

Avrupa'nın toplam enerji ihtiyacının % 50'si ithal petrolle karşılanmaktadır. Önümüzdeki 20-30 yıl içinde bu bağımlılığın % 70 oranlarına çıkacağı düşünüldüğünde, yenilenebilir enerji kaynaklara yapılacak yatırımların önemini artmaktadır. Bu anlamda Avrupa'da rüzgârın kullanımının artması kaçınılmaz görünmektedir.

2000 yılından beri AB rüzgâr enerji kapasitesi % 150'den fazla artmaktadır. Beyaz Bildiri'deki yenilenebilir enerjilerle ilgili 2010 yılı için öngörülen 40.000 MW'lık hedef, beş yıl önce gerçekleştirilmiştir. 2005 yılında 40.455 MW rüzgâr kurulu güç kapasitesinden 82 TWh enerji üretilmiştir. Rüzgârdaki bu mükemmel performans, endüstrinin 2010'daki hedefini 75.000 MW olarak yenilemesini sağlamıştır. Bu gücün, yaklaşık 160 TWh enerji sağlayacağı öngörülmekte olup, bu enerji, 2010 yılındaki Avrupa elektrik ihtiyacının % 4-6'sını karşılayacaktır. 2005 yılında rüzgârdan üretilen elektrik enerjisi AB toplam elektrik tüketiminin % 2,6'sını karşılamaktadır<sup>36</sup>. 2005 yılında AB-27'de YEK üretilen elektrik enerjisi ise yaklaşık 440 TWh olup, bu miktar toplam elektrik üretiminin % 15'ine karşılık gelmektedir.

Avrupa rüzgâr endüstrisi dünya piyasasındaki gelişme ile büyümesini sürdürmektedir. Gelişen ihracat oranları ile Alman ve İspanya sanayicilerinin kendi iç piyasalarına bağımlılıkları gün geçtikçe azalmaktadır. İhracat sayesinde Danimarka 20.000 kişiye istihdam yaratmayı başarmıştır. Alman Rüzgâr Enerji Birliği'ne göre, Alman rüzgâr endüstrisi 2005 yılında 5,03 milyon euro ciro yapmıştır. Bu rakamın yarısı (2,51 milyon euro) ihracat geliridir. İstihdamda da durum aynıdır. Alman rüzgâr endüstrisinin yarattığı 63.800 kişilik istihdamın yarısı ihracattan dolayıdır.

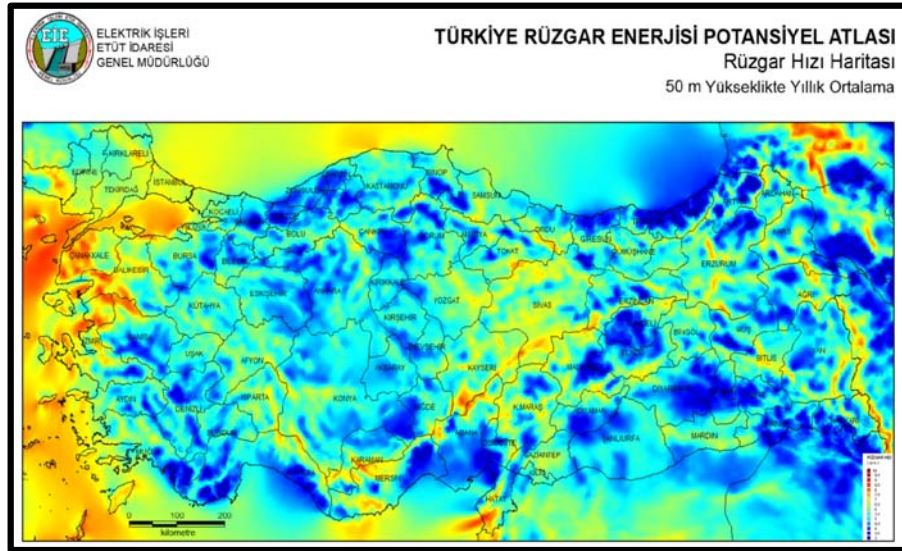
Rüzgâr türbinleri gece ve gündüz rüzgâr olduğu sürece sürekli enerji üretmektedirler. Rüzgâr enerjisinin diğer elektrik üretim yöntemleriyle kıyaslandığında en önemli çevresel yararı, hava kirleticileri ve sera gazı emisyonları oluşturmamasıdır. Günümüzde rüzgâr enerjisi, enerji üretiminde yenilenebilir kaynaklar arasında en ucuz olan ve fosil yakıtlı santrallerle en fazla rekabet edebilecek olan enerji kaynağıdır. Atmosfere yayılan CO<sub>2</sub> seviyesinin düşürülmesi rüzgâr enerjisinin en önemli çevresel faydalarından birisidir.

#### **4.3.2 Türkiye'de düzgâr enerjisi**

Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA), Türkiye rüzgâr kaynaklarının karakteristiklerini ve dağılımını belirlemek amacıyla EİE tarafından 2006 yılında üretilmiştir. Bu atlasta verilen detaylı rüzgâr kaynağı haritaları ve diğer bilgiler rüzgâr enerjisinden elektrik üretimine aday bölgelerin belirlenmesinde kullanılacak bir altyapı sağlamaktadır.

<sup>36</sup> Communication from the Commission and the European Parliament, Brussels, 10.01.2007 COM (2006) 849 Final

Yıllık ortalama değerler esas alındığında, Türkiye'nin en iyi rüzgâr kaynağı alanları kıyı şeritleri, yüksek bayırlar ve dağların tepesinde ya da açık alanların yakınında bulunmaktadır. Açık alan yakınındaki en şiddetli yıllık ortalama rüzgâr hızları Türkiye'nin batı kıyıları boyunca, Marmara Denizi çevresinde ve Antakya yakınında küçük bir bölgede meydana gelmektedir. Orta şiddetteki rüzgâr hızına sahip geniş bölgeler ve rüzgâr gücü yoğunluğu Türkiye'nin orta kesimleri boyunca mevcuttur. Mevsimlik ortalama değerlere göre ise Türkiye çapında rüzgâr kaynağı karmaşık topografyaya bağlıdır. Birçok yerde, özellikle sahil boyunca ve doğudaki dağlarda kışları daha güçlü rüzgâr hızları görülmektedir. Türkiye'nin orta kesimleri boyunca çoğu yerde rüzgâr hızı değerleri mevsimden mevsime nispeten sabittir. Aylık ortalama değerlere göre ise Türkiye'nin batı sahil bölgesi yanında Marmara Denizi'ni çevreleyen bölgede kış mevsimi süresince en şiddetli rüzgâr hızına sahiptir. Rüzgâr hızı haritaları asgari değerleri haziran ayı süresince gösterir. Rüzgâr hızları eylül ve ekimde artmaya başlar ve bölgedeki azami değerler ocak ve şubat aylarında meydana gelir. Antakya yakınındaki güçlü rüzgâr kaynağının da en kuvvetli zamanı kış aylarında, özellikle kasımdan şubata kadar olan zamandır. Bu bölgedeki rüzgâr hızları İlkbahar ve Sonbaharda azalma eğilimi gösterirken yaz aylarında biraz daha yüksek değerlere sahip olurlar. Türkiye'nin doğusundaki dağlık bölgelerdeki rüzgâr hızları şubat ayında zirveye ulaşırken kasım'dan Mart'a kadar nispeten yüksek değerler mevcuttur<sup>37</sup>.



Şekil 2 : Türkiye Rüzgar Atlası (EİE)

<sup>37</sup> Dr. Yüksel Malkoç, Türkiye Rüzgar Enerjisi İhtiyacının Karşınlanmasında Rüzgar Enerjisinin Yeri, IV. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 23-24 Kasım 2007 Kayseri

**Tablo 34:** Türkiye - İyi-Sıradışı Arası Rüzgar Kaynağı 50m<sup>38</sup>

| Rüzgar Kaynak Derecesi | Rüzgar Sınıfı | 50 m'de Rüzgar Gücü Yoğ. (W/m <sup>2</sup> ) | 50 m'de Rüzgar Hızı (m/s) | Toplam Alan (km <sup>2</sup> ) | Rüzgarlı Arazi Yüzdesi | Toplam Kurulu Güç (MW) |
|------------------------|---------------|--|---------------------------|--------------------------------|------------------------|------------------------|
| Orta                   | 3             | 300-400                                      | 6.5-7.0                   | 16 781.39                      | 2.27                   | 83 906                 |
| İyi                    | 4             | 400 – 500                                    | 7.0-7.5                   | 5 851.87                       | 0.79                   | 29 259.36              |
| Harika                 | 5             | 500 – 600                                    | 7.5-8.0                   | 2 598.86                       | 0.35                   | 12 994.32              |
| Mükemmel               | 6             | 600 – 800                                    | 8.0- 9.0                  | 1 079.98                       | 0.15                   | 5 399.92               |
| Sıradışı               | 7             | > 800  | > 9.0                     | 39.17                          | 0.01                   | 195.84                 |
| <b>Toplam</b>          |               |  |                           | <b>26 351.28</b>               | <b>3.57</b>            | <b>131 756.40</b>      |

Türkiye rüzgâr enerji potansiyeli, belirlenmiş kriterlerin ışığında rüzgâr sınıfı iyi ile sıra dışı arasında 47,849.44 MW olarak belirlenmiştir. Bu araziler Türkiye toplamının %1.30'una denk gelmektedir. Orta ile sıra dışı arası rüzgâr sınıfına ait rüzgârlı arazilere bakıldığında ise 131,756.40 MW'lık rüzgâr enerjisi potansiyelini bulunduğu ve toplam rüzgârlı arazinin alanının ise Türkiye'nin % 3.57'si olduğu görülmüştür.

Türkiye, Avrupa'da rüzgâr enerjisi potansiyeli bakımından en zengin ülkelerden birisidir. Üç tarafı denizlerle çevrili olan ve yaklaşık 3500 km kıyı şeridi olan Türkiye'de özellikle Marmara kıyı şeridi ve Ege kıyı şeridi ile sürekli ve düzenli rüzgâr almaktadır. Bu bölgelerden başlamak üzere hızla rüzgâr enerjisi yatırımlarına başlanmalıdır.

Türkiye'de rüzgâr enerjisinden elektrik üretimi konusunda kullanılan ilk sistem, 1985 yılında Danimarka'dan ithal edilip İzmir-Çeşme Altinyunus Turistik tesislerinde kurulan 55/11 kW gücündeki rüzgâr türbinidir. Bu türbinin göbek yüksekliği 24,5 m, pervane çapı 14 m nominal güce 12 m/s'lik rüzgâr hızına erişmektedir. Çeşme şartlarında üç kanatlı yatay eksenli bu türbinden üretilen elektrik enerjisi yılda ortalama 100.000 kWh elektrik enerjisi üretmekte olup bu miktar tesis elektrik ihtiyacının % 4'üdür.

Türkiye'de 2007 yılı sonu itibarıyla 146.25 MW rüzgâr santrali şebekeye bağlı olarak enerji üretmektedir. Bunların yanı sıra inşaatı süren 276.9 MW ve tedarik anlaşması yapılan 579.7 MW rüzgâr santrali mevcuttur (Tablo 35 /Grafik 21-22 /Şekil 3). Elektrik Piyasası Düzenleme Kurumu tarafından bugüne kadar toplam kurulu gücü 2126 MW olan 58 adet rüzgâr santraline lisans verilmiş, toplam kurulu gücü 533 MW olan 13 adet santralin lisansı ise sona erdirilmiştir. 1 Kasım 2007 tarihinde, yalnızca tek bir gün süreyle kabul edilen, 78000 MW büyüklüğündeki rüzgâr santral lisans başvuruları ile inceleme ve değerlendirmede olan rüzgar projeleri toplam gücü 84674 MW'a ulaşmıştır (Tablo 36/ Grafik 23).

<sup>38</sup> Dr. Yüksel Malkoç, Türkiye Rüzgar Enerjisi İhtiyacının Karşılmasında Rüzgar Enerjisinin Yeri, IV. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 23-24 Kasım 2007 Kayseri

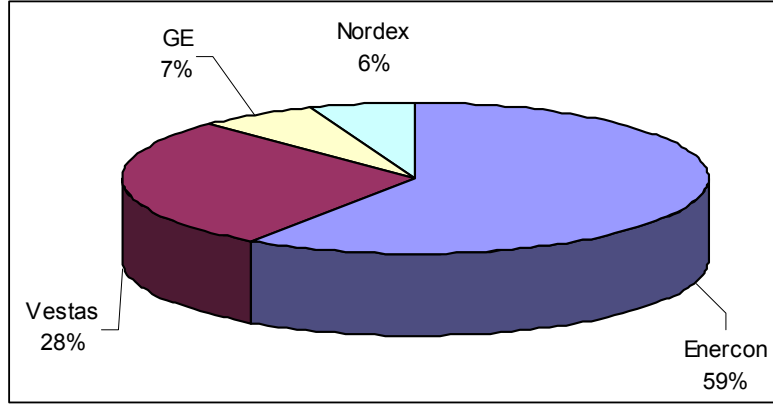
**Tablo 35: Türkiye’de İşletmede/İnşaatı Süren/Tedarik Sözleşmesi Yapılmış Rüzgâr Santralleri<sup>39</sup>**

| Mevkii  | Şirket          | Üretime Geçiş Tarihi | Kurulu Güç (MW) | Türbin imalatçısı | Türbin adet ve kapasitesi         |
|---|-----------------|----------------------|-----------------|-------------------|-----------------------------------|
| İzmir-Çeşme   | Alize A.Ş.      | 1998                 | 1,5             | Enercon           | 3 adet 500 kW                     |
| İzmir-Çeşme   | Güçbirliği A.Ş. | 1998                 | 7,2             | Vestas            | 12 adet 600 kW                    |
| Çanakkale-Bozcaada                                    | Bores A.Ş.      | 2000                 | 10,2            | Enercon           | 17 adet 600 kW                    |
| İstanbul-Hadımköy                                     | Sunjüt A.Ş.     | 2003                 | 1,2             | Enercon           | 2 adet 600 kW                     |
| Balıkesir-Bandırma                                    | Bares A.Ş.      | I/2006               | 30              | GE                | 20 adet 1.500 kW                  |
| İstanbul-Silivri                                      | Ertürk A.Ş.     | II/2006              | 0,85            | Vestas            | 1 adet 850 kW                     |
| İzmir-Çeşme   | Mare A.Ş.       | I/2007               | 39,2            | Enercon           | 49 adet 800 kW                    |
| Manisa-Akhisar  | Deniz A.Ş.      | I/2007               | 10,8            | Vestas            | 6 adet 1.800 kW                   |
| Çanakkale-İntepe                                      | Anemon A.Ş.     | I/2007               | 30,4            | Enercon           | 38 adet 800 kW                    |
| Çanakkale-Gelibolu                                    | Doğal A.Ş.      | II/2007              | 14,9            | Enercon           | 13 adet 800 kW +<br>5 adet 900 kW |
| <b>İŞLETMEDEKİ KAPASİTE TOPLAMI</b>                   |                 |                      | <b>146,25</b>   |                   |                                   |
| Hatay-Samandağ  | Deniz A.Ş.      | I/2008               | 30              | Vestas            | 15 adet 2.000 kW                  |
| Manisa-Sayalar  | Doğal A.Ş.      | I/2008               | 30,4            | Enercon           | 38 adet 800 kW                    |
| İstanbul-Gaziosmanpaşa                                | Lodos A.Ş.      | I/2008               | 24              | Enercon           | 12 adet 2.000 kW                  |
| İstanbul-Çatalca                                      | Ertürk A.Ş.     | I/2008               | 60              | Vestas            | 20 adet 3.000 kW                  |
| İzmir-İliç  | İnnores A.Ş.    | I/2008               | 42,5            | Nordex            | 17 adet 2.500 kW                  |
| Balıkesir-Şamlı                                       | Baki A.Ş.       | I/2008               | 90              | Vestas            | 30 adet 3.000 kW                  |
| <b>İNŞA HALİNDEKİ KAPASİTE TOPLAMI</b>                |                 |                      | <b>276,9</b>    |                   |                                   |
| Muğla-Datça   | Dares A.Ş.      | I/2008               | 28,8            | Enercon           | 36 adet 800 kW                    |
| Aydın-Çine  | Sabaş A.Ş.      | I/2008               | 19,5            | Vensys            | 13 adet 1.500 kW                  |
| Bilecik   | Sagap A.Ş.      | II/2008              | 66,6            | Conergy AG        | 74 adet 900 kW                    |
| Hatay-Samandağ  | Ezse Ltd. Şti.  | II/2008              | 35,1            | Nordex            | 900 kW                            |
| Hatay-Samandağ  | Ezse Ltd. Şti.  | II/2008              | 22,5            | Nordex            | 2.500 kW                          |
| Aydın-Didim   | Ayen A.Ş.       | II/2008              | 31,5            | Suzlon            | 2.100 kW                          |
| İzmir-Çeşme   | Kores A.Ş.      | II/2008              | 15              | Nordex            | 2.500 kW                          |
| Osmaniye-Bahçe  | Rotor A.Ş.      | I/2009               | 135             | GE                | 54 adet 2.500 kW                  |
| Manisa-Soma   | Soma A.Ş.       | I/2009               | 140,8           | Enercon           | 176 adet 800 kW                   |
| Balıkesir-Kepsut                                      | Poyraz A.Ş.     | I/2009               | 54,9            | Enercon           | 61 adet 900 kW                    |
| İzmir-İliç  | Doruk A.Ş.      | I/2009               | 30              | Enercon           | 15 adet 2.000 kW                  |
| <b>TÜRBİN TEDARİK SÖZLEŞMESİ İMZALI PROJE TOPLAMI</b> |                 |                      | <b>579,7</b>    |                   |                                   |

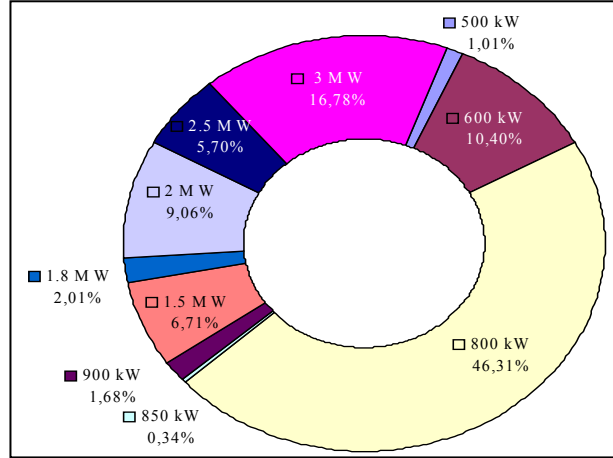
<sup>39</sup> Elektrik Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK)- www.epdk.gov.tr

**Tablo 36 :** EPDK'daki Rüzgâr Santralleri Lisans İşlemleri Durumu<sup>40</sup>

|        | Başvuru |       | İnceleme & Değerlendirme |          | Uygun Bulma |          | Lisans Verilen |          | İptal Edilen Lisanslar |        | Sonlandırılan Lisanslar |        |
|--------|---------|-------|--------------------------|----------|-------------|----------|----------------|----------|------------------------|--------|-------------------------|--------|
|        | Adet    | MW    | Adet                     | MW       | Adet        | MW       | Adet           | MW       | Adet                   | MW     | Adet                    | MW     |
| Rüzgâr | 3       | 39.60 | 56                       | 3 181,15 | 35          | 1 328.18 | 58             | 2 126.05 | 13                     | 533.31 | 8                       | 179.30 |

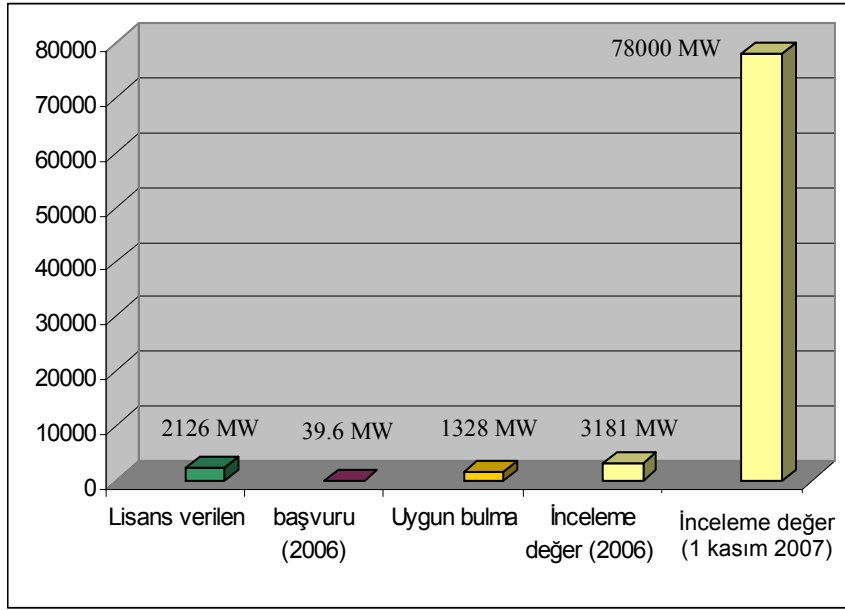


**Grafik 21:** Türkiye'de İşletme ve İnşa Halindeki Rüzgâr Santrallerinin Türbin Üreticilerine Göre Dağılımı



**Grafik 22 :** İşletme ve İnşa Halindeki Rüzgâr Santrallerinin Türbin Güçlerine Göre Dağılımı

<sup>40</sup> Elektrik Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK)- www.epdk.gov.tr



**Grafik 23** : EPDK'daki Rüzgâr Santralleri Lisans İşlemleri Durumu<sup>41</sup>

Rüzgâr türbinlerinin güç kalitesi, elektrik üretim sistemindeki elektriksel performansı tanımlamaktadır. Bu da şebekeye bağlanan rüzgâr türbinlerinin şebekenin gücü ve gerilim kalitesi üzerinde yaptığı etkidir ve özellikle şebekenin zayıf olduğu yerlerde rüzgâr türbinlerinin artan sayılarda şebekeye bağlanmasında kısıtlayıcı faktör olabilmektedir. Türkiye'de rüzgâr kaynağı açısından cazip olan yerler, genellikle bölgesel tüketimin düşük olduğu kıyı bölgelerinde yer almaktadır. Bu alanlar hat kapasiteleri sınırlı olan şebekenin zayıf uç noktalarıdır. Rüzgâr santrallerinin sisteme bağlandıkları noktada şebeke kararlılığını etkileyen ani gerilim değişimi, kırışma (flikler), harmonik gibi bazı bozucu etkiler yapması sebebiyle TEİAŞ tarafından bağlanacak kapasite ile ilgili bazı kısıtlamalar getirilmektedir. Limit, bağlantı noktasındaki sistemin kısa devre gücünün % 5'ine kadardır. Bu durum, söz konusu bölgelerdeki yüksek potansiyelin değerlendirilmesinde sorun yaratmaktadır.

Rüzgâr santrallerinin sisteme bağlantısında bozucu etkiler kadar önemli diğer bir unsur da, bağlantı noktalarında iletim kapasitesinin yetersiz kalabilmesidir. Türkiye'de rüzgâr kaynağı açısından cazip olan kıyı bölgelerindeki iletim/dağıtım sistemi, bölgenin tüketimi kadar güç ve enerji taşıyacak şekilde tasarlanmıştır. Rüzgâr santrali başvurularının yoğun olarak yapıldığı bölgeler Çanakkale, İzmir, Balıkesir, Bandırma ve Hatay illeri çevresidir. Bu tür yerlerde özellikle iletim sistemine büyük güçte rüzgâr santrali bağlanması durumunda

<sup>41</sup> Elektrik Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK)- [www.epdk.gov.tr](http://www.epdk.gov.tr)

üretilecek elektrik enerjisini sistemin güçlü tüketim noktalarına taşımak için yeni iletim sistemleri gerekmektedir. Bunun için ya bağlantı noktası ile sistemin güçlü tüketim noktaları arasındaki iletim sisteminin yeni hatların tesisi ile güçlendirilmesi ya da bağlantının doğrudan uzun hatlarla güçlü noktalara yapılması gerekmektedir. Bu kapsamda yoğun başvuruların yapıldığı Çeşme Yarımadası ve Hatay bölgesinde bulunan rüzgâr projelerinin sisteme bağlantısı için iletim sistemi planlamaları yapılmıştır.



**Şekil 3 : 30 MW BARES (20x1.5 MW) Rüzgâr Santralinden Görünüm**

Türkiye’de rüzgâr enerjisi başta olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi; 4628 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu, 5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun ve ikincil mevzuat kapsamında teşvik edilmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretiminin teşvik edilmesi ile ilgili olarak 4628 sayılı Kanun’un ikincil mevzuatı kapsamında yer alan Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği’nde; lisans alma bedellerinde % 99 indirim, ilk sekiz yıl yıllık lisans bedeli ödeme muafiyeti (Madde12), yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi yapan üretim tesislerine sisteme bağlantıda öncelik tanınması (Madde 38), yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerine dengeleme birimi olma yükümlülüğünden muafiyet (Madde 19) ile bu santrallerden üretilen elektriğin TETAŞ’ın satış fiyatından düşük veya eşit ve daha ucuz bir tedarik kaynağı bulunmaması halinde öncelikli olarak satın alınma zorunluluğu (Madde 30) konularında teşvikler yer almaktadır.

Ayrıca 2 Mayıs 2005 tarih ve 26510 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu 15. maddesi ile de 4628 sayılı Kanun’un 3. maddesinin sonuna “yalnızca kendi ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla; yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı, kurulu gücü azamî ikiyüz kilovatlık üretim tesisi ile mikro kojenerasyon tesisi gerçek ve tüzel kişilere, lisans alma ve şirket kurma yükümlülüğünden muaf” tutulduğu hususu eklenmiştir.

5346 Sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının” Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun”u ile yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalât sektörünün geliştirilmesini amaçlamaktadır.

Kanun 18 Mayıs 2005 tarihli 25819 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanmıştır. Kanun’da; hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyogaz, dalga, akıntı ve gel-git gibi enerji kaynakları yenilenebilir enerji kaynakları olarak belirtilmiştir. Elektrik üretimi amacıyla kullanılacak rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyogaz, dalga, akıntı enerjisi, gel-git ile kanal veya nehir tipi veya rezervuar alanı onbeş kilometrekarenin altında olan hidroelektrik üretim tesisi kurulmasına uygun elektrik enerjisi üretim kaynakları ise bu kanun kapsamında sağlanacak teşvikli fiyatlardan yararlanacak yenilenebilir enerji kaynakları olarak tanımlanmıştır.

Kanun ile (2 Mayıs 2007 tarih ve 26510 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu kapsamında yapılan son değişiklikler dahil) YEK belgesine sahip üretim lisansı sahibi tüzel kişinin yenilenebilir enerji kaynaklarından ürettiği elektrik enerjisi için alım zorunluluğu ile birleştirilmiş sâbit fiyat sistemi getirilmiş ve YEK-E satın alma fiyatı için alt ve üst sınırlar sırası ile 5 ¢cent/kWh karşılığı TL’den az ve 5.5 euro-cent/kWh karşılığı TL’den fazla olmamak üzere belirlenmiştir. Ancak yenilenebilir enerji kaynakları teknolojileri arasında satın alma fiyatları açısından bir farklılığa gidilmemiştir. Sâbit fiyat tarifesi, 31 Aralık 2011 tarihinden önce işletmeye giren tesislerin ilk on yılı için geçerlidir. Bakanlar Kurulu uygulamanın geçerlilik süresini en fazla iki yıl süre ile uzatabilecektir. Kanun’un uygulama hükümleri başlıklı 6. maddesi ile ilgili hükümleri yerine getirmeyen perakende satış lisansı sahibi tüzel kişilere ceza uygulaması vardır. Ayrıca Kanunda Orman ve Hazine mülkiyetindeki arazilerin bu tesislerin yapımında kullanılması halinde, tesis, ulaşım yolları ve şebekeye bağlantı noktasına kadar enerji nakil hattı için kullanılacak arazilerin izin, kira, irtifak hakkı ve kullanma izin bedellerinde yüzde seksenbeş indirim vardır. Bu indirim tesisin yatırım ve işletme dönemlerinin ilk on yılı için geçerlidir. Bunun yanı sıra orman arazilerinde ORKÖY ve Ağaçlandırma Özel Ödenek gelirleri alınmamaktadır<sup>42</sup>.

