

**DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE RÜZGAR ENERJİSİ:
POTANSİYELİ, KULLANIMI VE ALMANYA-TÜRKİYE
KARŞILAŞTIRMASI**

Nurcan MEHEL

**T.C.
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü**

**İktisat Anabilim Dalı
İktisat Bilim Dalı
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Eskişehir
2009**

T.C.
ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Nurcan Mehel tarafından hazırlanan Dünya’da ve Türkiye’de Rüzgar Enerjisi: Potansiyeli, Kullanımı ve Almanya-Türkiye Karşılaştırması başlıklı bu çalışma 16/02/2009 tarihinde Eskişehir Sosyal Bilimler Enstitüsü Lisansüstü Eğitim ve Öğretim yönetmeliğinin ilgili maddesi uyarınca yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak, jürimiz tarafından İktisat Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Doç. Dr. Özcan Dağdemir

Üye: Yard. Doç. Dr. H. Naci Bayraç

Üye: Doç. Dr. Erdal Gümüş

Üye: Yard. Doç. Dr. İnci Parlaktuna

Üye: Yard. Doç. Dr. Ahmet Oztürk

ONAY

.../.../2009

Prof. Dr. Münevver Yılcı

Enstitü Müdürü

ÖZET**DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE RÜZGAR ENERJİSİ: POTANSİYELİ,
KULLANIMI VE ALMANYA-TÜRKİYE KARŞILAŞTIRMASI****MEHEL, Nurcan****Yüksek Lisans – 2009****İktisat Anabilim Dalı****Danışman:** Yrd. Doç. Dr. H. Naci Bayraç

Enerji üretim maliyetleri, her geçen gün artmaya devam etmektedir. Bu durum alternatif enerji kaynaklarına olan ilgiyi yoğunlaştırmıştır. Güneş, dalga, jeotermal ve rüzgar gücü ile ilgili bir çok proje, dünya genelinde hükümetler tarafından desteklenmektedir. Rüzgar enerjisi bu enerji kaynakları arasında en fazla dikkati çeken olmuştur.

Bu çalışmanın amacı, rüzgar enerjisi potansiyeli oldukça yüksek olan Türkiye’de bu kaynağın verimli kullanımını engelleyen faktörler üzerinde durmak, oluşturulacak ulusal yenilenebilir enerji politikasının rüzgar enerjisinden elektrik üretimi üzerindeki etkilerini belirlemektir. Bu amaçla, çalışmada Almanya- Türkiye karşılaştırmasına yer verilmiştir.

Çalışmada ağırlıklı olarak literatür taraması kullanılmıştır. Almanya-Türkiye karşılaştırmasından elde edilen bulgulara göre; Türkiye, rüzgar enerjisi potansiyeli bakımından Almanya’dan daha iyi durumda olmasına rağmen ulusal yenilenebilir enerji politikası olmaması, teşviklerle yeterince desteklenmemesi nedeniyle, rüzgar enerjisinden beklenen verim elde edilememektedir.

ABSTRACT**WIND ENERGY IN THE WORLD AND IN TURKEY: ITS POTENTIAL,
USE AND A COMPARISON BETWEEN GERMANY AND TURKEY****MEHEL, Nurcan****Postgraduate Programme – 2009****Department of Economics****Advisor:** Assist. Prof. Dr. H. Naci Bayraç

Energy generation costs are continuing to increase day by day. This has led to a growing interest in alternative energy resources. Several projects on solar, wave, geothermal and wind energy are supported by governments all over the world. Wind power is the most remarkable one among these abovementioned energy resources.

This paper aims to elaborate on the factors hindering efficient use of this energy resource in our country, which has a very high potential for wind energy and to define the impacts of the national renewable energy policy to be established on electricity generation from wind energy. For that purpose, a comparison between Germany and Turkey is included in this paper.

In this study, literature screening is adopted. According to findings obtained from the comparison between Germany and Turkey, it is concluded that although Turkey has a higher potential regarding wind energy, expected efficiency can not be obtained due to the lack of a national renewable energy policy and the fact that wind energy is not promoted by incentives.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TABLolar LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
KISALTMALAR LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ.....	x
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

RÜZGAR ENERJİSİ İLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR

1.1. RÜZGÂR ENERJİSİNİN TANIMI.....	3
1.2. RÜZGAR ENERJİSİNİN İLK UYGULAMALARI	4
1.3. RÜZGAR ENERJİSİNİN ÖZELLİKLERİ.....	5
1.4. RÜZGAR ENERJİSİNİN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI.....	5
1.4.1. Rüzgar Enerjisinin Avantajları.....	5
1.4.2. Rüzgar Enerjisinin Dezavantajları.....	6
1.5. RÜZGAR ENERJİSİNİN KULLANIM ALANLARI.....	7
1.6. RÜZGAR TÜRBİNLERİNİN KURULUŞ YERİ.....	8
1.6.1. Kuruluş Yeri Seçim Kriterleri.....	9
1.6.1.1. Rüzgarın Ortalama Hızı.....	9
1.6.1.2. İletim Şebekesine Yakınlık.....	11
1.6.1.3. Kuruluş Yeri Topografyası.....	12
1.6.1.4. Tarımsal Yaşam.....	12
1.6.1.5. Yatırım Maliyetleri.....	12
1.6.1.6. Müşteri Unsuru.....	13
1.6.1.7. Çevresel Etkileşim.....	13
1.6.1.8. Araziyi Kullanma.....	13
1.6.1.9. Gürültü.....	14

1.6.1.10. Sosyo-Ekonomik Koşullar.....	14
1.6.1.11. Bakım ve Onarım Giderleri.....	14
1.7. RÜZGAR ENERJİSİNİN YATIRIM VE MALİYET AÇISINDAN İNCELENMESİ.....	15
1.7.1. Yatırım Maliyeti.....	16
1.7.2. İşletme ve Bakım Maliyeti.....	18
1.7.3. Rüzgar ve Diğer Yakıtların Karşılaştırmalı Maliyeti.....	19
1.8. ENERJİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİ.....	20

2. BÖLÜM

DÜNYA'DA RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYELİ VE KULLANIMI

2.1. DÜNYA'DA RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYELİ.....	24
2.1.1. Amerika Kıtasında Rüzgar Enerjisi Potansiyeli.....	26
2.1.2. Avrupa Kıtasında Rüzgar Enerjisi Potansiyeli.....	27
2.2. RÜZGAR ENERJİSİ KULLANIMININ DÜNYADAKİ GELİŞİMİ VE İLK UYGULAMALARI.....	30
2.3. DÜNYA'DAKİ KURULU GÜCÜN BÖLGELERE GÖRE DAĞILIMI.....	34
2.3.1. Amerika Kıtasında Rüzgar Enerjisi Kullanımı.....	34
2.3.2. Avrupa Kıtasında Rüzgar Enerjisi Kullanımı.....	38
2.3.2.1. AB ülkelerinde Rüzgar Enerjisinde Uygulanan Politikalar...41	
2.3.2.1.1. Mali Teşvikler.....	42
2.3.2.1.2. Vergi Teşvikleri.....	42
2.3.2.1.3. Üretim Teşvikleri.....	42
2.3.3. Asya ve Pasifik Bölgesinde Rüzgar Enerjisi Kullanımı.....	45
2.3.4. Dünya'nın Diğer Bölgelerinde Rüzgar Enerjisi Kullanımı.....	48

3. BÖLÜM
TÜRKİYE’DE RÜZGAR ENERJİSİ VE TÜRKİYE-ALMANYA
KARŞILAŞTIRMASI

3.1. TÜRKİYE’DE RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYELİ.....	50
3.2. TÜRKİYE’DE MEVCUT RÜZGAR SANTRALLERİ VE GELİŞİMİ.....	56
3.3. TÜRKİYE’DE RÜZGAR ENERJİSİNİN GEREKLİLİĞİ.....	60
3.4. TÜRKİYE-ALMANYA KARŞILAŞTIRMASI.....	61
3.4.1. Mevcut potansiyelin Kullanımı Açısından.....	61
3.4.2. Yasal prosedür Açısından.....	63
3.4.3. Türkiye Açısından Fırsatlar Riskler.....	66
SONUÇ.....	69
KAYNAKÇA.....	74

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1: Rüzgar ve Diğer Yakıtların Karşılaştırmalı Maliyet.....	19
Tablo 2: Elektrik Enerjisi Üretimi Sırasında Küresel Isınma ve Asit Yağmurlarına Neden Olan Emisyonlar.....	20
Tablo 3: 2000 Yılında Amerika Kıtasındaki Kurulu Kapasite.....	35
Tablo 4: Ülkeler Bazında Kurulu Rüzgar Gücü.....	39
Tablo 5: Sabit Fiyat Sistemi ve Kota Sisteminin Karşılaştırılması.....	44
Tablo 6: 2000 Yılında Asya Kıtasındaki Kurulu Kapasite	45
Tablo 7: Çin'deki Kurulu Gücün Yıllara Göre Değişimi.....	46
Tablo 8: Yıllar İtibariyle Çin'deki Rüzgar Enerjisi Yatırımları.....	46
Tablo 9: Hindistan'daki Kurulu Gücün Yıllara Göre Değişimi.....	47
Tablo 10: Japonya'daki Kurulu Gücün Yıllara Göre Değişimi.....	48
Tablo 11: Bölgelere Göre Ortalama Rüzgar Gücü Yoğunluğu.....	53
Tablo 12: Rüzgarca Zengin Bölgeler ve Ortalama Rüzgar Hızları.....	54
Tablo 13: Rüzgar Enerjisi Gözlem İstasyonlarında Ölçülen Rüzgar Hızları.....	55
Tablo 14: Türkiye'de Toplam Kurulu Güç.....	57
Tablo 15: Türkiye'de İnşa Halindeki Kapasite.....	58
Tablo 16: Türbin Tedarik Sözleşmesi İmzalı Proje Toplamı.....	59
Tablo 17: Ülkelere Verilen Teşvikler.....	64

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Yatırım Maliyeti Dağılımı.....	16
Şekil 2: Dünyada Teknik Rüzgar Enerjisi Potansiyeli.....	25
Şekil 3: ABD Rüzgar Atlası.....	26
Şekil 4: Kanada'nın Rüzgar Atlası.....	27
Şekil 5: Avrupa Rüzgar Atlası.....	28
Şekil 6: AB Rüzgar Potansiyeli.....	29
Şekil 7: En İyi 10 Rüzgar Gücü Piyasası, Toplam Kurulu Güç.....	31
Şekil 8: 2007 Yılında Dünya'da Toplam Kurulu Güç.....	32
Şekil 9: Toplam Kurulu Güç ve Projeksiyonlar.....	33
Şekil 10: Toplam Kurulu Gücün Bölgelere Göre Dağılımı.....	34
Şekil 11: Amerika Kıtasında Kurulu Gücün Bölgelere Dağılımı.....	36
Şekil 12: ABD'deki Toplam Kurulu Gücün Eyaletlere Göre Dağılımı	37
Şekil 13: Avrupa'daki Kurulu Güç.....	40
Şekil 14: Türkiye Rüzgar Atlası.....	52

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AR-GE	: Araştırma Ve Geliştirme
ÇET	: Çevre Etkileşim
CO ₂	: Karbondioksit
CREIA	: Çin Yenilenebilir Enerji Sanayi Birliği
CWET	: Rüzgar Enerjisi Teknoloji Merkezi
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
DSİ	: Devlet Su İşleri
EİEİ	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EWEA	: Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği
GWh	: Giga Watt Saat
IEA	: Uluslar Arası Enerji Ajansı
GWEC	: Dünya Rüzgar Enerjisi Konseyi
IWTMA	: Hindistanlı Rüzgar Türbini Üreticileri Derneği
KM	: Kilometre
KWh	: Kilo Watt Saat
MNES	: Geleneksel Olmayan Enerji Kaynakları Birimi
MWh	: Mega Watt Saat
NO _x	: Azotoksit
RES	: Rüzgar Enerjisi Sektörü
SO ₂	: Sülfürik Asit
SSCB	: Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği
TEAŞ	: Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu
TÜREB	: Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği
TV	: Televizyon
TWh	: Tera Watt Saat
WASP	: Rüzgar Atlası Analiz ve Uygulama Programı

PDF Eraser Free

WWEA : Dünya Rüzgar Enerjisi Birliği
WMO : Dünya Meteoroloji Örgütü
YİD : Yap İşlet Devret

1 KW kapasite	1 saatte 1 KWh elektrik üreten santral kapasitesi
1.000 KW kapasite	1 Mega Watt =1 MW
1.000 KWh	1,000 Kilo Watt Saat=1 MWh
1.000 MWh	1 milyon KW saat, 1 Giga Watt Saat =1 GWh
1.000 GWh	1 TeraWatt Saat, 1 TW h=1 milyar KWh

ÖNSÖZ

Bu çalışma, yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan rüzgar enerjisinin potansiyeli ve kullanımı ile ilgili bilgi vermek ve yenilenebilir enerji politikalarının belirlenmesinde rüzgar enerjinin yerini ve önemini saptamak amacıyla hazırlanmıştır. Bu çalışma süresince ve eğitim hayatım boyunca desteklerini hep yanımda hissettiğim sevgili annem Fatma Şaziye Mehel ve babam Muammer Mehel'e, kardeşim Pelin Mehel'e değerli dostlarım Gamze Yalçın ve Yeliz Erkoç'a, sevgili Mehmet Eren Taş'a, anlayışı ve desteği ile hep yanımda olan değerli yöneticilerim İlhan Yün, Emine Elçin Türk ve Ebru Toraman Alhas'a, çalışma arkadaşlarım Demet Ataç ve Barış Mucur'a ve son olarak beni bu araştırmaya teşvik eden, bilgi ve tecrübesiyle hep destek olan saygıdeğer hocam Yard. Doç. Dr. H. Naci Bayraç'a teşekkürlerimi sunarım.

GİRİŞ

Günümüzde enerji üretimi ve tüketimi, milletlerin refah seviyesini gösteren bir ölçüt haline gelmiştir. Dolayısıyla, enerji, ekonomik ve sosyal kalkınmanın vazgeçilmez girdilerinden biridir. Enerji, özellikle yerli kaynakları yetersiz olan ülkeler için kritik bir öneme sahiptir.

Dünyadaki tüm ülkelerde fosil yakıtlar artık tercih edilmemektedir. Çünkü fosil yakıtların rezervleri sınırlıdır. Dolayısıyla bu türden yakıt kullanımı, ülkelerin, fosil yakıt bakımından zengin ülkelere bağımlı kalmasına neden olmaktadır. Üretimin temel girdisi olan enerjideki fiyat artışları ülkelerin ekonomik yapılarını kolaylıkla etkileyebilmektedir.

Ekonomik gelişme ve artan nüfusa bağlı olarak enerji tüketimi günümüzde oldukça artmıştır. Enerjinin üretimi, kullanımında sürekliliğin sağlanmasının yanı sıra küresel ısınma ve hava kirliliği gibi enerjinin çevre etkileri de öncelikli hale gelmiştir. Fosil yakıtlar, çevreyle uyumlu olmamaları nedeniyle çevreye çok fazla zarar vermektedir. Fosil yakıtların karbon emisyonları hava kirliliğine neden olmaktadır.

Tüm bu ekonomik ve çevresel faktörler nedeniyle ülkeler, son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmişlerdir. Rüzgar enerjisi de alternatif bir enerji kaynağıdır. Rüzgar enerjisi, çevreyle uyumlu olması, teknolojiye ilerlemelerle kurulum maliyetinin her geçen gün daha da düşmesi, yaygın ve tükenmez olması gibi nedenlerle tüm dünya ülkeleri tarafından tercih edilen bir enerji kaynağı olmuştur.

Bu çalışmanın amacı, ulusal enerji ve çevre politikası oluşturulmasında rüzgar enerjinin yerini ve önemini saptamak, rüzgar enerjisi ile ilgili dünya ve Türkiye uygulamaları hakkında bilgi vermek ve oldukça yüksek bir rüzgar enerjisi potansiyeline sahip ülkemizde bu kaynağın verimli kullanımını etkileyen faktörleri araştırmaktır.

Çalışmanın birinci bölümünde, rüzgar enerjisi ile ilgili temel kavramlardan bahsedilmiştir. Rüzgar enerjisinin tanımı, ilk uygulamalar, rüzgar enerjisinin özellikleri, avantaj ve dezavantajları açıklanmıştır. Rüzgar enerjisi ile ilgili üzerinde durulması gereken bir diğer konu da rüzgar türbinlerinin kuruluş yerinin seçimidir. Uygun yer seçildiği takdirde rüzgardan elde edilecek enerjinin verimliliği de artacaktır. Ayrıca rüzgar enerjisi yatırım ve maliyet açısından incelenmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, dünyadaki rüzgar enerjisi potansiyeli, dünyada rüzgar enerjisine yönelik çalışmalar yapan ülkelerden özellikle Avrupa Birliği ülkelerinin uygulamalarına ve potansiyel güçlerine yer verilmiştir. Avrupa ülkelerinin rüzgar enerjisi konusunda başarılarını büyük ölçüde etkileyen politikalara değinilmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde Türkiye'deki mevcut rüzgar enerjisi potansiyeli ile elektrik enerjisi ihtiyacının büyük bir kısmı karşılanabilir tezini savunmak amacıyla Almanya-Türkiye karşılaştırması örnek olarak incelenmiştir. Almanya, uygulamış olduğu yenilenebilir enerji politikası ve ekonomik destek modelleri ile elektrik enerjisi ihtiyacının büyük bir kısmını karşılamaktadır. Son bölümde Almanya'nın uygulamış olduğu modelin Türkiye için uygulanabilirliği tartışılmıştır.

1. BÖLÜM

RÜZGAR ENERJİSİ İLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR

Günümüzde, enerji üzerinde en çok durulan konulardan biridir. Enerji hem bir üretim girdisi hem de tüketim maddesidir. Üretimin önemli girdilerinden biri olan enerjinin; ucuz, temiz ve yerli olması çok önemlidir. Fosil yakıtların pahalı oluşu, çevreye verdiği zarar ve yarattığı dış bağımlılık göz önüne alındığında yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi daha da iyi anlaşılmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi olan rüzgar enerjisi son yıllarda tüm dünya ülkeleri tarafından oldukça yaygın bir şekilde kullanılmakta ve desteklenmektedir. Bu bölümde rüzgar enerjisi ile ilgili temel kavramlara yer verilecektir.

1.1. RÜZGAR ENERJİSİNİN TANIMI

Rüzgar enerjisinin kaynağı güneştir. Güneşin yeryüzünü eşit olarak ısıtmaması sonucu sıcaklık farkları oluşur. Isınan hava kütlesi atmosferin yukarısına doğru yükselir. Yükselen hava kütesinin yerine aynı hacimde soğuk hava yerleşir. Hava kütlelerinin yer değiştirmesine rüzgar denir. Kaynağını güneşten alan rüzgar enerjisi doğal, yenilenebilir, temiz ve sonsuz bir enerji kaynağıdır.

Rüzgar enerjisi topografik yapı ve hava şartlarından etkilenmektedir. Rüzgar yoğunluğu mevsimlere, günün saatlerine göre değişimler göstermektedir. Topografyanın rüzgar enerjisini etkilemesi dezavantaj olması yanı sıra avantaj da olabilmektedir. Rüzgar yoğunluğuna göre birden fazla rüzgar enerjisi dönüşüm sistemi kullanılması mümkündür (Yılmaz, 1995: 52).

Rüzgar, kinetik enerjisi nedeniyle doğal bir potansiyele sahiptir. Rüzgarın eldeki teknolojik imkanlar ile enerjiye çevrilebilen kısmına “Rüzgar Enerjisi Teknik Potansiyeli” denir. Diğer enerji kaynaklarına göre ekonomik olarak kullanılabilen

kısmı ise “Rüzgar Enerjisi Ekonomik Potansiyeli” olarak adlandırılır (Deniz, 2002: 5).

1.2. RÜZGAR ENERJİSİNİN İLK UYGULAMALARI

Rüzgar enerjisinin kullanımı günümüzden çok öncesine dayanmaktadır. İlk defa, Asya medeniyetlerinden olan Çin, Tibet, Hindistan, Afganistan ve İran’da kullanıldığı bilinmektedir. Rüzgar gücü kullanımı Asya’dan Avrupa’ya 10. yüzyıl civarında geçmiştir. Bu geçişin ilk belirtileri olarak 11. ve 12. yüzyılda İngiltere’de rüzgar millerinin kullanıldığı bilinmektedir (Tümerdem, 2002: 3).

Alman haçlıları, 1190’lı yıllarda rüzgar millerini Suriye’ye getirmiştir. Ortaçağ döneminde rüzgar enerjisinin Avrupa’da kullanıldığı görülmektedir. O dönemlerde ve günümüzde birçok ülkede, çiftçiler tarafından daha çok kuyulardan su çekmek amaçlı kullanılmaktadır. Özellikle Hollanda ve Akdeniz’de birçok adada bu durumun örneklerine rastlamak mümkündür (Altındış, 2001: 1).

Sanayi devrimi ile birlikte 18. yüzyılda buhar makineleri ortaya çıkmış ve üretim için makineler kullanılmaya başlanmıştır. Kömür, petrol ve gaz kullanımıyla bu makineler daha avantajlı hale gelmiştir. O dönemde bu tür fosil yakıtlardan elde edilen enerji daha çok kullanılmış olup rüzgar enerjisi geri planda kalmıştır. Bu yüzden 19. ve 20. yüzyıllarda rüzgar enerjisinin kullanımı azalmıştır (Tümerdem, 2002: 3).

Yaşanan enerji krizleri, fosil yakıtların arz güvenliğinin tehlikeye girmesi ve küresel ısınma gibi nedenler, bilim çevrelerini rüzgar enerjisi dönüşüm sistemleri ile ilgili çalışmalar yapmaya sevk etmiştir. Böylece rüzgar türbinlerinin kullanımı artmaya başlamıştır (Tüccar, 1997: 7).

1974–1978 yılları arasında ortaya çıkan enerji krizi ve gelişen çevre bilinci ile ülkeler, yenilenebilir ve çevre dostu temiz kaynaklara yönelmiştir. Böylece, rüzgar enerjisine verilen önem daha da artmıştır. 1980’li yıllarda yeni teknoloji ve yeni

malzemelerle geliştirilen ve maliyetleri günden güne düşen rüzgar türbinleri, rüzgar elektriği için daha elverişli hale gelmiştir (Deniz, 2002: 7).

Eski çağlarda, çeşitli ülkelerde, özellikle küçük tarımsal işletmelerde su çıkarılması ve iletimi, drenaj yapılması, elektrik üretimi ile küçük yem kırma ve ısı pompası gibi makinelerin çalıştırılması amacıyla, kurulmuş olan rüzgar tesisleri günümüzde bilimsel ve teknik gelişmelerden yararlanılarak, elektrik üretiminde kullanılmaya başlanmıştır.

1.3. RÜZGAR ENERJİSİNİN ÖZELLİKLERİ

Güneşin yeryüzünün her yerini eşit olarak ısıtmaması sonucunda rüzgar denen hava akımları oluşmaktadır. Rüzgar hız ve yön olmak üzere iki parametre ile ölçülmektedir. Rüzgarın hızı yüksekliğe göre değişmektedir ve enerjisi de hızının küpü ile doğru orantılıdır. Rüzgarın hızı km/h ve m/sn gibi birimler ile ölçülmektedir. Enerji üretimi için yapılan çalışmalarda m/sn birimi kullanılmaktadır (Deniz, 2002: 7).

Rüzgarın oluşumuna farklı sıcaklık dağılımı neden olduğu için coğrafi koşullar sıcaklık dağılımını etkiler. Okyanus veya denize kıyısı olan bölgelerde sıcaklık farkı yüksek olduğu için rüzgar potansiyeli daha da yüksektir (Yılmaz, 1995: 52).

1.4. RÜZGAR ENERJİSİNİN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

Rüzgar enerjisi kullanıcılara çeşitli avantajlar sağlarken bazı sakıncalar da söz konusu olabilmektedir.

