

SIFIR ATIK VİZYONU İLE HAYVANSAL ATIKLARIN YÖNETİMİ ÇALIŞTAYI



Biyogaz Yöntemleri ve İkincil Ürünler

Prof.Dr. N. Altınay Perendeci
Akdeniz Üniversitesi, Müh. Fak., Çevre Müh. Böl.

Biyogaz Üretim Prosesi Anaerobik Parçalanma

**Anaerobik Parçalanma
AD Nedir?**

Mikroorganizmaların, organik maddeleri nihai son ürünlere dönüştürdüğü doğal bir prosestir.

Organik Madde Nedir?

İçeriğinde C, N ve P bulunan ve genel olarak bitki ve hayvan bileşenlerini içeren materyal olarak tanımlanmaktadır. Genel olarak, hayvan gübreleri, tarımsal atıklar, gıda atıkları, endüstriyel organik kökenli atıklar, arıtma çamurları.

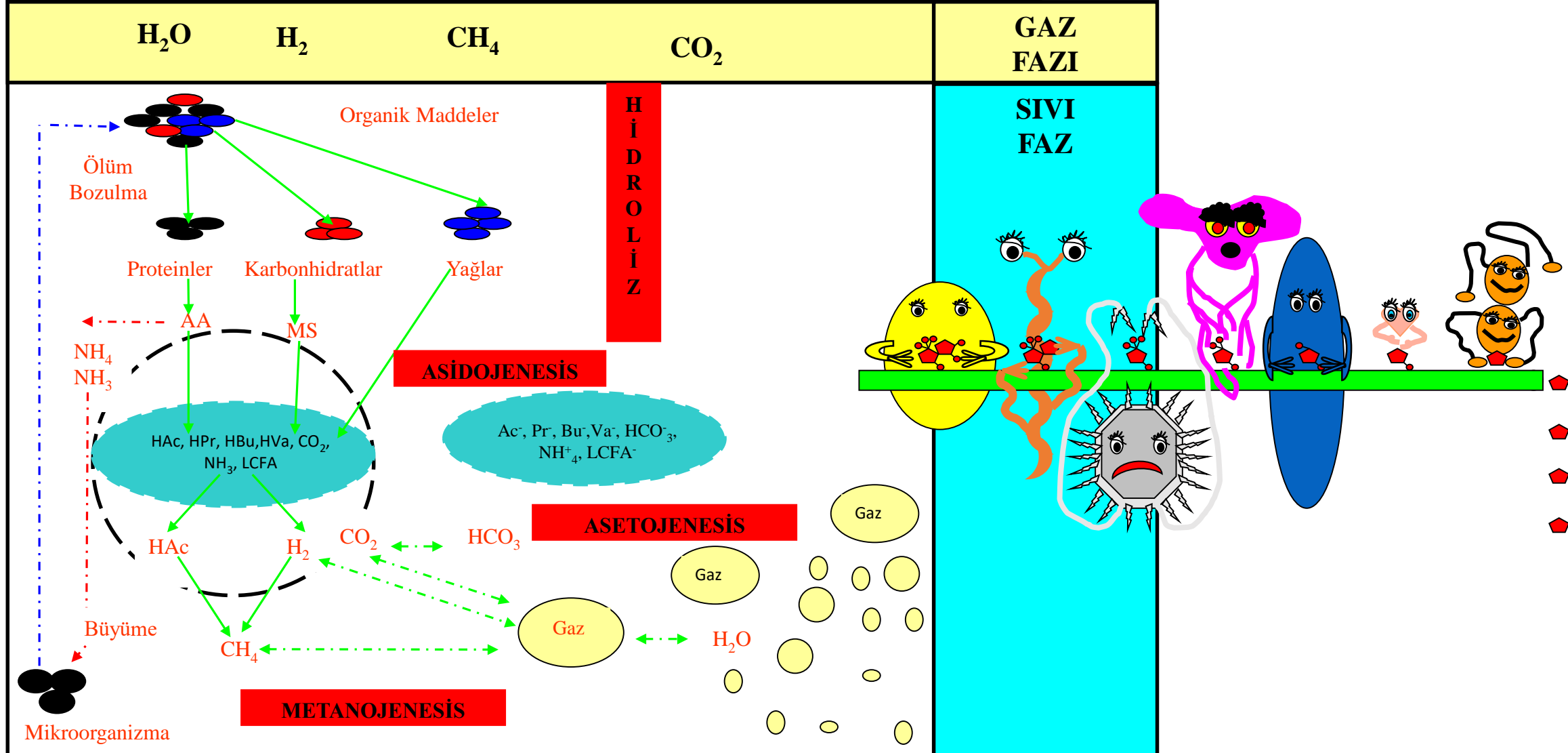
**Anaerobik Parçalanma
Nerede Gerçekleşir?**

Anaerobik parçalanma, oksijensiz (içinde oksijen olmayan) kapalı ortamlarda gerçekleşmektedir.

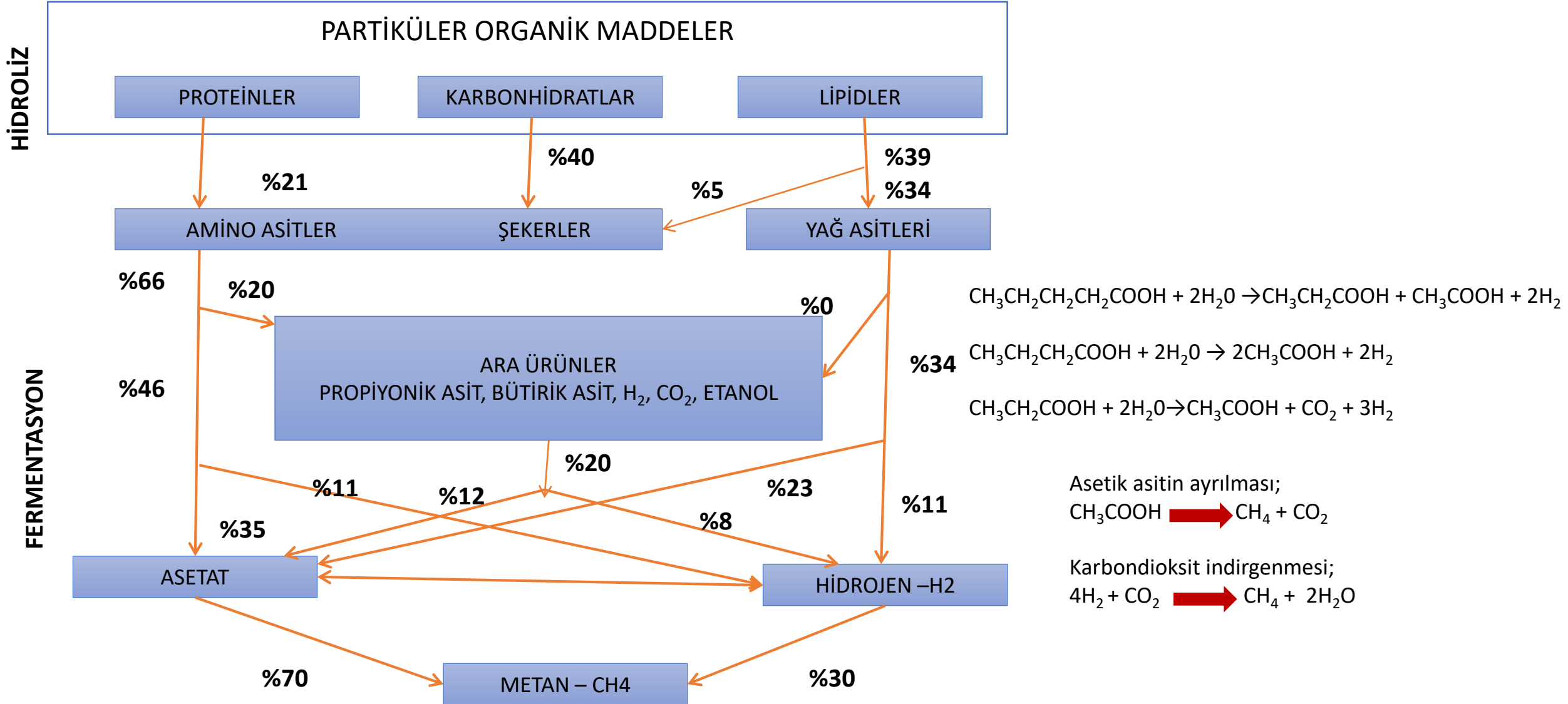
**Anaerobik Parçalanma
Prosesinin Ürünleri
Nelerdir?**

Mikroorganizmalar, organik maddeyi parçaladıklarında biyogaz adı verilen CH_4 ve CO_2 karışımı bir gaz üretilmektedir. Organik maddenin parçalanmasından sonra geriye kalan besleyici elementlerce zengin toprak iyileştirici ya da gübre olarak kullanılacak materyal digestat olarak isimlendirilmektedir.

Anaerobik Parçalanma Prosesi Nasıl Gerçekleşir?



Anaerobik Parçalanma Prosesinin Mekanizması



Sıfır Atık Vizyonu ile Hayvansal Atıkların Yönetimi Çalıştayı

Anaerobik Parçalanma Prosesinde Girdiler ve Kazanımlar Nedir?



GİRDİLER
(Substratlar)

- Enerji Bitkileri
- Tarımsal Hasat Atıkları
- Hayvansal Üretim Atıkları
- Evsel Organik Atıklar
- Endüstriyel Organik Atık ve Atıksular

BIÖGAS

%50-70 CH₄
%30-40 CO₂



Toprak İyileştirici

KAZANIMLAR
(Çıktılar)



Ulaşım Sektörü için
Biyoyakıt



Biyometan Doğal
Gaz Şebekesine
Besleme



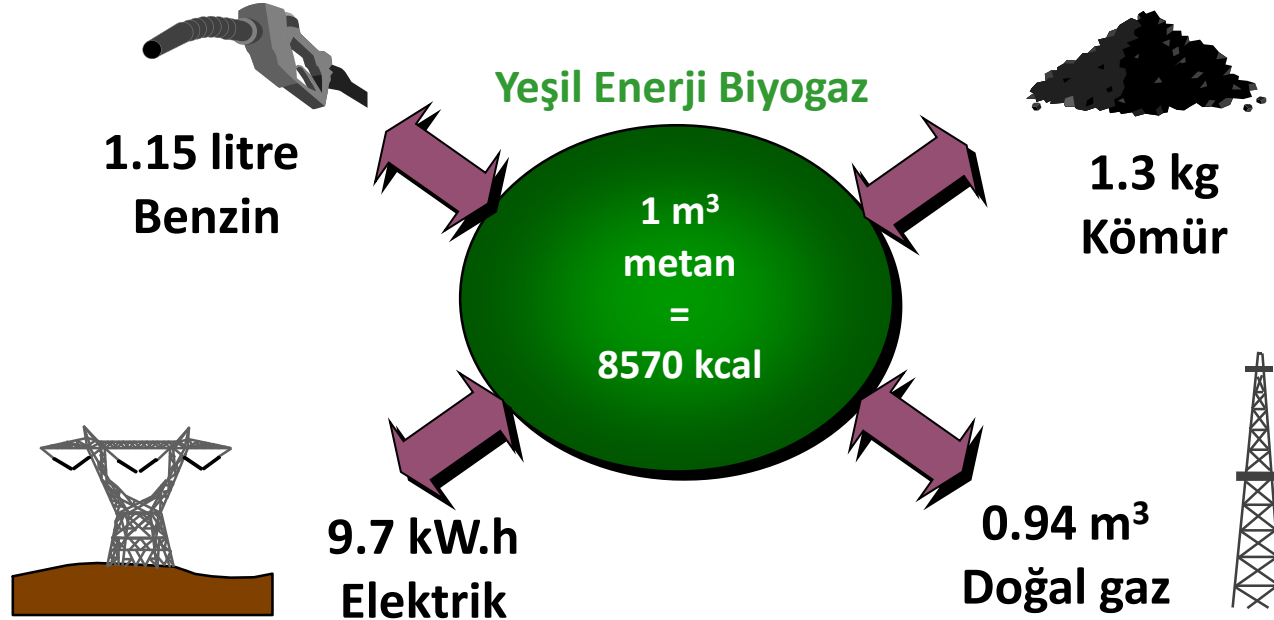
Elektrik



Isı

Biyogaz ve biyometan üretiminde GİRDİLER ve KAZANIMLAR

Anaerobik Parçalanma Prosesinde Kazanımlar Nedir?



Biyogazdan;

- ✓ Isı Üretimi,
- ✓ Pistonlu motorlar, gaz türbinleri, buhar türbinleri, mikrotürbinler ve yakıt hücresi kullanılarak elektrik enerjisi üretimi,
- ✓ Birleşik ısı ve güç üretimi - CHP,
- ✓ Motorlu taşıt yakıtı,
- ✓ Mevcut bir doğal gaz hattına enjeksiyon

Enerji Kaynağı	Birim	1 m ³ Ham Biyogaz Eşdeğeri		1 m ³ Saflaştırılmış Biyogaz Eşdeğeri
		Min	Max	
Benzin	L	0.53	0.73	1.10
Etanol	L	0.81	1.1	1.70
Kalsiyum Karbid	Kg	1.3	1.77	2.70
Petrol Gazı	L	0.48	0.65	1.00
Doğal Gaz	m ³	0.45	0.61	0.93
Odun Kömürü	Kg	0.91	1.24	1.90
Elektrik	kWh	4.6	6.2	9.40
Taş Kömürü	Kg	0.6	0.82	1.25

Kaynak: Chem Eng. Technol. 2009, 32, 8, 1147-1153

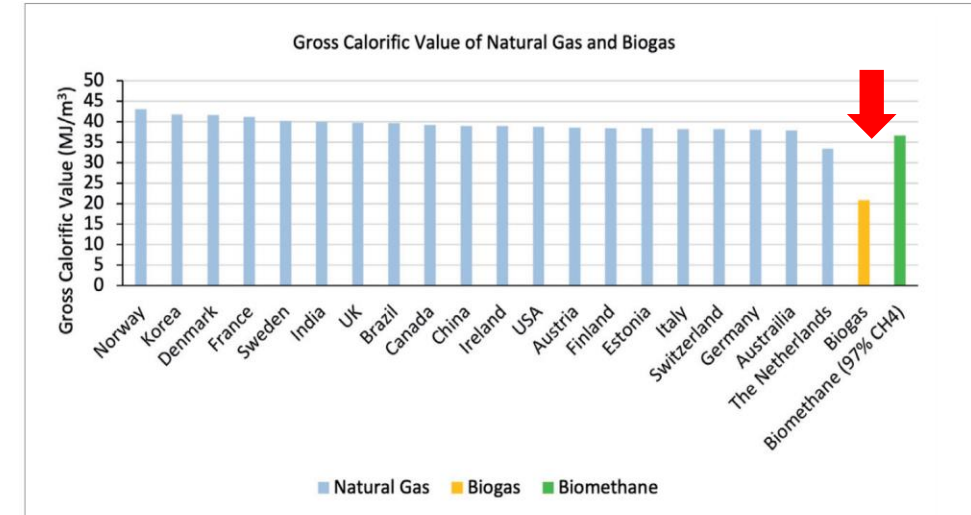
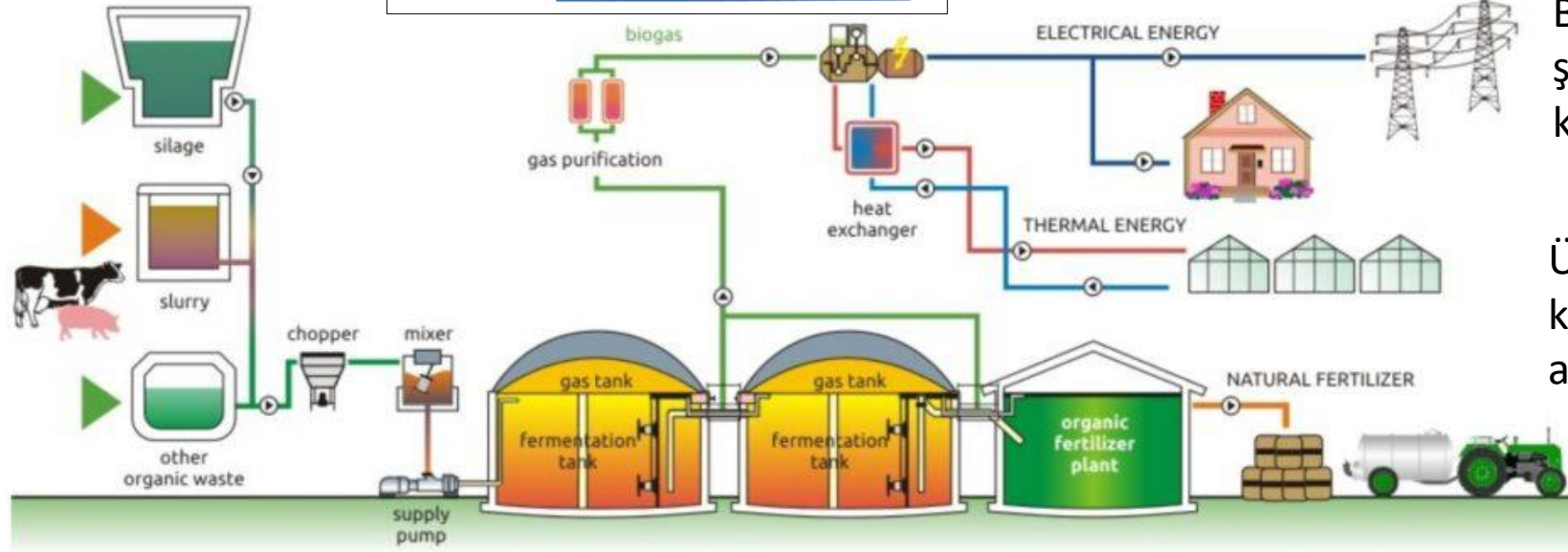
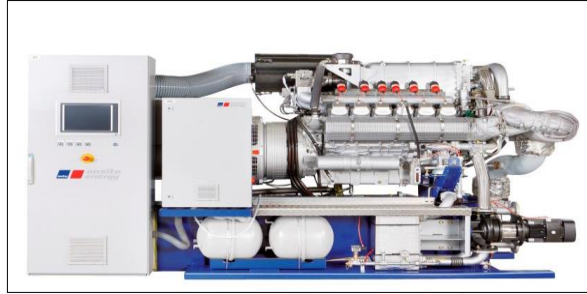


Figure 2. Gross calorific value of natural gas and biogas (55%_{vol} CH₄). Temperature: 15 °C. Pressure: 1.01325 bar. Data adapted from (IEA, 2021).

