktan yararlanılmış olacak ve hem de madde kaynağına oldukça yaklaşılmış olunacaktır.

Havalı koşullarda kompostlama uygulamaları ile önemli miktarda ısı açığa çıkmaktadır. Tank etrafında açılacak kanallar içerisinde kompostlama yapılarak meydana gelecek ısı, tankın ısıtılmasında kullanılabilir.

Bunların dışında, yüzücü tip toplayıcı üreteçlerde, metal gaz toplayıcı siyaha boyanarak güneş ışınlarından yararlanılması da mümkündür. Bu önlemlerden uygun

olanların, ekonomik koşullar da dikkate alınarak, uygulanması ile soğuk bölgelerde de gaz üretimi sağlamak mümkündür.

2.8.5.2. Kimyasal ve Mikrobiyolojik Yöntemler:

Burada verilecek uygulamaların temel amacı, fermantasyon olayının artırılması amacıyla, bakteri sağlanması ve bakterilerin gıda maddesi yönünden desteklenmesidir.

Bakterilere verilecek besin maddesi, ham maddenin C/N oranı ile ilgilidir. Önceden de belirtildiği gibi en uygun oran 25-30:1'dir. ham madde verilmesi ile bu orana uyulabileceği gibi, bunun dışında bakteri faaliyetini daha da canlandırmak için fermantasyon tankı içerisine çok az miktarda karbon ve azot kaynağı olan kimyasal maddeler karıştırılabilir. Bunların başında karbon kaynağı olarak şekerli maddeler gelir. Örneğin, melas veya şeker üretimi esnasında oluşan diğer şekerli artıklar. Bunlara ilaveten çok ince öğütülmüş samanda verilebilir. Bunun verilme dozu, fermantasyon tankının her metreküp hacmi için 70 gramı geçmemelidir. Bu günlük dozdur. Azot kaynağı olarak da, hayvanların idrarı ve kimyasal bir gübre olan üre kullanılabilir. Fermantasyon tankına karıştırılacak idrar miktarı, günde, tank hacminin her 3 m³'ü için 2 litredir. Üre (kimyasal gübre) ise, günde, tank hacminin her 3 m³'ü için bir çay kaşığı dolusundan fazla olmamalıdır.

Bunların dışında, şimdilik oldukça pahalı olmasına karşın, bazı enzimler de fermantasyon hızının artırılmasında kullanılmaktadır.

2.8.5.3. Mekanik Yöntemler:

Bu yöntemlerin amacı, fermantasyon tankı içerisinde belirli bölgelere yığılmış bulunan bakterilerin tank içerisinde homojen olarak yayılmasını sağlamaktır. Daha önce belirtilen karıştırma sistemleri kullanılarak bu karşılanmış olur. Diğer taraftan, üreteçlerde, gübre çıkış ağzından alınan karışım içerisinde çok fazla sayıda bakteri bulunacağından, bu bakterilerle yeni karışımların bulaştırılması da uygun bir yöntemdir. Bu amaçla günlük eklenecek her 100 litrelik karışım içerisine o gün dışarıya alınmış artıklardan 2 litre ilave edilmelidir. Böylece, yeni ilave edilen gübre-su karışımından dolayı tank içerisinde bulunan bakteriler seyreltilmiş olacaktır.

Yukarıda belirtilen bu hususlar dikkate alınarak biyogaz üretimi sürdürülecek olursa, hem günlük biyogaz verimi artırılacak ve hem de biyogaz içerisinde ki metan oranı yükseltilerek biyogaz ısı değeri artırılmış olacaktır.



BÖLÜM III

3.TEHLİKELİ ATIKLARIN YÖNETİMİ

Tehlikeli atıklar evlerden, sanayiden ve ticari işyerlerinden kaynaklanabilen ve tehlikeli özelliklerden en az birini taşıyan atıklar, ya da tehlikeli atıklarla kontamine olmuş malzeme ve maddelerdir. Yönetimi ayrı esaslar gerektiren tıbbi atıklar, cips atıkları, termik santral külleri ise özel atıklar olarak aynı yönetmelikte verilmektedir. Tıbbi atıklarla ilgili yönetmelik 1993 yılından beri yürürlükte olup, diğer atıklar için çalışmalarımız devam etmektedir. Ülkemizdeki bu atıkların özellikleri, oluştukları kaynaklar, üretim teknolojileri ve üretime giren maddelere göre tehlikeleri ve tehlikesiz özellikler göstermekte, yönetim esas ve yöntemleri de buna göre farklılık göstermektedir.

2872 sayılı Çevre Kanunu ve 20.09.1994 tarihinde taraf olduğumuz “Tehlikeli Atıkların Sınırlar ötesi Taşınım’ı ve Bertarafının Kontrolü”ne ilişkin Basel Sözleşmesi gereğince hazırlanan Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği 27.08.1995 tarihinde yürürlüğe girmiştir.

Yönetmelik, tehlikeli atıkların toplanması, tesis içinde geçici olarak depolanması, ara depolanması, taşınması, geri kazanılması, nihai bertarafı ile ithalat ve ihracatına ilişkin esasları kapsamaktadır. Yönetmelik ile Çevre Bakanlığına, Valiliklere, atık üreticilerine ve bertarafçılarına çeşitli görev ve sorumluluklar verilmiştir. Belediyeler atık bertaraf tesislerini, atık üreticileri ve bertarafçıları ile beraber ya da ayrı olarak kurmak veya kurdurmakla yükümlüdürler.

Yönetmelikte tehlikeli atık üreticilerine önemli görev ve sorumluluklar verilmiştir. Bunların en önemlileri;

- 1) Atık üretimini en az düzeye indirecek tedbirleri almakla,
- 2) Atıklarının tür ve miktarlarını belirleyerek Bakanlıktan atık tanımlama kodu almakla,
- 3) Atık beyan formunu her yıl doldurarak yetkili otoriteleri bilgilendirmekle,
- 4) Atıkların geçici ya da ara depolama tesislerinde bekletilmeleri durumunda ilgili Valilikten izin almakla,
- 5) Atıklarının taşınmasında ilgili mevzuata uymakla,

6) Atıklarını, lisanslı atık bertaraf tesislerinde gerekli harcamaları karşılayarak bertaraf ettirmekle ve bertaraf işleminin tamamlandığı yetkililere belgelemekle yükümlüdür.

Tehlikeli atıklar yönetmelik ekinde;

- a) Genel kategorileri,
- b) İçeriği,
- c) Muhtemel kaynakları,
- d) Türleri

İtibariyle sınıflandırılarak tanımlanmış olup, her bir atık kategorisi için tehlike özellikleri ve yasal bertaraf yöntemleri verilmiştir.

Söz konusu atıkların sahip oldukları tehlikeli özellikleri nedeniyle, katı atıklardan çok daha sıkı standartlarla bertaraf edilmeleri gerekir. Tehlikeli atık nihai bertaraf yöntemlerinden en çok kullanılanları düzenli depolama ve yakmadır. Düzenli depolama tesislerinde yeterli önlemler alınmadığı takdirde sızıntı suları, çöp alanlarından oluşan gazlar çevreye önemli zararlar verirler. Atık yakma tesisleri hem çeşitli kirleticiler vermektedir. Havaya verilen kirleticilerin bazıları, partiküller, hidrojen klorür, dioksin, furan gibi son derece toksit organik kirleticiler ve civa gibi ağır metallerdir. Bu kirleticilerin niteliği ve miktarları yakılan ya da gömülerek bertaraf edilen atıkların özelliğine göre değişir. Düzenli depolama tesislerinde ya da yakma tesislerinde, uygulanan standartlara bağlı olarak yakın ve/veya uzun dönemde bazı olumsuz çevresel etkiler oluşabilir. Bu nedenle gelişmiş ülkeler mevcut tesislerinin etkilerini sürekli izlemekte, geliştirilen yeni teknolojilerle bu etkileri en aza indirmeye çalışmaktadırlar. Bu tesislerin planlanması, kurulması ve işletilmesinde alınacak çevresel önlemler son derece önemlidir. Gelişmiş ülkelerdeki uygulanabilir yeni teknolojilerin izlenmesi bu bilinçle eski teknolojilerin ülkemize girişinin önlenmesi, hem ulusal mevzuatımızın uygulanması, hem de uluslararası tesislerinin yatırım ve işletme maliyetleri son derece yüksek olup, bunun yanı sıra sınırlı kaynaklarımızın rasyonel kullanımı amacıyla da atık yönetiminde en son düşünülmesi gereken bir husustur. Bu doğrultuda tehlikeli atık yönetiminde ülke önceliklerimiz belirlenmiş olup, ağıda verilmektedir.

3.1. Atık Minimizasyonu

Tehlikeli atık yönetiminde, diğer tür atıklarla olduğu gibi öncelikli politikamız atıkların minimizasyonudur. Önceleri yalnızca oluşan atıkların bertarafı konusunda yapılan çalışmalar ve uygulamalar, kısıtlı doğal kaynaklarımızın rasyonel kullanımını sağlayan atıkların önlenmesi konusuna yönelmiştir. Buna örnek, kirlilik azaltma tedbirleri, kirliliği bir kaynaktan diğerine yönelmiştir. Buna örnek, kirlilik azaltma tedbirleri, kirliliği bir kaynaktan diğerine taşımaktır. Oysaki önleme hem ekonomik açıdan, hem de çevresel açıdan etkili bir atık yönetiminin temel bileşenidir. Üstelik atık minimizasyonu teknikleri ne ileri teknoloji gerektirir, ne de büyük yatırım ister. Bu tekniklerin çoğu, üretim proseslerinde yapılacak küçük değişikliklerle gerçekleştirilir.

Atık minimizasyonu teknikleri dört sınıfta incelenmektedir:

- Envanter yönetimi
- Üretim proseslerinde yapılacak modifikasyonlar
- Hacim azaltılması
- Yeniden kullanım ve geri kazanım

Pratikte bu yöntemlerin birkaçı kullanılarak, maksimum atık azaltımı sağlanabilir.

Bu yöntemleri kısaca özetlersek;

3.1.1. Envanter Yönetimi

Üretimde kullanılan materyallerin kontrolü atık üretiminin azaltılmasında en önemli yollardan birisidir. Proseste kullanılan tehlikeli materyallerin miktarlarını azaltarak, stoklarda fazla ham madde tutmayarak, oluşan atık miktarları azalır. Bu da satın alma işlemlerinin belirli bir program ve disiplinde yapılması ile gerçekleşebilir.

Bu amaçla, endüstri kullanacağı tüm materyalleri satın almadan önce değerlendirmeli, tehlikeli madde içeren malzemeler için daha az tehlikeli, ya da tehlikesiz alternatif maddeler araştırılmalıdır.

Diğer bir husus ise, tesiste kullanılacak maddeler, malzemeler gerektiği kadar alınmalıdır. Pek çok durumda, fazla ya da günü geçmiş maddelerin çoğu, tehlikeli atık olarak bertaraf edilirler. Bertaraf maliyetleri de, stoklanan büyük miktarlardaki

maddelerden dolayı genellikle satın alma maliyetlerini aşar. Bu nedenle belirli bir süre kullanım amacıyla materyal stoklaması atık minimizasyonunda önemlidir.

3.1.2. Üretim Prosesinde Modifikasyon

Üretim prosesinde yapılabilecek değişikliklerle atık miktarı azaltılabilir. Bu da ham madde değişimi ya da bu maddelerin üretim prosesinde daha verimli kullanılabilmesi ile gerçekleştirilir. Bu başlık üç grupta değerlendirilmektedir.

- İşletme ve bakım prosedürlerinin iyileştirilmesi
- Materyal değişikliği ve
- Proses-Ekipman Modifikasyonlarıdır.

Standart işletme prosedürler, üretimde hammadde kullanımını optimize eder,sızıntı ve dökülmelerle meydana gelecek kayıpları önler.

Pek çok durumda, işletmedeki basit değişiklikler, atık üretimini önemli ölçüde etkileyebilir. Örneğin metal kaplama yapan bir sanayici, ürün kalitesini bozmadan, elektroliz banyosundaki kromun miktarını alt limitte verilen miktar kadar kullanarak, hem ham maddeden tasarruf yapar, hem de ortaya çıkan atıksu-arıtım çamurunun miktarını azaltır.

Bu nedenle işletmeyle ilgili tüm prosedürler belirlenmeli, hepsi doküman olarak hazırlanmalı ve çalışanların eğitimleri kapsamında yer almalıdır.

Diğer bir hususta bakımdır. Ekipman arızalarının neden olduğu atık üretimi iyi bir bakımla azaltılabilir, hatta önlenebilir. Bu amaçla tesiste bakım aktivitelerinin yer aldığı bir programının hazırlanması gerekir.

Bu program kapsamında aşağıda verilen türde bilgiler toplanmalı, ayrıca düzenli peryotlarda güncelleştirilmelidir.

- Tüm tesis ekipmanlarının listesi ve yerleri
- Her birimin zamanları ve süreleri hakkında bilgi
- Kritik bölümler, prosesler hakkında bilgi
- Problemleri ekipmanlar hakkında bilgi
- Satıcı bakımında el kitabı
- Ekipmanların eskiye yönelik bakım kayıtları

Bütün bu hususların yerine getirilmesinde en önemli husus, depolama, işletme, bakım ve atık yönetiminde sorumlu tüm personeli bu programa dahil edilmiştir.

3.1.3. Hacim Azaltılması

Hacim azaltma, tehlikeli ve tehlikesiz atıkların ayrılması ile atık miktarını düşürerek, bertaraf maliyetini azaltmaktır. Üstelik atığın konsantre olması, atığın geri kazanımı verimini de artırır. Bu yöntem

1. Kaynakta ayırma
 2. Atığın konsantre edilmesi
- olmak üzere iki şekilde incelenir.

Bunlardan kaynakta ayırma, en basit ve ekonomik yoldur. En çok uygulanan şekli, proses ekipmanlarının temizlenmesinde kullanılan yıkama suyu veya çözücülerin toplanması üretim prosesinde yeniden kullanılmasıdır.

Bu tekniğin en çok kullanıldığı alanlar boya, mürekkep ve kimyasal üreticileridir.(Baskı ve metal üreticileri gibi) Örnek; bir matbaada baskıya temizlemek için kullanılan toluen, mürekkeple kirlenir. Mürekkeple kirlenmiş, rengi bozulmuş olan bu tolueenin aynı tür ve renk mürekkebin inceltilmesi amacıyla kullanılması mümkündür.

Konsantrasyon konusunda değişik teknikler kullanılabilir. Bunların hepsinde fiziksel işlemlerle atık hacmi azaltılır. Örneğin arıtım çamurlarındaki suyun alınması, hacmi % 90 oranında düşürür. Diğer yöntemler, filtrasyon, kurutma, buharlaştırma, sıkıştırma.

Bunun sonucunda atık su arıtım çamurlarından geri kazanılabilecek metallerin konsantrasyon artar ve daha kolay kullanılacak ve satılacak hale gelir.

3.1.4 Yeniden Kullanım ve Geri Kazanım

Atıkların geri kazanılması ve yeniden kullanılması atık bertaraf maliyetinden kurtarır, hammadde maliyetlerini düşürür ve satılabilir atıklardan girdi temin edilir.

Bu yöntem tesis içinde yada dışında uygulanabildiği gibi, endüstriler arası değişim şekli de mümkündür.

Tesis içinde geri kazanıma örnek, proseste kullanılırken çok az kirlenmiş olan maddeler yeniden kazanılabilir. Atıkların tesis içinde geri kazanılması, bu atıkların tesis dışına taşınması sırasında olabilecek kirlenmeleri ve taşıma riskini de önler.

