

Güneş Enerjisi Destekli İçten Isıtmalı Fermantasyon Tankında Biyogaz Üretimi

Musa Galip ÖZKAYA, Halil İbrahim VARIYENLİ, Adem YILMAZ

ÖZET

Bu çalışmada güneş enerjisi destekli içten ısıtmalı 0,2 m³'lük fermantasyon tankında 25 – 35 °C ve 25 – 55 °C fermantasyon sıcaklıklarında tavuk gübresinden biyogaz üretilmiş ve sonuçlar incelenmiştir. Bugüne kadar bu konudaki çalışmalarda fermantasyon tankları 25 – 35 °C aralığında ısıtılmış ve maliyet arttığı için daha yüksek sıcaklıklarda kullanılmamıştır. Bu maksatla çalışmamızda daha yüksek sıcaklıklarda biyogaz üretimi amaçlanmıştır. Daha yüksek sıcaklıkları elde etmek için fermantasyon tankı içerisinde bulunan ısıtıcı ile içten ısıtma yapılmıştır. Yapılan deneylerde, iki ayrı fermantasyon sıcaklığındaki veriler tespit edilmiştir ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonunda, deney süresince 25 – 35 °C fermantasyon sıcaklık aralığında % 58 Metan (CH₄), % 42 Karbondioksit (CO₂)' den oluşan 0,302 m³, 25 – 55 °C fermantasyon sıcaklık aralığında % 55 Metan (CH₄), % 45 Karbondioksit (CO₂)' den oluşan 0,344 m³ biyogaz üretildiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyogaz, fermantasyon, güneş enerjisi.

Biogas Production In Internal Heated Fermentation Tank Supported With Solar Energy

ABSTRACT

In this study, biogas has been produced from fowl at between 25 and 35 °C and, between 25 and 55 °C fermentation temperatures in a 0,2 m³-fermentation tank having an internal heating system operating with solar energy and the results have been examined. In the studies up to now, fermentation tanks have been heated between 25 and 35 °C range and they have not been used in higher temperatures due to the increase in cost price. Thus, biogas production at higher temperature has been aimed in this study. Internal heating has been provided by means of a heater placed inside the fermentation tank in order to obtain higher temperatures. In the experiments, the data obtained from different fermentation tank temperatures has been determined and the results have been compared. As a result of the comparison, it has been determined that, throughout the experiment at between 25 and 35 °C fermentation temperature, 0,302 m³ of biogas consisting of 58 % methane (CH₄), 42 % carbon dioxide (CO₂) and between 25 and 55 °C fermentation temperature, 0,344 m³ of biogas composed of 55 % methane (CH₄), 45 % carbon dioxide (CO₂) has been produced.

Key Words: Biogas, fermentation, solar energy

1. GİRİŞ

Hayvansal ve bitkisel gıda atıklarının temiz enerji olarak geri dönüşümü, çevre kirliliği ve enerji

kaynaklarının geliştirilmesi açısından önemlidir. Bu temiz enerjinin elde edilmesi, hayvan dışkılarının, gıda atıklarının oksijensiz ortamda metan gazına dönüşümü

Çizelge 1.1. Değişik sıcaklıklarda sığır ve tavuk gübrelerinden elde edilen biyogaz miktarları (15).

Fermantör Sıcaklığı (°C)	Sığır			Tavuk		
	Bekleme Süresi (gün)	Verim (l/m ³ gün)	Verim (l/kg)	Bekleme Süresi (gün)	Verim (l/m ³ gün)	Verim (l/kg)
9	60	101,4	11,2	70	253,3	50,7
18	50	339,7	34,0	45	441,8	58,9
27	40	590,8	45,4	24	1008,9	72,1
36	30	686,0	38,1	20	1266,2	76,7

Makale 23.02.2009 tarihinde gelmiş, 31.12.2009 tarihinde yayınlanmak üzere kabul edilmiştir.

M.G. ÖZKAYA, H. İ. VARIYENLİ, A. YILMAZ, Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü

e-posta : gozkaya@gazi.edu.tr, halilv@gazi.edu.tr, ademy@gazi.edu.tr

Digital Object Identifier 10.2339/2009.12.4, 255-261.

ile mümkündür. Geriye kalan kısım ise zenginleştirilmiş bir gübre kaynağı olarak kullanılabilir. Çizelge 1.1'de değişik sıcaklıklarda sığır ve tavuk gübresinden elde edilen biyogaz miktarları görülmektedir.

Sanayimizin hızla geliştiği ve tarım ülkesi olan ülkemizde tarım ve sanayinin temel girdisi olan enerji büyük önem kazanmaktadır. Tarımda iyi bir verim alabilmek için enerji ve gübre kullanımı oldukça yaygın olmalıdır. Hayvan gübrelerinin tarım arazilerinde kullanılması organik madde yönünden yetersiz olan toprakların su tutma kapasitelerinin geliştirilmesini azot, fosfor ve potasyum yönünden zenginleştirerek verimin artmasını sağlar.

Ülkemizde doğal gübrenin büyük bir kısmı tezek olarak yakılmaktadır. Tezek olarak yaktığımız gübrenin içerisinde bulunan azot, fosfor ve potasyumda yanıp gitmektedir. Hayvanlardan elde edilen taze gübrenin bir ön işleme tabii tutulması gerekir, aksi takdirde taze gübrenin tarlaya verilmesi zararlıdır. Çünkü içerisindeki maddelerin oranı dengeli değildir. Bu oranın sağlanması için gübrenin bir fermentasyondan geçmesi gerekir.

