



TÜRK-ALMAN  
BİYOGAZ PROJESİ

### 3. Biogas-Training

## *Biyogaz İşleme Prensipleri*

Birgit Pfeifer, International Biogas and Bioenergy Centre of Competence (IBBK)

**Nesta Boutique Hotel Ankara, 12.-13.09.2011**

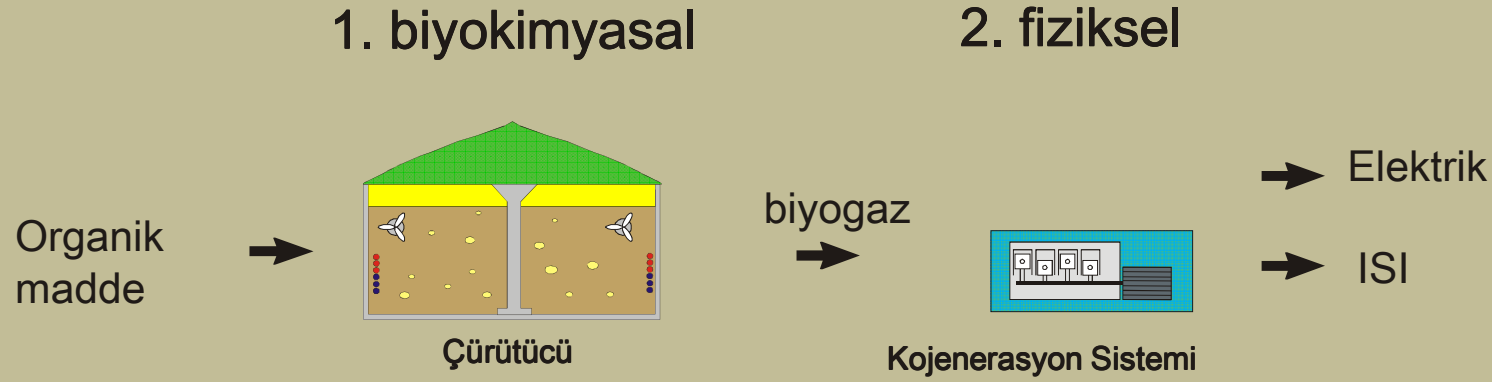


Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit

**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.

# Dönüştürme işlemi...



... verim faktörlerine dayanmaktadır!

- Girdiler için verim faktörü  
Randıman [ $\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{t oTS}$ ]
- Çürütücü verim faktörü Üretkenlik  
[ $\text{m}^3 \text{CH}_4/(\text{m}^3 \text{RV d})$ ]

- Elektrik verim faktörü [%]
- Termal verim faktörü [%]



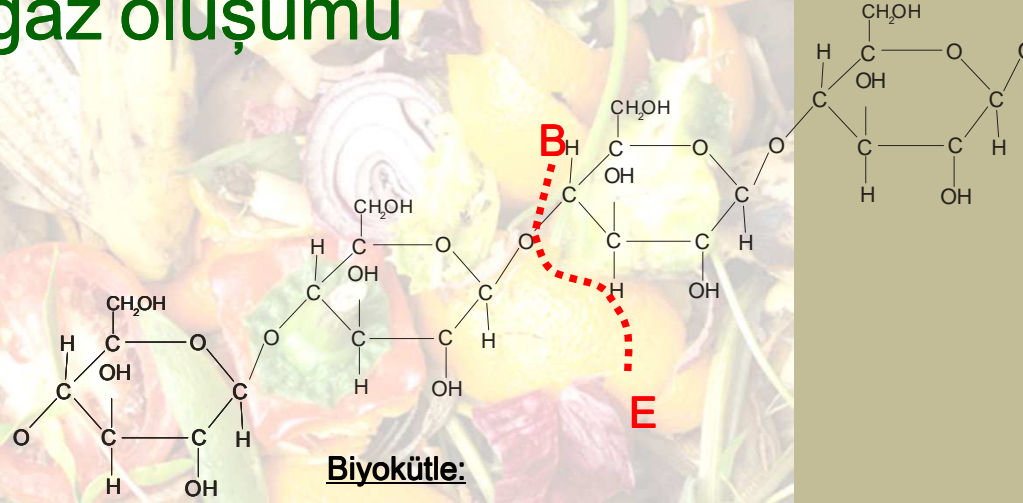
# Biyogaz işleme prensipleri

## 1 Biyogaz işleme

## 2 Çevresel koşullar

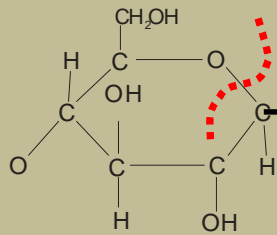
## 3 Mühendislik işleme parametresi

# Biyogaz oluşumu



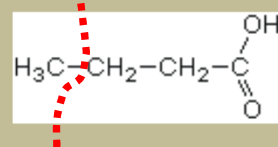
**Biyokütle:**

karbohidrat, yağlar,  
proteinler



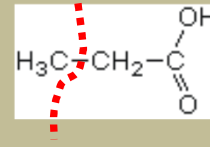
**Ara ürünler:**

Şeker, yağlı asitler,  
amino asitler

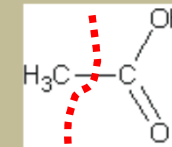


**Yağlı asit üretimi:**

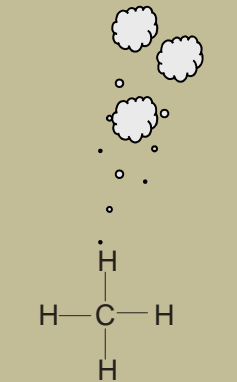
bütirik asit



propionik asit



asetik asit



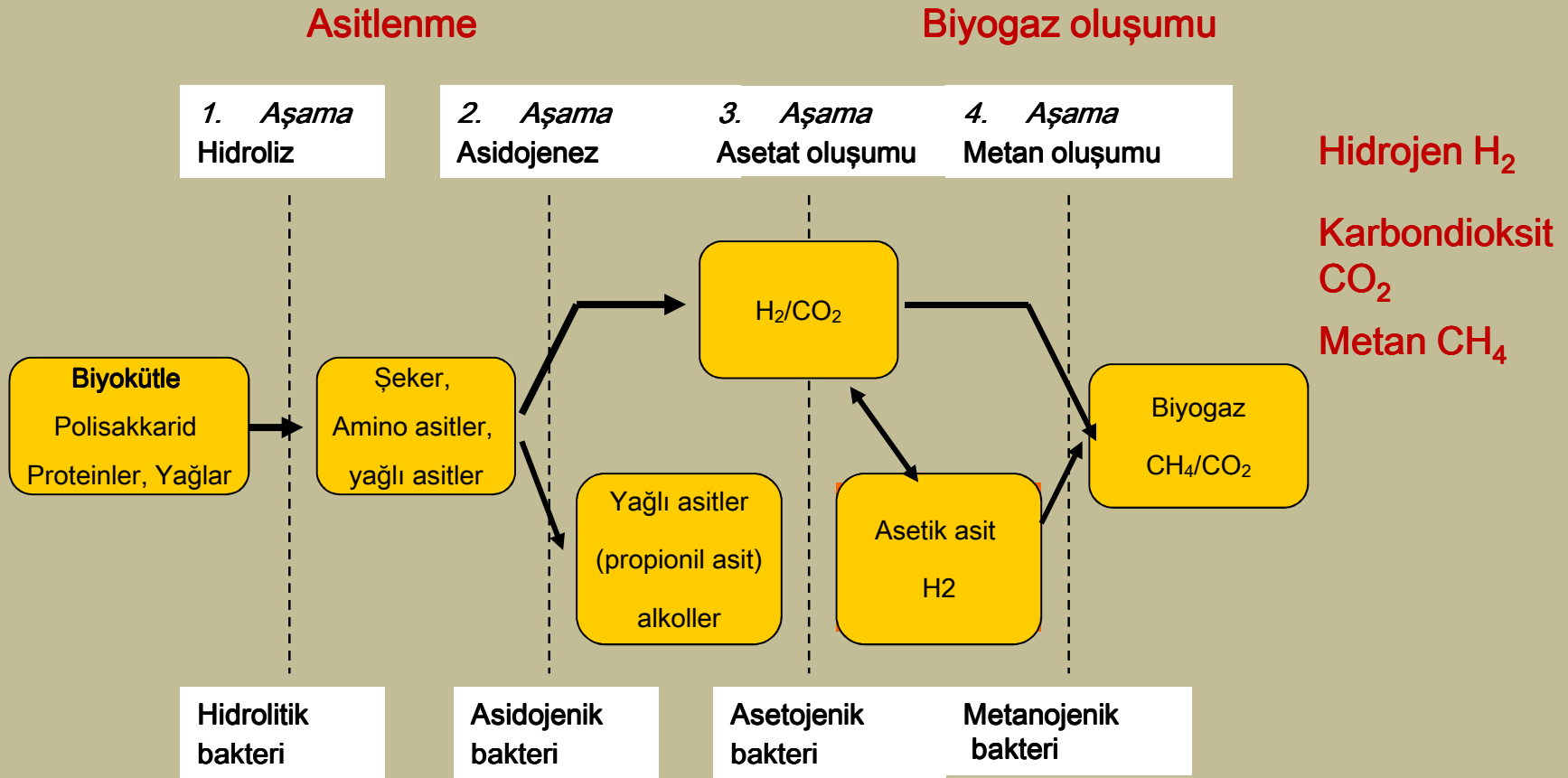
Metan

**biyogaz**

Karbondiyoksit



# Fermantasyon gaz oluşumunun 4 aşaması



# Farklı bakterilerin oluşum zamanı

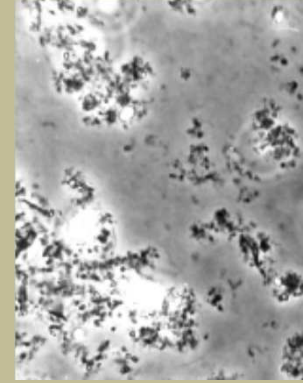
## Anaerob Mikroorganizmalar

### *Bakteri üreten asit*

Bakterimsiler < 24 s.

Klostridien 24 - 36 s.

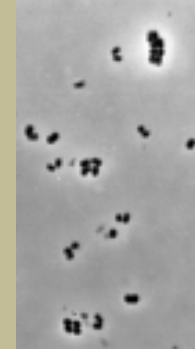
Asetojenik bakteri 80 - 90 s.



