



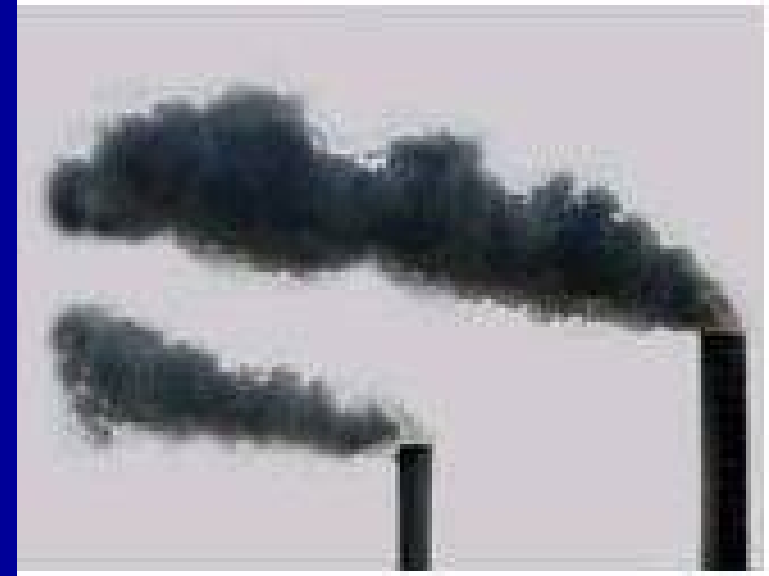
RÜZGAR ENERJİSİ, KONYA'DA RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYELİ

Yrd. Doç.Dr. Faruk KÖSE
Selçuk Ün. Müh. Mim.Fak.Mak. Müh.
Böl. Enerji Anabilim Dalı / Konya

• GİRİŞ



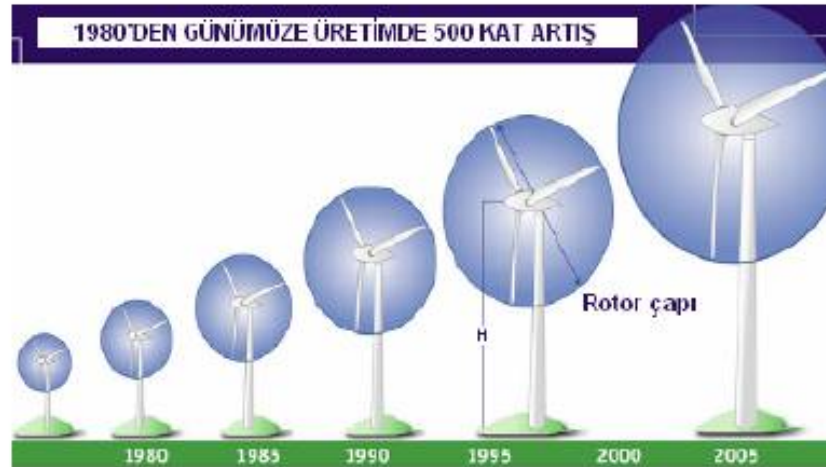
Clean Renewable Energy



Enerji İhtiyacı

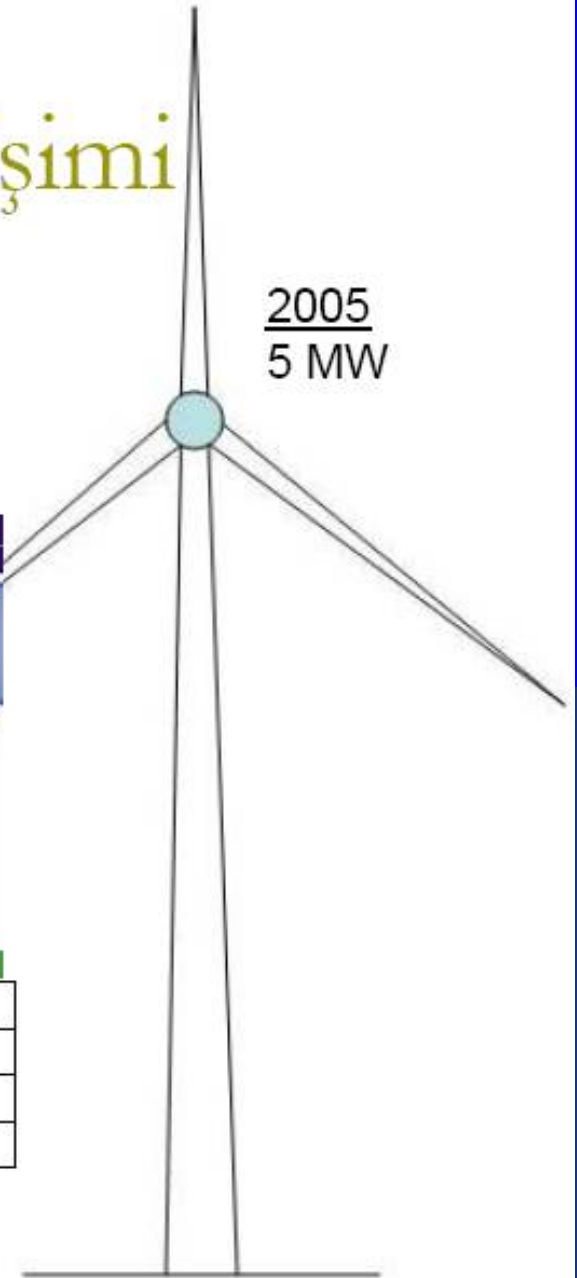
- Çevre Kirliliği
- Enerji Teknolojilerindeki Çeşitleme

Rüzgar Türbinlerinin Gelişimi



Güç (kW)	30	50	250	600	1500	5000
Rotor Çapı (m)	15	20	30	40	70	125
Yükseklik (m)	30	40	50	78	100	120
Yıllık Enerji Üretimi (kWh)	35000	95000	400000	1250000	3500000	17000000

2005
5 MW



Rüzgar Enerjisinin Doğal Bazı Özellikleri

■ Rüzgar Hızı

- Rüzgar enerjisi rüzgar hızının küpüyle artar
- Rüzgar hızında %10'luk bir artış elektrik üretiminde %30'luk bir artış meydana getirir
- $2X$ Rüzgar Hızı = $8X$ Elektrik Enerjisi

■ Yükseklik

- Rüzgar enerjisi yükseklikle $(1/7)$ üssel artar
- $2X$ Yükseklik = %10.4 Daha Fazla Elektrik

Rüzgar Enerjisinin Doğal Bazı Özellikleri

□ Hava Yoğunluğu

- Rüzgar enerjisi hava yoğunluğu ile orantılı bir şekilde artar
- Nemli iklimler kuru iklimlerden daha yüksek hava yoğunluğuna sahiptir
- Yüksekliği düşük olan yerler daha yüksek hava yoğunluğuna sahiptir (Çanakkale-Erzurum)

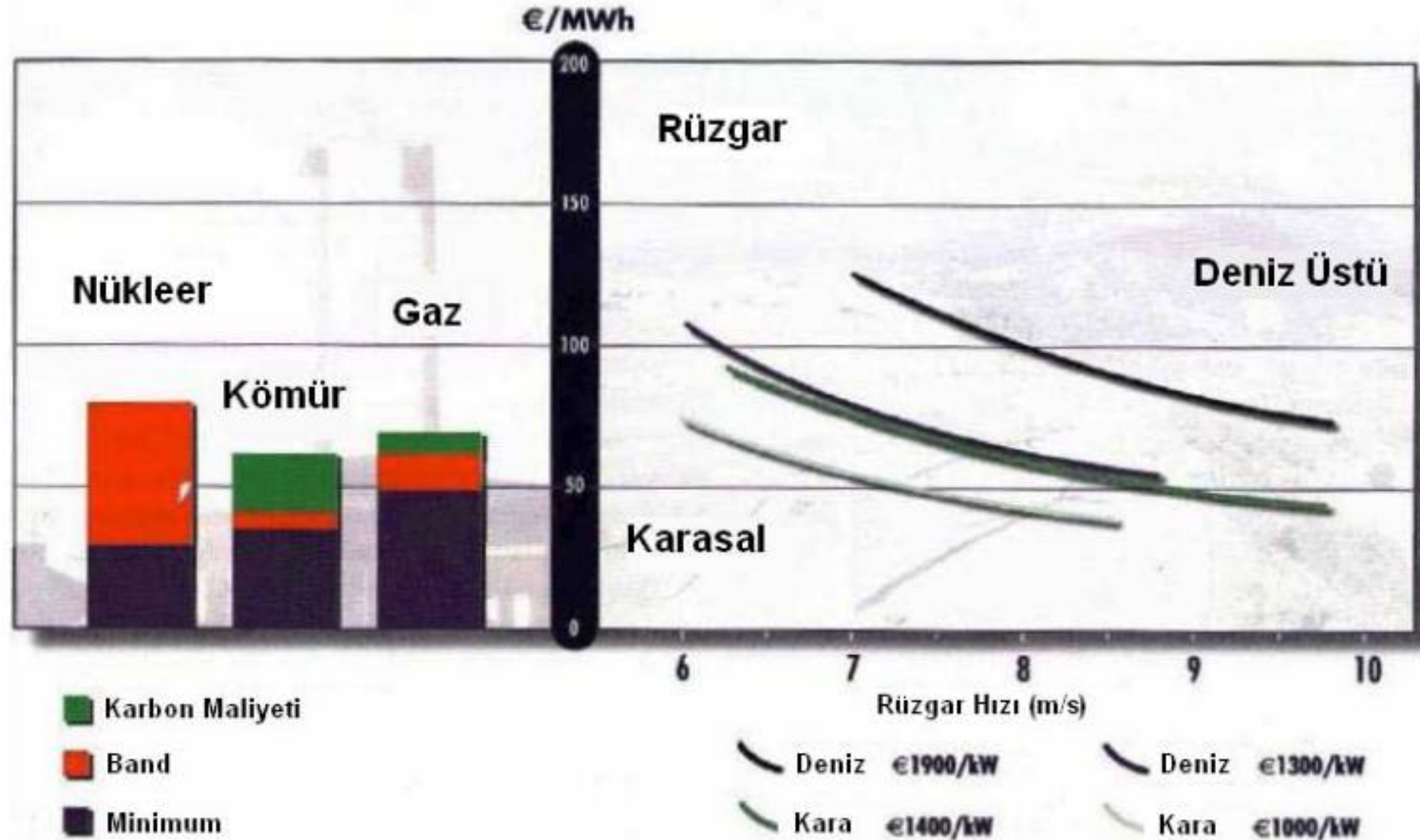
□ Kanat Süpürme Alanı

- Rüzgar enerjisi kanat süpürme alanıyla orantılı bir şekilde artar
- Kanat çapında %10'luk bir artış kanat süpürme alanında %21'lik bir artış meydana getirir

