

## DÜNYA ENERJİ SORUNU VE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ KULLANIMI

### *World Energy Problem And Use of Renewable Energy Resources*

*İsmet AKOVA\**

#### **Abstract**

*Energy in universe is existing and constant since beginning of time. However, in each conversion of energy, energy existing at the beginning will become consumed as not to recover it again. Since civilization level in general is increasing parallel to energy amount, so, consumed energy amount in the earth is rising. Both production of required energy and various gases released to atmosphere at stage of energy consumption contaminate continuously resources such as air, water, soil, etc, which are extremely needed for continuity of life existence and amount of pollution is continuously increasing. Such situation has reached to dimensions threatening life of living creatures. Energy amount consumed by mankind who want to survive without giving compromise from attained civilization level will not be reduced as well as it is regularly and continuously increasing. Such case puts forth requirement of more use and benefit from fossil fuels being under exhaustion threat and on the other hand, from energy resources which do not cause any environmental problems.*

*Energy consumption started upon use of fire by primitive men, had been effected till present time, in general by use of stored energy resources and known reserves of such resources have significantly been reduced. Energy supplied by fossil originated fuels such as mainly coal, petroleum and natural gas, on one hand causes environmental problems and on the other hand, mandatory use in larger extent from energy resources such as sun, wind, geothermal, biomass, rivers, sea, waves and hydrogen known as renewable energy resources or alternative energy resources due to reason of consumption of known amounts in important rate emerges out.*

**Anahtar Kelimeler:** Enerji problemi, enerji kaynakları, yenilenebilir enerji kaynakları, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı.

\* Yard.Doç.Dr.İsmet Akova, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü.  
e-mail: ismetak@istanbul.edu.tr

### Giriş

Günümüzde, gelişmiş ülkelerin ulaştıkları refah seviyesinin kaynağının enerji olduğu söylenebilir. Bu durum ise, ulaşılan gelişmişlik düzeyinin sürdürülebilmesi ve diğer ülkelerin de gelişebilmeleri için gerek duyulan enerjinin sağlanabilmesi amacıyla doğal kaynakların tüketiminin daha hızlı bir şekilde devam edeceğinin kanıtını oluşturmaktadır. Üstelik kullanılan bu enerjinin hemen hemen tamamı fosil kökenli kaynaklardan sağlanmaktadır.

Evrendeki enerji, zamanın başlangıcından beri mevcut ve sabittir. Kullanılan enerjinin herbir dönüşümünde, başlangıçta var olan enerji bir daha geri kazanılmamak üzere tüketilmiş olur. Enerji, yalnız sanayileşmenin değil aynı zamanda ekonomik ve sosyal hayatın da zorunlu bir tüketim maddesi durumuna gelmiştir. Uygarlık düzeyi, tüketilen enerji miktarına paralel olarak değiştiğinden, yeryüzünde tüketilen toplam enerji miktarı artmakta, buna bağlı olarak hayatın varlığı ve sürdürülebilmesi için son derece gerekli olan hava, su ve toprak gibi kaynaklar devamlı olarak kirletilmekte ve kirliliğin miktarı sürekli artmaktadır. Bu durum ise canlı hayatını tehdit edici boyutlara varmış bulunmaktadır. Ulaştığı uygarlık düzeyinden taviz vermeden, yaşamını devam ettirme isteğinde olan insanın, tükettiği enerji miktarı azalmayacağı gibi sürekli ve düzenli olarak artmaktadır. Bu ise bir taraftan tükenme tehdidi altında bulunan fosil yakıtlardan, diğer taraftan çevre sorunlarına neden olmayan enerji kaynaklarından, daha fazla yararlanılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

İlk insanın ateşi kullanmasıyla birlikte başlayan enerji tüketimi, aynı zamanda insanın doğayı şekillendirmeye, değiştirmeye başlaması anlamına da gelmektedir. O zamanlardan başlayarak günümüze kadar geçen süre içinde yeni enerji kaynakları arayan, bulan ve kullanan insan, daha rahat bir yaşam tarzına sahip olduğu gibi doğaya karşı olan gücü de artmıştır. İnsanın yararlanmaya başladığı enerji maddeleri genellikle doğada depolanmış olarak bulunan enerji kaynakları olduklarından, günümüzde bu kaynakların bilinen rezervleri önemli miktarda azalmıştır. Başta kömür olmak üzere petrol ve doğalgaz gibi fosil kökenli yakıtlardan sağlanan enerji, bir taraftan çevre sorunlarına neden olurken, diğer yandan bu kaynakların bilinen miktarlarının önemli oranda tüketilmesi nedeniyle, yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla yararlanılması zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır.

Dünya enerji tüketimiyle ilgili yapılan tahminler çeşitli parametrelere bağlı olarak değişmesine rağmen, tartışmasız kabul edilen, gelişen teknolojilerin enerji tüketimi üzerinde birinci derecede etkili olduklarıdır. Yeryüzünün sanayileşmesi sürecindeki her dönemde farklı bir enerji kaynağının yoğun olarak kullanıldığı görülür. XVIII. yüzyılın ortalarına kadar insanlar enerji kaynağı olarak odun ve odun kömüründen, enerji kaynağı olarak da insan ve hayvan gücünden yararlanmışlardır. Sanayi devriminin yaratıcısı ve yaşanan olayların itici gücü ise kömür olmuştur. İnsanlığın özellikle Ortaçağ boyunca ulaştığı bilgi ve teknik düzeyinin izin verdiği ölçüde rüzgâr ve akarsulardan da faydalandığı bilinir. Maden kömürünün ısı ve enerji kaynağı olarak kullanılmaya başlanması ancak XVIII. yüzyılın ortaları, hatta sonlarında mümkün olmuştur. Maden kömürü XIX. yüzyılın sonuna kadar endüstrinin vazgeçilmez

maddesi olurken, XIX. yy'ın ortalarında keşfedildikten sonra XX. yüzyılın başından itibaren kullanımı artan hem ısı, hem enerji, hem de ışık kaynağı olarak kullanılabilen ve motor devrinin ortaya çıkmasına neden olan petrol, yine aynı tarihlerde petrolden sonra kullanım alanına giren hidrolik güç ve daha sonra da doğalgaz; nihayet 1950'li yıllardan sonra nükleer enerji, taş kömürüne rakip olmuşlardır.

Odun, kömür, petrol ve doğalgaz gibi enerji kaynakları sanayiinin, buna bağlı olarak da kalkınmanın temel kaynakları olurken, bazı çevre sorunlarının yaşanmasına da neden olmaktadır.

Fosil yakıt atıklarının neden olduğu çevre sorunları arasında ilk akla gelenleri küresel ısınma, asit yağmurları ve nükleer radyasyon gibi insan hayatını birinci derecede olumsuz etkileyen faktörlerdir. Ancak enerji insan için o kadar vazgeçilmez bir madde olmuştur ki, insan onu kaybetmekten korkar hale getirmiştir. Bu durum enerji uğruna savaş dahil her türlü riskin göze alınmasına sebep olduğundan, enerji tüketiminin çevreye verdiği zararların uzunca bir süre gözardı veya ihmal edilmesine neden olmuştur.

### Dünya Fosil Yakıt Üretimi

Dünya fosil kökenli enerji üretimini değerlendirdiğimizde tablo 1'de görüleceği gibi bütün yakıt türleri arasında petrolün %44,5'lik üretim oranıyla ilk sırayı aydığı görülür. 2001 yılında önceki yıla oranla %0,3 oranında azalarak, 3,5 milyar ton olarak gerçekleşen dünya petrol üretiminin %30'unu Orta Doğu Ülkeleri (Suudi Arabistan %12'sini sağlamıştır), %10'unu ABD ve %9'unu da Rusya Federasyonu gerçekleştirmiştir.

**Tablo 1:** Dünya Fosil Yakıt Üretimi (2001 Yılı Petrol Eşdeğeri Milyon Ton Olarak)

Bölge	Petrol	Doğalgaz	Kömür	Toplam
Kuzey Amerika	657	686	634	1977
Orta ve Güney Amerika	354	90	36	480
Avrupa	324	263	230	817
Eski SSCB Ülkeleri	424	610	206	1240
Ortadoğu	1076	205	1	1282
Afrika	371	112	131	614
Asya ve Okyanusya	379	252	1010	1641
Dünya Toplamı	3585	2218	2248	8057

Kaynak: BP, 2001: 6-32.

Dünya doğalgaz üretimi 2001 yılında önceki yıla oranla %1,7 düzeyinde artarak 2,46 trilyon m<sup>3</sup> olarak gerçekleşirken, bu miktarın 542 milyar m<sup>3</sup>'ünü Rusya Federasyonu, 555 milyar m<sup>3</sup>'ünü ABD ve 172 milyar m<sup>3</sup>'ünü de Kanada sağlamıştır. Bu ilk üç ülkenin üretimleri dünya doğalgaz üretiminin yarısından fazlasını oluşturmaktadır. Kuzey Amerika Bölgesi ise ürettiği 762 milyar m<sup>3</sup> doğalgaz ile tüm üretimin %31'ini gerçekleştirmiş olur.

Dünya kömür üretimi 2,2 milyar petrol eşdeğeri ton olarak gerçekleşirken, bunun %45'ini Asya ve Okyanusya Ülkeleri, %28'ini de Kuzey Amerika ülkeleri sağlamıştır. Kömür üretiminin ülkelere göre dağılımını irdelediğimizde ise %26'sını ABD, %24'ünü Çin, %7,5'ini Avustralya, %7'sini Hindistan, %6'sını Güney Afrika ve %5'ini Rusya Federasyonu'nun sağladığı görülür.

Dünya enerji bilançosunda önemli yeri bulunan diğer bir enerji kaynağını da nükleer enerji oluşturmaktadır (tablo 3). 2001 yılında 601 milyon ton petrol eşdeğeri nükleer enerji üretilmiştir. Nükleer enerjiyi yoğun olarak üretilen ülke veya bölgelerin daha çok sanayileşmiş ülkeler ve onların bulunduğu bölgeler olduğu anlaşılır. Avrupa tüm nükleer üretimin %37'sini ve Kuzey Amerika Kıtası da %34'ünü gerçekleştirir. Dünyada tüketilen nükleer enerjinin %30,5'inin ABD tek başına gerçekleştirirken, ikinci sıradaki Fransa'nın oranı %16'da kalmaktadır.

2001 yılı dünya nükleer enerji üretiminin %86'sı OECD ülkeleri tarafından gerçekleştirilirken, bu ülkeler arasında bulunan Fransa'nın elektrik üretiminin %75'ini, Belçika'nın %58'ini, Japonya'nın %35'ini ve ABD'nin %20'sini nükleer enerjiden temin etmektedir.

### Dünya Fosil Yakıt Tüketimi

Tablo 2'de görüleceği gibi 2001 yılında dünya enerji tüketimini değerlendirdiğimizde %38,5'lik payıyla petrolün ilk sırayı aldığı görülür. Daha sonra %24,7'lik oranıyla kömür, %23,7'lik payıyla doğalgaz gelir ki, bu üç geleneksel enerji kaynağının kullanım oranı %87'yi bulurken, nükleer enerji %6,6 ve hidroelektrik %6,5 oranında kullanılmaktadır.

Dünya petrol tüketiminin yaklaşık %80'inin üç bölgede gerçekleştiği görülür ki, bunlar Kuzey Amerika, Avrupa, Asya ve Okyanusya'dır. Benzer durum dünya kömür tüketimi için de geçerliken, dünya doğalgaz tüketiminde bu dağılımın kısmen farklılaştığı ve Kuzey Amerika ülkelerinin dünya doğalgaz kullanımının %30'unu, eski SSCB ülkelerinin %23'ünü, Avrupa'nın %19,5'ini, Asya ve Okyanusya Kıtasındaki tüketimin de %12,7 düzeyinde olduğu görülür.

