TÜRK-ALMAN
BİYOGAZ PROJESİ

2. Biogas-Training

Biyogaz Nedir?

Jaqueline Daniel-Gromke, Nadja Rensberg
Deutsches BiomasseForschungsZentrum (DBFZ)

Ankara, 11.07.2011

T.C.
ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK
BAKANLIĞI

Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Bu proje Uluslararası İklim Girişimi'nin bir parçasıdır. Federal Alman Çevre, Doğa Koruma ve Nükleer Güvenlik Bakanlığı bu girişimi Alman Parlamentosu kararı ile desteklemektedir.

"Biyogaz" nedir? (1)

- Biyogaz organik maddenin havayla ilişkisi kesildiğinde mikroplar tarafından ayrıştırılması sonucu oluşur
- Yakl. %50 - 80 metan (CH_4) ve % 20 - 50 karbondioksitten (CO_2) oluşan yanıcı gaz
- Bu ayrışma süreci doğada da gerçekleşir (bataklıklar, doğal suların diplerinde) → Çürütme tesislerinin özü, doğal indirgeme süreçlerinin teknik bir şekle girmesidir. Bu sırada açığa çıkan enerjiden (biyogaz) teknik olarak yararlanılır.
- Metanın yanması sırasında CO_2 de oluşur

$$CH_4 + 2\ O_2 \rightarrow CO_2 + 2\ H_2O$$

- Sadece, bitkilerin büyürken atmosferden almış olduğu kadar CO_2 oluşur, yani CO_2 global karbon dolaşımına yük oluşturmaz.

"Biyogaz" nedir? (2)

"Biyogaz" nedir?(3)

Anaerob fermentasyon için prensip olarak tarım, gıda endüstrisi alanlarından ve ayrı toplanmış evsel biyoçöp ve gıda atıklarının şu türden **tüm orijinal organik maddeleri** elverişlidir:

- yabancı ve engelleyici maddeler içermeyen,
- lignin yapıları (odun) içermeyen,
- ağır metal ve hücre zehirleri içermeyen,
- özellikle az yapılanmış, su zengini ve kötü kokan

Bunlara şunlar dahildir:

- Hayvancılıktan (domuz, sığır, kümes hayvanları) tezek ve lağım
- Gıda maddesi endüstrisinden atıklar (hayvan kesimi, süt ürünlerinin üretimi, meyve ve sebze işleme, gıda atıkları, yağ ayrıştırıcı içeriği vs.)
- Yenilenebilir hammaddeler (mısır silajı, tahıl bitkisi silajı, tahıl taneleri, ot vs.).

"Biyogaz" nedir?(4)

Çürüme ürünleri:

- Çürümenin ana ürünü **biyogazdır** – fosil yakıtları (özellikle doğal gazı) tamamen ikame edebilen bir ürün.

Biyogaz tesislerinde şu uygulamalar yapılabilir:

  - Isı (sıcak su, buhar) üretme amacıyla kalorifer kazanlarında yakma,
  - Blok ısı santrallerinde (elektrik ve ısı üretme amaçlı jeneratör kuplajlı sabit yanma motoru),
  - Mevcut doğal gaz şebekelerine beslemeye yönelik olarak biyogazın doğal gaz evsafında arıtılması. Böylelikle doğal gaz için var olan tüm uygulama alanlarının önü açılır, yani basınçlı gaz (CNG = compressed natural gas) ile araçta kullanım dahil.

- Yanı sıra, organik NPK gübresi olarak tarım, çevre düzenleme ve bahçecilikte kullanım bulan çürüme ürünü (sıvı ya da katı), oluşur.

