

# Biyogaz Üretimini

**Prof. Dr. Ahmet KARADAĞ**

Bartın Üniversitesi

Fen Fakültesi

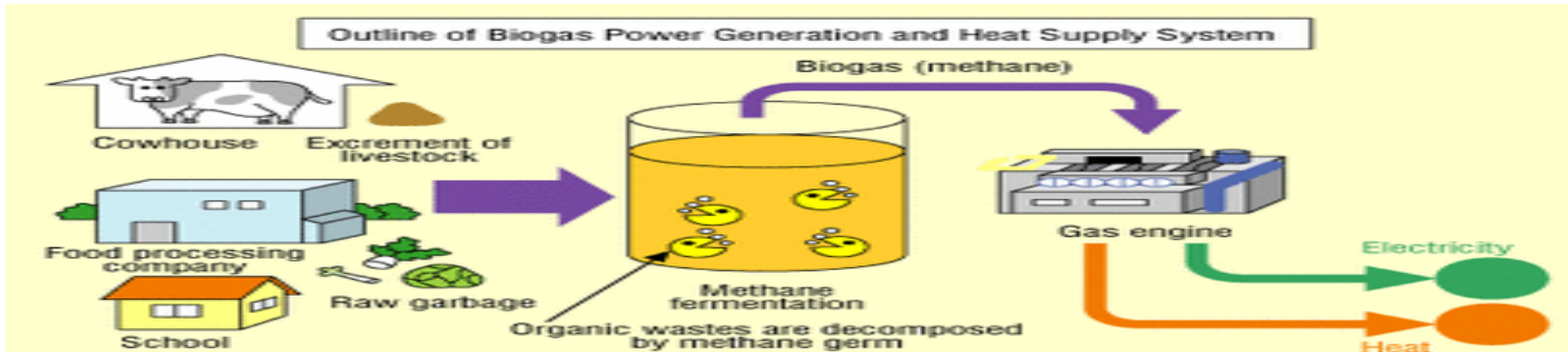
# İçindekiler

- Biyogazın Tanımı ve Oluşumu
- Biyogazın Kimyasal Oluşumu
- Biyogaz Üretimin Mikrobiyolojisi Ve Biyogaz Üretimini Etkileyen Faktörler
- Biyogazın Oluşumu
- Anaerobik Çürüme
- Fermantasyon ve Hidroliz
- Asetik Asit Oluşumu
- Metan Gazı Oluşumu
- Buswell Eşitliği
- Metan Gazının Özellikleri
- Biyogazın Özellikleri
- Biyogazın Dünyaya'da ve Türkiye'de Kullanımı



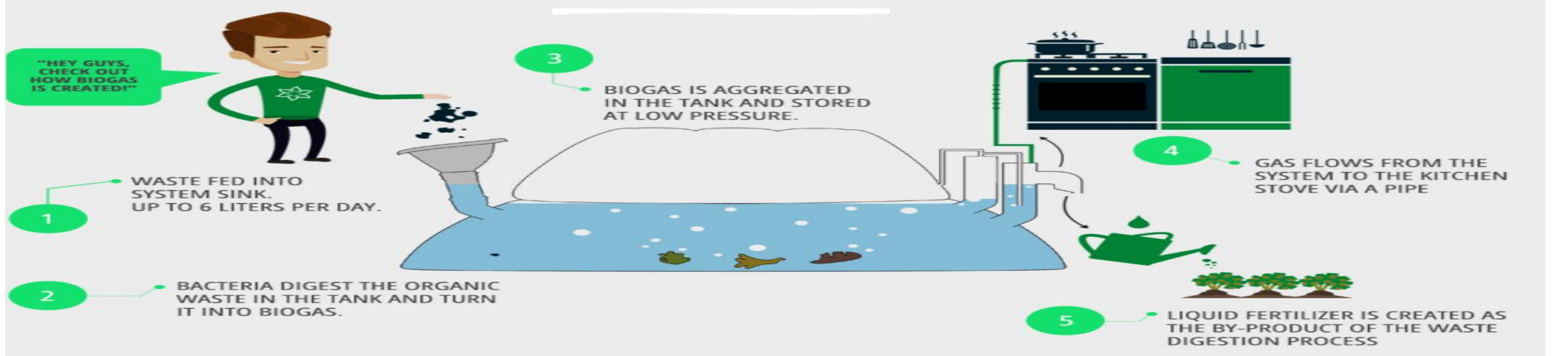
# Biyogazın Tanımı ve Oluşumu

- Biyogaz, organik materyallerin (gübre, bitkiler, çöp, yemek artığı, kimyasal atıklar,vb.) anaerobik koşullarda biyokimyasal fermantasyon ve mikrobiyolojik faaliyet sonucu parçalanması ile elde edilen,
- % 20 havadan daha hafif olan,
- kalorifik değeri 20 MJ/m<sup>3</sup>
- bileşiminde %40–75 metan (CH<sub>4</sub>),
- %25–60 karbon dioksit (CO<sub>2</sub>)
- %2 hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S), azot (N) bulunan yanıcı bir gaz karışımıdır.