<sup>42</sup> Zerrin TAÇ ALTUNTAŞOĞLU, Yerel Rüzgar Enerji Teknoloji Üretimi Destek Politikaları ve Türk Mevzuatı, TMMOB VI Enerji Sempozyumu, 22-24 Ekim 2007, Ankara



Bugün dünyada aşırı talep nedeniyle hem ham madde (dişli kutusu ve rotor yapımında kullanılan çelik, jeneratörlerin yapımında kullanılan bakır ve kanatların yapımında kullanılan karbon vb.) tedarikinde hem de türbinlerin bazı bileşenlerinin üretiminde sorunlar yaşanmaktadır. Mevcut darboğaz fiyatlarını da önemli ölçüde etkilemektedir<sup>43</sup>. Yaşanan sıkıntılar ülkemizdeki yatırımları da etkilemekte bu durum lisans alınan santrallerin yapımında gecikmelere yol açmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi konusunda birçok projeye EPDK tarafından lisans verilmiş olmasına rağmen gerçekleşen proje sayısı oldukça azdır. Bunun temel nedenleri arasında idari engeller (ormanlık alanlardaki arazi tahsislerindeki sorunlar, imar onayı gibi prosedürlerin uzun zaman alması ve izinlerle ilgili kurumlar arasında koordinasyon eksiklikleri, kredi temininde sorunlar vb.) şebeke engelleri (rüzgâr enerjisi projelerinde özellikle potansiyelin yoğun olduğu batı bölgelerinde şebekeye bağlantı ile ilgili kısıtlar) ve türbin temini konusunda uluslararası piyasada yaşanan darboğazlar sayılabilir.

5346 sayılı Kanun başta rüzgâr olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretiminin teşviği konusunda önemli bir adımdır. Rüzgârdan elektrik üretimi konusunda EPDK'ya yapılan başvurular bu konuda bir piyasanın oluşmaya başladığını göstermektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları elektrik üretiminden kaynaklanan sera gazı emisyonları yaratmaması, ithalat bağımlılığı yaratmaması, fosil yakıtlardaki gibi fiyat riski bulunmaması, kaynak çeşitliliğine katkı sağlaması, modüler yapısı ile yerel istihdam ve gelirlerde olumlu etki yaratarak sosyal ve ekonomik bütünleşmeye katkı sağlanması gibi faydaları ile sürdürülebilir kalkınma ve çevreye katkı sağlaması nedeniyle önemlidir.

Türkiye'de bir rüzgâr santralının kurulumu Megawat başına 1.1 ile 1.2 Milyon euro maliyet gerektirmektedir<sup>44</sup>. Temiz, yerli ve tükenmez bir enerji kaynağı olan rüzgâr enerjisinde ya bileşenlerin yerli olarak üretimi ya da Türkiye'ye özgü türbin teknolojisinin geliştirilmesi için uygun politikalar oluşturulmalıdır. Bu amaçla rüzgâr teknolojisi ayrıntılı bir şekilde analiz edilerek dünya rüzgâr teknolojisindeki mevcut durum, gelişmeler ile mevcut yerel kabiliyetler ayrıntılı olarak değerlendirilmeli, temel hedefler saptanmalı, yerli rüzgâr türbin üretiminin yaratacağı ekonomi istihdam ve maliyet azaltma etkileri kapsamlı olarak belirlenmeli ve Dünya Ticaret Örgütü kurallarının belirlenecek destek mekanizmaları üzerinde oluşturabileceği sınırlamalar gözden geçirilerek 5346 sayılı Kanun'da buna uygun düzenlemeler yapılmalıdır.

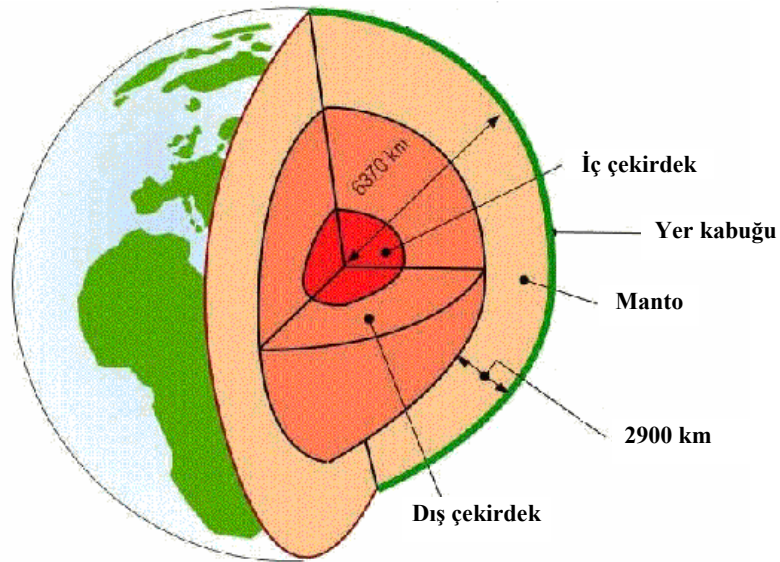
<sup>43</sup> Supply Chain: The race to meet demand, Wind Directions, January-February 2007

<sup>44</sup> Para Haftalık Ekonomi Dergisi. 18-24 Şubat 2007

#### 4.4. Jeotermal Enerji (Isı, Elektrik)

##### 4.4.1 Jeotermal enerji üretimi ve dünyadaki durumu

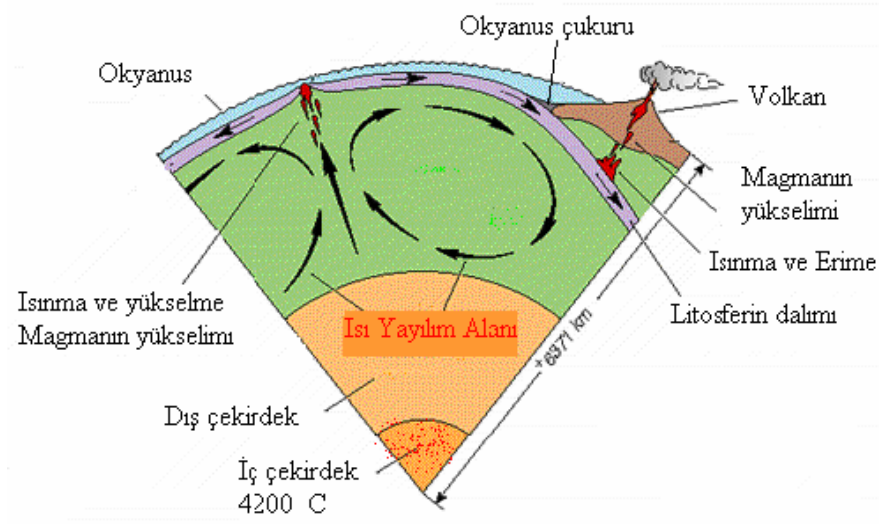
Jeotermal enerji kısaca yer ısısı olup yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş basınç altındaki sıcak su, buhar, gaz veya sıcak kuru kayaların içerdiği termal enerji olarak tanımlanmaktadır. Yapılan deneysel çalışmalar ve hesaplamalar dünyanın başlangıçta eriyik halde bulunduğu ve milyonlarca yıl önce katı hale geldiğini göstermektedir. Yer kabuğunun derinliklerinde bulunan uranyum ( $U_{238}$ ,  $U_{235}$ ) toryum ( $Th_{232}$ ) ve potasyum ( $K_{40}$ ) gibi radyoaktif maddelerin bozuluşu sonucu sürekli olarak ısı üretme prosesinin, jeotermal enerjinin kaynağı olduğuna inanılmaktadır. Yer kabuğunun kalınlığı kıtalarda 20-65 km'ye ulaşırken okyanus tabanlarında 5-6 km kalınlıktadır. Manto 2900 km kalınlıkta ve çekirdeğin yarıçapı yaklaşık 3470 kilometredir. (Şekil 4) Yer kabuğu, manto ve çekirdeğin fiziksel ve kimyasal özellikleri yeryüzeyinden merkeze doğru farklılık gösterir. Yerkürenin en üst kısmı litosfer olarak adlandırılır ve yer kabuğu ile üst mantoyu içerir. Kalınlığı okyanus tabanında 80 km ve kıtasal alanlarda 200 km olan litosfer katı değişmez bir davranış gösterir. Litosferin altındaki astenosfer 200-300 km kalınlıkta olup daha plastik bir özelliğe sahiptir.



Şekil 4: Yerkabuğu, Manto ve Çekirdek

Jeotermal enerji yerkürenin daha sıcak olan merkezinden yüzeye doğru sürekli olarak akan yerkürenin iç ısıdır. Dünya genelinde yeryüzüne ısı akışı ortalama 82 miliwatt/m<sup>2</sup> olarak varsayılır. Yerkürenin yaklaşık 10 km derinliği içindeki

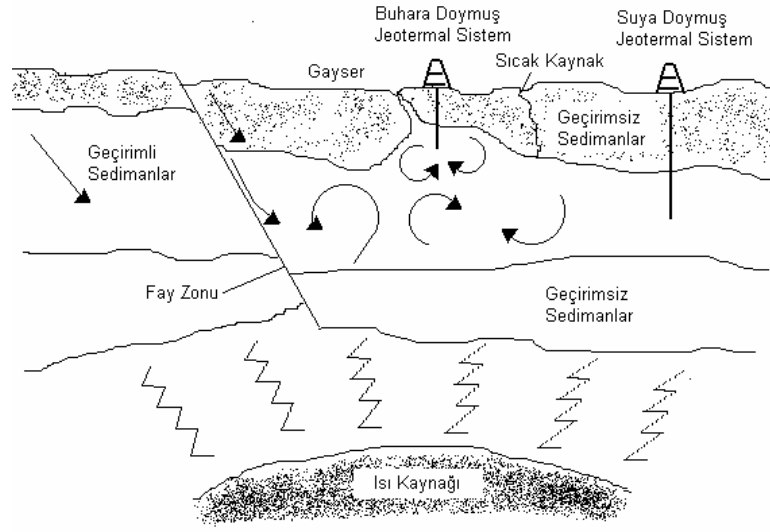
kayaçların içerdiği ısının dünya enerji gereksinimini 6 milyon yıl karşılayacak büyüklükte olduğu tahmin edilmektedir.<sup>45</sup> Yerkürenin içindeki bu enerji, derinlerde iletim yoluyla kayaçlara, yeryüzeyine yaklaşıldıkça akışkanlar aracılığı ile taşınım yoluyla yüzeye ulaşmaktadır. Dolayısıyla Jeotermal enerji iklimden bağımsızdır (Şekil 5).



Şekil 5 : Jeotermal Sistemin Oluşum Mekanizması

Yeryüzeyine yakın olağan dışı sıcak bölgeler jeotermal alanları oluşturmaktadır. Jeotermal alanlardaki sıcak kayaç ve yüksek sıcaklıklı yeraltı suyu diğer alanlara göre daha sığ derinliklerde bulunmaktadır. Jeotermal sistemlerde ısı taşıyıcı akışkanlar meteorik kökenlidirler. Düşen yağışların bir kısmı geçirimsiz bölgelerden ısıtıcı kayaçların bulunduğu derinliğe kadar inerler, ısınarak tekrar yüzeye çıkar veya çıkarılırlar. Bu hiçbir zaman jeotermalin sürekliliği ve sonsuzluğu anlamına gelmemektedir. Jeotermalin sürdürülebilir olması doğru işletimi ile yakından ilgilidir. Jeotermal rezervuarlar yer altı ve reenjeksiyon koşulları dikkate alınarak işletildiği takdirde yenilenebilir ve sürdürülebilir özelliklerini korurlar jeotermal rezervuarlardan yapılan sondajlı üretimlerde jeotermal akışkanın çevreye atılmaması ve rezervuarı beslemesi bakımından, işlevi tamamlandıktan sonra tekrar yeraltına gönderilmesi (reenjeksiyon) zorunludur. Reenjeksiyon birçok ülkede yasalarla zorunlu hale getirilmiştir. Ancak ülkemizde bu konuda yasal bir boşluk olup topluma ait bu kaynakların belli bir kısmını yanlış kullanım nedeni ile devre dışı kalmaktadır.

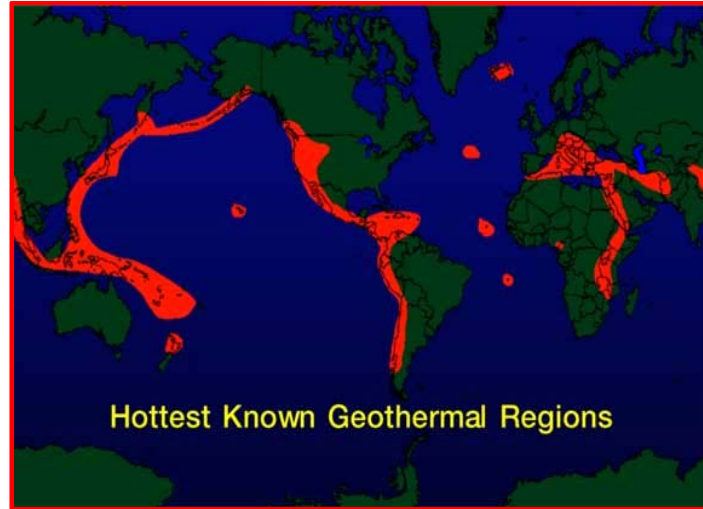
<sup>45</sup> Makina Mühendisleri Odası TESKON 2003 – [www.mmo.org.tr](http://www.mmo.org.tr)



Hidrotermal Sistem Geometrisi Şeması.

**Şekil 6 : Jeotermal Sistemlerin Kavramsal Modeli**

Dünyada coğrafi olarak sadece yaklaşık % 5'lik bir alanda jeotermal kaynaklar vardır. Jeotermalciler bu kuşağı “Ateş Halkası” olarak adlandırırlar. Türkiye bu ateş halkası üzerinde yer almaktadır. Bu nedenle Türkiye, dünyada jeotermal enerjiyi kullanabilecek şanslı ülkelerdendir.



**Şekil 7. Dünyada Bilinen En Sıcak Jeotermal Kaynaklar**

**Kaynak:** Türkiye Jeotermal Derneği

M.Ö. 10.000'lerde jeotermal akışkandan Akdeniz Bölgesi'nde çanak, çömlek, cam, tekstil, krem imalatında yararlanılıyordu. M.Ö. 1500'de Romalılar ve Çinliler doğal jeotermal kaynakları banyo, ısınma ve pişirme amaçlı olarak kullanıyorlardı. 630 yılında Japon İmparatorluğu'nda kaplıca geleneği yaygınlaşmıştır. 1200 yılında ise jeotermal enerji ile mekan ve su ısıtması yapılabileceği Avrupalılar tarafından keşfedilmiştir.

1322'de Fransa'da köylüler doğal sıcak su ile evlerini ısıtmaya başlamıştır. 1800'de yine Fransa'da yerleşim birimlerinin jeotermal enerji ile ısıtılması yaygınlaşmıştır. 1800'de ABD'de kaplıcalar hızla yaygınlaşmaya başlamıştır. 1818'de F. Larderel ilk defa jeotermal buhar kullanarak borik asit elde etmiştir. 1833'te P. Savi tarafından İtalya'daki Larderello Bölgesi'nin altındaki jeotermal rezervuarın yayılımı araştırılmıştır. 1891'de ABD Boise Idaho'da ilk jeotermal bölge ısıtma sistemi uygulaması gerçekleştirilmiştir. 1904'te İtalya'da Larderello jeotermal buhardan ilk elektrik üretimi sağlanmıştır. 1920'de California (The Geysers)'de ilk jeotermal kuyular açılmıştır. 1930'da İzlanda, ABD, Japonya ve Rusya'da jeotermal akışkanın kullanımı yaygınlaşmıştır. 1960 yılında ilk ticari jeotermal enerjiden (kuru buhar) elektrik enerjisi üretimi Amerika'da Kaliforniya'da yapılmıştır. 1969 yılında ise Fransa'da büyük şehirlerin jeotermal enerji ile ısıtılmasına başlanılmıştır. 1990 yılında ABD jeotermal elektrik üretimi kurulu gücü 3000MW'e ulaşmıştır. 1992 yılına gelindiğinde dünyada 21 ülkedeki jeotermal elektrik üretimi kurulu gücü 6000MW'e olarak tespit edilmiştir.

Jeotermal enerji kaynaklarını, kuru buhar kaynakları, sıcak su kaynakları (atmosfere açık veya kapalı), derin yer kabuğu ısı (sıcak kayalar) ve magma (mutlaka geliştirilmesi gerekli) olarak tanımlayabiliriz.

Jeotermal enerji, buhar veya sıcak su boruları ile güç santraline taşınarak elektrik üretiminde, buhar ya da sıcak su pompalanarak borular vasıtasıyla aynı zamanda evlerin ısıtılmasında, üretimde proses ısı olarak, absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde, tarımda, seracılıkta, kültür balıkçılığında, kimyasal madde ve mineral üretiminde, kaplıca amaçlı olarak, kaldırımlarda ve karların eritilmesinde de kullanılmaktadır (Tablo 37).

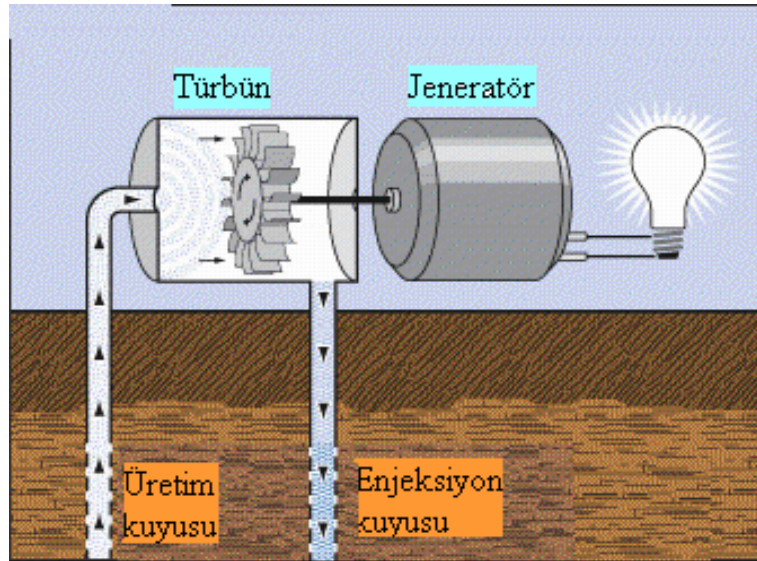
**Tablo 37: Jeotermal Enerjinin Endüstriyel Kullanım Alanları**

| UYGULAMA                             | SICAKLIK -°C | DURUM                     |
|--------------------------------------|--------------|---------------------------|
| -Konut Isıtması                      | 50-80        | Ülkemiz ve Dünyada Yaygın |
| -Kimya Endüstrisi NaHCO <sub>3</sub> | 120          | Potansiyel Kullanım       |
| •Boksitten Alüminyum                 | 150          | Potansiyel Kullanım       |
| •Desalinasyon                        | 120          | Pilot Tesis, Şili         |
| •Kükürt Madenciliği                  | 120          | Potansiyel Kullanım       |
| •Beton Proses ve Kurutma             | 110          | İzlanda' da Tesis         |
| •Diatomit Kurutması                  | 170          | İzlanda' da Tesis         |
| •Karbon dioksit                      | 100          | Ülkemizde                 |

|  |               |                             |
|--|---------------|-----------------------------|
| •Jeotermal Sudan Yan Ürün                          | 120           | Borik Asit, Lityum, Arsenik |
| -Petrol Rafinasyonu                                | 175-250(% 20) | Potansiyel Kullanım         |
|  | 150-175(% 40) |                             |
|  | 125-150(% 40) |                             |
| -Gıda Prosesi<br>•Kurutma<br>•Şeker Rafinasyonu    | 120-140       | Potansiyel Kullanım         |
|  | 130           |                             |
| -Kağıt Endüstrisi                                  | 175-200(% 70) | Tesis, Yeni Zelanda         |
|  | 150-175(% 30) |                             |
| -Tarım<br>•Ekin Kurutma<br>•Sera<br>•Balık Üretimi |               |                             |
|  | 60            | Tüm dünyada                 |
|  | 60            | Dünyada ve ülkemizde        |
|  | 20            | Japonya' da Tesis           |

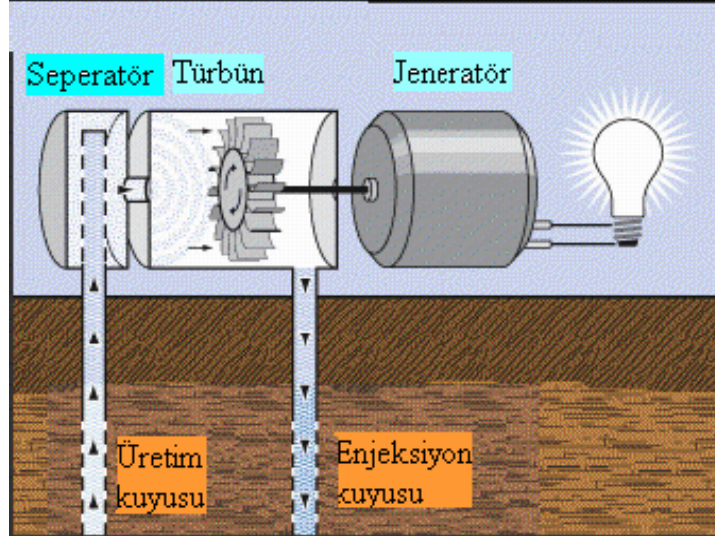
Jeotermal enerji ile sürekli güç üretilebilmektedir. Jeotermal enerjinin, 5-10 MW güçte küçük santraller halinde kurulmaya ve geliştirilmeye uygun olması, uzun dönemde hava değişikliklerinden ve kullanıcılardan etkilenmemesi, fosil yakıtların fiyat dalgalanmalarından bağımsızlığı, fiyatının kömürlü termik santrallerle ve doğal gazla rekabet edebilecek kadar düşük olması, kapalı sistemlerde yaydığı emisyon değerinin sıfır olması nedeniyle çevre etkilerini göz önüne aldığımızda çok önemli bir enerji kaynağı olduğu görülmektedir.

Genelde elektrik üretimi, jeotermal kaynağın karakteristiğine bağlı olarak üç tip santralde yapılmaktadır. Kuru buhar santralleri; türbini döndürmek için kuyudan üretilen kuru buhar doğrudan kullanılır.



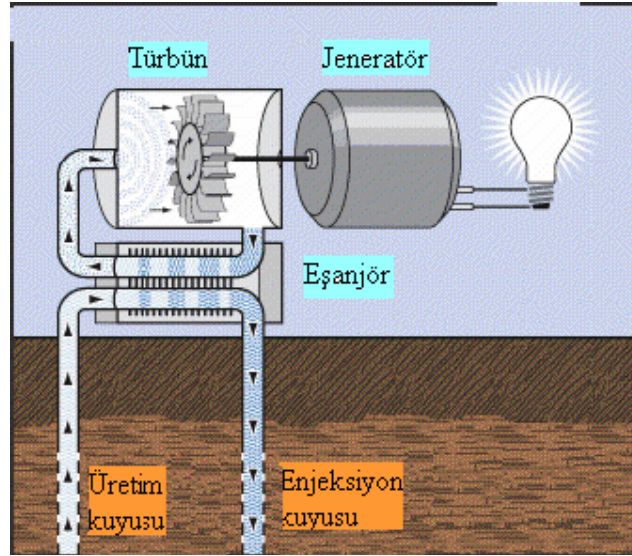
Şekil 8: Kuru Buhar Santrali

Flaş buhar santrallerinde; yüksek basınçla kuyudan gelen akışkan düşük basınçlı separatörlerde su ve buhar olarak ayrılır ve ayrıştırılan buhar ile türbinin döndürülmesi sağlanır.



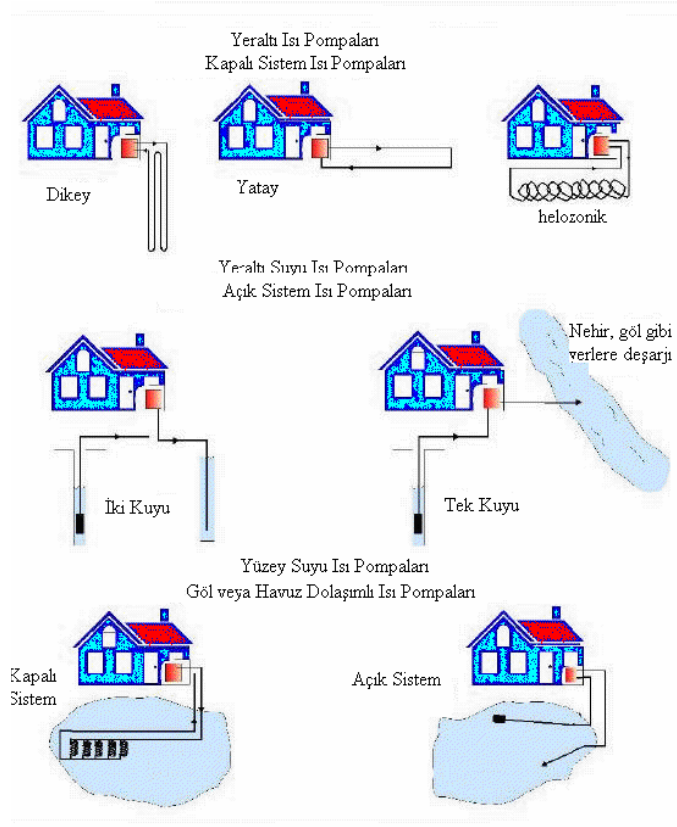
Şekil 9. Flaş Buhar Santrali

Çiftli Çevrim (Binary cycle): Jeotermal akışkanın sıcaklığından faydalanılarak sudan daha az buharlaşma sıcaklığına sahip akışkan eşanjörde (heat-exchanger) buharlaştırılır ve buharlaşan bu akışkan ile türbinin döndürülmesi sağlanır.



Şekil 10. Çiftli Çevrim Santrali

Jeotermal akışkanın doğrudan kullanım yöntemi, jeotermal enerjiden faydalanmanın en eski, çok yönlü ve çok genel kullanım alanlarından biridir. Yer ve bölge ısıtıcılığı, tarımsal uygulamalar ve endüstri uygulamaları jeotermal enerjiden faydalanmanın en çok bilinen yönleridir. Jeotermal ısıtma sistemi geleneksel ısıtma sistemlerinden oldukça ucuzdur. Jeotermal ısıtma ve soğutma sistemi 1980'li yıllardan sonra ısı pompalarının kullanılmasıyla bir artış göstermektedir. Isı pompalarının çeşitli sistemleri kullanılarak, yer ısısı, sığ akiferler ve havuz gibi düşük sıcaklıklı kütlelerin ısısına bağlı olarak ısıtma ve soğutma işlemleri yapılabilmektedir (Şekil 11). Isı pompası yer ısını kullanıldığı için jeotermal uygulama olarak değerlendirilebilmekte olup dünyadaki kullanımı 2005 yılı verilerine göre 15.273 MWt 'e ulaşmıştır.



**Şekil 11.** Isı Pompalarının Kullanım Şekilleri

Tarımsal uygulamalar, açık saha uygulamaları ve sera ısıtıcılığını içerir. Açık saha uygulamasında bitkileri sulama ve toprağı ısıtma (toprak altına döşenen borular vasıtasıyla) şeklindedir. Jeotermal akışkanın kimyasal içeriğinin bitkilere zarar vermesini önlemek için devamlı olarak kontrolü yapılmalıdır.



Dünyada 1995 yılından 2000 yılına kadar jeotermal elektrik üretiminde % 17, elektrik dışı jeotermal uygulamalarda ise % 87 artış olmuştur. Filipinler’de toplam elektrik üretiminin % 27’si, İzlanda’da toplam ısı enerjisi ihtiyacının % 86’sı jeotermalden karşılanmaktadır. Batı ABD’de jeotermal kurulu güç yaklaşık 2850 MW olmuştur. (Tablo 39) (Utah Eyaletinin elektrik toplam ihtiyacının % 2’si, Kaliforniya Eyaletinin % 7’si ve Nevada Eyaletinin ise % 10’u jeotermalden karşılanmaktadır.) 1995 ile 2005 yılları arasında dünyada, jeotermal ısıtmada % 61, sera ısıtmasında % 24, balneolojik uygulamalarda % 350 ve elektrik enerjisi üretiminde % 43’lük bir artış sağlanmıştır. 2005 yılında dünyada 27.824 MWt karşılığında jeotermal akışkan elektrik üretimi dışında doğrudan kullanılmıştır. Ayrıca, 2005 yılında 8912 MWe olan dünya jeotermal elektrik kurulu gücü 2007 yılında 9732 MW’e ulaşmıştır.