**Tablo 2:** Dünya Fosil Yakıt Tüketimi (2001 Yılı Petrol Eşdeğeri Milyon Ton Olarak)

Bölge	Petrol	Doğalgaz	Kömür	Toplam
Kuzey Amerika	1066	650	591	2307
Orta ve Güney Amerika	218	87	22	327
Avrupa	760	423	344	1527
Eski SSCB Ülkeleri	170	494	180	844
Ortadoğu	206	181	8	395
Afrika	117	54	89	260
Asya ve Okyanusya	973	275	102	2269
Dünya Toplamı	3511	2164	2255	7929

Akarsular yenilenebilir enerji kaynağı olmalarına rağmen, büyük hidroelektrik barajlar klâsik enerji kaynakları arasında kabul edilirken, küçük hidroelektrik santraller ise yenilenebilir enerji kaynakları arasında değerlendirilmektedir. Hidrolik enerji kaynaklarının dünya enerji bilançosunda %6,5 oranında ağırlığı vardır ve bunlar kömür gibi karaların değişik bölgelerine dağılmış olarak bulunmaktadır. Tablo 3'ün incelenmesinden anlaşılacağı gibi Avrupa ve Amerika Kıtaları hidrolik kaynak kapasitelerinin yaklaşık %60'ını değerlendirmiş olmalarına karşın, dünyanın geri kalan ülkelerinde bu oran %9-10 gibi düşük olarak kabul edilebilecek bir düzeydedir.

**Tablo 3:** Dünya Hidrolik ve Nükleer Enerji Kullanımı (Milyon TEP Olarak)

Bölge	Hidrolik		Nükleer	
	1991	2001	1991	2001
Kuzey Amerika	140	130	166	203
Orta ve Güney Amerika	88	119	2	5
Avrupa	115	142	187	225
Eski SSCB Ülkeleri	53	55	48	51
Ortadoğu	2	2	-	-
Afrika	14	18	2	3
Asya ve Okyanusya	99	129	69	115
Dünya Toplamı	511	595	475	301

595 milyon petrol eşdeğeri ton düzeyinde gerçekleşen dünya hidrolik enerji tüketiminin bölgelere göre dağılımı irdelendiğinde hidrolik potansiyeli yüksek olan Afrika Kıtasının bu miktara sağladığı katkının çok az olduğu dikkatleri çeker. Kuzey Amerika, Orta ve Güney Amerika, Avrupa, Asya ve Okyanusya'da tüm hidrolik enerjinin %90'ına yakının tüketildiği görülür.

2001 yılı itibarıyla dünya ölçeğinde tüketilen enerji yaklaşık olarak 9 milyar ton eşdeğeri petrol civarındadır. Dünyada kişi başına tüketilen enerji ortalaması ise 1,45 TEP<sup>(1)</sup>, OECD ülkeleri ortalaması 4,36 TEP, AB ortalaması 3,69 TEP ve ülkemizin ortalaması ise 1,0 TEP düzeyindedir.

Artan dünya nüfusu ve şehirleşmeye bağlı olarak, ihtiyaç duyulan enerji miktarı da hızlı bir şekilde fazlaşmaktadır. Fosil kökenli yakıtların çevre üzerindeki olumsuz baskıları sonucu bütün canlılar az veya çok etkilenmekte, ekolojik denge bozulmaktadır. Kömürün yakılmasıyla insan sağlığını yakından ilgilendiren karbondioksit (CO<sub>2</sub>) hava kirliliği yaratırken, kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>) ve azotdioksit (NO<sub>2</sub>) gibi gazlar da asit yağmurlarına ve küresel ısınmaya neden olmaktadır. "Dünyada 1998 yılında kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtların kullanımından kaynaklanan karbondioksit emisyonu 187,5 milyon ton olarak gerçekleşmiştir" (DEKTMK, 1999: 114).

Dünya enerji tüketiminin bazı devrelere göre artış hızları şöyledir. "1900-1910 döneminde %57,7, 1910-1920 döneminde %17,1, 1920-1930 döneminde %20,0, 1930-1940 döneminde %23,1, 1940-1950 döneminde %28,9, 1950-1968 döneminde %154,0,

<sup>1</sup> TEP: Ton Eşdeğeri Petrol

1968-1980 döneminde %45,6<sup>m2</sup> olarak gerçekleşmiştir. Dünya ortalama enerji tüketimi 1991-2001 yılları arasında da yaklaşık %12 oranında artmıştır. Ancak 2000 yılına göre 2001 yılında enerji tüketimindeki artış; dünyanın çeşitli bölgelerinde yaşanan ekonomik krizlerin etkisiyle %03 düzeyinde kalmıştır. OECD ülkelerinin tükettiği enerji miktarı 2001 yılında %0,8 azalmış, ancak tüketimin enerji kaynaklarına göre değişimi incelendiğinde nükleer enerji tüketimi %2,4, kömür tüketimi %4,1 oranında artarken, doğalgaz %1,5, petrol %0,4 ve hidrolik enerji tüketimi %7,1 oranında azalmıştır. Sanayileşme sürecinde önemli mesafeler kateden Asya Kıtası ülkelerinin enerji tüketimi ise 2001 yılında %2,3 oranında azalmıştır. Japonya, Yeni Zelanda ve Malezya'nın enerji tüketimi 2000 yılına göre azalma gösterirken, Singapur, Endonezya, Bangladeş Güney Kore'nin enerji tüketiminin arttığı saptamaktadır.

Dağıldığı tarihten itibaren Eski Sovyetler Birliği ülkelerinin enerji tüketimi 1998 yılına kadar azalırken, bu tarihten sonra artış sürecine girdiği ve bu eğilimini koruduğu anlaşılmaktadır. Orta Amerika ve Afrika ülkelerinin enerji tüketimi ise 1990-99 döneminin gerisinde kalmıştır. 2001 yılı enerji tüketimi değerlendirildiğinde, Avrupa Kıtasındaki tüketim İsveç, İsviçre, Romanya, Macaristan ve Çek Cumhuriyeti'ndeki artışlar nedeniyle %0,9 oranında artmıştır. Enerji tüketimlerini en fazla arttıran ülkeler ise %9,2'lik artışla Norveç olmuştur.

Enerji tüketiminin karşılanmasında fosil yakıtların önemi hâlâ çok büyük orandadır ve bu eğilimin yakın gelecekte de devam edeceği anlaşılmaktadır. Bu durumda fosil kökenli enerji kaynakları daha ne kadar süreyle mevcudiyetlerini koruyacağı sorusu önem kazanmaktadır. Herhangi bir yıl sonundaki rezerv miktarının o yıl tüketilen fosil yakıt miktarına bölünmesiyle bulunan rezervlerin kullanılabilme süreleri tablo 5'de de görüldüğü üzere fosil yakıtın cinsine ve bölgelere göre değişmekte ve süreleri 40 ilâ 230 yıl arasında olabilmektedir. Tablo 4'de göze çarpan en önemli özellik endüstrileşmenin en yoğun olarak yaşandığı ve enerji tüketiminin önemli boyutlarda gerçekleştiği Avrupa'da, bütün yakıt türlerinde ciddi bir rezerv sorunun bulunduğuudur. Petrol ve doğalgaz rezervlerinin yok denecek kadar az olduğu Kıtada rezerv miktarı en fazla olan kömürün bile 160 yıl içinde tüketileceği hesaplanmıştır.

Enerji temini ve kullanımının neden olduğu bütün bu sorunlar yeni ve temiz enerji kaynaklarının kullanım alanına sokulması için yapılan çalışmaların artmasına sebep olmuştur. Özellikle 1970-1980 yılları arasında yaşanan iki enerji bunalımı, bu araştırmaların ivme kazanmasına zemin hazırlamıştır. Kuşkusuz bu çalışmaların yoğunlaştığı ülkeler, doğal olarak enerji tüketiminin fazla olduğu memleketlerdir. Gelişmiş ülkelerin sanayileri için vazgeçilmez ihtiyacı olan enerjinin temin edilebilmesinden kaynaklanan sorunlar, özellikle 1974 yılında yaşanan petrol krizi esnasında bütün yalınlığıyla ortaya çıkmıştır. Gerek petrol üreticisi ülkelere olan bağımlılığın hafifletilmesi, gerek gittikçe azalan petrol rezervleri, gerek fosil yakıtların neden olduğu çevre sorunlarının giderilememesi, gerekse artan petrol fiyatları, öncelikle gelişmiş ülkelerin yeni enerji kaynaklarına yönelmelerinin başlıca nedenlerini oluşturmuştur. Günümüzde enerji sorunu, belli ülkelerin problemi olmaktan çıkmış ve küresel bir sorun halini almıştır.

Tablo:4 Dünya Fosil Yakıt Rezervleri

Bölge	Petrol (Milyar Ton)	Doğalgaz (Trilyon m <sup>3</sup> )	Kömür (Milyar Ton)	
			Taşkömürü	Linyit
Kuzey Amerika	8.4	7.3	116.7	139.8
Orta ve Güney Amerika	12.9	6.3	7.8	13.7
Avrupa	2.7	5.1	41.7	80.4
Eski SSCB Ülkeleri	9.0	56.7	97.5	132.7
Ortadoğu	91.5	49.5	0.2	-
Afrika	10.0	11.2	61.2	0.2
Asya ve Okyanusya	5.9	10.3	184.4	107.9
Dünya Toplamı	140.4	146.4	509.5	474.7

Kaynak: DEKTMK, 1999: 7.

Tablo:5 Dünya Fosil Yakıt Rezervlerinin Kullanılabilme Süreleri (Yıl Olarak)

Bölge	Petrol	Doğalgaz	Kömür
Kuzey Amerika	14	11	239
Orta ve Güney Amerika	38	66	474
Avrupa	8	18	161
Eski SSCB Ülkeleri	24	82	500+
Ortadoğu	87	100+	175
Afrika	28	98	268
Asya ve Okyanusya	16	40	164
Dünya Toplamı	41	62	230

Kaynak: DEKTMK, 1999: 8.

Yeryüzündeki fosil kökenli yakıtların bilinen rezervleri dikkate alındığında mevcut tüketim hızıyla petrolün 41, doğalgazın 62 ve kömürün de yaklaşık 230 yıl sonra tükenecek olması (Tablo 5), fosil yakıtlar dışında yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının bulunması ve dünya enerji bilançolarında yer alması gerektiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasını gerektiren diğer nedenler de fosil hidrokarbonların plastik, sentetik kumaşların, solventler, yağlar, karbon lifi ürünler ve çeliği daha mukavemetli üretmek ve daha birçok yapımında doğrudan veya dolaylı bir şekilde sanayiinin hammaddesi olarak kullanılmalarıdır. Böylece fosil yakıtlar sanayiinin hammadde ihtiyacını daha uzun süre karşılayabilecektir.

140 milyar ton olan dünya petrol rezervlerinin %66'sının Ortadoğu ülkelerinde bulunduğu, bu ülkeler arasında da %26'lık payı ile Suudi Arabistan'ın ilk sırayı aldığı bilinmektedir. Daha sonra petrol rezervleri bakımından zengin olan ülkeler, yaklaşık %10'luk miktarlarını elinde bulunduran Irak, Birleşik Arap Emirlikleri, Kuveyt ve İran olarak sıralanmaktadır.

Dünya doğalgaz rezervinin 146 trilyon m<sup>3</sup>'tür ve bu miktarın yaklaşık 57 trilyon m<sup>3</sup>'ü Bağımsız Devletler Topluluğu ülkelerinde ve 50 trilyon m<sup>3</sup>'ü de Ortadoğu ülkelerinde bulunmaktadır. Diğer bir ifadeyle yeryüzünün bu iki bölgesi doğalgaz rezervlerinin %73'üne sahiptir. Rezervleri ülke ölçeğinde değerlendirdiğimizde Rusya Federasyonunun tek başına dünya doğalgaz rezervlerinin %33'üne sahip olduğu görülür.

