

BİYOĞAZ ÜRETİMİNDE BASINCIN ETKİSİ

Ahmet ERYAŞAR, Günnur KOÇAR

Ege Üniversitesi, Güneş Enerjisi Enstitüsü, Biyokütle Enerjisi Araştırma Grubu, 35100, İzmir

Geliş Tarihi : 15.10.2008

Kabul Tarihi : 25.02.2009

ÖZET

Biyogaz sistemlerinin kurulu olduğu tesislerde, biyogazın üretimi ve tüketimi eş zamanlı gerçekleşmemektedir. Bu yüzden tüketimin olmadığı zamanlarda üretilen biyogazın depolanması gerekmektedir. Kırsal kesime yönelik uygulamalarda genellikle 1-1,5 kPa değerlerine sahip, düşük basınçlı gazometreler tercih edilmekte, gerektiğinde sisteme basınçlandırıcı ilave edilmektedir. Gaz iletiminin ve kullanımının gerektirdiği basınç, ek bir basınçlandırıcı kullanılmadan biyogaz üretimi sonucunda doğal yollarla sağlandığında, reaktör içerisinde nispeten yüksek bir basınç ortamı söz konusu olmaktadır. Bu çalışmada, farklı düşük basınçların, sıgır atığının anaerobik fermentasyonu üzerine etkileri deneysel olarak incelenmiştir. 19,6 kPa, 9,5 kPa ve 1,5 kPa basınçlarda, 1 lt hacimli kesikli beslemeli tip, üç paralelli, dokuz adet reaktörle yürütülen fermentasyon denemesi, 35 °C'de 60 gün devam etmiştir. Elde edilen deneysel veriler P<0,05 anlamlılık düzeyinde LSD testine tabi tutulmuş, metan üretim miktarı bakımından, farklı basınçlarda çalıştırılan reaktörler arasında anlamlı bir farklılık olmadığı gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler : *Biyogaz, Biyogaz depolama sistemleri, Gazometre, Basınç etkisi.*

EFFECT OF PRESSURE ON BIOGAS PRODUCTION

ABSTRACT

In facilities in which biogas systems are installed biogas is not produced and consumed simultaneously. Therefore, biogas produced when there is no consumption should be stored. Low pressure gasometers with 1- 1,5 kPa value are preferred in the rural area and when needed pressurizer is added to the system. When the pressure which gas production and usage require is provided by natural ways without usage of an added pressurizer, a respectively high pressure atmosphere can be seen. In this study, the effects of different low pressures on anaerobic fermentation of cattle manure were experimentally analyzed. Fermentation experiment which was carried out with 9 reactors with fed-batch type, 3 parallels in pressures of 19.6 kPa, 9.5 kPa and 1.5 kPa continued 60 days at 35 °C. The acquired experimental data was subjected to LSD test in P<0.05 significance level and it was observed that there is no significant difference between reactors operated with different pressures in terms of methane production.

Keywords : *Biogas, Biogas storage systems, Gasometer, Effect of pressure.*

1. GİRİŞ

Organik maddelerin anaerobik fermentasyonu sonucunda oluşan biyogaz, içerdiği CH₄ nedeniyle ısı değeri yüksek, yanıcı bir gazdır. Mekan ısıtma,

sıcak su hazırlama, pişirme, aydınlatma, mekanik iş ve elektrik üretimi gibi LPG ve doğal gazın kullanıldığı tüm uygulamalarda biyogaz kullanılabilir. Biyogaz üretimi, belirli ve sabit fermentasyon şartlarında süreklilik göstermektedir. Oysa özellikle orta ve küçük ölçekli

