



RÜZGAR ENERJİSİ VE SİVAS ŞARTLARINDA RÜZGAR SANTRALİ TASARIMI

Cumhuriyet Üniversitesi
Elektrik - Elektronik Mühendisliği
Bölümü

Sunan

Yrd.Doç. Dr. Mustafa HOŞTUT

Nisan-2007



RÜZGAR ENERJİSİ VE SİVAS ŞARTLARINDA RÜZGAR SANTRALİ TASARIMI

V. Şimşek*, R. Hüseyinov**, M. Hoştut**

* *Fen Bilimleri Enstitüsü, Cumhuriyet Üniversitesi, 58140 Sivas*

** *Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü,
Cumhuriyet Üniversitesi, 58140 Sivas*

İçindekiler



- Giriş
- Türkiyedeki Enerji Üretim Oranları
- Rüzgar Türbünleri
- Rüzgar Enerjisinin Dünyadaki Durumu
- Rüzgar Enerjisinin AB'de Durumu
- Rüzgar Enerjisinin Türkiyedeki Durumu
- Sivas'ta rüzgar verilerine göre rüzgar santrali maliyet hesabı

Giriş

Çevre dostu olan yenilenebilir enerji kaynakları neden önemlidir?



- Enerjiye olan büyük ihtiyaç
- Nüfus artışı
- İlerleyen sanayi
- Fosil yakıtta dayalı olan enerji kullanımı
- Çevre kirlenmesi
- Rezervlerin azalması
- Rezervleri azalan fosil yakıtların her geçen gün biraz daha pahalalanması ve ithal edilmesi
- Atmosferde oluşan sera etkisi
- Doğal bitki örtüsünün yanı sıra insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri

Rüzgar Enerjisinin Ülkemiz Açısından Önemi

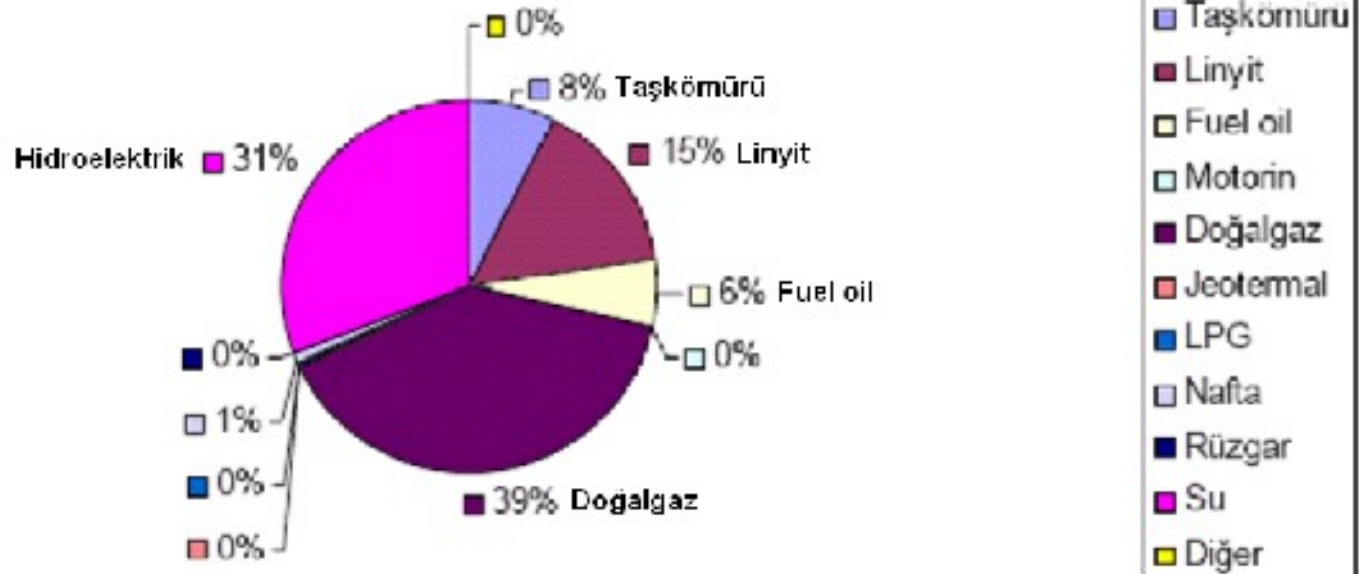


Son yıllarda ülkemizde, artan nüfus ve sanayileşmeden kaynaklanan enerji gereksinimi ülkemizin kısıtlı kaynaklarıyla karşılanamamakta dolayısıyla dışarıdan enerji hammaddesi (doğalgaz) satın alma zorunluluğu yaşanmaktadır. Türkiye'nin dışa olan enerji bağımlılığını en aza indirebilmek için bir an önce YERLİ ve YENİLENEBİLİR enerji kaynaklarından faydalanma yoluna gitmelidir. Bu bağlamda Avrupa'nın en rüzgarlı ülkelerinden olan Türkiye'de de gerekli çalışmaların biran önce yapılması

Enerji Üretimi Oranları



Türkiye'de 2004 Yılı Kaynaklara Göre Enerji Üretimi



Şekil 1.1- Türkiye'de kaynaklara göre enerji üretimi

Çizelge 1.1. Türkiye’de kaynaklara göre elektrik üretimi (DİE verilerinden yararlanılmıştır)

ÜRETİM TİPİ	2003 YILI TOPLAMI		2004 YILI TOPLAMI	
	Miktar (GWh)	Oran (%)	Miktar (GWh)	Oran (%)
Termik	104.898,3	74,77	103.518,6	69,19
Rüzgar	61,4	0,04	54,9	0,04
Hidrolik	35.326,9	25,18	46.034,8	30,77
Toplam	140.286,6	100,00	149.608,3	100,00
ENERJİ KAYNAĞI	2003 YILI TOPLAMI		2004 YILI TOPLAMI	
	Miktar (GWh)	Oran (%)	Miktar (GWh)	Oran (%)
Taşkömürü	8.718,8	6,21	11.286,5	7,54
Linyit	23.624,4	16,84	22.378,8	14,96
Fuel Oil	8.661,5	6,17	9.168,2	6,13
Motorin	0,2	0,00	17,5	0,01
Doğalgaz	62.300,9	44,41	58.728,6	39,25
Jeotermal	88,5	0,06	93,2	0,06
LPG	368,9	0,26	387,3	0,26
Nafta	1.059,3	0,76	1.396,3	0,93
Rüzgar	61,4	0,04	54,9	0,04
Su	35.326,9	25,18	46.034,8	30,77
Diğer	75,8	0,05	62,2	0,04
Toplam	140.286,6	100,00	149.608,3	100,00

