

TÜRKİYE'DE BİYOKÜTLE – BİYOETANOL VE BİYOMOTORİN KAYNAKLARI VE BİYOYAKIT ENERJİSİNİN GELECEĞİ**Mustafa ACAROĞLU***

* Selçuk Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Kampüs 42003 Konya, Türkiye
Tel: 90 – 332 -223 33 21 Belgegeçer: 90 – 332- 241 21 79
E-Posta: acaroglu@selcuk.edu.tr

ABSTRACT**Biomass - Bioethanol and Biodiesel Energy Sources and Future of Biofuels Energy in Turkey**

Today, in Turkey the most commonly used renewable resources are classical biomass energy and hydraulic energy. Although geothermal energy ranks on the third order, its usage is limited. The usage of solar energy is at symbolic level, that of wind energy is in its initial stages and tidal energy concept is out of concern. In spite of the important potential of modern biomass energy, agriculture of energy plants is not widely recognized, and energy forestation is limitedly handled. This study was based on two essential considerations about biofuels: agricultural potential of Turkey for biofuels production and governmental policies about environmentally friendly alternative fuels in Turkey. A policy to increase biodiesel production in Turkey by importing Biofuels or shifting to oilseed- biomass production from another plant does not seem reliable or practical.

As far as environmental pollution concern, the utilization of all fuels produces air pollutants, causing local and trans-boundary air pollution and acid rain problems. Biofuels is a clean renewable fuel with its properties similar to diesel but generated from renewable resources such as vegetable oils, animal fats and energy crops. Although this fuel has been developed some two to three decades ago, it is not commonly used, mainly due to the higher production cost involved. Due to the increasing concern on environmental protection, a lot of researches on the usage of this fuel are carried out in recent years. This paper presents a brief overview of biodiesel generated from waste cooking oil and its potential, including the environmental approach. Annually 1 000 000 tons of cooking oil is consumed in Turkey. If half of its returns to waste oil, this will be about 500 000 tons in each year. Approximately 450 000 tons of biodiesel, 30 000 tons of glycerin, and 3 000 tons of soap can be produced when the waste oil is recycled or reused properly.

Keywords: biomass, biodiesel, bioethanol, energy potential, Turkey

1. Giriş

Doğa ve evrenin ayrılmaz bir ögesi olan enerjinin tarihi bir bakıma insanlık tarihi kadar eskidir. Enerji, dünyadaki gelişmenin büyük hedeflerine anahtar olmuş ve olmaya devam etmektedir. Enerji tüketiminin hızla arttığı ve bu alandaki tüketimin yüksek boyutlara ulaştığı günümüzde, insanın alışageldiği enerji kaynaklarının yakın bir gelecekte tükeneceği gerçeğini, bilimsel bulgular ortaya koymaktadır. **Biyokütle biyolojik kökenli fosil olmayan organik madde kütlesidir.** Ana bileşenleri karbonhidrat bileşikleri olan bitkisel veya hayvansal kökenli tüm doğal maddeler biyokütle enerji kaynağı, bu kaynaklardan elde edilen enerji ise **biyokütle enerjisi** olarak tanımlanır. Biyoyakıtlar kısa süre önce yaşamış organizmalar ya da onların metabolik çıktılardan elde edilir. Petrol, kömür gibi doğal yakıtlar ya da nükleer yakıtlardan farklı olarak, yenilenebilir enerji kaynağıdır. Biyoyakıtların bir diğer tanımı ise, "içeriklerinin hacim olarak en az %80'ni son on yıl içerisinde toplanmış canlı organizmalardan elde edilmiş her türlü yakıt"tır. Genel anlamda **biyoyakıt vani biyokütle enerjisi;**

Doğada yaygın olarak mevcut tarımsal kökenli ürünlerden değişik fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerle üretilen, ticari özelliğe sahip, temel ve belirli özellikleri standartlaştırılmış olan katı, sıvı ve gaz haldeki bitkisel enerji kaynaklarıdır (Acaroğlu, 1998).

Biyokütle biyolojik kökenli fosil olmayan organik madde kütlesidir. Ana bileşenleri karbo-hidrat bileşikleri olan bitkisel veya hayvansal kökenli tüm doğal maddeler biyokütle enerji kaynağı, bu kaynaklardan elde edilen enerji ise biyokütle enerjisi olarak tanımlanır. Biyokütle, 100 yıllık periyottan daha kısa sürede yenilenebilen, karada ve suda yetişen bitkiler, hayvan atıkları, besin endüstrisi ve orman ürünleri ile kentsel atıkları içeren tüm organik maddeler olarak ta tanımlanmaktadır (Acaroğlu, 1998).

Biyokütle de, petrol ve kömür gibi, güneş enerjisinin depolanmış halidirler. Bitkiler güneş enerjisini fotosentez aracılığıyla tutarlar. Biyoyakıtların içerisindeki karbon, bitkilerin havadaki karbondioksiti parçalaması sonucu elde edildiği için, biyoyakıtların yakılması, dünya atmosferinde net karbondioksit artışına neden olmaz. Bu nedenle, pek çok insan, atmosferdeki karbondioksit miktarının artışına engel olabilmek için, fosil yakıtlar yerine biyoyakıtların kullanılması gerektiği görüşünü savunmaktadırlar. Henry Ford, biyoyakıtların "geleceğin

yakıtı" olduğu görüşünü savunmuştur. Biyoyakıtların artan enerji krizleri nedeni ile enerji ve diğer kullanım alanlarında ekonomik değeri de artmaktadır.

Günümüzde iklim değişikliği, kuraklık, gıda güvenliği gibi konularda tarımın küresel sorunları değerlendirildiğinde;

- **İklim Değişikliği**
 - Yağış rejimi değişikliği
 - Sel ve su baskınları
- **Kuraklık**
 - Sıcaklık artışı
 - Çölleşme
- **Su Yönetimi**
 - Havza yönetimi
 - Modern sulama sistemleri
- **Gıda Güvencesi**
 - Arz – talep dengesizliği
 - Fiyat artışları
- **Gıda Güvenliği**
 - Halk sağlığı
 - Güvenli gıda tüketimi
- **Salgın Hastalıklar**
 - Kuş Gribi
 - Sınır aşan hastalıklar gibi sorunlarla karşılaşacağımız görülmektedir.