biyogaz tesislerinin bulunduğu kırsal bölgelerde, biyogazın kullanım miktarı gün içinde ve mevsimsel olarak önemli miktarlarda değişmektedir. Biyogazın sadece sıcak su hazırlama, ısıtma ve pişirme amaçlı kullanıldığı küçük ölçekli tesislerde, gece boyunca üretilen biyogazın depolanması gerekmektedir (Datong, 1989). Elektrik üretiminin gerçekleştirildiği tesislerde de, meydana gelecek pik yükleri karşılayabilmek için, tüketimin en az olduğu zaman dilimlerinde üretilen biyogazın depolanması sistem tasarımında göz önüne alınmalıdır (Anon., 2000a). Uygulamalardan elde edilen deneyimler, küçük ve orta ölçekli biyogaz tesislerinde gaz depolama sistemlerinin, günlük üretilen biyogazın % 40-60'ını depolayabilecek hacimde olması gerektiğini göstermektedir (Vijayalekshmy, 1985; Sasse, 1988; Werner v.d., 1989; Marchaim, 1992; Anon., 1999). Literatürde genellikle gaz depo hacminin, üretilen günlük biyogaz miktarı veya yarısı kadar olması gerektiği belirtilmektedir (Wase ve Forster, 1984; Tiwari v.d., 1996).

Sabit kubbeli biyogaz reaktörlerinde, ayrı bir gaz depolama tankı kullanılmadığı durumlarda, reaktörün üst kısmı gaz depolama amacıyla kullanılmaktadır. Bu hacim genellikle reaktör hacminin 1/5 - 1/8'i olarak projelendirilir (Werner v.d., 1989). Boşaltma ağız ile reaktördeki fermente malzeme seviyesi arasında oluşan hidrolik basınç, biyogazın kullanımı için gerekli basınçlandırmayı sağlar. Bu basınç gaz kullanımının oranına göre değişkenlik göstermektedir. Hareketli kubbeli biyogaz reaktörlerinde ise gaz depolama tankı reaktörün üst kısmına entegre edilmiştir. Bu reaktörlerde gaz basıncı sabittir ve hareketli kubbenin ağırlığıyla ayarlanabilmektedir. Küçük biyogaz tesislerinde gaz depolama sisteminin ayrı olarak kullanımı, özellikle reaktör ve gaz kullanım yerinin arasındaki mesafe 50-100 m'nin üzerinde olduğunda gerekli olmaktadır. Bu tip tesislerde düşük basınçlı gaz depolama sistemleri tercih edilmektedir. Gaz sızdırmazlığının genellikle su ile sağlandığı, üst kısmı hareketli, iç içe geçmiş iki silindirden oluşan hareketli kubbeli biyogaz depolama tankı en sık rastlanan sistemlerdendir. Bu sistemlerde gaz iletimi ve kullanımı için gerekli basınç, hareketli kısmın ağırlığıyla ayarlanmaktadır ve sabittir (Werner v.d., 1989). Gaz torbası şeklinde, genellikle kauçuk ve vinil malzemedir yapılan biyogaz depoları da küçük tesislerde tercih edilmektedir. Bu depolarda gerekli basınç, üretim malzemesinin elastikiyetinden faydalanarak sağlandığı gibi, depo üzerine ilave ağırlık konarak da elde edilebilmektedir (Gustavsson, 2000; Anon., 2000b). Biyogazın % 60-80'lik kısmını oluşturan CH₄, LPG ve propan gibi düşük basınçlarda sıvılaştırılmamaktadır. Özellikle taşıtlarda kullanım

