Rüzgar Enerjisi Tahmin Sistemi

RETS



T.C.
Çevre ve Orman Bakanlığı
Devlet Meteoroloji İşleri
Genel Müdürlüğü

Rüzgar Enerjisi Tahmin Sistemi, RETS

© DMİ, 2010, Ankara

Bu yayının herhangi bir bölümü kaynak gösterilmek kaydıyla kullanılabilir.

Dizgi ve Tasarım : C. Dündar

Kapak Tasarımı : C. Dündar

Baskı : DMİ Matbaası

İÇİNDEKİLER

YÖNETİCİ ÖZETİ 1

RÜZGAR ENERJİSİ TAHMİNİ 3

Çalışma Yöntemi 5

RETS İnternet Sayfası 7

RÜZGAR ENERJİSİ 10

Rüzgar Enerjisi Ekonomisi 13

Rüzgar Enerjisi ve İstihdam 14

Rüzgar Enerjisinin Avrupa Birliği ve Türkiye'deki Durumu 15

AVRUPA RÜZGAR ATLASI 18

TÜRKİYE RÜZGAR ATLASI 19

TÜRKİYE RÜZGAR POTANSİYELİ ATLASI 20

YÖNETİCİ ÖZETİ

Kalkınmanın temel gereksinimlerinden biri enerji üretimidir. Geleneksel enerji üretim sistemleri, yerel, bölgesel ve küresel ölçekte hava, su ve toprak kirlenmesine yol açmaktadır. Diğer taraftan 1973 dünya petrol kriziyle birlikte, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru bir yönelme başlamıştır. Bu kapsamda değerlendirilen ve tüm dünyada yaygın bir şekilde uygulamaya alınan yenilenebilir enerji kaynaklarının başında **Rüzgar Enerjisi** gelmektedir.

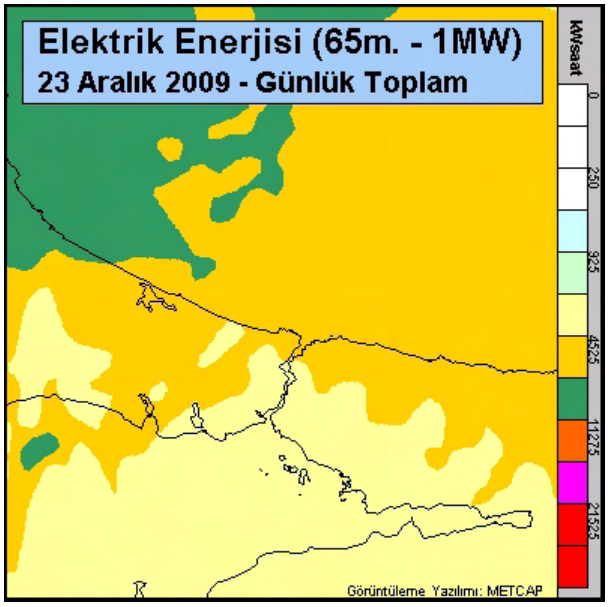
Rüzgar şiddetinin alansal ve zamansal olarak süreksizliğe sahip olması nedeniyle, rüzgar güç üretiminin kısa süreli tahmini ve planlamasına ihtiyaç bulunmaktadır. Günümüzün değişen enerji piyasaları içinde doğru ve uygun tahminler önem kazanmaktadır.

Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK), elektrik şebekesinin Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ) tarafından etkin ve verimli bir şekilde yönetilmesi için; rüzgar santrallerinden dakikalık ve saatlik toplam elektrik üretim tahminini TEİAŞ'a vermeyi zorunlu hale getirmektedir.

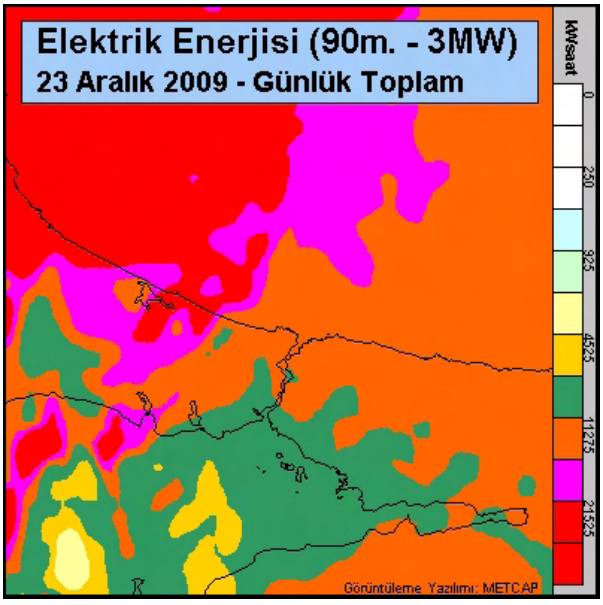
Bu noktada rüzgar enerjisi üretim tahmini, yeni bir iş alanı olarak ortaya çıkmıştır. Yurt dışı bağlantılı çeşitli firmalarca bu hizmetin üretilerek, Rüzgar Santrallerine ücreti karşılığında verilmesi üzerine çalışmalar yapıldığı bilinmektedir. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü de sektörün bu ihtiyacını tespit etmiş ve Genel Müdürlüğümüzde kullanılan Sayısal Hava Tahmin Model ürünleri ile Rüzgar Enerjisi Üretimi Tahmini geliştirilmiştir. Deneme aşamasında olan pilot ölçekli çalışma, internet ortamında yayınlanmaya başlamıştır. Halen İstanbul ve civarı için üretilen tahminlerin, kısa süre içinde daha yüksek çözünürlüklü olarak, rüzgar enerjisi yatırımlarının yoğun olduğu Kuzey Ege ve Doğu Akdeniz gibi alanlarda da yapılması planlanmaktadır.

www.dmi.gov.tr adresinde yayınlanan bu tahminlere ait örnekler aşağıda bulunmaktadır.

İstanbul bölgesi, 1 MW gücünde ve 65 m yüksekliğindeki olan yönetmelikte tanımlı Referans Türbin için Günlük Toplam Elektrik Enerjisi üretim miktarı (kWsaat)



İstanbul bölgesi, 3 MW gücünde ve 90 m yüksekliğindeki olan seçilmiş bir Türbin için Günlük Toplam Elektrik Enerjisi üretim miktarı (kWsaat)





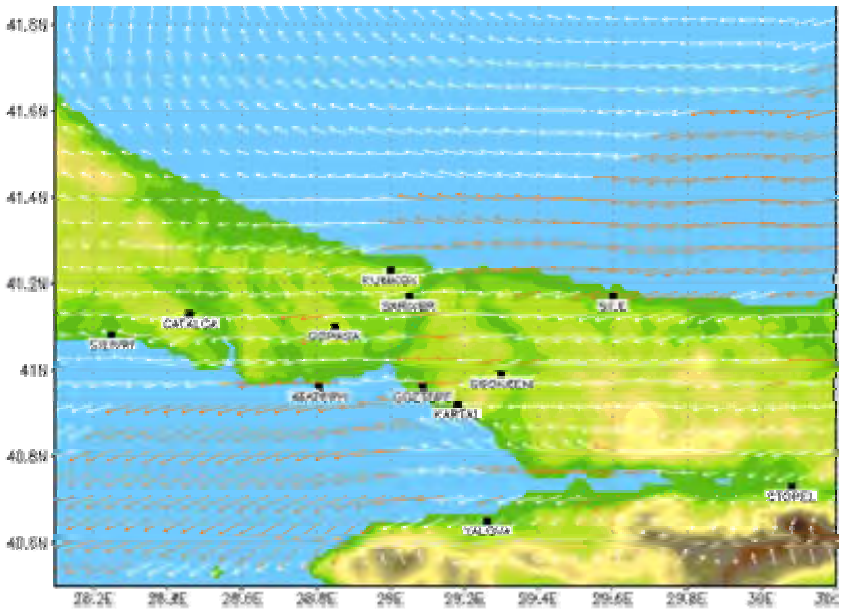
RÜZGAR ENERJİSİ TAHMİNİ

Rüzgar şiddetinin alansal ve zamansal olarak süreksizliğe sahip olması nedeniyle, rüzgar güç üretiminin kısa süreli tahmini ve planlamasına ihtiyaç bulunmaktadır. Günümüzün değişen enerji piyasaları içinde doğru ve uygun tahminler önem kazanmaktadır. Bu amaçla Türkiye'nin rüzgar enerjisi kurulu gücünün yoğun olduğu bölgelerde (Çanakkale, Balıkesir, İzmir ve Hatay gibi) rüzgar hızının birkaç kilometre çözünürlükte ve tipik olarak 24-48 saatlik tahminin yapılmasını gerektirmektedir.