1.4.1. Rüzgar Enerjisinin Avantajları

Rüzgar enerjisinin avantajları aşağıdaki gibidir:

PDF Eraser Free

- Temizdir, çevresel zararı ve yakıt parası olmayan bir enerjidir.
- Sürekli bir enerji kaynağıdır dışa bağımlılığı yoktur. Sadece yerel imkanlarla enerji üretmek mümkündür. Bu avantajı arz güvenliğini sağlamaktadır.
- Rüzgar enerjisinde taşıma masrafları yoktur. Doğadaki rüzgar direkt olarak kullanılabilir (Yılmaz, 2000: 9).
- Rüzgar var olduğu sürece, rüzgar türbinleri üzerinde yapılan çalışmaların da bir sonu olmayacaktır. Bu sayede rüzgar enerjisinden faydalanma teknikleri her geçen gün gelişmeye devam edecektir (Yenilmez, 2002: 6).
- Uzun dönem işletme maliyetleri diğer tüm enerji kaynaklarının içinde en az olanıdır. Sadece periyodik bakımların yapılması ile 20–30 yıl süreyle kullanılabilir.
- Rüzgar türbinlerinin yeri belirlendikten sonra inşaatın başlaması ve türbinin üretime geçmesi üç ay gibi kısa bir süre almaktadır.
- Rüzgar türbini uygulamaları başarılı bir geçmişe sahiptir. Diğer enerji üretim sistemleri ile karşılaştırıldığında hem daha güvenli hem de tasfiyesi çok daha kolaydır (Uyar,1999: 77).

Fosil yakıtların yarattığı çevre kirliliği problemi, rüzgar enerjisinde yoktur. Rüzgar türbinleri yakıt olarak rüzgarı kullandıkları için atmosfere zehirli gazlar vermezler. Bu özelliğinin yanı sıra, rüzgar türbinlerinin yakıtının rüzgar olması nedeniyle, herhangi bir hammadde için dışa bağımlılık söz konusu değildir. Bu durum işlenecek kaynak maliyetini ortadan kaldırmaktadır. Rüzgar türbinlerinin uzun ömürlü oluşu kuruluş, işletme ve bakım maliyetlerinin uzun bir zamana yayılması anlamında da avantaj sağlamaktadır.

1.4.2. Rüzgar Enerjisinin Dezavantajları

Rüzgar enerjisinin dezavantajları aşağıdaki gibidir:

- Rüzgar hızının değişken olması, en büyük sakıncalardan birisidir. Yeryüzünde rüzgar hızının sabit olduğu çok az yer vardır. Bu yüzden istenilen her alana rüzgar santrali kurulamaz. Aslında rüzgarın bu değişkenliği enerjinin depolanması yoluyla aşılabılır. Ancak en sağlıklı yol elde edilen enerjiyi direkt olarak ana güç şebekesine vermektir (Yenilmez, 2002: 7).
- Rüzgar türbinlerinin kuruluş maliyeti yüksektir. Bu durumda çevresel ve sosyal faktörler dikkate alınmalıdır. Her ne kadar türbin kuruluş maliyetleri yüksek olsa da, temiz ve doğal bir enerji kaynağı olması nedeniyle rüzgar enerjisinin kullanımının yaygınlaştırılması önemlidir. Her geçen gün ilerleyen teknoloji ile birlikte türbin fiyatları günden güne düşmektedir. Zamanla türbin fiyatlarındaki bu iyileşmenin daha da artması öngörülmektedir.
- Rüzgar santrali kurulumu için gerekli ekipmanların birçoğu, rüzgar türbini üreticisi ülkelerden alınmaktadır. Bu nedenle rüzgar türbinlerinin kuruluş maliyeti yüksektir. Bu durumun aşılması için hükümetlerin yerli sanayinin kurulmasını teşvik etmesi gerekmektedir (Tümerdem, 2002: 12).

Rüzgar enerjisinin en önemli dezavantajı rüzgar hızının sabit olmayışıdır. Bu durum uzun süreli ve sağlıklı yapılan ölçümlerle büyük ölçüde aşılabılır. Rüzgar hızının tam olarak sabitlenmese bile genellikle aynı değerlerde seyrettiği alanlara rüzgar türbinleri kurulabilir. Rüzgar ölçümlerinin doğru yapılması ve yerli türbin sanayinin yaratılması ile rüzgar enerjisinin en önemli dezavantajları avantaja çevrilebilmektedir.

1.5. RÜZGAR ENERJİSİNİN KULLANIM ALANLARI

Rüzgar türbin teknolojisindeki hızlı gelişme ve elektrik üretim maliyetinin alışılmış güç santralleri ile rekabet edebilecek seviyelere gelmesi, rüzgar enerji sistemlerinin yaygınlaşmasını sağlamaktadır.

Rüzgar enerjisi; su pompalama, çeşitli ürünleri kesme-biçme gibi mekanik enerjiye ihtiyaç duyulan yerlerde kullanılabilir. Ticari olarak ise en büyük kullanım alanı rüzgar türbinleri ile elektrik üretimidir (Demirtola, 2001: 104).

1.6. RÜZGAR TÜRBİNLERİNİN KURULUŞ YERİ

Rüzgar türbinlerinin konuşlandırılması, büyük bir mühendislik çalışmasıdır. Rüzgar enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları arasında en büyük potansiyele ve kullanım alanına sahiptir. Teknolojik gelişimin hızla sürdüğü rüzgar enerjisi endüstrisinde, üretilen elektriğin oldukça ekonomik olması bu enerjiye olan ilgiyi arttırmaktadır.

Oldukça hızlı gelişen bu endüstride karlı bir yatırım için yapılması gereken en önemli şey, rüzgar çiftliği kurulacak bölgenin seçimidir. Bölgenin ön değerlendirmesi yapılarak rüzgar verisi gözlemleri analiz edilir. Altyapı tasarımı, kullanılacak rüzgar türbininin seçilmesi, enerji üretimi değerlendirmesi yapılmalıdır. Son olarak, yatırımın ekonomik analizi ve çevre etki değerlendirmesi ile yatırımın yapılıp yapılmayacağına karar verilir.

Yatırımın yapılacağı bölge iyi seçilmiş ve yeterince incelenmiş olmalıdır. Bu konuda, önemli faktörler şu şekilde sıralanabilir:

- Ölçümler güvenilir olmalıdır.
- Topografya ve analiz çalışmalarına özen gösterilmelidir.
- Mikro konumlandırma yapılmalıdır.
- Bölgeye uygun türbin tipi seçilmelidir (Demirer, 1999: 67).

Bu enerjiden en ekonomik ve en verimli şekilde yararlanabilmek için, ilk yatırım maliyetinin yüksek oluşu da dikkate alınarak kapsamlı bir fizibilite çalışmasının yapılması gerekmektedir. Rüzgar türbinlerinin kuruluş yerinin doğru belirlenmemesi, yatırımdan beklenen verimin elde edilememesine neden

olabilmektedir. Yatırım verimliliğini büyük ölçüde etkilemesi nedeniyle, kuruluş yeri seçimi çok önemli bir faktördür

1.6.1. Kuruluş Yeri Seçim Kriterleri

Kuruluş yeri belirlemede temel alınacak parametreler şöyledir:

- Rüzgarın ortalama hızı
- İletim şebekesine yakınlık
- Kuruluş yeri topografyası
- Tarımsal yaşam
- Yatırım maliyetleri
- Müşteri unsuru
- Çevresel etkileşim
- Araziyi kullanma
- Gürültü
- Sosyo ekonomik koşullar
- Bakım ve onarım giderleri

Kuruluş yeri seçiminde öncelikle ölçülen rüzgar hızlarının uygun olup olmadığının tespiti yapılmalıdır. Ayrıca türbin kurulacak bölgenin coğrafik yapısı doğru karar verilmesinde önemli bir ayrıntıdır. Rüzgar türbini kurulacak alan seçilirken verimli tarım arazileri, yerleşim yerlerine yakın yerler seçilmemelidir. Kurulum yapılacak bölgenin sosyo-ekonomik koşulları ve iletim şebekelerine yakınlığı değerlendirilmelidir.

1.6.1.1. Rüzgarın Ortalama Hızı

Elektrik üretimi için, en önemli etken rüzgarın hızıdır. Rüzgardan sağlanacak güç, rüzgar hızının küpü ve kullanılacak rüzgar türbininin pervane tarama alanı ile doğru orantılıdır. Bu bağlamda önemli olan rüzgar hızı ve yerden yükseldikçe rüzgar

hızının artış göstermesidir. Rüzgar santrallerinden elde edilecek güç, kullanılacak türbin adedi ve türbinin gücü ile sınırlanmakta, doğal karakteriyle sınırsız bulunmaktadır. Rüzgar türbininin tipinin seçiminde rüzgar hızının büyük önemi vardır (Ültanır, 1998: 134).

Uzun dönem ortalama rüzgar hızı belirlenirken güvenilir olması amacıyla, yapılacak gözlemlerde yakın civarda bulunan bir meteoroloji istasyonundan alınacak veriler kullanılır. Rüzgar çiftliği bölgesinde bir rüzgar verisi ölçüm sistemi (anemometre) kullanılarak, ölçümler yapılır ve analiz edilir. Bu veri daha sonra meteoroloji istasyonundan elde edilen aynı döneme ait eş zamanlı verilerle karşılaştırılır. Elde edilen sonuçlar meteoroloji istasyonunda mevcut eski veriye uygulanarak, rüzgar çiftliği kurulması düşünülen bölgenin uzun dönem rüzgar verisi elde edilir (Yerebakan, 2001: 114).

Rüzgar kaynağının belirlenmesi, kuruluş yeri belirlenmesinde ilk aşamadır. Rüzgarın hızı genellikle zemin pürüzlüklerinden, engellerden (binalar, ağaçlar) ya da diğer çevresel şartlardan etkilenir.

Rüzgar perdesi kuruluş yeri seçiminde diğer bir önemli parametredir. Hesaplayıcı, bir rüzgar tribününün civarındaki herhangi bir 30 derecelik daire dilimi içindeki etkisiz engellerin (binalar, ağaçlar vs.) sığınma etkisini (rüzgar perdesini) göstermektedir. Engelin çok uzun ya da çok yakın olması risk unsurları taşıdığını gösterir. Rüzgar perdesi hesaplamada kullanılan çeşitli yazılımlar geliştirilmiştir. Kuruluş yeri seçiminde rüzgar perdesi için;

- Türbin göbek yüksekliği
- Türbinle engeller arasındaki mesafe
- Düzgün alanın uzunluğu
- Düzgünlük sınıfı
- Engel yüksekliği
- Engel genişliği

- Engel dairesi genişliği
- Boşluk

Türbin mühendisleri, yukarıdaki parametreler ile rüzgar perdesini hesaplamaktadırlar. Rüzgar perdesi, rüzgar türbininden alınacak verimi etkilemektedir. Bu nedenle, rüzgar perdesinin doğru olarak hesaplanması önemlidir.

Deniz kıyıları ve deniz alanları rüzgar enerjisi bakımından karadaki alanlara göre daha zengindir. Kesintisiz esen rüzgardan faydalanmak için kıyıdan 10 km uzakta ve 10 m derinliklerde rüzgar türbinleri için uygun alanlardır (Tolun, 2000: 123).

1.6.1.2. İletim Şebekesine Yakınlık

Üretilen elektrik enerjisinin türbin çıkışından itibaren son kullanıcı olan tüketicilere ulaştırılmasında iletim hatlarına gereksinim duyulur. İletim hatlarının yanı sıra üretilen elektrik enerjisinin kullanıcılara iletimi sırasında trafolar sayesinde üretilen gerilimin yükseltilerek iletimi sağlanır. Bu sayede iletim esnasında oluşacak kayıplar en aza indirgenmiş olur. Tüketicilere gelindiğinde elektrik enerjisi tekrar trafolar sayesinde kullanılacak seviye olan 220V'a düşürülür (www.gyte.edu.tr/enerji/Ruzgarenerji/s5.html, 5 Mayıs 2006).

Rüzgar çiftliği planlamasında elektriksel altyapının uygunluğu da dikkate alınmalıdır. İletim şebekesine yakınlık; rüzgar çiftliğinin yatırım maliyeti, enerji üretimi ve dolayısıyla projenin karlılığı üzerinde önemli ölçüde etkilidir. Elektrik sistemindeki kayıplar tipik olarak rüzgar çiftliğindeki toplam üretimin % 2-3'ü kadardır. Bu nedenle türbinden alınacak verimin doğru hesaplanabilmesi için iletim esnasında kaybedilecek olan enerji de hesaplanmalıdır (Yerebakan, 2001: 117).

1.6.1.3. Kuruluş Yeri Topografyası

İnşaat işlemleri, erişme yolları yapımı, ara istasyonlar altyapı işlemleri rüzgar çiftliği ekonomisini etkileyen önemli faktörlerdendir. Altyapı tasarımı bölgenin ziyaretinden ve deneme kazılarında elde edilen veriye dayalı yapılır. Bu aşamada taşıtların geçiş yolları ve türbinlerin kurulması ile ilgili potansiyel problemler belirlenmiş olur (Yerebakan, 2001: 118).

1.6.1.4. Tarımsal Yaşam

Rüzgar çiftliği kurulması planlanan alanın tarımsal potansiyeli, projenin karlılığını etkileyen başka bir parametredir. Zengin tarım topraklarına kurulacak rüzgar santralleri için arazi sahiplerine belirli oranlarda dengeleme parası veya tazminat ödemesi yapılmalıdır. Rüzgar türbinlerinin kurulması esnasında verimli tarımsal alanların seçilmesi maliyetleri yükseltecektir (Yerebakan, 2001: 118).

Ayrıca yapım aşamaları esnasında çalışacak iş makinelerinin ve kamyonların geçeceği yolların yapılması, kulelerin yerleştirilmesi, bağlantı yolları içinde arazi kullanım durumu göz önünde tutulmalıdır.

1.6.1.5. Yatırım Maliyetleri

Yapılması gereken teknik ve mühendislik işleri şöyle sıralanabilir:

- Rüzgar türbinlerinin satın alma koşullarının ve mevcut türbinlerin teknik karakteristik ve fiyat analizlerinin belirlenmesi.
- Rüzgar çiftliği bölgesinin incelenmesi; yerin jeolojik yapı analizi ve yol gereksiniminin belirlenmesi.
- Rüzgar türbini temel inşaatının tasarlanması.
- Bölgenin elektrik şebekesinin incelenmesi gerekmektedir.

- Veri ve türbin karakteristiklerinin gerçekleşme durumlarını belirlemek için rüzgar türbini performans testi ölçümlerinin yapılması da yapılması gereken işlemler arasındadır (Yerebakan, 2001: 119).

Rüzgar türbinlerinin kuruluş yeri belirlenirken en önemli faktör yatırım maliyetlerinin doğru olarak belirlenmesidir. Yatırım maliyetleri kuruluş yerine göre farklılık göstermektedir. Rüzgar türbininin en önemli maliyeti kuruluş maliyeti olduğundan gerçeği yansıtmayan bir fizibilite raporu verimsiz bir yatırım yapılmasına yol açmaktadır. .

1.6.1.6. Müşteri Unsuru

Rüzgar enerjisi ile üretilen elektriğin satışı düşünüldüğünde müşteri unsuru önem kazanmaktadır. Otoprodüktör santraller kendileri tüketecekleri kadar elektrik ürettikleri için, enerjinin satışı gibi bir durum söz konusu değildir. Fakat rüzgar enerjisi yatırımcıları ürettikleri enerjiyi ulusal enerji sistemine satmak zorundadırlar. Ülkemizde rüzgar enerjisi yatırımcısı ürettiği elektriği TEAŞ'a satmak zorundadır.

1.6.1.7. Çevresel Etkileşim

Rüzgar çiftliğinin kuruluş yerinde; yaşamları tehdit edebilecek hayvan popülasyonunun bulunması, gürültü, türbinin konuşlandırılacağı zeminin özellikleri ve santralin hava trafiğine etkisi birer olumsuz faktöre dönüşebilir. Her santral alanı için, ÇET (Çevre Etkileşim) raporu alınmalıdır.

1.6.1.8. Araziyi Kullanma

Düz alanlara geometrik olarak yerleştirilen türbinlerden alınan verim artmaktadır. Eşit mesafelerde doğrusal olarak dizilen türbinler oldukça iyi çalışmaktadır. Basit dizilimler kullanmak düz araziler için uygun olsa da tepelik araziler için uygun olmayacaktır. Bu tip arazilerde yükselteleri takip eden yapılar tercih edilmelidir (Yerebakan, 2001: 120).

1.6.1.9. Gürültü

Türbinlerdeki gürültü makinelerin kanatlarından hava geçerken ve mekanik parçalar tarafından oluşturulan gürültüdür. Aerodinamik gürültü hava içinde hareket eden kanatların hızı yani rotorun dönüş hızına bağlı olarak artar. Mekanik gürültü ise özel dişliler ve dönen parçaların ses emici malzeme ile kaplanması ve akustik kılıflar ile kaplanması gibi çeşitli tekniklerin kullanılması ile azaltılabilir (Yenilmez, 2002: 9).

1.6.1.10. Sosyo-Ekonomik Koşullar

Kuruluş yeri için gerekli olan her türlü izinler, etütler ve projeler başlı başına bir yatırım harcamasıdır. Bu amaçla yatırımcıların danışmanlara ihtiyaçları olabilir. Bu aşamada kuruluş yerinin yasal dayanağı ve sosyo-ekolojik uygunluğu araştırılmalıdır.

Her türbin farklı özelliktedir. Bazı türbinler düşük hızda yüksek verimle çalışırken, bazı türbinlerden aynı derecede yüksek verim alınamayabilmektedir. Yatırımcılar, doğru türbin seçimini yapmak için arazi koşullarını da göz önünde tutmalıdır. Türbinlerin performanslarının en iyi şekilde araştırılması gerekmektedir (Yerebakan, 2001: 122).

1.6.1.11. Bakım ve Onarım Giderleri

Rüzgar çiftliği projesinin en düşük maliyetle kurulması ve verimli bir şekilde işlerlik kazanması için, işletme ve bakım giderleri sağlıklı tahmin edilmelidir. Yeni teknolojiler geçmişe oranla, işletme ve bakım maliyetleri yönünden büyük avantajlar getirmektedir. Ancak yeni teknolojiler eskisine göre daha kompleks ve elektronik tasarlanmıştır. Bu türbinlerin bakım ihtiyaçları daha fazla olmaktadır. Yatırımdan önce türbin imalatçılarından bakım ve onarım garantileri alınmalıdır (Yerebakan, 2001: 123).

1.7. RÜZGAR ENERJİSİNİN YATIRIM VE MALİYET AÇISINDAN İNCELENMESİ

Her yatırım gibi enerji yatırımlarında da yatırımın yapılıp yapılmayacağına karar verilirken, maliyet ve elde edilmesi beklenen getiri karşılaştırılır. Üretilen birim enerji başına maliyet hesaplanarak o yatırımın yapılıp yapılmayacağına karar verilir.

Rüzgar potansiyeli incelemelerinden elde edilecek sonuçlar rüzgar türbini karakteristikleriyle ve bölgenin topografik özellikleriyle birleştirilerek beklenen yıllık enerji üretimi belirlenir. Daha sonra bu prosedür etkileşimli olarak uygulanarak, enerji üretimini ve dolayısıyla karlılığı en yüksek değerine çıkarmak için rüzgar çiftliği planı optimize edilir (Yılmaz, 2000: 96).

Rüzgar enerjisinin yenilenebilir ve tükenmez oluşu, çevreye zarar vermemesi ve enerji üretimi için yakıt maliyetinin olmaması gibi özellikleri rüzgar enerjisini daha da ekonomik kılmaktadır. Rüzgar enerjisi endüstrisi türbinin dizaynı, üretilmesi, inşası ve işletilmesini içeren rüzgar enerjisi endüstrisi hızla büyümektedir. İngiltere başta olmak üzere, tüm dünya ülkeleri rüzgardan elektrik üretiminin daha temiz ve sürdürülebilir bir kaynak olarak gördüklerinden dolayı bu sektörün gelişimini desteklemektedir (<http://www.bwea.com/ref/econ.html>, 7 Haziran 2008).

Bir rüzgar türbini için yakıt bedava olup sermaye yatırımı yüksektir. Proje için başlangıç yatırımını değerlendirirken rüzgar türbinin maliyetinden başka yer, iletim hatları güç ayar sistemleri gibi diğer zorunlu ihtiyaçlar için yatırım ayrıca hesaplanmalıdır. Yatırım kararı verilirken projedeki net finansal kazanç hesaplanmalıdır. Bunun için projeden beklenen yararların yanı sıra üretimi kapsayan maliyetleri de tahmin etmek gerekmektedir (Mathew, 2006: 209).

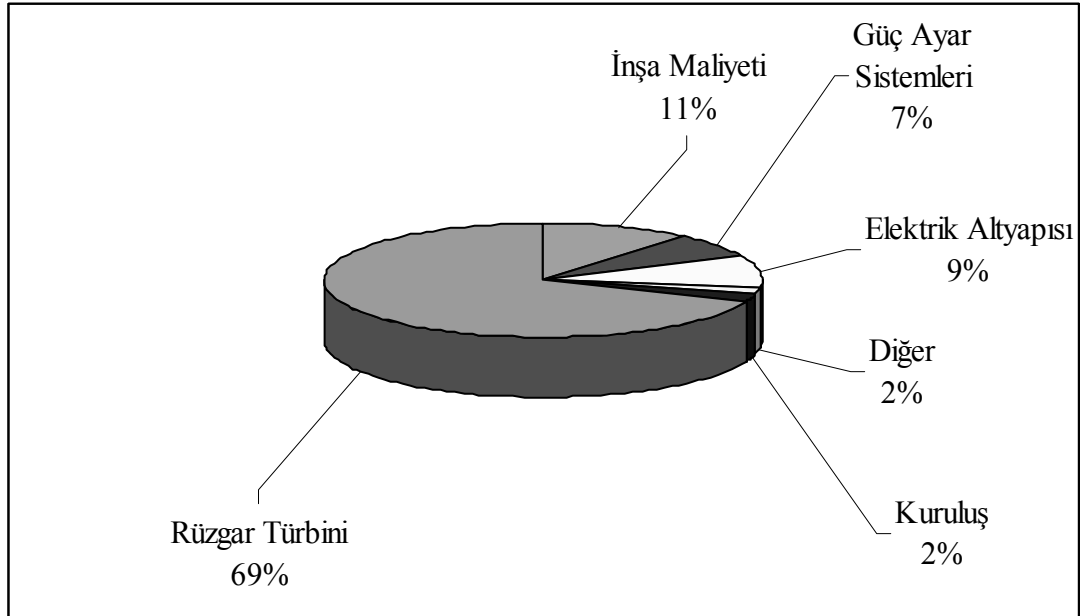
Rüzgar gücünün maliyeti son 20 yılda yaklaşık olarak % 90 oranında azalırken rüzgar enerjisi ekonomisi aynı dönemde önemli ölçüde değişmiştir. Rüzgar

enerjisinin maliyeti, endüstri büyüdükçe ve olgunlaştıkça düşmüş olup bundan sonraki dönemde de düşmeye devam edecektir (Özgönül, 2002: 69). Düşen maliyetler, yeni yatırımcıların bu sektöre girmelerini sağlayacak ve sektörün büyümesine büyük ölçüde katkıda bulunacaktır.

1.7.1. Yatırım Maliyeti

Proje sermayesi hakkında tahminleme yaparken, rüzgar türbininin maliyetinden başka, diğer gerekli bileşenlerle bağlantılı maliyetler ayrıca göz önüne alınmalıdır. Bu maliyetler, yer, ekstra kule (gerekli ise), kontrol sistemleri, güç ayar ünitesi, inşaat işleri, şebeke entegrasyonu için elektriksel altyapı ve kurulum ücret maliyetlerini kapsayabilir. Eğer türbin ve aksesuarları yerel kaynaklardan sağlanamıyorsa, o zaman bu malları ithalatla satın alma maliyeti ayrıca dikkate alınmalıdır (Mathew, 2006: 221).

Şekil 1: Yatırım Maliyeti Dağılımı



Kaynak: Türkyılmaz, 2007, 11

Yatırımın en büyük parçasını % 69'luk pay ile türbin maliyeti oluşturmaktadır. İnşaat işleri yatırımın % 11'lik kısmını oluştururken, % 9'unu

PDF Eraser Free

elektrik altyapısı, % 7'sini ise güç ayar sistemleri oluşturmaktadır. Kuruluş maliyeti ve diğer maliyetlerin toplamı ise toplam yatırımın % 4'ü kadardır.

