

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

BİYOKÜTLE ENERJİSİ

Biyokütle Tanımı

- ❖ Bir kısmı enerji üretimi için kullanılabilen, biyolojik kökenli fakat fosil olmayan organik maddeye **biyokütle (biyomas)** denir.
- ❖ Bitkisel materyalden oluşan biyomasa **fitomas**, hayvansal materyalden oluşana ise **zoomas** denir.
- ❖ Biyokütle enerjisi, **güneş enerjisinin bitkiler tarafından dönüştürülmüş** şekli olarak tanımlanabilir.
- ❖ Esasını bitkinin bünyesinde dönüştürülmüş halde depolanan enerjinin, ihtiyaç duyulduğunda kullanılması prensibi oluşturmaktadır.

Biyokütlenin Tarihsel Gelişimi

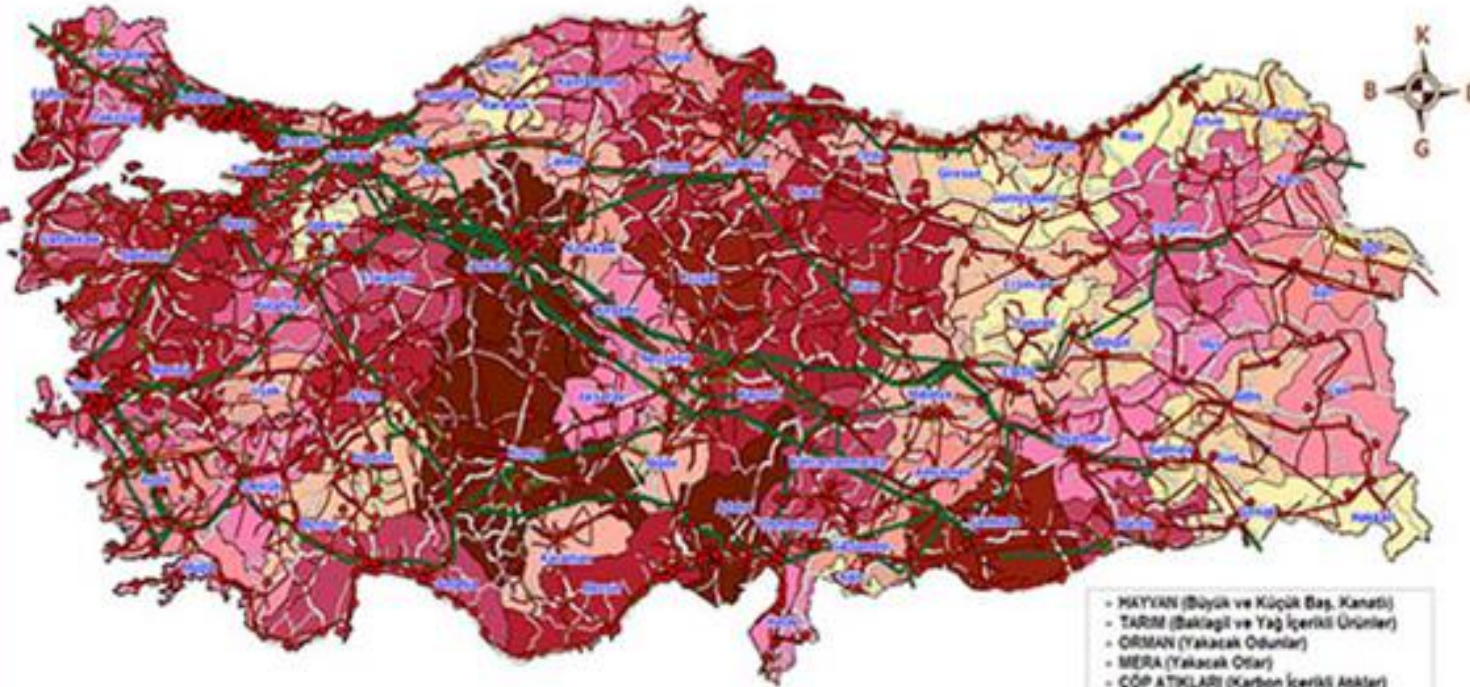
- ❖ Eski tarihlerde ise enerji ihtiyacının % 90'ı **odun ve tezeğin** doğrudan yakılması ile karşılanmıştır.
- ❖ Bu yakıtların yoğunlukla kullanıldığı ülkeler günümüzde de göze çarpmaktadır. Fakat tezeğin bu şekilde kullanılması onun en verimsiz şekilde kullanıldığını gösterir.



-
- ❖ Tarihi geçmişine bakacak olursak biyokütle enerjisinin bir şekli olan biyogazdan yarar sağlanması Asurlulardan beri süregelmiştir.
 - ❖ Tabi ki daha sonra Persler.
 - ❖ Daha sonra 17. yy'da organik maddelerin bozulumuyla gaz oluştuğu anlaşılmış ve 19. yy'da ilk biyogaz üretim yapılmıştır.
 - ❖ Sonraki yüzyılda ise ise dünya genelinde yaygınlaşması söz konusu olmuştur.
 - ❖ II. Dünya savaşında biyogazın motor yakıtı olarak kullanımını başlamış ve bazı ülkelerde bu enerjinin kullanımını teşvik eden yasalar çıkmıştır.

-
- Türkiye ise biyokütle enerjisine yönelik biyogaz çalışmaları 1957 yılında **Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü** tarafından başlatılmıştır.
 - Daha sonraki gelişmeleri **çiftçilerimiz** büyük bir ilgiyle takip etmiştir.
 - Fakat seçilen tesis tipinin teknik olarak ülkemiz **koşullarına uygun olmaması** bu tesislerin verimliliğini büyük ölçüde düşürmüştür.

TÜRKİYE TOPLAM BİYOKÜTLE POTANSİYELİ HARİTASI (168.7 TWh/Yıl)



Enerji Potansiyeli (kWh/Yıl)

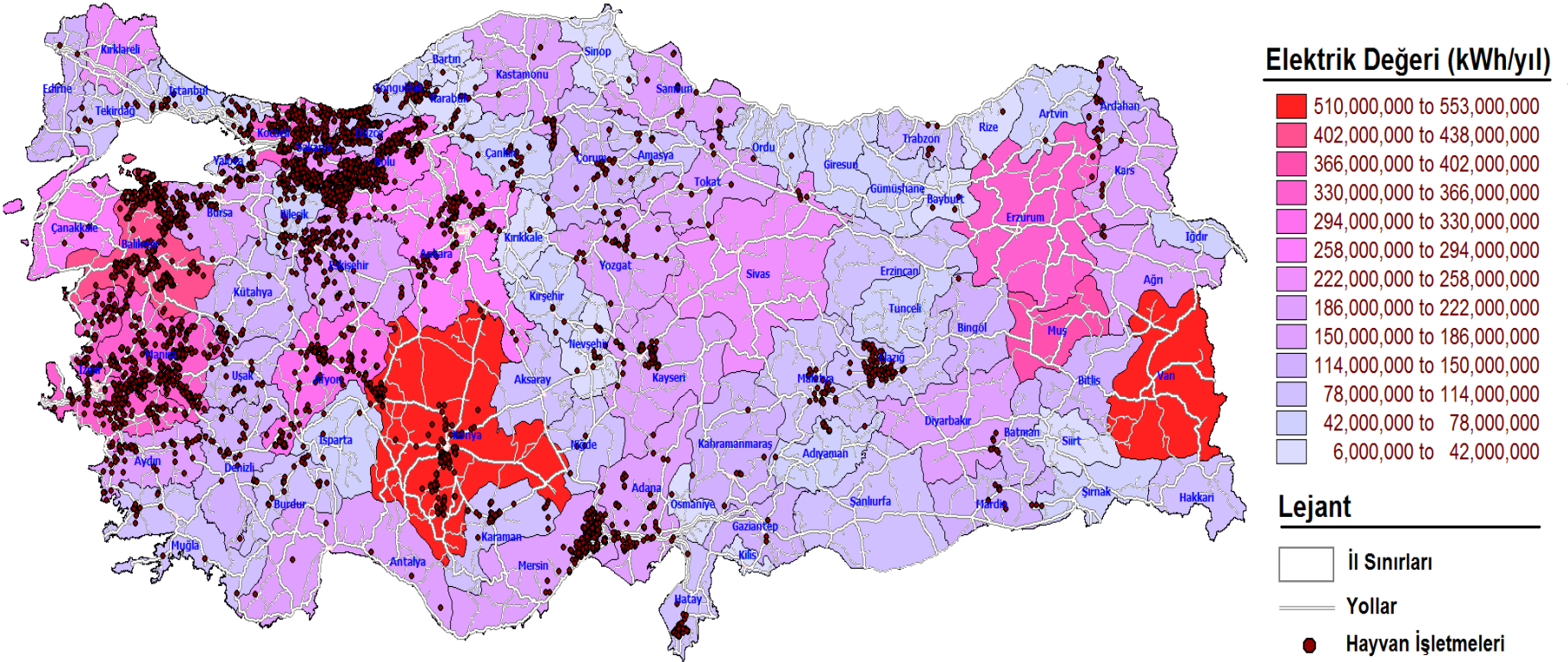


LEJANT

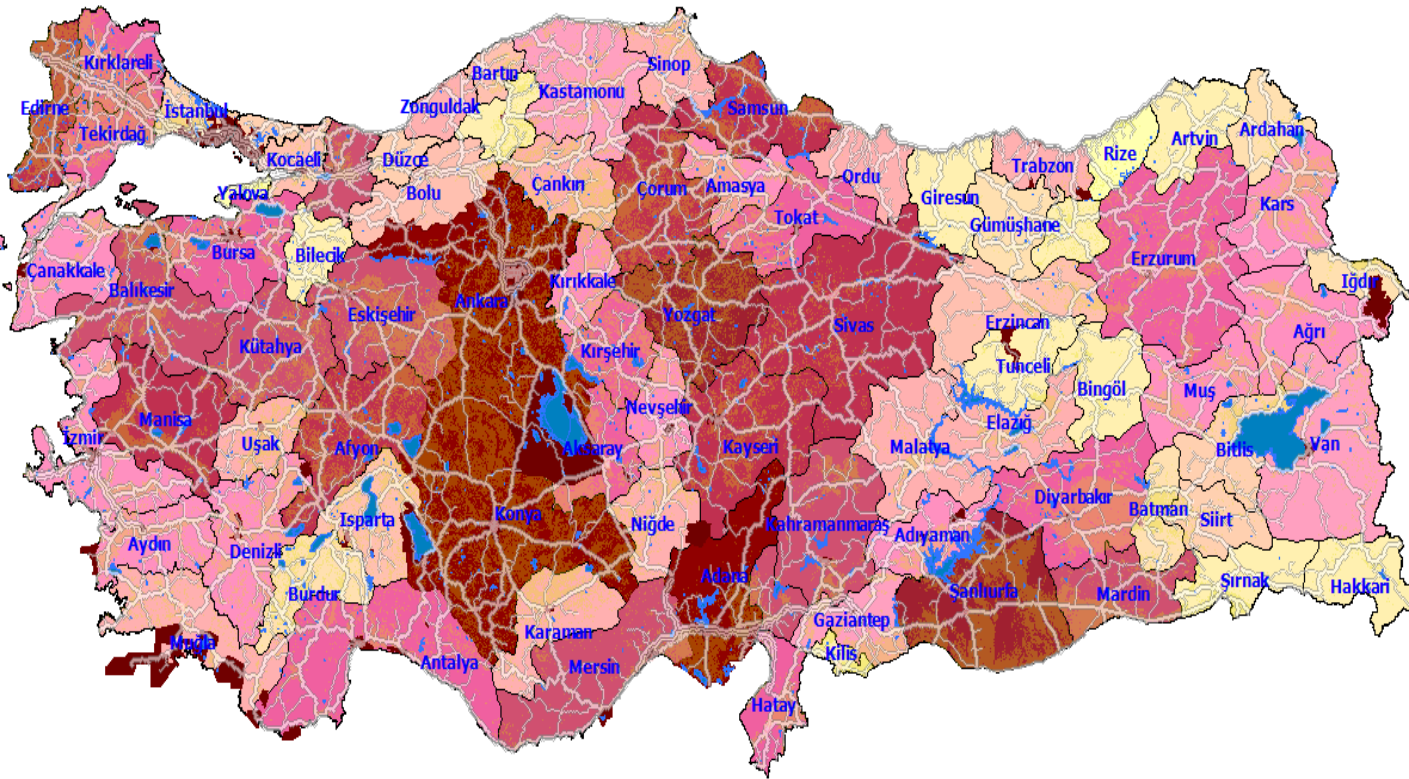


- HAYYIN (Büyük ve Küçük Baş, Kanatlı)
- TARIM (Baklagil ve Yağ İçerikli Ürünler)
- ORMAN (Yakacak Odunlar)
- MERA (Yakacak Otlar)
- ÇÖP ATIKLARI (Karbon İçerikli Atıklar)

