

Dünya’da ve Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Kullanım Durumu ve Geleceğe Yönelik Beklentiler

İsmail ÖZTÜRK Ahmet ÇELİK

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Erzurum (iozturk@atauni.edu.tr)

Geliş Tarihi : 14.04.2006

ÖZET : Artan dünya nüfusu, modern hayatın getirdiği yenilikler, teknolojinin gelişimi ile birlikte üretilen enerjinin kullanılacağı yeni alanların ortaya çıkması, günümüzün ve geleceğimizin ekme kadar su kadar önemli bir gereği olan enerjiye bağımlılığımızı ve ihtiyacımızı artırırken, bizleri yeni ve yenilenebilir temiz enerji kaynakları bulmaya itmektedir. Bu zorunlulukta fosil yakıt, nükleer güç ve enerjinin savurgan kullanımının yarattığı sorunların farkına varılması da oldukça etkili olmaktadır. Bu durumda sürdürülebilir bir dengenin oluşturulabilmesi için enerji kaynak çeşitliliğinin sağlanması ve konvansiyonel enerji kaynaklarının yanında, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıma sunulması büyük önem kazanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında elektrik üretimi konusunda en fazla ümit veren enerji kaynağı rüzgar olarak görülmektedir. Bu bağlamda pek çok ülke kısa ve uzun vadeli planlarla elektrik enerjisi gereksinimlerinin en az %10'unu rüzgar enerjisinden karşılamayı planlamaktadır. Ülkemiz de dahil olmak üzere hiçbir ülke rüzgar enerjisinin ekonomik değerini kavramaktan ve kullanım yollarını zorlamaktan uzak kalacak kadar zengin değildir. Rüzgar enerjisi yüzyıllardır insanlığa büyük yararlar sağlamış ve yeniden modern atılımlarla bu yararlılığını sürdürebilecek, dünya ve güneş varolduğu sürece tükenmeyecek bir enerji kaynağı durumundadır.

Anahtar kelimeler: Rüzgar enerjisi, rüzgar santralleri, yenilenebilir enerji

Usage of Wind Energy in the World and Turkey, Expectation of the Future

ABSTRACT : Increasing world population, the techniques were caused by modern life and exposing new usage areas of produced energy by approving technology are increasing our future energy needing as bread and water and compelling us to find new and renewable energy resources. These necessities were rather affected from being aware of extravagant fossil fuel and nuclear energy usage problems. Hence, it is very important to be able to form a sustainable energy balance by providing various energy resources and to present renewable energy resources along with conventional resources. In point of producing electricity, wind energy giving best hope among the renewable energy resources. Therefore, many countries are planning to cover 10 % of their electricity energy requirements from wind energy by short and long-term plans. Any country including Turkey is not enough rich to stay away from using and comprehending economical value of wind energy. Wind energy, which had provided many advantages for human beings for centuries and can last its advantages by new and modern progresses, is a kind of resource will not run out as long as lasting world and sun existence.

Key words: Wind energy, wind power plants, renewable energy

GİRİŞ

Enerjinin yeterli, zamanında, kaliteli, ekonomik, güvenilir ve temiz olarak sunumu günümüzde ülkelerin gelişmişlik düzeylerini belirleyen en önemli göstergelerden biridir. Sanayinin olduğu kadar halkın günlük yaşantısının da en önemli girdilerinden olan enerjiye talep nüfus ve sanayileşmedeki hızlı artış paralelinde sürekli olarak artarken, enerji kaynakları da hızlı bir şekilde tükenmektedir. Bunun tabii sonucu olarak ta enerji üretim ve tüketimi arasındaki fark gün geçtikçe açılmaktadır.

Enerjinin yalnızca toplumların temel yaşam gereksinimlerinin karşılanmasında değil, uluslar arası politikalara yön verilmesinde de etkili bir güç olduğu savı, her geçen gün biraz daha kuvvetlenmektedir. Fosil yakıt rezervlerinin yakın gelecekte tükeneceği gerçeği ve enerji maliyeti, yaşamın olmazsa olmaz şartı konumunda olan enerji üretim ve tüketiminde çok ciddi yaptırımları ve araştırmaları zorunlu kılmaktadır. Bu da enerji tasarrufuna, mevcut kaynakların verimli kullanımına, enerjinin geri kazanılmasına ve jeotermal enerji, rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına ne ölçüde önem vermemiz gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır.

Günümüzde maliyet unsuruna dayalı fosil yakıt ile yenilenebilir enerji kaynakları arasındaki tercihin gelecekte yenilenebilir kaynaklar yönünde ağırlık kazanacağı kaçınılmaz bir gerçektir.

Sanayileşmiş ülkeler, geçmişteki tecrübeleri sonucunda, enerjinin üretim ve kullanım etkinliğini arttırmak ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanımını desteklemek üzere çeşitli önlemler almışlardır. Çevre Bakanlıkları ve benzeri kamu kuruluşları tarafından konulan kısıtlar altında, küresel endişeler nedeniyle ortaya çıkacak olan maliyetlerden kaçınmalarını mümkün kılmak üzere, kirleticiler ve enerji üretiminde etkin olmayan teknolojilerin ülkelerinde satılmasını engelleyen standartlar geliştirmişlerdir.