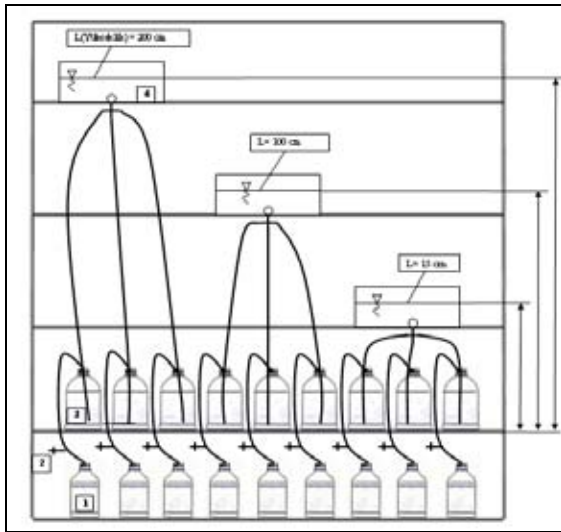
söz konusu olduğunda, kısa mesafeler için, elde edilen biyogaz 100-1000 kPa düzeyine basınçlandırılarak, LPG ve propan tanklarında depolanabilmektedir (Werner v.d., 1989). Fakat özellikle uzun mesafeler söz konusu olduğunda, 28-35 MPa basınç düzeyinde yüksek basınçlı gaz depolarında sıvılaştırılarak depolanması mümkündür (Jenangi, 1981). Burada önemli olan, biyogazın içerdiği CO₂ nin, CH₄ oranı minimum % 95 olacak şekilde giderilmesinin gerekliliğidir (Monnet, 2003; Gustavsson, 2000; Bayhan ve Zablocki, 1991; Camargo, 1986). Yatırım maliyeti, enerji tüketimi ve güvenlik önlemleri, bu uygulamaların çoğunlukla büyük sistemlerde gerçekleştirilebilmesine neden olmaktadır.

Biyogazla çalışan cihazlarda gerekli gaz giriş basıncı, genellikle 8 kPa'dan düşük olmaktadır (Walsh v.d., 1989). Gaz giriş basıncı, biyogazla çalışan ocaklarda 0,5 - 2 kPa, lambalarda 1-2 kPa, LPG ve propana göre dizayn edilmiş ticari ısıtıcılarda 3 - 8 kPa aralıklarında değişmektedir (Sasse, 1988; Werner v.d., 1989). Biyogazın üretildiği ve kullanıldığı yerin birbirinden uzak olması durumunda, taşıyıcı borularda oluşan basınç kayıplarının da yenilmesi gerekli olmaktadır. Sistem içerisinde ayrı bir gaz basınçlandırma cihazının olmaması durumunda, gerekli basınç reaktör içerisinde biyogaz üretiminden doğal yollarla sağlanabilmektedir. Bu bağlamda, reaktör içerisinde oluşacak gaz basıncının biyogaz üretimi üzerine etkileri göz önüne alınmalıdır. Reaktör içerisinde oluşacak basıncın anaerobik bakterilere ve dolayısıyla biyogaz üretim verimine etkisi söz konusudur. Literatürde konuyla ilgili olarak 0,75-1,5 kPa mutlak basınç aralığının, biyogaz üretimi için ideal olduğu ve bunun üzerindeki basınçlarda üretimin zorlaşacağı belirtilmektedir (Arnott, 1985). Fakat özellikle büyük reaktörlerin alt kısmında bulunan metan bakterileri oldukça büyük hidrolik basınç altında faaliyetlerini sürdürmektedir ve bir performans düşüklüğü rapor edilmemiştir (Chynoweth and Isaacson, 1987). Yine bazı çalışmalarda, biyogaz üretiminin engellenmeden devam edebileceği basınç sınırı 120 kPa (gösterge) olarak verilmiştir (Nijaguna, 2002). Diğer bir çalışmada, reaktör içerisinde oluşacak 3,75 kPa negatif basıncın, termofilik fermentasyonda, metan üretimini % 5 arttırdığı belirtilmiştir (Chynoweth and Isaacson, 1987). Özellikle reaktör içerisindeki basınç değişimlerinden, toksik etki yaratacağı için kaçınılması gerektiği vurgulanmaktadır (Vavilin v.d., 1995). Basınç yükseldiğinde metana göre 40 kez daha fazla çözünebilir özelliğine sahip CO₂'nin sıvı içerisindeki konsantrasyonu artmaktadır. Bu yüzden biyogaz içerisindeki metan oranı da yükselmektedir (Alvarez v.d., 2006).