TÜRKİYE HAYVAN ATIKLARI BİYOENERJİ POTANSİYEL HARİTASI (11.9 TWh/yıl)



TÜRKİYE TARIM ATIKLARI BİYOENERJİ POTANSİYEL HARİTASI (140.1 TWh/Yıl)



Elektrik Değeri (kWh/Yıl)

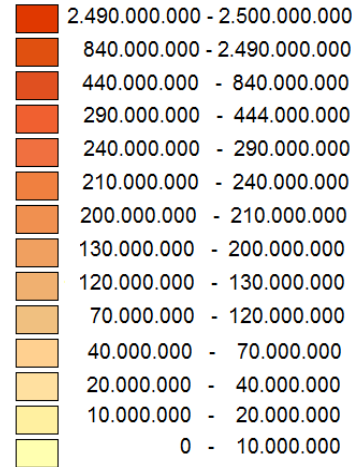
	7.400.000.000 - 10.100.000.000
	4.500.000.000 - 7.400.000.000
	2.900.000.000 - 4.500.000.000
	2.300.000.000 - 2.900.000.000
	1.700.000.000 - 2.300.000.000
	1.300.000.000 - 1.700.000.000
	1.100.000.000 - 1.300.000.000
	1.000.000.000 - 1.100.000.000
	900.000.000 - 1.000.000.000
	700.000.000 - 900.000.000
	500.000.000 - 700.000.000
	400.000.000 - 500.000.000
	300.000.000 - 400.000.000
	100.000.000 - 300.000.000
	0 - 100.000.000

LEJANT

-  İl Sınırları
 Tarım Alanları
 Yollar

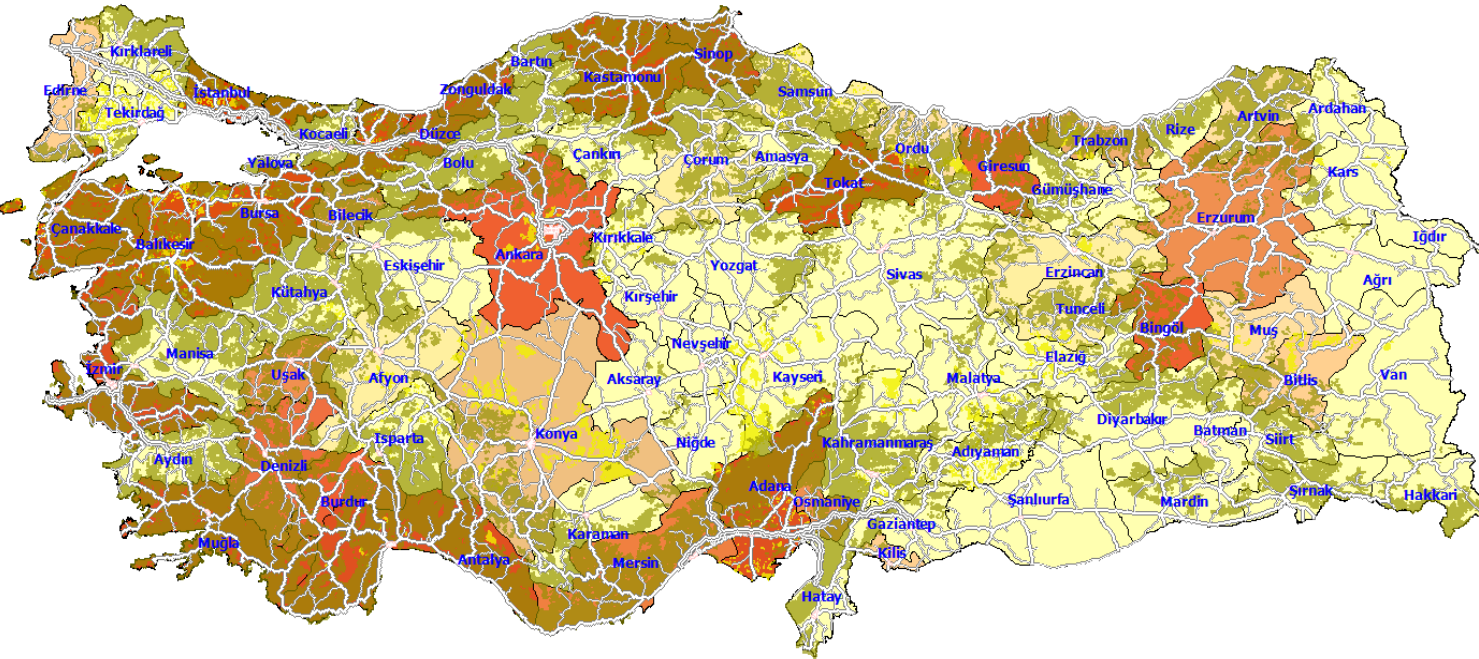
TÜRKİYE ORMAN ve MERA ALANLARI BİYOENERJİ POTANSİYEL HARİTASI (16.1 TWh/Yıl)

Elektrik Değeri (kWh/Yıl)



LEJANT

- İl Sınırları
- Ormanlık Alanlar
- Mera Alanları
- Yollar



Biyokütle Enerji Kaynakları

- **Klasik biyokütle:** Doğrudan yakılarak enerji sağlanan; ormanlardan elde edilen yakacak odun, bitki ve hayvan atıkları.
- **Modern biyokütle:** Farklı yöntemlerle yakıtlara dönüştürülen; orman ve ağaç sanayi artıkları, enerji tarım ürünleri, bitkisel hayvansal ve kentsel atıklardır.

Biyokütle Enerji Kaynakları

BİYOKÜTLE ENERJİSİ

KLASİK BİYOKÜTLE

Odun

Bitkisel Atıklar

Hayvansal Atıklar

MODERN BİYOKÜTLE

Enerji Ormancılığı

Orman Endüstrisi Atıkları

Ağaç Endüstrisi Atıkları

Enerji Tarımı Ürünleri

Tarımsal Bitkisel Atıklar

Tarımsal Hayvansal Atıklar

Tarımsal Endüstri Atıkları

Kentsel Atıklar

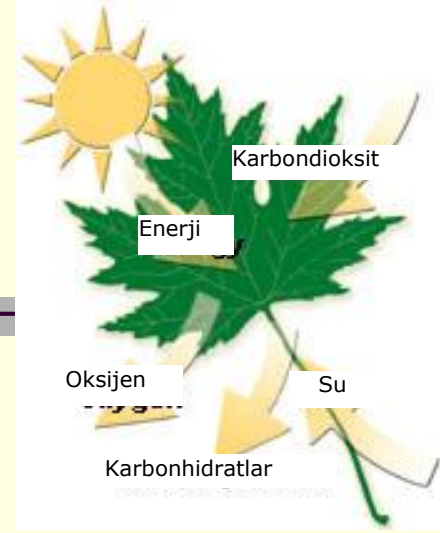
Orman endüstrisi atıkları



Tarımsal bitkisel atıklar



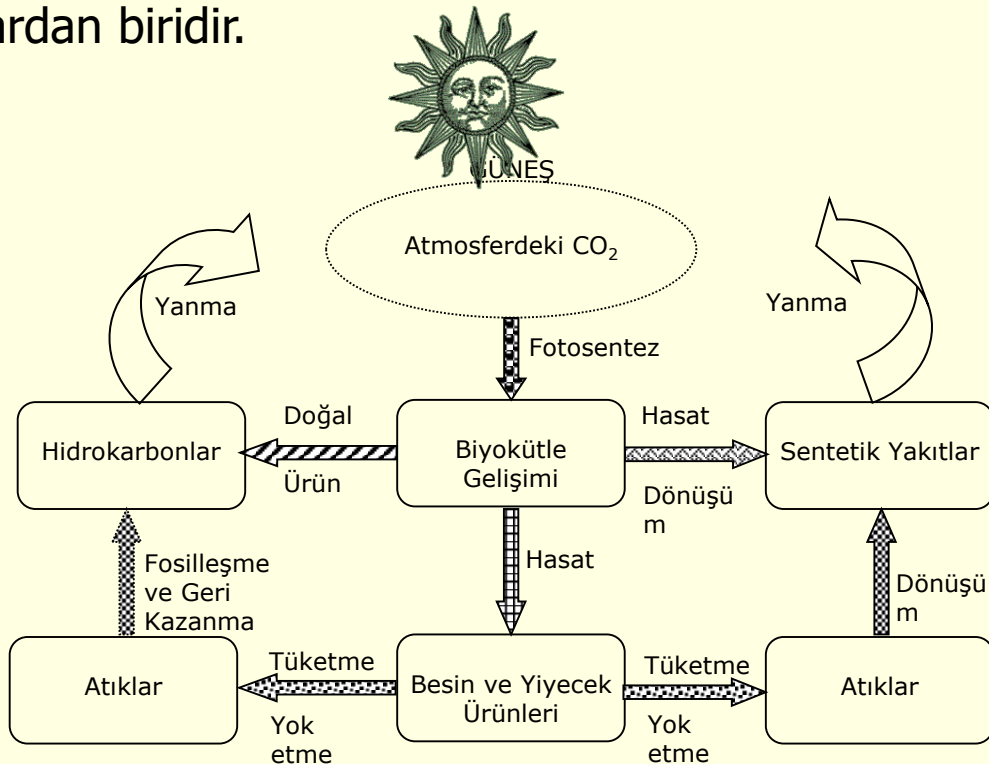
Bitkisel Biyokütle Oluşumu



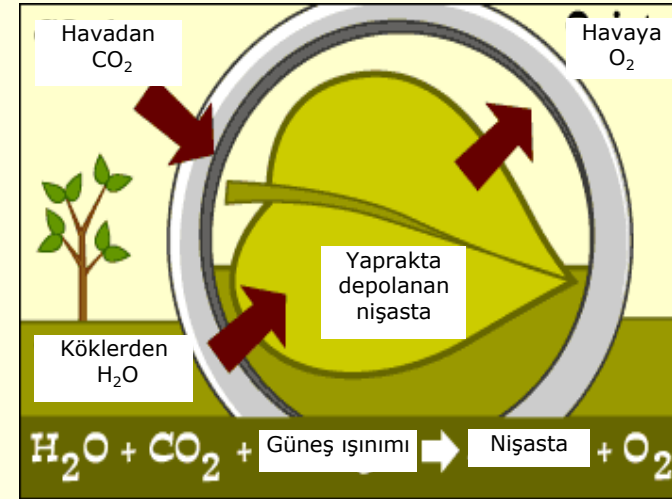
Canlı organizmaların fotosentez sonucunda oluşması ve bütün yaşamın güneş enerjisinin depo edildiği oksijene bağlı olması, yenilenebilir enerji oluşturan fotosentez olayının önemini açıkça göstermektedir.