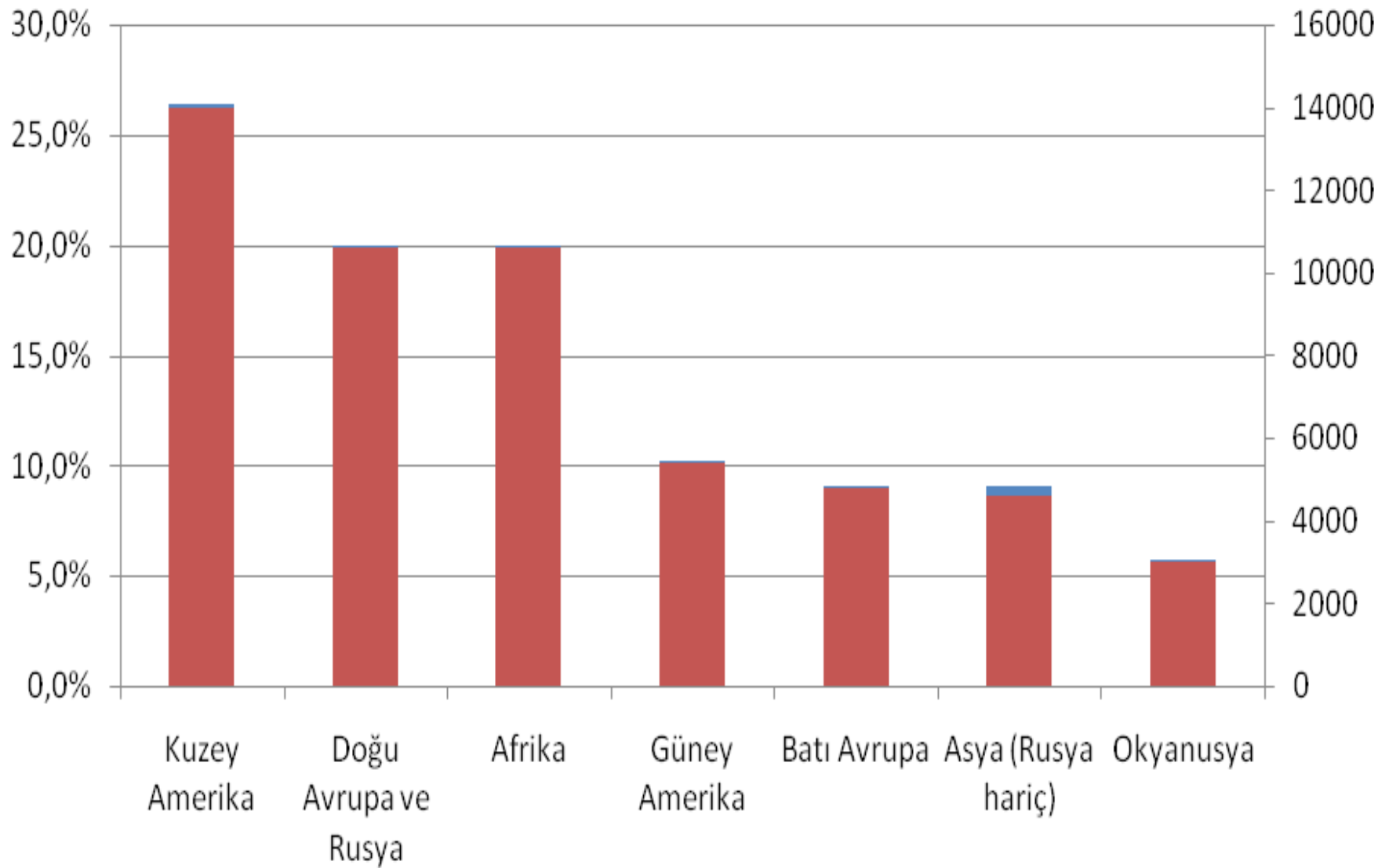
Türkiye'nin, enerji geleceği için,
1-politik olarak sürdürülebilirlik ve
2-dış kaynaklara bağımlılık önemli kritik konulardır.
Türkiye yenilenebilir enerjilerden rüzgâr, güneş,
jeotermal ve biyokütle gibi kaynaklarını seferber
ederek sosyal ve ekonomik açıdan pek çok faydalar
sağlayacaktır.



Rüzgar Enerjisinin Ekonomikliği

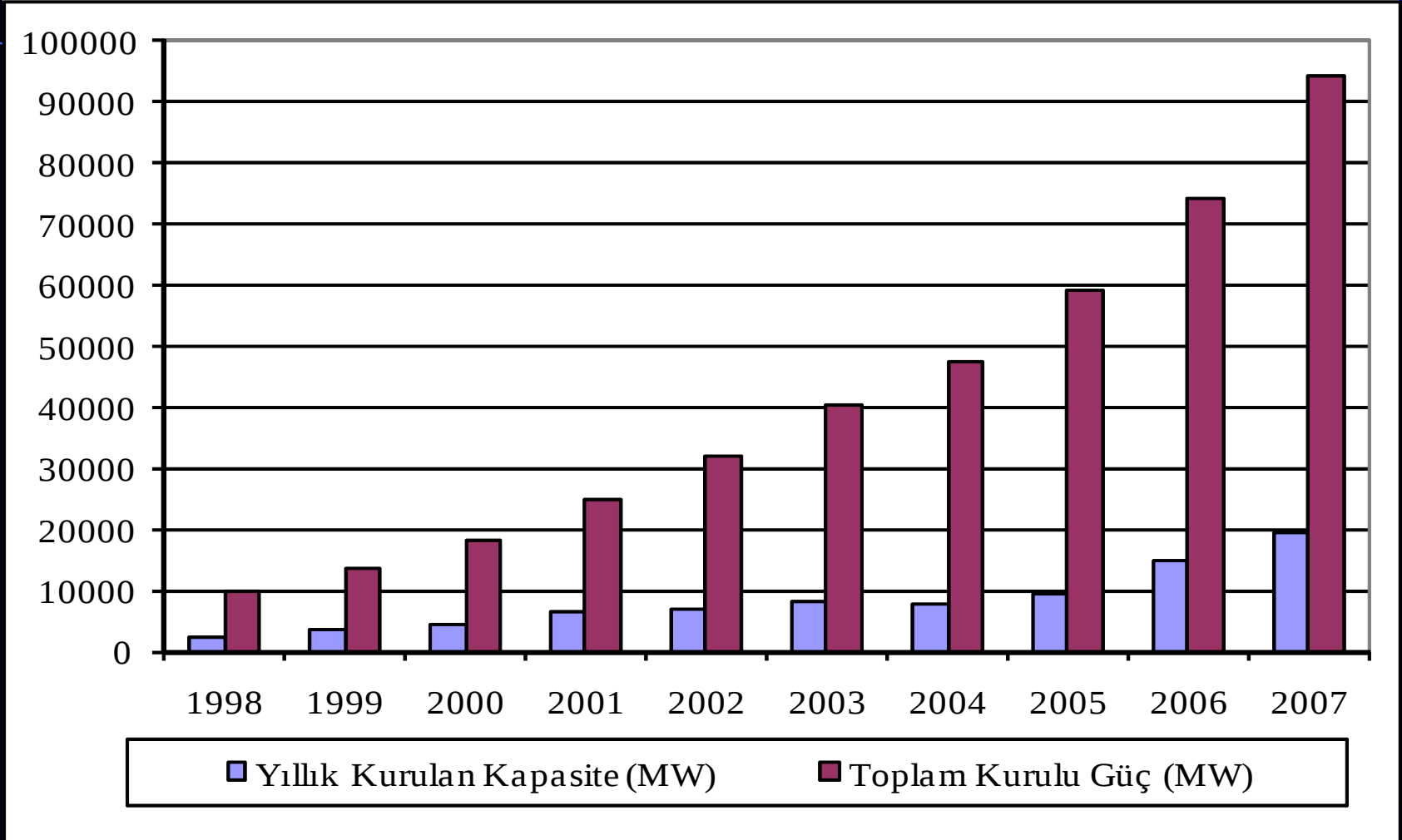


Dünya Teknik Rüzgar Potansiyeli Dağılımı [Dünya toplamı 53.000 TWh/yıl]



• Rüzgar Enerjisinin Güç Üretiminde Kullanımı

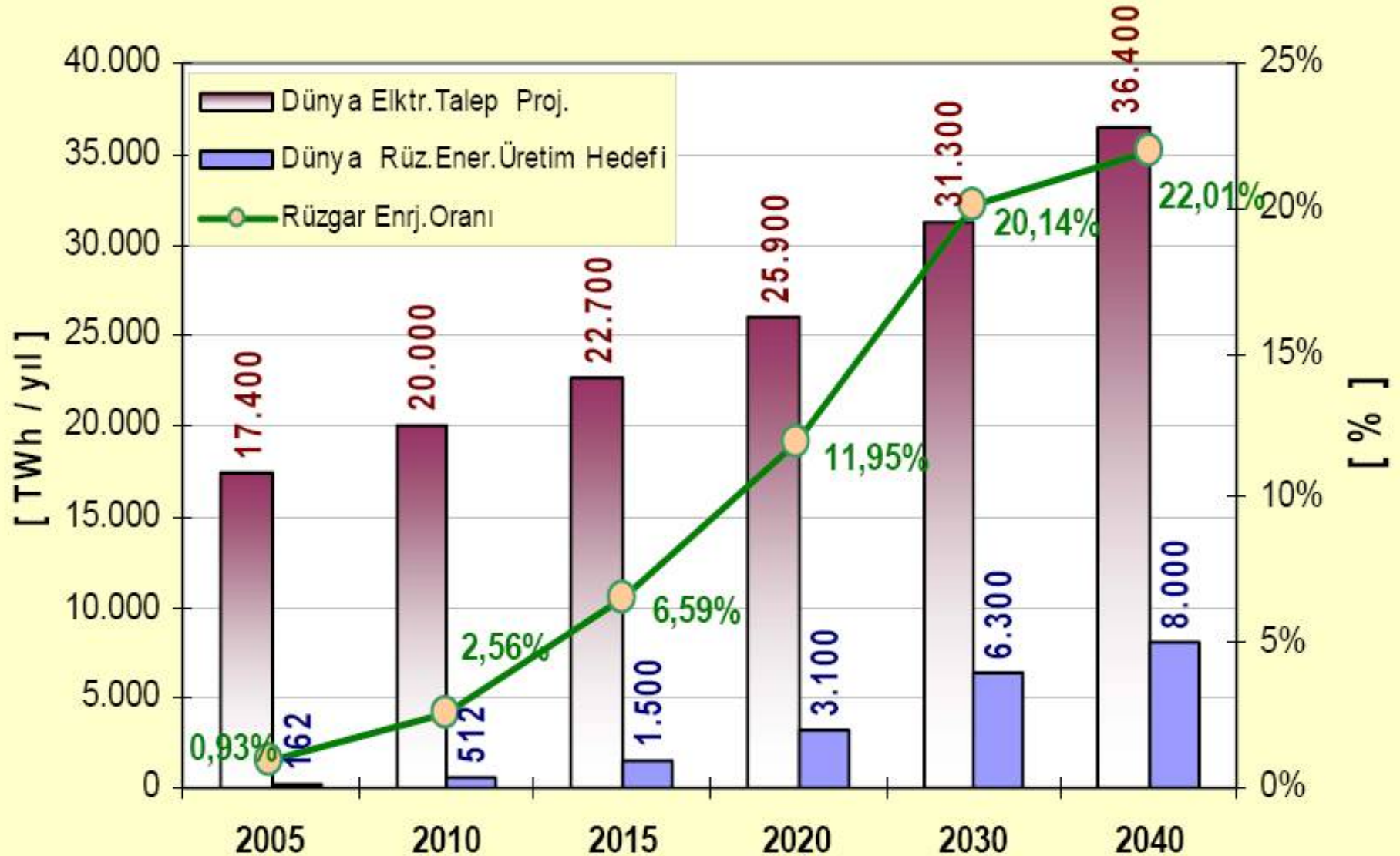
Küresel rüzgar kurulu gücü yılda %20'u aşan bir hızla artmaya devam etmekte olup 2007 yılı sonunda 94.000 MW düzeyine ulaşmıştır.