Bu çalışmada, elde edilen biyogazın ayrı bir basınçlandırıcı olmadan reaktör çalışma basıncıyla kullanıldığı sistemler göz önüne alınmış, kurulan bir deney düzeneğiyle farklı basınçların, sığır atığının mezofilik anaerobik fermentasyonu üzerine etkileri araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Deneyde dokuz adet 1lt hacimli cam şişeden oluşan reaktörler kullanılmıştır. Üç ayrı basınç düzeyi için üç paralel reaktörde denemeler gerçekleştirilmiştir. Deney düzeneği, sıcaklık kontrollü, yalıtımlı odada kurulmuş ve mezofilik sıcaklık bölgesinde (35 °C) çalışmalar yürütülmüştür. Deneyde besleme materyali olarak, Yaşar Holding'e bağlı Çamlı Yem Besicilik Sanayi ve Tic. A.Ş.' den temin edilen taze sığır atığı sulandırılarak kullanılmıştır. Kullanılan atığın toplam katı madde oranı(TK) % 21, toplam kuru maddede uçucu katı madde oranı (UK) % 78'dir. Besleme için TK % 10 olacak şekilde sulandırma yapılmıştır. Üretilen biyogazın depolanmasında ve üretim miktarının ölçülmesinde yine dokuz adet 2,5 lt hacimli ölçeklendirilmiş cam şişelerden yararlanılmıştır. Basınçlandırma, her grup için ayrı seviyelere yerleştirilmiş su toplama üniteleriyle sağlanmıştır. Su toplama üniteleri, gazometrelerin bulunduğu bölmeden yüksekliği sırasıyla 200, 100 ve 15 cm olacak şekilde yerleştirilen üç ayrı plastik depodan oluşturulmuştur. Gaz ve su bağlantıları 6 mm çapında şeffaf plastik hortumlarla sağlanmıştır. Reaktörler ve gazometreler arasına, gaz örnekleme için portlar yerleştirilmiştir. Deney düzeneği Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Deney düzeneği (1) Reaktör (2) Gaz örnekleme portu (3) Gazometre (4) Su toplama kabı.

Reaktörler kesikli beslemeli tip olarak çalıştırılmış ve herbiri 800 ml hacimde doldurulmuştur. Deneme 60 gün boyunca 35 °C'de, mezofilik sıcaklık bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Üretilen biyogaz miktarı, ölçekli gazometrelerde oluşan su seviyesi ölçülerek, günlük olarak kaydedilmiştir. Karıştırma günde bir defa manuel olarak yapılmıştır.

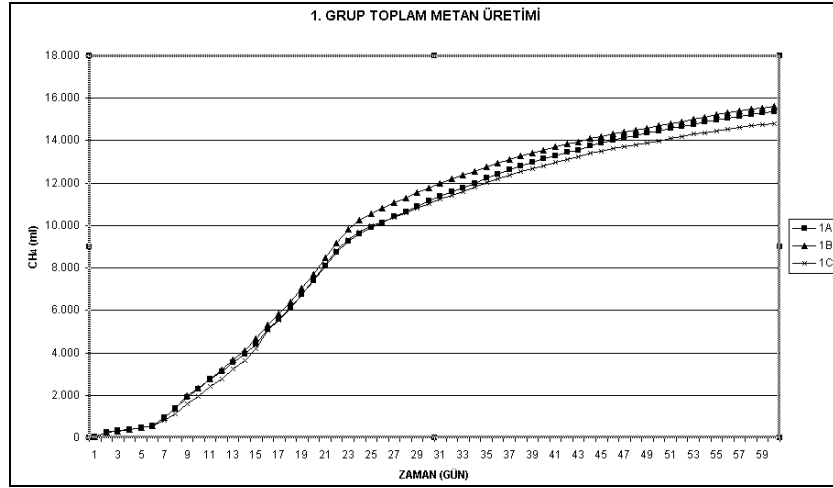
Reaktörlerden alınan biyogazın içeriği gaz kromatografi metodu ile belirlenmiştir. Analiz için, Agilent 6890N gaz kromatografi cihazı kullanılmıştır. Gaz analizleri, gazometrelerin her boşaltılışında tekrarlanmıştır. Günlük ve toplam biyogaz ve metan üretimi, standart sıcaklık ve basınç şartlarına (0 °C ve 1 atm) göre düzeltilerek hesaplanmıştır. Deney sonunda elde edilen fermente atıkların TK madde oranları, 103 °C'de etüvde sabit ağırlığa ulaşılan kadar bekletilerek, UK madde oranları da 600 °C'de kül fırınında yarım saat yakılarak kütesel olarak hesaplanmıştır. Tartımlarda 0,1 mg hassasiyette Precisa XB220 marka terazi kullanılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