Temel kavramlar – Biyogaz (1)

TS / KM:

= Kuru madde
Kuru madde (TS) = biyokütle – su;
→ 105 °C‘de sabit bir ağırlığa ulaşıncaya kadar kurutularak belirenir

oTS / oKM:

= organik kuru madde (kor kaybı)
org. Kuru madde (oTS/oKM) = kuru madde – ham kül
→ Oran > 600 °C'de küle dönüşüm ile belirlenir

Gaz hasılatı:

Kullanılan özgenil miktarına oranla oluşan biyogaz miktarı. (m^3/kg oTS cinsinden)

Yan özgeniller:

Çürütülmesi öngörülen, ekonomik gübre (lağım, ahır tezeği) olmayan belirli organik maddeler.

Bunlara günümüzde özellikle yenilenebilir hammaddeler ve ayrıca evsel, ticari ya da endüstriyel organik atıklar dahildir.

Temel kavramlar – Biyogaz (2)

Kalma süresi:

Kalma süresi, bir özgenilin fermentasyon konteynerinde kaldığı ortalama süredir (ortalama hidrolik ortamda kalma süresi).

Lağımda yakl. 30 - 40 gün, yenilenebilir hammaddelerde yakl. 60 - 100 gün.

$$\frac{\text{Faydalı fermentasyon konteyner hacmi [m}^3\text{]}}{\text{Günlük özgenil girişi [m}^3\text{/d]}}$$

Mekan yükü:

Mekan yükü, fermentasyon konteynerine her gün verilen organik malzeme miktarını belirtir (< 4 kg oTS/m³*d).

$$\frac{\text{Günlük özgenil akışı [kg oTS/d]}}{\text{Faydalı fermentasyon konteyneri hacmi [m}^3\text{]}}$$

Temel kavramlar – Biyogaz (3)

Yenilenebilir hammaddeler (NaWaRo):

Madde ve enerji olarak kullanılan biyokütleler için genel kavram (çöp değil, yem ve gıda maddeleri değil).

Bunlar genellikle tarım ve ormancılıkla üretilmiş hammaddelerdir, örneğin odun, keten, pancar, patates, tahıl, ot ya da mısırdan elde edilen ve madde ya da enerji halinde kullanılan şeker ya da nişasta maddeleri.

Bunlara çevre bakımı sırasında atılan bitkiler ve bitki parçaları da dahildir. (karş. 01.08.2004 tarihli EEG yasası, 8.md., 2. par., 1a bendi.)

Güç-Isı Kuplajı (KWK):

Enerjinin eşzamanlı olarak hem elektriksel (ya da mekanik) enerjiye, hem de kullanım amaçlı ısıya (faydalı ısı) dönüştürülmesi. Biyogaz tesislerinde günümüzde ağırlıkla blok ısı santralleri (BHKW) kullanılmaktadır.

Biyogaz üretimiyle sağlanan çevre ve hiyjen avantajları

Çöplerin klasik depolanması yüksek emisyonlara yol açar

Biyogaz tesislerinde bundan değerli gübre ve iklim dostu enerji kazanılır!

Ek gelir / tasarruf imkanı

Hijyen, içme suyu rezervlerinin korunması için başka çözümlerden tasarruf

Metan emisyonları, CO_2 – dönüşüm faktörü yakl. 25

Enerji satışı, CO_2 – sertifikaları yoluyla gelir imkanı

Yan fermantasyonlu biyogaz tesisi

Kompostlaştırma – Çürüme karşılaştırması

Kompostlaştırma

- Aerob indirgeme süreci,
- Üç madde karışımı (org. Katı maddeler, su ve hava oksijeni),
- Sadece dökme malzemeye uygun,
- Şiddetli ısı açığa çıkışı,
- Enerji teknik olarak kullanılamaz
- CO_2 açığa çıkışı
- Lignin (odun maddesi) indirgenebilir.

Çürüme

- Anaerob indirgeme süreci,
- İki madde karışımı (organik madde + su),
- Sıvı, macunsu ve katı biyokütle için uygun (gerekiyorsa inceltilir),
- Çok az ısı açığa çıkışı,
- Biyogaz enerjisi kullanılabilir (yanma sırasında CO_2 açığa çıkar),
- Lignin çürütülemez.

