

BİYOĞAZ SAFLAŞTIRMA İŞLEMLERİNDE PONZA TAŞI KULLANILABİLİRLİĞİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ

Burak ÇİFTÇİ¹ Nuri TUNÇ² Mustafa KARAGÖZ¹ Emrah DENİZ³ Suat SARIDEMİR⁴

¹Karabük Üniversitesi, TOBB Teknik Bilimler MYO, 78050, Karabük, TÜRKİYE

²Karabük Üniversitesi, Fen Bil.Enst., Mak. Müh. Anabilim dalı, 78050, Karabük, TÜRKİYE

³Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fak., Makine Mühendisliği Anabilim dalı, 78050, Karabük, TÜRKİYE

⁴Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fak., Makine ve İmalat Müh. Böl., 81620, Düzce, TÜRKİYE
suatsaridemir@duzce.edu.tr

Özet-Petrol rezervlerinin tükeniyor olması ve taşıtlardan kaynaklanan emisyonlara getirilen yasal sınırlamalar araştırmacıları petrole alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesine zorlamıştır. Bölgesel olarak üretilebilen biyogaz en iyi alternatifler arasındadır.

Gaz yakıtların yamıcılık sınırları sıvı yakıtlara nispeten geniştir ve iyi bir yanma için havayla kolaylıkla homojen bir karışım oluşturabilirler. Gaz yakıtlar buji ve sıkıştırma ile ateşlemeli motorların her ikisinde de kullanılabilirler ve benzin ve motorin yakıtına kıyasla daha düşük seviyede zararlı emisyonlar üretmektedir. Biyogaz, hayvan gübresi, yenilemeyen tohum küsbesi, gıda atıkları, tarımsal atıklar, evsel atıklar ve kanalizasyon çamurundan anaerobik çürütme yöntemi veya termokimyasal işlemler ile üretilen yenilenebilir bir gaz yakıttır. Biyogaz hacimsel olarak yaklaşık %50-70 oranında CH₄, %25-50 oranında CO₂, %0.3-3 oranında N₂, % 1-5 oranında H₂ ve çok az oranda H₂S gazlarından oluşmaktadır [1-4]. Biyogaz içeriğindeki H₂S biyogazın kullanıldığı cihazlar ve motor parçalarında korozyona neden olmaktadır ve bu sebeple biyogazın kullanılmadan önce uzaklaştırılması gerekmektedir.

Yapılan çalışmada hayvansal atıklardan üretilen biyogazın içeriğinde bulunan kirletici gazları saflaştırmak amacıyla ponza taşı kullanılmıştır. Ponza taşının H₂S giderime etkisi farklı debiler ve basınçlar için deneysel olarak incelenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda, 6 L/dakika debide biyogazın ponza malzemeli saflaştırma kulesine giriş öncesi ölçülen 130 ppm H₂S değeri %22 oranında saflaşarak 101 ppm seviyesine düştüğü tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler-Biyogaz, Saflaştırma, Ponza Taşı

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE USABILITY OF PUMICE STONE IN BIOGAS PURIFICATION

Abstract-Depletion of oil reserves and legal emission requirements force the researchers to find alternative renewable energy resources. Biogas, being a locally producible alternative gas fuel is among the best alternatives.

Flammability range of the gas fuels is wider compared to the liquid fuels and they can easily mix with air homogenously for a better combustion. Gas fuels can be used both spark ignition engines and compression ignition engines and produce less harmful emissions compared to gasoline and diesel fuels. Biogas is a renewable gas fuel produced by anaerobic decay or thermochemical processes from bovine manure, agricultural wastes, domestic wastes and sewage. Biogas is comprised of nearly 50-70% CH₄, 25-50% CO₂, 0.3-3% N₂, 1-5% H₂ and a small fraction of H₂S gas by volume [1-4]. H₂S in biogas is corrosive to the engine components and need to be removed from the biogas. In this study, pumice stone is used for purification of the contaminant gasses in biogas which is produced from animal waste. H₂S purification performance of the pumice stone is tested for different flow rate and pressures experimentally. Results showed that H₂S ratio has fallen from 130 ppm to 101 ppm (22%) at 6 l/min flow rate.