Kupalı anemometre



Dikey Eksenli Rüzgar Türbinleri Savonius ve Darrieus tipleri



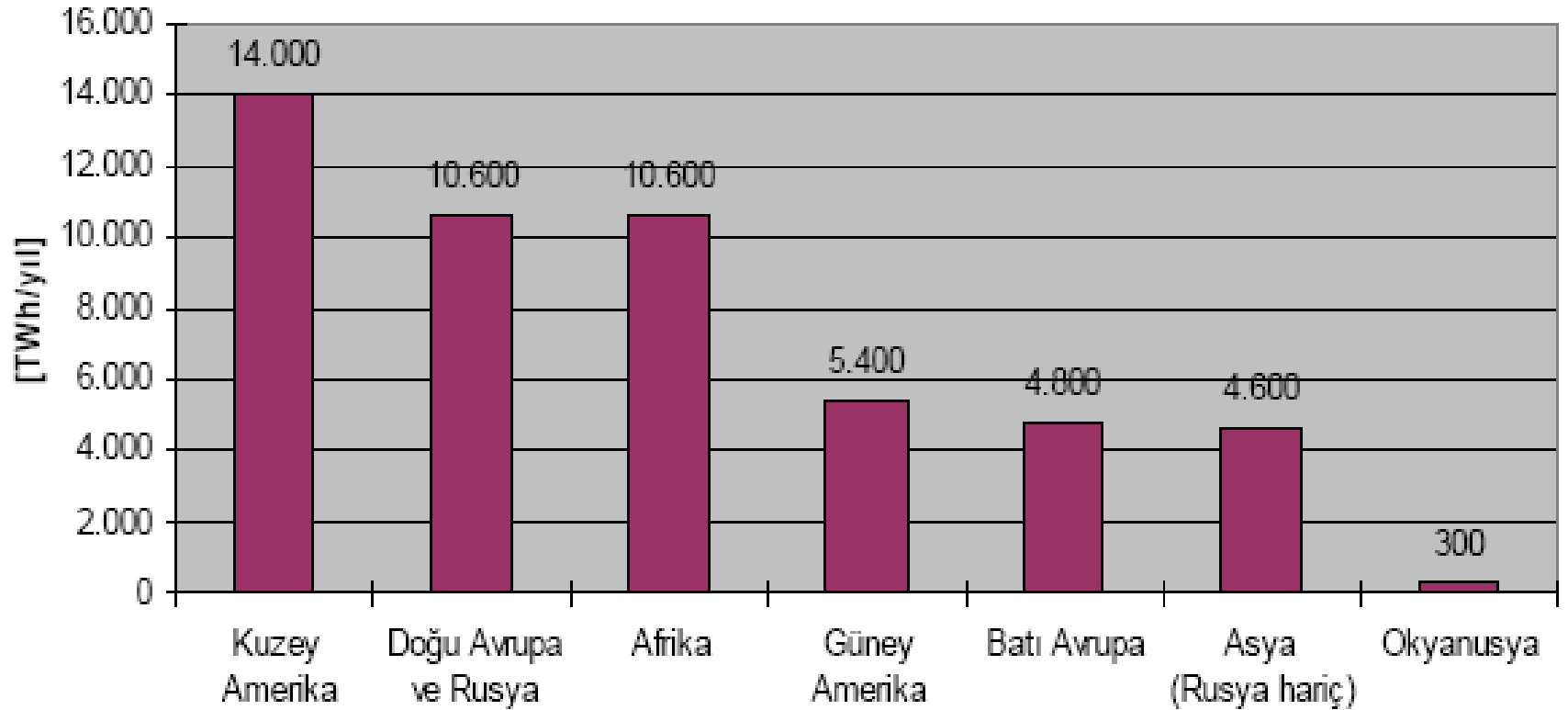
Yatay Eksenli Rüzgar Türbini



Dikey eksenli bir rüzgar türbini

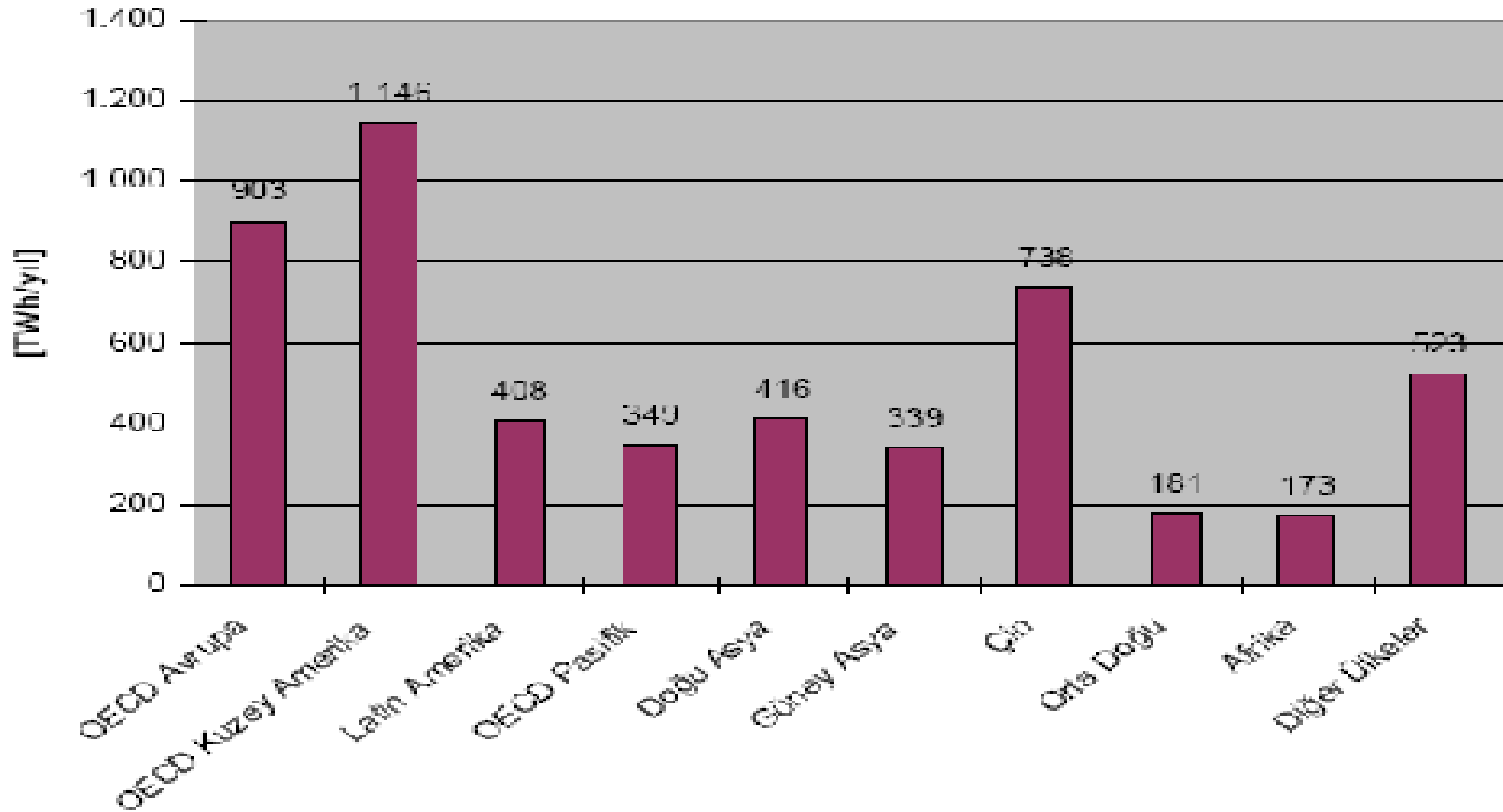


Dünyanın Kıtalar Göre Rüzgar Potansiyel Dağılımı



Şekil 2.5– Dünyanın teknik rüzgar potansiyel dağılımı (Dünya toplamı 53.000 TWh/yıl)

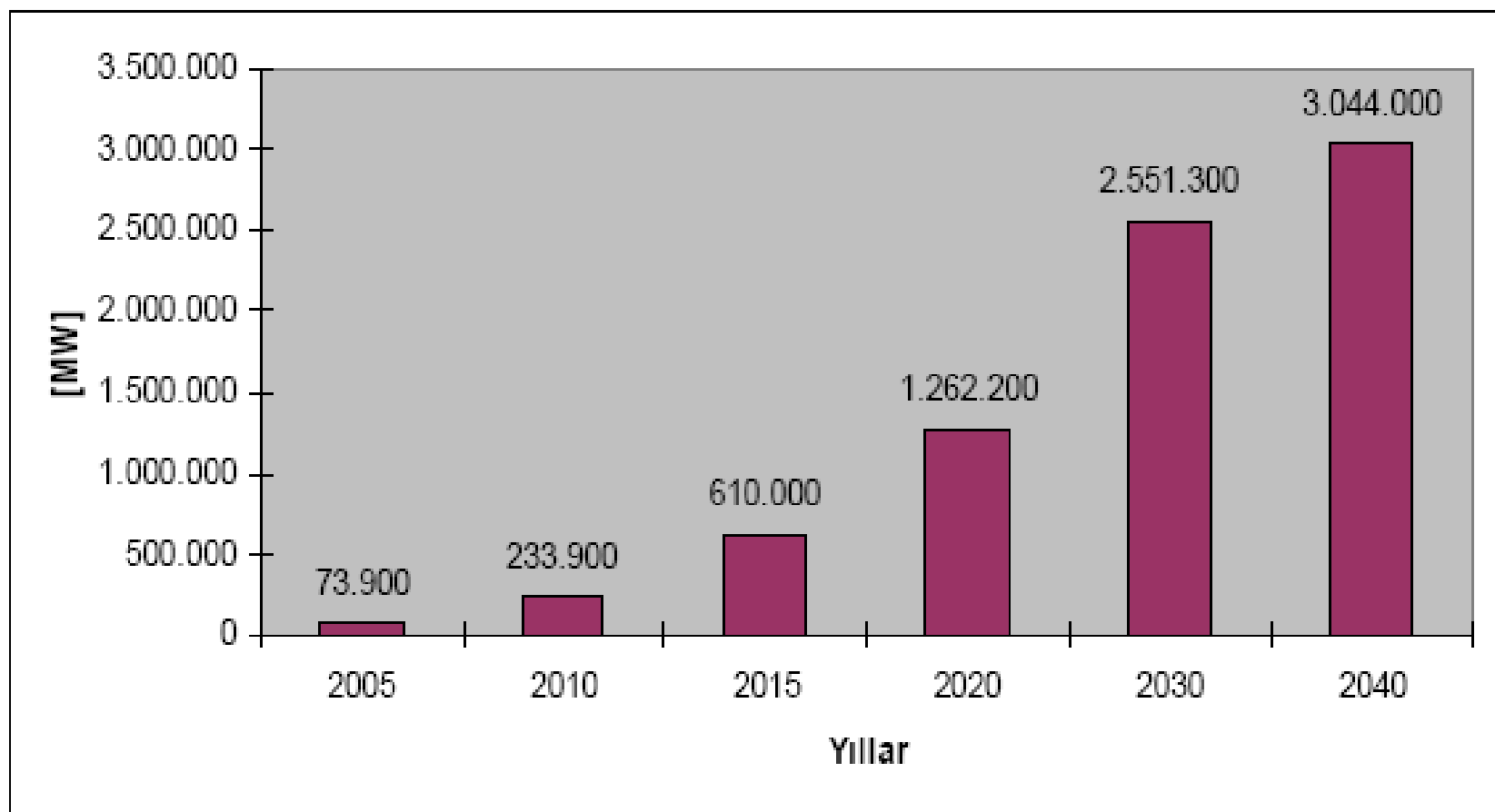
Dünyanın 2020 yılı itibariyle ekonomik rüzgar potansiyel dağılımı