### *Metanojenik bakteri*

Metanakokus ca. 10 gün

Metanasarkina barkeri 5 - 15 gün !



## Aerob mikroorganizmalar

Koli basili 20 dak.

Aktif çamurdaki bakteriler 2 s.

# En önemli reaksiyonlar

## 1. Propionik Asit Ayrışımı



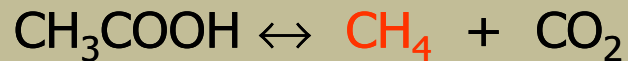
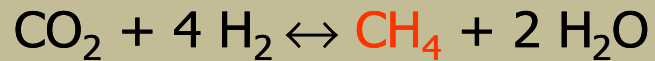
Propionik asit

Asetik asit

Hidrojen

3. Aşama

## 2. Asetik asit ayrışımı ve metan oluşumu



(% 30 metan)

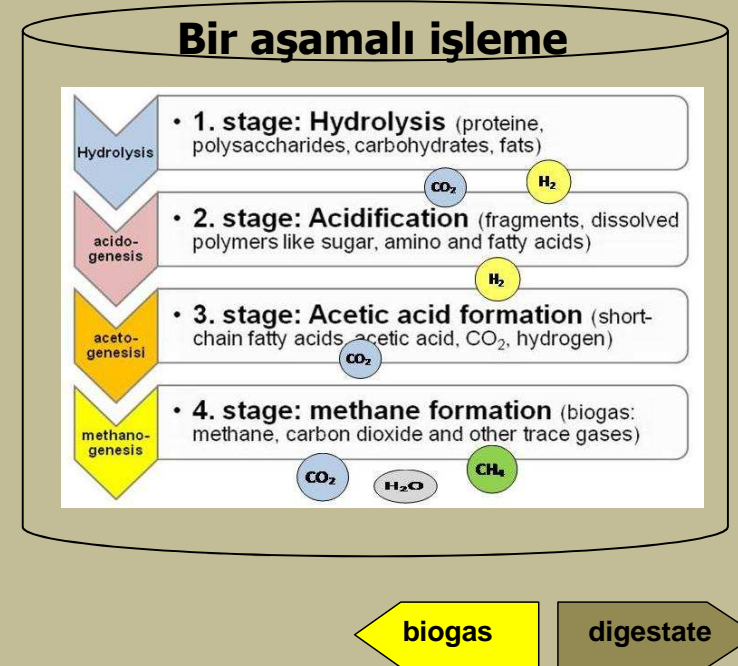
(% 70 metan)

4. Aşama

# Farklı ayrıştırma işlemleri...

... eş zamanlı olarak ortaya çıkmaktadır

Tarımsal biyogaz tesislerinde ayrıştırma işlemlerinin aşamaları daha az rol oynamaktadır



# Farklı ayrıştırma işlemleri...

... eş zamanlı olarak ortaya çıkmaktadır

Tarımsal biyogaz tesislerinde ayrıştırma aşamaları daha az rol oynamaktadır

... birbirine güçlü şekilde bağlıdır

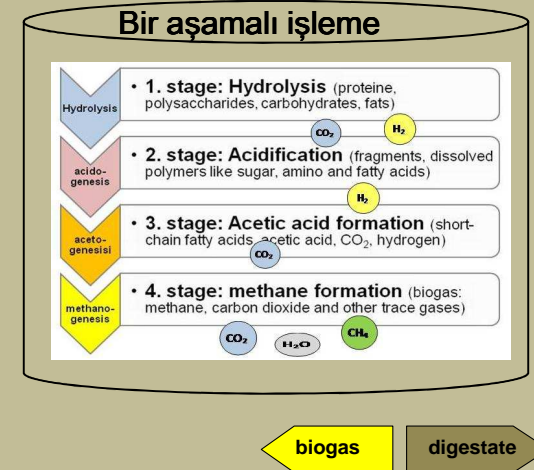
Ara ürünler müteakip işlemler için gereklidir

... karşılıklı kısıtlamaya sebep olabilirler

- Ara ürünler biriktirilemeyebilir
- Ürün kısıtlaması

... Gelişmiş aşamalarda yavaş gelişim gösterirler

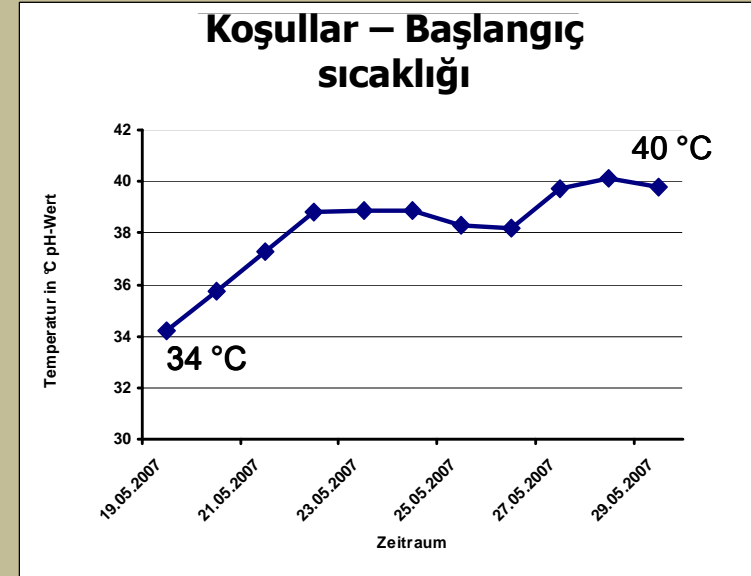
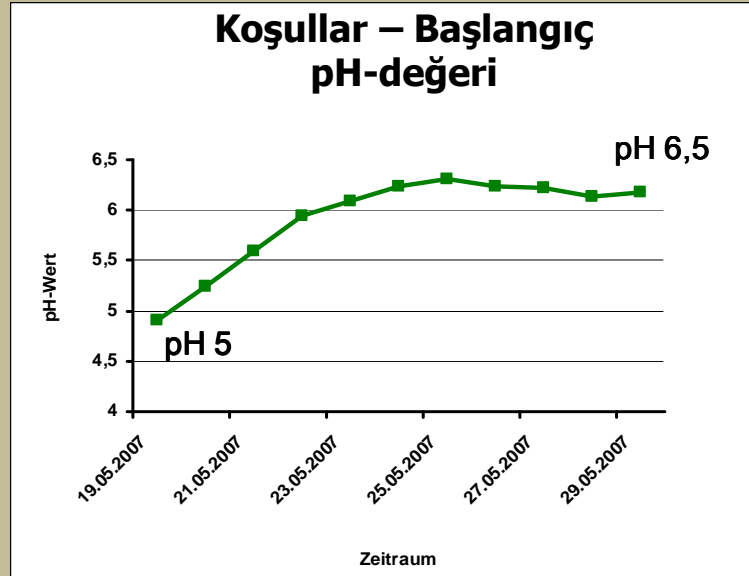
Hidroliz en hızlısıdır, metan oluşumu en yavaşıdır



# Anaerobik ayrıştırma çevresel koşulları

Ölçülen değişken	Hidroliz/asitleşme	Metan oluşumu
Sıcaklık	25 – 35° C	Mezofilik: 32 – 42 °C Termofilik: 50 – 58 °C
pH değeri	5,2 – 6,3	6,7 – 7,5
C:N-İlişkisi	10 - 45	20 - 30
Katı içerik	< 40 % DM	< 30 % DM
İnyük - potansiyel	+400 – 300 mV	< -250 mV
Besin maddesi ihtiyacı	500 : 15 : 5 : 3	600 : 15 : 5 : 3
İzleme elemanları	Özel gereksinim yok	Gerekli: Ni, Co, Mo, Se
FAL – TB	Ham ve kalan substratların fermantasyonuna yönelik çevresel gereksinimler	W0104124CDR

# Anaerobik ayrıştırma koşulları



Parametre	Hidroliz	Metanojeniz
Sıcaklık	25 – 35 °C	Metanojenik: 32-42 °C Termofilik: 50-58 °C
pH	5,2 – 6,3	6,7 – 7,5

Kaynak: Novatech GmbH Support program

# Biyogaz işleme için en önemli gereksinimler

Sıcaklık

pH-değeri

Tuz içeriği

İzleme elemanları



# Sıcaklık aralıkları

## • Termofil (50 - 60 °C)

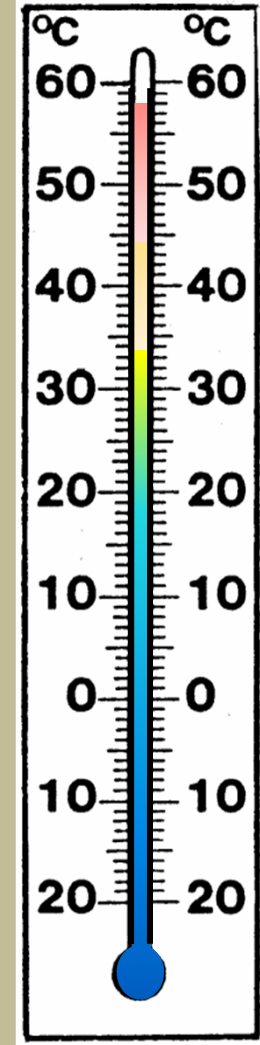
- Kısa tutma süresinden sonra yüksek gaz verimi
- Hassas biyosenöz
- Ani ayrıştırılabilir substratlara dikkat etme, (hidroliz çok hızlı şekilde oluşur)

## • Mezofil (32 - 45 °C)

- Sabit biyosenöz → kabul edilebilir tutma süresine sahip gaz verimini karşılama
- Özellikle yaş fermantasyon işlemlerinde yaygın,

