

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI VE TEKNOLOJİLERİ Dersi 12

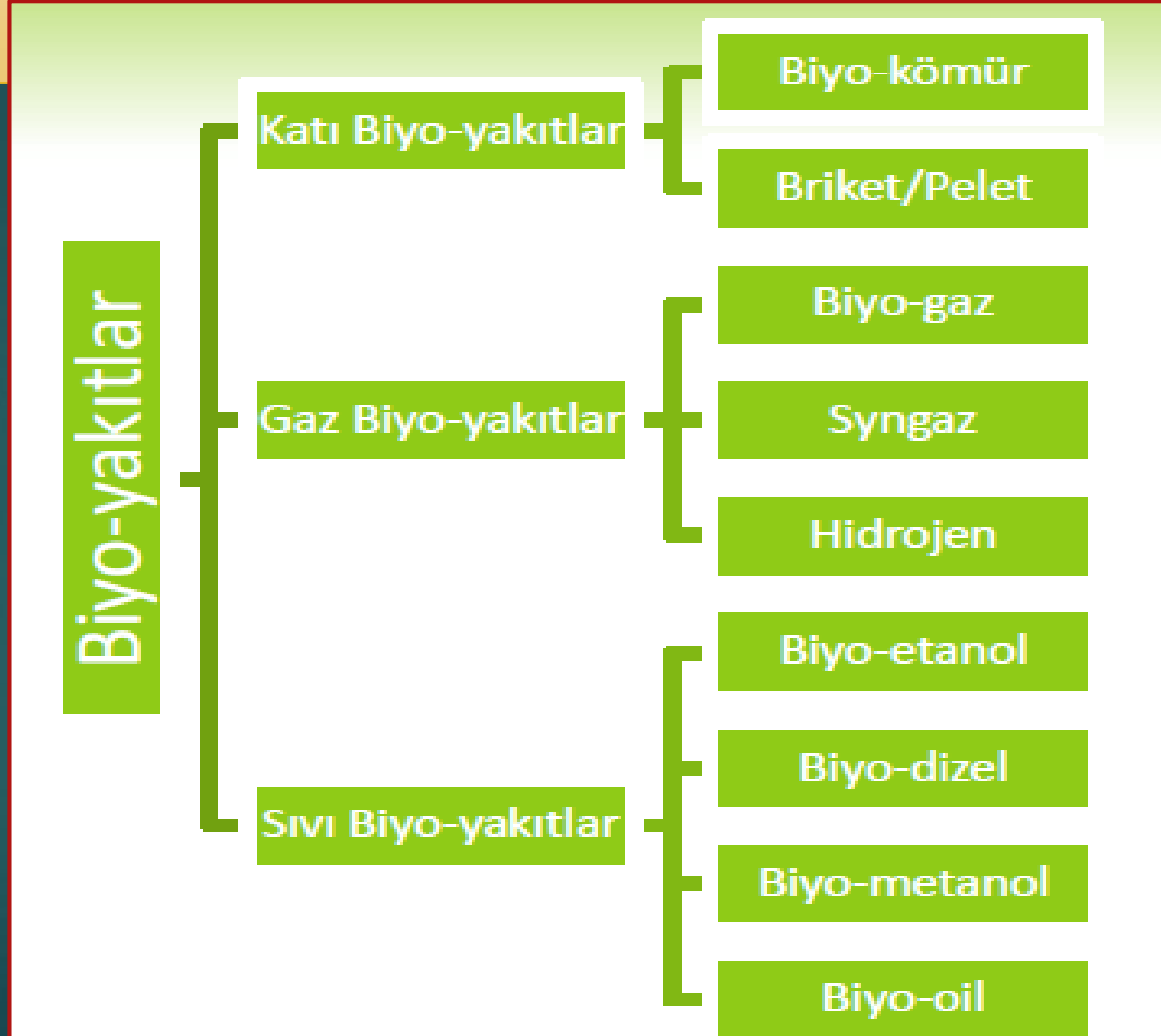
- 10 BİYOYAKITLAR
- 10.1 Biorafineri Teknolojisi
- 10.2 Dünyada Biyoyakıt Teknolojisi
- 10.3 Türkiye'de Biyoyakıt Teknolojisi
- 10.4 Pelet Briket Teknolojisi

Prof. Dr. Ayten ONURBAŞ AVCIOĞLU
E-mail: onurbas@agri.ankara.edu.tr
Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Tarım Makinaları Ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü
2017

- ▶ **Biyoyakıt, biyolojik kökenli yakıtlar** olup yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde son yıllarda öne çıkan enerji kaynaklarından biridir. Petrol türevleri, kömür, doğal gaz gibi yakıtlardan farklı olarak yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynaklarıdır.
- ▶ **İçeriğinin hacimsel olarak en az %80'i son on yıl içerisinde yetiştirilmiş canlı organizmalardan elde edilen yakıtlar biyoyakıt olarak adlandırılmaktadır** (Taşyürek ve Acaroğlu, 2007; Yaşar, 2009).
- ▶ **Biyoyakıtlar tarım ve orman ürünleri, hayvansal ve bitkisel artık ve atıklar, organik kökenli evsel, endüstriyel ve kentsel atıklardan termokimyasal veya biyokimyasal yöntemlerle elde edilebilmektedir.**



- ▶ Biyoyakıtlar **kati, gaz veya sıvı şeklinde** olabilmektedir. Katı biyoyakıtlar içerisinde briket, pelet, biyokömür ve odun kömürü yer almaktadır. Gaz biyoyakıtlar ise; singaz, biyogaz, biyohidrojen den oluşmaktadır. Sıvı biyoyakıtlar içerisinde de biyodizel, biyoetanol, biyometanol, biyoiltersiyerbutileter, biyodimetileter ve biyoyağ bulunmaktadır.
- ▶ Biyoyakıtların şematik olarak sınıflandırılması Şekil 10.1 'de gösterilmektedir (Adıgüzel, 2011).



Şekil 10.1 Biyoyakıt çeşitleri (Ertaş, 2014)

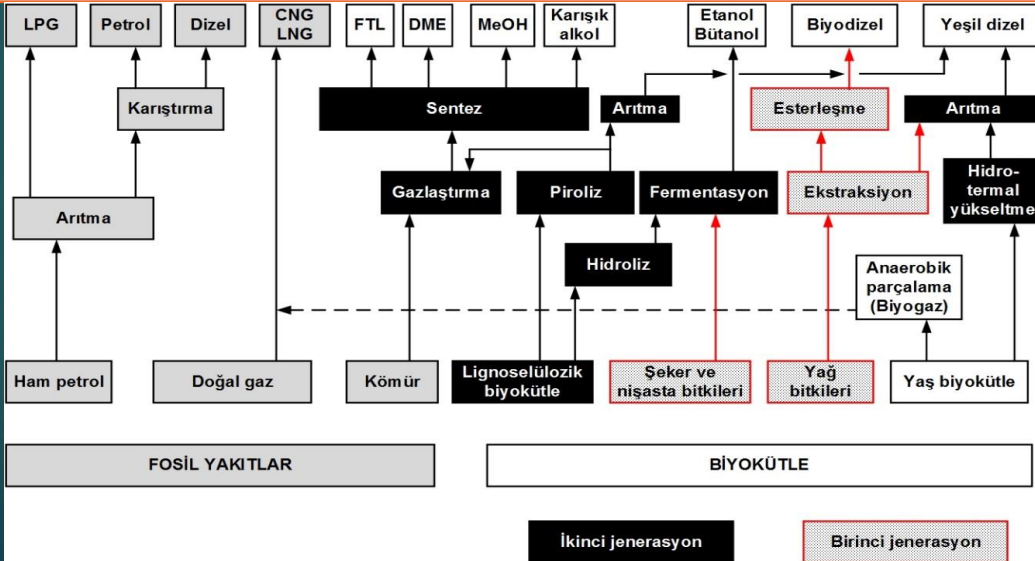
► **Biyoyakıtlar üretim türü ve hammadde seçimine göre dört sınıfta incelenmektedir (İşler, 2012):**

►

► **1. Birinci Nesil Biyoyakıtlar (2000-2010): İçten yanmalı motorlarda tasarımda değişikliğe gerek duyulmadan kullanılacak yağ asidi metil esteri olarak tanımlanan **biyodizel** ile şekerli ve nişastalı kaynaklardan üretilen **biyoetanol** bu gruptadır. Benzin katkısı olarak kullanılan ve etanol türevi olan biyoetil tersiyer butil eter ile **biyogaz** diğer birinci nesil biyoyakıtlardır. Biyodizel ve biyoetanol üretiminde hammadde olarak gıda sektörünün de girdileri olan tarım ürünleri, biyogaz üretiminde ise atıklar kullanılmaktadır.**

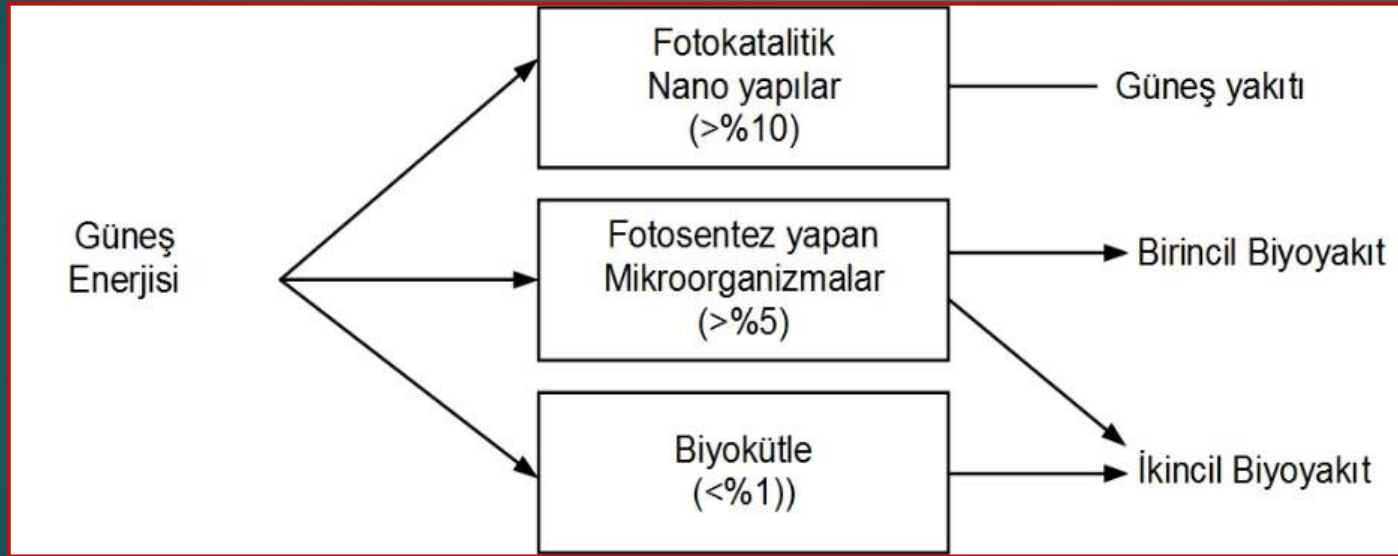


► **2. İkinci Nesil Biyoyakıtlar (2010-2030): Esnek yakıtlı taşıtlarda ve/veya ısı-elektrik üretiminde** kullanılacak bitkisel yağ, biyodizel (yağ asidi etil esteri), biyoetanol (lignoselülozik kaynaklardan), **biyokütleden dönüşüm teknolojileri ile elde edilen** biyometanol, biyobutanol, biyoetil tersiyer butil eter, biyometil tersiyer butil eter, biyokütleden sıvı yakıt teknolojisi ürünleri (BTL Ürünleri: Fischer-Tropsch Motorini ve Fischer-Tropsch Benzini), biyohidrojen, biyometan ve biyodimetiler bu gruptadır (Şekil 10.2). Bu gruptaki yakıtların eldesi **lignoselülozik hammaddelerle** yapılacak ve **üretim gıda dışı kaynakları temel alacaktır**. Hammadde çeşitliliğinin sağlanması, hasat ve üretimde daha az kimyasal ve daha düşük miktarda enerji kullanımı, verimin artırılması, tarımsal atıklar ile orman atıklarının değerlendirilmesi ikinci kuşak biyoyakıtların ana amaçlarıdır. Bu doğrultuda **biyorafineri teknolojileri** geliştirilerek sürdürülebilir kaynakların değerlendirilebileceği ve gıda ile doğrudan etkileşimin azalacağı öngörülmekte, bu konuda Ar-Ge çalışmaları sürdürülmekte ve örnek uygulamalar gerçekleştirilmektedir. Uygulamanın başarısında yeni teknoloji geliştirme hızı ve maliyet itici etkenlerdir.