Anaerobik Parçalanma Prosesinde Kazanımlar Nedir?

Biyogazdan Elektrik ve Isı üretilmesi (CHP)

Bir CHP ünitesi biyogazı yakarak elektrik üretecek olan jeneratöre güç verir. Isı da bu işlem esnasında üretilmektedir.



Biyogazdan üretilen elektrik doğrudan şehir şebekesine aktarılabilir ya da iç tesis kullanımına alınabilir.

Üretilen ısı sahadaki proste kullanılabilceği gibi yerel ısıtma ağına da aktarılabilir.

1 m³ Biyogaz yaklaşık 6kWh kalorifik enerjiye sahiptir. Biyogazı, elektrik motorunda elektriğe çevirirsek 2 kWh kullanılabilir elektrik üretilir, geriye kalan miktar ise ısıya çevrilir.

Anaerobik Parçalanma Prosesinde Kazanımlar Nedir?

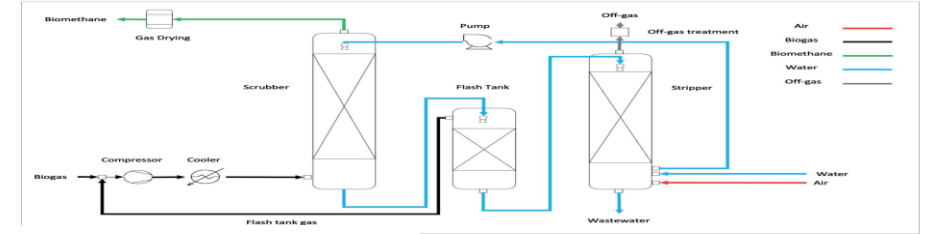
Doğal Gaz Şebekesine Besleme

Compound	Unit	Biogas from AD	Landfill gas	Natural gas
Methane (CH ₄)	%vol	53-70	30-65	81-89
Carbon dioxide (CO ₂)	%vol	30-50	24-47	0.67-1
Nitrogen (N ₂)	%vol	2-6	<1-17	0.28-14
Oxygen (O ₂)	%vol	0-5	<1-3	0
Hydrogen (H ₂)	%vol	NA	0-3	NA
Higher hydrocarbons	%vol	NA	NA	3.5-9.4
Hydrogen sulfide (H ₂ S)	ppm	0-2000	30-500	0-2.9
Ammonia (NH ₃)	ppm	<100	0-5	NA
Chlorines	mg/Nm ³	<0.25	0.3-225	NA
Siloxane	µg/g _{dry}	<0.08-0.5	0<0.3-36	NA

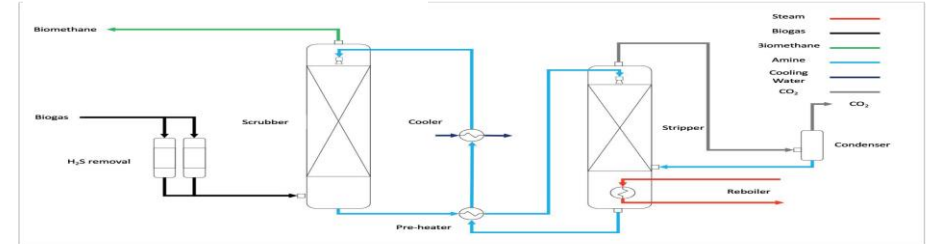
Table 2. Biomethane grid injection standards.

Parameter	Unit	France		Germany		Sweden	Switzerland		Austria	Netherlands	Ireland ¹
		L gas	H gas	L gas grid	H gas grid		Limited injection	Unlimited injection			
Gross calorific value	MJ/m ³										36.9-42.3
Higher Wobbe index	MJ/Nm ³	42.48-46.8	48.24-56.52	37.8-46.8	46.1-56.5				47.7-56.5	43.46-44.41	47.2-51.41
Methane	%vol					95-99	> 50	> 96		> 80	
Carbon dioxide	%vol	< 2		< 6			< 6		≤ 2		≤ 2.5
Oxygen	%vol ppmV Mol%	< 100		< 3			≤ 0.5		≤ 0.5	< 0.5	≤ 1
Hydrogen	%vol	< 6		≤ 5			< 5		≤ 4	< 12	< 0.1
CO ₂ + O ₂ + N ₂	%vol					< 5					
Water dew point	°C	< -5		< Ground temperature		< ambient temperature -5 °C			≤ -8	-10	
Water content	mg/m ³										< 50
Relative humidity	p						< 60%		≤ 5		
Sulphur	mg/Nm ³	< 100 < 75		< 30		< 23	< 30			< 45	< 50

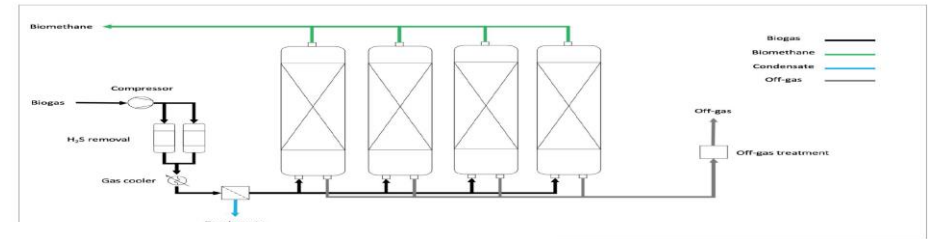
¹ Values for Ireland are at 15 °C, 1.01325 bar_{abs}



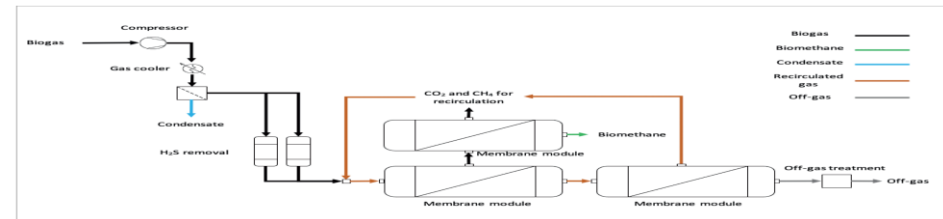
Su ile Yıkama



Kimyasal (Amine) Yıkama



Basınç Salımlı Adsorbsiyon



Membran ile Saflaştırma

Anaerobik Parçalanma Prosesinde Kazanımlar Nedir?

Yeşil Biyoyakıt – Araçlarda Yakıt Olarak Kullanım

Box 1: Energy content of biomethane

Methane net calorific value: 50 MJ/kg

Gaseous biomethane - standard conditions (15 °C, 1.01325 bar_{abs})

Biomethane volume: 1 m³

Methane concentration: 97%vol

Methane volume: 1 * 0.97 = 0.97 m³

Methane density: 0.68 kg/m³

Methane mass: 0.97 m³ * 0.68 kg/m³ = 0.66 kg

Energy content of biomethane: 0.66 kg * 50 MJ/kg = 32.96 MJ

Gaseous biomethane - compressed (15 °C, 250 bar_{abs})

Biomethane volume: 1 m³

Methane concentration: 97%vol

Methane volume: 1 * 0.97 = 0.97 m³

Methane density: 186.88 kg/m³

Methane mass: 0.97 m³ * 186.88 kg/m³ = 181.27 kg

Energy content of biomethane: 181.27 kg * 50 MJ/kg / 1000 GJ/MJ = 9.063 GJ

Liquid biomethane (-162 °C, 1.01325 bar_{abs})

Biomethane volume: 1 m³

Methane concentration: 99.995%vol (50 ppm CO₂)

Methane volume: 1 * 0.99995 = 0.99995 m³

Methane density: 424.14 kg/m³

Methane mass: 0.99995 * 424.14 = 424.12 kg

Energy content of biomethane: 424.12 kg * 50 MJ/kg / 1000 GJ/MJ = 21.206 GJ

Equivalent volume calculation

1 m³ biomethane (15 °C, 1.01325 bar_{abs}) → 0.0036 m³ compressed biomethane (15 °C, 250 bar_{abs})

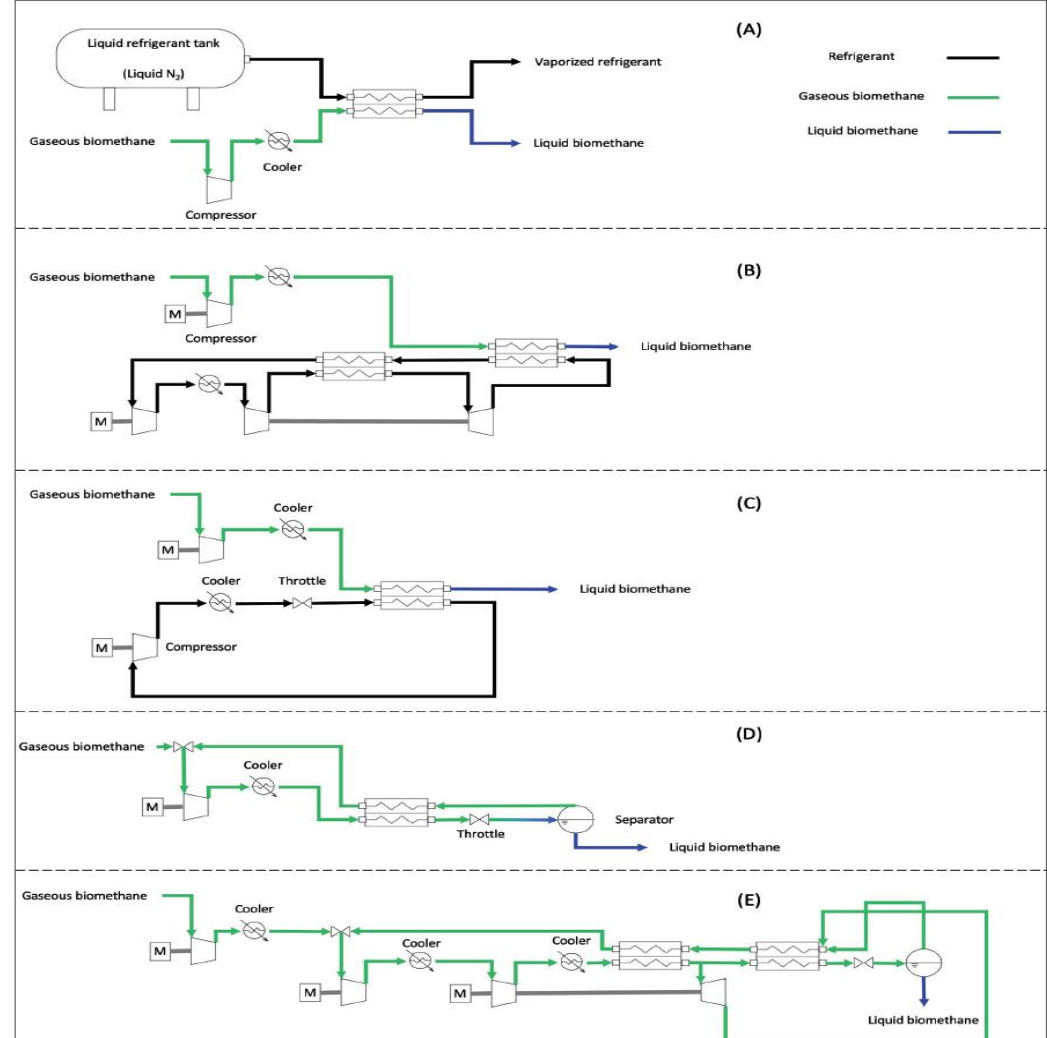
1 m³ biomethane (15 °C, 1.01325 bar_{abs}) → 0.0016 m³ liquid biomethane (-162 °C, 1.01325 bar_{abs})

Diesel (Liquid)

Energy content of diesel: 36 GJ/m³ = 4 m³ compressed or 1.70 m³ liquid biomethane

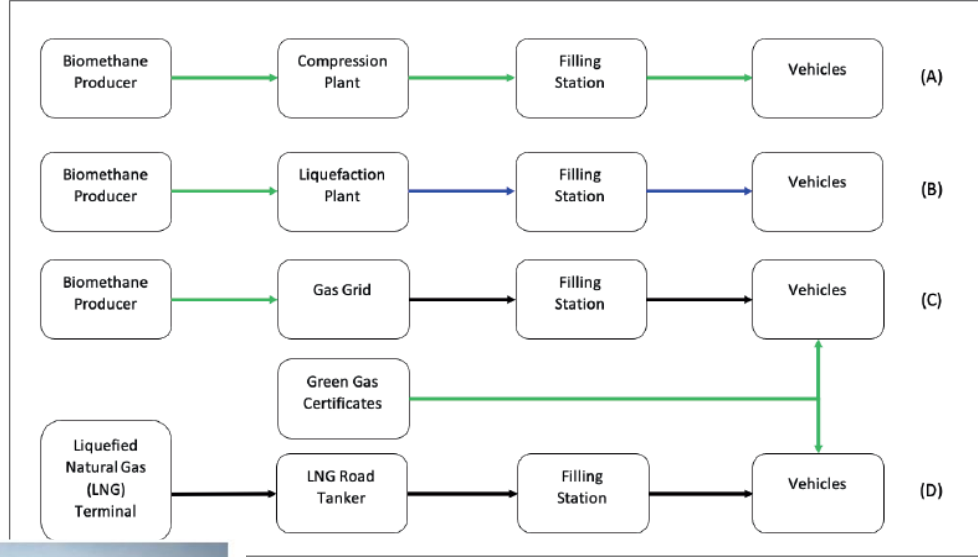
Petrol (Liquid)





Energy content of petrol: 32 GJ/m³ = 3.53 m³ compressed or 1.51 m³ liquid biomethane



Biyometan Sıvılaştırma (A) Sıvı Azotla Buharlaştırma (B) Tek Yönlü Brayton Döngüsü (C) Tek Yönlü Rankine Döngüsü (D) Linde Döngüsü (E) Claude Döngüsü

Yeşil Biyoyakıt – Araçlarda Yakıt Olarak Kullanım



Biyoyakıt	Dizel Eşdeğeri	Operasyonel Aralık (100 km 6 L dizel tüketim kabulü)
Biyodizel	1.200	20.000 km 
Biyometanol	2.000	33.000 km 
BTL	3.800?	63.000 km 
Biyometan	4.000	66.000 km 

© W. Verstraete, Gent Üniversitesi Belçika

BTL: Biomass to liquid fuel: Biyokütleden termokimyasal metotlarla üretilen sıvı yakıt, sentetik hidrokarbon



Figure 31. Double decker buses fueled by biomethane in Bristol; photo from Jon Craig, Jon Craig Photography, courtesy of JBP Bristol.