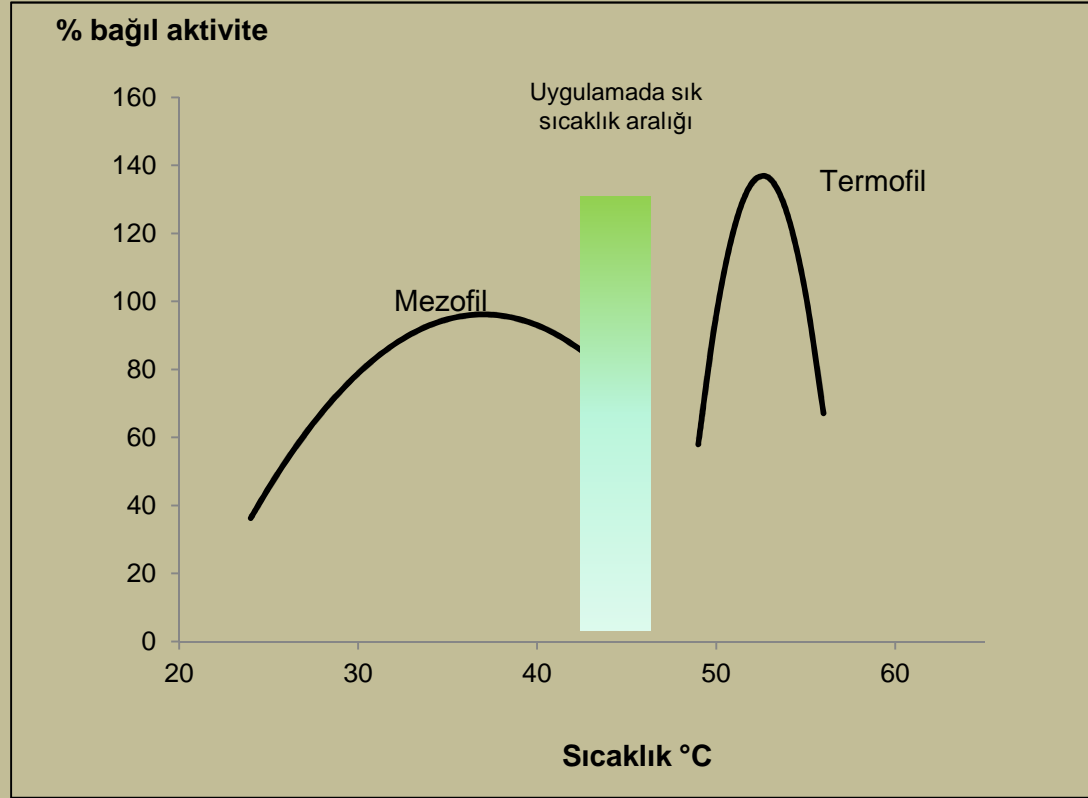
## • Psikrofil (< 25 °C)

- Düşük büyüme oranı → uzun tutma süresi
- biyogaz üretimi için verimsiz → artık kullanımda değil



# Sıcaklık aralığı

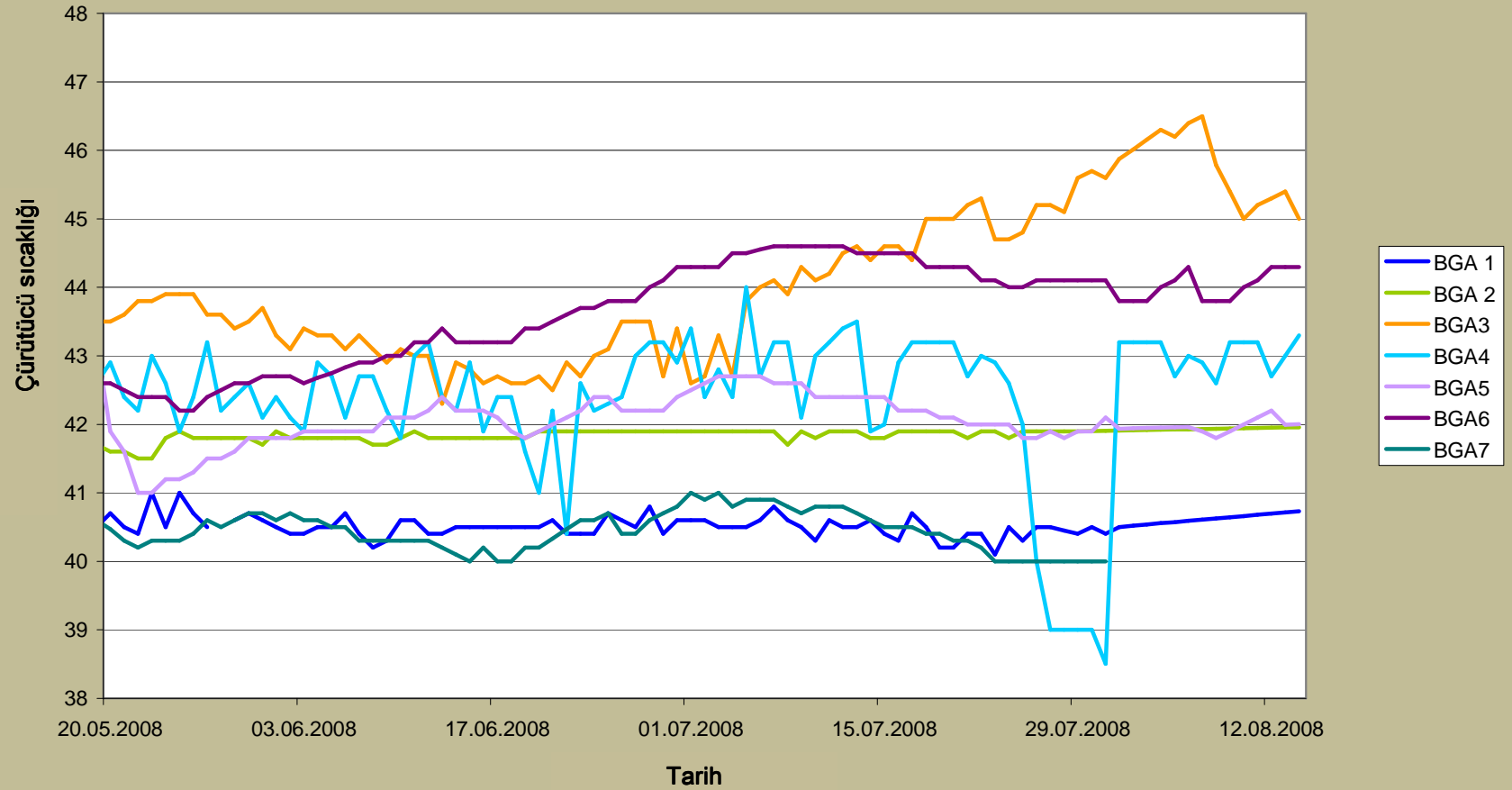
## Bakteri aktivitesi üzerinde sıcaklığın etkisi



bp Prozessbetreuung, Pfeifer based on  
Kaynak: Biogas-Praxis, Eder-Schulz, 3. Auflage 2006

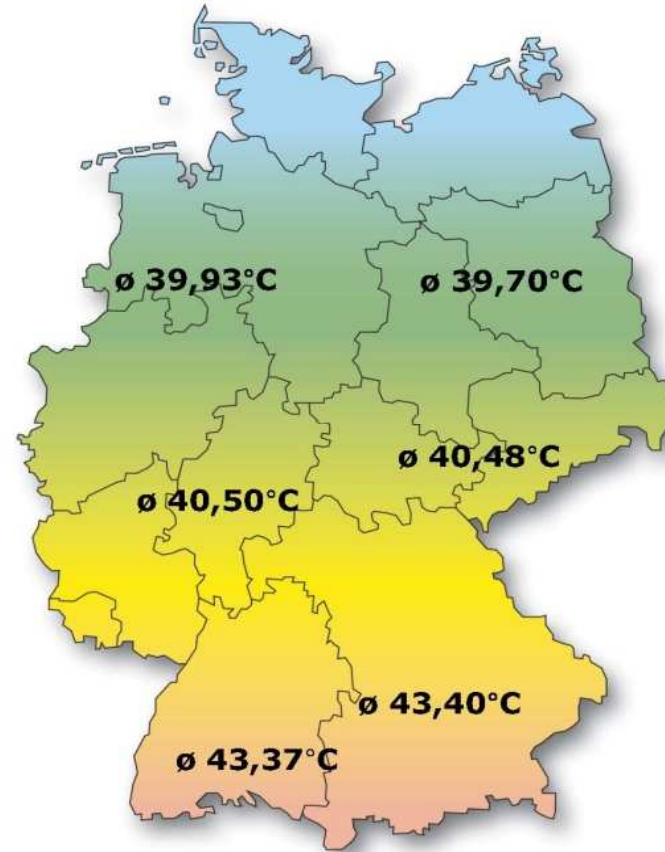
# Sıcaklık aralığı - mezofil

Sıcaklık aralığı  
-mezofil-



Alman biyogaz tesislerindeki  
sıcaklık değişimi!

doğru sıcaklık mantıklı bir  
soru mu?



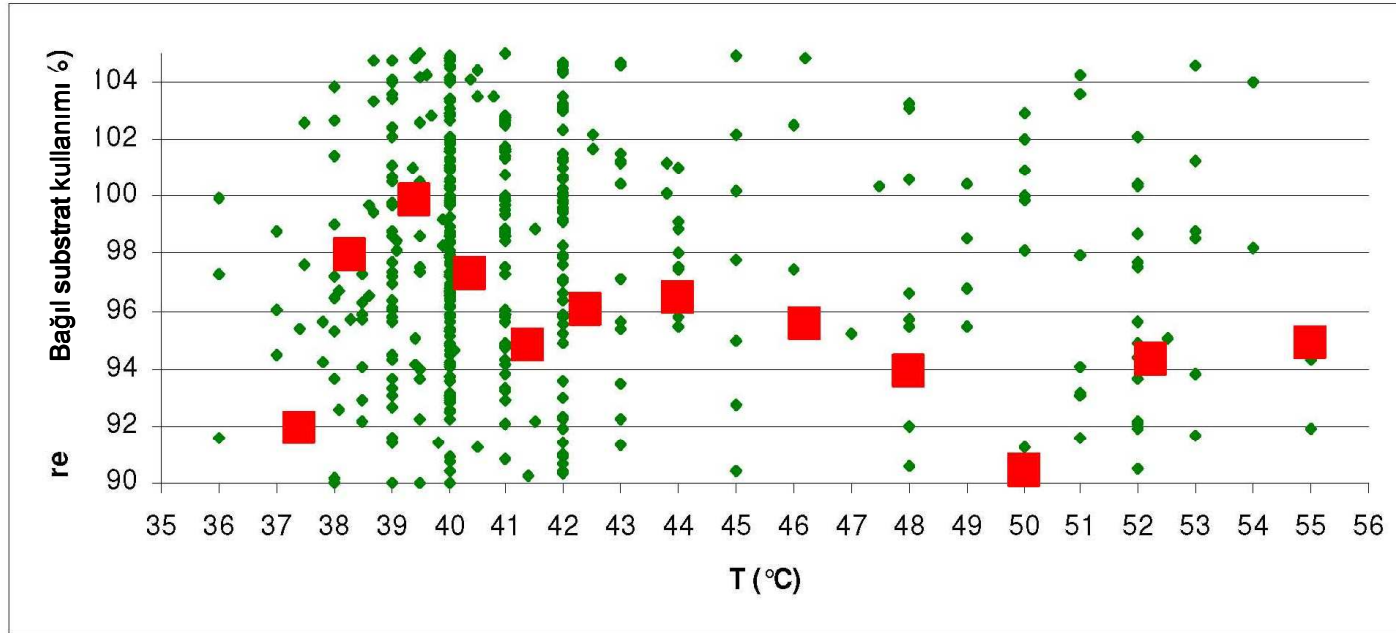
Kaynak: bioreact, Dr. Udo Hölker, 2010

64

Doğru sıcaklık mantıklı bir soru mu?