Şekil 10.2 Fosil yakıtlarla karşılaştırmalı olarak birinci ve ikinci nesil biyoyakıtların üretim yolları (Turkenburg, 2013)

▶ **3. Üçüncü Nesil Biyoyakıtlar** (2030 Sonrası): “İleri Biyoyakıtlar” olarak da isimlendirilen üçüncü nesil biyoyakıtların temel hedefleri arasında **lignoselülozik kaynaklardan selülozik kaynaklara geçilmesi** ve entegre biyorafineri teknolojileri kapsamında daha yüksek oranda yağ ve selüloz içeren **genetiği değiştirilmiş bitkiler ve alglerin kullanımı ile biyoyakıt üretimi** yer almaktadır (Şekil 10.3). **Çimen, ot, düşük ligninli enerji ormancılığı ürünleri ve atıkları, yeni tip yağlı tohumlar ve algler** katı, sıvı ve gaz biyoyakıtların üretiminde kullanılacak ve böylece biyoyakıt üretiminde tarımsal ürünler yerine gıda dışı yeni hammaddelerin kullanımı mümkün olacaktır. Biyokütlenin daha çok karbondioksit depolaması (karbondioksit yoğun fotosentez), üretim alanı başına daha yüksek verim, üretim girdi-çıkıtı dengesinde başarı bu grubun diğer hedefleri arasında yer almaktadır.



Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Teknolojileri Dersi
Prof. Dr. Ayten Onurbaş Avcioğlu

Şekil 10.3 Birinci ve ikinci nesil biyoyakıtlara göre güneş enerjisi dönüşüm verimliliği daha yüksek olan üçüncü nesil biyoyakıtlar (Turkenburg, 2013)

- **4. Dördüncü Kuşak Biyoyakıtlar (2030 Sonrası):** Dördüncü Kuşak Biyoyakıtlar **genetiği mükemmelleştirilmiş hammaddelerden** üretilecek ve biyoyakıtın baca veya egzoz gazındaki karbondioksit, karbon tutma ve depolama teknolojileri ile atmosfere verilmeyecektir. “**Karbon Negatif Biyoyakıtlar**” olarak da bilinen bu tip biyoyakıtlarda **karbon tutma ve depolama**, temiz kömür teknolojisi kapsamında yoğun olarak geliştirilmeye çalışılacaktır. Bunun yanı sıra karbondioksitin mikroorganizmalarla şeker gibi maddelere ve sonrasında da etanol ve hidrojen gibi yakıtlara dönüştürülerek giderilmesi hedeflenmektedir. Dördüncü kuşak biyoyakıtların 2030 sonrasında ne zaman ticari uygulamaya başlayabileceği henüz öngörülememektedir.

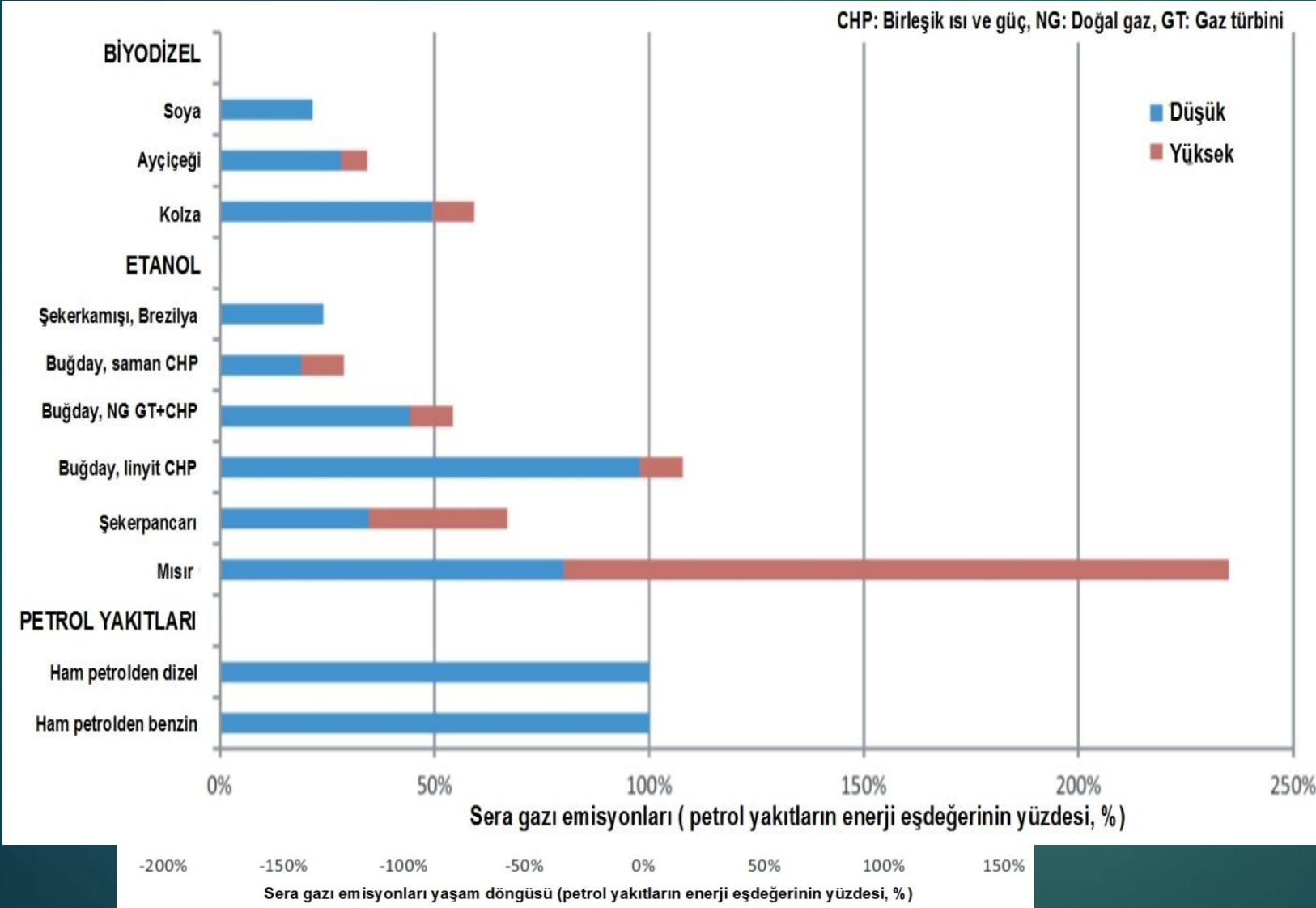
- Biyoyakıtların küresel ısınma ve çevre koruma açısından avantajlarına rağmen piyasaya girişinde belli başlı engeller vardır. Örneğin biyoyakıtların sürdürülebilirliği konusunda toplumsal önyargıların aşılması gerekir. Toplumda biyoyakıtların gıda güvenliğini tehdit etmesi yönünde ve gıda fiyatlarının artacağı yönünde bir önyargı vardır. Biyoyakıtları sadece satın almak yerine yerel idarelerin tüm altyapıyı dikkate almaları (üretim, dağıtım, yakıt istasyonları, araçlar gibi) gerekmektedir. Biyoyakıtların sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için yerel idarelerce seçilecek biyoyakıtların Yaşam Döngüsü Analizi (LCA- **Life Cycle Assessment**)'nin yapılması ve çevresel etkilerinin belirlenmesi gerekmektedir (Azbar, 2013) (Çizelge 10.1)

Biyoyakıt üretim şekli	Sera gazında azalma (%)
- Buğdaydan etanol (kombine ısı ve güç tesisinde kömür kullanılması hali)	21
- Buğdaydan etanol (proses yakıtı olarak doğal gaz kullanılması hali)	45
- Buğdaydan etanol (proses yakıtı olarak saman kullanılması hali)	69
- Mısırdan etanol üretimi (proses yakıtı olarak saman kullanılması hali)	56
- Şeker kamışından etanol	74
- Kolza tohumundan biyodizel	44
- Ayçiçeğinden biyodizel	58
- Palm yağından biyodizel (proses tanımlanmamış)	32
- Palm yağından biyodizel (atmosfere herhangi bir metan emisyonu yok)	57
- Atık yağlardan ve hayvansal yağdan biyodizel üretimi	83
- Saf bitkisel yağdan biyodizel üretimi	57
- Kentsel katı atıklardan biyogaz eldesi ve CNG gaz olarak kullanımı	81
- Islak hayvan gübresinden biyogaz üretimi ve CNG olarak kullanımı	86
- Kuru hayvan gübresinden biyogaz üretimi ve CNG olarak kullanımı	88

Çizelge 10.1 Biyoyakıt tipine göre sera gazlarında beklenen azalma miktarları (Azbar, 2013)

- Petrole göre sera gazı emisyonlarındaki azalma değerleri birinci nesil yakıtlar için Şekil 10.4'de ikinci nesil yakıtlar için ise Şekil 10.5'de verilmiştir.

9



Şekil 10.4 Birinci nesil yakıt kullanımında petrole göre sera gazı emisyonlarındaki tahmini azalma değerleri (Turkenburg, 2013)

Şekil 10.5 İkinci nesil biyoyakıt kullanımıyla benzine göre sera gazı emisyonlarındaki azalma (Turkenburg, 2013)

10.1 Biyorafineri Teknolojisi

10

- ▶ Biyorafineriler çeşitli kimyasal ve fiziksel dönüşüm süreçleri ile biyokimyasallar, biyomalzemeler ve biyoyakıtlar gibi farklı endüstriyel ürünlerin eldesini mümkün kılmaktadır. Günümüzde biyoyakıt endüstrisi en önemli iş alanlarından biri haline gelmeye başlamıştır. Üretim türü ve hammadde seçimine göre dört kuşak olarak sınıflandırılan biyoyakıtlar arasında birinci kuşak biyoyakıtlardan biyoetanol ve biyodizel yoğun olarak uygulamada olup biyoetanol dünyadaki lider biyoyakıt olarak birinci sırada yer almaktadır. Hammadde çeşitliliğinin sağlanması ve gıda dışı kaynaklar kullanılarak gıdaya olan bağımlılığın en aza indirilmesi gibi temel hedeflerin belirlendiği biyoyakıt dünyasında ikinci ve üçüncü kuşak biyoyakıtlar için Ar-Ge çalışmaları yoğun olarak sürdürülmektedir. Bunun yanı sıra, biyoyakıtların kaynaktan tüketime dek temiz yaşam döngüsü ile kullanımda olması dikkat edilmesi gereken ve önem kazanan bir diğer nokta olarak karşımıza çıkmaktadır.
- ▶
- ▶ Biyokökenli endüstriyel ürünler hammaddeleri bitkisel veya hayvansal kökenli, gıda ve yem dışı, yenilenebilir alanlarda kullanım ürünlerine sahip ve bazı istisnalar dışında sentetik, toksik ya da çevreye zarar verecek herhangi bir madde içermeyen fotosentez kaynaklı biyorafineri ürünleridir (İşler, 2012).