DMİ'de mevcut sayısal hava tahmin modelleri ile grid bazlı rüzgar tahmini yapılmaktadır. Mevcut sistemde en yüksek çözünürlük İstanbul ve Antalya için 2.3 km'dir.

Rüzgar enerjisi tahmin sistemi çalışmasının 2 aşamada gerçekleştirilmesi planlanmıştır. İlk aşamada İstanbul ve civarı için halihazır model çözünürlüğü olan 2.3 km çözünürlükteki rüzgar parametreleri (Rüzgar Gücü, W/m^2 ve Enerji Üretimi, kWsaat) hazırlanmıştır.





İstanbul Bölgesi 1. AŞAMA Model Çalışma Alanı

http://www.dmi.gov.tr/tahmin/ruzgar-enerjisi-tahmini.aspx

İkinci aşamada ise yeni bilgisayar sisteminin kullanılmaya başlamasıyla birlikte yaklaşık 1 km çözünürlükte, 24 ve/veya 48 saatlik ürün elde edilmesi planlanmaktadır.

Rüzgar Enerjisi Tahmin Sistemi 2. AŞAMA Model Çalışma Alanları





Çalışma Yöntemi

Yapılan çalışmada, belirlenen alan için MM5 modeli tarafından üretilen 10, 36, 109 ve 182 m yükseklikler için rüzgar tahminleri alınmıştır. 36 ve 109 m yükseklikteki rüzgar hızları kullanılarak aşağıda verilen formül ile istenilen yükseklikteki rüzgar hızları bütün grid noktaları için hesaplanmıştır *(Adekoya and Adewale, 1992)*.

$$\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{H_1}{H_2}\right)^k$$

Burada;

H_1 : rüzgar hızının ölçüldüğü yükseklik (m)

H_2 : rüzgar hızının hesaplanacağı yükseklik (m)

V_1 : H1 yüksekliğinde ölçülen rüzgar hızı (m/s)

V_2 : H2 yüksekliği için hesaplanacak rüzgar hızı (m/s)

k : pürüzlülük katsayısını göstermektedir.

Rüzgar gücü aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$P = \frac{1}{2}\rho V^3$$

Burada;

P : Rüzgar Gücü (W/m2)

V : Rüzgar Hızı (m/s)

ρ : Hava yoğunluğu (kg/m3)

(Hava yoğunluğu ρ ≅ 1.2 kg/m3 alınmıştır).

Rüzgardan üretilecek elektrik enerjisi hesabı için, "Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin Değerlendirilmesi Hakkında Yönetmelik"te tanımlanan 65 m yüksekliğinde ve 1 MW gücündeki referans rüzgar türbini ile, 80 m yüksekliğindeki 2 MW ve 90 m yüksekliğindeki 3 MW'lık türbinlerin güç eğrileri kullanılmıştır.



Referans Rüzgar Türbini Teknik Özellikleri

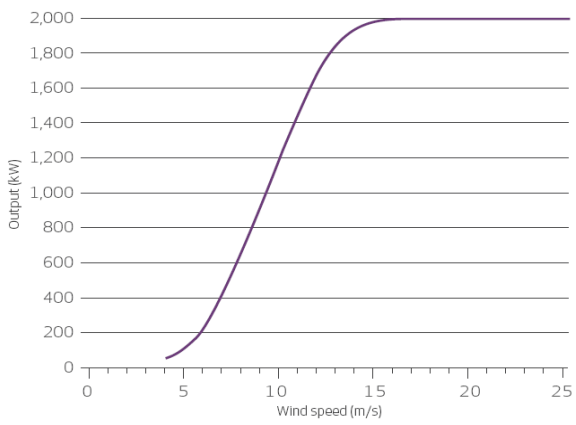
Rüzgar türbini anma gücü "rated power"	:	1 MW
Türbinin devreye girdiği "Cut-in" rüzgar hızı	:	3 m/s
Türbinin devreden çıktığı "Cut-out" rüzgar hızı	:	26 m/s
Anma gücündeki rüzgar hızı	:	11 m/s
Kanat çapı	:	64 m
Türbin göbek yüksekliği	:	65 m

Türbin üreticisi firmadan alınmış rüzgar türbini hız-güç tablosu;

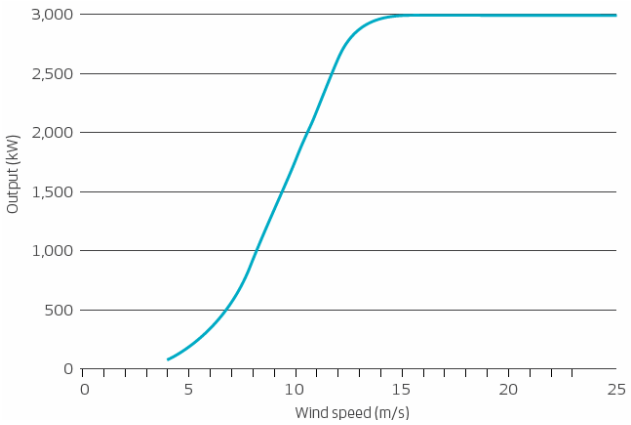
Rüzgar hızı [m/s]	Güç [kW]		Rüzgar hızı [m/s]	Güç [kW]
0	0		7	287
1	0		8	451
2	0		9	645
3	16		10	861
4	37		11	1000
5	100		12 -25	1000
6	181		≥ 26	0

2 MW ve 3 MW Türbinler için hız-güç eğrileri

2 MW – 80 m



3 MW – 90 m

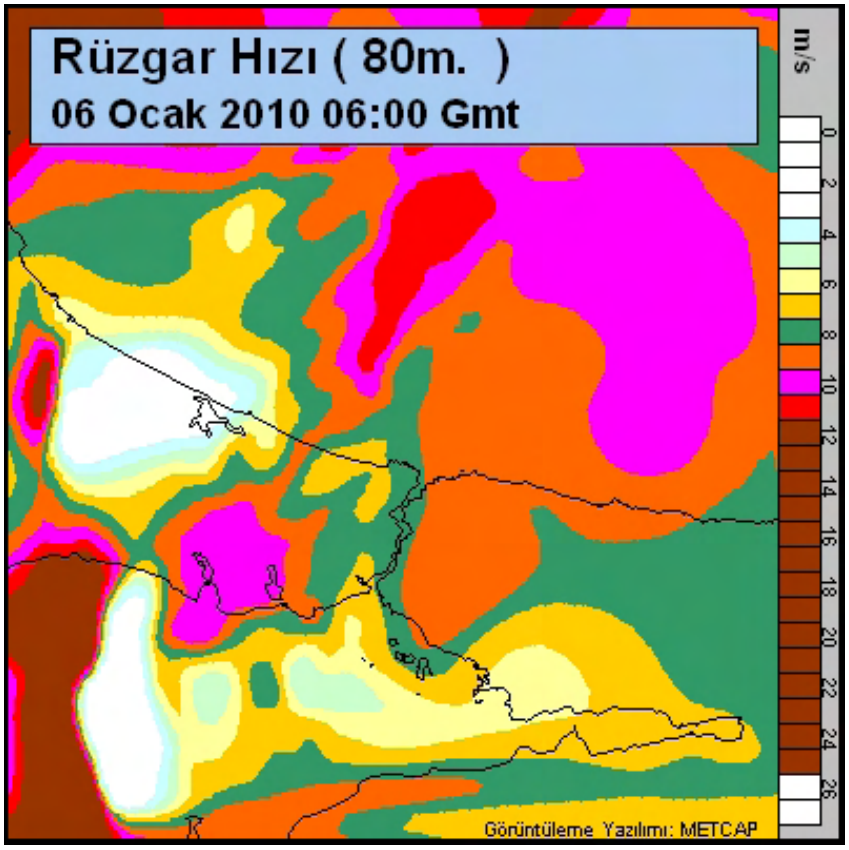


RETS İnternet Sayfası

RETS ile üretilen tahminler **http://www.dmi.gov.tr/tahmin/ruzgar-enerjisi-tahmini.aspx** adresinde yayınlanmaktadır. RETS ürünleri test ve verifikasyon çalışması devam etmektedir.

