

BÖLÜM-7 BİYOKÜTLE

7.1 BİYOKÜTLE ENERJİSİ NEDİR?

Hızlı bir artış gösteren nüfus ve sanayileşme enerji ihtiyacını da beraberinde getirmiştir. Enerjinin çevresel kirliliğe yol açmadan sürdürülebilir olarak sağlanabilmesi için kullanılacak kaynakların başında ise biyokütle enerjisi gelmektedir.

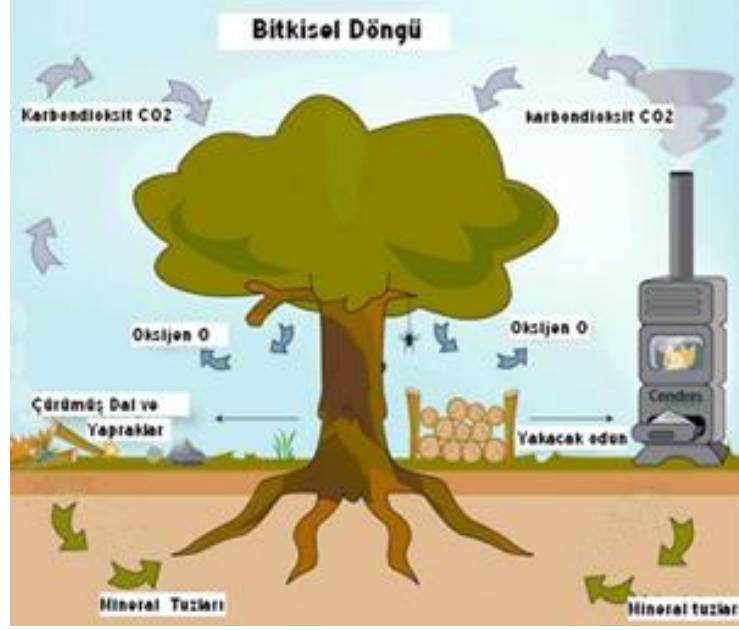
Biyokütle enerjisi tükenmez bir kaynak olması, her yerde elde edilebilmesi, özellikle kırsal alanlar için sosyo-ekonomik gelişmelere yardımcı olması nedeniyle uygun ve önemli bir enerji kaynağı olarak görülmektedir.

Biyokütle için mısır, buğday gibi özel olarak yetiştirilen bitkiler, otlar, yosunlar, denizdeki algler, hayvan dışkıları, gübre ve sanayi atıkları, evlerden atılan tüm organik çöpler (meyve ve sebze artıkları) kaynak oluşturmaktadır. Petrol, kömür, doğal gaz gibi tükenmekte olan enerji kaynaklarının kısıtlı olması, ayrıca bunların çevre kirliliği oluşturması nedeni ile biyokütle kullanımı enerji sorununu çözmek için giderek önem kazanmaktadır.



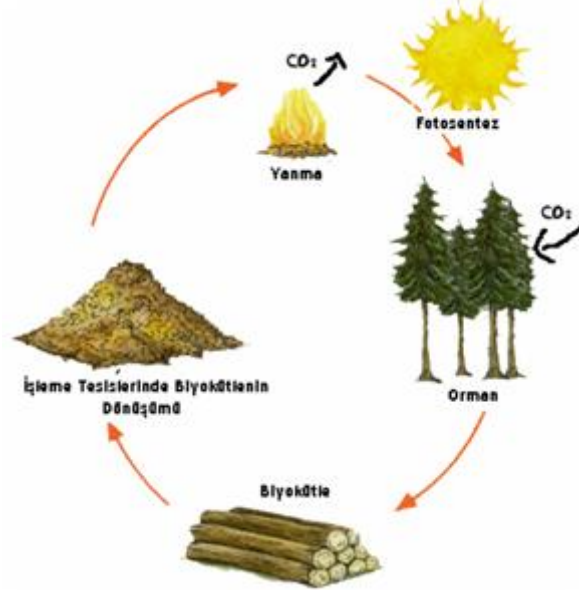
Şekil-7.1

Bitkilerin ve canlı organizmaların kökeni olarak ortaya çıkan biyokütle, genelde güneş enerjisinin fotosentez yardımıyla depolayan bitkisel organizmalar olarak adlandırılır. Biyokütle, bir türe veya çeşitli türlerden oluşan bir topluma ait yaşayan organizmaların belirli bir zamanda sahip olduğu toplam kütle olarak da tanımlanabilir.



Şekil-7.2 Bitkisel döngü

Fotosentez yoluyla enerji kaynağı olan organik maddeler sentezleşirken tüm canlıların solunumu için gerekli olan oksijeni de atmosfere verir. Üretilen organik maddelerin yakılması sonucu ortaya çıkan karbondioksit ise, daha önce bu maddelerin oluşması sırasında atmosferden alınmış olduğundan, biyokütleden enerji elde edilmesi sırasında çevre, CO₂ salımı açısından korunmuş olacaktır. Bitkiler yalnız besin kaynağı değil, aynı zamanda çevre dostu tükenmez enerji kaynaklarıdır.



Şekil-7.3 Bitkisel döngü

Bitkilerin toprak altında milyonlarca yıl kalmasıyla oluşan fosil yakıtlar, aslında yukarıda tanımlanan biyokütle ile aynı özellikleri taşımalarına karşın yer altındaki sıcaklık ve basınçla değişime uğradıklarından, yakıldıklarında havaya bir çok zararlı madde atarlar.

Ayrıca, milyonlarca yılda oluşan bu birikimin kısa süre içinde yakılması havada ki karbondioksit dengesinin bozulmasına yol açar ve bu da küresel ısınmaya neden olur.

7.2 BİYOKÜTLE ENERJİSİNİN AVANTAJLARI

- Fosil yakıt kaynakları kullanılarak yapılan enerji üretiminin çevreye zarar verdiği bilinmektedir. Artık kullanılacak olan herhangi bir enerji kaynağı çevre etkisi ile birlikte değerlendirilmektedir.
- Küresel çevre sorunları doğrudan doğruya tüketilen enerjiye, daha doğrusu yüksek oranda kükürt ve diğer zararlı maddeleri içeren fosil yakıt kullanımına bağlıdır.



Şekil-7.4

- Dünyada son yüzyılda enerji tüketimi 17 kat artarken fosil yakıtlardan kaynaklanan ve atmosfere atılan CO₂, SO₂ ve NO_x gibi zararlı gazlarda aynı oranda artmıştır.
- Biyokütlenin bölgesel ve modern işletilmesi ile özellikle enerji hatlarından uzak bölgelerde, gelişen ve kendi kendine yetecek enerjilerini de elde eden yerleşim alanları oluşturmak mümkündür.
- Biyokütleden enerji eldesi için, daha çok tarım işçiliğine gerek duyulduğundan, biyoenerji konusu, özellikle kırsal kesimde iş alanları yaratma açısından ideal bir seçenektir. Gelişmekte olan ülkelerin karşılaştığı en büyük sorunlardan biri olan kırsal kesimden büyük şehirlere göç olayını da bu şekilde önlemek mümkün olabilir.
- Biyokütlenin oldukça çorak alanlarda yetişmesi ile daha önce yararlanılmayan toprakların kullanılması ve kırsal alanların yetiştiricilik açısından değerlendirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.



Şekil-7.5

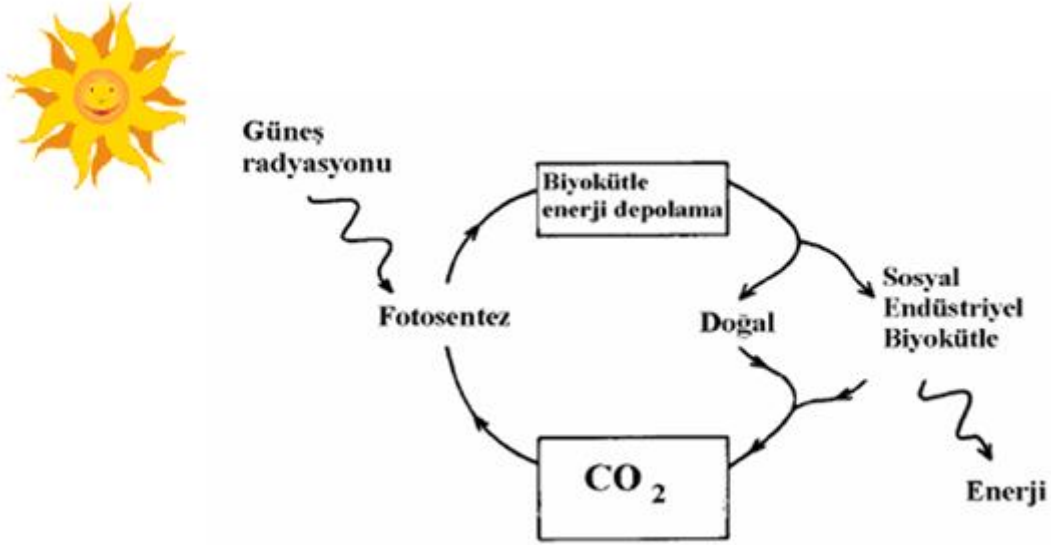
Biyokütlenin Enerji Kaynağı Olarak Avantajları

- Hemen her yerde yetiştirilebilmesi
- Üretim ve çevrim teknolojilerinin iyi bilinmesi
- Her ölçekte enerji verimi için uygun olması
- Düşük ışık şiddetlerinin yeterli olması

- Depolanabilir olması
- 5-35 °C arasında sıcaklık gerektirmesi
- Sosyo-ekonomik gelişmelerde önemli olması
- Çevre kirliliği oluşturmaması
- Sera etkisi oluşturmaması
- Asit yağmurlarına yol açmaması

7.3 BİYOKÜTLE YETİŞTİRİCİLİĞİ

Biyokütle yetiştiriciliğinin amacı enerji ormanları ve enerji tarımı ile modern biyokütle yakıt hammaddesini elde etmektir. Ormancılık ve tarıma dayalı bu yetiştiriciliğin temelinde bitkilerin güneş enerjisini fotosentez yoluyla bünyelerinde depolamaları esası yatmakta olup hızlı fotosentezle çabuk büyüyen bitkiler üzerinde durulmaktadır.



Şekil-7.6

Enerji kaynakları arasında en çok bilinen ve ilk kullanılan odundur. Biyokütle enerjisi olarak odun, yetişmesi uzun yıllar alan ağaçların kesilmesi ile elde edildiğinde, ormanların yok olmasına ve büyük çevre felaketlerine yol açmaktadır.

Günümüzde biyokütle enerjisini klasik ve modern olarak iki sınıfta ayırmak olanaklıdır:

- Ağaç kesiminde elde edilen odun ve hayvan atıklarından oluşan tezeğin basit şekilde yakılması klasik biyokütle enerjisi,
- Enerji bitkileri, enerji ormanları, ve ağaç endüstrisi atıklarından elde edilen bio-dizel, atanol gibi çeşitli yakıtlar, tarım kesimindeki bitkisel ve hayvansal atıklar, kentsel atıklar, tarıma dayalı endüstri atıkları modern biyokütle enerjisinin kaynağı olarak tanımlanır.

Modern biyokütle eldesini aşağıdaki gibi sınıflandırabiliriz:

- Enerji Ormanları
- Enerji Tarımı - Yüksek verimli enerji bitkileri

a) Enerji Ormanları

Bugün dünyada kara kavak, balzam kavakları, titrek kavaklar, söğüt, okaliptus ve yarı kurak alan bitkisi olarak da cynara gibi hızlı büyüyen ağaçlar enerji amacıyla yetiştirilmektedir.



Şekil-7.7

Bu ağaçlar oldukça değişik iklim ve toprak koşullarında yetişebildiği gibi büyüme hızları da diğer ağaçlara göre 10-20 kat arasında değişmektedir. Günümüzde biyoteknolojik yöntemlerle enerji ağaçlarının büyüme hızları daha da artırılabilir. Bu ağaçların genelde her 5 yılda bir budanarak yeniden büyümeleri sağlanır ve hasat edilen dallar biyokütle kaynağı olarak kullanılır. Enerji ormanlarından elde edilen ortalama yıllık verim, hektardan 22 ton dolayında biyokütle olmaktadır. Enerji ağaçları ile hem var olan ormanların korunması, hem de çevre kirliliğini azaltmak olanaklıdır.

b) Enerji Tarımı - Yüksek verimli enerji bitkileri

Son yıllarda, yüksek büyüme hızlarına sahip ve oldukça verimsiz topraklarda bile yetişebilen enerji bitkileri üzerine yapılan çalışmalar yoğunlaşmıştır. Bu bitkilerle, günümüzde enerji tarımı olarak da tanımlanabilen tek yıllık veya çok yıllık bitkilerle yapılabilen yeni bir tarım türü geliştirilmiştir. Enerji tarımında kullanılan bitkilerin bazılarının tohumları genetik mühendisliği yardımıyla geliştirilmektedir.



Şekil-7.8

Enerji bitkileri C4 tipi bitki (Panicum-, Pennsitum-, şeker kamışı, mısır, şeker pancarı, tatlı darı (sweet sorghum), ülkemizde fazla tanınmayan Miscanthus gurubu olarak adlandırılmaktadır.

C4 Bitkilerinin Genel Özellikleri

- Yüksek sıcaklığa gereksinim duyarlar,
- Suya gereksinimleri daha azdır,
- Mevsimsel kuraklığa dayanıklıdırlar,
- Başlangıçta 4 karbon atomu içeren organik molekülleri bağlarlar,
- Işık şiddetini kullanma yetenekleri yüksektir.



Şekil-7.9

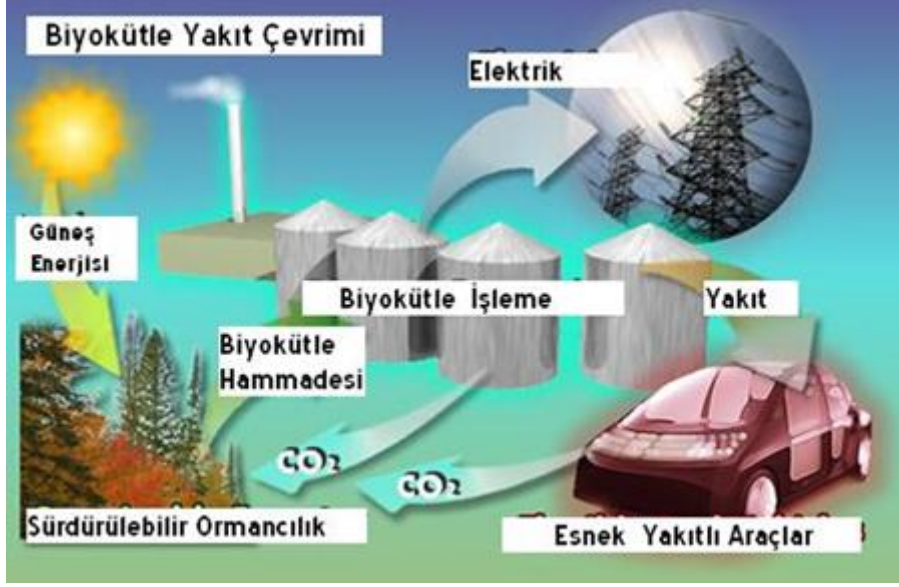
Bazı bitkiler, havadaki karbondioksit derişimi belli bir oranın altına düştüğünde, solunum yapamazlar. Fakat, C4 bitkilerinin en önemli özelliklerinden biri atmosferdeki her karbondioksit molekülünü soğurabilmesidir. Diğer kültür bitkilerine göre ise fotosentezde karbondioksiti (CO₂) daha iyi değerlendirebilmektedir.