Biyogazla ilgili yapılan çalışmalar, dünyanın birçok ülkesinde yaklaşık yüz yıldır sürmektedir. Bu araştırmalardan elde edilen sonuçların biyogaz tesislerinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılmasına önemli katkıları olmuştur. Biyogazın ana bileşeni olan metan gazı ilk defa İngiliz araştırmacı Volta tarafından bataklık gazı içerisinde bulunmuştur. Metan gazının organik maddeden oksijensiz ortamda ayrışması sonucu elde edildiği de Götze tarafından bulunmuştur (1). Hindistan'da hayvan gübrelerinin yakılarak yok edilmesini önlemek amacıyla ile Gobar gaz araştırma istasyonu kurulmuş ve geliştirilen biyogaz tesislerinde basit yöntemlerle gaz elde edilebileceği, gaz alınmış gübrenin de tarımda verimli olarak kullanılabilmesi ortaya konulmuştur (2). Çin Halk Cumhuriyeti'nde yaklaşık yedi milyon ailenin yemek pişirme, aydınlatma ihtiyacını karşılayacak sabit kubbeli biyogaz üreteçleri yapılarak çalıştırılmıştır (3). Topraksu tarafından Ankara'da iki adet biyogaz tesisi kurulmuştur. Araştırmacılar gübre + sap ve saman + su'dan oluşan bir karışım kullanarak 26 °C – 36 °C sıcaklıklarda bir çalışma yapmışlardır (4). Itakura ve Taguchi tarafından Japonya'da geliştirilen 10 m³ kapasiteli pilot tesiste güneş enerjisinden yararlanılarak fermentasyon sıcaklığının sabit tutulması amaçlanmıştır. Tesisteki fermentasyon sıcaklığı 35°C'de sabit tutularak değişik deneyler yapılmıştır. Değişik durumlarda, elde edilen gaz miktarları ile fermentörün ısıtılmasında kullanılan gaz miktarları, güneş kolektörünün devrede olduğu (yaz) ve devrede olmadığı (kış) şartlarında karşılaştırmışlardır (1). Çukurova, Boğaziçi üniversitesinde 5, 180 ve 1400 litre'lik biyogaz reaktörleri üzerinde yaptığı çalışmada reaktör boyutlarının ve karıştırma işleminin gaz üretimine etkilerini inceleyerek; reaktör boyutunun arttıkça gaz üretiminin bir miktar arttığı, bunun sebebinin de büyük hacimlerde ısı dengenin daha iyi dengelendiği ve gaz çıkışına engel olan karışım üzerindeki köpüğün dağılmasıyla gaz veriminin arttığı gözlenmiştir (5). Bolu, Eskişehir koşullarında 13 m³ kapasiteli biyogaz tesisinin gaz verimi ölçmüştür. Bu çalışmada biyogaz verimini etkileyen üretim kuyusu sıcaklığı, hava sıcaklığı, izolasyon maddesi sıcaklığı ve toprak sıcaklığı ile biyogaz verimi arasındaki ilişki çoklu

reglasyon analizi ile incelenmiş; en önemli etkiyi üretim kuyusu sıcaklığının yaptığını bulmuştur (6). Konya, Atatürk Üniversitesi'nde sığır gübresinden biyogaz üretimi ve Erzurum koşulları için bir biyogaz üretim tesisi tasarımı üzerine yaptığı çalışmada 1,2 lt. kapasiteli ve paslanmaz çelikten bir reaktör yapmıştır. Belirli oranlarda kuru ve yaş gübreler değişik sıcaklıklarda deneylere tabii tutulmuştur. Deneyler sonunda sıcaklık arttıkça gaz içindeki toplam metan gazı miktarı ve organik maddenin parçalanma hızının arttığı görülmüştür. Yapılan deneylerde en yüksek metan gazı miktarı 35 °C'de yaş gübrede meydana gelmiştir. Biyogaz üretiminin optimum sıcaklığa ulaştığı 35 °C'de yaş gübreden elde edilen biyogaz miktarının kuru gübreyle oranla daha fazla olduğu görülmüştür (4). Yılmaz, biyogaz üreteçlerinde ısı borulu güneş kolektörüyle enerji planlaması yapmıştır. Gerekli olan enerjiyi ısı borulu güneş kolektörüyle sağlamıştır. Sığır gübresi ile yapılan deneylerde fermentasyon sıcaklığı 30 °C'de sabit tutulmuş ve 30 günde tamamlanmıştır. Deneylerde günlük 21,34lt ve toplamda ise 362,78 lt biyogaz elde edilmiştir (2). Kaya, yemek atıklarından biyogaz üreten sistemin tasarımı ve imalini yapmıştır. Üç yüz kişilik bir sosyal tesisin yalnızca öğle yemeklerini karşılamak için 2 m³ hacminde bir fermentasyon tankı imal etmiştir. Fermentasyon tankının 2/3'ünü karışım, 1/3'ünü gaz toplama bölgesi olarak tasarlamıştır. 50 günlük bekleme süresince ve günlük 28 kg karışım ekleyerek deneylerini tamamlamıştır. Deneyler sonunda fermentasyon tankının gaz çıkışı yerinde kısa süreli bir yanma meydana gelmiştir. Fermentör maddenin kokusunun kaybolduğu görülmüştür (7). Taner ve arkadaşı, H₂SO₄ kullanılarak taze tavuk gübresindeki katı maddenin asidik kimyasal ve asidik termokimyasal ön işlemlerin, tavuk gübresindeki katı maddenin suda çözünürlüğüne ve anaerobik biyolojik parçalanabilirliğine etkilerini araştırmışlardır. Yapmış oldukları çalışmada, maksimum suda çözünürlüğün elde edildiği asidik termokimyasal ön işlemden 120,45 mL biyogaz/g katı madde (% 56,48 CH₄) üretilirken, kimyasal madde kullanılmadan yapılan, iki saatlik termal ön işlemden 115,62 mL biyogaz/g katı madde (% 58,07 CH₄) üretilmiş ve tavuk gübresinden biyogaz ve metan üretim verimlerinde asidik termokimyasal ön işlemlerin etkili olduğu belirlenmiştir (8).