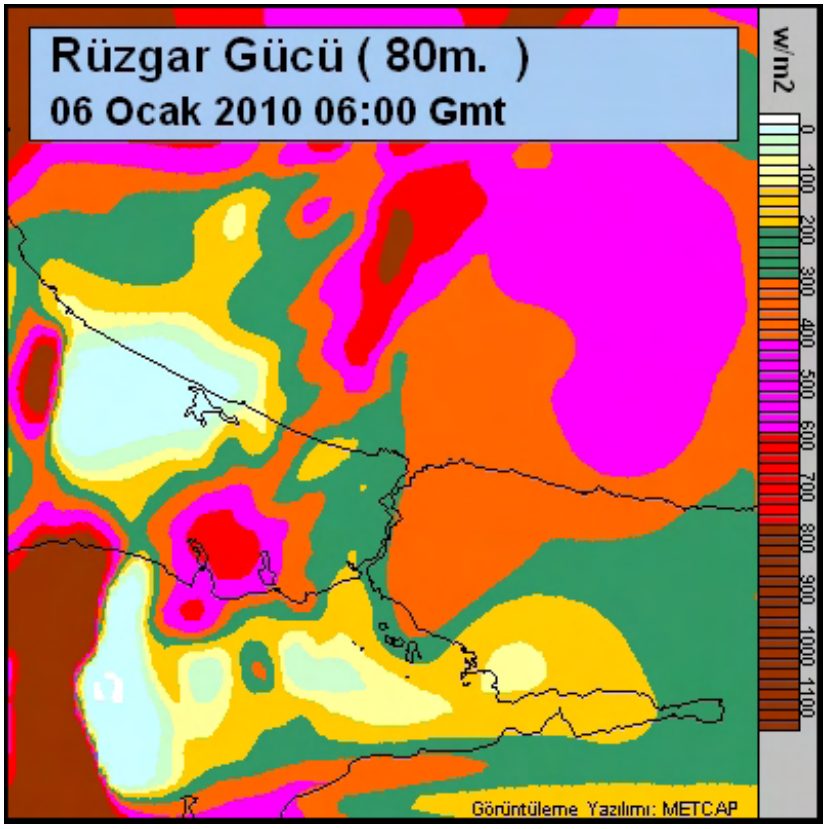


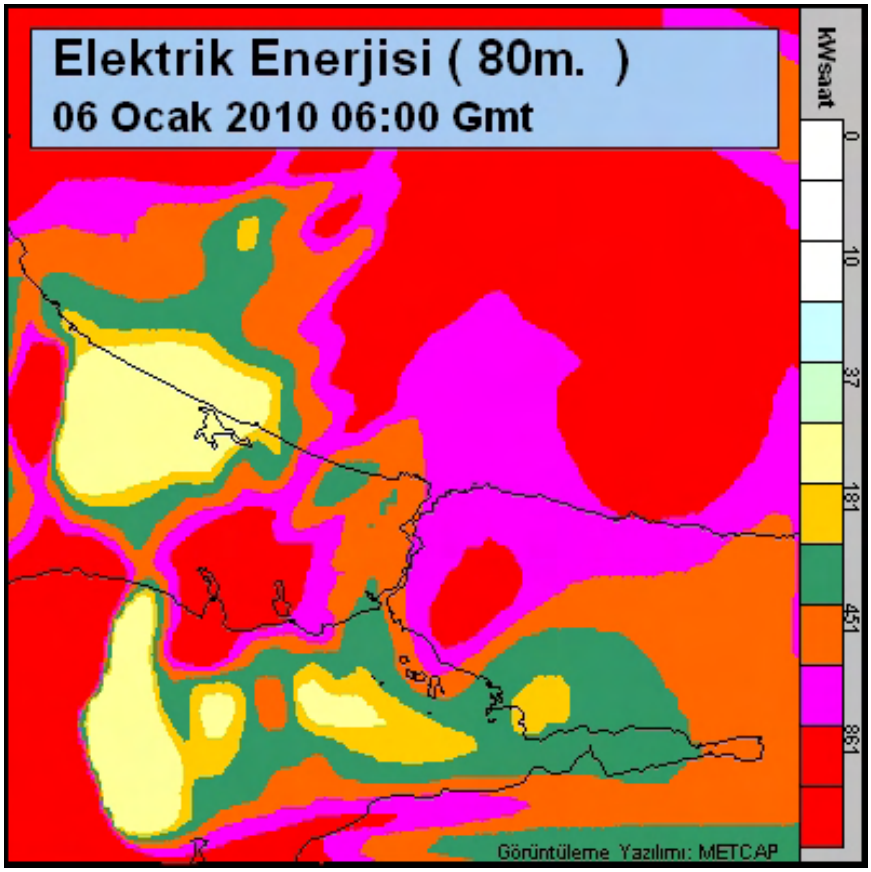




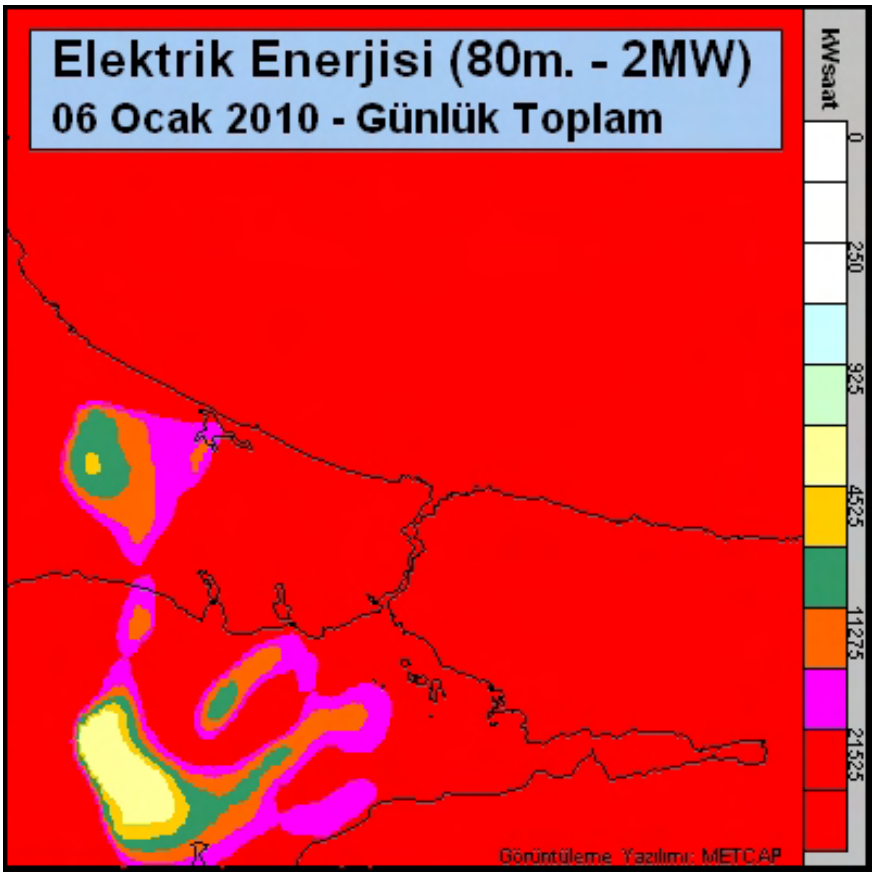
İstanbul Bölgesi 80 m'de Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)

İstanbul Bölgesi 80 m'de Ortalama Rüzgar Güç Yoğunluğu (W/m^2)





İstanbul Bölgesi 80 m'de Enerjisi Üretimi, *2 MW'lık Türbin için* **(kWsaat)**



İstanbul Bölgesi 80 m'de Enerjisi Üretimi, *2 MW'lık Türbin için* **(kWsaat)**

RÜZGAR ENERJİSİ

Kalkınmanın temel gereksinimlerinden biri enerji üretimidir. Günümüzden 100 bin yıl önceki Avcı İnsana oranla, bugün yaklaşık olarak 40-50 kat daha fazla enerji kullanıyoruz (Çizelge-1).