Şekil 2.6- Dünyanın ekonomik rüzgar potansiyel dağılımı (2020 yılı tüketiminin %20'si bazında, Dünya toplamı 5.180 TWh/yıl)

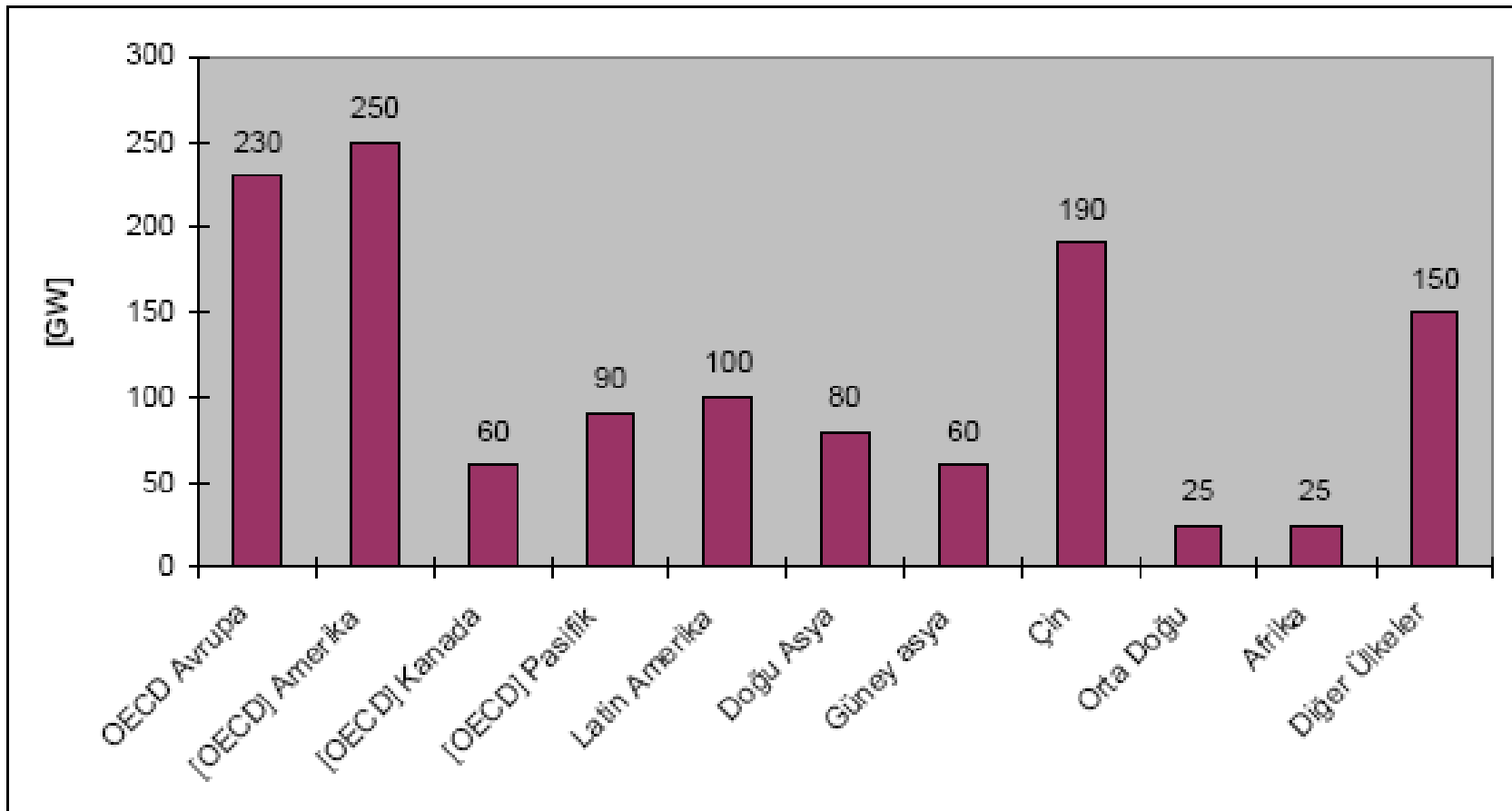


Dünya Rüzgar Enerjisi Kurulu Güç Hedefi



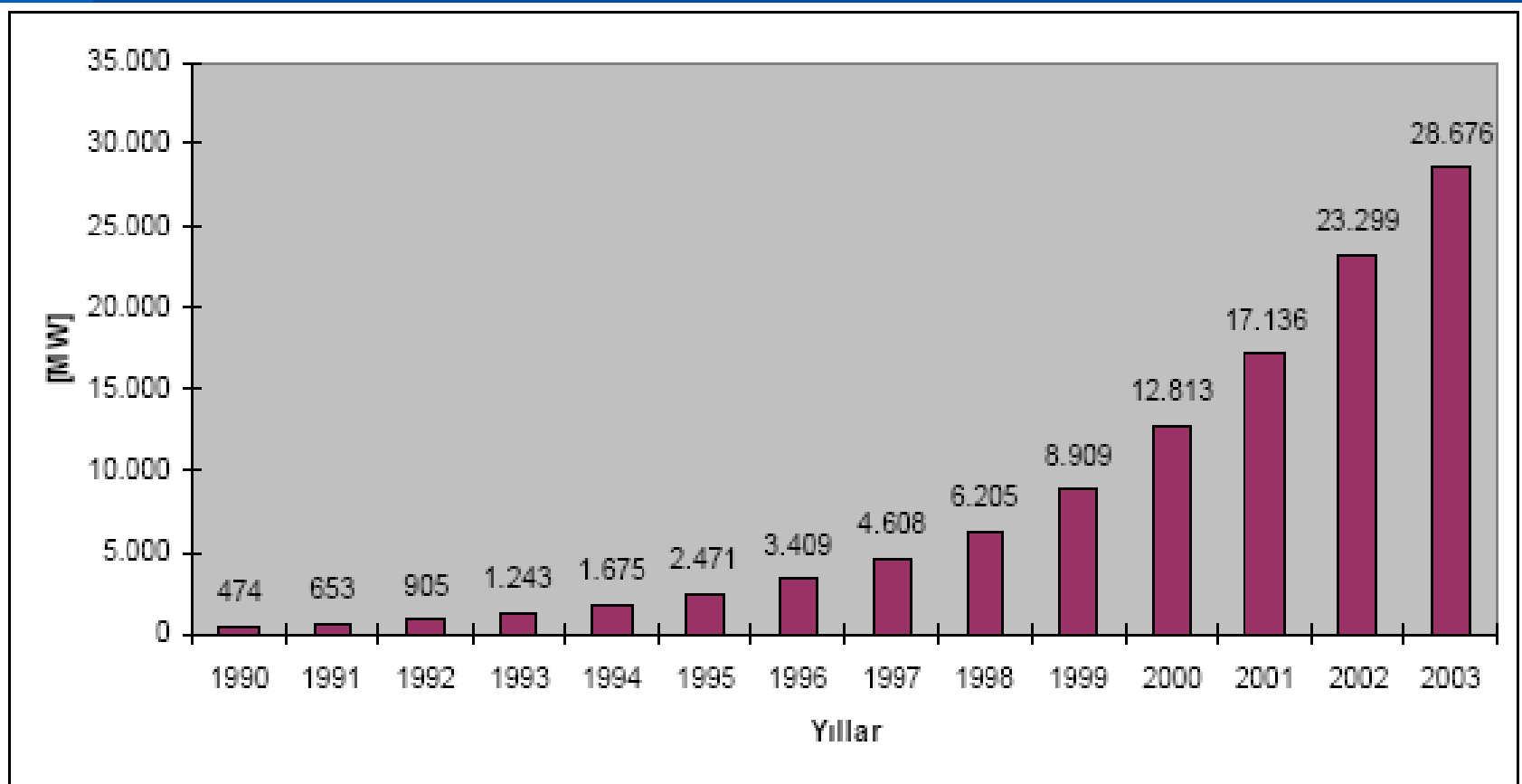
Şekil 2.7– Dünya rüzgar enerjisi kurulu güç hedefi