Bu çalışmanın amacı, güneş enerjisi destekli içten ısıtılı 0,2 m³'lük fermentasyon tankında tavuk gübresinden 35 °C ve 55 °C fermentasyon sıcaklıklarındaki biyogaz üretimini karşılaştırılmak ve bu sıcaklıklarda biyogaz üretirken verilen enerji ile alınan enerjiyi karşılaştırmaktır.

2. TEORİK ANALİZ

Biyogaz tesislerinde sistemin hacminin belirlenmesi için besleme yapılacak gübre miktarı önemlidir. Tesis bir çiftlikte yapılıyorsa o çiftlikteki üretilen gübre miktarının veya hayvan sayısının bilinmesi gerekir. Hayvanların ortalama canlı ağırlıklarına göre gübre verimleri sığırdaki % 5 - 6, koyunda % 4 - 5, tavukta ise % 3 - 4'tür. Tesisin kapasite hesapları aşağıdaki gibi hesaplanır.

Semboller ve Açılımları			
A	Alan, m ²	t	Sıcaklık, °C
CP _w	Su buharı özgül ısı, kJ/kgK	Δt	Sıcaklık farkı, °C
CP _m	Materyalin özgül ısı, kJ/kgK	Q _R	Reaksiyon ısı, kJ/gün
C _p	Sabit basınçta suyun ısınma ısı, kJ/kgK	η	Kolektör verimi, %
F _k	Kolektör yüzeyi, m ²	K	Isı iletim katsayısı, W/m ² hK
f	Biyogazdaki metan mol oranı	Q _T	Toplam ısı ihtiyacı, kJ/m ² gün
G	Canlı hayvan ağırlığı, kg	W	Günlük besleme miktarı, kg
Q _T	Fermantasyon için gerekli ısı ihtiyacı, kJ/gün	W _w	Fermantörü terk eden su buharı miktarı, kg/gün
H _b	Buharlaşma gizli ısı, kJ/kg	N	Hayvan sayısı, adet
M _{gb}	Günlük besleme miktarı, m ³ /gün	α _d	Dıştaki ısı taşınım kat sayısı, W/m ² K
BUF	Bulanıklık faktörü	ω	Saat açısı, derece
m _{CH₄}	Üretilen CH ₄ miktarı, m ³ /gün	TRA	Kolektör yüzeyine gelen güneş enerjisi miktarı, kJ/m ² gün
M _g	Elde edilecek gübre miktarı, kg	α _i	İçteki ısı taşınım katsayısı, W/m ² K
η _g	Hayvanın cinsine göre canlı ağırlığının yüzdesi olarak gübre miktarı, kg	Q _w	Buharlaşma sonucu kaybolan ısı, kJ/gün
Q _G	Fermantasyon tankından çıkan gazlardan oluşan ısı kaybı, kJ/gün	Q _D	Fermantörün duvar tavan ve tabanından oluşan ısı kaybı, kJ/gün
r _a	Eğik düzlem çevresinin toplam güneş radyasyonu için yansıtma katsayısı (≈0,2)	Q _i	Günlük beslenme materyalini fermantasyon ortamına getirmek için gerekli ısı, kJ/gün
γ	Azimut açısı, derece	V	Fermantasyon tankı hacmi, m ³
δ	Deklinasyon açısı, derece	φ	Enlem derecesi, derece
R _t	Bekleme süresi, gün	I _{DIF}	Difüz radyasyon, kJ/m ² gün
r	Yarıçap, m	I _{DIR}	Direk radyasyon, kJ/m ² gün
YYRA	Deneyin yapıldığı gün için ortalama yeryüzü radyasyon değeri, kJ/m ² gün	AÖRA	Aylık ortalama atmosfer öncesi radyasyon değeri, kJ/m ² gün
n	Hesabı yapılan gün sayısı, gün	β	Işın toplayıcının yatayla yaptığı açı, derece
İndisler ve Açılımları			
DIF	Difüz radyasyon miktarı	w	Su buharı
DIR	Direk radyasyon miktarı	m	Materyal
k	Kollektör	T	Toplam
b	Buhar	gb	Günlük besleme
i	iç	R	Reaksiyon
d	dış	g	Gübre

Biyogaz sistemi bir çiftlikte kurulacaksa, çiftlikteki hayvan sayılarının ve ağırlıklarının bilinmesi gerekir. Bu veriler ışığında sistemin büyüklüğü belirlenir. Üretilen gübre miktarını bulmak için aşağıdaki eşitlik kullanılır (2, 15).