# Biyogazın Kimyasal Oluşumu

- Bütün ölü bitki ve hayvansal maddeler bozunmaya uğrar. Bu bozunma veya ayrışma, bakteri adı verilen organizmalar tarafından gerçekleştirilir.
- Bazı bakteriler bu bozunmayı havalı ortamda gerçekleştirirler. Bunlara *aerobik* bakteri adı verilir.
- Diğer bazı bakteriler ise bu bozunma işlemini havasız ortamda gerçekleştirirler ki bunlara da *anaerobik* bakteri adı verilir.
- Bataklıkların dibindeki ölü bitkisel ve hayvansal maddeler anaerobik bir ayrışmaya uğrarlar ve sonunda yüzeyde gaz kabarcıkları çıkmaya başlar. ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$  ve  $\text{H}_2$  gazları)



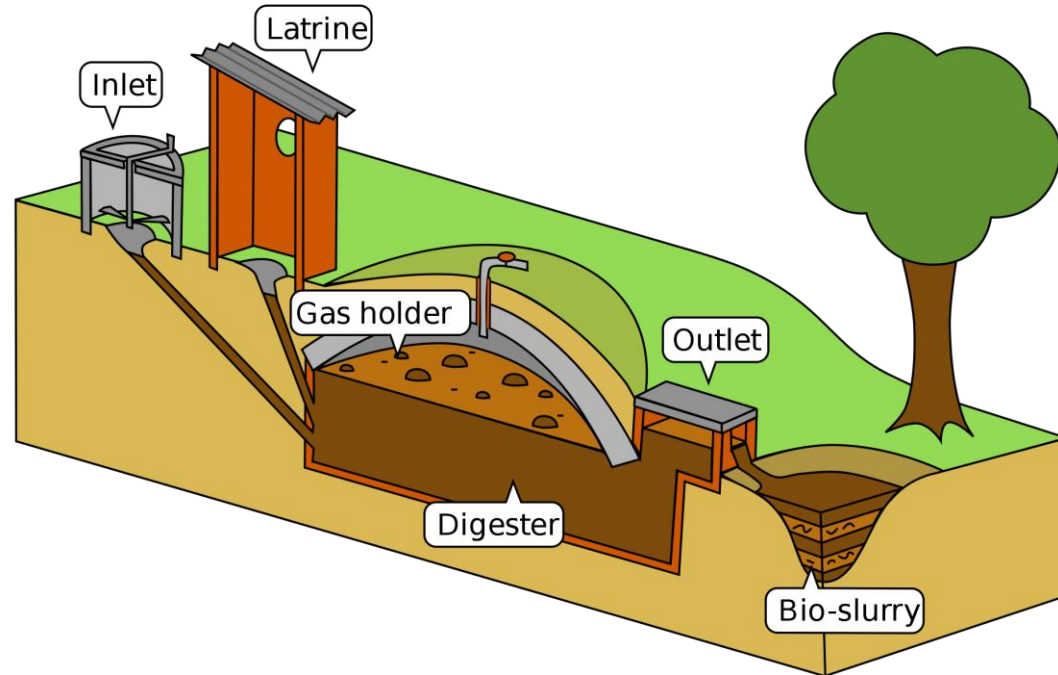
# Biyogazın Kimyasal Oluşumu

Faz	Proses	Işık	Oksijen	Sıcaklık (°C)	Uçucu asit	pH	Oksidasyon Redüksiyon Gerilimi
Faz I	Hidroliz ve asit fermantasyonu	Karanlık	Fakultativ	30- 40	%2-4	4-4,5	+100/-100
Faz II	Metan fermantasyonu	Karanlık	Obligate	Mesofilik 30-40 Termofilik 50-55	300 mg/l daha az	6,5-7,5	-150/-400

Optimum Fermantasyon Koşulları.

# Biyogazın Kimyasal Oluşumu

- Çevre şartlarının ideal olduğu ve fermantasyon için yeterli miktarda bakteri bulunduğunu varsayarak ne dereceye kadar fermantasyon olacağı reaksiyon süresine bağlıdır, yani belli limitler içinde fermantasyon da buna bağlı olarak azalır.
- Fermantasyonun tamamlanabilmesi için gübrenin fermantörün içinde kalması gereken zamana **alıkoyma süresi** denilmektedir.
- Bu alıkoyma süresi ortamın sıcaklığı ve ortamdaki bakteriler için gerekli besin miktarıyla çok yakın ilişkilidir.



# Biyogazın Kimyasal Oluşumu

- Pratikte normal yaş sığır gübresi eşit miktarda veya belirli oranlarda su ile karıştırılmak suretiyle optimum katı madde oranı yaklaşık olarak sağlanır.
- Katı madde oranı değişen iklim şartlarına göre değiştirilmektedir.
- Yazın gaz üretiminin yüksek olduğu zamanlarda toplam katı madde oranı azaltılır, kışın ise çoğaltılır.
- Anaerobik fermantasyonu verimli bir şekilde kontrol edebilmek için bazı parametrelere ihtiyaç vardır. Bunların en önemlileri sıcaklık ve pH'tır.
- Anaerobik fermantörde meydana gelen reaksiyonlar bir bakteri topluluğunun aktivitesi sonucunda fermantasyon bakterilerinin en verimli şekilde çalışmasını sağlayabilmek için uygun bir sıcaklık sağlanması çok önemlidir.