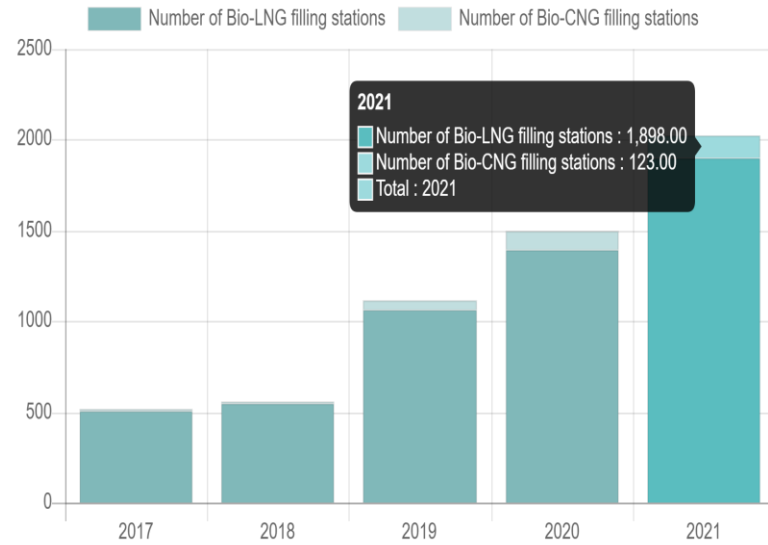
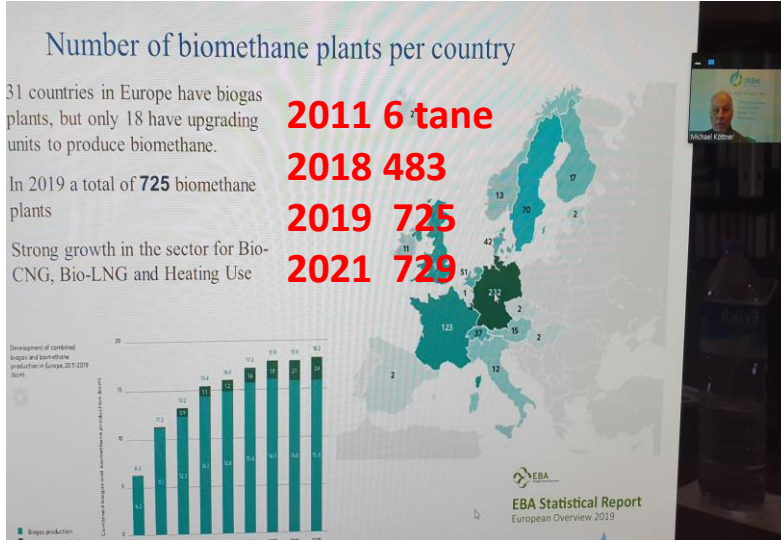


e 16. Some biomethane powered car models. Photos: ©Audi Sweden, ©Skoda and © Mats Eklund

Eylemlerimiz Geleceğimizdir – Potansiyeli Keşfet- Bölgesel Katma Değer Yarat

Sıfır Atık Vizyonu ile Hayvansal Atıkların Yönetimi Çalıştayı Anaerobik Parçalanma Prosesinde Kazanımlar Nedir? Yeşil Biyoyakıt – Araçlarda Yakıt Olarak Kullanım

BiogasMax Projesi



Roma, Biyometan 'la çalışan çöp kamyonları



Lille, Biyometan 'la çalışan çöp kamyonları



Bern, biyometan'la çalışan otobüs



Bern, hafif işlerde kullanılan araç Lille, servis arabaları



Figure 33. A biomethane powered bus from Scania.



Figure 34. A long distance coach powered by liquid biomethane operating the Stockholm-Oslo route. This is based on collaboration between Scania, mobility provider Flixbus and gas supplier Gasum. Scania CV AB.



Figure 35. The large scale biomethane filling station in Warrington, UK. John Baldwin, CNG Services.

Anaerobik Parçalanma Prosesinde Kazanımlar Nedir?

Digestat – Toprak İyileştirici Materyal - Değerli bir Biyogübre

AD prosesinden geriye kalan diğer bir yan ürün, yüksek nem içeriğine sahip konsantre organik ve inorganik madde karışımı içeren digestatdır. Digestat, besin açısından zengin yan üründür ve içeriğinde mikrobiyal biyokütle ve parçalanmamış organik bileşikler, makro ve mikro besinler ve ağır metaller bulunmaktadır.

Digestat bileşimi, atık türüne ve anaerobik parçalanma proses parametrelerine göre değişmektedir. Lignoselülozik atık, hayvansal gübre, aktif çamur ve diğer proteinli atıklardan üretilen digestat farklı özellikler göstermektedir ve bu nedenle standart bir digestat bileşimi yoktur.

Digestat, azot (N), fosfor (P), potasyum, kalsiyum (Ca), manganez (Mn), çinko (Zn), bakır (Cu), bor (B), demir (Fe) ve nikel (Ni) gibi bazı temel eser elementler açısından zengindir. Yüksek azot ve fosfor içeriği nedeniyle tarımda besin döngülerini kapatmaya ve mineral gübrelerin dış girdilerini azaltmaya yönelik olarak digestat yüksek potansiyel sunmaktadır.



			İnek Gübresi Elde Edilen Digestat
Kuru madde	FM	%	9,1
Nitrojen	N _{total}	kg/t	4,6
Amonyum-N	NH ₄ -N		2,6
Fosfor	P ₂ O ₅		2,5
Potasyum	K ₂ O		5,3
Magnezyum	MgO		0,91

Anaerobik Parçalanma Prosesinde Kazanımlar Nedir?

Digestat – Toprak İyileştirici Materyal - Değerli bir Biyogübre

Spesifik olarak hammadde kaynağına bağlı olarak, digestat ağır metaller, antibiyotikler, organik kirleticiler veya patojenler gibi kirleticileri de içerebilir.

Özellikle arıtma çamurundan elde edilen digestat, atık sudan gelen kirleticileri biriktirme eğilimindedir ve genellikle mevzuat standartlarına göre doğrudan tarımsal kullanımını sınırlayabilen yüksek ağır metal konsantrasyonları (kuru madde bazında %0,5-2, ancak bazen %4'e kadar çıkabilmektedir) ile karakterize edilmektedir.

Hayvansal gübreden üretilen digestat, ağır metallerin yanı sıra, antibiyotikleri ve farmasötikleri (üreme faaliyetlerinde kullanılan) içerebilir.

Organik atıklardan elde edilen digestat (özellikle kaynağında ayrılmış evsel katı atıktan) daha az ağır metal içeriği ve patojenler, hümik ve fulvik asitlerin varlığı ve antimikrobiyal etkilere sahip uçucu yağ asitleri gibi tipik olarak daha uygun özellikler göstermektedir.



Sıfır Atık Vizyonu ile Hayvansal Atıkların Yönetimi Çalıştayı

Anaerobik Parçalanma Prosesinde Kazanımlar Nedir?

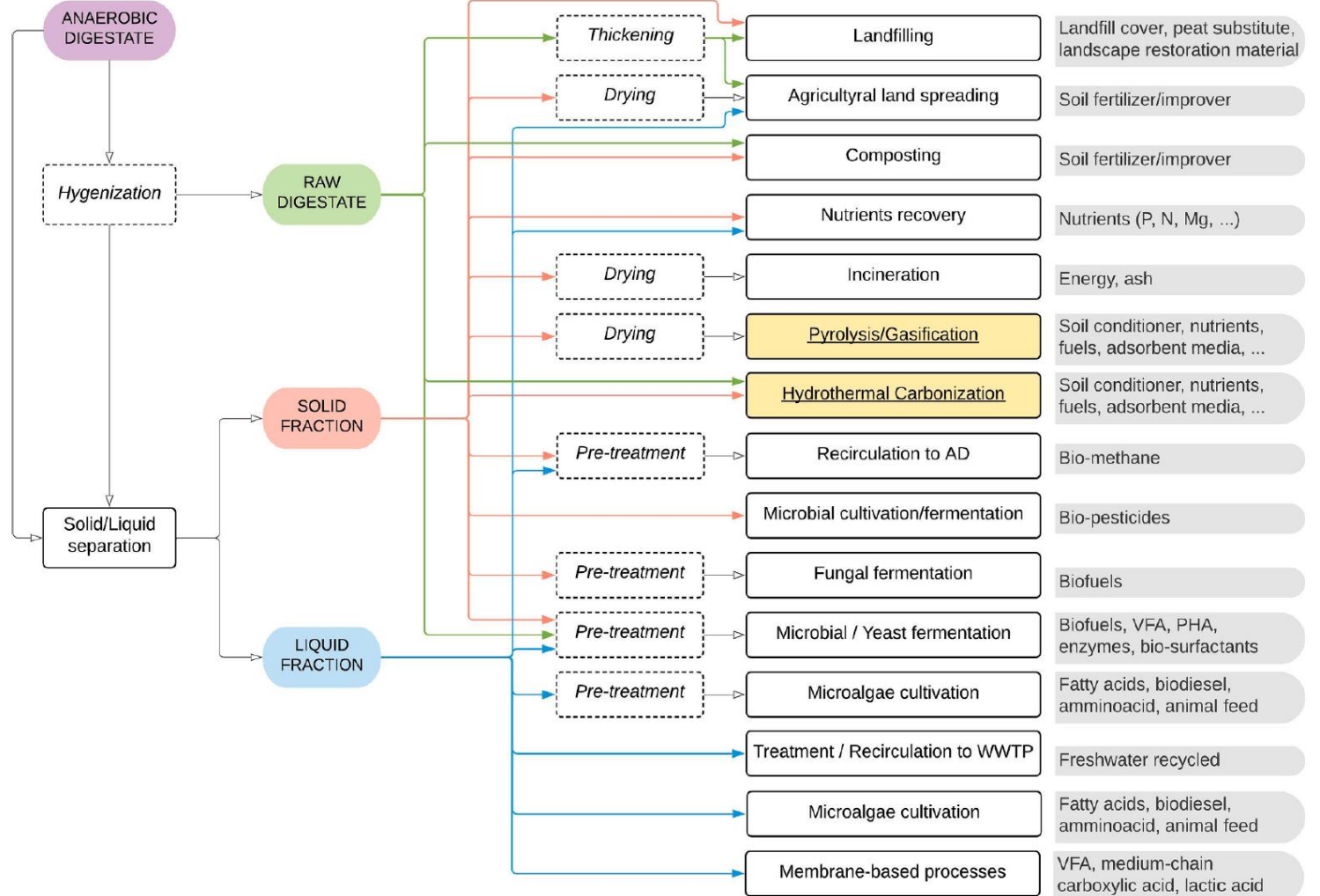
Digestat – Toprak İyileştirici Materyal - Değerli bir Biyogübre

Digestat; sıvı ve katı fraksiyondan oluşmaktadır. Sıvı kısım besin (N&P) açısından zengindir, katı kısım ise toprağın hümk dengmesini korur. Digestat doğrudan kullanılabilir veya katı ve sıvı fraksiyonlarına ayrılabilir.

Katı-sıvı ayırma, yüksek yatırım ve işletme maliyetleri gerektirir. Katı-sıvı ayrımı, filtrepres veya santrifüj gibi mekanik işlemlerle gerçekleştirilmektedir. Digestat, vidalı pres veya dekanter santrifüj (kütlece %80-90) kullanılarak da katı ve sıvı fraksiyonlara ayrılabilir.

Katı fraksiyon, daha az su içerdiğinden kolay depolama ve taşıma avantajına sahiptir.

Sıvı fraksiyon doğrudan tarım topraklarına püskürtülebilse de, yeraltı sularının kirlenmesi önemli bir sorundur.



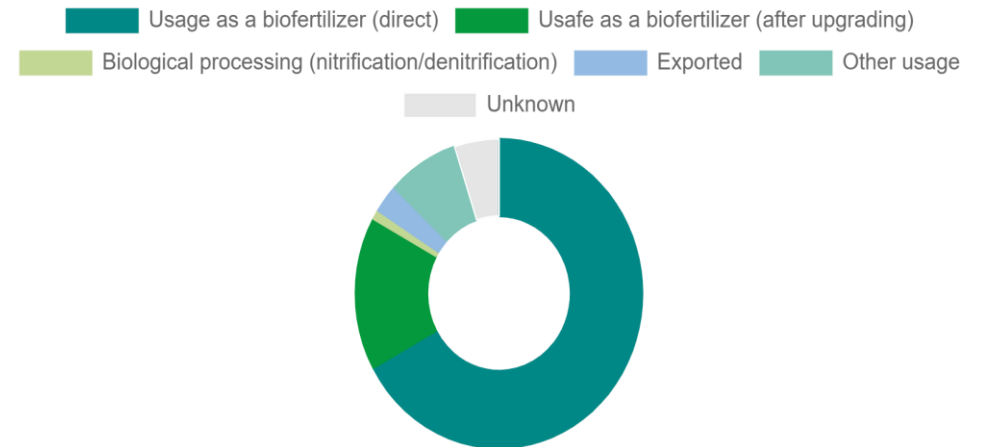
Anaerobik Parçalanma Prosesinde Kazanımlar Nedir?

Digestat – Toprak İyileştirici Materyal - Değerli bir Biyogübre

Bugüne kadar digestat üretimine ilişkin istatistiksel bir veri mevcut değildir, ancak tahminlere göre EU28 için yılda %68'i tarımsal kökenli olmak üzere yaklaşık 180 milyon ton digestat üretildiği tahmin edilmektedir.

Ayrıca, birleşik ısı ve güç ünitesi kullanan sistemlerde kurulu güç başına (kW) yılda 20 m³ digestat üretildiği tahmin edilmektedir.

Türkiye'de toplam 106 adet biyogaz tesisi bulunmaktadır ve 12.7 milyon ton digestat üretildiği tahmin edilmektedir. Digestat kullanımı, biyogaz endüstrisinin gelecekteki genişlemesini sınırlayacak kritik bir darboğazdır.



Anaerobik Parçalanma Prosesinde Kazanımlar Nedir?

Sera Gazı Emisyonlarını Düşürme Hedefi; İklim Değişikliği Yasası – 2008, 2050 yılına kadar CO₂ emisyonununun 1990 düzeyine kıyasla %80 azaltılması gerekmektedir. Anaerobik parçalanma prosesinin kullanımı; sıvı ve katı hayvansal gübre, zirai hasat atıkları, gıda atıkları ve hayvancılık atıklarının depolanmasıyla oluşan sera gazı CH₄ emisyonunu düşürebilme potansiyeli sunmaktadır.

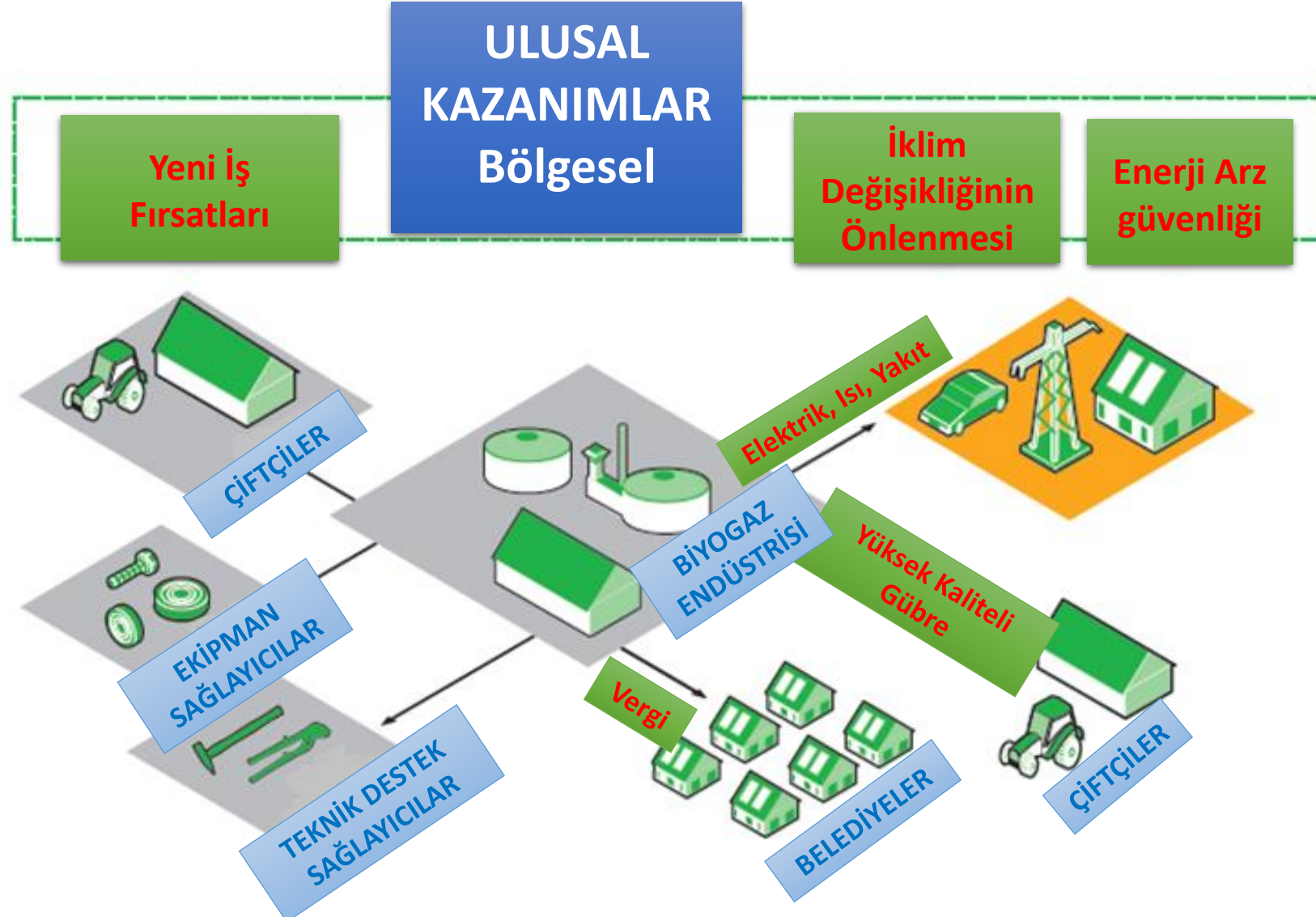
Yenilenebilir Enerji Hedefi; AB Yenilenebilir Enerji Yönergesi'ni uygulamaktadır. Yönerge, 2020 yılına kadar enerjinin %20'sinin ve 2030 yılına kadar %30'nun yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmesini gerektirmektedir. Anaerobik parçalanma, ısınma, elektrik ve ulaşım için CH₄ saflaştırılabilen biyogaz üretmektedir. Biyogaz yenilenebilir atıklardan elde edilmektedir ve fosil yakıtlardan üretilen enerjinin yerini alma potansiyeli sunmaktadır.