Bazen de çok farklı fiziksel yöntemleri içine alır veya kimyasal işlemlerle, atıklar tesis içinde yeniden kullanılabilir duruma getirebilirler. Seçilen yöntemler atığın fiziksel ve kimyasal özelliğine ve geri kazanmanın ekonomisine bağlıdır. Pek çok atık türleri için, küçük modüler geri kazanım birimleri mevcuttur. Bunlara örnek kullanılmış çözücüler, elektrolitik kaplama-proses atıklarıdır.

Eğer tesiste geri kazanım mümkün değilse, tesis dışında da geri kazanmak mümkündür. Bu da tesisten elde edilen atığın tesis içinde kullanımı ekonomik değilse veya tesis içinde kullanılmayacak bir atıksa gerçekleştirilir. Yağlar, çözücüler, çamurlar metal ve kırıntılar, plastik kırıntılar, kurşunlu piller gibi örnekler verilebilir.

Bazı durumlarda bir endüstriden çıkan atık, hammadde olarak başka bir tesisin üretim prosesinde hammadde olarak kullanılabilir. Örneğin x-ışınları film üreticisinin atık film stokları vardır. Bunlar balyalayarak, bir başka firmaya satılır. Bu noktada atık sahiplerinin atıklarını kullanacakları adreslere ulaşabilmeleri önem kazanmaktadır.

Atık değişiminin gerçekleştirildiği borsanın uygulanmasının amacı düzenli depolanmaya gidecek atık miktarını azaltmak, bertaraf maliyetlerinde tasarruf sağlayacaktır. Bu alışveriş 1940'larda Avrupa'da başlamış olmasına rağmen, Amerika'da son birkaç yıldır uygulanmaktadır. Borsa, hem tehlikeli, hem de tehlikesiz atıklara uygulanır.

Tehlikeli atıkların bir başka endüstride ikinci hammadde yada enerji kazanmak amacıyla kullanıldığı yerli kazanım tesisleri ve bakanlığımızdan lisans almakla hükümlüdürler.

Atıkların geri kazanıldığı tesisler, genelde basit teknolojilerde dayalı, çevresel tedbirlerin, yeterince alınmadığı, küçük kapasiteli tesislerdir. Bu tür tesislerde işlenen tehlikeli atıklarda bulunan bir madde, proseste kullanılarak ürün elde edildikten sonra, geriye kalan atıklar içinde bulunan tehlikeli bileşenler daha konsantre olmakta, buna bağlı olarak miktar azalsa da tehlikeli özellikler artmaktadır. Bu nedenle yapılan lisanslandırma işleminde kalan atıkların nihai bertaraf, hammadde olarak kullanılan atıkların taşınım, ambalajlanması ile işletmede çevre ve insan sağlığı açısından alınması

gereken tedbirler belirlenerek, atıkların güvenli bir şekilde geri kazanımı sağlanmaktadır.

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de atıkların geri kazanılması ve tekrar kullanılması esastır. Yönetmenlikte belirlenen bu hüküm gereğince, ülkemizde geri kazanılabilecek atıkların toplanarak, başka bir tesiste ikincil hammadde olarak değerlendirilmesi, bu şekilde nihai bertaraf gidecek atıkların miktarının azaltılması amacıyla Bakanlığımızca "Atık Borsası" çalışmaları başlatılmıştır.

Bu çalışmaların amacı geri dönüştürülebilir atıklarını arz eden atık üreticileri ile bu atıkları kullanmak isteyen üreticiler bir araya getiren bir veri tabanı oluşturulması sağlanarak, atıkların arz ve talebe göre sanayide yeniden kullanılmasının temin edilmesidir.

Bu sisteme ilişkin TOBB ve Bursa, Kocaeli, İstanbul Sanayi Odaları ile çalışmalar başlatılmıştır. Borsa ile atıklarını değerlendirmeyen, özellikle küçük ve orta ölçekli işletmeleri de sisteme dahil etmeyi amaçlayan geri kazanım piyasasının oluşturulması amaçlanmaktadır. Halihazırda geri kazanılan atık kapsamının genişletilmesi, değerlendirme imkanı olan tehlikeli atıkların geri kazanıma yönelik teknolojilerin ülkemize transferinin sağlanması, bu çalışmanın hedefidir.

Bu sistemin kurulması halinde atık üreticisi, azalan atık miktarıyla orantılı olarak nihai bertaraf tesisine daha az para ödeyecek, üstelik geri kazanıma uygun atıklarını bir başka sanayiye satmak suretiyle gelir de elde edebilecektir.

3.2. Tehlikeli Atık Envanterinin Oluşturulması

Yönetmelik ile bölgesel boyutta atık yönetimi planlarının yapılması görevi çevre Bakanlığına verilmiştir. Etkin bir atık yönetiminin temelini, sağlıklı bir atık envanteri oluşturur. Atıkların kaynağı, tür ve miktarları tespit edilerek yapılacak atık envanteri doğrultusunda ülke politikası ve yönetimi esasları belirlenebilir. Yönetmelik gereğince sanayiciden talep edilen bilgiler yeterli olmadığı için, 1997 Yılında başlatılan 1 Yıl süreli Türk-Alman Teknik İşbirliği (GTZ) Projesinde belirlenen çalışma planı çerçevesinde gelen atık beyan formları Bakanlığımızca Ayrıca bu verileri desteklemek ve kontrol etmek amacıyla Bakanlığımızda sektör toplantıları düzenlenmektedir.

3.3. Tehlikeli Atıkların Ara Depolanması

Yönetmelik gereğince atıkların geri kazanımı veya nihai bertarafı için uygun yer bulunmaması durumunda, atıklar ilgili Valilikten izin almak koşuluyla yönetmelikte verilen esaslar doğrultusunda ara depolarda bekletilebilmektedir.

Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nin yürürlüğe girmesiyle tehlikeli atıkların belediye çöp alanına kabulü yasaklanmıştır. Lisanslı atık bertaraf tesislerinin henüz olmaması ve yönetmelik gereğince üreticilerin atıklarını tesis içinde geçici depolama imkanları sınırlı olması nedeniyle her ilde uygun bir "ara depolama" tesisinin yapılması gereklidir.

Ancak bugüne kadar planlanan yada işletmek üzere Valilikten izin alınmış bir ara depolama tesisi bulunmamaktadır. Çevre Bakanlığı, olarak ara depolama tesisi tip projesi geliştirmek üzere uluslararası bazı girişimler yapılmış olup, bu çalışma kapsamında ara depoların işletilme usul ve esaslarının da belirlenmesi sağlanacaktır.

3.4. Alternatif Bertaraf Yöntemleri

Yeterli atık bertaraf tesislerinin bulunmadığı durumlarda Amerika'da ve pek çok gelişmiş Avrupa ülkesinde yüksek yanma sıcaklığına haiz çimento fabrikaları, yanabilir özellikteki atıkların bertarafı amacıyla kullanılmaktadır. Avrupa'da enerji ihtiyacının %10'u bu yolla karşılanmaktadır.

Çimento fabrikalarının fırınlarında, gerekli kimyasal reaksiyonlar 1450C gibi yüksek sıcaklıklarda oluşmaktadır. Bu sıcaklığa erişebilmek için çimento fabrikalarında büyük miktarlarda yakıt tüketilmektedir. Bu da genelde kömür, petrokok veya doğal gazdır. Bu aşamada atık maddelerin ek yakıt olarak kullanılması gündeme gelmektedir. Boya atıkları, otomobil lastikleri, atık yağlar gibi belirli bir enerji değeri olan atıkları çimento fabrikalarında yakılarak bertaraf edilebilir.

Çimento fabrikaları sahip oldukları yüksek yanma sıcaklığı ve fırındaki uzun alı konma süresi gibi avantajları nedeniyle, bozunması çok zor olan organik maddelerin bile bozunmasını sağlayabilir. Bu amaçla Bakanlığımızca ÇİFTORSAN Genel Müdürlüğü'ne çimento üreticilerine iletmek üzere bir kılavuz kitapçık hazırlanarak gönderilmiştir. Yönetmelik gereğince Bakanlıktan lisans alarak devamlı atık yakacak çimento fabrikalarında ek yakıt olarak kullanacakları tehlikeli atık oranına bağlı olarak

Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği ve Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinde yer alan emisyon limitleri ile birlikte değerlendirilecektir.

Alternatif yakıt olarak çimento fabrikalarında atık kullanmanın çevresel açıdan sağladığı pek çok yarar vardır. Bunlar;

- Kömür gibi yenilenmeyen fosil yakıtların kullanımını ve bu yakıtların çıkarılması esnasındaki çevresel etkileri azaltmak.
- Başka bir tesiste yakılarak bertaraf edilmeleri gereken atıkların emisyon ve yanma atıklarının ortaya çıkmasına neden olacak fosil yakıtlarla yer değiştirerek, sera gazlarının oluşum miktarını azaltmak, kül ve cürufu önlemek.
- Atıktan maksimum düzeyde enerji kazanılmasını sağlamaktır. Çünkü çimento fabrikalarında klinker üretimi için atık enerjisinin tamamı doğrudan döner fırında kullanılabilir.

Atık yakıtların kullanılması, inorganik bileşenlerin çimento hammaddesinin yerine gerçek ortaya çıkacak kül ve cürufaların bertaraf edilme gereksinimlerini yok etmektedir.

3.5. Türkiye’de Evsel Katı Atıkların Yönetiminde Mevcut Durum

3.5.1. Atık Yöntemi

1997 nüfus sayılarına göre ülkemizin nüfusu toplamı 63milyon’dur. Bu nüfus yaklaşık 41milyonu şehirle de yaşamaktadır. Bu nüfus atık yöntemi hizmetleri toplamı 3215 belediye tarafından yürütülmektedir. Bu belediyelerin 15’i büyük şehir belediyesi, 61’i merkez belediyesi, 870’i ilçe belediyesi ve 2265’i belde belediyesidir. Bugün büyük şehir, merkez ve ilçe belediyelerinin bulunduğu hemen hemen bütün il ilçelerde evsel katı atıkların toplanma hizmetleri yapılmaktadır. Atıkların toplanma, taşınma ve bertaraf hizmetleri bazı belediyeler tarafından özel şirketlere devredilmiştir.

Türkiye genelinde, belediyelerde atık yöntemi hizmetleri Zabıta müdürlüğü, Fen işleri müdürlüğü ve temizlik işleri müdürlüğünce yürütülmektedir. Büyük şehir belediyelerinde ise çevre koruma dairesince yürütülmektedir. Ancak bu birimlerde çalışan personel genelde konu hakkında yeterli bilgi ve eğitime sahip bulunmadığından bu hizmetler mevzuatta öngörüldüğü şekilde yürütülmemektedir. Çöp toplama hizmetleri belediyelere göre değişmekle birlikte genelde çöp bidonları ve çöp poşetleri ile toplanmaktadır.

3.5.2. Atık Bertarafı

Mevcut durumu:

Bugün Ülkemizde kişi başına günde ortalama 0.7-1 kg evsel katı atık üretilmektedir. Ülkemizde nüfusunu ortalama (1997) 63 milyon alırsak günde ortalama 44-63000 ton evsel katkı atık üretilmektedir. Üretilen bu atıkların kompozisyonu her şehre göre değiştiğinden Türkiye için ortalama bir atık kompozisyonu vermek çok güçtür. Ancak bazı belediyeler için yapılmış çalışmaları örnek verilsek, Türkiye için yaklaşık bir fikre sahip olabiliriz.

Devlet İstatistik Enstitüsünün 1993 yılında 11 büyük şehir ve merkez belediyesinde yaptığı çalışmalarda Temmuz ve Aralık ayı atık kompozisyonu ortalamaları şöyle bulunmuştur.

Atık kompozisyonları tespit edilen bu şehirlerin ortalanması aldığımızda, Türkiye için ortalama bir atık kompozisyonunu belirlemiştir.

3.5.3. Toplam değerlendirilebilir atık miktar

Üretilen bu atıkların ortalama %12'sini geri kazanılabilir atıklar teşkil etmektedir. Buna göre günde ortalama 7,500 ton geri kazanılabilir atık üretilmektedir.

Yine üretilen yaş atıkların yaklaşık %30'unu kompostlanabilir organik atıklar oluşturmaktadır. Buna göre günde ortalama 12 bin ton kompostlanabilir organik atık üretilmektedir.

Bu duruma göre evsel katı atıklar içindeki geri kazanılabilir atıklar (ambalaj ve organik atıklar) tam bir ayrışmaya tabi tutularak geri kazanılmış olsa depolanacak atık miktarında yaklaşık %42 oranında bir azalma söz konusu olacaktır. Bu durumda atık depo sahasına günde ortalama 20 bin ton daha az atık depolanmış olacaktır. Böylece depo sahalarının ömür ortalama %42 daha uzayacaktır.

BÖLÜM IV

4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

K. Alibaş ve F. Kudal; kesik beslemeli fermantasyon şeklinin uygulandığı ve organik artık madde olarak sığır gübresinin kullanıldığı bir laboratuvar araştırmasında, biyogaz oluşumunda meydana gelen her üç fermantasyon aşamasında optimum faaliyet sıcaklığına göre, 25°C'de psychrophilic, 36°C'de thermophilic, 52°C'de mezophilic şartlarında, bakteri gruplarıyla yapılan fermantasyonlar da aynı adla isimlendirilmiştir ve biyogaz üretimlerini belirlemişlerdir. En yüksek gaz üretimini mezophilic fermantasyonda ulaşımlardır.

Sığır gübresinin kullanıldığı ve kesikli-mezophilic fermantasyon şeklinin uygulandığı bir başka araştırmalarında da gaz üretiminin ortam sıcaklığına bağımlılığını araştırmışlar ve en yüksek gaz üretimine 36 °C'de ulaşımlardır. Bu çalışmalarında ayrıca tam mekanize olmuş biyogaz tesislerinin enerji kayıpları verilmiştir.

Deney yöntemlerinde; değişik fermantasyon şekillerindeki biyogaz üretiminin belirlenmesine ilişkin üç değişik organik artık maddeden yararlanmışlardır. Bunlar; sığır gübresi, tavuk gübresi ve arpa sapıdır. Üretimler laboratuvar şartlarında gerçekleştirilmiş ve 3....5 litrelik cam fermantör ve gazometrelerden yararlanılmış ve kesikli besleme fermantasyon şekli uygulanmıştır. Termofilik ve sakrofilik fermantasyon ortamı için, su sıcaklığını sabit tutabilir bir termostatlara su küvetinden yararlanmışlar, ısı kaybını önlemek için suyun üzeri plastik toprakla yalıtılmıştır. Sıcaklığı sürekli sabit tutulan, ısıya karşı yalıtılmış bir odadan yararlanmışlardır. 2.5 ay süreyle fermantasyona tabi tutulmuş ve sonuçta gaz üretimi sağlanmıştır.

A. Beba; biyogaz sistemlerinde kullanılması düşünülebilecek bir güneş enerjisi uygulaması üzerinde çalışmıştır. Anaerobik fermantörlerin belli bir sıcaklıkta tutulması bu prosesin en önemli noktasıdır. Bunun nedeni bakterilerin sıcaklığa karşı çok hassas olmasıdır. Bu sıcaklığa erişmek için gerekli ısıнын temin edilmesinin ve sistemin kararlılığının sürdürülmesinin güç olduğunu belirtmiş ve biyogaz üretiminde genellikle düşük sıcaklıkların tercih edildiğini belirtmiştir. Bu çalışmasında, biyogaz fermantörünü yıl boyunca belli bir sıcaklıkta tutmak için bir enerji dengesi yapmıştır. Van ilinde 15 büyükbaş hayvan için biyogaz üretimini ve enerji ihtiyacını hesaplamıştır.