Türbin maliyetini belirleyen kriterler arasında türbinin birer parçası olan kule, pervane, dişli kutusu, kontrol sistemi, alternatör, gibi etmenler de maliyeti büyük ölçüde belirler. Kule malzemesinin, çelik veya beton olmasına göre ve kule yüksekliğine bağlı olarak maliyet değişim gösterir. Rüzgar pervanesinde ise pervanenin alüminyum, titan, çelik, elyaf ile güçlendirilmiş plastik gibi malzemelerden yapılması aynı şekilde maliyeti değiştirmektedir. Dişli sistemi pervane milinin devir sayısını alternatörün gereksinim duyduğu devir sayısına çıkarır. Bu devir sayısının artış ve azalışını karşılayacak olan alternatöründe değişmesi gerekir. Alternatördeki bu güç değişimi maliyetin artması yönünde etkili olur. Bu gibi etkenler göz önüne bulundurulup, uygun türbin tasarımı yapılırsa maliyet de optimize edilmiş olur (<http://www.gyte.edu.tr/enerji/Ruzgarenerji/s5.html>, 17 Mayıs 2006).

Maliyetlerin bir kısmı türbin adedine bağlıyken bir kısmı da türbinin kurulacağı yere bağlıdır. Türbin adedine göre değişen maliyetlere, temeller örnek verilebilir. Türbinin kuruluş yerine bağlı maliyetlere ise şebeke bağlantısı, arsa ve altyapı giderleri gibi maliyetler örnek verilebilmektedir (Samsun, 2004: 5).

Yatırımın en düşük maliyetle gerçekleştirilmesinde kuruluş yeri seçiminin önemi büyüktür. Yatırım yapılırken, hem rüzgar hızının elverişli, sürekli olduğu hem de yatırım maliyetlerini arttırmayacak bir alan seçilmelidir.

Ortalama bir yatırım için verilmiş olan Şekil 1'deki rakamlar kuruluş yerine göre farklılık gösterebilir. Eğer kuruluş yeri ana şebekeye uzak ise iletim maliyetleri artacaktır. Şebekeye uzaklık nedeniyle iletim hatlarında oluşacak olan enerji kayıpları da maliyet hesaplarına eklenmelidir.

Kuruluş yeri dağlık ve engebeli bir arazi ise inşa maliyetlerinde artış görülebilirken, devlete ait arazilerin kullanımı esnasında alınacak izinler ve

bürokratik işlemler projenin maliyetlerini ve türbinlerin kuruluş süresini uzatabilmektedir.

İşçi ücretleri bölgelere göre farklılık gösterebilmektedir. Bu durum da farklı bölgelerdeki projelerde, iş gücü maliyetlerinin farklı olması sonucunu doğurmaktadır.

Rüzgar türbinlerinin maliyeti, sistem ebadının büyütülmesiyle önemli ölçüde indirilebilmektedir. Bu durum; 2 MW'lık bir türbinin KW başına maliyetinin, 2 KW'lık bir makinenin maliyetinden daha düşük olduğu anlamına gelmektedir. Rüzgar türbinlerinin birim maliyeti son 20 yılda 2500 \$/KW'dan 750 \$/KW'a düşmüştür. Bu maliyet düşüşü temel olarak türbin ebadının büyütülmesiyle başarılmıştır. Böylece, rüzgar enerji teknolojisinin ilk yıllarındaki küçük birimlerden bugünkü MW kapasiteli türbinlere değişimi, rüzgardan üretilen elektriğin maliyetinin azalmasını sağlamıştır (Mathew, 2006: 212).

1.7.2. İşletme ve Bakım Maliyeti

Rüzgar türbinleri ile elektrik üretmek için yakıt gideri bulunmamaktadır. Bu durum fosil yakıtlara göre rüzgarı daha da avantajlı kılmaktadır. Her ne kadar yakıt gideri bulunmasa bile türbinleri periyodik olarak bakım ve onarımlarının yapılması gerekmektedir. Periyodik bakım ve onarımlar türbinin ömrünün uzamasını sağlamaktadır. Türbin için oluşacak bakım ve onarım gideri türbinin çalışma süresi ile doğru orantılıdır. Türbin ne kadar çok çalışırsa o kadar çok yıpranır ve bakım-onarım giderlerinde de o kadar artış görülür.

Bakım maliyeti; pervane, alternatör, dişli kutusu, bıçaklar gibi türbin parçalarının ve enerjinin iletimi sırasında kullanılan trafolar, elektrik direkleri, iletim hatlarının da bakımlarını içerir (<http://www.gyte.edu.tr/enerji/Ruzgarenerji/s5.html>, 17 Mayıs 2006).

Yerel iklim şartları da türbinin ömrünü etkileyen faktörler arasında yer almaktadır. İklim şartlarının uygun olmaması bakım ve onarım giderlerini arttıracaktır. Dolayısıyla bu durum maliyetlerin artmasına neden olacaktır.

Rüzgar türbinlerinin beklenmeyen kaza ve felaketlerden korunması çok önemlidir. Çünkü türbinin çok hassas ve oldukça da pahalı parçaları vardır. Bu nedenle türbinler kesinlikle sigorta ettirilmelidir. Sigorta için ödenecek yıllık primlerde işletme ve bakım giderleri içine dahil edilmelidir (Mathew, 2006: 223).

1.7.3. Rüzgar ve Diğer Yakıtların Karşılaştırmalı Maliyeti

Rüzgar enerjisi gelecekteki pazar başarısı için en önemli kriter olan ekonomik maliyette kararlı ve hızlı bir gelişme göstermektedir. 1990lı yılların başında Pasific Gas & Electric ve Electric Power Research Institute tarafından yapılan ve rüzgar enerjisinin en ucuz elektrik üretim kaynağı olacağına ilişkin uzun vadeli öngörüler artık hayal olmayıp gerçekleştirilmek üzeredir. Kaliforniya Enerji Komisyonu çeşitli enerji seçeneklerinin maliyetlerini ve pazara hazırlılıklarını incelemektedir. Tablo 1'de temel yakıt tipinin maliyetini rüzgar enerjisi ile karşılaştırmaktadır.

Tablo 1: Rüzgar ve Diğer Yakıtların Karşılaştırmalı Maliyeti

Yakıt	Maliyet (Sent/KWh)	Maliyet (Eurosent/KWh)*
Kömür	4,8–5,5	3,98
Doğal Gaz	3,9–4,4	3,20
Hydro	5,1–11,3	6,34
Biomass	5,8–11,6	6,72
Nükleer	11,1–14,5	9,89
Rüzgar (ABD Federal üretim Vergi Kredisi hesaba katılmadan)	4,0–6,0	3,86

Kaynak: <http://www.egetek.org/pages/news/TanayUyar01.html>, 17 Mayıs 2006.

*Ortalama maliyetlere göre 17 Mayıs 2006 tarihindeki Merkez Bankası USD Kuru: 1.43 EURO Kuru: 1.85 olarak alınmış ve tarafımızdan hesaplanmıştır.

Rüzgar maliyetleri artık fosil yakıtların en ucuz seçenekleri olan kömür ve doğal gaz ile rekabet edebilir duruma gelmiştir ve enflasyona göre düzenlenen ABD

Federal Üretim Kredisi ile rekabet daha da iyileştirilebilecektir. Nükleer enerjiye göre maliyetler oldukça düşüktür. Mevcut yenilenebilir enerji kaynakları arasında da en ekonomik olarak kullanılacak bir enerji türüdür.

1.8. ENERJİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİ

Fosil yakıtların, arz güvenliğinin olmaması, pahalı olması gibi dezavantajlarının yanında olumsuz çevresel etkileri de bulunmaktadır. Fosil yakıtların kullanımı sonucunda görülebilecek en yaygın sonuç hava kirliliğidir. Kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlar sera gazı emisyonları ile yeryüzünden yansıyan ışınları absorbe etmekte ve ısınmaya neden olmaktadır. Fosil yakıtlar yanma sonucunda bünyesinde ısıyı tutma özelliğine sahip olduklarından iklim değişikliklerine neden olmaktadır.

Alternatif elektrik üretim yöntemleriyle karşılaştırıldığında rüzgar enerjisinin en önemli çevresel yararı, hava kirliliği açısından herhangi bir kirliliğe neden olmamasıdır. Rüzgar enerjisi, fosil yakıtlardan kaynaklanan CO₂ emisyonunu düşürecek ve rüzgar enerjisi küresel ısınmaya karşı Kyoto Protokolü ile başlatılan savaşın en önemli silahlarından biridir.

Tablo 2: Elektrik Enerjisi Üretimi Sırasında Küresel Isınma ve Asit Yağmurlarına Neden Olan Emisyonlar

Enerji Kaynağı	CO ₂ (kg/1000KWh)	SO ₂ (kg/1000KWh)	NO _x (kg/1000KWh)
Kömür	963	0.62	3,6
Doğalgaz	608	0,0032	2,1
Petrol	890	5,58	1,6
Rüzgar	0	0	0

Kaynak: <http://www.cumhuriyet.edu.tr/edergi/makale/1614.pdf>, 20 Ağustos 2008

“Rüzgar türbinleri CO₂ salınımının azaltılmasında son derece önemlidir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan 500–600 KW’lık bir türbin yılda ortalama 1,1

milyon KWh enerji üretirken, 1,1 Milyon*0,7 kg'den her yıl yaklaşık olarak 750 Ton CO₂ salınımı önlenmektedir. Öte yandan 1 acre (0,404 dönüm) orman (bitki) başına yılda yaklaşık 5 ton CO₂ 'yi atmosferden temizler. Yani 599 KWh'lik bir türbinle elde edilecek enerji ile 150 acre'lik (57.000 ağaçlık) ormanın yapacağı CO₂ temizleme işine eş değerdir" (Karadeli, 2001: 33)

Rüzgar enerjisi teknolojileri, her ne kadar temiz de olsa çevrede olumsuz etkiler yaratabilmektedir. Türbinlerin görsel ve estetik olumsuzlukları, gürültü yapması, kuş ölümlerine neden olması, haberleşmede parazitler oluşturması, 2–3 km'ye kadar radyo ve TV alıcılarını karıştırması gibi istenmeyen etkileri ve kaza olasılıkları vardır (Atlı, 2000: 11).

Rüzgar türbinleri genelde yerleşim bölgelerine uzak inşa edildiğinden, gürültü ve görüntü kirliliği en az düzeydedir. Şimdiye kadar yapılan testlerin sonucuna göre hem küçük hem de büyük rüzgar enerjisi dönüşüm sistemlerinin oluşturduğu işitilebilir gürültü büyük çevresel etki göstermemektedir. Bütün testlerde kaydedilen gürültü seviyesi çok yakınındaki yerlerde bile kabul edilebilir düzeydedir. 30 adet 300 KW'lik türbinden oluşan bir çiftliğin, yerleşim yerinden en az 500 m uzağa konulması tavsiye edilmektedir (<http://www.cumhuriyet.edu.tr/edergi/makale/1614.pdf>, 20 Ağustos 2008).

Rüzgar türbinlerinin görsel etkisi; temiz, çevreci ve ucuz bir enerji üretimi dikkate alındığında estetik kaygılar güdülmemelidir. Ayrıca rüzgar türbinlerinin kuruluş yeri seçilirken, eğer imkanlar dahilindeyse türbinlerin şehir dışına kurulması ile görüntü kirliliğinin önüne geçilmiş olunur.

Başka bir çevresel etki ise, kuş ölümleri ile karşımıza çıkmaktadır. Kuş ölümleri daha çok toplu göçler esnasında karşımıza çıkan bir sorundur. Fakat bu sorun yüksek gerilim hatlarının yarattığı tehlikeden büyük değildir. Danimarka'da Ornis Consult tarafından yapılan bir araştırma ile yerleşik kuşların türbinlere kolayca alışarak yuva yaptıkları görülmüştür. Birçok göçmen kuş sürüsü de 150 metreden

yukarıda uçtuğu için türbin kanatları tehlike teşkil etmemektedir. Sorun teşkil edebilecek bu durumu çözüme kavuşturmanın en iyi yolu ise rüzgar türbinlerini kuş göç yolları üzerine kurmamaktır (<http://www.cumhuriyet.edu.tr/edergi/makale/1614.pdf>, 20 Ağustos 2008).

Rüzgar santrallerinin kurulacağı yerin seçiminde yeterli rüzgar potansiyeli ve arazi imkanından başka, iletim hatlarına uzaklığı, trafo gücü sit alanı ve/veya doğal koruma, milli park alanı olup olmaması, yakında alıcı-verici antenler ve bağlantı hatları bulunmaması gibi özelliklere de dikkat edilmelidir.

Rüzgar türbini veya üretim donanımını, elektromanyetik alana tesir edip radyo-TV alıcılarında parazit yapabilirler. Bunun en temel sebebi türbin kanatlarıdır. Bu kanatlar dönerken radyo ve TV alıcıları ile radyo dalgalarını geri yansıtıp parazit yaparken kuleler de sinyalleri yansıtabilir. Fakat engellenmesi basit ve ucuzdur (<http://www.yildiz.edu.tr/~kvarinca/Dosyalar/Yayinlar/yayin002.pdf>, 20 Ağustos 2008).

Fosil yakıtların yoğun bir şekilde kullanımı küresel ısınmaya sebep olmuş ve dünya ortalama sıcaklığını son bin yılın en yüksek değerlerine ulaştırmıştır. Bu durum hava kirliliğine ve doğal afetlere neden olmaktadır. Küresel ısınmanın bir sonucu olarak buzullar erimekte ve su seviyesi yükselmektedir. Bu durum dünyadaki birçok yerleşim yerinin yok olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle insanoğlu fosil yakıtların bitmesini beklemeden temiz enerji kaynaklarına yönelmek zorundadır (Yılmaz, 2000: 7).

Kyoto Protokolü iklim değişikliğine göre, AB 2010 yılına kadar kendi sera gazı gaz emisyonlarını 1990 seviyelerine göre % 8 azaltmayı taahhüt etmiştir. Bu gün AB Kurulu rüzgar gücü her yıl 50 milyon tonun üzerinde CO₂ koruması sağlamaktadır. Eğer bugünkü büyüme sürerse, 2010 yılına kadar, rüzgar enerjisi yılda 109 milyon ton koruma sağlayacaktır, bu miktar Kyoto Protokolünde belirlenen miktardan % 30 daha fazladır (<http://www.eie.gov.tr>, 20 Ağustos 2008).

Rüzgar enerjisi ile elektrik üretmenin çeşitli çevresel maliyetleri olduğu açıktır. Fakat bu çevresel etkiler fosil yakıtlar ile karşılaştırıldığında önemsenecek kadar küçüktür. Gürültü ve görüntü kirliliğini önlemek için rüzgar çiftliğinin yerleşim yerinden 500 m uzaklığa kurulması yeterli olacaktır. Kuş ölümleri tamamıyla ortadan kaldırılamasa bile rüzgar çiftliğinin kuş göç yolları üzerine kurulmaması ile bu durum büyük bir oranda engellenmiş olacaktır.

Tüm bunlara karşılık asit yağmurları yüzünden birçok doğal ekosistem tamamen yok olmuştur. Fosil yakıt kullanımı ile enerji üretmenin çevresel ve ekonomik maliyetleri çok daha zarar vericidir. Bu nedenle estetik kaygılar güdülerek ya da rüzgar türbinlerinin fosil yakıtlara göre önemsenecek kadar küçük çevresel etkileri nedeniyle rüzgar enerjisi kullanımını sınırlandırmamak aksine teşvik etmek gerekmektedir.

Rüzgar enerjisi enerji geleceğimizde ve iklim değişikliğini önlemede büyük bir role sahiptir. Halen dünyada en hızlı büyüyen enerji sektörlerinden biridir. Gelişmiş ülkelerin birçoğu özellikle AB ülkeleri sera gazı emisyonlarından korunmak için dünyada rüzgar gücü geliştirmelerini teşvik etmek ve desteklemek zorundadır. Avrupa'daki kurulu rüzgar gücü yılda 50 milyon tondan fazla CO₂ sakınması yapmaktadır (<http://www.eie.gov.tr>, 20Ağustos 2008).

2. BÖLÜM

DÜNYA'DA RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYELİ VE KULLANIMI

Özellikle AB ülkeleri yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı konusunda çok hassas davranmaktadırlar. Sera gazı emisyonlarını azaltmak, çevreye olan duyarlılığın atması ve bu konuda ülkelerin bir araya gelerek bağlayıcı önlemler alması yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırmaktadır. Özellikle gelişmiş ülke hükümetleri, arz güvenliğinin sağlanması ve bağımlılığın azaltılması için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını ve üretimini desteklemektedir. Bu bölümde, rüzgar enerjisi ile ilgili dünyadaki potansiyel incelenecek, ülke uygulamalarına yer verilecektir.

2.1. DÜNYA'DA RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYELİ

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında rüzgar enerjisi, enerji teknolojilerinin en ileri ve ticari olarak en çok uygulama imkanı bulanıdır. Tamamen doğal bir kaynak olarak kirliliğe neden olmayan ve tükenme olasılığı olmayan bir güç sağlamaktadır. Rüzgar enerjisi son yıllarda dünyada en hızlı büyüyen enerji kaynağı olmuştur (Taflan, 2003: 45).

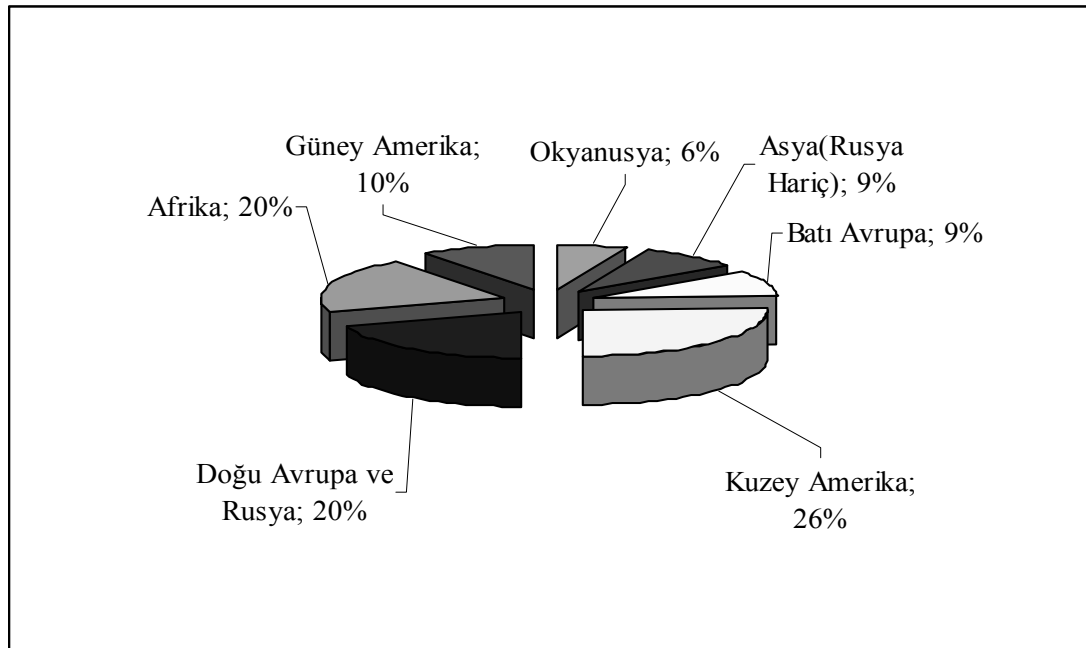
Dünya'daki teknik rüzgar enerjisi potansiyeli Şekil 2'de gösterilmiştir. Dünya'da toplam teknik potansiyelin 53.000 TWh/yıl olduğu bilinmektedir.

Şekil 2'ye göre en yüksek teknik potansiyel Kuzey Amerika'da bulunmaktadır. 2020 yılında dünyada talep edilen elektrik miktarının 25.900 TWh/yıl olduğu düşünüldüğünde 53.000 TWh'lik teknik rüzgar enerjisi potansiyelinin önemi daha da iyi anlaşılmaktadır.

Bu nedenle teknik olarak elde edilebilecek küresel rüzgar kaynağı, dünyanın tüm elektrik gereksinimi için yapılan tahminin iki katından fazladır

(http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/WF12/RzgarGc12.pdf, 16 Mayıs 2006).

Şekil 2: Dünya’da Teknik Rüzgar Enerjisi Potansiyeli



Kaynak: <http://www.ruzgarenerjisibirligi.org.tr/yayinlar/>, 30 Haziran 2008

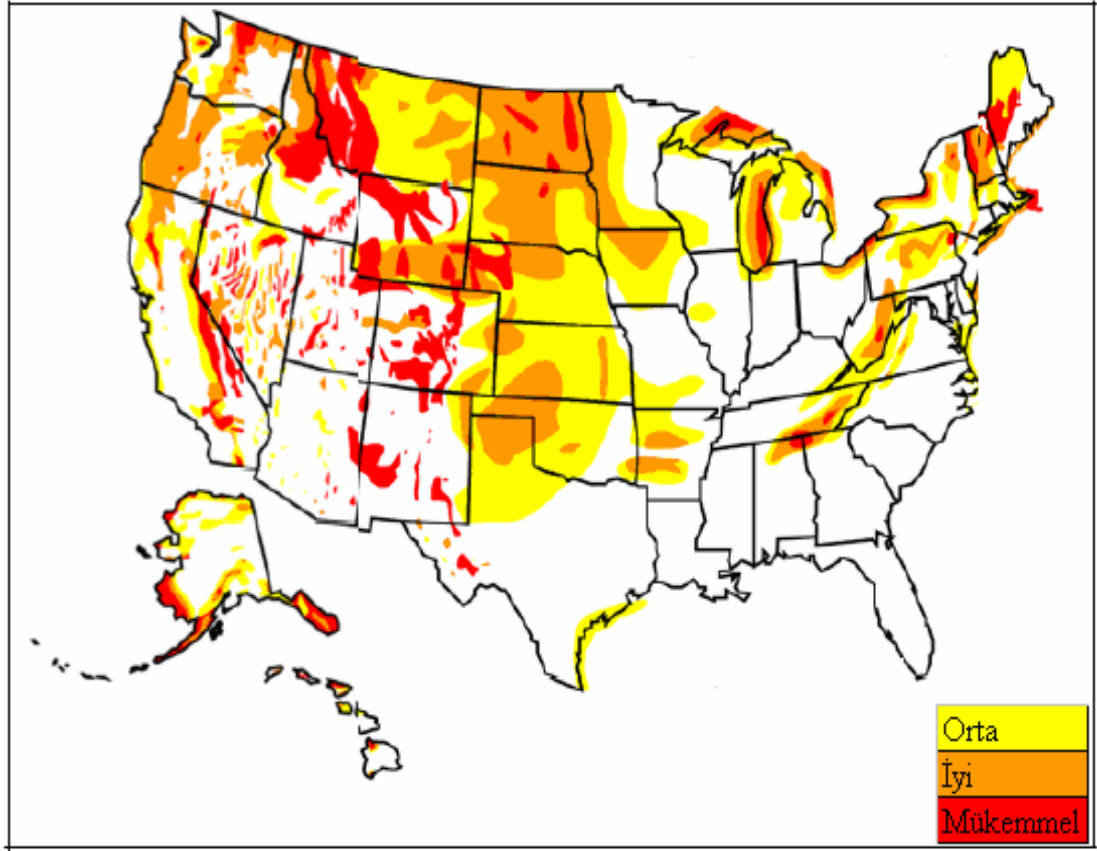
Gelişmiş ülkelerin, var olan rüzgar potansiyelinden yararlanmaya yönelik araştırmalar yaptıkları ve önemli teknolojik gelişmeler kaydettikleri bilinmektedir. Bu çalışmalar sonucunda rüzgar potansiyelinin bir kısmını ekonomik olarak kullanılabilir hale getirmiş ülkeler bulunmaktadır. Dünyada önde gelen sürekli gelişim göstermiş ve rüzgar enerjisi sektöründe önemli bir yer kazanmış türbin imalatçısı firmalar genellikle Avrupa’dadır.

Birçok Avrupa ülkesinde ve özellikle de Almanya’daki çalışmalar, elektrik şebekesinin işleyiş ve yapısında herhangi bir değişiklik yapmadan elektrik talebinin %10-20’sinden fazlasını rüzgar enerjisi ile karşılayabileceğini göstermiştir. Avrupa’da karada ve deniz üstündeki kombine rüzgar potansiyeli 2020 yılı içi öngörülen elektrik talebinin % 20’sinden karşılamaya yetecektir. Özellikle deniz üstü projeler bu yüzdeyi önemli ölçüde arttırabilecektir (Deniz, 2002: 51).