KeyWords-Biogas, Purification, Pumice Stone

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde içten yanmalı motorlar yaygın olarak fosil kökenli yakıtlar kullanılmaktadır. Ancak, fosil kökenli yakıtların azalması ve tüketimi sonucu çevreye verdiği negatif etkilerden dolayı, içten yanmalı motorlarda kullanılan yakıtlara alternatif arayışındaki araştırmalar hız kazanmıştır. Biyogaz, yüksek bir ısı değeri içerdiğinden dolayı içten yanmalı motorlarda kullanılabilecek iyi bir alternatif yakıt kaynağıdır. Biyogaz; hayvansal atıklar, ürün atıkları, lağım pisliği, atık su ve çöp gibi organik madde olan biyolojik materyallerin havasız ortamda çürütülmesi sonucu elde edilebilir. Biyogazın içeriğindeki H₂S içten yanmalı motorların mekanik aksamları üzerinde korozyon etkisine sebep olan asidik bir gaz olmasından dolayı yanmadan önce biyogazdan ayrıştırılmalıdır [5].

Biyogaz saflaştırma işlemlerinde dikkat edilmesi gereken yatırım, işletme maliyetlerinin düşük olması ve yüksek verim elde edilmesidir. Yatırım ve işletme maliyetlerini düşürmek amacıyla alternatif saflaştırma yöntemi olarak kullanılarak atıkların çevreye olan olumsuz etkileri azaltılabilir. Ayrıca atık veya doğal malzemelerin doğru bir şekilde kullanımıyla ekonomiye katma değer kazandırarak geri dönüşümü sağlanabilir [6].

Alonso-Vicario ve arkadaşları, çalışmalarında; emici malzeme olarak doğal (Klinoptilolit) kullanılarak termal desorpsiyon ile basınç salınım adsorpsiyonu (BSA) biyogaz temizlemeyi (biyogazdan H₂S uzaklaştırmayı) incelemişlerdir. Çalışmada bol bulunan ve düşük maliyetli zeolit in biyogaz saflaştırılması ve iyileştirilmesinde cazip oluğu vurgulamışlardır [7]. Okada ve arkadaşları, çalışmalarında; 100 ml H₂S solüsyonun içerisine çelik çürufu eklendikten sonra beyaz çökeltiler oluşmuş ve X-ışını soğurumlu ince yapı spektrumları ile elemental sülfür olarak tespit etmişlerdir. Çelik çürufu oksidasyon yoluyla, FeS için mineralizasyon sayesinde ve çüruftan kaynaklanan Fe ve Mn ile desteklenen süreç ile etkili bir şekilde H₂S giderileceğini çalışmalarında belirtmişlerdir [8]. Tippayawong ve Thanompongchart, çalışmalarında, biyogaz yıkama ve CH₄ zenginleştirme için bir yöntem sunmuşlardır. Sızdırmaz bir kolon içinde sulu çözeltiler ile CO₂ ve H₂S'in kimyasal emilimini, deneysel olarak incelemişlerdir. Kullanılmış olan sulu çözeltiler, NaOH, kalsiyum hidroksit (Ca(OH)₂) ve Monoetanolamin (MEA) dir. Sıvı solvenler kolon boyunca dolaştırılmış ve biyogaz ters akışta temas ettirilmiştir. İnceledikleri emme karakteristiklerine göre; kullanılan sıvı çözeltiler biyogazdaki CO₂ ile etkin bir şekilde reaksiyona girmiş (% 90 üzerinde saflaştırma verimliliği) ve metan oranı zenginleştirilmiş yakıt elde edilmiştir. H₂S tespit edilebilme limitinin altına indirgenmiştir [9].