Güneş enerjisinden ne oranda yararlanılabileceğini araştırmış ve zorlanmış taşınımlı, kapalı sistem, düz plaka güneş kollektörü ve serpantinli bir depo kullanarak bir sistem dizayn etmiştir. Yaptığı araştırmasında, güneş enerjisi yardımı ile biyogaz üretilen sistemlerdeki tüm kayıpların bu kaynak ile karşılanmasının mümkün olacağı belirtmiş ve enerji ihtiyacının en fazla olduğu kış aylarının baz alınarak güneş enerjisi sistemini tasarlamak, enerjinin az gerektiği ve yeterli miktarda gaz üretildiği yaz aylarında fazla enerji üretilmesine sebep olacağını ve bu nedenle güneş enerjisi sistemlerini yaz aylarına göre tasarlanmanın en mantıklı yol olduğunu belirtmiştir. Kış aylarında da bu sistemden mümkün olduğu müddetçe yararlanılması gerektiği ve açık enerji için başka kaynaklardan yararlanılabileceğini açıklamıştır.

Bu çalışmada Van bölgesi için kurulması düşünülen biyogaz sisteminin temmuz ayında mezofilik çalışma şartlarında enerji ihtiyacını 68 MJ/gün olarak belirlenmiş ve bu ihtiyaca göre 4.85 m² kollektör alanı kullanmıştır ve sonuçta güvenilir bir kaynak olması ve her türlü ambargodan muaf olması güneş enerjisi yatırımlarını ilginç kıldığını belirtmiştir.

T. M. Alkhamis, R. El- Khazalı, M. M. Kablan ve M. A. Alhusein; PID kontrol ünitesi ile sıcaklığı kontrol ederek, güneş enerjisi sistemini kullanarak biyogaz reaktörünün ısıtılmasını incelemiştir. Bu çalışmada araştırmacılar, 40 °C dolaylarında bir sıcaklık seviyesinin sağlanması, iyi sonuçların elde edilmesinde önemli olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmanın amacı laboratuarda yeni geliştirilen bir bioreaktörün ısıtılması için güneş enerjisinin yararını araştırmaktır. Bu çalışmada ısı değiştirgeci ile birleştirilmiş bir güneş kollektörü dizayn edilmiş ve bioreaktörün etrafındaki su ceketini için gerekli ısı ihtiyacını sağlamak için güneş kollektörlü bir sistem tesis edilmiştir. Buna ilaveten pahalı olmayan bir PID kontrol ünitesi de dizayn edilmiş ve reaktörün etrafındaki 40°C sabit sıcaklığı sağlamak için test edilmiştir.

Çalışma sonucunda güneş kollektörünün teorik etkinliği hesaplanmış ve %61 dolaylarında olduğu bulunmuştur. PID kontrol ünitesinin çok etkili olduğu gözlenmiştir. Ayrıca bu şekilde güneş enerjili ısıtma sistemlerinin yatırım maliyetinin geri dönüşüm oranını %32.7 olduğunu belirterek bu sistemlerin cezbedici olduğu sonucuna varmışlardır.

S. Dönmez; biyogaz üreteçlerinde değişik özellik gösteren artıkların kullanılması durumunda bakteriyel yapıda meydana gelen değişimler konusunda bir çalışma

yapmıştır. Anaerobik şartlarda organik maddelerin CH_4 'dönüşümünün belli şartlar altında belli bakteriler ve substratlar ile stabil bir işlem olduğunu belirlemiştir. Maksimum verimin elde edilmesi için kullanılacak artık madde karakterine göre üreteç tiplerini önceden dizayn edilmesi gerektiğini bildirmiştir.

G. Ülkü; organik artıklardan anaerobik fermantasyonla biyogaz üretimi üzerinde çalışmış ve biyogaz elde etmek için işlem sıcaklığının sabit olmasının önemini belirtmiştir. Mezophilic reaksiyonda $38\text{ }^\circ\text{C}$ 'de $\pm 2.8\text{ }^\circ\text{C}$ dolaylarında oynamanın, mezothermophilic reaksiyonda $49\text{ }^\circ\text{C}$ 'de $\pm 0.8\text{ }^\circ\text{C}$ oynamaların, kabul edilebilir olduğunu fakat thermophilic reaksiyonda $52\text{ }^\circ\text{C}$ ' de yalnız $\pm 0.3\text{ }^\circ\text{C}$ 'lik oynamaların zararsız olduğunu belirtmiştir.

P. Purohit, A. Kumar, S Rana, T. C. Kandpal; Hindistan'da bir evde yenilenebilir enerji teknolojilerini kullanarak yemek pişirmek için bir metot geliştirmişlerdir.

Güneş kollektörü, fırın ve biyogaz ürünlerini kullanarak Hindistan'da bir ev tipi yemek pişiricide potansiyel hesaplama ile bir deneme yapmışlardır. 1991 yılındaki büyükbaş hayvan sayısı istatistiklerine göre biyogaz ürünlerinin tahmin edine verilere göre potansiyeli 38 milyon, halbuki gerçek verilere göre potansiyeli 29 milyon dolaylarındadır. Mevcut ısıtıcıların 90 milyon dolaylarında olduğu ve güneş kollektörü ısıtıcılarının da 75 milyon dolaylarında olduğu tahmin edilmektedir.

Yapılan çalışmada kırsal kesimin nüfusuna ve biyo-yakıtların miktarına bağlı olarak biyogaz kullanan yemek pişiricilerin mevcut olduğunu belirtmişlerdir. Eliminasyon metodunda, Hindistan'da ev tipi yemek pişiricileri için hesaplanmış mevcut miktarı kullandılar. LPG, doğalgaz, biyogaz ve elektrik enerjisi yemek pişiriciler için mevcut potansiyel kaynaklardır. Bu çalışmada araştırmacılar Hindistan'da bir ev tipi yemek pişiricide biyogaz ürünlerini kullanarak yemek pişirmek için yeni bir metot geliştirmişleridir.

Günlük 65 milyon m^3 biyogazın üretilebileceğini ve 1 m^3 biyogazın 3 veya 4 kişilik bir ailenin yemek pişirme ihtiyacı için yeterli olduğunu belirtmişlerdir.

M. Jafer; Güney Pasifik'te yenilenebilir enerjideki tehditleri ve yapılabilecek yöntemleri araştırmıştır.

Güney Pasifik'teki küçük adalarda son 15 yıldır yenilenebilir enerji kaynaklarının değişik şekilleriyle karşılaşılmıştır. Geleneksel olmayan yaklaşımları kullanarak yerli yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar gücü, dalga gücü, okyanus ısı enerjisi,

biyogaz gibi kaynaklar yeterli gelişimi gösterememiştir. Bu çalışmada Pasifik yöresinde yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi için yapılması gerekli çalışmalar belirtilmiştir.

Pasifik bölgesindeki bütün ülkelerin ekonomik aktivitesi, sayısı çok az olan büyük adalarda toplanmıştır. Bu ülkelerin çoğu Avrupa'nın ticari pazarından uzaktırlar ve yaklaşık olarak 1 km²'ye 8 kişi düşmektedir. Nüfusun büyük bir çoğunluğu kırsal kesimlerde yaşamaktadır. Pasifik adaları güneş enerjisini iki yolla kullanmaktadır; güneş enerjisi ile su ısıtma ve kırsal kesimlerde elektrik üretimi için güneş enerjili fotovoltatik sistemleri kullanırlar.

Bölgede biyogaz araştırmalarının geniş bir yer teşkil etmesine rağmen, çok az bir kısmında başarılı olunmuştur. Tarımsal alanların talep artışına bağlı olarak kırsal kesimlerde araştırmalar az gelişmekte, kentsel bölgelerde de orman bölgelerine zarar vermekten sakınıldığı için araştırmalar gelişmemektedir.

Pasifik adalarındaki ülkeler hala enerji ihtiyaçlarını ithal ettikleri fosil yakıtlardan sağlamaktadır. Yenilenebilir enerji teknolojileri, alternatif enerji kaynaklarını geliştirmede hala yetersiz kalmaktadır. Sonuç olarak ; Güney Pasifik'te yenilenebilir enerji teknolojileri hakkında öğrenilecek daha birçok konunun olduğunu ve önemle üzerinde durulması gerektiğini belirtmiştir.

J. Maeng, J. Lund, F. H. yelphund; Danimarka'da biyogaz ürünlerinin teknolojik ve ekonomik gelişimini incelemiştir. Biyogaz ürünleri Danimarka'da CO₂ emisyonunu %20 azaltan enerji politikası dahilinde en önemli ürünlerden biridir. 1984 den beri biyogaz ürünlerini geliştirmek için bir takım çalışmalar yapılmıştır. Bütün ülkede endüstriyel organik atıkların kullanılmasıyla biyogaz ürünlerinden gaz üretimi artırılmıştır. Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynakları içinde biyogazın teknolojik gelişim süreci tanımlanmıştır.

Danimarka'nın rüzgar enerjisini kullanmada iyi olduğu bilinmektedir. Biyogaz konusunda da yeterli çalışmalar yapılmakta ve bu teknoloji verimli olarak kullanılmaktadır. Biyogaz konusundaki bu gelişim, konunun iyi öğrenildiğini ve enerji sorununun boyutlarının ciddiyetini göstermektedir. 1990'lı yıllarda Danimarka Enerji Bakanlığı biyogazın gelişimi ile ilgili hesap metodu geliştirmiştir. Biyogaz ürünlerinin sosyo-ekonomik yapısı ile ilgili 15 adet makale düzenlediler ve bunlardan biri biyogaz ürünleri ile ilgiliydi. Biyogaz ürünlerinin sosyo-ekonomik yapısının analiz sonuçlarını

değerlendirdiler. Ayrıca Alborg Üniversitesi tarafından hazırlanan raporun sonucuna göre biyogazın Danimarka'da toplum açısından sosyo-ekonomik olmadığına karar verildiğini belirtmişlerdir.

Sosyo-ekonomik hesaplamalar varolan üç farklı biyogaz ürünlerinin değerlerinin sunulması ile ayrıntılaştırıldı. Bu ürünler Fangel, Davinde ve Lintrup ürünleridir. Bu çalışmada hazırlanmış olan rapordaki bazı çevresel maliyetlerin yer aldığı hesaplamalar açıklanmıştır. Bu rapora göre SO_2 14 DKK/kg, (NO_x) 8 DKK/kg, (CO_2) 100 DKK/ton olduğunu belirtmişlerdir.

S. Bucksch, K. E. Egeback; biyoyakıtların gelişimi ile ilgili İsveç'te bir araştırma yapmışlardır.

Taşımacılık sektörü uzun zamandır gelişme göstermedi. Bu sektörde yeniden doldurulamayan kaynakların kullanılmasıyla, yanma meydana geldiğinde, serbest kalan emisyonun insan sağlığına ciddi zararlar verdiğini belirtmişlerdir. Transport sektöründe, güçlenme konusunda başarılı olabilmek için yenilenebilir enerji kaynaklarının alternatif olarak kullanılması gerektiğini belirtmektedirler. Taşımacılık sektöründe bu gelişimin sağlanabilmesi için özel ve resmi sektörlerin birlikte çalışmaları gerektiğini vurgulamaktalar. Araştırma amaçlı kurulan İsveç taşımacılık ve iletişim sektörü, biyoyakıtların taşımacılık sektöründe kullanılabilirliğini araştırma ve geliştirme sonuçlarına göre biyoyakıtların, transport sektöründe kullanılması gerektiğini ve daha ileri çalışmalarında hızlandırılmasının gerektiğini belirtmişlerdir.

N. Kuwahara, M. D. Berni, S. V. Bajay; Brezilya'da otobüsler için biyoyakıtların potansiyelini araştırmışlardır.

Biyogaz organik artıklardan elde edilir ve bileşenleri içerisinde CH_4 'ün önemi büyüktür. Biyogaz değişik kaynaklardan elde edilir. Bu çalışmada araştırmacılar, Brezilya'nın kırsal kesimlerinde araçlar için biyogaz potansiyelini araştırmışlardır. Araştırmacılar, toprak doldurarak ve iyi verim elde edilebilecek artıklara göre işlemler geliştirdiler. Günlük olarak elde edilen artıklar toprak örtüsü ile kaplandı ve üretilen gaz ile toprak örtüsü altında süzülen sıvı toplandı. Çakıl içeren 1 m çapındaki kuyular ve 15 cm çapındaki plastik tüplerde biyogaz toplandı. Bu toplama işlemi sıvı bir süzücü sistemi ile gerçekleştirildi. Sonra elde edilen sıvı, anaerobik sindirim ünitesine taşındı. Toplanan biyogaz araçlarda kullanılacağı için depolanmadan ve sıkıştırılmadan önce temizlenmelidir. Temizlenen bu biyogazın araçlarda kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

M. Hammad, D. Badarneh, K. Tahboub; metan üretiminde organik artıkların hesaplanmasını incelemişlerdir. Metan üretimi için değişik bitki ve hayvan artıklarını kullanarak hesaplamalar ve testler yaptılar. Bir biyogaz üreticisi olarak bölgesel yapı malzemelerinin kullanıldığı kübik bir sindirim ünitesi, yeryüzü altında inşa edildi. Çamur elde etmek için musluk suyu kullanıldı. Biyogaz ürünündeki metan oranını %57-65 arasında tespit etmişlerdir. Üretilen metan gazı, evler için direkt yanan bir motor pistonu vasıtasıyla, elektrik enerjisi elde ederek su ısıtmak için kullandılar.

Sonuçlar hem biyogazın kalitesinin hem de metan miktarının 35°C dolaylarındaki optimum sıcaklıkta arttığını göstermiştir. Ayrıca sonuçlar sığır gübresinin en verimli hayvan artığı olduğunu, zeytin yağının da en iyi bitki artığı olduğunu göstermiştir. Sonuçlar bir çiftlik evinde yaşayan 4-5 kişilik bir ailenin aydınlatma ve pişirme için 16 m³ lük bir reaktörü kullanarak yeterli enerji kaynağını elde edebileceğini göstermiştir

Fabrizio Adani, Drego Baido, Enrico Calcaterra, Pierluigi Genevini; biomass sıcaklığının, belediye katı atıklarının biostabilizasyonu ve biokurutma üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar bu etkiyi araştırmak için bir laboratuvar araştırması yapmışlardır. Hava akımı kontrolü ile elde edilen üç deneyi, üç farklı biomass sıcaklığında yaptılar. A=70 °C, B=60°C, C=45°C

Bioderecelendirme ve biokurutma arasındaki ilişkinin ters orantılı olduğu belirlendi. Hızlı bir kurutmada, düşük bir biyolojik kararlılık elde edilmiştir. A işleminden elde edilen ürün, en yüksek derecelendirme katsayısı (166gkgTS₀⁻¹) ile ve en düşük su kaybı ile (409kgWo⁻¹; Wo ilk su içeriği) karakterize edildi. A işleminde en yüksek biyolojik kararlılık elde edildi. 141 mg O₂ kg Vs⁻¹; Vs gaza dönüşebilen katı maddeler ve su eliminasyonu 667 gkgWo⁻¹ ile en düşük derecelendirme oranı 18 gkg Ts₀⁻¹ C işleminde elde edilmiştir en yüksek enerji içeriği EC= 14.056 kjpg W.W⁻¹. düşük nem oranı 665gkg Wo⁻¹ ve iyi biyolojik kararlılık 166MgO₂ kgVs⁻¹ B işlemi sonucunda elde edildiği belirtilmiştir.