Bununla beraber gelişen teknolojiye bağlı olarak;

- Tüketici Odaklı Tarım
- Gıda Güvenliği ve Güvencesi
- İşinlanmış ve Fonksiyonel Gıdalar
- Biyoteknoloji
- Biyoçeşitlilik
- Havza Yönetimi
- Sürdürülebilir Tarım
- Enerji Tarımı
- Organik Tarım
- Topraksız Tarım
- İyi Tarım Uygulamaları kavramlarının uygulamalarda yer aldığını görmekteyiz.

2. Türkiye'de Enerji Kullanımı

Ülkemizin birincil enerji kaynakları üretimi, sektörel bazda dağılımı, gerekli enerji ihtiyacı Tablo 1-Tablo 6'da verilmiştir. Enerji talebinin, yenilenebilir enerji potansiyelinden küçük olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Birincil Enerji Kaynakları Üretimi (Orjinal Birimler)

| | Birimler | 2005 | 2007 | 2010 | 2013 |
|---------------------|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Taşkömürü | Bin Ton | 3050 | 4050 | 9000 | 9000 |
| Linyit | Bin Ton | 60941 | 97201 | 102705 | 130382 |
| Asfaltit | Bin Ton | 700 | 700 | 700 | 700 |
| Petrol | Bin Ton | 2159 | 1881 | 1498 | 1204 |
| Doğal Gaz | Milyon m ³ | 464 | 336 | 258 | 247 |
| Nükleer | GWh | | | | 10527 |
| Hidroelektrik | GWh | 41889 | 53195 | 57009 | 71770 |
| Jeotermal Elektrik | GWh | 122 | 384 | 384 | 384 |
| Jeotermal Isı | Bin TEP | 976 | 1208 | 1650 | 2239 |
| Rüzgar | GWh | 56 | 3841 | 4890 | 5938 |
| Güneş | Bin TEP | 409 | 441 | 495 | 558 |
| Odun | Bin Ton | 13819 | 12739 | 11275 | 10648 |
| Hayvan bitki Artığı | Bin Ton | 5127 | 4849 | 4493 | 4194 |
| Toplam | Bin TEP | 26898 | 32785 | 36735 | 44511 |

Tablo 2. Genel Enerji Talebinin Kaynaklara Dağılımı (Orijinal Birimler)

| | | 2005 | 2007 | 2010 | 2013 |
|---------------------|-----------------------|-------|-------|--------|--------|
| Taşkömürü | Bin Ton | 23116 | 23457 | 29213 | 37976 |
| Linyit | Bin Ton | 60941 | 97201 | 102705 | 130382 |
| Asfaltit | Bin Ton | 700 | 700 | 700 | 700 |
| Petrol | Bin Ton | 33595 | 33727 | 39843 | 44930 |
| Doğal Gaz | Milyon m ³ | 24714 | 32018 | 42624 | 49463 |
| Hidroelektrik | GWh | 41889 | 53195 | 57009 | 71770 |
| Nükleer | GWh | | | | 10527 |
| Jeotermal Elektrik | GWh | 122 | 384 | 384 | 384 |
| Jeotermal Isı | Bin TEP | 976 | 1208 | 1650 | 2239 |
| Rüzgâr | GWh | 56 | 3841 | 4890 | 5938 |
| Güneş | Bin TEP | 409 | 441 | 495 | 558 |
| Odun | Bin Ton | 13819 | 12739 | 11275 | 10648 |
| Hayvan Bitki Artığı | Bin Ton | 5127 | 4849 | 4493 | 4194 |
| Net Elektrik İthalı | GWh | -1432 | | | |

Tablo 3. Genel Enerji Talebinin Sektörlere Dağılımı

| | 2005 | 2007 | 2010 | 2013 |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Sanayi | 31072 | 35914 | 43585 | 52056 |
| Konut ve Hizmetler | 21649 | 24250 | 29019 | 34500 |
| Ulaştırma | 14298 | 16550 | 19915 | 23700 |
| Tarım | 3476 | 3810 | 4370 | 4988 |
| Enerji Dışı | 2201 | 2326 | 2513 | 2706 |
| Nihai enerji Talebi | 72696 | 82850 | 99402 | 117950 |
| Çevrim Sektörü | 20606 | 22343 | 26190 | 32272 |
| Genel Enerji Talebi | 93302 | 105193 | 125592 | 150222 |
| Kişi Başına Tüketim (kg petrol eşdeğeri /kişi) | 1276 | 1399 | 1601 | 1847 |

Tablo 4. Genel Enerji Üretimi, Talebi ve İthalat İhtiyacı (Bin TEP)

| | 2005 | 2007 | 2010 | 2013 |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Talep | 93302 | 105193 | 125592 | 150222 |
| Üretim | 26898 | 32785 | 36735 | 44511 |
| Net İthalat | 66404 | 72408 | 88858 | 105711 |
| Talebin Yerli Üretimle Karşılama Oranı % | 28,8 | 31,2 | 29,2 | 29,6 |

Tablo 5. Elektrik Enerjisi Talebi (GWh)

| | 2005 | 2007 | 2010 | 2013 |
|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Brüt Talep | 159542 | 180250 | 216750 | 260400 |
| Net Talep | 129450 | 146470 | 180776 | 221700 |
| Sanayi | 63277 | 69195 | 80904 | 96982 |
| Konut ve Hizmetler | 61100 | 71600 | 93200 | 116900 |
| Tarım | 4013 | 4415 | 5021 | 5650 |
| Ulaştırma | 1060 | 1260 | 1651 | 2168 |
| Kişi Başına Tüketim (kWh) | 2182 | 2397 | 2763 | 3201 |