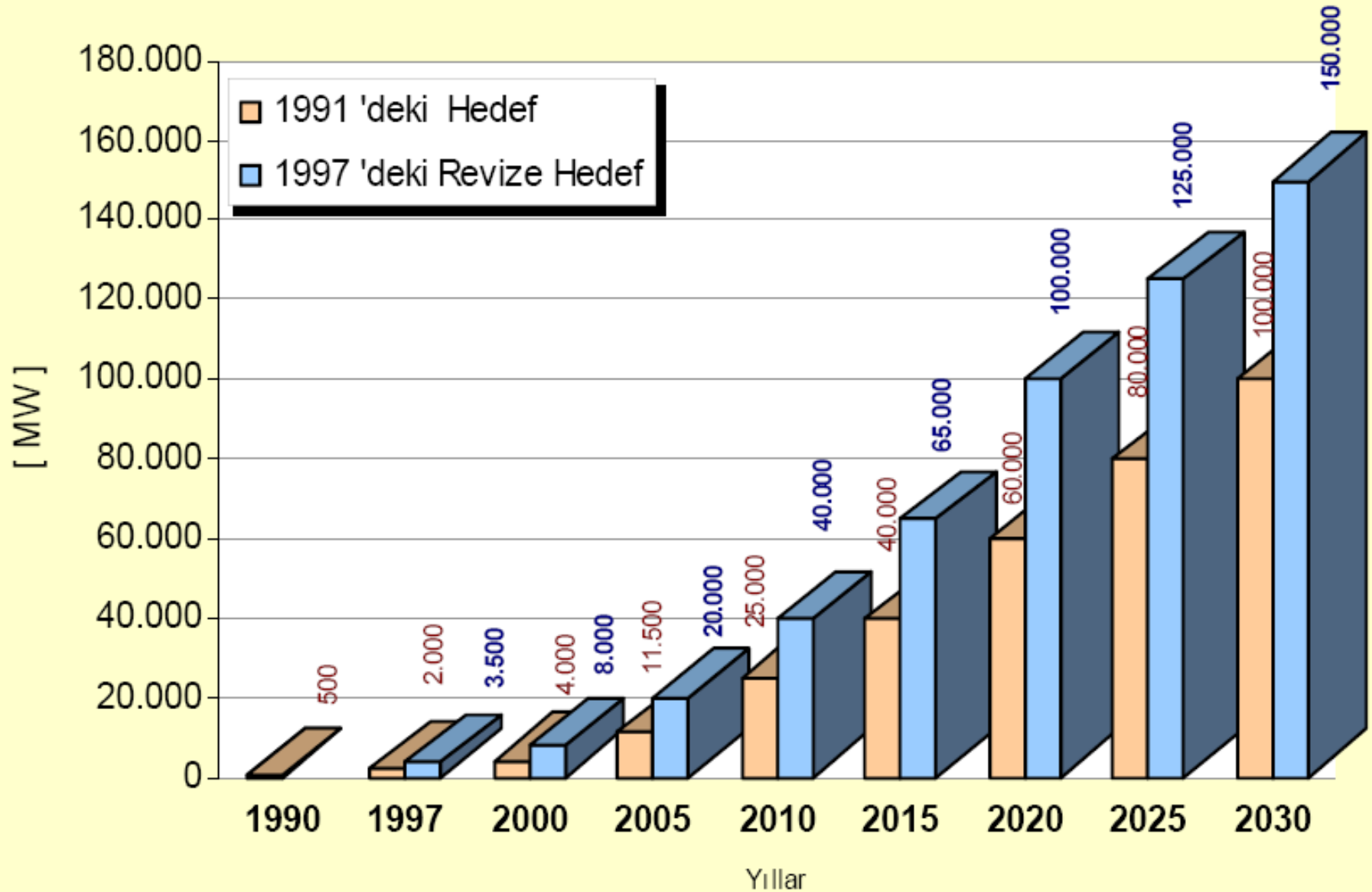
Şekil 1. Dünyadaki Rüzgar Enerjisi Kurulu Gücünün Yıllara Göre Değişimi

- Küresel Rüzgar Enerjisi Konseyi'nin (GWEC) açıklamasına göre, dünyada 2006 yılında 15,197 MW rüzgar enerjisi santrali kuruldu.
- Rüzgar türbini temin zincirindeki kısıtlamalara rağmen, pazar büyümeye devam etmekte ve küresel rüzgar enerjisi endüstrisi üretimdeki değişime hızla cevap vermektedir.
- Dünyadaki en büyük üçüncü rüzgâr kurulu gücüne sahip İspanya 2007 de 3,500 MW, Çin ise 3,400 MW'lik rüzgâr türbini kurdu.
- Avrupa'daki kurulu rüzgâr gücü 57,000 MW'ı aşmıştır. Toplamda, 2007 yılında tüm dünyada eklenen yeni kapasite 20,000 MW'a ulaşmıştır

G.14 - Dünya Elektrik Enerjisi Talep Projeksiyonu & Rüzgar Enerjisi Kullanım Hedefleri



G.16 - AB Rüzgar Tesisi Hedefleri



Avrupa'da ve dünyada rüzgar enerjisi her geçen gün artıyor. Bunun bilindiği gibi iki sebebi var;

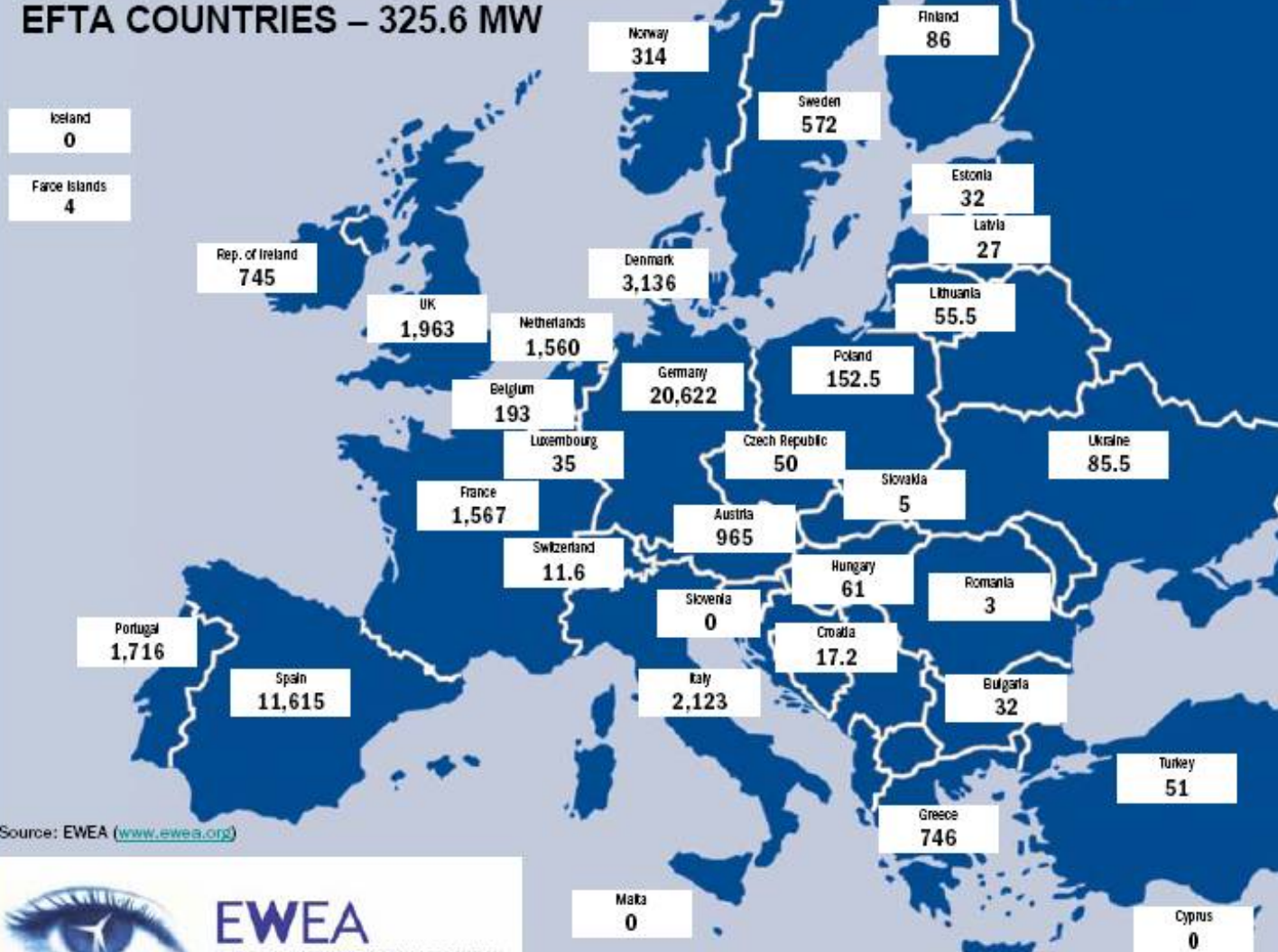
- 1- dünyayı tehdit eden küresel ısınma,
- 2- fosil yakıtların bir süre sonra tükenecek olması.
- 2006 yılı rakamlarına göre, geçtiğimiz yıl 15.197 MW rüzgar enerjisi santrali kuruldu.
- Rüzgar türbini temin zincirindeki kısıtlamalara rağmen, pazar büyümeye devam etmekte ve küresel rüzgar enerjisi endüstrisi üretimdeki değişime hızla cevap vermektedir.