Yaklaşık olarak 1000 milyar tonu bulan dünya kömür rezervinin 509 milyar tonu taşkömürüne geri kalanı ise linyite aittir. Petrol ve doğalgaz rezervleri dünyanın belirli bölgelerinde yoğun olarak bulunurken, dünya kömür rezervlerinin yeryüzünde daha dengeli bir dağılışa sahip olduğu görülür. Bu rezervlerin %25'i ABD'de, %16'sı Rusya Federasyonunda, %12'si Çin'de, %9'u Avustralya'da, %8'i Hindistan'da ve %7'si Almanya'dadır. Dünya enerji tüketiminin %80'ini gelişmiş ülkeler tarafından gerçekleştirilirken, gelişmiş ülkelerin önemli bir kısmının yer aldığı Avrupa kıtasının fosil yakıtlar arasında sadece kömür rezervlerinin kısmen önemli olduğu anlaşılmaktadır.

Gelişmiş ülkeler, ihtiyaç duydukları enerjiyi elde edebilmek için, güneşteki enerji üretim mekânizmasını yeryüzünde uygulamayı hedefleyen füzyon çalışmalarını devam ettirmektedir. Yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları olarak güneş, rüzgâr, jeotermal, hidrolik, biyokütle, biyogaz, deniz ve dalgaların gücünden enerji elde edilmesi konusunda belirli ilerlemelerin sağlandığı görülür.

Çeşitli ülkelerin, sanayileşebilme ve ekonomik kalkınmalarını gerçekleştirebilmek için, vazgeçilmez kaynak olarak kabul ettiği enerjinin, üretimden tüketimine kadar geçen her aşamasında, çevre sorunlarına neden olan atıklar ortaya çıkmaktadır. Enerji üretimi ve tüketimi aşamalarında karşılaşılan çevre sorunları günümüzde önemli, gelecekte ise daha büyük problemlere yol açabilecektir. Ayrıca gerek artan nüfus, gerekse artan ihtiyaçların karşılanması zorunluluğu dikkate alındığında enerji üretimi ve tüketiminin sebep olduğu çevre sorunlarının büyüyerek artması beklenmektedir.

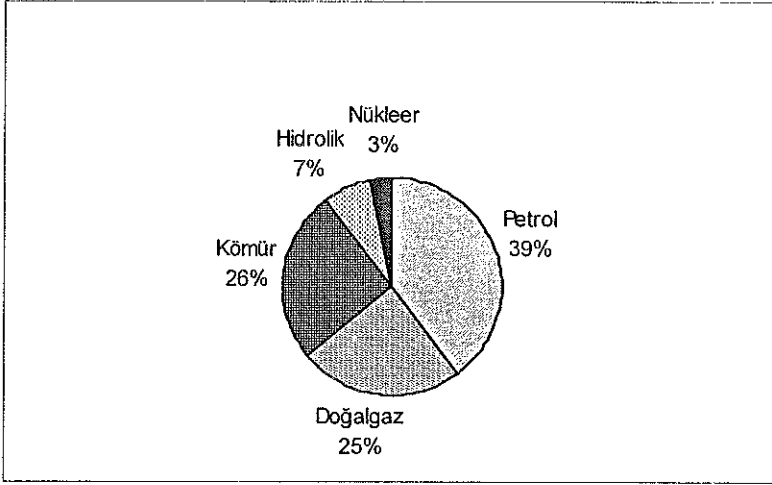
2001 yılı dünya enerji tüketiminin 8,8 milyar tonu aştığı ve bu toplam tüketim miktarının %90'ını petrol, kömür ve doğalgaz gibi klasik fosil yakıtların oluşturduğu görülür (grafik 1). Yenilenebilir kaynaklardan olan akarsuların gücünden üretilen enerjinin dünya enerji tüketimi bilançosunda ancak %7 oranında etkisi olduğu ve yeni bir kaynak olarak değerlendirilebilecek olan nükleer enerjinin ise ancak %3'lük bir payı olduğu saptanır.

Fosil yakıtların bilinen rezerv miktarlarıyla dünya enerji ihtiyacını daha uzun süre karşılayamayacakları gerçeği dikkate alındığında yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına olan gereksinim daha iyi bir şekilde ortaya çıkmaktadır.

### **Fosil Yakıtlar ve Çevre Sorunları**

Fosil yakıtların enerji üretiminde kullanılmalarıyla ortaya çıkan en önemli çevre sorunu, yanmanın meydana getirdiği ve küresel ısınmaya yol açan karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonudur. Yanma olayının ortaya çıkardığı ve doğal ekolojik ortamların bozulmasına yol açan atık, sadece CO<sub>2</sub> değildir. Bunun yanısıra kükürtoksitler (SO<sub>x</sub>) ve azotoksitler (NO<sub>x</sub>) gibi asit yağmurlarına neden olan ve ozon tabakasını tahrip edici özelliğe sahip bulunan diğer zararlı emisyonlar da atmosfere karışmaktadır.





Grafik:1 2001 Yılı Dünya Enerji Tüketiminin Kaynaklara Göre Dağılımı (% Olarak)

“Kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtların kullanımı sonucu son 150 yılda atmosferdeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun %116 oranında artarak global ısınmanın sebebi olduğu bilinir. Gigajoule (GJ) başına ortalama CO<sub>2</sub> emisyonu kömürde 85,5, petrolde 69,4 ve doğalgazda 52 kg düzeyindedir” (DEKTMK, 1998: 40).

Özellikle sanayi devriminden itibaren artan oranlarda atmosfere salınan ve sera gazı etkisini yaratan gazlardan olan CO<sub>2</sub>, doğanın kendini yenileyebilme gücünün üzerinde atmosfere salındığından, iklimin önemli değişimlere uğramasına neden olmaktadır. Sera gazlarının atmosfere salınımının sabitlenmesi veya azaltılabilmesi için 1992 yılında Birleşmiş Milletler Çevre Sözleşmesi, 1997 yılında da Kyoto Protokolü imzalanmıştır. Böylece atmosferdeki sera gazı birikimlerinin, dolayısıyla insanın iklim üzerindeki zararlı etkilerinin önlenebileceği umut edilmektedir. Kyoto Protokolü’ne göre gelişmiş ülkelerin, insan kaynaklı CO<sub>2</sub> eşdeğeri sera gazı salınımlarını 2008-2012 döneminde, 1990 düzeyinin %5 gerisine çekmeleri hedeflenmektedir.

Kuşkusuz atmosfere salınan ve sera gazı etkisine sahip gazların tek kaynağı fosil yakıtlar değildir. Bitkilerin ve çöplerin çürümesinden, bataklıklardan, tarımsal faaliyetlerden, anızların ve ormanların yakılmasından, volkanların püskürmesinden ve hayvan dışkılarından da sera gazı etkisindeki kimyasallar atmosfere salınırlar. Ancak fosil yakıtların kullanımı sonucu atmosfere bırakılan gaz ve partiküllerin olumsuz etkisi bunlardan çok daha fazladır ve atmosferdeki kirliliğin birinci derece nedenidir.

İnsanın yürüttüğü çeşitli faaliyetleri sonucu atmosferde biriken ve sera gazı olarak tanımlanan gazlar, atmosferin alt tabakalarında birikerek, yoğunlukları arttığından güneş ışınlarının atmosfer ve yerküre tarafından emilmesi ve yeryüzeyinden yansıyan güneş ışınlarının tekrar atmosfere geri dönüş dengesini bozulmaktadır. Bu dengesizlik

ise dünya ikliminin genel özelliklerinin değişmesine sebep olmaktadır. Kurak devrelerin uzaması, ani fırtınalar ve şiddetli yağışların meydana getirdiği seller, belirtilen bu iklim değişikliğinin göstergeleridir.

“Dünya atmosferinin ısınmaya başlaması ve iklimin ani değişimler göstermesinin sonucu olarak kutuplardaki buzullar erimeye başlamakta, bunun etkisiyle deniz seviyesi yükselmekte, bazı alçak kıyıları ve adaları su basmaktadır. Öte yandan uzun süreli kuraklıklar sonucu çöller genişlemekte, kurak araziler çöle dönüşmekte, su kaynakları kurumakta, orman alanlarının miktarı ve yapısı değişmektedir. Ani fırtınalar ve şiddetli yağışlar ise can ve mal kaybı yanında, su kaynakları dağılımındaki dengesizliği arttırmakta, tarım alanlarına zarar vermektedir” (BM, 1999: 23).

Dünya Enerji Konseyi'nin 1990-95 yılları arasında yaptığı bir araştırmaya göre CO2 emisyon oranlarının OECD ülkelerinde %4, Kuzey Amerika Kıtasında %6, Güney Amerika Kıtasında %8, Afrika Kıtasında %12,5, Ortadoğu'da %35, Avustralya'da %8, Japonya'da % 12 ve Avustralya, Japonya ve Yeni Zelanda dışında Asya/Pasifik ülkelerinde %30 oranında arttığını ortaya koymaktadır (DEKTMK, 1998: 9). Bugünkü şartlar içinde atmosfere bırakılan CO2 miktarının yakın gelecekte azalacağını da düşünmek mümkün değildir. Bu ise fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan mevcut sorunların artarak devam edeceğinin göstergesi olarak kabul edilebilir.

Nükleer enerji santrallerinin çalıştırılması belli bazı riskler altında gerçekleşmektedir ve hangi kaynaktan elde edilirse edilsin enerji üretimi belli bir risk taşıdığından bu risk faktörü en önemli sorun gibi değerlendirilmemelidir. Ancak nükleer enerji üretiminin neden olduğu asıl önemli sorun nükleer santral atıklarının çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesi konusunda günümüze kadar herhangi bir çözüm yolunun bulunamamış olmasıdır. Yeryüzünde faaliyette olan bütün nükleer santraller atıklarını depolayarak, bu sorunu zamana bırakma yolunu seçmişlerdir. Depolanan atıkların herhangi bir çevre sorununa neden olmadan ne zaman ve nasıl ortadan kaldırılacağı önemli bir problem olarak durmaktadır. Bunun dışında nükleer santrallerle ilgili diğer bir mesele de, ekonomik ömürlerini tamamlayan santrallerin sökülme maliyetlerinin fazla olmasıdır. Söküm masrafları da nükleer santrallerin ürettiği enerjinin maliyetine eklenecek olursa, nükleer santrallarda üretilen elektriğin birim maliyetinin açıklananın üzerinde olacağı iddia edilmektedir.

Enerji tüketiminin artmasına neden olan diğer bir faktör de enerji elde edebilmek için enerji tüketiminin zorunlu olmasıdır. Halbuki yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmak için tüketilmesi gereken enerji miktarı minimum düzeydedir.

İklimdeki değişiklikler, ozon tabakasının incilmesi, sınır ötesi hava ve su kirliliği gibi sorunlar problemin bir ülke veya bölge ile sınırlı olmadığını ve olamayacağını ve sorunun giderilmesinde uluslararası işbirliğinin zorunlu olduğunu göstermektedir.

### **Yenilenebilir Enerji Kaynakları**

Yeryüzünde varlığı bilinen çeşitli kaynaklardan enerji elde edilmesinde tercihler, mevcut ve maliyet faktörleri dikkate alınarak belirlenmektedir. Ancak fosil kökenli yakıtların tüketilmeleriyle ortaya çıkan karbon emisyonlarının, küresel iklim

değişikliklerine neden olduğu anlaşılmasıyla birlikte, çevresel endişeler de dikkate alınmaya başlanmıştır. Artık ekolojik kaygılar yaşamın her alanında olduğu gibi enerji sektöründe de ön plâna çıkmakta ve önceleri bir lüks olarak değerlendirilen çevre sağlığı, ekonominin bir uzantısı olarak kabul görmeye başlamaktadır.