Laboratuvar reaktörü; yalıtılmış bir reaktör, kontrol ünitesi, bir hava kaynağı ile bir biyofiltreden oluşmaktadır. Yüksekliği 800 mm, iç ve dış çapları sırasıyla 600 ve 486mm olan silindirik PVC-148-1 malzemesinden imal edilmiş bir reaktördür. 87 mm kalınlığında poliüretan köpükle reaktörün izolasyonu yapılmıştır. Reaktörün üstü bir conta ile kapatılmıştır. Kapakta hava sağlamak için 26 mm çapında bir boru, 20 mm çapında ısı rezistans sıcaklık elektrodu ve 20 mm çapında geçici olarak kapatılmış bir

boru vardır. 700 mm yüksekliğinde, 475 mm çapında, 124-1 malzemesinden imal edilmiş olan çelik silindir reaktörün içine yerleştirildi. Çelik silindirin alt kısmına 2x2 mm² lik bir delik açıldı. Kontrol sistemi; elektrotları ve bir elektrot kutusu, kontrol paneli ile bilgisayardan oluşmaktadır. Diğer iki ısı rezistans elemanları (P+100) reaktöre yerleştirilmiştir. Elektrotlar kısmında yapılan bütün ölçümler bilgisayara bir elektronik kart ile transfer edildi. Dışardan gelen hava alt kısımda toplandı ve daha sonra plastik elektrot kutusuna taşındı. Dış hava kaynağı bir santrifüj pompadan elde edilmiştir. Hava akımı diferansiyel basınç elektronik ileticiler ile ölçüldü. Biyofiltre 1600 mm yüksekliğinde, 127 mm çapında bir silindirik PVC kaptan oluşur.

Sonuç olarak A, B ve C işlemlerinde su içeriğinin limit değerlerine göre mikrobiyolojik aktivitenin durdurulmasını ve/veya biyolojik aktivitenin optimum şartlarda devamı için su ilave edilme işlemi yapıldı. A işleminde mikrobiyolojik aktivitelere rastlanmadı. B işleminde çok az bir su ilavesi ile mikrobiyolojik aktiviteye rastlandı. C işleminde ise su ilavesinden sonra aktivite azaldıkça organik maddelerin daha çabuk mineralizasyona uğradığı gözlemlenmiştir.

Chongli Zhong, C. J. Peters ve J. De Swaan Anors; biyomass işleminin değerini artıran hidrotermal kabuk durumunda, biyomass dönüşüm işlemi üzerine bir termodinamik modelleme çalışması yapmışlardır. Bu işlemi yüksek sıcaklık ve basınçta faz eşitlik hesaplarında, durum denklemlerini kullanarak yapmışlardır. Araştırmacılar

$$P = \frac{RT}{v-b} - \frac{a}{v(v+b)} \text{ eşitliğini kullanmışlardır.}$$

Reaktörde sunulan faz sayısı ve faz içeriği ile hazırlanışı reaktör için temeldir. Ayrıca bu çalışmada hidrotermal kabuk durumunda, enerji analizi yapmışlardır. hidrotermal kabuk durumunda maksimum enerji etkinliğinin %86 olduğu belirlenmiştir.

M: Pahl, J. Lunze; anaerobik şartlarda bir biyogaz reaktör kulesinin dinamik modellemesi üzerine çalışmışlardır. Araştırmacılar, modelleme metodunu alt modellere ayırarak karakterize etmişleridir.

20 m uzunluğunda, 1 m çapında ve 15 m³ hacminde bir biyoreaktör kulesi dizayn etmişlerdir ve bu reaktörü 4 kısıma ayırarak anaerobik şartlarda bu reaktör kulesinin dinamik modellemesini yapmışlardır. En iyi besleme karışımı için kule kısımlara ayrılmıştır. Her bir alt modele karıştırıcı yerleştirdiler. Her bir alt model reaktör gibi dizayn edilmiştir. Alt modeller en alttan başlayarak numaralandırıldı. Alt modellerde

sıvı ve gaz fazı için balans alanı mevcuttur. Bütün bu alt modeller aynı ölçülerde imal edilmiştir.

Biyogaz reaktör kulesinde yapılan deneyler biyomass konsantrasyon dinamiğinin gaz ve sıvı faz konsantrasyon dinamiğinden daha yavaş olduğunu göstermiştir.

Young Dae Park; Kore’de biyogazla ilgili araştırma ve geliştirme çalışmaları yapmıştır. Bu çerçevede ev ve köy ölçeğinde pilot-biyogaz tesisi dizayn etmiştir.

Ev tipi bir biyogaz ünitesi için; giriş ve çıkış boruları eğimli olan beton bir tank, bu tankın içine yerleştirilmiş bir gaz deposundan mevcuttur. Tank duvarları 15 cm kalınlıkta yüksek dozda çimento ile yapılmıştır ve gaz basıncını artırmak için gaz deposunun üzerine 5-8 kg ağırlığında taş koyulmuştur. Gazın hortuma akışını kolaylaştırmak için depodan mutfığa kadar içinde tutucu kondansatör olan vinil hortumlar kullanılmaktadır. Tüm ünite kışın vinil bir çatı ile örtülmüştür.

Bu ünitenin yılın en soğuk beş ayı dışında gayet iyi çalıştığını belirtmişlerdir. Bu ünitenin temel kusuru olarak, gazın üretildiği gaz deposunun altında bulunan sindirici sıvısının, gaz deposunun dışında bulunan sıvı ile direkt temasta olduğunu saptamıştır. Bu da gazın oluşmasına neden olan bakterinin faaliyetini etkilemektedir.

S. Kırımhan; biyogazın oluşumu, özellikleri ve Türkiye’de yararlanma imkanları üzerinde bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmasında metan gazı üretiminde kullanılabilecek ham maddeyi bitkisel, hayvansal ve insan atıkları olarak gruplandırmış ve bu organik atıkların ya tek ya da karıştırılmış olarak, belirli oranlarda su ile karıştırıldıktan sonra, üreteç içerisinde, ortam sıcaklığına bağlı olarak, metan bakterilerinin faaliyetlerini incelemiştir.

S. Dönmez; karbondioksit tutulmasının metan üretimine etkisi üzerine çalışmıştır. Biyogaz olarak bilinen bu yeni enerjinin, çeşitli organik atıkların, havasız bir ortamda bazı bakteri grupları tarafından metan ve karbondioksit gazlarına dönüştüğünü belirtmiştir. Fakat üretimde rol oynayan mikroorganizmaların ve olayın termodinamiğinin tam olarak bilinmediğine değinmiştir. Bu nedenle araştırmacı biyogaz veya metan üretiminin mikrobiyolojisi ve termodinamiğinin tam ve kesin olarak anlaşılmasıyla kullanılabilirliğinin ve verimliliğinin artırılabilirliğini tespit etmiştir.

Araştırmada 1.5 litrelik yarı sürekli sistemle çalışan bir üreteç kullanılmıştır. Başlangıçta üreteç aktif anaerobik çamurla aşılanmış ve sabit durumda, gaz üretimi elde edilene ve çamurla gelebilecek organik maddenin ayrılmasına kadar çalışılmıştır. İlk

aşamada tüpler 100'er ml asitlendirilmiş su içermektedir. Üretecin hidrolik alıkoyma süresi ve hücre bekletme süresini 5 gün tutmuştur. Elde ettiği ısı $36 \pm 3^{\circ}\text{C}$ dir. Günlük olarak gaz analizlerini Fisher gaz ayrıştırıcı kromotografi ile yapmıştır. Alınan günlük örneklerde kimyasal oksijen ihtiyacı, standart metotlara göre ölçölmüş, tutulan CO_2 miktarı ise titrasyonla ölçölmüştür. PH ölçömleri günlük PH metre ile ölçölmüştür.

Hergün her litre reaktörde 2.16 g'lık kimyasal oksijen azalması gözlemlenmiştir. Ayrılan bu kimyasal oksijen ile 961.40 ml biyogaz veya 672.98 ml metan gazı elde etmiştir. Bu çalışmada araştırmacı 1 g kimyasal oksijenin teorik olarak 350 ml metan veya 583 ml biyogaz oluşturabileceğini bildirmiştir.



BÖLÜM V

5. DENEY SETİ

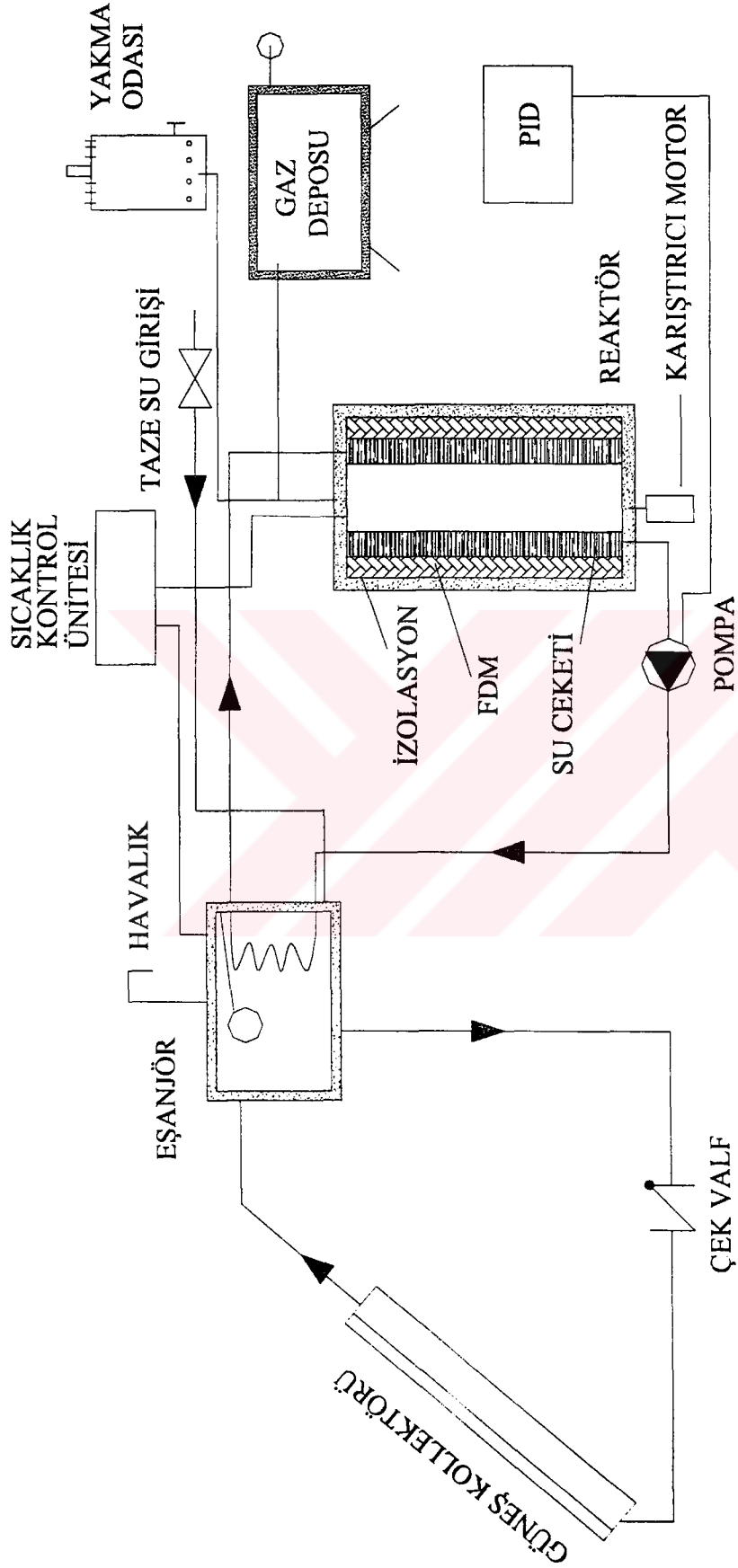
5.1. Deney Düzeneginin Tanıtılması

Deneyisel çalışmanın yürütülmesi için Şekil 5.1’de tesisat şeması görülen deney düzenegi kurulmuştur.

Deney düzenegi esas itibariyle 3 ana bölümden oluşmaktadır. Birinci kısım, zorlanmış konveksiyonla çalışan iki adet toplam 4 m^2 toplayıcı alana sahip kapalı devre, termosifon sistemli güneş enerjisi sistemidir. Deney düzeneginde kullanılan kollektörler piyasadan temin edilmiş olup standart, alüminyum yüzeyli, $\epsilon = 0.86$ mat siyaha boya ile kaplanmıştır. Kollektörlerde ısınan su üç kademeli sirkülasyon pompasıyla sıcak su deposuna basılmaktadır. Sıcak su 0.9 m yüksekliğinde, 0.6 m çapında bir depo içerisine gönderilmektedir. Sıcak su deposu, galvanizli sacdan imal edilmiş olup dış yüzeyi $k = 0.038 \text{ W/m}^2\text{°C}$ olan cam yünü ile yalıtılmıştır.

İkinci kısım, biyogaz üretimi için tasarlanan reaktör ünitesinden oluşmaktadır. Reaktör ünitesi iç içe geçmiş üç kapalı silindir gibi tasarlanmıştır. Bu silindirlerden en içteki gaz elde etmek için organik artıkların konulduğu şartlandırma odasıdır. Şartlandırma odasının iç çapı 0.17 m ’dir. Buna göre organik artıklar için tasarlanan şartlandırma odasının hacmi 0.018 m^3 ’dür. Orta bölümdeki silindir, fermantasyon sıcaklığı için, sıcak suyun geçtiği ceketdir. Sıcak su yukarıda bahsettiğimiz kollektörlerden sağlanmaktadır. Kollektörlerde ısınan su, sıcak su deposuna gönderilmektedir. Sıcak su deposunun içerisine yerleştirilen eşanjör vasıtasıyla su ceketine istenen sıcaklıkta su sağlanmaktadır.