Çizelge-1. Enerji kullanımının tarihçesi (milyon kalori/gün)

		Gıda	Evsel	Tarım	Ulaşım	Toplam
100 bin yıl önce	Avcı İnsan	3	2	-	-	5
İ.Ö. 5000	İlkel Tarım İnsanı	4	4	4	-	12
İ.S. 1400	İleri Tarım İnsanı	6	12	7	1	26
İ.S. 1850 – 1900	Sanayi İnsanı	7	32	24	14	77
İ.S. 1970 – 2000	Teknoloji insanı	10	66	91	63	230

Mevcut enerji üretim ve tüketim sistemleri, yerel, bölgesel ve küresel ölçekte hava, su ve toprak kirlenmesine yol açmaktadır. Fosil yakıtların kullanımı sonucu oluşan kirleticiler (sera gazları) küresel ısınmaya ve buna bağlı olarak ta iklim değişikliğine neden olmaktadır. Kirletici azaltımının en önemli yöntemi; çevreye karşı duyarlı, sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji sistemlerinin tercih edilmesidir.



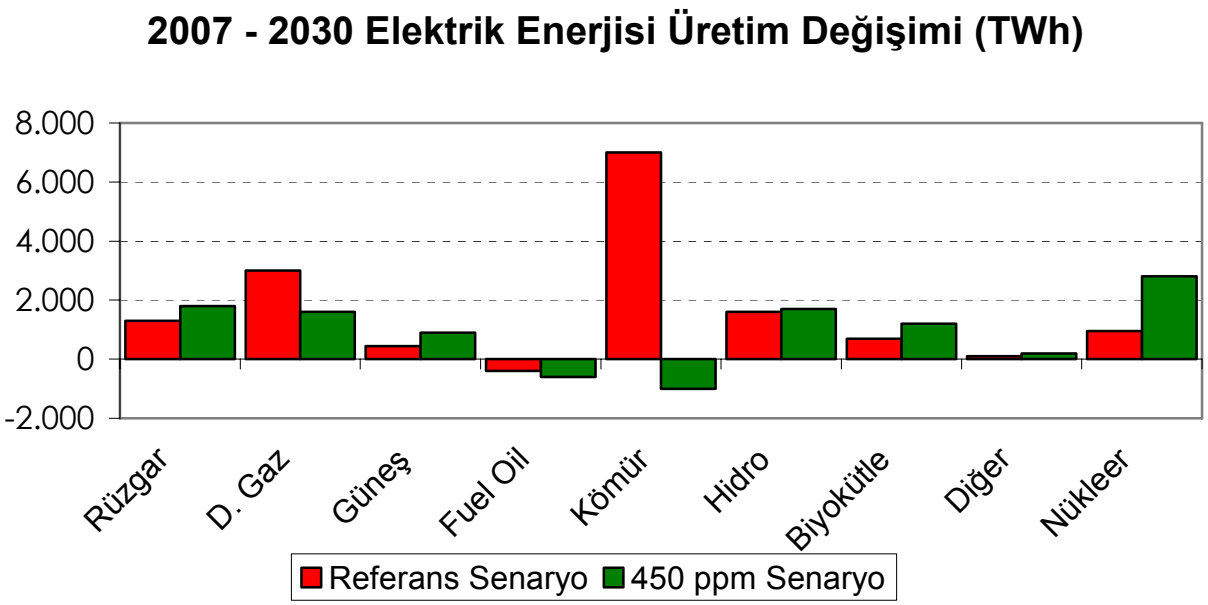
Dünya elektrik üretiminin % 60'ı fosil yakıtlar, % 23'ü hidrolik enerji, % 17'si nükleer enerji ve % 1-2 civarında yenilenebilir enerji kaynaklarından gerçekleşmektedir. Ülkemizde ise, 2008 yılı toplam elektrik üretiminin % 48.4'ü doğalgazdan, % 22.7'si yerli kömürden, % 16.7'si hidrolik kaynaklardan, % 6.3'ü ithal kömürden, % 5.2'si sıvı yakıtlardan, % 0.4'ü de rüzgardan elde edilmiştir.

1973 dünya petrol krizi alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarına gösterilen ilginin artmasına sebep olmuştur. Dünya enerji ihtiyacının önemli bir bölümünü karşılayan fosil yakıtların kısıtlı kullanım sürelerinin olması, çevreye yapılan tahribat ve gelecek nesillerin de enerji ihtiyacı dikkate alındığında, yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi daha iyi anlaşılmaktadır. İlk etapta göz önünde bulundurulması gereken alternatif enerji kaynaklarından birisi **Rüzgar Enerjisi**dir.



OECD Uluslararası Enerji Ajansı 2009 Enerjinin Genel Görünümü raporuna göre hidrolik dışındaki yenilenebilir enerji kaynaklarının, 2007 yılında % 2.5 olan elektrik enerjisi üretimindeki payının 2030 yılında % 8.6'ya çıkacağı ve bu alandaki en büyük artışın rüzgar enerjisinde yaşanacağı belirtilmektedir.

OECD tahminlerine göre enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisinin referans senaryoya ve CO_2 miktarının 450 ppm'de sınırlandırılmasını temel alan senaryoya göre, 2007-2030 yılları arasında değişimi Şekil-1'de gösterilmiştir.



Şekil-1. OECD 2007-2030 elektrik enerjisi üretim tahmini

Rüzgar Enerjisinin Avantajları;

- Temiz bir enerji kaynağıdır, emisyonu yoktur.
- Yerel bir enerji kaynağıdır, dışa bağımlı değildir.
- Yatırım alanının % 1'ini kullanır, bu alanlarda tarım ve hayvancılık faaliyetleri yapılabilir.
- Ucuz bir enerji kaynağıdır.
- Atıl alanlar kullanılabilir.
- Yüksek istihdam yaratır.

Rüzgar Enerjisinin Dezavantajları;

- Görüntü kirliliği yaratabilir.
- Gürültü kirliliği yaratabilir.
- Radyo ve TV sinyallerini bozabilir.
- Kuş göç yollarında, kuşlara zarar verebilir.

Rüzgar Enerjisi Ekonomisi

Rüzgar enerjisi, hem Avrupa hem de küresel düzeyde hızla gelişmektedir. 1992 - 2008 yılları arasında küresel olarak 2,5 GW olan toplam kurulu güç, yıllık ortalama % 25 büyüme oranı ile 120 GW'ın üzerine çıkmıştır. Türbin verimliliğindeki gelişmeler nedeniyle, rüzgar enerjisinin konvansiyonel enerji üretim sistemleri karşısındaki rekabet gücü giderek artmaktadır.

Rüzgar enerjisindeki önemli maliyetler; yatırım maliyeti ile işletme ve bakım maliyetleridir. Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği verilerine göre, Avrupa'da kurulmuş 2 MW gücündeki bir rüzgar türbini için toplam yatırım maliyeti yaklaşık olarak 2.46 milyon Euro'dur (1.23 milyon Euro/MW). Toplam maliyetin % 76'sı ortalama bir türbinin payı, % 9'u şebeke bağlantısı ve % 7'si ise kuruluş maliyetidir.

1980'lerde tipik olarak kullanılan 95 kW'lık bir türbinde üretilen enerjinin kWsaat maliyeti 9.2 Euro-sent iken, bu değer günümüzün 2 WM'lık türbinlerinde 5.3 Euro-sente düşmüştür. Başka bir ifadeyle son 20 yılda % 40'lık bir maliyet azalması gerçekleşmiştir.



Danimarka'da yürütülen bir çalışmada, eğer rüzgar enerjisinin enerji üretimindeki payı olmasaydı, 2004-2007 yılları arasında tüketicilere sunulan elektrik enerjisinin fiyatının % 4-12 daha yüksek olacağı görülmüştür. Yapılan çalışmalar Almanya ve İspanya'da da benzer sonuçlar vermiştir.