WIND POWER INSTALLED IN EUROPE BY END OF 2006 (CUMULATIVE)

EU – 48,027 MW

ACCESSION COUNTRIES – 68 MW

EFTA COUNTRIES – 325.6 MW



Source: EWEA (www.ewea.org)



EWEA

THE EUROPEAN WIND ENERGY ASSOCIATION

	End 2007	Installed 2008	End 2008
EU Capacity (MW)			
Austria	982	14	995
Belgium	287	104	384
Bulgaria	57	101	158
Cyprus	0	0	0
Czech Republic	116	34	150
Denmark	3,125	77	3,180
Estonia	59	20	78
Finland	110	33	143
France	2,454	950	3,404
Germany	22,247	1,665	23,903
Greece	871	114	985
Hungary	65	62	127
Ireland	795	208	1,002
Italy	2,726	1,010	3,736
Latvia	27	0	27
Lithuania	51	3	54
Luxembourg	35	0	35
Malta	0	0	0
Netherlands	1,747	500	2,225
Poland	276	196	472
Portugal	2,150	712	2,862
Romania	8	2	10
Slovakia	5	0	3
Slovenia	0	0	0
Spain	15,131	1,609	16,740
Sweden	788	236	1,021
United Kingdom	2,406	836	3,241
Total EU-15	55,854	8,067	63,857
Total EU-12	663	417	1,078
Total EU-27	56,517	8,484	64,935
Of which offshore and near shore	1,114	357	1,471

	End 2007	Installed 2008	End 2008
Candidate Countries (MW)			
Croatia	17	1	18
FYROM	0	0	0
Turkey	147	286	433
Total	164	287	451
EFTA (MW)			
Iceland	0	0	0
Liechtenstein	0	0	0
Norway	326	102	428
Switzerland	12	2	14
Total	338	104	442
Other (MW)			
Faroe Islands	4	0	4
Ukraine	89	1	90
Russia	13	0	11
Total	106	1	105
Total Europe	57,125	8,877	65,933

*FYROM = Former Yugoslav Republic of Macedonia

Note: Due to previous-year adjustments, project decommissioning of 70 MW, re-powering and rounding figures up and down, the total for the 2008 end-of-year cumulative capacity is not exactly equivalent to the sum of the 2007 end-of-year total plus the 2008 additions.

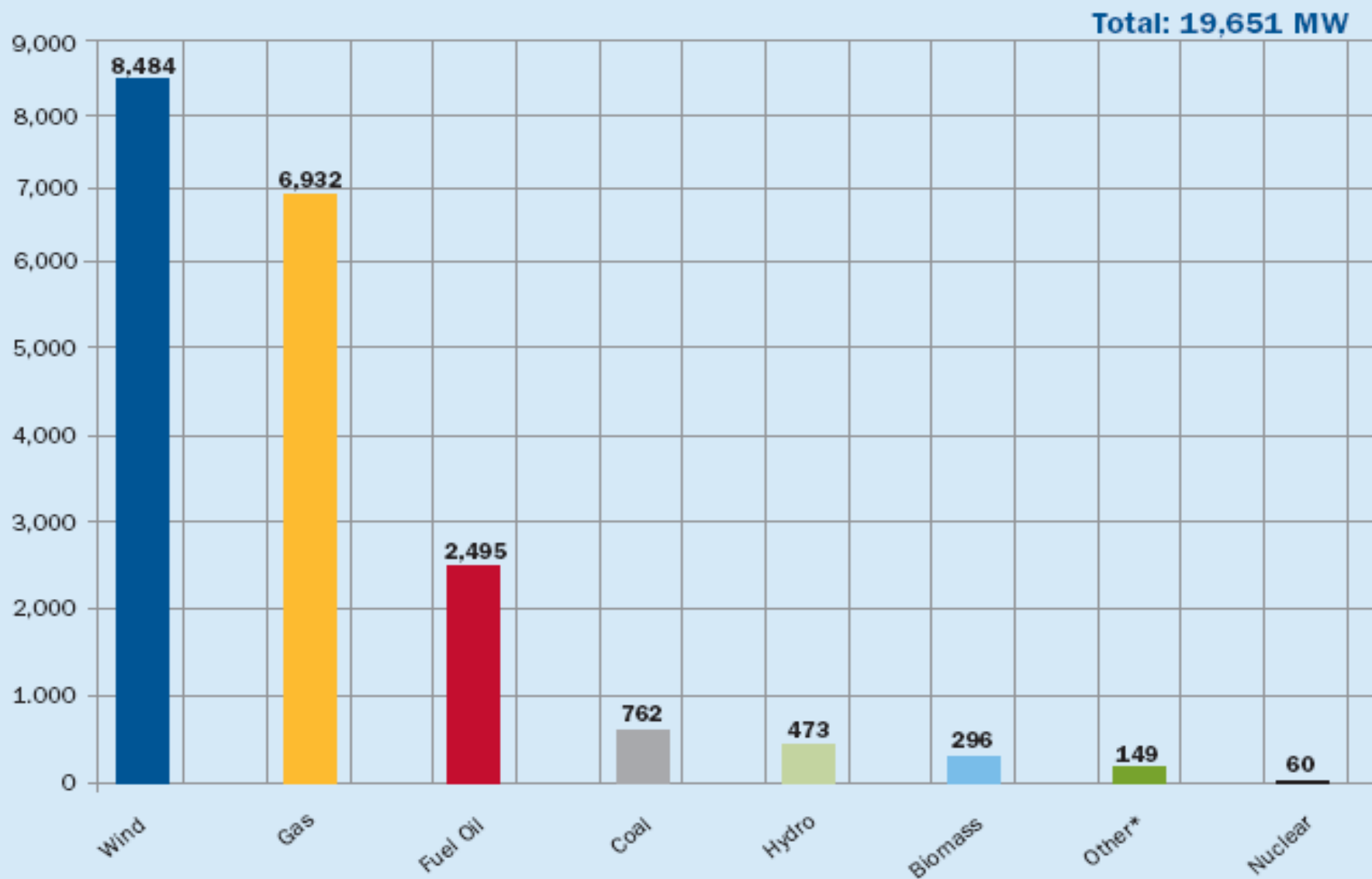
Wind power installed in Europe by end of 2008 (cumulative)

Faroe Islands
4

European Union: 64,935 MW
Candidate Countries: 451 MW
EFTA: 449 MW
Total Europe: 65,933 MW