**Tablo 38: Ülkelere Göre Jeotermal Kurulu Güç Gelişimi ve 2010 Yılı Tahmini**

| ÜLKELER         | Kurulu Güç<br>2000 yılı<br>(MW) | Kurulu Güç<br>2005 yılı<br>(MW) | Kurulu Güç<br>2007 yılı<br>(MW) | İşletmedeki<br>Kurulu Güç<br>2007 yılı<br>(MW) | 2010 Yılı<br>İçin<br>Tahmini<br>Kurulu<br>Gücü (MW) |
|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--|---|
| Avustralya      | 0,2                             | 0,2                             | 0,2                             | 0,1  | 0,2   |
| Avusturya       | 0                               | 1,1                             | 1,1                             | 0,7  | 1   |
| Çin             | 29,2                            | 27,8                            | 27,8                            | 18,9   | 28  |
| Kosta Rika      | 142,5                           | 163                             | 162,5                           | 162,5  | 197   |
| El Salvador     | 161                             | 151                             | 204,2                           | 189  | 204   |
| Habeşistan      | 7,3                             | 7,3                             | 7,3                             | 7,3  | 7   |
| Fransa          | 4,2                             | 14,7                            | 14,7                            | 14,7   | 35  |
| Almanya         | 0                               | 0,2                             | 8,4                             | 8,4  | 8   |
| Guatemala       | 33,4                            | 33                              | 53                              | 49   | 53  |
| İzlanda         | 170                             | 202                             | 421,2                           | 420,9  | 580   |
| Endonezya       | 589,5                           | 797                             | 992                             | 991,8  | 1192  |
| İtalya          | 785                             | 791                             | 810,5                           | 711  | 910   |
| Japonya         | 546,9                           | 535                             | 535,2                           | 530,2  | 535   |
| Kenya           | 45                              | 129                             | 128,8                           | 128,8  | 164   |
| Meksika         | 755                             | 953                             | 953                             | 953  | 1178  |
| Yeni<br>Zelanda | 437                             | 435                             | 471,6                           | 373,1  | 590   |
| Nikaragua       | 70                              | 77                              | 87,4                            | 52,5   | 143   |
| P. Yeni<br>Gine | 0                               | 6                               | 56                              | 56   | 56  |
| Filipinler      | 1909                            | 1930                            | 1969,7                          | 1855,6   | 1991  |
| Portekiz        | 16                              | 16                              | 23                              | 23   | 35  |
| Rusya           | 23                              | 79                              | 79                              | 79   | 185   |
| Tayland         | 0,3                             | 0,3                             | 0,3                             | 0,3  | 0,3   |
| Türkiye         | 20,4                            | 20                              | 38                              | 29,5   | 83  |
| Amerika         | 2228                            | 2564                            | 2687                            | 1935   | 2817  |
| <b>TOPLAM</b>   | <b>7973</b>                     | <b>8933</b>                     | <b>9732</b>                     | <b>8590</b>                                    | <b>10993</b>  |

*Dünyada jeotermal elektrik üretiminde ilk 5 ülke sıralaması, ABD, Filipinler, İtalya, Meksika ve Endonezya şeklindedir. Dünya jeotermal ısı ve kaplıca uygulamalarındaki ilk 5 ülke sıralaması ise Çin, İsveç, ABD, İzlanda ve Türkiye biçimindedir.*

Günümüzde dünyada jeotermal kullanım kapasitesi jeotermalin çeşitli kullanım sahalarına göre hızlı bir artış göstermektedir.

#### **4.4.2 Türkiye’de jeotermal enerji**

Ülkemiz jeolojik konumu ve buna bağlı tektonik yapısı nedeniyle jeotermal enerji açısından büyük potansiyele sahiptir ve kaynak zenginliği yönünden dünyada 5. sırada gelmektedir. 1962 yılında MTA tarafından bir sıcak su envanter çalışması olarak başlatılan Türkiye’nin jeotermal enerji araştırması ile bugün toplam 600’den fazla termal kaynak (sıcak ve mineralli su kaynağı) bilgisine ulaşılmıştır.<sup>46</sup>

Bu çalışmalar sonucunda Türkiye’nin brüt teorik ısı potansiyeli 31.500 MWt olarak belirlenmiştir. 2005 yılı sonu itibarıyla MTA tarafından yapılan jeotermal sondaj değerlendirmelerine göre muhtemel potansiyelin 2924 MWt ‘i görünür potansiyel olarak kesinleşmiştir. Türkiyedeki doğal sıcak su çıkışlarının 600 MWt olan potansiyelide bu rakama dahil edildiğinde toplam görünür jeotermal potansiyelimiz 3524MWt ‘e ulaşmaktadır. Ülkemizdeki jeotermal kaynakların % 95’i ısıtmaya uygun sıcaklıkta olup (40<sup>0</sup>C’nin üzerinde toplam 140 adet jeotermal alan) çoğunlukla Batı, Kuzeybatı ve Orta Anadolu’da bulunmaktadır.<sup>47</sup> *Türkiye’nin toplam jeotermal ısı ve elektrik potansiyeli;*

*5 milyon konut ısıtma eşdeğeri veya 150 bin dönüm sera ısıtması,*

*1 milyonun üzerinde kaplıca yatak kapasitesi,*

*29 milyar \$/yıl fuel-oil eşdeğeri (30 milyar ton/yıl),*

*30 milyar m<sup>3</sup>/yıl doğal gaz,*

*eşdeğerindedir.<sup>48</sup>*

Türkiye’de jeotermal enerji kullanımına ilk olarak ısıtma amacıyla 1964 yılında Gönen’de bir otelde başlanmıştır. Yine 1987 yılından bu yana Gönen’de 56 tabakhaneinin proses suyunun, 3400 konutun ve ayrıca otellerin mekan ısıtılmasında jeotermal kaynak başarı ile kullanılmaktadır.

<sup>46</sup> [TÜBİTAK – www.tubitak.gov.tr](http://www.tubitak.gov.tr)

<sup>47</sup> Ültanır, MÖ.1998 21.Yüzyıla Girerken Türkiye’nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi, TÜSİAD yay., İstanbul – [www.tusiad.org.tr](http://www.tusiad.org.tr)

<sup>48</sup> Türkiye Jeotermal Derneği – [www.jeotermalderneği.org.tr](http://www.jeotermalderneği.org.tr)

1982 yılında Türkiye'de Aydın (Germencik) jeotermal alanı keşfedildi. 1983'te kuyu içi eşanjörlü ilk jeotermal ısıtma sistemi İzmir (Balçova)'da kuruldu. 1984 Türkiye'nin ilk ve Avrupa'nın İtalya'dan sonra ikinci jeotermal enerji santrali (20.4 MW'e kapasiteli) Denizli (Kızıldere)'de hizmete açıldı.

Ülkemizde jeotermal ısı ve elektrik potansiyeli kullanımının dağılımı aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.;

**Tablo 39.** Türkiye'deki Mevcut Jeotermal Kullanım Kategorileri (Ocak 2006) [5]  
Türkiye Jeotermal Derneği verilerine göre revize edilmiştir.

| DEĞERLENDİRME   | KAPASİTE  |
|---|---|
| <b>JEOTERMAL MERKEZİ ISITMA</b><br>(ŞEHİR, KONUT, TERMAL TESİS, SERA VB.) | 117.000 KONUT EŞDEĞERİ<br>(983 MWt)   |
| <b>TERMAL TURİZM (KAPLICA) KULLANIMI</b>                                  | 215 KAPLICA<br>(402 MWt) (Yılda 10.000.000 Kişi)  |
| <b>TOPLAM ISI KULLANIMI</b>   | <u>1385 MWt</u><br>(1.000.000 ton/yıl petrol (kalorifer yakıtı) karşılığı 1.4 Milyar YTL/yıl, 2007 itibarıyla)  |
| <b>ELEKTRİK ÜRETİMİ</b>   | 1) 20 MWe (Denizli - Kızıldere) işletiliyor.<br>2) 25/40/(100) MWe kapasiteli Germencik Jeotermal Elektrik Santrali yatırımının çalışmaları devam etmektedir (Hedef 100 MWe'dir).<br>3) Aydın Salavatlı de 167°C ile yaklaşık 8 MWe Binary Cycle santrali kurulmaktadır.<br>4) Kızıldere Jeotermal Santrali'nin atığı olan 140°C'lik jeotermal sudan 6,85 MWe kapasiteli jeotermal santrali lisans almıştır.<br>5) Çanakkale-Tuzla jeotermal alanında 7,5 MWe kapasiteli bir jeotermal santral üretim lisansı almıştır.<br>6) 10 MWe Simav Jeotermal Elektrik Üretim Santrali proje aşamasındadır.<br>7) 10/20 MWe Seferhisar santrali proje aşamasında |
| <b>KARBONDİOKSİT ÜRETİMİ</b>  | 120.000 ton/yıl   |

Ülkemizde jeotermal elektrik santralleri kurulmasına elverişli yüksek entalpili sahalar fazla bulunmamaktadır. Özellikle Aydın Germencik Söke jeotermal alanı, Denizli Kızıldere jeotermal alanı ve Nevşehir Acıgöl jeotermal alanı yüksek entalpili olup, elektrik üretimi ve entegre ısıtma için kullanılmaya uygundur (Tablo 40-41).

**Tablo 40.** Türkiye’de Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemlerinin Mevcut Durumu<sup>49</sup>  
2006, T.Jeotermal Derneği Verilerine Göre Revize Edilmiştir.

| Yer Adı  | Isıtılan Konut Sayısı | Devreye Alma Tarihi | Jeoter. Su Sic. (°C) | Yatırımcı   |
|--|-----------------------|---------------------|----------------------|---|
| 9 Eylül Üniv.Kampüsü, Balçova, narlıdere                                 | 3000                  | 1983                | 137-60               | Valilik + Üniversite Rektörlüğü                             |
| Gönen  | 3400                  | 1987                | 80                   | Belediye Ağırlıklı Anonim Şirketi                           |
| Simav  | 5000                  | 1991                | 137                  | Belediye  |
| Kırşehir   | 1900                  | 1994                | 57                   | İl Özel İdaresi Ağırlıklı Belediye Anonim Şirketi           |
| Kızılcahamam   | 2500                  | 1995                | 80                   | Belediye Ağırlıklı Anonim Şirketi                           |
| Balçova  | 15000                 | 1996                | 137                  | Valilik Ağırlıklı Limited Şirketi                           |
| Afyon  | 4500                  | 1996                | 95                   | İl Özel İdare Ağırlıklı Belediye Anonim Şirketi             |
| Kozaklı  | 1200                  | 1996                | 90                   | Belediye Ağırlıklı Anonim Şirketi                           |
| Narlıdere  | 1500                  | 1998                | 125                  | Belediye Ağırlıklı Limited Şirketi                          |
| Sandıklı   | 3600/5000             | 1998                | 70                   | Belediye Ağırlıklı Anonim Şirketi                           |
| Diyadin  | 400                   | 1999                | 70                   | İl Özel İdare Ağırlıklı Anonim Şirket                       |
| Salihli  | 4100/24000            | 2002                | 94                   | Belediye  |
| Sarayköy   | 1500/5000             | 2002                | 140                  | Belediye Ağırlıklı Anonim Şirketi                           |
| Edremit  | 2000/7500             | 2003                | 60                   | Belediye Ağırlıklı Limited Şirketi                          |
| Bigadiç  | 1500/3000             | 2005                | 96                   | Belediye  |
| Sarıkaya   | 10/2000               | 2006                | 50.5                 | İl Özel İdare +Belediye                                     |
| Yerköy   | 500/3000              | yapılıyor           | 62                   | İl Özel İdare+Belediye+Özel Sektör                          |
| Termal tesis ve 635 dönüm sera ısıtması (Şanlıurfa, Dikili, Balçova vb.) |                       |                     |                      | Jeotermal Sahada Yatırım Valilik +Sera Yatırımı Özel Sektör |

<sup>49</sup> T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) – www.enerji.gov.tr

**Tablo 41.** Jeotermal Sahaların Yer, Kapasite ve Kullanım Alanları<sup>50</sup>

| Jeotermal Alan Adı ve Yeri | Sıcaklık (°C) | Kapasite (MW)_(MW) | Kullanım Alanı           | Açıklamalar   |
|----------------------------|---------------|--------------------|--------------------------|---|
| Germencik- AYDIN           | 232           | 0,1                | Sera                     | Elektrik üretimine uygun                                    |
| Kızıldere- DENİZLİ         | 212           | 22,8               | Elektrik üretimi, Sera   | 1984'te 20.4MW, şu an net 15 MW üretimi var                 |
| Tuzla- ÇANAKKALE           | 174           | 9                  | Sera                     | Elektrik üretimine uygun                                    |
| Salavatlı- AYDIN           | 171           | -                  | -                        | Elektrik üretimine uygun                                    |
| Simav- KÜTAHYA             | 163           | 61,6               | Isıtma, Balneoloji, Sera | 3200 konut ısıtması   |
| Seferhisar- İZMİR          | 153           | 1,06               | Sera                     | 80.000m <sup>2</sup> sera ısıtılması                        |
| Dikili- İZMİR              | 130           | 2                  | Sera                     |   |
| Balçova- İZMİR             | 124           | 143,3              | Isıtma, Balneoloji, Sera | 10.000 konut ısıtılması                                     |
| Ilıcabaşı- AYDIN           | 103           | -                  | -                        |   |
| Hisaralan- BALIKESİR       | 100           | 0,49               | Sera                     |   |
| Tekkehamamı- DENİZLİ       | 100           | 1,8                | Sera                     |   |
| Ömer Gecek- AFYON          | 98            | 2,6                | Isıtma, Balneoloji,      | 35 apart otel binası ve 5000 m <sup>2</sup> sera ısıtılması |
| Salihli- MANİSA            | 98            | 0,37               | Isıtma, Balneoloji,      | 1989'dan beri otel binasının jeotermal ısıtılması           |
| Çitgöl- KÜTAHYA            | 97            | -                  | -                        |   |
| Kozaklı- NEVŞEHİR          | 93            | 14,9               | Isıtma, Sera             | 1.000 konut ısıtılması                                      |
| Çamköy (Alangüllü)- AYDIN  | 90            | 0,7                | Isıtma, Balneoloji,      |   |
| Zilan (Erciş)- VAN         | 90            | -                  | -                        |   |

Türkiye'nin toplam jeotermal elektrik potansiyeli 2000 MWe dir. 2013 yılı jeotermal elektrik üretim hedefi 550 MWe kurulu güç ve 4 milyar Kwh elektrik üretimidir.

*Jeotermal enerji, doğrudan kullanım alanlarında, teknolojik açıdan yatırımların % 90'ı yerli makina ve teçhizat tarafından karşılanabilecek bir düzeye ulaşmıştır. Dolayısıyla elektrik dışı uygulamalarda ulusal teknoloji kolaylıkla geliştirilebilir durumdadır.*

<sup>50</sup> T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) – www.enerji.gov.tr

Türkiye'deki jeotermal enerji kaynaklarının tümüne yakınının düşük entalpili olması, kaynakların değerlendirilmesinde endüstriyel proses ısısı ve konut ısıtmasına yönelmesi gereğini ortaya çıkarmaktadır. *Türkiye'nin gelecek yıllardaki enerji gereksinimleri dikkate alındığında jeotermal enerjinin tek başına çözüm olmayacağı; fakat enerji sorununda tamamlayıcı bir rol oynayacağı açıktır. Devletin ve özel yatırımcıların jeotermal kaynakların son derece çekici olduğu konut ısıtması ve proses ısısı gibi kullanımlara yatırım yapması, ülke ekonomisine katkıda bulunacak, hava kirliliğini azaltma yanında petrol için harcanan döviz giderlerini de azaltacaktır.*

İtalyan hükümeti jeotermal ısıya 1 euro-cent/kWh ilave ödeme yaparak teşvik etmektedir.

Jeotermal enerji termal turizm amaçlı olarak Almanya ve Macaristan'a 10 milyon kişi, Rusya'ya 8 milyon kişi, Fransa'ya yaklaşık 700 bin, İsviçre'ye 800 bin ve İspanya'ya 400 bin kişi gitmektedir. 126 milyon nüfuslu Japonya'nın sadece Beppu şehrine 12-13 milyon kişi termal turizm amaçlı olarak gelmektedir. Japonya'da 1500 adet kaplıcada 100 milyon kişi termal turizm yapmaktadır.

Kaynak zenginliği açısından dünyada ilk 7 ülke arasında yer alan Türkiye'nin termal suları, hem debi ve sıcaklıkları hem de çeşitli fiziksel ve kimyasal özellikleri ile Avrupa'daki termal sulardan daha üstün nitelikler taşımaktadır. Ülkemizde debileri 2-500 lt/sn arasında değişen 1300 dolayında termal kaynak bulunmaktadır.

Türkiye'de, 215 adet kaplıcadan yılda 10 milyon kişi birçok hastalığın tedavisinde, rehabilitasyon ve dinlenme (tatil) amaçlı olarak faydalanmaktadır.

Dünyada 10 bin dönüm, Türkiye'de ise 635 dönüm jeotermal sera vardır. Şanlıurfa'daki 106 dönümlük jeotermal ısıtmalı seradan Avrupa'ya ihracat yapılmaktadır. Mevcut 635 dönümlük sera ısıtmasının 10 yıl içinde 10.000 dönüm olması hedeflenmektedir. Düşük sıcaklıklarda kültür balıkçılığı gerçekleştirilmektedir. Karides, Levrek-Sarı levrek, Çupra, Tilapia (çupra türü), Yayın, Sazan vb.

Geleceğin yakıtı olarak bilinen hidrojenin üretimi, jeotermal kaynaklar aracılığı ile de mümkündür.

Ülkemizde 1986 yılından beri Kızıldere jeotermal elektrik santralinin atığı olan karbondioksit (CO<sub>2</sub>) değerlendirilerek, entegre olarak sıvı karbondioksit ve kurubuz üretimi yapılmaktadır. Yılda 120.000 ton civarında üretim yapan fabrika, Türkiye'nin sıvı karbondioksit ihtiyacının % 50'sini karşılamaktadır.

415 litre/saniye toplam debiye ve 250 °C üretim sıcaklığına sahip bir jeotermal akışkandan (akışkan içerisindeki toplam çözünmüş maddenin 10 gram/litre'den daha az olmaması gerekmektedir) elde edilebilecek ürünlerin yıllık değeri Tablo 42'de çıkarılmıştır.

**Tablo 42.** Jeotermal Akışkandan Elde Edilebilecek Ürünlerin Yıllık Değeri<sup>51</sup>

|                                |                       |
|--------------------------------|-----------------------|
| Elektrik için                  | 2 – 5 Milyon \$/yıl   |
| Üretilebilecek mineraller için | 5 – 50 Milyon \$/yıl  |
| Isı enerjisi için              | 16 – 34 Milyon \$/yıl |

Elektrik üretiminde jeotermal kaynaktan modüler (5 MW civarı) elektrik üretimi teknolojisinin ülkemizde kullanımının yaygınlaştırılması gereklidir. Üretilen elektriğin şebekeye bağlanmasına yönelik olarak üreticilere kolaylık sağlanmalıdır.

Türkiye’de halen EPDK’dan jeotermal kaynaktan elektrik enerjisi üretmek için 5 firma lisans almıştır. Alınan bu lisansların kurulu güç toplamı 50.95 MW olup bu kurulu güç ile toplam 418.204.000 kWh/yıl üretim yapılabilecektir. Teknik potansiyelin çok büyük bölümü değerlendirmeyi beklemektedir. (Tablo 43)

**Tablo 43.** EPDK Tarafından Verilen Jeotermal Enerjisi Lisanslarının Dağılımı<sup>52</sup>

| Tesisin Yeri  | Santral Sayısı | Kurulu Güç (MW) | Üretim Miktarı (kWh/Yıl) |
|---------------|----------------|-----------------|--------------------------|
| Aydın         | 2              | 22.95           | 234.704.000              |
| Çanakkale     | 1              | 7,50            | 63.000.000               |
| Denizli       | 2              | 20,50           | 120.500.000              |
| <b>Toplam</b> | <b>5</b>       | <b>50.95</b>    | <b>418204.000</b>        |

Ülkemizin toplam jeotermal potansiyelinin kullanımı ile toplam elektrik enerjisi ihtiyacımızın % 5’ ini ısı enerjisi ihtiyacımızın % 30’unu karşılayabilmemiz olanaklıdır. Bu değerlerin ağırlıklı ortalaması alındığında Türkiye enerji ihtiyacının (elektrik+ ısı) yaklaşık % 14’ü jeotermal kaynaklardan karşılanabilir. Bilinen potansiyelimizin jeotermal uygulamalar ile tam değerlendirilmesi halinde sağlanabilecek katma değer ise yıllık 25 milyar dolar civarında olacaktır.

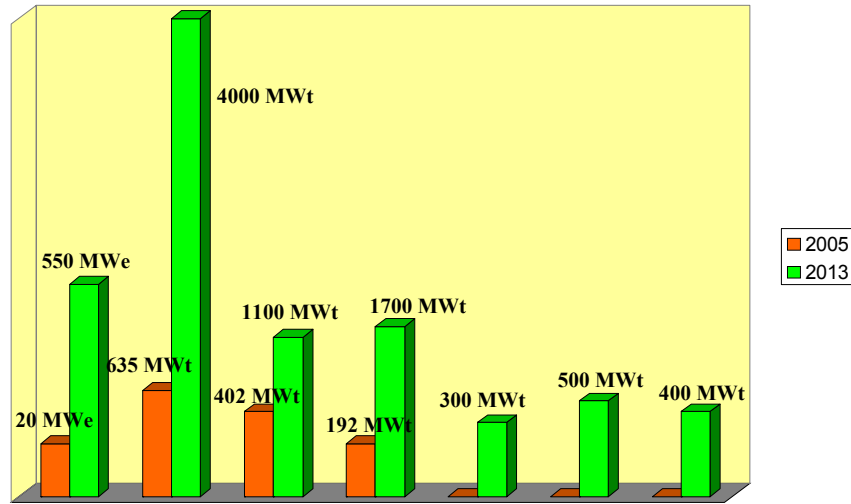
Haziran 2007 itibarıyla Jeotermal potansiyelimizi kullanabilme oranımız ancak % 7’ler mertebesine ulaşmıştır.

### **2007 – 2013 Dönemi Türkiye’nin Jeotermal Değerlendirme Projeksiyonu**

Türkiye’de jeotermal elektrik üretimi ve jeotermal ısıtma ile ilgili mevcut durum ve 2013 yılı projeksiyonları T.C. Başbakanlık DPT Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013)’na göre aşağıdaki gibidir.

<sup>51</sup> Türkiye Jeotermal Derneği – [www.jeotermalderneği.org.tr](http://www.jeotermalderneği.org.tr)

<sup>52</sup> Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu(EPDK) – [www.epdk.org.tr](http://www.epdk.org.tr)



**Grafik 24.** Türkiye’de jeotermal elektrik üretimi ve jeotermal ısıtma ile ilgili mevcut durum

**Tablo 44.** Türkiye’de Jeotermal Elektrik Üretimi Ve Doğrudan Kullanım 2013 Projeksiyonları

| Jeotermal Değerlendirme   | Şubat 2005             | MW                     | 2013 yılı Projeksiyonu   | MW                        | Toplam Yıllık Enerji                      |
|---|------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|---|
| <b>Elektrik Üretimi</b>   |                        | <b>20 MWe (94 GWh)</b> |                          | <b>550 MWe (2475 GWh)</b> | <b>4 Milyar kWh/Yıl</b>                   |
| Konut Isınması  | 103.000 konut eşdeğeri | 635 MWt                | 500.000                  | 4000 MWt                  |   |
| Termal Turizm (Kaplıca)   | 215 adet kaplıca       | 402 MWt                | 400 ad. kaplıca eşdeğeri | 1100 MWt                  |   |
| Seracılık   | 635 dönüm              | 192 MWt                | 5000 dönüm               | 1700 MWt                  |   |
| Soğutma   | -                      | -                      | 50.000 konut eşdeğeri    | 300 MWt                   |   |
| Kurutma   | -                      | -                      | 500.000 ton/yıl          | 500 MWt                   |   |
| Balıkçılık + diğer kullanımlar  | -                      | -                      |                          | 400 MWt                   |   |
| <b>Toplam doğrudan kullanım</b>   |                        | <b>1229 MWt</b>        |                          | <b>8000 MWt</b>           | <b>35.040.000* MWth/Yıl</b>               |
| 2013 yılı toplam jeotermal doğrudan kullanım (elektrik dışı)+jeotermal elektrik üretim projeksiyonu fuel-oil (kalorifer yakıtı) ikamesi |                        |                        |                          |                           | 3,88 Milyon Ton/Yıl = 4,24 Milyar USD/yıl |
| 2013 yılı toplam jeotermal kullanım (550 MWe + 8000 MWt) projeksiyonu karşılığında salınımına engel olunan CO2 emisyon miktarı          |                        |                        |                          |                           | 10 Milyon Ton/Yıl                         |

\* Yük faktörü % 50’dir.



**Tablo 45.** Jeotermal Sıvı Karbondioksit ve Kurubuz Üretim Projeksiyonu

|  | Şubat 2006      | 2013            |
|--|-----------------|-----------------|
| Jeotermal Karbondioksit Üretimi (brüt) | 120.000 ton/yıl | 200.000 ton/yıl |

**Tablo 46.** Jeotermal Uygulamalarının (elektrik + doğrudan kullanım) 2013 Yılında Yaratacağı İstihdam Projeksiyonu

|                               | 2005        | 2013         |
|-------------------------------|-------------|--------------|
| İstihdam (Direkt ve indirekt) | 40.000 kişi | 200.000 kişi |

**Tablo 47.** Jeotermal Sera Uygulamalarından Elde Edilecek 2013 Yılı İhracat Projeksiyonu

|                | 2005 yılı     | 2013 yılı      |
|----------------|---------------|----------------|
| İhracat (sera) | 15 Milyon USD | 250 Milyon USD |

**Tablo 48.** DPT 9. Plan Döneminde (2007 – 2013) Jeotermal Elektrik Üretimi, Isıtma (konut, termal tesis vb.), Sera Isıtma, Kurutma, Termal Turizm Hedeflerine Ulaşılması İçin Gerekli Olan Yatırım Tutarı

| Jeotermal Uygulama   | Ulaşılabilecek 2013 yılı hedefleri | İlave Yatırım Farkı (USD) (2013'e kadar) |
|--|------------------------------------|--|
| Elektrik Üretimi   | 550 MWe<br>(4 Milyar kWh)          | 1 Milyar USD                             |
| Isıtma (konut, termal tesis vb.)   | 4000 MWt<br>(500.000 konut eşd.)   | 800 Milyon USD                           |
| Sera ısıtma  | 1700 MWt<br>(5000 dönüm)           | 350 Milyon USD<br>(kuyular dahil)        |
| Kurutma vb.  | 500.000 ton/yıl                    | 100 Milyon USD                           |
| Termal Turizm  | 400 kaplıca eşd.                   | 800 Milyon USD                           |
| Soğutma  | 50.000 konut eşd.                  | 200 Milyon USD                           |
| Toplam   |                                    | 3 Milyar 250 Milyon USD                  |
| Jeotermal elektrik üretimi, ısıtma (konut, termal tesis vb.), termal turizm (kaplıca), seracılık, kurutma, balıkçılık vb. uygulamaların 2013'deki hedeflere ulaşıldığı takdirde yaratacağı ekonomik büyüklük |                                    | 16 Milyar USD/yıl                        |

**Kaynak:** Türkiye Jeotermal Derneği

DPT 9. Plan Döneminde (2007 – 2013) jeotermal elektrik üretimi, ısıtma (konut, termal tesis vb), sera ısıtma, kurutma, termal turizm hedeflerine ulaşılması için gerekli olan yatırım tutarları toplamı 3,25 Milyar USD olmaktadır. Buna karşılık yaratılacak ekonomik büyüklük 16 Milyar USD/yıldır.