$$M_g = N.G.\eta_g \quad [1]$$

Sistemin büyüklüğünü, günlük elde edilen gübre miktarı ve sistemin bekleme süresi belirler. Bekleme süresi, sistemde kullanılan gübrenin cinsine göre değişir. Fermantasyon tankının büyüklüğü aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır (2, 15).

$$V = M_{gb} \cdot R_t \quad [2]$$

Fermantasyon tankını ne kadar yalıtırsak yalıtım belli miktarda ilave bir ısı enerjisine ihtiyaç olmaktadır. Isı kaybının azaltılması ve fermantasyon tankının istediğimiz sıcaklıklar arasında sabit tutulması için gerekli enerjinin sağlanması gerekir. Fermantasyon için gerekli net ısı ihtiyacı aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır (9, 15).

$$Q_T = Q_D + Q_W + Q_G + Q_I + Q_R \quad [3]$$

Küçük tesislerde üretilen gaz miktarı ile buharlaşan su miktarı çok düşük değerlerde olduğundan buharlaşmadan doğan ısı kaybı (Q_w), fermantasyon tankını terk eden biyogazın hissedilir ısı (Q_G) ve sistemi ısı kazancı olarak etkileyen reaksiyon ısı (Q_R) ihmal edildiğinde ve gerekli sadeleştirmeler yapıldığında fermantasyon için gerekli olan net ısı ihtiyacı aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır (9, 15).

$$Q_T = Q_D + Q_I \quad [4]$$

Fermantörün duvar, tavan ve tabanından meydana gelen ısı kaybı aşağıdaki eşitlikten hesaplanır (10, 15).

$$Q_D = [(K_1 \cdot A_1) + (K_2 \cdot A_2) + (K_3 \cdot A_3)] \cdot (t - t_a) \quad [5]$$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{d_i}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_d} \quad [6]$$

Günlük beslenme materyalini fermantasyon ortamı sıcaklığına getirmek için gerekli ısı aşağıdaki eşitlikten hesaplanır (9, 15).

$$Q_I = W \cdot c p_m \cdot (t - t_k) \quad [7]$$

Fermantasyon tankında üretilen biyogaz, ilk olarak fermantasyon tankının üst kısmında birikmektedir. Fermantasyon tankında üretilen gaz kullanılmadığından tankın basıncını artırmakta ve gaz üretimini olumsuz yönde etkilemektedir. Sistemde gaz basıncı oluşmaması için ek olarak yüzer tip gazometre yapılmıştır. Gazometre içerisindeki gaz, gazometrenin yüksekliği ölçülerek ve gazometre basıncı dikkate alınarak hesap yoluyla bulunmuştur. Farklı hava sıcaklığında yapılan ölçümlerde üretilen biyogazın hacmi aşağıdaki eşitlikten hesaplanır (2, 15).

$$V_{20} = \frac{(273 + 20)}{(273 + t)} \cdot V \quad [8]$$

Fermantasyon tankını ısıtmak için kullanılan güneş kolektörünün ısıtma yüzey alanı sistem için gerekli olan enerjiye ve sistemin kurulduğu yere bağlı olarak değişmektedir. Kolektör yüzey alanı aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır (11, 15).

$$F_k = \frac{Q_T}{TRA \cdot \eta} \quad [9]$$

Deneyin yapıldığı günlere ait yeryüzü radyasyon ve aylık ortalama atmosfer öncesi radyasyon değerleri meteorolojiden alınmıştır.

$$TRA = [I_{DIR} \times R] + I_{DIF} \times \left[\frac{1 + \cos \beta}{2} \right] + [I_{DIR} + I_{DIF}] \times r_a \times \left[\frac{1 - \cos \beta}{2} \right] \quad [10]$$

$$I_{DIR} = YYRA - I_{DIF} \quad [11]$$

$$I_{DIF} = [1 - (1,097 \times BUF)] \times YYRA \quad [12]$$

$$BUF = \frac{YYRA}{AÖRA} \quad [13]$$

$$R = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_2} \quad [14]$$

$$\cos \theta = [\sin \delta \times \sin \phi \times \cos \beta] - [\sin \delta \times \cos \phi \times \sin \beta \times \cos \gamma] +$$

$$[\cos \delta \times \cos \phi \times \cos \beta \times \cos \omega] + [\cos \delta \times \sin \phi \times \cos \gamma \times \cos \omega] +$$

$$[\cos \delta \times \sin \beta \times \sin \gamma \times \sin \omega] \quad [15]$$

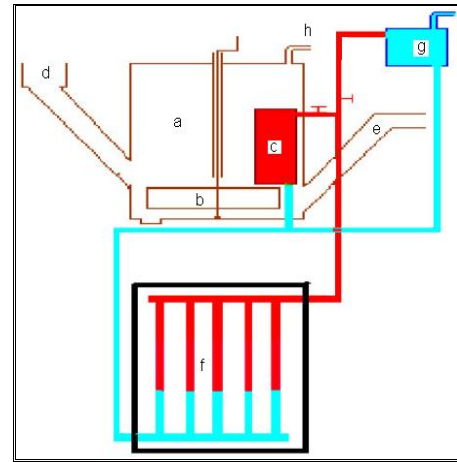
$$\cos \theta_2 = [\sin \phi \times \sin \delta] + [\cos \phi \times \cos \delta \times \cos \omega] \quad [16]$$

$$\delta = 23,45 \times \sin \left[360 \times \frac{284 + n}{365} \right] \quad [17]$$

Eşitliklerinden yararlanılarak kolektör yüzey alanı hesaplanmıştır (11, 12, 15).