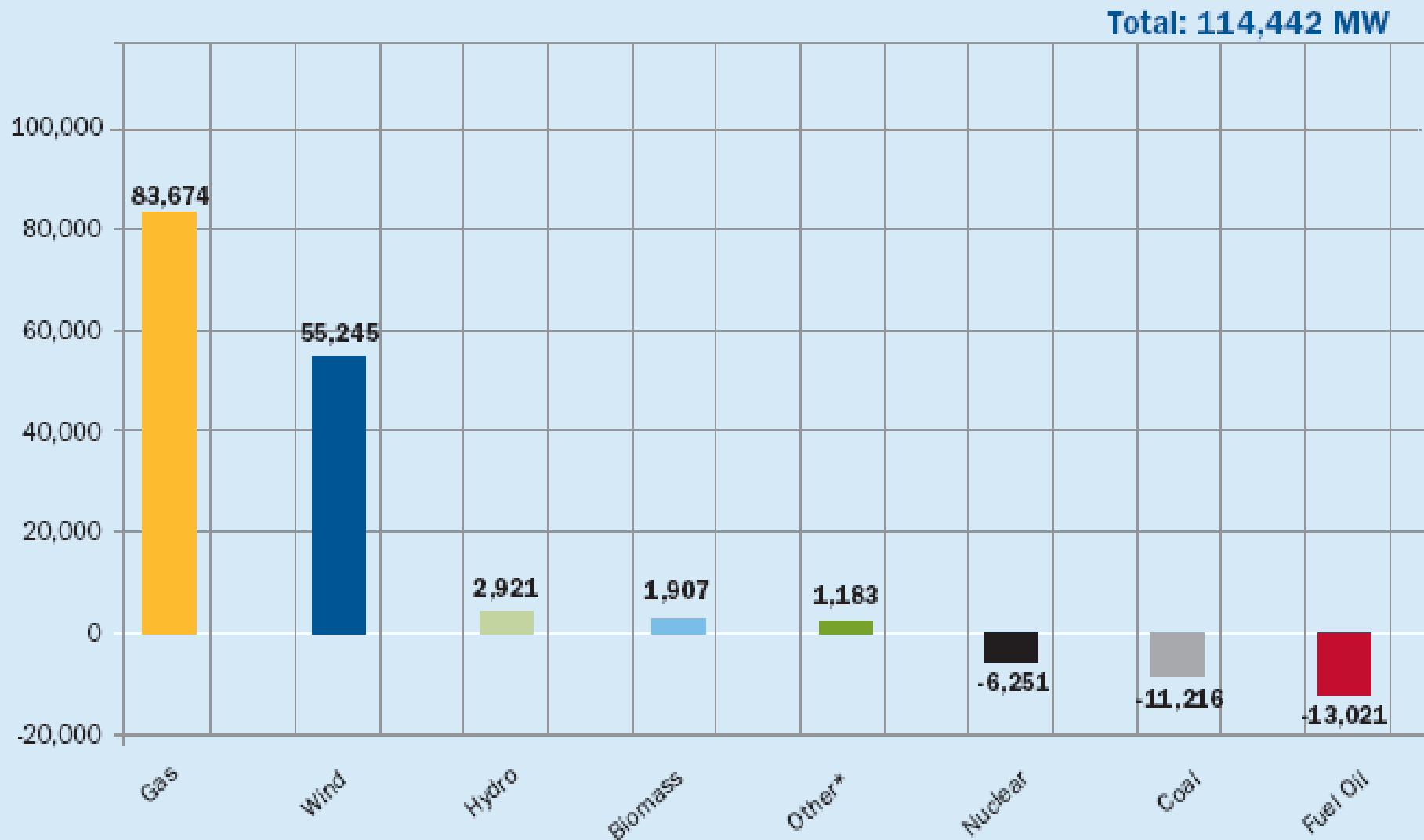
New power capacity Installed In 2008



*Geothermal, peat and waste

Source: EWEA and Platts Power Vision

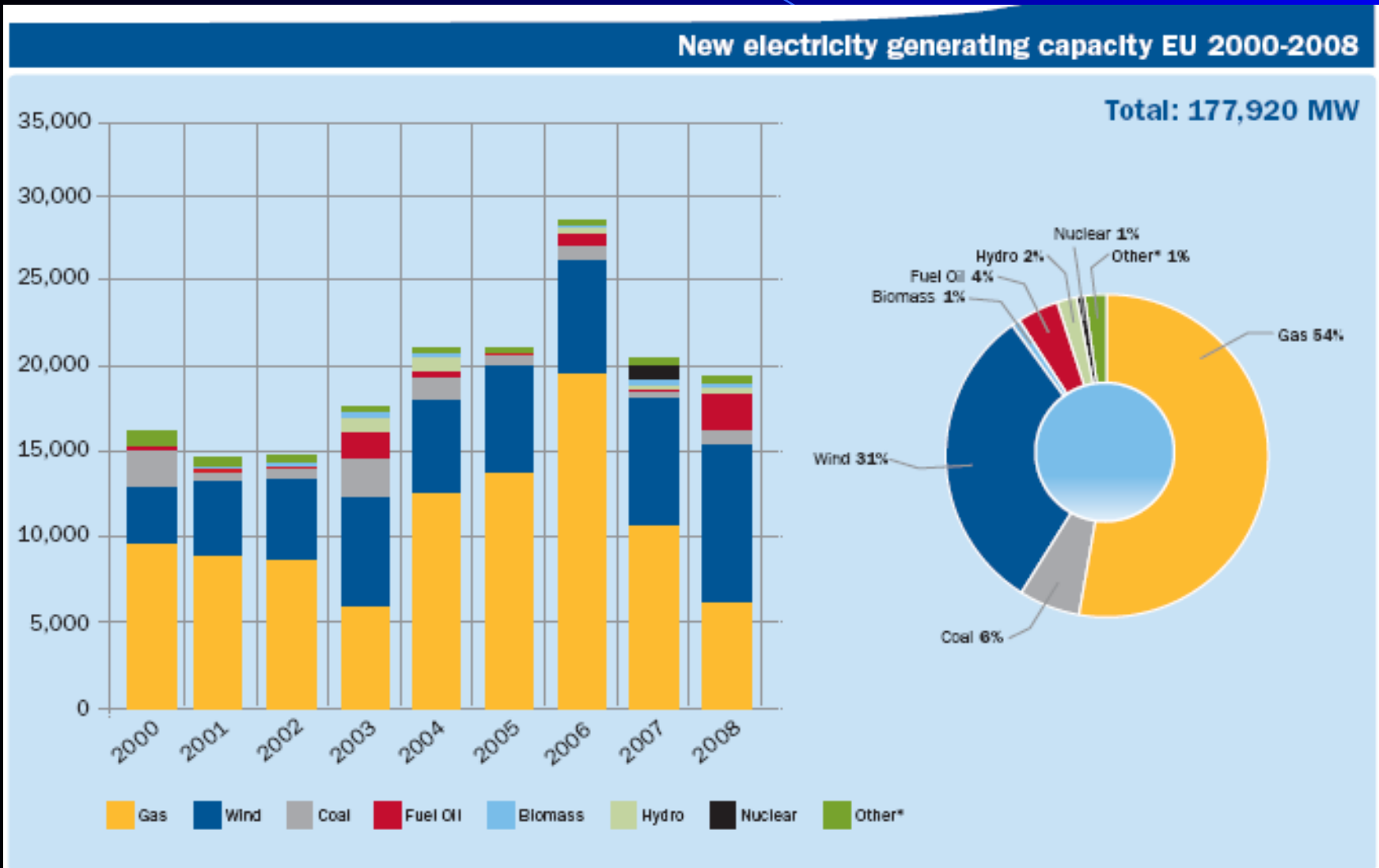
Net Increase in power capacity EU 2000-2008



*Geothermal, peat and waste

Source: EWEA and Platts Power Vision

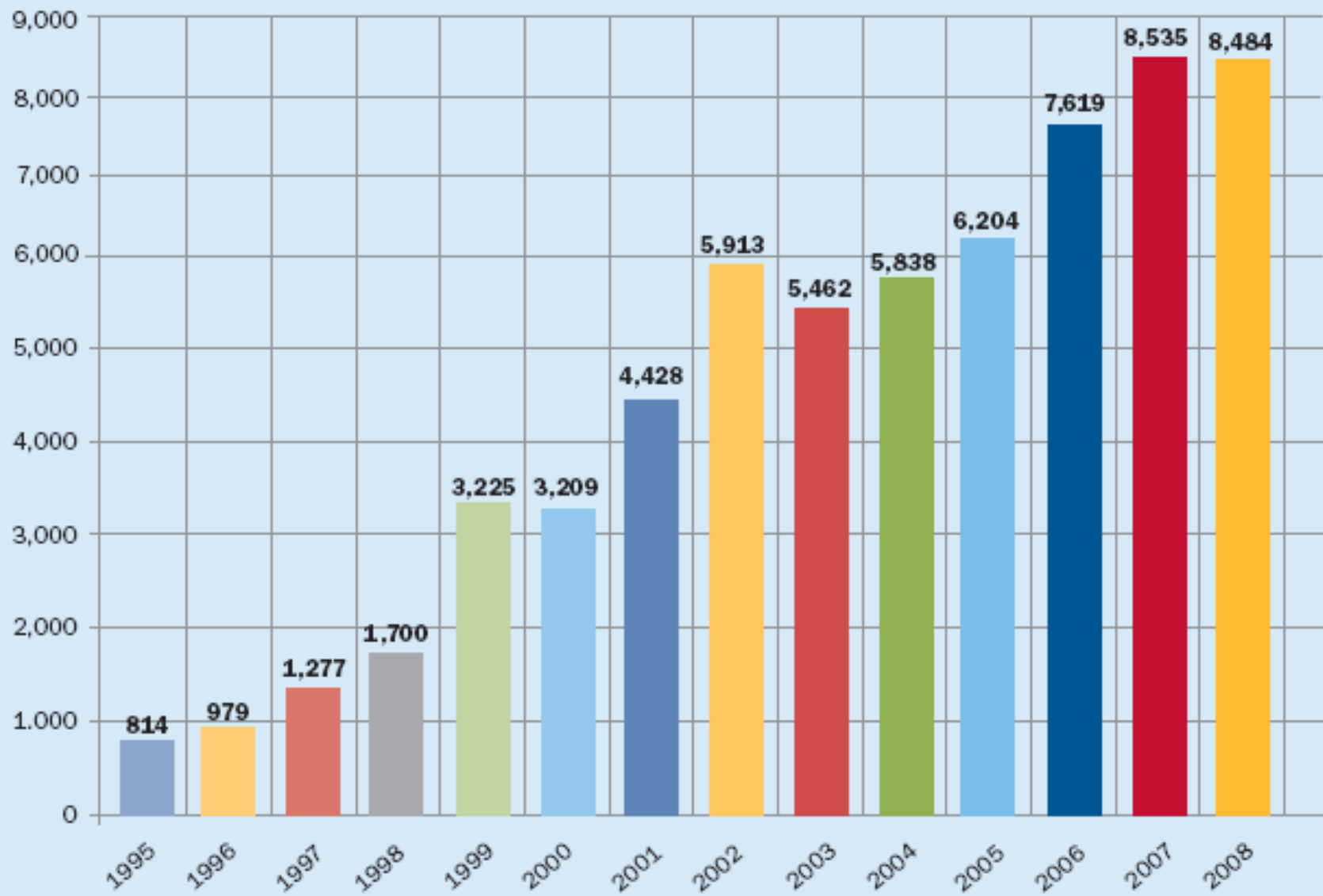
AB 2000-2008 arası yıllar yeni kurulan Elektrik kapasitesi oranları