Tablo 6. Elektrik Enerjisi Kurulu Güç Kapasitesi Gelişimi (MW)

| | 2005 | | 2007 | | 2010 | | 2013 | |
|----------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| | Kurulu Güç | Pay (%) | Kurulu Güç | Pay (%) | Kurulu Güç | Pay (%) | Kurulu Güç | Pay (%) |
| Kömür | 10385 | 26,2 | 10467 | 23,6 | 10778 | 23,7 | 11658 | 22,1 |
| Petrol | 3205 | 8,1 | 3307 | 7,5 | 3307 | 7,3 | 3307 | 6,3 |
| Doğal Gaz | 13072 | 32,9 | 13697 | 30,9 | 13697 | 30,1 | 18172 | 34,4 |
| Toplam Termik | 26662 | 67,2 | 27471 | 62,0 | 27782 | 61,1 | 33137 | 62,8 |
| Jeotermal | 21 | 0,5 | 64 | | 64 | | 64 | |
| Rüzgâr | 20 | 0,5 | 1413 | 3,2 | 1788 | 3,9 | 2163 | 4,1 |
| Toplam Hidrolik | 12976 | 32,7 | 15448 | 34,8 | 15839 | 34,8 | 17499 | 33,1 |
| Genel Toplam | 39679 | | 44396 | | 45473 | | 52863 | |

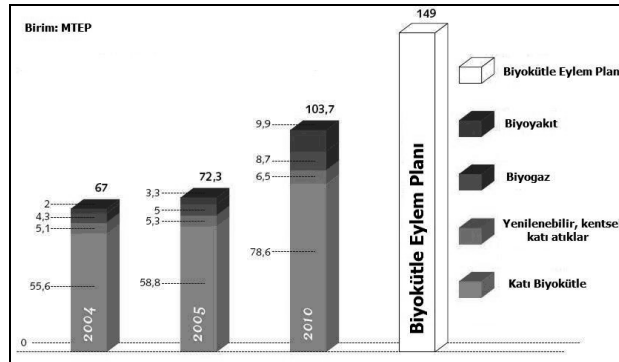
Oysa ülkemizde yasal ve teknolojik açıdan yeterli geliştirme ve iyileştirmeler yapılsa ve tesisler kurulsaydı, talebin tamamen yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılanması söz konusu olabilecekti (Tablo 7).

Tablo 7. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli (MTEP) (Acaroğlu, 1998).

| Kaynak | Tahmini Potansiyeli | Teorik olarak teknik-ekonomik açıdan Mümkün | Kullanılan Miktar | Toplam enerji kullanımı içindeki payı (%) |
|------------------|---------------------|---|-------------------|---|
| Biyokütle | 135 | 65 | 7,9 | 13 |
| Güneş | 1300 | 260 | 0.038 | 0.06 |
| Rüzgâr | 200 | 20 | --- | --- |
| Hidroelektrik | 40 | 11 | 2.92 | 5 |
| Jeotermal | 26 | 6 | 0.037 | 0.06 |
| Deniz Dalga | 21 | --- | --- | --- |
| Enerji Tasarrufu | 30 | 18 | --- | --- |
| TOPLAM | 1752 | 380 | 10.89 | 18.12 |

Tabii ki bu teorik bir yarıdır. Bu büyük potansiyelin önemli payını da biyokütle enerjisi (% 13) oluşturmaktadır. Ülkemizde önemli bir biyokütle enerji kaynağını da tarımsal ürünler oluşturmaktadır.

Dünya birincil enerji tüketiminin 2020 yılında 11.4 – 15.4 milyar TEP arasında olması beklenmektedir. 2020 yılında dünya genelinde alternatif kaynaklardan yapılacak üretim 2.3 - 3.3 milyar TEP sınırlarında bulunacaktır. Bu payın içinde klasik biyokütle ve klasik hidrolik enerji yer aldığı gibi, modern biyokütle ve diğer alternatif kaynaklar da yer almaktadır. AB biyoyakıtlar eylem planında hedef 149 MTEP olarak belirlenmiştir.

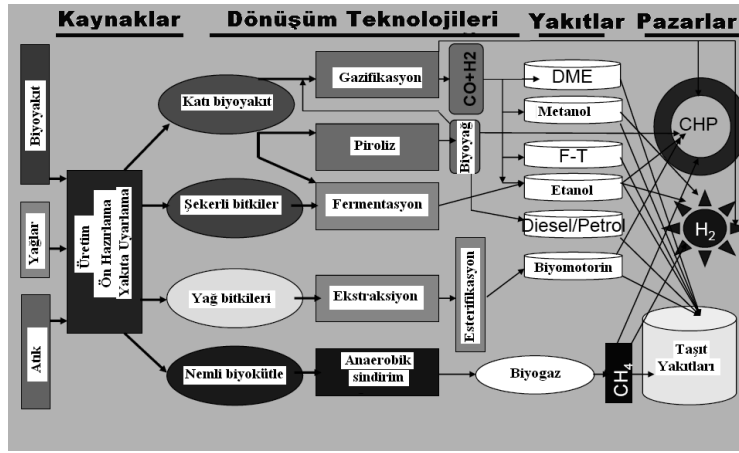
**Şekil 1. AB biyoyakıtlar eylem planı (Acaroğlu, 2007)**

AB'de üretilen etanolün %30'u akaryakıtta kullanılmakta ve E85 etanol (%85 etanol, %15 benzin) geniş bir pazara sahip olabilecek durumdadır. İspanya'nın lider olduğu AB'de Polonya, Fransa, İsveç ve Almanya ağırlıklı olarak buğdaydan üretilen Biyoetanol uygulamalarında aktif durumdadır (Acaroğlu, 2007). Biyoyakıtlar hayvansal ve bitkisel kaynaklardan elde edilen alternatif bir yakıttır. Geçmişten günümüze kadar insan nüfusu ve besin arasında bir ilişki kurarsak 1950 yılında 2,5 milyar kişi varken kişi başı 0.23 hektar alan düşerken bu miktar 2006 yılı verileri ile 6,5 milyar kişi ve kişi başı 0.11 hektara düşmüştür. Bu miktar eldeki veriler ve

gıdaşat göz önünde bulundurulursa 2050 yılında 9 milyar insan olacağı ve ürün veriminin önceki gibi hızlı bir şekilde artmayacağı sonucuna varılmıştır. Günümüzde biyoyakıtlar;