✓ Her ikisi de organik madde için mikrobiyolojik indirgeme yöntemleridir.
✓ Her ikisinin de çıktısı, tarlada kullanılacak „ikincil hammadde gübreleridir".
✓ Sadece, bitkilerin büyürken özümsedikleri kadar CO_2 dışarı salınır.

Çürüme biyolojisi (1)

Fermentasyon konteynerindeki biyogaz süreci, bir ineğin işkembesindeki sindirim sürecine karşılık gelir!

Çıktı:
Daha iyi lağım

Kaynak: EBA-Zentrum Triesdorf

Çıktılar: Elektrik, ısı

Çürüme biyolojisi (2)

Biyogaz oluşumunun esasları

I. Hidroliz

II. Asitlenme

III. Asetik asit oluşumu

IV. Metan oluşumu

- İki kademeli yöntem:

  Ön asitlenme

  Metan oluşumu

  ayrı mekanlardadır
- Tek kademeli yöntem: Bütün süreç zinciri tek konteyner içinde

Çürüme biyolojisi (3)

Tek ya da iki kademeli çürümeden hangisi ?

- Tek kademeli çürütme tesisleri 4 adımı da sadece bir reaksiyon odasında, fermantasyon konteynerinde bir araya getirir. Bunun avantajı, sadece 1 konteyner kurmayı gerektirmesidir. Ancak işe karışan bakteri türleri için en iyi ortam koşulları yer yer hayli farklılık gösterir. Bu da şu demek: bir tür için en iyi şekilde ayarlanmış koşullar ⇒ diğer türler için en iyi olmayan koşullar. Çeşitli türlerin metabolizma hızları da birbirinden çok farklıdır. Böylece tek kademeli sistemlerde en yavaş tür, bütün süreci belirleyen tür olur. Bunun sonucu, çok uzun kalma süreleri (>> 30 gün) ve düşük organik mekan yükleridir (1,0 ila 3,0 kg oTS/m³*d).

- İki kademeli çürütme tesisleri 1. ve 2. adımların (hidroliz ve asitlenme) mekanlarını 3. ve 4. adımlardan (asetat oluşumu, metan oluşumu) ayırır. Bunun çok önemli avantajı, iki kademenin ortam koşullarının ayrı ayrı ayarlanabilmesi ve genel sürecin performansının önemli ölçüde artırılabilmesidir. Bunun sonucunda genel sürecin kalma süreleri < 25 gün ve organik mekan yükleri >> 3,0 kg oTS/m³*d (bis 8,0 kg oTS/m³*d) mertebesinde olabilir.

Çürüme biyolojisi (4)

Çürüme sıcaklığı: mezofil mi, termofil mi?

Mikroorganizma sınıfları kendileri için en iyi olan sıcaklıklara göre şu gruplara ayrılır:

- psikrofil ~ 5 … 20 °C,
- mezofil ~ 33 … 38 °C,
- termofil = 55 °C.

Psikrofil indirgeme süreçleri doğada (örn. bataklıklarda) gerçekleşirler, ancak teknik tesislerde önem taşımazlar.

Çürüme biyolojisi (5)

Biyogaz tesislerinin çoğunluğu **mezofil** tesisler olarak çalıştırılır:

- Yüksek proses istikrarı, bu sıcaklık aralığında **12** metan üreten sınıf faaldir → farklı özgenillere göre iyi ayarlanabilirlik
- Yeterince yüksek süreç hızı ve organik maddenin indirgenme derecesi
- Geniş optimum sıcaklık aralığı

Termofil tesisler nadirdir ve sadece belirli özel durumlarda tavsiye edilir:

- Sadece **1** bakteri sınıfı termofil aralıkta faaldir → istikrarsız bir süreç riski,
- Daha kısa kalma süresinde %15 daha yüksek gaz çıktısı (daha düşük metan oranıyla)
- Çok dar bir optimum sıcaklık aralığı

Ancak mutlak sıcaklık derecesinden çok daha önemlisi, **sıcaklığın sabit olmasıdır**. Daha 80'li yılların başlarındaki araştırmalar, +/- 2 ° sürekli değişimin 24 °C sabit sıcaklıktaki bir gaz çıktısına karşılık geldiğini ortaya koymuştur (yakl. %60).