Genel ölçekte bakacak olursak dünyadaki enerji talebi her yıl % 4-5 civarında artmakta, bununla birlikte elektrik enerjisinin üretilmesinde büyük oranda kullanılan fosil yakıtların da giderek tükendiği görülmektedir. Günümüzün başlıca enerji kaynaklarından olan fosil yakıtların 1996 yılı rakamlarına göre rezerv durumları incelendiğinde, kömür 235 yıl, petrol 43 yıl, doğal gazın ise 66 yıl

sonra tükeneyeceği tahmin edilmektedir. Hatta bazı bilim adamları petrol rezervlerinin 2030 yılında mevcut ihtiyacı karşılayamayacağını dile getirmektedirler. Bununla birlikte, yıllar geçtikçe yeni rezervler bulunmakta veya teknolojinin gelişmesiyle eskiden ekonomik olmayan kaynaklar da buna katılmaktadır. Günümüzde, dünya’da fosil yakıtların tüketim hızı doğal fosil oluşum hızınının 300 000 katı kadardır. Diğer bir deyişle bir günde bin yıllık oluşumu tüketmekteyiz. Bu gidişle rezervlerin tükenmesi kaçınılmazdır. Bunun yanı sıra sanayi devriminden bu yana atmosferdeki CO₂ oranının yaklaşık % 30 oranında arttığı göz önüne alınırsa fosil yakıt tüketiminin artık sımira geldiği çok iyi anlaşılacaktır (Özkurt, 2000; Tezcan, 2000).

Bilindiği gibi yeryüzünde mevcut bütün enerji kaynaklarının kullanılarak elektrik enerjisine dönüştürülmesi, o kaynağın kendine özgü niteliği, zenginliği ve cinsine göre değişmektedir. Bu kaynakların bazılarını ulaşmak için çok büyük masrafları göze almak gerektiği gibi hiçbir maliyet gerekmeden ulaşılabilen kaynaklar da mevcuttur. Ancak, bu kaynakların her birini işlemek için ayrı bir yol ve her bir yolun da ayrı bir maliyeti olacaktır.

Dışa kapalı, plancı ekonomilerde enerji üretimi çoğu zaman “olmazsa olmaz” zihniyeti ile çok fazla derinlemesine inilip maliyet/fayda analizleri yapılmadan hemen erişilebilir ve üretim teknolojisi hazır kaynaklara dayandırılmaktaydı. Ancak, dünya genelinde bütün ülke ekonomilerinin ister-istemaz liberalleşmeye doğru gittikleri 1990’lı yıllardan beri elektrik üretimi için kullanılan enerji kaynaklarının çok detaylı fiyat/maliyet analizleri yapılarak toplam maliyeti en düşük olan enerji kaynaklarına doğru bir yönelme olmuştur.

Bu gelişim içinde devletlerin rolü hangi enerji türünün kullanılacağından ziyade, hangi enerji türünün kullanımının yaygınlaştırılması ve hangi üretim teknolojisinin bilimsel araştırma ve geliştirme çalışmalarının daha çok desteklenmesi gerektiği yönünde olmuştur. Bu durumda akla gelen yeni enerji kaynakları; yenilenebilir enerji kaynakları ve nükleer enerjidir. Ancak, hem dünyada hem de ülkemizde nükleer enerjinin kullanımı konusunda tam bir güven olmaması ve geçmişte yaşanan bazı kazalar, yenilenebilir olan enerji kaynaklarını ön plana çıkarmıştır (Tezcan, 2000). Nitekim, 20. yüzyılın başında dünyada üretilen enerjinin % 90’ı kömürden elde ediliyorken, 1950’lerden sonra bu oran %60’a inmiştir. Günümüzde ise enerjinin hemen hemen yarısı petrolden, %35’i kömürden, %15’i ise doğal gaz, güneş, rüzgar, nükleer v.b. alternatif enerji kaynaklarından elde edilmektedir (Akyüz, 2000).

Gerek fosil yakıt kaynaklarının yakın gelecekte ihtiyacı karşılamayacak kadar sınırlı oluşu, gerekse hava kirliliği ve asit yağmurları sonucu sera etkisi

şeklinde ortaya çıkan çevresel sorunlar nedeniyle, yenilenebilir enerji kaynakları tüm dünyada giderek artan bir ilgi ile karşılanmakta ve enerji gereksiniminin karşılanmasında önemli bir kaynak olarak görülmektedir. Bu bağlamda pek çok ülke 2010 yılında elektrik enerjisi gereksiniminin %10’ unu rüzgar enerjisinden karşılamayı planlamaktadır. Çünkü rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütle ve dalga gibi yenilenebilir enerji kaynakları arasında en yaygın olan ve teknolojisi en hızlı gelişen bir enerji kaynağıdır. Bu nedenle, pek çok ülke ulusal programlar ve teşvikler uygulayarak rüzgar enerjisi teknolojisini geliştirmeye çalışmaktadır (Özdem, 2003).

Rüzgar enerjisi aslında yeni değildir. 2000 yıl önce su ve rüzgar değirmenleri dünyanın ilk endüstrilerine güç sağlamıştır. Günümüzde, yeni teknoloji ve yeni malzemelerle, rüzgar türbinleri bizlerin aydınlatma, ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarımızı karşılamaya yönelik olarak kullanılmaktadır. Halen dünyada 20000 ‘in üzerinde olan rüzgar türbinlerinin çoğu, rüzgar çiftlikleri denilen alanlarda, belli bir kapasitede elektrik üretmek amacıyla kullanılmaktadır.

DÜNYADA RÜZGAR ENERJİSİNİN DURUMU

Nükleer ve yenilenebilir enerjilerin katkılarına rağmen, dünya hala fosil enerji çağında bulunmaktadır. Fosil yakıtlar – kömür, petrol ve doğal gaz – birincil enerji kaynaklarıdır. Elektrik üretiminde kömür egemendir, petrol taşıma yakıtları üzerinde neredeyse tekeldir, ve doğal gaz, gelişmekte olan ülkelerde biyokütle enerjisinin önemli katkısı ile, kışın ısıtma için kullanılan en yaygın yakıttır. Küresel bazda dünyanın birincil enerjisinin % 75’ ini fosil yakıtlar ve %13’ ünü biyokütle enerjisi oluşturmaktadır (Uyar, 1999).