#### 4.5 Güneş Enerjisi (Isı, Elektrik)

Güneş enerjisi, güneşten gelen ve yeryüzünde 0-1.100 W/m<sup>2</sup> değerlerinde bir ısı etkisi yaratan yenilenebilir bir enerjidir. Bu enerji ile ısıtmadan soğutmaya çok farklı ısı etkisinin kullanıldığı uygulamalar ve değişik teknolojiler ile elektrik enerjisi üretimi de gerçekleştirilebilmektedir.



Şekil 12: Güneş Enerjisi ile Isınma

Dünyada güneş enerjisinden yararlanılmasına yönelik çalışmalar çok eski devirlere uzanmaktadır. Örneğin, M.Ö. 212 yılında Arşimed, odaklayıcı aynalar kullanıp, 30-40 m. uzaklıktaki Roma gemilerini yakarak Sicilya'nın savunmasını başarıyla gerçekleştirmiştir. 1860'lı yıllarda bakır ve çinko eritmek için bir güneş fırını kurulmuştur. Güneş enerjisi ile çalışan ilk motorun patenti 1861 yılında alınmış olmasına karşın güneş enerjisi daha sonraki yıllarda (1970'lerdeki petrol krizine kadar) unutulmuştur. Güneş enerjisi çevre yönünden temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirirken, 1970'li yıllarda yaşanan petrol krizlerinden sonra, bu enerji kaynağı daha da önem kazanmıştır. Günümüzde ise, Fotovoltaik Endüstri Birliği (EPIA) ve Greenpeace tarafından yayımlanan raporda dünyada 2040 yılına kadar küresel enerji gereksiniminin % 26'sının güneş enerjisinden sağlanacağı ve 2 milyondan fazla kişiye istihdam imkanı sağlanacağı ifade edilmektedir.

#### 4.5.1 Dünyada güneş enerjisi potansiyeli

Dünya atmosferinin üst sınırında (dünya yüzeyinden takriben 160 km. yükseklikte) güneş ışınlarının gelişine dik bir yüzey üzerine gelen ortalama güneş enerjisi yoğunluğu yaklaşık 1,37 KW/m<sup>2</sup>'dir. Bu değere "güneş sabiti" denmektedir.

Dünyada güneş enerjisinden yararlanmak için en elverişli alanlar, Ekvatorun 35° Kuzey ve Güney enlemleri arasında kalan kuşakta yer almaktadır. Bu bölge "Dünya Güneş Kuşağı" olarak adlandırılmaktadır. Yılda 2000-3500 saat güneş görmekte olan bu bölgenin güneş enerjisi potansiyeli 3,5-7 KWh/m<sup>2</sup>/gün arasında değişmektedir.

Dünya yüzeyindeki ortalama yıllık güneş radyasyonu miktarı kurak bölgelerde 2000-2500 KWh/m<sup>2</sup> ve daha üst enlemlerde ise 1000-1500 KWh/m<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Bu radyasyon yeryüzüne doğrudan ve/veya difüz (yaygın) radyasyon olarak ulaşmaktadır. Dünya'nın çeşitli bölgelerindeki yatay yüzeylere ulaşan günlük ortalama güneş radyasyonu miktarları, aşağıda özetlenmiştir.

**Tablo 49. Dünyadaki Yıllık Ortalama Güneş Enerjisi Miktarı**

| Bölge                   | KWh/m <sup>2</sup> |
|-------------------------|--------------------|
| Kuzey Avrupa            | 800                |
| Orta Avrupa             | 1000               |
| Akdeniz Bölgesi         | 1700               |
| Ekvator (Çöl Bölgeleri) | 2200               |

**Kaynak:** EİE (2006)

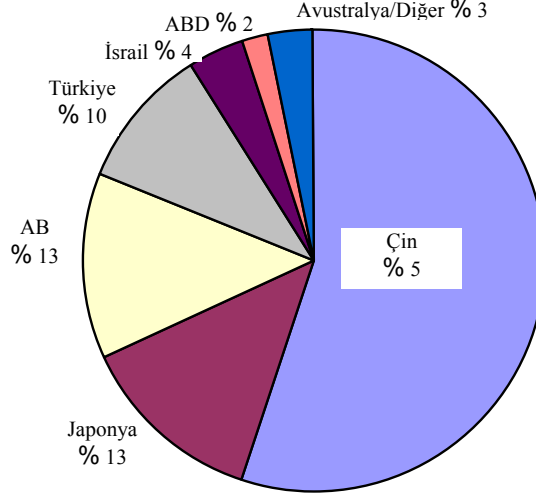
#### **Güneş Enerjisi Teknolojileri**

Güneş enerjisi teknolojilerini genel olarak, Isı (doğrudan ısı kullanımı ve ısıdan elektrik) ve Doğrudan Elektrik (Güneş Pilleri /Fotovoltaik Piller/PV) olarak iki grup içinde ele almak gerekir.

##### **1. Güneş enerjisi ısı teknolojileri ve uygulamaları**

- Düşük Sıcaklık Uygulamaları 100°C'den az; Düzlemsel güneş kolektörleri, Güneş Havuzları ve Su Arıtma Sistemleri, Konut Isıtma, Ürün Kurutma Seralar, Güneş Ocakları vb. gibi uygulamalar,
- Orta Sıcaklık Uygulamaları: 100 - 350°C arası: Vakumlu Güneş Kolektörleri kullanımı ile yapılan uygulamalar,
- Yüksek Sıcaklık Uygulamaları: 350°C'den daha yüksek sıcaklıklar : Güneş fırınları ve güneş kuleleri, elektrik üretimi ve madenlerin eritilmesi amacıyla yapılan uygulamalar.

Güneş enerjisi ısı teknolojileri arasında en yaygın olarak kullanılan uygulama düzlemsel güneş kolektörleridir. Dünya genelinde, kurulu olan ve ağırlıklı olarak sıcak su üreten düzlemsel güneş kolektörü miktarının takriben 94 milyon m<sup>2</sup>'yi geçtiği tahmin edilmektedir. En fazla güneş kolektörü bulunan ülkeler arasında ABD, Japonya, Avustralya, İsrail ve Yunanistan yer almaktadır. Türkiye 12 milyon m<sup>2</sup> kurulu kolektör alanı ile dünyanın önde gelen ülkelerinden biridir. Bu dağılım, Şekil 25'de gösterilmektedir.



**Grafik 25.** Bazı Ülkelerde Sıcak Su Üretimi İçin Kurulu Kolektör Alanı Oranları

**Kaynak:** UNIDO - ICHET (2005)

## 2. Güneş Enerjisi Elektrik Teknolojileri ve Uygulamaları (Güneş Pilleri)

Güneş pili, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren bir yarı iletken diyottur. Güneş pillerindeki ana prensip, fotovoltaiik dönüşümdür. Günümüze kadar üretilmiş ve çeşitli kullanım alanları bularak ticarî ortama girmiş olan güneş pilleri, Si (*silicon*), GaAs (*gallium arsenide*), CIS (*indium diselenide*) ve CdTe (*cadmium telloride*) 'katı hal' teknolojisi tabanlıdır. Bunlardan ayrılan, fotoelektrokimyasal türdeki DSC (*Dye Solar Cell*) teknolojisi üzerinde son beş yıldır çalışılmaktadır. Bu teknolojiye; amaç, halihazırdaki üretim maliyetlerini % 30'ların da altına çekecek teknolojik çözümler sağlamaktır.

1980'li ve 1990'lı yıllarda güneş pili sistemleri, ulusal elektrik şebekesinden uzak kırsal alanlardaki güç sistemlerinde, sinyalizasyon, hesap makinaları ve oyuncaklar gibi küçük güç gerektiren yerlerde kullanılıyordu. 1990'ların ortalarında binalara entegre edilerek veya ulusal elektrik şebekesine güç verecek şekilde üretilmeye başlanmıştır.

Güneş enerjisine dayalı elektrik üretimi, maliyet bazında diğer kaynaklara göre daha pahalı görünmekle birlikte, güneş pillerinin verimlerinin artırılmasına ilişkin sürdürülen çalışmalarla maliyetlerin daha aşağılara çekilmesi beklenmektedir. Bazı ülkelerdeki gelişmeler (Tablo 50) verilmektedir.

**Tablo 50. Bazı Ülkelerin Fotovoltaik(PV) İstatistikleri**<sup>53</sup>

|                            | Kümülatif Şebeke Dışı Kapasite (KW) |                | Kümülatif Şebekeye Bağlı Kapasite (KW) |                | Toplam PV Kurulu Güç(KW) | Toplam PV Kurulu Güç(W/kişi) | PV Kurulu Gücü (2006)KW | Şebekeye Bağlı PV Kurulu Gücü (2006)KW |
|----------------------------|-------------------------------------|----------------|--|----------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------|--|
|                            | Ulusal                              | Ulusal Olmayan | Dağıtım                                | Merkezi        |                          |                              |                         |  |
| Avusturya                  | 23883                               | 36653          | 9005                                   | 760            | 70301                    | 3.5                          | 9721                    | 2145                                   |
| Avustralya                 | 3169                                |                | 21 263                                 | 1.153          | 25585                    | 3,1                          | 1564                    | 1290                                   |
| Kanada                     | 6680                                | 12296          | 1443                                   | 65             | 20484                    | 0,6                          | 3738                    | 384                                    |
| İsviçre                    | 3050                                | 350            | 23740                                  | 2.560          | 29700                    | 4                            | 2.650                   | 2500                                   |
| Almanya                    | 32.000                              |                | 2 831.000                              |                | 2 863.000                | 34,9                         | 953.000                 | 950.000                                |
| Danimarka                  | 80                                  | 256            | 2565                                   | 0              | 2.900                    | 05                           | 250                     | 210                                    |
| İspanya                    | 17 800                              |                | 100.400                                |                | 118 200                  | 2,7                          | 60 500                  | 51400                                  |
| Fransa                     | 15015                               | 6539           | 22379                                  | 0              | 43933                    | 0,7                          | 10890                   | 9412                                   |
| İngiltere                  | 324                                 | 758            | 12960                                  | 0              | 14042                    | 0,2                          | 3165                    | 3007                                   |
| İsrail                     | 1064                                | 210            | 11                                     | 14             | 1319                     | 0,2                          | 275                     | 0                                      |
| İtalya                     | 5.300                               | 7500           | 30500                                  | 6.700          | 50 000                   | 0,9                          | 12500                   | 12000                                  |
| Japonya                    | 1212                                | 87376          | 1 617 011                              | 2.900          | 1708 499                 | 13,4                         | 286591                  | 285060                                 |
| Kore                       | 983                                 | 4.960          | 18323                                  | 10467          | 34733                    | 0,7                          | 21209                   | 20929                                  |
| Meksika                    | 15 019                              | 4573           | 156                                    | 0              | 19747                    | 0,2                          | 1.054                   | 116                                    |
| Hollanda                   | 5713                                |                | 43673                                  | 3319           | 52705                    | 3,2                          | 1521                    | 1243                                   |
| Norveç                     | 7150                                | 390            | 128                                    | 0              | 7668                     | 1,7                          | 416                     | 53                                     |
| İsveç                      | 3.630                               | 655            | 555                                    | 0              | 4840                     | 0,5                          | 603                     | 301                                    |
| ABD                        | 114 000                             | 156 000        | 322 000                                | 32.000         | 624000                   | 2,1                          | 145.000                 | 108.000                                |
| <b>Tahmini Toplam Alan</b> | <b>226 751</b>                      | <b>347 856</b> | <b>4 773 271</b>                       | <b>343 776</b> | <b>5 691 656</b>         |                              | <b>1 514 647</b>        | <b>1 448 050</b>                       |

Son yıllarda PV teknolojisindeki gelişmelerle ve PV pazarının büyümesiyle maliyetler düşüş eğilimi göstermektedir. Panellerin fiyatları 3-6 \$/W arasında değişmektedir ve 50 W'lık bir panelin fiyatı 200 dolar civarındadır. On yıl kadar önce, standart bir güneş pili 500 dolar civarındaydı.

Avrupa Güneş Pili pazarının boyutu 2005 yılında 5 milyar euro civarında olmuştur. Son yıllarda dünyada yaygınlaşan PV uygulaması, Yapı Bileşik Güneş Pili modülleri ile evin/küçük binanın elektrik ihtiyacının karşılanması şeklindedir. Bu tür uygulamalarda çatı veya binanın uygun diğer bir yüzeyine yerleştirilmiş ünitelerle gereken elektrik enerjisi karşılanmaktadır. Örneğin, Almanya'nın güneyinde bir uygulamada yıllık 2700 kWh elektrik üretimi sağlanmakta, bu da enerji verimli bir evin bütün ihtiyacını karşılamaktadır. Bu

<sup>53</sup> [www.oja-services.nl/iea pvps/irs/index.html](http://www.oja-services.nl/iea pvps/irs/index.html)

uygulamalar Amerika da 1 milyon çatı, Japonya da 70.000 çatı Almanya da 100.000 çatı gibi projeler kapsamında yaygınlaştırılmaktadır.

**Tablo 51. Bazı Ülkelerde PV Kurulu Gücünün Kümülatif Gelişimi (MW)**

| Ülkeler    | 1996 | 1997 | 1998  | 1999  | 2000  | 2001  | 2002  | 2003  | 2004 | 2005   | 2006   |
|------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--------|--------|
| Avusturya  | 15,7 | 18,7 | 22,5  | 25,3  | 29,2  | 33,6  | 39,1  | 45,6  | 52,3 | 60,6   | 70,3   |
| Avustralya | 1,7  | 2,2  | 2,9   | 3,7   | 4,0   | 6,4   | 10,3  | 16,6  | 21,1 | 24     | 25,6   |
| Kanada     | 2,6  | 3,4  | 4,5   | 5,8   | 7,2   | 8,8   | 10    | 11,8  | 13,9 | 16,7   | 20,5   |
| İsviçre    | 8,4  | 9,7  | 11,5  | 13,4  | 15,3  | 17,6  | 19,5  | 21    | 23,1 | 27,1   | 29,7   |
| Danimarka  | 0,2  | 0,4  | 0,5   | 1,1   | 1,5   | 1,5   | 1,6   | 1,9   | 2,3  | 2,7    | 2,9    |
| Almanya    | 27,8 | 41,8 | 53,8  | 69,4  | 113,7 | 194,7 | 278   | 431   | 1044 | 1910   | 2863   |
| İspanya    | 6,9  | 7,1  | 8     | 9,1   | 12,1  | 15,7  | 20,5  | 27    | 37,4 | 57,7   | 116,2  |
| Finlandiya | 1,6  | 2    | 2,2   | 2,3   | 2,6   | 2,7   | 3,1   | 3,4   | --   | --     | --     |
| Fransa     | 4,4  | 6,1  | 7,6   | 9,1   | 11,3  | 13,9  | 17,2  | 21,1  | 26   | 33     | 43,9   |
| İngiltere  | 0,4  | 0,6  | 0,7   | 1,1   | 1,9   | 2,7   | 4,1   | 5,9   | 8,2  | 10,9   | 14     |
| İtalya     | 16   | 16,7 | 177   | 18,5  | 19    | 20    | 22    | 26    | 30,7 | 37,5   | 50     |
| Japonya    | 59,6 | 91,3 | 133,4 | 208,6 | 330,2 | 452,8 | 636,8 | 859,6 | 1132 | 1421,9 | 1708,5 |
| Kore       | 2,1  | 2,5  | 3     | 3,5   | 4     | 4,8   | 5,4   | 6     | 8,5  | 13,5   | 34,7   |
| Meksika    | 10   | 11   | 12    | 12,9  | 13,9  | 15    | 16,2  | 17,1  | 18,2 | 18,7   | 19,7   |
| İsrail     | 0,2  | 0,3  | 0,3   | 0,4   | 0,4   | 0,5   | 0,5   | 0,5   | 0,9  | 1      | 1,3    |

Source: PV News, Photon International, IEA PVPS

2025 yılına ait yapılan çeşitli projeksiyonlara göre PV'nin global elektriğin % 2,5 ile % 3,5 arasındaki bir bölümünü karşılaması ve şebeke bağlantılı sistem maliyetinin 2 €/w olması beklenmektedir.

#### 4.5.2 Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli

Ülkemiz, coğrafi konumu sebebiyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresinin 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 KWh/m<sup>2</sup>-yıl (günlük toplam 3,6 KWh/m<sup>2</sup>) olduğu tespit edilmiştir. Aylara göre Türkiye güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi değerleri verilmiştir.

**Tablo 52.** Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli

| Aylar           | Aylık Toplam Güneş Enerjisi       |                                  | Güneşlenme Süresi<br>(Saat/ay) |
|-----------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
|                 | (Kcal/cm <sup>2</sup> -ay)        | (KWh/m <sup>2</sup> -ay)         |                                |
| Ocak            | 4,45                              | 51,75                            | 103,0                          |
| Şubat           | 5,44                              | 63,27                            | 115,0                          |
| Mart            | 8,31                              | 96,65                            | 165,0                          |
| Nisan           | 10,51                             | 122,23                           | 197,0                          |
| Mayıs           | 13,23                             | 153,86                           | 273,0                          |
| Haziran         | 14,51                             | 168,75                           | 325,0                          |
| Temmuz          | 15,08                             | 175,38                           | 365,0                          |
| Ağustos         | 13,62                             | 158,40                           | 343,0                          |
| Eylül           | 10,60                             | 123,28                           | 280,0                          |
| Ekim            | 7,73                              | 89,90                            | 214,0                          |
| Kasım           | 5,23                              | 60,82                            | 157,0                          |
| Aralık          | 4,03                              | 46,87                            | 103,0                          |
| Toplam          | 112,74                            | 1311                             | 2640                           |
| <b>Ortalama</b> | <b>308 cal/cm<sup>2</sup>-gün</b> | <b>3,6 KWh/m<sup>2</sup>-gün</b> | <b>7,2 saat/gün</b>            |

**Kaynak:** EİE (2006)

Türkiye'nin yıllık ortalama güneş ışınımı ve güneşlenme süresi değerlerinin bölgesel dağılımı ise aşağıdaki tabloda görülmektedir.

**Tablo 53:** Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı

| Bölge             | Toplam Güneş Enerjisi<br>(KWh/m <sup>2</sup> -Yıl) | Güneşlenme Süresi<br>(Saat/Yıl) |
|-------------------|--|---------------------------------|
| Güneydoğu Anadolu | 1460   | 2993                            |
| Akdeniz           | 1390   | 2956                            |
| Doğu Anadolu      | 1365   | 2664                            |
| İç Anadolu        | 1314   | 2628                            |
| Ege               | 1304   | 2738                            |
| Marmara           | 1168   | 2409                            |
| Karadeniz         | 1120   | 1971                            |

**Kaynak:** EİE (2006)

Ülkemizde yıllık ortalama toplam güneş ışınımının en küçük ve en büyük değerleri sırası ile 1120 KWh/m<sup>2</sup>-yıl ile Karadeniz Bölgesinde, 1460 KWh/m<sup>2</sup>-yıl ile Güneydoğu Anadolu Bölgesinde gerçekleşmektedir.

Bu ışınım şiddetleri ile Türkiye'nin, Güneydoğu ve Akdeniz bölgeleri içinde kalan ve yüzölçümünün % 17'sini kapsayan bölümünde, güneşli su ısıtıcılarının yıl boyunca tam kapasite ile çalışabilmektedir. Türkiye yüzölçümünün %63'ünü

kapsayan bölümde ise, güneşli su ısıtıcılarının yıl boyunca çalışma oranı % 90 ve ülkenin % 94'ünü kapsayan bir bölümdeki çalışma oranı ise, % 80'dir. Türkiye'nin hemen hemen her yerinde, güneşli su ısıtıcıları yılın % 70'i kadar bir sürede tam randımanla çalışabilmektedir. Bu sebeple özellikle Güney ve Ege kıyıları başta olmak üzere bütün bölgelerde güneş enerjisi kolektörleri hâlen yoğun olarak sıcak su elde etmek amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca bazı endüstriyel uygulamalar, hacim ısıtma uygulamaları (güneş mimarisi) ile elektrik üretiminde fotovoltaik pillerin kullanımı da yaygınlaşmaktadır.

Türkiye'de güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar, özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmış, sonraki yıllarda teknolojik ilerlemelere bağlı olarak güneş enerjisi sistemlerinin maliyetlerinde düşüş gerçekleşmiştir. Ülkemiz güneş kolektörü yıllık üretim hacmi 750 bin ile bir milyon m<sup>2</sup> arasındadır. Üretim bir kısmı ihraç edilmektedir. Bu haliyle Türkiye dünya da kayda değer bir güneş kolektörü üreticisi ve kullanıcısı durumundadır. Halen ülkemizde 12 milyon m<sup>2</sup> güneş kolektörü yüzey alanından elde edilen 420 bin TEP güneş enerjisi ısı uygulamalarda kullanılmaktadır. Türkiye ısısal güneş enerjisi üretimi açısından Çin, ABD ve Japonya'dan sonra dünya 4.sü durumundadır.

Güneş kolektörleri kullanılarak elde edilen ısı enerjisinin birincil enerji tüketimine katkısının yıllara göre değişimi, Tablo 54'de gösterilmiştir.

**Tablo 54:** Türkiye'de Güneş Kolektörleri ile Elde Edilen Enerji Miktarı Tahmini

| Yıl  | Güneş Enerjisi üretimi<br>(bin TEP) |
|------|-------------------------------------|
| 1998 | 210                                 |
| 1999 | 236                                 |
| 2000 | 262                                 |
| 2001 | 290                                 |
| 2004 | 375                                 |
| 2007 | 420                                 |

**Kaynak:** (EİE )

Güneşten elektrik üretimi ise 500 kW kurulu güç ile pilot uygulamalar seviyesindedir. Şu anda 3000 dolar olan kW maliyetinin 1500 dolara düşmesi durumunda ülkemizde de güneşten elektrik üretimi uygulamaları yaygınlaşabilecektir.

Güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kullanımlarına ülke enerji politikalarında yer verilmesi, enerji dış alımlarını azaltabileceği gibi fosil yakıtlardan kaynaklanan çevre kirliliğinin azaltılmasını da sağlayacaktır. Güneş enerjisinden yararlanma olanakları yönünden dünyanın en şanslı ülkelerinden biri olan



ülkemizde güneş enerjili sıcak su sistemlerinin yaygınlaşması ile güneş kolektörleri kullanımı teşvik edilmeli ve zorunlu tutulmalıdır. Nüfusun ve enerji tüketiminin yoğun olduğu büyük kentlerde yerel yönetimlerle işbirliği yapılarak güneş kolektörlerinin daha yaygın kullanımı konusunda çalışmalar yapılmalıdır.

Güneş enerjisi sıcak su sistemlerinin, güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olduğu Güneydoğu Anadolu, Akdeniz ve Ege Bölgesi'nde öncelikli olarak, tüm ülkede yeni yapılmakta olan binalarda kullanımını zorunlu tutacak, mevcut binalarda ise teşvik edecek şekilde düzenlemeler yapılmalıdır.

Konutlarda tüketilen enerjinin % 80'i ısınmaya harcanmaktadır. Bu nedenle güneş mimarisi önemsenerak uygulanmalı, öncelikle büyük şehirlerden başlanarak yeni yapılmakta olan binalarda yönlendirme ve yalıtıma büyük önem verilmeli, ek maliyet getirmeden % 30'lara varan ısı kazancı sağlayan mimari özellikler kullanılmalıdır. Bu konuda ilgili meslek odaları ile işbirliği yapılarak bilinçlendirme kampanyaları düzenlenmelidir. Kırsal alanlarda pişirme amaçlı kullanılan güneş ocaklarının yaygınlaştırılması için çalışmalar yapılmalıdır.

Halen EPDK tarafından güneş enerji + biyokütleden elektrik enerjisi üretmek üzere bir firmaya lisans verilmiştir. Antalya'da kurulacak bu tesisin kurulu gücü 10 MW olacaktır.

#### **4.6 Biyokütle Enerjisi (Biyogaz, Biyoyakıt)**

Biyokütle yeni-yenilenebilir enerji kaynakları içinde ciddi bir teknik potansiyele sahiptir. Ana bileşenleri karbo-hidrat bileşikleri olan bitkisel ve hayvansal kökenli tüm maddeler "Biyokütle Enerji Kaynağı", bu kaynaklardan üretilen enerji ise "Biyokütle Enerjisi" olarak tanımlanmaktadır. Biyokütle yenilenebilir, her yerde yetiştirilebilen, sosyo-ekonomik gelişme sağlayan, çevre dostu, elektrik üretilebilen, taşınabilir için yakıt elde edilebilen stratejik bir enerji kaynağıdır. Amerika'da hidroelektrik enerjiden sonra ikinci sıradaki yenilenebilir enerji kaynağıdır. Hesaplamalar Amerika'nın enerji ihtiyacının % 3'ünü biyokütleden sağladığı şeklindedir.

Bitkisel biyokütle, yeşil bitkilerin güneş enerjisini fotosentez yoluyla doğrudan kimyasal enerjiye dönüştürerek depolanması sonucu oluşmaktadır. Fotosentez ile enerji içeriği yaklaşık olarak 3,10 J/yıl olan organik madde oluşmaktadır. Bu değer dünya enerji tüketiminin 10 katı enerjiye karşılık gelmektedir.<sup>54</sup>

Biyokütle doğrudan yakılarak veya çeşitli süreçlerle yakıt kalitesi artırılıp, mevcut yakıtlara eşdeğer özelliklerde alternatif biyoyakıtlar (kolay taşınabilir, depolanabilir ve kullanılabilir yakıtlar) elde edilerek enerji teknolojisinde değerlendirilmektedir. Biyokütleden; fiziksel süreçler (boyut küçültme-kırma ve

<sup>54</sup> Doç. Dr. Filiz KARAOSMANOĞLU İTÜ Kimya Mühendisliği Bölümü; *Ekoyenerasyon Dünyası-Koyenerasyon Dergisi Özel Sayısı,10-50-56, İstanbul, Nisan 2002*

öğütme, kurutma, filtrasyon, ekstraksiyon ve birikitleme) ve dönüşüm süreçleri (biyokimyasal ve termokimyasal süreçler) ile yakıt elde edilmektedir. Dönüşüm süreçleri ve ürünlerine örnek olarak, uygulamada başarısını kanıtlamış aşağıdaki biyoyakıtlar verilebilir:

| <u><b>Dönüşüm Süreci</b></u> | <u><b>Ürün</b></u>        |
|------------------------------|---------------------------|
| Biyometanlaştırma Süreçleri  | : Biyogaz                 |
| Biyofotoliz Süreçleri        | : Hidrojen                |
| Fermentasyon Süreçleri       | : Biyoetanol              |
| Piroliz Süreçleri            | : Pirolitik sıvı          |
| Gazlaştırma Süreçleri        | : Gaz yakıt               |
| Karbonizasyon Süreçleri      | : Biyokömür               |
| Esterleşme Süreçleri         | : Biyomotorin (Biyodizel) |

Bu yakıtlar içinde biyogaz, biyoetanol ve biyomotorin önde yer almaktadır. Biyoyakıtların ülkemizde uygulanır olması için gerekli potansiyel, bilgi birikimi ve altyapı mevcuttur.

**Biyokütle** enerji teknolojisi kapsamında; odun (enerji ormanları, ağaç artıkları), yağlı tohum bitkileri (ayçiçek, kolza, soya vb.), karbo-hidrat bitkileri (patates, buğday, mısır, pancar, vb.), elyaf bitkileri (keten, kenaf, kenevir, sorgum, vb.), bitkisel artıklar (dal, sap, saman, kök, kabuk vb.), hayvansal atıklar ile şehirsal ve endüstriyel atıklar değerlendirilmektedir.

Türkiye sadece odun, bitki ve hayvan atık-artıklarından yakacak olarak ısınma ve pişirmede yararlanmakta ve maalesef dünyadaki modern biyokütle kullanım trendini izleyememektedir.

Dünyada biyokütle 2006 yılında birincil enerji tüketiminde % 18 pay almıştır. Yenilenebilir enerji tüketiminin yaklaşık üçte ikisini oluşturan biyokütle toplam enerji tüketiminde de % 12,9'luk bir paya sahiptir. 2006 yılı için ülkemizde de benzer bir tablo görülmektedir. Toplam enerji arzında yenilenebilir enerji %10,5'lik pay alırken, biyokütle enerjisi bu değer yarısını oluşturmaktadır. Biyokütle enerjisinin toplam enerji tüketimimizdeki payı 2006 yılı için % 5,2 olarak kaydedilmiştir.