Yapılan son çalışmalar, rüzgar enerjisi kullanımıyla birlikte azaltılan CO_2 maliyetinin 2007 yılında 2 milyar Euro olduğunu, 2020 yılında 16 milyar Euro, 2030 yılında ise 43 milyar Euro olacağını öngörmektedir. Aynı zamanda, yakıt maliyetlerinde 2007 yılında 4.4 milyar Euro azalma sağlandığı, bu azalmanın 2020 yılında 12 milyar Euro, 2030 yılında ise 24 milyar Euro olacağı belirtilmektedir (Pure Power, www.ewea.org).

Yapılan analizler, yer seçimi iyi olan bir rüzgar enerjisi santralinin yeni nesil kömür ve doğal gaz santralleri ile rekabet edebileceğini göstermiştir. Eğer çevresel ve sosyal maliyetler de elektrik fiyatlarına dahil edilirse, rüzgar enerjisinin diğer sistemlere göre daha ucuz olacağı ortaya çıkmıştır.

Rüzgar Enerjisi ve İstihdam

2007 yılında Avrupa Birliğinde (AB-27) rüzgar enerjisiyle doğrudan ilgili 108.600 iş yaratılmıştır (Çizelge-2). Son beş yılda, Avrupa rüzgar enerjisi sektöründe her gün 33 yeni iş yaratılmıştır.

Rüzgar enerjisi sayesinde ham madde üreticileri ve tedarikçiler gibi dolaylı işler de yaratılmıştır. Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliğinin hesaplamalarına göre 2007 yılında rüzgar enerjisine bağlı toplam 154.000 dolaylı iş yaratılmış olup, bu sayının 2030 yılında 375.000'e çıkması beklenmektedir.

Çizelge-2. AB'de rüzgar enerjisi endüstrisinde yaratılan iş (2007)

Ülke	İş Sayısı		Ülke	İş Sayısı
Avusturya	700		İrlanda	1,500
Belçika	2,000		İtalya	2,500
Bulgaristan	100		Hollanda	2,000
Çek Cum.	100		Polonya	800
Danimarka	23,500		Portekiz	800
Finlandiya	800		İspanya	20,500
Fransa	7,000		İsveç	2,000
Almanya	38,000		İngiltere	4,000
Yunanistan	1,800		Diğer	400
Macaristan	100		**AB Toplam**	**108,600**

Kaynak: Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği, EWEA-02/2009.

Rüzgar Enerjisinin Avrupa Birliği ve Türkiye'deki Durumu

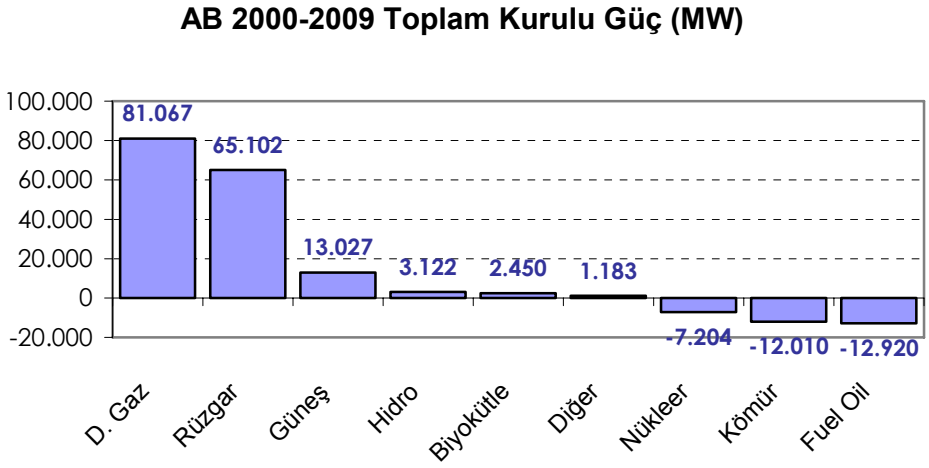
Avrupa Birliği (AB) iklim değişikliğine olan etkileri azaltmak üzere ortak enerji politikası oluşturmaya çalışmaktadır. Bu kapsamda 2020 yılında toplam nihai enerji tüketiminin % 20'sinin temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmesi ve CO_2 seviyesinin, 1990'a göre en az % 20 oranında azaltılması hedeflenmiştir. 2006 yılında AB ortalaması % 9,2 olan yenilenebilir enerji kaynaklarının AB üye ülkeleri bazında 2020 hedefleri Çizelge-3'te verilmiştir.

Çizelge-3. AB Yenilenebilir Enerji 2006 Durumu ve 2020 Hedefleri

	AB Üyesi	2006 Yılı	2020 Hedefi		AB Üyesi	2006 Yılı	2020 Hedefi
1	İngiltere	1,5 %	15 %	14	Malta	0 %	10 %
2	İrlanda	2,9 %	16 %	15	Portekiz	21,5 %	31 %
3	Danimarka	17,2 %	30 %	16	Slovenya	15,5 %	25 %
4	Fransa	10,5 %	23 %	17	Finlandiya	28,9 %	38 %
5	Hollanda	2,7 %	14 %	18	Avusturya	25,1 %	34 %
6	İspanya	8,7 %	20 %	19	Litvanya	14,6 %	23 %
7	Yunanistan	7,1 %	18 %	20	Estonya	16,6 %	25 %
	AB	9,2 %	20 %	21	Macaristan	5,1 %	13 %
8	İtalya	6,3 %	17 %	22	İsveç	41,3 %	49 %
9	Letonya	31,4 %	42 %	23	Polonya	7,5 %	15 %
10	Belçika	2,6 %	13 %	24	Slovakya	6,8 %	14 %
11	Kıbrıs R. K.	2,7 %	13 %	25	Bulgaristan	8,9 %	16 %
12	Almanya	7,8 %	18 %	26	Romanya	17 %	24 %
13	Lüksemburg	1 %	11 %	27	Çek Cum.	6,5 %	13 %

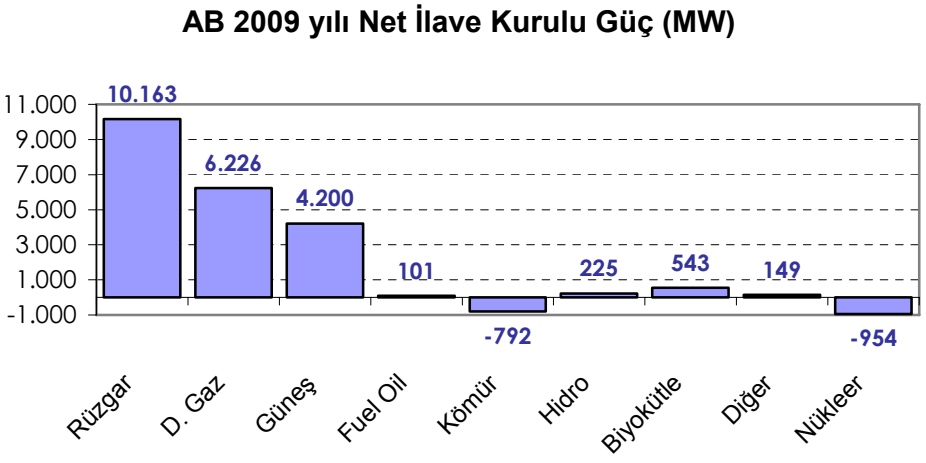


Avrupa Birliğinin 2000-2009 yılları arasını kapsayan dönemdeki elektrik enerjisi üretimi kurulu gücü incelendiğinde Doğal Gazdan sonraki en büyük artışın Rüzgar Enerjisinde olduğu görülmektedir (Şekil-2).