7.4 BİYOKÜTLE ÇEVİRİM TEKNOLOJİLERİ

Biyokütle materyalleri biyokütle çevirim teknikleri ile işlenerek katı, sıvı ve gaz yakıtlara çevrilir. Çevrim sonunda biyodizel, biyogaz, biyoetanol, pirolitik gaz gibi ana ürün olan yakıtların yanı sıra, gübre, hidrojen gibi yan ürünler de elde edilmektedir. Biyokütleden enerjinin yanı sıra, mobilya, kağıt, yalıtım malzemesi yapımı alanlarında da yararlanılmaktadır.

TABLO-7.1 Biyokütle Kaynakları Kullanılan Çevirim Teknikleri, Bu Teknikler Kullanılarak Elde Edilen Yakıtlar Ve Uygulama Alanları

Biyokütle	Çevrim Yön.	Yakıtlar	Uygulama alanları
• Orman artıkları	Havasız Çürütme	Biyogaz	Elektrik üretimi, ısınma
• Tarım atıkları	Piroliz	Etanol	Isınma, ulaşım araçları
• Enerji bitkileri	Doğrudan yakma	Hidrojen	Isınma
• Hayvansal atıklar	Fermantasyon, havasız çürütme	Metan	Ulaşım araçları, ısınma
• Çöpler (organik)	Gazlaştırma	Metanol	Uçaklar
• Algler	Hidroliz		Sentetik yağ, Roketler
• Enerji ormanları	Biyofotoliz	Motorin	Ürün kurutma
• Bitkisel ve Hayvansal yağlar	Esterleşme reaksiyonu	Motorin	Ulaşım araçları, ısınma,seracılık



Şekil-7.10

Doğrudan Yakma

Biyokütlenin doğrudan yakılarak enerji üretilmesi, bilinen en eski yöntem olmasına karşın, son yıllarda verimi yükseltmek için yeni yakma sistemleri geliştirilmektedir.

Yanma, biyokütle içindeki yanabilir maddelerin oksijenle hızlı kimyasal tepkimesi olarak tanımlanır. Bu ısı veren bir tepkimedir ve kimyasal tepkime sonucu ortaya çıkan atık maddeler karbondioksit, su buharı ve bazı metal oksitlerdir.

Havasız Çürütme

Havasız çürütme biyolojik bir işlem olup, oksijensiz ortamda yaşayabilen mikroorganizmalar tarafından yapılır ve organik madde + bakteri + su = metan + karbondioksit + hidrojen, kükürt + kararlı, gübre + bakteri olarak ifade edilir. Bu işlem ancak tümüyle oksijensiz bir ortamda gerçekleşebilir. Bilindiği gibi biyokütle, mikroorganizmalar yardımıyla, oksijensiz ortamda fermantasyona uğrayarak, geride değerli bir gübre, metan gazı ve karbondioksit bırakmaktadır.

Fermantasyon

Biyokütlerde, bilindiği üzere değişik oranlarda, hemiselüloz ve lignin bulunmaktadır. Selüloz enzimatik hidrolizin arkasından uygulanan, kimyasal hidroliz, enzimler veya kimyasal işlemler ile glikozla parçalanabilir. Kimyasal hidroliz şartları bazen glikozu bozabildiği için, bu işlem son derece dikkatle yapılması gerekmektedir. Glikozun fermantasyonu ile etanol, aseton, bütanol ve ham petrol ürünlerinden elde edilen ürünlere eş değer bir çok kimyasal ürün elde edilebilir.

Piroliz

Piroliz, biyokütleden gaz elde etmek için kullanılan en eski ve basit bir yöntem olup, oksijensiz ortamda odunun 900oC'ye kadar ısıtılması ile oluşan kimyasal ve fiziksel olaylar dizisi olarak tanımlanır. Piroliz sonucu gazlar, katran, organik bileşikler, su ve odun kömürü gibi maddeler elde edilir.



Şekil-7.11

Gazlaştırma

Gazlaştırma, karbon içeren biyokütle gibi katıların yüksek sıcaklıkta bozunması ile yanabilir gaz elde etme işlemidir. Bu işlem sırasında denetimli bir şekilde yakıt hücresine verilen hava ile biyokütle yakılır ve çıkan ürünler arasında hidrojen, metan gibi yanabilir gazların yanı sıra karbonmonoksit, karbondioksit ve azot bulunur.

Biyofotoliz

Biyofotoliz, bazı mikroskobik alglerden güneş enerjisi yardımıyla hidrojen ve oksijen elde edilme işlemidir. Deniz suyu içindeki bu algler bir tür güneş pili gibi çalışarak deniz suyunu fotosentetik olarak ayrıştırmaktadır.

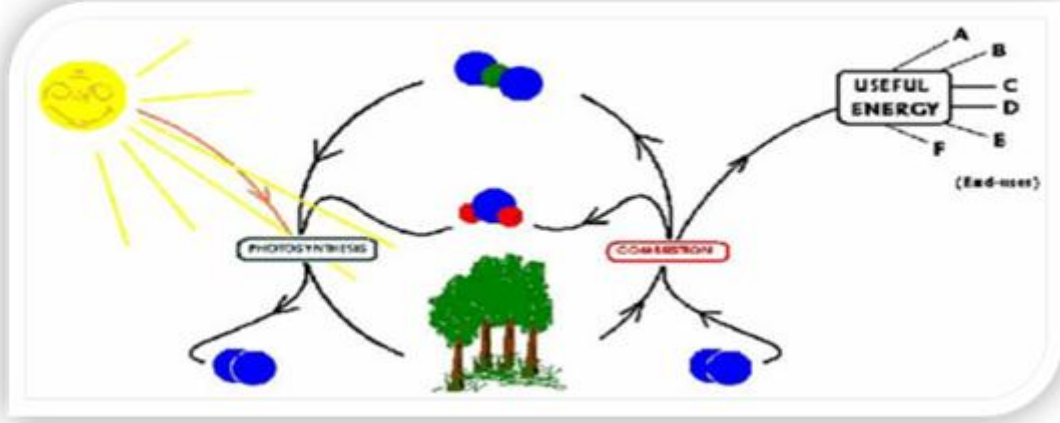
7.5 GAZLAŞTIRMA

Yenilenebilir biyokütle ve biyokütleden elde edilen yakıtlar çevresel fayda sağlaması sebebiyle günümüz enerji kullanımında kolaylıkla fosil yakıtların yerine geçebilecektir.

Biyokütlenin gazlaştırılması; katı yakıtların ısıl çevirim teknolojisiyle yanabilen bir gaza dönüştürülmesi işlemidir. Sınırlandırılmış oksijen, hava, buhar veya bunların kombinasyonları reaksiyonu başlatmaktadır. Üretilen gaz karbonmonoksit, karbondioksit, hidrojen, metan, su ve azot'un yanısıra kömür parçacıkları, kül ve katran gibi artıkları da içermektedir. Üretilen gaz temizlendikten sonra kazanlarda, motorlarda, türbinlerde ısı ve güç üretilmek üzere kullanılmaktadır. Gazlaştırma tekniği ile biyokütleden, yüksek bir randımanla petrolle çalışan güç ve ısı sağlayan türbinlerde kullanılacak bir gaz yakıt elde edilebilir.

Biyokütle kaynaklarının sağlanması fosil kaynak sağlanmasından daha pahalıdır. Fakat biyokütle yenilenebilir bir kaynak olmasıyla tükenmekte olan fosil yakıtların yanında sürdürülebilir global enerjinin önemli bir unsurudur. Buna ilaveten sera gazları emisyonu ve karbon döngüsünü azaltıp, kırsal ekonominin gelişimiyle yeşil endüstriyi desteklemektedir. Biyokütlenin gazlaştırılması ile elde edilen gaz yakıt doğal gazın kullanıldığı yerlerde küçük modifikasyonlar yapılarak kullanımı yaygınlaştırılabilir ve gelecekte kolaylıkla doğal gazın kullanıldığı yerlerde enerjinin büyük bir kısmı bu yakıttan sağlanabilir.

Biyokütleden gazlaştırılma ile elde edilen temizlenmiş gaz yakıt ısı ve buhar üreten kazanlarda direk yakılarak veya Stirling motorlarda %20-30 verimlilikte elektrik üretimi için kullanılabilir. Basıncılı gazlaştırma türbinlerinde ise %40 veya daha fazla verimlilikte elektrik üretimi yapılabilir.



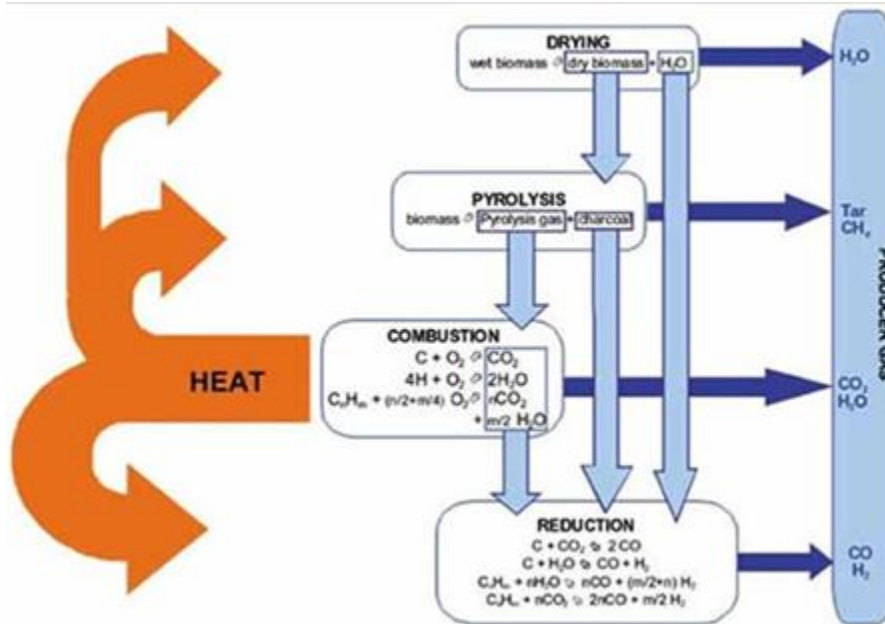
Şekil-7.12

Gazlaştırma 18. yy'ın sonlarından bu yana bilinen bir teknolojidir. Özellikle gelişmekte olan ülkeler için günümüzden geleceğe önemli bir rol oynayan biyokütle kullanılabildiği olduğu yıllardan bu yana ispatlanmıştır. Bilinen bir husus da bir enerji kaynağı olarak kullanılan biyokütle birçok dezavantajının olduğudur. Düşük enerji yoğunluğuna sahip (yaklaşık 16-20 MJ/kg) ham biyokütle kaynakları direk olarak yakıldığı takdirde, çok düşük randıman sağlar ve iç ve dış mekanlarda yüksek seviyede hava kirliliği oluşmasına neden olur.

Gazlaştırma biyokütleden gaz yakıt elde edilen termokimyasal bir dönüşüm prosesidir. Diğer bir deyişle biyokütle termokimyasal bir dönüşümle gaz yakıtla dönüştürülür. Modernize edilmiş biyokütle enerjisi teknolojilerinin amacı üretim ve kullanım sırasında emisyonları azaltırken yakıtın yoğunluğunu arttırmaktır.

Gazlaştırmanın Kimyası

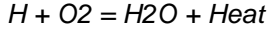
Katı yakıtların temelinde karbon, oksijen ve hidrojen kompozisyonları yer almaktadır. Gazlaştırıcılar ise biyokütleyi yüksek ısı altında yakmaktadır.



Şekil-7.13

Gazlaştırma Prosesi Dört Safhaya Ayrılır:

a) Oksidasyon



Biyokütlenin organik molekülleri karbon (C) ve hidrojen (H), yukarıdaki reaksiyonlar gereğince, okside olarak ısı enerjisi açığa çıkarılır. Bu reaksiyonlar sıcaklığın dışarıya verildiği ekzotermik reaksiyonlardır. Bunlar sırasıyla karbondioksit ve su buharına dönüşürler. Yanma sonucu yanmayan inorganik minerallerin bulunduğu kül de açığa çıkmaktadır.

b) Piroliz (Distilasyon)

Organik maddeler oksijensiz ortamda ısıtılırsa ortaya çıkan termal parçalanma sürecine piroliz adı verilir. Oksijensiz ortamda 500-600 °C' a kadar yapılan ısıtmada; gaz bileşenleri, uçucu yoğuşabilir maddeler, mangal kömürü ve kül açığa çıkar. Yüksek sıcaklığa çıktığında ise gaz bileşenleri ve odun gazı açığa çıkar.

Piroliz süreci şu şekilde gerçekleşmektedir: Oksijensiz ortamda karmaşık organik moleküller 400-600 °C sıcaklık bölgesinde parçalanarak yanabilir, yanamaz gazlar, katran ve zift açığa çıkar.

c) Reaksiyon (Karbonlaştırma)

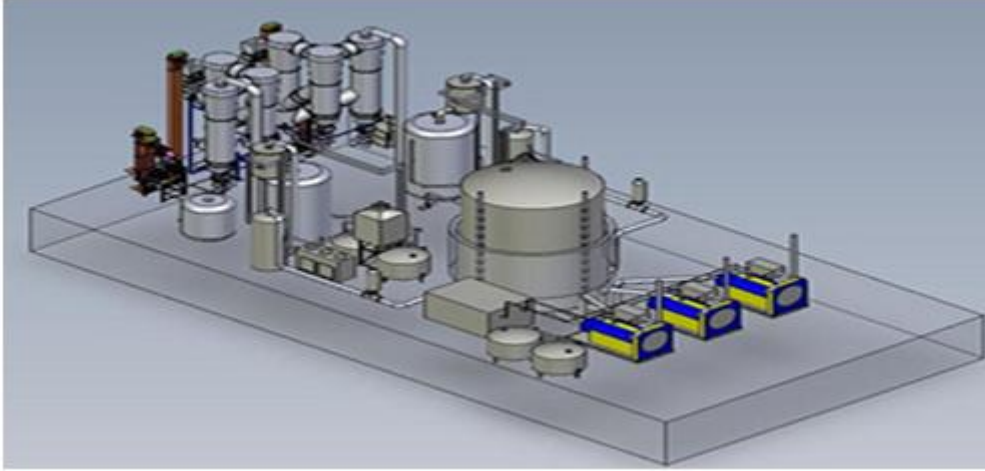
Karbonlaştırmada; odun, turba, maden kömürü gibi organik maddeler havasız ortamda kimyasal parçalanmaya uğrarlar. Bu işlem de farklı sıcaklık bölgelerinde gerçekleşir (150 - 500 °C). Karbonlaşma işlemi sonucu açığa çıkan gaz bileşenleri: %50 CO₂ , %35 CO, %10 CH₄ , %5 diğer hidrokarbon ve H₂'dir. Gaz karışımının yaklaşık kalori değeri 8.9 MJ/m³tür. Odunun karbonlaştırılmasındaki sıvı ürünler ise sulu kısım ve katrandır.

d) Gazlaştırma (İndirgenme)

Organik maddelerin gazlaştırılmasında yaklaşık 500 °C sıcaklığa kadar olan süreç piroliz safhası olup burada; karbon, gazlar (kalorifik değeri 20 MJ/m³'e kadar çıkabilir) ve katran elde edilir. Isıtma 1000 °C'a kadar çıktığında karbon da su buharıyla tepkimeye girerek CO ve H₂ üretilir. Ham maddedeki değişken oksijen oranına bağlı olarak gazlaştırma işlemi için ilave oksijen girdisi gerekmeyebilir.