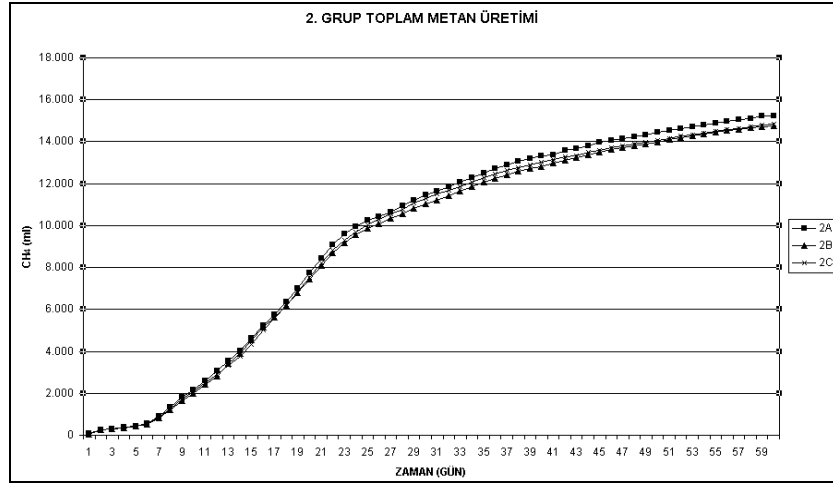
Denemede kullanılan reaktörler, çalışma basınçlarına göre üç gruba ayrılmıştır:

1. Grup: \approx 19,6 kPa (mutlak)
2. Grup: \approx 9,8 kPa (mutlak)
3. Grup: \approx 1,5 kPa (mutlak)

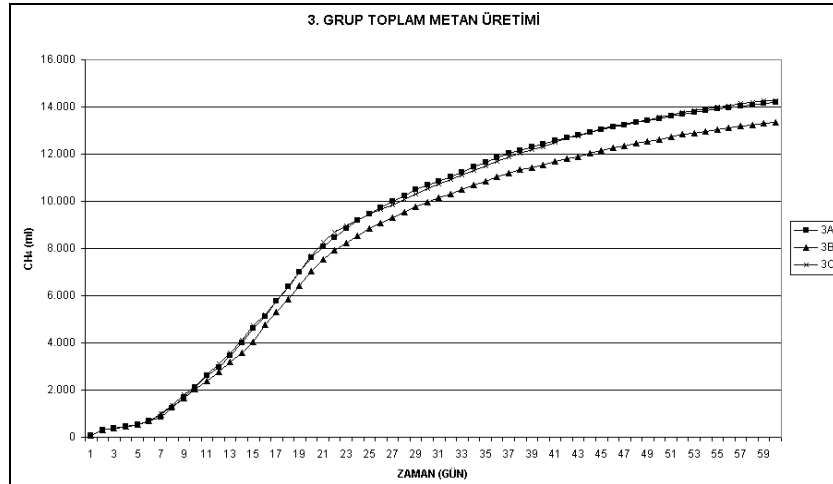
Her grupta üç paralel reaktör bulunmaktadır. Denemeler sonucunda elde edilen toplam metan miktarları, her grup için Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'de verilmiştir. 1. gruptaki 1A, 1B ve 1C reaktörlerinden elde edilen toplam metan miktarı sırasıyla, 15.361 ml, 15.607 ml ve 14.786 ml'dir. Bu reaktörlerden elde edilen fermente atığın TK madde oranları yine sırasıyla, % 5,8, % 5,2 ve % 5,4 olarak bulunmuştur. 2. grup için metan üretim değerleri 2A, 2B ve 2C reaktörleri için sırasıyla, 15.240 ml, 14.765 ml ve 14.830 ml olarak gerçekleşmiştir. Aynı reaktörler için fermente atık TK madde oranları ise, % 6,7, % 6,2 ve % 6,5 olmuştur. Metan üretiminin diğer gruplara göre biraz daha düşük seyrettiği 3. grup 3A, 3B ve 3C reaktörlerinden elde edilen toplam metan miktarları ise yine sırasıyla, 14.206 ml, 13.343 ml ve 14.268 ml'dir. TK madde oranları aynı sırayla, % 6,9, % 6,7 ve % 6,8 olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 2. 1. Grup için 1A, 1B ve 1C reaktörlerinden elde edilen toplam metan miktarı.