Gücünü doğadan alan, temiz ve yenilenebilir nitelikteki alternatif enerji kaynakları, belli sınırlar içinde kendilerini yenileyebildiklerinden tükenmeleri mümkün değildir. Yaklaşık 4-5 milyar yıldan beri dünyamıza hayat veren güneş, aynı zamanda kökeni ne olursa olsun, yeryüzündeki bütün enerji kaynaklarının varlığının da sebebidir. Fosil yakıtlar dahil olmak üzere, rüzgâr, deniz, med-cezir, dalga, akarsu ve biyogaz gibi tüm enerji kaynakları aslında güneş enerjisinin türevleridir.

Günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitli şekillerde ve sınırlı oranlarda da olsa, kullanımı devam etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan ve kullanımı insanın ateşi keşfine kadar eskiye ineni odundur. Bu kaynak esas olarak sanayi devriminin başlangıcına kadar, insanlığın başlıca enerji kaynağını oluşturmuş, ancak sanayi devriminin gerçekleşmesiyle birlikte önemi azalmasına rağmen, dünya enerji bilançosu içinde her zaman belli bir dereceye kadar yer almış olan bir kaynaktır.

İnsanların tarihi süreç içinde, yenilenebilir enerji kaynaklarından her dönemde yararlandığı bilinmektedir. Biyomas kaynak olarak odun, sanayi devrimine kadar en önemli enerji kaynağını oluştururken, akarsu boylarında kurulan su değirmenleri vasıtasıyla akarsular, insanların enerji ihtiyacını karşılamıştır. Ancak üretilen enerjinin taşınamayıp, üretildiği yerde tüketilmek zorunda olması nedeniyle, uzun yıllar geniş kitlelerin kullanımına sunulamamıştır. Benzer durum M.Ö. 4000 yıllarından beri kullanıldığı bilinen ve yel değirmenleri vasıtasıyla değerlendirilmiş olan rüzgâr gücü için de söz konusuydu. Odun, su ve rüzgâr gücü kadar olmasa bile insanlığın eski tarihlerden beri bildiği ve kullandığı diğer bir yenilenebilir enerji kaynağı da güneş enerjisidir. Güneş enerjisinin kullanımıyla ilgili ilk önemli kayıt, Roma İmparatorluğu döneminde gerçekleşen Sirakuza savunmasıdır. Özellikle tarımsal ürünlerin kurutulması amacıyla yararlanılan güneş enerjisinin diğer bir kullanım şeklini de pasif ısıtma ve aydınlatma amacıyla meskenlerde kullanılması oluşturmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynakları günümüzde de çeşitli şekillerde kullanılmaktadır. Akarsular, elektrik elde edilmesinde değerlendirilirken, güneş enerjisinden ısıtma, tarımsal ürünlerin kurutulması, tuz elde edilmesi, konutların pasif ısıtılması, hatta elektrik enerjisi üretiminde de yararlanılmaktadır. Alternatif enerji kaynakları olarak da isimlendirilen yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları olarak güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji, biyomas, deniz, gel-git ve dalga enerjisi gibi birincil kaynaklarla birlikte, birincil enerji kaynaklarından üretilen hidrojen enerjisini de belirtmek mümkündür. Ancak dünya enerji tüketim miktarları dikkate alındığında bu kaynaklardan sağlanan enerji miktarının önemli bir yer tutmadığı görülür. Akarsular, üzerinde kurulan hidroelektrik santralleri vasıtasıyla elektrik üretiminde değerlendirilen yenilenebilir enerji kaynaklarının belki de en önemlisidir. Gücü 10 MW'tan daha fazla olan büyükleri geleneksel enerji kaynağı olarak da kabul edilirken, gücü 101 kW-10 MW arasında değişen hidroelektrik santralleri küçük hidroelektrik santralleri olarak kabul edilmektedir.

Enerji üretiminde üzerinde önemle durulan diğer bir noktayı da maliyetler oluşturmaktadır. Tablo 6'nın incelenmesinden fosil kökenli enerji kaynakları ile yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisi fiyatları arasında, güneşten sağlanan enerji hariç tutulursa önemli bir fark kalmadığı ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım alanına yeni girmiş olmalarına rağmen, bu kaynaklardan üretilen enerjinin maliyetinin kabul edilebilir düzeye gerilediği görülmüştür. Bunun somut örneğini ise, tablo 10'da görülebileceği gibi, rüzgâr gücünden elde edilen enerjide görmek mümkündür. 1991-1997 yılları arasında teknolojisinin ve kullanımının yaygınlaşmasına bağlı olarak rüzgâr gücünden faydalanılarak elde edilen elektrik enerjisinin birim maliyetinin 10-18 cent düzeyinden 4-5 cent seviyesine indiği görülmüştür. Diğer bir ifadeyle rüzgâr gücünden üretilen elektrik, doğalgaz hariç tutulursa diğer bütün kaynaklar ile rekabet edebilecek düzeydedir.

Tablo:6 Yenilenebilir ve Fosil Kaynaklardan Üretilen Elektrik Enerjisinin Maliyetinin Kıyaslanması (Cent/kWh Olarak)

Ülke	Fosil Kaynaklar			Yenilenebilir Kaynaklar		Diğer
	Kömür	Doğalgaz	Nükleer	Rüzgâr	Biyomas	
Kanada	3,7-5,4	3,3	4-4,7	-	-	33,2 (Fotovoltaik****)
Danimarka	4,9	5,2-5,8	-	5,5**	11,9(Samandan)	-
Fransa	6	5,3	4,9	6,5	-	-
Almanya	-	3,3	-	5,8-11	-	11-14,4 (Akarsu>0,5MW)
İtalya	5,3	5,4	-	7,5	-	-
Japonya	7,6	8,4	8	13,3*	-	-
Y.Zellanda	5	2,8	-	4,5-6,3	-	3,6-5,7 (Jeotermal)
Hollanda	5,6-6,2	4,4-4,8	-	9***	-	-
İngiltere	-	3,9*	-	5,5	5,1	-
ABD	3,5-3,6	2,4-2,7	4,6	-	4,2	-

Kaynak: IEA, 1998: 31.

\*1997 Değeri

\*\*Kıyıda

\*\*\*1995 Değeri

\*\*\*\*Güneş Enerjisi

*Hidroelektrik potansiyelinin* kıtalara göre dağılımı incelendiğinde, en yüksek olanakların, enerji tüketiminin en az gerçekleştiği Afrika Kıtasında bulunduğu görülmüştür. Amerika kıtası için verilen değerlerin önemli bir bölümü Kuzey Amerika'ya ait olup, gerçekte Güney Amerika'nın hidrolik potansiyeli önemli akarsulara sahip olmasına rağmen, oldukça sınırlıdır. Asya Kıtası ise hidrolik imkânlar açısından zengindir fakat henüz bu olanaklarını enerji üretiminde değerlendirebilmiş değildir. Bu Kıtada yer alan Çin, Tayland, Kore, Malezya gibi ülkelerin sanayileşme sürecinde kaydettikleri gelişmelere bağlı olarak, kıtanın bu potansiyelinden daha fazla yararlanması zorunluluk

göstermektedir. Tablo 7 hakkında belirtilmesi gereken diğer bir noktayı da dünya hidroelektrik potansiyelinin ancak yarıya yakınından faydalandığıdır. Yenilenebilir özelliğine sahip bu imkândan maksimum oranda yararlanmak, gerek enerji talebinin karşılanması gerekse, çevre sorunları açısından temiz bir enerjinin değerlendirilmiş olması açısından gerekli ve zorunludur.

Temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarından olan hidrolik güç, günümüzde en fazla değerlendirilenidir. Akarsulardan enerji temini amacıyla kurulan hidroelektrik santrallerinin elektrik üretimi dışında insanlığa sunduğu imkânlar da bulunmaktadır. Tarım ürünlerinin sulanması, taşkınların kontrol edilmesi, rekreasyon alanı yaratması, baraj göllerinde balıkçılık faaliyetlerinin sürdürülmesi gibi toplumsal ve sosyal yararlarının da bulunduğunu belirtmek gerekir.

**Tablo 7:** Dünyanın İşlenebilir Hidroelektrik Potansiyeli ve Kıtalara Göre Dağılışı

Kıta	Hidroelektrik Potansiyeli (Trilyon Kwh Olarak)
Afrika	1,8
Amerika	1,4
Asya	1,4
Avrupa	0,8
Okyanusya	0,2
Dünya Toplamı	5,6

Kaynak: Doğanay, 1998: 397.

Güneşin çekirdeğinde gerçekleşen füzyon olayı sonucu açığa çıkan enerji, *güneş enerjisinin* kaynağını oluşturur. “Güneşteki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi esnasında açığa çıkan enerji sonucu, güneşten 150 milyon km uzaklıkta bulunan dünyamıza ulaşan enerjinin miktarı, yeryüzünde yıl boyunca kullanılan bütün enerjinin 20 000 katıdır” (EİEİ, 2000: 2). Ancak bu enerjinin düşük yoğunluklu olması bu enerji kaynağından yararlanmayı sınırlandıran en önemli faktör olarak belirlemektedir. “Güneşten gelen ve dünya atmosferi dışındaki enerjinin gücü 1370 W/m<sup>2</sup> iken, yeryüzünde ise 0-1100 W/m<sup>2</sup> değerleri arasındadır” (ENERJİ TEK., 1998: 26).

Yeryüzünün 45° kuzey ve 45° güney enlemleri arasında kalan sahalar güneş enerjisinden ekonomik olarak yararlanma olanağına sahiptir. Güneş enerjisinden yararlanmada karşılaşılan en sık uygulama şekli ise düzlemsel güneş kolektörleri vasıtasıyla elde edilen ısıyla çeşitli mekânların sıcak su ihtiyacının sağlanmasıdır. Bu yaygın kullanım şeklinin dışında güneş havuzları, güneş bacaları, güneş ocakları, güneş pilleri, parabolik oluk ve parabolik çanak sistemleri gibi birçok farklı yöntem kullanılarak güneş enerjisinin yoğunlaştırılıp, ihtiyaca uygun çeşitli sıcaklık derecelerine ulaşmak mümkündür. Kuşkusuz bu çabaların nihai amacı elektrik enerjisi elde etmektir ki, maliyeti fazla olmasına rağmen günümüzde ulaşılan teknoloji ile bunun gerçekleştirilmesi mümkündür.

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında en fazla değerlendirilenlerden birini de kuşkusuz *rüzgâr gücü* oluşturmaktadır. Yeryüzünün farklı derecelerde ısınması rüzgârların oluşumuna imkân tanır. Dünyanın en fazla ısınan bölgesi olan Ekvator'da ısınarak, yükselen hava kütlesi belli bir yükseklikten sonra 30°kuzey ve güney enlemlerinde yoğunlaşan coriolis kuvveti nedeniyle kuzeye ve güneye doğru sapar. Basınç farkları rüzgârı hızlandırırken, coriolis kuvveti hava hareketinin yönünü belirleyerek, genel atmosfer sirkülasyonunun oluşumunu sağlar.

**Tablo 8: Dünyanın Çeşitli Bölgelerine Göre Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli**

Bölge	Potansiyel (TWh*/Yıl)
Afrika	10 600
Avustralya	3 000
Kuzey Amerika	14 000
Latin Amerika	5 400
Batı Avrupa	480
Doğu Avrupa ve CIS	10 600
Asya'nın Geri kalanı	4 900
Dünya Toplamı	50 000

Kaynak: YEREBAKAN, 2001: 28.