Fotosentez

Fotosentez, doğada meydana gelen ve bitkilerin ışık ile etkileşimini gösteren en temel olaylardan biridir.



Biyokütle oluşumu ve tüketimi



Fotosentez işlemi

C3 ve C4 Bitkilerinin Genel Özellikleri

C4 Bitkilerinin Genel Özellikleri	C3 Bitkilerinin Genel Özellikleri
✓ <i>Düşük karbondioksit derişimine gereksinim duyarlar.</i> ✓ <i>Yüksek sıcaklığa gereksinim duyarlar.</i> ✓ <i>Daha düşük oranda suya gereksinim duyarlar.</i> ✓ <i>Mevsimsel kuraklığa dayanıklıdır.</i> ✓ <i>Başlangıçta 4 karbon atomu içeren organik molekülleri bağlarlar.</i> ✓ <i>Işık şiddetini kullanma yetenekleri yüksektir.</i>	➤ Yüksek karbondioksit miktarına gereksinim duyarlar. ➤ Işık şiddetini kullanma yeteneği düşüktür. ➤ Düşük sıcaklığa gereksinim duyarlar. ➤ Yüksek oranda suya gereksinim duyarlar. ➤ Ilıman bölge bitkileridir.



Miscanthus

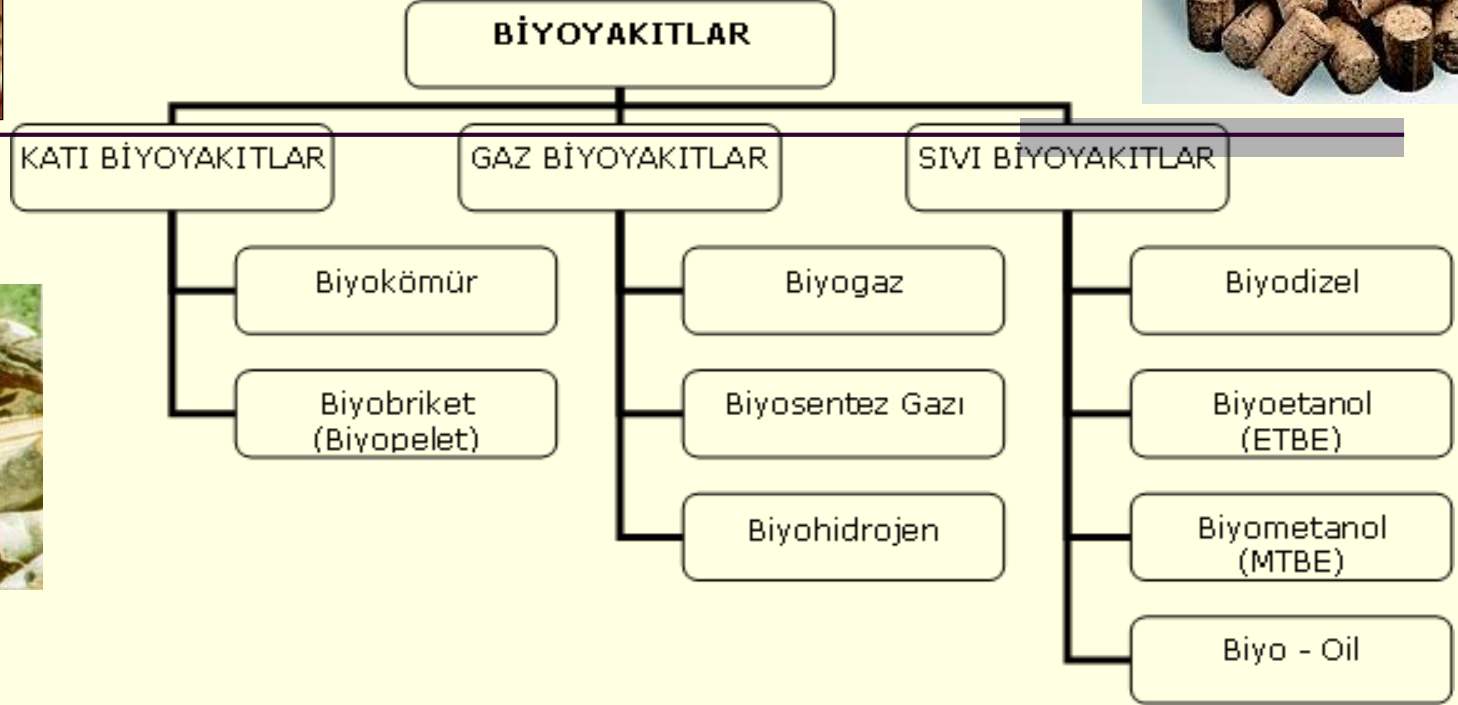


Bazı enerji (C4) bitkileri



Tatlı sorgum

Biyoyakıtlar



Katı biyokütle yakıtlar

Biyoyakıtların en yaygın olanları **biyoetanol** ve **biyodizel**dir. **Biyoetanol**, kökeni nişasta olan ve tarım ürünlerinden elde edilen **oktan sayısı yüksek** bir biyoyakıttır. Biyoetanol, tarım ürünlerinde var olan nişastanın şekere dönüşümünden sonra uygulanan fermantasyon işlemi sonucunda elde edilir. Benzinle doğrudan karışabilir. Biyoetanol üretilebilecek başlıca bitkiler; buğday, şekerpancarı ve mısırdır.

Biyokütle Üretiminde Etkili Etmenler



Biyokütle üretimi

ÇEVRESEL ETMENLER	SOSYAL ETMENLER
➤ Toprak özellikleri ➤ İklim özellikleri ➤ Su kaynakları ➤ Yükselti ➤ Coğrafik özellikler ➤ Kirlilik durumu ➤ Hammadde kaynakları ve pazardan uzaklığı ➤ Gelişmeyi etkileyen fiziksel etmenler ➤ Tarım dışı gelirler ➤ Bina ve arazi yapısı ➤ Mülkiyet ve kiracılık yapısı ➤ Kırsal altyapı özellikleri ➤ Tarımsal yapı	➤ Tarımsal altyapı özellikleri ➤ Üreticinin yaşı ve eğitim durumu ➤ Üreticinin eğitime olan istekliliği ➤ Üreticinin sosyal yetenekleri ➤ İnsan işgücünün uygunluğu ➤ Miras hukuku ➤ Bölgenin tarımsal üretime yönelimi ➤ Kırsal nüfusun yönelimleri
EKONOMİK ETMENLER	POLİTİK ETMENLER
➤ Diğer üretim sistemleri ile rekabet ➤ Alternatif iş olanakları ➤ Bölgede yapılan işin maliyeti ➤ Tarımsal üretime başlama istekliliği ➤ Tarımsal teknolojilerin geliştirilmesi ➤ Pazar özellikleri ➤ Sermaye ve kredi uygunluğu	➤ Ticaret politikaları ➤ Tarımsal destekleme politikaları ➤ Ulusal ve uluslararası destekleme politikaları ➤ Tarımdaki sınırlamalar ➤ Bölgenin uygulama planı ➤ Tarımsal vergiler ➤ Çevre politikaları

-
- ❖ Biyokütleden yararlanma, **doğrudan yakılması** şeklinde olabileceği gibi, çeşitli yollarla **yakıt kalitesinin artırılarak** bilinen enerji kaynaklarına yakın veya eşdeğer özelliklere sahip **biyoyakıtların elde edilmesi** şeklinde de gerçekleştirilebilir.
 - ❖ Günümüzde biyoenerji sağlamak amacıyla yapılan ve hızla büyüyen bir **tarımsal üretim alanı** ortaya çıkmıştır.
 - ❖ **Enerji tarımı** diye adlandırılan bu uygulamanın amacı **biyokütle miktarı** ve **alkol verimi** daha yüksek olan bitkiler yetiştirmektir.
 - ❖ Şeker kamışı, sorgum, mısır gibi bitkiler yüksek alkol verimine sahip bitkilerdir.

Biyokütle-Enerji Dönüşüm Teknolojileri

Biyokütle için uygulanan dönüşüm teknolojileri, üç grupta incelenebilir:

- 1) **Fiziksel yöntemler**
- 2) **Isıl yöntemler**
- 3) **Biyokimyasal ve mikrobiyal yöntemler**

Biyokütle Enerji Çevrim Yöntemi ve Dönüşüm İşlemleri

Biyokütle Çevrim Teknikleri, Yakıtlar ve Uygulama Alanları

Çevrim Yöntemi	Dönüşüm İşlemi
Fiziksel Yöntemler	Sıkıştırma
	Kurutma
	Ekstraksiyon
	Ayırma
	Boyut Küçültme
Isıl Yöntemler	Karbonizasyon
	Kimyasal hidroliz
	Yakma
	Kırma
	Dehidrojenerasyon
	Hidrojenasyon
	Kısmi oksidasyon
	Piroliz
	Buhar üretimi
	Aerobik fermentasyon
Biyokimyasal ve Mikrobiyal Yöntemler	Anaerobik fermentasyon
	Biyofotoliz
	Kompostlama

Biyokütle Kaynağı	Çevrim Yöntemi	Yakıtlar	Uygulama Alanları
Orman atıkları	Havasız Çürütme	Biyogaz	Elektrik üretimi
Tarım atıkları	Piroliz	Etanol	Isınma
Enerji bitkileri	Doğrudan yakma	Hidrojen	Su ısıtma
Hayvansal atıklar	Fermantasyon	Metan	Otomobiller
Çöpler (organik)	Gazlaştırma	Metanol	Uçaklar
Algler	Hidroliz	Sentetik yağ	Roketler
Enerji ormanları	Biyofotoliz	Dizel	Ürün kurutma

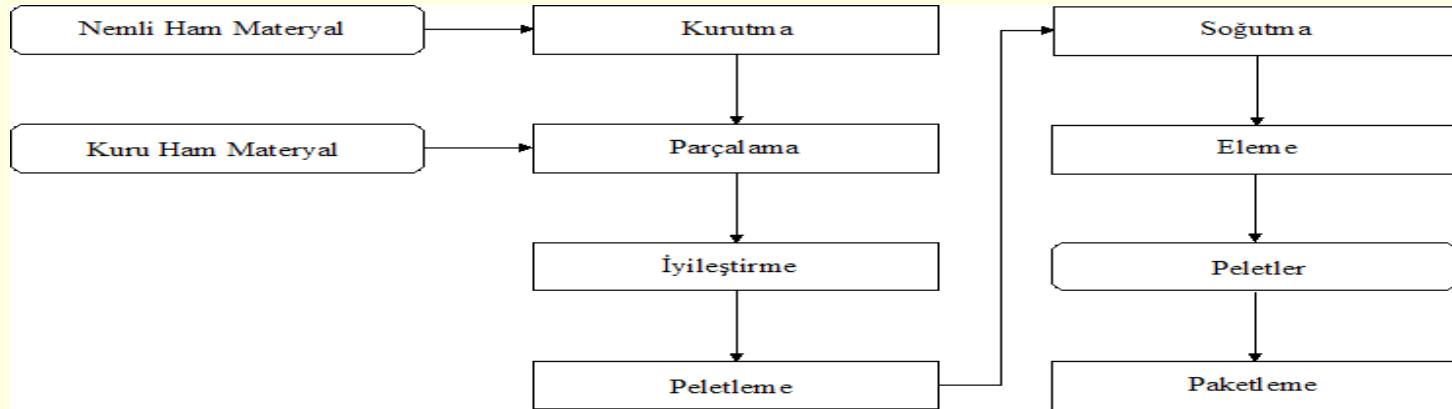
Biyokütlenin Preslenmesi

Yararları:

- ✓ Biyokütlenin yakıt olarak özellikleri iyileşir.
- ✓ Biyokütlenin ısı değeri artar.
- ✓ Taşıma ve depolama giderleri azalır.
- ✓ Yanma özellikleri iyileşir.
- ✓ Atmosfere salınan partikül emisyonları azalır.
- ✓ Aynı boyut ve şekilde iyi bir yakıt elde edilir.
- ✓ Kolaylıkla yakılabilen bir yakıt elde edilir.
- ✓ Pazarlanabilen, taşınabilen ve depolanabilen bir yakıt elde edilir.
- ✓ Endüstride kullanılabilecek bir yakıt elde edilir.