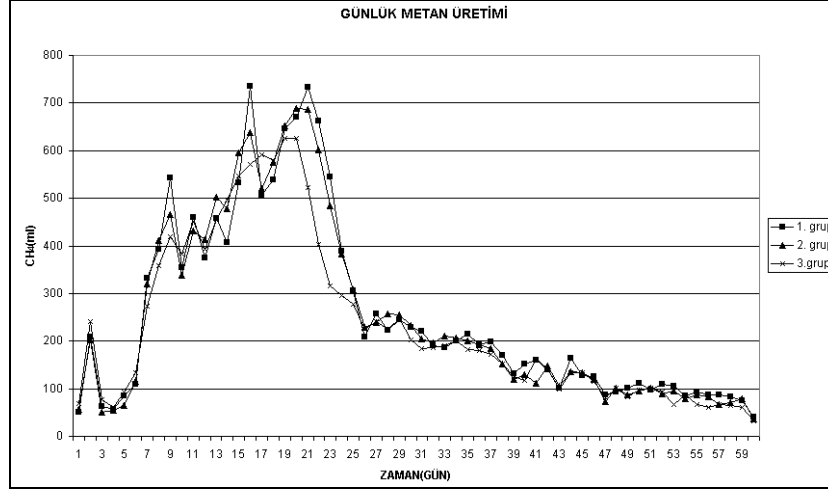
Şekil 3. 2. Grup için 2A, 2B ve 2C reaktörlerinden elde edilen toplam metan miktarı.



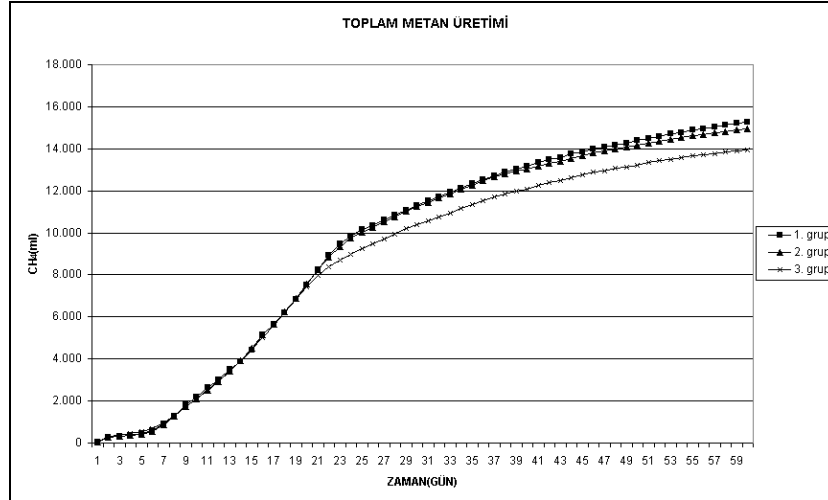
Şekil 4. 3. Grup için 3A, 3B ve 3C reaktörlerinden elde edilen toplam metan miktarı.