► **Biyokökenli ürünler içerdikleri biyokökenli madde oranına göre;**

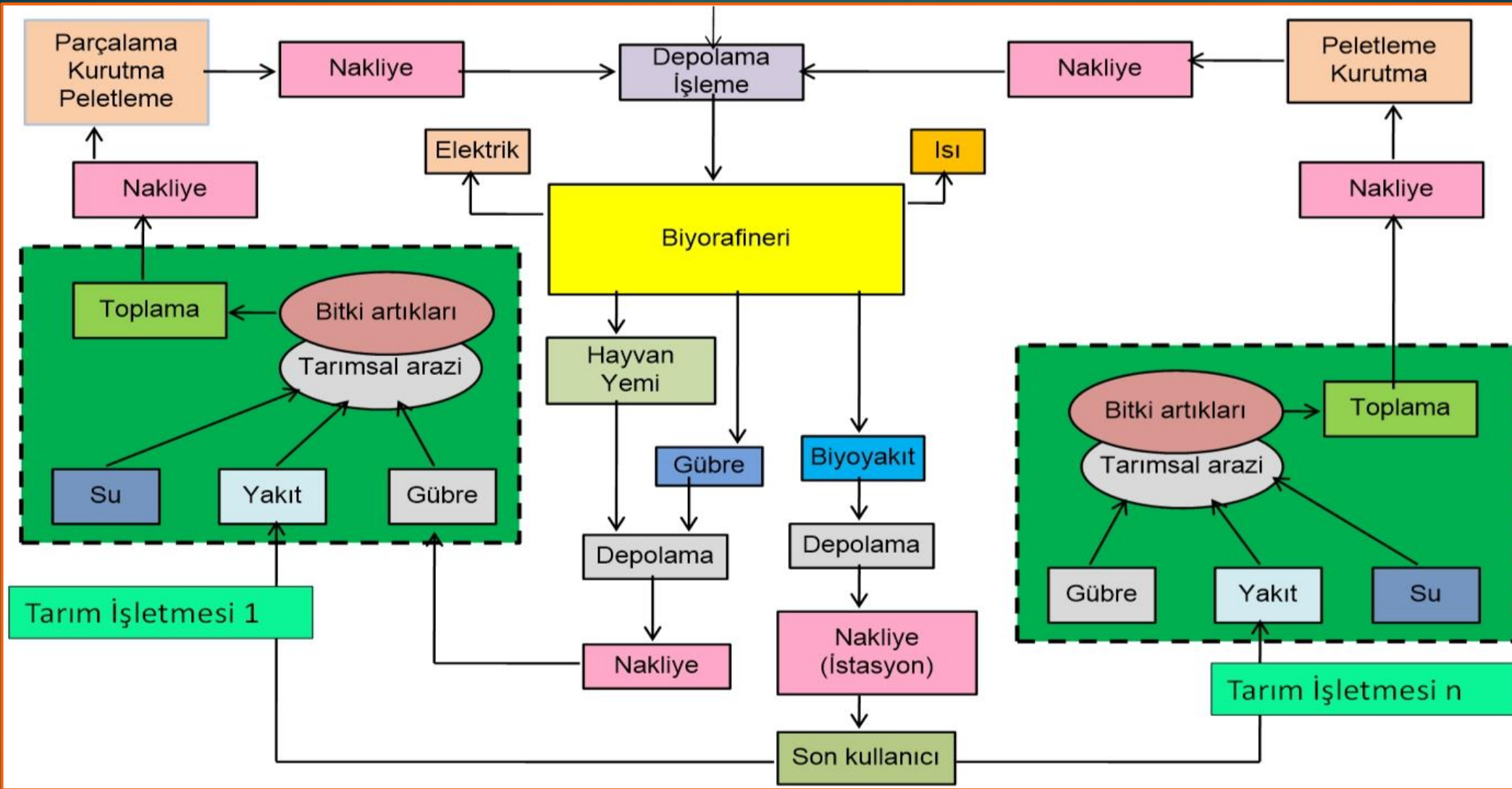
- Biyokökenli ürün (%90'dan daha yüksek oranlarda biyokökenli madde içeren ürün),
- Yüksek biyokökenli ürün içeriğine sahip ürün (%51-90 arasında biyokökenli madde içeren ürün),
- Orta derecede biyokökenli ürün içeriğine sahip ürün (%21-50 arasında biyokökenli madde içeren ürün) ve
- Düşük derecede biyokökenli ürün içeriğine sahip ürün (%20'den daha düşük oranlarda biyokökenli madde içeren ürün) olmak üzere sınıflandırılabilir.

► **Biyokökenli ürünler kullanım alanlarına göre ise;**

- **Biyomalzemeler:** kağıt ve ambalajlar, çeşitli lifler, kompozit malzemeler, yapı malzemeleri, polimerler, yapıştırıcılar, çözücü ve temizleyiciler, boya ve kaplamalar, mürekkepler.
- **Biyokimyasallar:** Yağlama yağları, yüzey tutucular, ara kimyasallar gibi) ve
- **Biyoyakıtlar** (katı, sıvı ve gaz biyoyakıtlar) olmak üzere üç başlık altında incelenmektedir (İşler, 2012).

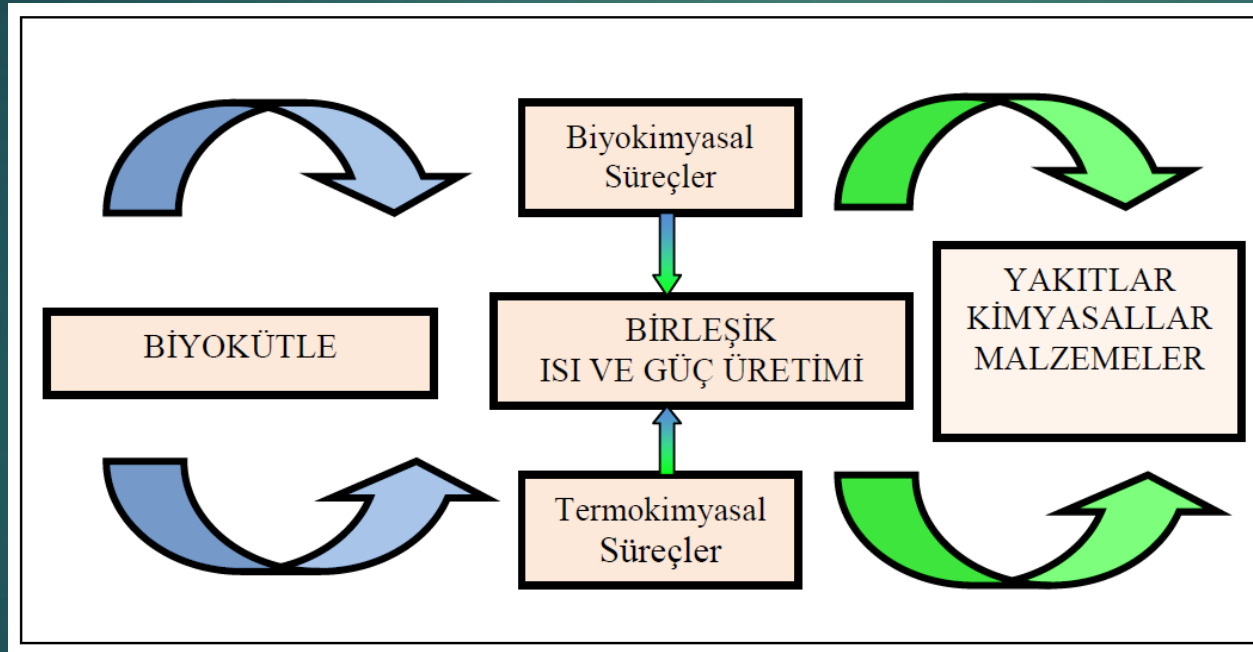
- ▶ Bilinen ilk biyokökenli ürün uygulaması hint tohumu yağının Mısırlılarca aydınlatmada lamba yakıtı olarak kullanılmasıdır. 1960'larda "Yeşil Devrim" ile başlayan biyokökenli endüstriyel ürün teknolojisi günümüzde biyorafineri uygulamaları ile endüstride artan oranlarda yer almaya başlamaktadır. Biyorafineriler temelde petrol rafinerilerine benzemekle beraber, bazı farklılıklar göstermektedirler (İşler, 2012):
- ▶
- ▶ Petrol rafinerilerinde hammadde petrol iken biyorafinerilerde hammadde olarak biyokütle kaynakları kullanılmaktadır.
- ▶ Petrol rafinerilerinde yeni bir ürünün üretilmesi için genellikle sert reaksiyon koşulları gerekirken, biyorafinerilerde daha ılımlı reaksiyon koşulları ile yeni ürünler elde etmek mümkündür.
- ▶ Biyokimyasal proseslerde bertaraf edilmesi gereken katı atık bulunmamakta ve %66 oranında daha az atık su oluşmaktadır. Buna bağlı olarak maliyet de azalmaktadır.

- ▶ Sürdürülebilir biyoyakıt – biyoenerji- biyomateryal üretimi için Şekil 10.6'da gösterilen tarım işletmeleriyle tümleşik biyorafineri modeli önerilebilir. Bu modeldeki alt bileşenler aşağıda sıralanmıştır (Dayıoğlu, 2013):
- ▶ Tarımsal Üretim
- ▶ Lojistik
 - ▶ Hasat
 - ▶ Bitki artıklarını toplama
 - ▶ Hacim küçültme, yoğunlaştırma
 - ▶ Nakliye
 - ▶ Ayıklama + Parçalama + Kurutma + Peletleme
 - ▶ Depolama
 - ▶ Nakliye
- ▶ Biyorafineride işleme
- ▶ Biyorafineride enerji/yakıt/materyal üretimi
- ▶ Biyoyakıt depolama + dağıtımı
- ▶ Hayvan yemi/gübre depolama + dağıtımı
- ▶ Yerel ölçekte tarım işletmelerine lojistik ağlarla bağlantılı birçok örnek biyorafineri modeli yada modelleri oluşturulabilir. Ancak, ekonomik olarak uygulanabilir farklı hasat ve taşıma senaryoları oluşturulmalıdır. Biyokütleden düşük maliyetle enerji elde etmek için optimum lojistik (hasat, toplama, depolama ve taşıma) ağının oluşturulması gereklidir (Dayıoğlu, 2013).



Şekil 10.6 Tarım işletmeleri ile tümleşik biyorafineri modeli (Dayıoğlu, 2013)

- Biyorafinerilerin ekonomik açıdan uygulanabilir olması petrol rafinerilerinde olduğu gibi hammadde esnekliğine sahip olmasıyla sağlanabilecektir. Hammadde kaynağı biyokütle, dönüşüm süreçleri ve elde edilen ürünler Şekil 10.7’de gösterilmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi biyorafineri teknolojileri kapsamında biyokütle fiziksel ve kimyasal dönüşüm süreçlerine tabi tutularak biyokimyasal, biyomalzeme ve biyoyakıtlar gibi farklı endüstriyel ürünlerin eldesi mümkün olabileceği gibi aynı zamanda ısı ve elektrik üretimi ile kojenerasyon ve trijenerasyon uygulamaları da mümkün olmaktadır.



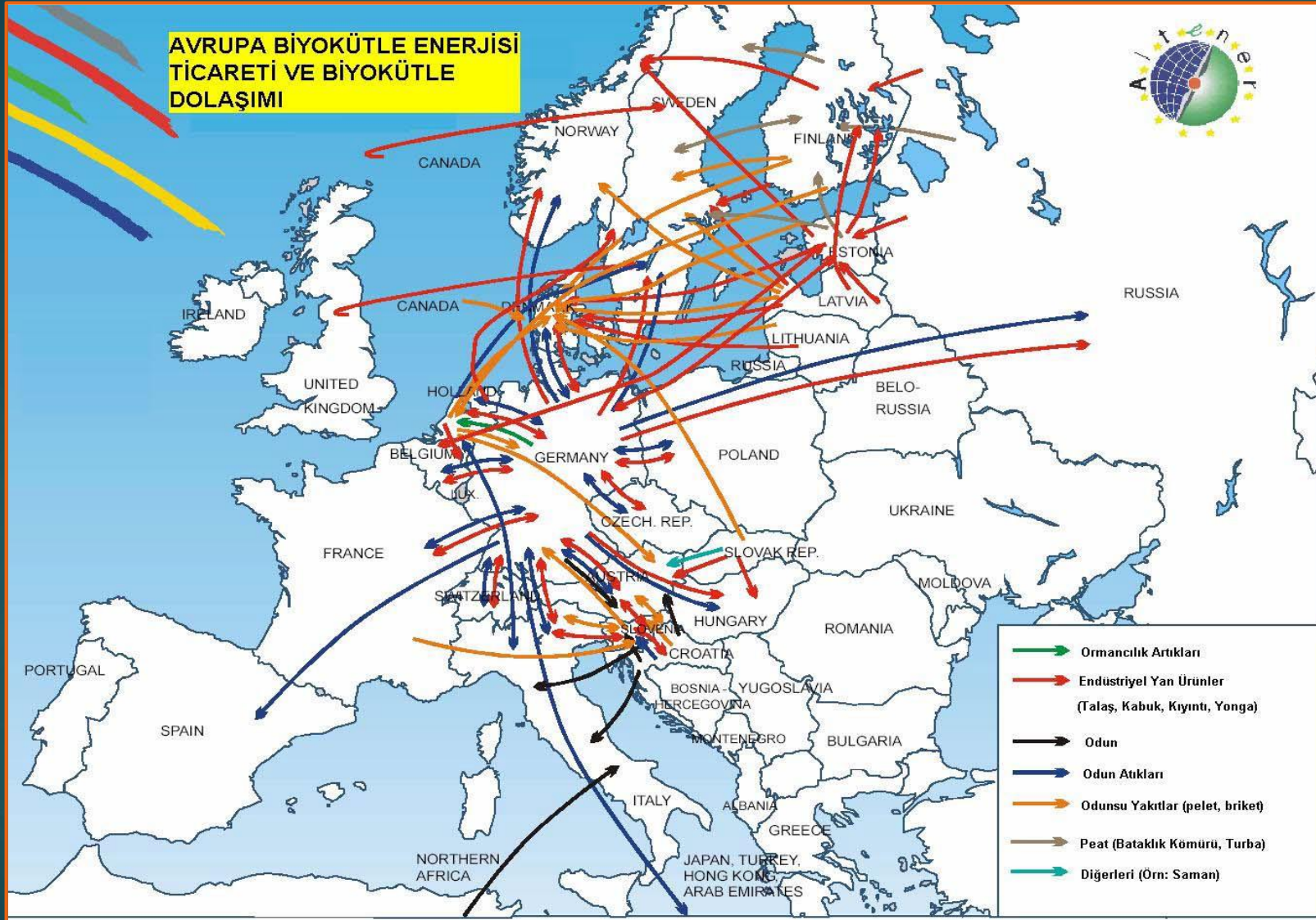
Şekil 10.7 Biyorafineri teknolojisi (İşler, 2012)