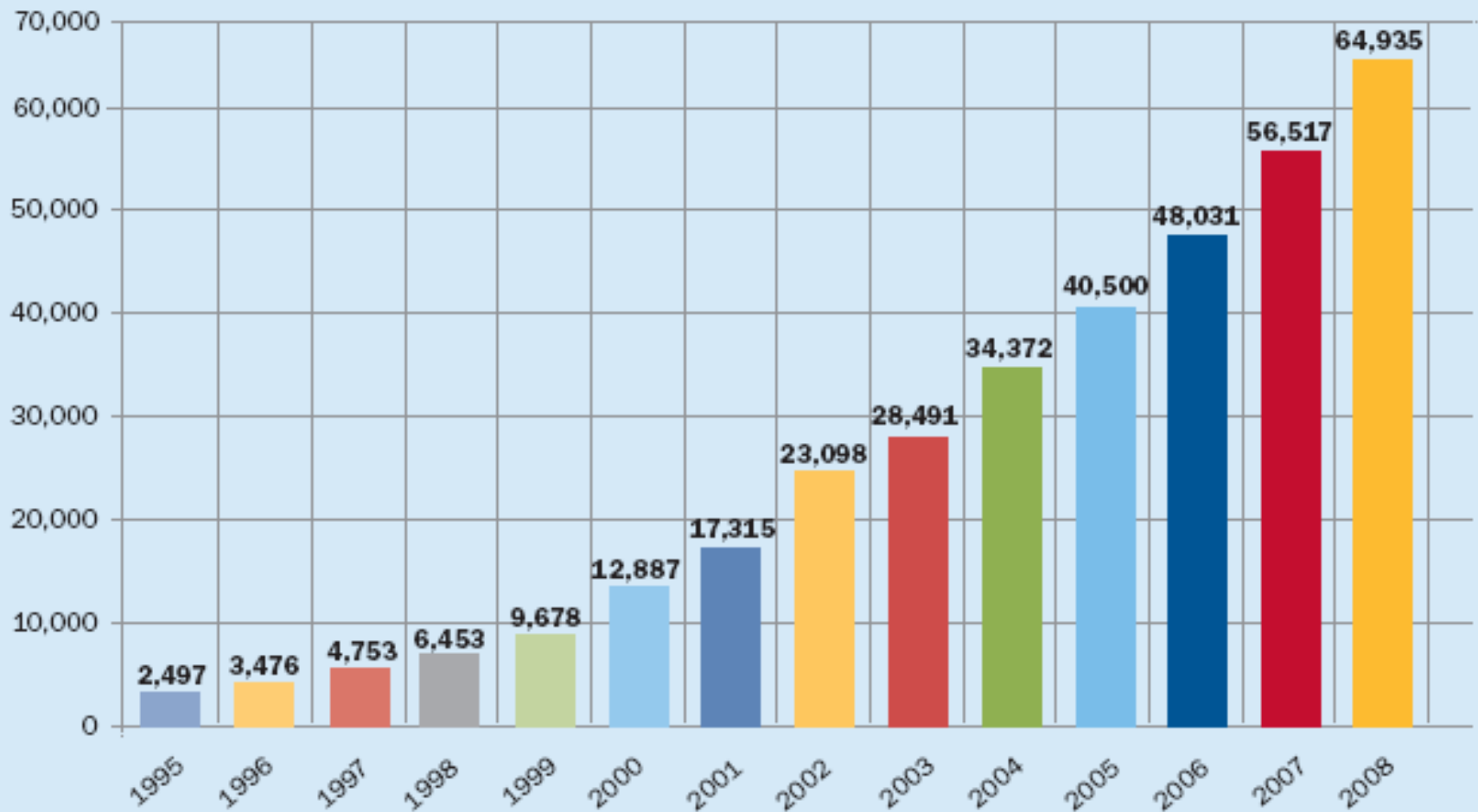
*Geothermal, peat and waste

Source: EWEA and Platts Power Vision

Annual wind energy installations MW



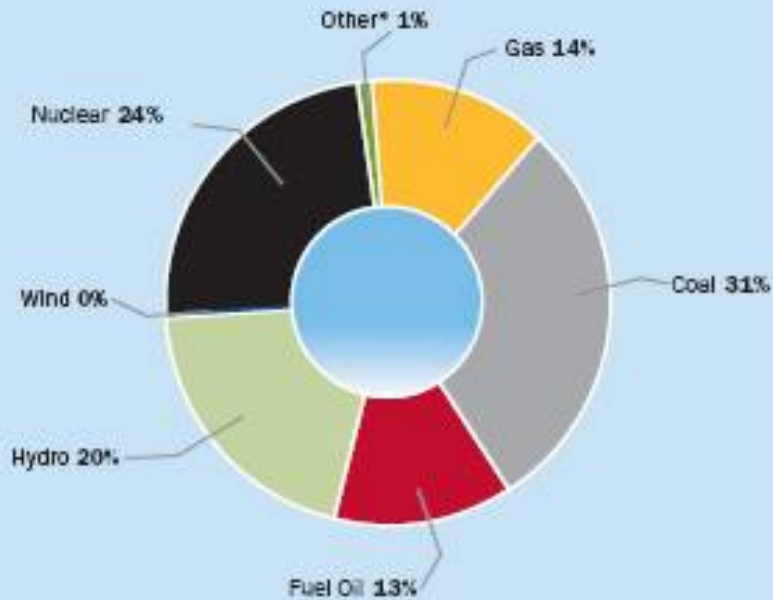
Cumulative wind energy installations



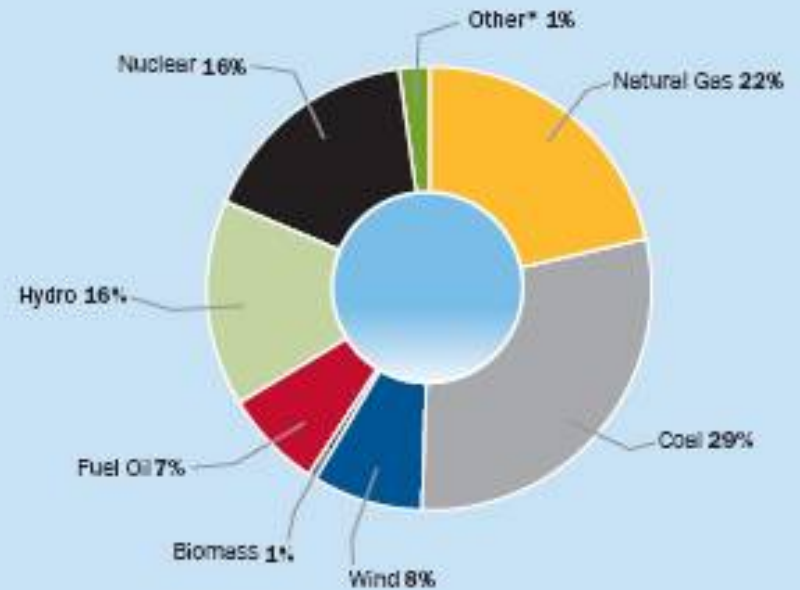
Source: EWEA

2005 ve 2008 Yılları AB Toplam Elektrik Enerjisi Kurulu Güçlerinin Kaynakları Oranlarının Karşılaştırılması

EU Energy Mix 1995 (Total 532 GW)



EU Energy Mix 2008 (Total 791 GW)



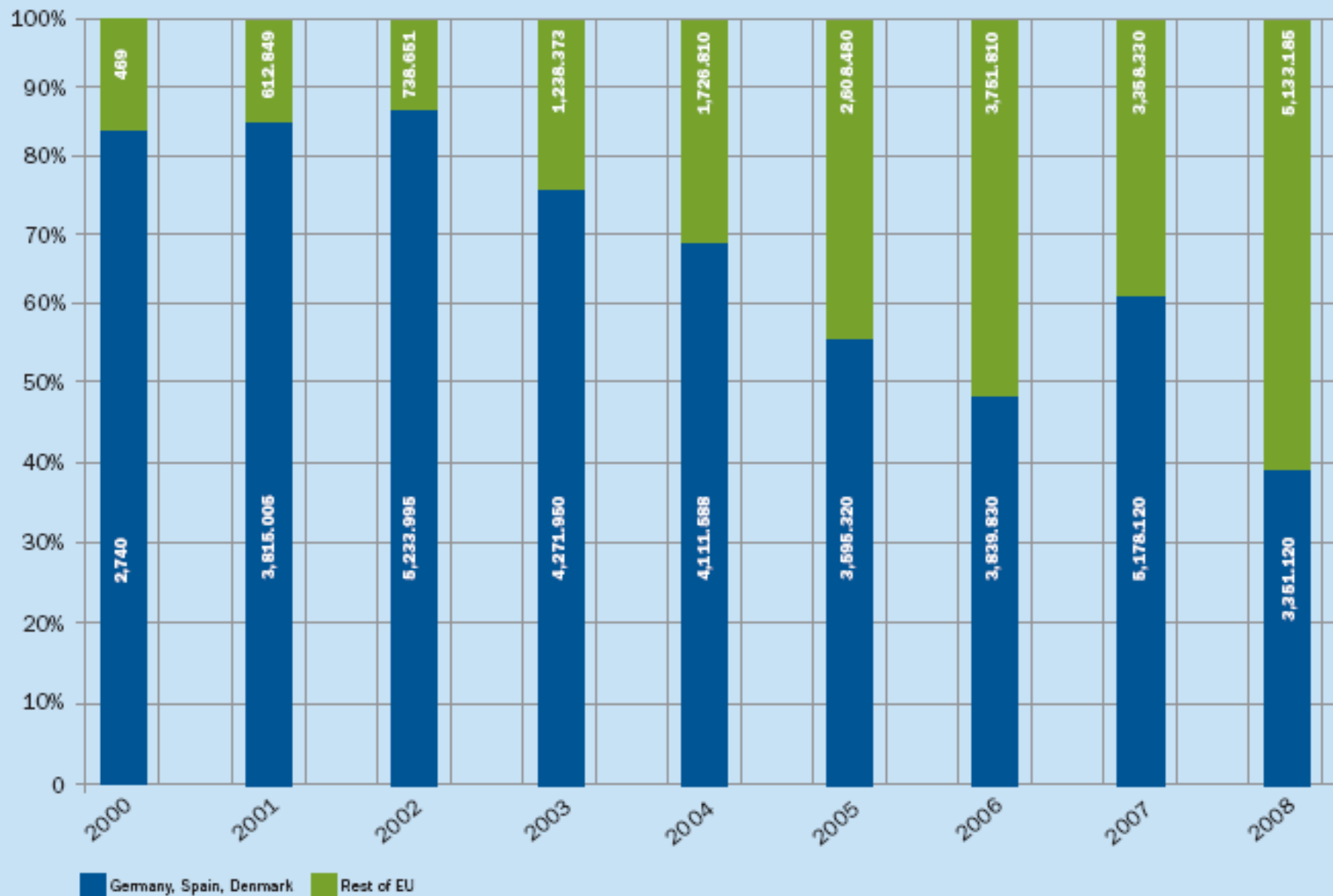
*Geothermal, peat and waste

Source: EWEA and Platts Power Vision

- Avrupa, rüzgar enerjisinde 2006 sonunda
- 48.545 MW ile dünya toplam rüzgar kurulu gücünün yüzde 65'ini oluşturmaktadır.
- Avrupa'nın rüzgar'dan elektrik enerjisi üretimi, 2006'da yaklaşık 100 milyar kWh gerçekleşerek yüzde 19 oranında büyümüştür.
- Bu miktar toplam Avrupa Birliği (AB) elektrik tüketiminin ise yüzde 3.3'üne karşılık gelmektedir.
- Almanya ve İspanya AB pazarının yüzde 50'sini oluşturmaktadır.

- Rüzgar enerjisi kurulu güçlerine ülkeler bazında baktığımızda,
- ilk üç sırayı Almanya, İspanya ve ABD oluşturuyor. 2006 sonu itibariyle,
- Almanya'daki toplam kurulu güç **20.621 MW**, İspanya'da **11.615 MW**, ABD'de ise **11.603 MW**.
- Bu üç ülkeyi, Hindistan 6.270 MW ve Danimarka 3.106 MW ile takip ediyor.
- 2006'da yeni kurulan rüzgar gücü sıralaması incelendiğinde, ilk sırada yer alan ABD'nin **2.454 MW**'lik rüzgar santrali kurduğu göze çarpıyor. ABD'yi **2.233 MW** ile Almanya, **1.840 MW** ile Hindistan, **1.587 MW** ile İspanya, **1.347 MW** ile Çin ve **810 MW** ile Fransa ile izliyor.
- Bu rakamlar, Fransa ve Çin'in de artık pazara dahil olduğunu gösteriyor.

Germany, Spain and Denmark's share of EU market for wind power in MW 2000-2008



Tablo 1: Avrupa ülkelerinde rüzgâr için teknik potansiyel durumu ve 2007 yılı başındaki kurulu güçleri

Ülke	Toplam Yüzölçümü	Teknik Potansiyel		2007 Başı kurulu güç
		GW	TWh/yıl	
Avusturya	84	2	3	965
Belçika	31	2	5	193
Danimarka	43	14	29	3136
Finlandiya	337	4	7	86
Fransa	547	42	85	1567
Almanya	357	12	24	20622
İngiltere	244	57	114	1963
Yunanistan	132	22	44	746
İrlanda	70	22	44	745
İtalya	301	35	69	2123
Hollanda	41	3	7	1560
Norveç	324	38	76	314
Portekiz	92	7	15	1716
İspanya	505	43	86	1615
İsveç	450	20	41	572
İsviçre	41	1	1	11.6
Türkiye	781	83	166	51
Toplam	--	816	40525	7986

	Başvuru		İnceleme ve Değerlendirme		Lisans Verilen		İptal Edilen Lisanslar		Sonlandırılan Lisanslar	
	Adet	MW	Adet	MW	Adet	MW	Adet	MW	Adet	MW
Rüzgar	3	39.60	36	1,872.1	91	3,327.7	15	596.5	13	522.9
Jeotermal					6	91.80			1	15.00
Biyogaz	1	2.00	3	10.48	13	50.48	1	15.00		
Biyokütle			1	4.00			1	10.00		
TOPLA M	4	41.60	40	1,886.6	110	3,470.0	17	621.5	14	537.9

TÜRKİYE'DEKİ RÜZGAR SANTRALLARI

Bares A.Ş.

Balıkesir-Bandırma / 30 MW
Doğal A.Ş.

Çanakkale-Gelibolu / 14,9 MW

Anemon A.Ş.

Çanakkale-İntepe / 30,4 MW

Ertürk A.Ş.
İstanbul-Silivri / 0,85 MW

Ertürk A.Ş.
İstanbul-Çatalca / 60 MW

~~Lodos A.Ş.
İstanbul-G.O.P. / 24 MW~~

Sunjüt A.Ş.
İstanbul-Hadımköy / 1,2 MW

Bores A.Ş.

Çanakkale-Bozcaada / 10,2 MW

Baki A.Ş.

**Balıkesir-Şamlı /90
MW**

Alize A.Ş.

İzmir-Çeşme / 1,5 MW

Ares A.Ş.

İzmir-Çeşme / 7,2 MW

Mare A.Ş.

İzmir-Çeşme / 39,2 MW

İnnores A.Ş.

İzmir-Aliğa /

42,5 MW

Dares A.Ş.