Anaerobik Parçalanma Prosesinde Kazanımlar Nedir?

AB Deponi Yönetmeliği'nde Belirlenen Hedefler; 2020 yılına kadar deponi alanında depolanacak biyolojik olarak çözünebilen evsel atığın 1995 yılında üretilene kıyasla %35'e düşürülmesini gerektirmektedir. Anaerobik parçalanma prosesinin kullanılması deponi alanına gönderilecek atıkların enerji üretimi ile geri kazanımı konusunda çok önemli bir rol oynayabilme potansiyeline sahiptir.

Organik Gübre Hedefleri; Anaerobik parçalanma, mineral gübrelerin yerini alacak biyogübre üretme avantajına sahiptir. Anaerobik parçalanma prosesi sonrasında kalan materyalin toprak iyileştirici ya da gübre olarak kullanılabilir olması önemlidir.

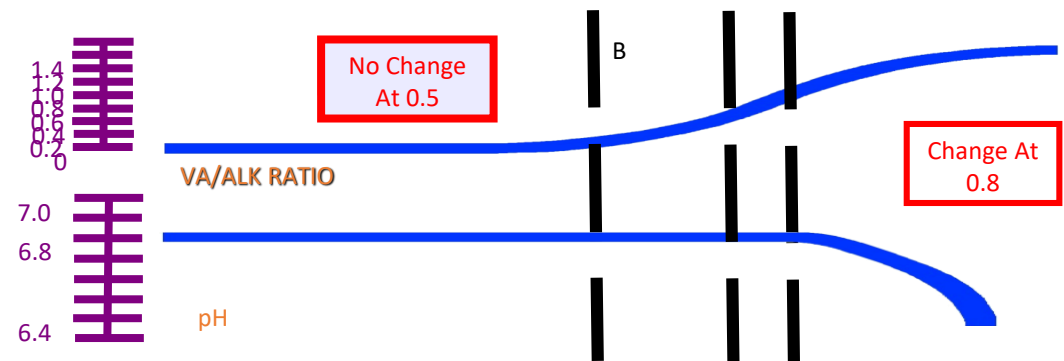
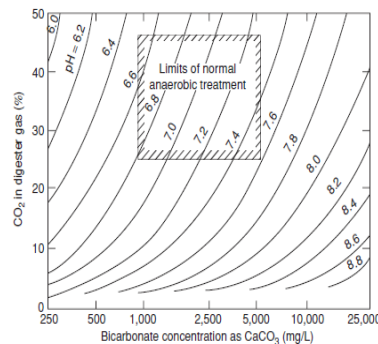
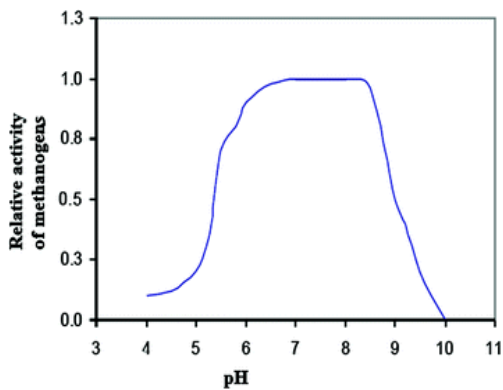
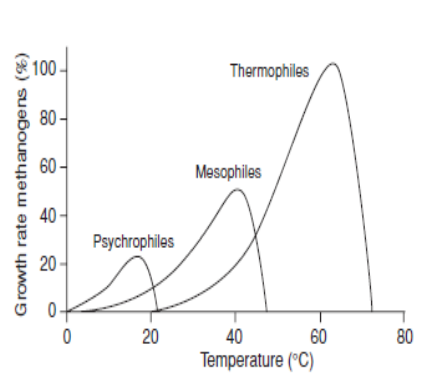
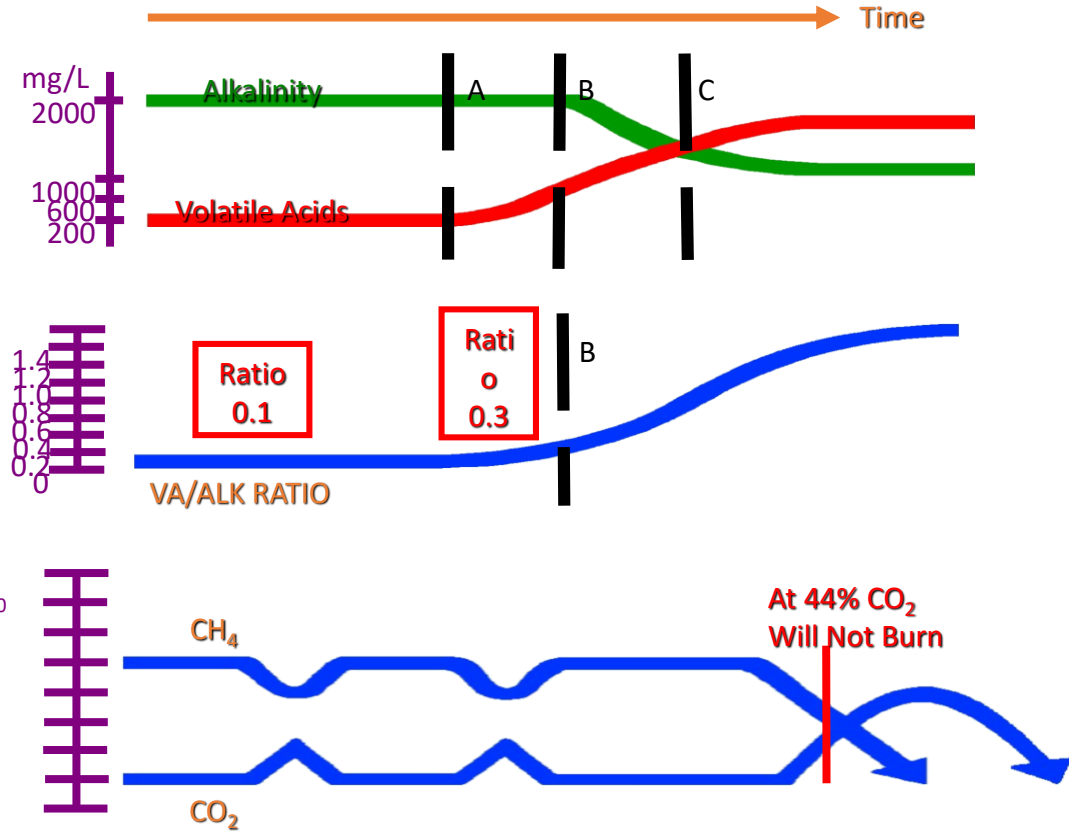
Anaerobik Parçalanma Prosesinde Kazanımlar Nedir?



Sıfır Atık Vizyonu ile Hayvansal Atıkların Yönetimi Çalıştayı

Anaerobik Parçalanma Prosesini Etkileyen Faktörler

Parametre	Önem	Stabil İşletme Aralığı
pH	Anaerobik reaktörün kontrolünde önemli parametredir.	6.7 – 7.8
Alkalinite	pH değişiminde tampon yaratmaktadır.	>1000 mg CaCO ₃ /L
Uçucu Organik Asit (VFA)	Konsantrasyondaki artış reaktör içeriğinin bozulduğunu göstermektedir	<300 mg /L
VFA/Alkalinite (Ripley Ratio) (FOS/TAC)	Oranın artışı prosesin bozulduğunu göstermektedir.	<0.2
Biyogaz Bileşimi	CH ₄ içeriğinin düşmesi proses değişikliği ve inhibisyonu göstermektedir.	>%55



Anaerobik Parçalanma Prosesini Etkileyen Faktörler

Anaerobik Reaktörde Dikkate Alınması Gereken Konular;

- Katı madde içeriğinin artması - Karıştırma
- Organik yüklemenin artması - Gaz üretimi ve köpük oluşumu
- Digestat üretiminin artması

Neler Kontrol Edilmeli?

Reaktör performansında anahtar;

- Yükleme oranı
- Ham madde kalite ve karakterizasyonu
- Karıştırma sistem performansı

Reaktörü Nasıl İzleyip Kontrol Edilmeli?

- pH
- Uçucu organik asit konsantrasyonu
- Alkalinite
- Köpük
- Sıcaklık
- Besleme oranı
- Uçucu katı madde

Reaktörü Nasıl İzleyip Kontrol Edilmeli?

- Ham maddenin izlenmesi
- pH
- Toplam katı madde
- Uçucu katı madde
- Toksisite

Küresel Ölçekte Kullanılan Anaerobik Parçalanma Teknolojileri



- Sıvı Anaerobik Parçalanma Prosesleri
- Yüksek Katı Madde Anaerobik Parçalanma Prosesleri
- Tıpa Akışlı Anaerobik Reaktör Sistemleri
- Yüksek Hızlı Anaerobik Parçalanma Prosesleri
- Mikro Anaerobik Parçalanma Prosesleri
- Birlikte Anaerobik Parçalanma Prosesleri

Yaygın Kullanılan Anaerobik Reaktör Tipleri



- Tam Karışımli Reaktörler
- Tıpa Akışlı Reaktörler
- Yukarı Akışlı Anaerobik Çamur Yatağı (UASB)
- Genişletilmiş Yataklı Anaerobik Çamur Yatağı (EGSB)
- Üstü Kapalı Lagün Tipi Reaktörler
- Anaerobik Sabit Film Reaktörler
- Ardışık Kesikli Reaktörler

Sıfır Atık Vizyonu ile Hayvansal Atıkların Yönetimi Çalıştayı

Küresel Ölçekte Kullanılan Anaerobik Parçalanma Teknolojileri

Sıvı – Islak Anaerobik Parçalanma
Prosesleri

%15 KM'den daha düşük sıvı atıkların işlenmesi amacıyla geliştirilmiş AD teknolojilerdir.

Gıda endüstrisi atıksularının ve arıtma çamurlarının arıtımında başarı ile kullanılan proseslerdir.

Büyük anaerobik reaktör hacimleri, yüksek pompaj kapasiteleri, borulama ve valf ihtiyaçları mevcuttur. Digestat susuzlaştırma ve depolama sistemleri gereklidir. Yüksek atıksu hacimleri nedeniyle büyük arıtma tesisleri ve atıksuyu ısıtmak için yüksek enerji tüketimi söz konusudur.

Sıvı AD sistemleri gelişmiş teknolojiler olup güvenle kullanılmaktadır.

Sıvı-Islak AD Proses

Üreticileri



Yüksek Katı Madde Anaerobik Parçalanma
Prosesleri

%35 KM'ye kadar olan atıkların işlenmesi amacıyla geliştirilmiş AD teknolojilerdir.

Sıvı- Islak AD teknolojilerinden daha pahalıdır.

Evsel katı atıkların organik fraksiyonu ve yüksek KM'li tarımsal atıklar için uygundur. Belediyeler organik atığın beratarafı için bu sistemleri tercih etmektedir.

Yüksek Katı Madde AD Proses Üreticileri



Sıfır Atık Vizyonu ile Hayvansal Atıkların Yönetimi Çalıştayı

Küresel Ölçekte Kullanılan Anaerobik Parçalanma Teknolojileri

Tıpa Akışlı Anaerobik Reaktör Sistemleri

- Yüksek KM işleyen AD prosesleridir. Üstü kapalı lagün tipi reaktörlere ve tam karışımli reaktörlere göre daha yüksek KM'li atıkların anaerobik parçalanmasında kullanılmaktadırlar.
- Reaktör KM içeriği %15-20 aralığındadır.
- Tıpa akışlı reaktör, küçük partikül çapına sahip KM'lerin reaktör içerisinde çökmesini engelleyecek şekilde sıkı içeriklidir.
- Mekanik karıştırma ihtiyacı bulunmamaktadır.
- Alıkonma süresi 15-21 gün aralığındadır.

Tıpa Akışlı AD Proses Üreticileri

BIOFERM™
ENERGY SYSTEMS

RCM
INTERNATIONAL, LLC

STRABAG

Yüksek Hızlı AD Proses Üreticileri

P.E.G.
PURE ENERGY GROUP

ADI
ADI SYSTEMS INC.

HydroThane
SUSTAINABLE TREATMENT PROCESSES

Clearfleau™

Yüksek Hızlı Anaerobik Parçalanma Prosesleri

- Bu sistemlerde Hidrolik Alıkonma Süresi (HRT) ve Çamur Alıkonma Süresi (SRT) birbirinden farklıdır. HRT, SRT'den düşüktür. Düşük reaktör hacimleri ve yüksek biyogaz üretim verimleri elde edilebilmektedir.
- Metan üretiminden sorumlu bakteriler verimi artırmak için reaktör içerisinde tutulmaktadır.
- Yüksek yüklü sistemlerde, harici ısıtma, karıştırma, uniform besleme ve çamur yoğunlaştırma sistemlerine ihtiyaç vardır.

Sıfır Atık Vizyonu ile Hayvansal Atıkların Yönetimi Çalıştayı

Küresel Ölçekte Kullanılan Anaerobik Parçalanma Teknolojileri

Mikro Anaerobik Parçalanma Reaktör Sistemleri

- Mikro anaerobik sistemler, küçük ölçek üniteler olup büyük ölçekten beklenen faydaların beklenmediği sistemlerdir.
- Bu sistemler genellikle çiftlik tipi sistemlerdir ve çiftliğin atıklarının işlenmesinde kullanılır. Genellikle hayvan atıkları için kurulmaktadır.
- Biyogaz üretimi amacıyla çiftlik içinde kurulmaktadır. Kapasiteleri 80kW'ye kadardır.

Mikro AD Proses Üreticileri



Birlikte Anaerobik Parçalanma Prosesleri

- Birlikte ADbirden fazla homojen atığın birlikte işlendiği proseslerdir.
- Genel olarak ana atık kaynağı (hayvan gübresi, arıtma çamuru), ilave ikinci bir atık kaynağı ile karıştırılarak birlikte anaerobik olarak parçalanmakta ve işlenmektedir.
- Birlikte AD, eksik besleyici elementleri sağlayarak ve sinerji yaratarak daha fazla gaz üretimi ile sonuçlanmaktadır.

Birlikte AD Proses Üreticileri



Sıfır Atık Vizyonu ile Hayvansal Atıkların Yönetimi Çalıştayı Yaygın Kullanılan Anaerobik Reaktör Tipleri

Tam Karışımli Reaktörler

- Karıştırıcı içeren kapalı tanklardır.
- Isıtılırlar. Mezofilik ya da Termofilik olabilirler.
- HRT 15-20 Gün
- %2-10 KM ile çalışırlar.