Yapılan çalışmada hayvansal atıklardan üretilen biyogazın içeriğinde bulunan kirletici gazları (H₂S) saflaştırmak amacıyla ponza taşı kullanılmıştır. Ponza taşının H₂S giderime etkisi farklı debiler ve basınçlar için deneysel olarak incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

Biyogaz üretimi Karabük Üniversitesi Biyogaz Üretim ve Araştırma Merkezinde gerçekleştirilmiştir. Kütleli olarak % 35'i su, % 17'si peyniraltı suyu, % 40'ı büyük baş hayvan gübresi ve % 8'i tavuk gübresinden oluşan hammadde yaklaşık 5 tonluk fermantöre kesikli besleme yöntemi ile yüklenmiştir. Fermantör içerişi sıcaklık 37 °C' sabit tutularak her on dakikada bir dakika olacak şekilde karıştırıcılar vasıtası ile karıştırılmıştır. Biyogaz elde edildikten sonra, içten yanmalı motorlarda yakıt olarak veya yakılarak ısı enerjisi şeklinde kullanılabilir. Ancak, biyogazın içeriğindeki H₂S varlığı birçok ekipmanda yıpratıcı etkiye sahip olduğu için saflaştırma işlemi gerekmektedir. Gözenekli yapısı, doğada bol miktarda bulunması ve düşük maliyetli sebebiyle ponza taşının biyogaz saflaştırılabilirliği incelenmiştir. Deneysel olarak ülkemizde bol miktarda rezerv potansiyeline sahip, gözeneklilik değeri yüksek, Nevşehir bölgesinden temin edilen ponza taşı kullanılmıştır. Tablo 1'de Karabük Üniversitesi Demir Çelik Entitesünün ponza taşı EDX değerleri verilmiştir.

Tablo 1. Ponza taşının element içeriği (Element content of pumice stone)

Element	Kütleli Oran (%)
C	13,24
O	22,13
Mg	0,30
Al	2,55
Si	23,65
P	3,04
S	0,53
K	1,30
Mn	12,50
Fe	20,77

İlk olarak ponza taşı elekten geçirilerek aynı boyutta olması sağlanmıştır. Sonrasında içeriğindeki nemin giderilmesi için ince bir tabaka halde bir naylon örtüye serilmiş ve kurulmuştur. Şekil 1'de ponza taşının boyutlanması ve kurutması gösterilmiştir.

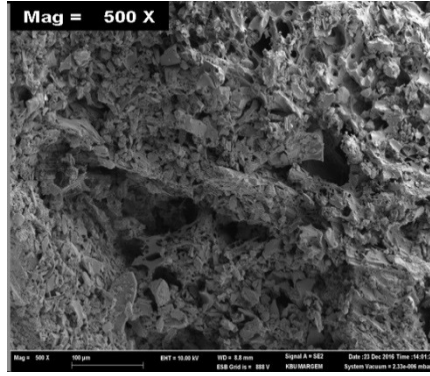


Şekil 1. Ponza taşı sınıflandırma ve kurutma (Pumice Stone classification and drying)

Kurutma işleminin ardından deneylerde kullanılan ponza taşı, Şekil 2’de gösterildiği gibi saflaştırma kulesine doldurulmak üzere hazır hale getirilmiştir. Şekil 3’te Karabük Üniversitesi Demir Çelik Enstitüsünün ponza taşının içyapısının beş yüz kat büyütülmüş SEM görüntüsü verilmiştir.