# Biyogazın Kimyasal Oluşumu

- Belirli limitler çerçevesinde sıcaklığın artması fermantasyon hızının artmasını sağlar.
- En önemli husus ortam sıcaklık sabit tutabilmektir.
- Ani sıcaklık değişimleri 1-2 °C dahi olsa metan fermantasyonunun kesilmesine ve yağ asitlerinin birikmesine neden olur.
- Uçucu asit konsantrasyonunun çok fazla yükselmesi (pH'ın çok düşük olması) amonyak azotu konsantrasyonunun yükselmesi, metan üreten bakterileri öldürür.
- Bunun yanında, zirai antiseptik maddeler, özellikle toksit olanlar bakterileri yok edebilir.
- Deterjanlar, ağır metallerde belli bir konsantrasyonun üstündeki bazı tuzlar (Na Cl) anaerobik fermantasyonu önleyici etki yaparlar.
- Bu sebeple hammaddeye, bu gibi zararlı maddelerin herhangi bir şekilde karışmasını kesinlikle önlemek gerekir.



# Biyogaz Üretimin Mikrobiyolojisi Ve Biyogaz Üretimini Etkileyen Faktörler

- Biyogaz, hayvansal ve bitkisel atıkların oksijensiz ortamda ayrışması sonucu ortaya çıkan bir gaz karışımıdır.
- Bileşiminde % 40–75 metan (CH<sub>4</sub>), %25–60 karbondioksit (CO<sub>2</sub>), % 0-2 hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S) ile çok az miktarda azot (N<sub>2</sub>) ve hidrojen (H<sub>2</sub>) bulunmaktadır.
- Biyogaz üretiminde kullanılacak atıklar hayvansal atıklar, bitkisel atıklar ve çiftlik dışı atıklar olmak üzere genel olarak üç şekilde sınıflandırılabilir.

# Biyogaz Üretimin Mikrobiyolojisi Ve Biyogaz Üretimini Etkileyen Faktörler

- **Hayvansal Atıklar;** sığır, at, koyun, tavuk gibi hayvanların dışkıları, mezbahane atıkları ve hayvansal ürünlerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıklardır.
- **Bitkisel Artıklar;** ince kıyılmış sap, saman, anız ve mısır artıkları, şeker pancarı yaprakları ve çimen artıkları gibi bitkilerin işlenmeyen kısımları ile bitkisel ürünlerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan artıklardır.
- **Çiftlik dışı atıklar;** yemek atıkları, gliserin, mayonez, işkembe v.b gibi çiftlikte mevcut bulunan hayvan ya da bitkilerden elde edilmemiş, daha ziyade yemek atıkları tarzında ki malzemelerdir.

# Biyogazın Oluşumu

- Bütün ölü bitki ve hayvansal maddeler bakteri adı verilen organizmalar tarafından bozunmaya uğrar.
- Aerobik bakteri adı verilen bazı bakteriler bozunmayı havalı ortamda ve anaerobik bakteri adı verilen diğer bakteriler de bozunmayı havasız ortamda gerçekleştirirler.



# Biyogazın Oluşumu

Anaerobik fermantasyon;

Hidrolitik bakteriler

Hidrojen üreten asit bakterileri

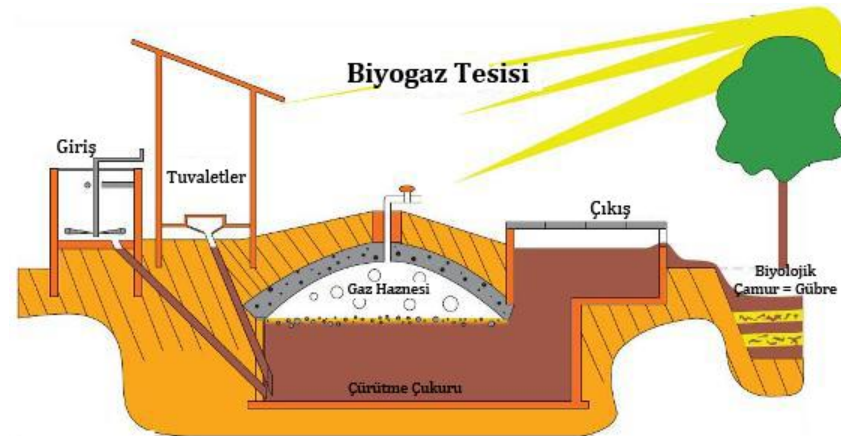
Homoasetojenik bakteriler

Metan oluşturan bakteriler

sonucu meydana gelmektedir.

# Biyogazın Oluşumu

- Asit bakterileri metan bakterileri için oksijensiz ortam ve besin sağlarken, metan bakterileri de asit bakterilerinin ürünlerini dönüştürerek toksik etkisini engellerler.
- Asit bakterileri organik bileşiklerin çoğunu besin olarak kullanırken, metan bakterileri sadece basit organik asitleri kullanabilirler.