Avantajlar

- Verimli
- Farklı KM oranlarında çalışabilir
- İyi karışma
- KM parçalanma oranı yüksek

Dezavantajlar

- Mekanik karıştırma ihtiyacı
- Atığın alıkonma süresi değişken

Tıpa Akışlı Reaktörler

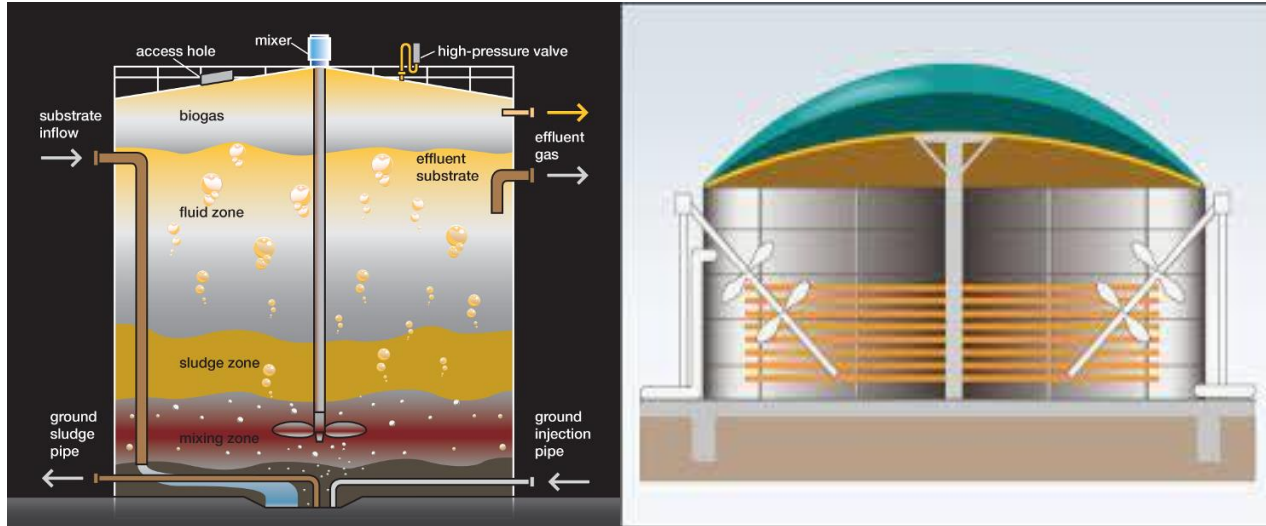
Horizontal tıpa akışlı reaktör sistemi uzun dikdörtgen kesitlidir.

Avantajlar

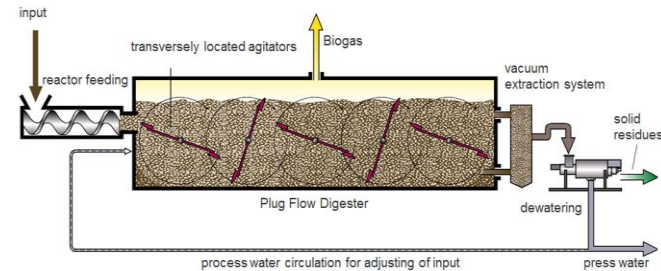
Pahalı değildir
İşletimleri kolaydır

Dezavantajlar

- Çöken katıları temizlemek için sistemi açmak ve bakımı kolay değildir.
- Üst membran yüzeyi kötü hava koşullarına maruz kalmaktadır.



STRABAG LARAN® Plug Flow Digester
Principle



Sıfır Atık Vizyonu ile Hayvansal Atıkların Yönetimi Çalıştayı

Yaygın Kullanılan Anaerobik Reaktör Tipleri

Üstü Kapalı Lagün Tipi Reaktörler

Beton ya da sızdırmaz yapıda anaerobik reaktör ile üstünde bir plastik membrandan oluşmaktadır. Üretilen gaz, gaz sızdırmaz membran altında tutulmaktadır.

Dezavantajlar

- Karıştırma verimi düşüktür.
- Enerji üretim verimi düşüktür.
- Katı madde çökmesi aktif hacmi azaltır.
- Kısa devreler olduğunda bakteri kaybedilebilir.
- AD sıcaklığa bağlı olduğundan ılık ve sıcak hava koşullarına uygundur.

Avantajlar

- Yatırım maliyeti düşüktür.
- Basit konstrüksiyon ve kolay işletmeye sahiptir.
- Hidrolik yıkanmaya kolay adapte olur.



Yukarı Akışlı Anaerobik Çamur Yatağı (UASB)

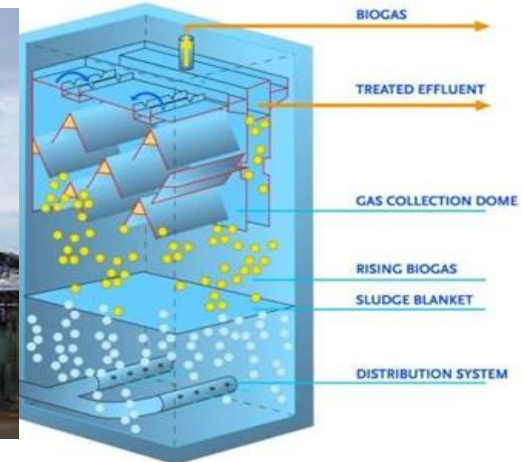
Yoğun granüler çamur konsantrasyonunda, yüksek organik yüklemeleri kabul eden, aşağıdan yukarı akış rejimine göre tasarımı yapılan sistemlerdir.

Avantajlar

- Yüksek OLR hızlarında ve düşük reaktör hacimlerinde yüksek giderim verimleri
- Basit imalat, işletme ve bakım maliyetleri düşüktür.

Dezavantajlar

- Patojenlerin giderilmesi için son işlemlere ihtiyaç vardır.
- Çamurun granülleşmesinin sağlanması gerektiğinden uzun işletmeye alma sürelerine ihtiyaç vardır.
- Koku, korozyon ve toksisite problemleri olabilir.



Sıfır Atık Vizyonu ile Hayvansal Atıkların Yönetimi Çalıştayı

Biyogaz Üretimi için Atık Kaynakları Nelerdir?

Kamusal Bahçe ve Park Peyzaj Atıkları

Otlar
Kesilmiş Çimler
Çiçek ve Yapraklar

Mutfak ve Yemekhane Atıkları, Evsel Biyoatıklar

Gıda üretim artıkları
Yemekhane artıkları
Kızartma yağları
Katı yağlar / gres
Sebze ve meyve atıkları

Hayvancılık Sektörü Atıkları

Büyükbaş, küçük baş ve kanatlı hayvan yetiştiriciliğinde oluşan gübreler

Arıtma Çamurları

Evsel atıksuların arıtılması ile oluşan arıtma çamurları

Tarım

Enerji bitkileri
Meyve ve sebze atıkları
Her türlü hasat atıkları

Tarıma Dayalı Sanayi

Meyve posası, çekirdekler ve preslenmiş küspeler
Sebze ve meyve atıkları
Yağlı tohum artıkları

Gıda ve İmalat Endüstrisi

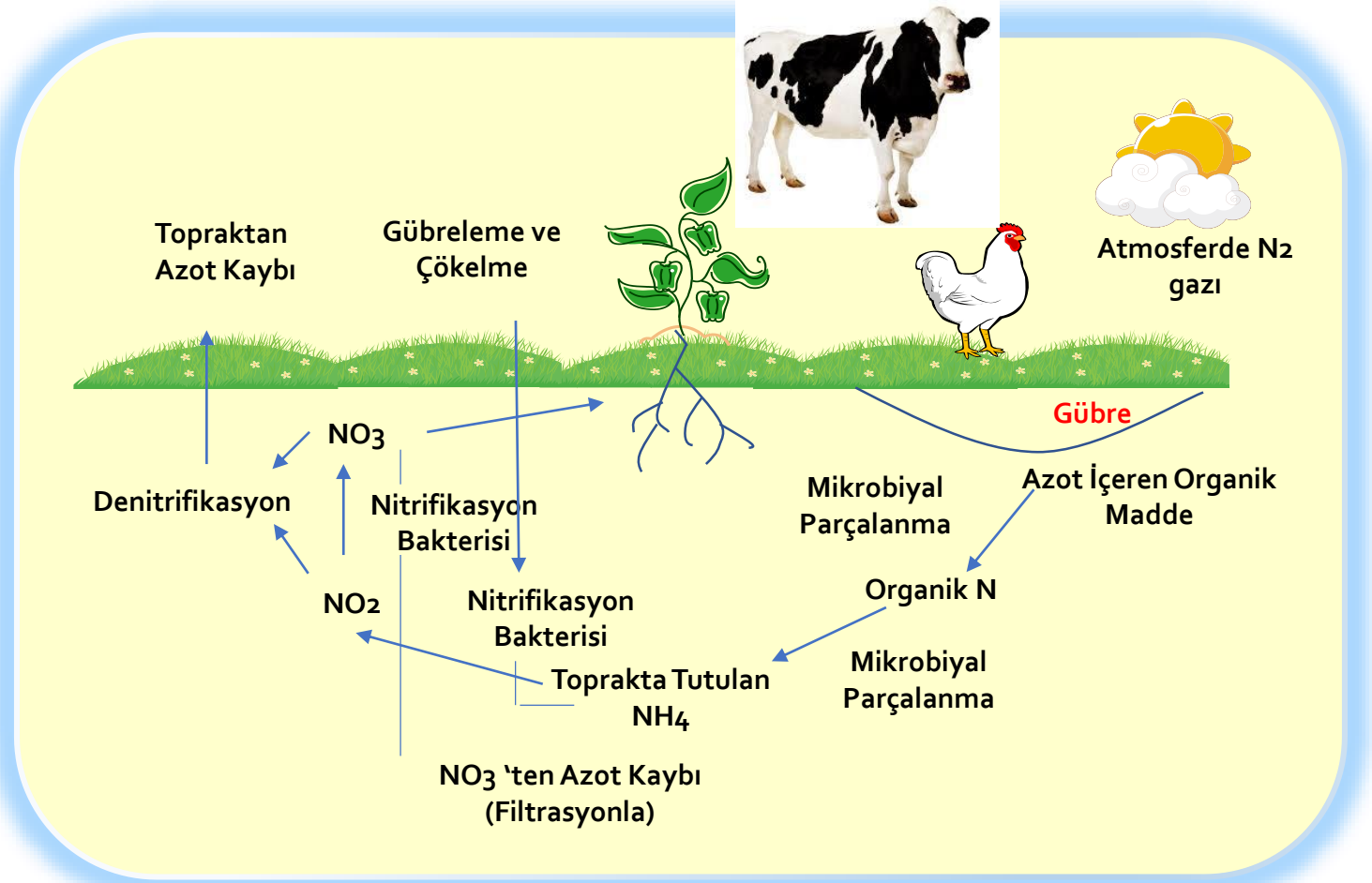
Ekmek ve pastacılık atıkları (Bayat-tüketilmeyen)
Bira üretim atıkları
Alkol üretim atıkları
Mandıra – Peynircilik artıkları
Mezbahane atıkları (İşkembe ve Bağırsak İçerikleri)
Katı / Sıvı yağlar ve gres
Şeker üretim atıkları
Gıda sektörü atıksuları



Hayvansal Atıkların Çevreye Zararları



Gün geçtikçe artan nüfusun hayvansal kaynaklı protein gereksinimini yeterli düzeyde karşılayabilmek amacıyla hayvancılığın yoğun şekilde yapılması zorunlu hale gelmiştir. Son yıllarda çiftlik kapasitelerindeki artış, hayvan yetiştiriciliğinden kaynaklanan atıklar çevre kirliliği açısından bir takım sorunları da beraberinde getirmiştir. Gerekli önlemler alınmadığı takdirde hayvancılık işletmelerinde ortaya çıkan atıklar potansiyel kirleticilerdir.



Dağınık kirlilik kaynakları olarak nitelendirilen hayvansal atıklar, yüzey sularına veya infiltrasyonla toprak alt katmanlarına ve yer altı sularına ulaşarak su kaynaklarının kalitesini bozmakta, kullanılamaz duruma getirmektedir.

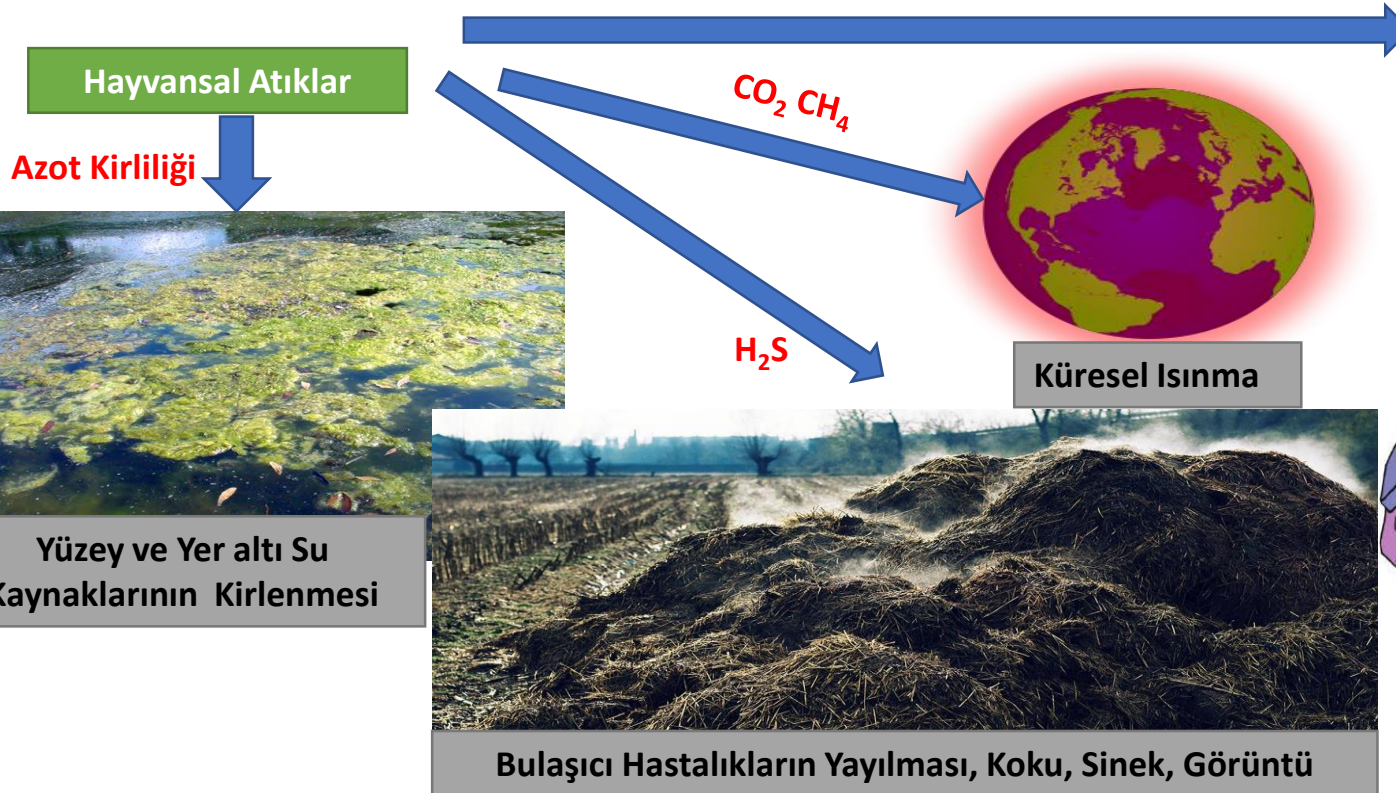
Sıfır Atık Vizyonu ile Hayvansal Atıkların Yönetimi Çalıştayı

Hayvansal Atıkların Çevreye Zararları

- ✓ Hayvansal gübre ve idrarın uygun depoda toplanmaması,
- ✓ Hayvan kesimhane ve yetiştiricilik atıkları ile ölen hayvanların depolama alanlarında uygunsuz depolanması, üzerine kireç dökülmemesi ve düzensiz itlaf yöntemleri ile bertaraf edilmesi,
- ✓ Kesimhane ve yem depolarının yeterli kapasitede olmaması

Kyoto Gases
(IPCC 2007)