2.1.1. Amerika Kıtasında Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

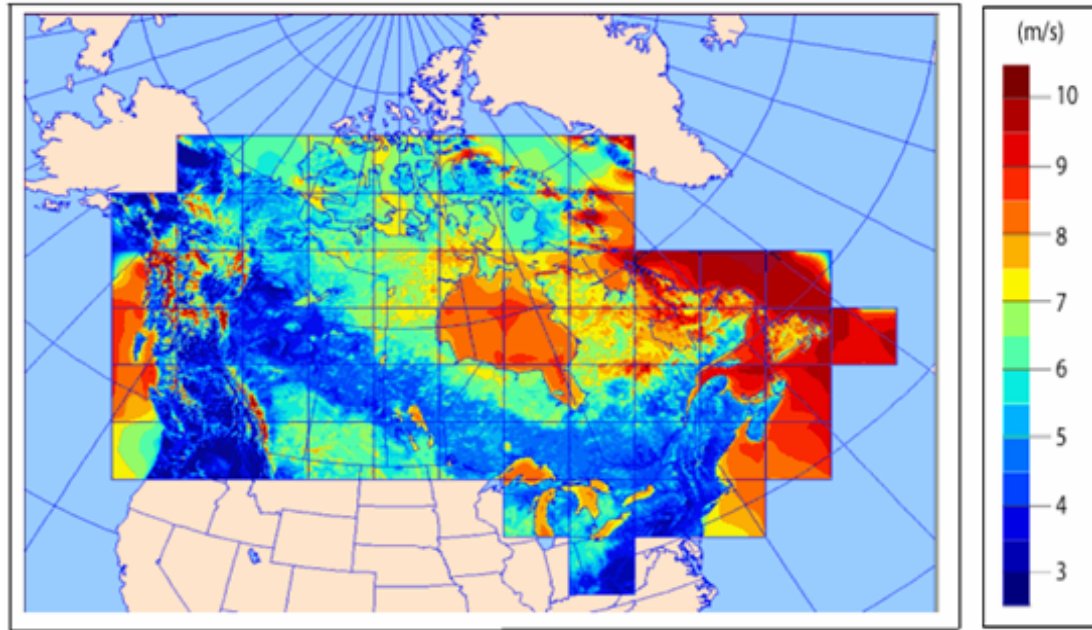
Dünyadaki en büyük rüzgar enerjisi potansiyeli Kuzey Amerika'da bulunmaktadır. Kuzey Amerika'da rüzgar enerjisi potansiyeli ve kullanımı açısından iki ülke öne çıkmaktadır. Bu ülkelerden birincisi ABD ikincisi ise Kanada'dır.

Şekil 3: ABD'nin Rüzgar Atlası



Kaynak: http://www.awea.org/pubs/factsheets/Top_20_States.pdf, 1 Kasım 2008

Şekil 3'de görüldüğü gibi ABD'nin rüzgar enerjisi potansiyeli oldukça yüksektir. Sadece kıyı kesimler de değil iç kesimlerde de yüksek potansiyel gözükmemektedir.

Şekil 4: Kanada'nın Rüzgar Atlası

Kaynak: <http://www.windatlas.ca/en/maps.php?field=EU&height=50&season=ANU>, 1 Kasım 2008

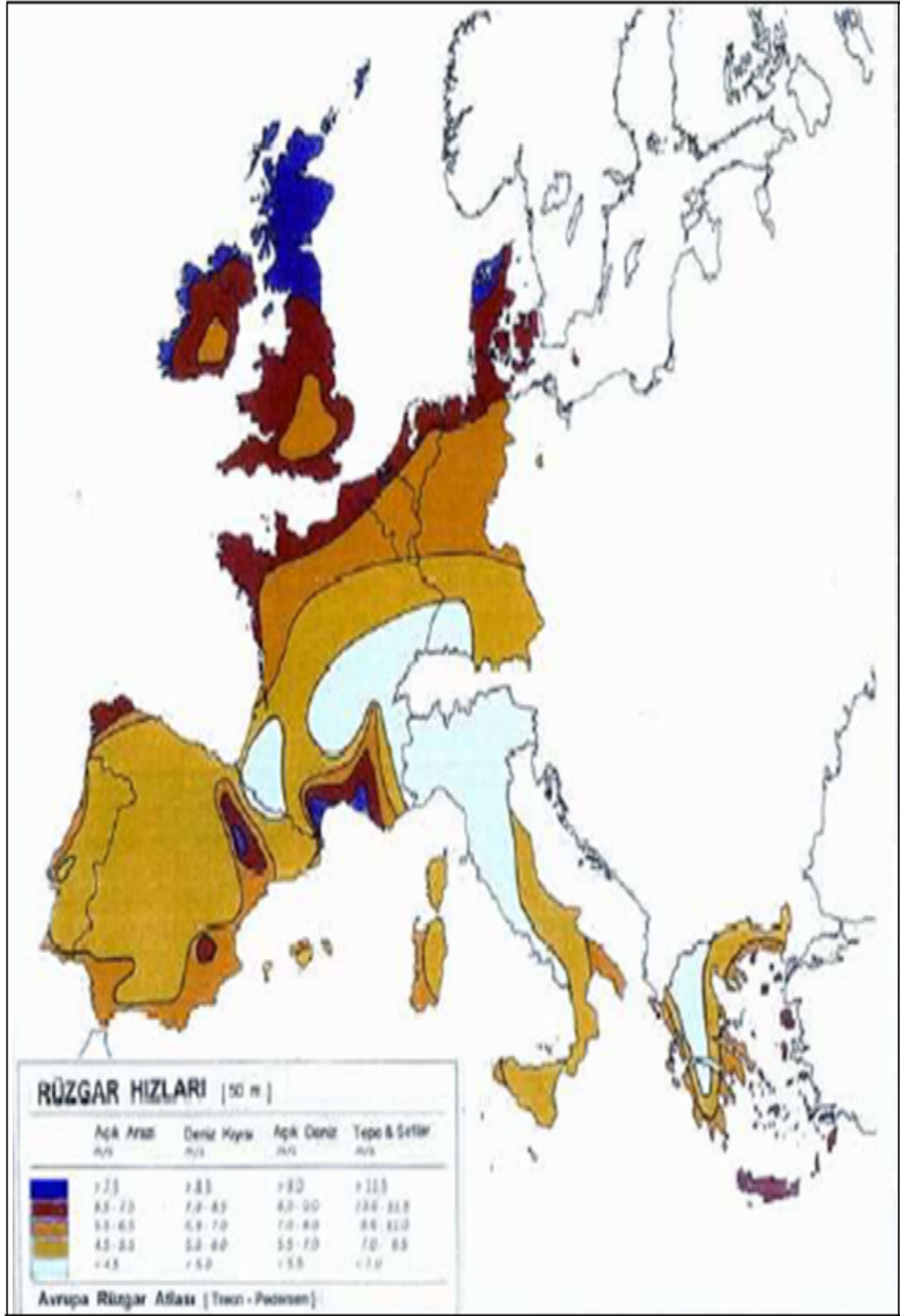
Amerika kıtasında ABD dışında rüzgar enerjisi potansiyeli yüksek olan bir diğer ülke de Kanada'dır. Şekil 4'de, Kanada'nın 50 metre yükseklikte yıllık rüzgar hızları yer almaktadır. Ülkenin kıyı kesimlerinde oldukça güçlü bir potansiyel olduğu görülmektedir.

2.1.2. Avrupa Kıtasında Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

Şekildeki rüzgar atlası dört değişik topografik arazi şekli (açık arazi, deniz kıyısı, açık deniz ile tepe ve sırtlar) için ve 50 m yükseklikteki rüzgar hızları bazında düzenlenmiştir.

Bu atlasa göre AB'nin teknik rüzgar potansiyeli 630 TWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Avrupa rüzgar atlasına bakıldığında, iç kesimlerde rüzgar hızının genelde 4,5-5,5 m/sn olduğu görülmektedir. Deniz kenarındaki bazı bölgelerde 6,5-7,5 m/s civarındadır.

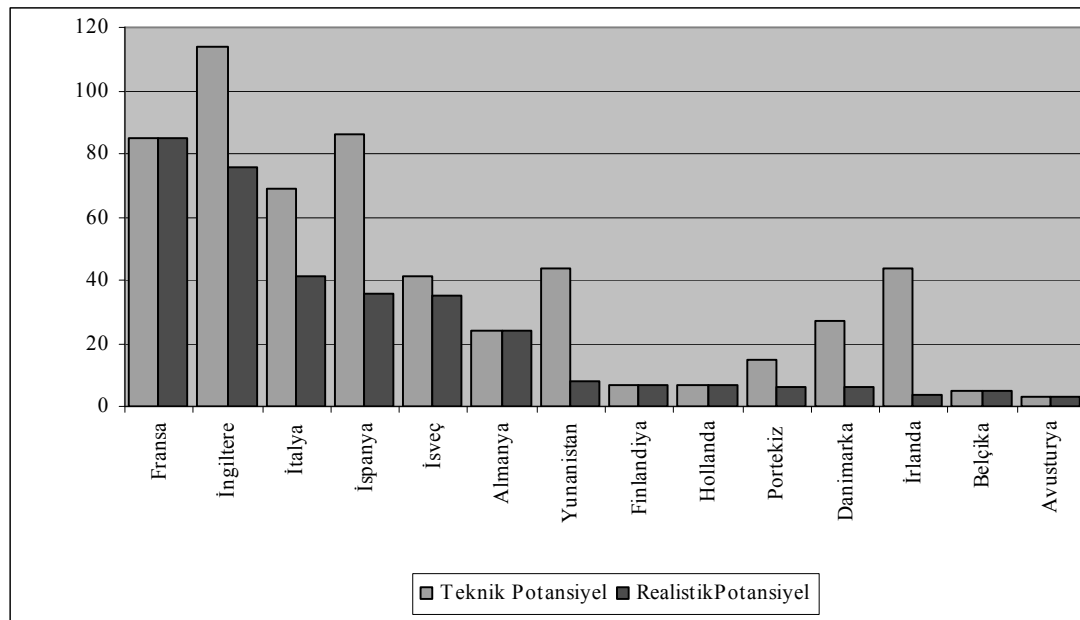
Şekil 5: Avrupa Rüzgar Atlası



Kaynak: <http://www.ruzgarenerjisibirligi.org.tr>, 30 Ekim 2008

Rüzgar enerjisi potansiyelinin doğadaki mevcut haline doğal potansiyel; doğal potansiyelin teknoloji ile kullanılabilir enerjiye dönüştürülmesine teknik potansiyel ve diğer enerji kaynaklarıyla karşılaştırılması sonucu ekonomik olarak nitelenen miktarına da ekonomik potansiyel denir. Avrupa rüzgar atlasında İtalya'nın rüzgar hızının 4,5-5,5 m/sn olduğu görülmektedir. Fakat Şekil 6 incelendiğinde İtalya'nın teknik potansiyelinin yarısından fazlasını ekonomik olarak kullanılabilir hale getirdiği görülmektedir.

Şekil 6: AB Rüzgar Potansiyeli (TW/h/yıl)



Kaynak: <http://www.ruzgarenerjisibirligi.org.tr>, 30 Ekim 2008

Şekil 6, AB ülkelerinin rüzgar enerjisi teknik potansiyelini ve mevcut teknik potansiyelin ne ölçüde kullandığını göstermektedir. Almanya, Fransa, Finlandiya, Hollanda, Belçika ve Avusturya teknik potansiyelinin tümünü kullanabilen ülkeler arasındadır.

Dünyadaki teknik potansiyelin büyük bir kısmı Avrupa ülkeleri tarafından ekonomik potansiyele çevrilmiştir. Avrupa ülkeleri, özellikle son dönemde gelişen çevre bilinci ile rüzgar enerjisinde her geçen gün düşen maliyetleri fırsat bilerek

rüzgar enerjisine yaptıkları yatırımları arttırmışlar ve önümüzdeki dönemde de arttırmaya devam edeceklerdir.

2.2. RÜZGAR ENERJİSİ KULLANIMININ DÜNYADAKİ GELİŞİMİ VE İLK UYGULAMALARI

Rüzgar enerjisinden elektrik üretimi ilk kez, 1890'ların başlarında Danimarka'da yapılmıştır. Danimarkalılar 1918 yılında 20–35 KW'lık türbinlerle 120 kırsal merkezin elektrifikasyonunu sağlayacak programı başlatmışlardır. Rusya'da 1931 yılında 100 KW'lık rüzgar türbini yapılmıştır. 1941'de ABD'de Vermont, Rutland yakınlarında Grandpa's Knob'a kurulan Puntam rüzgar türbini 1250 KW gücü ile o dönemin en büyük rüzgar kuvvet makinesi olmuştur (Deniz, 2002, 52).

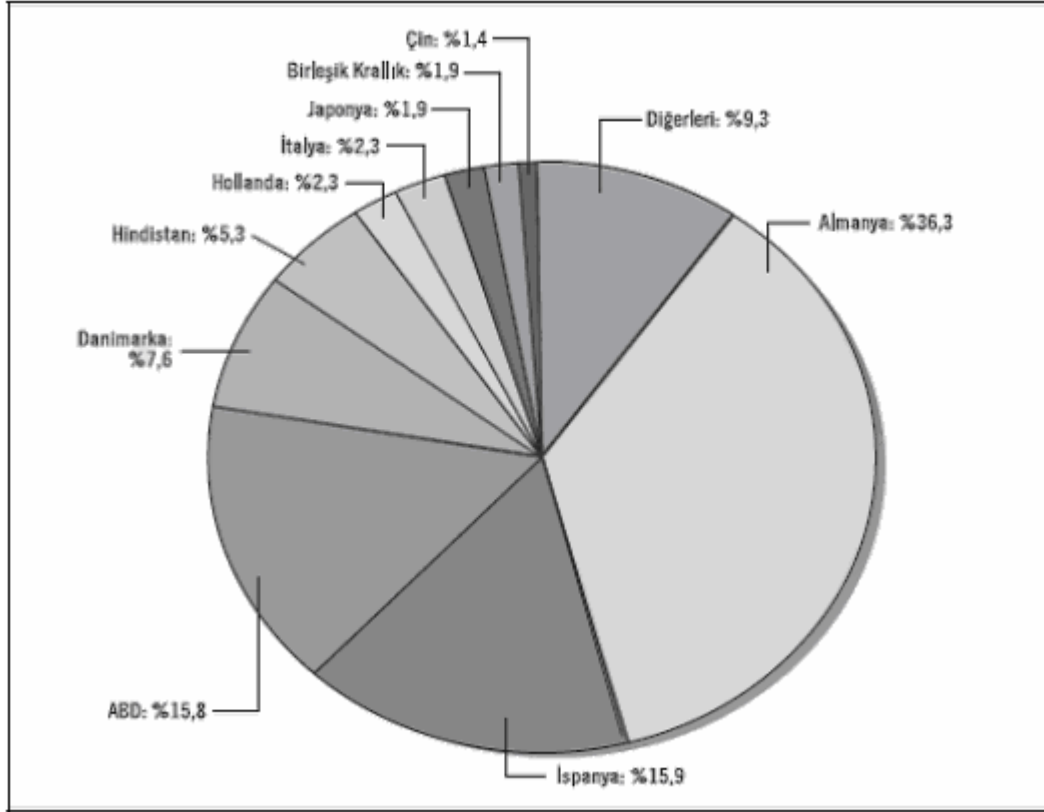
Günümüzde daha modern rüzgar enerjisi dönüşüm sistemleri kullanılarak rüzgardan elektrik enerjisi elde edilmektedir. Bu modern makineler sayesinde sadece üreticinin elektriği sağlanmakla kalınmamış iletim hatları ile ana şebekeye elektrik iletilmiştir. Böylece daha temiz ve ucuz olarak elektrik enerjisi üretimi yapılmaktadır.

ABD'de kamu ve özel sektörün entegrasyonunun sağlanması ile dünyanın en güçlü endüstrilerinden biri ABD'de ortaya çıkmıştır. Bu endüstrinin doğuşu 1980'lerin başında başlamıştır. 1982–1992 arasında Kaliforniya'da yaklaşık 15.000 rüzgar türbini kurulmuştur. 1993 yılında Kaliforniya'nın rüzgar türbinlerinden yaklaşık 3 milyar KWh elektrik üretilmiş ve bununla Kaliforniya tüketiminin %1.2'si karşılanmıştır (Deniz, 2002: 53).

Dünyadaki toplam kurulu güç 2003 yılı itibariyle 40.000 MW'ın üstüne çıkmıştır. Avrupa'da net olarak Almanya piyasanın lideridir. Almanya'nın rüzgar kapasitesi, 2003 yılında 2.674 MW artarak, ülke toplamını 14.600 MW'a yükseltmiştir. Rüzgarın normal olduğu bir yılda bu kapasite, ulusal elektrik gereksiniminin % 5,9'unu karşılamaya yetecek kadar enerji üretmektedir.

Danimarka ve İspanya'nın kapasiteleri de artmaya devam etmiştir. 2003 yılında kapasitesine 1.400 MW rüzgar gücü ekleyen İspanya'nın rüzgar endüstrisi Avrupa birinciliği için Almanya'yı izlemeyi sürdürmektedir. Bu arada Danimarka'da kendi elektrik gereksiniminin % 20'sini rüzgardan karşılamayı başarmıştır. Avusturya, Fransa, Yunanistan, İtalya, Hollanda, Portekiz, İsveç ve İngiltere gibi ülkelerin hepsi rüzgar yatırımlarını hızlandırmış durumdadır. (http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/WF12/RzgarGc12.pdf, 16 Mayıs 2006)

Şekil 7: En İyi 10 Rüzgar Gücü Piyasası, Toplam Kurulu Güç, (MW)



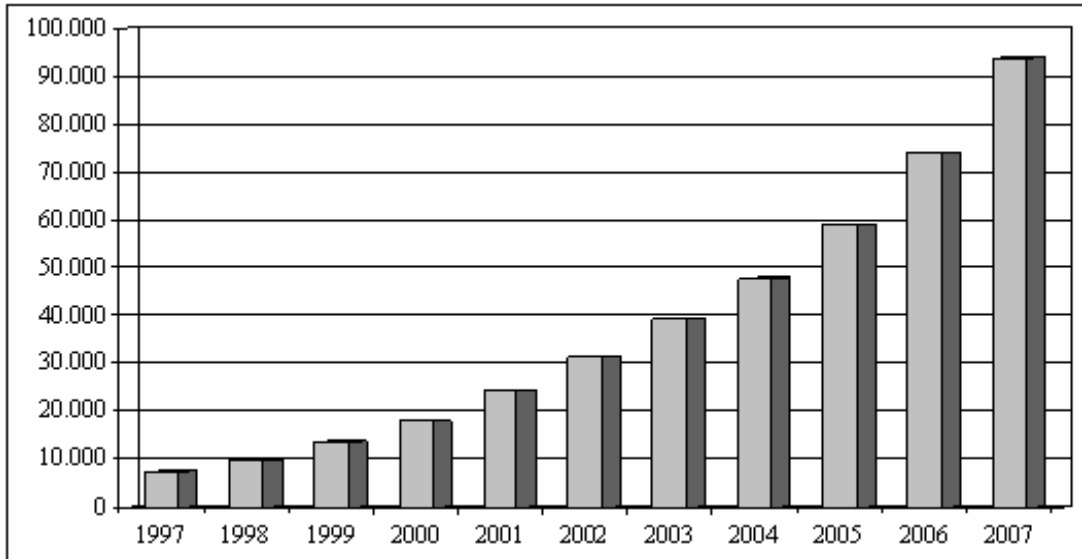
Kaynak: http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/WF12/RzgarGc12.pdf 16 Mayıs 2006.

Şekil 7'de görüldüğü gibi 2004 yılında dünyadaki toplam kurulu gücün % 36,3'ü Almanya'da yer almaktadır. Almanya Kurulu güç bakımından dünya lideridir. Almanya'nın hemen arkasından % 15,9 ile İspanya gelmektedir. İspanya bu performansı ile Güney Avrupa'nın güç santrali olarak nitelendirilmektedir.

ABD ise dünyada toplam kurulu güç bakımından % 15,8 ile üçüncü sıradadır. ABD 1990'lardaki uzun bir durgunluktan sonra dünyanın önde gelen rüzgar enerjisi piyasalarından biri olmaya doğru hızla gitmektedir. 2002 yılı sonunda, 30 eyalette elektrik idarelerine ait toplam 6.361 MW gücünde rüzgar santrali bulunmaktadır. Bunlar 1 milyon 600 bin ortalama Amerikalı ailenin elektrik gereksinimini karşılamaya yetecek kadar elektrik üretmektedirler.

Günümüzde, gelişen teknolojiyle birlikte gerek deniz üstüne gerekse kara üstüne inşa edilen santrallerde yüksek güç değerinde türbinler kullanılmaktadır (Özerdem, 2003: 6).

Şekil 8: 2007 Yılında Dünya'da Toplam Kurulu Güç (MW)



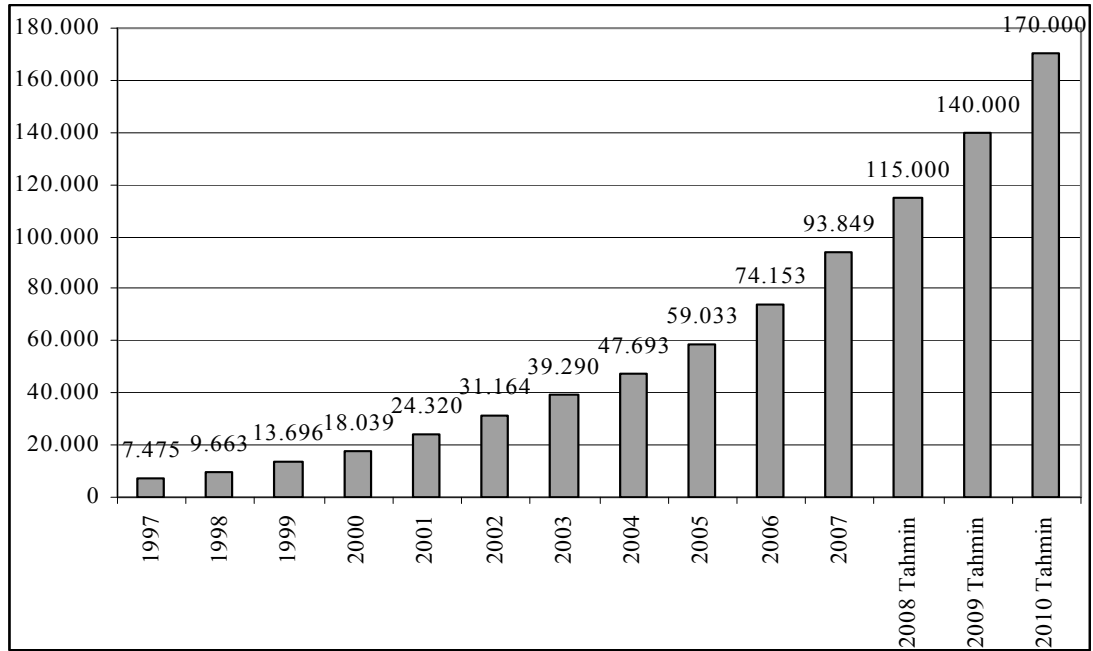
Kaynak: http://wwindea.org/home/images/stories/pr_statistics2007_210208_red.pdf, 15 Mayıs 2008

Rüzgar türbin ve teknolojilerinin geliştirilmesinde, Uluslararası Enerji Ajansı koordinatörlüğünde 1980'li yıllarda yürütülen Ar-Ge çalışmalarının büyük etkisi olmuştur. Buna örnek; ABD, Danimarka, Hollanda, İngiltere ve İsveç'in katkısı sonucu deniz üstüne kıydan uzak rüzgar santralleri teknolojisinin geliştirilmiş olmasıdır. Artık şamandıra üzerine yerleştirilen yüzer rüzgar türbinleri kurulabilmektedir. Avrupa'da ilk deniz üstü rüzgar türbini, İsveç'in 1990 yılında

çalışmaya başlayan 220 KW'lık Nordersund türbini olmuştur. İlk deniz üstü rüzgar türbini çiftliği ise Danimarka Windeby adasında kurulmuş 5 MW'lık çiftliktir ve bu çiftlik 1991 yılında çalışmaya başlamıştır (Deniz, 2002: 53).