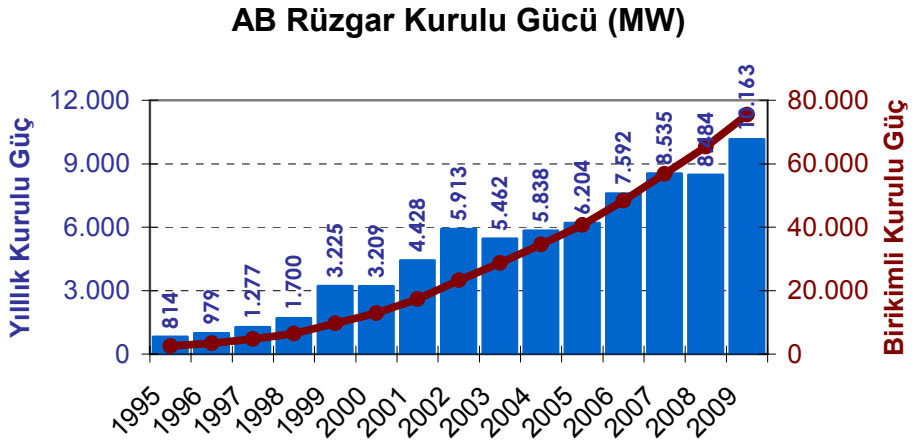


Şekil-2. AB 2000-2009 ilave kurulu gücü

Avrupa Birliği 2009 yılı enerji kaynaklarına göre toplam kurulu gücü incelendiğinde ise, Rüzgar Enerjisinin 10.163 MW ile 2009 yılında en fazla yatırım yapılan enerji kaynağı olduğu görülmektedir (Şekil-3).



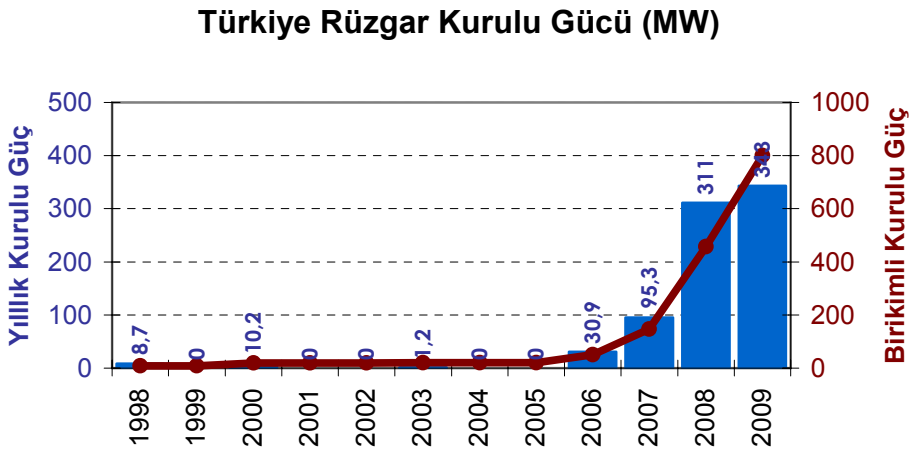
Şekil-3. AB 2009 yılı ilave kurulu gücü



Şekil-4. AB 1995-2009 rüzgar kurulu gücü

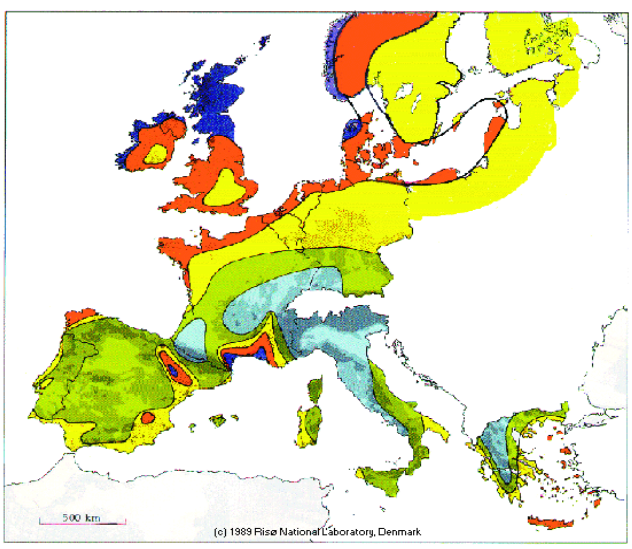
AB rüzgar enerjisi kurulu gücünün yıllara göre dağılımı Şekil-4'te bulunmaktadır. Bu grafikten de görüldüğü üzere 2000'li yıllarda yoğun bir yatırım süreci gerçekleşmiş ve 2009 sonu itibarıyla toplam rüzgar kurulu gücü 76.152 MW'a ulaşmıştır.

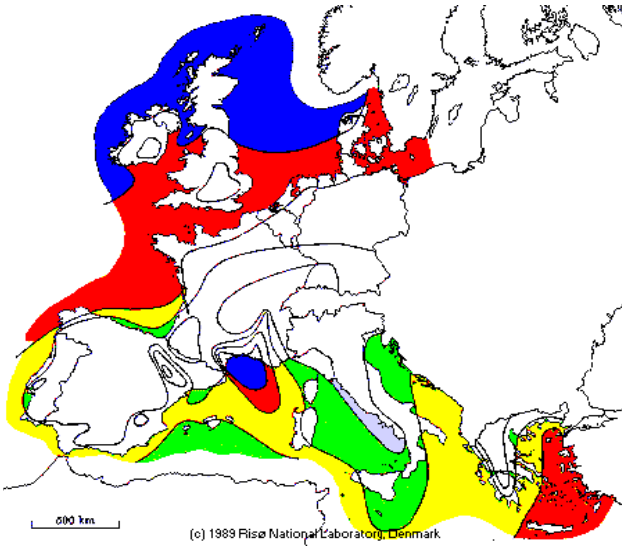
Diğer taraftan, Türkiye rüzgar kurulu gücünün 2006 yılından itibaren ivmelenen bir artış göstererek 801 MW'a ulaştığı görülmektedir (Şekil-5).



Şekil-5. Türkiye 1998-2009 rüzgar kurulu gücü

AVRUPA RÜZGAR ATLASI

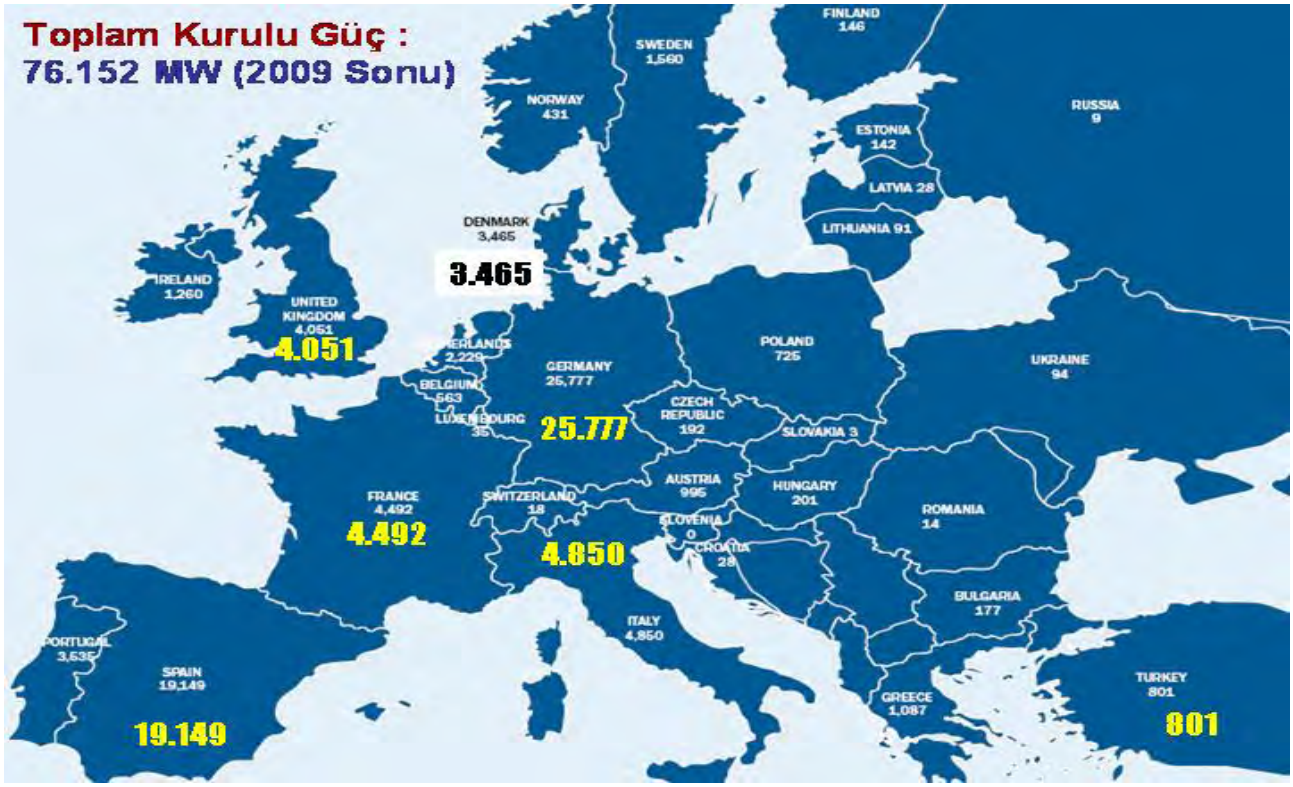




u (m/s) *	> 7.5	6.5 – 7.5	5.5 – 6.5	4.5 – 5.5	< 4.5
P (W/m^2) *	> 500	300 - 500	200 - 300	100 - 200	< 100