Gazlaştırmada önemli olan biyokütlenin nem oranının % 30'u geçmemesidir. Nem oranı arttıkça gazın kalorifik değeri düşmektedir. Ayrıca hacimsel olarak yanabilir gaz olan CO miktarı düşerken CO₂ miktarı da artmaktadır. Bitkisel atıklar yakılırsa kısmi yanmada kalori değeri 4.5-6 MJ/m³ olan gaz üretilir.

Oluşan karbondioksit ve hidrojen reaksiyonları gereğince indirgenme reaksiyonu olan ikinci bir işleme tabii olarak karbon monoksit ve hidrojene dönüşürler. Bunun yanı sıra kömür ve katran da oluşur teknoloji gereğince katrana dönüşen kömür gazlaştırılır. Oluşan gazlar yanıcı gazdır ve üründeki partikül madde konsantrasyonu azalmıştır.

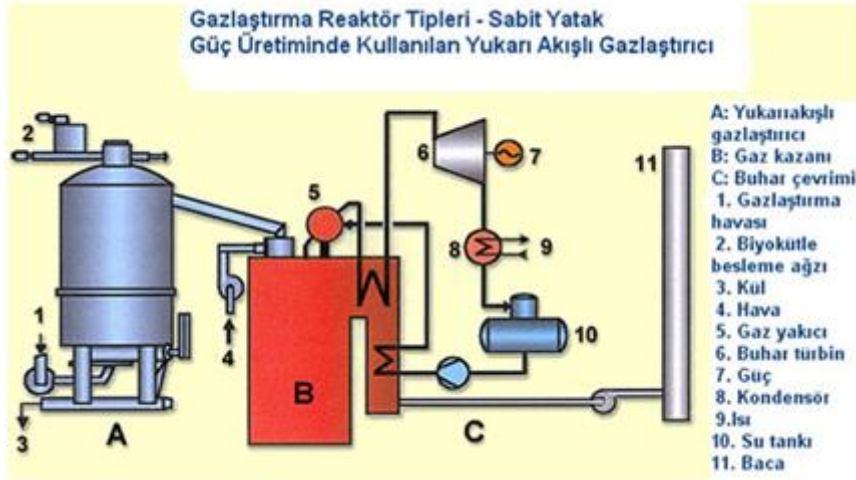


Şekil-7.14

Gazlaştırıcı Tipleri

a) Sabit Yataklı Gazlaştırıcılar

Sabit yataklı gazlaştırıcılar oldukça kolay tasarlanır ve çalıştırılır. Bu yüzden küçük ve orta ölçekli güç ve termal enerji kullanımları için uygundurlar. Fakat çalışma sıcaklıklarını her bölgede aynı tutmak ve reaksiyon bölgesindeki gaz fazını yeterli oranda karıştırmak zordur. Sonuç olarak ortaya çıkan gaz ürün miktarı önceden tahmin edilemez ve bu yüzden büyük ölçekli güç kullanma maksatlı tercih edilmez.



Şekil-7.15

I. Yukarı akışlı gazlaştırıcılar

Yukarı akışlı gazlaştırıcılarda yakıt, tepeden verilirken hava akımı aşağıdan yukarı doğru verilir. Yakıt, aşağı doğru inerken kurur; pirolize uğrar; gazlaşır ve yanar. Bu gazlaştırıcı tipinin başlıca avantajları basitliği, gaz çıkış sıcaklığının düşük olmasına bağlı olarak internal ısı değişimi ve yüksek gazlaştırma verimidir. Internal ısı değişimi sayesinde yakıt, gazlaştırıcının tepesinde kurur ve buna bağlı olarak da yüksek nem miktarına sahip yakıtlar da kullanılabilir. Yani hiçbir ön kurutma işlemine gerek olmaksızın gazlaştırma yapılabilir. Dahası, bu tip gazlaştırıcılar küçük boyutlardaki yakıt parçacıklarıyla da çalışabilir. Bu da, çok geniş bir boyut aralığına sahip olan biyokütle, farklı parçacık boyutları ve nem miktarlarıyla gazlaştırılmaya uygun olduğunu gösterir. Yukarı akışlı sabit yataklı gazlaştırıcının dezavantajları ise yüksek miktardaki katran miktarı ve piroliz gazı yakılmadığı için piroliz ürünleridir.

Bununla beraber, yüksek katran miktarı, enerji uygulamaları açısından istenmeyen bir durumdur çünkü büyük ölçüde katran temizliği gerektirir.

II. Aşağı akışlı gazlaştırıcı

Aşağı akışlı gazlaştırıcılarda hava/oksijen ve biyokütle tepeden beslenir. Yakıt ve gaz hareketi aynı yönlü olur ve gaz reaktörü alt kısımdan terk eder. Üretilen gaz reaktörün alt kısmından çıkar. Yukarı akışlı gazlaştırıcının tersine, aşağı akışlı gazlaştırıcıda, biyokütle ile gaz arasındaki ısı transferi çok düşüktür. Bu yüzden çıkış gaz sıcaklığı oldukça yüksek olur, aşağı akışlı gazlaştırıcının en önemli avantajı, üretilen gazın oldukça düşük miktarda katran içermesidir.

Aşağı akışlı gazlaştırıcının dezavantajları ise;

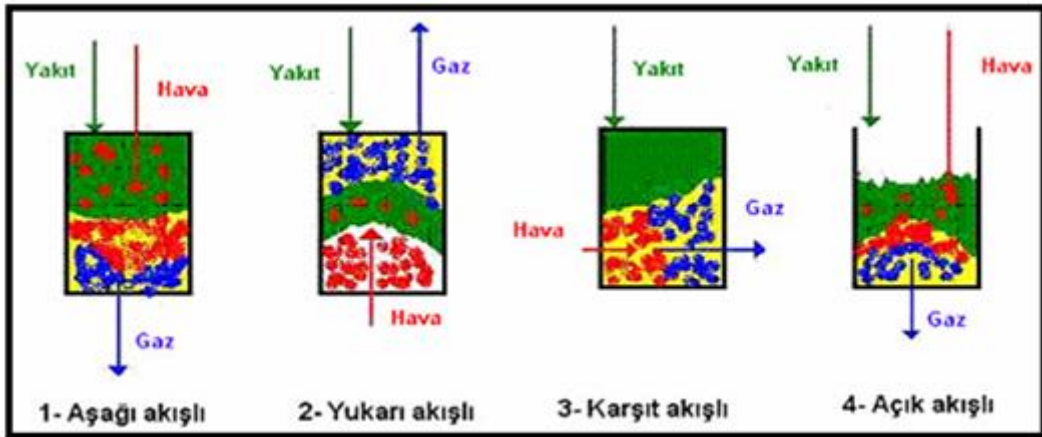
- Gaz, yüksek oranda toz ve kül içerir ve bu yüzden oksidasyon bölgesini kül parçalarıyla geçmek durumunda kalır.
- Yakıt konusunda nispeten katı kuralları vardır. Düzenli akışın sağlanabilmesi, dar kısımlarda birbirlerini engellememeleri, piroliz gazlarının aşağı akışı için yeterli boş alanın olması ve ocak bölgesinden yukarı ısı taşınımı olması için kullanılacak maddelerin boyutu 4-10 cm arası yaklaşık birbirinin aynı olmalıdır. Bu yüzden biyokütle boyutunun ayarlanması gereklidir.
- Biyokütlenin nem içeriği %25'ten düşük olmalıdır.
- Çıkış gazlarının yüksek sıcaklığı, düşük gazlaştırma verimine sebep olur

III. Karşıt akışlı gazlaştırıcı

Karşıt akışlı gazlaştırıcılar odun kömürü kullanımı amaçlı tasarlanmışlardır. Odun kömürünün gazlaştırılması, ocak bölgesinde çok yüksek sıcaklıklarda sonuç vermiştir. Karşıt akışlı gazlaştırıcıda besleme aşağı doğru inerken hava yan taraftan verilir. Oluşan gazlar ise karşı tarafta aynı seviyedeki noktadan çekilir ve çıkış sıcaklıkları 800-900°C arasındadır. Ocak bölgesi gaz çıkışı ile hava girişinin gerçekleştiği bölgenin ortasında yer almaktadır. Kül gazlaştırıcının alt kısmından alınır. Bu tip gazlaştırıcılar düşük katran içerikli yakıtlar için uygundur. Çünkü çıkan katran miktarı yüksektir. Sistemin avantajı düşük ölçülerde de üretim yapılabilmesidir. Dezavantajı ise yüksek kalitedeki odun kömürü ihtiyacına karşılık düşük katran dönüşümüdür.

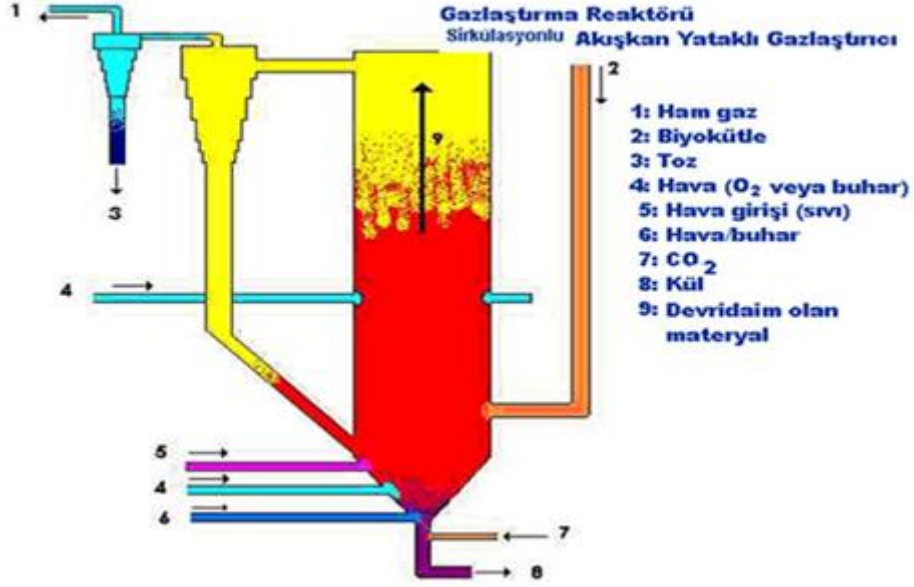
IV. Açık akışlı gazlaştırıcı

Açık akışlı gazlaştırıcılar, özellikle düşük yoğunluğa sahip saf maddeler (örn. Pirinç kabukları) için dizayn edilmiştir. Düşük yoğunluk yüzünden, yakıtın geçişinde tıkanma ya da akışı engelleme durumunu ortadan kaldırmak için darboğaz yapılmaz. Döner ızgaralar gibi özel makineler külün arındırılması ve yakıtın karıştırılması için sisteme eklenebilir. Özellikle pirinç kabukları, yüksek kül içerikleri yüzünden sürekli kül giderici sisteme ihtiyaç duyar. Gazlaştırıcının üstü açıktır ve hava buradan sisteme verilir alt kısımda külün giderildiği bir su havuzu mevcuttur.



Şekil-7.16

b) Akışkan Yatak Gazlaştırıcılar



Şekil-7.17 Akışkan yataklı gazlaştırıcı

- Yatağın iç yüzeyi hareketsiz granül parçacıklarla kaplıdır (silika veya seramik)
- Küçültülen biyokütle parçalarının gazlaştırma yatağına girişi alttandır.
- Belli bir sıcaklıkta ısıtılan yatak biyokütlenin kısmi yanması ve gazlaştırılması için yeterlidir.
- Yatağın her yerinde piroliz ve yanarak dönüşüm işlemi gerçekleşir.
- Biyokütle parçaları akışkan olmasına rağmen biyokütle parçacıklarının boyu 10 cm'den küçük, nem içeriği %65'ten fazla olmamalıdır.
- Akışkan yataklarda üretilen gaz düşük miktarda katran içermesine karşın, sabit yataklılara göre partikül içeriği daha fazladır.
- Eğer gazlaştırıcı basınçlı ise üretilen basınçlı gaz, gaz türbinlerinde elektrik ve güç üretiminde kullanılmaya daha uygundur.

I. Kabarcıklı Akışkan Yatak Gazlaştırıcı

Bu tip gazlaştırıcılarda, yatağı oluşturan katı parçacıkların yükselmesi için gazın hızı yeterince yüksek olmalıdır. Böylece yatak genişler ve bir sıvı gibi kabarcıklanır. Gaza nispeten büyük kütleli olan kum, yatak sıcaklığını dengede tutar. Kabarcıklanan akışkan yatak gazlaştırıcılar tüm külü taşımak için tasarlanmıştır ve bu durum, parçacık kontrolü için siklonların ya da elektrostatik çöktürücülerin kullanımını zorunlu kılar.



Şekil-7.18

II. Dolaşım Akişkan Yatak Gazlaştırmacı

Dolaşım akişkan yatak gazlaştırmacının en önemli bir avantajı, değişik bileşim ve nem içerikli hammaddeleri işleme kapasitesidir. Ancak, kabarcıklı yataklarda olduğu gibi topaklanma söz konusudur. Yüksek alkali içerikli yakıtlar parçacıkların yatak içinde topaklanmasına sebep olur ve bunun sonucunda sistem akişkan özelliğini yitirir. Bu sistemlerde kapasitenin üst limiti yoktur. Kapasite tamamen biyokütle veya yerel enerji ihtiyacının kullanımına göre tespit edilebilir.

- Gazlaştırmacı ajanı genellikle atmosferik basınçta ki havadır, fakat 100MW'dan daha büyük gaz türbinlerinde basınçlı gazlaştırmacı avantajlı olabilecektir.
- Düşük sıcaklıktan dolayı (850°C civarında) tam yanma olmaması ve az miktardaki kül içeriği tehlikelidir.

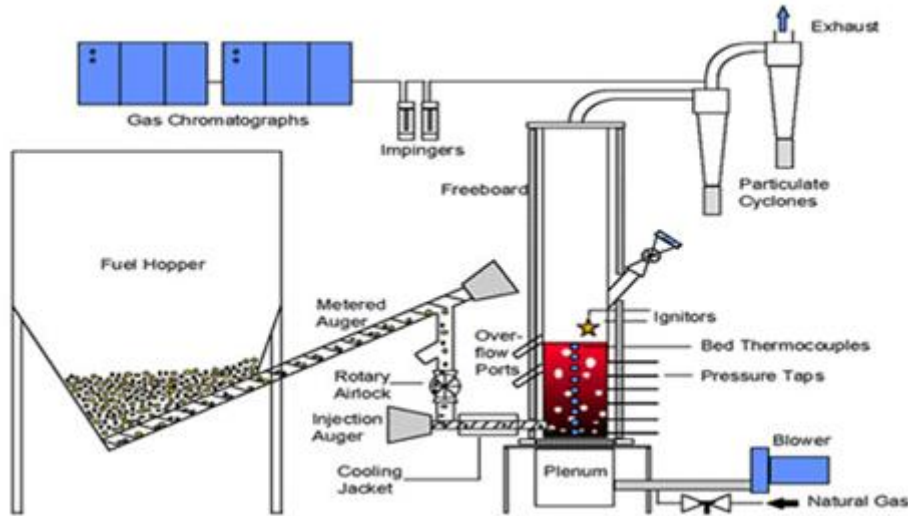
Biyokütlenin Gazlaştırılması

Fosil yakıtlar, nükleer enerji ve büyük ölçekli hidrolik projeleri gibi geleneksel enerji kaynakları dünya enerji piyasasına hakim durumdadırlar. Diğer enerji kaynakları bu geleneksel kaynaklarla rekabet edecek yeterlilikte değillerdir. Son yıllarda biyokütle enerjisinin kullanımı araştırma ve geliştirme birimleri ve hükümetler tarafından büyük ilgi görmektedir. Biyokütle enerjisinin farklı yollardan enerji sağlayabilmesi için birçok formu oluşturulmaktadır.