Rüzgâr gücünün genellikle düşey eksenli rüzgâr türbinleri vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüştürülmesi, başta Avrupa olmak üzere dünyada hızla yayılmaktadır. Rüzgâr hızının 3 m/sn ile 25 m/sn aralıklarında esmesi durumunda rüzgâr türbinleri aracılığıyla elektrik enerjisi üretilebilmektedir. Yapılan bir çalışmaya göre "Dünyanın sahip olduğu rüzgâr enerjisi potansiyeli (tablo 8) yılda 50 000 TWh/Yıl olarak hesaplanmaktadır ki, bu değer 1998 yılı dünya toplam enerji tüketiminin yaklaşık 4 katı olduğu dikkate alındığında, rüzgâr gücünün önemi daha iyi anlaşılır" (YEREBAKAN, 2001: 28).

Tablo 9'un incelenmesinden rüzgâr gücünden en fazla yararlanan ülkelerin Amerika ve Avrupa'nın sanayileşmiş ülkeleri olduğu görülür. Bu ülkeler arasında ise ABD, Almanya, Danimarka ve İspanya'nın rüzgâr gücünden yararlanma sürecinde son yıllarda katettikleri mesafe dikkati çekmektedir. Bu iki ülkenin 1990-1997 yılları arasında rüzgâr enerjisinden faydalanma imkânlarını yaklaşık 40 kat arttırmış olmalarının nedeni ise, hükümetlerinin bu enerji kaynağından daha fazla yararlanmak üzere çıkardığı yasalar olmuştur. 1999-2001 yılları arasında bile rüzgâr enerji santrallerinin kurulu gücü yaklaşık olarak Almanya'nın 4, İspanya'nın ise 11 kat artmıştır.

\* TWh: Tetra wat saat

**Tablo 9:** Bazı Ülkelerin Rüzgâr Enerjisinden Yararlanma Durumu  
(Kurulu Rüzgâr Santrali MW olarak)

Ülke	1990	1997	1999*	2001**
ABD	1 557	1 590	1 856	4 245
Almanya	47	2 000	3 068	8 734
Danimarka	412	997	1 560	2 456
Hindistan	6	825	1 004	1 456
Hollanda	45	323	369	493
İngiltere	9	285	341	525
İspanya	8	312	834	3550
İsveç	8	106	187	290
Çin	5	92	233	406
Yunanistan	-	29	63	358
Türkiye	-	-	9	19
Diğer Ülkeler	-	273	730	2 140
Dünya Toplamı	2 097	6 782	10 254	24 927

Kaynaklar: ŞENER, 1998: 8.

\*ÇALIŞKAN, 1999: 54.

\*\*AWEA, 2004.

Tablo 9'da da görüleceği üzere kurulu rüzgâr türbinlerinin gücü, dünya ölçeğinde 1990-2001 yılları arasında yaklaşık oniki kat artarken, ülkeler bazında değerlendirme yapıldığında Hindistan'ın çok büyük bir farkla ilk sırayı aldığı görülür. Diğer ülkelerin her birinde artış oranının %100'den fazla olması, rüzgâr gücünden yararlanma konusunda ülkelerin hemfikir oldukları anlaşılır. Bu mutabakatın sağlanmasında en önemli etkenler ise, enerjiye duyulan ihtiyaç ve bu ihtiyacın güvenli ve ekonomik olarak uygun koşullarla sağlanabilmesidir.

Almanya'nın rüzgâr gücünden elektrik üretimi konusunda ön sıralarda yer almasının en önemli nedeni gerçekleştirdiği yasal düzenlemeler oluşturmudur. "Almanya'nın 2002 yılı sonunda rüzgâr santrallerinin kapasitesi 10 000 MW'a ulaşarak, Almanya'nın enerji üretiminde rüzgâr enerjisinin payının %3,5 düzeyinde gerçekleşmesine neden olurken, Kuzey Denizi ile Alp'ler arasında 12 800'den fazla rüzgâr türbini dönmektedir" (HAAS, 2002: 44). Avrupa Kıtasının rüzgâr gücünün en fazla olduğu sahalarını Kuzey Denizi kıyıları ile Britanya Adaları'nın oluşturduğu gerçeği dikkate alındığında, Avrupa'da rüzgâr gücünden yararlanma konusunda ön plâna çıkan ülkelerinin önemli oranda bu bölgelerde yer almaları şaşırtıcı değildir.

**Tablo 10:** Rüzgâr Gücünden Elde Edilen Elektrik Maliyetinin Zaman İçindeki Değişimi (Cent/kWh Olarak)

Ülke	1991	1992	1994	1995	1996	1997
İngiltere ve Galler	18	-	7,1	-	-	5,5
İskoçya	-	-	6,4	-	-	4,5
Danimarka	-	-	-	-	-	5,5
Hollanda	9,7	8,8	7,1	6,9	6,4	5,3
Norveç	-	5	-	-	-	4,2

Kaynak: IEA, 1998: 33.

Diğer taraftan rüzgâr gücünün hiçbir engelle karşılaşmadığı, dolayısıyla enerji üretimi için en uygun olduğu sahalara olarak, denizler önem kazanmaya başlamıştır. Kıyıların açıklarında, deniz üstünde kurulan rüzgâr türbinlerinin maliyeti daha fazla olmasına rağmen, rüzgâr gücünden maksimum faydalanma sağladıkları ve kara alanlarında türbinlerin tesisi için yeterli boş alan bulunamaması gibi sorunların aşılabilmesine imkân tanıdığından dikkatlerin bu sahalara çevrilmesine neden olmuştur. Bunların dışında tablo 10 incelendiğinde görüleceği gibi rüzgâr gücünden yararlanılarak elde edilen elektrik enerjisinin maliyetinin de gelişen teknolojik olanaklara bağlı olarak 1991-1997 yılları arasında önemli oranlarda azaldığıdır. Buna bağlı olarak geleneksel enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisi maliyetleri ile rekabet edebilir düzeye geldiğinden dolayı bu alandaki gelişmelerin daha hızlı olması beklenmektedir.

Tüm dünyada hızla artan enerji ihtiyacının karşılanabilmesi için değerlendirilen yenilenebilir enerji kaynaklarından biri de *jeotermal enerjidir*. Jeotermal enerji, yerkabuğunun derinliklerinde bulunan sıcak su veya havanın, çeşitli şekillerde yeryüzüne çıkartılıp, enerji üretiminde kullanılmasıdır. Sıcaklığı 20°C'den fazla ve çevresindeki normal yer altı ve yerüstü sularına göre içinde erimiş halde bulunan mineral, tuz ve gaz oranlarının daha fazla olduğu sular olarak tanımlanan jeotermal enerjinin kaynağı magma olduğundan yenilenebilir enerji kaynağı olarak değerlendirilir. "Yerkabuğundaki jeotermal enerjinin %1'lik kısmı enerjiye çevrilse şu anda mevcut petrol ve doğalgaz yataklarının rezervlerinin vereceği enerjinin 500 katı enerji elde edilmiş olur" (YUNUS et.al. 2001: 5).

Jeotermal enerji yeryüzünün her tarafında aynı yoğunlukta bulunmaz; okyanus ortası ve rift zonlarında, Filipinler, Japonya, Endonezya, Yeni Zellanda, El Salvador, Nikaragua ve Şili'de görüldüğü üzere volkanik ada zonlarında ve genç orojenik kuşak (Alp kuşağı) üzerinde yer alan Fas, Cezayir, İtalya, Eski Yugoslavya, Yunanistan, Türkiye, İran, Hindistan ve Çin gibi ülkeler jeotermal enerji potansiyeli açısından zengindir. Tektonik bakımdan çok aktif bir kuşakta yer alan Türkiye, jeotermal enerji potansiyeli bakımından, sahip olduğu 1000'in üzerindeki kaplıca varlığı da dikkate alındığında, önemli olanaklara sahiptir. Özellikle, Denizli, Aydın ve Çanakkale'de bulunan ve rezerv sıcaklığı itibarıyla elektrik enerjisi üretimine uygun jeotermal kaynaklardan bir kısmı değerlendirilmesine rağmen, (Denizli-Kızıldere-Buharkent jeotermal alanında olduğu gibi) yararlanılabileceği diğer jeotermal kaynaklara da sahiptir.



**Tablo 11: Dünyada Jeotermal Güç Üretimi**

Ülke	Kurulu Kapasite (MW Olarak)	Güç Üretimi (milyon kWh/Yıl)
ABD	2 850	15 900
Filipinler	1 848	8 260
Meksika	743	5 730
İtalya	742	5 470
Japonya	530	3 350
Endonezya	528	3 980
El Salvador	105	276
Nikaragua	70	470
Kosta Rika	65	346
İzlanda	51	390
Kenya	45	100
Çin	32	90

Kaynak: YUNUS, 2001: 11.

Tablo 11'in incelenmesinden de anlaşılacağı gibi jeotermal enerjinin kullanımında ilk sırayı ABD alırken, Uzakdoğu ve Orta Amerika ülkeleri daha sonra gelmektedir. Yeryüzündeki ilk jeotermal enerji santrali ise 1904 yılında İtalya'da faaliyete geçen ve üretimini hâlâ sürdüren Larderello elektrik santralidir.

Tüm bunların dışında jeotermal enerjiden yalnız elektrik enerjisi üretiminde değil, aynı zamanda konutların ve seraların ısıtılmasında, düşük sıcaklıklara ihtiyaç duyan sanayii tesislerinde proses ısısı olarak kullanılmasında, termik sıcaklık kaynağı olarak da yararlanır. Elektrik üretimi için jeotermal rezerv sıcaklığının 150°C ve üzerinde olması gerektiğinden dünyadaki yaygın kullanım şeklini termik sıcaklık sağlamak oluşturur. Ancak daha düşük sıcaklıklardaki jeotermal kaynaklardan da elektrik elde edilebilmesi için çalışmalar devam etmekte ve umut vaadedici sonuçların alındığı bilinmektedir.

Kökene, güneş enerjisinin meydana getirdiği rüzgârlara dayalı olan "*Dalga enerjisi*", su parçacıklarının çembersel dönüşünden kaynaklanan hız enerjisi ile su parçacıklarının denge konumundan ayrıldıklarındaki potansiyel enerjilerinin toplamından oluşur" (İNAN, 1996: 73).

"Dünya kıyılarında tahmin edilen *dalga enerjisinin* büyüklüğü 2-3 milyon MW düzeyindedir. Yine dalga enerjisinin mil başına yoğunluğu 65 MW'tır" (İNAN, 1996: 2). Henüz küçük ölçeklerde olsa bile dalgaların gücünden ilk kez elektrik üreten ülke olan İskoçya'nın İslay adası açıklarında kurulan bir santralde ve Norveç'te bu kaynaktan yararlanarak elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir.

Dünya, Ay ve Güneş arasındaki etkileşimin neden olduğu *gel-git* dalgaları temiz, yenilenebilir ve periyodiktir. Gel-git olayı sonucu denizlerde gerçekleşen kabarma

ve alçalmalar, bu hareketin günlük veya yarım günlük periyotlar içinde tekrarlanması ve bu döngünün sürekli olarak yaşanması, bu doğal olaydan da enerji elde edilmesini mümkün kılmıştır. Yükselme ve alçalmalar arasındaki fark yeryüzünün her bölgesinde sabit olmayıp, 0.5-12 metreler arasında değişkenlik gösterir.

Med-cezir olayı nedeniyle yer değiştiren suyun gücünden faydalanılarak, enerji üretimi gerçekleştirilir. Gel-git olayından yararlanarak üretilebilecek enerji miktarıyla ilgili olarak çok farklı görüşler bulunur. Bunlardan birinde potansiyel, "Dünyadaki gel-git gücünün toplam büyüklüğünün 3 milyar kW olmasına rağmen yararlanılabilecek miktarın 1 milyar kW" (İNAN, 1996: 76) olarak belirtilirken, bir diğer çalışmada "Dünyada değerlendirilebilir gel-git enerjisi potansiyeli 22 trilyon kWh'tir. Bunun yalnız 200 milyar kWh'ı ekonomik açıdan yararlı görülmektedir" (YÜCEL, 1994: 319) denmektedir.