Eşanjör bakır borudan imal edilmiş olup $1''$ çapındadır. Eşanjör için, bakır boru piyasadan temin edilmiş olup Şekil 5.1’de görüldüğü gibi helezon şeklinde sarılmıştır. Sıcak su deposundaki eşanjör yüzey alanını maksimum olması için helezon adımı yaklaşık $2''$ olacak şekilde imal edilmiştir. Buna göre eşanjör için 11 m bakır boru kullanılmıştır. Eşanjör bölüm dairesi çapı 0.3 m ’dir. Bu değerlere göre sıcak su deposundaki eşanjör ısıtma yüzey alanı 0.84 m^2 ’dir. Reaktörün en dışındaki silindir ceket ise güneş ışınlarının olmadığı saatlerde şartlandırma odasına ısı aktaracak ısının



Şekil 5.1. Deney düzeneginin şematik görünüşü

depolandığı bölümdür. Isı depolamak için faz değıştiren materyal (FDM) kullanılmıştır. FDM olarak yüksek özgül ısı ve kolay temin edilebilir olması nedeniyle ($\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) kalsiyum klorür hegza hidrat kullanılmıştır. Kalsiyum klorür hegza hidratın normal şartlar altındaki (1 atm, 20 °C) özellikleri Tablo 5.1’de verilmektedir. Kullandığımız FDM Beypazarı Soda Fabrikası’ndan temin edilmiştir. Susuz olarak satın aldığımız bu maddeye teorik miktarının (ağırlıkça %51 CaCl_2 % 49 H_2O) biraz fazlası su ilave ederek çözelti laboratuarda homojen hale gelene kadar kaynatılmış ve sürekli karıştırılmıştır. Dışarıda bırakıldığında kristalleşmenin oluşması, FDM’nin hazır hale geldiğini bize göstermiştir. Reaktörün dış çeperi 0.017 m³ hacmindedir. Dış çapı 0.275 m, iç çapı 0.225 m ve yüksekliği ise 0.7 m’dir. Bu hacme göre FDM ceket maksimum 20.9 kg sıvı FDM almaktadır. Biz FDM’nin faz değışimi sırasında genleşeceği dikkate alındığında, ceketin 0.65 metresine kadar FDM ile doldurulmuştur. Bu da kütle olarak 19.5 kg FDM’ye tekabül etmektedir. Ayrıca reaktörden ısı kaybını önlemek için dış yüzeyi $k = 0.039 \text{ W/m}^2\text{°C}$ olan cam yünü ile izole edilmiştir Reaktörde organik madde – su karışımının homojenliğini sağlamak ve gaz üretimini hızlandırmak için karıştırıcı palet ve bunu döndüren motor kullanılmıştır. Karıştırıcı motor maksimum 120 d/dak ile dönmektedir. Sistemde karıştırıcı devir sayısının, gaz üretime etkisini araştırmak amacıyla kayış – kasnak sistemi kullanılarak devir sayısı değıştirilmiştir.

Tablo 5.1. Normal şartlar altında $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ’nun kimyasal özellikleri

Erime noktası	28-30 °C
Yoğunluk	1520 kg/m ³
Depoladığı gizli ısı	45 kcal/kg
Aşırı soğuma derecesi	1 °C
Isı depolama kapasitesi	$7.6 \times 10^4 \text{ kcal/m}^3$
Gözlenen ısı çevrim sayısı	800
Yanıcılık ve zehirleyicilik	Yok
Özgöl ısı (Katı fazda)	0,34 kcal/kg°C
Özgöl ısı (Sıvı fazda)	0,50 kcal/kg°C

Reaktörün en iç kısmına yerleştirilen gaz analiz cihazı sensörü ile deneyler boyunca saat başı değerler ölçülmüş ve kaydedilmiştir.

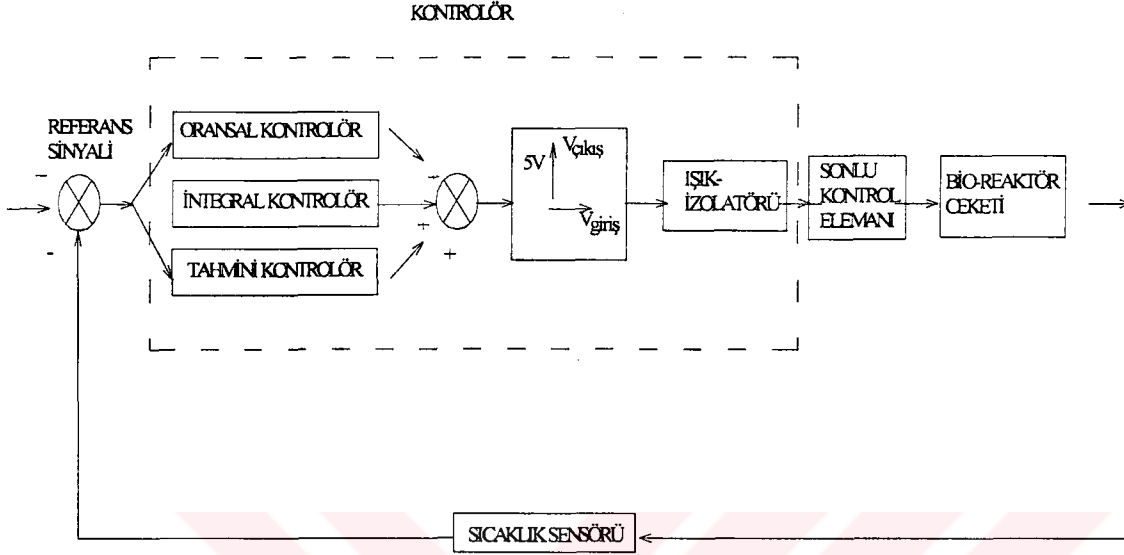
Gaz analiz cihazında elde edilen ölçüm değerleri Tablo 5.2’de verilmektedir. Elde edilen gazı depolamak için Şekil 5.1’de açıkça görülen gaz deposu Elazığ Şarkgaz Ltd.

Şti.'den temin edilmiştir. gaz deposu 10 atü basınca dayanıklı, 60 lt'lik standart LPG tankıdır. Reaktörde oluşan gaz bir boru ve tek yönlü valften geçerek gaz deposunda birikmektedir. Gaz deposuna içerdeki basıncı ölçebilmek için bir manometre ve içindeki havayı almak için bir hava prüjörü yerleştirilmiştir.

Tablo 5.2. 1., 2. ve 3. Dönem deneylerine ait karbondioksit miktarları

1.Dönem (% Hacim)	2.Dönem (% Hacim)	3.Dönem (% Hacim)	1.Dönem (% Hacim)	2.Dönem (% Hacim)	3.Dönem (% Hacim)
0,07	0,077	0,077	15,31	16,841	17,25
0,07	0,077	0,077	15,31	16,841	17,37
0,4	0,44	0,44	16	17,6	17,43
0,48	0,528	0,528	16,4	18,04	17,68
0,57	0,627	1,53	16,8	18,48	17,92
0,86	0,946	1,83	17,13	18,843	18
2,11	2,321	3,3	17,2	18,92	18,04
2,4	2,64	3,55	17,32	19,052	18,35
3,2	3,52	5,32	17,51	19,261	18,17
3,35	3,685	5,38	17,6	19,36	18,47
4,69	5,159	6,06	17,89	19,679	18,47
4,8	5,28	6,18	17,89	19,679	18,84
5,93	6,523	7,2	17,89	19,679	18,84
6,22	6,842	7,52	18,09	19,899	18,65
6,8	7,48	9,6	17,8	19,58	18,96
7,27	7,997	9,85	18,09	19,899	18,96
8,33	9,163	11,01	18,47	20,317	19,14
8,13	8,943	11,31	18		
9,38	10,318	12,23	18,09		
9,6	10,56	12,23	17,6		
10,24	11,264	12,97	18		
10,53	11,583	13,6	18,18		
11,2	12,32	13,76	18,09		
11,2	12,32	14,68	18,28		
12,34	13,574	14,86	18,18		
12,8	14,08	15,9	18,4		
14	15,4	16,33	18,4		

Üçüncü kısım, reaktörde ortalama 32-38 °C sıcaklık sağlayabilmek için sıcak su basan santrifüj pompa ve PID kontrol ünitesidir (Şekil 5.2.).



Şekil 5.2. PID kontrol ünitesinin ana elemanları ve şematik görünüşü

Deney düzeneğinde sıcaklıklar 0.5 mm kalınlığında bakır-konstant ısıl çifti ile ölçülmüştür. Isıl çift 1 sıcak su girişi, 1 sıcak su depo çıkışı, 1 eşanjör girişi, 1 adet depo eşanjör çıkışı, 2 adet kollektör yüzeyi, 1 adet reaktör girişi, 1 adet reaktör çıkışı, 1 adet FDM ceketine ve 1 adet şartlandırma odasına olmak üzere 10 noktaya yerleştirilerek sıcaklıklar tespit edilmiştir.

5.2. Deneylerin Yapılışı ve Bulgular

Deneyler Nisan- Mayıs ve Haziran aylarında Fırat Üniversitesi Makine Eğitimi bölümü atölyesinde yapılmıştır. Bu aylara ait güneş ışıyım değerleri Elazığ il Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmiştir ve Tablo 5.3'de verilmektedir. 5 Nisan 2002 tarihinde kollektör ve su ceketine su konularak sistem çalıştırılmıştır. 6 Nisan 2002 tarihinde şartlandırma odasına 4 kg yaş sığır gübresi ve 6 kg su ile birlikte konulmuştur ve deneylere başlanmıştır.

Tablo 5.3. Elazığ ilinin 2002 yılı Nisan, Mayıs ve Haziran aylarına ait güneş ışınlam değerleri

	Nisan	Mayıs	Haziran
1	90,05497	349,8304	439,5365
2	146,538	361,9256	238,6476
3	242,1366	317,5455	508,1845
4	245,9745	460,0053	463,3392
5	293,5412	367,3529	381,6966
6	226,7928	493,3911	504,9591
7	313,8549	455,237	485,6688
8	204,184	436,5902	429,6122
9	347,737	401,8708	407,8719
10	440,6995	232,6	471,046
11	421,0835	465,1845	467,1771
12	368,5469	486,607	474,3179
13	241,4388	461,9436	486,134
14	259,5816	273,4213	499,6248
15	298,3483	392,6288	487,1032
16	119,9441	349,2101	453,6475
17	333,6647	370,2217	429,7673
18	368,6865	308,0012	483,4591
19	363,3212	481,9472	521,9544
20	302,0699	477,7604	499,6248
21	344,5736	474,504	475,6205
22	345,1009	450,1895	490,5534
23	239,578	393,6988	453,5235
24	168,3249	296,1773	472,3951
25	243,2221	498,7719	476,9463
26	410,6165	472,8293	399,6068
27	361,2511	464,1766	490,9411
28	443,0255	484,2577	456,5938
29	414,028	480,6834	464,3626
30	365,4146	496,3684	517,3799
31		477,2332	

Birinci dönem gaz üretimi karıştırıcı kullanılmadan yapılmıştır. Burada şartlandırma odasına yerleştirilen SUN1500 sensörü ile gübrenin karbondioksit, Hidrokarbon değerleri ölçülmüştür. Karbondioksit, Hidrokarbon değerleri sabah 8.00 ve akşam 5.00'de olmak üzere iki defa ölçülmüştür. Şartlandırma odası ve su ceketine, FDM içerisine, kollektör yüzeyine, eşanjör giriş ve çıkışına ve sıcak su giriş ve çıkışına yerleştirilen Termocouple'larla sıcaklık ölçümleri, saat başı alınmıştır. Deneylerimizde

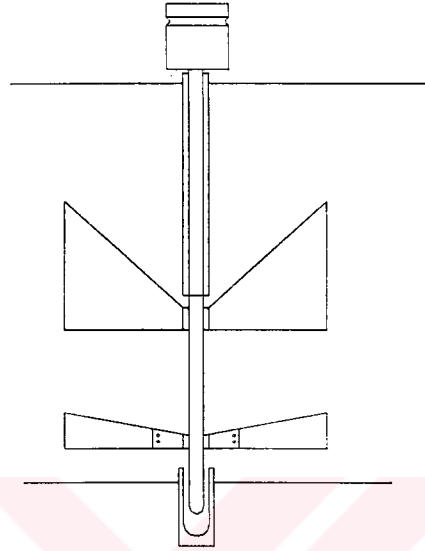
belirlenen Hidrokarbon, ağırlıklı olarak karbondioksit değişimi bize biyogaz üretimi miktarını ve biyogaz üretim hızını vermektedir.

Karıştırıcı kullanmadan yapılan birinci dönem deneylerde meydana gelen karbondioksit değişimleri sırasıyla Şekil 6.3 'de verilmektedir. Birinci dönem biyogaz üretim deneyleri Şekil 6.4'de görüldüğü gibi 28 gün sürmüştür. Deneylerde ilk 3 gün şartlandırma odasındaki karbondioksit değerinin yavaş bir değişim gösterdiği gözlenmiştir. Dördüncü günden başlayarak 19. güne kadar karbondioksit değişimi periyodik olarak artmaktadır. 20. günden 26. güne kadar karbondioksit değişim oranı yavaş yavaş azalmaktadır. Son iki gün ise bu değişim çok az olmaktadır. Karbondioksit oranının sabit olması yada çok az değişim göstermesi bize biyogaz üretiminin tamamlandığını göstermektedir.

Deneylerimizde fermentasyon sıcaklığı Şekil 6.2'de görüldüğü gibi Mezofilik fermentasyon 35 ila 38⁰C arasında değişmektedir. Deneyin başlangıcından 5 gün önce 37⁰C fermentasyon sıcaklığına sahip bir kapta 1 kg ağırlığında gübre bekletilerek aşılama materyali olarak kullanılmıştır. İkinci dönem deneylerde karıştırıcı 30 dev/dak da çalıştırılarak biyogaz üretimi yapılmıştır. Deneylerimiz kesitli fermentasyona göre yapıldığı için ikinci deneylere başlanmadan önce şartlandırma odası boşaltılmış fakat birinci dönem deneylerinde kullandığımız organik atıktan 1 kg aşılama materyali olarak tekrar şartlandırma odasına konuldu. Şartlandırma odasındaki organik artık Şekil 5.3'de görülen palet şeklindeki karıştırıcıyla sürekli olarak karıştırılmıştır. Karıştırıcı paletler, arabadan temin edilen silecek motoruna kayış – kasnak düzeneği takılarak yapılmıştır. Motor 120 dev/dak sabit devir sayısı ile dönebilmektedir.

Deneylerimizde 3 farklı çapta kasnak yapılarak, paletin dakikada 30 ve 50 devirle dönmesi sağlanmıştır. İkinci dönemde biyogaz üretim deneyleri 23 gün sürmüştür. Birinci dönem biyogaz üretim deneylerinde uygulanan ölçüm periyodu, bu dönemde de aynen yapılmıştır. Şekil 6.3'e bakıldığında ikinci dönemdeki karbondioksit değişimi, birinci dönem deneylerindeki karbondioksit değişimine göre daha hızlı (1 gün) artmaya başlamıştır. Yani ikinci dönem karbondioksit değişimi 2 günden sonra hızlanmıştır. Bunun nedeni hem karıştırıcının etkisi hem de aşılama materyalinin etkisidir. Şekil 6.3'e bakıldığında karıştırıcının etkisiyle karbondioksit değişimi, birinci dönem karbondioksit değişimine göre daha hızlı artmaktadır. İkinci dönem karbondioksit

değişimi 18. güne kadar hızlı bir şekilde artmakta, daha sonra değişim hızı azalmaktadır. 22. gün ve 23. günde karbondioksit değişimi yaklaşık eşit olmaktadır.



Şekil 5.3. Palet karıştırıcı

Üçüncü dönem deneylerine başlarken, yine şartlandırma odasında 1 kg mayalama materyali bırakılmış ve aynı oranda yeni organik atık koyulmuştur. Karıştırıcı paletin kasnağı değiştirilerek karıştırıcı devir sayısı dakikada 150'ye çıkartılmıştır. Bu dönemde deneyler 23 gün sürmüştür. Birinci dönem, ikinci dönem ve üçüncü dönem biyogaz üretim deneylerinde uygulanan bütün şartların eşit olmasına azami özen gösterilmiştir.

Şartlandırma odasında mezofilik fermantasyon şartlarının sağlanması için kullanılan sıcak su, güneş kolektöründen sağlanmıştır. Burada ısıtılan su, bir sıcak su deposunda kapalı devre döngü yapılmıştır. Sıcak su deposunun içerisinden geçirilen bir eşanjörle su ceketine su pompalanmaktadır. Pompa bir PID devresiyle kontrol edilmektedir. Burada istenen şartlara göre yüzey sıcaklığının 38°C 'nin üzerine çıkması durumunda pompa devri artırılmış, 35°C 'nin altına düşmesi durumunda devir sayısı otomatik olarak azaltılmıştır. Böylece, şartlandırma odasında mezofilik fermantasyon şartları sağlanmıştır. Gün ışığının olmadığı zamanlarda, pompa kapatılarak sirkülasyon durdurulmuştur. Ayrıca, geceleyin ters döngü olmaması için, sıcak su çıkışına tek yön valfi yerleştirilmiştir.