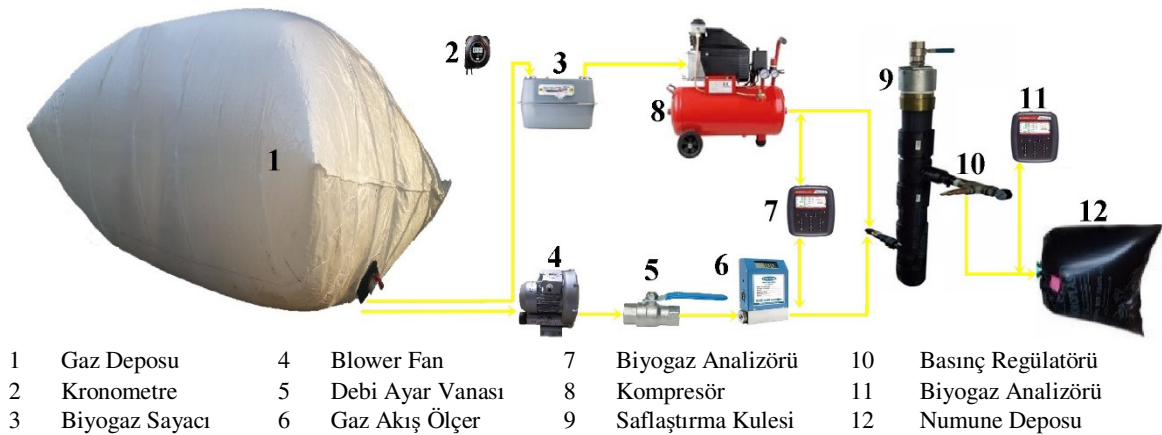


Şekil 2. Deneylerde kullanılan ponza taşı (Pumice Stone used in experiments)



Şekil 3. Ponza taşının SEM görüntüleri (SEM images of Pumicestone)

Kurulan deney sisteminde, imalatı yapılan biyogaz saflaştırma kulesi içerisine ponza taşı yerleştirilmiş değişik debi (3 ve 6 L/dak) ve basınç (1 ve 1,5 bar) oranlarında geçirilmiş ve ponza taşının H₂S tutma oranları incelenmiştir. Şekil 4’te H₂S gidermek için kurulan sistem ekipmanları gösterilmiştir.



Şekil 4. H₂S giderim sistemi (H₂S removal system)

Kurulan deney sisteminde farklı debileri elde etmek için debi ayar vanasından debi değeri ayarlanıp gaz akış ölçer ile kontrolü anlık olarak gerçekleştirilmiştir. Farklı debiler için biyogaz sırası ile 1-4-5-6-7-9-11-12 elemanlarından geçirilmiştir. Deneylerin süre ölçümü için dijital kronometre kullanılmış olup deneye başlandığı anda çalıştırılmış ve deney bitişinde durdurulmuştur. Saflaştırma kulesi öncesi biyogazın içeriğindeki gazlar Geotech GA 5000 biyogaz analizörü ile ölçülmüş ve kayıt edilmiştir. Biyogaz, saflaştırma kulesinden geçtikten sonra analizör ile tekrar ölçülmüş ve kayıt edilmiştir. Saflaştırma kulesinden çıkan gaz numune torbasında depolanmıştır. Farklı basınçlar için basınç regülatöründen faydalanılmıştır. İstenilen basınca sabitlenip manometre ile kontrol edildikten sonra dijital kronometre başlatılmış ve gaz sayacı okunmuştur. Sayaçtan geçen biyogaz, kompresör öncesi analizör ile biyogazın içeriğindeki gazlar ölçülmüş ve kayıt altına alınmıştır. Saflaştırma kulesi sonrası biyogaz numune deposunda biriktirilmiş ve biyogazın içeriğindeki değişim tekrar analizör ile ölçülüp kayıt altına alınmıştır. Deney bittiği anda kronometre durdurulmuş ve sayaç tekrar okunmuştur. Farklı basınçlar için biyogaz sırası ile 1-3-8-7-9-10-11-12 elemanlarından geçirilmiştir.

3. SONUÇ VE TARTIŞMA(CONCLUSION AND DISCUSSION)

Yapılan çalışmada üretilen biyogazın yapılan saflaştırma kulesinden öncelikle değişken debi değerlerinde (3 L/dak ve 6 L/dak), ve farklı basınçlarda (1 bar ve 1,5 bar), ponza taşı içerisinden geçirilmesi sonucu farklı H₂S saflaştırma oranları elde edilmiştir. Yapılan deneylerin sonuçları Tablo 2 ve Tablo 3' te verilmiştir.