Yöntemler:

- Balyalama
- Yoğun balyalama
- Preslenmiş dilim
- Kübik sıkıştırma
- Peletleme
- Briketleme



Biyokütle presleme işlem aşamaları



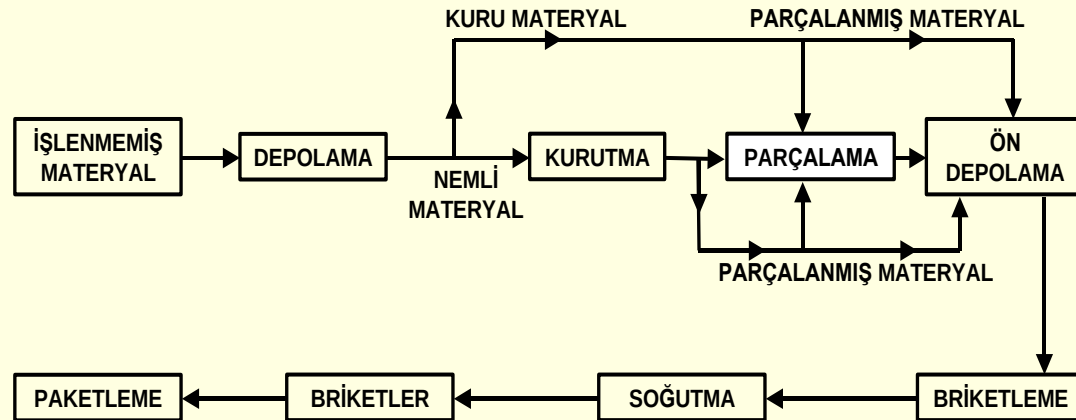
Briketleme Teknolojisi



Biyokütle briketi, küçük parçalar halindeki katı biyokütlenin, gerektiğinde yapıştırıcı maddelerle sıkıştırarak biçimlendirilmesi ile elde edilen daha büyük parça halindeki katı yakıttır.

Briketleme işlemi aşağıdaki gibi gruplandırılabilir:

- 1) Yapıştırıcısız briketleme:** Materyalin yüzey geriliminden yararlanarak ve basınç uygulanarak biçimlendirilmesi ve katılaştırılması işlemidir.
- 2) Yapıştırıcılı briketleme:** Materyalin basınç uygulanarak ve bir yapıştırıcı madde yardımı ile biçimlendirilmesi ve katılaştırılması işlemidir.
- 3) Sıcak briketleme:** Küçük taneli biyokütlenin, ısıtılarak yumuşatılan ve böylece yapıştırma özelliği veren bir yakıtla birleştirilmesi işlemidir.
- 4) Soğuk briketleme:** Isıtma uygulanmadan yapılan briketleme işlemidir.



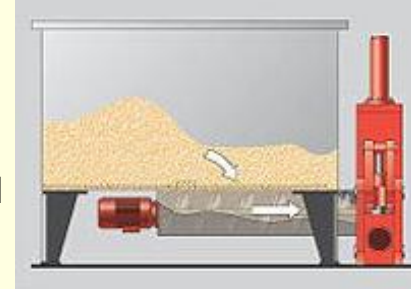
Briketleme Makinaları

Biriketleme işlem aşamaları:

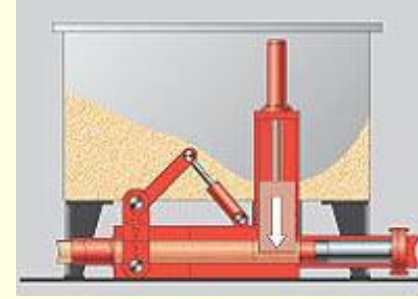
- Kurutma
- Öğütme
- Eleme
- Sıkıştırma
- Soğutma



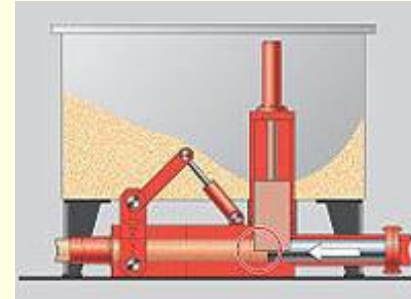
- 1) Piston presli briketleme makinaları
- 2) Vidalı (helezon) briketleme makinaları
- 3) Hidrolik pistonlu briketleme makinaları



Materyalin beslenmesi ve preslenmesi



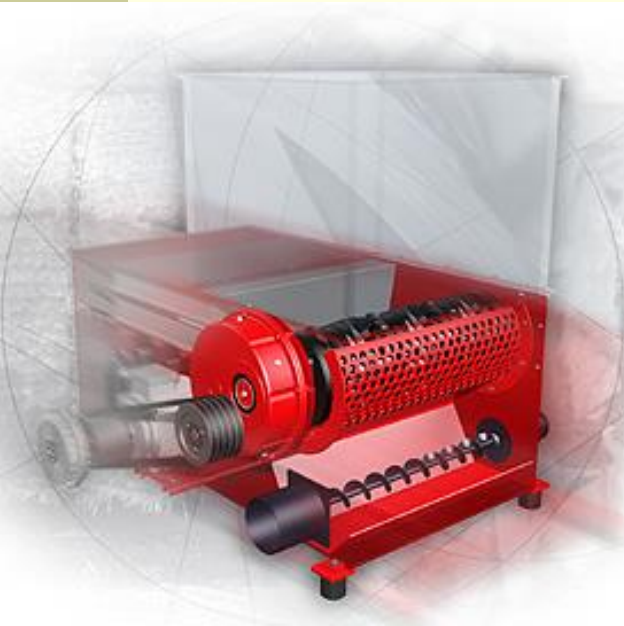
Materyalin sıkıştırılması



Briket oluşması



Briket çıkışı



Biyokütle briketleme makinasının çalışma diyagramı

Peletleme Teknolojisi

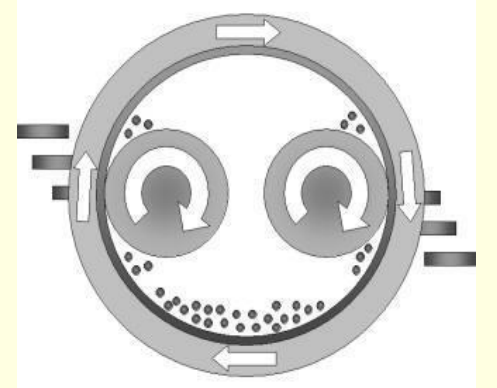
Biyokütle materyalinin sıkıştırılarak küçük boyutlarda daha büyük kütleler haline getirilmesine **peletleme** denir. Peletler genellikle 6-12 mm çapında ve 10-30 mm uzunluğundadır.

Günümüzde peletleme teknolojileri olarak düz ve çember kalıplı peletleme makinaları kullanılmaktadır.

Düz ve çember kalıplı pelet makinalarında materyal kalıp ile dönen sıkıştırma silindiri arasında sürekli sıkışarak kalıpta bulunan deliklerden peletlenmiş olarak çıkmaktadır.