Yukarıda da bahsedildiği gibi Kalsiyum Klorür Hekza Hidrat yaklaşık 29 °C’de faz değiştirmektedir. Gün boyunca faz değişimine uğrayan Kalsiyum klorür Hekza Hidrat gün ışığının olmadığı zamanlarda, şartlandırma odasının sıcaklığını sağlamaktadır. Gece geç saatlerde şartlandırma odası sıcaklığı 35 °C’nin altına düşse de, deneyler boyunca sıcaklık 30 °C’nin altına düşmemiştir. Bu sıcaklık değişiminin biyogaz üretimi üzerindeki etkisi dikkate alınmamıştır.

5.3. Deneysel Çalışmada Oluşabilecek Ölçüm Hataları

Deneysel çalışmamızda kullandığımız cihazlardan ve kişisel hatalardan dolayı oluşabilecek sıcaklık,fiziksel boyut ve kalibrasyonda bir takım yanlış hesaplamalar yapılabilmektedir.Ölçüm cihazlarının hassasiyetinden ,yapılabilecek hataları tahminen hesaplamak mümkündür.

Sıcaklık ölçüm hataları;termo elemanların kalibrasyonundan ve ölçüm cihazındaki hatalardan kaynaklanmaktadır.

Kalibrasyonda termo-çift hassasiyeti	: ±0.01 °C
Deneylerde termo-çift hassasiyeti	: ±0.01 °C
Bağlantı hataları	: ±0.2 °C
Diğer hatalar	: ±0.01 °C

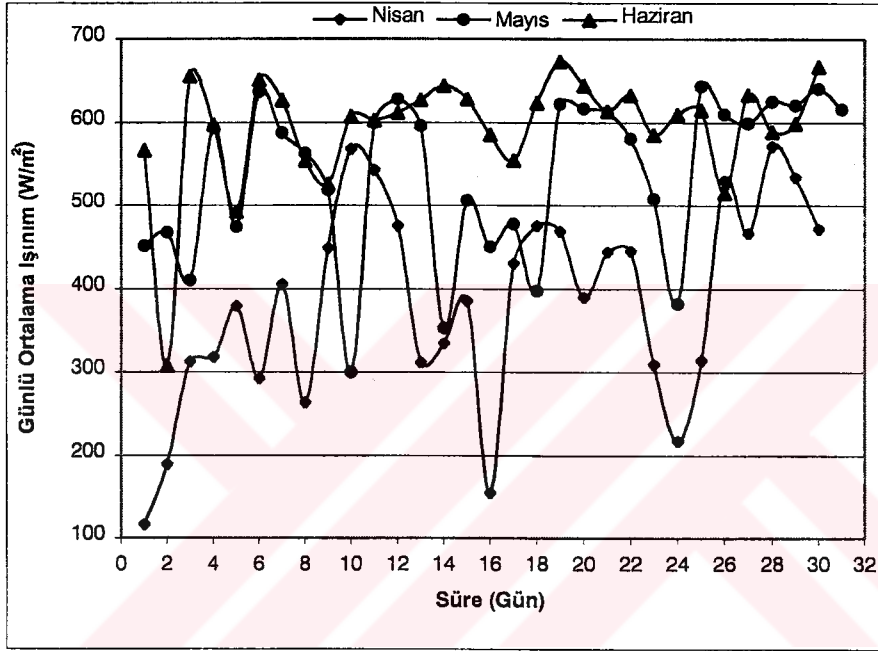
Sıcaklık okumada tahmini hata ±0.8 °C seviyesinde olmaktadır.bu hatalar termo elemanların bağlantısı,kaynak edilişi ve cihazın montajından kaynaklanan hatalar olmaktadır.

Deneyler boyunca kullandığımız sunl 500 gaz analiz cihazının kalibrasyonunu her ölçümden önce yaptık.

BÖLÜM VI

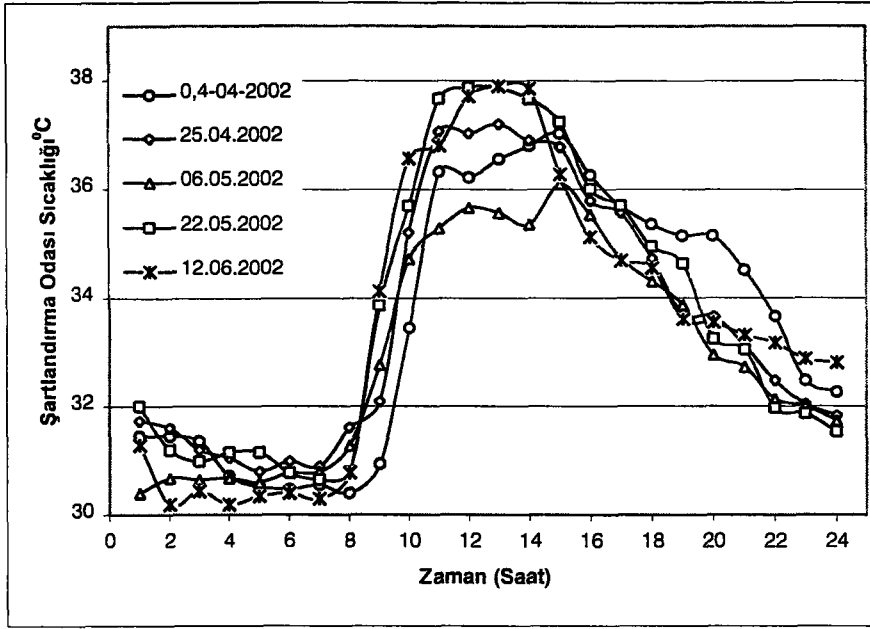
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

2002 Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında yapılan deneylerde yararlandığımız ısıtım değerleri Şekil 6.1’de verilmiştir.

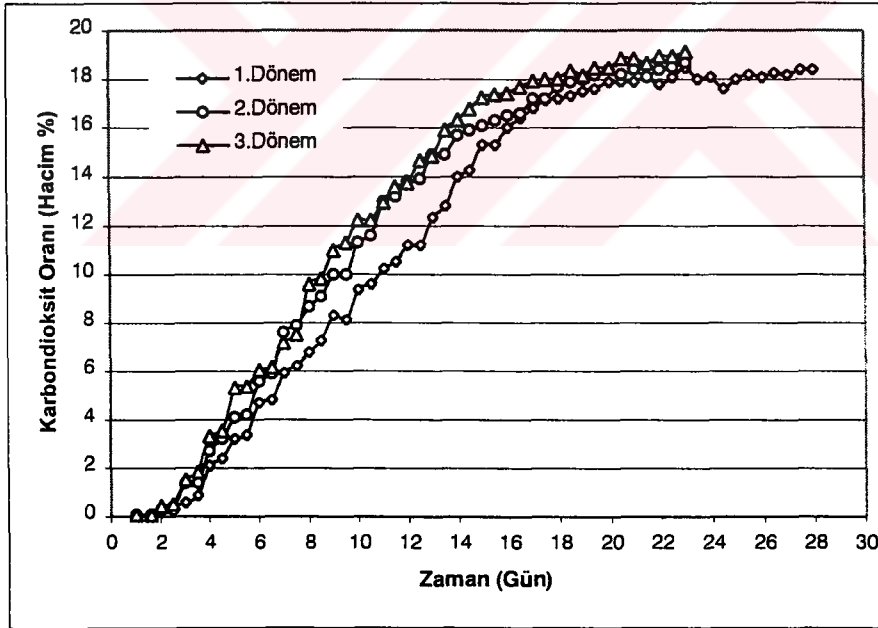


Şekil 6.1. Elazığ İline Ait Nisan, Mayıs, Haziran Işıtım Değerleri

Biyogaz üretmek için tasarlanan deney düzeneğinde, reaktör içi sıcaklığını mezofilik şartlarda sağlayabilmek için PID kontrollü pompa ünitesi kullanılmıştır ve fermantör sıcaklığı yaklaşık 36°C de tutulmuştur.. Kurulan düzenekte, günün saatleri boyunca değişen ısıtım değerleri değiştiğinden, reaktör sıcaklık değerleri günün saatlerine göre değişim göstermiştir. Ayrıca $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 'nin yaklaşık 29°C 'de faz değiştirmesi, gün ışığının olmadığı saatlerde, sıcaklığı 36°C 'nin biraz altına düşürmüştür. Bu durum, deneyler öncesinde dikkate alındığı için gerekli olan FDM'den biraz daha fazlası koyulmuştur. Deneyler boyunca görülmüştür ki reaktör sıcaklığı, maksimum 38°C ile minimum 30°C arasında değişmektedir. Reaktör sıcaklığının en fazla kararsızlık gösterdiği tarihlere ait değerler Şekil 6.2'de görülmektedir.



Şekil 6.2. Bazı Günlere Ait Reaktör Sıcaklığının Gün Boyunca Değişimi



Şekil 6.3. Her bir Dönem İçin Bekletme Süresine Göre Hacimsel Karbondioksit Değişimi

Deneylerimizde metan oranlarını ölçen gerekli cihazın olmamasından dolayı gaz oluşumu, reaktördeki CO₂ oranı takip edilerek belirlendi. Değişken parametremiz olan karıştırıcının farklı devir sayıları için reaktörde oluşan CO₂ oranı Şekil 3’de verilmiştir.

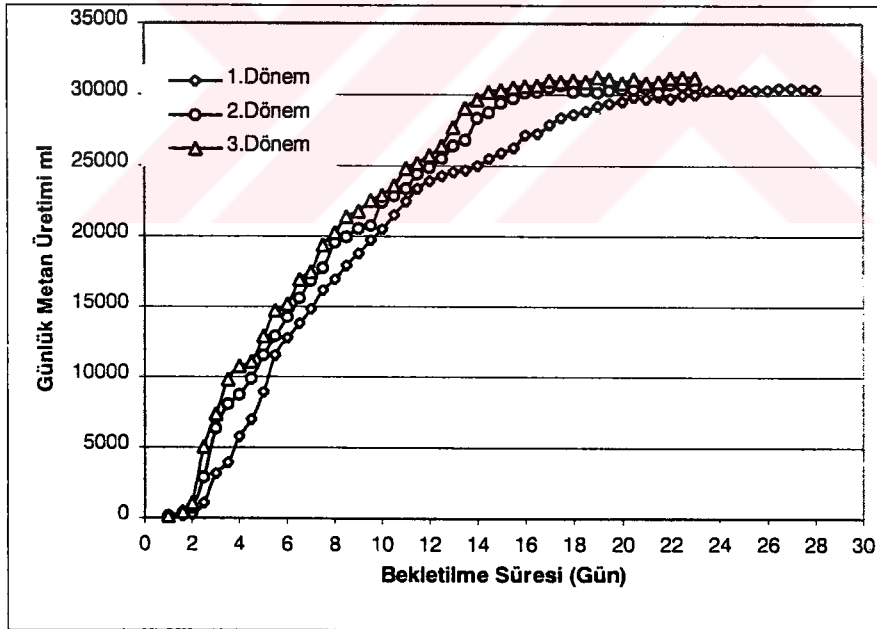
Şekil 6.3'e bakıldığında CO₂ oluşum hızı ortalama 4. günden 18. güne kadar hızlı bir periyotta ilerlemektedir.

Karıştırıcı kullanılmadan yapılan deneyleri birinci dönem olarak adlandırdık. İkinci ve üçüncü dönem deneylerde sırasıyla karıştırıcı 30 dev/dak ve 50 dev/dak çalıştırılmıştır. Burada şekil 6.3'e en küçük kareler metodu uygulanarak eğri uyduruldu ve buradan $30 \leq n \leq 50$ devirleri arasında aşağıdaki ampirik bağıntı elde edilmiştir

$$\text{Hacim\%CO}_2 = n^{0,021}(0,0003.t^4 - 0,0145.t^3 + 0,219.t^2 + 0,22.t)$$

Burada n; Karıştırıcının devir sayısı, t; bekletme süresi(gün) dür. Ayrıca elde edilen bu bağıntı birim sıgır gübresi ve mezofilik sıcaklık aralığı için geçerlidir.

Organik malzemeye verilen dönme etkisi, devir sayısına bağlı olarak bir miktar değişmektedir. Her iki dönemde de CO₂ üretimi 4 ila 16. gün arasında karıştırıcı kullanılmadan yapılan 1. dönem CO₂ değerlerine göre daha hızlı artmaktadır.



Şekil 6.4. Bekletme Süresine Göre Günlük Metan Üretimi

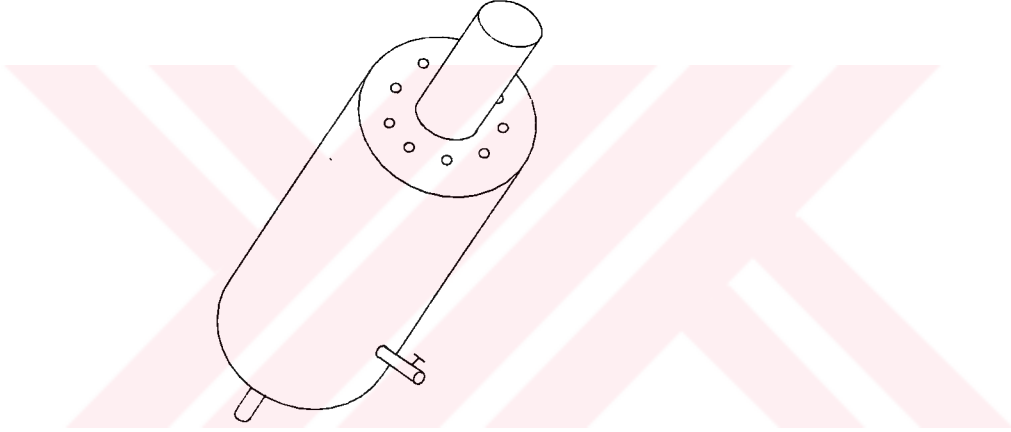
Reaktör içerisinde oluşan gaz, Şekil 6.5'de görülen tasarladığımız aparat içerisinde yakılarak, yanma sonrası açığa çıkan CO₂ oranı belirlenmiştir. Bu verilere

dayanarak üretilen metan miktarı belirlenmiştir. Burada yanma sonucunda elde edilen CO_2 ,

$$lt_{CH_4} = lt_{CO_2} \cdot \frac{CH_4 mol}{CO_2 mol}$$

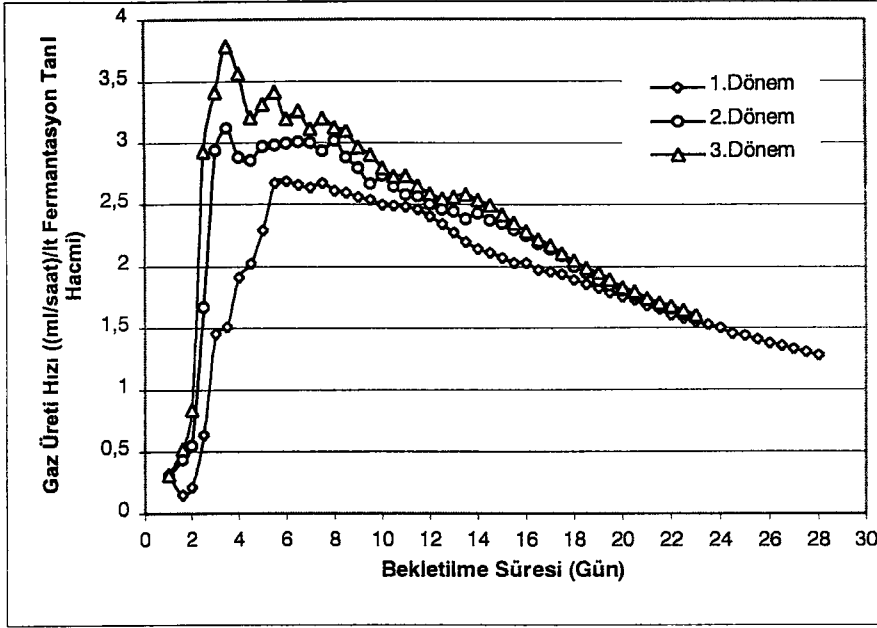
eşitliğinde kullanılarak CH_4 belirlenmiştir. Burada CH_4 mol metan gazının mol kütlesidir ve 16 gramdır. Aynı şekilde CO_2 mol 44 gramdır.