Şekil 8'de görüldüğü gibi ilerleyen teknoloji ve ülkelerin yenilenebilir enerjilerden özellikle de rüzgar enerjisine yoğunlaşmaları sayesinde 2007 yılı sonunda toplam kurulu güç 93.850 MW'a yükselmiştir. Yıllar itibariyle kurulu güç incelendiğinde sürekli bir artış trendi görülmektedir. En yüksek artış ise 2006–2007 yılları arasında görülmektedir.

Şekil 9: Toplam Kurulu Güç ve Projeksiyonlar (MW)



Kaynak: http://wwindea.org/home/images/stories/pr_statistics2007_210208_red.pdf, 15 Mayıs 2008

Geçmiş yıllardaki dinamik gelişmelere dayanarak, WWEA, 2010 yılı için tahminlerini yine 160.000 MW den 170.000 MW ye yükseltmiştir.

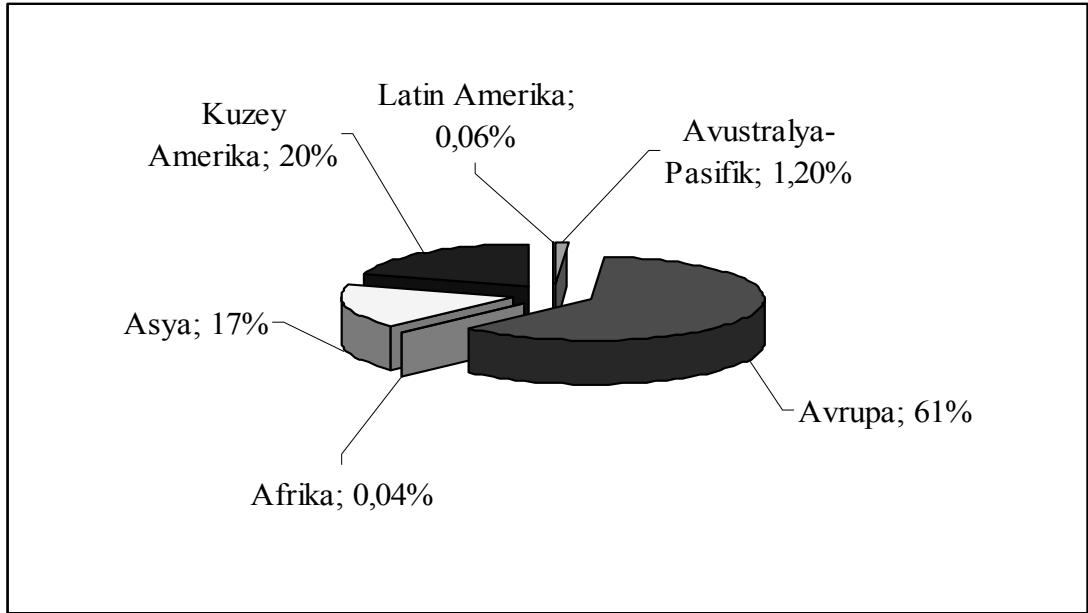
1997–2007 yılları arasında sürekli bir artış trendi görülmektedir. 2000 yılından itibaren artan enerji ihtiyacının temiz enerji ile karşılanmasına yönelik ülkelerin uygulamış olduğu politikaların ve teknolojik gelişmelerle sağlanan maliyet

düşüşlerinin önümüzdeki beş yıl içinde kendini daha da belirgin bir şekilde göstereceği öngörüler arasındadır.

2.3. DÜNYA'DAKİ KURULU GÜCÜN BÖLGELERE GÖRE DAĞILIMI

2007 yılında, toplam kurulu gücün bölgelere göre dağılımı ise aşağıdaki grafikte gösterilmektedir.

Şekil 10: Toplam Kurulu Gücün Bölgelere Göre Dağılımı



Kaynak: http://wwindea.org/home/images/stories/pr_statistics2007_210208_red.pdf, 15 Mayıs 2008

Grafiğe göre toplam kurulu gücün % 61'i Avrupa kıtasından sağlanmaktadır. % 20'si Kuzey Amerika'dan, %17'si Asya kıtasından karşılanmaktadır. Yine toplam kurulu gücün % 0.06'sı Latin Amerika Ülkeleri, % 1.2'si Avustralya-Pasifik Ülkeleri, % 0.04'ü ise Afrika Ülkeleri tarafından karşılanmaktadır.

2.3.1. Amerika Kıtasında Rüzgar Enerjisi Kullanımı

Amerika kıtasında ülkeler bazında 2000 yılındaki toplam kurulu güç aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Tablo 3: 2000 Yılında Amerika Kıtasında Kurulu Kapasite

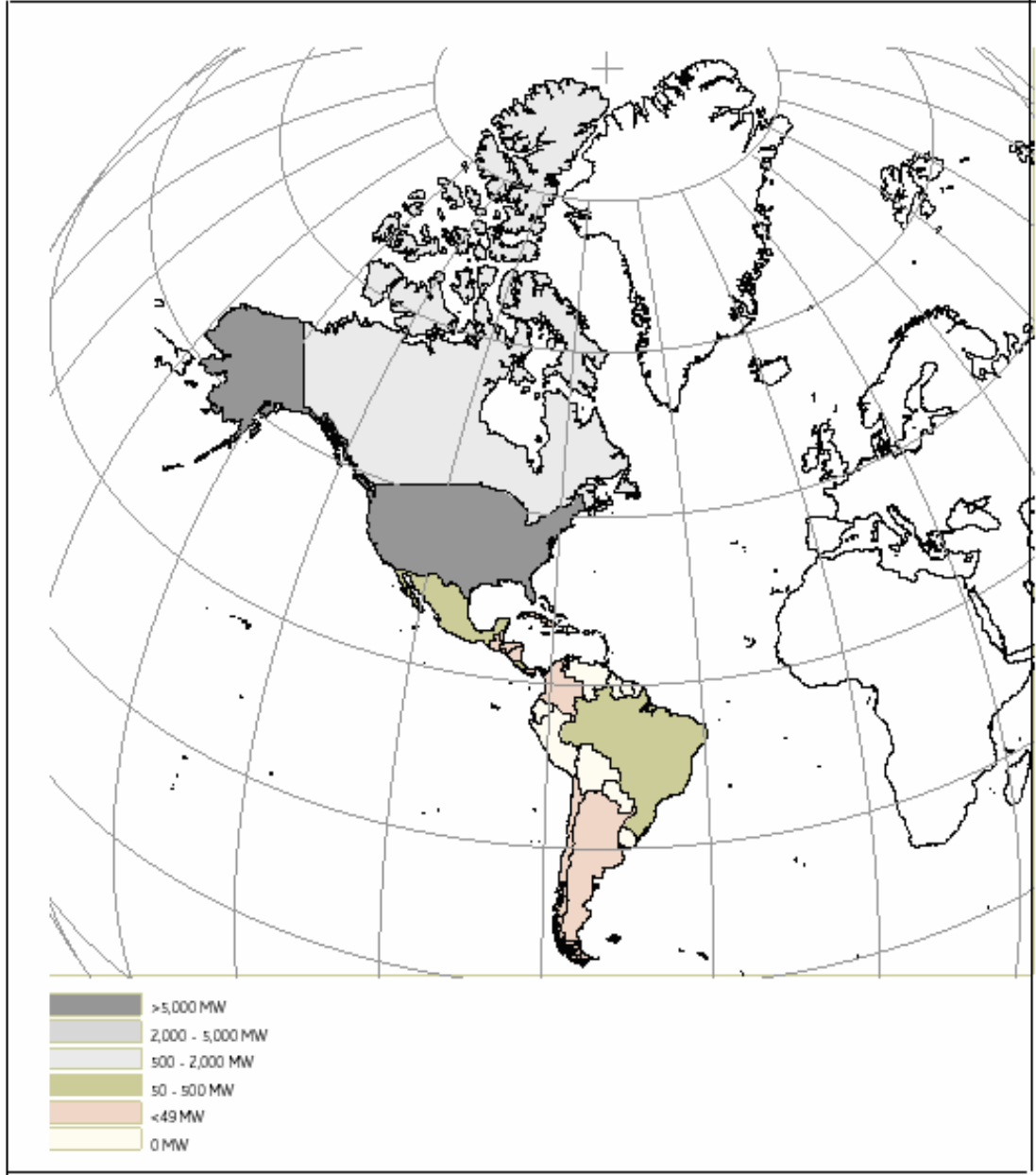
Ülkeler	Mevcut MV (2000)
Arjantin	16
Brezilya	22
Kanada	139
Kosta Rica	51
Meksika	2
ABD	2.610
The Americans	7
Toplam Amerika Kıtası	2.847

Kaynak: Şen, 2003, 47

2000 yılından günümüze kadar geçen sürede Amerika kıtasında kurulu güç oldukça artmıştır. 2000 yılında Amerika kıtasındaki toplam kurulu güç 2.847 MW iken 2007 yılında bu kurulu güç 16.818 MW olmuştur. Kanada ise 2000 yılındaki toplam kurulu gücü 139 MW iken 2007 yılından kurulu gücünü 1.846 MW'a çıkartmıştır (http://www.gwec.net/uploads/media/Global_Wind_2007_Report_final.pdf, 30 Ekim 2008).

ABD'nin rüzgar enerjisi potansiyeli (Bkz: Şekil 4) ve Şekil 11 incelendiğinde ABD'nin potansiyelini büyük ölçüde kullandığını görülmektedir. Amerika kıtasında, ABD kurulu güç bakımından başı çekmektedir. Hemen arkasından gelen ülke ise Kanada'dır. Diğer Kuzey ve Güney Amerika ülkelerinin kurulu güçleri ABD ve Kanada'ya göre daha azdır.

Şekil 11: Amerika Kıtasında Kurulu Gücün Bölgelere Göre Dağılımı (2007 Yılı)

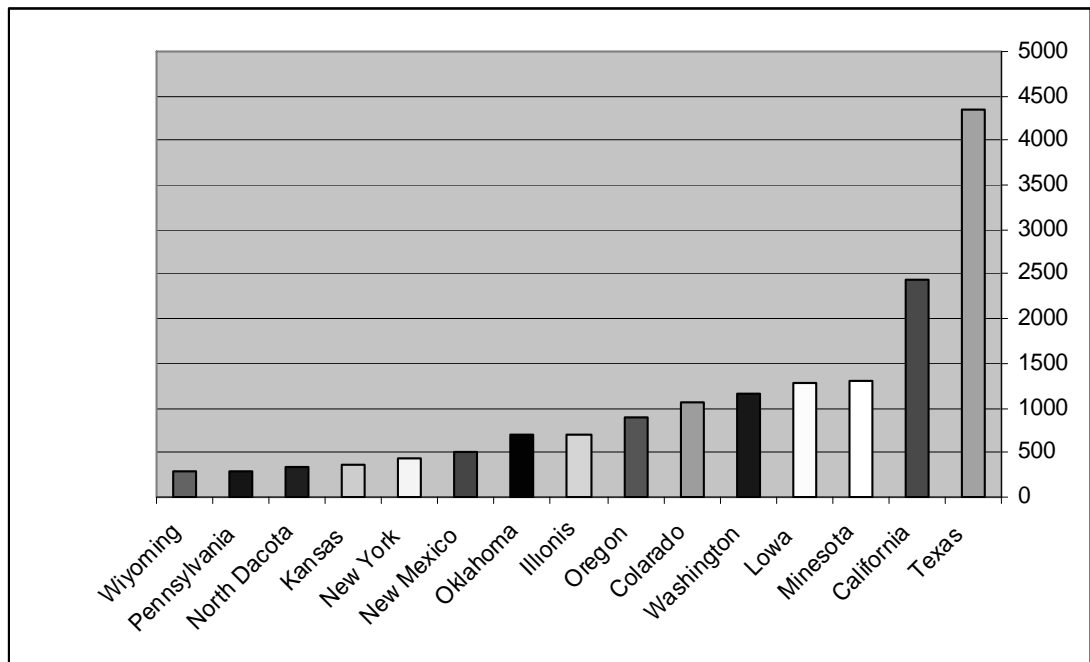


Kaynak: <http://www.gwec.net/fileadmin/documents/test2/gwec-08-update-HR-16.png>

2000 yılında 22 MW kurulu gücü olan Brezilya'nın 2007 yılındaki kurulu gücü 247 MW'a çıkmıştır. Yine 2000 yılında 2 MW kurulu gücü olan Meksika'nın 2007 yılı itibariyle kurulu gücü 87 MW'a çıkmıştır (<http://www.gwec.net/fileadmin/documents/test2/gwec-08-update-HR-16.png>, 30 Ekim 2008) Rüzgar enerjisinden faydalanma anlamında tüm Amerika kıtasında artış olmakla birlikte en çok ABD ve Kanada'da artış olmuştur.

ABD’de eyaletler bazında kurulu rüzgar gücü aşağıdaki grafikte görülmektedir. Grafiğe göre, 2007 yılı itibariyle 4.356 MW ile Teksas en fazla kurulu gücün olduğu eyalettir. Hemen arkasından 2.439 MW ile California gelmektedir. ABD’de 2007 yılı itibariye toplam kurulu güç 16.082 MW’dir.

Şekil 12: ABD’deki Toplam Kurulu Gücün Eyaletlere Göre Dağılımı (2007 Yılı, MW)



Kaynak: http://www.awea.org/pubs/documents/Outlook_2008.pdf Erişim Tarihi: 31 Mayıs 2008

Amerika’daki toplam kurulu güç değerlendirildiğinde en fazla kurulu gücün Texas ve California eyaletlerinde olduğu görülmektedir. Bu bölgelerdeki elverişli coğrafi koşullar ve rüzgar hızları bu bölgedeki kurulu gücün fazla olmasında etkili olmuştur.

ABD, 2030 yılında tüm elektrik talebinin %20’sini rüzgar enerjisinden karşılamayı hedeflemektedir. ABD, özellikle çevre yasalarına uyum nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarına önem vermektedir. Fosil yakıtlardan enerji elde etmenin ekonomik ve dışsal maliyeti her geçen gün daha da artmaktadır. Tüm gelişmiş ülkeler gibi ABD’de artan enerji ihtiyacının daha az maliyetle, arz güvenliği

sağlayarak ve bağımlılık azaltılarak karşılanması için rüzgar enerjisine önem vermektedir.

Yasal düzenlemeler ile alım garantisi ve taban fiyat uygulaması da bulunmaktadır. Bu gibi teşviklerin yanı sıra rüzgar enerjisi yatırımcısına çeşitli muafiyetler uygulanmaktadır. Özel sektör yatırımlarının bu şekilde teşvik ve muafiyetlerle özendirilmesinin yanı sıra önemli olan diğer bir konuda özel sektör yatırımlarının kamu ile entegre bir şekilde devam etmesi ve takip edilmesidir. 7 yıl gibi kısa bir sürede rüzgar enerjisi kurulu gücünü bu kadar arttırmış olmasının en önemli nedenlerinden birisi de budur.

2.3.2. Avrupa Kıtasında Rüzgar Enerjisi Kullanımı

Avrupa'nın kurulu gücü 1989 yılında yalnızca 320 MW idi. Bu gücün büyük bir kısmı Danimarka'da idi. 1994 yılında kadar rüzgar enerjisi ile elektrik üretiminde lider olan Danimarka'yı o yıl kurulu gücünü 632 MW'a çıkaran Almanya geçmiştir (Şen, 2003: 49).

Almanya 2007 yılı sonu itibariyle hala üstünlüğünü korumaktadır. 2007 yılındaki toplam kurulu güç 22.247 MW'dir. Almanya'yı 15.145 MW ile İspanya takip etmektedir. İlk kuruculardan Danimarka'nın ise toplam kurulu gücü 3.125 MW'dir (http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/mailling/windmap-08g.pdf, 31 Mayıs 2008).

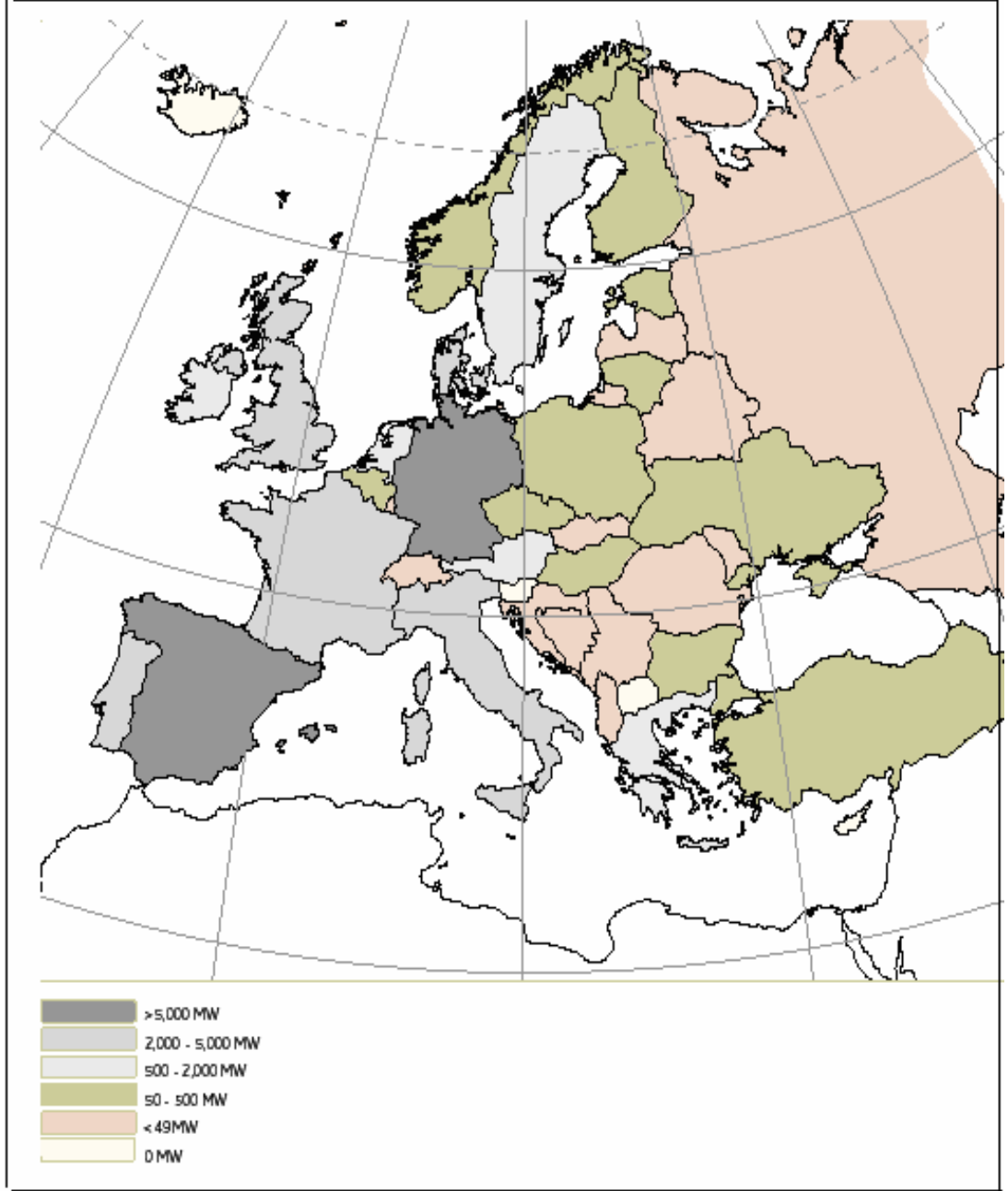
Danimarka kurulu güç bakımından küçük de olsa elektrik talebinin %21.22'sini rüzgar enerjisinden karşılamaktadır. İspanya ise elektrik talebinin %11.76'sını rüzgar enerjisi ile karşılamaktadır. Dünya lideri Almanya ise elektrik enerjisi talebinin % 7'sini rüzgar enerjisinden karşılanmaktadır (http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/mailling/windmap-08g.pdf, 31 Mayıs 2008).

Tablo 4: Ülkeler Bazında Kurulu Rüzgar Gücü

Ülkeler	2007 Sonu (MW)
Almanya	22,247
İspanya	15,145
Danimarka	3,125
İtalya	2,726
Fransa	2,454
İngiltere	2,389
Portegiz	2,150
Hollanda	1,746
Avusturya	982
Yunanistan	871
İrlanda	805
İsveç	788
Belçika	287
Polonya	276
Çek Cumhuriyeti	116
Finlandiya	110
Bulgaristan	70
Hırvatistan	65
Estonya	58
Ltivanya	50
Lüksemburg	35
Letonya	27
Romanya	8
Slovakya	5
Kıbrıs	0
Malta	0
Slovenya	0

Kaynak: http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/mailling/windmap-08g.pdf Erişim Tarihi: 31 Mayıs 2008

Şekil 13: Avrupa'da Kurulu Güç (2007 Yılı)



Kaynak: <http://www.gwec.net/fileadmin/documents/test2/gwec-08-update-HR-16.png>

Şekil 13'den anlaşılacağı gibi birçok AB üyesi ülke teknik potansiyelinin büyük bir bölümünü kullanabilmektedir. AB ülkelerinin teknik potansiyelin büyük bir bölümünü kullanabilmelerinin sebepleri vardır. AB ülkelerinin uyguladığı enerji politikası, teşvik ve muafiyetler, özel sektör ve kamu sektörünün şeffaf bir piyasada

entegre bir şekilde hareket etmesi gibi faktörler başarının en büyük sebepleri arasında yer almaktadır.

2.3.2.1. AB Ülkelerinde Rüzgar Enerjisinde Uygulanan Politikalar

Temiz ve yerel enerji kaynaklarının kullanımı teşvik ve muafiyetler aracılığı ile özendirilmektedir. Hükümetlerin vermiş olduğu bu finansal destekler rüzgar enerjisi alternatifini yatırımcı için daha da çekici hale getirmektedir (Mathew, 2006: 214).

Hükümet ve yetkili ulusal ve uluslararası otoriteler, enerji politikalarını oluştururken, toplumun genel çıkarlarına en uygun politikaları geliştirmek ve bunun için gelebilecek lobi baskıları vb. tepkilere karşı koymak durumundadır. Çevre ve toplumsal kirlilik yaratan geleneksel teknolojiler geçtiğimiz asır boyunca birçok nedenle ve çeşitli yollarla desteklenmiştir. Ancak, yenilenebilir kaynakların önemi son on yılda kavranmış ve bir dizi tedbir ile süratle devreye alınabilmesi gayretleri, bu bilince varmış toplumlar tarafından sürdürülebilmektedir. Örnek olarak, Almanya'da rüzgar projeleri 35.000 kişiye istihdam sağlanmıştır. Danimarka'da 2.5 milyar \$/yıl seviyesinde ihracat olanağı yaratmıştır (<http://www.ruzgarenerji.sibirli.org.tr/yayinlar/bilimsel/tureb/ABdeRuzgar-Enj-Kaynak-Potansiyeli.pdf>, 7 Haziran 2008).

Yenilenebilir kaynaklar ile enerji üretebilmek konusunda yasal ve bağlayıcı kuralların etkisi çok önemlidir. AB ülkeleri yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili hedeflerini belirlemeden önce gerekli kanuni altyapıyı oluşturmuştur. Rüzgar enerjisi ile elektrik üretme konusunda en başarılı üç AB üyesi ülke olan Almanya, İspanya ve Danimarka sabit fiyat garantisi sistemini uygulamıştır. Bunun yanı sıra alım garantileri de verilerek özel sektör yatırımcısı teşvik edilmiştir.

Teşvikler; mali, vergi ve üretim teşvikleri olmak üzere üçe ayrılır: (<http://ulutek.uludag.edu.tr/downloads/ruzgarenerjisitesvikler.pdf>, 10 Kasım 2008).