Her grup için paralel reaktörlerin metan üretim ortalamaları alınarak çizilen karşılaştırmalı günlük ve toplam metan üretim grafikleri, Şekil 5 ve Şekil 6'da görülmektedir. Günlük metan üretim grafiği(Şekil 5) incelendiğinde, her grubun 20-21.

günlerde bir pik değere ulaştığı ve daha sonra metan üretiminin hızla düştüğü görülmektedir. Şekil 6'dan da izlenebileceği gibi, 1., 2. ve 3. grup için toplam metan üretim değerleri sırasıyla, 15.251 ml, 14.945 ml ve 13.939 ml olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 5. 1., 2. ve 3. grupların günlük metan üretim miktarı.



Şekil 6. 1., 2. ve 3. grupların toplam metan üretim miktarı.

Anlamlılık seviyesinin $P < 0,05$ olarak kabul edildiği LSD(least significant difference) testinin uygulanması sonucunda, gruplar arasında metan üretimi bakımından anlamlı bir farkın olmadığı tespit edilmiştir. Grafikler incelendiğinde, istatistiksel olarak anlamlı olmamasına rağmen, en düşük sistem basıncına sahip ($\approx 1,5$ kPa) 3. grubun üretim değerlerinin, diğer gruplara göre daha düşük seviyede gerçekleştiği görülmektedir. Bu durum, 1,5 kPa mutlak basınç üzerindeki basınçların, metan üretimini zorlaştırdığı şeklindeki literatür bilgisince

desteklememektedir. Toplam biyogaz üretiminde, basınca göre düzeltilmemiş ham değerler incelendiğinde, 1. grup, 2. grup ve 3. grup için ortalama değerler, sırasıyla, 22.903 ml, 24.928 ml ve 25.493 ml olarak gerçekleşmiştir. Yine aynı gruplar için, toplam biyogaz üretim ortalamaları alındığında biyogaz içerisinde metan oranları 1., 2. ve 3. grup için sırasıyla, % 62,6, % 61,5 ve % 60,5 olarak bulunmuştur. Bu fark büyük ihtimalle, CO_2 'in CH_4 'e göre suda daha fazla çözünmesi ve bu çözünmenin basınç artışıyla fazlaşmasından kaynaklanmaktadır

(Krich v.d., 2005). Bu da, 1,5 kPa basınç değerini metan üretiminde sınır değer alan yorumların, bu etkiler göz önüne alınmadan yapıldığını düşündürmektedir (Eryaşar ve Koçar, 2006).

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Biyogazın depolanması, özellikle üretim ve tüketim zamanlarının çakışmamasından dolayı önemlidir. Yüksek basınçlı depolama, biyogazın ve özellikle içerdiği metan gazının özelliklerinden dolayı yüksek maliyet ve ek güvenlik önlemleri gerektirmekte, bu yüzden de çiftlik tipi diyebileceğimiz, küçük ve orta ölçekli kırsal kesim biyogaz tesislerinde kullanımı verimli olmamaktadır. Bu tip tesislerde genellikle düşük basınçlı biyogaz depolama sistemleri kullanılmaktadır. Fakat, gerek üretim ve kullanım ünitelerinin birbirinden uzak olmasından dolayı gaz iletim hatlarında oluşan basınç düşümleri, gerekse biyogazla çalışan bazı cihazların nispeten yüksek giriş basıncı gerektirmesi, ek bir basınçlandırıcı ünite ihtiyacı doğurmaktadır. Bu duruma alternatif olarak, biyogaz üretimi nedeniyle reaktörde oluşan doğal basıncın kullanılması, yatırım ve işletim maliyetlerini düşürücü bir etki yaratabilecektir. Bu çalışmada, farklı düşük basınçlarda sığır gübresinin anaerobik fermentasyonu incelenmiş, gaz iletimi ve kullanımı için yeterli olabilecek basınç değerlerinde, metan üretimi yönünden olumsuz bir etkinin oluşmadığı gözlenmiştir. Bu veriler ışığında, sistem içerisinde ek bir basınçlandırıcı kullanılmadan, sadece gazometre üzerinde çeşitli modifikasyonlarla gerekli basıncın sağlanmasının mümkün ve maliyet düşürücü etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

5. KAYNAKLAR

Alvarez, R., Villca, S., Lide'n, G. 2006. Biogas production from llama and cow manure at high altitude generation and for farm machine fuel, *Biomass and Bioenergy*. (30), 66–75.