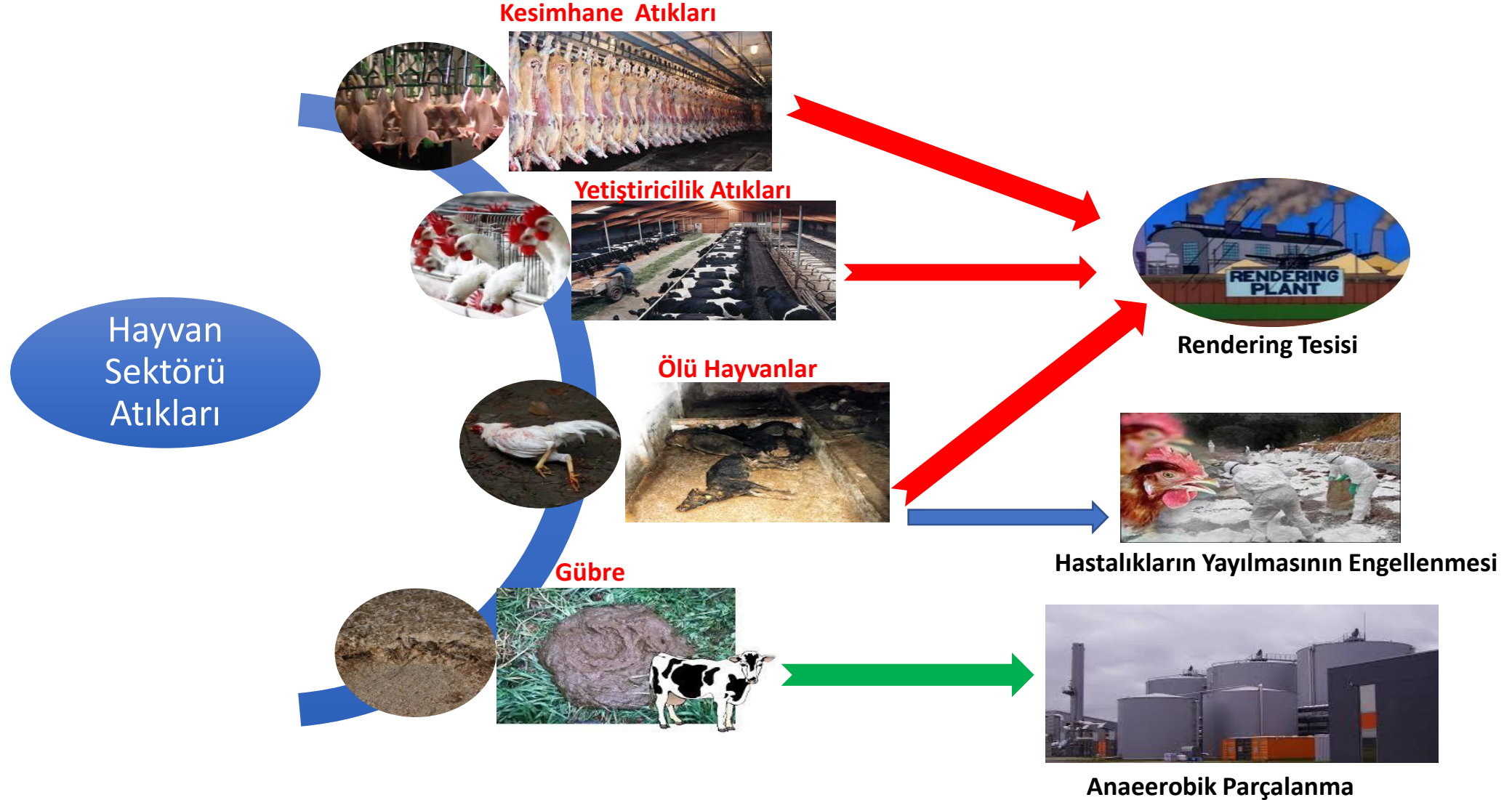
Greenhouse Gas	Global Warming Potential (GWP)
Carbon dioxide (CO ₂)	1
Methane (CH ₄)	25
Nitrous oxide (N ₂ O)	298
Hydrofluorocarbons (HFCs)	124 – 14,800
Perfluorocarbons (PFCs)	7,390 – 12,200
Sulfur hexafluoride (SF ₆)	22,800
Nitrogen trifluoride (NF ₃)	17,200



Hayvansal üretimin çevre üzerine yaptığı en olumsuz etki, bulaşıcı hastalık etkenlerinin kaynağını oluşturmasıdır. Ahırlardan rastgele uzaklaştırılan atıklar insan ve hayvanlar için hastalık kaynağı olarak büyük tehlike oluşturmaktadır.

Sıfır Atık Vizyonu ile Hayvansal Atıkların Yönetimi Çalıştayı

Hayvansal Atıkların Değerlendirilmesi ve Bertarafı



Sıfır Atık Vizyonu ile Hayvansal Atıkların Yönetimi Çalıştayı

Hayvan Gübrelerinin Karakteristiği

Büyükbaş Hayvan Gübrelerinin Karakterizasyonu
(ASAE, Manure Production and Characteristics - D384, 2005)

Parametre	Büyük Baş (Et)	Büyük Baş (Süt)
TKM (kg/hayvan gün)	6,6	8,9
UKM (kg/hayvan gün)	5,9	7,5
KOİ (kg/hayvan gün)	6,2	8,1
BOİ ₅ (kg/hayvan gün)	1,4	1,3
Toplam N (kg/hayvan gün)	0,19	0,45
Toplam P (kg/hayvan gün)	0,044	0,078
Toplam K (kg/hayvan gün)	0,14	0,103
Ca (kg/hayvan gün)	0,089	



Yumurta ve Et Tavuğu Atıklarının Karakterizasyonu (Eleroğlu,2014)

Parametre	Et Tavuğu	Yumurta Tavuğu
C/N	9.40 – 11.20	5.80 – 7.60
Toplam N (%)	2.40 – 3.60	3.63 – 5.30
Toplam P ₂ O ₅ (%)	1.56 – 2.80	1.54 – 2.90
Toplam K ₂ O (%)	1.40 – 2.31	2.50 – 2.90
Fe (ppm)	970 – 1370	970 – 1450
Zn (ppm)	160 – 315	290 – 460
Cu (ppm)	27 – 47	80 – 172
Mn (ppm)	190 – 350	370 – 590
Ca (%)	0.86 – 1.11	0.80 – 1.02
Mg (%)	0.42 – 0.65	0.40 – 0.56

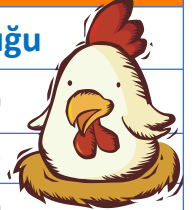


Table 2: Default values for methane potential from animal manure (adapted from IPCC, 2019)

Category of animal	Default values for methane potential (Bo) (m ³ CH ₄ *kg ⁻¹ VS)						
	Region					Other regions	
	North America	Western Europe	Eastern Europe	Oceania		High productivity systems	Low productivity systems
Dairy cattle		0.24				0.24	0.13
Non dairy cattle	0.19	0.18	0.17	0.17		0.18	0.13
Buffalo		0.10				0.10	0.10
Swine	0.48	0.45	0.45	0.45		0.45	0.29
Chicken layer		0.39				0.39	0.24
Chicken Broilers		0.36				0.36	0.24
Sheep		0.19				0.19	0.13

Uncertainty values are ±15 %

Sıfır Atık Vizyonu ile Hayvansal Atıkların Yönetimi Çalıştayı Hayvansal Gübreden Biyogaz Üretimi

Substrat	Avantajları	Dezavantajları
 Sığır Gübresi	<ul style="list-style-type: none">✓ İşlenmesi kolaydır✓ Bakteri kültürüne sahiptir✓ Tampon✓ Makuldür (fiyat olarak)✓ İşleme süresi kısadır✓ Kontrol edilmesi kolaydır (İşletme)✓ İşletme istikrarı bulunur	<ul style="list-style-type: none">– Enerji içeriği düşüktür– Kirlilik muhtemeldir– Ağır metaller barındırır– Antibiyotik barındırabilir
 Tezek (Sığır, domuz, atlar)	<ul style="list-style-type: none">✓ Makuldür (fiyat olarak)✓ Bakteri kültürüne sahiptir✓ Tampon✓ İşletme istikrarı bulunur	<ul style="list-style-type: none">– Enerji içeriği düşüktür– Karışık (taşlar, metaller, ipler)– Ön işlem gerektirir (saman)– Saman: işleme süresi uzundur
 Tavuk ve diğer kanatlı hayvan dışkısı ve gübresi	<ul style="list-style-type: none">✓ Makuldür (fiyat olarak)✓ Bakteri kültürüne sahiptir✓ Tampon	<ul style="list-style-type: none">– Yüksek protein içeriği (Azot bileşikleri)– Karışık (yüksek kum, toprak içeriği, mermer tozu)

Amonyak Konsantrasyonu (mg/L)	Etki
50-100	Yararlı
200-1000	Zararlı bir etkisi yok
1500-3000	Yüksek pH'ta inhibisyon
3000 üzeri	Toksik

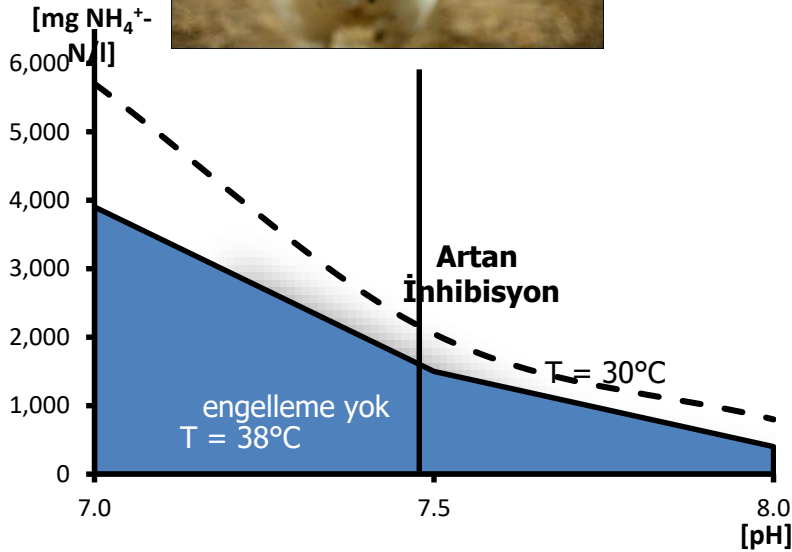
Table 1: Amount of manure per animal and relevant characteristics in a German context

	Amount of manure	Total solids (TS) and volatile solids (VS) content	Biogas yield	Number of animals necessary for 100 kW _{el} (only manure)
	t Fresh Matter (FM)* (animal*y) ⁻¹ (Source: KTBL 2013)	TS: % FM (VS: %TS) (Source: KTBL 2013)	m ³ *t _{VS} ⁻¹ (m ³ /animal*yr ⁻¹) (Source: KTBL 2013)	
Dairy	17-20	10 (75)	380 (527)	800
Fattening pig	1.6	7.5 (70)	420 (35)	11,000
Layer hens	0.02	50 (70)	500 (3.5)	120,000

Sıfır Atık Vizyonu ile Hayvansal Atıkların Yönetimi Çalıştayı

Hayvansal Gübreden Biyogaz Üretimi

Katı tavuk gübresi bir biyogaz tesisine beslenecek en karmaşık substratlardan biridir. Yüksek azot içeriği, metal, kum ve taş gibi safsızlıklar nedeniyle uyarlanmış bir teknoloji gerektirmektedir. Tüm zorluklara rağmen substrat dengesinde yüksek katı tavuk gübresi yüzdesiyle biyogaz başarılı bir şekilde üretilebilir.



Amonyak İnhibisyonu

Tavuk gübresi biyogaz tesisinde işlenebilir, ancak yüksek amonyum içeriği nedeniyle genelde yalnızca eş substrat (substrat dengesinin maks. 20-30'u) veya suyla seyreltilerek kullanılmaktadır.

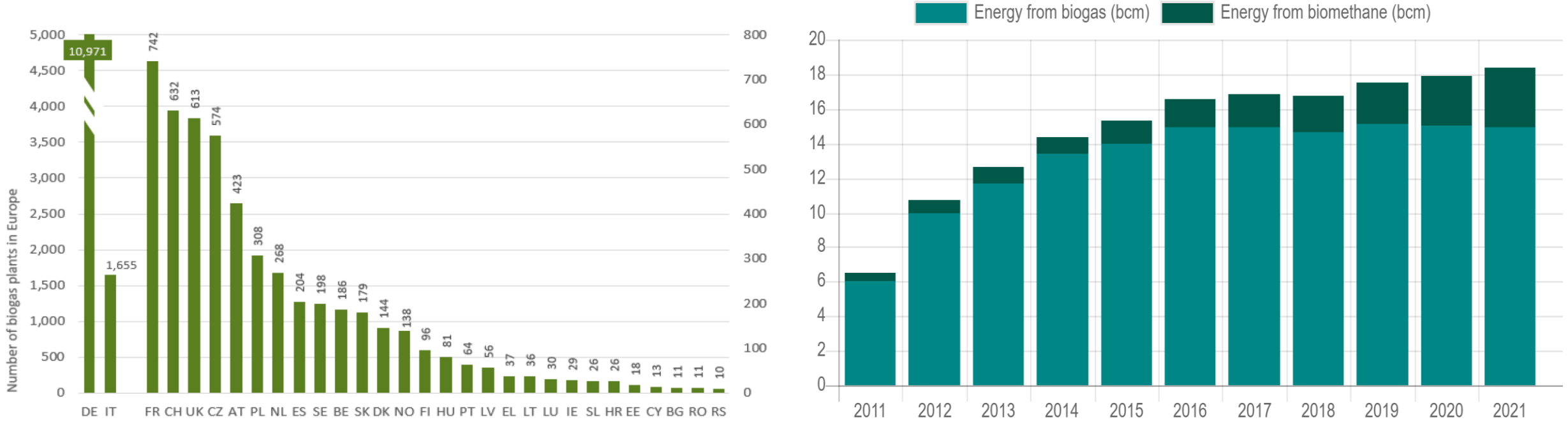
- Suyla seyreltme
- Safsızlıkların ayrılması
- Diğer substratlarla ko-fermentasyon
- Mikroorganizmaların adaptasyonu
- Azotun alınması

Yumurta tavukları için kirecin ve gıda katkısı olarak kum kullanılması geniş çökelti katmanlarına ve mekanik ekipmanın (vanalar ve pompalar gibi) hızlı bir şekilde aşınmasına yol açmaktadır.



Sıfır Atık Vizyonu ile Hayvansal Atıkların Yönetimi Çalıştayı

Avrupa Birliği Ülkelerinde Biyogaz ve Biyometan Sektörü



AB-27'deki biyogaz endüstrisi, 2020'de 5,75 milyar € ciro yapmıştır. Bu, hidroelektrik endüstrisinden (4,65 milyar €) nispeten daha yüksektir.

Avrupa'da yaklaşık 19.000 biyogaz tesisi ve 725 biyometan tesisi bulunmaktadır.

2020 yılında yaklaşık 167TWh biyogaz ve 26TWh biyometan üretilmiştir. 2021 yılında ise kombine biyogaz ve biyometan üretimi 196 TWh veya 18,4 bcm ulaşmıştır.

Sıfır Atık Vizyonu ile Hayvansal Atıkların Yönetimi Çalıştayı

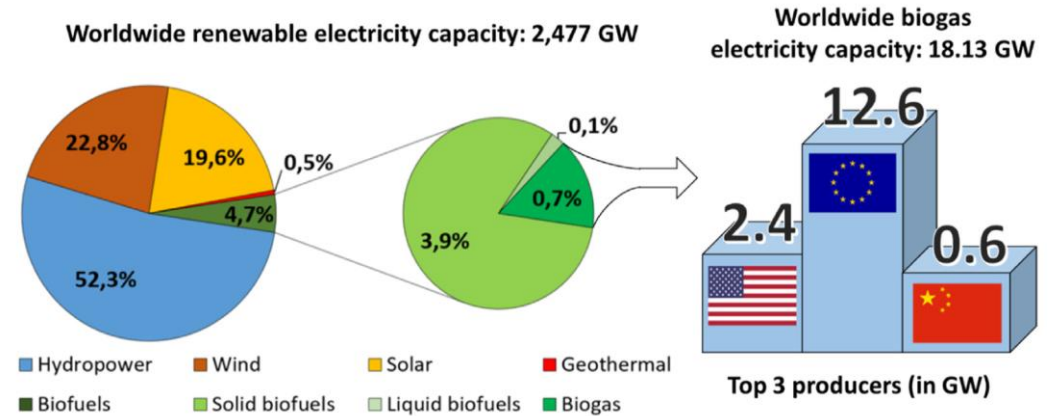
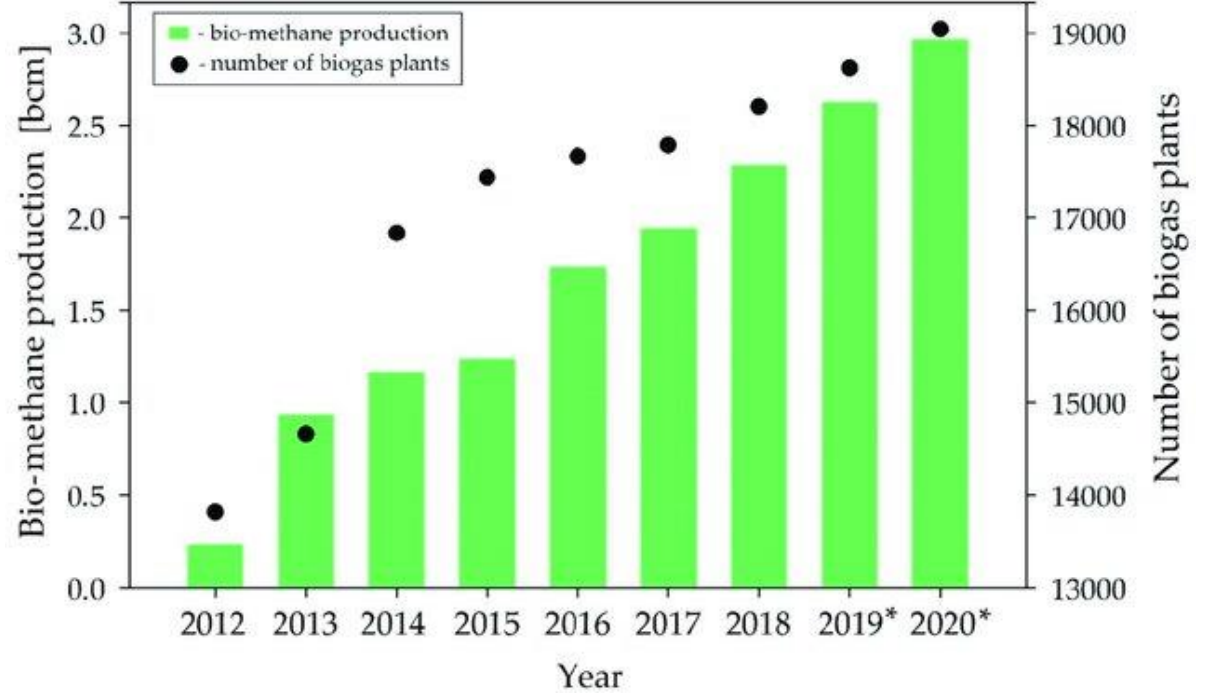
Avrupa Birliği Ülkelerinde Biyogaz ve Biyometan Sektörü

Biyogaz endüstrisi son on yılda durgunlaşırken, biyometan üretimi büyümeye devam etmiştir. 2020'de Avrupa'da 31 TWh veya 2,9 bcm'lik bir biyometan üretilmiştir.