- Kaynak rezerv sorunu
- Çevre kirliliği-İklim Değişiklikleri
- Ülkelerin
- Özkaynaklarını değerlendirme
- Kaynak çeşitliliği sağlama
- Enerji arz ve talep güvenliğine ulaşma
- Sürdürülebilir kalkınmayı yürütme

Ekonomik getiriler kazanma hedefleriyle önemi artmakta biyoyakıt sektörünün işlevi bir kez daha önem kazanmaktadır. Biyoyakıtları kaynak, dönüşüm teknolojileri, elde edilen yakıt ve Pazar dağılımına göre Şekil 2'de görüldüğü gibi sınıflandırabiliriz.



Şekil 2. Biyoyakıtlar ve teknolojileri (Acaroğlu, 2008)

Biyoyakıtların Teknolojik gelişimi incelendiğinde günümüzde gelinen aşamayı 3'e ayırabiliriz.

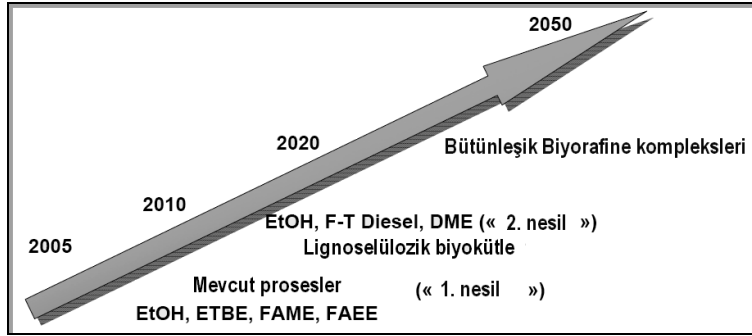
- 1. kuşak (nesil) biyoyakıtlar (Tablo 8)
- 2. kuşak (nesil) biyoyakıtlar (Tablo 9)
- 3. kuşak (nesil) biyoyakıtlar (Şekil 3, Şekil 4)

Tablo 8. Birinci Jenerasyon (1. Nesil) (Geleneksel) Biyoyakıtlar (Acaroğlu, 2007)

| Biyoyakıt tipi | Özel adı | Biyokütle kaynağı | Üretim prosesi |
|------------------|---|------------------------|---|
| Bioetanol | Geleneksel bioetanol | Şeker pancarı, hububat | Hidroлиз & fermentasyon |
| Saf bitkisel yağ | Saf rafine yağ (PPO) | Yağ bitkileri (kolza) | Soğuk presleme/ekstraksiyon |
| Biyomotorin | Enerji bitkilerinden biyomotorin Kolza metil ester (KME), yağ asidi metil/etil ester (YAME/YAEE) | Yağ bitkileri (kolza) | Soğuk presleme/ ekstraksiyon & transesterifikasyon |
| Biyomotorin | Atıklardan FAME/FAEE | Atık/kızartma yağı | Transesterifikasyon |
| Biyogaz | Biyogaza yükseltim | (yaş) Biyokütle | Reaktör |
| Bio-ETBE | | Bioetanol | Kimyasal Sentez |

| | Mevcut Teknoloji | Yeni Teknoloji |
|--------------|--|---|
| Mevcut Pazar | Pazar Etkisi Biyoetanol Biyomotorin Biyometan | Ürün gelişimi Lignoselülozdan Biyoetanol F-T, DME, Biyometanol Biyohidrojen |
| Yeni Pazar | Pazar Gelişimi Diğer Kaynaklardan benzer yakıtlar (Kaynaklar: atık, kullanılmış yağ, hayvansal don yağı) | Çeşitlilik Biyokimyasallar Biyorafinasyon |

Şekil 5. Biyoyakıtlar için Pazar Durumu ve Fırsatlar (Acaroğlu, 2008)



Şekil 6. BIOFRAC Vision Report -2030 göre yol haritası (Acaroğlu, 2008)

Avrupa birliği gerek BIOFRAC vision raporu gerekse komisyonlarda almış olduğu karar gereği 2030 yılında biyoyakıt kullanımı payını %25'e çıkarmayı hedeflemektedir (Şekil 7).

| AVRUPA BİRLİĞİNDE BİYİYAKIT VE BİYOKÜTLE | |
|--|-----------------------------|
| • Biyoyakıt Direktifi, | 2003/30/EC, 8 Mayıs 2003 |
| | 2005 % 2 |
| | 2010 % 5,75 |
| • Biyokütle Hareket Planı | |
| | 7 Aralık 2005 COM (2005)628 |
| • AB Biyoyakıt Stratejisi | |
| | 8 Şubat 2006 COM (2006) 34 |
| • Vizyon 2030 | ↔ % 25 Biyoyakıt Kullanımı |

Şekil 7. AB biyoyakıt stratejisi ve 2030 hedefleri (Ar, 2008)

3. Türkiye ve Biyoyakıtlar - Potansiyeli

3.1. Biyokütle

Biyokütlenin fiziksel özellikleri bir üründen diğerine farklılık göstermektedir. Karbon, hidrojen ve oksijen oranları sırasıyla % 41.78 - 47.80, % 4.63 - 6.40, % 40.77 - 45.46 arasında değişmektedir. Biyoküttelede kükürt oranının düşük olması bir avantaj oluşturmaktadır. Bunun yanında kül oranı (% 1.61 - 16.24) ve kalori (ısı) değeri (16.50-18.40 MJ/kg) bakımından, biyokütlenin özellikle linyit kömürlerine (% 18.59- 55.51 ve 5.50-14.50 MJ/kg) göre belirgin bir üstünlüğü vardır. Biyokütle linyite göre daha iyi kalorifik yakıt karakteristiğinin yanında, önemli sayılabilecek düzeyde düşük kükürt ve kül içeriğine sahiptir. Bunun yanında Türkiye'nin tüm

elektrik üretiminin yaklaşık % 60'ı kömür ve kül içeriği yüksek olan linyitle çalışan termik santrallerden elde edilmektedir. Biyokütle olarak, kuru bazda hesaplanan toplam artık miktarı ise Tablo 10'da verilmiştir. Türkiye'de seçilen ürünlerden elde edilecek biyokütle enerjisi elektrik üretiminde kullanılan linyit ve taş kömürünün tümünün yerini alabilecek bir potansiyele sahiptir.