Rüzgar enerjisinden elektrik enerjisi üretimi ilk olarak 1891 yılında Danimarka’da gerçekleştirilmiştir. Bundan kısa bir süre sonra da Amerika Birleşik Devletleri’nde yel değirmenlerinin küçük güçteki rüzgar türbinlerine dönüştürüldüğü ve elektrik enerjisi üretildiği bilinmektedir. Fosil yakıtların ucuzluğu nedeniyle yeterli seviyede benimsenmeyen rüzgar enerjisi, 1970’ li yıllardaki petrol krizi ile birlikte gündemde yer almaya başlamıştır. Bu doğrultuda rüzgar enerji santrallerinin kurulması çalışmaları hızlanmış ve rüzgar türbinlerinin imalatında seri üretime geçilmiştir. Önceleri kara parçaları üzerinde oluşturulan bu santraller kıyı açıklarına yani deniz üzerine de kurulmaya başlamıştır (Özdem, 2003).

Rüzgar santralleri kurulu gücünün dünya pazarında, 1990-2004 yılları arasındaki yıllık büyüme payı Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Rüzgar enerjisinin 1990-2004 yılları arası dünya pazarındaki büyüme oranı (Ültanır, 2004).

Yıl	Kurulu Güç, MW	Artış %	1990 Yılına Göre Artış %
1990	2160	-	
1995	4843	124 (5 yıllık)	124
2000	16461	240 (5 yıllık)	662
2001	23271	41.4 (yıllık)	977
2002	29140	25.2 (yıllık)	1249
2003	37220	27.7 (yıllık)	1623
2004 (yarısı)	40530	8.9 (1/2 yıllık)	1776

1990 yılında dünyanın rüzgar kurulu gücü 2160 MW iken, 2004 yılı ilk yarısı itibariyle, kurulu rüzgar santrallerinin nominal gücü 40530 MW olmuştur. Yani 14 yılda 18 katlık bir artış sağlanmıştır.

2011 yılı için yapılan projeksiyonlar doğrultusunda dünyadaki toplam rüzgar enerjisi kurulu gücünün 179392 MW olacağı düşünülmektedir. Burada en büyük katkının Avrupa kıtasından geleceği varsayılmıştır (Özerdem, 2003).

Bu tahminler yapılırken analiz edilen dinamikler şunlardır:

- Ülkelerin rüzgar enerjisi potansiyelini belirlemeye yönelik çalışmaları,
 - Ülkelerin şimdiye kadar gerçekleştirdikleri büyüme,
 - Ülkelerin yenilenebilir enerji kaynakları için verdikleri destek ve ulusal enerji planlamaları.
- Dünyanın toplam elektrik üretim kapasitesi ve bunun içerisinde rüzgar enerjisi payı, yıllara göre, Çizelge 2' de verilmiştir.

Çizelge 2. Dünyada kurulu elektrik gücü ve rüzgar elektriğinin payı.

Yıl	Tüm Elektrik Kapasitesi GW	Rüzgar Elektrik Kap. GW	Rüz. Elk. Payı %	Toplam Elektrik E. TWh	Rüzgar Enerjisi TWh	Rüz. Enerjisi Payı %
1997	3 221	7.64	0.24	13 949	15.39	0.11
1998	3 298	10.24	0.31	14 340	21.25	0.15
1999	3 377	14.16	0.42	14 741	28.18	0.19
2000	3 458	18.65	0.54	15 153	37.30	0.25
2001	3 540	25.48	0.72	15 577	50.27	0.32
2002	3 625	31.68	0.87	15 951	62.77	0.39

Dünya kurulu elektrik gücü incelendiğinde 1997-2002 yılları arasında toplam elektrik kapasitesinde % 12.5' lik bir artış gözlenirken, aynı yıllarda rüzgar elektrik kapasitesinde % 315 lik bir artış olmuştur. Benzer şekilde, toplam elektrik enerjisi üretimindeki artış % 14 iken, rüzgar enerjisinden elektrik üretimindeki artış % 308 olmuştur.

Günümüzde, rüzgar enerjisi endüstrisinde, bir yandan 600 kW büyüklüğündeki orta boy makineler seri olarak üretilirken bir yandan da MW büyüklüğündeki tasarımlar üzerinde çalışılmaktadır. Mevcut kurulu kapasitedeki 500-600 kW' tan 1.5 MW' a olan artış, çarpıcıdır. Bu yönde, 1990 dan bu yana çok hızlı bir gelişme gerçekleşmiştir. Büyük ünitelerin ortaya çıkışı, endüstrinin büyük boyuttaki deniz üstü uygulamalara elverişli olmasından dolayı, zamanında gerçekleşmiştir (Uyar, 1999).

Son yıllarda rüzgar enerjisinin en başarılı pazarları, özellikle Danimarka, Almanya ve İspanya olmak üzere Avrupa ülkeleridir. Hindistan, Çin ve

Güney Amerika gibi bazı gelişmekte olan ülkelerin yanı sıra ABD' de de bu teknolojinin kullanımında bir sıçrama görülmektedir. Rüzgar gücünün büyümesi dünya çapında olurken, en hızlı gelişimin Avrupa, Kuzey Amerika ve Çin'de gerçekleşmesi beklenmektedir (Uyar, 1999).

Uluslararası Enerji Ajansı dünyanın 2020 yılına kadar elektrik tüketiminin iki misli artacağını öngörmektedir. Gelecekte elektriğe olan talep artışı, 20 yılda dünyanın elektrik talebinin % 10' unu karşılamayı hedefleyen rüzgar gücünün yılda 2500-3000 TWh' lik elektrik enerjisi üretmesi gerektiği anlamına gelmektedir. %10' luk hedefe ulaşabilmek için 2004 ile 2010 arasında yıllık %30' luk bir büyüme kaydedilmesi gerekmektedir. 2010 yılından itibaren ise rüzgar gücünün % 20' lik yıllık büyüme oranları gerçekleştiğinde, 2020 yılı dünya elektrik enerjisi talebinin % 10' u rüzgar enerjisinden sağlanabilecektir. 2040 yılında ise rüzgar gücü dünya elektriğinin %20 sini üretebilir duruma gelecektir (Uyar, 1999).