Med-cezir hareketinin enerji üretimini düşündürecek kadar fazla olduğu ülkeler ve bölgeler olarak Kuzey ve Güney Amerika, İngiltere, İrlanda, Fransa ve Avustralya'dır. Bu ülkelerde gel-git yüksekliği 5-10 m'ler arasında değişir. Dünya gel-git enerjisinin yarısı, gel-git yüksekliğinin 10-12 m.'yi bulduğu Kanada'nın Fundy Körfezi kıyıları ile gel-git yüksekliği 9 m. olan İngiltere'de Severn Halici, 8 m.'lik gel-git olayının görüldüğü Fransa'nın kuzeybatı kıyıları, gel-git yüksekliğinin 7 m. olduğu Othosk Denizi kıyıları ve Çin'in kuzeydoğu kıyılarında gerçekleşir. Ancak bu yüksekliklerin Ay'ın durumuna göre de değişebileceğini belirtmek gerekir. Gel-git'in yüksekliği, kabaran suların kıyıya yaklaştıkça yüksekliklerinin artması ve kıyıya çarpan dalgaların yansıması nedeniyle kıyılarda, açık denizlerde olduğundan daha fazladır.

Gel-git gücünden yararlanarak elektrik enerjisinin üretildiği santrallere örnek olarak, Fransa'nın kuzeybatısında St.Malo körfezine dökülen Rance Irmağı halicindeki santral ile ABD'deki Kislaya Körfezinde 1966 yılından beri faaliyette olan santral gösterilebilir.

Denizlerin enerji üretimine olanak sağlayan diğer bir potansiyelini de *deniz akıntıları* meydana getirir. Bu tip akıntıların bulunduğu önemli bir alanı da İstanbul ve Çanakkale Boğazlarında görülen deniz akıntıları oluşturur. Karadeniz ile Marmara Denizi arasındaki seviye farkı nedeniyle Karadeniz'den Marmara Denizi'ne doğru ve Marmara Denizi'nden Ege Denizi yönünde gerçekleşen akıntılardan yararlanılması mümkündür.

Denizlerdeki sulardan enerji elde edilebilmesi konusunda yararlanılabilecek bir diğer imkânı da *derin deniz sularındaki sıcaklık farkı* oluşturmaktadır. Deniz suyu sıcaklığının 15°C'yi aşan bölümlerinde, özellikle de derinliği 1000 metreyi bulan derin tropikal denizlerde enerji elde etme olanağı bulunmaktadır. Verimin çok düşük oranlarda gerçekleştiği bu yöntemle enerji üretilmesi, temelde sıcaklık farklarını değerlendiren bir ısı makinesiyle mümkündür. Bu sistemde düşük sıcaklıklarda suyun buharlaştırılarak, bir jeneratörün enerji üretmesi hedeflenmektedir. ABD ve Japonya'da bazı deneme çalışmalarının dışında yaygın bir kullanımın bulunmadığı bu olanaktan, teknolojik gelişmelerin paralelinde gelecekte daha fazla yararlanılması beklenebilir. İngiltere, Fransa, Hollanda, İsveç, Tayvan, Hindistan, Japonya, ve ABD bu yöntemden ekonomik olarak enerji üretilmesi konusunda ciddi çalışmalar içindedir.

Bitkilerin fotosentez yoluyla bünyelerinde depoladığı enerji biyomas kaynakların esasını oluşturur. Biyolojik kökenli bu enerji kaynaklarının kendilerini yenileyebilme gücü, bitkiden bitkiye değişiklikler gösterir. Bitkilerin yetişmesi ise, başta iklim koşulları olmak üzere, mevsimlere, uygulanan tarım tekniklerine ve bitkinin biyolojik yapısına göre değişiklikler gösterir.

*Biyomas enerji* temelde iki kaynağa dayalıdır. Bunlardan birincisini klâsik biyomas kaynaklar olarak da isimlendirilen bitki ve hayvan atıkları, odun ve odunsu maddelerden oluşur ki, bunların en fazla bilinenini tezek meydana getirir. İkincisi ise modern biyomas olarak tanımlanır; bu yöntemeyse enerji ormancılığı ve doğrudan biyomas enerjisi üretimi için yetiştirilen tatlı sorgum ve miscantus gibi bitkilerinin yetiştirilmesini gerektirmektedir.

Biyokütle enerjisinin hammaddesini ise, tarım ve orman ürünlerinin artıkları, evsel atıklar, her çeşit hayvansal gübreler, sanayi kaynaklı organik atıklar, yosunlar, algler, özel olarak yetiştirilen nişastalı, yağlı ve şekerli bitkiler oluşturmaktadır. Biyokütle, ısı elde edilmesi, yakıt üretilmesi ve elektrik enerjisi elde edilmesinde kullanılan yenilenebilir kaynak olup, genellikle gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkelerde yararlanma oranı artmaktadır. Bu oran gelişmiş ülkelerde %3'ün altında gerçekleşirken, gelişmekte olan ülkelerde %20-90 arasında değişmektedir. "ABD'de tüketilen enerjisinin %3'ü biyomas kaynaklardan elde edilir" (YÜCEL, 1994: 319). "Dünya enerji ihtiyacının %15'ini karşılayan klâsik biyokütle kaynakları yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir yer tutmaktadır" (YORGUN et.al. 1998: 44).

Özellikle Brezilya şekerkamışından etanol üreterek elde ettiği yakıtı, taşıtlarda enerji kaynağı olarak yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bu uygulamada etanol doğrudan yakıt olarak kullanıldığı gibi, belli bir oranda benzine karıştırılarak kullanılması da yaygın olup, milyonlarca araç bu yakıttan kısmen veya tamamen faydalanmaktadır.

Biyomastan enerji kaynağı olarak yararlanmada üç yol izlenebilir. Bunlar;

- a) Doğrudan yakmak,
- b) Biyomastan alkol fermantasyonu yoluyla etanol üretmek,
- c) Biyomastan termokimyasal süreç sonunda metan gazı üretilerek kullanmaktır.

Biyomasın enerji kaynağı olarak kullanılması sonucu atmosfere karışan kirleticiler söz konusudur. Genel anlamda yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının çevre sorunlarına yol açmayan enerji kaynakları olduğu görüşüne ters bir durum gibi görünmesine rağmen, gerçekte biyomas yakıt türleri çevre sorunlarına yol açmaz. Bunun sebebi olarak da biyomas enerji kaynaklarının, bitki olarak yetiştikleri dönemde atmosferden almış oldukları gazları, enerji kaynağı olarak tüketildiklerinde tekrar atmosfere bıraktıklarından, fazladan bir kirliliğe neden olmadıkları ileri sürülür. Halbuki önemli bir kısmı bitki ve hayvan fosillerinden oluşan kovansiyonel yakıtların kullanımı sırasında atmosfere salınan kirleticiler, milyonlarca yıl önceki atmosferden alınıp, fosil olarak saklanan kirleticiler olduğundan, çevre sorunlarına sebep olurlar.

Gübre, çeşitli bitkilerin atıkları, endüstriyel ve şehirselle organik atıkların oksijensiz ortamlarda parçalanması sonucu oluşan metan (CH<sub>4</sub>) gazının *Biyogaz* olarak değerlendirilmesi mümkündür. Oluşan bu gazın enerji değeri de doğalgaza yakın bir

düzeydedir. Bu süreçte kullanılan gübrenin değerinin %20-25 dolayında arttığı saptanmıştır. Böylece bir taraftan gübreden elde edilen doğalgazla enerji sağlanırken, diğer taraftan bu süreç sonunda kullanılan gübrenin tarımsal değeri de arttığından, özellikle tercih edilmesi gereken bir uygulamadır.

Biyogaz uygulamalarını cazip hale getiren ise, bir taraftan kentlerin ürettiği ve ortadan kaldırılması zorunlu olan bazı katı ve sıvı organik atıklardan çevre sorunlarına neden olmadan kurtulmak olduğu kadar, bu atıkların çöp termik santrallerinde yakılarak, ısı, sıcak su, buhar ve elektrik enerjisinin elde edilmesidir. Bu uygulamada termik santrallerin çevre üzerindeki olumsuz etkisi, hiçbir durumda üretilen çöplerin çevreye vereceği zarardan fazla değildir. ABD, Almanya, Belçika, Danimarka, Fransa, İtalya, Hollanda ve İngiltere gibi Türkiye'de de çöp termik santrallerinden enerji üretmektedir.

### **Fosil Yakıtlar ve Yenilenebilir Kaynakların Karşılaştırılması**

Klâsik enerji kaynakları kullanıldığında atmosfere ciddi oranlarda atık bırakılırken, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımları esnasında çevreye çok az miktarda atık ürün salınır. Ancak yenilenebilir enerji kaynaklarından bazılarının çevre üzerinde olumsuz etkileri söz konusudur. Örneğin akarsular üzerinde kurulan barajların su toplama havzalarının altında kalan topraklar kullanım dışı kalmaktadır. Büyük miktarlarda yakılan biyomasdan atmosfere çeşitli kirleticiler yayılır. Ayrıca jeotermal kaynakların kullanımı sırasında gerekli önlemler alınmazsa çevre sorunlarına yol açabilecek atıkların ortaya çıktığı da bilinmektedir. Ancak fayda/zarar boyutunda bir değerlendirme yapıldığında faydanın ağır bastığı görülür. Belirtilmesi gereken önemli bir nokta da yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımıyla ortaya çıkan çevre sorunlarının yerel ölçekte kaldığı, buna karşılık fosil kökenli enerji kaynaklarının tüketimiyle yaşanan çevre sorunlarının global boyutta olduğudur.

Bütün bunların yanısıra, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımını, fosil yakıtlarla yarattıkları görsel etki açısından kıyaslandığında da çeşitli üstünlüklere sahiptir. Örneğin kömür madenin yeraltından çıkartılırken arazide gerçekleştirilen bozulmalar, termik santrallerin bacalarının estetik görünümü bozmaları gibi sorunlarla karşılaşmaz.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgâr türbinlerinin bulunduğu alanlarda arazi kaybı çok az olup, arazide daha önce sürdürülen ekonomik faaliyete devam edilebilme, özellikle kırsal alanlarda bulunan rüzgâr türbinlerinin altındaki arazide tarım veya hayvancılık faaliyeti herhangi bir olumsuzlukla karşılaşmadan sürdürülebilmektedir. Güneş enerjisinden yararlanmanın en yaygın şekli olan su ısıtılması, toplayıcı kollektörlerle gerçekleştirilmektedir. Kollektörler ise binaların çatılarında bulunduğundan kullanım açısından neden oldukları sorun yoktur. Diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından jeotermal kaynaklar dışında hiç birinin, klâsik enerji kaynaklarına göre gerek çevre sorunları, gerekse arazi kullanımı açısından sebep oldukları olumsuzluk görülmez.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının konvansiyonel kaynaklara göre diğer bir üstünlüğünü de dışa bağımlı olmamalarına meydana getirir. Hangi türü olursa olsun,

yenilenebilir enerji kaynakları ulusal kaynak olup, bazı uluslararası sorunlar nedeniyle kullanımlarının kesintiye uğraması söz konusu değildir.