** Açık yüzeyler için (yer düzeyinden 50 m yükseklikteki) rüzgar potansiyeli sınıf aralıkları*

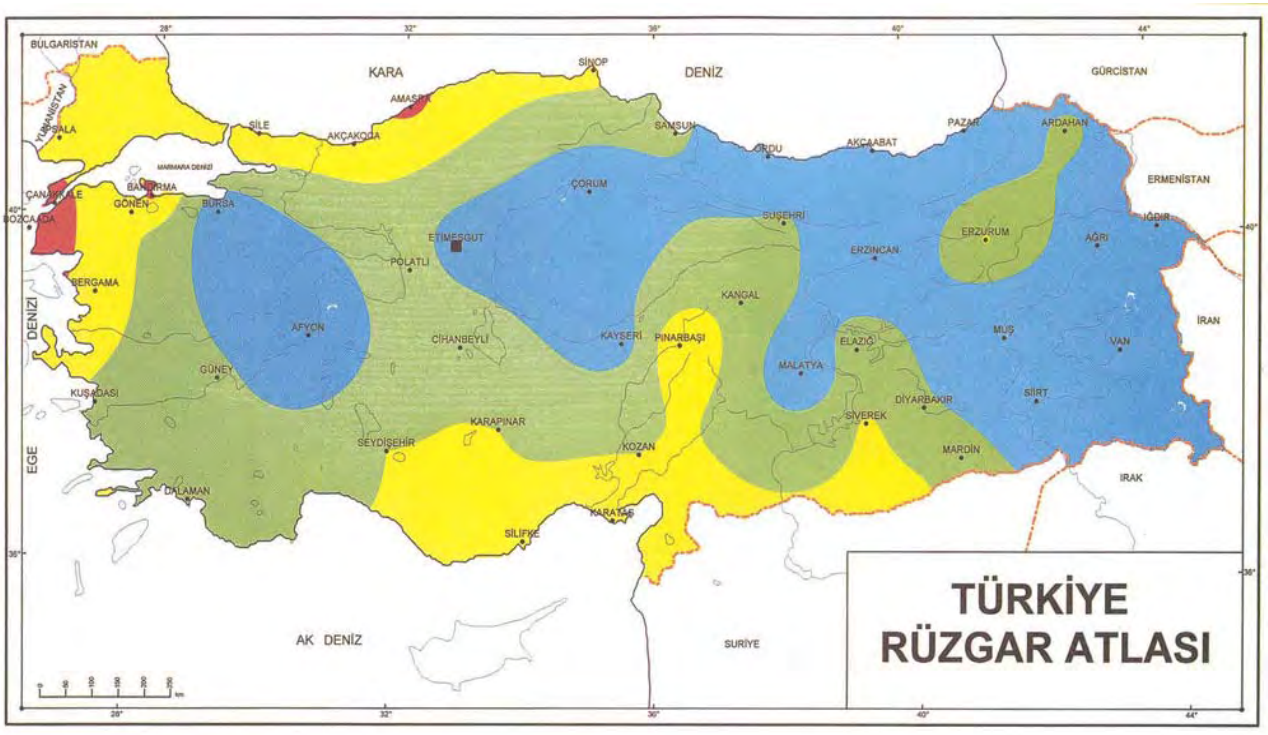
Avrupa Rüzgar Enerjisi Kurulu Gücü (MW)



TÜRKİYE RÜZGAR ATLASI

Türkiye Rüzgar Atlası, Danimarka Meteoroloji Teşkilatının Riso Meteoroloji Laboratuvarında hazırlanmış ve geliştirilmiş olan ve Avrupa Rüzgar Atlasının hazırlanmasında da kullanılan WASP (Wind Atlas Analysis and Application Program) paket programı kullanılarak Meteoroloji Genel Müdürlüğü ile Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından hazırlanmıştır.

2002 yılında yayınlanan bu çalışmada DMİ kayıtlarından alınan saatlik ham rüzgar verileri ile yakın çevre engel bilgileri, bölgenin topoğrafyası ve pürüzlülük bilgileri kullanılmıştır.



Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından Türkiye Rüzgar Atlası üzerinde yapılan hesaplamalar sonucunda, Türkiye'nin Teknik Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin yaklaşık olarak 88.000 MW olduğu bulunmuştur.

	Sınıf	Alan (km^2)	Potansiyel (MW)
	1	0	0
	2	5.038	1.662
	3	168.759	41.656
	4	370.767	44.659
	Toplam		87.977

TÜRKİYE RÜZGAR POTANSİYELİ ATLASI

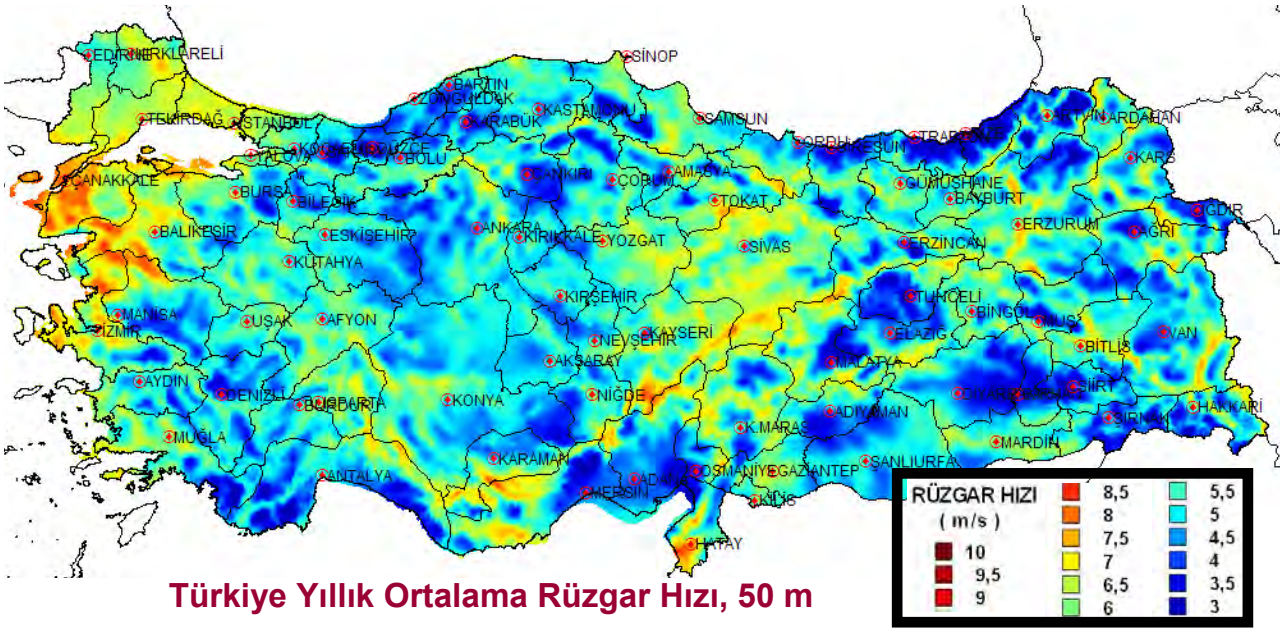
Türkiye Rüzgar Potansiyeli Atlası çalışması, Türkiye çapında 200 m çözünürlükteki rüzgar verileri ve bu verilerden oluşturulmuş haritalar üzerinden yapılmıştır. Rüzgar potansiyeli hesaplamaları için, Türbinlerin kurulması mümkün olmayan alanlara yönelik çeşitli varsayımlar kullanılmıştır. Bu varsayımlar aşağıda listelenmiştir.