Dünyadaki rüzgar kaynakları hiç bir zaman elektrik üretimi için rüzgar gücü kullanımını sınırlayan bir faktör olmayacaktır. 2020 yılına kadar dünya elektriğinin %10’ u rüzgar gücüyle sağlansa bile rüzgar potansiyelinin çoğu hala kullanılmamış olacaktır.

ABD’ de, rüzgar gücünün enerji üretimine yönelik kullanımına ilgi giderek artmaktadır. Kırsal bölgelerin çoğunda öğretmenler başta olmak üzere halk, rüzgar gücünün elektrik üretiminde kullanılması üzerine bilinçlendirilmektedir. ABD’ nin toplam elektrik üretiminin % 0.1’ i rüzgar

enerjisinden karşılanmaktadır. Bu değer Danimarka’nın üretiminin %10’ una eşdeğerdir. Enerji Bakanlığı, 2020 yılında rüzgar enerjisinin toplamdaki payını % 5’e çıkarmayı hedeflemektedir. Ulusal Rüzgar Teknolojisi Merkezi verilerine göre, rüzgarın "Suudi Arabistan"ı olarak nitelenen ABD’ de, enerji gereksiniminin üçte biri rüzgardan elde edilebilecek düzeydedir (Anon., 2001a).

Avrupa’da rüzgar enerjisi kullanımında ileri bazı ülkelerin rüzgar kurulu gücünün (MW) yıllara göre değişimi Çizelge 3’ te verilmiştir.

Çizelge 3. Avrupa’daki bazı ülkelerin rüzgar kurulu gücünün (MW) yıllara göre değişimi .

Ülkeler	1999	2000	2002	2003
Danimarka	1448	1606	2417	3124
Fransa	19	22	78	145
Almanya	2875	3817	8754	14646
İtalya	154	227	697	904
Hollanda	361	405	493	688
Portekiz	60	60	125	303
İspanya	707	1180	3337	6207
İsveç	165	197	290	328
İngiltere	163	350	474	655
Yunanistan	39	79	272	375
TOPLAM	6008	8048	17101	27375

Son yıllarda rüzgar türbinlerindeki hızlı gelişim beraberinde büyük enerji miktarlarının bu santraller tarafından üretilebileceği gerçeğini ortaya koymuştur. Bu gelişimle beraber rüzgar santralleri Avrupa ülkelerindeki karar vericilerin gündeminde önemli bir yer almıştır. Bunun sayesinde, Çizelge 3’te de görüldüğü gibi, 1999 yılı itibariyle belirtilen Avrupa ülkelerinin toplam kurulu gücü 6008 MW’ iken bir yıl sonra bu değer %34 artışla 8048 MW’a ulaşmıştır. Bu artış oranı 2000-2002 arası için %113, 2002-2003 arası için ise %60 olmuştur. Bu hızlı büyüme dikkate değerdir. Daha da önemlisi Almanya’nın 1999’daki mevcut kurulu gücünü 5 kat artırarak 2003 yılında 14646 MW güce tek başına ulaşmasıdır (Özdem, 2003; Uyar, 1999; Özkurt, 2000; Anon., 2000; Çubukçu, 2004).

Avrupa’daki bu hızlı gelişimin nedeni, 1999 yılı sonu itibariyle kamu bankalarının en az on tanesinin ve kamu hizmet şirketlerinin en az yirmi tanesinin, Danimarka’da ise 100000’den fazla bireyin kişisel yatırımlarını rüzgar enerjisi sektörüne yapmasıdır. Rüzgar endüstrisi sadece Danimarka’da 8500 kişiye, Danimarka dışında ise 4000 kişiye iş olanağı sağlamıştır (Özkurt, 2000). Şu anda rüzgardan elde edilen elektrik Avrupa’nın ihtiyacının % 2’ sini karşılamaktadır. Tüm dünyada bu oran ancak % 0.4’ tür (Özdem, 2003).

Bugün Avrupa’nın toplam enerji ihtiyacı %50 oranında ithal petrole bağlıdır. Önümüzdeki 20-30

yılda bu bağımlılığın %70 oranlarına çıkacağı düşünüldüğünde, yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgarın kullanımının, çevresel kaygıların yanında politik zorunluluklarla yaygınlaştırılacağı beklenmektedir.

Avrupa’da 2000 yılında kurulmaya başlanılan açık deniz rüzgar parkları, elektrik ihtiyacını karşılama konusunda ek bir potansiyel yaratmıştır. Hem deniz, hem de karadaki rüzgar kaynakları 2020 yılında beklenen elektrik talebinin % 20’sinden daha fazlasını karşılamaya yeterli olacaktır. Gelişen teknoloji ve azalan maliyetler bu tabloyu önemli ölçüde iyileştirecektir (Anon., 1999). Danimarka hükümeti 2030 yılına kadar enerjisinin %50’sini rüzgardan karşılamayı hedeflemektedir. Dünyadaki diğer ülkeler ise rüzgar enerjisi ile elektrik üretimlerinin %20’sini karşılayacak şekilde planlamalar yapmaktadır.

1994 – 2000 yılları arasında Avrupa’da kurulu rüzgar enerjisi kapasitesi yılda %40 oranında artmıştır. Bugün Avrupa’daki rüzgar enerjisi projeleri ile 5 milyon civarında insanın yerel gereksinimlerini karşılayacak yeterlilikte elektrik üretmektedir.

Rüzgar enerjisi endüstrisi Avrupa için 2010 yılına kadar 40000 MW üretim kapasitesine ulaşma hedefini koymuştur. Bu hedefe ulaşılmasıyla yaklaşık 50 milyon insana elektrik sağlanacaktır. “2010 da 40000 MW” kampanyası, Avrupa Komisyonu’nun “AB ‘deki Yenilenebilir Enerji Kaynakları için

Beyaz Rapor” ‘u tarafından da desteklenmektedir. Bu raporda yapılan değerlendirme, öngörülen bu hedeflere erişilebileceğini göstermektedir. 2020 yılı hedefi ise 100000 MW’ tır (Uyar, 1999).