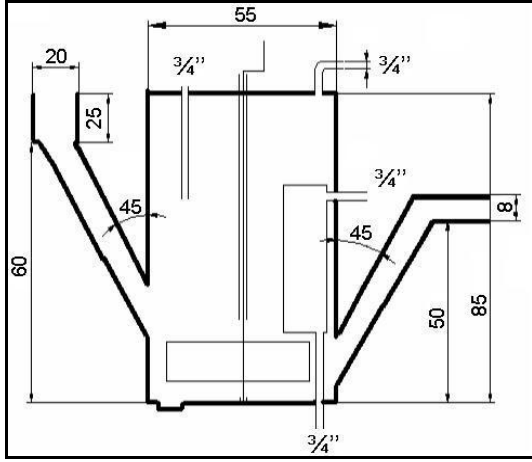
3. MATERYAL VE METOD

Sistem, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tesisat Eğitimi Anabilim Dalı atölyelerinde imal edilmiştir. Fermantasyon tankı, ısıtıcı, karıştırıcı, kolektör borularının birleşimi ve ek ısıtıcı imalatında elektrik – ark kaynağı kullanılmış, sistem boru bağlantılarında ise dişli birleştirme yapılmıştır. Kolektör ile depo arasında sirkülasyonunun daha iyi olması için kolektör üst noktası ile fermantasyon tankı alt seviyesi arasında 45 cm mesafe bırakılmıştır. Sistem güney yönüne bakan ve yerden 150 cm yükseklikteki bir platform üzerine Şekil 3.1’de görüldüğü gibi yerleştirilmiştir.



a. Fermantasyon Tankı b. Karıştırıcı c. Isıtıcı
d. Gübre Girişi d. Gübre Çıkışı e. Kolektör
f. Ek ısıtıcı g. Gaz çıkışı
Şekil 3.1. Deney seti

Şekil 3.2’de görüldüğü gibi fermantasyon tankı 55 cm çapında, 85 cm yüksekliğinde ve 1 mm siyah sacdan silindirik olarak imal edilmiştir. Fermantasyon tankı 5cm kalınlığında camyünü ile izole edilmiştir. Tank içerisine; su ve katı madde konsantrasyonunu ısıtmak amacıyla güneş kolektöründen beslenen bir ısıtıcı, konsantrasyonun karıştırılması için bir karıştırıcı, besleme ve boşaltma için 80 mm çapında besleme ve boşaltma borusu yerleştirildi. Sistemde kullanılan fermante edilmiş atıkların tamamını boşaltmak için alt kısma boşaltma kapağı imal edilmiştir. İç sıcaklığı ölçebilmek için kapak kısmına 40 cm boyunda 3/4” boru tanka daldırılmış şekilde kaynakla birleştirilmiştir. Basıncı ölçmek için plastik borudan yapılmış “U” manometre kullanılmıştır.

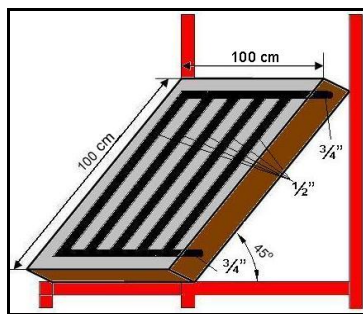


Şekil 3.2. Fermantasyon tankı

Fermantasyon tankı içerisindeki su ve katı madde konsantrasyonunu ısıtmak için düz yüzeyli güneş kolektörü imal edilmiştir. Kolektörün tasarımında kullanılan parametreler ve bu parametrelere ait hesaplanan veya kabul yapılan değerler Çizelge 3.1'de verilmiştir. Şekil 3.3'te imalatı yapılan 1 m²'lik düz yüzeyli güneş kolektörü görülmektedir. Kolektör için dikey döşenen borularda 1/2'' siyah çelik, su toplama ve dağıtım borularında 3/4'' siyah çelik boru kullanılmış ve 1 mm kalınlığındaki siyah sacdan imal edilmiş emici plaka üzerine yerleştirilmiştir. Kolektör boruları ve emici plaka güneşten gelen ışınları daha iyi alabilmesi için mat siyah boya ile boyanmıştır. Isı kayıplarını önlemek için kolektör kasası içerisi cam yünü ile kaplanmış, emici plaka ve kolektör boruları kasa içerisine yerleştirilmiştir. Ayrıca imalatı yapılan güneş kolektörü, sistem montajının yapıldığı düzenek üzerine 45° açı yapacak şekilde yerleştirilmiştir.

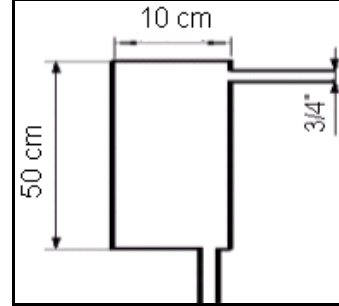
Çizelge 3.1. Kolektör tasarımında kullanılan ve hesaplanan parametreler

Parametre	Değer	
Q_T (kJ/m ² gün)	912	[Eş. 6]
Deklasyon açısı	22,41	[Eş. 17]
TRA (kJ/m ² h)	3057,45	[Eş. 10]
Kolektör verimi	0,5	(11)
F_k (m ²)	0,6 ≈ 1	[Eş.9]