Şekil-7.19

Güvenilirliđi sağlamak ve işlem verimliliği için biyokütle yakıtların gazlaştırılmasında proses ayrıntılarının kesinleştirilmesi gerekmektedir. Tüm gazlaştırmacı tiplerinde biyokütlenin boyutu, nem ve kül içeriğinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Eksik yakıt hazırlığı gazlaştırmacı prosesinde teknik problemlerin sıkça oluşmasına sebep olur. Bu yüzden güzel bir organizasyon ve kontrol yakıt hazırlama yöntemi çok önemlidir.



Şekil-7.20

Gazlaştırma Gazının Kullanıldığı Yerler

Katran, kömür ve kül üretilen gazdan arta kalan atıklar olarak bilinen yan ürünlerdir. Üretilen gazın içten yanmalı motorlarda yanabilmesi için katran ve partiküllerin temizlenmesi gerekir. Üretilen gazın yanabilen içeriği başlıca karbon monoksit, hidrojen ve hidrokarbon gazlar (hammaddeye bağlı) ve azotun değişik oranlarda karışımıdır. Gazlaştırma reaksiyonu ile üretilen gaz bileşimindeki diğer gazlara nazaran azot içerikli gazın ısı değeri daha düşüktür (4 - 6 MJ/m³).

Üretilen gazın enerji içeriği içten yanmalı motorlarda, kazanlarda ve fırınlarda kullanıma uygundur fakat azot içeren gaz orta ve uzun taşımacılık için tavsiye edilmez. Biyokütlenin gazlaştırılmasında tam kapasiteli yanmanın sağlanabilmesi için havanın yerine oksidant olarak saf oksijen veya buhar kullanıldığında yüksek enerji yoğunluğuna sahip gaz elde edilir.

Isıl değeri düşük olmasının rağmen gaz motorları ve türbinlerinde, elektrik üretiminde veya içten yanmalı motorlarda katı biyokütle gazlaştırılarak enerji kaynağı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu metotla kullanılabilir ve modernize edilen gaz yakıtlar daha az zararlı emisyon salınımı ile geleneksel yakıtlar gibi kullanılabilir. Gazlaştırma katı biyokütle enerjisini değerlendirmenin bir yolu olarak bilinir.

Gazlaştırma Ve Sürdürülebilir Gelecek

Hiç şüphe yok ki biyokütle doğal enerji kaynağı olarak kendini sonsuza kadar yenileyebilecek bir enerji kaynağıdır.

- Gazlaştırma daha temiz enerji üretebilen bir enerji üretim teknolojisidir.
- Yenilenebilir enerji teknolojileri arasında, farklı hammadde kombinasyonlarının kullanılabilirliği bir teknolojidir.
- Fosil yakıtlar kükürt dioksit, azot oksitler ve radyoaktif alanlar (nükleer) atmosfer kirletilirken, direk yakma yerine gazlaştırma teknolojisi kullanımında emisyonlar büyük bir şekilde sıfırlanabilmektedir.
- Gazlaştırma yöntemi ile elde edilen gazın kalitesi iyileştirildiğinden, makinalarda kullanımında daha verimli ısı ve elektrik enerjisi elde edilebilmektedir.
- Fosil yakıtlar ve radyoaktif gücün yerine biyokütlenin konulabilmesini sağlayabilecek bir teknolojidir.
- Gazlaştırma atıkların çevirim teknolojisinde (kentsel atıklardan zirai artıklara kadar) kullanışlı ve yüksek kaliteli enerji sağlaması bakımından türünün tek örneğidir.

Gazlaştırmanın Dezavantajları

Buna istinaden biyokütle gazlaştırmasının dezavantajlarına da bakmak gerekmektedir. Çevreyi ne kadar güvene alıyorsa da sağlığa zararları açısından açıklanan dezavantajları vardır. Bu dezavantajlar;

- Koku
- Gürültü
- Yanma/patlama riski
- CO zehirlenmesi
- Akıt gaz
- Pis su çıkışı (gazın temizlenme prosesinden kaynaklı)

Biyokütle gazlaştırmasında çıkan koku hidrojen sülfür, amonyak ve carbon oxy-sulphide kokularına benzer. Katran da sert bir kokuya sahiptir. Gazdan çıkan koku pis su, katran ve uçuşan küllerden de kaynaklanabilir. Gürültü ise işlem sırasında makinaların çalışmasından kaynaklanır. Sistemden atmosfere sızan gaz yakıt veya duman eğer ortamda ateşleme yapılırsa patlama olabilir.

Biyokütle gazlaştırma prosesinde katı yakıt deposu, yanabilen tozlar, yakıtın kurutulması ve üretilen gaz temel risk faktörlerini oluştururlar. Renksiz ve kokusuz olan karbon monoksit gazı bulunduğu tehlikeli bir toksik etki yaratır.

- Daha az kullanılmasındaki en önemli faktör; petrol ürünlerine göre üretimi ve depolanmasının daha zahmetli olması, gaz üretim sistemlerinin çalıştırılması için farklı üniteler gerektirmesidir.
- Gazlaştırıcı bir sistem başlıca; bir gazlaştırıcı ünite, temizleme sistemi ve enerji dönüşüm sisteminden (yakma veya içten yanmalı motor) oluşur.
- Gazlaştırmada en önemli problem gaz üretmek değildir. Üretilen gazın içten yanmalı motorların kullanabileceği şekilde fiziksel ve kimyasal özelliklerini sağlamaktır.
- Gazlaştırıcıda üretilen yanabilir gazlarda homojen bir karışım yoktur ve zamana bağlı olarak da gazın fiziksel ve kimyasal özellikleri (bileşimi, enerji miktarı, kirliliği) değişebilir.
- Gazlaştırıcı ile içten yanmalı makina arasında bir depolama tankı yoktur. Bu nedenle depolama problem oluşturmaktadır. Üretilen gaz motorda yakılmadan önce ise çok iyi temizlenmelidir.

7.6 BİYODİZEL

Biyodizel, kolza (kanola), ayçiçek, soya, aspir gibi yağlı tohum bitkilerinden elde edilen bitkisel yağların veya hayvansal yağların bir katalizör eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile (metanol veya etanol) reaksiyonu sonucunda açığa çıkan ve yakıt olarak kullanılan bir üründür. Evsel kızartma yağları ve hayvansal yağlar da biyodizel hammaddesi olarak kullanılabilir.

Biyodizel petrol içermez; fakat saf olarak veya her oranda petrol kökenli dizelle karıştırılarak yakıt olarak kullanılabilir. Saf biyodizel ve dizel-biyodizel karışımları herhangi bir dizel motoruna, motor üzerinde herhangi bir modifikasyona gerek kalmadan veya küçük değişiklikler yapılarak kullanılabilir.



Şekil-7.21

Biyodizel, dizel ile karışım oranları bazında aşağıdaki gibi adlandırılmaktadır:

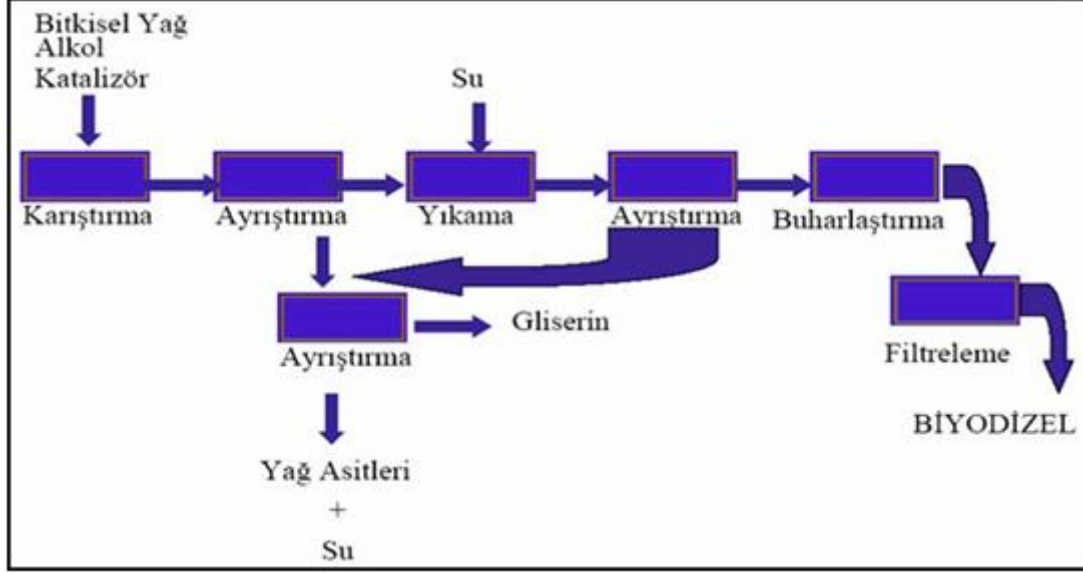
- B5 = %5 Biyodizel + %95 Dizel
- B20 = %20 Biyodizel + %80 Dizel
- B50 = %50 Biyodizel + %50 Dizel
- B100 = %100 Biyodizel

Biyodizel Üretim Yöntemi

Biyodizel üretiminin çeşitli metodları olmakla birlikte, günümüzde en yaygın olarak kullanılan yöntem transesterifikasyon (alkoliz) yöntemidir. Transesterifikasyon reaksiyonunda hammadde olarak

kullanılacak yağ, monohidrik bir alkole (etanol, metanol), katalizör (asidik, bazik katalizörler ile enzimler) varlığında ana ürün olarak yağ asidi esterleri ve gliserin vererek esterleşir. Ayrıca esterleşme reaksiyonunda yan ürün olarak mono ve di-gliseridler, reaktan fazlası ve serbest yağ asitleri oluşur. Biyodizel üretiminde, kanola (kolza), ayçiçek, soya vb. yağlı tohum bitkilerinden elde edilen bitkisel yağlar, atık kızartmalık yağlar ve hayvansal yağlar ile alkol olarak metanol, katalizör olarak alkali katalizörler (sodyum hidroksit, potasyum hidroksit ve sodyum metilat) tercih edilmektedir.

Biyodizel Üretim Aşamaları



Şekil-7.22 Biyodizel üretim aşamaları

Biyodizel Yakıt Özellikleri

- Biyodizelin alevlenme noktası, dizelden daha yüksektir (>110 °C). Bu özellik biyodizelin kullanım, taşınım ve depolanmasında daha güvenli bir yakıt olmasını sağlar.
- Biyodizel petrol kaynaklı dizel ile her oranda tam olarak karıştırılabilmektedir. Bu özellik petrol kaynaklı dizelin kalitesini yükseltir. Örneğin yanma sonucu oluşan çevreye zararlı gazların emisyon değerlerini düşürür, motordaki yağlanma derecesini artırır ve motor gücünü azaltan birikintileri çözer.
- Biyodizelin setan sayısı, dizelin setan sayısından daha yüksek olduğu için motor daha az vuruntulu çalışmaktadır.
- Biyodizel, dizel yakıt kullanan motorlarda herhangi bir teknik değişiklik yapılmadan veya küçük değişiklikler yapılarak kullanılabilir. 1996 yılı öncesinde üretilen bazı araçlarda kullanılan doğal kauçuk malzemesi biyodizel ile uyumlu kullanılamamıştır. Çünkü biyodizel, doğal kauçuktan yapılan hortum ve contaları tahrip etmiştir. Ancak, bu problemler B20 (%20 biyodizel - %80 dizel) ve daha düşük oranlı biyodizel/dizel karışımlarında görülmez.
- Biyodizel çözücü özelliği nedeniyle dizel yakıtın depolanmasından kaynaklanan yakıt deposu duvarlarındaki ve borulardaki kalıntıları-tortuları çözdüğü için filtrelerin tıkanmamasına yönelik önlemler alınmalıdır. Ayrıca yakıt istasyonları ve araç tamirhanelerinde herhangi bir değişikliğe gerek yoktur.

TABLO-7.2 Biyodizelin teknik özellikleri

Yakıt Özellikleri	Birim	Sınır Değeri (min - max)	Biyodizel	Dizel
Kapalı Formül			$C_{19}H_{35,2}O_2$	$C_{12,226}H_{23,29}S_{0,0575}$
Molekül Ağırlığı	g/mol		296	120 - 320
Alt Isıl Değeri				
Kütlelel	Mj/kg		37,1	42,7
Hacimsel	Mj/L		32,6	35,5
Özgül Ağırlığı (15 °C)	kg/L	0,875 - 0,90	0,87 - 0,88	0,82 - 0,86
Kinematik Viskozite (40 °C)	mm ² /s	2 - 4,5	4,3	2,5 - 3,5
Tutuşma Noktası	°C	55 - ...	>100	>55
Kükürt İçeriği	% Kütlelel	... - 0,05	<0,01	<0,05
Tutuşma Katsayısı	Setan Sayısı	49 - ...	>55	49 - 55
Kül	% Kütlelel	... - 0,01	<0,01	<0,01
Su Miktarı	mg/kg	... - 200	<300	<200

Biyodizel Çevresel Özellikleri

• Biyodizel, tarımsal bitkilerden elde edilmesi nedeniyle, fotosentez yolu ile CO₂'i (karbon dioksit) dönüştürüp karbon döngüsünü hızlandırdığı için, sera etkisini artırıcı yönde etki göstermez. Tükettiğimiz biyodizelden atmosfere verilen CO₂, biyodizel üretiminde kullanılacak olan yağ bitkisi tarafından en fazla bir yıl içinde geri alınacaktır. Bu açıdan bakıldığında: biyodizel üretimi, CO₂ emisyonları için doğal bir yutak olarak nitelendirilebilir ve Dünya'nın en önemli çevresel sorunlarından olan ve fosil yakıtların geri alınamayan CO₂ emisyonlarının yol açtığı sera etkisi sonucunda ortaya çıkan küresel ısınmadan kaynaklanan olumsuzlukların indirgenmesi bağlamında önemli katkılar sağlar.

• Suya bırakıldığında 28 günlük bir sürecin sonunda biyodizelin yüzde 95'i çözülürken, dizelde bu oran yüzde 40 mertebelerine kadar düşmektedir. Bu nedenle, özellikle ABD'nde birçok eyalette, göller ve nehirler gibi sucul alanlarda kullanılan ulaşım araçlarında ve teknelerde saf biyodizel kullanımı zorunlu kılınmıştır.