Teorik olarak rüzgar enerjisi tüm Avrupa’nın elektrik ihtiyacını sağlayabilecek düzeydedir (Çizelge 4). Pek çok Avrupa ülkesindeki çalışmalar, elektrik şebekesinin işleyiş ve yapısında herhangi bir değişiklik yapmadan, elektrik talebinin % 10-20’

sinin rüzgar türbinleri ile karşılanabileceğini göstermiştir. Avrupa’da kara ve deniz üzerindeki rüzgar potansiyeli 2020 yılı için öngörülen elektrik talebinin % 20’ sinden fazlasını karşılamaya yetecektir. Özellikle deniz üstü projeler için iyileştirilmiş teknoloji ve daha ucuza mal olan temeller bu değeri önemli ölçüde artıracaktır (Uyar, 1999).

Çizelge 4. Bazı Avrupa ülkelerinde rüzgar için yöre ve teknik potansiyel (Van Wijk, 1993)

EİKT-Avrupa	Toplam Yüzölçüm 1000 km ²	Potansiyel Rüzgar Sınıfı>3 1000 km ²	Yöre Potansiyeli km ²	Teknik Potansiyel	
				GW	TWh/yr
Danimarka	43	43	1720	14	29
Finlandiya	337	17	440	4	7
Fransa	547	216	5080	42	85
Almanya	357	39	1.400	12	24
İngiltere	244	171	6840	57	114
Yunanistan	132	73	2640	22	44
İzlanda	103	103	2080	17	34
İrlanda	70	67	2680	22	44
İtalya	301	194	4160	35	69
Hollanda	41	10	400	3	7
Norveç	324	217	4560	38	76
Portekiz	92	31	880	7	15
İspanya	505	200	5160	43	86
İsveç	450	119	2440	20	41
Türkiye	781	418	9960	83	166

TÜRKİYE’NİN RÜZGAR ENERJİSİ DURUMU

Ülkemizde rüzgar enerjisi ile ilgili çalışmalar 1996 yılında başlamıştır. Üç türbinden oluşan ve 1.5 MW kurulu güce sahip olan ilk santral 1998 yılında Germiyan’da kurulmuş ve aynı yıl "Oto prodüktör" statüde üretime başlamıştır. Alaçatı’da toplam 7,2 MW (12x600 kW) kurulu güce sahip ikinci santral yine aynı yıl kurulmuştur. 2000 yılında ise Çanakkale Bozcaada’da toplam kurulu gücü 10.2 MW (17x600 kW) olan diğer bir santral kurulmuştur. Toplam kurulu gücü 17.4 MW olan son iki santral "Yap-İşlet-Devret" modeliyle üretim yapmaktadır. Yıllık toplam üretimi 54 GWh olan her üç santral 25 milyon dolara mal olmuştur. Bu santrallerden elde edilen yıllık

elektrik enerjisi toplam üretim içerisinde çok düşük bir düzeyde kalmaktadır. 2003 yılında ise Çatalca’da 1.2 MW gücünde ve otoprodüktör statüde bir santral daha kurulmuş ve toplam kurulu güç 20.1 MW’a çıkarılmıştır (Özerdem, 2003, Ültanır, 2004).

Ülkemizde yaklaşık 300 noktada rüzgar elektriği üretmeye yönelik ölçümler yapılmaktadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) tarafından bugüne kadar değerlendirilen 39 adet Rüzgar Enerjisi Santrali projesi ile birlikte fizibilite çalışmaları yapılmış olarak beklemekte olan 16 Yap-İşlet-Devret (YİD) modeli santrallerin yerleri Çizelge 6 ve 7’de gösterilmiştir (Özerdem, 2003; Uyar, 1999; Kaplan, 2000; Anon., 2002).

Çizelge 5. Türkiye’ nin rüzgar kurulu gücü (Ültanır, 2004)

Santralin Adı	Kuruluş Yılı	Gücü (MW)	Yeri
Delta Plastik Otoprodüktör	1998	1.5	İzmir - Çeşme - Germiyan
ARES Güçbirliği Holding BOT	1998	7.2	İzmir - Çeşme - Alaçatı
BORES Demirer Holding BOT	2000	10.2	Çanakkale - Bozcaada
Sanjüt Sanayi Otoprodüktör	2003	1.2	İstanbul - Çatalca
Toplam		20.1	

Çizelge 6. Türkiye’de fizibilite çalışmaları yapılmış ve kurulma hazırlıkları sürdürülen rüzgar enerji santralleri.

Projenin Adı	Başvuran Firma	Yeri	Gücü MW	Yıllık Üretim (kWh)x10 ⁶
Kocadağ R. Santrali	AS MAKİNSAN	İzmir-Çeşme-Kocadağ	50.40	135.50
Kocadağ R. Santrali	MAGE A.Ş.	İzmir-Çeşme-Kocadağ	26.25	80.10
Mazıdağı-1 R. Sant.	DEMİRER HOL. A.Ş.	İzmir-Çeşme-Alaçatı	39.00	131.20
Mazıdağı-2 R. Sant.	DEMİRER HOL. A.Ş.	İzmir-Çeşme	90.00	275.90
Mazıdağı-3 R. Sant.	YAPISAN LTD.	İzmir-Çeşme	39.60	131.20
Çeşme R. Santrali	PROKON	İzmir-Çeşme	12.00	35.30
Çanakkale R. Santrali	AS MAKİNSAN	Çanakkale	30.00	76.10
İntepe R. Santrali	INTERWIND	Çanakkale-İntepe	30.00	77.00
Gökçeada R. Santrali	SİMELKO	Çanakkale-Gökçeada	5.00	15.00
Bandırma R. Santrali	ATLANTİS TİC.	Balıkesir-Bandırma	15.00	40.50
Kapıdağ R. Santrali	AS MAKİNSAN	Balıkesir-Erdek	35.00	105.00
Datça R. Santrali	DEMİRER HOL. A.Ş.	Muğla-Datça	28.80	84.00
Yalıkavak R. Santrali	ATLANTİS TİC.	Muğla-Bodrum Yalıkavak	7.92	21.00
Akhisar R. Santrali	AK-EN (SASAŞ İN.)	Manisa-Akhisar	12.00	37.60
Akhisar R. Santrali	DEMİRER HOL. A.Ş.	Manisa-Akhisar	30.00	92.40
Belen R. Santrali	TEKNİK TİCARET	Hatay-Belen	34.00	120.00