Dünyada biyokütle kaynağı olarak kullanılmak üzere enerji bitkilerinin tarımı yaygın olarak yapılmaktadır. Türkiye'de toplam arazinin sadece % 33,1'i işlenmektedir. İşlenmeyen arazi içinde tarıma uygun % 3'lük bir alan mevcuttur. Bu alanın enerji tarımında kullanılması, kota kapsamından çıkarılan ürünler

(tütün, şeker pancarı gibi) yerine de enerji amaçlı tarım (şeker pancarı, tatlı sorgum, miskantus, kanola, aspir, C4 bitkileri ekimi gibi) yapılması, tarım kesimine yön verecek, istihdam yaratacak ve ulusal geliri artıracaktır. Bugün AB’de şeker üretimine kota getirilse de şeker pancarının üretimi kısıtlanmamakta, tam tersine biyoyakıt üretimine dönük şeker pancarı üretimi hektar başına 45 € ile desteklenmektedir GAP, Yeşilirmak Havza Projesi gibi projeler kapsamında biyokütle enerji teknolojisi plan ve uygulamaları mutlaka yer almalıdır.

Ülkemiz enerji ormancılığına uygun (kavak, söğüt, kızılğaç, okaliptüs, akasya gibi hızlı büyüyen ağaçlar) 4 milyar hektar devlet orman alanına sahiptir. Söz konusu alan uygun planlamalar dahilinde, modern enerji ormancılığında değerlendirilmeli ve bu ağaçların yakacak olarak kesimi önlenmelidir. Yapılan hesaplamalar, 1 milyon hektar alana kurulacak enerji ormanlarından yılda yaklaşık 7 milyon ton biyokütle enerji kaynağı elde edilebileceğini göstermektedir. Bu miktar yaklaşık 30 milyon varil ham petrole eşdeğerdir.<sup>55</sup>

Ülkemizde 65.000 ton/gün miktarında çöp çıkmaktadır. Çöplerin düzenli depolama ile elektrik eldesinde değerlendirilmesi de göz ardı edilmemelidir. Türkiye için en önemli biyoyakıt seçeneklerinden biri **biyogaz**dır. AB’de son yıllarda biyogaz üretimine önemli destekler sağlanmakta ve doğal gaz niteliğinde elde edilecek biyogazın tüm sektörlerde (ulaştırma, elektrik üretimi, sanayi, konutlar vb.) kullanımı hedeflenmektedir. Bu konuda İsveç güzel bir örnektir.

#### 4.6.1. Biyogaz

Biyogaz organik maddelerin anaerobik (oksijensiz) ortamda, farklı mikroorganizma gruplarının varlığında, biyometanlaştırma süreçleri (havasız bozunma-biyolojik bozunma-mikrobiyal bozunma-anaerobik fermentasyonun kontrollü süreci) ile elde edilen bir gaz karışımıdır. Biyogaza “Bataklık Gazı”, “Gübre Gazı”, “Gobar Gaz” gibi isimler de verilmektedir. Biyogaz; rensiz, yanıcı, ana bileşenleri metan ve karbondioksit olan, az miktarda hidrojen, kükürt, azot, oksijen ve karbonmonoksit içeren bir gazdır. Genellikle organik maddenin % 40-% 60 kadarı biyogaza dönüştürülür. Biyogazın genel bileşimi % 60 CH<sub>4</sub> ve % 40 CO<sub>2</sub>’den oluşmakta ve ısıl değeri 17-25 MJ/m<sup>3</sup>’tür. Geri kalan artık ise kokusuz, organik gübre olarak kullanmaya uygun bir katı veya sıvı atıktır. Elde edilen bu gübre organik tarım için değerli bir girdidir.

Biyogaz doğal gaza alternatif bir gaz yakıt olarak doğrudan yakma-ısınma ve ısıtmada, motor yakıtı olarak, türbin yakıtı olarak, elektrik enerjisi elde edilmesinde, yakıt pili yakıtı olarak, doğal gaz içine katkı olarak ve kimyasalların üretiminde kullanılmaktadır.

---

<sup>55</sup> TÇV, *Türkiyenin Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kitabı*, Aralık 2006

Biyogaz üretiminde kullanılabilen atıklar aşağıda sıralanmıştır:

- Hayvancılık atıkları,
- Zirai atıklar,
- Orman endüstrisi atıkları,
- Deri ve tekstil endüstrisi atıkları,
- Kağıt endüstrisi atıkları,
- Gıda endüstrisi atıkları (çikolata, maya, süt, içecek üretimi),
- Sebze, meyve, tahıl ve yağ endüstrisi atıkları,
- Bahçe atıkları,
- Yemek atıkları,
- Hayvan gübreleri (büyükbaş hayvancılık, küçükbaş hayvancılık, tavukçuluk),
- Şeker endüstrisi atıkları,
- Evsel katı atıklar,
- Atık su arıtma tesisi atıkları.

Biyogaz üretimi organik atıkların kontrollü olarak uygun koşullarda depolanmasını sağlar. Çiftlik kökenli organik atıkların (gübrelere) kontrolsüz depolanması yer altı-yerüstü sularının, toprağın ve havanın kirlenmesine neden olur. Gübrenin içerdiği azotlu bileşenler toprakta depolanır, yıkanır ve gaz halde atmosfere karışır. Azot, nitrat formunda ( $\text{NO}_3$ ) yer altı suyuna karışarak, amonyak halinde ( $\text{NH}_3$ ) ve asit yağmurlarına (nitrik asit) neden olarak ve azot oksit ( $\text{N}_2\text{O}$ ) yapısında da sera etkisine neden olarak çevreyi kirletir. Azot oksitler karbondioksitten ( $\text{CO}_2$ ) 150 kat daha fazla ozon tabakası için zarar oluşturmaktadır. Organik atıklardan (gübrenin) yayılan metan gazı ( $\text{CH}_4$ ) da  $\text{CO}_2$  kadar zararlı bir sera gazıdır. Biyogaz üretimi ile çevreye zararlı bütün bu kimyasallardan uzaklaşarak doğal gaz benzeri değerli bir enerji kaynağına ve tarım için çok değerli organik gübreye erişilmektedir.

Biyogaz kullanımının tarihçesi Asurlulara dayanmaktadır. Asurlular ve daha sonra İranlılar biyogazı banyo ısıtmasında kullanmışlardır. 17. yüzyılda Jan Baptista Van Helmont, organik maddelerin bozunumu ile gaz oluştuğunu,

1776'da Alessandra Volta organik maddelerin bozunma hızı ile yanıcı gaz miktarı arasında bir paralellik olduğunu ortaya koymuştur. Biyogaz ilk kez 1859 yılında Hindistan'da üretilmiştir. Hindistan'da hâlen çeşitli büyüklükte bir milyondan fazla biyogaz üretim tesisi bulunmaktadır. Çin'de yaklaşık 1milyarlık bir nüfus yakıt olarak biyokütle kullanmakta olup daha çok pişirme ve aydınlatma amaçlı kullanılan biyogaz üretimi için 5 milyondan fazla küçük tesis bulunmaktadır. Ancak bu tesisler geleneksel tesisler olup modern işleme tekniklerinden yoksundurlar. Bununla birlikte AB ülkelerinde 2005 yılında yaklaşık 15 bin GWh elektrik modern tekniklerle elde edilen biyogazdan üretilmiştir. AB'deki en büyük üreticiler Almanya, İngiltere ve İtalya'dır.

#### ***a. Türkiye'de biyogaz***

Türkiye'de biyogaz çalışmaları 1957 yılında Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsünde başlamıştır. Türkiye'de 1970'te Toprak Su Araştırma Enstitüsü, 1977'de Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) biyogaz konusuna ilgi göstermişler, daha sonraları MTA Enstitüsü ile üniversiteler bu konuda çeşitli araştırma çalışmaları başlatmışlardır.

1980'li yıllarda Köy Hizmetleri Ankara Araştırma Enstitüsü tarafından başlatılan bir proje kapsamında ülke düzeyinde 1000 biyogaz tesisi kurulması öngörülmüş olup pek çok tesis de bu kapsamda işletmeye açılmıştır. Ancak bugün bu tesislerden hiçbiri faal değildir. Hâlen ülkemizde ilgili Bakanlık ve kamu kurumları tarafından yürütülmekte olan aktif bir uygulama programı bulunmamaktadır.

Bugün için biyogaz üretim potansiyeli olan atık maddeler; kırsal atıklar, yüksek kirlilik içeren endüstriyel atıklar, atık su arıtma tesislerinden biyolojik arıtma süreci sonunda elde edilen çamurlar, katı atıkların organik özellik taşıyan bileşenleri ve bu atıklara benzer özellikteki diğer atıklar şeklinde sıralanabilir. Bu atıkların biyogaz üretimi için kullanılmasıyla bir yönüyle atık bertarafı gerçekleştirilirken, diğer yönüyle de enerji elde edilmiş olur. Ayrıca, organik bir kaynak niteliğindeki atıklardan gübrenin tezek olarak yakılması ulusal ekonomi için büyük zarardır. Tezeğin biyogaza dönüştürülmesi ile elde edilecek enerjinin yanı sıra oluşan kaliteli organik gübre de önemli derece ekonomik değere sahiptir. Bu bağlamda biyogaz tesislerinin yaygınlaştırılması önemlidir.

Türkiye'de hayvansal atıkların biyogaz üretiminde değerlendirilmesi ile, fermantör içi sıcaklığın 38 °C olması ve optimum fermantör sıcaklığında çalışması durumunda bu potansiyelin 2,2-3,3 milyar m<sup>3</sup>/yıl arasında olması teorik olarak mümkün görünmektedir. Bu da 2,4 milyon ton taş kömürü eşdeğeri bir enerjiye karşılık gelmektedir (Tablo 55).

**Tablo 55. Türkiye'nin Hayvansal Atık Potansiyeline Karşılık Gelen Üretilebilecek Biyogaz Miktarı ve Taşkömürü Eşdeğeri<sup>56</sup>**

| Hayvan Cinsi  | Biyogaz Miktarı (m <sup>3</sup> /yıl) | Taş Kömürü Eşdeğeri (Ton/yıl) |
|---------------|---------------------------------------|-------------------------------|
| Sığır         | 994.860.000,00                        | 710.613,00                    |
| Koyun-Keçi    | 1.901.500.000,00                      | 1.358.215,00                  |
| Tavuk-Hindi   | 487.020.906,00                        | 347.871,00                    |
| <b>Toplam</b> | <b>3.383.380.906</b>                  | <b>2.416.699,00</b>           |

Biyogaz tesislerinin yanı sıra, şebeke ile bağlantılı çalışan “çöp termik santralleri” ile elektrik üretimi sağlanabilmektedir. Kuzey Avrupa ülkelerinde biyogaz materyalle ve biyogazla çalışan otoprodüktör ve kojenerasyon tesisleri bulunmaktadır. Dünya ölçeğinde biyokütleden elde edilen enerjinin toplam enerji üretimindeki oranı % 14 civarındadır. Gelişmekte olan bazı ülkelerde bu oranın % 40'lara varmakta olduğu ifade edilmektedir.<sup>57</sup>

Çin, Meksika, Brezilya, Rusya, ABD ve Batı Avrupa ülkelerinde biyokütleden elde edilen elektrik (biyoelektrik) giderek artan oranlarda kullanılmaktadır. Örneğin bu alanda ABD'de 8000 MW kapasite mevcuttur. Fransa birincil enerji tüketiminin % 2'sini odunun yakılması ile sağlamaktadır.

Biyoelektrik üretimi için değerlendirilebilecek atık potansiyelinin ülkemizde mevcut olduğu bilinmektedir. 2003 genel enerji dengesi içerisinde 14.991 bin ton odun, 5439 bin ton hayvansal-bitkisel atık arzı olmuştur. 2006 yılı genel enerji dengesinde ise 13.411 bin ton odun, 4984 bin ton hayvansal ve bitkisel atık arzı bulunmaktadır. Bunun yanı sıra ortalama değerlerle yılda 15 milyon ton evsel atık, 20 milyon ton belediye atığı da oluşmaktadır.

Dünyadaki arıtma tesisleri bünyesinde biyogaz üretimi de yaygındır. Türkiye'deki arıtma tesislerinde biyogaz üretimine ilişkin en güzel örnek, Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (ASKİ) Atık Su Arıtma Tesisidir. 4 milyon nüfusa hizmet vermek üzere 2000 yılında işletmeye açılan tesis, Avrupa'nın en iyi tesislerinden biri olup, 2025 yılına kadar 6 milyon nüfusa hizmet verecek kapasiteye genişletilecektir. Arıtma tesisi anaerobik çamur stabilizasyonlu aktif çamur tekniği ve bant filtreli mekanik çamur suyu alma tekniği ile çalışılmaktadır. Tesiste özümleme tanklarından çıkan biyogaz, her biri 4000 m<sup>3</sup> iki silindirik gaz tankında depolanmaktadır. Blok tipte ısı güç istasyonunda bulunan her biri 1650 KW kapasiteli iki elektrik jeneratörü, biyogazı elektrik enerjisine çevirmektedir. Elde edilen elektrik enerjisi, tesisin yıllık enerji ihtiyacının yaklaşık % 80'ini karşılamaktadır.

İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (İSKİ) bünyesinde bulunan Tuzla Atıksu Biyolojik Arıtma Tesisinde bulunan anaerobik çamur çürütme

<sup>56</sup> T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) – [www.enerji.gov.tr](http://www.enerji.gov.tr)

<sup>57</sup> D.KAYA, H.OLGUN, M. TIRIS, T.ŞEKER - TUBİTAK-MAM Enerji Sistemleri Çevre Araştırma Enstitüsü – [www.mam.gov.tr](http://www.mam.gov.tr)

ünitesinden elde edilen ve günlük ortalama 600-1000 m<sup>3</sup> hacminde olan biyogaz, tankların ve tesis içinde bulunan idarî binaların ısıtılmasında kullanılmaktadır.

Türkiye’de atık su arıtımı ve biyogaz üretimine ilgi gösteren özel sektör kuruluşları sayısı yetersizde olsa artış göstermektedir. Tablo 56’da biyogazdan elektrik üretimi yapmak üzere EPDK’dan lisans alan firmaların listesi verilmiştir [20]. Tabloda ayrıca tesislerin kurulu güçleri, elektrik üretim miktarları ve üretim süreleri de verilmektedir. Tablo 56’da verilen bilgiler çerçevesinde, Türkiye’de biyogazdan elektrik üretimi konusunda yaklaşık 8.4 MW’lık kurulu güç bulunduğu anlaşılmaktadır.

**Tablo 56.** Biyogazdan Elektrik Üretimi İçin EPDK’dan Lisans Alan Firmalar (3/2008)

| Tüzel Kişi  | Tesisin Yeri                                | Kurulu Güç (MW)     | Üretim Miktarı (KWh/Yıl) | Süresi                                     |
|---|---|---------------------|--------------------------|--|
| Yeni Adana İmar İnşaat Ticaret A.Ş.   | Adana, Seyhan Adana Batı Atıksu Arıtma Tes. | 927 KW              | 5.926.140                | 30.3.2004’den itibaren 5 yıl               |
| BEL-KA Ankara Katı Atıkları Ayıklama Değerlendirme, Bilgisayar, İnşaat Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi | Ankara-Sincan                               | 3,2                 | 24.100.000               | 1.5.2003’den itibaren 15 yıl<br>İŞLETMEDE  |
| Aksa Enerji Üretim A.Ş.   | Bursa/Demirtaş                              | 1,390 MW            | 11.120.000               | 24.4.2003’den itibaren 20 yıl<br>İŞLETMEDE |
| Mauri Maya Sanayi A.Ş.  | Balıkesir, Bandırma, Aksakal, Kavakpınar.   | 0,34 MWm / 0,33 MWe |                          | 22.9.2005’den itibaren 15 yıl              |
| Gaski Enerji Yat.Hiz.İnş.San ve Tic. A.Ş.   | Gaziantep                                   | 1,850MWm 1,659MWe   | 5.296.140                | 22/3/2007’den itibaren 49 yıl              |
| Cargil Tarım ve Gıda San.Tic A.Ş.   | Bursa Orhangazi                             | 0,12MWe 0,14MWm     | ---                      | 20/9/2007’den itibaren 30 yıl              |
| Yeni Adana İmar İnşaat Ticaret A.Ş.   | Adana Seyhan                                | 800kW               | 5.926.140                | 25/5/2007’den itibaren 49 yıl              |

#### b) Çöpgazı

Bir tür biyogaz materyali olan çöpün, çöp termik santralleriyle enerji üretiminde kullanılması, özellikle kentsel çöpün ortadan kaldırılmasını da sağlamaktadır. Böylelikle çöp yığınlarında açılan özel sondaj kuyuları ile metan gazı elde

edilmektedir. Doğal biçimde, çöplerin fermantasyona uğraması sonucunda oluşan metan gazı, çöp yığınlarından sızmana durumunda patlamalara neden olduğu gibi, atmosfere dağılması durumunda da sera etkisine yol açmaktadır.

Metan sondaj kuyuları ile alınan gaz, çevre sorunu oluşturmadan gaz türbinli bir santralde yakıt olarak değerlendirilebilmektedir.

Türkiye’de son zamanlarda organik atık, biyokütle ve biyogazdan enerji elde edilmesine yönelik kamu ve özel sektör yatırımları artmaya başlamıştır. Öncelikle Büyükşehir Belediyeleri çöp atıklarının çözümüne yönelik atık yakma ve enerji üretim tesisleri kurmaya başlamışlardır.

Türkiye’de yaklaşık 65.000 ton/gün miktarında çöp çıkmaktadır. Çöplerin düzenli depolanmasının önemi gözardı edilmemelidir. Ancak çöplerin düzenli depolandığı belediye sayısı sınırlı olsa da, bazı belediyeler çöp alanlarında açığa çıkan metan gazından elektrik üretmektedir.

Türkiye’de ilk lisanslı atık bertaraf tesisi olan İZAYDAŞ, yıllık 35.000 ton tıbbî atık kullanmaktadır. 5,2 MW elektrik üretim kapasitesine sahiptir. Son Yakma Odası’ndan gelen 1050°-1250°C’deki atık gaz, soğutma amacıyla 2500 m<sup>2</sup> ısıtma yüzeyli atık ısı kazanına girmekte ve 180°-200°C’de çıkmaktadır. Atık ısı kazanında 350°C sıcaklık ve 40 bar basınçta, max. 27,1 ton/saat buhar üretilmektedir. Üretilen buhar, türbin-jeneratör ünitesine gönderilerek 5,2 MW elektrik enerjisi üretilmektedir. Üretilen enerjinin 1,3 MW’ı tesis ihtiyacını karşılamak için kullanılmakta, kalan kısmı ise ulusal sisteme satılmaktadır.

Türkiye’de çöp gazından elektrik üretmek üzere EPDK’dan lisans alan firmaların listesi, tesislerin kurulu güçleri ve üretim süreleri, Tablo 57’de verilmektedir.

**Tablo 57.** Çöp Gazından Elektrik Üretimi Yapmak Üzere EPDK’dan Lisans Alan Firmalar(3/2008)

| Tüzel Kişi                                   | Tesisin Yeri   | Kurulu Güç (MW)     | Üretim Miktarı (KWh/Yıl) | Süresi                             |
|--|--|---------------------|--------------------------|------------------------------------|
| ITC-KA Enerji Üretimi Sanayi ve Ticaret A.Ş. | Ankara-Mamak   | 5,80MWm<br>5,65 MWe | --                       | 4/8/2006’dan itibaren 25 yıl       |
| Ekoloji Enerji Ltd. Şti.                     | İstanbul İli, Eyüp İlçesi, Kemerburgaz-Hasdal Mevkii | 1 MWm/ 0,98 MWe     | 6.150.000                | 5.10.2004’ten itibaren 25 yıl      |
| Ortadoğu Enerji Sanayi ve Ticaret A.Ş.       | İstanbul-Şile  | 7,56MWe<br>7,80MWm  | --                       | 25/10/2007ten itibaren 23 yıl 2 ay |
| Ortadoğu Enerji Sanayi ve Ticaret A.Ş.       | İstanbul - Eyüp                                      | 13,86MWe<br>14.3MWm | --                       | 25/10/2007ten itibaren 23 yıl 2 ay |



#### 4.6.2 Biyoyakıt

Biyoyakıtlar petrol ürünlerine alternatif olan, daha temiz çevre ve iklimlerin korunmasına katkıda bulunan ve tarımsal iş hacminde genişleme yaratacak yenilenebilir enerji seçenekleridir. Şeker pancarı başta olmak üzere mısır, buğday, patates, odun gibi şekerli, nişastalı ve selülozik bitkilerden elde edilen biyoetanol, yağlı tohumlu bitkilerden elde edilen biyodizel, genellikle tarımsal atıklar ve kentsel atıklardan elde edilen biyogaz, şeker pancarı, tatlı sorgum vb. bitkilerden elde edilen biyohidrojen ülkemizde sürdürülebilir enerji piyasası oluşumunda önemli paya sahip olabilecek potansiyelde biyoyakıtlardır.<sup>58</sup>

Bugün pek çok ülkede çevre ve enerji politikalarının gerekliliği olarak teşvik edilen biyoyakıtların belli hedefler doğrultusunda gıda ve yem ihtiyacı gözetilerek gelecekte de üretilmeleri ve kullanımlarının artırılması yönündeki çalışmalar sürdürülmektedir.

Biyoyakıtlar fosil yakıtlara nazaran daha az karbondioksit vererek yanmasının yanı sıra tarımsal ürünün yetiştirilmesi sırasında da CO<sub>2</sub> absorbe edilir. Biyoyakıtlar çevre için doğal karbon döngüsüne sahiptirler. Bu nedenle özellikle AB'de Kyoto Protokolünün gereklerinin yerine getirilmesi hususundaki çalışmalar kapsamında öncelikli olarak ele alınmaktadır.

Biyoetanol, şeker pancarı, şeker kamışı, mısır, buğday, tatlı sorgum, patates, odunsular, tarımsal atıklar, selüloz içerikli belediye atıkları gibi şekerli, nişastalı ve selüloz içerikli bitki ve artıklardan elde edilebilen ve genellikle ulaştırma yakıtı olarak benzinle harmanlanarak kullanılabilen bir biyoyakıttır. Harmanlama oranına göre E2 (% 2 biyoetanol + % 98 benzin), E5, E10, E85 olarak adlandırılabilir. Benzine karıştırılan etanol, benzinin emisyon kalitesini iyileştirdiği gibi yapısında bulunan oksijen, benzinin daha verimli ve temiz yanmasına yardımcı olur. Ayrıca, araçlarda kullanıldığında CO<sub>2</sub> dahil, bütün emisyonların azaldığı da kaydedilmiştir.

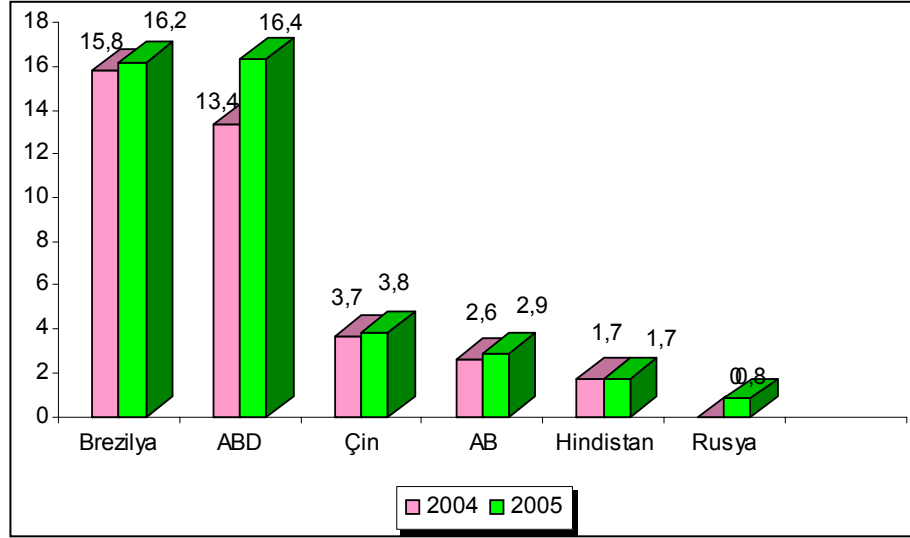
Daha çok benzinle harmanlanmasına rağmen biyoetanol son yıllarda motorinle de harmanlanarak kullanılabilir. E-Dizel olarak adlandırılan karışımda motorinin içerisinde genellikle % 15 oranında biyoetanol bulunmaktadır.

Biyoetanol sadece ulaştırma sektöründe değil elektrik üretiminde, kojenerasyon uygulamalarında, küçük ev aletlerinde ve kimyasal madde üretiminde de kullanılabilir.

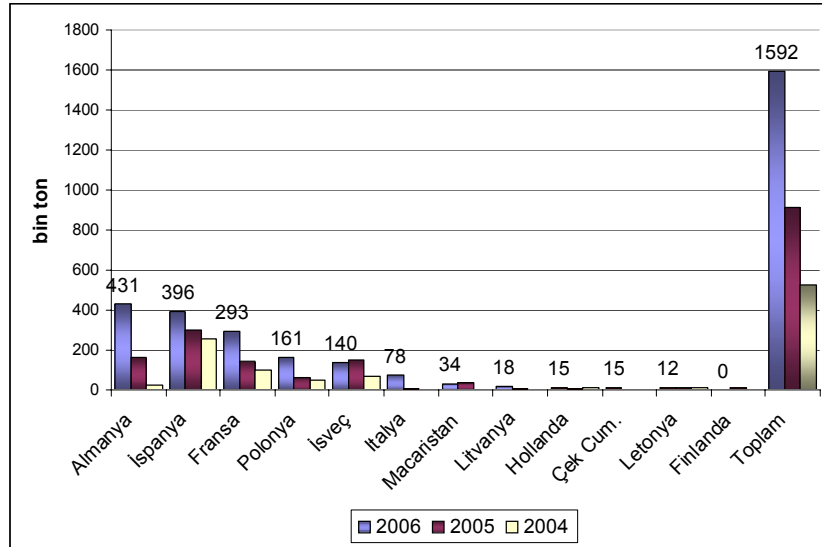
---

<sup>58</sup> Ar, F., Sıvı Biyoyakıtlar: Dünyadaki Uygulamaları-Türkiye'deki Mevcut Durum, YEKS 2007, Bildiriler Kitabı, S. 83-92, MMO Yayın No: E/2007/452, Kasım 2007

1930'lu yıllardan beri Brezilya'da ulaşım sektöründe kullanılan biyoetanol, çevre bilincinin gelişmesiyle birlikte 2000'li yıllarda pek çok ülkede üretimi ve kullanımı teşvik edilen bir biyoyakıt olmuştur. En büyük üreticiler Brezilya'nın yanı sıra Amerika'dır. Bunu AB ülkeleri, Hindistan ve Çin izlemektedir. Şekil 13'de dünyadaki biyoetanol üretimi, Şekil 14'de AB'deki biyoetanol üretimi görülmektedir.



Şekil 13 : Dünyadaki En Büyük Biyoetanol Üreticileri ve Biyoetanol Üretimi (2004-2005)



Şekil 14: AB'de 2004-2006 yılları Biyoetanol Üretimi

Biyoetanolda en büyük aktör ABD (mısır bazlı) olmasına rağmen Brezilya 2009'da üretimini % 50 artırmayı hedeflemektedir. Brezilya'da dizel olmayan araçların % 40'ında biyoetanol kullanılmaktadır.

Her ne kadar biyoetanol şeker pancarı, mısır, buğday, patates gibi şekerli ve nişastalı bitkilerden yapılsa da en büyük verim şeker pancarından alınmaktadır. Bu durum AB raporlarında da belirtilmiştir. Ayrıca AB'deki şeker kotaları nedeniyle şeker üretimi kısılsa da şeker pancarı üretimi biyoyakıt üretimini teşvik etmek için hektar başına 45 € ile desteklenmektedir.