10.2 Dünyada Biyoyakıt Teknolojisi

16

- ▶ Dünyada **en yaygın kullanılan biyoyakıtlar biyoetanol, biyodizel ve biyogazdır.** Biyoyakıt üretimi ve kullanımı konusunda en güzel örnek **Brezilya**'dır. Brezilya'da 70 petrol krizinden beri sıvı biyoyakıt olarak etanol üretilmekte ve kullanılmaktadır. **Biyogaz üretimi** tüm Dünyada yaygın olmakla birlikte, **Hindistan ve Çin'de** küçük ölçekli, **Avrupa**'da ise orta ve büyük ölçekli tesislerde üretim gerçekleştirilmektedir. ABD'de ise biyokütle enerjiye dönüştürülerek elektrik üretilmektedir.
- ▶ **Danimarka**'da odun ithalatı artarak katı biyoyakıtlardan **odun briket ve pelet** üretimi yapılmaktadır. Finlandiya biyokütleden sağladığı enerjiyi arttırarak enerji tüketiminin %25'ini biyokütleden karşılamaktadır. Fransa'da biyokütle kaynağı olarak odundan yararlanılmakta ve endüstriyel atıklardan enerji üretiminde yararlanılmaktadır. Hollanda'da büyük miktarlarda odun atığı bulunmakta, atık karışımlarında pelet yapılarak İsveç, Almanya ve Belçika'ya satılmaktadır. İspanya tarımsal üretimde ortaya çıkan önemli miktarda atığa sahiptir. Ülkede orman ve endüstriyel atıkların tümünden yararlanılmaktadır. İsveç'te orman ve orman endüstrisi yan ürünleri, enerji bitkileri, saman kullanılarak enerji ihtiyacının %16'sı biyoyakıtla sağlanmaktadır.
- ▶ **Kanada 2050 yıllarına gelindiğinde enerji tüketiminin %50'sini enerji ormancılığından** karşılamayı hedeflemektedir. **Kanada ve ABD** gıda üretimine engel olmadan büyük alanlarda hızla yetişen ağaçların bulunduğu **enerji ormancılığı** planlamaktadır. İrlanda'da ise turbalık alanlarda enerji ormancılığı düşünülmektedir (Saraçoğlu, 2005; Anonim, 2012e).
- ▶ **AB ülkeleri 2020 yılına kadar enerji kapasitesinin en az %20'sinin yenilenebilir kaynaklardan** olmasını hedeflemektedir. Bu amaçla öncelikli olarak ısıtma-soğutma, elektrik üretimi ve biyoyakıt sektörlerine yoğunlaşmaktadır (Anonim, 2012e).

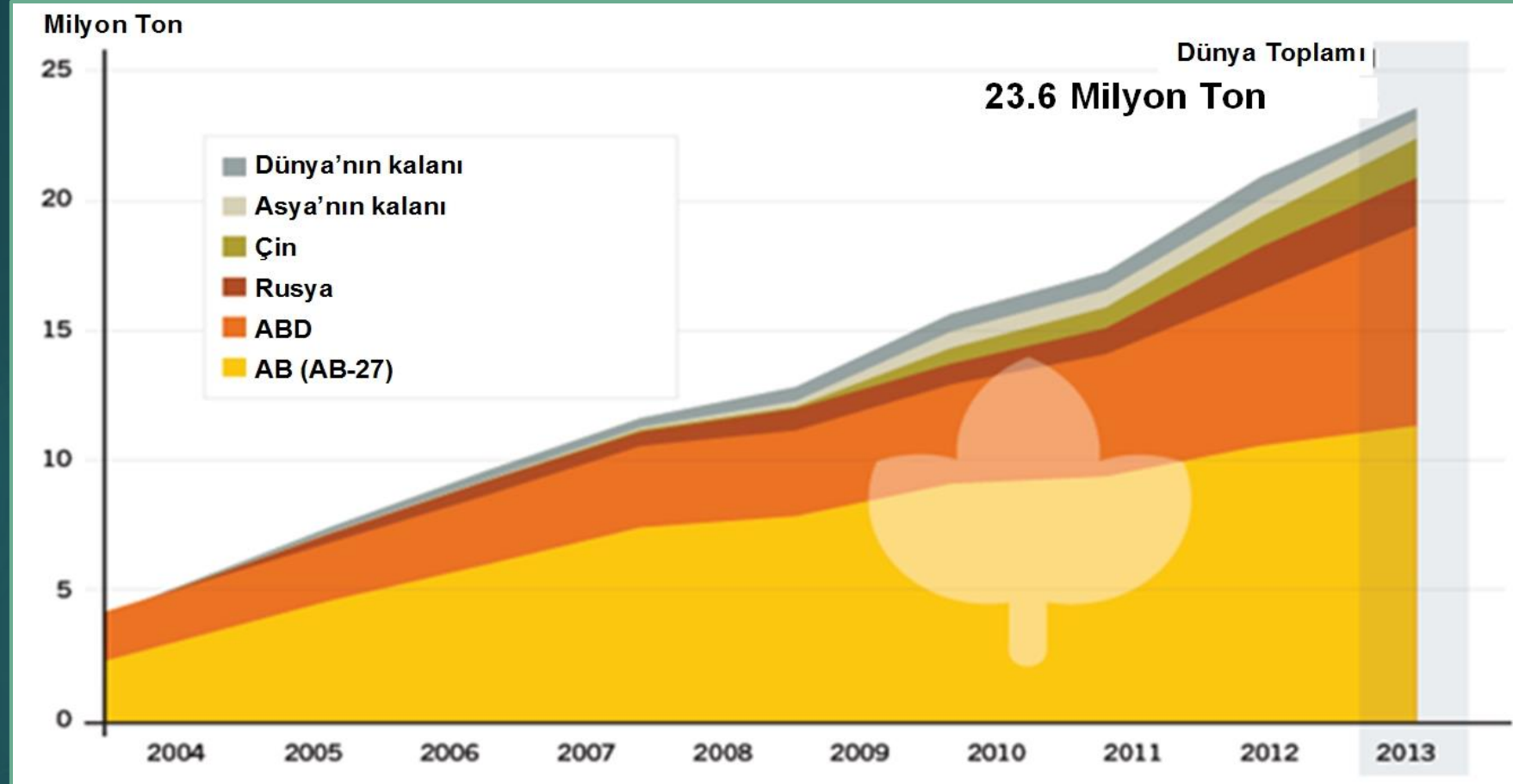
- ▶ AB ülkelerinde her türlü biyokütle kaynaklarının yer aldığı oldukça büyük biyokütle ticareti ve pazarı bulunmaktadır (Şekil 10.8). Bu Pazar içerisinde orman, tarım ürünleri ve atıkları, endüstriyel atıkların hammadde olarak ve üretiminden sonra da pelet yada briket olarak ülkeler arası ticareti yapılmaktadır.



Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Teknolojileri De
Prof. Dr. Ayten Onurbaş Avcıoğlu

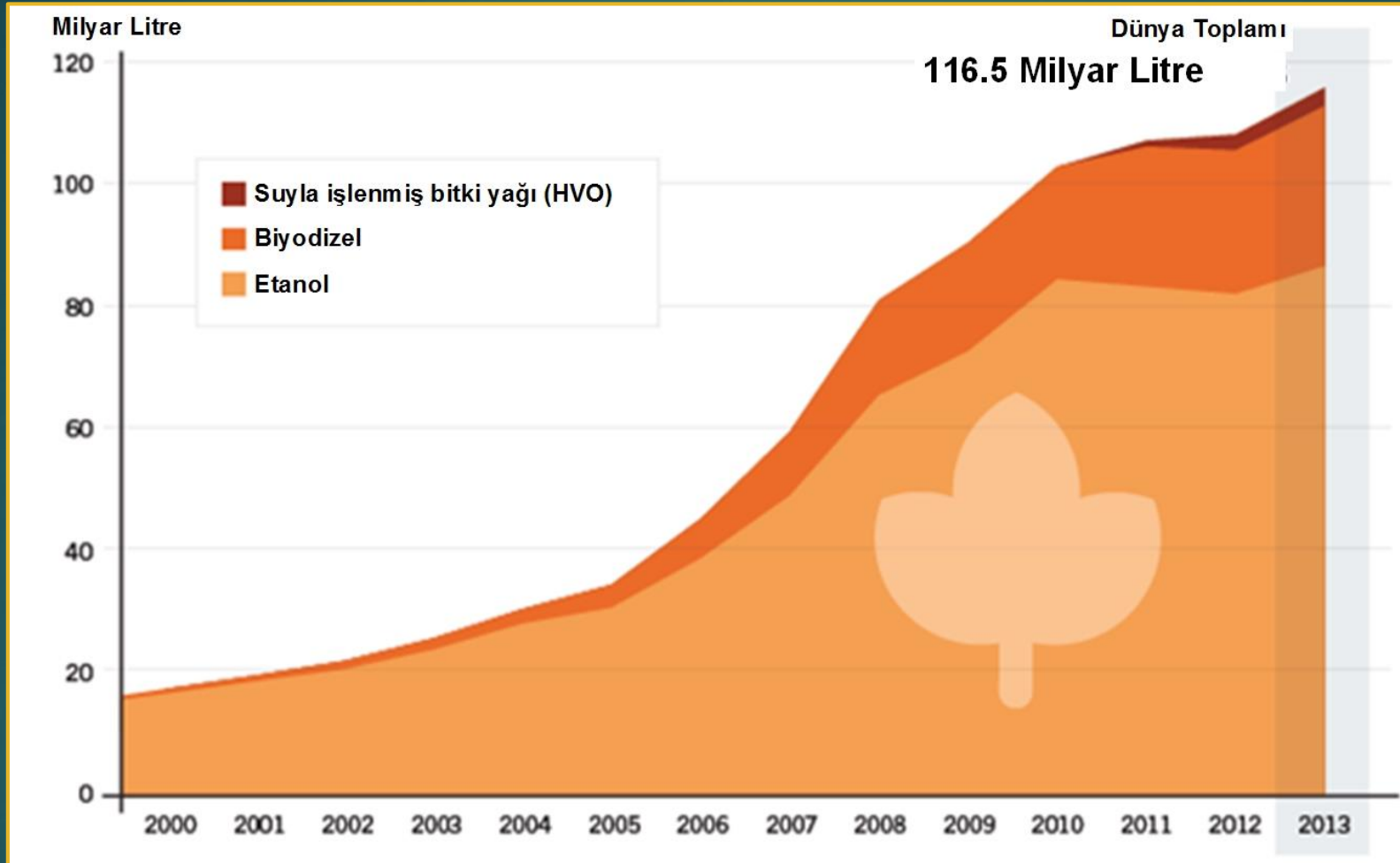
Şekil 10.8 Avrupa biyokütle enerjisi ticareti ve biyokütle dolaşımı (Acaroğlu, 2003a).