Enerji kaynaklarının kullanımından kaynaklanan çevre ve sağlık sorunlarının giderilmesi için yapılan harcamaların ortaya konması son derece güç bir problemdir. Fosil kökenli enerji kaynakların tüketilmesi sonucu atmosfere karışan korbondioksit (CO<sub>2</sub>), kükürtoksitler (SO<sub>x</sub>) ve azotoksitler (Nox) gibi gazların neden olduğu hava kirliliği, ozon tabakasının incilmesi ve asit yağmurlarının neden olduğu sorunların giderilmesi için yapılan veya yapılacak harcamaların hesaplanması da son derece güç bir olaydır. Bu harcamaların ise enerji üretim maliyetlerine “Sosyal Maliyet” olarak ilave edilmesi ile, birim maliyetin hangi boyutlara ulaşacağını öngörmek mümkün değildir.

Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının ihtiyaca göre çok küçük ünitelerden, büyük ünitelere kadar mümkün olmasıyla da fosil yakıtlardan ayrılır ve onlardan daha avantajlıdır. Böylece ihtiyaca göre, küçük bir modül veya birçok küçük modülün yan yana getirilmesiyle çok kısa sürede oluşturulacak, daha büyük ünitelerin gerçekleştirilmesi mümkündür. Kömür madenlerinde veya nükleer santrallarda da kapasite artırımına gitmek mümkündür. Ancak bu işlemin sonuçlandırılması için genellikle uzun bir zaman gerekmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemli sorunları arasında ise, ilk kurulum masraflarının yüksek olması, sürekliliklerinin bulunmaması ve diğer enerji kaynaklarında da yaşanan, üretilen enerjinin depolanamaması gibi sorunlar olduğu belirtilebilir. Ancak rüzgâr gücüyle elektrik enerjisi üreten bir enerji santrali ile yakıtını kömürün oluşturduğu bir termik santralin kuruluş maliyetleri hemen hemen eşit düzeye gelmiş bulunmaktadır. Bu ise yenilenebilir enerji kaynaklarından bazılarında enerji üretilebilmesinin maliyet boyutunun bir sorun olmaktan çıktığının ve fosil kökenli enerji kaynaklarıyla rekabet edebilir düzeye geldiğinin işaretidir. Diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretiminde, gelecekte bilim ve teknoloji alanında yaşanacak muhtemel gelişmeler sonucunda, ilk kurulum maliyetlerinin kabul edilebilir düzeye gerilemesi beklenmektedir ki, günümüze kadar geçen süre içinde, bütün yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin maliyeti başlangıca göre düşmüştür.

Benzer durum çeşitli enerji santrallerinde üretilen enerjinin birim maliyetleri için de söz konusudur. Hidroelektrik santrallerinde üretilen elektrik enerjisinin birim maliyetinin, diğer bütün seçeneklerden daha ucuz olmasının nedeni olarak, bu kaynağın aynı zamanda yenilenebilir bir kaynak olmasından ileri geldiği söylenebilir. Ancak baraj yapımı ve enerji üretimi için yapılan harcamalar karşılandıktan sonra hidroelektrik santrallerinden elde edilen enerjinin maliyeti sadece işletme giderlerinden oluşur ki, bu durumda üretilen birim başına maliyet minimum düzeyde gerçekleşir. Bu örnek ise yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla yararlanılması gerektiğinin kanıtı olarak kabul edilebilir ve bundan sonra yapılacak çalışmalarda yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına daha fazla önem verilmesinin zorunluluğunu ortaya koyar.

Enerjinin veya ısının depolanabilmesi, kökeni ne olursa olsun, bütün enerji kaynaklarının ortak sorunudur ve ancak teknoloji geliştikçe bu soruna çözüm bulunması beklenebilir. Bu sorunun aşılabilmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanmayı maksimum düzeye çıkaracaktır. Bilindiği gibi bu kaynaklardan enerji elde edilmesindeki

en büyük problem, genellikle bu kaynakların sürekli olmaması, böylece enerjiye ihtiyaç duyulan zamanlarda talebin karşılanmaması gibi çeşitli sorunlar çıkarmasıdır. Ancak depolanabilme olanağının yaratılması halinde, kaynağın bol ve kesintisiz olduğu dönemlerde ihtiyacı üzerinde üretilen enerji, kaynağın kesintiye uğradığı dönemde devreye sokularak, gerek duyulan enerjisinin kesintisiz olarak karşılanmasına neden olur. Gerçekte kömür petrol ve doğalgaz gibi enerji kaynaklarının rezervleri, yeraltında depolanmış yakıt olduğundan, güvenilir enerji kaynaklarıdır. Fosil yakıtların bazılarının sürekliliği bulunmayan, dolayısıyla güvenilemez olarak kabul edilen, yenilenebilir enerji kaynaklarından temel farkını da bu faktör oluşturmaktadır.

Sürekliliğe gelince; yenilenebilir enerji kaynaklarının devamlılıkları yoktur. Ancak belli bir düzene sahiptirler ve genellikle periyodik olarak bulunurlar. İyi etüd edilmeleri durumunda bu kaynaklardan üretilebilecek enerji miktarını hesaplamak, küçük yanılı paylarıyla mümkündür. Örneğin güneş enerjisinden geceleri yararlanmak olanaksızdır ve bu anlamda devamlılığı yoktur. Ancak gün boyunca elde edilebilecek toplam güneş enerjisi miktarı doğruya yakın olarak hesaplanabilir. Rüzgâr gücünden enerji üretimiye oldukça sağlıklı olarak ölçülüp, değerlendirilebilir. Akarsuların üzerinde kurulan hidroelektrik santrallerinden enerji üretimiye yıllık yağış miktarlarına göre değişiklikler göstermekle birlikte, iklim şartlarında büyük değişimler olmadığı müddetçe, üretilecek enerji miktarı her zaman kontrol edilebilir. Gel-git ve dalga hareketlerinden üretilen enerjinin de ne zaman ve ne miktarda elde edilebileceğinin hesaplanması olanaklar dahilindedir.

### Sonuç

Yenilenebilir enerji kaynakları tabii şartlarda oluştuklarından, doğal koşullardaki değişimler bu kaynaklardan yararlanmayı birinci derecede etkilemektedir. Bu anlamda sürekliliklerinden söz edilemez. Ancak bu doğal şartlardaki değişimler tesadüfler neticesinde oluşmadığından belli bir düzene sahiptir. Bundan dolayı belli bir zaman diliminde örneğin bir yıl içinde üretebilecek enerji miktarını doğruya yakın bir şekilde hesaplamak mümkündür. Buna bağlı olarak yapılacak enerji bilançoları büyük bir sürprizle karşılaşılmadan uygulanabilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından sorunsuz bir şekilde yararlanmanın en uygun yolu, bu enerji kaynaklarının geleneksel enerji kaynaklarıyla birlikte kullanılmasıdır. Böylece doğal koşulların uygun olduğu durumlarda yenilenebilir enerji, aksi durumlardaysa fosil yakıtlardan sağlanan enerjinin kullanılması en uygun değerlendirilme şeklini oluşturacaktır. Ayrıca böyle bir uygulamayı zorunlu kılan diğer bir faktör de kömür ve petrol gibi fosil yakıtların aynı zamanda endüstrinin çeşitli kollarında hammadde olarak kullanılmalarıdır. Dolayısıyla bu kaynaklar sadece enerji ihtiyacının karşılanması için değil aynı zamanda sanayinin ihtiyaçları için de tükenmemelidir. Böylece bir yandan insanlığın enerji ihtiyacı karşılanırken, miktarları oldukça azalmış bulunan fosil kaynakların enerji maddesi olarak kullanımı en aza indirilmiş ve yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma da maksimum düzeye çıkartılmış olur.

Geleneksel enerji kaynakları olarak da tanımlanan fosil kökenli enerji kaynaklarının bilinen rezervleri dikkate alındığında içinde bulunduğumuz yüzyılın

ortalarından itibaren tükenmeye başlamaları beklenmektedir. Günümüzdeki bütün üretim sistemlerinin çalışabilmeleri için gereken enerji, fosil yakıtlardan sağlandığından ve fosil yakıtların da ömrünün sınırlı olması, yeni enerji kaynaklarının bulunup, hizmete sokulmasını gerektirmektedir. Bu dönüşümün sağlanabilmesi amacıyla araştırma ve geliştirme çabalarının olumlu sonuçlarının alınabilmesi için belli bir zamana ihtiyaç duyulur. Fosil dışı enerji kaynaklarının, insanlığın her aşamasında ve çeşitli şekilleriyle ihtiyaç duyduğu enerjinin sağlanmasında değerlendirilmeye başlanması için gereken zamanın yaratılabilmesi amacıyla bu çalışmalara başlamak, başlanmış olanları geliştirmek için gereken zamanın bulunduğu söylenebilir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı açısından vurgulanması gereken diğer önemli bir nokta olarak, sanayileşme hareketleri iktisaden gelişmiş ülkelerden sanayileşme süreci içindeki ülkelere ve geri kalmış ülkelere doğru yayılmaktadır. Halbuki A.B.D. hariç, günümüzün gelişmiş ülkeleri son iki yüzyıllık süre içinde sanayileşme yolunda, sahip oldukları fosil kökenli enerji kaynaklarını önemli oranda tüketmişlerdir. Ayrıca bu ülkeler günümüzde ihtisasa ve otomasyona yönelik sanayi sistemlerini gün geçtikçe daha fazla uygulamaktadır. Dolayısıyla bu faaliyetlerini yürütebilmeleri için gereken enerjinin, fosil yakıtlardan ziyade, yenilenebilir kaynaklardan sağlanması daha uygun olacaktır. Sanayileşme sürecinde olan ve henüz bu sanayileşme sürecine girmemiş ülkelerin ise gelişmelerini tamamlayabilmeleri için petrol, kömür ve doğalgaz gibi konvansiyonel enerji kaynaklarına gereksinimleri daha fazladır. Bu ülkeler batılı sanayileşmiş ülkelerin XIX. ve XX. yy'daki sanayileşme gayretleri ve sorunları sürecini yaşamaktadırlar.

Fosil enerji kaynakları oldukça azalan gelişmiş ülkeler, endüstriyel üretim faaliyetlerini çeşitli nedenlere bağlı olarak daha çok gelişmekte olan ülkelerde sürdürme politikalarını tercih ederken, gelişmiş ülkeler yüksek bilgi ve ileri teknoloji gerektiren faaliyetlere ağırlık vermiş durumdadır. Bu üretim şekli tercihi, gelişmiş ülkelerin sahip oldukları bilgi, teknolojik üstünlük ve maddi güç nedeniyle yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla yararlanılabilmesi amacıyla, bu enerji kaynaklarının hem araştırılması ve geliştirilmesi hem de daha fazla kullanılmaları için ihtiyaç duyulan yatırımları daha kolay gerçekleştirebileceklerinden, gelişmiş ülkelerin ağırlıklı olarak yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmaları, gelişmekte olan ülkelerin ise bu üretim modeli içinde, klâsik enerji kaynaklarını kullanmaları daha uygun olacaktır.

Ülkelerin gelişmişlik düzeylerine göre çeşitli enerji kaynaklarından kendilerine uygun olanları kullanmaları halinde, insanlığın yeryüzündeki kaynaklardan daha dengeli ve rantabil olarak, yararlanabilmeleri mümkün olacaktır.

Yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırma ve geliştirme çabalarına, herhangi bir fosil yakıt rezervi tükenmesinden sonra başlanması veya bu çalışmaların henüz sonuçlanmamış olması, ihtiyaç duyulan enerjinin üretilmemesi gibi bir sorunla karşı karşıya kalınmasına sebep olur ki, bu durum bütün işleyişin değişmesine neden olabilir. 1970-80 yılları arasında dünyanın yaşadığı iki büyük enerji bunalımı, özellikle petrol fiyatlarının bu on yıllık süre içinde normal gelişim seyrinin dışında artarak, anormal derece yükselmesiyle sonuçlanmıştır. Petrolü tüketen ülkelerin bu yüksek fiyatlara razı olmalarının nedeniyse, fiyatların artmaya başladığı bu kısa sayılabilecek

süre içinde, petrolü ikâme edebilecek yeni bir enerji kaynağını mevcut talebi karşılayacak düzeyde devreye sokamamaları olmuştur.