Burada mililitre cinsinden elde edilen günlük metan üretim miktarı Şekil 6.4’de verilmektedir. Görülüyor ki metan üretim hızı, reaktörün ilk önce oluşturduğu karbondioksit üretim hızı ile gözle görülür bir uyum göstermektedir.



Şekil 6.5. Yakma odası aparatı

Metan üretim hızı, her saatte üretilen mililitre cinsinden metan miktarının litre cinsinden fermantasyon tank hacmine oranı olarak tanımlanır. Bu tanımlamayı göz önüne alarak Şekil 6.6 incelendiği zaman, üçüncü gün ile altıncı gün arasında gaz üretim hızının çok fazla olduğu görülür. Burada saatlik üretilen gaz, sürenin kümülatif olarak dikkate alınmasından dolayı ,altıncı günden sonra zamanın bir fonksiyonu olarak azalmaktadır.



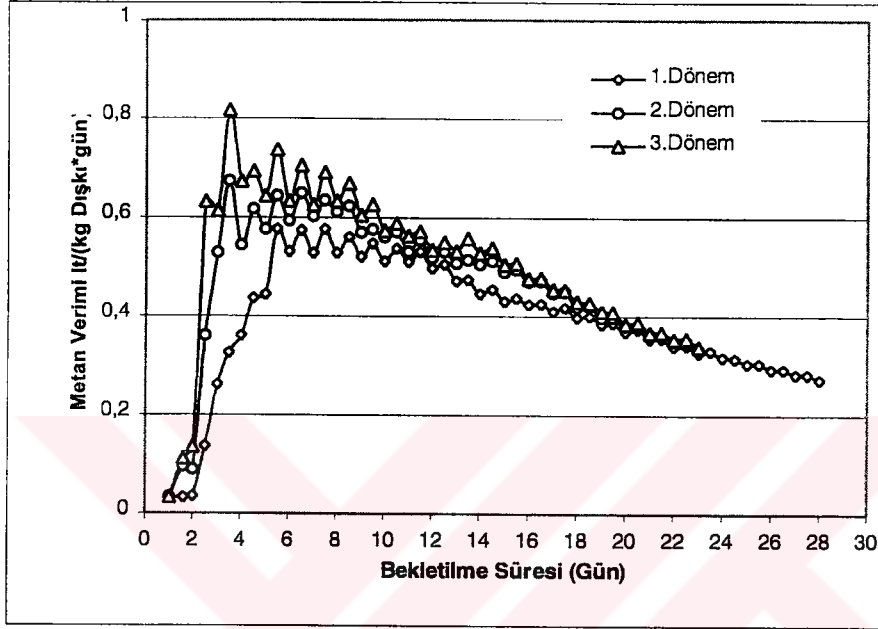
Şekil 6.6. Bekletme Süresine Göre Günlük Metan Üretim Hızı

Literatürde metan verimi,lt metanın kg dışkı ile günlük çarpımı olarak tanımlanmaktadır. (S. Kırımhan). Deneylerimizde kullandığımız 4 Kg organik maddeye göre elde ettiğimiz metan verimi Şekil 6.7’da görülmektedir. Aynı şekilde metan üretim hızı gibi metan verimi de zamanın (gün) bir fonksiyonu olarak değişmektedir. Bu nedenle 6. günden sonra metan veriminde azalma meydana gelmiştir. Şekil 6.7 incelendiği zaman 3. günden sonra metan verimi %25’den %70’e kadar çıkmaktadır. Buradan anlaşıldığı üzere bekletme süresi arttıkça,gaz üretim miktarı artmasına rağmen metan verimi azalmaktadır. Bu nedenle en kısa sürede metan üretimini artırmak, araştırmacıların en önemli parametresi olmalıdır.

Teknikte kullanılan bütün sistemlerin etkinlik ve ekonomiklik açısından ihtiyaçlara cevap vermesi en fazla dikkate alınması gereken parametrelerdir. Bu nedenle mühendislikte yapılan bütün çalışmalar için termodinamiksel ve ekonomik analizler yapılmaktadır. Bu açıklama dikkate alınarak tasarladığımız sistemde,verdiğimiz enerji ile aldığımız enerjiyi karşılaştırmamız gerekirse;

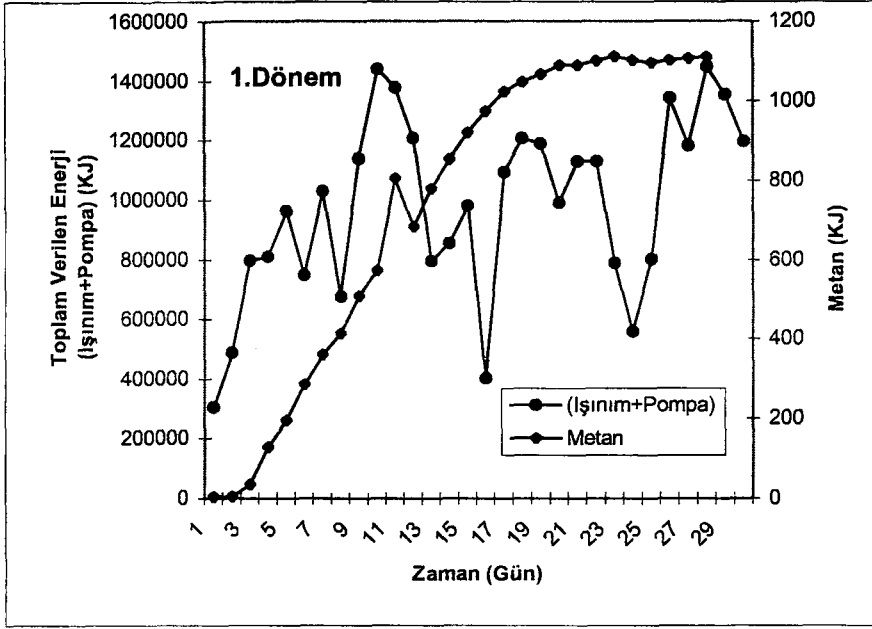
Sisteme verilen enerjiyi ısınımla,sağlanan enerji ve pompayı çalıştırmak için harcanan enerji olarak sınırlayabiliriz. Sistemden aldığımız enerjiyi ise ürettiğimiz metan olarak tanımlayabiliriz. Ancak sisteme verdiğimiz enerjinin bir kısmının FDM içerisinde depolandığını unutmamamız gerekir. Kullandığımız FDM’nin ortalama 10 °C

sıcaklık farkı için yaklaşık 580-590 Kj enerjiyi gün ışığında bünyesinde depolamaktadır. Gün ışığının olmadığı saatlerde ise tekrar sisteme geri vermektedir. Ayrıca kullandığımız pompanın, gün ışığının olduğu süre içerisinde 1 günde (15 saat) 3240 Kj enerji harcadığı belirlenmiştir

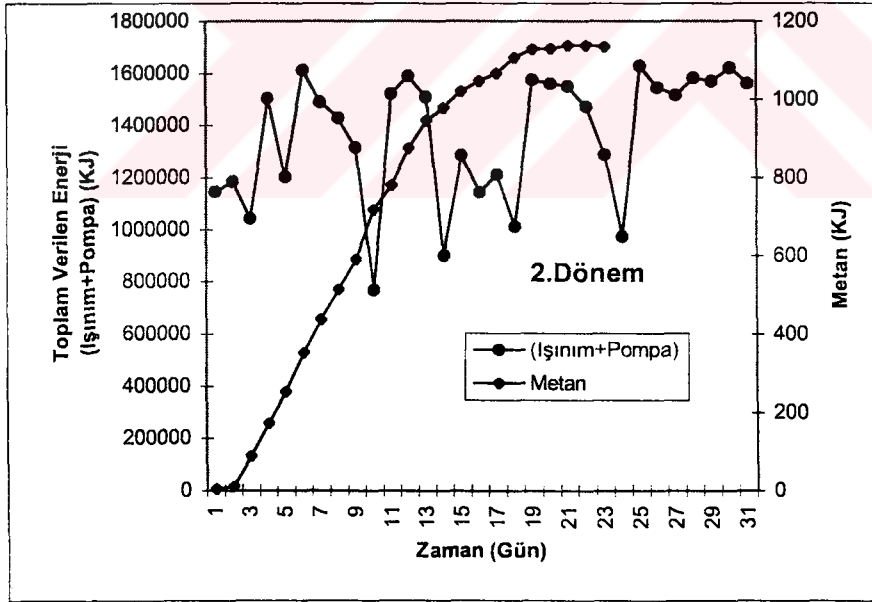


Şekil 6.7. Her Bir Dönem İçin Bekletme Süresine Göre Metan Verimi

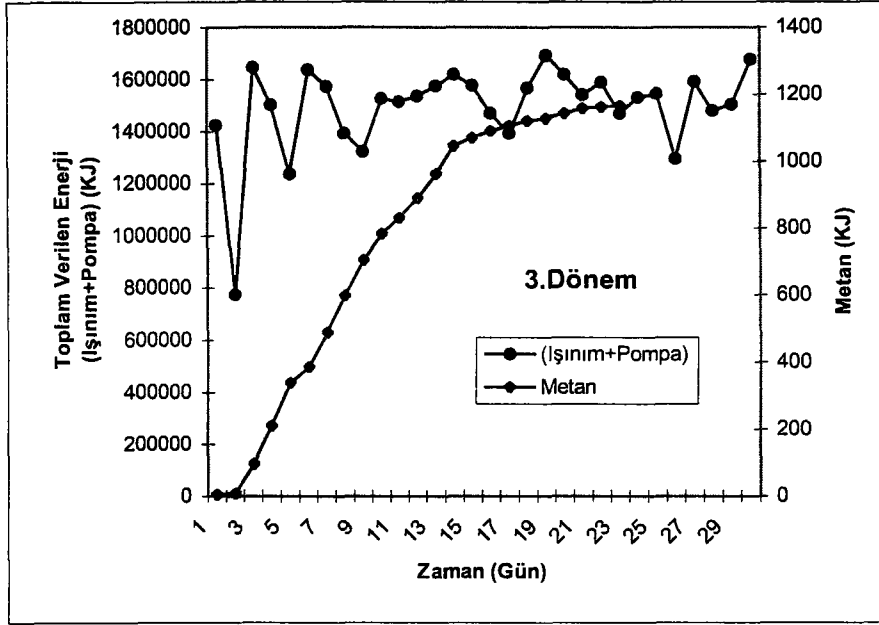
. 1., 2. ve 3. dönem deneyler boyunca sisteme verdiğimiz toplam enerji (ısıtım+pompa)Kj ve sistemden aldığımız enerji (kayıplar dikkate alınmadan) metan (Kj) değerleri Şekil 6.8, Şekil 6.9 ve Şekil 6.10'da verilmiştir.



Şekil 6.8. Birinci Döneme Ait Sistemden Alınan ve Sisteme Verilen Enerji Miktarının Bekletme Süresine Göre Değişimi



Şekil 6.9. İkinci Döneme Ait Sistemden Alınan ve Sisteme Verilen Enerji Miktarının Bekletme Süresine Göre Değişimi



Şekil 6.10. Üçüncü Döneme Ait Sistemden Alınan ve Sisteme Verilen Enerji Miktarının Bekletme Süresine Göre Değişimi

Sonuç olarak; tasarladığımız güneş enerjisi destekli biyogaz reaktöründe,biyogaz üretim hızı ve biyogaz verimi literatürle uyum içerisinde. Elazığ ili güneş ısınım oranı dikkate alındığında,daha küçük boyuttaki güneş enerjisi sistemi ile daha geniş boyutlu biyogaz üretim tesisi verimli bir şekilde çalışabilir. Ayrıca su sirkülasyonunu sağlayan PID kontrolü pompa ünitesi de güneş enerjisi sistemiyle çalıştırılarak,sistemin çalışma maliyeti azaltılıp enerji geri dönüşümü daha verimli bir şekilde sağlanabilir.

Elazığ ilinin nüfus potansiyeli, sanayileşme üzerine gösterdiği gelişme, tarım ve hayvan potansiyeli dikkate alındığında,bölgede büyük ölçekli bir biyogaz tesisinin kurulması,hem enerjinin geri dönüşümü hem de çevre temizliği açısından verimli olacaktır.

Kurulacak sistemin sürekli çalışmasını sağlamak için FDM ile desteklenmesi büyük avantajlar sağlayacaktır.

Biyogaz üretimi için çalışacak olan araştırmacıların,bu çalışmanın ışığında bir çok değişken parametre belirleyerek,daha kapsamlı bir araştırma yapması uygun olacaktır. Araştırmacılar daha geniş bir fermantasyon sıcaklığında,çok çeşitli organik artıları kullanarak değişik verimlerde biyogaz elde edebilirler.

KAYNAKLAR

- Adani, F., Baido, D., Calcaterra, E., Genevini, P., 2002, "The Influence of Biomass Temperature on Bio Stabilization-Biodrying of Municipal solid Waste". V. 83, PP 173-179, Bioresource Technology.
- Alibaş, K., Kudal, F., 1990, "Değişik Fermantasyon Şekillerindeki Biyogaz Üretimi, Fermantasyon Sıcaklığının Biyogaz Üretimine Etkisi ve Biyogaz Fermantörlerinin Enerji Kaynaklarının Belirlenmesi". Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi Cilt13, Sayı1, S. 37-46.
- Alkhamis, T.M., El-Khazali, R., Kablan, M. and Alhssein, M.A., 2000, "Heating of A Biogas Reaktor Using Solar Energy System With Temrerature Control Unit". V.69. PP. 239-247, Solar Energy.
- Alpkent, N., 1981, "Tarımda Enerji Kullanımı ve Enerji Tasarrufu". MPM Tarım Şubesi, Ankara.
- Beba, A., 1981, "Biyogaz Sistemlerinde Güneş Enerjisinden Yararlanma İmkanları". Uluslar arası Biyogaz Semineri. S.255-269, Ankara.
- Beba, A., 1997, "The Role of Solar Energy in Turkey's Energy Predicament". Pergamon Press, İnt'l. Compendium, Proceedings of Miami İnternational Conference.
- Bilgin, N., Deniz, Y.; 1981, "Türkiye'nin Enerji Politikaları İçinde Biyogazın Yeri ve Önemi", Uluslar arası Biyogaz Semineri Ankara.
- Bucksch, S., Egeback, K.E., 1999, "The Swedish Program for İvestigations Concerning Biofuels". V. 235, PP. 293-303, Elseiver. (The Science of The Total Environtment).
- Çağlar, A., Uçar, T., 1981, "Türkiye'de Biyogaz Potansiyeli ve Üretim Kinetiği". Uluslar arası Biyogaz Semineri. S.290-303, Ankara.
- Deniz, Y., 1987, "Türkiye'de Biyogaz Potansiyeli ve Biyogazın sağlayacağı yararlar" Tarım Orman ve Köy işleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Teknik Yayın No: 48.
- DİE. 1984-85, "Köy Envanter Etüdü (Bütün İller) " Ankara..
- Dönmez, S., 1981, "Biyogaz Reaktörlerinin Mikrobiyolojisi". Uluslar arası Biyogaz Semineri. S. 191-200, Ankara.
- Dönmez, S., 1981, "Karbondioksit Tutulmasının Metan Üretimine Etkisi". Uluslar arası Biyogaz Semineri. S.219-226, Ankara.
- DPT; "Yıllık Kalkınma Planı" V.5 Ankara.
- Eryılmaz, H., 1981, "Yurt Ekonomisi ve Tarımda Biyogazın Önemi ve Biyogaz Potensiyeli". (Toprak su Genel Müdürlüğü) Uluslar arası Biyogaz Semineri, S. 304-313.