Dünyanın 2020 yılı itibariyle rüzgar kurulu güç hedefleri dağılımı (Dünya toplamı 1.260GW)



Şekil 2.8– Dünyanın rüzgar kurulu güç hedefleri dağılımı (2020 yılı Tüketiminin % 20 'si bazında, Dünya toplamı 1.260 GW)

AB'nin 1990-2003 yılları arasındaki rüzgar enerjisi kurulu güç gelişimi

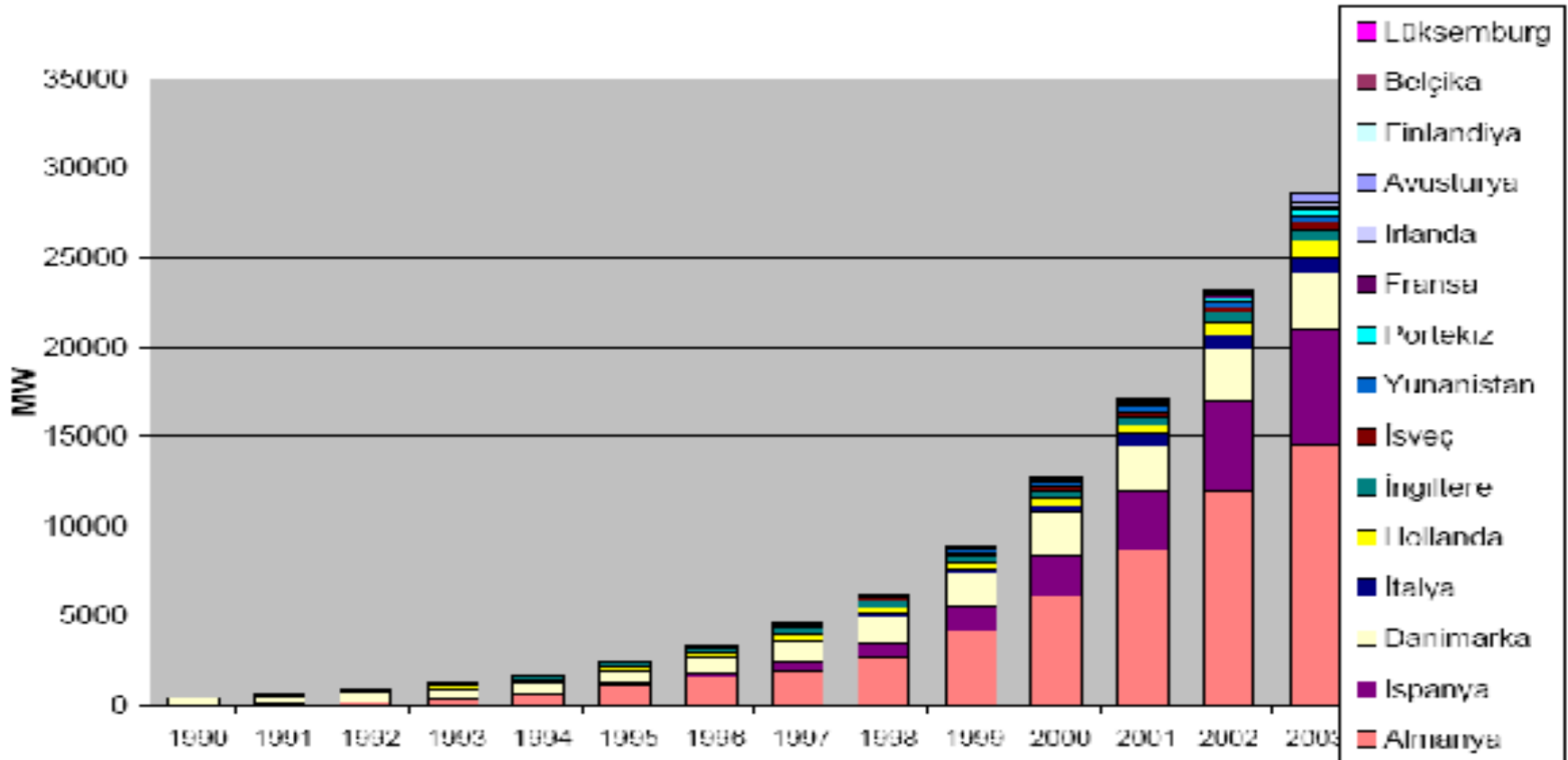


Şekil 2.9– AB-15’de rüzgar kurulu güç gelişimi (1990-2001 yılları için IEA istatistikleri, 2002-2003 yılları için EurObserv’ER istatistikleri kullanılmıştır)



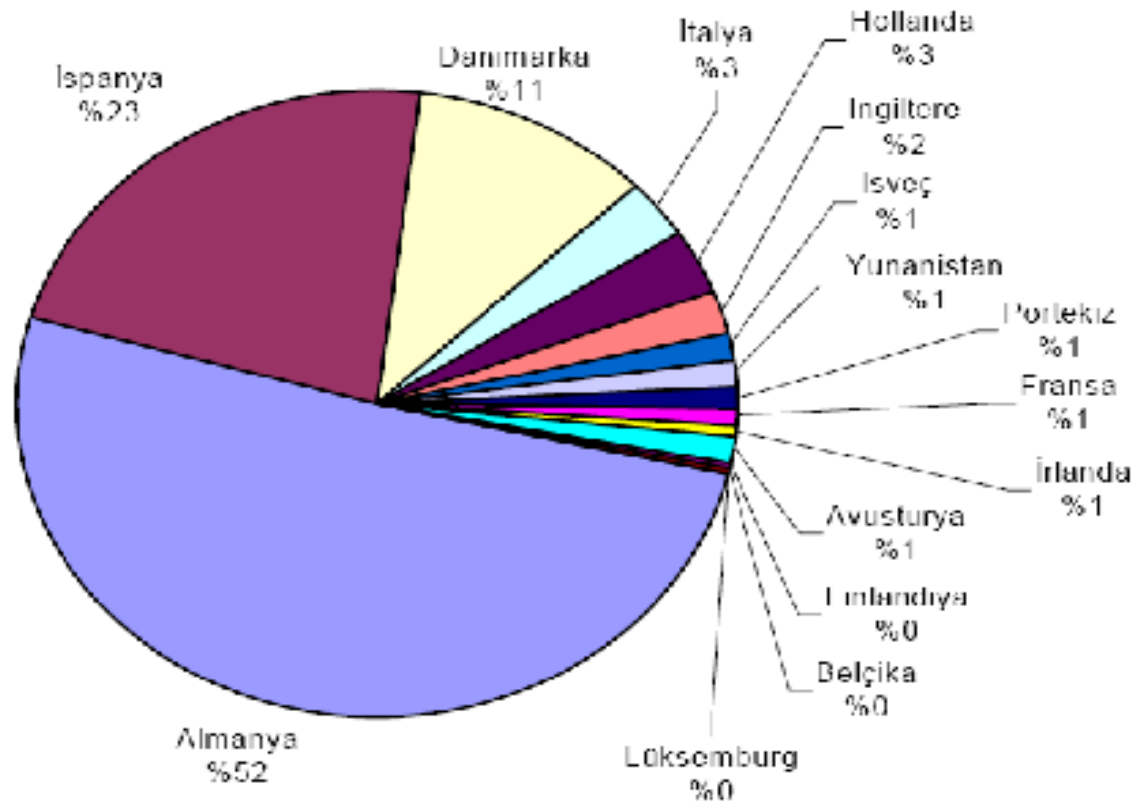
1990-2003 yılları arasındaki rüzgar enerjisi kurulu gücünün AB ülkelerine göre

AB-15'de rüzgar kurulu güç gelişimi (MW)



2003 yılı AB ülkelerine göre rüzgar enerjisi kurulu güç dağılımı

2003 yılında AB-15'de rüzgar kurulu gücünün dağılımı (%)



2003 yılı için EurObserv'ER 2004 istatistikleri kullanılmıştır



Türkiyede rüzgar enerjisi potansiyeli

Rüzgar potansiyeli bakımından zengin olan yörelerimiz başta Ege, Marmara ve Doğu Akdeniz olmak üzere kıyılarımızdır.