Çizelge 7. Türkiye’de kurulma hazırlıkları sürdürülen rüzgar enerji santralleri.

Projenin Adı	Başvuran Firma	Yeri	Gücü MW
Datça Rüzgar Santrali	ATLANTİS TİC.	Muğla-Datça	12.54
Beyoba Rüzgar Santrali	ATLANTİS TİC.	Manisa-Akhisar Beyoba	7.92
Karaburun Rüzgar Santrali	ATLANTİS TİC.	İzmir-Karaburun	22.50
Hacıömerli Rüzgar Santrali	DEMİRER HOL. A.Ş.	İzmir-Hacıömerli	45.00
Yaylaköy Rüzgar Santrali	MAGE A.Ş.	İzmir-Karaburun	15.00
Lapseki Rüzgar Santrali	ATLANTİS TİC.	Çanakkale-Lapseki	15.00
Şenköy Rüzgar Santrali	AKFIRAT A.Ş.	Hatay-Şenköy	12.00
Kumkale Rüzgar Santrali	DEMİRER HOL. A.Ş.	Çanakkale-Kumkale	12.60
Karabiga Rüzgar Santrali	AS MAKİNSAN	Çanakkale-Karabiga	15-50
Yellice Belen Rüzgar Santrali	AS MAKİNSAN	Hatay-Yellice-Belen Karaburun	70.100
Zeytinbağ Rüzgar Santrali	DERYALAR LTD.	Bursa-Zeytinbağ	30-60
ÇERES (Çeşme) Rüzgar Santrali	INTERWIND LTD.	İzmir-Çeşme	18-25.5
Taştepe Rüzgar Santrali	FORA A.Ş.	Bandırma-Taştepe	37.80
Kocaali Rüzgar Santrali	DERİN LTD.	Tekirdağ-Şarköy	31.20
Topdağ Rüzgar Santrali	DERİN LTD.	Sinop	33.00
Paşalimanı Rüzgar Santrali	AS MAKİNSAN	Balıkesir-Kapıdağ, Marmara	9.00
Seyitali Rüzgar Santrali	DERİN LTD.	Aliğa	51.00
Güzelyer Rüzgar Santrali	ENDA A.Ş.	İzmir-Çeşme	50.40
Yenişakran Rüzgar Santrali	YAPISAN İNŞ. LTD.	Aliğa-Bahçedere	54.00
Ekinli Rüzgar Santrali	DERYALAR LTD.	Bandırma- Karacabey	39.60

Ağır fosil yakıtlarına olan bağımlılık yüzünden, ekonomi, çevre ve sağlık açısından büyük zararlar görmekte olan Türkiye’de, 1-2 yıl içinde devreye girebilecek en az 2500 MW gücünde yerli, temiz ve yenilenebilir rüzgar enerjisi projesi Enerji Bakanlığı’nda bekletilmektedir. Türkiye’nin rüzgar enerjisi yatırımları ilk rüzgar santralının devreye girdiği 1998’ den bu yana ne yazık ki halen 20 MW’ ta kalmıştır.

Çizelge 6’ da, fizibilite çalışmaları yapılmış 16 rüzgar enerjisi santralinden İzmir ili çevresinin toplam 257.25 MW kurulu kapasite ile Türkiye genelindeki 498.05 MW’ lık yeni rüzgar gücünün % 52’ sine sahip olduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla %13 ile Çanakkale, %10 ile Balıkesir, %10 ile Muğla, % 8 ile Manisa ve % 7 ile Hatay illeri takip etmektedir.

Türkiye’deki rüzgar enerjisi kaynakları teorik olarak Türkiye’nin elektrik ihtiyacının tamamını

karşılayabilecek yeterliliktedir. EİKT tarafından Avrupa Ülkelerinde rüzgar enerjisi potansiyelinin bir özeti verildiği Çizelge 4' te görüldüğü gibi Türkiye, Avrupa'da rüzgar enerjisi potansiyeli en ümit verici olan ülke durumundadır. Buna rağmen yapılan çalışmaların geç başlaması ve yeterli olmaması ülkemizin bu konuda istenilen düzeyde olmamasına yol açmıştır (Özkurt, 2000).

Ülkemizin rüzgar santralleri ile ilgili teknik potansiyelinin 83.000 MW olduğu düşünülmektedir. Bu değer, Türkiye'nin bir an önce kullanması gereken önemli bir rüzgar enerjisi potansiyeli olduğunu göstermektedir. Bu potansiyel, rüzgar enerjisi üretimi ve kullanımının %30 kapasite (2628 h/yıl) ile yapıldığı dikkate alındığında, yıllık 218 milyar KWh enerji üretimine denk gelmektedir (Özkat, 2000). Bu, Türkiye'nin şu andaki toplam enerji ihtiyacının bu santrallerden karşılanabileceği anlamına gelmektedir. Ancak, meseleye maliyet açısından bakılacak olursa, Türkiye'nin ekonomik olarak sahip olabileceği kurulu güç en az 20.000 MW olup, bu güçten üreteceği enerji miktarı 53 milyar KWh' tır. Buna jeotermal ve güneş enerjisini ilave edersek ciddi boyutta bir enerji kapasitesinin boşa gitmekte olduğu görülmektedir. Ayrıca, Avrupa Birliğinde üzerine 83.000 MW türbin monte edebilecek arazisi olan başka bir ülke yoktur. Danimarka'da kara bitmiş, artık denize montaj başlamıştır. Bir süre sonra Almanya'da da kara bitecektir. Türkiye'nin ise bu amaçla kullanılabilir 8500 km deniz kıyısı vardır.