Türkiye'de atığı katı yakıt olarak kullanılan hayvanlar ise, genellikle süt sığırdı, et sığırdı, tavuk - horoz, koyun - keçi, at - eşek ve katırdır. Türkiye'nin bu hayvanlardan elde edebileceği yıllık atık miktarı, 10.849 milyon ton kuru madde (KM) kadardır. Hayvansal atıklardan elde edilecek enerji değerini biyogaz cinsinden inceleyecek olursak, 1 ton hayvansal atıktan 200 m³ biyogaz elde edilebilmektedir. 1 m³ biyogazın alt ısıl değeri Hu= 22.7 MJ'dür. Türkiye'nin biyogaz potansiyelinin 2.169 milyar m³ olduğu söylenebilir. Biyogaz potansiyelinin enerji eşdeğeri ise yaklaşık **49 PJ (1.117 MTEP)** olmaktadır.

Tablo 10. Türkiye'de Biyokütle potansiyeli (2005 verileri)

| Tarla Ürünleri | Artıklar | Üretim (ton) | Alan (ha) | Toplam Artıklar (ton) | | Kullanılabilir Artıklar (ton) | Toplam Isıl Değer (GJ) |
|----------------|--------------|--------------|------------|-----------------------|------------|-------------------------------|------------------------|
| | | | | Teorik | Gerçek | | |
| Buğday | Saman | 22.439.043 | 9.265.785 | 29.170.760 | 23.433.811 | 3.515.075 | 62.919.847 |
| Mısır | Sap | 2.952.394 | 565.109 | 5.904.788 | 4.964.802 | 2.978.883 | 55.109.349 |
| | Sömek | | | 797.145 | 1.905.027 | | |
| Arpa | Saman | 7.921.456 | 3.549.858 | 9.505.747 | 8.394.564 | 1.259.185 | 22.035.757 |
| Çavdar | Saman | 253.243 | 145.907 | 405.189 | 358.221 | 53.734 | 940.356 |
| Yulaf | Saman | 322.830 | 146.020 | 419.684 | 321.938 | 48.293 | 840.300 |
| Darı | Sap | 7.283 | 3.605 | 10.196 | --- | --- | --- |
| | Saman | | | 584.570 | 209.534 | 125.722 | 2.099.561 |
| Pirinç | Kabuk | 332.142 | 67.161 | 89.679 | 77.749 | 62.200 | 807.357 |
| | Sap | | | 181.320 | 222.515 | 362.640 | 410.487 |
| Tütün | Sap | 181.320 | 222.515 | 6.830.637 | 2.554.418 | 1.532.649 | 27.894.213 |
| Pamuk | Sap | 2.474.868 | 687.787 | 519.721 | 742.463 | 593.972 | 9.295.662 |
| | Çirçir atığı | | | 2.349.387 | 2.280.098 | 1.368.058 | 19.426.425 |
| Yerfıstığı | Saman | 71.594 | 25.167 | 164.666 | --- | --- | --- |
| | Kabuk | | | 35.798 | 28.638 | 22.910 | 475.153 |
| Soya | Saman | 45.944 | 15.114 | 96.484 | 22.214 | 13.329 | 258.584 |
| TOPLAM | | | 15.239.942 | 57.247.091 | 45.703.964 | 12.963.319 | 225.956.367 |

3.1. Biyomotorin

Biyoyakıtlardan biri olan biyomotorin temiz havanın gerektirdiği sağlık etkilerine sahip olmak için alternatif bir yakıttır. % 100 saf biyomotorin kullanımının emisyonları ve yaydığı etkiler şu şekilde sıralayabiliriz;

Atmosfer

- Biyomotorin sera gazı emisyonlarını % 75'ten % 100' e kadar azaltır.
- Biyomotorin asit yağmurlarının birinci nedeni olan sülfat emisyonlarını % 100'e kadar azaltır.
- Biyomotorin partikül maddeleri % 40' a kadar azaltır.
- Biyomotorin kirlenici hidrokarbon emisyonlarını % 93'e kadar azaltır.

Çevresel:

- Biyomotorin şeker gibi toprakta çözülebilir ve su kalitesine riski yoktur.
- Biyomotorin yenilenebilir ve geri dönüşebilir kaynaklardan üretilir.
- Biyomotorin yandığı zaman Biyomotorin ürünleri atmosferik karbona geri dönüşüm yapar.
- Biyomotorin emisyonları CO₂ döngü çevriminde yakın bir şekilde sonuçlanır.
- Biyomotorin her alternatif yakıtın enerji dengesinden daha yüksek enerji dengesine sahiptir.