Ülkemizde şeker pancarı tarımına yönelik biyoetanol üretim potansiyeli 2-2,5 milyon ton civarında olup bu değer 2007 benzin tüketimimizin % 60-70'i kadardır. AB'deki benzer uygulamanın Türkiye'de de uygulanması ile pancar çiftçisinin pancar üretimine devam etmesi, köyündeki mutluluğu büyük şehirlerde aramak zorunda bırakılmaması sağlanacak, aynı zamanda ülkenin petrolde dışa bağımlılığının azaltılmasına, çevrenin korunmasına da katkıda bulunulacaktır.

Ülkemizde biyoetanolün benzinle harmanlanan % 2'lik kısmı ÖTV'den muafır ve bu miktar ancak 80-90 milyon litre biyoetanol tüketimini gerektirmektedir. Ancak bu miktar biyoetanolün Türkiye'deki gelişimi için yeterli görülmemektedir. Çünkü mevcut durumda kurulu biyoetanol üretim kapasitemiz yaklaşık 160 milyon litredir. Bununla birlikte ülkemizde benzine biyoetanol harmanlanması zorunlu değildir. Pek çok ülkede olduğu gibi ülkemizde de biyoetanol kullanımı zorunlu olmalı ve ÖTV muafiyeti % 2'den % 5'e çıkartılmalıdır. Bu durum kesinlikle bir vergi kaybı olarak düşünülmemeli, sosyal ve çevresel faydalar, yaratılan istihdam ve katma değer de dikkate alınarak değerlendirilmelidir.

Biyodizel, kanola (kolza), ayçiçeği, soya, aspir, pamuk gibi yağlı tohum bitkilerinden elde edilen motorine eşdeğer bir yakıttır. Atık bitkisel yağlar ve hayvansal yağlar da, biyodizel hammaddesi olarak kullanılabilir. Ancak halihazırda AB'nde ve ülkemizde geçerli olan TS EN 14214 Standardının gereklerini kanola yağından elde edilen biyodizel karşılamaktadır. Bununla birlikte bilimsel çevreler farklı hammaddelerden paçal yapılarak da standartlardaki değerlerin tutturulabileceğini belirtmektedirler.

Biyodizelin alevlenme noktası, dizelden daha yüksektir. (>110 °C). Bu özellik biyodizelin kullanım, taşıma 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, 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 ve daha az hararetle çalışır.

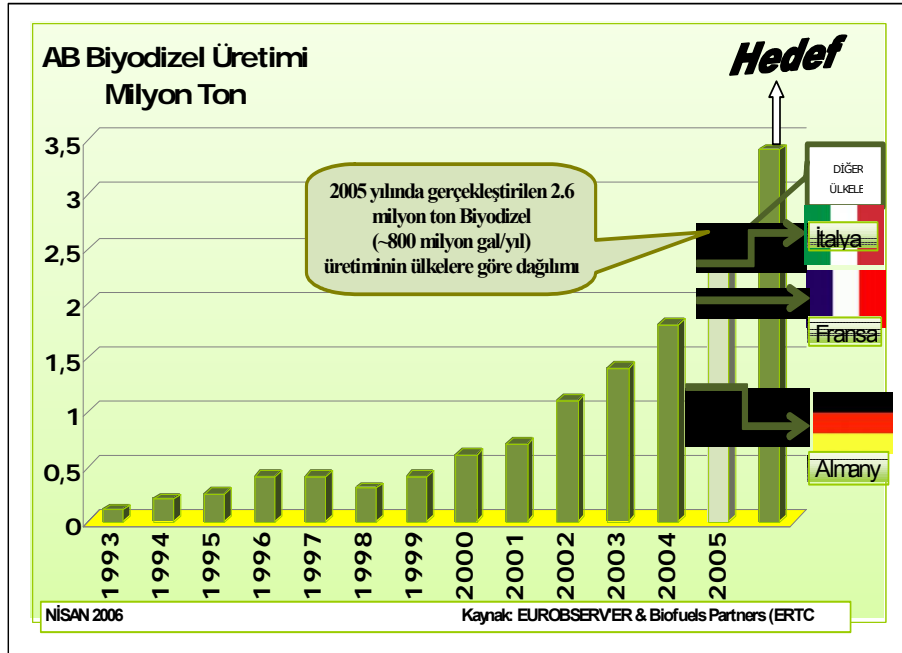
Fosil yakıtların ekonomiler üzerinde oluşturduğu baskı ve olumsuz etkilerin yanında bir büyük problem de fosil esaslı yakıtların sebebiyet verdiği küresel ısınmadır. İçten yanmalı motorlarla her yıl yaklaşık 420 milyon ton CO<sub>2</sub> atmosfere gönderilmekte ve yeryüzünde aşırı ısınmaya yol açan sera etkisine neden olmaktadır. Biyodizel kullanımında CO emisyonu % 50, partikül madde % 30 azalmaktadır. Biyodizel kullanımıyla asit yağmurlarının ana nedeni olan egzoz emisyonundaki SO ve sülfatlar tamamen ortadan kalkmaktadır.

Biyodizel petrol içermez; fakat saf olarak veya her oranda petrol kökenli motorine karıştırılarak motorinin kullanıldığı her yerde yakıt olarak kullanılabilir. Biyodizel yerli kaynaklarla ve yerli sanayi tesislerinde üretilebilir. Ayrıca, küçük ölçekli ve yöresel üretim de mümkündür. 2003 yılından itibaren sektördeki yasal boşluğun da bir sonucu olarak yatırımcılar tarafından plansız–programsız, değişik kapasitelerde pek çok biyodizel tesisi kurulmuş ve sayıları 250 civarına ulaşan bu tesislerin kurulu kapasitesi 2,3 milyon tona ulaşmıştır. Ancak 2004 yılından sonra adım adım yapılan yasal düzenlemelerle biyodizel üretimi, ulaşım sektörü için TS EN 14214, ısınma sektörü için TS EN 14213 standartlarına uygun olarak ve EPDK’dan alınan işleme lisansına sahip tesislerde yapılmaktadır. 25.03.2008 tarihi itibarıyla EPDK’dan işleme lisansı alan biyodizel firmalarının sayısı 54, dağıtıcı lisansı alan firma sayısı 15’dir. Halihazırda sektördeki aşağı yukarı tüm biyodizel tesisleri atıl durumdadır. Çünkü biyoyakıt üretiminde en önemli adım hammadde teminidir. Pek çok yatırımcı hammadde temini konusunda ithalat yapmayı düşünerek sektöre girdiği için ve yerli hammadde ile üretilen biyodizele % 2’lik dilimde ÖTV muafiyetinin 26 Aralık 2006 tarihinde sağlandığı için bu durum yaşanmaktadır. Yatırımcı ithal hammaddeye de ÖTV muafiyeti istemektedir. Ancak ithal hammadde ile biyodizel üretiminin ülkenin sosyo-ekonomik gelişmesine hiçbir katkısı yoktur. Buna rağmen yerli olmayan hammadde ile üretilen biyodizele 0,720 YTL/lt ÖTV uygulanmaktadır. Oysa motorine uygulanan ÖTV 0,9945 YTL/lt olup, 0,2745 YTL/lt’lik fark devletin vergi kaybıdır. Çünkü ithal hammadde ile üretilen biyodizelin ülkeye hiçbir katma değeri yoktur. Bununla birlikte ithal hammadde ile biyodizel üretimi ithalatçı ülkenin çiftçilerinin desteklenmesi anlamını da taşımaktadır. Ayrıca ithal hammadde ile biyodizelin üretimi sırasında harcanan elektrik ve su ülkenin doğal kaynaklarının verimsizce kullanılması ve üretim sırasında oluşan karbondioksit de sera gazı miktarının artması demektir. Oysa yerli hammadde üretimi sırasında bitki yetişirken karbondioksit absorblanacak, tarım, sanayi, ulaştırma sektörlerinde istihdam imkanları yaratılacak, köyden kente göç engellenmiş olacaktır.

Sulanabilir pancar ekim alanlarında münavebe bitkisi olarak kanola ekilmesi sonucu 4’lü ekim sistemine göre 800 000 bin hektar alanın 500 000 bin hektarının kanola ekimi için kullanılması durumunda yıllık 500 bin ton biyodizel üretim potansiyeli vardır. Ayrıca Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğünün yaptığı analizler sonucu, tarıma elverişli olduğu halde

kullanılmayan tarım arazileri esas alınarak 2.000.000 ha. arazide ekilecek yağlı tohumlu bitkilerden 1,5 milyon ton biyodizel üretilebileceği ve 54.000 kişiye istihdam sağlanabileceği de tahmin edilmektedir. Bu kapasite 2006 yılındaki dizel tüketimi olan 14.2 milyon tonun %11'i düzeyindedir. Bu üretim aynı zamanda 2,8 milyon ton karbondioksit tasarrufunu da beraberinde getirmektedir.

1990'lı yıllarda AB ülkelerinde üretilerek kullanılmaya başlayan biyodizel sektörünün dünyadaki en büyük aktörü AB ülkeleri olup, hammadde olarak genellikle kanola (kolza) bitkisi kullanılmaktadır. AB'ndeki en büyük biyodizel üreticisi ülke Almanya'dır. Bunu Fransa ve İtalya izlemektedir. Grafik 26'da AB'deki biyodizel üretim miktarları görülmektedir.



Grafik 26. AB'deki Biyodizel Üretim Miktarı

#### AB'nin Biyoyakıtlara Bakışı

AB'nin biyoyakıtlarla ilgili çalışmaları 1990'lı yıllara kadar uzanmaktadır. 1997 yılında yayımlanan Beyaz Belge Bildirisinde AB'nin o gün için %6 olan yenilenebilir enerji kullanım payının 2010 yılında %12'ye çıkartılması hedeflenmiştir. Bu hedefe ulaşmak için önerilen yol haritalarında biri de 2010 yılında 5 milyon ton biyoyakıt kullanımınıdır.

Beyaz Belge Bildirisini takiben 2000 yılında yayımlanan Yeşil Belge Bildirisinde AB'nin genel enerji tüketiminde % 50, ulaştırma sektöründeki enerji tüketiminde % 80 dışa bağımlılığına dikkat çekilerek 2020 yılında

konvansiyonel yakıtların % 20'sinin biyoyakıtlar, doğal gaz ve hidrojenle yer değiştirmesi hedeflenmiştir.

2001 yılında Beyaz Belge Bildirisinde yapılan revizyonla kirleten öder mantığı ile fosil yakıtlara çevre vergisi uygulanmaya başlanmış ve alternatif yakıtlara vergi indirimi önerilmiştir.

2003 yılında AB Komisyonu tarafından yayımlanan Biyoyakıt Direktifi (2003/30/EC) ile ulaştırma sektöründe, enerji içeriği bazında 2005 yılında % 2, her yıl 0,75 oranındaki artışlarla 2010 yılında % 5,75 oranında biyoyakıt kullanımı öngörülmüş ve üye ülkelerde konuyla ilgili teşvik mekanizmalarının oluşturulması istenmiştir. Direktif gereğince üye ülkeler enerji ve tarım politikalarına, biyoyakıt ve enerji bitkisi kavramlarını adapte etmiştir. Ancak 2005 yılında üye ülkelerde belirlenen % 2'lik kullanım hedefi tutturulamamış, ortalama % 1,4 biyoyakıt kullanım payına erişilmiştir.

Bunun üzerine Komisyon, 7 Aralık 2005 tarihinde Biyokütle Hareket Planını (COM (2005)628), 8 Şubat 2006'da Biyoyakıt Stratejisini yürürlüğe koymuştur. Biyoyakıt Strateji Raporunda ülkeler, 2010 yılındaki biyoyakıt kullanım hedefinin tutturulması konusunda uyarılmış ve biyoyakıtların daha fazla teşvik edilmeleri istenmiştir. Ayrıca strateji belgesinde ikinci kuşak biyoyakıtlar olarak adlandırılan gıda dışı hammaddeye dayalı biyoyakıt üretimine yönelik Ar-Ge çalışmalarının desteklenmesi ve biyorafineri kavramı da gündeme getirilmiştir.

2003/30/EC Direktifinin hedeflerine ulaşabilmek için AB'de toplam tarım alanlarının % 4-18'inin biyoyakıt hammaddelerine ayrılacağı tahmin edilmektedir.

Bütün bu çalışmalarda AB'de biyoyakıt kullanımını etkileyen en önemli faktör Kyoto Protokolü'dür. Kyoto Protokolüne göre protokole taraf olan ülkeler sera gazı emisyonlarını 2008-2012 döneminde 1990 yılı seviyesine göre % 8 azaltmakla yükümlüdürler. Ancak tüm taraf ülkelerde olduğu gibi AB'de de Kyoto Protokolünün yükümlülüklerinin yerine getirilemeyeceği kanısı mevcuttur. Bunun ana nedeni olarak da ulaştırma sektörü gösterilmektedir. Çünkü AB'de, en önemli sera gazı olan karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonlarının % 28'i ulaştırma sektöründen kaynaklanmaktadır ve ulaştırma sektöründe CO<sub>2</sub> emisyonununun 1990-2012 arasında % 90 oranında artması beklenmektedir. Oysa Kyoto Protokolüne göre AB, 2008-2012 yıllarında CO<sub>2</sub> emisyonlarını 1990 seviyesine göre % 8 azaltmakla yükümlüdür. Bu nedenle ulaştırma sektöründe CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltmanın en etkin yolu biyoyakıtları teşvik etmektir.

AB geliştirdiği çeşitli teşvik mekanizmalarının (vergi muafiyeti, vergi indirimi, kullanım zorunluluğu) yanı sıra orta ve uzun vadede koyduğu hedefler ve bu hedeflere ulaşmak için oluşturduğu yol haritaları ile sektördeki gelişimi sağlamaktadır.

AB Komisyonu tarafından hazırlanan Vizyon 2030 dokümanında, 2030 yılında % 25 biyoyakıt kullanımı öngörülmektedir. Ayrıca yine aynı dokümanda 2010 yılına kadar birinci kuşak biyoyakıtların (biyodizel, biyoetanol vb.) teknolojik gelişmelerinin tamamlanması, 2010'dan itibaren ikinci kuşak biyoyakıt üretiminin ticarileşmesi ve bu sürecin 2020'de tamamlanarak biyorafinerilere geçilmesi, 2030-2050 döneminde de entegre biyorafinerilerin yaygınlaştırılması hedeflenmektedir.

Görüldüğü gibi AB biyoyakıt sektöründe son derece sistemli bir gelişim söz konusu olup ülkelerin konuyla ilgili çalışmaları sürekli takip edilmektedir. Bütün bu çalışmaların yanı sıra belirlenen hedeflere ulaşmak için gerekli teknik ve yasal çalışmaların yürütüleceği AB Biyoyakıt Teknoloji Platformu oluşturulmuştur .

Pek çok ülkede olduğu gibi AB ülkelerinde de biyodizel ve biyoetanol üretim ve tüketimi çeşitli teşvik mekanizmalarıyla desteklenmektedir. Bunların arasında vergi muafiyetleri, vergi indirimleri, zorunlu kullanım, ücretsiz park yeri, vb sayılabilir.

Federal Almanya'da yapılan planlara göre, 2020 yılında dizel ihtiyacının % 4'ü biyodizel ile karşılanacaktır. Halihazırda B100, 900'ü aşkın benzin istasyonunda kullanıcıların hizmetine sunulmuştur. Almanya'da biyodizel için Ağustos 2006 tarihine kadar fosil yakıt vergisi alınmamakla birlikte, bu tarihten sonra B100 için 10 cent/litre, B5 için 15 cent/litre vergi alınması kararlaştırılmıştır.

Çek Cumhuriyeti'nde benzin istasyonlarında % 30 biyodizel + % 70 dizel karışımı biyonafta adı ile daha ucuza satışa sunulmaktadır. Biyodizel, vergiden muaftır.

Fransa'da rafinerilerde dizel ile karıştırılan biyodizel benzin istasyonlarında % 5 biyodizel + % 95 dizel karışımı, kullanıcıların hizmetine sunulmuştur. Bu % 5'lik kısım fosil yakıt vergisinden muaftır.

Fransa'da 2008 yılında 950.000 ton biyoyakıt kullanımı öngörülmektedir. Bu miktarın 700.000 tonu biyodizel, 250.000 tonu biyoetanol olarak belirlenmiştir. 2010'da 1,65 milyon ton biyodizel kullanımı hedeflenmektedir. Bu değer, 2010 yılında tahmin edilen dizel tüketiminin % 4'ü civarındadır.

İtalyan Hükümeti'nin 100.000'den fazla nüfuslu belediyelerde kullanılan araçların alternatif enerji kaynaklı yakıtlarla kullanılmasını tavsiye etmesi sebebiyle, biyodizel daha çok otobüslerde, vergi indirimi sağlanmış olarak kullanılmaktadır.

Avusturya'nın Mart 2006 tarihi itibarıyla 9 büyük ölçekli ve 3 pilot tesis olmak üzere toplam biyodizel üretim kapasitesi 100.000 ton/yıldır. Biyodizel kolza yağı ve kullanılmış kızartma atık yağlarından elde edilmektedir. Dizel

motorunda % 100 oranında biyodizel kullanılması halinde % 95 vergi indirimi yapılmaktadır. Biyoyakıt kullanım oranlarının 1 Nisan 2007'ye kadar % 4,30'a, 1 Nisan 2008'e kadar % 5,78'e ulaşması hedeflenmektedir.

AB'de 2003/30/EC direktifi gereğince yıllar bazında ulaştırma sektöründe biyoyakıt kullanım paylarını belirlemiştir. Buna göre üye ülkeler 2005 yılında % 2 olmak üzere her yıl % 0,75 artış oranı ile 2010 yılında ulaştırma sektöründe % 5,75 biyoyakıt kullanım payına ulaşılacaktır. Ancak 23 Ocak 2008'de Komisyon tarafından yayımlanan Yenilenebilir Kaynaklardan Enerji Üretimine Teşviki Direktif Önerisinde 2010 yılındaki hedefe 2011 yılında ulaşılması önerilmektedir. Zira 2005 yılında hedeflenen % 2'lik biyoyakıt kullanım hedefi tutturulamamış, 2010 yılındaki hedefe ulaşamayacağı ihtimaline karşın böyle bir karar önerilmektedir.

**Tablo 58. AB'de Yıllara Göre Biyodizel'in Petrol Dizelle Karıştırma Oranları<sup>59</sup>**

| YIL  | %    |
|------|------|
| 2005 | 2    |
| 2006 | 2,75 |
| 2007 | 3,5  |
| 2008 | 4,25 |
| 2009 | 5    |
| 2010 | 5,75 |
| 2020 | 10   |

ABD'de 1999 yılında 1900 ton olan biyodizel üretimi 2004 yılında yaklaşık 60 kat artarak 110.000 tona ulaşmıştır. Son üç yılda 300'den fazla dağıtım istasyonu açılmış olup, 500'den fazla araç filosu firması biyodizel kullanmaktadır. Hâlen biyodizel üretimi yapan ülkelerin sayısı 30 civarındadır.

Türkiye'de 2000 yılından günümüze biyodizel konusunda artan bir ilgi olmuştur. ETKB bu kapsamda, EİEİ bünyesinde "Biyoenjerji Grubu" oluşturmuştur.. Özel sektör 2003 yılından itibaren sektöre büyük ilgi göstermiş, ancak yerli hammadde bulmada yaşanan zorluklar nedeniyle sektörde sıkıntılar yaşanmıştır.

Gerek biyodizel gerekse biyoetanol üretiminde hammadde üretimi en önemli adımdır. Bu nedenle enerji tarımı uygulamaları politikalarla desteklenmeli ve

<sup>59</sup> ETKB



tarımsal uygulamalar üretici birlikleri aracılığı ile profesyonelce yapılmalıdır. Bu konuda Pankobirlik'in 1950'lili yıllardan beri yürüttüğü sözleşmeli tarım tecrübesi ve şeker pancarı haricinde de tarımdaki ve biyoyakıt üretimindeki deneyimlerinden faydalanılarak ve başlattığı yerli tohum üretimi projesiyle bu çalışmalar entegre edilerek tamamen yerli biyoyakıt üretimi ülke modeli olmalıdır.

Biyodizele ilişkin yasal çalışmalar ise ilk olarak 5015 Sayılı “**Petrol Piyasası Kanunu**”nda “Akaryakıtla Harmanlanan Ürünler” kategorisi kapsamında tanımlanmıştır. Bu kanun, **20 Aralık 2003** tarihli **25322** Sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Ancak bu düzenleme yetersizdir. Daha sonraki tarihlerde muhtelif Kararnameler ve Tebliğler ile bazı düzenlemeler yapıla gelmiştir. Ayrıca 29 Temmuz 2007 tarih ve 26597 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan 2007/12415 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile de biyodizel elde edilecek ürünlerin üretiminin teşviki ile ilgili hükümler getirilmiştir. Bu dağılık mevzuatın kapsamlı bir kanun halinde düzenlenmesi ve biyodizel üretiminin teşvik edilmesi gerekmektedir.

Halihazırda büyük bir üretim potansiyeli bulunan biyoetanol kullanımı zorunlu hale getirilmeli, ÖTV muafiyeti % 2’den % 5’e çıkartılmalıdır. Bu durum hem petrole olan bağımlılığımızın nispeten azaltılması (ki yılda yaklaşık 200 milyon varil ham petrol tüketen ülkemizde varil başına gelen her 1 \$’lık artış, bütçemizde 200 milyon \$’lık kambur oluşturmaktadır), hem de köylümüzün köyünde rahat bir şekilde yaşamını sürdürmesi için son derece önem arz etmektedir.

#### **4.7 Okyanus, Gel-Git ve Dalga Enerjisi**

Dünyanın enerji ihtiyacı gün geçtikçe artmakta ve bu ihtiyacı karşılamak amacıyla yapılan çalışmalarda en önemli yeri, en fazla potansiyele sahip enerji kaynağı olarak dünyanın 3/4’ünden fazlasını kaplayan okyanuslar oluşturmaktadır. Okyanus enerjisi çevreyi kirletmeden, sürekli kendini yenileyen tükenmeyecek bir kaynaktır.

AB tarafından yapılan araştırmalara göre, 2010’da okyanuslardan elde edilecek enerji ile 1 milyon evin enerji ihtiyacını karşılayacak kadar elektrik üretilebilecektir.

Okyanustan enerji üretimi gel-gitler, okyanus ısı, dalgalar, akıntılar, tuzluluk oranı ve metan gazından yapılır.<sup>60</sup>

Bu yöntemlerden üçünü kısaca açıklarsak; Gel-Git enerjisi, ayın çekim kuvveti ile denizlerin yükselip alçalan seviye farklarını; termal enerji değişimi deniz suyunda oluşan sıcaklık farklarını; dalga enerjisi de deniz üstünde esen rüzgarların meydana getirdiği dalgalar arası farkları ifade etmektedir.

---

<sup>60</sup> Zeynep S. Paksu; *Özgür ve Bilge Dergisi Yıl:2 Sayı: 15*

#### 4.7.1. Gel-Git enerjisi

Okyanus dalgalarında trilyonlarca watt elektrik üretebilecek kadar potansiyel bulunduğu bilinmektedir. Dalga enerjisi üreten sistemler, enerjiyi ya okyanusun yüzeyindeki dalgalardan, ya da suyun altındaki dalgalanmalardan elde etmektedirler.

Gelgit hareketlerinden elektrik üretmek için, alçalan ve yükselen gelgit arasındaki farkın en az 5 metre olması gerekmektedir. Yeryüzünde bu büyüklükte gelgitlerin bulunduğu yaklaşık 40 bölge bulunmaktadır. Gel-Git enerjisi üretmek için körfezler en ideal bölgeleri oluşturmaktadır. Gelgitlerden enerji elde etmek için körfeze boydan boya baraj veya barikat kurularak gelgitler sıkıştırılmakta, barajın diğer tarafındaki su yeterli seviye farkına ulaştığında geçitler açılarak, su türbinlere doğru akıtılmakta ve türbinler jeneratörler vasıtasıyla elektrik üretimini sağlamaktadırlar.

Bir diğer gelgit teknolojisi olarak da Gel-Git çitleri tasarlanmaktadır. Gel-Git çitleri, dev turnikeleri andırmaktadır. Bu turnikeler gelgitler olduğunda dönerek enerji üretirler.

Gel-Git enerjisinden yararlanmak için tasarlanan bir diğer yöntem ise suyun altına yerleştirilecek olan gelgit türbinleridir.

AB yetkilileri tarafından Avrupa'da bu iş için uygun çok sayıda bölge tespit edilmiştir. Ayrıca Filipinler, Endonezya, Çin ve Japonya'da gelecekte geliştirilebilecek sualtı türbin alanları bulunmaktadır. Bugün dünyada 2 ticari gelgit barajı bulunmaktadır. Biri Fransa'da bulunan 240 MW gücünde La Rance santrali, diğeri de Kanada'daki 16 MW gücündeki Annoapolis santralidir. Ayrıca Gel-Git olaylarının yaşandığı İngiltere'de Gel-Git barajı yapma yönünde çalışmalar yapılmaktadır. Gel-Git enerjisinden Gel-Git çitleri ile elektrik üretmek üzere yapılan en büyük çalışma ise daha hayata geçmemiş bir proje olan Dalupiri Geçidi projesidir. Filipinlere bağlı Dalupiri ve Samara adaları arasındaki geçite Gel-Git çitleri konularak gerçekleştirilmesi düşünülen proje kapsamında elektrik üretilmesi planlanmaktadır.

Hesaplamalara göre okyanuslardaki Gel-Git hareketleri hergün devamlı olarak 3000 TWh enerji kapasitesi taşımaktadır. Bu enerjinin % 2'sinin (toplam 60 TWh) elektrik enerjisine dönüştürülebileceği sanılmaktadır. Gel-Git enerjisinden, Rusya ve Fransa'da 400 kW'tan 240 milyon kW'a varan kapasitelerde yararlanılmaktadır.<sup>61</sup>

---

<sup>61</sup> Zeynep S. Paksu; Özgür ve Bilge Dergisi Yıl:2 Sayı: 15

#### 4.7.2. Okyanus ısı enerjisi (OTEC- Ocean Thermal Energy Conversion)

Okyanuslar yeryüzünün % 70'inden fazla kısmını kaplayan alanlarıyla, çok büyük miktarda güneş enerjisi toplamaktadır. Okyanus ısı enerjisi üretiminde, okyanusların güneşten topladığı ısıdaki enerji elektriğe dönüştürülmektedir. Bu yöntemle elektrik elde etmek için yüzeydeki su sıcaklığı ile derindeki su sıcaklığı arasındaki farkın 20 derece olduğu yerler kullanılmaktadır. Bu konuda dünyada OTEC çalışmalarının en önemlisi Hawai' de yapılmıştır.

Okyanus ısı enerjisi üretim tesisleri kurulmasının diğer canlılar için de faydalı etkileri olacaktır. Bu tesislerde derinlerdeki mineral bakımından zengin okyanus suyu kullanıldığı için kıyıda bitkiler de bundan yararlanacaktır. Bunun yanı sıra makineler vasıtasıyla deniz suyu tuzundan arındığı için sanayi ve tarımda kullanılabilir bol miktarda su üretilmektedir. Araştırmacılar çok yakın zamanda bu enerji üretim yönteminin yavaş yavaş tükenmekte olan fosil kaynakların yerini alacağına inanmaktadırlar.

#### 4.7.3 Dalga enerjisi

Temiz enerjiler arasında sıralayabileceğimiz bir enerji de *dalga enerjisi*dir.

Birincil enerji kaynağı güneş olan rüzgar; dünya yüzeyinin % 80 ini kapsayan milyonlarca km<sup>2</sup>lik deniz yüzeyinde eserek okyanuslarda 40-50 metrelik dev dalgalar oluşturmaktadır. Her saniye yüz binlerce ton su dalga halinde bir noktadan başka bir noktaya doğru hareket etmektedir. Güneş ve rüzgardan sonra üçüncül enerji kaynağı olan deniz dalgasının yüksekliği dolayısıyla taşıdığı enerji, deniz yüzey alanıyla doğrudan bağlantılıdır.

Deniz dalga enerjisi, dalga yüksekliğinin karesi ile doğru, dalga periyodu ile ters orantılıdır.

Yeryüzünün % 75'inden fazlasını kaplayan okyanuslar özellikle son yıllarda enerji arayışlarına giren dünyamız için enerji kaynağı olma potansiyeli taşıyor. Okyanus enerjisi hiçbir çevre kirliliğine yol açmayan, tükenmeyecek bir kaynaktır. 100 kW -100 MW kadar ihtiyaç duyulan her güçte santral kurulabilir.