Türkiye'de rüzgar enerjisi gelişimini desteklemek üzere kurulan, Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği (TÜREB) kuruluşundan sonra yatırımcıları, akademisyenleri, imalatçıları ve konuyla ilgilenen herkesi bir araya getirme çabası sarf etmektedir. 1996 yılında ETKB'nin Türkiye'de rüzgar enerjisi kullanımına ilişkin politikasının pek iyimser olmaması ve bunun paralelinde yapılan resmi açıklamalar, Türkiye'de rüzgar enerjisi gelişimine pek şans tanınmamıştır. Buna rağmen son yıllarda Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği'nin çabaları ve ETKB ile Elektrik İşleri Etüd İdaresinin (EİEİ) TÜREB'in çalışmalarına katılımı sonrası Türkiye'deki rüzgar enerjisi potansiyeli kabul görmeye başlamıştır.

Türkiye'de rüzgar enerjisinin gelişiminin önündeki sorunları belirlemek üzere Kocaeli

Üniversitesi Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Teknolojileri Araştırma Birimi tarafından 3 adet Uluslararası Rüzgar Enerjisi Atölye Çalışması düzenlenmiştir. Bu atölye çalışmalarına katılanlar daha sonra uzun süreli ortaklıklar kurmuş ve Türkiye'de rüzgar enerjisi kullanımı çalışmaları yaygınlaşmıştır. Kocaeli Üniversitesi YEKAB birimi tarafından İstanbul'da koordinasyonu ve tasarımı yapılan 2 adet uluslararası enerji teknolojileri fuarı kamuoyu ve karar vericilere modern rüzgar türbinlerinin gelişmişliğini göstermiştir.

YEKAB'a göre, rüzgardan üretilen elektriğe, kirlenici emisyonlar olmadan üretilecek elektriğin çevresel yararlarını yansıtan, hakça bir bedel ödenmesi, iyi organize olmuş bir kurumsal alt yapı ve rüzgar enerjisinin planlama yönetmeliklerinin hazırlanması durumunda, Türkiye'de rüzgar enerjisi kurulu gücünün gelişiminde belirlenen hedeflere kolayca ulaşılabilecektir (Uyar, 1999). YEKAB tarafından öngörülen, Türkiye'de rüzgar enerjisi için mümkün hedefler Çizelge 8' de verilmiştir.

Çizelge 8. Türkiye'de rüzgar enerjisi için mümkün hedefler (YEKAB).

Yıl	Kurulu Kapasite, MW
2010	10 000
2020	20 000

Türkiye'de, 1999 yılında 81.900 GWh' i fosil enerji santrallerinde olmak üzere, 116.600 GWh elektrik üreten 27.752 MW kurulu toplam kapasitede enerji santrali bulunmaktaydı. TEAŞ'ın 2010 yılı elektrik üretimi projeksiyonu 294.530 GWh'tir, bunun 229.143 GWh'lik kısmı fosil yakıt santrallerinde üretilmektedir. 2010 yılı için %10 rüzgar enerjisi hedefi 6.547 MW rüzgar türbini kurulmasını mümkün kılacaktır (Anon., 2001b).

Rüzgar enerjisine gereken önem verilerek pazar yaratıldığında, Türkiye'de endüstri rüzgar santrallerinin imalatına kolayca adapte olabilecektir. Yeni kurulan rüzgar çiftliklerinin kuleleri yerli üretimle olarak imal edilmeye başlanmıştır. ETKB'nin gelecek yıllar için öngördüğü kurulu güç kapasitesi içinde rüzgar enerjisi kullanımıyla oluşturulabilecek üretim kapasitesi payları Çizelge 9'da verilmiştir.

Çizelge 9. Öngörülen toplam kurulu kapasitenin % si olarak rüzgar enerjisi payı.

ETKB'nin Elektrik Kapasitesi Öngörümü		YEKAB Kurulu Güç Hedefleri
Yıl	Kurulu Kapasite MW	Toplam Kurulu Kapasitenin % si Olarak Rüzgar Payı
2010	65 000	15.38
2020	110 000	18.18

Türkiye’de dengeli bir dağılımla seçilen 20 meteoroloji istasyonu çevresinde Türkiye Rüzgar Atlası çalışmaları Dr. Tanay Sıdkı Uyar ve çalışma arkadaşları (Kocaeli Üniv. Teknik Eğitim Fak. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynak ve Tekn. Araştırma Birimi) tarafından 1989 yılında tamamlanmıştır. Bu çalışma, meteoroloji istasyonlarında toplanan verilerin rüzgar enerjisinden yararlanmak amacıyla yapılacak çalışmalarda kullanılabilen düzeyde temsil edilmediğini kanıtlamıştır (Uyar, 1999).

1999 yılından günümüze kadar Türk DeWind Ltd. hem ulusal hem de uluslararası kuruluşlar adına Türkiye çapında 84 rüzgar ölçüm direği dikmiş ve Alman Rüzgar Enerjisi Enstitüsü (DEWI) ile Yunan Rüzgar Enerjisi Enstitüsü (CRES) gibi tanınmış birimlerle yapılan işbirliği sonucunda yaklaşık 600 noktada rüzgar ölçümleri yapılmıştır (Anon., 2001b).