2.3.2.1.1. Mali teşvikler

Mali teşvikler iki alt başlıkta toplanabilir:

- Yatırım Teşvikleri: Bu teşvik türünde devlet toplam yatırım tutarına belli oranda katkıda bulunmaktadır. Bu oran % 20 ile % 40 arasında değişmektedir.
- Hükümet Destekli Kredi: devlet veya uluslar arası kuruluşlar rüzgar yatırımlarının finanse edilebilmesi için bu tip projelere normal ticari kredilerden daha cazip bir oranla kredi verebilmektedir. Almanya’da Deutsche Ausgleichsbank ve Commerzbank kredileri bu duruma örnek olarak gösterilebilir.

2.3.2.1.2. Vergi Teşvikleri

Vergi teşvikleri iki şekilde ele alınabilir:

- Vergi Muafiyetleri: Bazı ülkelerde, 1 ila 5 yıl arası bir süre boyunca santrallerden kurumlar vergisi ya da gelir vergisi alınmamaktadır. Bu yöntem Hollanda’da uygulanmıştır.
- Gümrük Muafiyetleri: Bazı ülkeler, rüzgar santralleri için gerekli ekipmanların yurtdışından getirilmesi esnasında gümrük muafiyeti uygulamaktadır. Bu yöntem daha önce Danimarka’da uygulanmıştır.

2.3.2.1.3. Üretim Teşvikleri

Rüzgar enerjisi üretimini arttırmak için genelde, iki çeşit destek modeli bulunmaktadır. Bunlardan birincisi sabit fiyat sistemleri ikincisi ise, kota sistemleridir.

PDF Eraser Free

Sabit fiyat sistemlerinde üreticiye ödenecek elektrik fiyatı hükümetler tarafından belirlenir. Sabit fiyat sistemlerinde, belirli dönem süresince piyasa fiyatlarının üzerinde bir fiyata elektrik enerjisi satın alınmaktadır. Böylelikle piyasa riskleri azalacak ve uygun krediler daha kolay bulunabilecektir.

Bu sistem bazı değişikliklerle 1988'de Portekiz, 1990'da Almanya, 1992'de Danimarka, 1994'de ise İspanya'da uygulamaya konulmuştur. Son yıllarda birçok Avrupa ülkesi bu sistemi benimsemiştir. Bu sistemi uygulayan ülkelerde rüzgar enerjisinden üretilen elektriğin KWh'si 7.7 ile 9.3 Euro Cent/KWh arasında değişmektedir (http://www.emo.org.tr/ekler/21c444a5dd33eea_ek.pdf, 3 Kasım 2008).

İkinci sistem ise ihale ve yeşil sertifika sistemlerinden oluşan yenilenebilir kota sistemleridir. Yenilenebilir kota sistemlerinde yenilenebilir elektrik miktarı hükümetlerce belirlenirken, fiyat oluşumu piyasa şartlarına bırakılmıştır. Yeşil sertifika sisteminin amacı, şu anki piyasa koşullarında rekabet etmesi zor olan yenilenebilir enerji kaynaklarından üretimin cazip hale getirilmesidir.

Hükümetler tarafından alım yapan kuruluşlarla belirli zorunlu kota miktarı uygulandığından yenilenebilir enerji kaynaklarından üretim az ise bu kaynaklardan üretilen elektrik enerjisinin fiyatının artmasına neden olacaktır. Üretim miktarı arttığı zaman ise fiyatlar düşecektir yani arz arttıkça fiyatların düşmesi buna karşılık arzın yetersiz kaldığı durumlarda fiyatları artması beklenmektedir. Bununla birlikte bir alt ve üst limit değeri belirtilmiştir.

Bu sistem ilk olarak 1998 yılında Hollanda'da uygulanmıştır (http://www.emo.org.tr/ekler/21c444a5dd33eea_ek.pdf, 3 Kasım 2008).

Tablo 5: Sabit Fiyat Sistemi ve Kota Sisteminin Karşılaştırılması

Sabit Fiyat Sistemi	Kota Sistemi
Avantajları	Avantajları
İstikrarlı fiyat yatırım güvencesi getirirler, girişimcileri piyasada teşvik eder.	Fiyatı düşürür, çünkü minimum fiyat şartı genelde yoktur.
Türbin üreticilerinin daha verimli sistemler yapmaları için baskı oluşturur, bunun sonucunda prim üretim maliyetleri düşer	Pazarlanabilir belgeler aracılığı ile verimli piyasa rekabeti sağlanır.
Piyasa öncesi aşamadan piyasadaki rekabete kadar bir dizi teknolojiye açıktır. Dolayısıyla yeniliklere müsaittir.	Teknolojik olarak tarafsız olduğu söylenebilir.
Bölge rüzgar potansiyeli ile ilgili olarak, ayırım yapmak mümkündür.	Kotalardaki uygun artışlarla piyasa büyümesinin planlamasını sağlar
Riskleri	Riskleri
Sabit fiyatın çok yüksek uygulanma riski	Dalgalandan sertifika değerleri ve bürokratik karmaşalar belirsizlik ve engeller yaratır.
Piyasa gelişiminde kontrolü kaybetme riski	En ucuz yerlerin ilk önce değerlendirilmesine imkan tanır

Kaynak: http://www.emo.org.tr/ekler/21c4_44a5dd33eea_ek.pdf, 3 Kasım 2008

Almanya, Danimarka gibi bazı ülkelerde enerji sektöründeki yatırım projeleri için banka kredileri daha düşük faiz oranları ile kullanılmaktadır. Örneğin, ticari bankacılık kredilerinde uygulanan düşük faiz oranları çeşitli geri ödeme programları ile desteklenmektedir. Son yıllarda Almanya’da birçok rüzgar türbini projesi bu yolla finanse edilmiştir.

Almanya 1991 yılında çıkarmış olduğu Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanunu ile yenilenebilir enerjilerden üretilen elektriğin alınmasını zorunlu hale

getirmiştir. Rüzgar enerjisinde üretilen elektriğin fiyatı 9 Euro Cent/KWh'dir. Deutsche Ausgleichsbank ve Kreditanstalt Für Wiederaulbaubankalarının rüzgar elektirik santrallerine normal ticari kredilerden daha cazip imkanlarla kredi vermektedir (<http://ulutek.uludag.edu.tr/downloads/ruzgarenerjisitesvikler.pdf>, 10 Kasım 2008).

Danimarka ise, özellikle rüzgar türbini üretim piyasasına hakim olan bu ülkedeki türbin üreticileri, dünya türbin üretiminin %60'ını gerçekleştirmektedirler. Rüzgar Gülü "Windmill Law" yasasına göre elektrik dağıtım şirketleri yenilenebilir enerji kullandıkları taktirde 1.5 Dolar Cent/KWh teşvik almaktadırlar. Dağıtım şirketleri kullandıkları yenilenebilir enerji birim KWh için 0.18 Euro Cent/KWh genel karbon vergisi iadesi almaktadırlar. Ayrıca ulusal şebeke bağlantısı, rüzgar santrali sahibi ile dağıtım şirketi tarafından ortak olarak inşa edilmektedir (<http://www.ruzgarenerjisibirligi.org.tr/bilimsel/diger/KucukHESveRuzgar.pdf>, 10 Kasım 2008).

2.3.3. Asya ve Pasifik Bölgesinde Rüzgar Enerjisi Kullanımı

Asya kıtasında ülkeler bazında 2000 yılındaki toplam kurulu güç aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Tablo 6: 2000 Yılında Asya Kıtasındaki Kurulu Kapasite

Ülkeler	Mevcut MV (2000)
Çin	352
Hindistan	1.220
Japonya	142
Diğer Asya Ülkeleri	15
Toplam Asya Kıtası	1.728

Kaynak: Şen, 2003: 50

2000 yılı itibariyle rüzgar enerjisi kurulu gücüne bakıldığında Asya ülkelerinin mevcut potansiyeli değerlendirilmediği görülmektedir.

Çin, dünyanın en hızlı büyüyen rüzgar enerjisi pazarlarından birisidir. Çin'deki kurulu kapasite 2007 yılı sonunda yaklaşık 6.050 MW'dir. CREIA (Çin Yenilenebilir Enerji Sanayi Birliği)'nin yaptığı tahminlere göre Çin'deki kurulu kapasitenin 2015 yılında 50.000 MW'a yükselmesi beklenmektedir.

2007 yılında yapılmış olan fizibilite çalışmalarına göre 1.000 GW teknik potansiyelinin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, Çin'deki off-shore (deniz üstü) potansiyelinin ise 300 GW civarında olduğu yine yapılan fizibilite çalışmalarında belirlenmiştir (Global Wind 2007 Report, 28).

Tablo 7: Çin'deki Kurulu Gücün Yıllara Göre Değişimi

ÇİN							
YILLAR	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
MW	402	469	567	764	1.260	2.604	6.050

Kaynak: Global Wind 2007 Report, 29

Tüm dünya ülkelerinde olduğu gibi Çin'de de yenilenebilir enerjilerden biri olan rüzgar enerjisinin kullanımı artmıştır. İleriye dönük projeksiyonlar rüzgar enerjisi için elverişli bir coğrafyada bulunan Çin'in bu enerji türüyle ilgili çalışmalarını hızlandıracağı yönündedir.

Tablo 8: Yıllar İtibariyle Çin'deki Rüzgar Enerjisi Yatırımları

Yıllar	Yatırımlar	Yüzdeler Pay
2004	Yabancı Yatırımcılar	75%
	Yerli Yatırımcılar	25%
2005	Yabancı Yatırımcılar	70%
	Yerli Yatırımcılar	30%
2006	Yabancı Yatırımcılar	55.1%
	Yerli Yatırımcılar	41.3%
	Ortak Girişim	3.7%
2007	Yabancı Yatırımcılar	42.2%
	Yerli Yatırımcılar	55.9%
	Ortak Girişim	1.6%

Kaynak: Global Wind 2007 Report, 29

Çin’de rüzgar enerjisi yatırımlarının dağılımı gösteren Tablo 8’de yerel yatırımcıların her geçen yıl bu konuya daha fazla ilgi gösterdiği, yatırımlarını arttırdığı görülmektedir. Vestas, Suzlon, Gamesa, Nordex gibi yabancı şirketlerin Çin rüzgar enerjisi sektöründeki payı %75’ten % 55’e düşmesine rağmen, yabancı şirketler rüzgar enerjisi yatırımlarına devam etmektedir. Çin Hükümeti, Yenilenebilir Enerji Kanunu’nu 2005 yılında çıkartmış ve 1 Ocak 2006 yılında bu kanun yürürlüğe girmiştir. Rüzgar enerjisi yatırımcıları çeşitli tarife ve alım garantileri ile teşvik edilmektedir.

Hindistan, rüzgar enerjisi konusunda hızla ilerleyen ülkelerden birisidir. 2000 yılından 2007 yilsonuna kadar büyük ilerleme kaydetmiştir.

Tablo 9: Hindistan’daki Kurulu Gücün Yıllara Göre Değişimi

HİNDİSTAN							
YILLAR	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
MW	1.456	1.702	2.125	3.000	4.430	6.270	8.000

Kaynak: Global Wind 2007 Report, 41

Hindistan’da rüzgar enerjisini geliştirmek için ilk adı, 1980’lerin ilk yarısında şimdi “Geleneksel Olmayan Enerji Kaynakları Bakanlığı” (MNES) olarak bilinen o zamanki adıyla “Geleneksel Olmayan Enerji Kaynakları Birimi” tarafından atılmıştır. Bu birimin amacı, ülkenin artan kömür, petrol ve doğalgaz talebinden uzaklaşarak yakıt kaynaklarının çeşitlendirilmesini teşvik etmektir (http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/WF12/RzgarGc12.pdf 16 Mayıs 2006).

MNES, ülkenin yerel kaynaklarından faydalanmak amacıyla rüzgar ölçüm istasyonları kurmuş, yatırımcılar için sermaye maliyetlerinin düşürülmesi, gümrük vergilerinin kaldırılması gibi çeşitli muafiyetler ve mali teşvikler uygulayarak yatırımcılar özendirilmiştir. Hindistan’da sıklıkla yaşanan elektrik kesintileri nedeniyle yatırımcılar bu teşviklerden faydalanarak rüzgar türbinlerinin mülkiyetini edinmişler ve fabrika ya da iş merkezleri için kesintisiz elektrik sağlamışlardır

Hindistan'daki toplam potansiyel ilk kez CWET (Center for Wind Energy Technology) tarafından 45.000 MW olarak tahmin edilmiştir. Şu anda ise IWTMA (Indian Wind Turbine Manufacturers Association) bu potansiyeli 65.000 MW olarak tahmin etmiştir.

Hindistan, kurulu güç bakımından yıldan yıla büyük gelişim göstermeye devam etmektedir. 2001 yılında 1.452 MW olan kurulu güç 2007 yılı sonunda 8.000 MW' çıkmıştır. Hindistan'da rüzgar enerjisi yatırımcıları çeşitli tarife ve muafiyetler ile teşvik edilmektedir.

Japonya'nın 2001 yılında 302 MW olan kurulu gücü 2007 yılsonunda 1.538 MW olmuştur.

Tablo 10: Japonya'daki Kurulu Gücün Yıllara Göre Değişimi

JAPONYA							
YILLAR	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
MW	302	338	580	809	1.049	1.309	1.538

Kaynak: Global Wind 2007 Report, 43

Japonya, 2008–2012 yılları arasında Kyoto Protokolü gereği sera gazı emisyonlarını 1990 seviyesine göre % 6 azaltmayı hedeflemektedir. Japon hükümeti 2010 yılında toplam enerji arzının %1.35'ini yenilenebilir enerjiden karşılamak amacını gerçekleştirebilmek için Nisan 2003'de Renewable Portfolio Standart (RPS) kanunlarını çıkartmıştır. Japon hükümeti 2010 yılında rüzgar enerjisi kurulu gücünü 3.000 MW'ya yükseltmeyi hedeflemektedir (Global Wind 2007 Report, 43).

2.3.4. Dünya'nın Diğer Bölgelerinde Rüzgar Enerjisi Kullanımı

Orta Doğu'daki ilk rüzgar tesisi Almanlar tarafından Golan tepelerinde kurulmuş olup bu tesis 6 MW gücündedir. 2000 yılı itibariyle Orta Doğu'daki Rüzgar enerjisi santralleri 18 MW'a ulaşmıştır. Sovyet Rusya'da ise ilk rüzgar

türbini Kırım'da Yalta civarında, Balaclova Kasabasında kurulmuştur (Şen, 2003: 51).

2007 yılsonu itibariyle Avustralya'nın kurulu gücü 824 MW, Yeni Zelanda'nın 322 MW'dir (Global Wind 2007 Report). Pasifik Adalarının kurulu gücü 15 MW'a yükselmiştir. Orta Doğu ve Afrika'nın toplam kurulu gücü ise 256 MW olmuştur. Dünyadaki toplam kurulu güç 2005 yılı itibariyle 47.574 MW iken 2006 yılı itibariyle %24.45'lik artış göstererek 59.206 MW'a yükselmiştir (<http://www.ressiad.org.tr/dhie.php?t=istatistikler&ID=30>, 31 Mayıs 2008).

Amerika, Avrupa ve Asya Ülkeleri kadar olmasa bile dünyanın kalan kısmında da ülkeler yararlanabildiği ölçülerde rüzgar enerjisinden faydalanmaktadırlar. Özellikle Afrika'da teknik potansiyel çok yüksek olup kurulu güç oldukça düşüktür.

3. BÖLÜM

TÜRKİYE'DE RÜZGAR ENERJİSİ ve TÜRKİYE-ALMANYA KARŞILAŞTIRMASI

Türkiye'de, rüzgar enerjisinden ekonomik olarak yararlanılması yakın tarihlere dayanmaktadır. İlk rüzgar çiftliği 1998 yılında işletilmeye başlanmıştır. Hammaddesi olmayan bu temiz enerjinin daha hızlı geliştirilmesi, stratejik bir plan çerçevesinde özendirilmelidir.

Rüzgar enerjisi yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak dünyada olduğu gibi Türkiye'de de gelişim göstermektedir. Gelişmiş ülkelerin birçoğu, özellikle AB ülkeleri rüzgar enerjisi konusundaki çalışmalarını arttırarak kesintisiz, kaliteli ve güvenilir elektrik enerjisi üretmeyi başarmıştır. Aynı zamanda çevresel etkiler de göz önüne alındığında rüzgar enerjisinin öneminin ileriki dönemlerde daha da artacağı beklenmektedir (Demirtola, 2001: 104).

3.1. TÜRKİYE'NİN RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYELİ

Rüzgar enerjisi dönüşüm sistemleri gelişmekte olan ülkeler için büyük önem taşımaktadır. Çünkü gelişmekte olan ülkeler de çevresel etkileri ve arz güvenliğini dikkate alarak enerji üretmek zorundadır. Elektrik altyapısı ve üretilen enerjinin taşınması için şebeke bağlantıları bakımından incelendiğinde; rüzgar enerjisinin, büyük güç santrallerinden daha avantajlı olduğu söylenebilmektedir.

Rüzgar türbinlerinin devreye girip elektrik üretmesi nükleer ve termik santrallere göre daha kısa sürede ve daha ucuz bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Fosil yakıtlarla üretilen enerji miktarını azaltmak için mevcut elektrik şebekesine entegre bir rüzgar enerjisi dönüşüm sistemi kurmak nispeten daha kolaydır (Deniz, 2002: 59).

Rüzgar enerjisine dayalı olarak bir üretim planlaması yapılabilmesi için kaynağın potansiyelinin doğru bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle ülke genelinde ölçümler yapılmış ve bu ölçümlere göre doğal rüzgar hızları ve yoğunlukları belirlenmiştir. Ancak, rüzgardan elektrik enerjisi üretimine yönelik çalışmalarda ayrıntılı rüzgar potansiyel değerlendirme çalışmaları gerekli olmaktadır.

Türkiye'de genel amaçlı rüzgar ölçümleri, diğer meteorolojik ölçümlerle birlikte Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) tarafından yapılmaktadır (http://www.eie.gov.tr/turkce/ruzgar/ruzgar_potansiyel.html, 6 Mayıs 2006). 1930'lardan beri rüzgar hızı, yönü ve frekansı DMİ tarafından ülkenin her yerinde ölçülmüştür (Yılmaz, 1995: 60).

Rüzgar ölçümleri Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) standartlarına göre 10 m standart yükseklikte yapılmaktadır. Tüm ülke yüzeyine yayılmış DMİ istasyonlarının anemograf (rüzgar ölçer) ölçümlerinin 1970–1980 değerlendirme sonuçlarına göre Türkiye'nin yıllık ortalama rüzgar hızının 2,54 m/sn ve rüzgar gücü yoğunluğunun $24W/m^2$ olduğu belirlenmiştir. Zamanla yerleşim birimlerinin yakınında veya içinde kalmış 114 ölçüm istasyonunun 1970–1980 yıllarına dayanan bu verileri; resmi makamlar dahil artık hiçbir uzman tarafından kabul görmemektedir (Gürsoy, 1999: 92).

Türkiye Rüzgar Atlası için, Danimarka Meteoroloji Teşkilatınca hazırlanan ve Avrupa Rüzgar Atlasının hazırlanmasında da kullanılan WASP (Wind Atlas Analysis and Application Program) paket programından yararlanılmıştır. Bu çalışma için, Türkiye üzerinde homojen dağılım gösteren 96 adet meteoroloji istasyonu için yerinde incelemeler yapılmış ve bu istasyonlardan 45 adetinin verileri kullanılarak Türkiye Rüzgar Atlası hazırlanmıştır (<http://www.meteor.gov.tr/2006/kurumsal/ekitap/4mevsim1-sayfa36.pdf>, 6 Mayıs 2006).

Şekil 14: Türkiye Rüzgar Atlası



Kaynak: <http://www.meteor.gov.tr/2006/kurumsal/ekitap/4mevsim1-sayfa36.pdf>, 6 Mayıs 2006.

WASP paket programı, veri analizlerini, rüzgar hız verilerinin 2 parametrelili Weibull dağılımına uygun bir dağılım gösterdiğini varsayarak yapmaktadır. Bu program, dört değişik girdi bilgisini kendi alt modellerinde değerlendirerek, bölgesel rüzgar atlası istatistiklerini hesaplamaktadır. WASP'ın kullandığı temel bilgiler şunlardır:

- Saatlik rüzgar verisi,
- Bölge pürüzlülük bilgileri,
- Yakın çevre engel bilgileri,
- Bölgenin topoğrafyası.

Seçilmiş istasyonlar için hesaplanan ortalama rüzgar hızları (m/s) ile ortalama enerji yoğunlukları (W/m^2) kullanılarak 50 m yükseklik için Rüzgar Atlası hazırlanmıştır. Bu atlasa göre, özellikle Ege ve Batı Karadeniz kıyıları ile Marmara Bölgesi ve Doğu Akdeniz kıyılarında rüzgar enerjisi potansiyelleri yüksektir (Bkz: Şekil 14). Bu bölgelerde yapılacak detaylı çalışmalar sonucu rüzgar enerjisinden verimli bir şekilde yararlanmak mümkündür.

Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliğinin yaptığı sınıflandırmaya göre, rüzgar enerjisinden yararlanılacak yükseklikteki (rüzgar türbini eksen yüksekliği) ortalama rüzgar hızları, sırasıyla 6,5 m/s için iyiye yakın, 7,5 için m/s iyi ve 8,5 m/s için çok iyi olarak belirtilmiştir. Türbin eksen yüksekliklerinin genellikle 50–70 m arasında olduğu göz önünde bulundurulduğunda, Ege ve Marmara Bölgeleri ile Batı Karadeniz ve Hatay civarında rüzgar enerjisinden yararlanılabileceği görülmektedir (<http://kars.meteor.gov.tr/brosur>, 20 Mayıs 2006)

Tablo 11: Bölgelere Göre Ortalama Rüzgar Gücü Yoğunluğu

Bölge Adı	Ort. Rüzgar Gücü Yoğunluğu (W/m^2)
Marmara Bölgesi	51,91
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	29,33
Ege Bölgesi	23,47
Akdeniz Bölgesi	21,36
Karadeniz Bölgesi	21,31
İç Anadolu Bölgesi	20,14
Doğu Anadolu Bölgesi	13,19

Kaynak: <http://www.meteor.gov.tr/2006/kurumsal/ekitap/4mevsim1-sayfa36.pdf> Erişim Tarihi: 6 Mayıs 2006.

Tablo 11'e göre Türkiye'nin % 64,5'inde rüzgar enerjisi güç yoğunluğu $20 W/m^2$ 'yi aşmazken, % 16.11'inde $30-40 W/m^2$ arasında, % 5.9'unda $50 W/m^2$ 'nin ve % 0.08'inde de $100 W/m^2$ 'nin üzerindedir (<http://www.meteor.gov.tr/2006/kurumsal/ekitap/4mevsim1-sayfa36.pdf> Erişim Tarihi: 6 Mayıs 2006).

Potansiyel belirleme amacı doğrultusunda, Türkiye'de belirlenmiş olan ve rüzgar enerjisi yönünden umut verici yerlerde yapılan etütler ile rüzgardan enerji üretimine elverişli olabilecek bölgelere Rüzgar Enerjisi Gözlem İstasyonları kurulup veri toplanmaya başlanmıştır (<http://www.eie.gov.tr/turkce/ruzgar/ruzgarpotansiyel.html>, 6 Mayıs 2006)

Tablo 12’de EİEİ’nin yaptığı ölçüm çalışmalarına göre rüzgarca zengin bölgeler ve ortalama rüzgar hızları gösterilmiştir.

Tablo 12: Rüzgarca Zengin Bölgeler ve Ortalama Rüzgar Hızları

BÖLGE	ZAMAN	HIZ (m/sn)
Söke-Ege	1996–2000	3,85
Sinop-Karadeniz	1996–2000	4,7
Gelendost-Akdeniz	1997–2000	5,01
Foça-Ege	1997–2000	5,43
Bababurnu-Akdeniz	1998–2000	5,58
Gelibolu-Ege	1998–2000	6,93
Fethiye-Akdeniz	1999–2000	3,65
Gökçeada-Kuzey Ege	1994–2000	6,7
Akhisar-Ege	1994–2000	6,41
Didim-Ege	1994–2000	4,75
Kocadağ-Ege	1994–2000	8,5
Datça-Ege	1994–1999	5,86
Belen-Doğu Akdeniz	1991–1996	6,85
Bandırma-G. Marmara	1991–1996	5,18
Karabiga-Ege	1991–1996	6,68
Nurdağı- Güney Doğu	1991–1996	6,26
Şenköy-Doğu Akdeniz	1992–1994	7,73
Karaburun-Ege	1992–1994	6,56
Göktepe-Akdeniz	1992–1994	5,53
Zengen –İç Anadolu	1993–1994	3,4
Elmadağ-İç Anadolu	1993–1994	3,4
Yalıkavak-Ege	1996–1999	6,29

Kaynak: Deniz, 2002: 62.