# Biyogazın Oluşumu

## Asit Bakterileri

- pH:5-6.5
- Sıcaklık: 30 C°
- Yoğun Karıştırma Gerektirir

## Metan Bakterileri

- pH:6.5-7.6
- Sıcaklık: 37 C°
- Hassas Karıştırma Gerektirir

# Biyogazın Oluşumu

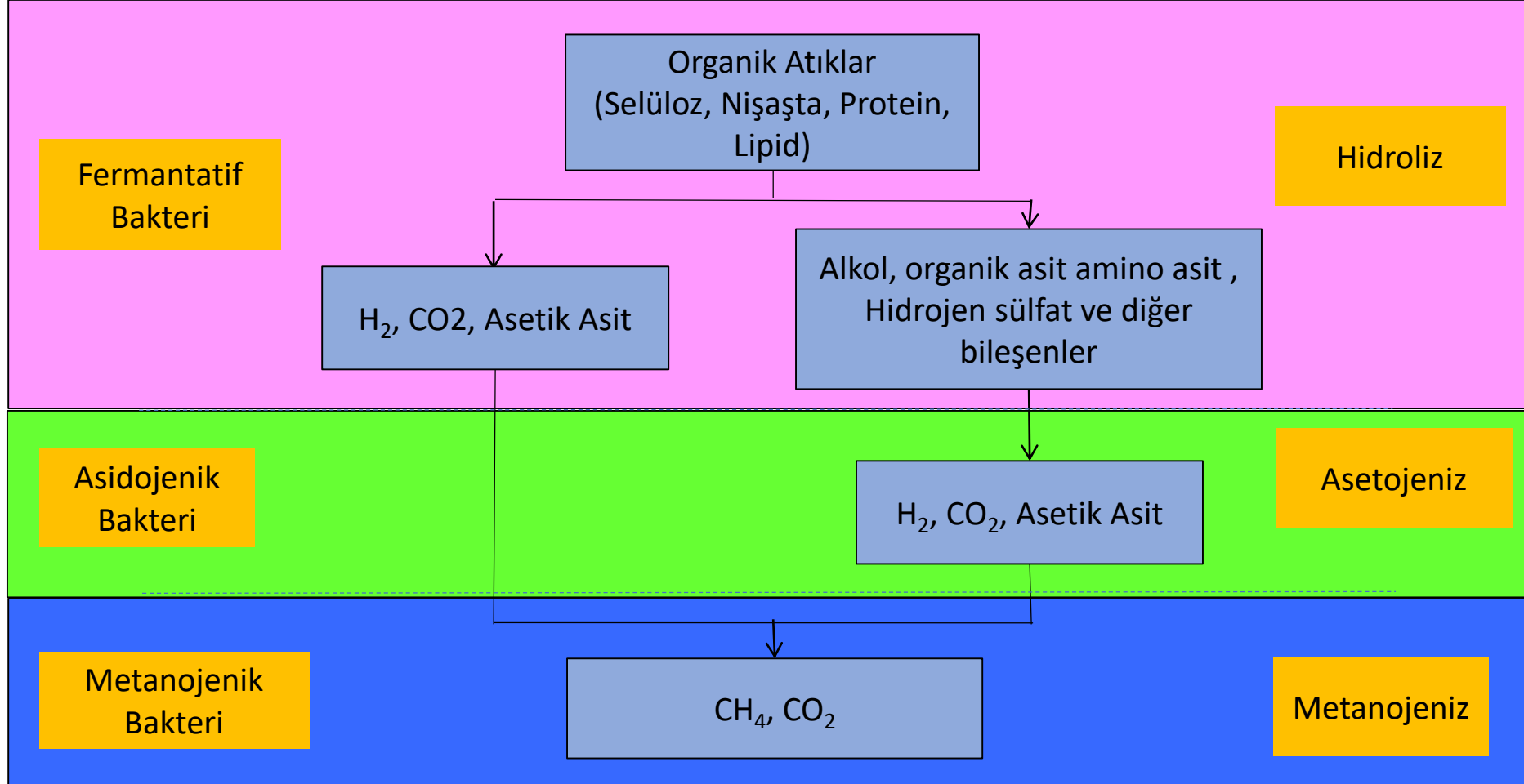
Oksijensiz bozunma sonucunda, metan gazı üç aşamalı bir işlem sonucunda oluşur:

**1.** Fermantasyon ve Hidroliz

**2.** Asetik Asit Oluşumu

**3.** Metan Gazı Oluşumu

# Anaerobik Çürüme

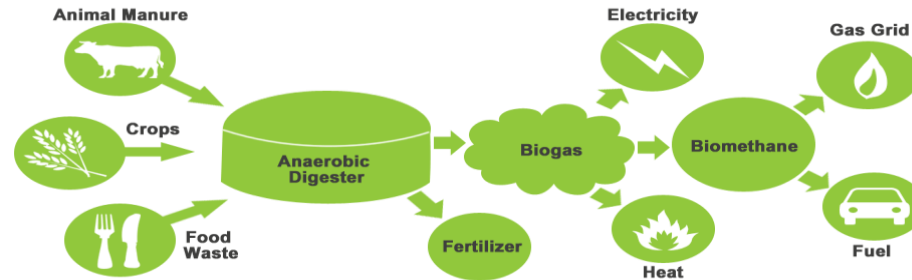


Aneorobik çürüme aşamaları

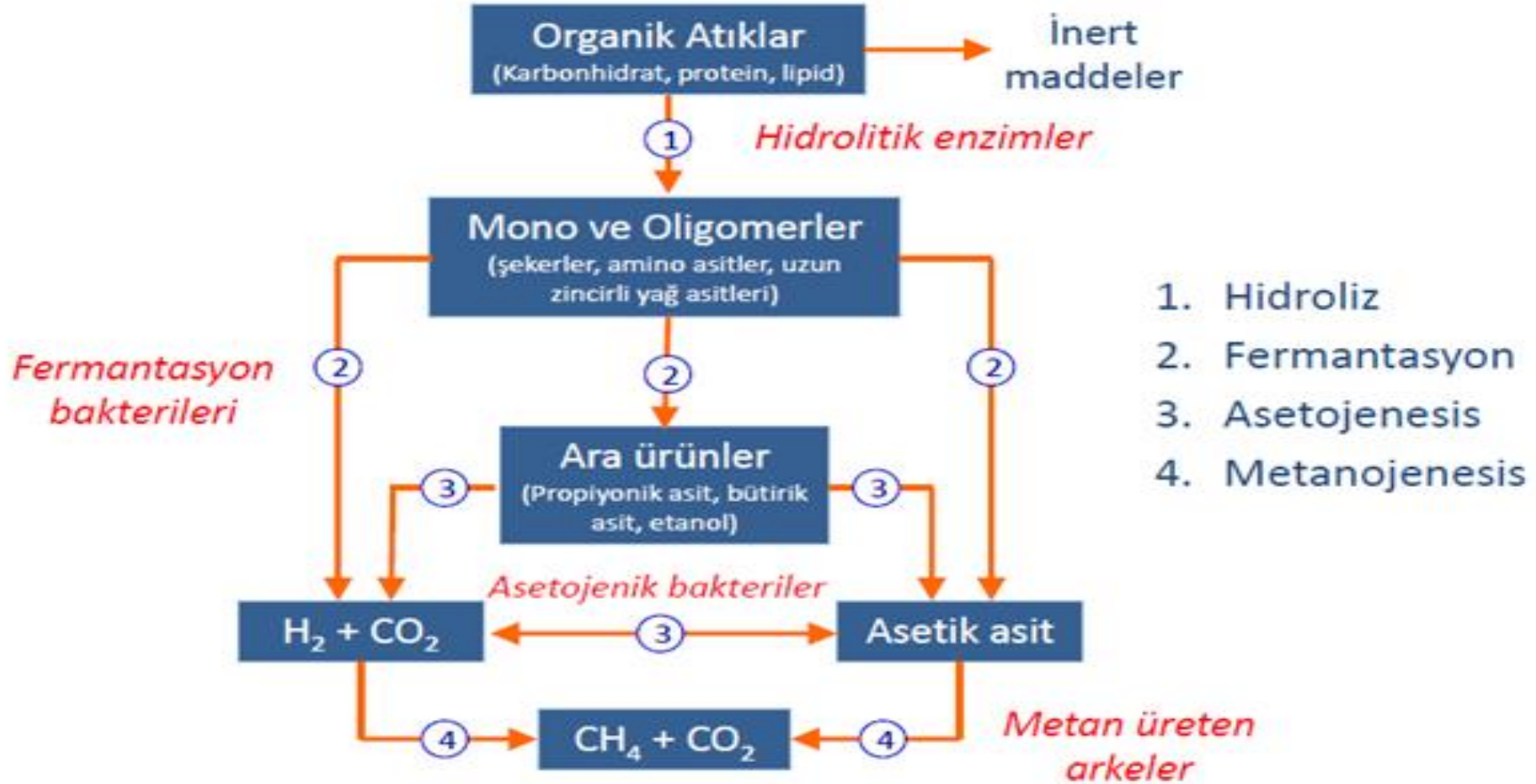


# Fermantasyon ve Hidroliz

- Biyogaz oluşumunun ilk aşamasıdır.
- Bu aşamada fermantatif ve hidrolitik bakteriler karbonhidratların proteinleri ve yağları parçalayarak CO<sub>2</sub>, asetik asit ve büyük bir kısmını da çözülebilir uçucu organik maddelere dönüştürürler.
- Hidroliz sonucunda şekerler, amino asitler ve yağ asitleriyle gliserin meydana gelir. Bu aşamaya sıvılaştırma aşaması adı verilir.
- Uzun zincirli polisakkaritler monosakkaritlere, proteinler peptitlere ve amino grup asitlere dönüşürler.



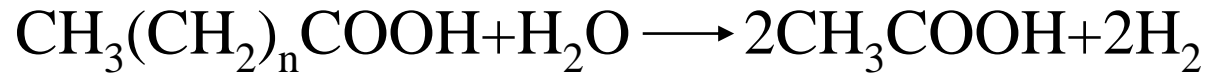
# Fermantasyon ve Hidroliz



Organik maddelerin anaerobik şartlarda sindirilmesi, AnonimB

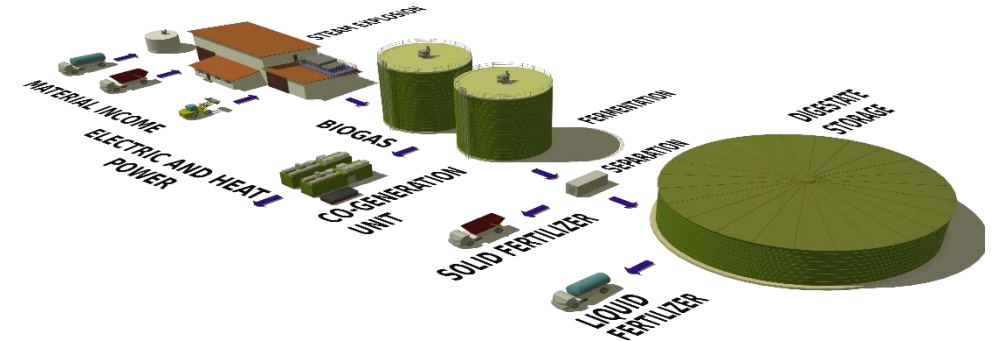
# Asetik Asit Oluşumu

- Uçucu yağ asitlerini asetik asite dönüştüren asetogenik bakteri grupları devreye girer. Bir kısım asetogenik bakteriler uçucu yağ asitlerini asetik asit ve hidrojene dönüştürür.