- **Küresel pelet üretimi** 2013 yılında 23.6 milyon ton olmuştur. 2012 yılına göre üretimde yaklaşık %13'lük artış olmuştur (Şekil 10.9). AB ülkeleri küresel üretimin yaklaşık yarısını karşılamaktadır. ABD ve Kanada ise %33 paya sahiptir. Bu ülkeleri Rusya ve Çin takip etmektedir.



Şekil 10.9 Küresel odun peleti üretimi (2004-2013) (Anonymous, 2014b)

- Dünyada **sıvı biyoyakıt üretimi** 2000 yılından bu yana çok hızlı bir artış göstermiştir. Şekil 10.10'da 2000-2013 yıllarında küresel etanol, biyodizel ve işlenmiş bitkisel yağ üretim değerleri görülmektedir.



Şekil 10.10 Küresel etanol, biyodizel ve bitkisel yağ üretimi (2000-2013) (Anonymous, 2014b).

- ▶ Küresel biyoyakıt üretimi 2013 yılında 2012 yılına göre yaklaşık %7 artışla 116.6 milyar litre olmuştur. Biyoetanol üretimi %5 artışla 87.2 milyar litre, biyodizel üretimi ise %11'lik artışla 26.3 milyar litreye yükselmiştir. Hidrolik işlenmiş bitkisel yağ düşük miktarda olsa da artmaya devam etmiştir.
- ▶
- ▶ 2010 yılı verilerine göre Dünyada toplam biyoetanol ve biyodizel üretiminde en büyük paya sahip olan ülke ABD'dir ve toplam üretimin %43'ünü karşılamaktadır. İkinci sırada yer alan sıvı biyoyakıt üreticisi %26'lık payla Brezilya'dır. AB ülkeleri içerisinde ise Almanya, Fransa ve İspanya yer almaktadır. Çin ise 2007 yılındaki benzin tüketiminin %20'sini mısırdan üretilen etanolden sağlamıştır. Biyoetanol 52 ülkede destek görmeye beraber en yüksek oranda ABD ve Brezilya'da üretilerek tüketilmektedir (Ünal ve Kızılaslan, 2014).
- ▶
- ▶ Avrupa'da biyodizel üretimine daha fazla önem verilmektedir. Bu özellik kıtanın coğrafyasından ve burada yetişebilen ürünlerin özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Dünya biyoyakıt üretiminde etanol üretimi daha yüksek oranda olmasına karşın, yıllara göre biyodizel üretimindeki artış daha yüksek olmaktadır.
- ▶
- ▶ AB ülkelerinde 2008 yılında biyogazın yenilenebilir enerji kaynakları içerisindeki oranı %5.1'dir. Biyogaz ısı ve elektrik enerjisi kaynağı olarak kullanılmaktadır. Biyogaz üretiminde ilk sırayı alan ülke Almanya'dır. Bu ülkeyi Büyük Britanya ve İtalya takip etmektedir (Ünal ve Kızılaslan, 2014).

10.3 Türkiye'de Biyoyakıt Teknolojisi

21

- ▶ **Ülkemiz biyokütle potansiyelinin** büyük çoğunluğunu da tek yıllık tarla ürünleri artıkları oluşturmaktadır. Tarla ürünlerinin enerji değerleri içerisinde en yüksek paya sahip olanlar mısır, buğday ve pamuktur. Ülkemizde yüksek miktarda tarımı yapılan bu ürünler enerji kaynağı olarak kullanılabilir (Anonim, 2012e). Bahçe bitkileri yetiştiriciliğinde ortaya çıkan artıklarda ise enerji içeriği açısından fındık ve zeytin atıkları ilk sıraları almaktadır (Başçetinçelik vd, 2005; Anonim, 2012e). Türkiye'de hayvan yetiştiriciliğinde ise atıkların enerji potansiyeli açısından en önemli değere büyükbaş hayvan atıkları sahiptir (Başçetinçelik ve ark. 2005; Onurbaş Avcioğlu ve Türker, 2012; Anonim, 2012e).
- ▶
- ▶ Türkiye'de orman arazisinin yaklaşık üçte biri bozuk ormandır ve bu alanların büyük bir kısmı enerji ormancılığı için kullanılabilir. Bu konudaki çalışmalar Ülkemizin çeşitli bölgelerinde devam etmektedir. Bu alanlardan elde edilecek odun ürünleri, kabuk, talaş, yonga gibi yan ürünlerden ısı ve elektrik enerjisi kaynağı olarak yararlanmak mümkündür (Saraçoğlu 2005, Turan, 2009).
- ▶
- ▶ **OGM-Orman Genel Müdürlüğü'nün biyokütleden enerji elde edilmesi** konusundaki çalışmalarını özellikle Akdeniz Bölgesinde devam etmektedir. **Çaycuma** Kağıt Fabrikasında üretimde çıkan atıklardan yararlanılarak **10 MW'lık tesiste** elektrik elde edilmektedir.

- ▶ Türkiye’de çok az sayıda **katı atık yakma tesisi** bulunmaktadır. Bunlar; İzmit Solaklar yakma tesisi ve İstanbul BB’nin Göktürk’teki 1995’te kurulan Tıbbi Atık Yakma Tesisidir (Anonim, 2012e).
- ▶ Türkiye’de **ilk çöp gazı santrali Bursa-Demirtaş’ta** kurulmuştur. Bu santral 1.4 MW’lık kapasiteye sahip olup $10 \cdot 10^6$ kWh/yıl elektrik elde edilmektedir. Bunun dışında **Ankara-Mamak, İstanbul-Odayeri, İstanbul-Kömürcüoda ve Gaziantep’te de çöp gazı santralleri** bulunmaktadır (Anonim, 2012e).
- ▶ **Türkiye’de 2016 Şubat itibariyle 67 adet Biyogaz, Biyokütle, Atık Isı ve Pirolitik Yağ Enerji Santralleri bulunmaktadır.** Bu santrallerin toplam kapasitesi **328 MW**’dır (<http://www.enerjiatlası.com/biyogaz/>).
- ▶ Aralık 2016: **81 tesis 464.8 MW**

- ▶ Türkiye'de biyoetanol ilk olarak 1931'deki Ziraat Kongresinde konuşulmuş ve 1936'da da Atatürk tarafından hazırlatılan 2. Beş Yıllık Kalkınma Planında yakıtların kendi öz kaynaklarımızdan üretilmesi gerekliliği vurgulanmıştır. 1942'de ilk olarak ordu bünyesinde benzin içerisine %20 etanol katılarak kullanılmıştır. Enerji krizleri sonrasında dünyada yoğunlaşan Ar-Ge çalışmalarına paralel olarak Türkiye'de de çalışmalar başlamıştır. Bu kapsamda Şeker Fabrikaları bünyesinde alkol üretimi ile ilgili planlamalar ve kurulum çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalar sadece bilimsel çalışmalarla sınırlı kalarak 2000'li yıllara kadar gelmiştir (İşler, 2012).
- ▶ **Türkiye'de 3 adet biyoetanol üretim tesisi bulunmaktadır. Bunlar;**
- ▶ Hammadde olarak şeker pancarı ve şeker üretiminde arta kalan melasın kullanıldığı Konya Şeker San. ve Tic. A.Ş. bünyesindeki **Çumra Şeker Fabrikasının biyoetanol tesisi,**
- ▶ Bursa-Mustafakemalpaşa'da faaliyet gösteren buğday ve mısırdan üretim yapan **TARKİM AŞ.,**
- ▶ Adana'da buğday ve mısırdan üretim yapan **TEZKİM AŞ'**dir.
- ▶ Bu tesisler dışında **Eskişehir Şeker Fabrikası Alkol Üretim Tesisi** bulunmasına karşın üretim yapılmamaktadır.

▶ Türkiye’de biyoetanol 5015 Sayılı Petrol Piyasası Kanunu kapsamında “Akaryakıtla Harmanlama Bileşeni” olarak tanımlanmış olup TS EN 228 otomotiv benzini standardına göre benzin katkısı olarak kullanılabilir. Biyoetanolün yerli kaynaklardan üretimi ve akaryakıt ile eşdeğer vergiye tabi olmaksızın tanımlanması kanunda belirtilen “Akaryakıtla Harmanlanan Ürünler: Metil tersiyer bütil eter (MTBE), Etanol v.b. (yerli tarım ürünlerinden denatüre üretilenler ile biyodizel hariç) akaryakıt ile eşdeğer vergiye tabi olan ve olacak ürünleri” şeklinde ifade edilmektedir. İlgili yasal düzenlemeler ile benzine hacmen en çok %2 oranında katılacak yerli kaynaklardan üretilen biyoetanol için özel tüketim vergisi (ÖTV) değeri sıfırdır (İşler, 2012).

▶ Zorunluluk kapsamında Türkiye’de 27 Eylül 2011 28067 Sayılı resmi gazetede, “piyasaya akaryakıt olarak arz edilen benzin türlerinin, **yerli tarım ürünlerinden üretilmiş etanol** içeriğinin; **1/1/2013 tarihi itibarıyla en az % 2 (V/V), 1/1/2014 tarihi itibarıyla en az % 3 (V/V), olması zorunludur**” olarak belirtilmiştir. Bununla birlikte biyoyakıt üretimi için enerji bitkilerine destekler artırılmıştır. Bu bitkileri biyoyakıt potansiyeli açısından daha verimli hale getirmek ve biyoyakıtlarla ilgili çalışmalar için 2011 yılında Samsun’daki Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü kapatılarak, **Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü** kurulmuştur. (Ünal ve Kızılaslan, 2014).

- ▶ Türkiye'de biyodizel 5015 sayılı "Petrol Piyasası Kanunu" içerisinde özetlenmektedir:
- ▶
- ▶ Biyodizel akaryakıt sektörünün üçüncü motor yakıtı olup benzin ve motorin için geçerli tüm yasal tanımlama, düzenleme ve denetlemelere tabidir.
- ▶ Biyodizel ısıtma yakıtı olarak fuel oil ve kalyak gibi mevcut yakıtlarla aynı yasal düzenlemelerde denetlenmekte olup yakıtbiyodizelin taşıt yakıtı olarak kullanımı yasaklanmıştır.
- ▶ Biyodizel üreticileri Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'ndan işleme lisansı almalıdır.
- ▶ "Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği" kapsamında, bitkisel atık yağlardan geri kazanım tesislerinde biyodizel üretimi mümkündür.
- ▶ Otobiyodizel TS EN 14214, yakıtbiyodizel TS EN 14213 standartlarına uygun olmalıdır. Otobiyodizel TS 3082 (EN 590) standardına uygun olarak hacmen en çok %5 oranında motorin ile harmanlanabilir ve bu biyodizel katkılı motorinler bütün taşıtlarda tüm garantiler kapsamında kullanılabilir.
- ▶ Yerli tarım ürünlerinden üretilen otobiyodizel motorine hacmen en çok %2 oranında katıldığında eklenen kısmın ÖTV değeri sıfırdır.
- ▶ **Eylül 2011'de yayımlanan tebliğe göre "Piyasaya akaryakıt olarak arz edilen motorin türlerinin, yerli tarım ürünlerinden üretilmiş yağ asidi metil esteri içeriğinin 2014 yılı itibariyle en az %1, 2015 yılı itibariyle en az %2, 2016 yılı itibariyle en az %3 olması zorunludur"** (İşler, 2012).
- ▶
- ▶ 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 Türkiye'de bu sektör duraklamış vaziyettedir. Çoğu üretici lisanslarını iptal ettirmiş, lisansı olanlarda üretim yapamaz duruma gelmiştir. Türkiye'de sadece bir firma tarafından 20 bin tonluk bir üretim yapıldığı bilinmektedir. Türkiye'de 2012 yılı itibari ile 34 adet biyodizel üretimi için İşleme Lisansı almış tesis bulunmaktadır. Bu tesislerin toplam biyodizel üretim kapasitelerinin 561217 ton olduğu EPDK tarafından bildirilmiştir (Unal ve Kızılaslan, 2014).

10.4 Pelet ve Briket Teknolojisi

26

▶ Tarımsal üretim sonucu ortaya çıkan atıklar **yüksek nem oranı ve düşük yoğunlukları** nedeniyle taşıma, depolama enerji elde etme amacıyla kullanımlarında sorun oluşturmakta ve ekonomik olmamaktadır. Bu atıkların ekonomik ve etkin bir şekilde kullanılmaları çeşitli yöntemlerle sıkıştırılarak **pelet yada briket** yapılmalarıyla sağlanmaktadır.