Rüzgar Enerjisi Gözlem İstasyonlarında düşük güçlü mikro işlemci kontrollü veri toplama sistemleri kullanılmaktadır. Ölçümler çoğunlukla 10 metre yükseklikte alınmakla birlikte, 30 metre yükseklikte alınan ölçümler de mevcuttur. Veriler birer saatlik ve 10 dakikalık periyotlarla toplanmakta, yazılım programı kullanılarak işlenmekte ve arşivlenmektedir (http://www.eie.gov.tr/turkce/ruzgar/ruzgar_potansiyel.html, 6 Mayıs 2006).

EİE'nin ölçüm istasyonlarından elde edilen ortalama rüzgar hızları, bu bölgelerin bir çoğunun rüzgar enerjisi uygulamaları için elverişli olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar bazı firmaları rüzgar tarlaları kurmak için cesaretlendirmiş ve kendi rüzgar ölçümlerini yapmasına neden olmuştur (http://www.eie.gov.tr/turkce/ruzgar/ruzgar_potansiyel.html, 6 Mayıs 2006)

Tablo 13: Rüzgar Enerjisi Gözlem İstasyonlarında Ölçülen Rüzgar Hızları

İstasyon	1.	2.	3.
Nurdağı	3,8	4,7	4,5
Belen	5,4	4,6	4,7
Akhisar	5,8	6,5	7,9
Didim	5,4	5,2	5,7
Kocadağ	9,5	9,4	10
Datça	5,4	5,8	5,6
Bandırma	5,5	5,6	6,9
Karabiga	7,6	6,9	7,2
Gökçeada	8,4	7,9	7,8
Söke	4,2	4,4	4,5
Sinop	5,7	4,8	4,6
Yalıkavak	6	7,7	7,7

Kaynak: <http://www.eie.gov.tr/Proje.htm> Erişim Tarihi: 6 Mayıs 2006.

42 istasyonda 5 ve 50 m yükseklikte 1990-1995 yılları arasında yapılan aylık ölçümler ülkenin kuzeybatısının, kuzeyinin ve Ege Denizi sahil şeridinin yüksek potansiyele sahip bölgeler olduğunu göstermektedir. Gökçeada ve Bandırma dikkat çekici bir potansiyele sahiptir (Deniz, 2002: 63).

EİE rüzgar enerjisi gözlem istasyonlarına ait aylık ortalama rüzgar hızları ve rüzgar yönleri güncellenmekte ve ücretsiz olarak yayımlanmaktadır. Buna karşılık, elde edilen rüzgar hız istatistikleri ve rüzgar yön verisi kurum ve kuruluşlara ücreti karşılığında verilmektedir. Data satın almak isteyen özel sektör ve/veya tüzel kişiler, data satın alma talep formunu doldurup, ücretini yatırdıktan sonra datayı kurumun belirleyeceği bir tarihte alabilmektedirler

(http://www.eie.gov.tr/turkce/ruzgar/ruzgar_potansiyel.html, 6 Mayıs 2006). Bu datalar, rüzgar enerjisi sektöründe faaliyet göstermek isteyen yatırımcılar için oldukça önemlidir.

Söz konusu karasal potansiyellerin dışında Türkiye deniz alanlarında rüzgar teknik potansiyelinin 60.000 MW düzeyini aşkın olduğu tahmin edilmektedir. Ancak, bunun teknik ve ekonomik potansiyeli ile ilgili hiçbir çalışma bulunmamaktadır (<http://www.tusiad.org/turkish/rapor/enerji/html/sec7.html>, 6 Mayıs 2006)

3.2. TÜRKİYE'DE MEVCUT RÜZGAR SANTRALLERİ VE GELİŞİMİ

Türkiye'deki rüzgar enerjisi potansiyeli oldukça yüksektir. Üç tarafı denizlerle çevrili Türkiye bu potansiyeli kullanmak konusunda Avrupa Ülkeleri ve ABD kadar başarılı değildir. Son yıllarda özel sektör yatırımları ile rüzgar enerjisi sektörü biraz canlanmış fakat henüz istenilen düzeye ulaşamamıştır (Tümerdem, 2002: 31).

İlk defa 1998 yılında Çeşme Germiyan'da 1.700 KW'lık otoprodüktör statüsünde bir rüzgar santrali kurulmuştur. Bunu takiben Çeşme Alaçatı'da Yap-İşlet-Devret Modeli ile 7.2 MW'lık 12 adet türbinden oluşan ikinci bir rüzgar santrali işletmeye alınmıştır ve bu santraller ulusal şebekeye elektrik vermeye devam etmektedir. Ayrıca, Çanakkale Bozcaada'da 10.2 MW kurulu gücünde ve İstanbul'da 1.2 MW kurulu gücünde rüzgar enerjisi santrali kurulmuştur (Tümerdem, 2002: 31).

TÜREB (Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği)'in hazırladığı rapor Türkiye'nin son durumunu göstermektedir. Tablo14'de, Türkiye'de, Mayıs 2008 itibariyle RES (Rüzgar Enerjisi Sektörü) piyasasına ait bilgiler verilmiştir.

Tablo 14: Türkiye’de Toplam Kurulu Güç

Türkiye'deki Rüzgar Santralleri					
Mevkii	Şirket	Üretime Geçiş Tarihi	Kurulu Güç	Türbin İmalatçısı	Türbin Adet ve Kapasitesi
İzmir-Çeşme	Alize A.Ş.	1998	1.50	Enercon	3 Adet 500 KW
İzmir-Çeşme	Güçbirliği A.Ş.	1998	7.20	Vestas	12 Adet 600 KW
Çanakkale-Bozcaada	Bores A.Ş.	2000	10.20	Enercon	17 Adet 600 KW
İstanbul-Hadımköy	Sunjüt A.Ş.	2003	1.20	Enercon	2 Adet 600 KW
Balıkesir-Bandırma	Bares A.Ş.	I/2006	30.00	GE	20 Adet 1.500 KW
İstanbul-Silivri	Ertürk A.Ş.	II/2006	0.85	Vestas	1 Adet 850 KW
İzmir-Çeşme	Mare A.Ş.	I/2007	39.20	Enercon	49 Adet 800 KW
Manisa-Akhisar	Deniz A.Ş.	I/2007	10.80	Vestas	6 Adet 1.800 KW
Çanakkale-İntepe	Anemon A.Ş.	I/2007	30.40	Enercon	38 Adet 800 KW
Çanakkale-Gelibolu	Doğal A.Ş.	II/2007	14.90	Enercon	13 Adet 800 KW ve 5 Adet 900 KW
Hatay-Samandağ	Deniz A.Ş.	I/2008	30.00	Vestas	15 Adet 2.000 KW
Manisa-Sayalar	Doğal A.Ş.	I/2008	30.40	Enercon	38 Adet 800 KW
İzmir-Aliğa	İnnores A.Ş.	I/2008	42.50	Nordex	17 Adet 2.500 KW

Kaynak: <http://www.ruzgarenerjisibirliigi.org.tr/guncel/Rapor06-05.pdf>, 1 Haziran 2008

TÜREB’in bu raporuna göre Türkiye’de, 2008 Mayıs ayı itibariyle toplam kurulu güç 249.15 MW’dir.

Tablo 15: Türkiye’de İnşa Halindeki Kapasite

Mevkii	Şirket	Üretime Geçiş Tarihi	Kurulu Güç	Türbin İmalatçısı	Türbin Adet ve Kapasitesi
İstanbul-G.osmanpaşa	Lodos A.Ş.	II/2008	24	Enercon	12 Adet 2000 kW
İstanbul-Çatalca	Ertürk A.Ş.	II/2008	60	Vestas	20 Adet 3000 kW
Balıkesir- Şamlı	Baki A.Ş.	II/2008	114	Vestas	30 Adet 3000 kW

TÜREB’in yayımlanmış olduğu rapora göre inşa halinde olan projelerin toplam gücü 198 MW’dır. Bu projelerinde tamamlanıp planlandığı gibi 2008 yılı ikinci döneminde devreye girmesiyle toplam kurulu güç 447.15 MW olacaktır.

Türkiye’deki yüksek potansiyelin daha da iyi değerlendirilmesi halinde rüzgar enerjisi kullanımının artması beklenmektedir. Türkiye’deki kurulu güç birçok Avrupa ülkesi ile kıyaslanamayacak kadar küçüktür. Fakat, son birkaç yılda gelinen nokta geleceğe dair umut verici gözükmektedir. İnşa halindeki santrallerin tamamlanması ve sırada bekleyen projeleri değerlendirilmesi ile önümüzdeki birkaç yıl içinde rüzgar enerjisi sektöründe mevcut kurulu gücün artması beklenmektedir.

Tablo 16’da türbin tedarik sözleşmeleri imzalanmış projeler yer almaktadır. Bu tabloya göre özellikle Ege, Marmara ve Akdeniz Bölgesinde rüzgar enerjisi dönüşüm sistemleri kurulması planlanmaktadır. Potansiyelin yüksek olduğu bu bölgelerdeki rüzgar enerjisi kullanımının daha da yaygınlaştırılması yerel olarak söz konusu bölgelerin elektrik talebinin karşılanmasında önemli bir aşama kaydedileceğinin göstergesidir.

Tablo 16: Türbin Tedarik Sözleşmesi İmzalı Proje Toplamı

Mevkii	Şirket	Üretime Geçiş Tarihi	Kurulu Güç	Türbin İmalatçısı	Türbin Adet ve Kapasitesi
Muğla-Datça	Dares A.Ş.	II/2008	28.80	Enercon	36 Adet 800 KW
Hatay-Samandağ	Ezse Ltd. Şti.	II/2008	35.10	Nordex	900 KW
Hatay-Samandağ	Ezse Ltd. Şti.	II/2008	22.50	Nordex	2.500 KW
Aydın-Didim	Ayen A.Ş.	II/2008	31.50	Suzlon	2.100 KW
İzmir-Çeşme	Kores A.Ş.	II/2008	15	Nordex	2.500 KW
Balıkesir-Susurluk	Alize A.Ş.	II/2008	19	Enercon	17 Adet 800 KW ve 6 Adet 900 KW
Osmaniye-Bahçe	Rotor A.Ş.	II/2008	135	GE	54 Adet 2.500 KW
İzmir-Çeşme	Mazi-3 Res. Elk. Ür. A.Ş.	I/2009	22.50	Nordex	9 Adet 2.500 KW
Balıkesir-bandırma	Borasco A.Ş.	I/2009	45	Vestas	15 Adet 3.000 KW
Çanakkale-Ezine	Alize A.Ş.	I/2009	20.80	Enercon	10 Adet 2.000 KW ve 1 Adet 800 KW
Manisa-Kırkağaç	Alize A.Ş.	II/2009	25.60	Enercon	32 Adet 800 KW
Manisa-Soma	Soma A. Ş.	II/2009	140.80	Enercon	176 Adet 800 KW
Edirne-Enez	Borasas A.Ş.	II/2009	15	Enercon	
İzmir-Aliğa	Doruk A.Ş.	II/2009	30	Enercon	15 Adet 2.000 KW
İzmir-Aliğa	Yapısan İnş.Elk. San ve Tic. A.Ş.	I/2010	90	Nordex	36 Adet 2.500 KW
İzmir-Aliğa	Doğal A.Ş.	I/2010	30	Enercon	15 Adet 2.000 KW
İzmir-Foça	Doğal A.Ş.	I/2010	30	Enercon	15 Adet 2.000 KW
Balıkesir-Kepsut	Poyraz A.Ş.	I/2010	54.90	Enercon	61 Adet 900 KW
Manisa-Soma-Kırkağaç	Bilgin Elk. Ür. A.Ş.	I/2010	90	Nordex	36 Adet 2.500 KW
Balıkesir-Kepsut	BaresElk. Ür. A.Ş.	I/2010	142.50	Nordex	57 Adet 2.500 KW
Tekirdağ-Şarköy	Alize A.Ş.	I/2009	28.80	Enercon	14 Adet 2.000 KW ve 1 Adet 800 KW
Balıkesir-Havran	Alize A.Ş.	I/2009	16	Enercon	8 Adet 2.000 KW

Kaynak: <http://www.ruzgarenerjisibirligi.org.tr/guncel/Rapor06-05.pdf>, 1 Haziran 2008

Türbin tedarik sözleşmesi imzalanmış olan projelerin hayata geçmesiyle birlikte mevcut kurulu güce 1.068.80 MW daha eklenmiş olacaktır.

3.3. TÜRKİYE'DE RÜZGAR ENERJİSİNİN GEREKLİLİĞİ

Yeryüzünde insanların yaşaması için elverişli hacimlerin sınırlı olması ve dünya nüfusunun sürekli artması sonucu birim insan başına düşen yaşam hacmi giderek daralmaktadır. Geleneksel olarak kullanılmakta olan nükleer, petrol, kömür ve doğalgaz benzeri enerji kaynakları yeryüzünde insanların yaşaması için elverişli koşulları ortadan kaldırmaktadır (Uyar, 1999: 74).

Tüm dünyada ve Türkiye'de her geçen gün artan bir enerji talebi söz konusudur. Buna karşılık bu talebi karşılayacak enerji üretiminde aynı oranda bir artış sağlanamamaktadır. Önümüzdeki yıllarda da enerji talep ve arzındaki bu dengesizlik artarak devam edecektir. Bu durum karşısında gelişmiş ülkeler yerli kaynakların kullanımını daha da arttırarak arz güvenliği sorununa çözüm bulmaya çalışmaktadır.

Fosil yakıtların tüketiminin artması, yerli kaynaklardan verimli bir şekilde yararlanılmasını engellemekte ve kaynak savurganlığına neden olmaktadır. Türkiye'nin enerji üretiminde kullandığı kaynaklar sınırlıdır. Önümüzdeki yıllarda bu kıt kaynaklarla enerji üretmek daha da zor ve oldukça maliyetli olacaktır. Bu bağlamda yerli enerji kaynaklarının kullanımı daha da önem kazanmaktadır (Karadeli, 2001: 38).

Ülkemizde de yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan rüzgar enerjisinin potansiyeli oldukça yüksektir. Bu temiz, yerli ve sürekli enerji kaynağından daha fazla yararlanılması halinde fosil yakıtlar ile enerji üretimi azaltılabilir.

3.4. TÜRKİYE-ALMANYA KARŞILAŞTIRMASI

Türkiye ve Almanya buldukları coğrafya ve rüzgar potansiyeli açısından benzerlik göstermesi nedeniyle iki ülkenin karşılaştırması yapılmıştır.

Almanya, rüzgar enerjisinde dünya liderdir. 1990'ların ilk yarısından bu yana ulusal ve bölgesel politikaların desteği ile teşvik edilerek hızla büyüyen rüzgar endüstrisi diğer Avrupa devletleri için de ilerleme yolunu açmıştır.

Türkiye ve Almanya rüzgar potansiyeli açısından benzerlik göstermektedir. Potansiyel olarak benzerlik olmasına rağmen Almanya rüzgar enerjisi sektöründe dünya lideri iken Türkiye rüzgar enerjisi ile ilgili çalışmalara daha yeni başlamıştır.

İki ülkenin karşılaştırılması yapılırken dikkate alınacak kriterler aşağıdaki gibidir:

- Potansiyel ve Mevcut Potansiyelin Kullanımı,
- Yasal Prosedür Açısından.

3.4.1. Potansiyel ve Mevcut Potansiyelin Kullanımı Açısından:

Türkiye, Avrupa'da rüzgar enerjisi potansiyeli en iyi olan ülkelerden biridir. Türkiye'de rüzgar enerjisi kaynakları teorik olarak Türkiye'nin ihtiyacının tamamını karşılayacak düzeydedir. Türkiye'nin teknik potansiyeli 83.000 MW'dir (http://www.emo.org.tr/ekler/fb04b3fde588821_ek.pdf?tipi=46&turu=X&sube=0, 03 Aralık 2008).

Avrupa rüzgar atlasına bakıldığında Almanya'nın rüzgar hızının ortalama 5,5-6,5 m/s olduğu görülmektedir (Bkz: Şekil 3). Türkiye'deki ortalama rüzgar hızı ise Türkiye rüzgar atlasına göre 5,5-6,5 arasında değişmektedir (Bkz: Şekil 14). İki ülkenin de rüzgar hızları ve potansiyelleri neredeyse aynıdır. Hatta Türkiye rüzgar enerjisi teknik potansiyeli olarak Almanya'dan daha iyi durumdadır. Almanya yüz ölçüm olarak Türkiye'den oldukça küçüktür. Türkiye üç tarafı denizlerle çevrili bir

yarımadadır ve bu açıdan bakıldığında Almanya'ya göre coğrafi konum ve rüzgar enerjisi potansiyeli bakımından daha avantajlıdır.

Türkiye'nin Almanya'ya göre rüzgar enerjisi konusunda daha geri kalmasının nedeni rüzgar enerjisi potansiyelinin Almanya'dan daha az olması değildir. Almanya'ya göre geride olmamızın en büyük nedenlerinden birisi yenilenebilir enerji kaynaklarının özellikle rüzgar enerjisinin önemini ve ülkemizin elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamada etkili bir yöntem olabileceğini geç kavramamızdır. Mevcut teknik potansiyelin kullanılması halinde Türkiye'nin enerji ihtiyacının en az %20'sini rüzgar enerjisinden karşılamak mümkündür.

Almanya var olan potansiyelini büyük ölçüde kullanmış olup 2007 yılı sonu itibariyle 22.247 MW kurulu güce sahiptir (Bkz: Tablo 4). Almanya 22.247 MW üretim ile elektrik talebinin % 7'sini rüzgar enerjisi ile karşılamaktadır. Türkiye'deki toplam kurulu güç ise 249.15 MW'dır (Bkz: Tablo 14).

Almanya'nın var olan potansiyelini en iyi şekilde değerlendirmesini sağlayan en önemli nedenlerden biri Ar-Ge çalışmalarına verdiği önemdir. Zaten mühendislik becerileriyle ünlü bir ülkede yeni ve büyük bir endüstri kurulmuştur. Enercon, Vestas, Deuthscland, Nordex, GE Wind Energy ve RE Power gibi şirketlerin büyük üretim üsleri kurduğu Almanya'da işletmede olan türbinlerin çoğu yerli ürettir. 2003 yılı verilerine göre endüstri 45.000'i aşkın kişiye istihdam sağlamaktadır(http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/WF12/RzgarGc12.pdf16 Mayıs 2006).

Türkiye'de işletmedeki türbinlerin tamamı Almanya üretimidir. Türkiye'de rüzgar enerjisinin maliyetlerini daha da düşürmek için ya da kendi türbinlerimizi üretmek için gerekli Ar-Ge çalışmalarına henüz başlanmamıştır. Dolayısıyla, Türkiye rüzgar enerjisi sektörünün Almanya da olduğu gibi bir istihdam sağlama olanağı yoktur.

3.4.2. Yasal Prosedür Açısından:

1980’li yıllarda devlet desteği ile yürütülen araştırma programlarının ardından, Almanya piyasasındaki büyük gelişme “Sabit Fiyat Yasası”nın 1991 yılında parlamentodan geçirilmesiyle gerçekleşmiştir. Bir dönüm noktası olan bu yasa, tüm yenilenebilir enerji üreticilerine, ürettikleri her KWh için, ülkedeki elektrik satış fiyatının %90’a varan miktarını garantilemişlerdir.

Temiz enerji kaynaklarının hem bir piyasa oluşturmaları, hem de fosil ve nükleer gibi tarihsel olarak sübvansız esilen yakıtlarla rekabet edebilmeleri için, özendirilmeye gereksinimi olduğu düşüncesine dayanan bu yasanın idari açıdan yalın uygulama açısından ise etkili olduğu kanıtlanmıştır (http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/WF12/RzgarGc12.pdf, 16 Mayıs 2006).

Türkiye’de, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin 5346 sayılı, 10.05.2005 tarihli kanunun amacı; “yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç olan imalat sektörünün geliştirilmesidir” (<http://www.ruzgarenerjisibirligi.org.tr/mevzuat/yek/kanun/YEKKanunu-5346.pdf>, 10 Kasım 2008).

Yine aynı tarihli kanunun, 6. maddesine göre; “bu kanun kapsamında satın alınacak elektrik enerjisi için uygulanacak fiyat; her yıl için, EPDK’nın belirlediği bir önceki yıla ait Türkiye ortalama elektrik toptan satış fiyatıdır. Ancak uygulanacak olan bu fiyat 5 Euro Cent/KWh karşılığı Türk Lirasından az, 5.5 Euro Cent/KWh karşılığı Türk Lirasından fazla olamaz. Ancak 5.5 Euro Cent/KWh sınırının üzerinde serbest piyasada satış imkanı bulan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı lisans

sahibi tüzel kişiler bu imkandan yararlanırlar (<http://www.ruzgarenerjisibirli gi.org.tr/mevzuat/yek/kanun/YEKKanunu-5346.pdf>, 10 Kasım 2008).

Türkiye’de uygulanan fiyat garantisi olan 5.5 Euro Cent yeterli değildir. Ülkemizde rüzgar enerjisi yatırımlarını arttırmak için yasalar ve teşviklerle yatırımcılar özendirilmelidir. Fakat, rüzgar enerjisinden üretilen elektriğin arz ve talep esnekliklerinin düşük olması nedeniyle 5.5 Euro Cent’in üzerinde belirlenecek fiyat devletin katlanması gereken maliyeti arttıracaktır. Kısa dönemde maliyetler arttırıcı bir durum oluşacak olsa bile uzun dönemde hem ekonomik maliyetlerde hem de çevresel maliyetlerinde azalış olması beklenmektedir.

Tablo 17: Ülkelere Verilen Teşvikler

Ülke	Fiyat/KWh (Euro Cent)	Açıklama
Belçika	7,68	-
Danimarka	5,76	Piyasa fiyatı sübvans edilerek destek verilmektedir.
Fransa	9,86	Verimliliğe bağlı teşvikler verilmektedir.
Almanya	9,1	1 Mart 2000 tarihli destek yasası tarifeyi belirler.
Yunanistan	7,32	Yatırım sübvansiyonu verilmektedir.
İrlanda	4,7	-
İtalya	5,7	-
Japonya	10,25	Yatırımlara % 50 hibe desteği verilmektedir.
Hollanda	7,71	-
İspanya	6,27	KWh başına üretim teşvik edilmektedir.
İsveç	4,64	Yatırımlara % 15 hibe desteği verilmektedir.
İngiltere	4,86	Yenilenebilir enerji kullanımını zorunlu hale getirilmektedir.
AB	4,28	10 yıl süreyle üretim vergisinde 0.017 \$/KWh'lik bir indirim uygulanmaktadır.

Kaynak: <http://www.ruzgarenerjisibirli gi.org.tr/bilimsel/makale/subvansiyon-model/2.jpg> 29 Ekim 2008

Tablo 17’de görüldüğü gibi rüzgar enerjisi sektörünün gelişmesi ve rüzgar enerjisi kullanımının artmasını amaç edinmiş ülkeler alım garantilerinin yanı sıra yatırımlara hibe desteği de vermektedirler. Ayrıca, uyguladıkları vergi muafiyetleri ile yatırımcıları özendirmeyi amaçlamaktadırlar. En yüksek alım garantisini veren

ülkelerden biri de Almanya'dır. Almanya alım garantisi, vergi muafiyetleri, düşük faizle finansman gibi yöntemlerle rüzgar enerjisi yatırımcısını özendirmiştir.

Avrupa Komisyonu'nun 2008 ilerleme raporunda "enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji alanlarında ulusal hedefler belirlenmemiştir" ibaresi yer almaktadır. Yenilenebilir enerji konusunda ulusal hedeflerin belirlenmemiş olması rüzgar enerjisi konusundaki geri kalmışlığımızın en önemli sebeplerinden birisidir.

Yasal mevzuatın, uygulanacak olan teşvik ve muafiyetlerin ne olduğunu bilmeyen yatırımcı, yabancı olduğu rüzgar enerjisi sektörüne yatırım yapmaktan çekinmektedir. Yatırımcının büyük risk alarak ve ciddi bir sermaye ayırarak yapacağı yatırım ile üreteceği elektriğin alım fiyatı olan 5,5 Euro Cent oldukça düşüktür.