Düz kalıplı

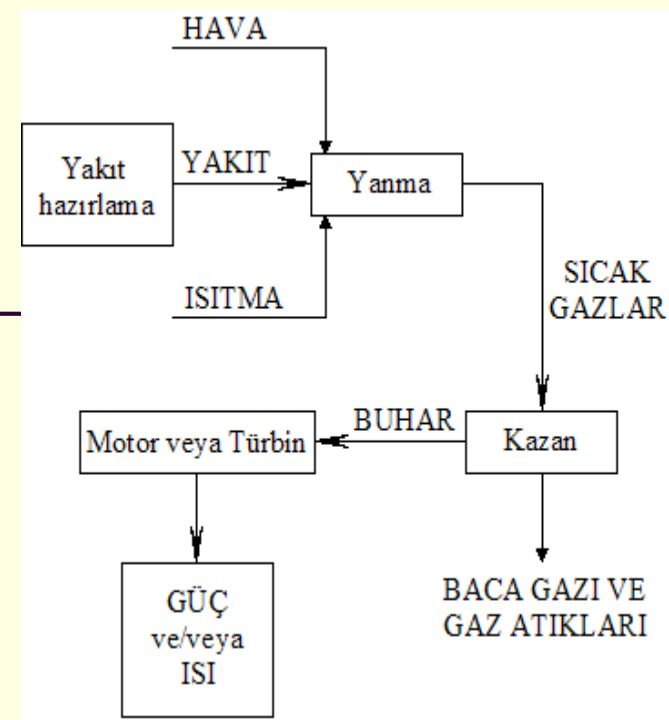


Çember kalıplı

Biyokütle peletleme makinaları



Biyokütle Yakma Teknolojileri



Yanma işlemi

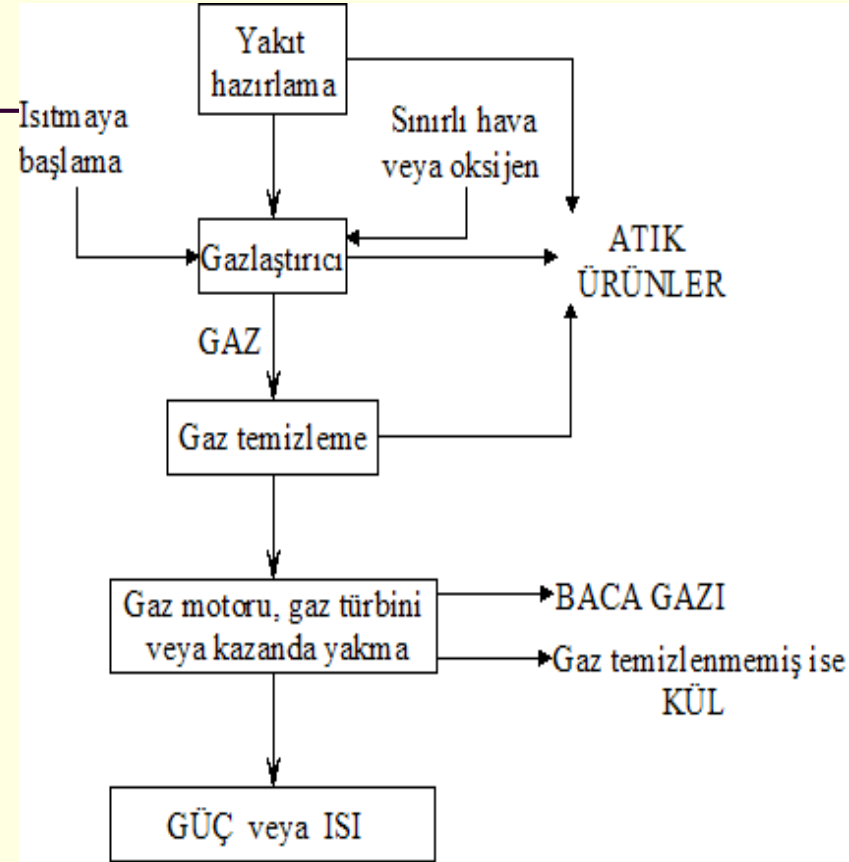
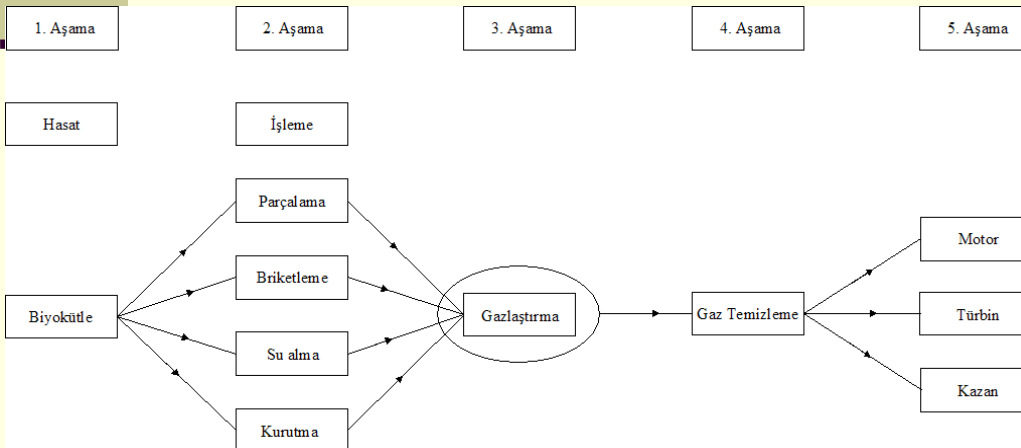


Gazlaştırma

Gazlaştırma, biyokütleden gaz yakıt elde edilen termokimyasal bir dönüşüm işlemidir. Gazlaştırma ile biyokütlenin sahip olduğu enerjinin % 60–90'ı gaza geçirilir.

Gazlaştırma sistemlerinin tasarımı:

- Isıl değeri
- Nem miktarı
- Parça boyutu ve dağılımı
- Sıkıştırılmış yoğunluğu
- Uçucu madde miktarı
- Sabit karbon miktarı
- Kül miktarı ve içeriği
- Yakıt reaktivitesi
- Elementel analiz değerleri
- Kirletici emisyonları



Biyokütlenin gazlaştırma ile enerjiye dönüştürülmesi

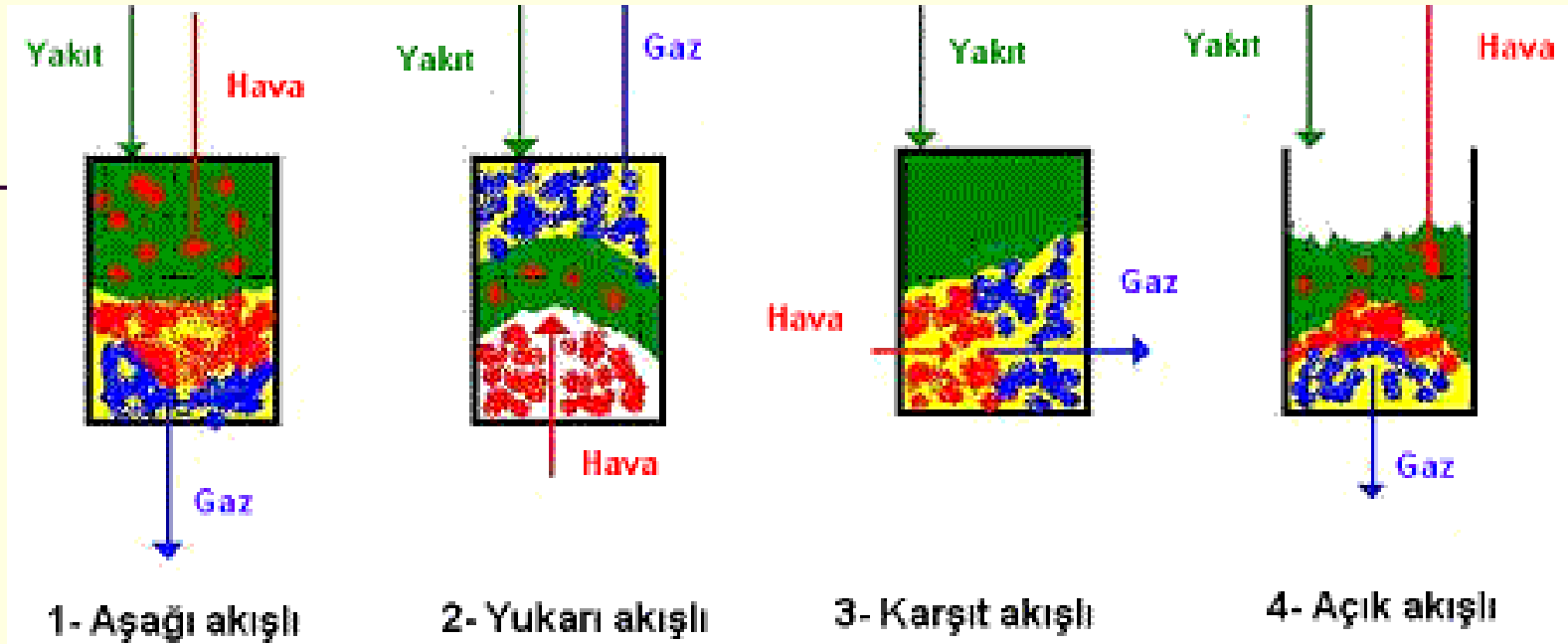
Biyokütle gazlaştırma işlemi aşamaları

Gazlaştırma Teknolojisi



Gazlaştırma Ünitesi	Özellikleri
1. Sabit yatak	
<i>Aşağı akışlı</i>	Katı akışı ve gaz çıkışı aşağı doğrudur.
<i>Yukarı akışlı</i>	Katı akışı aşağı doğru, gaz akışı ise yukarı doğrudur.
<i>Aynı akışlı</i>	Katı ve gaz akışı aynı doğrultudadır (aşağıya doğru).
<i>Ters akışlı</i>	Katı ve gaz akışı ters yöndedir (yukarıya doğru).
<i>Çapraz akışlı</i>	Katı akışı aşağı doğru, gaz akışı ise dik doğrultuda sağa veya sola doğrudur.
<i>Karışık akışlı</i>	İki kademeli gazlaştırma
2. Akışkan yatak	
<i>Kabarcıklı akışkan yatak</i>	Gaz hızı düşüktür. İnert katı reaktörde kalır.
<i>Dolaşımli akışkan yatak</i>	İnert katı yıkatılır, ayrıştırılır ve yeniden gazlaştırıcıya gönderilir. Bazı durumlarda, hızlı akışkan yatak veya ikiz reaktör sistemleri olarak da tanımlanır.
3. Hareketli yatak	Yatay hareketli bir yataktır. Katı materyal genellikle düşük sıcaklık işleminde taşınır.
4. Diğer üniteler	
<i>Döner fırın</i>	Gaz ve katı materyalin teması iyidir. Katı materyalin taşınmasından sakınmak için dikkatli bir tasarım gerekir.
<i>Siklon reaktör</i>	Parçacık hızı ve reaksiyon oranı yüksektir.
<i>Girdaplı reaktör</i>	Siklon reaktöre benzer şekilde çalışır.

Sabit yataklı gazlaştırma üniteleri

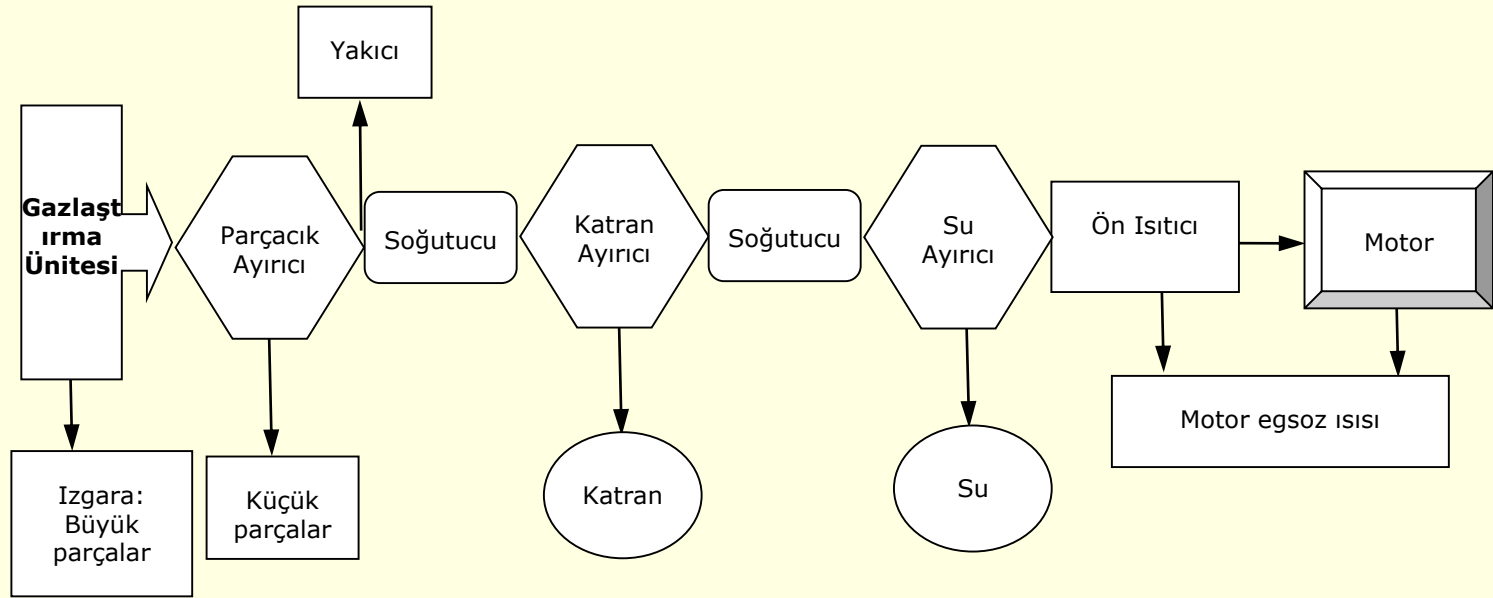
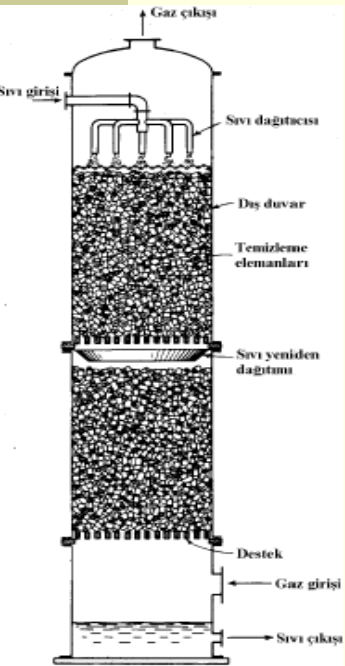