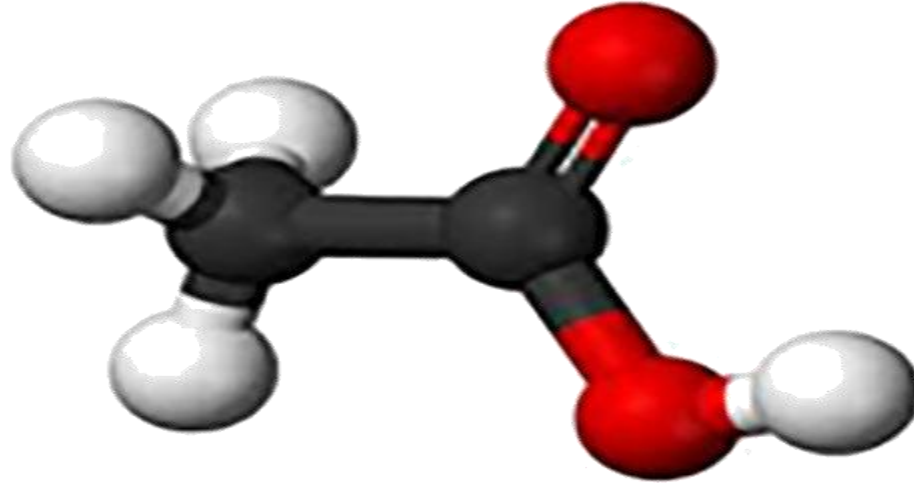
Başka bir asetogenik bakteri grubu ise karbondioksit ve hidrojeni kullanılarak asetik asit oluşturur.

Ancak bu yolla oluşan asetik asit miktarı birinciye oranla daha azdır.



# Asetik Asit Oluşumu

- Asit oluşturucu bakteriler anaerobiktir ve asidik şartlarda büyürler.
- Büyümesi ve çoğalması için oksijen ve karbona ihtiyaçları vardır.
- Organik madde konsantrasyonundaki ani artışlar asit üretiminin artmasına ve pH düşmesine neden olur. Bu da metan bakterileri üzerinde inhibasyon etkisi yapar.



# Metan Gazı Oluşumu

- Aneorobik fermantasyonun son aşamasıdır.
- Bir kısım metan oluşturan bakteriler karbondioksit ve hidrojeni kullanarak metan ve su açığa çıkarırken diğer bir grup metan oluşturan bakteriler ise asetik asit kullanarak metan ve karbondioksit oluştururlar.
- Havasız şartlarda üretilen metanın yaklaşık %30'u hidrojen gazı ile karbondioksit gazından %70 ise asetik asitin parçalanmasından oluşur.



# Metan Gazı Oluşumu

Aneorobik fermantasyonda

- Bekletme süresi
- Atık su
- Atık organik maddelerin türü
- Ortamın pH'sı
- İçerdikleri iyon
- Mikroorganizma topluluğunun yapısına göre üç değişik sıcaklık bölgesi mevcuttur.

# Metan Gazı Oluşumu

Fermantasyon ortamının sıcaklığına göre üç gruba ayrılır

Sakrofilik bakteriler: En uygun çalışma sıcaklığı 5-25 C°

Mezofilik bakteriler: En uygun çalışma sıcaklığı 25-38 C°

Termofilik bakteriler: En uygun çalışma sıcaklığı 50-100 C°

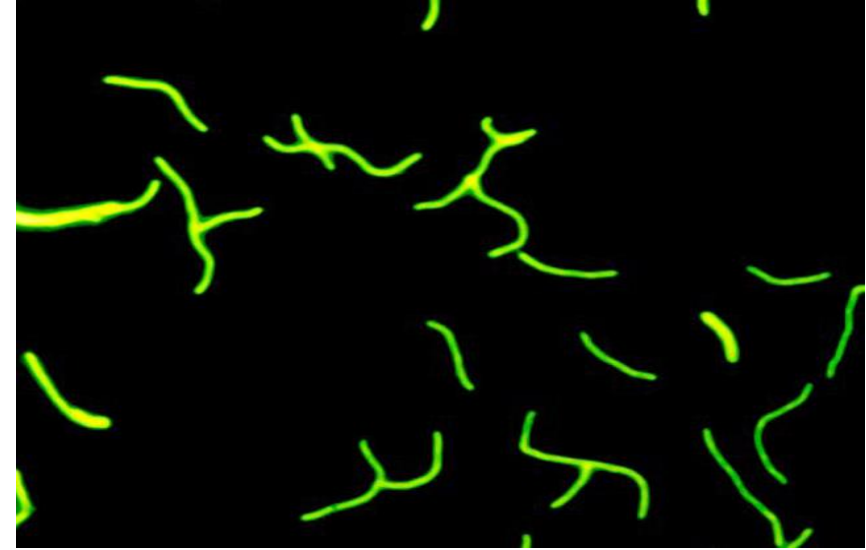
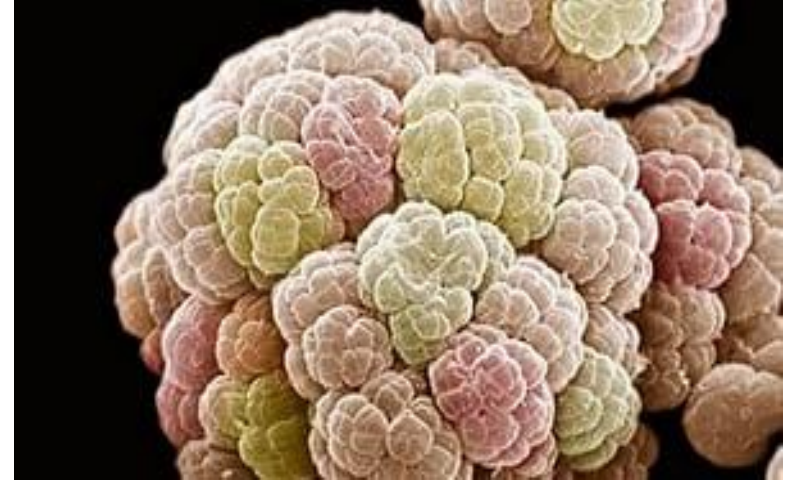
# Buswell Eşitliği