Muğla-Datça /

28,8 MW

Doğal A.Ş.
Manisa-Akhisar / 30,6 MW

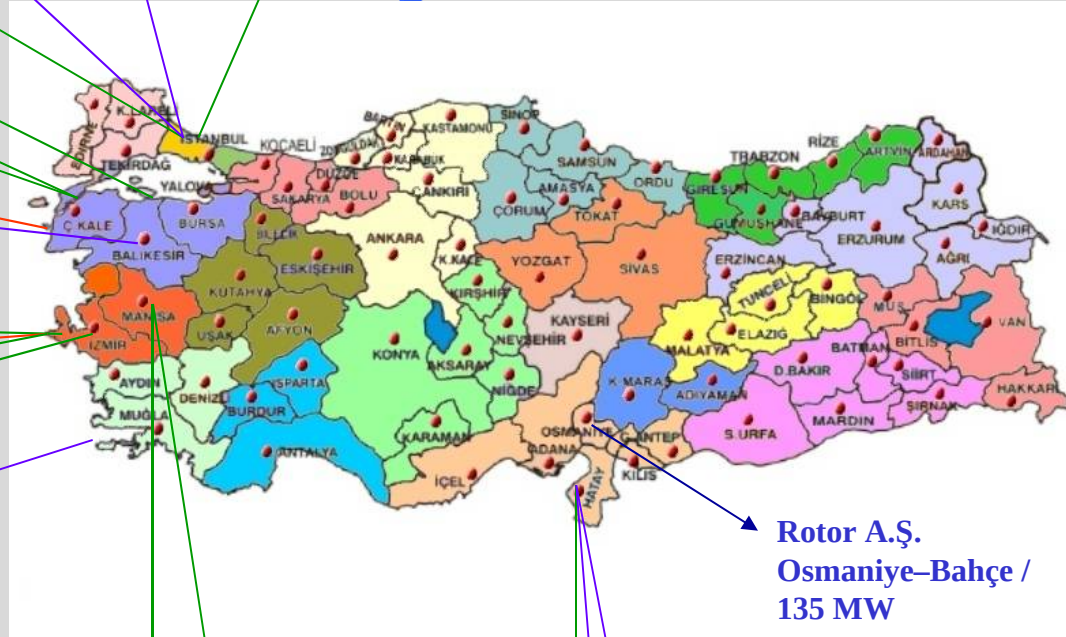
Deniz A.Ş.
Manisa-Akhisar / 10,8
MW

Rotor A.Ş.
Osmaniye–Bahçe /
135 MW

Ezse A.Ş.
Hatay–Türbe / 35,1 MW

▼ **Ezse A.Ş.**
Hatay–Samandağ / 22,5 MW

Deniz A.Ş.
Hatay-Samandağ / 30 MW



Tamamlanan projeler

İnşa halindeki projeler

Yap İşlet Devret modelindeki tesisler

Türkiye'deki Rüzgar Santralleri

Wind Projects in Türkiye

Mevkii	Şirket	Üretime Geçiş Tarihi	Kurulu Güç (MW)	Türbin imalatçısı	Türbin adet ve kapasitesi
<i>Location</i>	<i>Company</i>	<i>Comm. Date</i>	<i>Installed Cap. (MW)</i>	<i>Turbine manufacturer</i>	<i>Turbine capacity</i>
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 + 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	30,60	Enercon	38 adet 800 kW
İzmir-Aliğa	İnnores A.Ş.	I/2008	42,50	Nordex	17 adet 2.500 kW
İstanbul-Gaziosmanpaşa	Lodos A.Ş.	I/2008	24,00	Enercon	12 adet 2.000 kW
İstanbul-Çatalca	Ertürk A.Ş.	I/2008	60,00	Vestas	20 adet 3.000 kW
İŞLETMEDEKİ KAPASİTE TOPLAMI			333,35		

Mevkii	Şirket	Üretime Geçiş Tarihi	Kurulu Güç (MW)	Türbin imalatçısı	Türbin adet ve kapasitesi
Balıkesir-Şamlı	Baki A.Ş.	II/2008	114,00	Vestas	30 adet 3.000 kW
Muğla-Datça	Dares A.Ş.	II/2008	28,80	Enercon	36 adet 800 kW
İNŞA HALİNDEKİ KAPASİTE TOPLAMI			142,80		
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	15,00	Nordex	2.500 kW
Balıkesir-Susurluk	Alize A.Ş.	II/2008	19,00	Enercon	17 adet 800 kW ve 6 adet 900 kW
Osmaniye-Bahçe	Rotor A.Ş.	I/2009	135,00	GE	54 adet 2.500 kW
İzmir - Çeşme	Mazı-3 Res Elk. Ür. A.Ş.	I/2009	22,50	Nordex	9 adet 2500 kW
Balıkesir-Bandırma	Borasco A.Ş.	I/2009	45,00	Vestas	15 adet 3000 kW
Tekirdağ-Şarköy	Alize A.Ş.	I/2009	28,80	Enercon	14 adet 2000 kW ve 1 adet 800 kW
Balıkesir-Havran	Alize A.Ş.	I/2009	16,00	Enercon	8 adet 2000 kW
Çanakkale-Ezine	Alize A.Ş.	I/2009	20,80	Enercon	10 adet 2000 kW ve 1 adet 800 kW
Hatay-Belen	Belen A.Ş.	I/2009	30,00	Vestas	10 adet 3000 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	Boreas A.Ş.	II/2009	15,00		
İzmir-Aliağa	Doruk A.Ş.	II/2009	30,00	Enercon	15 adet 2.000 kW
İzmir-Aliağa	Yapısan İnş. Elk. San.Tic. A.Ş.	II/2009	90,00	Nordex	36 adet 2500 kW
İzmir-Aliağa	Doğal A.Ş.	I/2010	30,00	Enercon	15 adet 2000 kW
İzmir-Foça	Doğal A.Ş.	I/2010	30,00	Enercon	15 adet 2000 kW
Balıkesir-Kepsut	Poyraz A.Ş.	I/2010	54,90	Enercon	61 adet 900 kW
Manisa-Soma-Kırkağaç	Bilgin Elektrik Üretim A.Ş.	I/2010	90,00	Nordex	36 adet 2500 kW
Balıkesir-Kepsut	Bares Elektrik Üretim A.Ş.	I/2010	142,50	Nordex	57 adet 2500 kW
TÜRBİN TEDARİK SÖLEŞMESİ İMZALI PROJE TOPLAMI			1.070,00		
GENEL TOPLAM			1.546,15MW		

Bozcaada Rüzgar Enerji Santrali



Türkiye’de 2008 sonu itibariyle halen işletilmekte olan 22 adet rüzgar santralının toplam kapasitesi 600 MW’tır.

Tablo 4: İnşa Halindeki ve Lisans Almış Projelerin Yıllara Dağılımı (MW)

	İnşa halinde	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2005-2010
LİNYİT	EPDK	108				320		322
	TOPLAM	108	0	0	0	320	0	1402
İTHAL KÖMÜR	EPDK	12	119					131
DOĞAL GAZ	EPDK	922	170	390				1482
	TOPLAM	922	170	390	0	0	0	1482
Fuel oil, LPG	İnşa	54						54
	halinde	727	643	1070	334			2774
HİDROLİK	EPDK	73	68	151		34	14	240
	TOPLAM	800	711	1	334	34	14	3014
JEOTERMAL	EPDK	25	8	1				34
RÜZGAR	EPDK	860	409	151				1269
TOPLAM		5	7	2	334	354	14	7386

Türkiye'nin rüzgar enerjisi kurulu güç kapasitesi ve toplam kaynak içindeki payı'nın 2025 yılına kadarki tahmini değerleri (2001 Hertzman)

Yıllar	Kurulu kapasite (MW)	Toplam kaynak içinde payı, %
2010	2.979	2,31
2015	5.142	2,91
2020	7.849	3,23
2025	11.200	3,55

RÜZGAR KULLANIMINDA KARŞILAŞILAN ENGELLER-1

- Dünyada rüzgâr santrallerinin yayılmasının önünde hala büyük engeller bulunuyor.
- Çünkü dünyada rüzgâr santralı kurulması için talep çok büyük ancak **kule ve türbin üreticisi** sayısı yeterli değil. Bu da doğal olarak maliyetleri yukarı çekiyor. Ayrıca özellikle
- **ABD'de rüzgar** enerjisi yatırımlarına büyük **teşviklerin** bulunması diğer ülkelerdeki yatırımları engelliyor.
- Böyle bir ortamda **5 sent'lik yatırım** teşvikinin büyük santrallerin kurulmasına yeterli olup olmayacağı tartışılır.

RÜZGAR KULLANIMINDA KARŞILAŞILAN ENGELLER-2

- Önemli bir sorun, bağlantı sorunu. Türkiye'nin iletim sistemi bu rüzgar santrallerini bağlamaya yeterli değil. **Trafolarımız ve iletim** sistemimiz zayıf.
- **Çeşme, Bandırma, Aliğa ve Datça** gibi bölgelerde 1000 MW'lık rüzgar santrali kurulabilir. Ama bunları bağlayacak yer bulunamıyor.
- Şöyle bir yol da izlenebilir: Devletin kaynak yetersizliğinden yeni hat yatırımı yapamadığı bölgedeki **lisans sahibi yatırımcılar**, aralarında paylaşarak bu hattı yapabilir.
- Böylece hem rüzgarların potansiyelinden yararlanmış, hem **devletin yeterli** bütçesinin olmamasından kaynaklı sorunlar engellenmiş,
- hem de planlı bir şekilde **yatırımcının önü** açılmış olur.