Biyokütle gazlaştırma sistemi başlıca şu ünitelerden oluşur:

- **Biyokütle depolama ve kurutma ünitesi**
- **Biyokütleyi gazlaştırıcıya yükleme ünitesi**
- **Katran ve külü gazlaştırıcıdan taşıma ünitesi**
- **Gazı sistemden alma ünitesi**
- **Gaz temizleme ve yakma ünitesi**
- **Ölçme ve kontrol ünitesi**

Gaz ve Diğer Atıkların Temizlenmesi

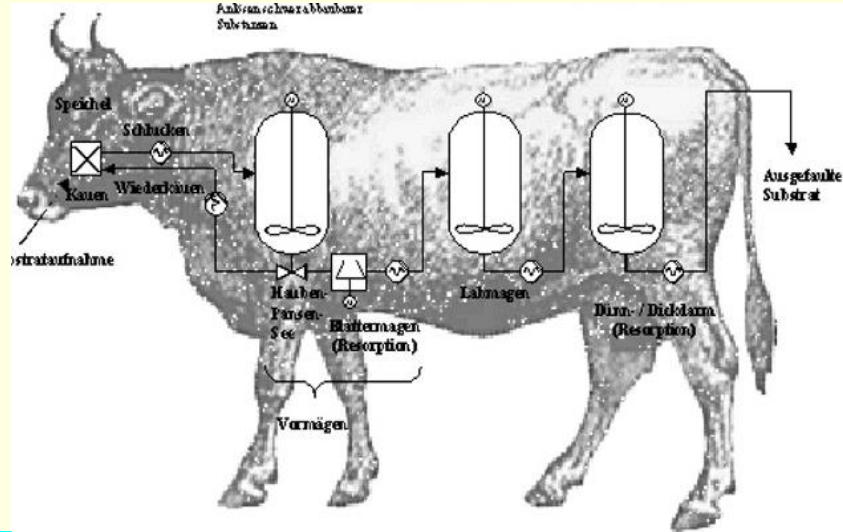
Gazlaştırma ünitesinden çıkan gaz bir karışım olarak; N_2 (azot), H_2 (hidrojen), CO_2 (karbondioksit), CO (karbonmonoksit), CH_4 (metan) ve az miktarda C_2H_2 (asetilen), C_2H_6 (etan), katran buharı, mineral buharı, su buharı, toz (karbon ve kül) sülfür ve azot bileşiklerinden oluşur. Bunların içerisinde yanabilir olanlar; H_2 , CO , CH_4 , C_2H_2 , C_2H_6 ve katran buharıdır. Diğerleri ise, katran dahil korosif etkilidir. Yakma üniteleri veya içten yanmalı motorlarda kullanılması durumunda, önemli zararlara neden olurlar. Bu nedenle, bu maddelerin temizlenmesi gerekir.



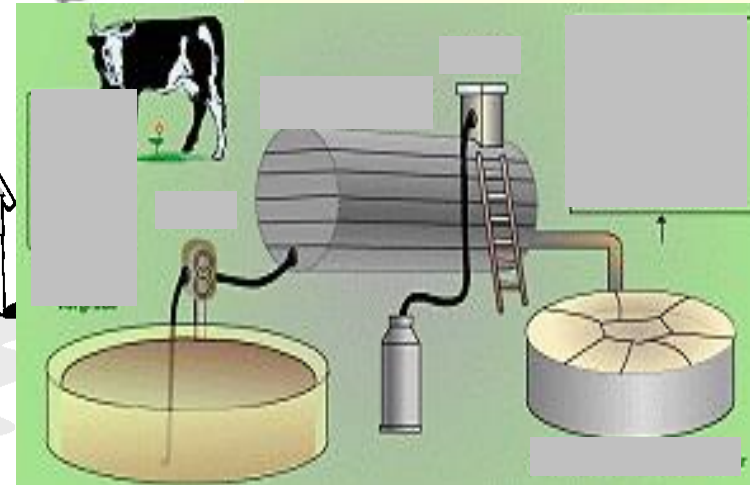
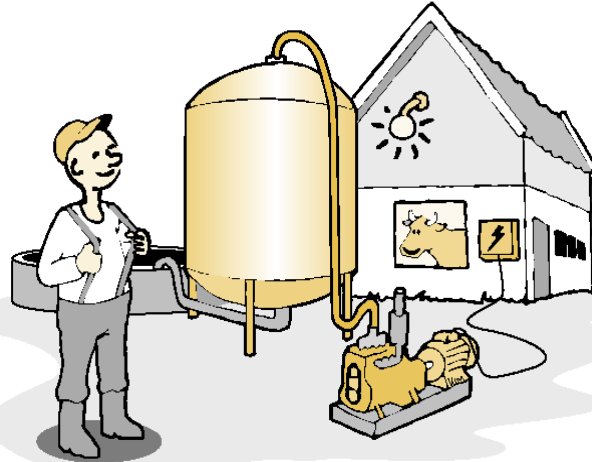
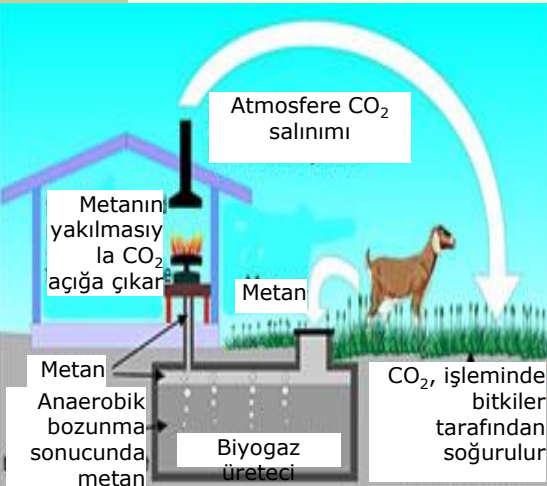
Farklı sıcaklık bölgelerinde gazın temizlenmesi

Biyogaz

Biyogaz, organik kökenli atık/artıkların oksijensiz ortamda bozunması (anaerobik fermentasyon) sonucunda ortaya çıkan; renksiz, kokusuz, havadan hafif, parlak mavi bir alevle yanan ve bileşiminde organik madde içeriğine bağlı olarak yaklaşık; % 40–70 metan, % 30–100 karbondioksit, % 0–3 hidrojen sülfür ile çok az azot ve hidrojen bulunan bir gaz karışımıdır.



Hayvan atıkları biyogaz kaynağıdır



Biyogaz Üretiminde Etkili Etmenler

<i>Biyogaz tesisinde kullanılacak materyal ile ilgili etmenler</i>	➤ Materyalin cinsi ve içeriği ➤ Kuru madde ve organik madde oranı ➤ İçerdiği yataklık miktarı ➤ Partikül büyüklüğü
<i>Biyogaz sistemindeki üreteç ile ilgili etmenler</i>	➤ Üretecin yapıldığı malzeme ➤ Üretecin boyutları ve hacmi ➤ Üretecin bulunduğu yer ➤ Karıştırma, yükleme ve boşaltma sisteminin özellikleri ➤ Isıtma sistemi ve yalıtım özellikleri
<i>İşlem süreci ile ilgili etmenler</i>	➤ Uçucu madde oranı ➤ Organik kuru madde oranı ➤ Hidrolik yükleme oranı ➤ Fermentasyon sıcaklığı ➤ Bekleme süresi

Biyogaz Üretiminin Amaçları

- ✓ Kaliteli enerji elde edilmesi
- ✓ Kokunun azaltılması
- ✓ Bitki besin maddelerinin kaybının azaltılması
- ✓ Yabancı ot tohumlarının çimlenme yeteneğinin azaltılması
- ✓ Organik atık sorununun çözümüne yardımcı olması için

Biyogaz Tesislerinin Tasarımı



Aile tipi biyogaz tesisi



Çiftlik tipi biyogaz tesisi



Sanayi tipi biyogaz tesisi

Biyogaz Tesisinin Bileşenleri

- Fermantör
- Gaz deposu
- Organik madde deposu
- Gaz boruları/valfleri ve bağlantı elemanları
- Isıtma sistemleri
- Pompalar
- Karıştırıcılar
- Isı transfer elemanları
- Ayırma ve süzme elemanları