Şekil-7.23 Biyodizel döngüsü

- Bakteriler tarafından kolayca ayrıştırılabildiği için çevre dostu olarak kabul edilen biyodizelin içerdiği kükürt miktarı, dizele oranla çok daha düşüktür. Bu da dizel yerine biyodizelin kullanılması durumunda, asit yağmuru gibi olumsuz çevresel etkilerin oluşmasını önler.
- Ayrıca CO emisyonlarının düştüğü, partikül madde ve yanmamış hidrokarbonların (HC) da daha az salındığı kanıtlanmıştır.
- Saf biyodizel ve dizel-biyodizel karışımı kullanımı ile CO, PM, HF, SOx ve CH₄ emisyonlarında azalma, NOx ve HCl emisyonlarında ise artma görülmektedir.
- Biyodizel biyolojik karbon döngüsü içinde fotosentez ile karbondioksiti dönüştürür, karbon döngüsünü hızlandırır, ayrıca sera gazı emisyonunu arttırıcı yönde etkisi yoktur.
- Biyodizel, dizel yakıttan daha düşük egzoz gazı emisyonu vermektedir. Egzoz gazı emisyonu yönünden incelendiğinde CO, HC, SOx, PM emisyonlarının dizel yakıttan daha az, NOx emisyonlarının ise fazla olduğu görülmektedir.
- Sülfür emisyonu saf biyodizel kullanımında tamamen bertaraf edilebilmektedir. Dizel yakıtla kıyaslandığında biyodizel kullanımıyla birlikte sülfür oksit ve sülfat emisyonuyla oluşan kirlilik temizlenmekte ve yok olmaktadır.
- Dizel yakıtlara göre biyodizel kullanımlarındaki karbon monoksit salınımı % 48 daha azdır.
- Partiküllü ortamda gerçekleşen solunum insan sağlığını tehlikeye atmaktan öte değildir. Dizel yakıtlara göre biyodizel kullanımlarında açığa çıkan partikül miktarı % 47 daha azdır.
- Biyodizel kullanımında dizel yakıtı göre yanmamış hidrokarbon oranı, % 67, CO₂ emisyonu %80, kanserojen etkisi olan aromatik hidrokarbonlar ise %75 - %90 oranında daha azdır.
- Biyodizel kükürt içermez. Bu yüzden egzoz emisyonu azaltma ve NOx kontrol teknolojileri biyodizel yakıtı kullanan sistemlerde rahatlıkla uygulanabilir. Konvansiyonel dizel yakıtı kükürt içerdiği için NOx kontrol teknolojilerine uygun değildir.
- Biyodizel kükürt içermediğinden kükürt dioksit emisyonu oluşturmaz. Bu çok önemli bir avantajdır. Bu emisyon özellikleri ile kanser yapıcı etkenler azalmakta ve kanser riski % 90'a varan oranlarda düşmektedir.

TABLO-7.3

B100 ve B20 oranında Biyodizel kullanılması durumunda ortaya çıkabilecek emisyon değerlerinin dizel yakıtlarla karşılaştırılması (EPA)		
Emisyonlar	B20 (%)	B100 (%)
Yanmamış Toplam Hidrokarbonlar	-20	-67
Karbonmonoksit (CO)	-12	-48
Partikül Madde (PM)	-12	-47
Sülfatlar	-20	-100
PAH (Polisilik Aromatik Hidrokarbon)	-13	-80
nPAH (Nitrattı PAH'lar)	-50	-90
Hidrokarbonların Ozon Tabakasına Etkisi	-10	-50
Hidroflorik Asit (HF)	-2.10	-15.51
Kükürt Oksitler (SOx)	-1.61	-8.03
Metan (CH₄)	-0.51	-2.57
Azot Oksitler (NOx)	+/- 2	+10
Hidroklorik Asit (HCl)	2.71	13.54

- Ozon tabakasına olan olumsuz etkiler biyodizel kullanımında dizel yakıtı nazaran % 50 daha azdır. Asit yağmurlarına neden olan kükürt bileşenleri biyodizel yakıtlarda yok denecek kadar azdır.
- Biyodizel, dizel yakıt kullanımından kaynaklanan ve insan sağlığını tehdit eden bir çok çevresel faktörü ortadan kaldırmaktadır. Biyodizel emisyonlarında, potansiyel kanser nedeni olan polisiklik

aromatik hidrokarbon ve türevlerinden (PAH) kaynaklanan emisyonlarda % 80-90 oranlarda azalmalar belirlenmiştir.

Biyodizelin Depolama Koşulları

Dizel yakıt için gerekli dağıtım ve depolama yöntem ve kuralları biyodizel için de geçerlidir. Biyodizel temiz, kuru, karanlık bir ortamda depolanmalı, aşırı sıcaktan kaçınılmalıdır. Depo tankı malzemesi olarak yumuşak çelik, paslanmaz çelik, florlanmış polietilen ve florlanmış polipropilen seçilebilir.

Depolama, taşıma ve motor malzemelerinde bakır, kurşun, çinko kullanılmaması önerilmektedir. Bazı elastomerlerin, doğal ve butil kauçukların kullanımı da sakıncalıdır; çünkü biyodizel bu malzemeleri parçalamaktadır. Bu gibi durumlarda biyodizelle uyumlu Viton B tipi elastomerik malzemelerin kullanımı önerilmektedir.



Şekil-7.24 Biyodizel tankı

Depolama tanklarının bileşiminde alüminyum, çelik, florlanmış polietilen, florlanmış polipropilen ve teflon bulunabilir ancak; bakır, piring, kurşun, kalay ve çinko bulunmamasına dikkat edilmelidir.

Biyodizelin Dizel Motorlarda Kullanımı

Biyodizelin alevlenme sıcaklığı dizel yakıtı nazaran daha yüksektir. Bu nedenle taşınması ve depolanması daha güvenli bir yakıttır.

Biyodizel ısı değeri motorinin ısı değeri oldukça yakın değerde olup, biyodizelin setan sayısı motorinin setan sayısından daha yüksektir. Biyodizel kullanımı ile motorine yakın özgül yakıt tüketimi, güç ve moment değerleri elde edilirken, motor daha az vuruntulu çalışmaktadır. Biyodizel motoru güç azaltıcı birikintilerden temizleme ve motorinden çok daha iyi yağlayıcılık özelliklerine sahiptir.

Dizel motorlar biyodizel kullanarak da çalışabilirler. Dizel motorlar, havanın önce sıkıştırıldığı, sonra da yakıtın ultra-sıcak, ultra-basınçlı yanma bölümüne püskürtüldüğü sıkıştırma ile başlatma ilkelerine göre çalışırlar. Yakıt/hava karışımını ateşlemek için bir kıvılcım kullanan benzinli motorların tersine dizel motorlarda sıcak havayı ateşlemek için yakıt kullanılır. Bu basit işlem sayesinde de dizel motorlar kalın yakıtlarda da çalışabilir.

Biyodizel kimyasal olarak dizel yakıtlara benzediği için herhangi bir dizel aracın yakıt deposuna doğrudan biyodizel katılabilir. Biyodizel, dizel yakıt kullanan motorlarda herhangi bir teknik değişiklik yapılmadan veya küçük değişiklikler yapılarak kullanılabilir. Ancak biyodizel, 1996 yılı öncesinde üretilen bazı araçlarda kullanılan doğal kauçuk ile uyumlu değildir. Çünkü biyodizel, doğal kauçuktan yapılan hortum ve contaları tahrip eder. Ancak bu problemler B20 (% 20 biyodizel / % 80 dizel) ve daha düşük oranlı biyodizel/dizel karışımlarında görülmez. Bununla birlikte, biyodizelin çözücü özelliği nedeniyle dizel yakıtının depolanmasından kaynaklanan yakıt deposu duvarlarındaki ve borulardaki

kalıntıları ve tortuları çözdüğü için filtrelerin tıkanmamasına yönelik önlemler alınmalıdır. Ayrıca yakıt istasyonları ve araç tamirhanelerinde herhangi bir değişikliğe gerek yoktur.

Almanya'da 1996 yılından itibaren piyasaya sürülen VW ve AUDI motorlu araçların hepsinde ve Mercedes kamyonlarında biyodizel kullanımı tamamiyle serbest bırakılmıştır. Taksi amaçlı kullanılan Mercedes otomobiller de kullanımda serbesttir. Diğer Mercedes ve BMW 5 serisi için ek 300 DM'lık bir dönüşüme ihtiyaç vardır.

Fransa'da Sofiproteol, Rouen, Novaol gibi biyodizel üreticileri, Peugeot, Citroen, Renault gibi otomotiv üreticileri ve Elf, Total gibi petrol firmaları genelinde Avrupa Birliği politik desteği ile gerçekleşen biyodizel üretimi kanola yağından sağlanmaktadır.

Biyodizel Yakıtın Toplumsal Faydaları

- Biyodizel, dizel yakıtı eşdeğer olarak kullanılabilen temiz, yerli ve yenilenebilir alternatif bir yakıt



Şekil-7.25

- Kırsal kesimin sosyo-ekonomik yapısında iyileşme ve yerel iş imkanı
- Göçün önlenmesine katkı
- Yeni iş imkânları yaratması



Şekil-7.26

- Yabancı kaynaklı petrole bağımlılığı azaltmasıyla ülkeye ekonomik ve stratejik katkı
- Daha temiz yanma ürünleri nedeniyle sürdürülebilir gelecek ve toplum sağlığına katkı
- Ekonomiye katma değer sağlama, yan sanayinin gelişmesine katkı
- Dışalimla harcanan dövizlerin ülke ekonomisine dönmesi
- İmalat sanayinin gelişmesine katkı
- Doğal enerji kaynaklarının ve çevrenin korunması
- Sürdürülebilir enerjiye destek
- Enerji tarımının (yağlı tohum tarımının) geliştirilmesi

- Sınırlı ve tükenebilir enerji kaynaklarına alternatif
- Zararlı sera gazları emisyonunda azalma
- Hava kirliliği ve toplum sağlığı risklerinde azalma

Biyodizelin Tüketim Alanları

- Biyodizelin sahip olduğu özellikler, alternatif yakıtın dizel motorları dışında da yakıt olarak kullanımına olanak vermektedir.
- Biyodizel, 'Acil Durum Yakıtı' ve 'Askeri Stratejik Yakıt' şeklinde adlandırılabilir.
- Biyodizelin jeneratör yakıtı ve kalorifer yakıtı olarak da değerlendirilmesi mümkündür.
- Kükürt içermeyen biyodizel, seralar için mükemmel bir yakıt olabilir.
- Ayrıca yeraltı madenciliğinde, sanayide (gıda işleme sanayii de dahil) kullanımı önerilmektedir.
- Ülkemizde biyodizel çok soğuk bölgelerimizin dışında dizelin kullanıldığı her alanda kullanılabilecek bir yakıttır.
- Biyodizel motorin yakıtı yerine motorlu kara taşıtları ve deniz taşıtları gibi ulaştırma sektörünün yanı sıra, konut ve sanayi sektörlerinde de belirli karışım oranlarında yakıt olarak kullanılabilir.

TABLO-7.4

DÜNYA BİYODİZEL ÜRETİMİ (Milyon Ton)			
	ÜLKE	Miktar	Yüzde Pay (%)
1	A.B.	9,18	54
2	A.B.D.	1,65	9,7
3	Arjantin	1,57	9,3
4	Brezilya	1,55	9,1
5	Malezya	0,76	4,5
6	Avustralya	0,62	3,7
7	Diğer	1,64	9,7
Toplam		17,01	100,0

TABLO-7.5 AB Biyodizel Üretimi(2010)

AB BİYODİZEL ÜRETİMİ		
	ÜLKE	Üretim ('000 ton)
1	Almanya	2861
2	Fransa	1910
3	İspanya	925
4	İtalya	706
5	Belçika	435
6	Polonya	370
7	Hollanda	368
8	Avusturya	289
9	Portekiz	289
10	Danimarka/İsveç	246
11	Çek Cumhuriyeti	181
12	Finlandiya	288

TABLO-7.5 AB Biyodizel Üretimi(2010) (devam)

13	İngiltere	145
14	Macaristan	149
15	Slovakya	88
16	Litvanya	85
17	Yunanistan	33
18	Letonya	43
19	Romanya	70
20	Bulgaristan	30
21	Estonya	3
22	İrlanda	28
23	Kuzey Kıbrıs	6
24	Slovenya	22
25	Malta	0
26	Lüksemburg	0
	TOPLAM	9570

Türkiye Biyodizel Üretimi

Resmi gazetede yayımlanan 25 Şubat 2011 tarih ve 27857 tarihli Bakanlar Kurulu Kararı ile Oto Biyodizel ve Yakıt Biyodizeline 0,9100 TL/Lt ÖTV uygulaması getirilmiştir. Biyodizel üretiminde maliyetin büyük bölümünü hammadde oluşturmaktadır. Üreticiler tarafından ÖTV uygulamasının getirilmesi ile biyodizel üretiminin maliyeti kurtarmadığı belirtilmiştir. Halihazırda da ülkemizde bu sektör duraklamış vaziyettedir. Çoğu üretici lisanslarını iptal ettirmiş, lisansı olanlarda üretim yapamaz duruma gelmiştir. Ülkemizde sadece bir firma tarafından 20 bin tonluk bir üretim yapıldığı bilinmektedir. Ülkemizde 2012 yılı itibari ile 34 adet biyodizel üretimi için İşleme Lisansı almış tesis bulunmaktadır. Bu tesislerin toplam biyodizel üretim kapasitelerinin 561.217 ton olduğu EPDK tarafından bildirilmiştir.



Şekil-7.27

Resmi gazetede yayımlanan 27 Eylül 2011 tarih ve 28067 sayılı "Motorin Türlerine İlişkin Teknik Düzenleme Tebliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ"e göre Piyasaya akaryakıt olarak arz edilen

motorin türlerinin, yerli tarım ürünlerinden üretilmiş yağ asidi metil esteri (YAME) içeriğinin: 1/1/2014 tarihi itibarıyla en az %1, 1/1/2015 tarihi itibarıyla en az %2, 1/1/2016 tarihi itibarıyla en az %3 olması zorunludur.

TABLO-7.7 Biyodizel İşleme Lisansı Alan Şirketler

BIYODİZEL LİSANSI ALAN ŞİRKETLER					
	ADI	İL	TÜRÜ (İşleme Lisansı)	VERİLDİĞİ TARİH	SÜRESİ
1	Kolza Biyodizel Yakıt ve Petrol Ürünü. San. ve Tic. A.Ş.	İstanbul - Tuzla	Biyodizel	22.12.2011	12 Yıl
2	Çukobirlik Biyodizel İşletm. Ltd.Şti.	Adana-Seyhan	Biyodizel	17.06.2010	12 Yıl
3	Biyoner Yağ ve Kimya Ürünleri San. ve Tic. Ltd. Şti.	Kocaeli	Biyodizel	16.10.2008	12 Yıl
4	Diztaş İnş. Malz. Petrol Ürünü. Otom. ve Teks. San. Tic. Ltd. Şti.	Tekirdağ	Biyodizel	24.09.2008	12 Yıl
5	Unvan Tur Turizm Taşın. Org. İnş. Alt. Ürt. Temz. Tic. San. Ltd. Şti.	Antalya	Biyodizel	17.07.2008	12 Yıl
6	Tepebaşı Enerji Üretim Kın. Geri Dön. ve Pet. Ürün. San. Tic. Ltd. Şti.	Tokat - Niksar	Biyodizel	08.07.2008	12 Yıl
7	İsmailoğulları Petrol ve Tarım Ürünleri Tic. Ltd. Şti.	Adana - Ceyhan	Biyodizel	08.07.2008	12 Yıl
8	Sandıklı Alternatif Enerji İnş. Taah. Oto. İth. İhr. San. Tic. Ltd. Şti.	Afyonkarahisar - Sandıklı	Biyodizel	08.05.2008	12 Yıl
9	Bolacalar Un Yem Yağ Gıda. San. Tic. A.Ş.	Bursa	Biyodizel	10.04.2008	12 YIL
10	Beges Yağ ve Enerji San. Tic. Ltd. Şti.	İzmir	Biyodizel	10.04.2008	12 YIL
11	Atalay İnşaat Elektrik Nakliye Taah. Pet. Ürünleri Tic. Ltd. Şti.	Diyarbakır	Biyodizel	13.11.2007	12 YIL
12	DB Tarımsal Enerji San. Tic. A.Ş.	İzmir	Biyodizel	20.09.2007	12 Yıl
13	Muhammed İpekten Biyodizel Pazl. San. Tic. Ltd. Şti.	Konya	Biyodizel	27.06.2007	12 Yıl
14	Aspet Biyokimya Sanayi A.Ş.	Gaziantep	Biyodizel	27.06.2007	12 Yıl
15	Aypet Aylanlar Petrol Ürünleri Madencilik Sanayi Ticaret A.Ş.	Kocaeli	Biyodizel	14.06.2007	12 Yıl
16	Şahin Bio Mazot ve Yağ Sanayi Ticaret Limited Şirketi	Afyonkarahisar	Biyodizel	29.05.2007	12 Yıl
17	Yıl-Taş Petro Kimya Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi	Afyonkarahisar	Biyodizel	29.05.2007	12 Yıl
18	Öz-Ova Tar. Ür. Çır. Pre. Biodizel Akty. İnş. İt. İhr. San. ve Tic. Ltd. Şti.	Hatay	Biyodizel	25.05.2007	12 Yıl
19	Özrenk Boya Kimya Tekstil Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi	Gaziantep	Biyodizel	25.05.2007	12 Yıl
20	Ser-Port Yağ, Biodizel Sanayi ve Depolama Tic. Ltd. Şti.	Mersin	Biyodizel	25.05.2007	12 Yıl
21	Maks Bio Kimya San. ve Tic. A.Ş.	Kilis	Biyodizel	17.05.2007	12 Yıl
22	Ege Biyoteknoloji San. ve Tic. A.Ş.	İzmir	Biyodizel	04.04.2007	12 Yıl
23	Şahini Zahirecilik Nak. Tic. San. Ltd. Şti.	Ankara	Biyodizel	29.03.2007	12 Yıl
24	Özcoşkun Yakıt Tekstil Gıda Nakliyat San. Tic. Ltd. Şti.	Adıyaman	Biyodizel	15.03.2007	12 yıl