▶ Henüz işlem yapılmamış biyokütlenin olumsuz özellikleri şunlardır:

▶ Birim hacim yada kütledeki ısı değerleri düşüktür.

▶ Yanmanın hızlı olması nedeniyle materyal besleme hızının da yüksek olması gerekir.

▶ Yakma hızının kontrolü güçtür.

▶ Materyalin kalitesi ve ısı değeri değişkendir.

▶ Sürekli beslemede mekanizasyon açısından zorlukla vardır.

▶ Materyalin depolanmasında büyük hacim gerekmektedir.

▶ Materyalin taşınması ve dağıtımı ekonomik olmamaktadır.

- ▶ İşlenmemiş biyokütlenin olumsuz özelliklerinin çoğu yığın yoğunluklarının düşük olmasında kaynaklanmaktadır. Bu özelliklerin iyileştirilmesi sıkıştırma işlemiyle giderilmektedir. Çeşitli işlemlerle sıkıştırılmış biyokütlenin özellikleri aşağıda sıralanmıştır.
- ▶
- ▶ Kömürle karşılaştırılabilir yanma hızına sahiptir.
- ▶ Izgaralı yakma tesislerinde yakılabilir.
- ▶ Homojen yanma gerçekleşir.
- ▶ Depolandığı ortamda kendiliğinden tutuşma olasılığı düşüktür.
- ▶ Daha yüksek verimlilikle taşıma, depolama ve besleme yapılabilir (Karaca, 2009).

- Peletleme ve briketleme işlemleri sırasında yapılan kurutma ve yüksek basınç uygulaması elde edilen materyallerin yoğunluk ve enerji değerlerinin de artmasını sağlamaktadır. Pelet ve briketlerin ortalama özellikleri Çizelge 10.2'de verilmiştir.

Çizelge 10.2 Pelet ve briketlerin özellikleri (Karayılmazlar vd, 2011)

Özellikler	Peletler	Briketler
Isı değeri	16.92 – 17.64 MJ/kg	16.92 – 17.64 MJ/kg
Yoğunluk	650 – 700 kg/m ³	650 – 700 kg/m ³
Çap	6 – 16 mm	65 mm
Uzunluk	20 – 30 mm	25 – 200 mm
Kül içeriği	0.4 – 1.0 %	0.5 %
Rutubet	7 – 12 %	7 – 12 %

10.4.1 Peletleme teknolojisi

29

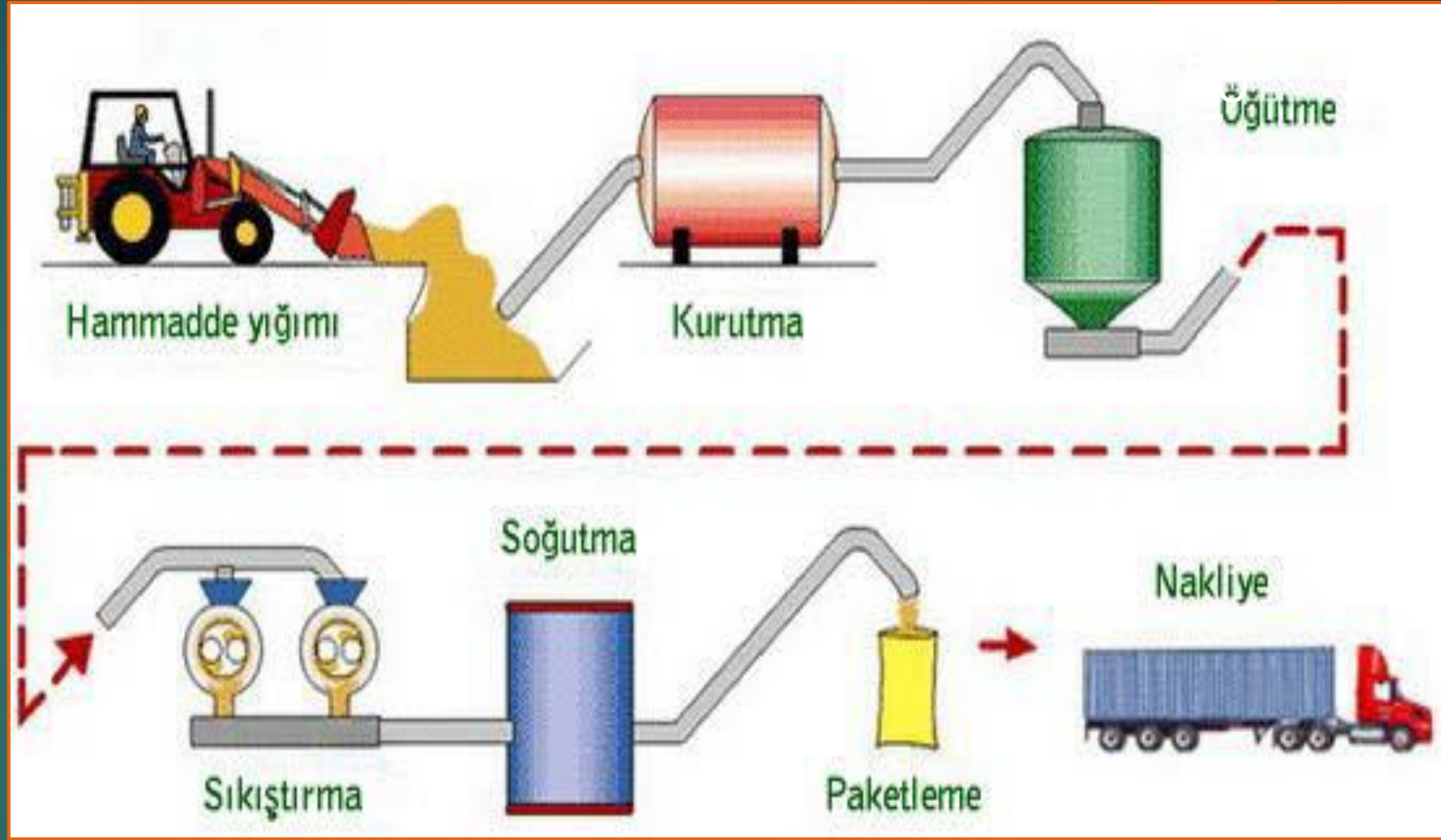
► Sözlük olarak **pelet**; topak, yumak, tablet, misket gibi anlamlarına gelmektedir. Terminolojik olarak ise; yaklaşık **6-10 mm'lik çaplarda** ve **10-50 mm'lik uzunluklarda** küçük silindirler şeklinde sıkıştırılarak doğal ürün ve atıklardan elde edilen bir yakıt türüdür. **Hammadde olarak her türlü tarım ve orman ürünleri, kabuk, sap, saman gibi atıklar kullanılabilir.**

► Odun peletleri genellikle testere talaşının sıkıştırılması ile üretilen bir odun yakıtı tipidir. Peletler çok yoğun ve küçük rutubet yüzdesi nedeniyle yüksek bir yanma verimliliği ile enerji üretirler. Odun peletleri **odun hammaddelerine kıyasla 4 ile 10 kat daha yoğun bir yakıttır**. Bu yüksek yoğunluk (650 kg/m^3) yoğun bir depolama ve uzak mesafelere uygun ve ucuz nakliyyeyi sağlar (Çelik, 2011).



▶ Peleti farklı şekillerde üretmek mümkün olsa da en az maliyetle, güvenilir ve kaliteli ürünü Avrupa standartlarına uygun olarak üretmek için hammaddenin şu üretim aşamalarından geçirilmesi gerekmektedir (Şekil 10.11):

- ▶ Depolama,
- ▶ Ayrıştırma,
- ▶ Değirmen (Öğütme),
- ▶ Fırınlama,
- ▶ Depolama(Kuru Malzeme Ara Deposu),
- ▶ Karıştırma,
- ▶ Ara Silo,
- ▶ Presleme,
- ▶ Soğutma,
- ▶ Eleme,
- ▶ Nihai Silo (Anonim, 2009c).



Şekil 10.11 Pelet üretim aşamaları (Anonim, 2009c)

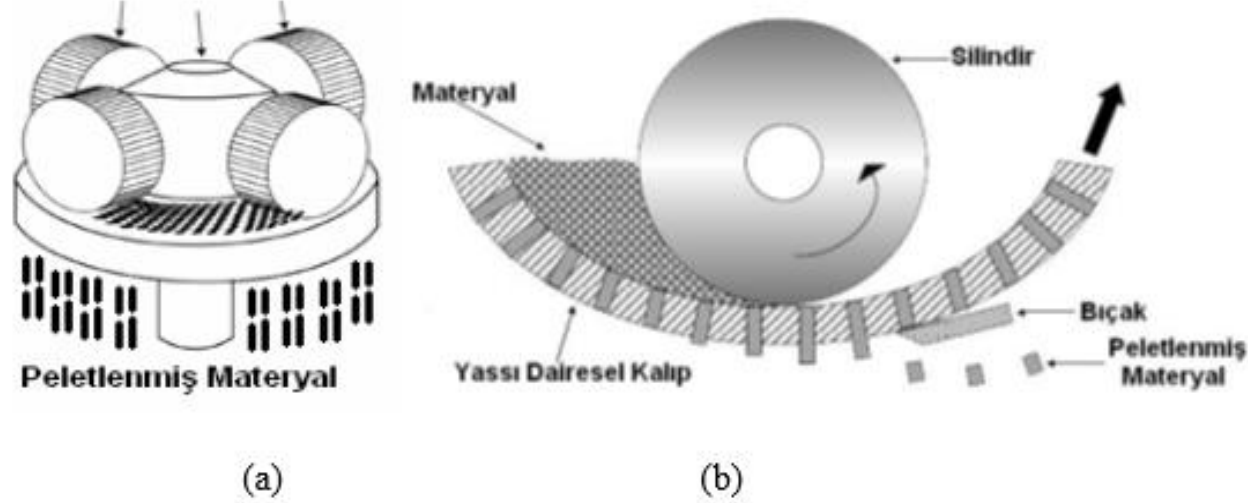
- ▶ Üretim sürecinde; atık biyokütle kurutma işlemiyle nem oranı düşürüldükten sonra değirmenlere verilerek öğütülür ve toz haline getirilir. Kurutulmuş materyal yüksek basınçlarda sıkıştırılarak pelete dönüştürülür. Presten çıkarılan sıcak peletler soğutulur ve paketlenerek dağıtımına uygun duruma getirilir.
- ▶
- ▶ Doğal bir yakıt olan pelet, evde sobalarda, kalorifer kazanlarında, sanayide, ekmek fırınlarında ve daha birçok alanda kullanılabilir. Kullanım şeklinde ise soba yada kazanlara elle besleme yapılabileceği gibi büyük tesislerde otomatik besleme de yapılabilmektedir. Bu sistemlerde kül oranı çok düşük olduğu için boşaltma işlemi uzun süreler sonrasında yapılabilir. Bu özellik temizlik açısından büyük avantaj sağlamaktadır. Peletlerin yakma sistemlerinde kullanımı son derece basit ve kolaydır (Çelik, 2011).