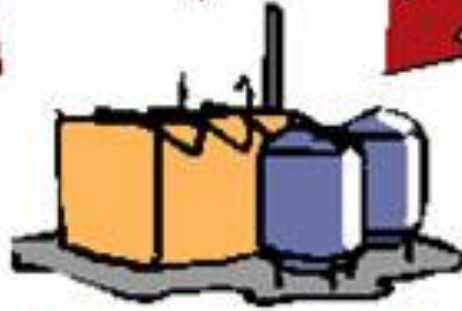
organik atıklar



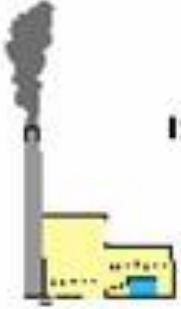
hayvansal
hammadde



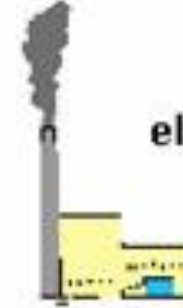
bitkisel
hammadde



ISI



elektrik



SIVI
gübre

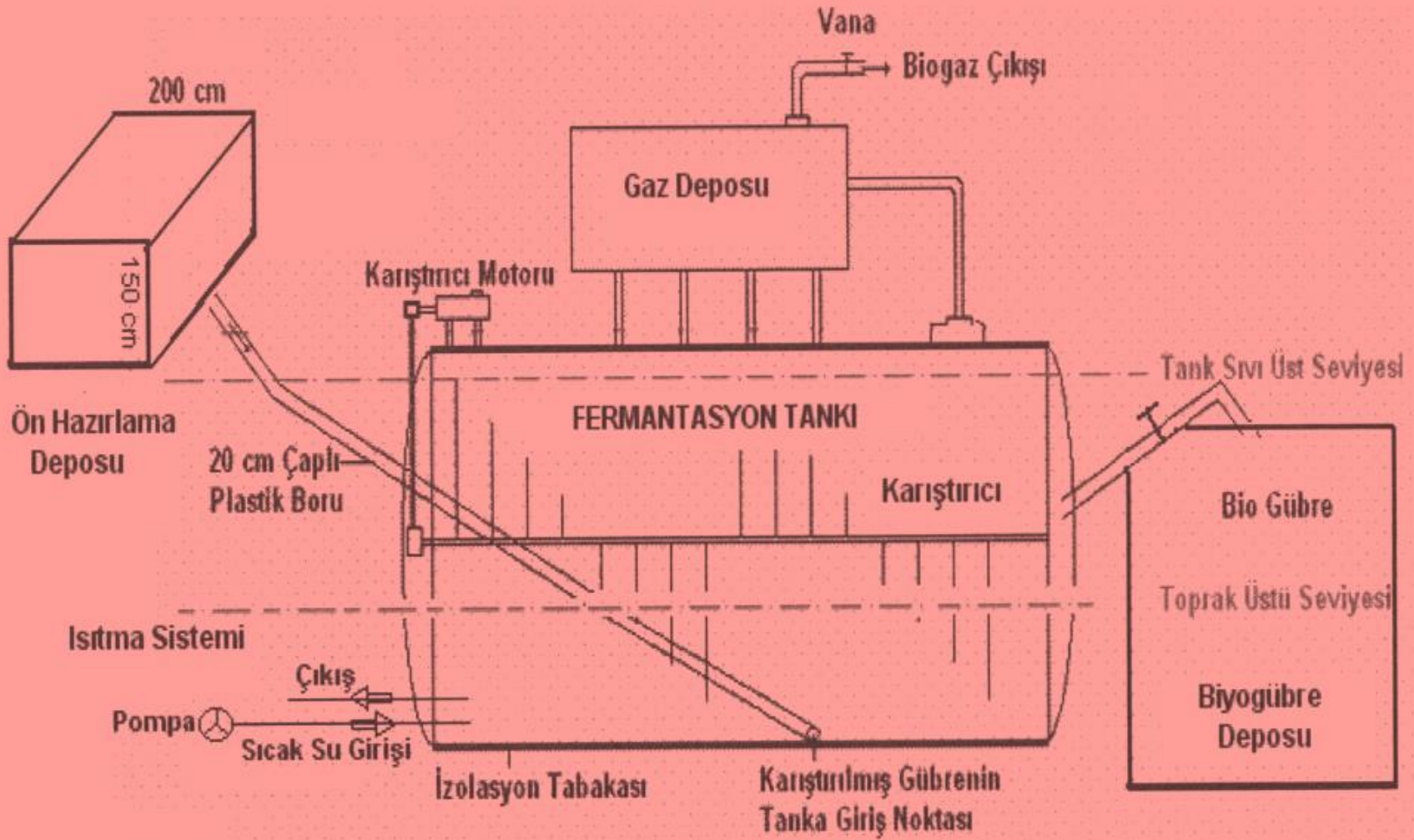


yakıt

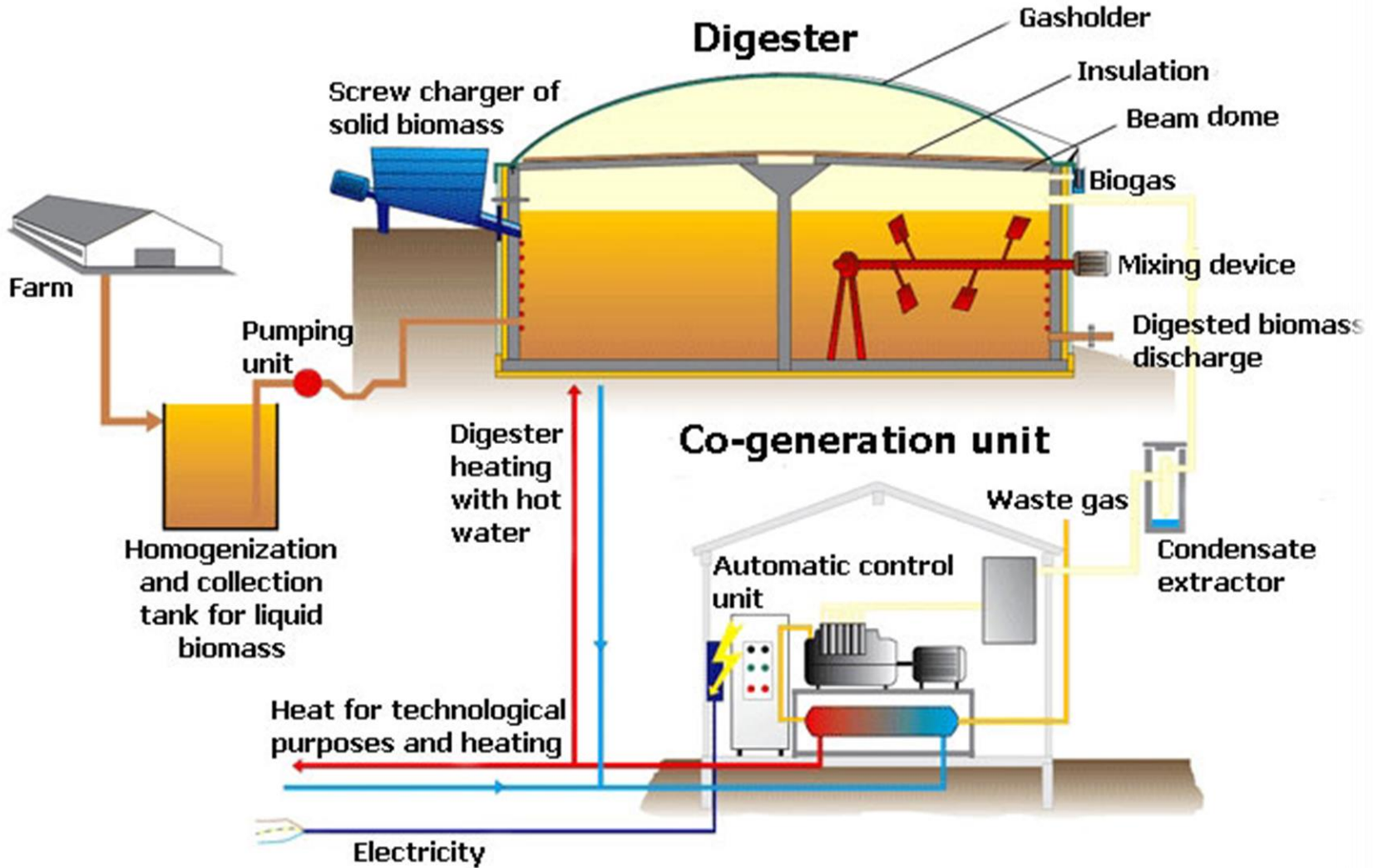


Biyogaz Tesisi

- ✚ Uygulamada değişik tip biyogaz tesisleri bulunmaktadır.
- ✚ Bunlar yapısal olarak farklılıklar göstermelerine karşın işlevsel yönden benzerliklere sahiptir.
- ✚ Biyogaz tesisi yapı elemanları:
 - ✓ Ön hazırlama deposu
 - ✓ Fermantasyon tankı
 - ✓ Karıştırıcı
 - ✓ Gaz deposu
 - ✓ Isıtma sistemi
 - ✓ Biyogübre (atık gübre) deposu