TABLO-7.7 Biyodizel İşleme Lisansı Alan Şirketler (devam)

25	Albio Biodizel Enerji Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.	İzmir	Biyodizel	01.03.2007	12 Yıl
26	Piteks Petrol İnş. Teks. Gıda Kim. San. Tic. Ltd. Şti.	İstanbul	Biyodizel	01.03.2007	12 Yıl
27	Ömer Bucak İnş. Taah. San. ve Tic. Ltd. Şti.	Şanlıurfa	Biyodizel	22.02.2007	12 Yıl
28	Çevrem Alternatif Enerj. Biodizel ve Petr. Gıda San. Tic. Ltd Şti.	Gaziantep	Biyodizel	15.02.2007	12 Yıl
29	GEC Kimya Gıda Turizm ve Tarım Ürünleri San. Tic. A.Ş.	Gaziantep	Biyodizel	15.02.2007	12 Yıl
30	Aks-En Alternatif Enerji Tek. San. Tic. A.Ş.	Aksaray	Biyodizel	15.02.2007	12 Yıl
31	Ali Erol Akça Akaryakıt Nakl. Dış Tic. San. Ltd. Şti.	Ankara	Biyodizel	15.02.2007	12 Yıl
32	İrfan Kılınç Gıda Tekstil Ambj. İnş. Enerji San. Tic. Ltd. Şti.	Gaziantep	Biyodizel	25.01.2007	12 Yıl
33	Özmir Biyodizel Alternatif Enerji. Tarım. Ürün San. ve Tic. Ltd Şti.	Hatay	Biyodizel	25.01.2007	12 Yıl
34	Biopet Alternatif Yakıtlar Petrol İnş. Tar. Ürün San. Tic. A.Ş.	Ankara	Biyodizel	31.08.2006	12 Yıl

7.7 BİYOETANOL

Hammaddesi şeker pancarı, mısır, buğday ve odunsular gibi şeker, nişasta veya selüloz özlü tarımsal ürünlerin fermantasyonu ile elde edilen ve benzinle belirli oranlarda harmanlanarak kullanılan alternatif bir yakıttır.



Şekil-7.28

Biyometanol berrak, renksiz ve karakteristik bir kokuya sahip bir sıvıdır. Yüksek oktanlı bir yakıttır (113) olup kaynama noktası 78,5°C, donma noktası -114,1°C dir. Biyometanol 20 °C de 0,789 gr/ml yoğunluğa sahiptir. İçten yanmalı motorlara herhangi bir modifikasyona ihtiyaç duyulmadan %10 miktarında harmanlanarak kullanılabilir. Biyometanolün en yaygın iki kullanım şekli,

- E-10(%10 Biyometanol+ %90 Benzin) ve
- E-85(%85 Biyometanol+ %15 Benzin)'dir.

Biyoetanol Benzin İle Harmanlandığında;

- *Biyoetanol yakıtlarda oktan artırmak amacı ile kullanılan benzen, metil tersiyer bütül eter (MTBE) gibi kanserojen maddelerin çevreci alternatifidir,*
- *Biyoetanol benzin ile harmanlanma oranına göre 2-3 puanlık bir oktan artışı sağlayarak motorun performansını yükseltir,*
- *Biyoetanol donmayı engeller, motorun daha serin ve enjektörlerin daha temiz kalmasını sağlar.*



Şekil-7.29

Biyoetanolün Elde Edilebildiği Hammadde Kaynakları

- *Şeker Pancarı*
- *Şeker Kamışı*
- *Mısır*
- *Tatlı Sorgum*
- *Patates*
- *Buğday*
- *Tarımsal Atıklar*
- *Odunsular*

TABLO-7.8 Biyoetanolün Yakıt Özellikleri

Özellik	Metanol	Etanol	Benzin (87 oktan)	E85
Kimyasal Formül	CH ₃ OH	C ₂ H ₅ OH	C ₄ -C ₁₂ Zinciri	*
Ana Maddeler (% ağırlık)	380, 12H, 500	520, 13H, 350	85-880, 12-15H	570, 13H, 300
Oktan (R+M)/2	100	98-100	86-94	96
Alt Isı Değeri (Btu/lb)	8,570	11,500	18,000-19,000	12,500
Galon Eşdeğeri	1,8	1,5	1	1,4
Benzine Göre Galon Başına Yapılan mil	%55	%70	---	%72
Üretim için Bağlı Tank Boyutu	1,8 kat büyük	1,5 kat büyük	1	1,4 kat büyük
Reid Buhar Basıncı (psi)	4,6	2,3	8-15	6-12
Tutuşma Noktası: Havadaki Yakıt (%)	7-36	3-19	1-8	*
Sıcaklık (°F)	800	850	495	*
Özgül Ağırlık (60-65°F)	0,796	0,794	0,72-0,78	0,78
Soğukta Çalışma	Zayıf	Zayıf	İyi	İyi
Arac Gücü	%4 güc artışı	%5 güc artışı	Standart	%3-5 güc artışı
Teorik Hava/Yakıt oranı (ağırlık)	6,45	9	14,7	10

* Hidrokarbon oranının tipi ve yüzdesine bağlı.

Biyoetanolün Üretimi

Nişastanın önce şekere, daha sonra da şekerin doğrudan fermente edilmesiyle biyoetanolle dönüştürülmesi ile sağlanır.

Biyoetanol Üretim Aşamaları

1-Hazırlama

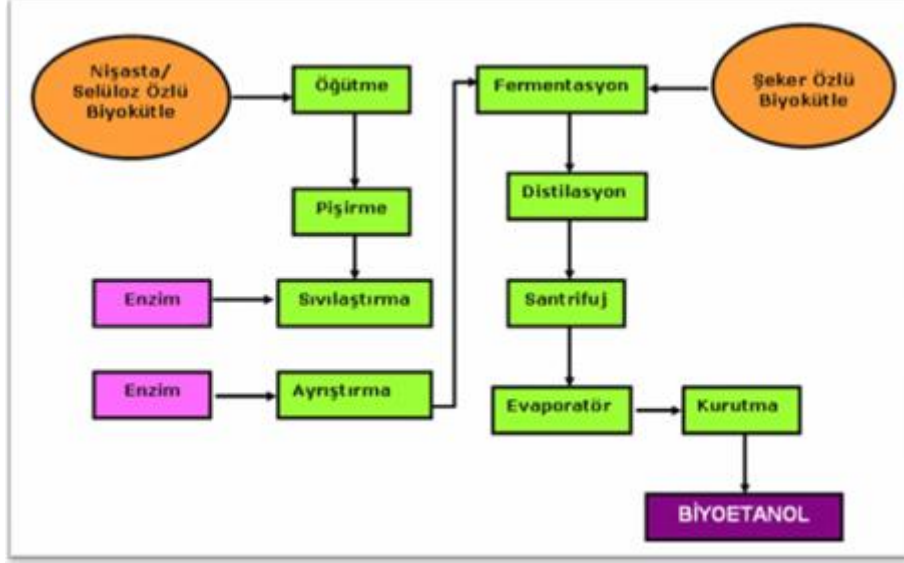
Hazırlama sürecinde biyoetanol üretimi için kullanılacak olan nişasta kaynağı (buğday, mısır, şeker pancarı vb.) çekiçli değirmenden geçirilerek öğütülür ve enzim yardımı ile hücresel yapısı parçalanır (liquefying enzyme). Bu şekilde içindeki nişastanın ortaya çıkması ve biyoetanol üretimi için daha iyi bir verim elde edilmesi sağlanır. Ortaya çıkan bu nişasta bir başka enzim yardımı ile şekere çevrilir (saccharification enzyme). Üretimin bu noktasında parçalanmış nişasta kaynağı, enzim ve sudan oluşmuş bir bulamaç halindeki sıvı, içine maya konularak bir sonraki işlem olan fermantasyon ünitesine aktarılır.

2-Fermantasyon

Fermantasyon sürecinde eklenen maya bulamaçta bulunan şeker moleküllerini biyoetanol moleküllerine çevirir. Bu işlem 60 – 80 saat arası sürer. Mayanın yüksek verimle çalışması için gereken koşullar bu süre boyunca denetlenir. Fermantasyon sonunda bulamacın içinde %10-12 arası biyoetanol elde edilmesi hedeflenir. Ayrıca fermantasyon süresince açığa çıkan karbondioksit de ayrılmış olur.

3-Distilasyon

Fermantasyon sonucu elde edilen bulamaç distile edilerek içindeki biyoetanol ayrıştırılır. Bu ayrıştırma işlemi distilasyon kulelerinde sıvının ısıtılması ile sağlanır. Distilasyon sonucu %95-96 oranında biyoetanol, fermantasyondan gelen bulamaçtan ayrıştırılmış olur. Ayrıştırılan bu biyoetanol içindeki su, moleküler elek teknolojisi yardımı ile süzülerek biyoetanolün saflığını %99,80-99,95'e kadar yükseltir.



Şekil-7.30

Biyoeanolün Kullanım Alanları

Ulaştırma Sektörü

- Benzin ile karıştırılarak
- Dizel motorlarda katkı maddesi olarak
- Son teknolojik araçlarda (hibrid, yakıt hücresel)
- Tarım makinelerinde

Kojenerasyon Ünitelerinde

- Fosil yakıtlı tesislerdeki NOx emisyonlarının azaltılması
- CO2 ticareti için
- Buhar enjeksiyonlu gaz türbinlerinde
- Kombine çevrimli güç santrallerinde
- Dizel güç jeneratörlerinde
- Küçük kojenerasyon (veya soğutma) Stirling sistemleri
- Suyun tuzluluğunun giderilmesinde (1 ton etanolle 600- 100 m³ su tuzdan ayrıştırılabilir)

Küçük Ev Aletlerinde

- Fırınlarda
- Aydınlatmada
- Isıtma ve soğutma aygıtlarında
- Besinlerin saklanması (soğutma)

Kimyasal Ürün Sektörü

- Etilen üretiminde
- Hidrojen üretimi
- Glikol eterler
- Etil akrilat
- Asetik asit
- Etil asetat
- Aset aldehit
- Etil eter

- Etil+klörü

Biyoetanolün Çevreye Olan Faydaları

- Biyoetanol yakıt içindeki oksijen seviyesini arttırmanın en kolay şeklidir. Yakıtın oksijen seviyesini arttırmak, yakıtın daha verimli yanmasını sağlayarak, egzoz çıkışındaki zararlı gazları azaltır,



Şekil-7.31

- Biyoetanol yakıtlarda oktan artırmak amacı ile kullanılan benzen, metil tersiyer bütül eter (MTBE) gibi kanserojen maddelerin çevreci alternatifidir,



Şekil-7.32

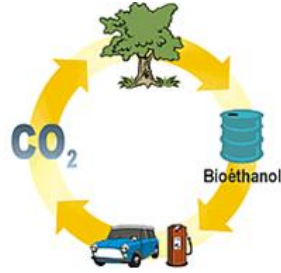
- Biyoetanol egzoz emisyonlarını azaltır,
- Biyoetanol karışımları, ozon tabakasının azalmasına yol açan, hidrokarbon emisyonlarında büyük ölçüde düşüş sağlar,
- Yüksek seviyeli biyoetanol karışımları azot oksit emisyonlarında %20'ye kadar düşüş sağlar,
- Yüksek seviyeli biyoetanol karışımlarının kullanılması ile Uçucu Organik Madde (VOCs)'lerde %30 ve üstü azalma sağlanmaktadır (VOC's yer seviyesi ozon tabakasının oluşmasının en önemli sebeplerindendir),
- Biyoetanol kanserojen etkisi bulunan benzen ve butadin emisyonlarını %50 oranında azaltır,
- Biyoetanol, sülfür dioksit ve partikül emisyonlarında belirgin bir düşüş sağlar.



Şekil-7.33

Biyometanolün Toplumsal Faydaları

- Tarım ürünleri için katma değeri yüksek yeni bir pazar oluşturarak, etanol hammaddesi olarak kullanılan bitkilerin tarımının gelişmesine katkı sağlar,
- Enerji amaçlı tarım faaliyetlerinin gelişmesi ile yeni ve yerli yatırım - istihdam olanakları sağlar,
- Enerji amaçlı tarım yapan çiftçi gelirlerinde ve refah düzeylerinde artış görülür,
- İthal petrol ihtiyacına alternatif yerli, yenilenebilir ve stratejik bir enerji kaynağı oluşturur,



Şekil-7.34

- Biyometanol, fosil yakıtların aksine, yenilenebilir kaynaklardan üretilen bir yakıttır. Üretim kısıtlaması yoktur ve doğadaki karbon dengesini bozmaz,
- Biyometanol doğaya zarar vermeden çözünür,
- Biyometanol ihtiva ettiği yüksek oksijen seviyesi sayesinde karbon monoksit seviyesini 25-30% arasında azaltır. Bu herhangi başka bir oksijen zenginleştirici katkıdan daha yüksektir. Karbon monoksit hava kirliliğine yol açan zehirli bir gazdır. Özellikle araçların düşük sıcaklıklarda çalıştığı zamanlarda daha çok ortaya çıkar. Biyometanol, CO seviyesinde, daha iyi bir yanma sağlayarak azalmaya yol açar.
- Bu da toplum ve çevre sağlığını tehdit eden unsurlar açısından çok büyük avantaj sağlamaktadır.