AB 2010'da okyanus enerji kaynaklarından 1 milyon evin enerji ihtiyacını karşılayacak kadar elektrik üretmeyi hedeflemektedir.

Dalga enerjisi üreten makineler, enerjiyi ya okyanusun/denizin yüzeyindeki dalgalardan ya da suyun altındaki dalgalanmalardan elde etmektedir. Okyanus dalgalarında trilyonlarca watt elektrik üretebilecek kadar potansiyelin var olduğu bilinmektedir. Dalga enerjisi, güçlü rüzgârların estiği bölgelerde daha çok bulunmaktadır. Güney Afrika, Avustralya ve Amerika'nın kuzeydoğu ve güneydoğu kıyılarının yanı sıra, California ve İngiltere kıyıları da oldukça büyük enerji potansiyeli taşımaktadır.

Dalga enerjisinin toplam enerji potansiyeli, toplam enerji büyüklüğü 2.5 terawat olarak hesaplanan gel-git enerjisinden çok daha fazladır. Sahilleri güçlü rüzgarlara maruz kalan ülkeler, enerji ihtiyaçlarının % 5 veya daha fazlasını dalga enerjisinden karşılayabilirler.

Sualtı dalgalarından enerji elde edebilmek için geliştirilen makinelerin suyun 40 metre altında kurulması gerekmektedir. Bu yöntem için geliştirilmiş makineler, dalgaların düzensiz ve hızlı bir şekilde hareket etmelerinden yararlanarak elektrik üreten tulumbaları çalıştırır. Diğer bir yöntemde ise suda yüzen bidonların hareketlerinden yararlanılmaktadır. Dalgaların etkisiyle bidonlar hareket ettikçe, bidonlarla makineler arasında bulunan hortumlar gerilip gevşemektedir. Hortumlar gerilip gevşedikçe de makineler dönmekte, böylelikle dalgaların hareketindeki enerji elektrik enerjisine çevrilmiş olmaktadır.

Başta Amerika, Norveç, İngiltere ve Japonya olmak üzere birçok ülkede yaygın olan “Tüp Deniz Dalga Santralleri” “Toplayıcı” ve “Jeneratör” olmak üzere 2 ana birimden oluşmaktadır. Toplayıcı; deniz dalga enerjisini bir noktada toplayarak mekanik enerjiye dönüştürmekte, jeneratör ise dalga gücünü elektrik enerjisine dönüştürmektedir.

Okyanusun yüzey dalgalarındaki enerjinin kıyılara kurulan dalga enerjisi tesisleri vasıtasıyla çıkarılması planlanmaktadır. Hindistan’da kıyı dalgalarından elektrik üreten bir makine Pico adalarına kurulmuş olup denenmektedir. Yakın zamanda bu makinenin adadaki evlerin çoğuna yeterli elektrik sağlayabilmesi beklenmektedir.

Avrupa ve İskandinavya ülkelerinde devletler bu konudaki araştırmaları desteklemektedir. İngiltere kıyılarından elde edilecek olan deniz dalga enerjisi, ülkenin tüm enerji gereksinimini karşılayacak büyüklüktedir. Eğer okyanuslardaki yenilenebilir enerji kaynağının sadece % 0.1’i bile elektrik enerjisine dönüştürülecek olsa, dünya toplam enerji gereksiniminin 5 katı kadar enerji üretilmiş olacaktır.

Özellikle İngiltere dalga enerjisi konusunda araştırmalar yapmaktadır. Hükümet dalga enerjisinin kullanımı ile 0.10 ABD doları /kWh altında elektrik üretimi yapılabileceğini açıklamıştır. En etkin dalga gücü aygıtlarından biri olan “Salter Duck” 1970 yılında İskoçya’da Edinburg Üniversitesi profesörlerinden Stephen Salter tarafından geliştirilmiş olup söz konusu aygıtla 0.05 ABD doları/KWh’dan daha az maliyetle elektrik üretilebilmektedir. Dalga enerjisi aygıtlarından bir diğeri de “Clam” olup enerji maliyetinin 0.06 ABD doları/KWh civarında olacağı hesaplanmıştır.

Ülkemizde Arşimet prensibi ve yer çekimi arasında oluşan ve diğer enerji kaynakları ile alışverişinde ortaya çıkan **dalga enerjisinden** yararlanılmamaktadır.

Üretim maliyetinin yüksek olduğu gerekçesiyle ihmal edilmek istenen dalga enerjisinden elektrik üretmenin maliyeti teknolojinin gelişmesiyle daha da aşağıya düşecektir. Nitekim dalga enerjisini geliştirmek için çalışan ve bu alanda yatırım yapanlar dalga enerjisinin bugünkü noktada rüzgarın 10 yıl önceki konumunda olduğunu iddia etmekte ve umutlarını kaybetmemektedirler. Bu konuda itiraz edenlere maliyet sorununun daha önce rüzgarda da yaşandığı, ancak rüzgar enerjisi maliyetlerinin son 20 yılda 10 kat azaldığı ve rüzgarın bugün 2 milyar dolara yaklaşan bir endüstri haline geldiği hatırlatılmaktadır.<sup>62</sup>

Üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemizde, ilk yatırımından ve bakım giderlerinden başka gideri olmayan, primer enerjiye bedel ödenmeyen, doğaya her hangi bir kirlenici bırakmayan, ucuz, temiz, çevreci ve çok büyük bir enerji kaynağının değerlendirilmesi için araştırma çalışmaları yapılmalıdır.

**Tablo 59. Dalga Yüksekliği ve Periyodunun Güç İlişkisi<sup>63</sup>**

| Bölge     | Dalga Yüksekliği | Dalga Periyodu | Deniz Derinliği | Güç (m <sup>2</sup> ) |
|-----------|------------------|----------------|-----------------|-----------------------|
| Karadeniz | 1.25 metre       | 4.0 Saniye     | 50 metre        | 1.92 KW               |
| Akdeniz   | 1.30 metre       | 6.0 Saniye     | 50 metre        | 2.06 KW               |
| Okyanus   | 10 metre         | 10 saniye      | 100 metre       | 122 KW                |
| Okyanus   | 20 metre         | 15 saniye      | 200 metre       | 485 KW                |

Yukarıdaki tablodan da görüleceği gibi 1 metrenin hemen üzerinde ortalama dalga yüksekliğine sahip olan deniz dalga enerjisi bile fosil yakıtlara alternatif olabilecek enerji yoğunluğuna sahiptir. Türkiye'nin Marmara Denizi dışında açık deniz kıyıları 8210 km'yi bulmaktadır. Tüm kıyılarda bu tür tesislerin kurulması deniz trafiği, turizm, balıkçılık, kıyı tesisleri vb. nedenlerle olanaklı değildir. Türkiye kıyılarının beşte birinden yararlanılarak sağlanabilecek dalga enerjisi teknik potansiyeli 18.5 TWh/yıl düzeyindedir.

Hidroelektrik santrallerinde her 3 saniyede bir 10 ton suyu 30 metreden aşağıya düşürerek elde edilecek enerjiyi, 1 metre dalga yüksekliğine sahip deniz yüzeyinde 1 dönümden daha az alanda elde etmek mümkündür.

<sup>62</sup> Ener GATE 2003 / 02 Nisan sayfa 72-73-74 Fatih ÇİL

<sup>63</sup> Temiz Enerji Vakfı

*Yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının içerisinde büyük potansiyele sahip ve ekonomik olan deniz dalga enerjisi potansiyeli değerlendirilmeyi beklemektedir.*

#### **4.8 Hidrojen Enerjisi**

Yenilenebilir enerji kaynakları içinde hidrojenin önemi her geçen gün hızlı bir şekilde artmaktadır. Yıldız ve gezegenlerde serbest halde en çok bulunan element olan hidrojen, dünyada da fazla miktarda bulunmasına rağmen, serbest değildir. Bununla birlikte hidrojen birincil enerji kaynakları ile değişik hammaddelerden üretilebilmekte ve üretiminde dönüştürme işlemleri kullanılmaktadır.

Sınırsız kaynağa sahip olan ve havayı kirletmesi açısından içten yanmalı motorlarda kullanılan diğer alternatif yakıtlara göre pek çok avantaja sahip hidrojenin, içten yanmalı motorlarda kullanım çalışmalarına 1900'lü yıllarda başlanılmış ve günümüzde de çok yoğun bir şekilde devam edilmektedir. Gaz haldeki hidrojen renksiz, kokusuz ve tatsızdır. Hafif olan kütlesi nedeniyle çok yüksek yayılma özelliğine sahiptir. Gaz haldeki hidrojen aynı hacimdeki havadan 15 kat daha hafiftir. Hidrojen enerjisi tüm enerji çeşitleri içinde neredeyse en ucuzu durumundadır. *Birim kütle başına diğer bilinen tüm yakıtlardan daha fazla kimyasal enerjiye sahiptir.*

1970'li yıllarda hidrojen, enerji taşıyıcısı olarak pek önemsenmemekte, "hidrojen enerjisi", "hidrojen ekonomisi" ve "hidrojen enerji sistemi" gibi kavramlar enerji literatüründe yer almamakta idi. Ancak, roket yakıtı olarak hidrojen kullanılıyor, süper devletler hidrojen çalışmalarını gizlilik içinde yürütüyordu.

1974 yılında Florida'da, Miami Üniversitesi Temiz Enerji Enstitüsü tarafından düzenlenen "Hidrojen Ekonomisi Miami Enerji Konferansı", hidrojenin enerji olarak kullanılmasına yönelik yapılanma sürecini başlatmıştır. Bu toplantı ile Uluslararası Hidrojen Enerjisi Birliği (IHEA) kurulmuştur. Bugün söz konusu birliğin dışında, çeşitli ülkelerde hidrojen enerjisi örgütleri bulunmakta, ayrıca, Dünya Hidrojen Enerjisi Konferansları (WHEC) yapılmaktadır. 1974 yılında başlayan hidrojen enerji sisteminin geliştirilmesi sürecinin yaklaşık 100 yıl içinde tamamlanacağı ve 2070'li yıllar itibarıyla hidrojenin yakıt olarak fosil kaynaklı sıvı ve gaz yakıtlarının tamamen yerine geçebileceği öngörülmektedir.



Şekil 15. Hidrojen İle Çalışan Araç

1 m<sup>3</sup> sudan 108,7 birim hidrojen üretilmekte, bu ise yaklaşık olarak 422 lt. benzine eşdeğerdir. Bu enerjinin bir özelliği de istenilen biçimde (katı, sıvı, gaz, metal-hidrit vs.) kolayca depolanabiliyor olmasıdır. Hidrojenin yakıt olarak kullanılması ile ilgili özellikleri, bugün yaygın olarak kullanılan sıvı (benzin) ve gaz (metan) yakıtlarla karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonuçları, Tablo 60'da görülmektedir.

Tablo 60. Hidrojen - Benzin - Metan: Yakıt Özelliklerinin Karşılaştırılması

| Özellik                                     | Benzin  | Metan    | Hidrojen |
|---|---------|----------|----------|
| Yoğunluk, kg./m <sup>3</sup>                | 4,40    | 0,65     | 0,084    |
| Hava içindeki difüzyonu, cm <sup>2</sup> /s | 0,05    | 0,16     | 0,61     |
| Sabit basınçta özgül ısı, J g / K           | 1,20    | 2,22     | 14,89    |
| Havada ateşleme sınırı, % hacim             | 1,0-7,6 | 5,3-15,0 | 4,0-75,0 |
| Havada ateşleme enerjisi, mJ                | 0,24    | 0,29     | 0,02     |
| Ateşleme sıcaklığı, °C                      | 228-471 | 540      | 585      |
| Havada alev sıcaklığı, °C                   | 2197    | 1875     | 2045     |
| Patlama enerjisi, g TNT k / J               | 0,25    | 0,19     | 0,17     |
| Alev yayılması (emisivitesi), %             | 34-42   | 25-33    | 17-25    |

**Kaynak:** UNIDO - ICHET (2005)

Kullanım alanları incelendiğinde hidrojenin, fosil yakıtlara göre çok daha fazla alanda kullanılabileceği ortaya çıkmaktadır. Hidrojen alevli yanma, doğrudan buhar üretimi, katalitik yanma, kimyasal dönüştürme, elektrokimyasal dönüştürme uygulamalarında yakıt olarak kullanılabilirken, fosil yakıtlar sadece alevli yanma uygulamalarında kullanılabilirler.

Hidrojen sıvı ve yüksek basınç altında gaz halinde depolanmaktadır. Yakıt özellikleri incelendiğinde, hidrojenin motorlarda yakıt olarak kullanılması durumunda petrol kökenli motor yakıtlara oranla birçok avantaja sahip olduğu görülmektedir. *Hidrojenin yakıt olarak kullanılmasında, yanma ürünü olarak su buharı açığa çıkarması ile çevreye hiçbir zararı yoktur.*

Hidrojenin boru hatları ile taşınabilmesinin yanında depolanabilmesi de, hidrojeni elektrik enerjisi üretiminde de daha avantajlı kılmaktadır. Hidrojenin boru hatları ile iletiminin maliyeti elektrik dağıtım hatlarının maliyetinin sadece 1/4'ü kadardır. Hidrojen gaz veya sıvı olarak saf halde tanklarda depolanabileceği gibi, fiziksel olarak karbon nanotüplerde veya kimyasal olarak hidrür şeklinde depolanabilmektedir.

Hidrojen uygun nitelikli çelik tanklarda gaz veya sıvı olarak depolanabilir. Ancak gaz olarak depolamada yüksek basınç nedeniyle tank ağırlıkları problem yaratmaktadır. Hidrojen gazını depolamanın belki de en ucuz yöntemi, doğal gaza benzer şekilde yer altında, tükenmiş petrol veya doğal gaz rezervuarlarında depolamaktır. Maliyeti biraz yüksek olan bir depolama şekli ise, maden ocaklarındaki mağaralarda saklamaktır.

Hidrojen petrole göre 4 kat fazla hacim kaplar; hidrojenin kapladığı hacmi küçültmek için hidrojeni sıvı halde depolamak gereklidir. Bunun için de yüksek basınç ve soğutma işlemine ihtiyaç vardır. Sıvılaştırılmış hidrojen yüksek basınç altında çelik tüpler içinde depolanabilir. Bu yöntem orta veya küçük ölçekte depolama için en çok kullanılan yöntemdir. Ancak büyük miktarlar için oldukça pahalı bir yöntemdir. Çünkü hidrojen enerjisinin yaklaşık 1/4'ü sıvılaştırma işlemi için harcanmalıdır. Bir diğer pratik çözüm ise, sıvı hidrojenin düşük sıcaklıktaki tanklarda saklanmasıdır. Uzay programlarında, roket yakıtı olarak sürekli şekilde kullanılan sıvı hidrojen bu yöntemle depolanmaktadır. Dünyadaki en büyük sıvı hidrojen tankı, Kennedy Uzay Merkezinde olup 3400 m<sup>3</sup> sıvı hidrojen alabilmektedir. Bu miktar hidrojenin yakıt olarak değeri 29 milyon Mega Jule veya 8 milyon KWh e karşılık gelmektedir.

Son yıllarda yapılan çalışmalar sonucu hidrojen karbon nanotüplerde de depolanabilmektedir. Karbon nanotüpler kısaca grafit tabakaların tüp şekline dönüşmüş halidir. Çapları birkaç nanometre veya 10-20 nanometre mertebesinde, boyları ise mikron seviyesindedir.

*Geleceğin yakıtı hidrojen için en uygun sistem, hidrojenli yakıt pili teknolojisidir.*<sup>64</sup>

<sup>64</sup> M. Çetinkaya, F. Karaosmanoğlu, " Hidrojen ve Yakıt Pilleri" başlıklı söyleşi, 25 Mayıs 2003, MMO İstanbul Şube Ölçü Dergisi (Nisan 2003) EMO Enerji Raporu ( 27/28 Nisan 2002 )



Yakıt pilleri, sisteme dışarıdan sağlanan yakıt ve elektrokimyasal reaksiyonun gerçekleşmesi için gerekli olan oksitleyicinin kimyasal enerjisini doğrudan elektrik ve ısı formunda kullanılabilir enerjiye çeviren güç üretim elemanıdır. Bir yakıt pili, “Yakıt İşleme Ünitesi”, “Güç Üretim Sistemi” ve “Güç Dönüştürücü” olmak üzere 3 ana bölümden oluşmaktadır. Komple bir yakıt pili güç üretim sistemi, bir yakıt kaynağı, bir hava kaynağı, bir soğutma ünitesi ve bir de kontrol ünitesi içeren bir otomobil motoruna benzetilebilir. Güç Dönüştürücü ünitesinde hücrede üretilen doğru akım ticari kullanım için alternatif akıma çevrilmektedir.

Yakıt pili uygulama alanları; *uzay çalışmaları/askeri uygulamalar, evsel uygulamalar, sabit güç üretim sistemi /yüksek güç üretim sistemi uygulamaları, taşınabilir güç kaynağı uygulamaları, atık ve atık su uygulamaları, taşıt uygulamaları* şeklindedir.

Ayrıca yakıt pilleri otobüs, kamyon, otomobil ve her türlü taşıt için yakıt görevi yapabilecek özelliklere sahiptir. *Yakıt pilli araçlar, benzin ve motorin ile çalışan araçlara göre daha temiz ve enerji bakımından daha verimli bir uygulamadır. Günümüzde taşıt emisyonlarının çevre kirliliği üzerindeki etkileri düşünüldüğünde, yakıt pili ile çalışan araçlar çevre dostu ve kârlı bir seçimdir. Yakıt pilleri kullanımında taşıt gürültü kirliliği de görülür düzeyde azalmaktadır. Bir diğer avantaj da araçlarda emisyon olarak sadece su oluşmasıdır.*

Bu avantajlarından dolayı dünyada yakıt pili ve hidrojen enerjisi alanında birçok çalışma yapılmaktadır. Avrupa'nın Amerika ve Japonya'dan önce hidrojen enerjisine geçmesinin Avrupa'ya büyük teknolojik ve ekonomik avantajlar sağlayacağı öngörülerek, hidrojene geçişin hazırlıklarına yönelik AR-GE çalışmalarına AB tarafından kullanılmak üzere ilk 5 yıl için 5 milyar euro ayrılmıştır. Amerikan hükümeti ise hidrojenli otomobillerin geliştirilmesi için 1.7 milyar dolarlık bir proje başlatmış ve ardından kömür ve hidrokarbon tipi yakıtlardan daha ucuz olan hidrojen üretimi için de 1.2 milyar dolar fon ayırmıştır. Japonya'nın 1997'de başlattığı WE-NET projesinin ilerlediği ve Japonya'nın bu programla 2020 yılına kadar 4 milyar dolar harcama planlayarak, gerekli hidrojen enerjisi teknolojilerine sahip olmayı hedeflediği bilinmektedir. WE-NET projesi kapsamında gelecekte de Pasifik denizinin ekvator bölgesinde yapay bir adada solar radyasyon kullanarak deniz suyundan elektrolizle hidrojen üretilmesi planlanmaktadır. Hâlen Japonya'da Tokyo Electric Company tarafından kurulan 11 MW'lık elektrik santrali Rokko adasının elektrik ve ısı ihtiyacını karşılamakla birlikte, kapasiteleri 50 ile 500 MW arasında değişen yüzlerce yakıt pilli tesis bulunmaktadır. Sadece Tokyo'da şehrin elektrik ihtiyacının 40.000 kW'lık bölümü hidrojen enerji sistemlerinden sağlanmaktadır.

Japonya'da Tokyo Electric Company'nin yanı sıra Sanyo, Hitachi, Toshiba, Kawasaki, Fuji Electric, Kansai Electric, Amerika'da, Westinghouse, Institute of Gas Technology (IGT), Unocal, San Diego Gas and Electric, Avustralya'da Ceramic Fuell Cell Ltd, Avrupa'da Siemens KWU, Dornier System, Sulter Innotec, dünyada yakıt hücreli sistemleri kullanan ve gelişimi için çalışmalar yapan şirketlerden bazılarıdır.

Siemens Kaliforniya'da 200 konutun elektrik ve ısı ihtiyacını karşılamak üzere 250kW'lık gaz türbinli, yakıt hücreli bir kojenerasyon sistemi kurmuştur

İzlanda kurmuş olduğu uluslararası konsorsiyumla bu ada ülkesini, 2030 yılına kadar tamamen hidrojen enerjisi kullanımına geçirmeyi planlamıştır.<sup>65</sup>

*Yakıt pillerinin gerek taşıt gerekse güç istasyonları uygulamalarında gelecekte çok önemli kullanım alanına ve sektörde büyük bir paya sahip olacağı açıktır. Dünyada önde gelen otomotiv şirketleri ve devletler, yakıt pillerinin geliştirilmesi ve araştırılması için çok yüksek miktarlarda kaynak ayırmaktadırlar. Çevre faktörünün önem kazandığı bu zamanda çevre dostu olmasının yanında yüksek verime de sahip olan yakıt pilleri, gelecekte uygun fiyat uygulamalarıyla öne çıkacak ve alternatif yakıtlar içinde önemli bir yer alacaktır.*

Ülkemizde yakıt pillerine verilen önem diğer alternatif yakıtlara olduğu gibi düşük düzeydedir. Enerji politikamızda geleceğe dair yatırımlar içinde yakıt pillerinin de yer alması ve dünya ile aynı seviyede araştırma ve geliştirme çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Ülkemizde yakıt pili konusunda İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ), Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) ve Yıldız Teknik Üniversitesinde (YTÜ) çalışmalar yapılmaktadır.

2000'li yıllarda Türkiye'de hemen her üniversitenin malzeme, kimya, makina ve diğer ilgili bölümlerinde hidrojen enerjisiyle ilgili projeler yürütülüp, tezler hazırlanırken, sanayinin de konuya ilgisi artmaya başlamıştır. Koç Grubu şirketlerinden Ford Otosan, Arçelik, Tofaş, Aygaz, Demirdöküm ile Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı (TTGV) ve TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM) tarafından Yakıt Pillerinin Yerli İmkânlarla Üretilmesi Projesi'ne 2004'ün Kasım ayında başlanmıştır. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM)'ndeki hidrojen araştırmaları. Gebze'deki TÜBİTAK-MAM bünyesinde 2004'te kurulan Enerji Enstitüsü'nde yakıt pili teknolojileri, hidrojen teknolojileri ve araç teknolojileriyle ilgili birçok ileri araştırma yürütülmektedir.

Ülkemiz Üniversitelerinde ve araştırma kuruluşlarında çoğunlukla akademik ağırlıklı olarak yürütülen hidrojen enerjisi çalışmalarında, 2004 yılı itibarıyla yeni bir aşama kaydedilmiştir.

---

<sup>65</sup> M. Çetinkaya, F. Karasmanoğlu, "Hidrojen ve Yakıt Pilleri" başlıklı söyleşi, 25 Mayıs 2003, MMO İstanbul Şube Ölçü Dergisi (Nisan 2003) EMO Enerji Raporu (27/28 Nisan 2002)

Birleşmiş Milletler Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi'nin (ICHET) kurulmasına ilişkin anlaşma, Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü (UNIDO) arasında, 21 Ekim 2003 tarihinde Viyana'da imzalanmıştır. Ülkemiz ile birlikte, uluslararası enerji çevrelerinin büyük önem verdiği ve geleceğin enerjisi olarak adlandırılan hidrojen enerjisi merkezi İstanbul'da kurulmuştur. Merkezin başlıca faaliyetleri:

Uzun ve kısa dönemli atölye (workshop) çalışmaları, bilimsel toplantılar, bilim adamları ve uzmanların katılacağı uygulamalı eğitim programları düzenlemek;

- ✚ Ar-Ge ve teknoloji transferi yapmak;
- ✚ Danışmanlık hizmeti sunmak;
- ✚ Endüstri ile işbirliği kurmak;
- ✚ Hidrojen enerjisi teknolojilerini tanıtmak amacıyla katılımcı ülkelere tekno-ekonomik çalışmalar, teknoloji izleme ve tahmini, Ar-Ge, teknoloji transferi, eğitim, burs ve danışmanlık hizmeti sağlamak;

ICHET'in çalışma kapsamı içerisinde:

Hidrojen enerjisi politikası oluşturulması, büyük miktarlarda hidrojen üretimi ve hidrojen enerji teknolojilerinin uygulanmasının ve çevresel çalışmaların ekonomik analizi;

- ✚ Diğer yenilenebilir enerji sistemleriyle hidrojen üretim tekniklerinin entegre edilmesi;
- ✚ Hidrojen depolama teknikleri;
- ✚ Klima sistemleri ve hidrojen depolamada metal hidrurlerin kullanımı;
- ✚ Boru ile hidrojen nakli;
- ✚ Sıvı hidrojen teknolojileri;
- ✚ Hidrojenle çalışan taşıtlar (otobüsler, kamyonlar, otomobiller, iki ve üç tekerlekli taşıtlar);
- ✚ Yakıt pili uygulamaları (desentralize enerji üretimi ve taşıtlar);
- ✚ Hidrojen altyapısı geliştirilmesi;
- ✚ Kimyada, enerji üretiminde, gaz, petrol endüstrisinde ve metalürjide hidrojen uygulamaları;

bulunmaktadır.

Günümüzde hidrojen depolama ve taşıma ortamı olarak büyük bir önem kazanmış olan sodyum borhidürü, ülkemiz özel bor kimyasalları içinde de önemli bir potansiyele sahiptir. Sodyum borhidürün benzer amaçlı diğer bileşiklere oranla daha fazla hidrojen depolayabilmesi, yanıcı ve patlayıcı olmaması, kolay kontrol edilebilir bir reaksiyon ile hidrojenini verebilmesi gibi özellikleri, yeni ve temiz enerji politikaları ile birlikte değerlendirildiğinde ülkemizin zengin bor kaynakları için yaygın ve kalıcı bir tüketim alanı yaratabilecektir.

*Hidrojen enerjisinin kullanımında bor madeninin de yardımcı malzeme olarak teknolojiye dahil olması, bu maden açısından oldukça zengin olan ülkemizi stratejik düzlemde daha da önemli bir konuma getirmektedir.*

*Teknolojik yenilenmesini ve sanayi üretim sürecini hızlandırmak ve geliştirmek zorunda olan Türkiye, ilk 10 yılda hidrojen enerjisine geçiş için bütün yasal ve hukuki zeminleri hazırlamalı ve bu ikincil enerji kaynağını temin edeceği birincil sistemleri kurmalıdır.*

Daha sonraki aşamada ise bu yakıtın daha verimli depolanabilmesi ve taşınabilmesi için alternatif olarak önerilen hidrür üretim sistemlerini geliştirmeli ve borlu yakıt çözeltilerini piyasaya sunacak teknolojiyi hazırlamalıdır. Bu teknolojiler elektrik enerjisine dönüşüm için gerekli yakıt hücre sistemleri ile entegre olmalıdır.

Sonuç olarak çevre kirliliğine yol açmadan çeşitli alanlarda kullanılacak esnek bir yakıt olan hidrojen, 21. yüzyılın yakıtı olarak düşünülmekte; üretimi, taşınma ve depolanması ve kullanılmasına ilişkin teknolojilerin geliştirilmesi için kapsamlı çalışmalar yürütülmektedir. Dünyadaki bu gelişmeler dikkate alınarak, hidrojen enerjisi ile ilgili çalışmalara ülkemizde de önem ve öncelik verilmeli, başlatılan çalışmalar kesintiye uğramadan bir devlet politikası olarak tespit edilip sürdürülmelidir. Hidrojen programları esas itibarıyla uzun döneme yönelik olmakla birlikte, mevcut enerji altyapısıyla çalışılabilecek kısa dönemli uygulamalar üzerinde de durulmalıdır.

## **5. SONUÇ VE ÖNERİLER**

### **SONUÇ:**

Türkiye bugüne kadar enerji ihtiyacını esas olarak yeni enerji arzı ile karşılamaya çalışan bir politika izlemiştir. Dağıtımda, kaçaklarla birlikte %18'e ulaşmış kayıplar ve nihai sektörlerde yer yer % 50'nin üzerine çıkabilen enerji tasarrufu imkanları göz ardı edilmiştir. Enerji ihtiyacını karşılamak üzere çok pahalı yatırımlar yapılmış ve diğer yandan bu kayıplar devam ederken, enerjideki dışa bağımlılık Türkiye için ciddi boyutlara ulaşmıştır. Bundan sonraki politika "önce enerji tasarrufu için yeni yatırım yapılması, bu yatırımlarla sağlanacak tasarruflar dikkate alınarak, yeni enerji üretim tesisi

planlamaları yapılması” şeklinde olmalıdır. Önümüzdeki yıllarda yaşanması beklenen enerji sıkıntısının aşılması için yapılması gereken en önemli uygulama tasarrufa yatırımdır.