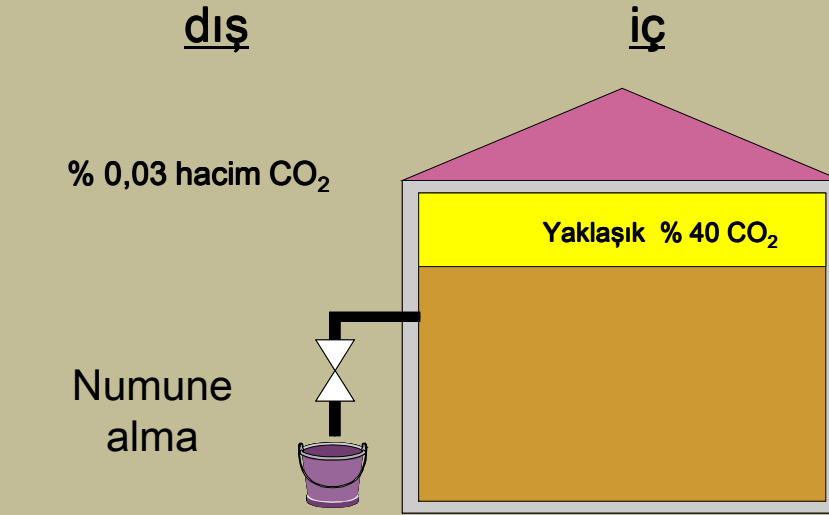
**Hayır!**

Mezofil biyogaz tesisleri, daha iyi substrat kullanımına sahiptir (ortalama)



Kaynak: bioreact, Dr. Udo Hölker, 2010

# pH-Değeri ve CO<sub>2</sub>-çözünürlüğü



Numune alımından hemen sonra çürütücünün dışına CO<sub>2</sub> çıkmaya başlar.

Çürütücüdeki pH-değeri, çürütücünün dışında ölçülenden daha düşüktür!

# pH-Değeri

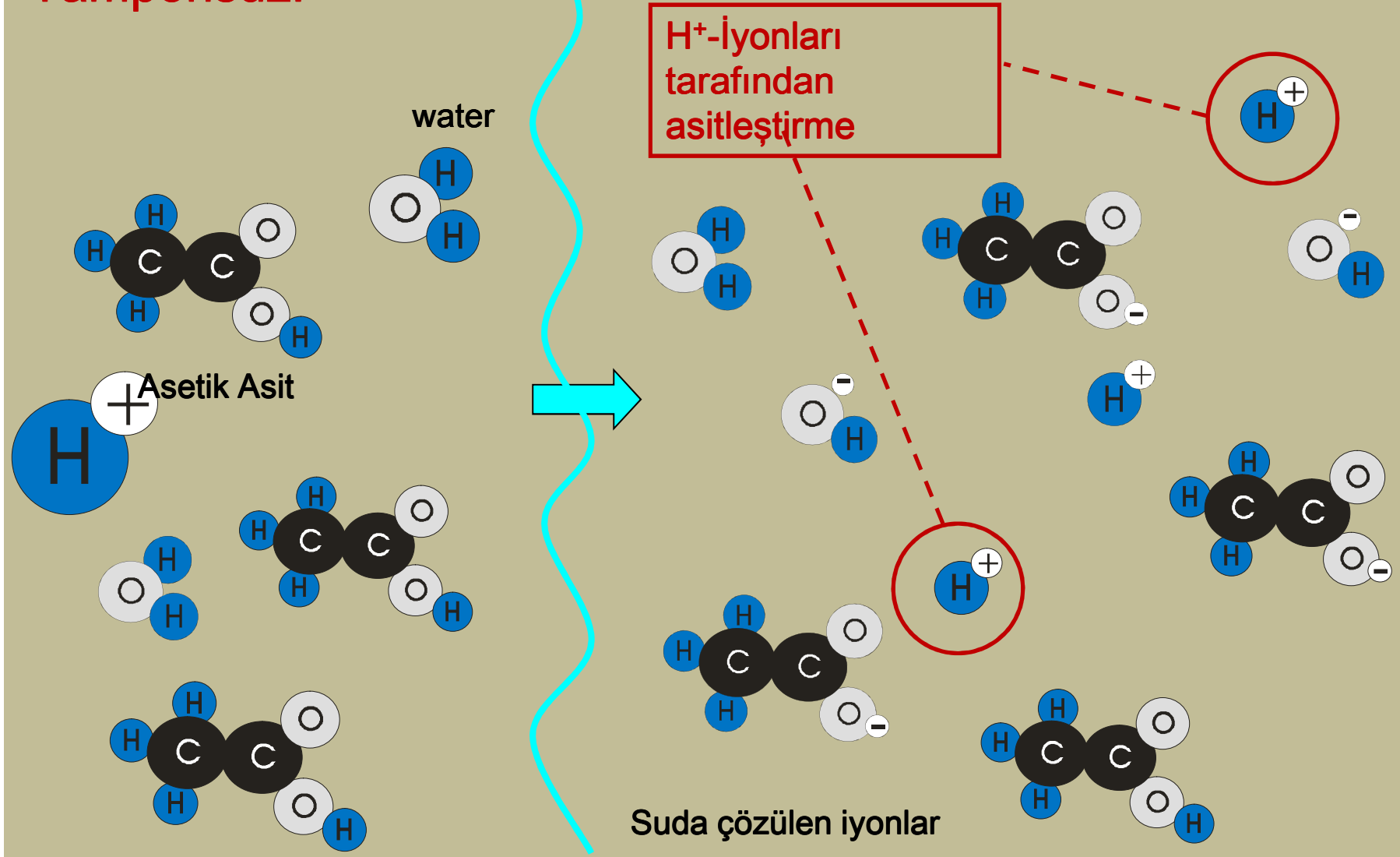
Hidrojen iyon (H<sup>+</sup>)- konsantrasyonu

(Dikkat:  $H^+ \neq H_2$ )

- Metabolitler, pH deęerini dūřūrūr, ancak:
  - Gūbre tesisleri, normal olarak **iyi tamponlama sistemlerine** sahiptir:
  - Karbonat tampon, Amonyum tampon, ...
- pH-değeri tek parametre olarak, iřlemenin deęerlendirilmesi için uygun deęildir