10 metre yükseklikteki yılda ortalama 6 m/s hızda ekonomik rüzgar potansiyeli 10.000 MW 28 milyar KWh

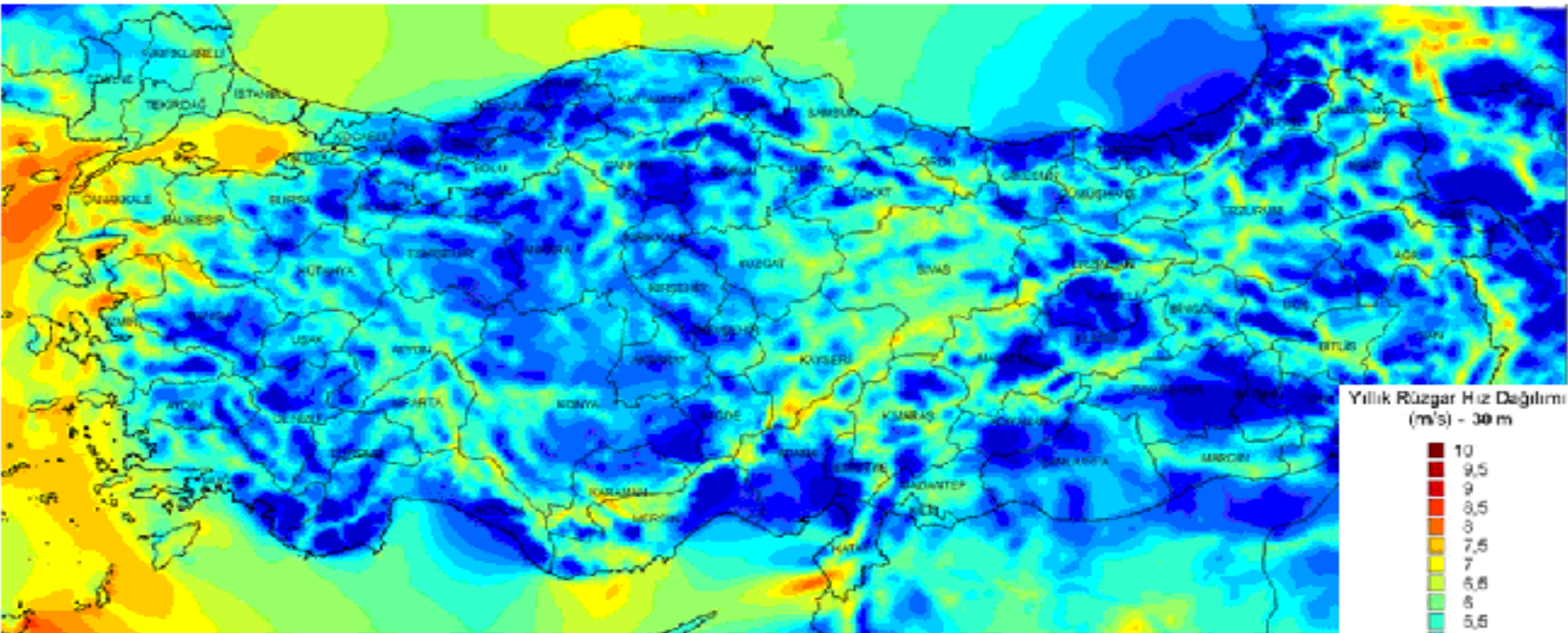
Çizelge 2.8. Türkiye'deki Rüzgar santralleri

Elektrik Üretime Geçiş Tarihi	Kurulu güç (MW)	Firma	Yer
Şubat 1998	1,5	Demirer	Çeşme - İzmir
Kasım 1998	7,2	Güçbırlığı	Çeşme - İzmir
Haziran 2000	10,2	Demirer-Enercon	Bores - Çanakkale
Kasım 2003	1,2	Suajut-Demirer	Hadımköy - İstanbul
2004 Yılı Mevcut RES'ler	20,1		
Mayıs 2006	30,0	Bares Bilgin	Bandırma
Ağustos 2006	39,2	Demirer-Enercon	Çeşme - İzmir
Kasım 2006	30,4	Demirer-Ado	Çanakalan - Çanakkale
2006 sonunda üretime geçecek RES'ler	99,6		
Mart 2007	15,0	Demirer-Polat	Gelibolu - Çanakkale
Mayıs 2007	30,4	Demirer-Polat	Sayalar - Manisa
Aralık 2007	28,8	Demirer-Enercon	Dares - Datça
2007'de üretime geçmesi planlanan RES'ler	74,2		
TOPLAM	193,9		



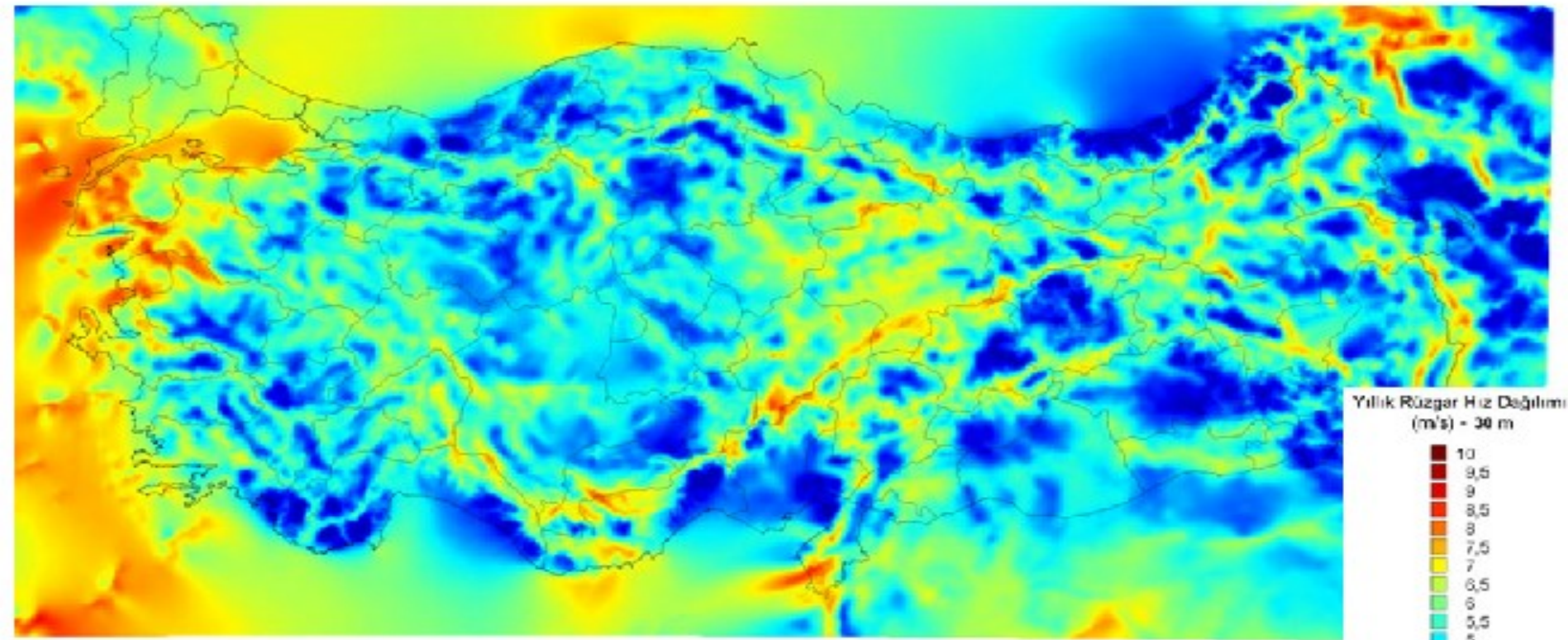
TÜRKİYE RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYEL ATLASI