- $C_n H_a O_b + (n-a/4-b/2)H_2 \longrightarrow (n/2- a/8+b/4) CO_2 + (n/2+a/8-b/4) CH_4$
- Bu eşitlikten yararlanarak biyogaz içeriğindeki metan ve karbondioksit oranını belirlemek mümkündür.
- Metan oluşturuıcı bakterilerin kullanılabilecekleri besin maddeleri asetik asit, hidrojen ve tek karbonlu bileşiklerdir.
- Metan oluşturuıcı bakteriler çevresel şartlara karşı çok hassastır.



# Buswell Eşitliği

- Spor oluşturmayan *Methanobacterium*, spor oluşturan çubuk biçiminde *Methanobacillus*, küresel biçimde *Methanococcus* ve *Methanosarcina*, spiral çubuk şeklinde olan *Methanospirillum* bu güne kadar tespit edilen metan bakterisi familyalarıdır.



# Buswell Eşitliği

Organik Maddeler	Spesifik Gaz Üretimi	Gaz Oranı
Karbon hidratlar	790 l/kg	% 50 CH <sub>4</sub> , % 50 CO <sub>2</sub>
Lipitler	1250 l/kg	% 68 CH <sub>4</sub> , % 32 CO <sub>2</sub>
Proteinler	700 l/kg	% 71 CH <sub>4</sub> , % 29 CO <sub>2</sub>

Bazı organik maddelerden oluşan biyogaz miktarı

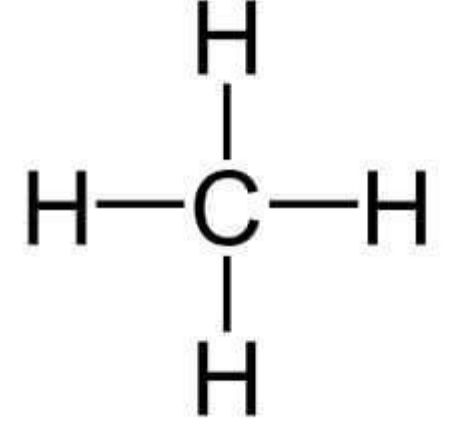
# Biyogazın Özellikleri

Biyogaz ana bileşenleri metan ve karbondioksit olan yanıcı bir gaz karışımıdır.

Bileşenler	Sembol	%
Metan	CH <sub>4</sub>	40-70
Karbondioksit	CO <sub>2</sub>	30-60
Hidrojen	H <sub>2</sub>	5-10
Azot	N <sub>2</sub>	1-2
Su Buharı	H <sub>2</sub> O	0.3
Hidrojen Sülfür	H <sub>2</sub> S	Az miktarda

Biyogazın bileşenleri

# Metan Gazının Özellikleri



- Hidrokarbonların en basit ilk üyesidir.
- Toksik değildir.
- Renksiz ve kokusuz bir gazdır.
- Havadan daha hafiftir.
- Yandığı zaman karbondioksit ve suya dönüşür.
- Biyogaz içinde karbondioksit miktarı arttıkça ısı değeri düşer.
- Uzun bekleme sürelerinde miktarı yüksektir.
- Bekleme süresi kısaltılırsa metan içeriği %50'nin altına düşer.

# Biyogazın Özellikleri

- Biyogazın sıvılaştırılması çok yüksek basınç ve düşük sıcaklık gerektirir
- Ekonomik olarak çok masraflıdır
- Üretildiği yerde kullanılabilen veya taşınması borular ile yapılabilir
- Kolayca bozunmayan sabit bir yapıya sahiptir.
- Düşük enerji içeriğine sahiptir
- Hava içerisinde bulunduğu durumda havayla hızlı karışır ve havadaki oranı düşer.
- Yanması için gerekli miktarda hava ile karışması ve tutuşma sıcaklığına ulaşması gerekmektedir.