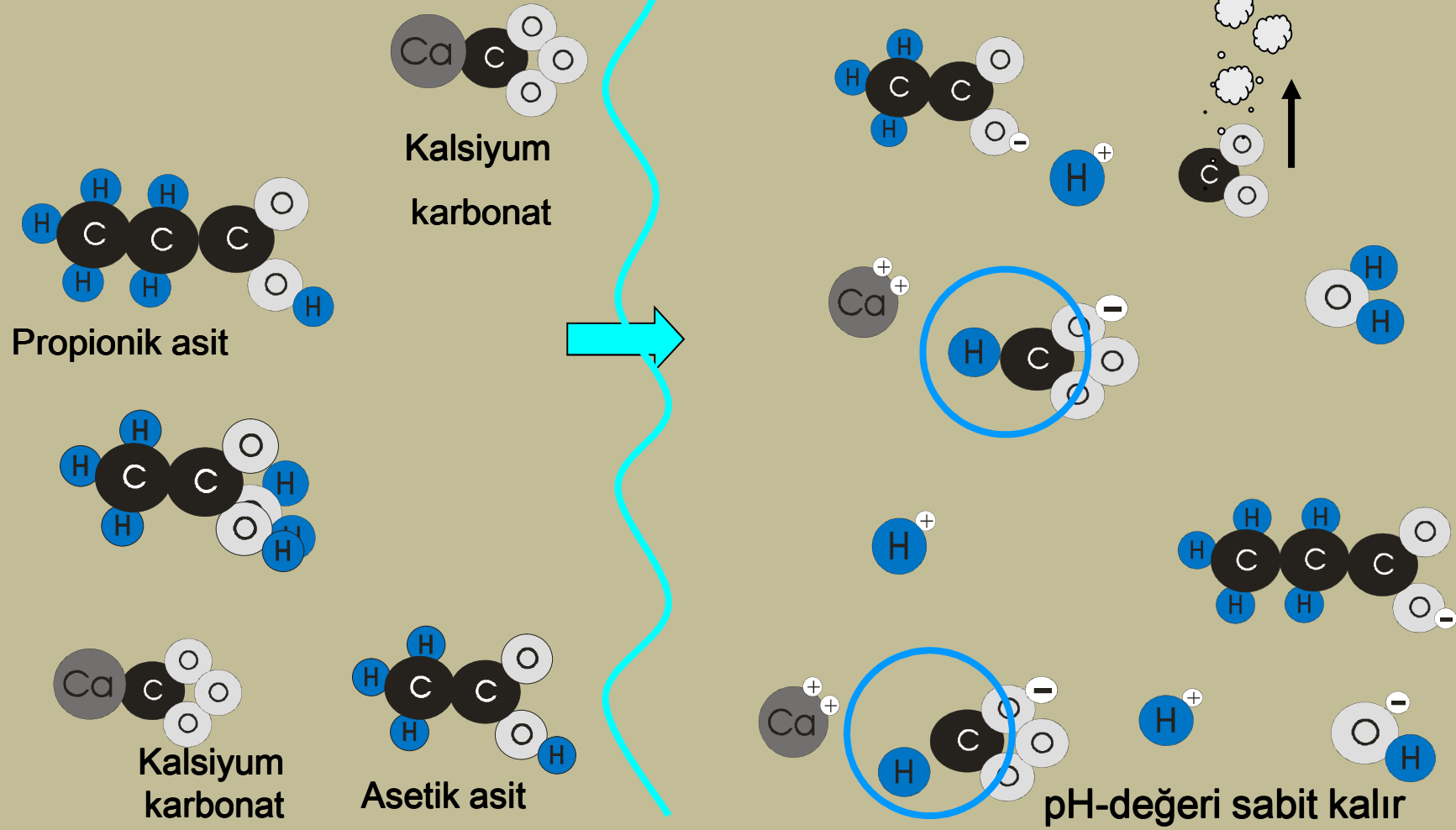
**Bu bir tampon sorunudur!**

**Tamponsuz:**

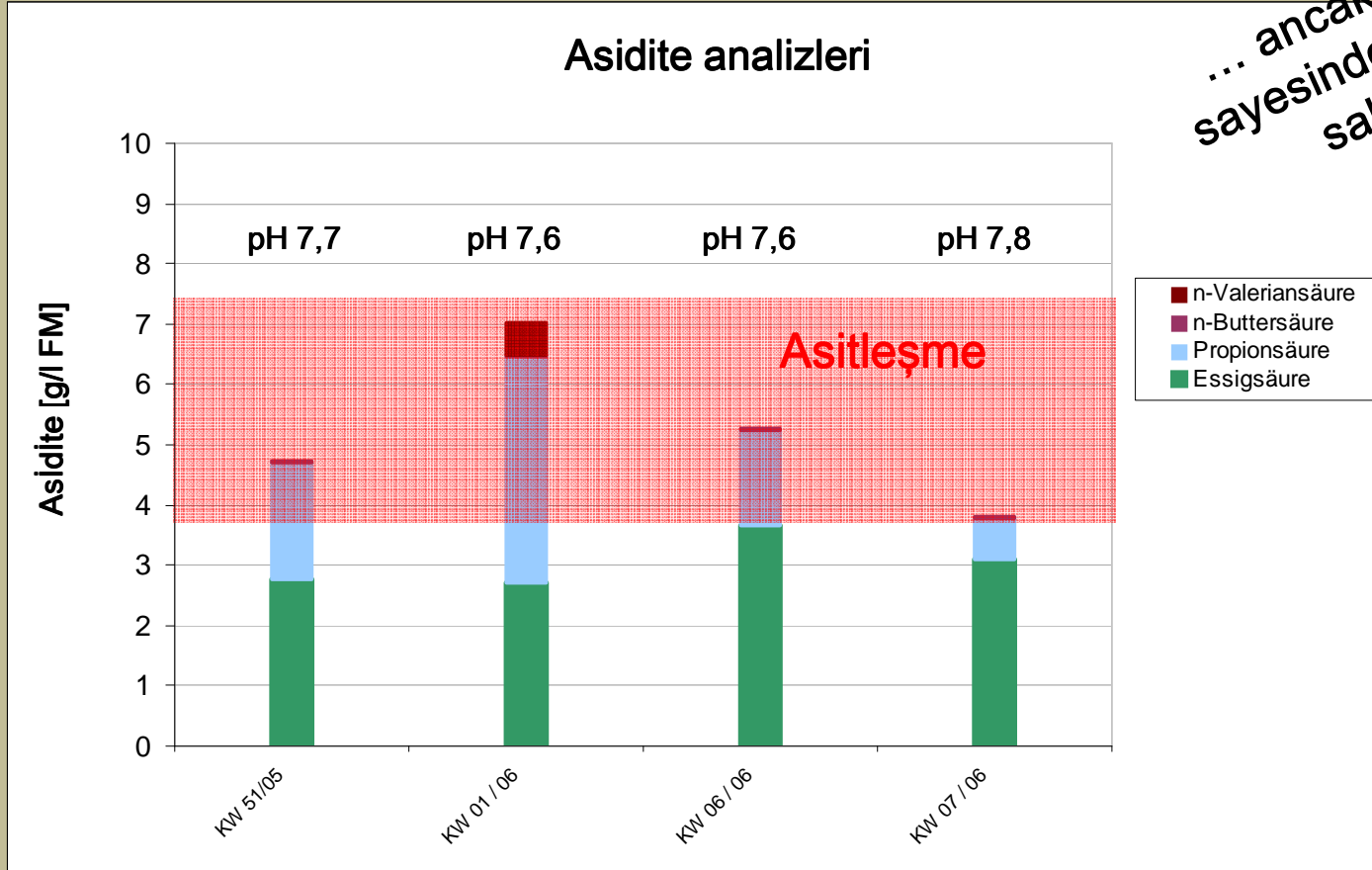


**Tamponlu:**

**Serbest H<sup>+</sup>- iyonlarının aşırı dozu bağlanacaktır**



# Tampon sistemlerdeki pH – istikrarı



Kaynak: Novatech GmbH Support program

# Tuz içeriği veya elektrik iletkenliđi

## Basit ölçme

*Daima anlaşılmaz değişiklik vakalarına dahil tutulmalıdır*

## Yüksek tuz içeriği bakteriyi tüketmektedir

*Osmotik basınç*

## Birim: mS/cm

*60 mS/cm'den büyük deđerler*

*25°C sıcaklık üzerindeki düzeltme*

**Eđer deđer kritik ise su ekleyin**

Enerji gruplarının fermantasyonu süresince genel olarak problem yoktur,

**ANCAK**

Yemek atıklarının (örnek olarak kantinler, yağ ayırıcı, tuzlu madde) fermantasyonu süresince analiz yapmalısınız



# Biyogaz işleme prensipleri

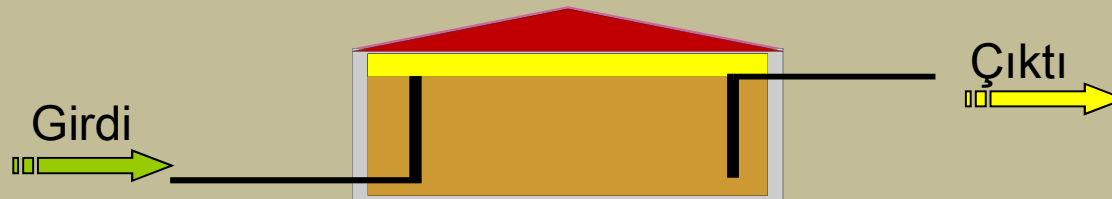
1 Biyogaz işleme

2 Çevresel koşullar

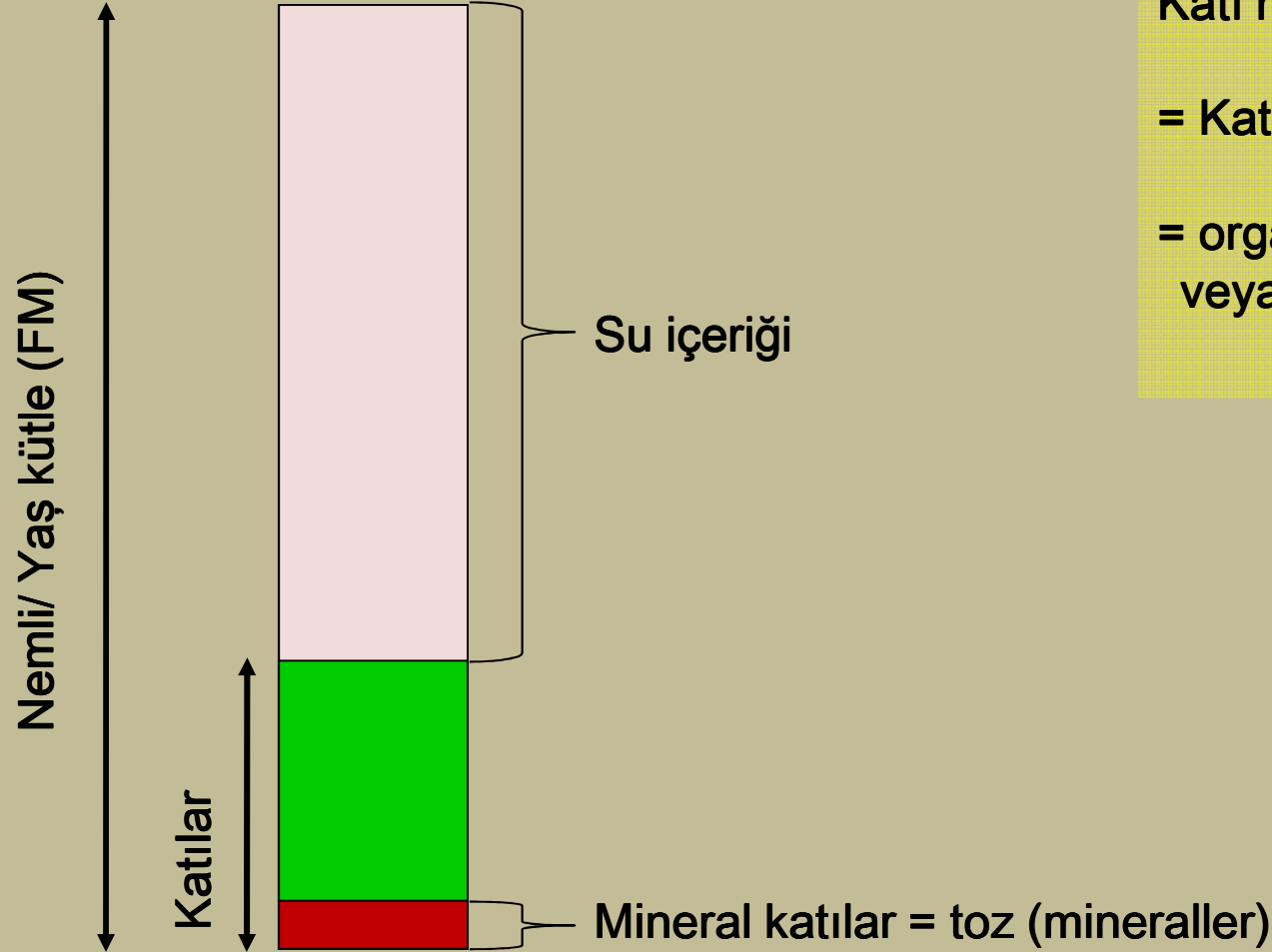
3 Mühendislik işleme parametresi

### 3. Temel işleme mühendislik parametreleri

- Kuru madde; DM (oDM)
- Hidrolik tutma süresi; T (HTR)
- Organik yük;  $B_R$
- Ayırıştırma Oranı;  $\eta_{rel.}$ ,  $\eta_{abs.}$
- Özel gaz üretimi;  $A_{biyogaz}$ ,  $A_{CH_4}$