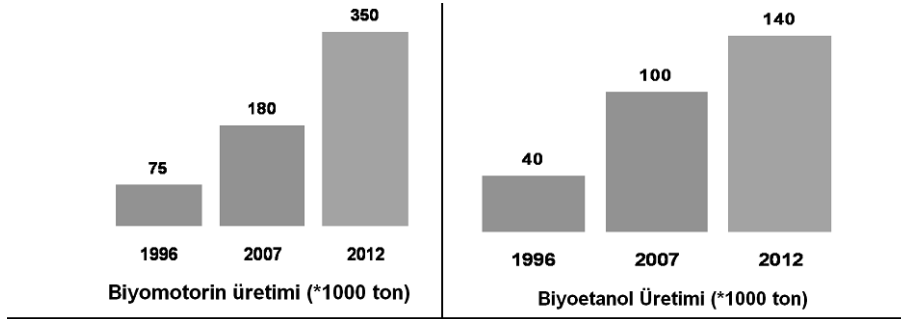
İnsan Sağlığı:

- Biyomotorin toksin değildir. Partikül madde olarak standart dizel yakıtından % 80 daha az kanser olasılığına sahiptir.
- Biyomotorin Temiz Hava Davranışı Sağlık Testini geçen tek alternatif yakıttır.
- Biyomotorin % 50'ye kadar daha az zehirli karbon monoksit emisyonlarına sahiptir.
- Biyomotorin hava toksinlerini % 90'a kadar azaltır. Biyomotorin kargijenik benzen içermez.

Ülkemizde günümüze gelinceye kadar biyoyakıtla ilgili birçok araştırma, kongre, toplantı ve çalıştay düzenlenmesine rağmen, biyomotorinle ilgili ülkemizde 2010 yılı için her yönüyle ne olacağı belli değildir. Son

günlerde sıkça gündeme gelen **biyoyakıt üst kurulu** ise biyoyakıt sektörünün geleceği için ayrı bir belirsizlik arz etmektedir. Türkiye 2005–2006 yılı için, dağıtım şirketlerinin akaryakıt türleri satış miktarı Tablo 11.10'da verilmiştir. 2006 yılı motorin miktarı 12680018 ton olmuştur.

Ülkemizde B2 söz konusu olduğundan üretilmesi gereken biyomotorin miktarı 253600 ton görülmektedir. Ancak Türkiye'nin 28.Ağustos.2007 tarih itibarıyla biyomotorin üretim kapasitesi 3697965 tona ve firma sayısı da 339'a ulaşmış bulunmaktadır (Şekil 11.10). Türkiye'nin 2007 yılı sonu itibarı ile yaklaşık 2.5 milyar USD\$'lık bir biyomotorin pazarı bulunmaktadır (Acaroğlu, 2007). Türkiye'de mevcut tesislerin 2007 üretim kapasitesi gerekli miktarın 14.5 katıdır. Bu biyomotorin üretimi konusunda ilgili birlik ya da derneklerin düzensiz bir yapılanmaya doğru gittiğini göstermektedir. Bununla birlikte Türkiye'de biyomotorin üretim miktarı ise resmi rakamlara göre 2007 yılında 180 000 ton olarak gerçekleşmiş, 2012 yılında 350 000 tona çıkarılması öngörülmüştür. (Şekil 8). Bu öngörü TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu- yağlı tohumların üretimi) 2008 yılı değerleri incelendiğinde zor görülmektedir.



Şekil 8. Türkiye'de Tarım Bakanlığı verilerine göre biyoyakıt üretimi (Eker, 2008)

3.3. Biyoetanol

Yine diğer bir biyoyakıt biyoetanol ise her tür biyokütleden üretilen geniş bir potansiyele sahiptir. Büyük veya küçük tesislerde uygun fiyatlarla üretilmektedir. Etanol, karbon, hidrojen ve oksijenden oluşan temiz, renksiz ve zehir etkisi olmayan bir sıvı alkoldür.

Etanol yaygın olarak mısır, patates, tahıllar, şeker pancarı, şeker kamışı gibi tarım ürünlerinden ve selüloz malzemelerden üretilmektedir. Yüksek oktan sayısına sahip olması için patlamalı motorlarda kullanılması için bir avantajdır. Biyoetanol genel bir $(CH_2O)_n$ formülü ile büyük bir karbonhidrat aralığından üretilir. Yenilenebilir bir yakıt olarak biyoalkollerin kullanımı ile sera gazı etkileri sonucundaki çevresel emisyonlar önemli ölçüde azaltıcı etkileri vardır. Etanol şeker, nişasta veya selüloz içerikli bitkilerden elde edilirler. Bu bitkileri ya da kaynakları; şeker pancarı, mısır, buğday, şeker kamışı, statlı sorgum, patates, odunsular, tarımsal artıklar ve selülozik içerikli belediye atıkları şeklinde sıralayabiliriz.

Biyoetanolin Avantajları

Biyoetanolin avantajlarını aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür:

- Yerli, yenilenebilir bir yakıt kaynağıdır. Fosil kökenli yakıtlara olan bağımlılığı azaltır.
- Temiz bir yakıt kaynağıdır. Düşük maliyet ile yakıt oktan sayısını artırır.
- Genelde bütün araçlarda kullanılabilir. Üretimi ve muhafaza edilmesi kolaydır.
- Zararlı sera gazı etkisi emisyonlarının azaltır. Biyoyakıtlar fosil yakıtlardan % 40-80 daha az sera gazı yayar.
- Asit yağmuru azaltır. Daha az su kirliliği oluşturur. Daha az atık oluşturur.
- Net ve pozitif enerji dengesine sahiptir. Biyoteknoloji avantajlarını geliştirmeye imkân tanır.
- Tarım kesimi için yeni istihdam sağlar.