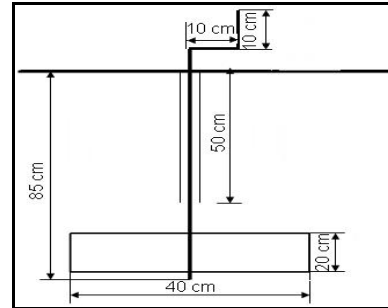
Şekil 3.3. Düz yüzeyli güneş kolektörü

Kolektörün güneş'ten aldığı ısıyı fermantasyon tankına iletmek için tank içerisine Şekil 3.4'te görüldüğü gibi bir ısıtıcı yerleştirilmiştir. Isıtıcı, 5 mm kalınlığında siyah sacdan, 10x50 cm boyutlarında imal edilmiştir. Üst ve alt tarafına su giriş çıkışı için 3/4'' siyah çelik boru kaynaklı olarak birleştirilmiştir. Kolektörden gelen sıcak su ısıtıcıya üst kısımdan girmekte, ısınıp bırakarak alt taraftan tekrar kolektöre dönmektedir.



Şekil 3.4. Isıtıcı

Fermantasyon tankı içerisinde katı madde konsantrasyonu ile suyu karıştırmak ve fermantasyonun üst kısmında oluşan, gaz miktarını düşüren köpükleri önlemek için Şekil 3.5'te görülen karıştırıcı imal edilmiştir. Fermantasyon maddesinin homojen bir şekilde karışmasını sağlayan karıştırıcı, 12 mm çapındaki bir demir çubuk üzerine 20 x 40 cm ölçülerinde 1 mm kalınlığındaki sac levha kaynaklı olarak imal edilmiştir.



Şekil 3.5. Karıştırıcı

Gazometre, fermantasyon tankında üretilen gazın basıncını dengelemek ve depolamak için kullanılır. Üretilen gazı kullanmadığımız için sabit gazometre yerine sistemin %20'si oranında, 55 cm çapında, 30cm yüksekliğinde silindirik yüzer tip gazometre imal edilmiştir.

4. DENEYLERİN YAPILIŞI, SONUÇ VE ÖNERİLER

Deneyler, 15.06.2002 - 11.08.2002 tarihleri arasında yapılmıştır. Fermantasyon için kullanılan gübre ise Ankara'nın Gölbaşı ilçesine bağlı Bala köyü'ndeki bir tavuk çiftliğinden alınmıştır.

Tankın 2/3'ü dolacak şekilde su ve gübre 1/1 oranında dışarıda karıştırılarak 66,5 litre gübre ve 66,5 litre su toplam 133 litre olan fermantasyon maddesi giriş borusundan dolduruldu. 15.06.2002 - 04.07.2002 tarihleri arasında bakteri oluşumu için masophil bölgede

kontrollü olarak bekletildi. 05.07.2002 tarihi ile 12.07.2002 tarihleri arası sisteme günlük olarak 5 kg gübre ve 5 litre su olmak üzere toplam 10 kg fermantasyon maddesi ilave edildi. 25 – 35 °C’de (masophil bölge) saatlik dış sıcaklık ve tank basınç değerleri alındı. Sisteme yeniden 133 litre fermantasyon maddesi doldurularak 15.07.2002 – 03.08.2002 tarihleri arasında sıcaklık 25 – 55 °C’ye yükseltilerek thermophil bölgede kontrollü olarak bekletildi. Sıcaklıklar civalı termometre ile basınç ise “U” manometre ile ölçülmüştür. Gazın depolanması için sabit gazometre yapıldı. Fakat gaz deney amaçlı olup kullanılmadığı için fermantasyon tankında basınç oluştu. Söz konusu basınç, gaz üretimi ve deneylerin yapılmasını engellediği için sabit gazometre yüzer tip gazometreye dönüştürüldü.

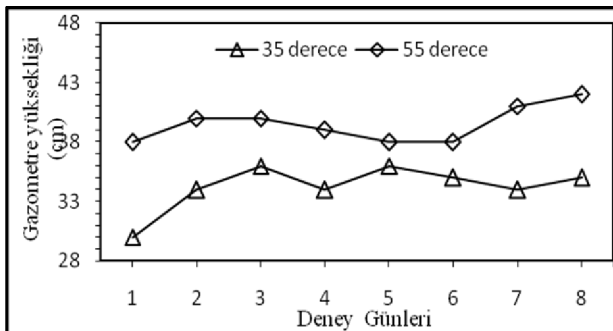
Saatlik olarak fermantasyon sıcaklığı, dış ortam sıcaklığı, fermantasyon tankı basıncı ve gazometre yükseklikleri ölçüldü. Fermantörün katılaşmamasını ve gazın çıkışını kolaylaştırmak için günde 2 saat aryla 5 kez manüel olarak karıştırıldı. Sistemin ısıtılmasını sağlayan kolektörlerin vanaları vasıtasıyla sıcaklık ayarı yapıldı. Sıcaklık ilk deney için 33 °C ile 37 °C arasında, ikinci deney için 53 °C ile 57 °C arasında sabit tutulmaya çalışıldı.