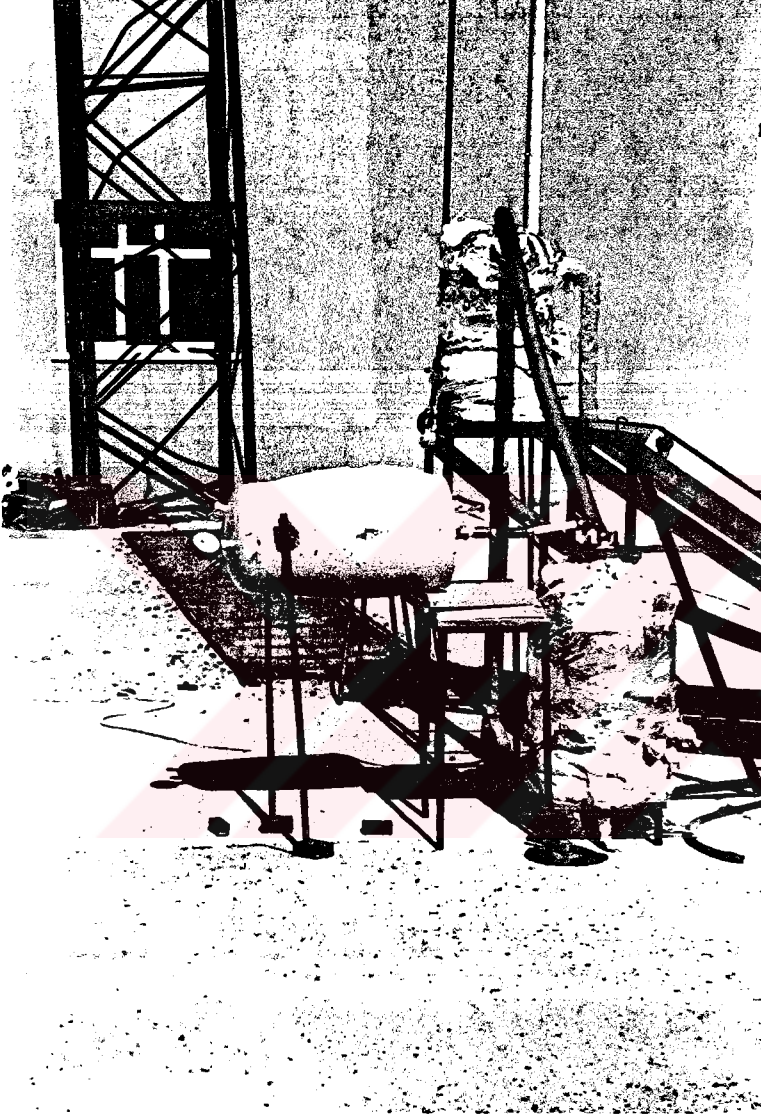
- Gobargas; "Gobargas Retrospect and Prospect". Directorate of Gobar Gas Scheme, Bombay, India.
- Hammand, M., Baderneh, D., Tahboub, K., 1999, "Evaluating Variable Organic Waste to Produce Methane". V.40, PP. 1463-1475. Energy Conversion and Management.
- Jafar, M., 2000, "Renewable Energy in The South Paacific Options and Constraints". V.19, PP. 305-309, Renewable Energy.
- Kırımhan, S., 1981, "Biyogazın Oluşumu, Özellikleri ve Türkiye'de Yararlanma İmkanları". Uluslar arası Biyogaz Semineri, S.158-172, Ankara.
- Kuwahara, N., Berni, M.D., Bajay, S.V., 1999, "Energy Supply from Municipal Wastes". The Potantial of Biogas-Fuelled Buses in Brazil. V. 16, PP. 1000-1003, Renewable Energy.
- Maeng, H., Lund, H., Hvelplung, F., 1999, "Biogas Plants in Denmark": Technological and Economic Developments. V.64, PP. 195-206, Renewable Energy.
- National Academy of Sciences. "Methane Generation from Human, Animal and Agricultural Wastes".
- Pahl, M. and Lunze, J., 1998, "Dynamic Modelling of A BiogasTower Reaktör". V.53. PP. 995-1007, Chemical Engineering Science.
- Park, Y. D., 1981, "Kore'de Biyogazla İlgili Araştırma ve Geliştirme Çalışmaları". Uluslar arası Biyogaz Semineri S.41-48., Ankara.
- Purohit, P., Kumar, A., Rana, S., Kandpal, T.C., 2001, "Using Renewable Energy Technologies for Domestic Cooking in India: A Methodology for Potential Estimation". V.26, PP. 235-246, Renewable Energy.
- Soyupak, S., 1981, "Türkiye'de Biyogaz Üretimi İçin İşlem Geliştirme". Uluslar arası Biyogaz Semineri. S.236-254, Ankara.
- Toprak su Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- United Nations "Guidebook on Biogas Deveelopment". Energy Resources Development Series, No:21.
- Ülkü, G., 1981, "Mikrobiyolojik Enerji Kaynakları Önemi ve Enerji Kaynaklarının Karşılaştırılması". Uluslar arası Biyogaz Semineri. S.226-235, Ankara.
- Zhong, C., Peters, C.J., Arons, J.deSwaan, 2002, "Thermodynamic Modelling of Biomass Conversion Process". V. 194-197, PP. 805-815, Fluid Phase Equilibria.

ÖZGEÇMİŞ

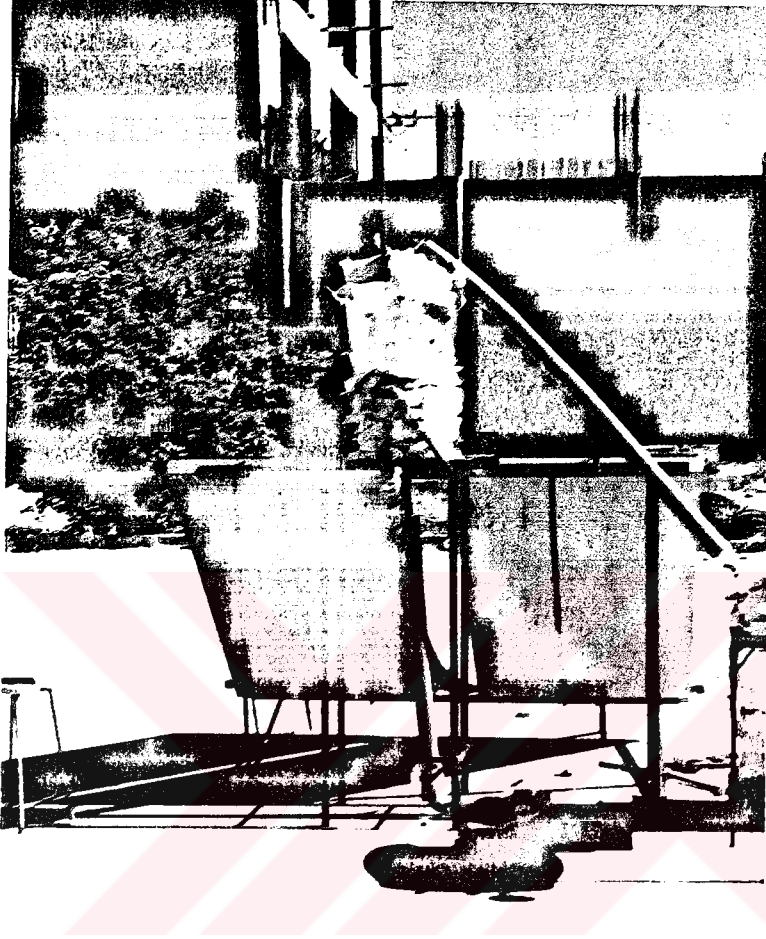
Abdullah AKBULUT 1970 yılında Ankara’da doğdu ve Hacettepe Üniversitesi Hidroloji Mühendisliği bölümünde 2 yıl, ODTÜ (Gaziantep) Mak. Müh. Bölümünde 3 yıl eğitim alarak yatay geçişle Fırat Üniversitesi Mak. Müh. Bölümünden 1998 yılında mezun oldu. Akabinde bir yıl Rusya’da Makine Mühendisi olarak çalıştı. Halen Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.



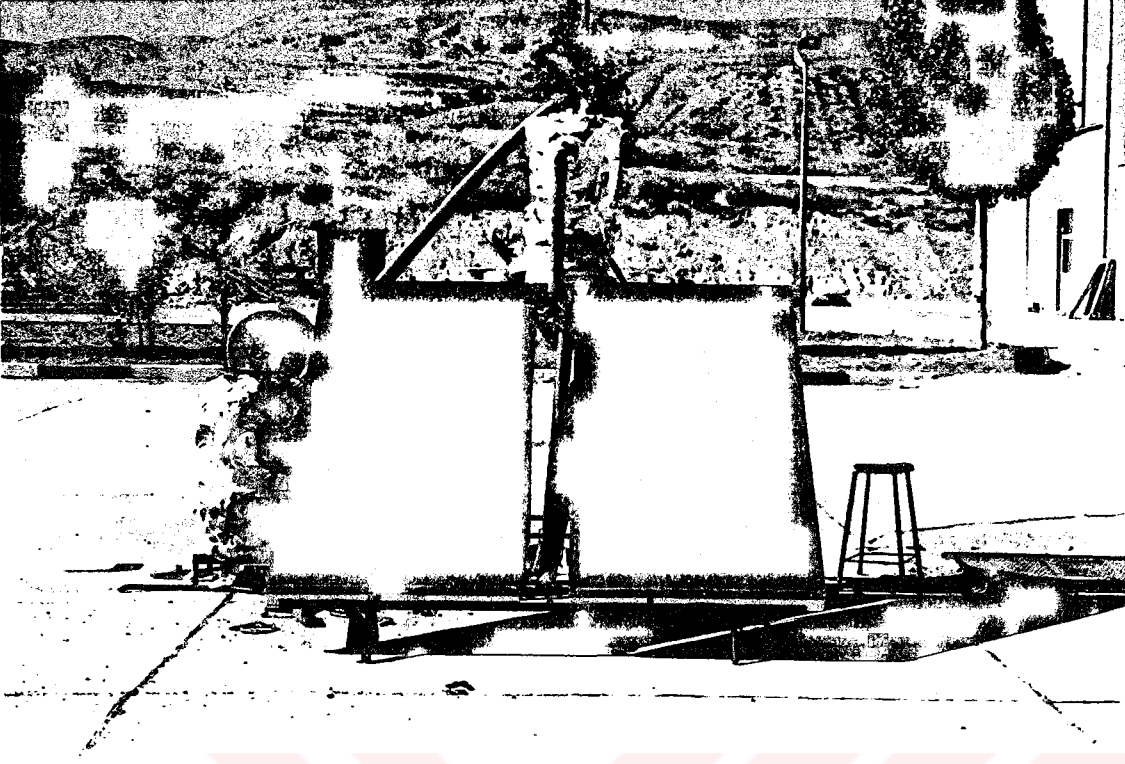
EKLER



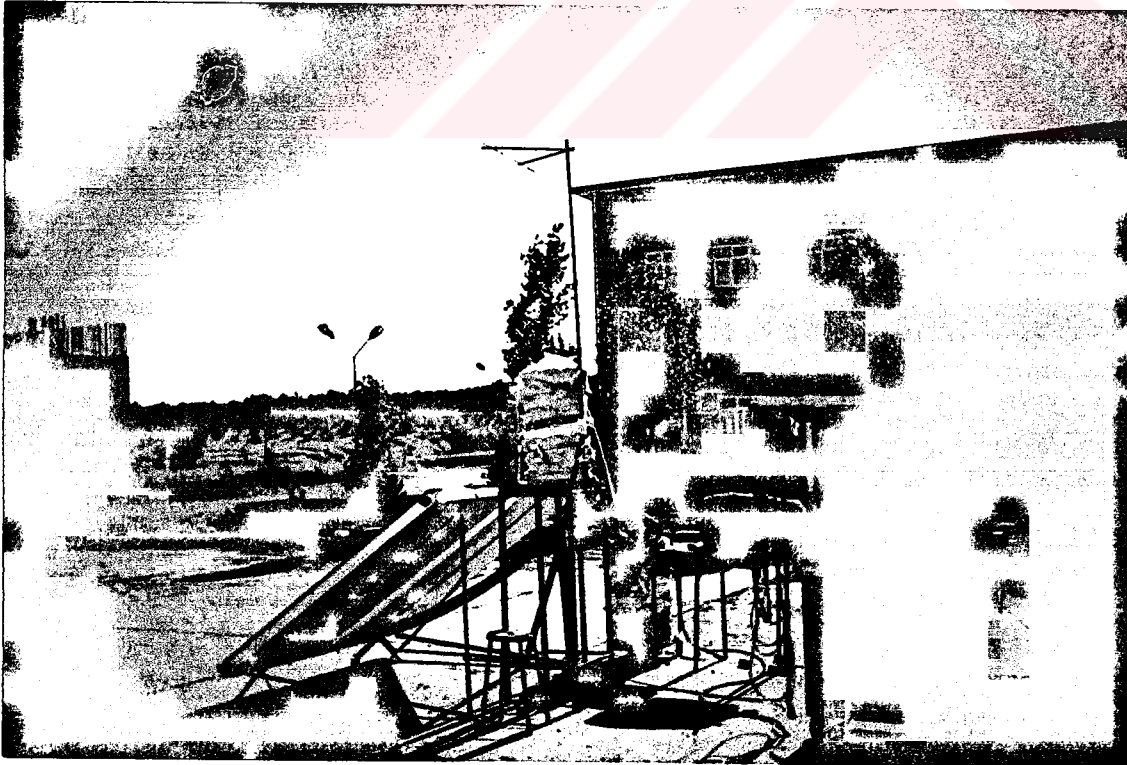
Ek Resim 1. Deney düzeneğinin batıdan görünüşü



Ek Resim 2. Deney düzeneğinin kuzeyden görünüşü



Ek Resim 3. Deney düzeneğinin güneyden görünüşü



Ek Resim 4. Deney düzeneğinin doğudan görünüşü