# Biyogazın Özellikleri

Yakıt	Yoğunluk	Isıl Değer (Kj/Kg)	Ateşleme Sıcaklığı	Hava/yakıt oranı (kg/kg)	Metan Sayısı
Metan	0.72 kg/ Nm <sup>3</sup>	50 000	650	17.2	100
LPG	0.54 kg/ Nm <sup>3</sup>	46 000	400	15.5	30
Propan	2.02 kg/ Nm <sup>3</sup>	46 300	470	15.6	35
Bütan	2.70 kg/ Nm <sup>3</sup>	45 600	365	15.6	10
Benzin	0.75 kg/ Nm <sup>3</sup>	43 000	220	14.8	-
Motorin	0.85 kg/ Nm <sup>3</sup>	42 500	220	14.5	-
Doğal Gaz	0.83 kg/ Nm <sup>3</sup>	57 500	600	17.0	80
Biyogaz (% 60 CH <sub>4</sub> , 40 CO <sub>2</sub> )	1.20 kg/ Nm <sup>3</sup>	18 000	650	10.2	130
Biyogaz (% 65 CH <sub>4</sub> , 35 CO <sub>2</sub> )	1.15 kg/ Nm <sup>3</sup>	21 500	650	11.1	120

Biyogazın ve diğer yakıtların bazı özellikleri

# Biyogazın Özellikleri

Yanması sonucu;

- Su buharı
- Karbondioksit
- Kükürtdioksit
- Azot oksit
- Karbon monoksit ve is oluşmaktadır.

# Biyogazın Özellikleri

- Normal şartlarda 1 m<sup>3</sup> biyogaz;

0.661 motorin,	0.621 gazyağı
0.751 benzin	1.46 kg odun kömürü
0.25 m <sup>3</sup> propan	3.47 kg odun
0.2 m <sup>3</sup> bütan	12..3 kg tezek
0.85 kg kömür	4.70 kWh elektrik enerjisine

eşdeğerdir.



LOADING 2%



# Biyogazın D naya'da ve Türkiye'de Kullanımı

- Hayvansal atıklardan yararlanılarak, ilk kez biyogaz  retimi İngiltere'de gerçekleştirilmiş ve elde edilen biyogazla 1985'de Ekseter kenti caddeleri aydınlatılmıştır.
- Bunu 1900'de Hindistan Bombay'da kurulan biyogaz üretici izlemiştir. 1900'l  yılların ilk çeyreğinde biyogaz dünyada yaygınlaşmaya başlamıştır.



# Biyogazın Dünyaya'da ve Türkiye'de Kullanımı

- Dünya'da kurulu hayvan gübresinden biyogaz tesislerinin %80'i Çin'de, %10'u Hindistan, Nepal ve Tayvan'da ve geri kalanı diğer ülkelerde kuruludur.

ÜLKELER	TESİS SAYISI
Çin	7.000.000
Hindistan	2.900.000
Kore	29.000
Brezilya	2300
Bangladeş	566*
Nepal	49.500

\* Yarısı Çalışmıyor

Çeşitli Ülkelerde Kurulu Biyogaz Tesis Sayısı

# Biyogazın D naya'da ve Türkiye'de Kullanımı

- Avrupa da yemek ve gübre atıklarından enerji araştırmaları gün geçtikçe artmaktadır.
- Danimarka'da 19, Almanya'da 11 ve İsveç'te 10 tane biyogaz üretim tesisi yapımı devam etmektedir.
- Türkiye bir tarım ve hayvancılık ülkesidir.
- Türkiye'de biyogaz ile ilgili ilk çalışmalar 1957 yılında başlamıştır.
- 1975 yılından sonra Toprak Su Araştırma Enstitüsü ve 1980 yıllarda Mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüėü kapsamında yürütülen biyogaz üretimi çalışmaları uluslararası bazı antlaşmalarla desteklenmiş olmasına karşın 1987 yılında anlaşılmayan bir nedenle kesilmiştir.

# Biyogazın Dünyaya'da ve Türkiye'de Kullanımı

- 1982 yılında Türkiye'de ciddi bir biyogaz projesi başlatılmış ve pilot uygulamalar gerçekleştirilmiştir.
- O yıllarda yapılan çalışmalarla Türkiye'nin yıllık biyogaz potansiyeli 2,8-3,9 milyar m<sup>3</sup> olarak belirtilmiş olup, her ilde 3 tane, bölge merkezlerine 5 adet biyogaz tesisi kurulumu planlanmıştır.
- Ancak özel girişimcilere yeterli kredi ve teknik yardım desteği sağlanmadığından planlanan işletmelerin kurulumu gerçekleştirilememiştir.



# Biyogazın Dünyaya'da ve Türkiye'de Kullanımı

- Günümüzde Türkiye de Üniversitelerin ilgili bölümlerinde konu ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır.
- 4 Eylül 2012 tarih ve 28401 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan “**Kırsal Kalkınma Yatırımlarının Desteklenmesi Programı Kapsamında Tarıma Dayalı Ekonomik Yatırımların Desteklenmesi Hakkındaki**” tebliğ hükümlerin de belirtilen konularla ilgili tarımsal faaliyetlere yönelik yapılmış veya yapılacak tesislerde kullanılmak üzere, alternatif enerji kaynaklarından jeotermal, biyogaz, güneş ve rüzgar enerjisi üretim tesislerine belirlenen parasal sınırlar dahilindeki proje tutarlarının %50'si Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından hibe olarak yatırımcılara destek sağlanmaya başlanılmıştır.





**Teşekkürler!**