Pellet Sektörünün Kuvvetli Yönleri	Pellet Sektörünün Zayıf Yönleri
<ul style="list-style-type: none"> - Yenilenebilir yerli yakıt - CO2 emisyonu dikkate alındığında çevre dostu - Kolay taşınır, kullanılabilir - Temiz yanar ve az kül bırakır - Donmaz ve çürümez - Az yer gereksinimi (depolama) - Yüksek enerji içeriği - Hammedisine kolay ve ucuz ulaşılabılır - Diğer yakıt türlerine nazaran daha sabit fiyat - Küçük fırınlardan büyük tesise kadar değişen uygulama imkanı 	<ul style="list-style-type: none"> - Tüketici konu ile ilgili bilgi sahibi değil - Yeni Pazar olması nedeniyle zayıf - Rekabet edilen diğer kaynaklara karşı pahalı ekipman - Şimdilik yetersiz yakıt servisi - Taşıma giderleri ekipman nedeniyle pahalı - Pellet standardının yetersiz ve farklı olması - Kullanılan ekipmanların kalite standardının oturmamış olması - Üretim teknolojisi hala emekleme döneminde - Parça emisyonu - Isınma sistemi tüketiciyi bağlıyor
Pellet Sektörünün Çevresel Bakımdan Avantajları	Pellet Sektörünün Çevresel Bakımdan Dezavantajları
<ul style="list-style-type: none"> - Değişken petrol fiyatları - Artan elektrik fiyatları - Biyoenerjinin politika olarak tercih edilmesi - Ağaç işleyen sanayinin gelişmesine paralel olarak artan atıkların pellet hammaddesini ucuzlatması - Çevre temizliği bilincinin artması 	<ul style="list-style-type: none"> - Çevre kanunlarının pellet endüstrisine uygun olmaması - Hammadde eksikliği ve aynı hammaddenin başka alanlarda da kullanılması - İthal edilen diğer yakıtların azalması - Pelletin odun yongası ve yakılacak odun ile rekabet etmesi

► Pelet ile ısınma sistemleri iki türdür; bunlardan birincisi 100 m² ile 5000 m²'lik alanlara uyumlu pelet kalorifer sistemleridir. Bir diğeri ise pelet sobalarıdır. Peleti sobalarda ve kalorifer kazanlarında kullanırken dikkat edilmesi gereken en önemli husus dağılmış haldeki küçük parçalar haline gelmiş peletlerin kullanılmamasıdır. Kazanlara zarar vermeden, yakıt tasarrufu sağlayacak şekilde tasarlanmış olan DIN-Plus Normlu pelet üretilmeli ve bu peletler kullanılmalıdır. Pelet sektörüne ait SWOT Analizi (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats, GZFT-Güçlü yönler, Zayıf yönler, Fırsatlar, Tehditler) ise Çizelge 10.3'de verilmiştir. (Saraçoğlu ve Gündüz 2009).

Çizelge 10.3 Pelet sektörüne ait SWOT Analizi
(Saraçoğlu ve Gündüz 2009; Çelik, 2011)

- ▶ Peletleme işlemi briketleme işlemiyle hemen hemen benzerdir. Temel farkları, kalıbın daha küçük çaplı (genellikle yaklaşık 30 mm' den büyük) ve her makinanın kalın disk veya halkaya delinmiş delikler şeklinde olmasıdır. Materyal silindirler (iki yada üç) vasıtasıyla kalıba sıkıştırılır. Basınç, kalıbın merkez çizgisine dik hareket eden silindirin, materyali sıkıştırmasıyla oluşturulur (Şekil 10.12). Sıkıştırma hızı, piston presle kıyaslandığında önemli derecede daha yavaştır. Diğer bir deyişle, materyal içerisine sıkışan havanın çıkması için yeterli süre verilir. Kalıbın uzunluğu, yeterince basınç altında tutmak için hareketsizlik süresini kısaltabilir. Uzunlukları normal olarak çapının bir veya iki katı olunca kesilen peletler kalıptan ayrıldığında hala sıcaktırlar. Başarılı bir pelet yapma işlemi için, sıkıştırma işleminden sonra oldukça detaylı ayarlanmış bir soğutma sistemi gereklidir



Şekil 10.12 Düz kalıplı (a) ve çember kalıplı (b) peletleme teknolojisi (Karaca, 2009)

video

Pelet preslerinin düz ve çember olmak üzere iki tipi vardır. Düz kalıp, dairesel sıralı delikli disk üzerinde iki yada daha çok silindir yaklaşık 2-3 m/s hızla döner. Diğer bir deyişle, her bir delik bir silindir tarafından saniyede birkaç kez daha fazla işlenir. Diskler yaklaşık 300 mm den 1500 mm' ye kadar değişen çaplara sahiptirler. Silindirler yaklaşık 500-7500 cm² yüzey tarayacak şekilde (silindirler altında aktif alan) oluşturulmuş olup, genişlikleri 75-200 mm aralığındadır (Karaca, 2009).

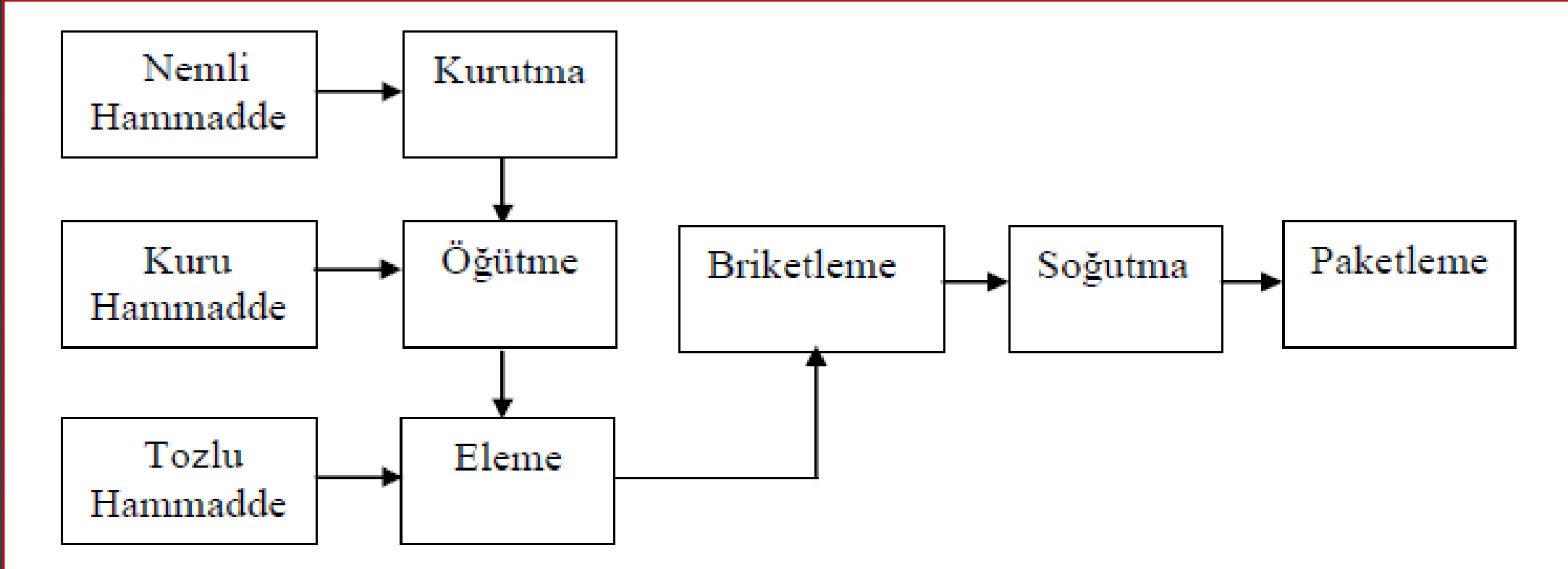
Çember kalıplı presler, dönen delikli çemberin iç çevresine bastırılan silindirlerden (normalde 2 veya 3 adet) oluşur. Çemberlerin iç çapları 500-6000 cm² arasında yüzey tarayacak şekilde yaklaşık 250-1000 mm arasında değişir (Eriksson ve Prior, 1990; Karaca, 2009).

10.4.2 Briketleme teknolojisi

- ▶ Briketleme de peletlemede olduğu gibi parçalanmış materyallerin sıkıştırılarak yoğunluğunun artırılması işlemidir. Peletlemeden farkı **25 mm'den daha büyük çaplı parçaların** elde edilmesidir.
- ▶
- ▶ Briketleme ile biyokütlenin **100–200 kg/m³'lik** özgül kütlesi **1200 kg/m³'e** yükseltilebilmektedir (Kürklü ve Bilgin, 2005). Briket; küçük parçalar halindeki katı yakıtların, gereğinde **yapıştırıcı maddelerle** sıkıştırılarak biçimlenmesi yoluyla elde edilen daha büyük parça halindeki yakıttır (Acaroğlu, 2003; Karaca, 2009).

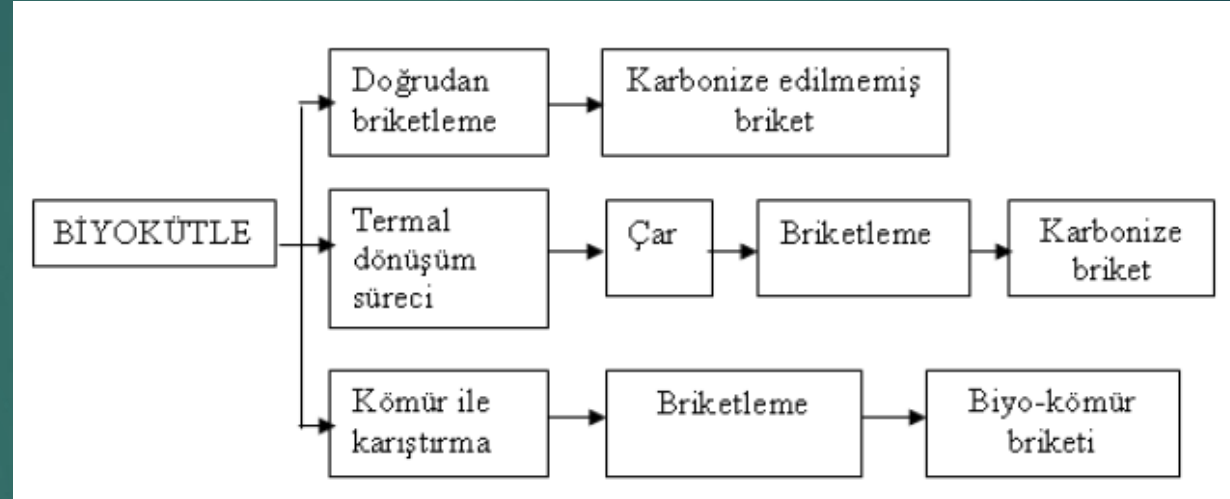


- Briketleme işlemini Şekil 10.13'de gösterilen basamaklardan oluşmaktadır (Kaliyan ve Morey, 2009; Ulu, 2011).



Şekil 10.13 Briket üretiminin basamakları (Ulu, 2011)

- Biyokütleden briket üretiminde bir çeşit biyokütle ya da farklı çeşit biyokütlelerin karışımları kullanılabilir. Briket üretimi Şekil 10.14'de görüldüğü gibi üç farklı şekilde gerçekleştirilmektedir. (Gönen, 2010; Ulu, 2011).



Şekil 10.14 Biyokütleden briket üretim yöntemleri (Gönen, 2010; Ulu, 2011)

▶ Briketleme işlemini **4 farklı uygulama şeklinde** yapılmaktadır. Bunlar (Karaca, 2009):



▶ **1. Yapıştırıcısız Briketleme:** Materyalin yüzey geriliminden yararlanarak ve **basınç uygulanarak biçimlendirme**,

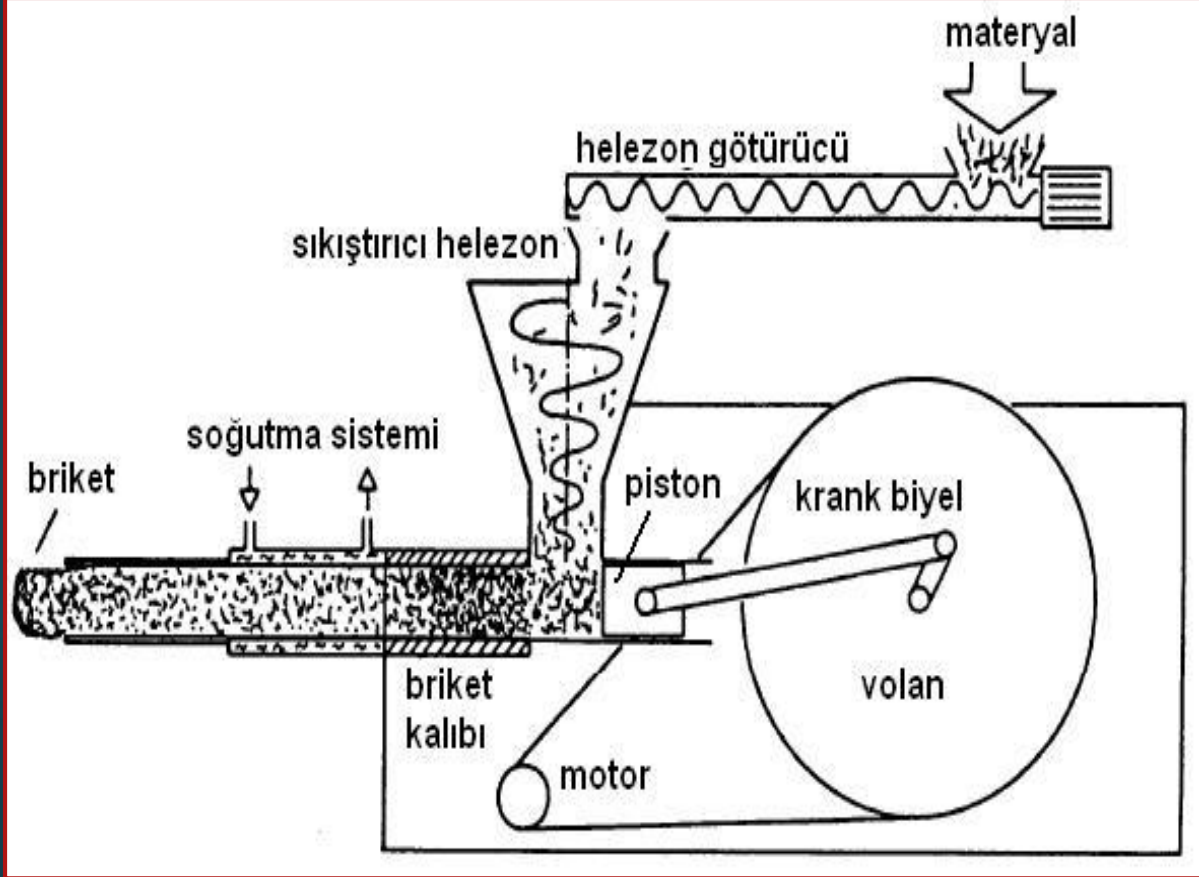
▶ **2. Yapıştırıcılı Briketleme:** Materyalin **basınç uygulanarak ve bir yapıştırıcı madde** yardımıyla biçimlendirme,