### **ÖNERİLER:**

1. Ülkemizde enerji sektöründe 20 yıldır uygulanan politikalarla toplumsal ihtiyaçlar ve bunların karşılanabilirliği arasındaki açığı her geçen gün daha da artmaktadır. Enerji politikaları üretimden tüketime bir bütündür, bu nedenle bütüncül bir yaklaşım esas olmalıdır. Ülkemiz gerçekleri de göz önüne alınmak şartıyla, enerji sektörünün gerek stratejik önemi, gerekse kaynakların rasyonel kullanımı ve düzenleme, planlama, eşgüdüm ve denetleme faaliyetlerinin koordinasyonu açısından merkezi bir yapıya ihtiyaç vardır. Enerji sektörüne yönelik politikaların belirlenmesinde toplumun tüm kesimlerinin ve konunun tüm taraflarının görüşleri alınmalı ve söz konusu merkezi yapı özerk bir statüde olmalıdır. Genel olarak enerji planlaması, özel olarak elektrik enerjisi ve doğal gaz üretimi-tüketim planlamasında strateji, politika ve önceliklerin tartışılıp, yeniden belirleneceği geniş katılımlı bir platform oluşturulmalıdır.

2. Türkiye'nin bir enerji envanteri çıkarılmalıdır. Kamusal planlama, kamusal üretim ve yerli kaynak kullanımını reddeden özelleştirme politikalarından vazgeçilmeli, kamunun eli kolu bağlanmamalı ve kamu eliyle yatırımlar yapılmalıdır. Yetmiş ve nitelikli insan gücümüz özelleştirme uygulamaları ve politik müdahalelerle tasfiye edilmemelidir. Enerjinin üretimi ve yönetiminde en temel unsur olan insan kaynağımızın eğitimi, istihdamı, ücreti vb. konular enerji politikalarının temeli olmalıdır.

3. TEİAŞ tarafından hazırlanan 2007-2016 dönemini kapsayan “Türkiye Elektrik Enerjisi 10 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyon (2007-2016) Çalışması” yenilenebilir enerji kaynaklarının tam olarak değerlendirilmesini hedeflemekte, yenilenebilir enerjiye dayalı üretim yatırımlarının düşük kapasitede tesisini öngörmektedir. Yerli ve yenilenebilir enerjiye dayalı elektrik ve yakıt üretim hedefleri kısa-orta-uzun vadeli olarak belirlenmelidir.

4. ETKB Enerji İşleri Genel Müdürlüğünün, Uluslararası Enerji Ajansı modelini esas alarak hazırlık çalışmalarını sürdürdüğü yeni Ulusal Enerji Talep Tahmin Modeli, taslak olarak, kamuoyunun bilgi ve görüşüne sunulmalı, mesleki kuruluşlar, uzmanlar ve akademisyenlerin katılacağı tartışmalar sürecinde oluşan görüş ve öneriler dikkate alınarak modele son biçimi verilmelidir.

5. Mevcut ülke imkanlarının kısıtlı olduğu hususu da göz önüne alınarak, bazı hayati önem arz eden konularda mükerrer projeler yoluyla, zaman ve imkan israfına neden olunmaması amacıyla, sektörel AR-GE faaliyetlerinin tespiti ve yönlendirilmesi için faaliyet gösterecek ve yerine göre maddi (gerek finansal, gerek ekipman ve gerekse yetişmiş personel tedariği gibi) imkan sağlayacak bir yapının kurulması sağlanmalıdır.

6. EPDK, lisans verirken, ulusal ve kamusal çıkarları gözeten ve toplumsal yararı esas alarak hazırlanmış olan Enerji Talep ve Yatırım Tahminlerini esas almalı, ithal kömüre dayalı yeni santral projelerine lisans vermemelidir. Doğal gaz yakıtlı yeni projeler, elektrik enerjisi üretimi içinde doğal gazın payının düşürülmesini öngören hedef ve politikalara uygun olmalıdır.
7. Enerji üretiminde ağırlık; yerli, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına verilmelidir. Enerji planlamaları, ulusal ve kamusal çıkarların korunmasına ve toplumsal yararın artırılmasını, yurttaşları ucuz, sürekli ve güvenilir enerjiye kolaylıkla erişebilmesini hedeflemelidir.
8. Kamusal planlama, kamusal üretim ve yerli kaynak kullanımını reddeden, bu alandaki yatırımların aksama, gerileme ve gecikmesinin temel nedenini oluşturan özelleştirme uygulamalarından vazgeçilmelidir.
9. Enerji sektöründeki kamu kurumlarını küçültme, işlevsizleştirme, özelleştirme amaçlı politika ve uygulamalar son bulmalı; mevcut kamu kuruluşları etkinleştirilmeli ve güçlendirilmelidir. Bu kapsamda; doğal gaz ve petrol arama, üretim, iletim, rafinaj, dağıtım ve satış faaliyetlerinin entegre bir yapı içinde sürdürülmesi için BOTAŞ ve TPAO, Türkiye Petrol ve Doğal Gaz Kurumu bünyesinde; elektrik üretim, iletim, dağıtım faaliyetleri bütünlük içinde olması için de, EÜAŞ, TEİAŞ, TEDAŞ, TETAŞ, eskiden olduğu gibi Türkiye Elektrik Kurumu(TEK) bünyesinde birleştirilmelidir.
10. Özel sektör tarafından yapılan enerji yatırımlarını kamusal çıkarları gözeten bir anlayışla mali denetimin yanı sıra teknik olarak da denetlenmesine imkan veren düzenlemeler bir an önce yürürlüğe konmalıdır.
12. Doğal gazın kentlerde ve sanayide kullanımının yaygınlaşmasının yanı sıra, yeni tesis edilecek santrallerde yakıt olarak kullanılmasıyla, doğal gaz talebinin daha da artacağı tahmin edilmektedir. Doğal gaz tüketimin artışındaki en büyük etken, elektrik enerjisi üretiminin yaygın bir biçimde doğal gaza dayandırılmasıdır. Elektrik üretimi içinde doğal gazın payı bugünkü % 50'lerden %25'ler düzeyine mutlaka düşürülmelidir. Elektrik üretiminde hidroliğin payının % 30, kömür ve doğal gazın payının % 25, rüzgar-jeotermal-güneş-biyoyakıt-vb. yenilenebilir enerji kaynaklarının payının % 20 olmasını hedefleyen politikalar uygulanmalıdır.
13. Genel olarak enerji yatırımlarda, özel olarak elektrik enerjisi üretim yatırımlarında çevreye zarar verilmemesi temel bir ilke olmalıdır. Kömür yakıtlı santrallerde akışkan yataklı teknolojiler kullanılmalı, mevcut santrallerde baca gazı arıtma tesisleri ve elektro filtreler ivedilikle kurulmalıdır. Hidrolik santral ve regülatör yapımında da çevrenin korunması esas olmalı baraj yerlerinin seçiminde su altında kalacak bölgelerin, tarihi eser ve kültürel varlıklar içermemesine özen gösterilmelidir.

14. Enerji açısından dışa bağımlı olan ülkemizde enerjinin verimli ve etkin kullanımı ulusal politika haline getirilmelidir. Öngörülen tasarruf hedeflerine ulaşmak için, gerekli düzenlemeler bir an önce yürürlüğe konulmalıdır. Sanayi üretiminde enerji yoğunluğu bugünkü 0.39'dan OECD üyesi ülkeler ortalaması olan 0.19 düzeyine düşürülmesi için planlama yapılmalıdır.

17. Termik santrallerimizde gerekli bakım, onarım, iyileştirme, kapasite artırımı çalışmaları hızla sonuçlandırılmalı çevre kirliliğini önleyecek önlemler alınmalı, bu santraller tam kapasitede çalıştırılmalıdır. Revizyon, bakım ve onarım çalışmaları hızla sonuçlandırılmalı, atıl durumdaki kapasiteler devreye alınmalı, kömüre dayalı termik santrallerin teknik verimleri ve emre amadeliliği yükseltilmelidir. Öte yandan kamu kaynakları kullanılarak rehabilite edilen santrallerin özelleştirilmesi uygulamasına son verilmelidir.

19. Hidroelektrik, yerli ve yenilenebilir bir kaynak olarak stratejik özelliği ile enerji alanındaki bağımlılığı azaltacaktır. Türkiye'nin önemli, temiz ve yenilenebilir enerji kaynağı olan hidroelektriğin, yukarıda açıklanan karakteristik ve faydaları da göz önüne alınarak bir an önce geliştirilmesi ve bu amaçla yeni HES'lerin yapımına destek verilmesi, teşvik edilmesi gerekmektedir.

20. Mevcut hidrolik santraller, tam kapasitede çalıştırılmalı, yapım sürecinde gerekli kaynaklar aktararak hızla sonuçlandırılması sağlanmalıdır. EPDK, lisans verdiği santrallerin yapım çalışmalarının öngörülen süre içinde sonuçlanıp sonuçlanmadığını denetlemelidir.

21. Mevcut sulama amaçlı barajların rezervuarlarında mevcut bulunan küçük HES potansiyeli değerlendirilmelidir. İşletmede olan ve enerji üretimi amacıyla barajlarda enerji üretebilme imkanları araştırılmalıdır.

22. Kurulu gücümüzdeki atıl potansiyelin puant saatlerde değerlendirilmesi ve rüzgar/güneş gibi değişken kaynaklardan daha çok yararlanılması amacıyla, pompajlı hidroelektrik santral uygulamaları başlatılmalıdır. Böylece, farklı yüksekliklerdeki rezervuarlar arasında suyu taşıyarak pik saatlerdeki talebi karşılamak için elektrik depolamaya imkan veren bir üretim uygulaması mümkün olabilecektir.

23. Rüzgar enerjisi potansiyelinin tamamından yararlanılması amacıyla teknik ve ekonomik sorunları, çözümleri ve yol haritalarını ortaya koyan bir Rüzgar Enerjisi Stratejisi Planı hazırlanmalıdır. 48.000 MW kapasitenin devreye girmesine çalışılmalıdır. Şebekeye bağlanma ve sistem dengesi konusundaki sorunlar teknik olarak incelenmeli bu konudaki problemler gerekirse AR-GE destekleri ile çözümlenmelidir.

24. Rüzgar enerjisi ile ilgili konularının detaylı bir şekilde incelendiği (ölçüm, fizibilite hazırlama, kanat ve türbin testleri vb.) standartlara uygun bir rüzgar

enerjisi laboratuvarı kamu sektöründe kurulmalıdır. Rüzgar enerjisi bu laboratuvarla birlikte kamu tarafında sahipli bir hale getirilmelidir. Rüzgar ölçüm cihazlarının ülkemizde üretilmesi için gerekli adımlar bir an önce atılmalıdır.

25. Lisanslama işlemi yeniden gözden geçirilmeli ve rüzgar enerjisi konusunda yeni lisans türleri tanımlanmalıdır. Özellikle rüzgar enerjisinin diğer enerji kaynaklarıyla hibrit olabilme özelliğinin önü açılmalıdır. Linyit, biyokütle ve diğer hibrit enerji üretim teknolojilerinin kullanımına da müsaade edilmelidir.

26. Mevcut potansiyelinin % 4'ünden yararlanılan jeotermal enerjinin tümüyle kullanılmasına dönük yatırımlar ve araştırma ve kullanımla ilgili yasal düzenlemeler yapılmalıdır. Bu çerçevede arama ve işletmeyi koordine edecek bir yapı oluşturulmalıdır.

27. Jeotermal kaynaklı elektrik üretimi için mevcut 500 MW kapasite değerlendirilmelidir. Jeotermal su kaynakları değerlendirilerek on binlerce evin jeotermal sıcak su ile ısıtılması sağlanmalıdır. Jeotermal kaynakların yoğun kentsel yerleşkelerin bölgesel ısıtılmasında öncelikle kullanılmasının zorunlu olması yönünde politikalar geliştirilerek yasa ve mevzuatlara yansıtılmalıdır. Jeotermal kaynağın entegre kullanımı ile doğrudan ve dolaylı yararlanma olanakları optimize edilerek maksimum fayda sağlanmalıdır.

28. Konutlarda tüketilen enerjinin % 80'i ısınmaya harcanmaktadır. Bu nedenle güneş mimarisi önemsenerek uygulanmalı, öncelikle büyük şehirlerden başlanarak yeni yapılmakta olan binalarda yönlendirme ve yalıtıma büyük önem verilmeli, ek maliyet getirmeden % 30'lara varan ısı kazancı sağlayan mimari özellikler kullanılmalıdır. Bu konuda ilgili meslek odaları ile işbirliği yapılarak bilinçlendirme kampanyaları düzenlenmelidir.

29. Bol güneş alan ülkemizde güneş kolektörlerinin tüm binalarda kullanımının zorunlu hale getirilmesi ve desteklenmesi ile binaların sıcak su ihtiyacının önemli bir bölümü güneş enerjisi ile karşılanmalıdır. İlgili yasa ve yönetmeliklerde, gerekli düzenlemeler yapılmalıdır. Güneş kolektörlerinin kullanımında, tüketici bazında (düşük KDV, ucuz kredi vb.) teşvikler uygulanmalıdır.

30. Sıcak su, kızgın su ya da buhar kullanan sanayi tesislerinin bu ihtiyaçlarını güneş enerjisinden karşılamaları veya sistemi güneş enerjisi ile deteklemeleri teşvik edilerek yaygınlaştırılmalıdır. Sıcak suyu düzlemsel toplayıcılarla, kızgın su ya da buharı da yoğunlaştırıcı toplayıcılarla sağlamak mümkündür.

31. Soğutma ihtiyacının, güneş enerjisinin en yüksek şiddette olduğu zamanlarda olduğundan, iklimlendirme ve soğutma sistemlerinde güneş enerjisi, kullanılmalıdır. Bu konuda yeni absorplanmalı sistemlerin kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.



32. Güneş enerjisi sistemlerinin testlerinin yapıldığı akredite laboratuvarların ulusal düzeyde oluşturulması, mevcutların iyileştirilmesi ve yaygınlaştırılması için ilgili taraflarca gerekli çalışmalar yapılmalı, yurt dışındaki laboratuvarlara ödenen test ücretlerinin yurt içinde kalması sağlanmalıdır.
33. Görsel çirkinliğe sebep olan doğal sirkülasyonlu sistemlerin ortadan kalkması için birçok Avrupa ülkesinde olduğu gibi pompalı güneş enerjisi sistemlerinin kurulmasının yaygınlaşması amacıyla bu sistemlere düşük KDV uygulanması, bu sistemi kullanan binaların çevre temizlik veya emlak vergisinden bir sürelik muafiyet sağlanması vb. uygulamalar ile teşvik edilmesi gereklidir. Ayrıca imar yönetmelikleri de buna göre revize edilmelidir.
34. Halen projersiz, denetimsiz bir şekilde üretilen ve montajı yapılan güneş enerjili sıcak su (termal) sistemleri, TMMOB'ye bağlı odalar tarafından yapılan binaların mekanik tesisat, mimari, elektrik ve inşaat (statik) projelendirilmesi kapsamına alınarak bir standarda bağlanmalıdır. Bu projelerin TUS (Teknik Uygulama Sorumluluğu) kapsamında ilgili meslek odaları tarafından mesleki denetimlerinin yapılabilmesi için başta Bayındırlık ve İskan Bakanlığı ve yerel yönetimlerce ilgili meslek odalarının görüşleri alınarak gerekli mevzuat düzenlemeleri yapılmalıdır.
35. Güneş enerjili sıcak su kullanımının daha az yaygın olduğu bölge ve kesimlerde kat mülkiyeti açısından sorun yaratan çatılara güneş enerjisi sistemleri konulması konusuna ilişkin ortaya çıkan sorunları çözüme kavuşturan yasal düzenlemeler yapılmalı, tüm yeni yapılan binalarda güneş kolektörünün gerektiğinde kolayca yerleştirilmesi için tesisatının yapılması ve çatının güneşe doğru bakacak şekilde yönlendirilmesi zorunlu hale getirilmelidir.
36. Çevre ve Orman Bakanlığının, ORKÖY projesi ile orman köylerine yönelik olarak, köylünün maddi destekli ve 3 yıl vadeli olarak güneş enerjisi sistemi sahibi olması uygulaması; ova köyleri, kasabalarla birlikte, ilçeler ve şehirlerin kenar mahallelerine de yaygınlaştırılmalıdır.
37. Kırsal alanlarda pişirme amaçlı kullanılan güneş ocaklarının yaygınlaştırılması için çalışmalar yapılmalıdır.
38. Jeotermal ve rüzgar enerjisinin mevcut olduğu bölgelerde güneş enerjisi ile entegre sistemler oluşturulmalıdır.
39. Güneş enerjisinden yararlanma konusunda teşvik edici politika oluşturulmalı, 2010 sonrasında kuruluş maliyetleri düşeceği tahmin edilen fotovoltaik pillerin (PV) yerli üretimi için sektördeki gelişmeler izlenerek AR-GE çalışmalarına hız verilmelidir. Güneş enerjisine dayalı elektrik alımında yüksek fiyatlar uygulanarak, bu tarz üretim teşvik edilmelidir.

40. Güneş santralleri için ön koşul sayılan yıllık en az 2000 saat güneşlenme süresi, Türkiye'de ortalama 2640 saat, Güneydoğu Anadolu Bölgesinde ise 3000 saattir. Güneş santrallerinin yapımı için araştırma yapılarak bir an önce adımlar atılmalıdır. Direkt elektrik üreten güneş pili santrallerinin yapımı planlanmalıdır. En kısa zamanda devlet teşviği ile demonstrasyon santralleri kurulmalıdır.
41. PV Güç Sistemlerinde (PVGS) maliyetlerin düşürülmesi için, Devlet Planlama Teşkilatı öncülüğünde, üniversiteler, ilgili sektör temsilcileri, ETKB, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, sanayi ve ticaret odaları ve meslek odalarının temsilcilerinin katılımı ile ulusal düzeyde stratejik bir eylem planı geliştirilerek uygulamaya konulmalıdır.
42. Kamusal kullanıma açık ve kamu idareleri tarafından düzenlenip, işletilen tüm açık alanlar, parklar caddeler ve sokaklar, güneş enerjisi ile aydınlatılmalı, kentlerdeki kamu binalarında ve öncelikle okullarda ivedilikle güneş sistemlerine geçilmesine ilişkin arayışlara hız verilmelidir.
43. Petrol ithalatını azaltacak, yerli yağlı tohum tarımını geliştirecek, kırsal kesimin sosyo ekonomik yapısını ve yerel sanayi olumlu yönde etkileyecek yerli biyo yakıt üretimi ve kullanımı desteklenmelidir.
44. Türkiye'de taşımacılıkta ve askeri taşıtlarda kullanılan biyodizel veya dizel-biyodizel karışımı yakıtın üretimi ve kullanımı çeşitli yasal teşviklerle desteklenmelidir.
45. Yurt dışından tohum ve biyodizel girişi engellenmeli ve yurt içi üretim gıda ihtiyacını sektöre uğratmayacak ve orman alanlarına, biyolojik çeşitliliğimize zarar vermeyecek şekilde desteklenmelidir. Bu uygulamada biyodizel ve tohumların değişik isimler altında (örneğin kanola, kolza; biyodizel, yağ asidi metil etil esteri, yağ asidi etil esteri gibi) ülkemize giriş yapılmasını engelleyecek düzenlemelerin yapılması gereklidir.
46. Yağ oranı yüksek, maliyeti düşük, alternatif tarımsal hammadde araştırmaları yapılmalıdır. Şeker Fabrikalarındaki alkol üretim teknolojileri rehabilite edilmelidir.
47. Ülkemizde emisyon emen alanlar olan ormanların arttırılması çalışmalarının sistematik bir şekilde başlatılması ile CO<sub>2</sub> emisyonunun azaltılması hedeflenmelidir. Odun ile ısınmanın yaygın olduğu ülkemizde ormanların kurtarılması için enerji ormanları uygulamaları gündeme getirilmelidir. Orman alanlarındaki köy ve kasaba evlerinin daha az yakıtla ısınacak şekilde rehabilitasyonunun yapılması için teknik ve mali destek sağlanmalı ve yakıt verimliliği yüksek çok amaçlı sobaların geliştirilmesi ve kullanımının yaygınlaştırılması için çalışmalar yapılmalıdır.

48. Ekolojik tahribata yol açmayan biyokütle enerjisinin üretimi, yakıtın türü, kullanımı konularında standartlaşmaya gidilmeli, bu yönde kısa, orta ve uzun erimli enerji planlamaları yapılmalıdır.

49. Teknolojik yenilenmesini ve sanayi üretim sürecini hızlandırmak ve geliştirmek zorunda olan Türkiye, ilk 10 yılda hidrojen enerjisine geçiş için bütün yasal ve hukuki zeminleri hazırlamalı ve bu ikincil enerji kaynağını temin edeceği birincil sistemleri kurmalıdır. Daha sonraki aşamada ise bu yakıtın daha verimli depolanabilmesi ve taşınabilmesi için alternatif olarak önerilen hidrür üretim sistemlerini geliştirmeli ve borlu yakıt çözeltilerini piyasaya sunacak teknolojiyi hazırlamalıdır. Bu teknolojiler elektrik enerjisine dönüşüm için gerekli yakıt hücre sistemleri ile entegre olmalıdır.

50. Binalarda mimari tasarım, ısıtma/soğutma ihtiyaçları ve ekipmanları, yalıtım ihtiyaçları ve malzemeleri, elektrik tesisatı ve aydınlatma konularında normları, standartları, asgari performans kriterlerini ve prosedürleri kapsayan yönetmelikler; EİE, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı ve Meslek Odalarının katılımıyla hazırlanarak yürürlüğe koyulmalıdır.

51. Enerji tasarrufunu sağlayıcı politika ve zorunlu uygulamalar yürürlüğe konulmalıdır. Elektrikte % 20'leri aşan kayıp ve kaçak oranını azaltacak yatırımlar hızla yapılmalıdır. Enerji tüketiminde tasarrufu teşvik edici uygulamalara gidilmelidir. Tasarruf ve verimlilik konularında gerekli hukuksal düzenlemeler yapılmalıdır.

52. Enerji santralleri konusunda ülkemizde uygun teknoloji geliştirilmeli, projelendirme ve tasarım konularına destek verilmelidir. Ülkemizde yeterli ve donanımlı teknik eleman ve iş gücü bulunmasına rağmen projelendirme ve tasarım konularında yabancı firmalara büyük bedeller ödendiği, özellikle hidroelektrik enerji santrallerinin elektromekanik teçhizat bedeli olan % 18 ile % 26 arası bir bedelin proje ve tasarım ücreti olarak yabancı firmalara ödendiği ve enerji yatırımlarındaki rakamlara göre bu tutarların milyarlarca dolara ulaştığı dikkate alınarak, bu durumun aşılması için üniversite ve sanayi işbirliği ile proje-tasarım konularında çalışılmalı, gerekli mali destek devlet tarafından sağlanmalı, yatırımlarda yerli sanayinin oranı artırılmalıdır.

53. Kojenerasyon uygulamaları için mümkün olduğunca yüksek verim alacak şekilde ısı/elektrik dengesinin olduğu tasarımlar amaçlanmalı, süperkritik çevrim ya da kombine çevrim gibi verim artışı sağlayan ve gelişmekte olan teknolojiler yakından takip edilmelidir. Kojenerasyon uygulamaları konusunda ülke düzeyinde geçerli olacak uygulama kodları ve standartlar getirilmelidir. Binalarda kojenerasyon sistemlerinin yaygınlaştırılması desteklenmeli ve bu sistemlerde yerli yakıtlara ağırlık verilmelidir.

54. Ülkemizdeki elektromekanik imalatların uluslararası standartlara uygunluk testlerini yapabilecek bölgesel laboratuvarlar kurulmalıdır. Bu konuda AR-GE

çalışma grupları oluşturulmalı, üniversitelerle işbirliği içinde projeler üretilmelidir. Seçilecek olan hedef ürünler için oluşturulacak AR-GE'ye imalatçı kârlarından ayrılacak bir fon ile kaynak temini sağlanmalıdır. Onaylı üretici şartnamesi ve akredite olmuş özerk laboratuvarlar vasıtası ile de kalite yönünden ilerleme sağlanmalıdır.

55. Enerji üretiminde yerli teknoloji, makina, ekipman üretim çalışmaları desteklenmelidir. Rüzgar türbinlerinin, hidrolik türbinlerin, jeotermal enerji ekipman ve cihazlarının, termik santral kazan ve ekipmanlarının Türkiye'de üretimine yönelik çalışmalar bir Master Plan dahilinde ele alınmalı, yerli üretim desteklenmelidir. Bu amaçla üniversitelere destek sağlanmalı, konuyla ilgili lisans sonrası çalışmalar (master, doktora vb.) teşvik edilmelidir. Yenilenebilir enerji için enerji kaynaklarının yoğun olduğu bölgelerde örneğin rüzgar enerjisinin yoğun olduğu Ege bölgesinde TÜBİTAK bünyesinde Rüzgar Teknolojisi Geliştirme Merkezi, gibi merkezler açılarak araştırmalar devlet tarafından finanse edilmelidir.

## KAYNAKÇA

1. DEK-TMK Genel Raporları
2. MMO Raporları
3. TEİAŞ Raporları
4. EÜAŞ Raporları
5. EPDK Raporları ( www.epdk.gov.tr )
6. DPT 9. 5 Yıllık Kalkınma Raporu, Enerji Özel İktisas Komisyonu Raporu
7. Dış Ticaret Müsteşarlığı
8. TÜİK
9. Özden BİLEN Çevre Emperyalizmi ve Iısu BarajıÖrneği
10. World Atlas &Industry Guide 2006
11. Ayla TUTUŞ, Türkiye ve AB Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Kaynakları  
ATAUM Bitirme Tezi 2004
12. DSİ Genel Müdürlüğü Barajlar ve HES Daire Başkanlığı
13. Ayla TUTUŞ.”Türkiye’de ve Dünya’da Enerji Sektörünün Bugünü ve Yarını”  
konulu Sempozyum Sunumu ,ODTÜ
14. “Elektrik Enerjisi Sektörü”, DEK-TMK Çalışma Grubu Raporu, 2004
15. Ayla TUTUŞ “Pompa Depolamalı HES’ler” TMMOB 10. Enerji Kongresi Bildirisi
16. AR-GE Raporu DEK-TMK Çalışma Grubu Raporu 2007
17. TEİAŞ“Türkiye Elektrik Enerjisi 10 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu” 2007
18. NREL, “Wind Energy Information Guide”, April 1996
19. Zerrin Taç ALTUNTAŞOĞLU, “Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları,  
Rüzgar Enerjisi Bölümü”, Türkiye Çevre Vakfı, Aralık 2006
20. “The Windicator”, Wind Power Monthly, January 2008
21. Global Wind Energy Council,”Global Wind 2006 Report”
22. Alasdair CAMERON, “Growth On All Fronts- The BTM Wind Market Update”,  
Renewable Energy World, July- August 2007
23. “Wind energy Facts”, European Wind Energy Association, 2004
24. “Communication FromThe Commission To The Council and the European  
Parliament”, Brussels, 10.01.2007 COM (2006) 849 Final,
25. “Global Wind Energy Outlook, 2006”, Greenpeace, GWEC, September 2006
26. Dr. Yüksel Malkoç, “Türkiye Rüzgar Enerjisi İhtiyacının Karşılmasında Rüzgar  
Enerjisinin Yeri”, IV. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 23-24  
Kasım 2007 Kayseri
27. EİEİ (www.eie.gov.tr)
28. Zerrin ALTUNTAŞOĞLU, “Yerel Rüzgar Enerji Teknoloji Üretimi Destek  
Politikaları ve Türk Mevzuatı”, TMMOB VI Enerji Sempozyumu, 22-24 Ekim  
2007, Ankara
29. “Supply Chain: The Race To Meet Demand”, Wind Directions, January-February  
2007
30. Para, Haftalık Ekonomi Dergisi. 18-24 Şubat 2007