Almanya'da sağlanan güçlü ulusal ve bölgesel mali teşviklerin iki önemli etkisi daha olmuştur. Birinci etki; rüzgar enerjisi potansiyelinin yüksek olduğu Kuzey Denizi kıyılarındaki alanların çok daha ötesine yayılmasına olanak vermiştir. Böylece, rüzgar hızlarının çok daha düşük olduğu, kara ile çevrili iç eyaletler bile bu büyümeden yararlanmışlardır. Rüzgar enerjisi endüstrisi ise bu ihtiyaca yönelik çalışmış ve daha düşük rüzgar hızları olan sahalarda etkili biçimde çalışmaya uyarlanmış türbinler üretmiştir.

İkinci etki ise rüzgar çiftliği mülkiyeti ve yatırım potansiyelinin geniş bir yelpazedeki insanlara açılması olmuştur. Birçok rüzgar çiftliği, küçük iş sahipleri ve şirketlerin hisse aldığı bunun karşılığında da bir yatırım vergisi indiriminden yararlandığı yatırım fonları sayesinde kurulmuştur. Yapılan tahminlere göre 150 bin Alman bir rüzgar projesinde hisse sahibidir. Yatırımların yerel halk tarafından desteklenmesinin nedenlerinden biri de budur. Birçok bölgede rüzgar enerjisi, çiftçiler ve yerel hükümet için önemli bir gelir kaynağı olmaktadır (http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/WF12/RzgarGc12.pdf 16 Mayıs 2006).

Almanya, ulusal yenilenebilir enerji ve çevre politikası oluşturması sayesinde var olan potansiyelini büyük ölçüde kullanmıştır. Almanya'nın uyguladığı gibi ulusal bir enerji ve çevre politikasının ülkemizde de uygulamaya konması ve bu ulusal politikanın teşvik ve muafiyetlerle desteklenmesi halinde ülkemizin elektrik enerjisi ihtiyacının (Almanya'da olduğu gibi) en az % 7'sinin karşılanması mümkündür.

3.4.3. Türkiye Açısından Fırsatlar ve Riskler:

Yenilenebilir enerji kaynaklarından verimli bir şekilde yararlanmadan geçen her gün, ülkemiz, hem çevresel hem de ekonomik anlamda zarar görmektedir. Rüzgar enerjisi kullanımının artması demek artış kadar daha az fosil yakıt kullanılmaması demektir. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynaklarından özellikle de rüzgar enerjisinden yararlanmamak gibi bir düşünce olmamalıdır.

Rüzgar enerjisi için ülkemizin en büyük avantajı var olan yüksek potansiyeldir. Ülkemizin sadece deniz kıyısındaki potansiyelinden yararlanmamız halinde bile oldukça yüksek verim sağlamamız mümkündür. İç kesimlerde de oldukça iyi bir potansiyel bulunmasına rağmen arazinin elverişli olmaması nedeniyle kuruluş maliyetleri artabilir. Ayrıca, üretilen elektriğin ana şebekeye entegre edilmesinde yine topografik özelliklere bağlı maliyet artışları söz konusu olabilir. Mevcut teknoloji ile kıyı bölgelerden başlamak üzere üretimin artırılması gerekmektedir.

Türkiye'de rüzgar enerjisi konusunda sistematik bir şekilde çalışmaların hızlanması ile yeni bir sektör gelişecektir. Rüzgar enerjisi konusunda ilerleme kaydetmiş Almanya gibi ülkeler yeni bir pazardır. Dünyanın önce gelen türbin üreticisi firmaları ülkemizde yeni gelişen bu pazara mutlaka dahil olmak isteyeceklerdir. Bu durum, Türk ve yabancı yatırımcıların bu sektör için birlikte çalışması anlamına gelmektedir.

Sektörün gelişimi sağlandıkça ülkemiz kendi teknolojisini kendisi üretir konuma gelecektir. Belli bir noktadan sonra rüzgar türbini ithalatından vazgeçilip türbin imalatı yapılacaktır. Böylece, ülkemizde yeni bir teknoloji geliştirilmiş olacak ve bu teknolojiye bağlı yan sanayi kollarının gelişimi sağlanacaktır.

Sektörün gelişimi istihdamı da olumlu yönde etkileyecektir. Almanya örneğinde olduğu gibi ülkemizde de rüzgar türbini üretiminde ve yan sanayi kollarında faaliyet gösteren bir çalışan kitlesi mevcut olacaktır.

Türkiye için en büyük risk ise yenilenebilir enerji politikasının oluşturulmasının biraz daha uzamasıdır. Mevcut fırsatları değerlendirebilmek ve sistemli bir şekilde ilerleyebilmek için öncelikli olarak politikamızın belirlenmesi ve en kısa sürede uygulamaya geçirilmesi gerekmektedir. Almanya'da kendi enerji ihtiyacını kendisi karşılayan şirketlere vergi indirimi yapılmakta böylelikle yenilenebilir enerji kullanımı sadece alım garantileri ile ya da taban fiyatlarla değil vergi muafiyetleri ile de özendirilmektedir. Aslında burada altı çizilen devletin yenilenebilir enerjinin teşvikini bir politika haline getirmiş olmasıdır.

Yatırımcılar için en büyük sorun yatırımın kendini amorti etme süresidir. Tüm gelişmekte olan ülkeler gibi ülkemizde de ekonomik kararlar siyasi olaylardan etkilenmektedir. Ülkemizdeki rüzgar enerjisi yatırımcısı için en büyük sorun uygun faizli fon bulmaktır. Ülkemizde rüzgar enerjinin gelişimini etkileyecek en önemli unsurlardan birisi de fon bulmaktaki zorluktur. Düşük faizli fon sağlanması için özel sektördeki bankalardan da destek alınabilmektedir. Bir çok özel şirket ya da banka çevrenin ve doğal dengenin bozulmasını önleyici projelere destek olmaktadır. Çeşme de kurulan ilk rüzgar türbinlerine Garanti Bankası destek olmuştur.

Sağlanan düşük faizli fonlar, vergi teşvikleri, alım garantileri, taban fiyatları gibi teşvik politikaları devletin belli bir süre gelir kaybına uğramasına neden olabilmektedir. Ülkemiz için riskmiş gibi gözükse de bu durum rüzgar enerjisinden sağlanacak temiz, yerli elektrik kullanımı ile avantaja çevrilebilir. Rüzgar enerjisi

PDF Eraser Free

özellikle yerel olarak elektrik ihtiyacının karşılanmasında öncelikli olarak kullanılması gereken bir yöntemdir.

SONUÇ

Başlangıçtan bugüne var olan enerjiyi, insanoğlunun gerçek anlamda ilk kullanması, ateşin bulunması ile başlamıştır. 17. yüzyılda buhar makinelerinin bulunması ile ülkelerin gündemine giren enerji her geçen gün daha da önem kazanmaktadır. Günümüzde enerji kullanımı ülkelerin gelişmişlik düzeyini belirleyen birincil parametredir.

Üretim sürecinin gerçekleştirilmesi ve yaşamın çağdaş koşullarda sürdürülmesi enerjiye bağlıdır. Tüm sektörler doğrudan ya da dolaylı şekilde enerji talep etmektedirler. Fosil yakıtlar; rezervlerinin sınırlı olması, çevreye zarar vermesi, ülkelerin bağımlılığına yol açması gibi nedenlerle tercih edilmemektedir. Olumsuz etkileri nedeniyle fosil yakıtlar yerine; çevreyle uyumlu, yerli kaynağa sahip, daha az maliyetli alternatif enerji kaynakları tercih edilmektedir.

Gerek petrol krizleri gerekse sürdürülebilir enerji kaygıları, fosil yakıtlara olan tam bağımlılığın azaltılması için ülkeleri yeni enerji kaynağı arayışlarına itmiştir. Rüzgar enerjisi, son yıllarda, diğer alternatif enerji kaynaklarına göre çok hızlı gelişmektedir. Gelişmiş ülkelerin sera gazı emisyonlarını azaltmak amacıyla birleşmesi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırmıştır. Rüzgar enerjisi fosil yakıtlarla karşılaştırıldığında sera gazı emisyonu bulunmamaktadır (Bkz: Tablo 2).

Rüzgar enerjisinin gösterdiği bu hızlı ilerlemede yerli ve sürekli bir enerji kaynağı oluşu, yatırım maliyetlerinin ilerleyen teknoloji ile birlikte her geçen gün daha da azalması, faaliyete geçme aşamasının nispi olarak daha az zaman alması gibi etkenler büyük rol oynamıştır. Gelişimin en önemli nedeni diğer enerji kaynaklarına göre maliyetlerin daha da düşük olmasıdır (Bkz: Tablo 1).

Dünyada rüzgar enerjisinden en çok faydalanan ülke Almanya'dır. İspanya ve ABD ise sektörde çok büyük paya sahip olan diğer ülkelerdir. 20 yıldan kısa bir süre içinde dünya elektrik talebinin % 12'sinin karşılanması açısından, teknik, ticari ya da kaynağa bağlı bir sınırlama olmadığı sonucu Avrupa Birliği ülkelerinin yaptığı

araştırma sonucunda elde edilen bulgular arasındadır. Yapılan bu çalışma rüzgar enerjisinin nasıl bir potansiyel taşıdığını gözler önüne sermektedir.

Türkiye kıyı bölgeleri rüzgar potansiyeli açısından iyi bir konumdadır. Türkiye’de, Marmara Denizi kıyıları ve iç kısımları, Ege Denizi, Güney Batı Akdeniz kıyıları ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi rüzgar potansiyeli açısından zengin bölgeler arasındadır. Ancak en çok göze çarpan Marmara Denizi çevresi ve Ege Denizi sahil bölümüdür. Söz konusu iki bölgenin enerji talebi yüksek, şebeke altyapısı gelişmiştir.

Türkiye’deki enerji üretimi ve tüketimi oransal olarak karşılaştırıldığında, ülkemizdeki enerji üretiminin tüketimi karşılama oranının her geçen gün azaldığı görülmektedir. 2005 yılında brüt elektrik talebi 160.794.000 MWh iken 2006 yılındaki brüt talep ise 174.673.300 MWh’dir.

Ülkemizdeki rüzgar kurulu gücü TÜREB’in raporuna göre 2008 yılı Mayıs ayı itibariyle 249.15 MW’tır. Bu rakam, diğer ülkelerle karşılaştırıldığında daha anlamlı sonuçlar verecektir. Rüzgar enerjisi konusunda dünya devi olarak kabul edilen Almanya’nın 2007 yılı itibariyle kurulu gücü 22.247 MW’tır. Bu karşılaştırma Türkiye’nin var olan potansiyelini çok az bir kısmını kullandığını göstermektedir.

Rüzgardan yararlanarak enerji üretmenin maliyeti her geçen gün daha da azalmaktadır. Rüzgar enerjiden faydalanmak için kaynağın işlenmesi gibi bir maliyet söz konusu değildir. Toplam maliyetler içinde en büyük kalemi türbinin kuruluş maliyeti oluşturmaktadır ki bu oran %69’dur. Bunun dışında bakım ve işletme maliyeti, türbin kurulacak yer maliyeti, diğer maliyetler geri kalan % 31’lik kısmı oluşturmaktadır (Bkz: Şekil 1). Bu maliyetlerin türbin ömrüne yayılması halinde ise yıllık maliyetlerin daha da düştüğü görülmektedir.

Fosil yakıtların pahalı oluşu, ülkeler arası bağımlılığa neden olması ve çevre etkileri nedeniyle karşılaşılabilecek maliyetler ile rüzgar enerjisinin maliyetlerinin

karşılaştırılması halinde rüzgar enerjisinin tüm maliyetlerine katlanılarak seçilmesi gerektiği gerçektir.

Almanya ve Türkiye coğrafi konum, nüfus ve rüzgar potansiyeli açısından benzerlik göstermektedir hatta Türkiye rüzgar potansiyeli bakımından Almanya'dan daha da iyi durumdadır. Fakat Almanya rüzgar enerjisi ile tüm elektrik enerjisi talebinin %7'sini karşılarken Türkiye yolun çok başındadır. Rüzgar enerjisi sektöründeki bu geri kalmışlığın nedenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Almanya'da oluşturulan ulusal yenilenebilir enerji ve çevre politikası rüzgar enerjisinin etkin kullanımında oldukça etkin bir rol oynamıştır. Türkiye'de ise henüz yenilenebilir enerji ve çevre politikası oluşturulmamıştır.
- Almanya rüzgar enerjisinin önemini ve potansiyelini erken kavramıştır. Türkiye'deki rüzgar enerjisi için ilk kez 1998 yılında somut bir adım atılmış ve ilk rüzgar türbini üretime geçmiştir.
- Almanya, yenilenebilir enerji yoluyla üretilecek enerjiyi alım garantileri, muafiyetler ve yatırım indirimleri ile her şekilde teşvik etmiştir. Türkiye'de de fiyat garantisi bulunmakta olup verilen fiyat yatırımcıyı teşvik edecek kadar yüksek değildir. Almanya'da alım garantisi fiyatı 9 Euro Cent'e kadar yükselirken Türkiye'de 5,5 Euro Cent'dir.
- Almanya hükümeti ve Almanya özel sektörü birlikte çalışmış ve dünyanın en büyük rüzgar enerjisi sektörü oluşturulmuştur. Almanya'da bu sektörde istihdam edilmiş 45.000 kişi bulunmaktadır. Türkiye'de ki rüzgar enerjisi yatırımcısı ülkemizde çok yeni olan bu sektöre girmek için hala devletin desteğini beklemektedir. Yeni gelişmeye başlayan rüzgar enerjisi sektörümüz için istihdam sayısı Almanya ile kıyaslanmayacak kadar küçüktür.
- Almanya, Ar-Ge ve mühendislik çalışmalarını yoğunlaştırmış olup şuan yerli üretim türbinlerini kullanmakta ve hatta tüm dünyaya ihraç etmektedir. Türkiye'de rüzgar türbini çalışmaları üniversiteler ve rüzgar

enerjisi ile ilgili çeşitli derneklerle sınırlı kalmıştır. Ülkemizde rüzgar türbini üretimine henüz başlanmamıştır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından verimli bir şekilde yararlanılabilmesi için ulusal bir yenilenebilir enerji ve çevre politikasının oluşturulması çok önemlidir. Ülkemizdeki mevcut potansiyelden istenen verimin alınamamasının en büyük nedenlerinden birisi budur.

Rüzgar enerjisi kullanımı arttırılmasına yönelik öneriler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Türkiye'deki rüzgar enerjisi potansiyelinin uygun teknoloji ile gerçekçi bir şekilde tespitinin yapılması gereklidir.
- Ulusal yenilenebilir enerji ve çevre politikası oluşturulmalıdır. Bu politikanın oluşturulması esnasında Avrupa ülkeleri özellikle de Almaya örnek alınabilir.
- Ar-Ge ve uygulama önceliklerinin belirlenmesi yönünde ilgili kamu kuruluşlarının ve özel kuruluşların senkronizasyonunun sağlanması gerekmektedir.
- Diğer tüm gelişmiş ülkelerde olduğu gibi rüzgar enerjisi teknolojisinin hükümetler tarafından teşvik edilen öncelikli teknolojiler arasında yer almalıdır. Yüksek fiyatlı ve uzun süreli alım garantileri, uygun faizli fonun temin edilmesi, yatırımcıya vergi teşvikleri gibi yöntemler şimdiki Avrupa ülkelerince kullanılmış ve başarısı tecrübe edilmiş yöntemlerdir.
- Sivil toplum örgütleri ve hükümet birlikte çalışarak kamuoyunu bilinçlendirme amaçlı çalışmalar yapılmalıdır. Kamuoyunun bilinçlendirilmesi enerji üretimi esnasında değil üretilen enerjinin kullanımı esnasında faydalı olabilecek bir işlemdir. Dolaylı olarak da olsa enerjinin verimli kullanımında ciddi anlamda katkı sağlamaktadır.

Türkiye’de her geçen gün daha da artan bir enerji açığı söz konusudur. Türkiye’nin enerji ihtiyacının, öngörülen kalkınma hedefleri doğrultusunda karşılanabilmesi için çevre faktörü de dikkate alınarak ileriye dönük planlamalar yapılmalıdır. Türkiye’de rüzgar enerjisi kullanımının yaygınlaşması için öncelikle ilgili kamu kuruluşlarının dünyadaki gelişmelerden, yeni teknolojilerden haberdar edilmeleri gerekmektedir. Bu bağlamda ulusal enerji ve çevre politikası oluşturulmalıdır.

Türkiye’nin küresel rekabet içinde öne çıkması ancak ucuz ve kaliteli sanayi ürünlerinin üretimi ve ihracı ile mümkün olabilir. Bunun en önemli şartı ise enerji üretiminde dışa bağımlılığı azaltan, kendi kaynaklarımıza öncelik veren bir enerji politikasının uygulanmasıdır. Türkiye ithal enerjiye dayalı elektrik enerjisi üretimini en aza indirmelidir. Yenilenebilir enerji ile üretilen her birim enerji kadar az fosil yakıt kullanılacaktır ve yine aynı ölçüde dışa bağımlılık azalacaktır. Özellikle yerel olarak kullanılması halinde daha önce kullanılmayan atıl bir kaynak değerlendirilmiş olacaktır. Söz konusu kaynak yerli, temiz ve sonsuzdur.

KAYNAKÇA

Altındış, Ahmet (2001), “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından; Rüzgar Enerjisi” Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Atlı, Cahit (2000), “Dünya’da ve Türkiye’de Rüzgar Enerjisi”, Yıldız teknik Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Demirer, Önder (1999), “*Sürdürülebilir Enerji Teknolojilerinde Gelişmeler ve Türkiye’deki Uygulamaları Konferansı Bildiriler Kitabı*”, Makine Mühendisleri Odası Yayınları, Yayın No: 214.

Demirtola, Mehmet (2001), Ulusal Enerji Stratejileri Forum Kitabı, “*Türkiye’nin Yeni Enerji Stratejileri, Alternatif Enerji Yatırımlarının Dünya ve Türkiye’deki Uygulamaları Enerji ve Çevre Politikalarının Uyumlu Geleceği*”, Türkiye Enerji Forumu Yayınları, Ankara.

Deniz, Mustafa (2002), “Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Türkiye’nin Enerji İhtiyacına Katkısı”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Gürsoy, Umur (1999), “*Dikensiz Gül Temiz Enerji*”, İskenderun Çevre Koruma Derneği Yayını, İskenderun.

Karadeli, Selçuk (2001), “*Rüzgar Enerjisi*”, Temiz Enerji Vakfı Yayınları, Yayın No: 5, Ankara.

Mathew, Sathyajith (2006), “*Wind Energy Fundamentals, Resource Analysis and Economics*”, Springer Publication, New York.

Özerdem, Barış (2003), “*Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Uygulamalarının Gelişimi Ve Geleceği*”, Mühendis Ve Makine Dergisi, Sayı:526, İzmir.

Özgönül, Zeynep (2002), “Avrupa Birliği’nde Rüzgar enerjisi ve Rüzgar Enerjisinin Türkiye enerji Sektörüne Entegrasyonu”, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

Samsun, Barış (2004), “Türkiye’deki Rüzgar Gücü Potansiyeline Göre Türbin Güçlerinin Saptanması ve Tasarımı”, İstanbul teknik Üniversitesi fen Bilimleri Enstitüsü, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Şen, Çağın (2003), “Gökçeada’nın Elektrik Enerjisi İhtiyacının Rüzgar enerjisi ile Karşılanması”, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

Taflan, Serhan (2003), “Dünya Ve Türkiye’deki Mevcut Ve Alternatif Enerji Kaynakları Ve Politikaları”, Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü Sosyal Bilimler Enstitüsü, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Gebze.

Türkyılmaz, Utku (2007), “Wind Energy Technologies: Preliminary Desing Code Development”, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Ültanır, Mustafa Özcan (1998), *21. Yüzyıla Girerken Türkiye’nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi*, Tüsiad, İstanbul.

Tüccar, Temel (1997), “Türkiye’de Enerji Sorunun Çözümünde Rüzgar Ve Güneş Enerjisinin Yeri Ve Önemi”, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.

Tümerdem, Oğuzhan (2002), “Rüzgar Enerjisi Teknolojisi ve Türkiye’nin Rüzgar Enerjisi Potansiyeli”, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

PDF Eraser Free

Uyar, Sıtkı (1999), Sürdürülebilir Enerji Teknolojilerinde Gelişmeler ve Türkiye'deki Uygulamaları Konferansı Bildiriler Kitabı, Makine Mühendisleri Odası Yayınları, Yayın No: 214, İstanbul.

Yenilmez, Ufuk (2002), "Rüzgar Enerjisi ve Türkiye'de Mevcut Durum", Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.

Yerebakan, Metin (2001), "*Rüzgar Enerjisi*", İstanbul Ticaret Odası Yayınları, Yayın No: 2001-33, İstanbul.

Yılmaz, Ayşegül (1995). "Türkiye Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyelinin Değerlendirilmesi", Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Yılmaz, Metin (2000), "Türkiye'nin Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Maliyet Analizi", Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

http://www.awea.org/pubs/documents/Outlook_2008.pdf, 31 Mayıs 2008.

http://www.awea.org/pubs/factsheets/Top_20_States.pdf, 1 Kasım 2008.

<http://www.bwea.com/ref/econ.html>, 7 Haziran 2008.

<http://www.cumhuriyet.edu.tr/edergi/makale/1614.pdf>, 20 Ağustos 2008.

<http://www.egetek.org/pages/news/TanayUyar01.html>, 17 Mayıs 2006.

<http://www.eie.gov.tr>, 20 Ağustos 2008.

http://www.eie.gov.tr/turkce/ruzgar/ruzgar_potansiyel.html, 6 Mayıs 2006.

PDF Eraser Free

http://www.emo.org.tr/ekler/fb04b3fde588821_ek.pdf?tipi=46&turu=X&sube=0, 03 Aralık 2008.

http://www.emo.org.tr/ekler/21c444a5dd33eea_ek.pdf, 3 Kasım 2008

http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/WF12/RzgarGc12.pdf, 16 Mayıs 2006.

http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/mailling/windmap-08g.pdf, 31 Mayıs 2008.

<http://www.gyte.edu.tr/enerji/Ruzgarenerji/s5.html>, 5 Mayıs 2006.

<http://www.gwec.net/fileadmin/documents/test2/gwec-08-update-HR-16.png>, 10 Kasım 2008.

<http://www.meteor.gov.tr/2006/kurumsal/ekitap/4mevsim1-sayfa36.pdf>, 6 Mayıs 2006.

http://www.meteoroloji.org.tr/met_tek_bilgiler/metekbil_ruzgar_enerjisi.html, 6 Mayıs 2006.

<http://www.ressiad.org.tr/dhie.php?t=istatistikler&ID=30>, 31 Mayıs 2008.

<http://www.ruzgarenerjisibirliigi.org.tr/bilimsel/diger/KucukHESveRuzgar.pdf>, 10 Kasım 2008.

<http://www.ruzgarenerjisibirliigi.org.tr/guncel/Rapor06-05.pdf>, 1 Haziran 2008.

<http://www.ruzgarenerjisibirliigi.org.tr/mevzuat/yek/kanun/YEKKanunu-5346.pdf>, 10 Kasım 2008.

PDF Eraser Free

<http://www.ruzgarenerjisibirliigi.org.tr/bilimsel/makale/subvansiyon-model/2.jpg> 29 Ekim 2008

<http://www.ruzgarenerjisibirliigi.org.tr/guncel/Rapor06-05.pdf> ,1 Haziran 2008.

<http://www.tusiad.org/turkish/rapor/enerji/html/sec7.html>, 6 Mayıs 2006.

<http://ulutek.uludag.edu.tr/downloads/ruzgarenerjisitesvikler.pdf>, 10 Kasım 2008.

<http://www.yildiz.edu.tr/kvarinca/Dosyalar/Yayinlar/yayin002.pdf>, 20 Ağustos 2008.

<http://www.windatlas.ca/en/maps.php?field=EU&height=50&season=ANU>, 1 Kasım 2008.

http://wwindea.org/home/images/stories/pr_statistics2007_210208_red.pdf, 15 Mayıs 2008

.