Kişi başına düşen 1850 kWh enerji ile, 2225 kWh’lık dünya ortalamasının bile altında bulunan, Avrupa Birliği’nden üç; ABD, Kanada ve Japonya’dan 6 kat geride olan Türkiye’nin enerji gereksinimini karşılamadan gelişmiş ülke olması mümkün değildir. Ayrıca, çevre kirliliği yüksek olan Türkiye’nin rüzgar enerjisi alanında beklenen yolu alması bir zorunluluktur.

SONUÇ

Enerji, insanlığın geçmişten geleceğe taşıdığı en önemli gereksinimdir. Dünya enerji tüketiminin yaklaşık %90’nın karşılandığı fosil kaynakların gelecekte tükenen olması gerçeği, ülkeleri yeni enerji kaynaklarının bulunması ve mevcut kaynaklarının daha verimli kullanılmasına zorlamaktadır.

Rüzgar Enerjisi, özelliği gereği çevreye en az zarar veren, dolayısıyla dış maliyetleri en düşük enerji kaynağıdır. Rüzgar enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren teknolojisi büyük sermaye gerektirirken, işletme giderlerinin çok düşük olması önemli bir avantajdır. Bu aşamada finansman koşullarının iyi olması durumunda, rüzgar enerjisinden elde edilecek elektrik enerjisinin diğer enerji kaynaklarından çok daha ucuza mal edilebileceğini göstermektedir. Dünya genelinde rüzgar enerji santrallerinin diğer enerji kaynakları ile çalışan santrallere göre çok daha geniş bir alanda desteklendiği, çok daha kolay ve iyi şartlarla finansman bulduğu gözlenmektedir.

Çok sayıda rüzgar enerji santraline sahip olan Almanya, Danimarka, Hollanda ve İspanya gibi belli başlı Avrupa Birliğine üye ülkelerin temiz enerji kaynağı olan rüzgar enerjisinden daha fazla yararlanmak için bu alandaki yatırımları ve araştırma geliştirme faaliyetlerini önemli ölçüde destekledikleri

bilinmektedir. Bu ülkelerin uygulamaları belirli bir enerji politikasının varlığını gözler önüne sermektedir. Benzer politikaların ülkemizde de benimsenmesi, bu alanda yapılacak yatırımlara şimdiden yön verilmesi hayati önem arz etmektedir.

Ülkemizin sahip olduğu muazzam rüzgar enerjisi kaynağını artık toplumumuzun hizmetine sunmanın zamanının geldiği düşünülerek, bu yönde sarf edilecek bütün gayretlerin ülke çıkarları için çok değerli olacağı göz ardı edilmemelidir. Kendi ulusal kaynaklarını teknolojik olarak daha fazla kullanabilen ülkelerin gelecekte daha etkin konumlarda olacakları bir gerçektir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından, özellikle rüzgar enerjisinden faydalanma konusu, bu etkin konuma gelmek için gereken parametrelerin başında gelmektedir.

KAYNAKLAR

- Akyüz, O., 2000. Rüzgar Enerjisi ile Diğer Enerji kaynaklarının Fiyat / Maliyet Analiz Raporu, <http://www.egetek.org/pages/news/asmakmaliyet.html>
- Anonymous, 1999. Rüzgar Enerjisi-%10 (2020 Yılına Kadar Dünya Elektrikliğin %10’unu Rüzgar Enerjisi İle Üretmeye Yönelik Bir Plan), <http://www.geocities.com/bulaytekin/ruzgar10/ruzgar10.htm>
- Anonymous, 2000. Avrupa’da Rüzgar Enerjisi, <http://www.entropyenergy.com/avrupa.htm>
- Anonymous, 2001a. Rüzgar Gücünden Enerji Üretimi Yaygınlaşıyor, <http://www.yapiworld.com/>
- Anonymous, 2001b. Türkiye’de Rüzgar Enerjisinin Kullanımı, Bir Alternatif Olarak Rüzgar Enerjisi, <http://www.egetek.org/pages/Wind%20energy%20article.html>
- Anonymous, 2002a. Türkiye’de ve Dünyada Rüzgar Enerjisi Durumu, <http://www.petrolunsonu.org/enerji/ruzgar/verio2.htm>
- Çubukcu, B., 2004. Rüzgar Enerjisi, <http://www.antrak.org.tr/gazete/102004/ta2ee-2.html>
- Kaplan, P., 2000. Rüzgar Esiyor Ama..., Radikal Gazetesi (08.01.2000), <http://www.ilet.gazi.edu.tr/~atabek/sinop/pervin.html>
- Özkat, E., 2000. Yenilenebilir Enerji Güneş, Rüzgar, Jeotermal Kaynaklarının Yaygın Kullanıma Açılabilmesi için Anayasa Değişikliği Önersi, <http://www.egetek.org/pages/news/Gundem21versiyon01.html>
- Özdem, B., 2003. Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Uygulamalarının Gelişimi ve Geleceği, Türkiye 9. Enerji Kongresi, 24-27 Eylül 2003, İstanbul.
- Özkurt, Ö., 2000. Rüzgar Enerjisi, <http://www.aydinlanma1923.org/sayi/32/32-06.htm>
- Tezcan, E., 2000. Rüzgar Enerjisi, <http://www.mmo.org.tr/muhendislik/arsiv/2000/haziran/ruzgar.htm>
- Ültanır, M., Ö., 2004. Rüzgar, Su ve Türkiye (Wind, hydro and Turkey), <http://www.ressiad.org.tr/makaleler.php?ID=21>
- Uyar, T. S., 1999. Türkiye Enerji Sektöründe Karar Verme ve Rüzgar Enerjisinin Entegrasyonu, <http://www.egetek.org/pages/news/TanayUyar02.html>
- Van Wijk, A.J.M., Coelingh, J.P., 1993. OECD Ülkelerinde Rüzgar Enerjisi Potansiyeli. 93091. Utrecht, Hollanda: Utrecht Üniversitesi; 35 s.