Rüzgar Hızı Haritası
30 m Yükseklikte Yıllık Ortalama



TÜRKİYE RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYEL ATLASI

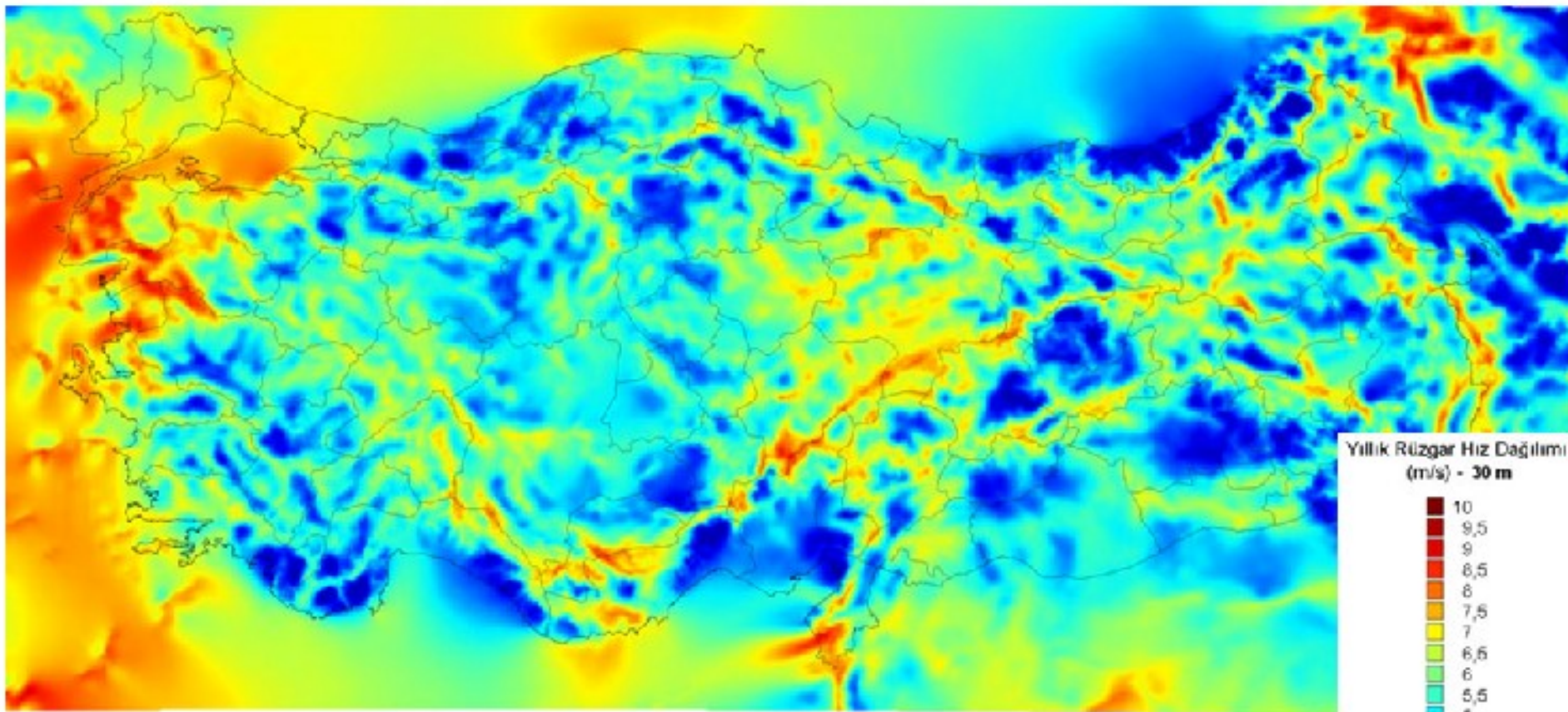
Rüzgar Hızı Haritası
50 m Yükseklikte Yıllık Ortalama





TÜRKİYE RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYEL ATLASI

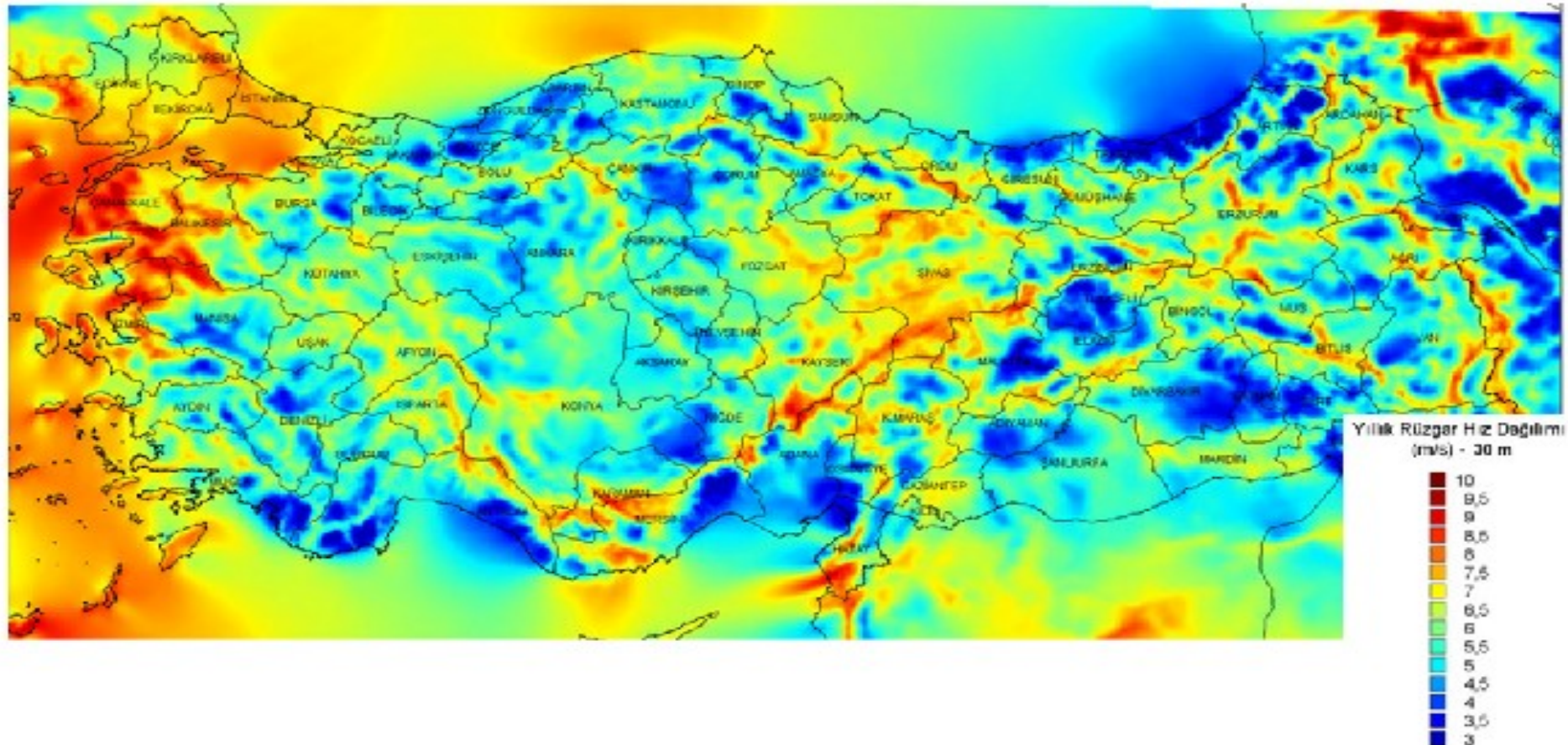
Rüzgar Hızı Haritası
70 m Yükseklikte Yıllık Ortalama



TÜRKİYE RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYEL ATLASI

Rüzgar Hızı Haritası

100 m Yükseklikte Yıllık Ortalama





Şekil 2.11– Türkiye'nin ilk rüzgar santrali, 1998 3 x 500 KW = 1.5 MW Çeşme-Alaçatı, Şubat 1998



Şekil 2.12– Bozcaada rüzgar santrali, $17 \times 600 \text{ KW} = 10.2 \text{ MW}$ Haziran 2000