Tablo 2. Ponza taşı malzemesi için farklı debi sonuçları (Different flow results for pumice Stone material)

Ponza Taşı Farklı Debi Sonuçları				
Debi 3 L/dak.				
	CH₄	C₂O	O₂	H₂S
Giriş	14,7	8,3	16,2	67
Çıkış	14,6	8,2	16,6	56
Değişim	%1	%1	-%2	%16
Debi 6 L/dak.				
Giriş	23,8	14,4	13,2	130
Çıkış	23,0	13,8	13,6	101
Değişim	%3	%4	-%3	%22

Tablo 3. Ponza taşı malzemesi için farklı basınç sonuçları (Different pressure results for pumice ston ematerial)

Ponza Taşı Farklı Basınç Sonuçları				
Basınç 1,0 Bar				
	CH₄	C₂O	O₂	H₂S
Giriş	40,2	25,9	7	292
Çıkış	44,5	28,7	5,8	283
Değişim	-%11	-%11	%17	%3
Basınç 1,5 Bar				
Giriş	44,9	29,2	5,3	296
Çıkış	44,5	28,8	5,8	284
Değişim	%1	%1	-%9	%4

Ponza taşı malzemesinde debi değerinin artmasıyla H₂S saflaştırma oranının arttığı tespit edilmiştir. Debi değerleri 6- 9 L/dak değerleri için saflaştırma oranları sırasıyla %16 ve %22 olmuştur. Biyogaz içeriğindeki H₂S'i farklı basınç şartları altında saflaştırmak amacıyla yapılan çalışmalarda, basınç arttıkça biyogaz içeriğindeki H₂S'in saflaşma önemli bir değişim olmamakla birlikte, 1 ve 1.5 bar basınç değerleri için saflaştırma oranları sırasıyla %3 ve %4 olmuştur. Ponza taşı için elde edilen H₂S saflaştırma verileri göz önüne alındığında biyogazın ön saflaştırılmasında kullanılabilceği açıkça görülmektedir. Ön saflaştırılma işleminin yapılması ile asıl saflaştırıcının ömrü uzatılabilir.

4. TEŞEKKÜRLER

Bu Çalışma Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Birimi Tarafından Desteklenmiştir. Proje No: (KBÜ-BAP-16/1-YL-103)

5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]Xuan, J., Leung, M., Leung, D., Ni, M.,(2009). A review of biomass-derived fuel processors for fuel cell systems, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 13, 1301–1313.
- [2]Andriani, D., Wresta, A., Atmaja, T.D., Saepudin, A., (2014).A review on optimization production and upgrading biogas through CO₂ removal using various techniques, *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 172 (4), 1909–1928.
- [3]Karagöz, M., (2016). Hayvansal Atıkların Kofermantasyonu ile Biyogaz Üretimi, Doktora Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 15-80.
- [4]Eyidoğan, M., (2008). Biyogazın saflaştırılması ve motorlu taşıtlarda yakıt olarak kullanılması”, *Mühendis ve Makine* 49 (584), 18-24.
- [5]Laua, L.C., Nor, N.M., Leeb, K.T., Mohamed, A.R., (2015). Selection of better synthesis route of CeO₂/NaOH/PSAC for hydrogen sulphide removal from biogas, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 3,1522–1529.
- [6]N., Tunç, “Hayvansal atıklardan üretilen biyogazın alternatif malzemeler ile saflaştırılmasının incelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2016, pp.15-25.
- [7]Alonso-Vicario, A., Ochoa-Gomez, J.R., Gil-Rio, S., Gomez-Jimenez-Aberasturi, O., Ramirez-Lopez, C.A., Torrecilla-Soria, J., Dominguez, A., (2010) Purification and upgrading of biogas by pressure swing adsorption on synthetic and natural zeolites, *Microporous and Mesoporous Materials*, 134, 100-107.
- [8]Okadaa, K., Yamamotoa, T., Kimc, K.H., Asaokad, S., Hayakawab, S., Takedaa, K., Watanabed, T., Hayashie, A., Miyatae, Y., (2014) Removal of hydrogen sulfide with steel making slag by concurrent reactions of sulfide mineralization and oxidation”, *Ecological Engineering*, 63, 122-126.
- [9]Tippayawong, N., Thanompongchart, P., (2010) Biogas quality upgrade by simultaneous removal of CO₂and H₂S in a packed column reactor, *Energy*, 35,4531-4535.