Optimum sıcaklıklar

Çürüme biyolojisi (6)

Islak ya da kuru çürümeden hangisi ?

- Islak çürüme yöntemi → pompalanabilir özgeniller (KM oranı < %15),
- Kuru çürüme yöntemi → istiflenebilir özgeniller (KM-oranı > %20).

O halde yenilenebilir hammaddelerde (silajlar, tahıl küspeleri) → kuru yöntem mi kullanılmalıdır?

Hayır, metanojen bakteriler metabolizma faaliyetleri için nemli (ıslak) bir ortama ihtiyaç duyarlar. Ayrıca sulu çözelti, hücreye doğru (özgenil) ve hücreden dışarı (metabolizma ürünleri) madde hareketlerini sağlamak için daha elverişlidir.

Bu nedenle bazı **kuru çürüme yöntemleri** besleyici çözeltilerin durağan biyokütle istifinin içerisinden süzdürülmesiyle işler.

Çürüme biyolojisi (7)

Elbette **ıslak çürütme yöntemleriyle** de istiflenebilir özgeniller işlenebilir. Ancak bunlar biyolojik sistemin içine pompalanmadan önce uygun bir sıvı (işlem suyu, taze su, lağım vs.) katılarak bir mayşe oluşturacak şekilde seyreltilirler. Bazı tesis konseptlerinde katı maddeler ve sıvı ayrı yollardan biyolojik sisteme iletilir ve bunlar ancak fermantasyon konteynerinin içinde birbiriyle karışır. Bu durumda çürüme kapları içerisinde bireysel bakterilerle ilgili madde hareketi (içeri ve dışarı) karıştırma sistemleri aracılığıyla sağlanır.

Çürüme biyolojisi (8)

Tüm biyokimyasal süreçlerde biyokütle sentezi için eksiksiz bir **besin maddesi varlığı** vazgeçilmez önemdedir. Biyokütle için $C_{106}H_{180}O_{45}N_{16}P$ brüt formülünden hareketle şu besin maddesi ihtiyacı vardır:

Org. Karbon	C	45 – 50 %
Hidrojen	H	7 – 9 %
Oksijen	O	34 – 39 %
Azot	N	2 – 10 %
Fosfor	P	0,1 – 6 %

Buna birkaç da eser element (demir, nikel, kobalt, selenyum, molibden, wolfram vb.) eklenir. Hayvansal dışkılarda (lağım, tezek) temel maddeler yeterli ve kimi zaman aşırı miktarda vardır. Yenilenebilir hammaddelerin kullanımında durum farklıdır. Burada, biyokütle tarafından belirlenen özgenil besin maddesi oranlarını önemli ölçüde değiştiren tek yönlü yoğunlaşmalar meydana gelebilir. Örneğin fazla yüksek bir **C/N oranı** mevcut karbonun bir kısmının metana dönüştürülememesine yol açar (metan oluşum potansiyeli kullanılamaz). Buna karşılık fazla düşük bir C/N oranı azot fazlasından NH_3 (amonyak) oluşumuna yol açar.

Çürüme özgenilinin C / N oranı

Kaltasser'e göre bağıntı, 1980

Çürüme biyolojisi (9)

Engelleyici maddeler: Antibiyotikler, dezenfeksiyon maddeleri, solventler, bitki zehirleri, tuzlar, ağır metaller.

Bakteriler sınırlı ölçüde değişen ortam koşullarına uyum sağlama yeteneğine sahip olduklarından, genellikle kesin sınır değerleri verilemez. Ayrıca "adaptasyon"dan da söz edilir, yani birden fazla nesil boyunca zarar görmeye tolerans eşiği kayabilir.