Dünya Ve AB Biyoetanol Üretimi



Şekil-7.35

TABLO-7.9

BAZI ÜLKELERİN BİYOETANOL ÜRETİMİ (Milyar Lt)		
1	A.B.D.	41
2	Brezilya	26
3	Fransa	0,9
4	Almanya	0,8
5	Çin	2,1
6	Arjantin	~ 0
7	Kanada	1,1
8	İspanya	0,4
9	Tayland	0,4
10	İngiltere	0,2
11	Kolombiya	0,3
12	İtalya	0,1
13	Belçika	0,2
14	Hindistan	0,2
15	Avusturya	0,1
TOPLAM		73,6



Şekil-7.36

TABLO-7.10

DÜNYA VE AB BİYOETANOL ÜRETİMİ (Milyar Lt)	
AB BİYOETANOL ÜRETİMİ	3,6
DÜNYA TOPLAM BİYOETANOL ÜRETİMİ	76

TABLO-7.11 Ülkemizde Biyoetanol Üretimi Yapan Firmalar(2011)

BİYOETANOL ÜRETİM YAPAN FİRMALAR	
1	Tarımsal Kimya Teknolojileri San. Ve Tic. A.Ş.
2	Tezkin Tarımsal Kimya İnş. San. Ve Tic. A.Ş.
3	Konya Şeker San. ve Tic. A.Ş. Çumra Şeker Fabrikası



Şekil-7.37

TABLO-7.12 Ülkemizde Biyoetanol Projeksiyonu(2011)

Yakıt Biyoetanolu Üretimi (2011)				
Ürün	2011 - Dönem	Toplam Üretim (litre mA*)	Toplam Satış (litre mA)	Toplam İhracat (litre mA)
Yakıt Biyoetanolu (dönem)	Ocak-Şubat-Mart	14.782.744,1	2.792.848,3	11.621.221,3
	Nisan-Mayıs-Haziran	5.662.756	2.011.540	6.677.153
	Temmuz-Ağustos-Eylül	11.390.248	3.301.238	5.403.701
	Ekim-Kasım-Aralık	12.403.808	2.854.265	9.485.235
TOPLAM		44.239.556,1	10.959.891,3	33.187.310,3

Resmi gazetede yayımlanan 27 Eylül 2011 tarih ve 28067 sayılı "Benzin Türlerine İlişkin Teknik Düzenleme Tebliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ"e göre, Piyasaya akaryakıt olarak arz edilen benzin türlerinin, yerli tarım ürünlerinden üretilmiş etanol içeriğinin: 1/1/2013 tarihi itibarıyla en az %2, 1/1/2014 tarihi itibarıyla en az %3 olması zorunludur.

7.8 BİYOGAZ

Organik bazlı atık/artıkların oksijensiz ortamda (anaerobik) fermantasyonu sonucu ortaya çıkan renksiz - kokusuz, havadan hafif, parlak mavi bir alevle yanan ve bileşiminde organik maddelerin bileşimine bağlı olarak yaklaşık; % 40-70 metan, % 30-60 karbondioksit, % 0-3 hidrojen sülfür ile çok az miktarda azot ve hidrojen bulunan bir gaz karışımıdır.

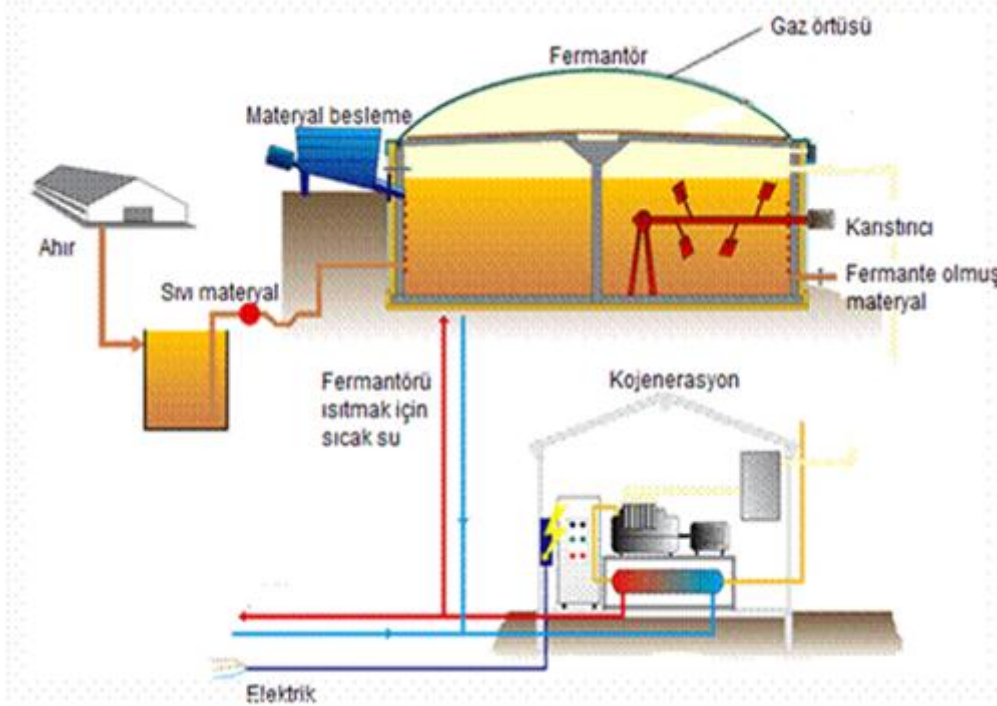


Şekil-7.38

Biyogazın Isıl Değeri

1 m³ biyogazın sağladığı ısı miktarı 4700-5700 kcal/m³'dir. 1 m³ biyogaz; 0,62 litre gazyağı, 1,46 kg odun kömürü, 3,47 kg odun, 0,43 kg bütan gazı, 12,3 kg tezek ve 4,70 kWh elektrik enerjisi eşdeğerindedir. 1 m³ biyogaza 0,66 litre motorin, 0,75 litre benzin ve 0,25 m³ propan eşdeğer yakıt miktarlarıdır.

Biyogaz Üretim Prosesi



Şekil-7.39

Biyogaz Üretiminde Kullanılan Organik Atık/Artık Hammaddeler Hayvansal Atıklar

Sığır, at, koyun, tavuk gibi hayvanların dışkıları, mezbahane atıkları ve hayvansal ürünlerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıklar özellikle kırsal kesimler için önerilen biyogaz tesislerinde kullanılmaktadır.



Şekil-7.40

Bitkisel Artıklar

İnce kıyılmış sap, saman, anız ve mısır artıkları, şeker pancarı yaprakları ve çimen artıkları gibi bitkilerin işlenmeyen kısımları ile bitkisel ürünlerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan artıklardır.

Bitkisel artıkların kullanıldığı biyogaz tesislerinin işletilmesi sırasında proses kontrolü büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle kırsal kesimlerde bitkisel artıklardan biyogaz eldesi önerilmemektedir.



Şekil-7.41

Organik İçerikli Şehir ve Endüstriyel Atıklar

Kanalizasyon ve dip çamurları, kağıt, sanayi ve gıda sanayi atıkları, çözülmüş organik madde derişimi yüksek endüstriyel ve evsel atık sular biyogaz üretiminde kullanılmaktadır. Bu atıklar Özellikle belediyeler ve büyük sanayi tesisleri tarafından yüksek teknoloji kullanılarak tesis edilen biyogaz üretim merkezlerinde kullanılan atıklardır.

TABLO-7.13 Çeşitli Kaynaklardan Elde Edilebilecek Biyogaz Verimleri ve Biyogazdaki Metan Miktarları

KAYNAK	BİYOĞAZ VERİMİ (litre/kg)	METAN ORANI (Hacim %'si)
Sığır Gübresi	90-310	65
Kanath Gübresi	310-620	60
Domuz Gübresi	340-550	65-70
Buğday Samanı	200-300	50-60
Çavdar Samanı	200-300	59
Arpa Samanı	290-310	59
Mısır sapları ve artıkları	380-460	59
Keten & Kenevir	360	59
Çimen	280-550	70
Sebze artıkları	330-360	Değişken
Ziraat atıkları	310-430	60-70
Yerfıstığı kabuğu	365	---
Dökülmüş ağaç yaprakları	210-290	58
Algler	420-500	63
Atık su çamuru	310-800	65-80

Hayvan Ağırlığı Bazında Üretililecek Günlük ve Yıllık Yaş Gübre Miktarları

- Büyükbaş hayvan canlı ağırlığının % 5-6'sı kg-yaş gübre/gün
- Koyun-Keçi canlı ağırlığının % 4-5'si kg-yaş gübre/gün
- Tavuk canlı ağırlığının % 3-4'si kg-yaş gübre/gün

TABLO-7.14

Hayvan Adedi	Hayvan Cinsi	Yaş Gübre Miktarı (ton/yıl)
1	Büyük Baş	3.6
1	Küçük Baş	0.7
1	Kümes	0.022

Gübre Cinsi	Gübre Miktarı	Elde Edilebilecek Biyogaz Miktarı (m ³ /yıl)
Sığır	1 ton	33
Koyun	1 ton	58
Kümes Hayvanı	1 ton	78

Biyogaz Üretiminde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

- Fermantörde (üretim tankı-sindireç) kesinlikle oksijen bulunmamalı,
- Antibiyotik almış hayvansal atıklar üretim tankına alınmamalı,
- Deterjanlı organik atıklar üretim tankına alınmamalıdır,
- Ortamda yeni bakteri oluşturulması ve büyümesi için yeterli miktarda azot bulunmalı,
- Üretim tankında asitlik 7,0 - 7,6 arasında olmalı,
- Metan bakterileri için substratta (S) sirke asidi cinsinden organik asit konsantrasyonu 500 - 1500 mg/litre civarında olmalı,
- Fermantör sıcaklığı 35 °C veya 56 °C de sabit tutulmalı,
- Üretim tankına ışık girmemeli ve ortam karanlık olmalı,
- Üretim tankında minimum %50, optimum %90 oranında su olmalı,
- Ortamda metan bakterilerinin beslenmesine yetecek kadar organik madde parçalanmış-öğütülmüş olarak bulunmalıdır.

Biyogaz Tesislerinin Tasarımı ve Tasarımda Dikkat Edilmesi Gereken Parametreler



Şekil-7.42

Biyogaz tesisleri planlanan amaca göre farklı teknolojiler kullanılarak inşa edilmektedirler. Biyogaz tesislerinin kapasite olarak sınıflandırılması aşağıdaki gibidir:

- Aile tipi: 6 -12 m3 kapasiteli
- Çiftlik tipi: 50 -100 -150- m3 kapasiteli
- Köy tipi: 100- 200 m3 kapasiteli
- Sanayi ölçekli tesisler: 1000 - 10.000 m3 kapasiteli

Aile tipi biyogaz tesisleri özellikle Çin'de çok yaygın bir şekilde kullanım yerlerine yakın yerlerde kullanılmaktadır. Aile tipi biyogaz tesisleri dışındaki diğer tesislerin çoğunda biyogazın oluştuğu ortamın (fermantör) ısıtılması optimum biyogaz üretimi için gerekli olmaktadır. Biyogaz üretiminde ortam sıcaklığının 35 °C civarında olması istenir. Biyogaz tesislerinde ısı kontrolünün sağlanması amacıyla güneş enerjisinden yararlanılabileceği gibi en pratik ve yaygın kullanılan sistem, tesisin içine yerleştirilen sıcak sulu serpantinlerden yararlanmaktadır.

Biyogaz Üretiminde Kullanılan Sistemler

a) Kesikli (Batch) Fermantasyon

Tesisin fermentörü (üretim tankı) hayvansal ve/veya bitkisel atıklar ile doldurulmakta ve alıkoyma - bekleme süresi kadar bekletilerek biyogazın oluşumu tamamlanmaktadır. Kullanılan organik maddeye ve sistem sıcaklığına bağlı olarak bekleme süresi değişmektedir. Bu süre sonunda tesisin fermentörü (reaktörü) tamamen boşaltılmakta ve yeniden doldurulmaktadır.

b) Beslemeli - Kesikli Fermantasyon

Burada fermentör başlangıçta belirli oranda organik madde ile doldurulmakta ve geri kalan hacim fermantasyon süresine bölünerek günlük miktarlarla tamamlanmaktadır. Belirli fermantasyon süresi sonunda fermentör tamamen boşaltılarak yeniden doldurulmaktadır.

c) Sürekli Fermantasyon

Bu fermantasyon biçiminde fermantörden gaz çıkışı başladığında günlük olarak besleme yapılır. Sisteme aktarılan karışım kadar gazı alınmış çökelti sistemden dışarıya alınır. Organik madde fermantöre her gün belirli miktarlarda verilmekte, alıkoyma süresi kadar bekletilmekte ve aynı oranlarda fermente olmuş materyal günlük olarak fermantörden alınmaktadır. Böylece günlük beslemelerle sürekli biyogaz üretimi sağlanmaktadır.

Tesis Tasarımında Dikkate Alınacak Hususlar

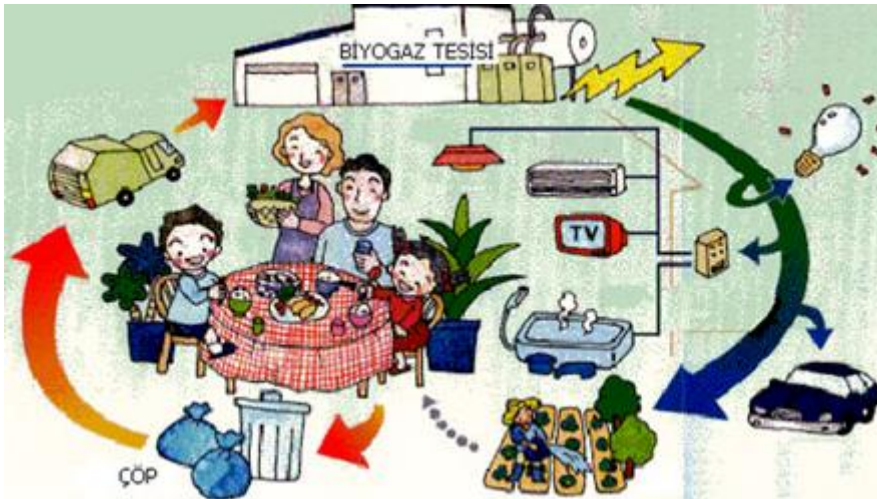
Uygun hammadde miktarı, hammaddenin cinsi ve özellikleri, ısıtma ihtiyaçları, karıştırma ihtiyaçları, kullanılacak malzeme ve ekipmanların cinsi, tesisin kurulacağı yerin seçimi, tesis inşaatı ve tesisin yalıtımı, tesisin ısıtılması ve işletme koşulları, biyogazın depolanması ve dağıtımı, biyogazın taşınması, tesisten çıkan biyogübrenin depolanması, tarlaya taşınması ve dağıtımı ve biyogaz kullanım araçlarının belirlenmesi hususlarına dikkat edilmesi gerekmektedir.



Şekil-7.43

Biyogaz Üretiminin Yararları

Hayvansal ve bitkisel organik atık/artık maddeler, çoğunlukla ya doğrudan doğruya yakılmakta veya tarım topraklarına gübre olarak verilmektedir. Bu tür atıkların özellikle yakılarak ısı üretiminde kullanılması daha yaygın olarak görülmektedir. Bu şekilde istenilen özellikte ısı üretilmediği gibi, ısı üretiminden sonra atıkların gübre olarak kullanılması da mümkün olmamaktadır.



Şekil-7.44

- Biyogaz teknolojisi organik kökenli atık/artık maddelerden hem enerji eldesine hem de atıkların toprağa kazandırılmasına imkan vermektedir.
- Ucuz - çevre dostu bir enerji ve gübre kaynağıdır.

- Atık geri kazanımı sağlar.
- Biyogaz üretimi sonucu hayvan gübresinde bulunabilecek yabancı ot tohumları çimlenme özelliğini kaybeder.
- Biyogaz üretimi sonucunda hayvan gübresinin kokusu hissedilmeyecek ölçüde yok olmaktadır.
- Hayvan gübreslerinden kaynaklanan insan sağlığını ve yeraltı sularını tehdit eden hastalık etmenlerinin büyük oranda etkinliğinin kaybolmasını sağlamaktadır.
- Biyogaz üretiminden sonra atıklar yok olmamakta üstelik çok daha değerli bir organik gübre haline dönüşmektedir.