Bu rakam 2021'de %20'lik bir artışı temsil ederek 37 TWh veya 3,5 bcm'ye yükselmiştir. Son on yılda, biyogazdan dağıtılabilir güç ve ısının üretilmesi çok önemli olmuştur ve rolü bir dereceye kadar devam edecektir. Bununla birlikte, mevcut eğilim doğrudan biyometan üretimine odaklanmaktadır ve bu eğilimin önümüzdeki on yılda güçlenmesi beklenmektedir: biyometan çok yönlü bir enerji taşıyıcısıdır ve ulaşım, endüstri, ısıtma da dahil olmak üzere bir çok sektör için uygundur.

Toplam biyogaz üretiminin 2030 yılına kadar 467 TWh'ye çıkacağı ve bunun yaklaşık 117 TWh'sinin karayolu taşımacılığı sektöründe kullanılacağı tahmin edilmektedir. Üretilen biyometan miktarı ile Avrupa'da yaklaşık 13,2 milyon doğal gazla çalışan araç filosundaki biyometan kullanım payının artıracığı tahmin edilmektedir.

2020'de Avrupa yollarında doğal gazlı araçlara yakıt sağlamak için yalnızca yaklaşık 3,9 TWh biyometan kullanılmıştır.

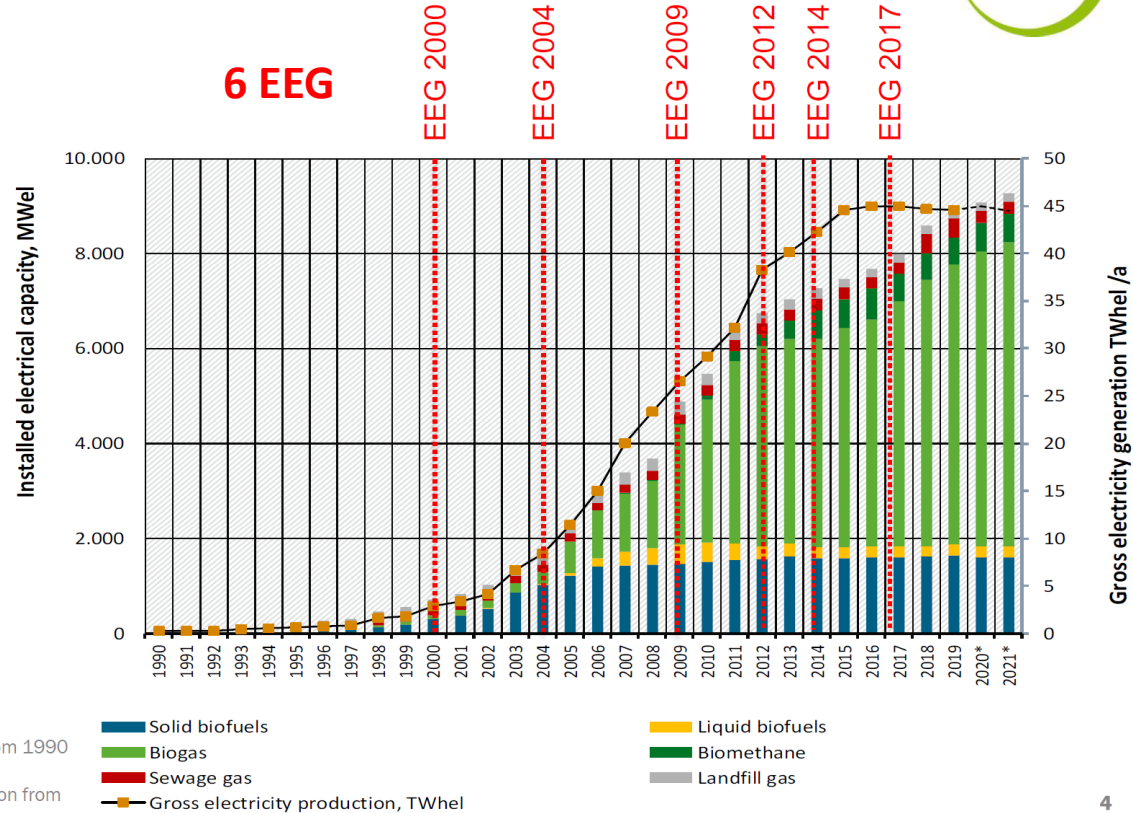


Sıfır Atık Vizyonu ile Hayvansal Atıkların Yönetimi Çalıştayı

Biogas plant inventory (2020)

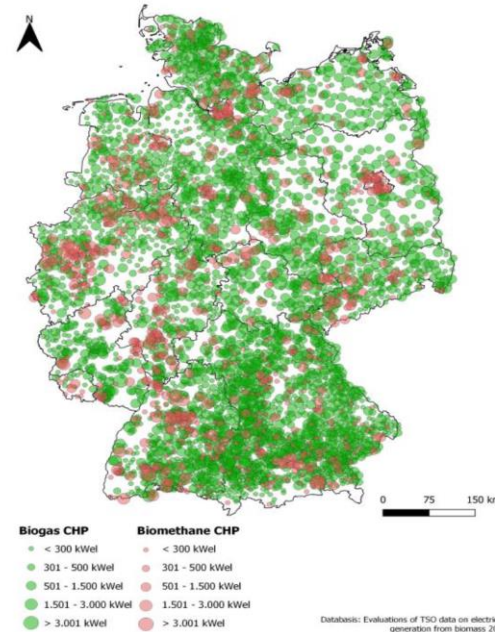


Almanya'da Biyogaz Sektörü



Plant type	Number of plants	Installed capacity [MW/a] ¹⁾	Electricity production ¹⁾ [TWh/a]	Heat production ¹⁾ [TWh/a]
Biogas	8,700 ²⁾	5,848 ²⁾	28.8	14.1
Agriculture ²⁾	~8,400	5.643	27.8	13.6
Biowaste ³⁾	~300	205	1.0	0.5
Biomethane ⁴⁾	232 (1,219)	621	2.9	3.9
Sewage sludge	1,271 ⁵⁾	396	1.6	2.4
Landfill	280 ⁶⁾	167	0.3	0.1
Total	10,483	7,032	33.6	20.5

Biogas plants in Germany

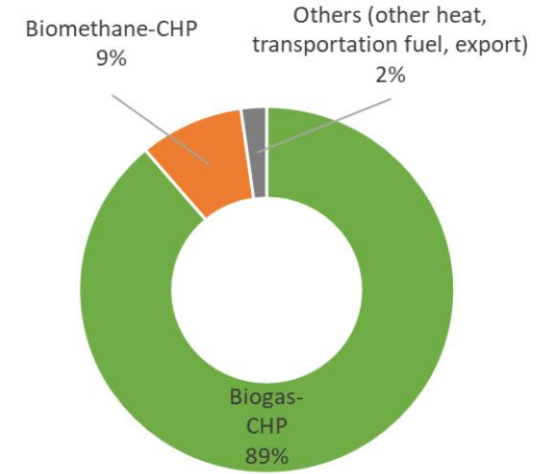
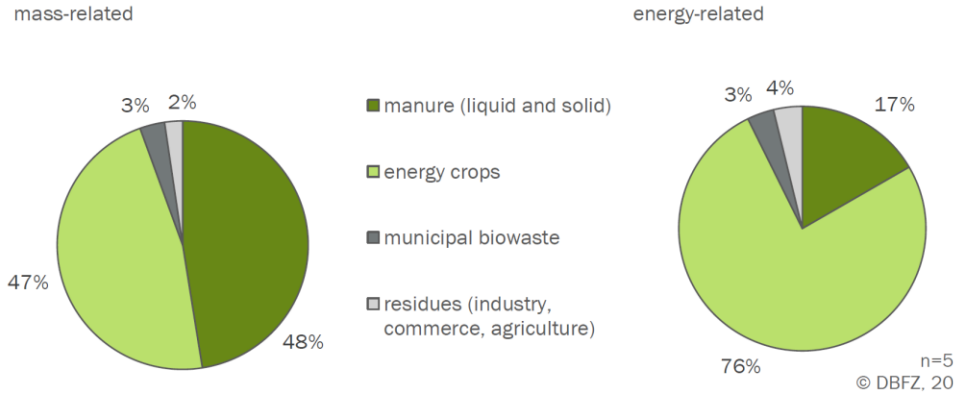


Sıfır Atık Vizyonu ile Hayvansal Atıkların Yönetimi Çalıştayı

Almanya'da Biyogaz Sektörü

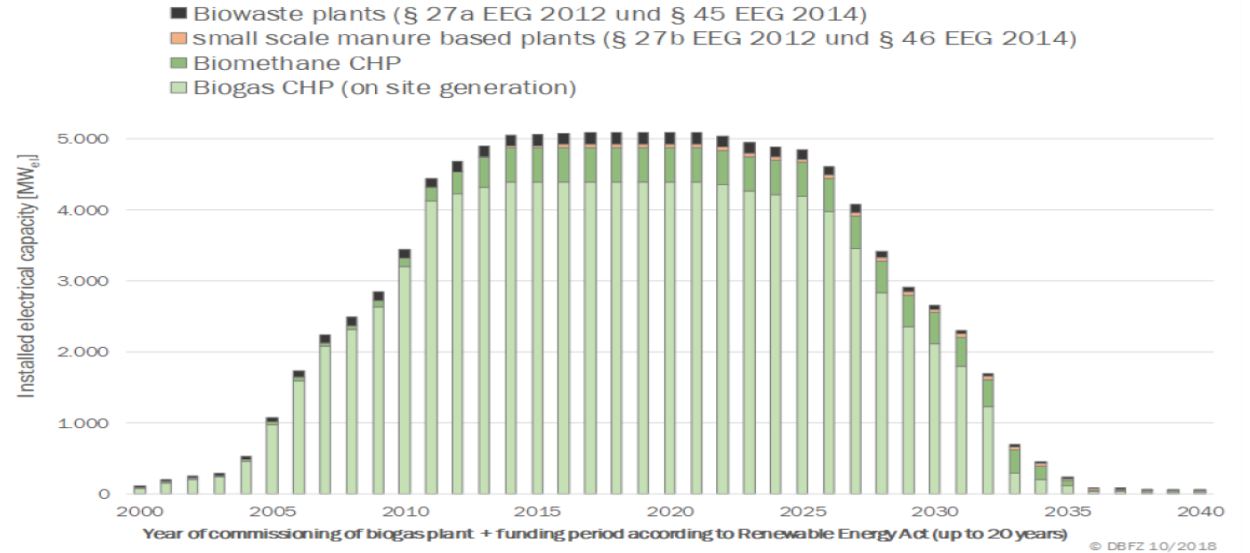
Feedstock - biogas plants (in general)

In total manure and renewable resources account for more than 90 % of the biogas in Germany



Sektör Perspektifleri;

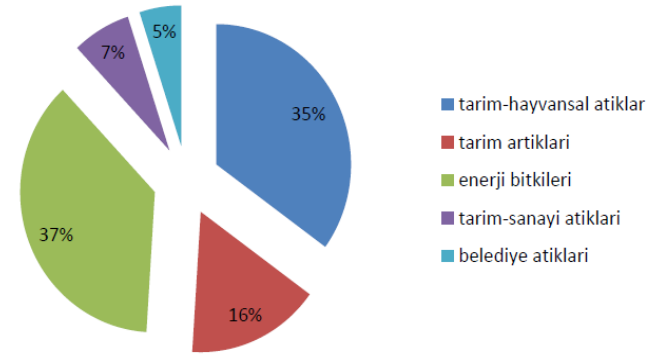
- Termal verimliliğin artırılması ve emisyon azaltılması,
- 2030'a kadar doğalgaz şebekesine daha fazla biyometan beslenmesi
- Kimya endüstrisi için hammadde olarak biyogaz; Metan ve CO₂
- Araç yakıtı olarak biyometan kullanımı



Türkiye'nin Biyogaz Üretim Potansiyeli

Kaynak	Biyogaz Potansiyeli (TWsa/yıl)
Büyükbaş+Kanatlı dışkısı	39,9*
Endüstriyel organik atıklar	4,1
Tarım artıkları	2,3
Kentsel organik atıklar	5,5
Toplam	51,8

* Büyükbaş=%83; Et tavuğu=%7; Yumurta tavuğu=%10



63.05 TWsa/Yıl

POTANSİYEL MEVCUT

Türkiye'de 4500 biyogaz tesisi için potansiyel bulunmaktadır (Almanya Uluslararası İşbirliği Kurumu Türkiye Direktörü Dr. Gülay YAŞIN).

Sıfır Atık Vizyonu ile Hayvansal Atıkların Yönetimi Çalıştayı

Türkiye’de Biyogaz Tesisleri

Biyogaz Santrali Sayısı : 106
Aktif Santral Sayısı : 98
Yekdem'e Esas Güç : 430 MWe
Filli Üretilen Güç : 389, 84 MW
Ortalama Verim : %38

Tesis	Adet
Biyogaz Tesisi	108
Arıtma Çamuru İşleyen Anaerobik Tesis*	33
Endüstriyel Anaerobik Atıksu Arıtma Tesisi	~50

*: TÜRAAT, 2016 Projesi.