Biyoetanol ve Çevre:

Biyoetanolin çevreye karşı olan etkileri maddeler halinde şu şekilde özetlenebilir:

- Egzoz emisyonlarını azaltır
- Doğada zarar vermeden çözünür
- Ozon tabakasının incelmeye neden olan hidrokarbon emisyonlarında düşüş sağlar
- Karışım seviyesi yüksek olanlarda NOx emisyonlarında düşüş görülür
- Kanserojen etkileri bilinen benzen ve butadin emisyonlarını yarı yarıya azaltır
- Partikül madde emisyonunda büyük oranda düşüş sağlar

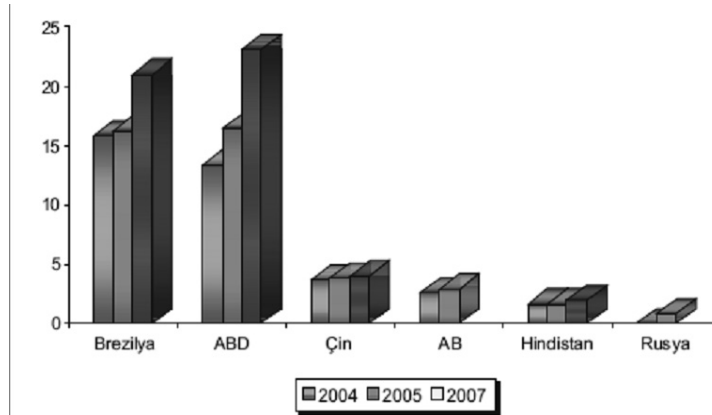
- Sülfür emisyonunda büyük oranda düşüş sağlar
- Uçucu organik madde (VOCs) emisyonlarında % 30'dan fazla düşüş sağlar.

Dünyada ciddi anlamda ilk kez Ford tarafından gündeme getirilmiş, ülkemizde ise 1931 yılında Ziraat Kongresinde ele alınmıştır. 1936 2. Beş yıllık kalkınma planında yüce Önder ATATÜRK'ün direktifleriyle yer almış, 1942 yılında ordumuzda kullanılmıştır. Bulduğumuz günde ise PANKOBİRLİK, TARKİM, TEZKİM gibi üretici firmalar üretim ve AR_GE faaliyetlerine başlamışlardır. Yasal anlamda Biyoetanol üreticileri birliği kurulmuştur. Dünyada biyoetanol üretimine bakıldığında Brezilya, ABD, Çin, AB, Hindistan ve Rusya büyük üreticiler olarak karşımıza çıkmaktadır (Tablo 11, Şekil 9).

Tablo 11. Dünyada belli başlı ülkelerde etanol üretimi ve ihtiyacı (2003–2010) (Acaroğlu, 2007)

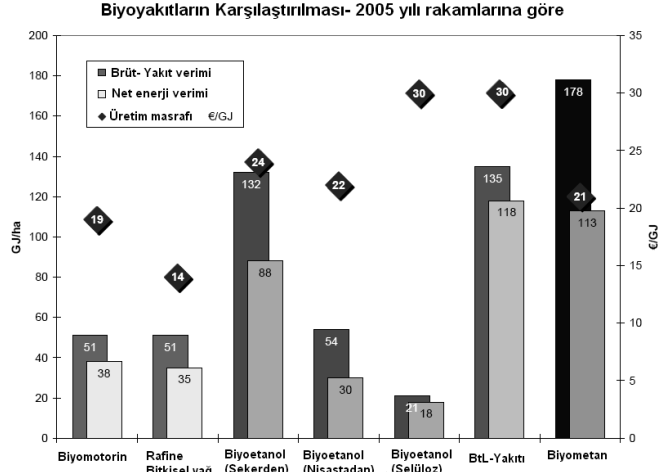
| Yıllar | 2003 | 2005 | 2010 |
|---------------------------------------|---------|---------|---------|
| Üretilen etanol (milyar litre) | | | |
| Brezilya | 14.383 | 15.897 | 21.196 |
| ABD | 10.598 | 13.2475 | 18.925 |
| AB | 1.8925 | 3.785 | 7.1915 |
| Diğerleri | 0.757 | 3.4065 | 12.869 |
| Toplam | 27.6305 | 36.336 | 60.1815 |
| Etanol ihtiyacı (milyar litre) | | | |
| Brezilya | 12.869 | 14.0045 | 17.411 |
| ABD | 10.598 | 13.2475 | 18.925 |
| AB | 0.3785 | 0.757 | 1.514 |
| Kanada | 1.514 | 4.9205 | 12.869 |
| Japonya | 0.757 | 1.8925 | 7.1915 |
| Diğerleri | 1.514 | 1.514 | 2.271 |
| Toplam | 27.6305 | 36.336 | 60.1815 |

Dünya etanol üretimi son 5 yıl içerisinde yaklaşık olarak 27 milyar litreden % 50 artarak 46 milyar litreye ulaşmıştır. Brezilya 2013 yılı etanol üretimini 2005 yılı üretimine göre %100 artırmayı planlamaktadır.



Şekil 9. Dünyada yıllara göre biyoetanol üretimi (Acaroğlu, 2008)

Türkiye’de biyoetanol üretimine bakıldığında 150 000 ton/yıldır. Ancak yasal düzenlemeler nedeniyle bunun ancak 40 000 tonu kullanılabilir. Özellikle şeker pancarından biyoetanol üretimi düşünüldüğünde Türkiye’de sulanabilir pancar ekim alanı 32 milyon dekar, pancar yetiştirilecek alan ise 8 milyon dekar. Şeker pancarı üretimine kota uygulaması nedeniyle bunun ancak 3.5 milyon dekar alanında Şeker pancarı üretimi yapılabilmektedir. Geriye kalan 4.5 milyon dekarlık alanda üretilebilecek biyoetanol değeri en kötü şartlarda bile 2 milyon ton olarak karşımıza çıkmaktadır. Şekil 10 incelendiğinde Şeker pancarından biyoetanol üretiminin diğer biyoetanol kaynaklarına ve biyoyakıt kaynaklarına göre avantajlı olduğu da görülmektedir.



Şekil 10. Biyoyakıtların masraf enerji verimi açısından karşılaştırılması (Acaroğlu, 2007)

SONUÇ

Türkiye’nin birincil enerji arzında yenilenebilir enerji kaynaklarının payı 2007 yılına göre %11.5’dir. Yenilenebilir enerji kaynaklarımızın üretiminde ise biyokütle (sadece bitki ve hayvan artıkları olarak verilmektedir) 5127 MTEP civarındadır. Oysa bu rakamlar ülkemizin sahip olduğu biyokütle-biyoyakıt potansiyelini göstermemektedir. Bu çalışmada Türkiye’de biyoyakıt enerjisinin potansiyeli ve bu potansiyelin gerek ekonomik gerekse çevresel etkileri incelenmiştir.