# Katı madde içeriği



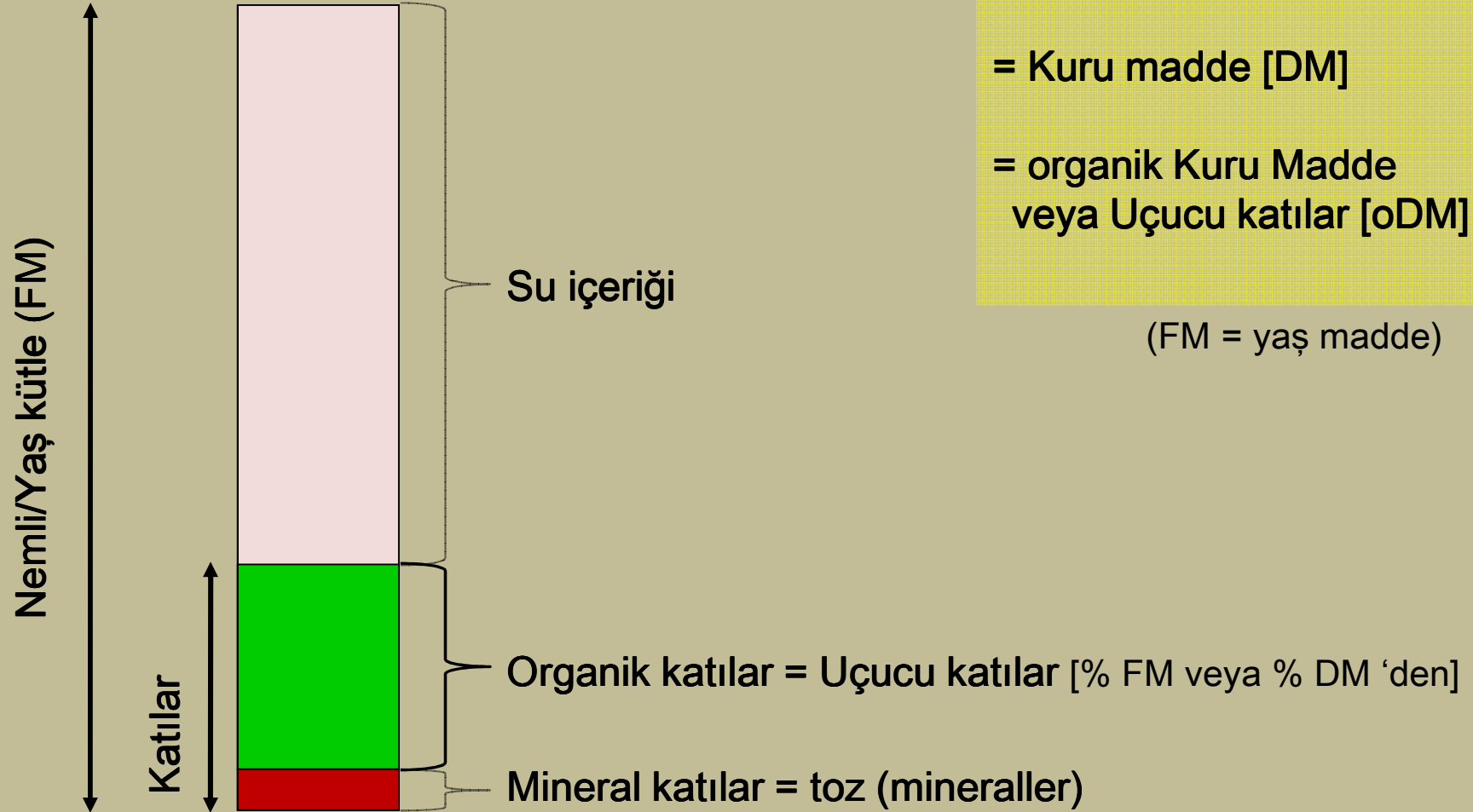
**Katı madde**

**= Katı madde [DM]**

**= organik Kuru Madde  
veya Uçucu katılar [oDM]**

(FM = yaş madde)

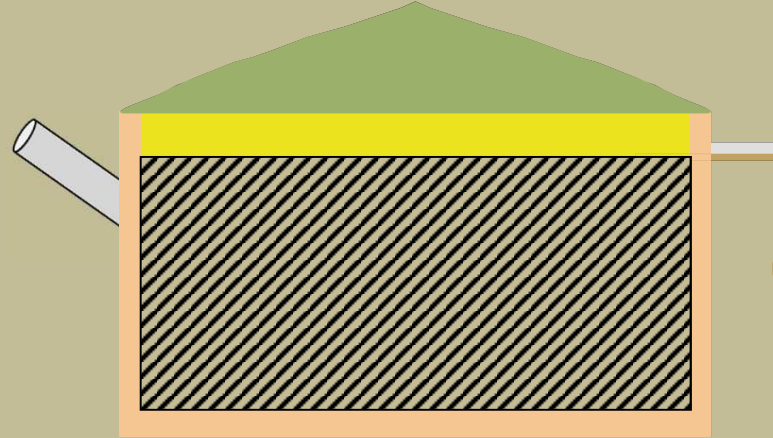
# Katı madde içeriği



# (Hidrolik) Tutma süresi T, HRT

$$T, HTR = \frac{\text{çalışma hacmi [m}^3\text{]}}{\text{günlük substrat girdisi [\frac{m^3}{d}]} = x [d]$$

Çürütücü hacmi = Çalışma hacmi (gaz depolama boşluğu olmayan brüt hacim)



## (Hidrolik) Tutma süresi T, HRT

$$T, HTR = \frac{\text{çalışma hacmi } [m^3]}{\text{günlük substrat girdisi } \left[\frac{m^3}{d}\right]} = x [d]$$

Çürütücü hacmi = Çalışma hacmi (gaz depolama boşluğu olmayan brüt hacim)

$$\text{Girdi} = \frac{\text{besleme } [ton]}{\text{materyal yoğunluğu } \left[\frac{ton}{m^3}\right]} = x [m^3]$$

- Sıvı gübre tesisleri söz konusu olduğunda merkezi parametre
- Enerji ürünleri ile işletilen tesisler söz konusu olduğunda daha az gerekli

## Organik yükleme oranı $B_R$

$$B(R) = \frac{\text{gün başına katılar} \left[ \frac{\text{kg oDM}}{d} \right]}{\text{çalışma hacmi} [m^3]} = x \left[ \frac{\text{kg oDM}}{m^3 * d} \right]$$


- $m^3$  çalışma hacmi ve gün başına katılar (DM, **oDM**) – yük
- Daha yüksek yük için yönelim

# Hesaplama için örnek: Organik yük oranı $B_R$

Çalışma hacmi = 800 m<sup>3</sup>

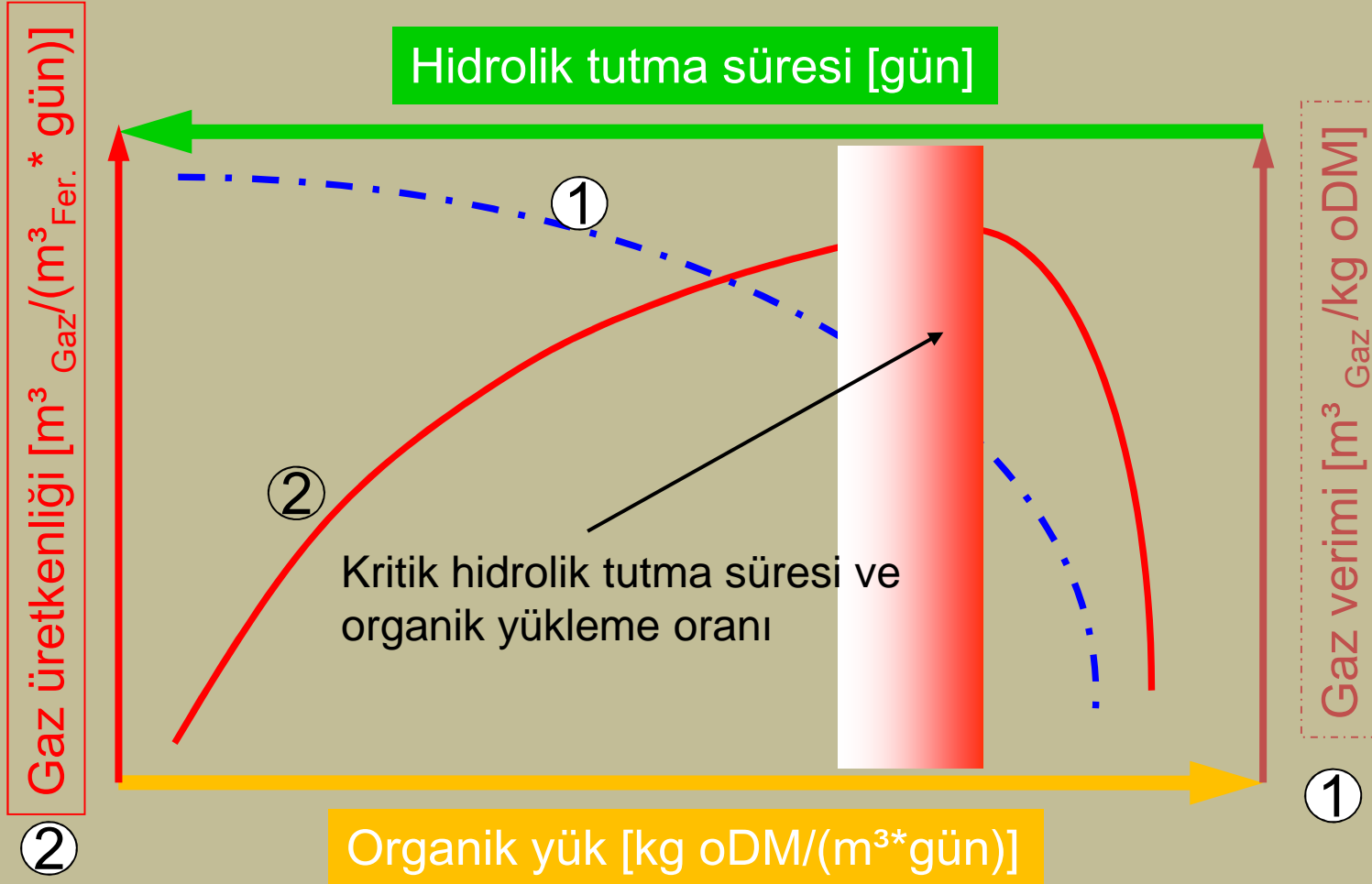
Substrat	Substrat [t/a]	oDM [%FM]	oDM [t/a]	oDM [kg/d]
Sığır gübresi	2200	9,0%	198	542
Yemek artığı	700	17,0%	119	326
Tavuk kuru gübresi	500	34,0%	170	466
Yağ atığı	800	27,0%	216	592
<b>Toplam</b>	<b>4200</b>		<b>703</b>	<b>1926</b>