▶ **3. Sıcak Briketleme:** Biyokütle materyalinin **ısıtılarak yapışma özelliği** kazanmasından faydalanarak biçimlendirme,

▶ **4. Soğuk Briketleme:** Materyalin ısıtma uygulanmadan biçimlendirilmesi işlemidir.

▶ Biyokütlenin sıkıştırılma sıcaklığı; briket yoğunluğu, nem içeriği ve parçalanma dayanımına bağlı olarak değişir. Sıkıştırılma sıcaklığı biyokütlenin çözülme sınırı olan 300°C' yi aşmamalıdır. Nem içeriği %6-8 arasında olmalıdır. Nem içeriğinin %10'dan fazla olması durumunda kabarma ve dağılma oluşabilir. Briket yapımında biyokütle materyaline yapıştırıcı ve bağlayıcı olarak kömür tozu, odun talaşı, nişasta ve melas gibi maddeler katılır (Öztürk, 2008).

- ▶ Briketleme makineleri; **Piston Presli Briketleme Makinaları ve Vidalı Briketleme Makinaları** olmak üzere iki grupta incelenmektedir.
- ▶ Piston pres, pistonun silindir içerisine gönderilen materyali kesikli git-gel hareketiyle sıkıştırmaya ve gittikçe daralan kalıp içerisine doğru iterek briketleme yapması şeklinde çalışır (Şekil 10.15). Piston hareketini, volana bağlı krank biyel mekanizmasından veya hidrolik bir pompa mekanizmasından almaktadır. Dolayısıyla mekanik ve hidrolik iki tip piston presli briketleme makinası vardır (Şekil 10.16) (Karaca, 2009).



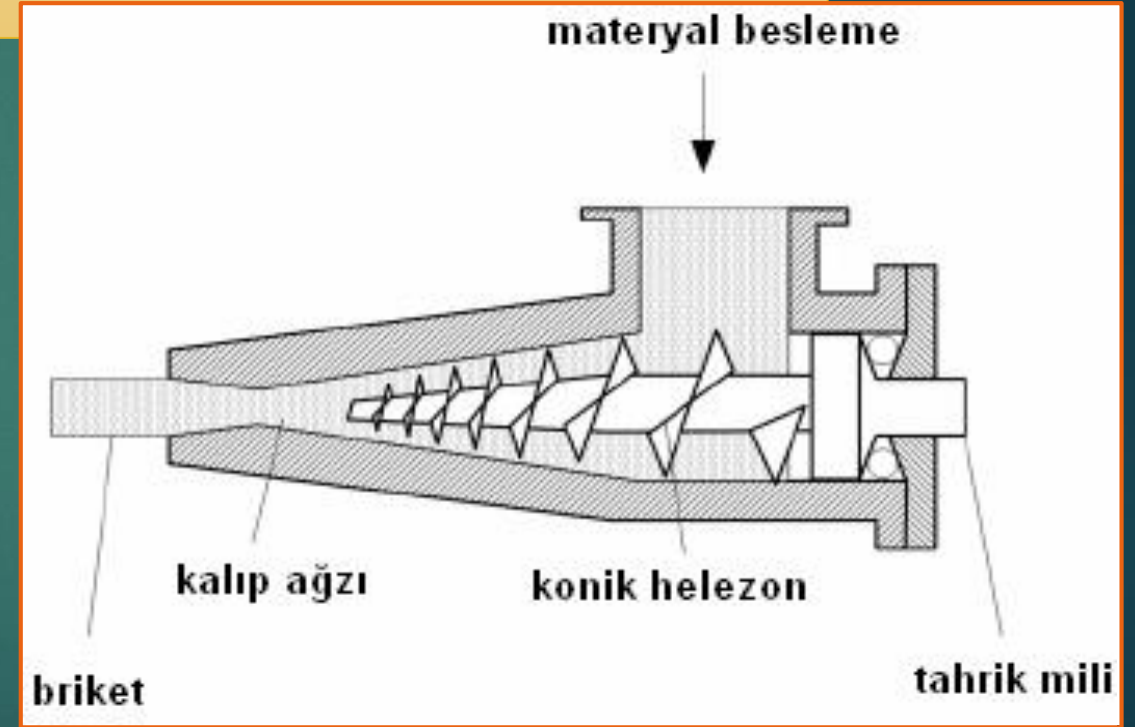
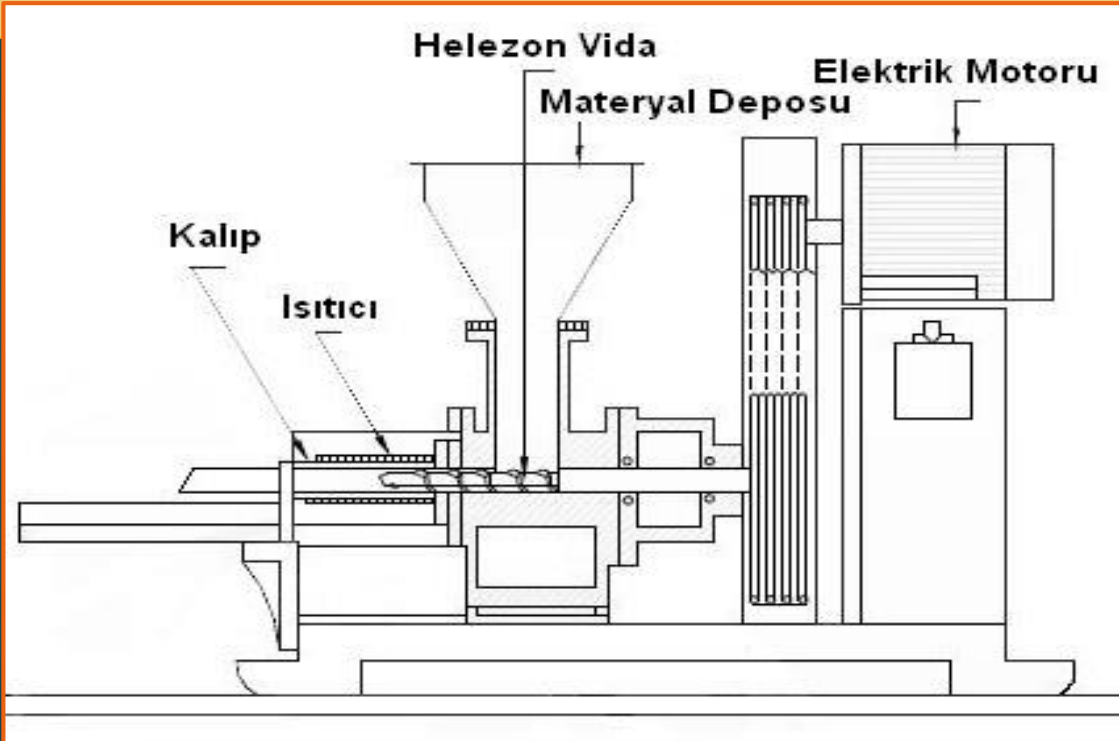
Şekil 10.15 Piston presli briketleme makinesinin şematik görüntüsü (Karaca, 2009)



Şekil 10.16 Mekanik (a) ve hidrolik (b) piston presli briketleme makinesi (Karaca, 2009)

- ▶ Sıkışan materyal sürtünme kuvvetiyle kalıp içerisinde geçerken ısınır. Lignin içeren bütün odunsu selüloz malzemeler sıkıştırılmış materyali bağlamak için doğal bir yapışkan görevi yapar. Silindirik briket kalıptan çıktığında lignin katılaşır ve briketin silindirik şeklini korumasını sağlar. Mekanik piston presler genellikle hidrolik preslerden daha sert ve yoğun briketler üretirler. Piston presler, eğer doğru olarak şekillendirilmiş kalıplarla birlikte uygun bir şekilde kurulursa, oldukça güvenlidir. Eğer, kalıp doğru şekilde yapılmamış ise veya materyal besleme mekanizması kullanılacak olan materyale göre boyutlandırılmamışsa problemler ortaya çıkar. Pistonlu briketleme makinelerinde genel olarak saatte 0.25-1 ton materyal işlenebilmektedir. Bu makinelerden 10-30 cm uzunlukta ve 8-10 cm çapta briketler elde edilmektedir.
- ▶
- ▶ Hidrolik tahrikli piston presler mekanik tahrikli olandan farklı olarak Batı Avrupa'nın oldukça sınırlı bir bölgesinde üretilirler. Bir hidrolik makinadaki güç, mekanik olandan daha azdır ve bu nedenle daha az bakım gerektirir. Her ne kadar hidrolik pres, bazı durumlarda mekanik prese alternatif olmaya başlamışsa da hidrolik presler için uygun malzemeler kağıt, karton, gübre vb. malzemelerdir. Bunlar mekanik preslerden daha düşük kapasiteyle üretim yaptıklarından küçük kereste işleme endüstrisinden çıkan atık materyaller için uygundur. Hidrolik makinadan elde edilen briketler genellikle üretildiği yerde kullanılır. Çünkü, uzak mesafelere taşımak için çok dayanıklı değildir.

- ▶ Vidalı preslerde, materyal konik silindirik kalıpta materyali sıkıştıran bir vida içine sürekli şekilde beslenir (Şekil 10.17). Kalıp içinde çoğu kez, lignin sıcaklığı sürtünmeden dolayı akış noktası sıcaklığına kadar yükseldiğinde, kalıp ısınır. Bu sistemlerde, basınç bir pistonun kesikli etkisinden ziyade, vida boyunca düzgün bir şekilde geliştirilir. Eğer kalıp lignin akışından dolayı yeterli bir şekilde ısınmamış ise, biyokütle içine bağlayıcı materyal eklenebilir. Bu materyaller melas, nişasta veya diğer bazı organik materyallerdir. Eğer kalıp sıcaklığı normal olarak 250-300 °C çıkarsa, iyi kalitede briket yapılır. Başlangıç nemi %15' in altında olan neredeyse bütün organik materyallerde bu sıcaklık sağlanabilir. Vidalı makinalarda elde edilen briketler çoğu zaman pistonlu makinalardan elde edilen briketlerden daha dayanıklıdır.
- ▶ Vidalı makinaların yatırım masrafları, boyut farklılıklarından dolayı direk kıyaslamamanın zor olmasına rağmen pistonlu makinalardan biraz daha azdır. Fakat, bakım giderleri, genellikle vidaların eskimesi nedeniyle sıklıkla değiştirilme gerekliliklerinden dolayı çok daha pahalıdır. Aynı zamanda özgül enerji gereksinimleri pistonlu makinalardan daha fazladır (Karaca, 2009).



Şekil 10.17 Vidalı briketleme makinası ve teknolojisi (Karaca, 2009)