- Tüm Karayolları 100 m emniyet şeridi içindeki alanlar
- Tüm Demiryolu hatlarına 100 m emniyet şeridi içindeki alanlar
- Deniz sahillerine 100 m sahil koruma şeridi içindeki alanlar
- Havaalanlarına 3 km emniyet şeridi içindeki alanlar
- Şehirsel alanlara 500 m emniyet şeridi içindeki alanlar
- Çevre Koruma, Milli Parklar ve Tabiat alanlarına 500 m emniyet şeridi içindeki alanlar
- 50 m derinlikten fazla olan deniz alanlar
- Arazi eğimi %20'den büyük olan alanlar
- Rakımı 1500m'den fazla olan alanlar
- Göller, nehirler, sulak alanlar, baraj gölleri içerisindeki alanlar
- Belirli orman tiplerine sahip alanlar (Koru Ormanları, Ağaçlandırma Alanları, Özel Ormanlar, Fidanlıklar, Sazlık ve Bataklık alanlar, Muhafaza Ormanları, Arboratum)



Bu kritelerin dışında, temin edilemeyen altlık haritalar (maden sahaları, petrol doğal-gaz boru hatları, askeri sahalar, özel mülkiyet, turizm bölgeleri, kar örtüsü, vb.) ile öngörülemeyen diğer kriterlerin de olduğu dikkate alınarak, rüzgar santrali kurmaya elverişli olamayacak alanlar EİE'nin tecrübeleri doğrultusunda % 60 oranında arttırılmıştır.

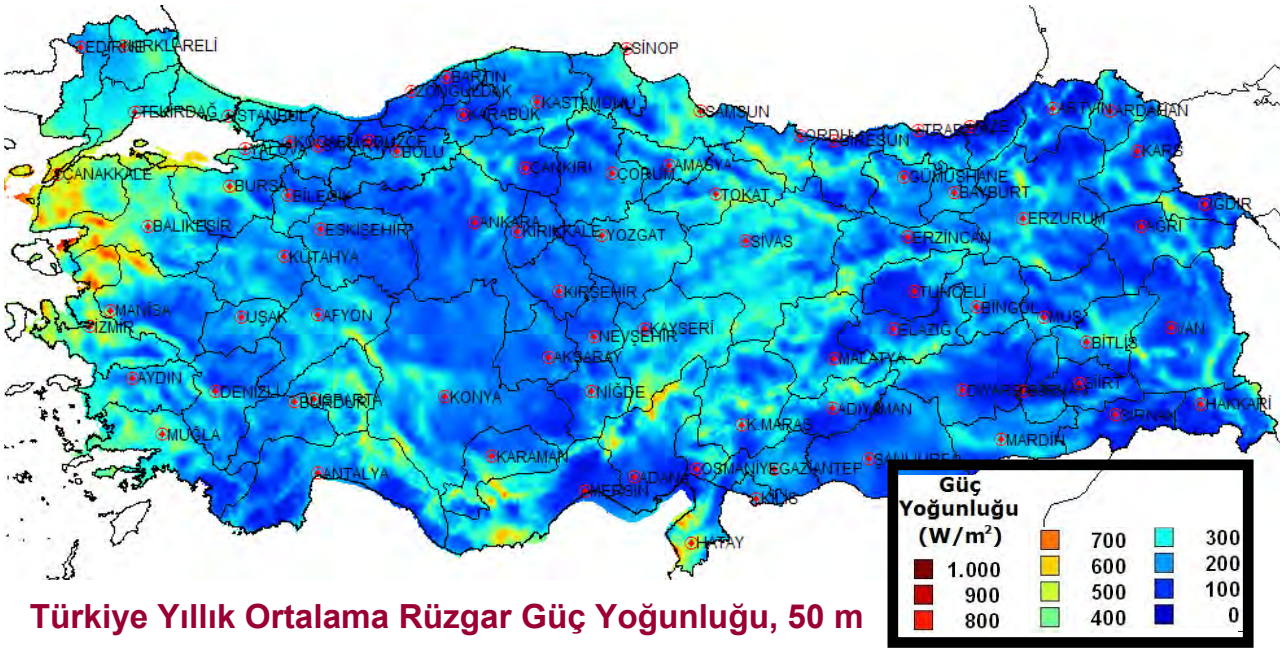
Türkiye toplam yüzölçümünden bu alanlar çıkarıldıktan sonra, rüzgar potansiyeli bir senaryo kapsamında incelenmiştir. 50 m. yükseklikte rüzgar güç yoğunluğu 300 W/m²'den ve rüzgar hızı 6.8 m/s'den büyük alanlarda, kilometrekare başına 5 MW üretilebileceği öngörülerek rüzgar potansiyeli hesaplamaları yapılmıştır (Çizelge-4 ve 5).



Türkiye Yıllık Ortalama Rüzgar Hızı, 50 m

Rüzgar Kaynak Derecesi	Rüzgar Sınıfı	50 m'de Rüzgar Gücü (W/m²)	50 m'de Rüzgar Hızı (m/s)	Toplam Alan km²	Rüzgarlı Arazi Yüzdesi	Toplam Kurulu Güç, MW
Orta	3	300 – 400	6.8 – 7.5	16.781,39	2,27	83.906,96
İyi	4	400 – 500	7.5 – 8.1	5.851,87	0,79	29.259,36
Mükemmel	5	500 – 600	8.1 – 8.6	2.598,86	0,35	12.994,32
Mükemmel	6	600 – 800	8.6 - 9.5	1.079,98	0,15	5.399,92
Mükemmel	7	> 800	> 9.5	39,17	0,01	195,84
Toplam				26.351,28	3,57	131.756,40

Çizelge-4. Türkiye Orta-Mükemmel Arası Rüzgar Kaynağı



Türkiye Yıllık Ortalama Rüzgar Güç Yoğunluğu, 50 m

Rüzgar Kaynak Derecesi	Rüzgar Sınıfı	50 m'de Rüzgar Gücü (W/m^2)	50 m'de Rüzgar Hızı (m/s)	Toplam Alan km^2	Rüzgarlı Arazi Yüzdesi	Toplam Kurulu Güç, MW
Orta	3	300 – 400	6.8 – 7.5	1.385,98	9,26	6.929,92
İyi	4	400 – 500	7.5 – 8.1	1.026,64	6,86	5.133,20
Mükemmel	5	500 – 600	8.1 – 8.6	688,96	4,60	3.444,80
Mükemmel	6	600 – 800	8.6 - 9.5	348,51	2,33	1.742,56
Mükemmel	7	> 800	> 9.5	28,54	0,19	142,72
Toplam				3.478,64	23,25	17.393,20

Çizelge-5. Türkiye Denizleri için 50 m Derinliğe Kadar Orta-Mükemmel Arası Rüzgar Kaynağı



Kaynaklar

Adekoya, L. O. and Adewale, A. A. 1992. Wind energy potential of Nigeria, Renewable Energy, 2, 35-39.

Dündar C., Canbaz M., Akgün N., Ural G.,"Türkiye Rüzgar Atlası", DMİ ve EİE ortak yayını, Haziran 2002, Ankara.

Dündar C., Arıkan Y., "Enerji, Çevre ve Sürdürülebilirlik", TMMOB Türkiye IV. Enerji Sempozyumu, 2003, Ankara.

Elektrik Üretim Sektör Raporu, 2008, EÜAŞ.

Enerjinin Genel Görünümü Raporu, 2009, OECD.

http://www.eie.gov.tr

http://www.energy.eu/#renewable

Wind energy and the job market, 2009, European Wind Energy Association (EWEA).

Wind energy, finance and economics, 2009, European Wind Energy Association (EWEA).

Yanıktepe B., Kaplan Y. A., "Rüzgar Enerjisi: Türkiye ve AB'nin Politik Karşılaştırılması ve Önemi", 2. Rüzgar Sempozyumu, 2009, Samsun.

T.C.
Çevre ve Orman Bakanlığı
Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
Ocak 2010 - Ankara