Anonymous, 1999. Biogas Digest Volume II- Biogas - Application and Product Development, Information and Advisory Service on Appropriate Technology.

Anonymous, 2000a. Anaerobic Digestion of Farm and Food Processing Residues, British Biogen, www.mrec.org/biogas/adgpg.pdf

Anonymous, 2000b. AT Information: Biogas, http://www5.gtz.de/gate/techinfo/biogas/AT_biogas.html.

Arnott, M. 1985. The Biogas/Biofertilizer Business Handbook, Peace Corps, Information Collection and Exchange, Reprint R-48.

Bayhan, M., Zablocki, M. 1991. Biogas as fuel in agricultural engines, 13. *Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi*, Konya.

Camargo, E.B. 1986. Biogas clean-up and utilization, *Wat. Sci.Techn.* (18), 143-150.

Chynoweth, D.P. and Isaacson, R. 1987. Anaerobic digestion of biomass, springer; 1 edition, 282 p.

Datong, Z. 1989. An analysis of domestic biogas storage installations in China, *Biomass*. (20), 61-67.

Eryaşar, A. ve Koçar, G. 2006. Biyogaz depolama sistemleri ve farklı düşük basınçların biyogaz üretimi üzerine etkileri, III. Ege Enerji Sempozyumu ve Sergisi, 24-25-26 Mayıs 2006, Muğla.

Gustavsson, M. 2000. Biogas technology-solution in search of its problem – a study of small-scale rural technology introduction and integration", Göteborg University, Göteborg.

Jenangi, L. 1981. Producing methane gas from effluent, Adelaide University Diploma in Agricultural Production, www.ees.adelaide.edu.au/pharris/biogas/project.pdf.

Krich, K., Augenstein, D., Batmale, J.P., Benemann, J., Rutledge, B., Salour, D. 2005. Biomethane from Dairy Waste: A Sourcebook for the Production and Use of Renewable Natural Gas in California, http://www.calstart.org/info/publications/Biomethane_from_Dairy_Waste_Full_Report.pdf

Marchaim, U. 1992. Biogas processes for sustainable development, Food and Agriculture Organization of the United Nations, ISBN: 92-5-103126-6.

Monnet, F. 2003. An introduction to anaerobic digestion of organic wastes, http://www.remade.org.uk/documents/reports/An%20Introducti on%20to%20Anaerobic%20Digestion%20_27153953177.pdf.

Nijaguna, B.T. 2002. Biogas Technology, New Age International Publishers. New Delhi. p. 289.

Sasse, L. 1988. Biogas plants, a publication of the Deutsches zentrum für entwicklungstechnologien, GATE, A division of the deutsche gesellschaft für technische zusammenarbeit (GTZ) GmbH.

Tiwari, G.N., Usmani, J.A., Chandra, A. 1996. Determination of period for biogas production, *Energy Convers. Mgmt*, Vol. 37 (2), 199-203.

Vavilin, V.A., Vasiliev, V.B., Rytov, S.V. 1995. Modelling of gas pressure effects on anaerobic digestion, *Bioresource Technology*. (52), 25–32.

Vijayalekshmy, M.V. 1985. Biogas technology-an information package, Tata Energy Research Institute, Bombay
Walsh, J.L., Ross, C.C., Smith, M.S., Harper, S.R. 1989, Utilization of biogas, *Biomass*. (20), 277-290.

Wase, D.A.J., Forster, C.F. 1984. Biogas-fact or fantasy, *Biomass*. (4), 127-142.

Werner, U., Stöhr, U., Hees, N. 1989. Biogas plants in animal husbandry, A Publication of the Deutsches Zentrum für Entwicklungstechnologien, GATE, A Division of the Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.