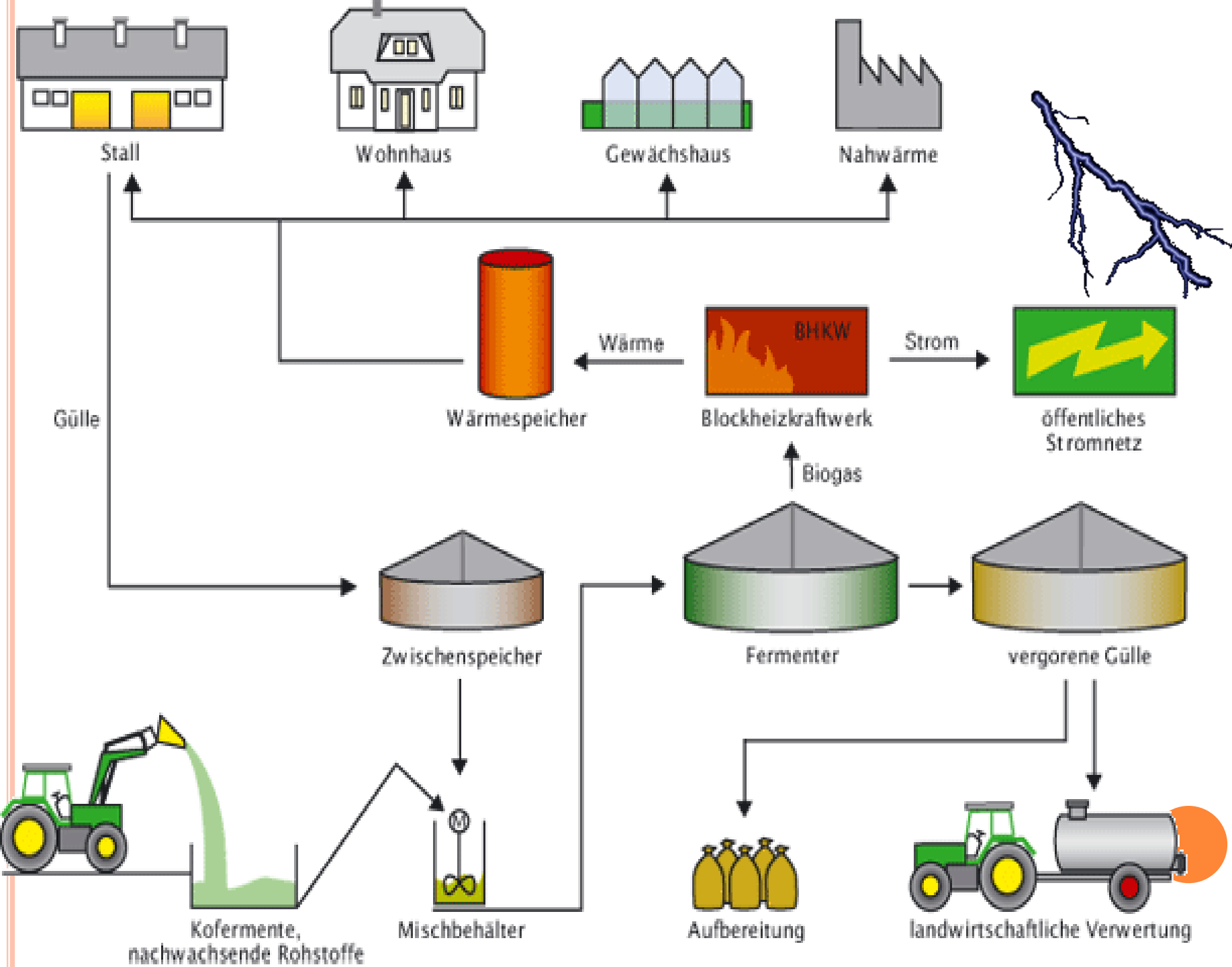
Biyogaz tesisi yapı elemanları

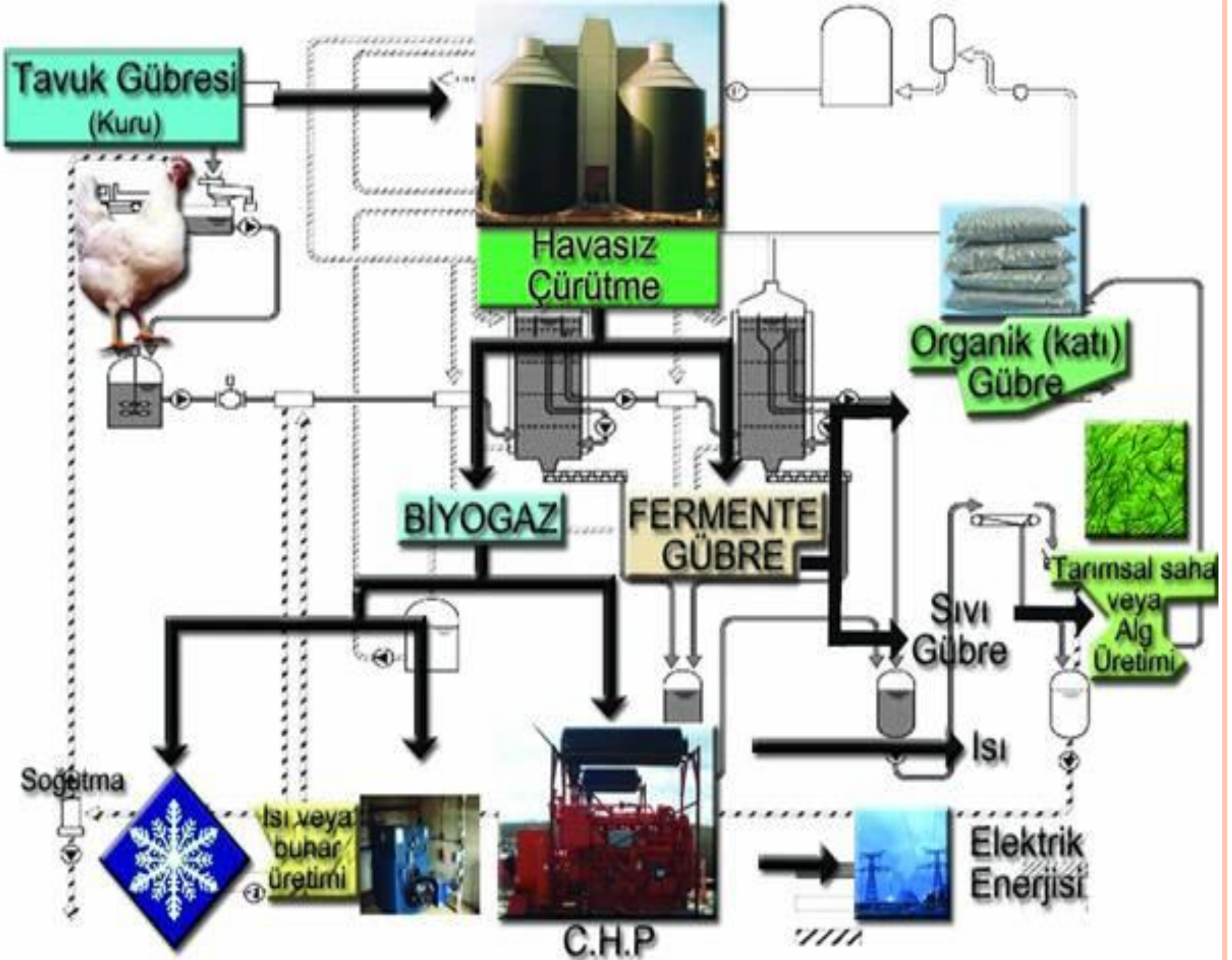


Biyogaz Tesisinin Çalışma şeması









-
- ✚ Fermantasyon tankı, tesisin en **önemli elemanıdır**.
 - ✚ **Isı ve sızdırmaya** karşı dayanıklı olmalıdır.
 - ✚ Tank **yer üstüne veya altına** inşa edilebilir.
 - ✚ Yapım giderlerinin fazla olması nedeniyle uygulamada daha çok **yatay ve dikey silindirik** tanklar tercih edilmelidir.
 - ✚ Fermantasyon tankının **akıcı özellikte** olması ve tank içerisinde **homojen dağılımı** esas olmalıdır.
 - ✚ Fermantasyona direk etki etmesi için tank içinde **karıştırıcıya** ihtiyaç vardır.
 - ✚ Tesisten elde edilen gazın muhafaza ve kontrol edilmesi oldukça önemlidir. Bunun için bir **gaz deposu** bulunmalıdır.

-
- ✚ Metan bakterilerinin etkinliğini artırmak için zaman zaman karışım ısıtılmalıdır.
 - ✚ Bu ısınma fermantasyonun etkinliğini artıracaktır.
 - ✚ Optimum fermantasyon sıcaklığı **30-35°C**'dir. **10°C**'nin altında gaz çıkışı hemen hemen **durmaktadır**.

Biyogaz Tesislerinde Uygulanan İşletim Sistemleri

- ➡ **Sürekli Akış Sistemi:** Materyal fermantasyon tankına günlük beslemeler şeklinde sevk edilir. Tanka dahil edilen materyal hacmi kadar fermente olmuş gübre biyogübre deposuna alınır. Bu sistem sürekli ve düzenli gaz üretimini sağlar.
- ➡ **Değişken Tank Sistemi:** Eşit hacimli en az iki fermantasyon tankı ya da bölmesi bulunmaktadır. Karışım tanklara sıra ile doldurulmakta ve fermantasyon süresi bitiminde, tankta bakteri aşılması için bırakılan miktar dışındaki atık tanktan alınmaktadır.
- ➡ **Değişken Tank Sistemi:** Eşit hacimli en az iki fermantasyon tankı ya da bölmesi bulunmaktadır. Karışım tanklara sıra ile doldurulmakta ve fermantasyon süresi bitiminde, tankta bakteri aşılması için bırakılan miktar dışındaki atık tanktan alınmaktadır.

Biyogaz Oluşumuna Etki Eden Faktörler

- ➡ Sıcaklık: Fermantasyon 3-70°C gibi geniş bir sıcaklık aralığında gerçekleşebilmektedir. Metan üretebilen birçok bakteri çeşidi vardır. Bunlar sıcaklığa bağlı olarak **Psikrofil** (20°C altı), **Mezofil** (20-40°C), **Termofil** (40°C üstü)
- ➡ pH Değeri: Dengeye ulaşan bir tesiste **pH 7-8.5** arasında olabilmektedir. Bu değer 6.2'nin altına inmesi metan bakterileri üzerinde toksik etki oluşturur.
- ➡ Besin Maddeleri ve Karbon/Azot Oranı: Bitkiler **karbon, oksijen ve hidrojenin** dışında **azot, fosfor, potasyum, kalsiyum** gibi elementlere ihtiyaç duyar. Ayrıca hammaddenin C/N oranının **20/1 ile 40/1** arasında olması gerekmektedir.

-
- ✚ *Katkı Madde Oranı ve Karıştırma:* Karışım içerisinde süspanse olmuş katı madde oranının en çok **% 10-12** olması, katı maddelerin parçacık boyutunun 30 mm'yi geçmemesi ve sıvı-katı fazlar arasındaki sınır yüzeylerinin karıştırma ile sürekli yenilenmesi önerilmektedir.
 - ✚ *Teknik Fermantasyon Süresi:* Organik maddelerin tam fermantasyonu için **gerekli süre genellikle çok uzundur.** **Teknik ve ekonomik nedenlerle,** tam fermantasyon ile üretilebilecek gazın bir kısmından vazgeçerek, bekleme süresi azaltılmaktadır.
 - ✚ *Fermantasyon Engelleyici Maddeler:* Biyogazın oluşumu karışımda **antibiyotikler, deterjanlar ve ağır metallerin** varlığında da devam eder. Ancak sınır değerlerinin aşılması söz konusu olduğu zaman bu maddelerin biyogaz oluşumuna olumsuz etkileri olabilmektedir.

Fermantasyon Ürünleri

- ❖ **Biyogaz:** Renksiz, yanabilen ve yaklaşık bileşimi % 60-65 CH₄ ve % 35-40 CO₂ olan bir gazdır. **Isı yapmayan, temiz ve mavi bir alevle** yanar. 1 m³ biyogaz; 0.6 m doğal gaza, 0.7 litre benzine, 0.65 litre dizel yakıtına, 0.8 kg kok kömürüne eşittir.
- ❖ **Biyogübre:** Biyogaz oluşumu sırasında, fermantasyon tankında bekletilen ve gazı alınan gübre, **fermente olmuş** halde, biyogübre deposunda toplanır. Bu gübre sıvı halde olup, bitkiler için hemen alınabilecek durumdadır.

Biyogaz Tesislerinin Projelendirilmesi

1- Günlük Üretilen Gübre Miktarı

$$G\ddot{U}GM = S \times HG\ddot{U}$$

2- Günlük Bulamaç Miktarı

$$GBM = \frac{G\ddot{U}GM \times KMO}{OKMO}$$

3- Gübreye Eklenecek Su Miktarı

$$SU = (GBM - G\ddot{U}GM)$$

4- Günlük Toplam Bulamaç Hacmi

$$GTBH = \frac{GBM}{YO}$$

5- Üreteç Hacmi

$$\ddot{U}H = GTBH \times BS$$

6- Gaz Deposu Hacmi

$$GDH = \left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{10}\right) \times \ddot{U}H$$

Biyodizel Tanımı, Üretimi ve Kullanımı

- Biyodizel, petrol kökenli dizel yakıtı yerine tamamen veya belirli oranlarda dizel yakıtına karıştırılarak dizel motorlarda motor yapısını değiştirmeden doğrudan kullanılan **bitkisel/hayvansal yağlardan** elde edilen yağ asidi esterlerine verilen isimdir.
- **Yeşil yakıt** diye de adlandırılır.
- En çok **kanola**, **ayçiçeği**, **pamuk**, **aspir**, **soya** gibi bitkiler kullanılır.

Biyodizel Üretimi

- Biyodizel, transesterifikasyon işlemi olarak tanımlanan bir reaksiyon sonucu elde edilmektedir.
- Bu reaksiyon bitkisel yağlar monohidrik bir alkolle, asidik veya bazik bir katalizör yardımıyla yağ asidi esterleri ve gliserin olarak esterleşir.
- Biyodizel üretiminde kullanılan sistemler farklılıklar gösterir. Küçük ölçekli biyodizel üretiminde biriktirmeli tank(batch) sistemi tercih edilirken büyük tesislerde sürekli akış sistemi kullanılmaktadır.

Bitkisel Yağ



Ön İşlem



Ön Karıştırıcı



Reaksiyon Basamağı



Faz Ayırma İşlemi



Yıkama



Biyodizel





Biyodizel Üretiminin Başarılı Olmasını Etkileyen Faktörler

- ✓ Kullanılan yağın içeriği ve maliyeti
- ✓ Kullanılan katalizör cinsi ve miktarı
- ✓ Kullanılan alkolün cinsi
- ✓ Reaksiyon sıcaklığı
- ✓ Alkol/Yağ oranı
- ✓ Karıştırma oranı
- ✓ Kullanılan reaktör tipi

Biyoetanol Tanımı, Üretimi ve Kullanımı

- ❖ Hammaddesi şeker pancarı, mısır, buğday ve odunsular gibi şeker, nişasta veya selüloz özlü tarımsal ürünlerin fermantasyonu ile elde edilen ve benzine belirli oranlarda karıştırılarak kullanılan alternatif bir yakıttır.
- ❖ Yaygın kullanım şekli E-10 ve E-85'tir.



Biyoetanol Üretim Yöntemleri

- Güneş enerjisini fotosentez yoluyla kimyasal enerjiye dönüştürerek depolaması sonucu biyokütle üretmek.
- Bu biyokütleyi farklı proses teknolojilerinde kullanılabilecek bir hammaddeye dönüştürmek.
- Etanol üretmek için biyokatalizörler kullanarak biyokütleyi fermente etmek.
- Kimyasal, ısı ve diğer yakıtları üretmek için kullanılabilen fermantasyon ürünleri etanolu ve yan ürünleri geri kazanmak

Biyoetanol Üretimi

- ✓ Hazırlama: Kullanılacak olan nişasta kaynağı öğütülür, enzim yardımıyla parçalanır. Başka bir enzim ile şekere çevrilir. Bu bulamaç içine maya konarak fermantasyon ünitesine aktarılır.
- ✓ Fermantasyon: Fermantasyon boyunca maya şeker moleküllerini biyoetanol moleküllerine çevirir. Bu işlem 60-80 saat kadar sürer. Sonuç olarak ise % 10-12 arası biyoetanol elde edilmesi beklenir.