Katı biyokütle potansiyeli 185 436 009 GJ, (51510 GWh) Biyogaz potansiyelinin enerji eşdeğeri ise yaklaşık **49 PJ (13611,11 GWh)** olmaktadır. Türkiye’de biyomotorin üretim miktarı ise resmi rakamlara göre 2007 yılında 180 000 ton olarak gerçekleşmiş, 2012 yılında 350 000 tona çıkarılması öngörülmüştür. Resmi rakamlara göre üretilen miktarın enerji eşdeğeri (eğer biyomotorinin yoğunluğu 0.84 ve alt ısı değeri 36 MJ/litre alınırsa) 5443200 MJ (**1.512 GWh**) olarak karşımıza çıkmaktadır. Türkiye’de biyoetanol üretimine bakıldığında 150 000 ton/yıldır. Ancak yasal düzenlemeler nedeniyle bunun ancak 40 000 tonu kullanılabilir. 40 000 ton için hesaplama yapılacak olursa bunun enerji eşdeğeri (Hu=26 MJ/kg) 1040000 MJ (**0.289 GWh**) olmaktadır. Oysa 150 000 ton rakamı dikkate alındığında bu değer **1.08 GWh** bir elektrik enerjisi eşdeğeri karşımıza çıkmaktadır. Kotadan geriye kalan 4.5 milyon dekarlık alanın 2 milyon dekarında üretilebilecek biyoetanollün enerji eşdeğeri açısından **7.2 GWh**’lık bir değere ulaşabiliriz.

Bu değerler toplandığında TOPLAM 65130 GWh bir elektrik enerjisi eşdeğeri görünmektedir. Biyoyakıtlarda bu değerler dikkate alındığında 5 milyar \$ bir pazar payının olduğunu göstermektedir. Yıllık olarak bu alanda ortalama 400 milyon \$ yatırım yapılması gerekmektedir.

Aksi takdirde AB ile uyum konusunda ve biyoyakıtlarda AB değerlerini yakalama konusunda Türkiye’nin bir sıkıntı çekeceği mutlak.

Yine ülkemizde biyoyakıtlarda sektörün kanuni düzenlemelerden önce hızlı ve yanlış gelişimi acil önlem alma gereğini ortaya koymuş ve mevcut kanuni yapıya ilave gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Ancak geline nokta anlaşılmalıdır ki biyoyakıtlar kendisini ifade etmeyen bir kanun içinde yer aldıklarından eşyanın tabiatına aykırılık teşkil etmiş ve gelişme sağlanamamıştır. Örneğin biyoetanol uygulamasında sadece bir dağıtım şirketinin olması düşünülmesi gereken bir konudur. Özellikle yasal anlamda sorunların çözümü gereklidir. Özellikle **biyoetanolda**, biyomotorinden oluşan sıkıntıların yaşanmaması için kademeli bir geçiş süreci yaşanmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Acaroğlu, M., Türkiye'de Biyokütle Enerjisinin Mevcut Durumu, Araştırma Ve Geliştirme Çalışmaları, Politikaları Ve Alınması Gereken Önlemler, 7- 9 Aralık 1998, T.C. Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 1. Enerji Şurası İstanbul 1998, Özel Rapor
2. Acaroğlu, M., Aksoy, A.Ş., Ögüt, H , The Potential Of Biomass And Animal Waste Of Turkey And The Possibilities Of These As Fuel In Thermal Generating Stations. Energy Sources, Vol 21, Number 4 -1999, 339-346, 1999
3. Acaroğlu, M., Koçar, G., Hepbaşlı, A. , The Potential of Biogas Energy, Energy Sources, 27, 3, 251 - 259, 2005.
4. Acaroğlu, M, Ültanir, M.Ö., Türkiye'de Biyokütle (Biyomas) Enerji Potansiyeli Ve Değerlendirilmesi İçin Öneriler. Türkiye 8. Enerji Kongresi, WEC-TNC, 8-11 Mayıs 2000, ODTÜ, Ankara
5. Acaroğlu, M. 2007. Alternatif Enerji Kaynakları, Genişletilmiş İkinci Baskı, Nobel Yayın Dağıtım Ltd.Şti., ISBN 978-605-395-047-9.
6. Acaroğlu, M., 2008. Biyoyakıtlar, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü VI. Yenilenebilir Enerjiler Sempozyumu İzmir Alman Kültür Derneği (Goethe Institute) Katkılarıyla, İzmir Ege Bölgesi Sanayi Odası-EBSO Konferans salonu, 9-11 Ekim 2008
7. Ar, F. 2008. Şeker Sanayi ve Biyoetanol üretimi, Pankobirlik.
8. Eker, M. 2008. Büyüyen Türkiye'de Tarımın Geleceği Ve Avantajları, 28 Nisan, 2008.
9. <http://www.tarim.gov.tr>
10. <http://www.enerji.gov.tr>
11. <http://www.pankobirlik.com.tr>
12. <http://www.konyaseker.com.tr/>
13. <http://fao.org>
14. <http://www.iea.org>
15. <http://www.aebiom.org/>
16. <http://www.tarimsalkimya.com.tr/> (Tarkim Tarımsal Kimya Teknolojileri&Biyoetanol, Tarımsal Kimya Teknolojileri A.Ş.)
17. http://agrowasteturkiye.org/tr/index_tr.htm
18. Taşyürek, M., Acaroğlu, M., 2008, Biyoetanol - Küresel Isınmaya Ve Emisyonlara Etkileri, Ulusal Hava Kalitesi Sempozyumu, 30-31 Mayıs 2008, Dedeman Otel, Konya
19. Taşyürek, M., Acaroğlu, M., 2007, Biyoyakıtlarda (Biyomotorinde) Emisyon Azaltımı ve Küresel Isınmaya Etkisi, International Global Climate Change and its Environmental Impacts Conference, 18-20 October 2007, Dedeman Hotel Konya