Ancak mikrobiyolojik indirgeme süreci içerisinde de engelleyici maddeler oluşabilir. Buna **amonyak** oluşumu dahildir. Bu oluşum, amonyum konsantrasyonu ile kimyasal denge içerisindedir:

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

pH değeri ve sıcaklık arttıkça kimyasal denge toksik etki yapan amonyak yönünde kayar. Amonyak düşük konsantrasyonlarda bile (yakl. 200 mg/l'den itibaren) bakterilerin büyümesini engeller ve daha yüksek konsantrasyonlarda bakteri popülasyonunun tamamen çökmesine yol açabilir.

Yöntem çeşitlemeleri (1)

1. İçinden akış yöntemi:

2. Depolama yöntemi:

a = ön konteyner (ön çukur)
b = çürüme konteyneri
c = depolama konteyneri
d = Folyo kubbesi
e = Kötü hava koruması
f = Taşma

Kaynak: Schulz, H. & Eder B.: Biogas-Praxis

Yöntem çeşitlemeleri (2)

3. Deponun içinden akış yöntemi:

a = Ön konteyner (ön çukur)
b = Çürüme konteyneri
c = Depolama konteyneri
d = Folyo kubbesi
e = Kötü hava koruması
f = Taşma

Kaynak: Schulz, H. & Eder B.: Biogas-Praxis

Yöntem çeşitlemeleri (3)

Teknik gelişmeler: biyokütle ile ilgili işlemler

Fermantasyon konteyneri yapıları (1)

Duran fermantasyon konteyneri (karıştırma kazanı)

Yapı malzemesi: **Betonarme, paslanmaz çelik**

Kaynak: Biogashandbuch Bayern, 2004

Fermantasyon konteyneri yapıları (2)

Tavan bölgesi (12 yıllık çalışma sonrası gaz odası)

Fermantasyon konteyneri yapıları(3)

İki odalı fermantasyon konteyneri (hidrolik karıştırma)

Yapı malzemesi:

Sistemler: BIMA
VSP
INNOVAS

Toparlama: Ludley, Rostock

Fermantasyon konteyneri yapıları(4)

Yatay fermantasyon cihazı (çürüme kanalı, "damla akışlı fermantasyon)

Malzeme: Betonarme, paslanmaz çelik

Quelle: Biogashandbuch Bayern, 2004

Fermantasyon konteynerinin asgari şartları

- Malzeme seçimi gereksinimlere göre, (yani organik asitlere, H_2S'ye, mikroorganizmalara vs. dirençli,
- Faydalı hacim projeye göre (mekan yükü, kalma süresi),
- Gaz geçirmez!!
- Geometrik hacmin yakl. %10'u gaz hacmi,
- Tüm taraflardan ısı yalıtımı,
- Fermantasyon ısıtması (iç ya da dış),
- Homojenizasyon sistemi (mekanik, hidrolik ya da pnömatik) özgenil özelliklerine uyarlanmış.
- Her zaman dışarıdan kontrol altına alınabilir (kum, köpük vs.),

Rührwerkstechnik

Gaz depolama

Alçak basınç deposu (0,05 – 1,2 mbar)

EPDM folyo kubbe	folyo çatı	Taşıyıcı havalı folyo çatı	Harici folyo depolama (yastıklar, çuvallar)
Tek kabuklu	Tek ya da iki kabuklu	İki kabuklu	Tek ya da iki kabuklu
+ ekonomik çözüm + görece basit, sağlam ve esnek depolama + fermantasyon tekniği için bakım kolaylığı + gaz hacmi büyük ölçüde görünür	+ görece gaz geçirmez depo + hava koşullarına dayanıklı çeşit (rüzgar, kar) + kısmen üzerinde yürünebilir	+ görece gaz geçirmez depo + hava koşullarına dayanıklı çeşit (rüzgar, kar) + kısmen üzerinde yürünebilir	+ hava koşullarına duyarsız gaz depolama + ölçüm tekniği iyi monte edilebilir + BHKW (blok ısı santrali) kısmen dolum seviyesi yönetimli çalıştırılabilir
- Kısmen rüzgar ve kara duyarlı - Yazları genleşme => gaz çıkışı	- Maliyet yoğun - Fermantasyon konteynerlerinin açıklığı karmaşık - Karıştırma sisteminin tavana montajı zor	- Maliyet yoğun - Folyoya hava üfleme => patlama emniyetine dikkat - Karıştırma sisteminin tavana montajı zor	- Ek yer ihtiyacı - Uygulanması gereken emniyet direktifleri (biyogaz-hava karışımı) - Yeterli havalandırmaya dikkat