Günlük organik besleme DM = 1926 kg

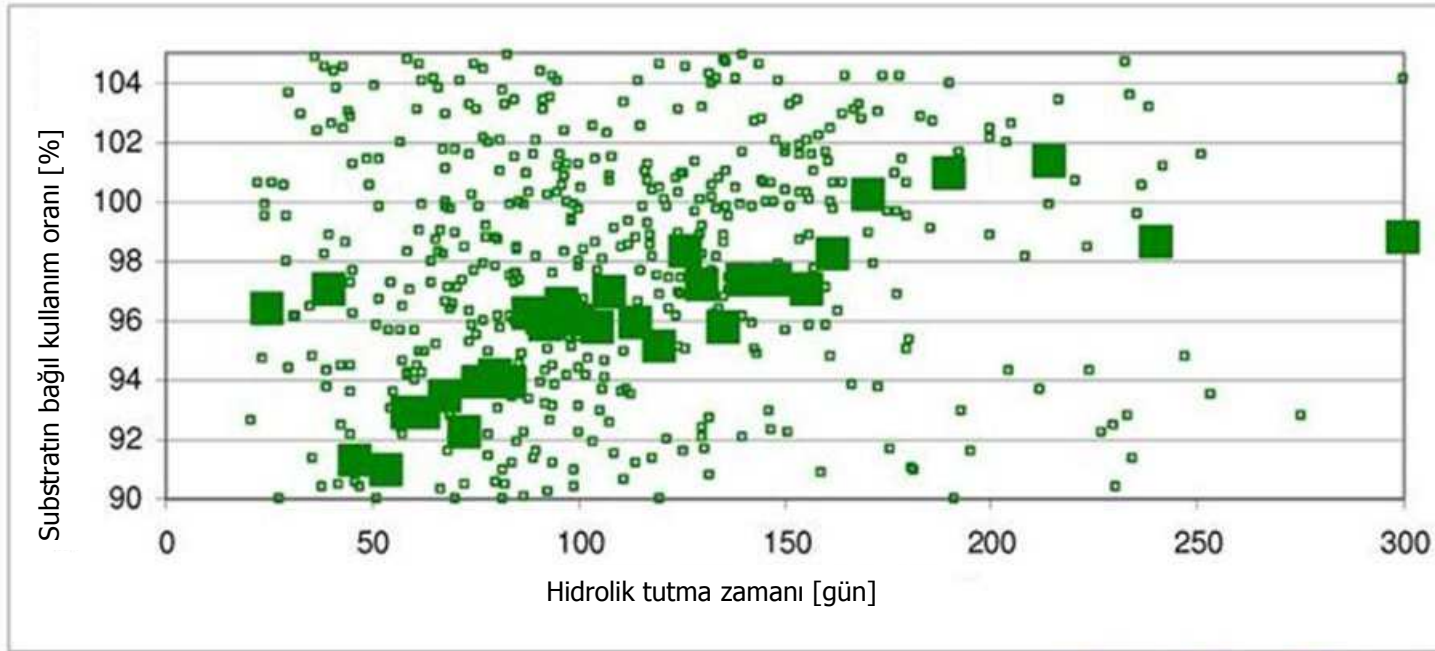

$$B(R) = \frac{1926 \frac{\text{kg oDM}}{d}}{800 \text{ m}^3} = 2,41 \frac{\text{kg oDM}}{\text{m}^3 * d}$$

İşleme hassasiyeti, daha geniş organik yükleme oranı ile artmaktadır

# Kritik organik yükleme oranı ve tutma süresi

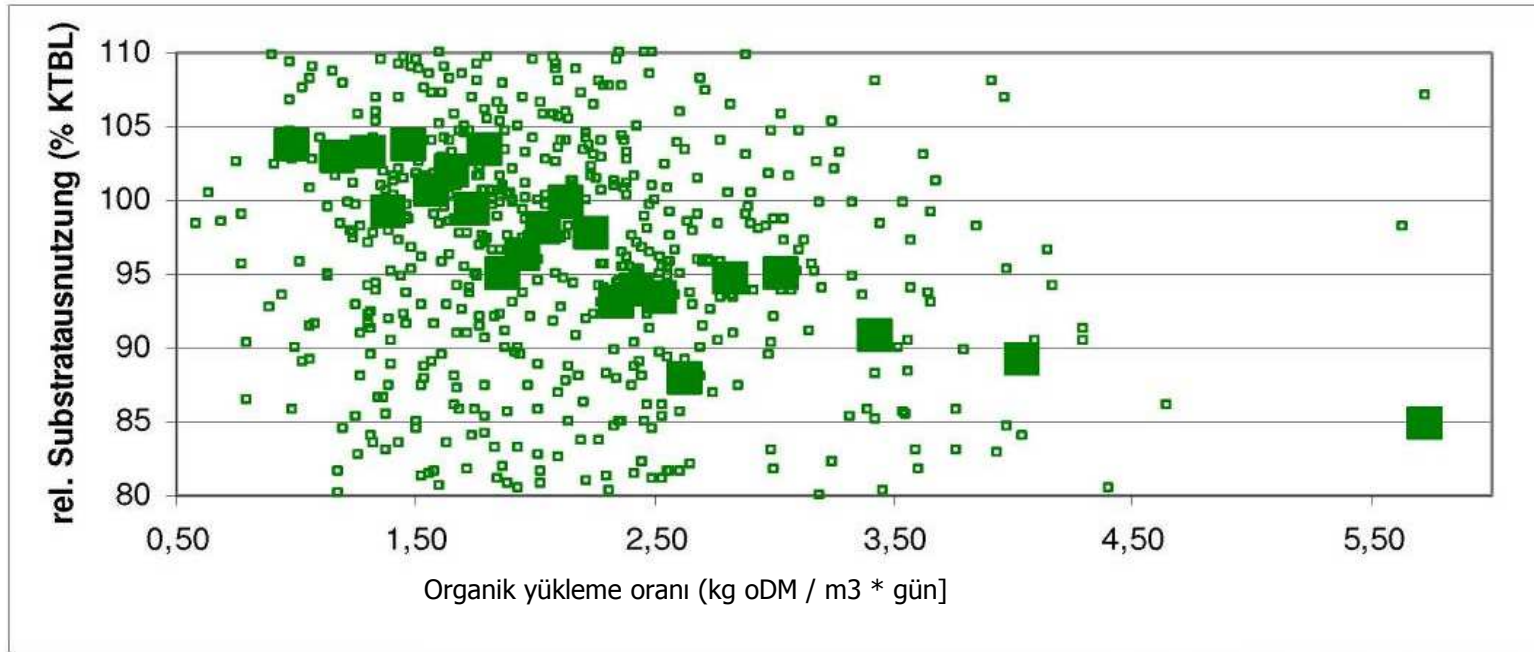


Substrattan bağıl kullanım oranı (1.000 biyogaz tesisinin)  
Burada: hidrolik tutma süresi (HTS) fonksiyonu olarak  
(küçük kareler: tek tesisler; büyük kareler: ortalama sayılar)



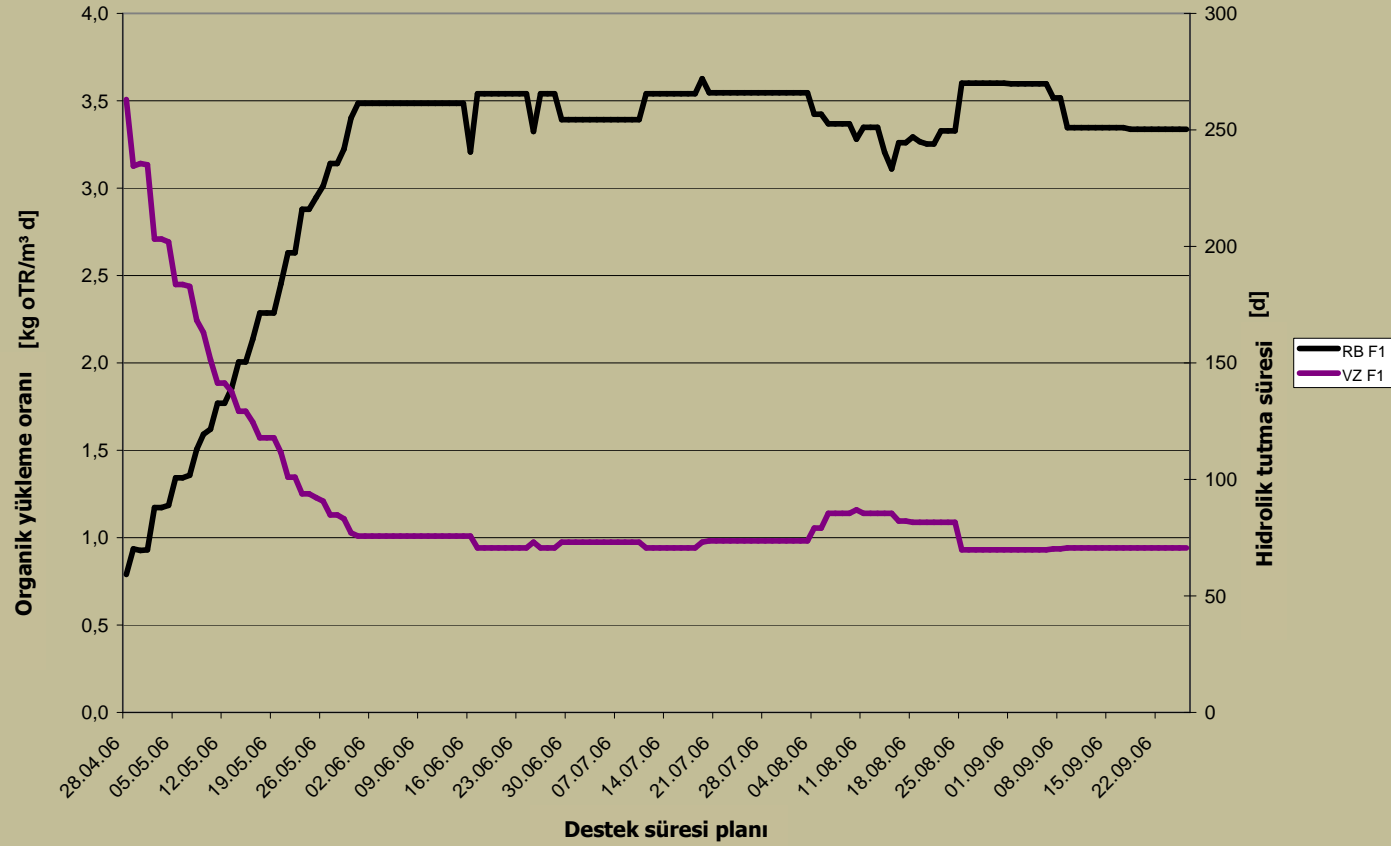
Kaynak: bioreact, Dr. Udo Hölker, 2010

Substrattan bağıl kullanım oranı (1.000 biyogaz tesisinin)  
Burada: organik yükleme oranı fonksiyonu olarak (BR)  
(küçük kareler: tek tesis; büyük kareler: ortalama sayılar)