Çeşitli kaynaklar sanayileşme, gelişme ve insanın daha uygun koşullarda hayatını sürdürebilmesi için değerlendirilirken, gözardı edilmemesi gereken önemli bir noktayı da, insanın refah düzeyini yükseltmek için girilen tüm bu uğraşların sonucunda, insana zarar verilmesinin önlenmesi oluşturmaktadır. Diğer bir ifadeyle kalkınma çabaları, insan sağlığını ve doğal kaynakların sürdürülebilirliğini dikkate alarak, gelecek kuşaklara da yaşanabilir bir doğal çevre bırakma sorumluluğumuzun olduğu bilinciyle gerçekleştirilmelidir. Bunun sağlanabilmesi ise yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla yararlanılmasıyla mümkün olabilir.

### Kaynakça

- ACAROĞLU, M. ve AKSOY, Ş., 1997, "Tarımda Biyomass Enerjisinin Kullanımı, Çevresel Etkileri ve Geleceği", 2. *Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu Tebliğleri*, s.21-30, İstanbul Teknik Üniversitesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- AKYÜZ, A. A. ve TOLUN, S., 1997, "Rüzgâr Enerjisinin Dönüştürme Sistemleri ve Gelişmeler", Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi *Türkiye 7. Enerji Kongresi "2000'li Yıllara Doğru Enerji, Beklentiler Ve Düşünceler, Teknik Oturum Tebliğleri*, Cilt:3, s.85-100, Ankara.
- ALBINUS, L.B., 2001, "Craeting A Wind Power Energy Index", *Rüzgâr Enerjisi Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, s. 39-46, Makine Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Yayın No:13, İzmir.
- BABAYİĞİT, M., 1987, "Güneş Enerjisi Ve Uygulamaları", *Güneş ve Rüzgâr Enerjisi Sempozyumu*, s.3-23, Ankara.
- BAKER, C.J.R.V. ve LEICHESTER, R. J., 1982, "Wave Energy in Developing Countries", *Non-Convencial Energy Sources*, Bogota, Kolombiya.
- BARBIER, E., 1982, "Geothermal Energy", *Non-Convencial Energy Sources*, Bogota, Kolombiya.
- BÖER, K.W. ve DUFFIE, J.A., 1985, *Advances in Solar Energy*, New York.
- ÇALIŞKAN, M., 1999, "Dünya ve Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi", *Enerji Dünyası*, Sayı: 25, s.3-11, Ankara.
- ÇALIŞKAN, M., 1999, Dünya ve Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi, *Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Bülteni*, Ankara.
- ÇETİN, Ü., 1976, Yeni Enerji Kaynaklarına Bir Bakış, Dünya Enerji Konferansı, *Enerji Dünyası*, Ankara.
- ÇEVRE BAKANLIĞI, "Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çevre Sözleşmesi Seminer Notları", 1999, Ankara.
- DEKTMK, 1998a, "Yeni ve Yenilenebilir Enerjiler", *Enerji Dünyası*, Sayı:20, s.39-53, Ankara.



- DEKTMK, 1998b“Yeni ve Yenilenebilir Enerjiler”, *Enerji Dünyası*, Sayı:11, s.11-18, Ankara.
- DOĞANAY, H., 1998, *Enerji Kaynakları*, Erzurum.
- DÜNYA ENERJİ KONSEYİ TÜRK MİLLİ KOMİTESİ, 1999 *Enerji Raporu*, Ankara.
- EĞRİCAN, N., 1999, “Yenilenebilir Enerji Kaynakları”, *Sürdürülebilir Enerji Teknolojilerindeki Gelişmeler ve Türkiye'deki Uygulamalar Konferansı Bildiriler Kitabı*, s. 11-15, Makine Mühendisleri Odası Yayını, İstanbul.
- EKİNCİ, E., TIRIS, M. ve TÜRE, İ.E., 1997, *Çevre Kirliliği*, DPT yayını, Ankara.
- Enerji Teknolojileri Çalışma Grubu Raporu*, 1998, TÜBİTAK-TTGV, Yayını, Ankara.
- Enerji Teknolojileri Politikası Çalışma Grubu Raporu*, 1998, Ankara.
- FURLAN, G, H.RODRIGEZ ve G. VIOLINI, 1982, *Non-Conventional Energy Sources*, Kolombiya.
- FLAVIN, C., LENSEN, N., STARKE, L. ve KÖSEOĞLU, Y., 1994, *Enerjide Arayışlar Yaşanan Enerji Devriminin El Kitabı*, İstanbul.
- GJERDING, S., 2001, “Fundamentals of Wind Sources Assesment” *Rüzgâr Enerjisi Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, s.63-64, Makine Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Yayın No:13, İzmir.
- GÖKSU, E., 1986, *Enerji Kaynakları*, İstanbul.
- Güneş Enerjisi*, 2000, Elektrik İşleri Etüd İdaresi Yayını, Ankara.
- İNAN, D., 1996, Denizlerdeki Enerji, *Bilim ve Teknik Dergisi*, Cilt:29, s.53-57, Ankara.
- KARABULUT, Y., 1999, *Enerji Kaynakları*, Ankara.
- KASAP, İ., 2000, “Türkiye’de ve Dünyada Jeotermal Enerji Uygulamaları”, *Enerji Kaynakları Sempozyumu*, s.98-104, Çanakkale.
- KESKİN, M., 2000, “İklim Değişiklikleri ve Alternatif Enerjiler”, *Enerji Kaynakları Sempozyumu*, s.50-64, Çanakkale.
- KROGSGAARD, P., 2001, “Global Status of Wind Power”, *Rüzgâr Enerjisi Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, s.1-32, Çanakkale.
- LIERSCH, G., 1999, “Sürdürülebilir Enerjiler ve Almanya’da Enerji Optimizasyonu Dikkate Alınan Projelerden Örnekler”, *Sürdürülebilir Enerji Teknolojilerindeki Gelişmeler ve Türkiye’deki Uygulamalar Konferansı Bildiriler Kitabı*, s.27-40, Makine Mühendisleri Odası Yayını, İstanbul.
- LUCIAN HAAS, 2002, “Yeni Enerji Kaynağı: Rüzgâr gücü”, *Deutschland*, Sayı:6/2002, s. 12-16, Frankfurt.
- YEREBAKAN, M., 2001, *Rüzgâr Enerjisi*, İstanbul.
- MUKUND R. P., 1999, *Wind and Solar Power Systems*, New York.
- ÖZ, S., 1997, “ Toplam Güneş Radyasyonunun Tahmin Edilmesinde Yeni Bir Model” *DEKTMK Türkiye 7. Enerji Kongresi 2000’li Yıllara Doğru Beklentiler ve Düşünceler, Teknik Oturum Tebliğleri*Cilt: III, s. 149-154, Ankara.
- RAMAGE, J., 1997, *Energy*, Londra.

- RATIO, C.F., 1986, "Sun-Earth Antronomical Relationship and Extraterrestrial Solar Radiation", *Physical Climatology For Solar And Wind Energy*, s. 56-121, Trieste, İtalya.
- Renewable Energy Policy in IEA countries*, 1998, Volume:II, International Energy Agency Press, Fransa.
- ŞAMİLGİL, E., 1978, "Dünyada ve Türkiye'de Jeotermal Enerjinin Yeri ve Geleceği", *Jeotermal Enerji*, No:2, Ankara.
- Renewable Energy Policy in IEA countries*, 1998, Volume:II, International Energy Agency Press, Fransa.
- RYBOLT, T.R. ve MEBANE, R.C., 1994, *Renewable Energy*, New York.
- SANCHEZ, F., 1995, *Renewable Energies As An Alternative For The Future World*, Granada.
- SERGÜN, Ü., 1984, "Enerji Sorunu ve Kaynaklar", *Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, Sayı: 1, No: 1, s.153-163, İstanbul.
- SERGÜN, Ü., 1988, "Enerji Kullanımında Gelişmeler, Sağlandığı Kaynaklar ve Enerji Kullanımının Yeryüzünde Dağılışı", *Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, Sayı:5, No:5, s. 45-60, İstanbul.
- SERİM,İ.,1979, *Günümüz ve Geleceğin Sorunu Enerji*, Ankara.
- SERPEN, U., 1999, *Jeotermal Enerji*, İstanbul.
- SÜR, O., 1977, *Jeotermal Enerji*, *Ankara Üniversitesi DTCF Dergisi*, Cilt:XXVIII, s.32-43, Ankara.
- ŞAMİLGİL, E., 1992, *Jeotermal Enerji*, İstanbul.
- ŞENER, A.,Y., 1998, *Rüzgâr Enerjisi*, DPT Yayını, Ankara.
- TANOĞLU, A.,1971, *İktisadi Coğrafya Enerji Kaynakları*, İstanbul Üniversitesi Yayın No: 124, Coğrafya Enstitüsü No:6, Dördüncü Baskı, İstanbul.
- Temiz Enerji Vakfı, 1996, *Dünyada ve Türkiye'de Rüzgâr Enerjisinden Elektrik Üretiminin Değerlendirilmesi*, TÜBİTAK, Ankara.
- URAL, G., 1994, "Rüzgâr Enerjisinin Dünyadaki ve Türkiye'deki Durumu" *Türkiye 6. Enerji Kongresi Teknik Oturum Tebliğleri-1*, s. 366-381, İzmir.
- UYAR, T.S., 1994, "Güçlenen Rüzgâr Gelecek On Yılın Enerjisi", MTA Yayını, Ankara.
- UYAR, T.S., 1999, " Enerji Sektöründe Karar Vermede Bilginin Yönetimi: Markal-Makro Enerji-Ekonomi-Çevre Modeli", *Sürdürülebilir Enerji Teknolojilerindeki Gelişmeler ve Türkiye'deki Uygulamaları Konferansı Bildiriler Kitabı*, s. 21-26, Makine Mühendisleri Odası Yayını, İstanbul.
- ÜLTANIR, M.Ö. ve İNAN,D., 1996, *Güneş Enerjisi*, Diyarbakır.
- VEZİROĞLU, V., 1995, "Temiz Enerjiye Doğru", *Ekoloji Çevre Dergisi*, Sayı:16, s.9-12, Ankara.
- [www.ewea.org/documerts/WindForce12](http://www.ewea.org/documerts/WindForce12), 20 Şubat 2004.

- YORGUN, S., ŞENÖZ, S. ve ŞÖLENER, M., 1998, "Biyokütle Enerji Potansiyeli ve Değerlendirme Çalışmaları", *Enerji Dergisi*, Sayı:8, s.27-29, Ankara.
- YÖRÜKEREN, N. ve KATIRCIOĞLU, A., 1997, " Küçük Akarsu Santralleri İle Elektrik Üretimi", *DEKTMK Türkiye 7. Enerji Kongresi 2000'li Yıllara Doğru Beklentiler ve Düşünceler, Teknik Oturum Tebliğleri*, Cilt: III, s. 35-46, Ankara.
- YUNUS, A., 2001 "Dünyada ve Türkiye'de Jeotermal, Rüzgâr ve Diğer Yenilenebilir Enerjilerin Kullanımı", *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi*, s. 1-12, Kayseri.
- YÜCEL, F.B., 1990, "Uluslararası Düzeyde Enerji Endüstrisinin Sorunları ve Üzerindeki Baskılar", *Teknik Oturum Tebliğleri*, Cilt:I, s. 39-52, Ankara.
- YÜCEL, F. B., 1994, *Enerji Ekonomisi*, Ankara.