Bandırma Rüzgar Santrali 1,5MW (GE Energy) x 20 adet
(Kule yüksekliği 55m Kanat çapı 70,5m)





Şekil 2.13– Aero, rüzgar türbin kanat fabrikası, İzmir 2002

Mare Rüzgar santrali,Çeşme ,39.2 MW



28 Şubat 2006

Mare Rüzgar santrali,Çeşme ,39.2 MW







29. 10. 2003







27. 10. 2003



27. 10. 2003



27.10.2003



29. 10. 2003



30.10.2003



Sivas İlinde Kurulması Tasarlanan Rüzgar Santralinin Yeri



Bu çalışmada santral yeri olarak Sivas il merkezine 20 km (kuş uçuşu 6-7 km) uzaklıkta bulunan Meraküm Tepe (Meraküm platosu) seçilmiştir. Meraküm Tepe'nin santral yeri olarak seçilmesindeki en önemli etken bu bölgede Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Sivas Meydan İstasyonuna ait rasadının burada olması ve dolayısıyla bu bölgeye ait rüzgar verilerinin kolaylıkla temin edilebilmesidir. Rüzgar türbininin kurulacağı yer ise hava meydanına yaklaşık 4 km uzaklıkta ve 1621m rakıma



0 2000 4000 6000 8000 10000



© 2006 Europa Technologies

Image © 2006 TerraMetrics

Google™

Pointer 39°48'00.73" N 36°58'45.08" E elev 5226 ft

Streaming ||||| 100%

Eye all 37809 ft



26 10 2006

Rüzgar Türbünü Özellikleri



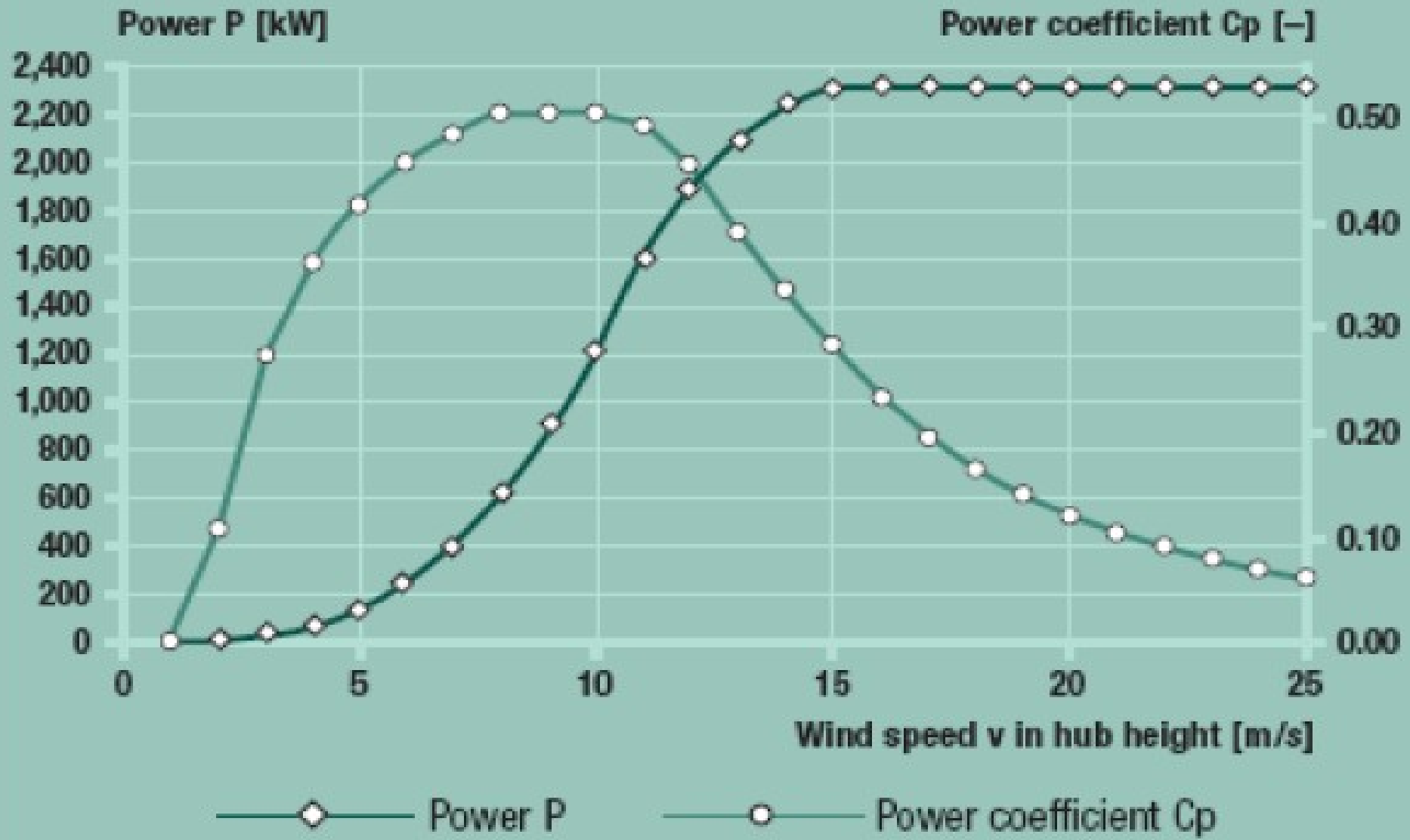
Türkiye’de yaygın olarak kullanılan Enercon firmasının ürettiği 2300 KW gücündeki, E-70 modeli rüzgar türbini kullanılması öngörülmüştür.

- Harekete başlama rüzgar hızlarının düşük olması (2,5 m/s)
- 113 m kule yüksekliğine kadar destekleniyor olmasıdır
- Rüzgar hızının 2,5 m/s’yi aştığı zaman elektrik üretmeye başladığı görülmektedir.
- Rüzgar hızının 15–25 m/s olduğu zaman ise türbin tam kapasitede çalışmaktadır.

E70



CALCULATED POWER CURVE



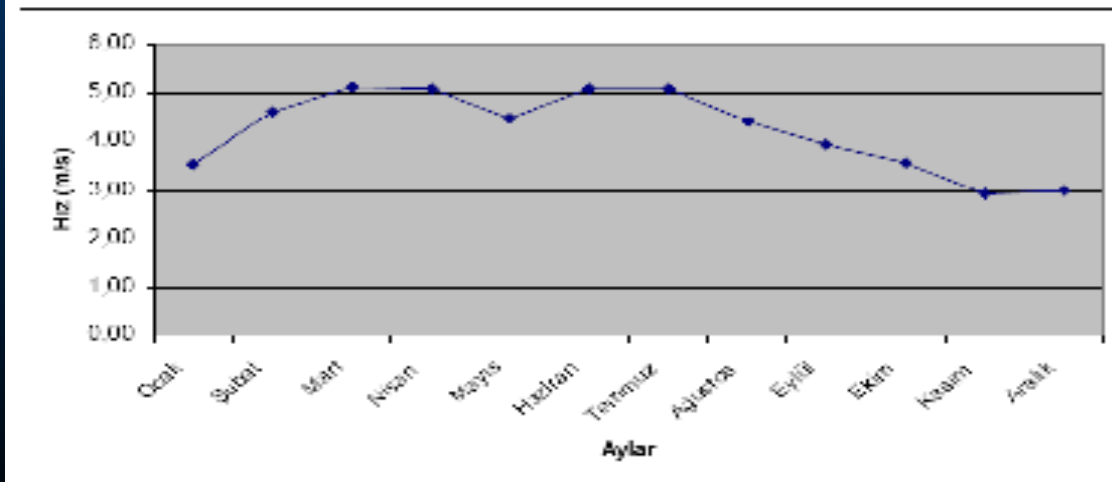
Şekil 5.5– Enercon E-70 türbinine ait güç eğrisi grafiği (www.enercon.de)

6.2. Aylık Rüzgar Hızı Ortalamaları

Meteorolojiden alınan verilere göre rüzgar santrali kurulumu esaslarının bölgenin son 16 yıl içerisindeki, aylara göre ortalama rüzgar hızları (113 metreye yükseltilmiş) Çizelge 6.13'te verilmiştir. Ayrıca son 3 yılın aylık ortalama rüzgar hızları grafiği Şekil 6.13'te gösterilmiştir.