Biyogaz kullanım imkanları (1)

Source: Dr. P. Weiland; FAL Braunschweig, Germany 2001

Biyogaz kullanım imkanları (2)

	Blok ısı santral teknolojisi / gaz kullanımı			
	Gazlı brulör	Benzin motoru (gaz-Otto motoru yöntemi)	Enjeksiyonlu motor (seri dizel motor)	Gazlı motor (gaz-Otto motoru yöntemi)
	Isı	Elektrik ve ısı	Elektrik ve ısı	Elektrik ve ısı
Fiyat:	düşük	düşük	mittel-hoch	mittel-hoch
Verim oranı:	85 - 93 %	20 - 25 %	ca. 30 - 41 %	ca. 30 - 40 %
Ömür:	uzun	kısa	orta	uzun
Gürültü:	az	orta	orta-yüksek	orta-yüksek
Bakım ger.:	düşük	yüksek	yüksek	orta
Özellikler:	- Yüksek genel verim oranı (%90) - Elektrik satışı yok => ekonomiklik?	- Sadece yakl. 30 kWel gücüne kadar - Halen geliştirilmiyor	- Gaz kalitesi bakımından esnek - Düşük güç aralığında yüksek elektrik verim oranları - 2007'den sonra yeni tesisler için fosil ateşleme mazotu yok - Ateşleme mazotu ile mono çalışma mümkün => start aşaması	- Uzun üretim durma süreleri - Yüksek güç aralığında yüksek elektrik verim oranları - Ateşleme mazotu gerektirmiyor - Emisyon sınır değerlerine uyumda güvenilir

Atık ısı kullanımı

- Kısa bağlantı hatlarına sahip alıcılar için yakın ısı, örn. komşu işletmeler, konutlar
- Proses ısı ihtiyacı yüksek alıcılar için uzak ısı, örn. seracılık, birahane, hastane, yüzme havuzu vs.
- Isı suda, toprakta ya da çakıl/su deposunda depolanır
- Ahşap (kerestecilik), talaş, baharat otlarının, tütünün, çöpün ya da arıtma çamurunun vs. kurutulması
- Proseslerin, büroların, ahırların soğutulması için bir absorpsiyon soğutma makinesinde ısının soğuğa dönüştürülmesi

Biyogaz kullanım imkanları (3)

Source: Dr. P. Weiland; FAL Braunschweig, Germany 2001

Biyogaz kullanım imkanları (4)

Yakıt olarak biyogaz için kalite gereksinimleri	
Metan:	≥ 96 hacim %
Karbondioksit	≤ 3 hacim %
Oksijen	≤ 0,5 hacim %
Sülfrik asit	≤ 5 ppm
Toz	≤ 1 µm
Nem	Çiğ noktası: - 30 ℃
Kaynak: Prof. Dr. Ing. Peter Weiland (FAL)	

İlginiz için teşekkür ederiz!

TÜRK-ALMAN
BİYOGAZ PROJESİ

Türk-Alman Biyogaz Projesi
Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
And Sokak No: 8/11
06680 Cankaya/Ankara, TURKEY

T +90 312 466 7056
T +49 6196 79830 007
E biogas-tr@giz.de
I www.giz.de
I www.biyogaz.web.tr

Yazar:
Jaqueline Daniel-Gromke, Nadja Rensberg
Deutsches BiomasseForschungsZentrum (DBFZ)