Sıra	İl	İlçe	ENTSO-E Kodu	Santral Adı	Yekdem'e Esas Güç (MWe)	Verim (%) (8750 Saat) (Kurulu Güç)
1	Manisa	Turgutlu	40W000000018063A	Manisa Biyogaz Enerji Üretim Santrali	3.002	91%
2	Bolu	Mudurnu	40W0000000165630	Mudurnu Biyogaz Enerji Santrali	2.400	88%
3	Afyonkarahisar	Merkez	40W0000000084000	Afyon Biyogaz Santrali	4.017	83%
4	Karesi	Balıkesir	40W000000015584Y	Balıkesir Biyogaz Tesisi	1.501	82%
5	Bursa	Karacabey	40W0000000184236	Karakeçili Biyogaz Tesisi	3.002	78%
6	Denizli	Honaz	40W0000000175431	Denizli Enerji Biyogaz Tesisi	1.501	78%
7	Afyonkarahisar	Sandıklı	40W000000010596F	Akıncı Enerji Sandıklı Biyogaz Tesisi	1.400	77%
8	Balıkesir	Altıeylül	40W0000000156453	Energrom Balıkesir Biyogaz Enerji Santrali	3.201	73%
9	İzmir	Foça	40W0000000138455	Energrom Foça Biyogaz Enerji Santrali	3.201	71%
10	Aydın	Kuyucak	40W0000000166440	Energrom Kuyucak Biyogaz Enerji Santrali	2.134	68%
11	Diyarbakır	Bağlar	40W000000012380S	As Koç Biyogaz Tesisi	4.268	68%
12	Kırklareli	Babaeski	40W000000011562R	Kumrular Biyogaz Santrali	4.268	64%
13	Kütahya	Tavşanlı	40W000000013343T	Wm Enerji Biyogaz Tesisi	1.501	63%
14	Amasya	Suluova	40W0000000138641	Amasya Biyogaz Tesisi	1.501	62%
15	Ankara	Sincan	40W0000000124051	De Solar 7 Bes	3.201	61%
16	Afyonkarahisar	Çobanlar	40W0000000178892	Armater Bes	3.555	60%
17	Amasya	Suluova	40W000000012408W	Ahi Suluova Biyogaz Tesisleri	6.637	60%
18	Ankara	Polatlı	40W0000000147438	Enerbes Polatlı Biyogaz Santrali	4.000	60%
19	Denizli	Güney	40W100000015907N	Güney Bes	3.120	59%
20	İzmir	Tire	40W000000010597D	Tire Biyogaz Tesisi	4.268	57%
21	Aksaray	Merkez	40W000000006596S	Aksaray Osb Biyogaz Tesisi	5.335	57%
22	Afyonkarahisar	Başmakçı	40W0000000165031	Başmakçı Biyokütle Enerji Santrali-2	4.000	56%
23	Çankırı	Çerkeş	40W0000000162836	Çerkeş Biyogaz	1.501	55%
24	Kayseri	Kocasinan	40W000000013064X	Byz Global Enerji Biyogaz Tesisi	1.501	53%
25	Ankara	Akyurt	40W0000000159126	3A Bes Akyurt Biyogaz Santrali	4.000	53%
26	Kırşehir	Merkez	40W000000015146L	Kırşehir Biyogaz Tesisi	3.002	53%
27	Şanlıurfa	Eyyübiye	40W000000016523C	Babil Biyogaz Tesisi	4.680	52%
28	Gaziantep	Oğuzeli	40W0000000124310	Oğuzeli Bes	0.998	52%
29	Samsun	Çarşamba	40W000000012903M	Gzl Enerji Biyogaz Tesisi	1.500	51%
30	Aydın	Efeler	40W000000006980R	Senkron Efeler Biyogaz Santrali	4.800	51%
31	Aksaray	Merkez	40W000000011726N	Yapılcanlar2 Bes	1.067	50%
32	Balıkesir	Gönen	40W000000007458Z	Toros Gönen Biyogaz Tesisi	3.621	50%
33	Ankara	Polatlı	40W000000013183P	Padaş	3.002	50%
34	Kütahya	Tavşanlı	40W000000017944K	Yılmazlar Bes	1.560	48%
35	Ankara	Çubuk	40W000000015909W	2Bz Bes Çubuk Biyogaz Santrali	4.000	48%
36	Balıkesir	Bandırma	40W1000000007581N	Edincik Bes	2.134	48%
37	Afyonkarahisar	Başmakçı	40W000000015124V	Başmakçı Biyokütle Enerji Santrali	4.000	48%
38	Ankara	Polatlı	40W000000008239S	Polatlı Bes	2.972	47%
39	İzmir	Ödemiş	40W000000012393J	Arf Ödemiş Biogaz Üretim Tesisi	4.868	46%
40	Bursa	Karacabey	40W000000008399K	Karacabey 2 Biyogaz Tesisi	6.402	46%
41	Malatya	Yeşilyurt	40W000000018323A	Tohma Bes	1.560	46%
42	Konya	Beyşehir	40W000000014023S	Seydibey Biyogaz Elektrik Üretim Tesisi	2.729	45%
43	Burdur	Merkez	40W000000012387E	Atlas İnşaat Burdur Biyogaz Tesisi	3.012	45%
44	Afyonkarahisar	Dinar	40W000000014446E	Dinar Biyogaz Tesisi	1.169	45%
45	Gaziantep	Nizip	40W0000000159231	Nizip Biyogaz Elektrik	4.503	44%
46	Balıkesir	Gönen	40W000000016105U	Mutlular Gönen Enerji	10.920	43%
47	Tekirdağ	Çorlu	40W000000008261C	Modern Biyokütle Enerji Santrali (Mobes)	6.000	43%
48	Konya	Karatay	40W000000015863U	Asya Biyogaz Tesisi	6.000	41%
49	Konya	Karatay	40W000000017046F	Ceylani Biyogaz	3.120	39%
50	Ankara	Bala	40W000000017885A	Aslan Biyogaz	6.000	38%

Sıfır Atık Vizyonu ile Hayvansal Atıkların Yönetimi Çalıştayı

Türkiye’de Biyogaz Tesisleri

Biyogaz Santrali Sayısı : 106

Aktif Santral Sayısı : 98

Yekdem'e Esas Güç : 430 MWe

Filli Üretilen Güç : 389, 84 MW

Ortalama Verim : %38

Adet	Tesis	Adet	Yer	Santral Adı	Güç (MW)	Verim (%)
51	Kayseri	Pınarbaşı	40W00000017830Z	Pınarbaşı Biogaz Elektrik Santrali	3.000	38%
52	Niğde	Merkez	40W000000014323U	Mey Biyogaz Tesisi	1.169	38%
53	Kırşehir	Mucur	40W000000015823S	Çağlayanlar 2 Bes	9.006	35%
54	Edirne	İpsala	40W000000017745Q	Türk Çim Biyogaz Tesisi	3.002	35%
55	Afyonkarahisar	Bolvadin	40W000000017483U	Respect Biyogaz	4.578	35%
56	İzmir	Kemalpaşa	40W000000013788S	Halilbeyli Biyogaz Enerji Santrali	6.000	35%
57	Aksaray	Merkez	40W000000012422I	Aksaray Yapılcan Bes	1.200	33%
58	Eskişehir	Sivrihisar	40W000000017883E	Hisar Biogaz	6.000	31%
59	Konya	Tatlıcak	40W0000000099658	Konya Atıksu Arıtma Tesisi Elektrik Santrali	2.436	30%
60	Eskişehir	Beylikova	40W000000015223T	Beylikova Biyogaz Enerji Santrali	4.680	28%
61	Manisa	Salihli	40W000000017443S	Ege Biyogaz Enerji Santrali	3.120	28%
62	Karaman	Merkez	40W000000009625W	Karaman Biyogaz Tesisi	1.414	27%
63	Şanlıurfa	Merkez	40W000000018743P	Şanlı Biyogaz Tesisi	6.004	24%
64	Ankara	Elmadağ	40W000000016984D	Elmadağ Bes	2.406	24%
65	Bingöl	Merkez	40W000000015906I	Bingöl Biyogaz Tesisi	6.402	24%
66	Sivas	Sarkışla	40W000000016763T	Sarkışla Biyogaz Santrali	1.501	23%
67	Sakarya	Merkez	40W0000000061789	Karma 1 Bes	1.487	23%
68	Kırşehir	Merkez	40W000000017863K	As Koç Kırşehir Bes	9.360	22%
69	Çorum	Merkez	40W000000013850C	Çorum Bes	6.020	22%
70	Konya	Meram	40W0000000165444	Toros Meram Biyogaz Tesisi	6.004	20%
71	Yozgat	Çekerek	40W000000018804V	Çekerek Biyogaz Tesisi	3.002	19%
72	Denizli	Acıpayam	40W000000018223E	Akalan Biyogaz Santrali	3.120	18%
73	Niğde	Bor	40W000000017751V	Bor Bes	5.335	17%
74	Çankırı	Çobanozü	40W000000018383T	Bekmezci Biyogaz Enerji Santrali	4.680	16%
75	Ankara	Polatlı	40W000000018403C	Üregen Enerji Biyogaz Tesisi	3.201	16%
76	Ankara	Şereflikoçhisar	40W000000017663S	Şereflikoçhisar Biyogaz Elektrik Üretim Santrali	6.004	15%
77	Konya	Çumra	40W000000017891F	Akoda Bes	3.120	15%
78	Konya	Çumra	40W000000014563A	Çumra Biyogaz Enerji Üretim Santrali	12.008	15%
79	Afyonkarahisar	Merkez	40W100000010364N	Afyon-1 Biyogaz Santrali	8.400	15%
80	Konya	Çumra	40W000000016263C	Beyaz Piramit Biyogaz Santrali	6.004	14%
81	İzmir	Tire	40W000000011644P	Tire Biyogaz Elektrik Santrali	4.800	14%
82	Şanlıurfa	Ceylanpınar	40W000000012428Q	Ceylanpınar Biyokütle Enerji Santrali	2.668	13%
83	Ankara	Çubuk	40W000000008378S	Albe-1 Biyogaz Santrali	3.017	12%
84	Ankara	Polatlı	40W000000017828M	As Koç Polatlı Bes	6.240	11%
85	Çanakkale	Karabiga	40W000000017829K	As Koç Karabiga Bes	9.360	11%
86	Eskişehir	Odunpazarı	-	Eskişehir Biyogaz Enerji Tesisi	3.002	11%
87	Eskişehir	Mahmudiye	40W000000017825S	Özgün Biyogaz Santrali	4.503	9%
88	Ankara	Akyurt	40W0000000156437	Akyurt Bes	3.120	8%
89	Ankara	Kalecik	40W000000017904V	Büyük Şişmanlar Biyogaz Enerji Santrali	4.000	7%
90	Elazığ	Merkez	40W000000019584E	Elazığ Besi Osb Biyogaz Tesisi	6.004	5%
91	Kayseri	Kocasinan	40W000000019643O	Kayseri Biyogaz Tesisi	13.000	4%
92	Kırklareli	Lüleburgaz	40W0000000097023	Ovacık Biyogaz Enerji Santrali	4.800	4%
93	İstanbul	Tuzla	40W100000013963N	Tuzla Biyogaz Elektrik Santrali	3.500	4%
94	Balikesir	Gönen	40W000000016323K	Astosan Bes	1.054	4%
95	Gaziantep	Şehitkamil	40W000000018725R	Gaziantep Bağbaşı Biyogaz Enerji Üretim Tesisi	6.004	3%
96	Konya	Sarayönü	40W0000000154639	Gözlü Biyogaz Enerji Santrali	3.471	2%
97	Amasya	Suluova	40W000000008301Q	Sigma Suluova Biyogaz Tesisi	2.000	1%
98	Eskişehir	Sivrihisar	40W000000017884C	Dharma Biogaz	9.000	0%
99	Tekirdağ	Çorlu	40W000000017907Q	Çorlu Bes	1.560	0%
100	Burdur	Karamanlı	40W0000000182438	Karamanlı Bes	9.360	0%
101	Düzce	Merkez	40W0000000119833	Pir Enerji Üretim Tesisi	6.393	0%
102	Kırşehir	Boztepe	-	Anka 1 Biyogaz	5.120	0%
103	Ankara	Beypazarı	40W000000007858J	Beypazarı Biyogaz Tesisi	2.379	0%
104	Adana	Sarıçam	40W0000000183434	Tema Fide Biyogaz Elektrik Üretim Tesisi	1.948	0%
105	Mersin	Akdeniz	40W0000000171835	Karaduvar Atıksu Arıtma Tesisi Biyogaz Santrali	1.900	0%
106	Antalya	Merkez	40W000000005696T	Sezer Bio Enerji Biyogaz Tesisi Biyokütle Projesi	0.500	0%

Tesis	Adet
Biyogaz Tesisi	108
Arıtma Çamuru İşleyen Anaerobik Tesis*	33
Endüstriyel Anaerobik Atıksu Arıtma Tesisi	~50

*: TÜRAAT, 2016 Projesi.

Türkiye’de Biyogaz Tesisleri



[Biyogaz Tesisi Atık Hazırlama Üniteleri](#), [Fermente Ürün Susuzlaştırma Sistemleri](#), [Tarımsal ve Hayvansal Biyogaz Tesisleri](#)

Proje Adı : Süttaş Karacabey Biyogaz Tesisi Büyüme Projesi

Kapasite : 6.5 MW

Yapım Yılı: 2017

Atık Türleri : Büyükbaş hayvan dışkısı, tavuk dışkısı, tarımsal atıklar



[Biyogaz Tesisi Atık Hazırlama Üniteleri](#), [Fermente Ürün Susuzlaştırma Sistemleri](#), [Tarımsal ve Hayvansal Biyogaz Tesisleri](#)

Proje Adı: Askoç Diyarbakır Biyogaz Tesisi

Kapasite : 2.15 MW

Yapım Yılı : 2017

Atık Türleri : Büyükbaş hayvan dışkısı

Türkiye’de Biyogaz Tesisleri



[Biyogaz Tesisi Atık Hazırlama Üniteleri](#), [Fermente Ürün Susuzlaştırma Sistemleri](#), [Tarımsal ve Hayvansal Biyogaz Tesisleri](#)

Proje Adı : ENERGROM FPÇA BES

Kapasite : 3.2 MW

Yapım Yılı: 2019

Atık Türleri : Büyükbaş hayvan dışkısı, tavuk dışkısı

Eylemlerimiz Geleceğimizdir – Potansiyeli Keşfet- Bölgesel Katma Değer Yarat

Sıfır Atık Vizyonu ile Hayvansal Atıkların Yönetimi Çalıştayı

Türkiye’de Digestat’dan Organomineral Gübre Üretimi Yapan Tesisler

Enegrom Gübre Üretim Tesisi



Biosun Pamukova ve Bilecik Pazaryeri Organomineral Gübre Üretim Tesisi



Table 8.1. Quality indicators of Naturalis (5N-10P-10K)

Customer Name	Frito-Lay Gıda San.ve Tic.A.Ş.
Customer Address	Saray Mh.Site Yolu Cd. No:4 Ümraniye/İSTANBUL
Name and Identity of Test Item	NATURALİS 5-10-10 NPK Solid Organomineral Fertilizer

FERTILIZER ANALYSIS REPORT			
Analysis Parameters	Unit	Methods	Analysis Results (w/w)
pH* (20°C)		KGy Mad. 7.4.-TS 836	6.1
Electrical Conductivity, Ec, (20°C)	dS/m	1:10	57.7
Volatile Solids (Organic Matter)	%	Organic Carbon X 2,24	22.7
Humidity* (70°C)	%	OGY-TS 9105/April 1991 (process)	13.5
Organic Nitrogen (N)	%	Kjeldahl	1
Total Nitrogen (N)	%	Bremmer 1965	6.9
Ammonium Nitrogen* (NH ₄ -N)	%	KGy Mad 2.1.-EN 15475 (process)	5.9
Total Phosphorus (Penta Oxide, P ₂ O ₅)	%	KGy Mad. 3.1.1.	12.8
Water Soluble Phosphorus* (Penta Oxide, P ₂ O ₅)	%	KGy Mad 3.1.6-EN 15959 Gravimetric	6.8
Water Soluble Potassium Oxide (K ₂ O)	%	ICP-OES	12.4

HEAVY METAL ANALYSIS REPORT				
Analysis Parameters	Unit	Max. Criteria	Methods	Analysis Results
Copper (Cu)	mg/kg	450	TS EN 13650	27.9
Nickel (Ni)	mg/kg	120	TS EN 13650	26.5
Lead (Pb)	mg/kg	150	TS EN 13650	3.27
Zinc (Zn)	%	1100 (mg/kg)	KGy Mad. 9.1.-TS EN/ISO 11885-ICP/OES	0.19
Mercury (Hg)	mg/kg	5	EPA 3052	0.04
Chromium (Cr)	mg/kg	350	TS EN 13650	68.4
Stannum (Sn)	mg/kg	10	TS EN 13650	<0.01 ^{RL}

* Accreditation scope

RL Reporting Limit

Analyses were performed according to the Regulation on "Production, Import, Export, and Supply to Market of Organic, Organomineral Fertilizers, Soil Conditioners with Microbial, Enzyme Containing and Organic Sourced Other Products Used in Agriculture" published in the Official Gazette dated 29.03.2014 and number 28956. ANNEX-18 Analysis methods and Regulation on "Market Surveillance and Inspection of Fertilizers" published in the Official Gazette dated 29.03.2014 and number 28956 (OGY). Regulation on "Market Surveillance and Inspection of Fertilizers" published in the Official Gazette dated 29.03.2014 and number 28956 ANNEX- 3 Analysis methods (KGy)

Sıfır Atık Vizyonu ile Hayvansal Atıkların Yönetimi Çalıştayı

Türkiye’de Biyogaz Sektörünü Etkileyen Yasal Mevzuat

Kanun – Yönetmelik Adı	Kabul Tarihi
Mekanik Ayırma, Biyokurutma ve Biyometanizasyon Tesisleri ile Fermente Ürün Yönetimi Tebliği RG: 29498	10 Ekim 2015
Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral Gübreler ve Toprak Düzenleyiciler ile Mikrobiyal, Enzim İçerikli ve Diğer Ürünlerin Üretimi, İthalatı ve Piyasaya Arzına Dair Yönetmelik RG: 27601	4 Haziran 2010
Yerli Aksam Yönetmeliği RG:31494	28 Mayıs 2021
İnsani Tüketim Amacıyla Kullanılmaya Hayvansal Yan Ürünler Yönetmeliği RG: 28152	24 Aralık 2011
Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği RG: 29779	23 Temmuz 2016
Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun	Kanun No: 7350
Koku Oluşturan Emisyonların Kontrolü Hakkında Yönetmelik RG: 28712	19 Temmuz 2013
Çevre Kanunu (Kanun No: 2872) RG: 18132 Çevre İzin ve Lisans Yönetmeliği	09.08.1983 Değişik: 26.04.2006
Evsel ve kentsel arıtma çamurlarının toprakta kullanılmasına dair yönetmelik RG:27661	30.08.2010
Atık Yönetimi Yönetmeliği RG: 29314	2 Nisan 2015
Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik RG: 32018	19 Kasım 2021
Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği	

İlginize ve sabrınıza teşekkürler...



Prof.Dr. N. Altınay Perendeci
Akdeniz Üniversitesi, Müh. Fak., Çevre Müh. Böl.
aperendeci@akdeniz.edu.tr