Akşam saatlerinde güneş olduğu için sıcaklık, maksimum sıcaklık olan 37 °C’ye kadar çıkartıldı, sabah saatlerinde ise sıcaklığın oldukça düştüğü tespit edilmiştir. Sabah saatlerinde kolektörden ısıtıcıya giden vana açılarak sistem ısıtılmaya başlatıldı. Sistem sıcaklığı 35 °C’ye geldiğinde ısıtıcı vanası kapatılarak ek ısıtıcı depo vanası açılarak, kolektörden gelen fazla ısı ek depodan dışarı atıldı. Bu işlemler her gün kontrol edildi. Her gün akşam gazometre kontrol edilerek içerisinde oluşan gaz miktarı ölçüldü ve gaz dışarıya atıldı. Aynı işlemler 55 °C’de yapılan deney için de uygulanmıştır.

Gazometrede oluşan gazın hacmi aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır.

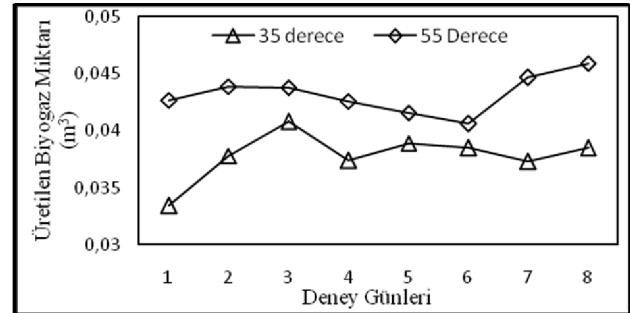
$$V = \prod \times r^2 \times h \quad [18]$$

Bu eşitlikte h yüksekliği her gün değişen, gazometrenin yüksekliğini ifade eder. Bu değerler 35 °C ve 55 °C için ise Şekil 4.1’de deney günleri ile birlikte grafik halinde verilmiştir.



Şekil 4.1. 35 °C ve 55 °C fermantasyon sıcaklığında gazometre yüksekliği (h) ve deney günleri

Her gün sisteme 10 kg gübre + su karışımı verilmiş ve 8'er gün deneyler yapılmıştır. Şekil 4.2’de 35 °C ve 55 °C’de elde edilen gaz miktarlarının karşılaştırılması grafik halinde verilmiştir.



Şekil 4.2. 35 °C ve 55 °C fermantasyon sıcaklıklarında üretilen biyogaz miktarının karşılaştırılması

Fermantasyon tankında üretilen biyogaz orsat cihazı kullanılarak içerisindeki oksijen (O₂) ve karbondioksit (CO₂) oranları bulunmuştur. Metan (CH₄) gazı ise hesap yoluyla bulunmuştur. Analiz deneyin 4. gününde alınan gaz örnekleri ile yapılmıştır. Sistemde üretilen biyogazın muhtevası Çizelge 4.1’de verilmiştir. Sistemden çıkan gaz yakılarak denetlenmiştir.

Çizelge 4.1. Üretilen biyogazın muhtevası

Deney sıcaklığı	CH ₄ %’si	CO ₂ %’si
35 °C Masophil bölge	58	42
55 °C Thermophil bölge	55	45

Yaptığımız 0,2 m³’lük sistemde tavuk gübresinden fermantasyon tankı sıcaklığı 35 °C’de iken günlük 188 litre/m³gün, 55 °C’de ise günlük 215 litre/m³gün gaz elde edilmiştir. Dolayısıyla sıcaklığın 35 °C’den 55 °C’ye yükseltilmesiyle biyogaz çıkışında % 14’lük bir artış sağlanmıştır.

Deneyler sonunda, 35 °C’de 0,08 m³ gübre kullanılarak 0,302 m³ biyogaz elde edilmiştir. Biyogazın içeriği % 58 metan ve % 42 karbondioksit olarak bulunmuştur. 55 °C’de ise 0,08 m³ gübreden 0,344 m³ biyogaz elde edilmiş ve içeriği de % 55 metan, % 45 karbondioksit olarak bulunmuştur. Elde edilen gaz yakılmış ve harcanan enerjinin karşılaştırılması Çizelge 4.2’de verilmiştir. 1m³ biyogaz 22 000 kJ/m³ enerjiye eşdeğer olarak alınmıştır (13, 15).

Çizelge 4.2. Elde edilen enerji ile harcanan enerjinin karşılaştırılması

Fermantasyon Sıcaklığı (°C)	Verilen ısı enerjisi (kJ/gün)	Elde edilen biyogaz (m ³ /0,2 m ³ gün)	Elde edilen biyogaz’ın enerjisi (kJ/gün)	Fark (kJ/gün)	Değişim (%)
25 - 35	8424	37	830	7594	- 90
25 - 55	21888	43	946	20942	- 95

Fermentasyon sıcaklığını 25 °C'den 35 °C'ye çıkarmak için 8424 kJ/gün'lük enerji verilmiştir. Tank sıcaklığı 35 °C'de iken 37 litre/0,2 m³gün gaz elde edilmiştir. Elde edilen gaz 830 kJ/gün'lük enerjiye eşdeğerdir. Verilen enerji, elde edilen enerjiden yüksektir ve 7594 kJ/gün enerji kaybı vardır. Sıcaklığı 25 °C'den 55 °C'ye çıkarmak için 21888 kJ/gün enerji harcanmıştır. Tank sıcaklığı 55 °C'de 43 litre/0,2 m³gün gaz elde edilmiştir. Bu gaz 946 kJ/gün enerjiye eşdeğerdir. Verilen enerji, elde edilen enerjiden yüksektir. 55 °C'de 20942 kJ/gün enerji kaybı vardır. Sistemi 35 °C'ye çıkararak elde edilen enerji harcadığımız enerjiden % 90 azdır. 55 °C'ye çıkardığımızda ise elde ettiğimiz enerji harcadığımız enerjiden % 95 azdır.