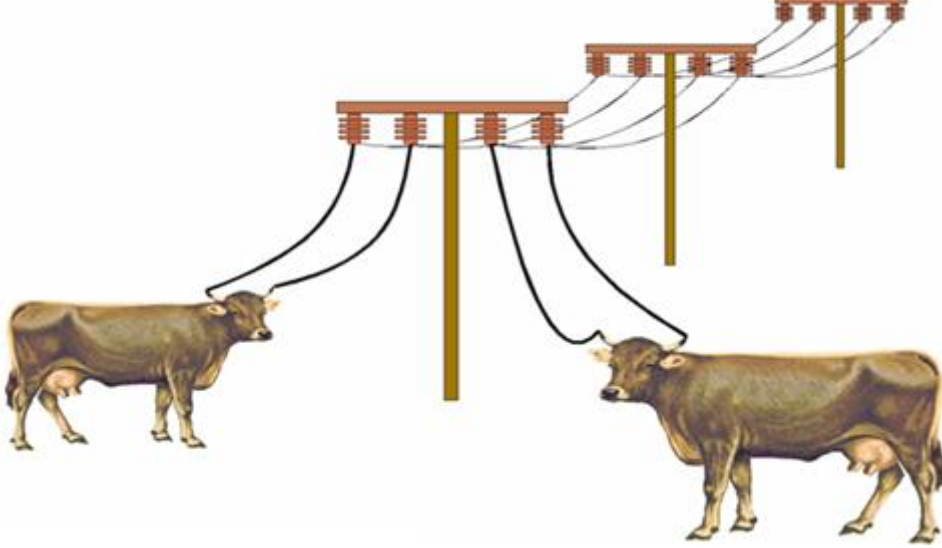
Biyogaz Ve Yan Ürünlerinin Kullanım Alanları

Biyogazın Isıtmada Kullanımı

Biyogazın yanma özelliği bileşiminde bulunan metan gazından ileri gelmektedir. Biyogaz hava ile 1/7 oranında karıştığı zaman tam yanma gerçekleşir. Isıtma amacıyla gaz yakıtlarla çalışan fırın ve ocaklardan yararlanılabileceği gibi termosifon ve şofbenlerde biyogazla çalıştırılarak kullanılabilir. Biyogaz, sıvılaştırılmış petrol gazı ile çalışan sobaların meme çaplarında basınç ayarlaması yapılarak kolaylıkla kullanılabilir. Biyogaz sobalarda kullanıldığında bünyesinde bulunan hidrojen sülfür gazının yanmadan ortama yayılmasını önlemek üzere bir baca sistemi gerekli olmaktadır. Bu nedenle, daha sağlıklı bir ısınma için kalorifer sistemleri tercih edilmektedir.

Biyogazın Enerji Amaçlı Kullanılması

Biyogaz hem doğrudan yanma hem de elektrik enerjisine çevrilerek aydınlatmada kullanılabilir. Biyogazın doğrudan aydınlatmada kullanımında sıvılaştırılmış petrol gazları ile çalışan lambalardan yararlanılmaktadır. Bu sistemde aydınlatma alevini arttırmak üzere amyant gömlek ve cam fanus kullanılmaktadır. Cam fanus ışığı sabitleştirdiği gibi çıkan ısıyı geri vererek alevin daha fazla olmasını sağlamaktadır.



Şekil-7.45

Biyogazın Motorlarda Kullanımı

Biyogaz, benzinle çalışan motorlarda hiçbir katkı maddesine gerek kalmadan doğrudan kullanılabilir. Biyogazın içeriğindeki metan gazı saflaştırılarak da kullanılabilir. Dizel motorlarda kullanılması durumunda belirli oranlarda (% 18-20) motorin ile karıştırılması gerekmektedir.



Şekil-7.46

Yan Ürün Değerlendirme İmkanları

Biyogaz üretimi sonucu sıvı formda fermente organik gübre elde edilmektedir. Elde edilen gübre tarlaya sıvı olarak uygulanabilir, granül haline getirilebilir ve/veya beton-toprak havuzlarda doğal kurumaya bırakılabilir. Fermantasyon sonucu elde edilen organik gübrenin temel avantajı anaerobik fermantasyon sonucunda patojen mikroorganizmaların büyük bir bölümünün yok olmasıdır. Bu özellik kullanılacak olan organik gübrenin yaklaşık %10 daha verimli olmasını sağlar.

Dünya Biyogaz Üretimi



Şekil-7.47

Dünyadaki tesisler oranının % 80'i Çin'de %10'u Hindistan, Nepal ve Tayland'da bulunmaktadır. Avrupa'nın hayvan gübresi ile elde ettiği biyogaza ve tesis sayısına bakılacak olursa bu noktada Almanya 2,200 tesis ile en fazla üretim yapan ülke konumundadır. Bu ülkeyi 70 tesis ile İtalya takip etmektedir. Almanya'da biyogaz tesislerinin yapımı 1993 yılından itibaren artmış ve yine aynı yıldan günümüze kadar 139 tesisten 2,200 tesise kadar artmıştır.

TABLO-7.15

Dünya Biyogaz Kaynakları	Üretilen Biyogaz (TEP / Yıl)	Kullanılabilir Biyogaz (TEP / Yıl)
Kentsel ve endüstriyel katı atık	750	60 ila 100
Kentsel ve endüstriyel atık su	50	40 ila 50
Tarımsal artıklar	1000	40 ila 50
TOPLAM	1800	140 ila 300
Biyogaz / dünya çapında doğal gaz tüketimi	100%	8% ila 17%

TABLO-7.16 AB Biyogaz Üretimi-2010

	ÜLKE	Çöpgazı (ktce)	Aritma Çamuru gazı (ktce)	Diğer Biyogaz (ktce)	TOPLAM (ktce)
1	Almanya	265,5	386,7	3561,2	4213,4
2	İngiltere	1474,4	249,5	0,0	1723,9
3	Fransa	440,3	45,2	38,7	526,5
4	İtalya	361,8	5,0	77,5	444,3
5	Hollanda	39,2	48,9	179,8	267,9
6	İspanya	140,9	10	32,9	183,7
7	Avusturya	4,9	18,9	141,2	165,1
8	Çek Cumhuriyeti	29,2	33,7	67	129,9
9	Belçika	44,3	2,1	78,2	124,7
10	İsveç	34,5	60	14,7	109,2
11	Danimarka	6,2	20	73,4	99,6
12	Polonya	35,5	58	4,5	98
13	Yunanistan	46,3	12,2	0,2	58,7
14	Finlandiya	30,6	10,7	0,0	41,4
15	İrlanda	23,6	8,1	4,1	35,8
16	Macaristan	2,8	10,3	17,5	30,7
17	Portekiz	0	0	23,8	23,8
18	Slovenya	8,3	3	11	22,4
19	Slovakya	0,8	14,8	0,7	16,3
20	Lüksemburg	0	0	12,3	12,3
21	Letonya	7	2,7	0	9,7
22	Litvanya	1,30	2,10	1,20	4,70
23	Estonya	2	0,9	90	0,99
24	Romanya	0,10	0,70	0,50	1,30
TOPLAM					8344,29

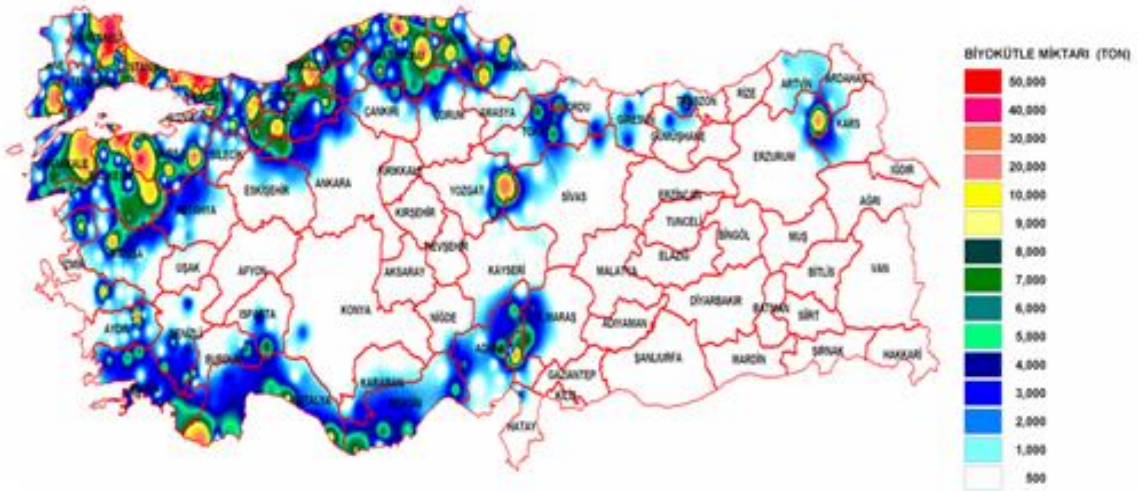
TABLO-7.17 Türkiye'de Biyokütle Lisansı Alan Şirketler

	Şirket Adı	Lisans Türü	Lisans Tarihi / Lisans Süresi	Tesis Yeri	Tesis Türü	Kuru Güç(MWe)
1	Istanbul Çevre Koruma ve Atık Maddeleri Değrl. San. ve Tic. A.Ş.	Otoprodüktör Lisansı	28.08.2003/10	Istanbul	Biyokütle LFG	4,02
2	Çargill Tarım ve Gıda San. Tic. A.Ş.	Otoprodüktör Lisansı	20.09.2007/30	Bursa	Biyokütle BG	0,12
3	Yeni Adana İmar İnşaat Tic. A.Ş.	Otoprodüktör Lisansı	25.05.2007/49	Adana	Biyokütle BG	0,8
4	Yeni Adana İmar İnşaat Tic. A.Ş.	Otoprodüktör Lisansı	30.03.2004/15	Adana	Biyokütle BG	0,8
5	Bel-Ka Ankara Katı Atıkların Ayıkl. Değrl. Bilg. İnş. San. ve Tic. A.Ş.	Otoprodüktör Lisansı	01.05.2003/15	Ankara - Sincan	Biyokütle LFG	3,2
6	Ortadoğu Enerji San. ve Tic. A.Ş.	Uretim Lisansı	26.10.2007/24 yıl 2 ay	Istanbul - Eyrüp	Biyokütle LFG	28,3
7	Ortadoğu Enerji San. ve Tic. A.Ş.	Uretim Lisansı	25.10.2007/23 yıl 2 ay	Istanbul - Şile	Biyokütle LFG	7,56
8	ITC-KA Enerji Uretim San. ve Tic. A.Ş.	Uretim Lisansı	08.04.2006 / 49	Ankara-Mamak Biyogaz Santrali	Biyokütle LFG	36
9	Ekolojik Enerji Anonim Şirketi	Uretim Lisansı	05.10.2004/49	Kemerburgaz- İstanbul	Biyokütle LFG	5,826
10	GASKI Enerji Yatırım Hizmetleri İnş. San. ve Tic. A.Ş.	Uretim Lisansı	22.03.2007/49	Gaziantep	Biyokütle BG	1,66
11	Ekolojik Enerji Anonim Şirketi	Uretim Lisansı	24.09.2008/49	Tekirdağ - Çorlu	Biyokütle LFG	0,8
12	ITC-KA Enerji Uretim San. ve Tic. A.Ş.	Uretim Lisansı	20.11.2008/17/09 /2051'e kadar	Ankara -Sincan	Biyokütle LFG	5,66
13	Çev. Enerji Uretim San. ve Tic. Ltd. Şti.	Uretim Lisansı	27.08.2009/28.10 2037'ye kadar	Gaziantep - Şahinbey	Biyokütle LFG	5,655
14	ITC Adana Enerji Uretim Sanayi Ve Ticaret Anonim Şirketi	Uretim Lisansı	04.02.2010/30	Adana Yüreğir Katı Atık Alanı / Enerji Uretim Tesisi	Biyokütle LFG	11,32
15	CEV Marmara Enerji Uretim Sanayi Ve Ticaret Ltd. Şti.	Uretim Lisansı	17.06.2010/09.02 .2038'e kadar	Bolu - Merkez	Biyokütle LFG	1,131
16	ESES Eskişehir Enerji Sanayi Ve Ticaret Anonim Şirketi	Otoprodüktör Lisansı	17.06.2010/49	Eskişehir - Ordusazarı	Biyokütle BG	2,042
17	Konbeltaş Konya İnşaat Taşınacılık Hizmet Danışmanlık Ve Park İşletmeciliği Ticaret Anonim Şirketi	Uretim Lisansı	13.04.2010/04.06 .2085'e kadar	Konya - Karatay Atıksu Arıtma Tesisi Elektrik Santrali	Biyokütle BG	2,436
18	Bereket Enerji Uretim A.Ş.	Uretim Lisansı	27.10.2010/29.10 .2020'ye kadar	Denizli - Merkez LFG Santrali	Biyokütle LF	0,635
19	Mersin Büyükşehir İmar İnşaat Ve Ticaret A.Ş.	Uretim Lisansı	05.04.2011/20.05 .2040'a kadar	Mersin	Biyokütle BG	1,9
20	Samsun Avdan Enerji Uretim ve Ticaret A.Ş.	Uretim Lisansı	18.05.2011/15.07 .2039'a kadar	Samsun Biyogaz Tesisi	Biyokütle BG	2,472

TABLO-7.17 Türkiye'de Biyokütle Lisansı Alan Şirketler (devam)

21	ITC-KA Enerji Üretim Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi	Üretim Lisansı	24.03.2011/10	Konya - Karatay Katı Atık Alanı Enerji Üretim Tesisi	Biyokütle LFG	5,66
22	Pamukova Yenilenebilir Enerji ve Elektrik Üretim A.Ş.	Üretim Lisansı	12.05.2011/26.02.2039'a kadar	Sakarya-Pamukova Biyogaz Santrali	Biyokütle BG	1,4
23	Körfez Enerji Sanayi Ve Ticaret Anonim Şirketi	Üretim Lisansı	10.06.2011/20.10.2039'a kadar	Kocaeli Çöp Biyogaz Tesisi Projesi	Biyokütle LFG	2,4
24	İzaydağ İzmit Atık ve Atıkların Arıtma Yakma ve Değerlendirme Anonim Şirketi	Üretim Lisansı	26.10.2011/03.12.2059'a kadar	Amasya - Suluova Biyogaz Tesisi	Biyokütle BG	2
25	Sigma Elektrik Üretim Mühendislik Ve Pazarlama Limited Şirketi	Üretim Lisansı	26.10.2011/03.12.2059'a kadar	Amasya - Suluova Biyogaz Tesisi	Biyokütle BG	2
26	Derin Enerji Üretim Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi	Üretim Lisansı	11.11.2011/20	Ankara - Beypazarı Biyogaz Tesisi	Biyokütle BG	0,576
27	Her Enerji Ve Çevre Teknolojileri Sanayi Ticaret Anonim Şirketi	Üretim Lisansı	11.08.2011/10.09.2020	Kayseri - Koca Sinan Katı Atık Deponi Sahası Biyogaz Santrali	Biyokütle BG	1,56
28	ITC Bursa Enerji Üretim Sanayi Ve Ticaret Anonim Şirketi	Üretim Lisansı	12.01.2011/14.01.2040'a kadar	Bursa - Ösmangazi Katı Atık Alanı	Biyokütle LFG	9,8
TOPLAM KURULU GÜÇ (MWe)						147,73

TÜRKİYE ORMAN KAYNAKLI BİYOKÜTLE POTANSİYELİ



Orman Kaynaklı Toplam Atık Miktarı 4.800.000 TON (1,5 MTEP)

Kurulabilecek Gazlaştırma Tesisi Kapasitesi: 600 MW

TÜRKİYE TARIMSAL BİYOKÜTLE POTANSİYELİ



TÜRKİYE TOPLAMI	Toplam Kullanılabilir Atık Miktarı (Ton)	Toplam Isıl Değer
Tarla Ürünleri	11 766 995	228,4 PJ
Bahçe Ürünleri	3 569 040	74,8 PJ
TOPLAM	15 336 035	303,2 PJ