Çizelge 6.13. 1990-2005 yılları arası aylık ortalama rüzgar hızları (m/s)

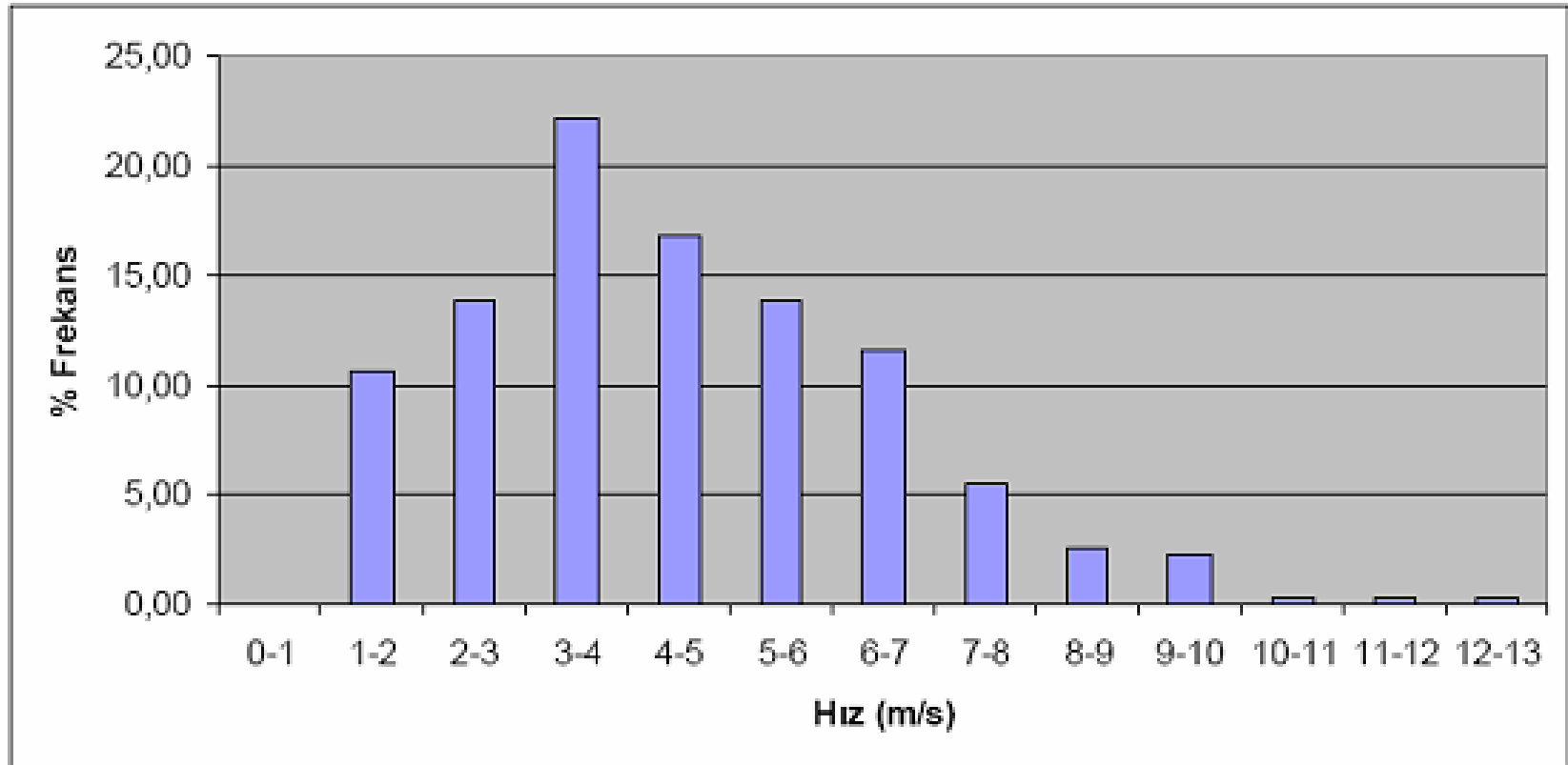
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
1990	3,3	1,8	5,0	5,6	4,8	5,1	1,8	4,8	4,1	3,5	2,5	3,7
1991	1,9	3,8	1,6	4,1	4,8	1,0	5,0	4,6	4,1	3,5	2,9	3,5
1992	3,8	1,0	1,8	5,6	4,8	1,1	5,1	5,0	4,0	4,2	3,5	3,1
1993	3,5	4,6	5,4	6,4	5,0	4,6	5,0	4,2	4,4	2,9	3,3	3,7
1994	3,8	1,0	1,2	6,0	5,0	6,2	5,0	5,6	4,1	2,7	3,7	2,9
1995	4,0	3,7	5,2	5,8	4,4	5,4	5,6	4,8	4,0	3,5	3,7	2,5
1996	5,1	4,8	4,0	4,0	4,4	4,8	4,6	4,6	4,4	3,5	2,5	3,7
1997	3,3	3,5	5,0	6,2	4,4	4,4	5,2	4,8	4,2	4,2	2,7	2,7
1998	2,9	3,1	4,2	4,4	3,7	4,6	4,4	4,2	3,8	4,0	3,1	2,9
1999	3,3	5,1	1,2	4,1	4,8	1,1	1,6	3,7	3,7	3,8	20,4	2,9
2000	3,1	3,1	4,4	5,2	5,0	4,4	4,6	4,6	4,2	2,9	2,8	2,9
2001	2,7	1,0	1,8	1,8	4,6	1,1	1,8	4,1	3,8	3,5	3,8	4,1
2002	2,9	3,3	4,8	4,6	5,0	5,2	14,4	-	4,2	2,3	2,7	3,3
2003	3,5	4,6	4,8	5,6	4,0	5,0	5,0	4,2	3,8	4,0	2,9	3,1
2004	3,8	4,6	5,0	4,2	5,0	5,4	5,2	4,4	4,2	3,8	3,1	2,3
2005	3,3	4,6	5,6	5,4	4,4	4,8	5,0	4,6	3,8	2,9	2,7	3,5



Şekil 6.13- 2003-2005 yılları arası aylara göre ortalama rüzgar hızları grafiği



Bölgenin 2005 yılı ortalamaları itibariyle rüzgar hızı frekans dağılımı



Şekil 6.14 – Rüzgar hızı frekans dağılımı

Kabuller



Kapasite: 2.3 MW

Toplam Yatırım Maliyeti: 1.875.000€ (%72 türbin maliyeti, %18 diğer maliyetler)

Proje Finansı: %100 kredi

Amortisman Süresi: 20 yıl

Servis bakım ve sigorta giderleri: Yatırım maliyetinin %5'i



Hesaplamalar

$$C_{\text{Faktörü}} = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = \frac{0,06(1+0,06)^{20}}{(1+0,06)^{20} - 1} = 0,08718$$

(yıl)

C: Geri Kazanma

i: Faiz oranı

n: Amortisman süresi

Üretim Maliyeti (Ü)

C_T : Toplam Kuruluş maliyeti

I: Servis bakım ve sigorta

$$\dot{U} = \frac{C_T(I+i)}{E} = \frac{1.875.000(0,08718+0,025)}{1.294.320 \text{ KWh}} = 16,25 \text{ E/KWh}$$

E: Yıllık üretilen enerji



$$\text{Kapasite Faktörü} = \frac{1.294.320 \text{ KWh}}{2300 \text{ KW} \times 24 \text{ saat} \times 365 \text{ gün}} = 6,4$$

Kapasite Faktörü %20 alınarak hesaplanan

Toplam Yıllık Enerji Üretimi:
4.029.600 KWh

Üretim Maliyeti (Ü): 5,22€/KWh

Sonuç



Sivas Meraküm Tepe'de rüzgar enerjisi yardımı ile elektrik üretimi sisteminde birim enerji maliyeti 16,25 €/KWh olarak bulunmuştur. Bu fiyatın diğer enerji sistemleri ve dünyadaki ortalama rüzgar enerjisi üretim maliyeti (4-6 €/KWh) göz önüne alındığında oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Sivas'ta kurulacak olan ticari amaçlı bir rüzgar santrali; mevcut ölçüm sonucu ve hesaplamalara göre karlı bir yatırım değildir. İkinci hesaplamada ise, bölgenin rüzgar kapasite faktörünün %20 olduğu kabul edilerek yeniden birim enerji maliyeti hesaplanmıştır. Bu kez bulunan 5,22 €/KWh değerinin oldukça makul olduğu görülmektedir. Ancak bu bir varsayımdır, fakat Sivas'ta kapasite faktörü %20 olan



TEŞEKKÜRLER