Güneş enerjisi dışında kullanılacak enerji türlerinin maliyetlerinin elde edilen biyogaz enerjisi maliyetinden çok yüksek olması nedeniyle bu tip ısıtma sistemleri ekonomik değildir. Kuruluş maliyetlerinin dışında güneş enerji destekli ısıtmanın işletme masrafları sıfır olduğundan bu tip biyogaz sistemlerinde güneş enerjisi kullanılması uygun olacaktır.

55 °C'lik fermentasyon sıcaklığında biyogaz miktarında artış olmasına karşılık gaz içerisindeki metan miktarında % 3'lük bir azalma gözlenmiştir. Yanmanın gerçekleşmesi için metan miktarının % 50 – 60 arasında olması yeterlidir [4]. Metan miktarının % 50 – 60 arasında yeterli olduğunu dikkate alınır ve güneşten alınan enerjinin maliyeti sıfır kabul edilirse, sistem 35 °C yerine 55 °C'de çalıştırılması ile elde edilecek biyogaz miktarının % 14 artacağını söyleyebiliriz.

Geceleri sistemin sıcaklığının düşmesini önlemek için, gündüz saatlerinde güneşten elde edilen enerji ile ek bir depo ısıtılabilir ve saklanabilir. Bu ısı gece saatlerinde fermentasyon tankına aktarılabilir ve sistemin sıcaklığı dengede tutulabilir. Sistemin otomatik olarak kontrol edilmesi ile daha iyi sonuçlar elde edilebilir.

Yapılan çalışmada fermentasyon tankı kapasitesi deneysel olduğu için 0,2 m³ olarak alınmıştır. Bir ailenin günlük yakıt ihtiyacını karşılayacak fermentasyon tankı kapasitesi takriben 30 m³ tür (14, 15). 30 m³'lük fermentasyon tankında 55 °C'de biyogaz üretilmesiyle elde edilecek biyogaz miktarının daha fazla olacağını düşünülebilir. Ancak yüksek sıcaklıklar elde etmek için kurulacak tesisin maliyeti, çalışma süresi ve bu süre içindeki bakım masrafları düşünüldüğünde gerçek sonucun deneysel değil gerçek uygulamalar ile tespit edileceği aşikârdır.

5. KAYNAKLAR

1. Itakura, T., Taquchi, M., "Methane Fermentation System in Agricultural and Livestock Wastes", *Alternative Energy Sources IV*, 345-350, 1981.
2. Yılmaz, S., "Biyogaz Üreteçlerinde Isı Borulu Güneş Kolektörü İle Enerji Planlaması", Doktora Tezi, *G. Ü. Fen Bil. Ens.*, 1996.
3. Bilir, M., Deniz, Y., Karabay, N., Bilgin, N., "Ankara Koşullarında 12 m³ Kapasiteli Toprak su Tip A Biyogaz Tesisinde Sığır Gübresinin Biyogaz Verimi", *T.C. Toprak su Genel Müd., Merkez Toprak su Araştırma Enstitüsü Yayınları*, 101, Ankara, 1984.
4. Kobya, M., "Sığır Gübresinden Biyogaz Üretimi ve Erzurum Koşulları İçin Bir Biyogaz Tesis Tasarımı", Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1992.
5. Çukurova, R., S., "Scale Effect of Modelling on Biogas Generation", Master of Science Thesis, *Boğaziçi University School of Engineering*, 1982.
6. Bolu, A., "Eskişehir Koşullarında 13 m³ Kapasiteli Biyogaz Tesisinin Gaz Verimi", *Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Eskişehir Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları*, 205, 1984.
7. Kaya, O., "Yemek Atıklarından Biyogaz Üreten Sistemin Tasarım ve İmalı" Yüksek Lisans Tezi, *G. Ü. Fen Bil. Ens.*, 1999.
8. Taner, F., Ardic, İ., "Asidik Önışlemlerin Tavuk Gübresinden Biyogaz Üretim Verimine Etkileri", *V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi*, 431 – 442, Ankara, 2003.
9. Gündoğdu, E., "Biyogaz Sistemlerinde Güneş Enerjisinden Yararlanma Yolları", Yüksek Lisans Tezi, *G. Ü. Fen Bil. Ens.*, 1991.
10. "Merkezi Isıtma, Yapı Endüstri Eğitimi Kurulu, Construction Industry Training Board (CITB)", *Ajans - Türk Matbaacılık Sanayi A.Ş.*, Ankara, 1995.
11. Uyarel, A., Y., Öz, E., S., "Güneş Enerjisi ve Uygulamaları", *Emel Matbaacılık Sanayi*, Ankara, 1987.
12. Yalçın, K., "Klasik Borulu Tip Güneş Kolektörü ile Prizmatik Tip Güneş Kolektörünün Enerji Verimliliği Açısından Deneysel Karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, *G.Ü. Fen Bil. Ens.*, 2002.
13. Nalbant, M., "Biyogaz ve Kullanımı", 2. Uluslar arası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Sempozyumu, Ankara, 1984.
14. Çeker, H., B., "Biyogaz Üretim Sistemi Tasarımı ve Uygulaması", Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bil. Ens.*, 1997.
15. Yılmaz A., "Güneş Enerjisi ile Çalışan İçten Isıtmalı Fermentasyon Tankında Biyogaz Üretimi" Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2003.