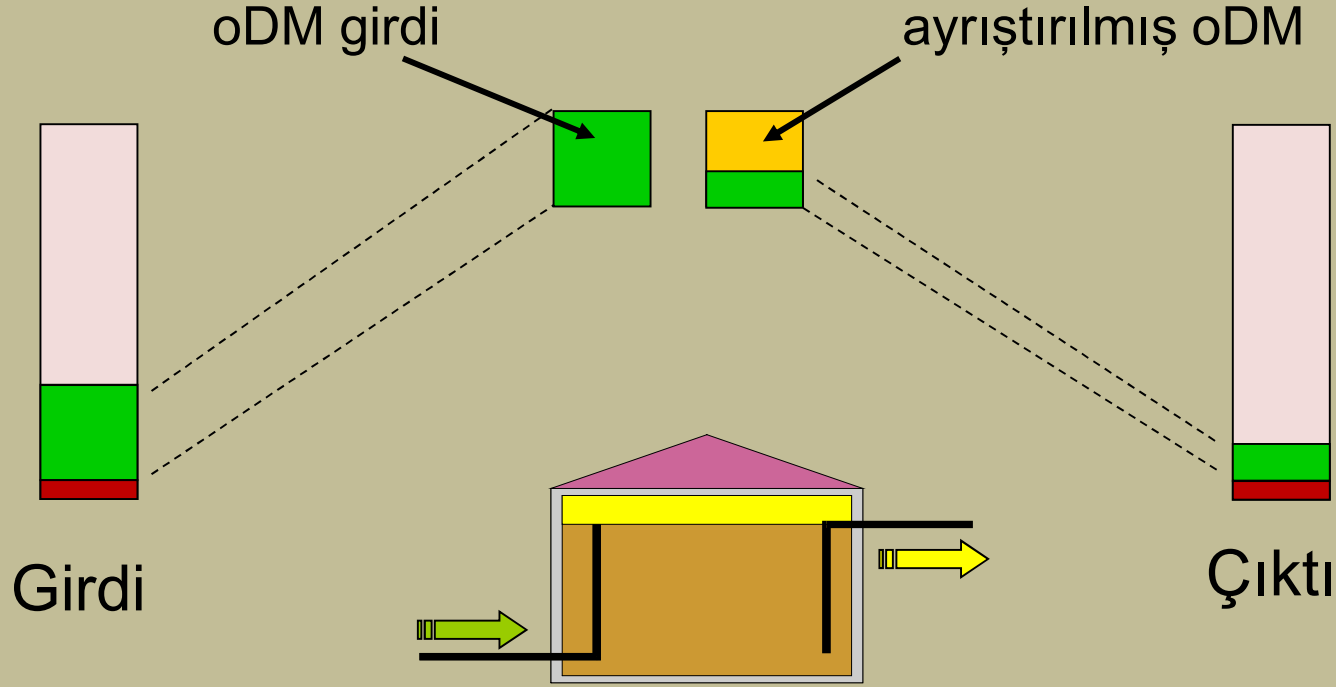
Kaynak: bioreact, Dr. Udo Hölker, 2010

# Organik yükleme oranı ve Hidrolik tutma süresi



Kaynak: Novatech GmbH Support program

# Bağıl ve kesin ayrıştırma derecesi



- Girdiye (bağıl) veya çalışma hacmine (kesin) bağlı materyal içeriklerinin azaltılması
- Ayrıştırma oranını bozucu batan ve yüzen katmanlar

# Ayrıştırma - Formüller

$$\eta_{rel} = \frac{oDM(in) \left[ \frac{kg \ oDM}{d} \right] - FM(in) \left[ \frac{kg \ FM}{d} \right] * oDM(deg) \ [% \ FM]}{oDM(in) \left[ \frac{kg \ oDM}{d} \right]}$$

$$\eta_{abs} = \frac{oDM(in) \left[ \frac{kg \ oDM}{d} \right] - FM(in) \left[ \frac{kg \ FM}{d} \right] * oDM(deg) \ [% \ FM]}{\text{çalışma hacmi} \ [m^3]}$$

- Sedimentasyon katmanları ve yüzey partiküller, çürüme aşamasını etkiler
- Aşırı derecede kullanılan substrata bağlıdır

### 3. Temel işleme mühendislik parametreleri

- Kuru madde
- Hidrolik tutma süresi
- Organik yük
- Ayrıştırma oranı
- **Özel gaz üretimi**

Girdi  
→



Çıktı  
→



## Özel biyogaz veya metan verimi:

$$A \text{ (biyogaz)} = \frac{m3 \text{ (biyogaz, standart)}}{kg \text{ oDM (girdi)}}$$

$$A \text{ (metan)} = \frac{m3 \text{ (CH}_4\text{, standart)}}{kg \text{ oDM (girdi)}}$$

- Beslenen ODM, DM, FM'den hareketle

**Standart koşullar:**

0 °C = 273 K

1013 mbar

% 0 nem

- Daha iyisi...

## Kg yaş madde başına biyogaz (girdi):

$$A \text{ (biyogaz)} = \frac{m3 \text{ (biyogaz, standart)}}{ton \text{ FM (girdi)}}$$

(FM = yaş madde)

# Gaz verimini belirleyen yöntemler

- Hesaplama

- COD, TOC üzerinden
- Hayvan yemi analizleri üzerinden

Problem:

- Ayırıştırma oranı tahmini
- Analizler gereklidir

- Fermantasyon testi

- Genel yöntem

Problem:

- Uzun ve hataya hassas

## Vereinfachte Nährwertermittlung im Grundfutter

Journal Nr.: G15970/07  
Probe Nr.: 7007/1182  
Betrieb:   
Art: Grünroggensilage  
Schnittdatum: 10.06.2007

Probenahme am: 14.06.2007  
Probeneingang am: 28.06.2007

Bemerkungen:

### Untersuchungsbericht

Nährstoffe:	g/kgTM
Trockensubstanz	217 g/kgFM
Rohprotein	127
Rohfett	32
Rohfaser	317
Rohasche	80
NfE	444
ADF	365
NDF	577
nXP (nutzb. Protein)	130
RNB (Run.N.Bilanz)	-0

Mineralstoffe:	g/kgTM
Calcium	3,9
Phosphor	2,8
Magnesium	1,4
Natrium	0,7
Kalium	20,1

Sonstiges:	in Trockenmasse
Biogas (berechnet)	565- 1/kgOTM
Methan (berechnet)	315 1/kgOTM

Energie:	MJ/kgTM
ME	10,12
NEL	6,02

→ MR  $\frac{m^3}{t}$

# Fermantasyon testi



Farklı boyutlarda  
grup testleri



Daimi deney

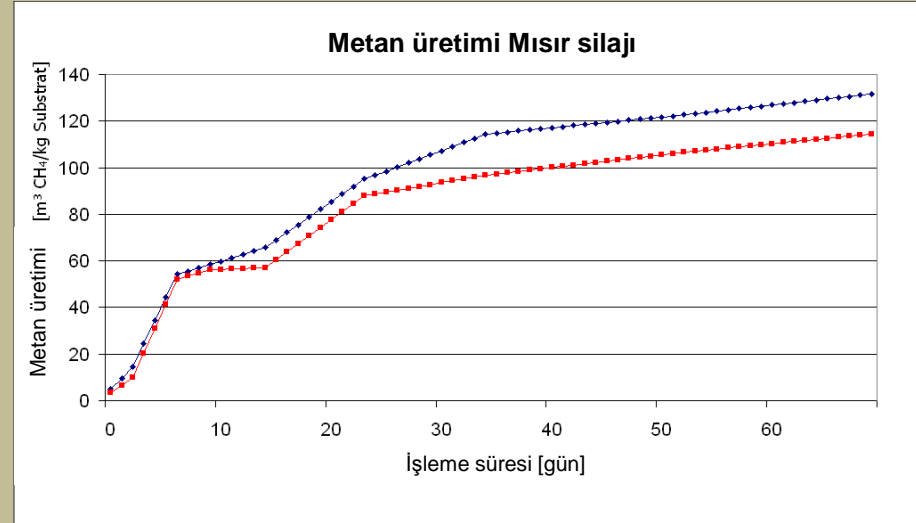
# Substratların biyogaz kapasitesi

## şunlar tarafından belirlenmektedir:

- Substratın içeriği
  - Organik içerik, organik kuru madde içeriği, oDM
  - Yağ, protein ve karbonhidrat oranı
- Çürütücüdeki tutma süresi
- Hazırlık oluşumu
- İşleme sıcaklığı

Organik bileşenler	Gaz verimi [m <sup>3</sup> /kg]	Metan içeriği [%]
Ham protein	0,7	71
Ham yağ	1,25	66
Ham fiber	0,79	50
Serbest N ekstrakt materyaller	0,79	50

Kaynak: Roediger



Kaynak: C. Tidjen, FAL

# İlginiz için teşekkür ederiz!



## **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](mailto:biogas-tr@giz.de)  
I [www.giz.de](http://www.giz.de)  
I [www.biyogaz.web.tr](http://www.biyogaz.web.tr)

Yazar:

Birgit Pfeifer, International Biogas and Bioenergy Centre  
of Competence (IBBK)