RÜZGAR KULLANIMINDA KARŞILAŞILAN ENGELLER-3

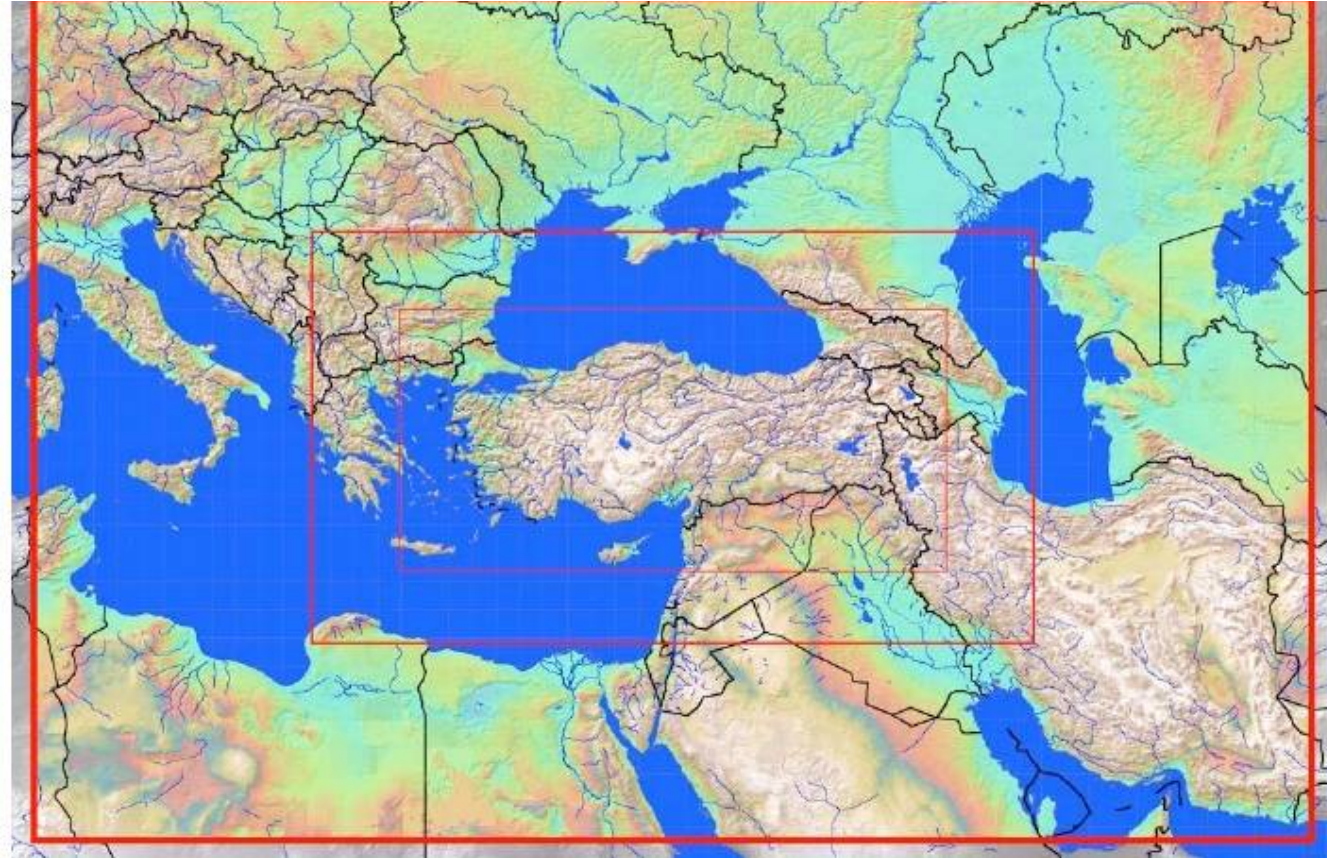
- TEİAŞ bu **sistem kullanım bedellerini** kurulu güç üzerinden alıyor. Ancak rüzgar santrallerinde kapasite kullanım oranı yüzde elli (40-45) geçmiyor.
- doğalgaz çevrim santralleri yüzde **70, yüzde 80** kapasite faktörü ile çalışırken, 100 MW'lık bir rüzgar ve su santrali sadece 40-50 MW üretim yapabiliyor
- Rüzgar enerjisinden elde edilmiş elektrik için kullanım bedelinin **kurulu gücün yüzde 20'si** üzerinden alınması gerekir.
- **2008 yılında** bu durum düzeltilerek üretilen elektrik enerjisi üzerinden alınmaya başlanmıştır ki bu uygundur.

Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

- Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA), Türkiye rüzgar kaynaklarının karakteristiklerini ve dağılımını belirlemek amacıyla üretilmiştir.
- Bu atlasta verilen detaylı rüzgar kaynağı haritaları ve diğer bilgiler rüzgar enerjisinden elektrik üretimine aday bölgelerin belirlenmesinde kullanılabilecek bir alt yapı sağlamaktadır.

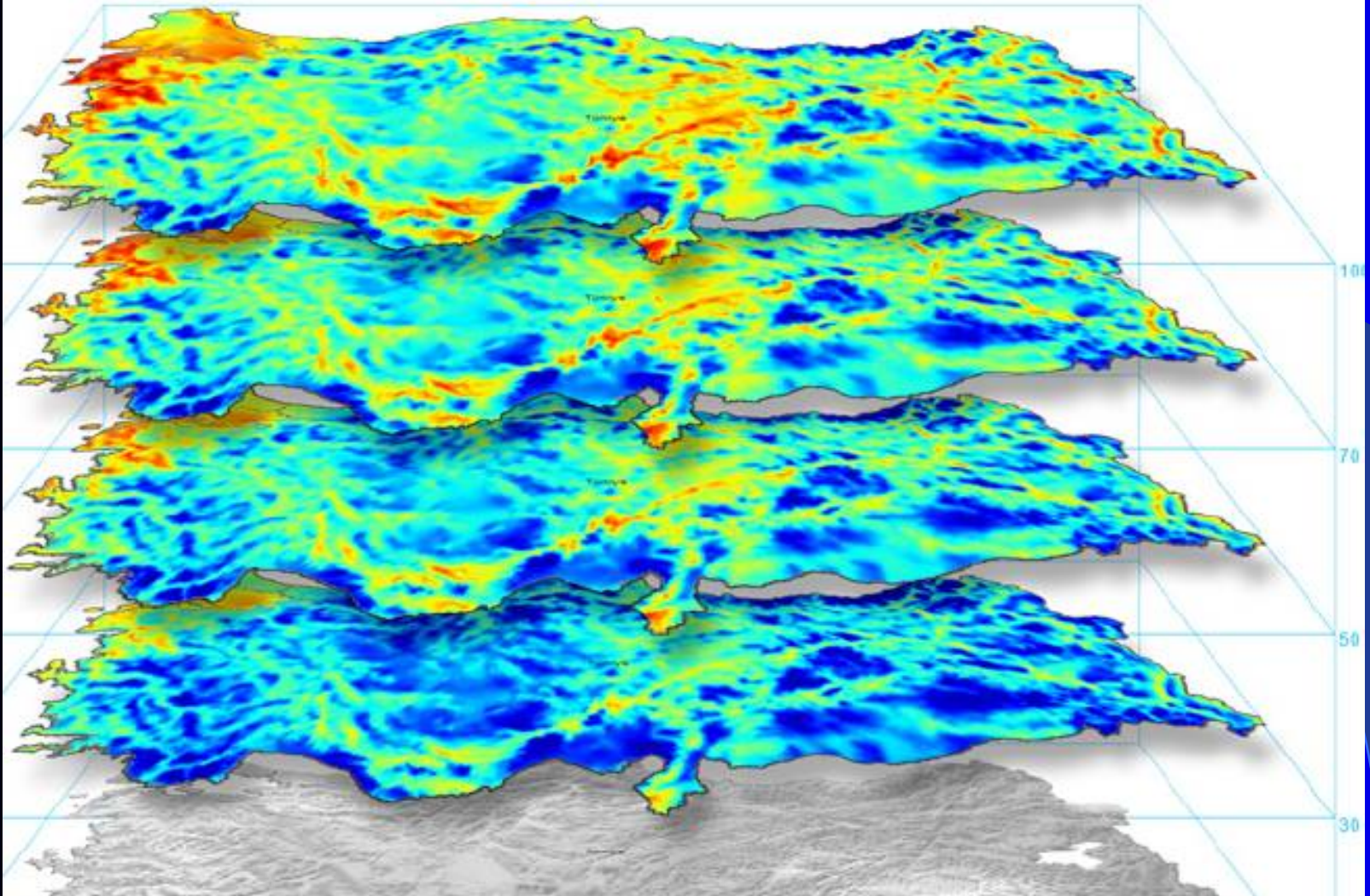
- Bu kapsamda, modellenen ve gözlemlenen aritmetik ortalamaların, varyansların, günlük dağılımların, ve Weibull parametrelerinin karşılaştırılması ve saatlik, günlük ve aylık zaman ölçeklerinde korelasyon istatistikleri hesaplanmıştır.

60 RGİ (Kamu, Özel)
Hata payı %7 civarındadır.

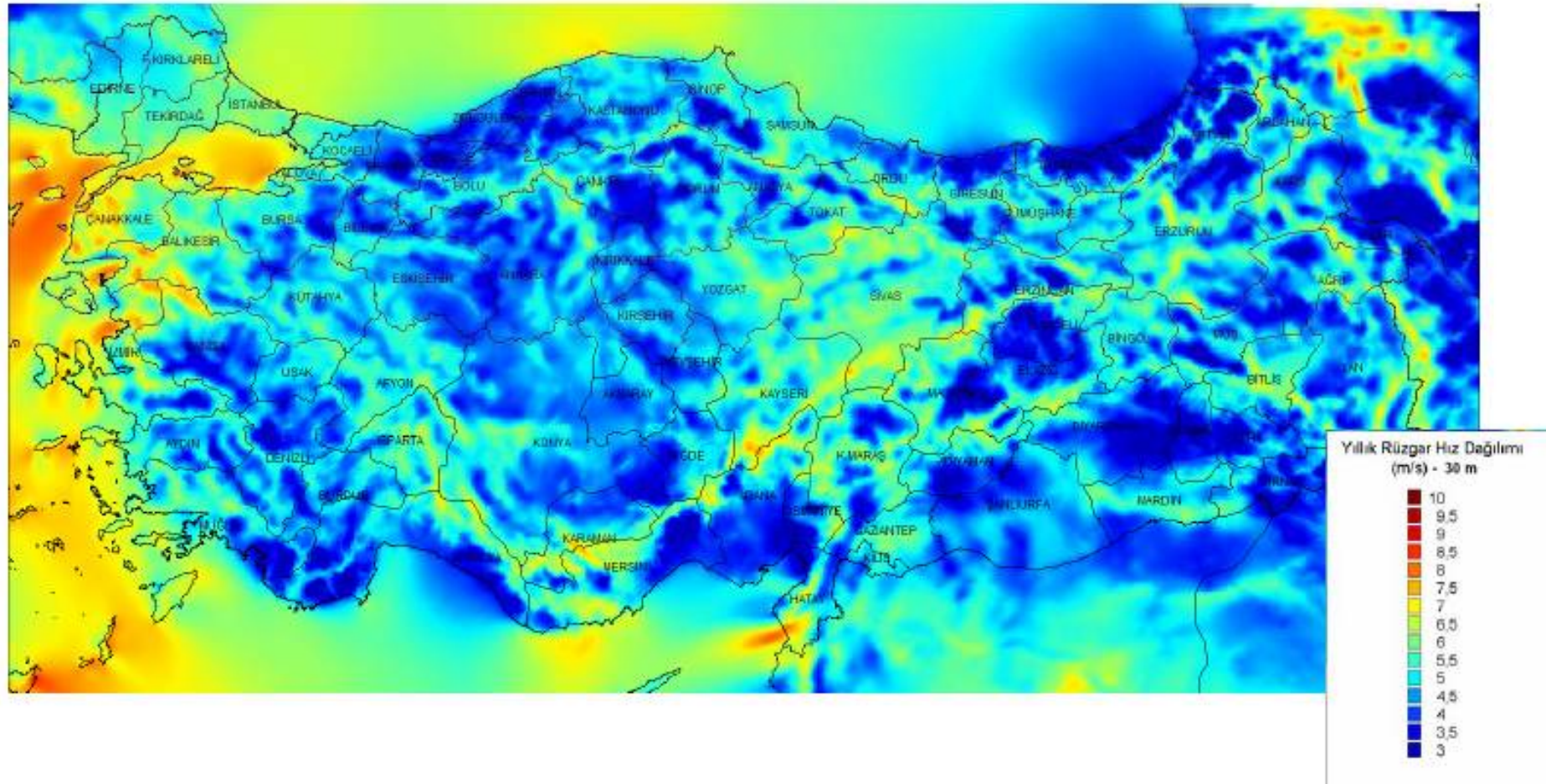


Rüzgar Hızı Haritası

30-50-70-100 m Yükseklikte Yıllık Ortalama

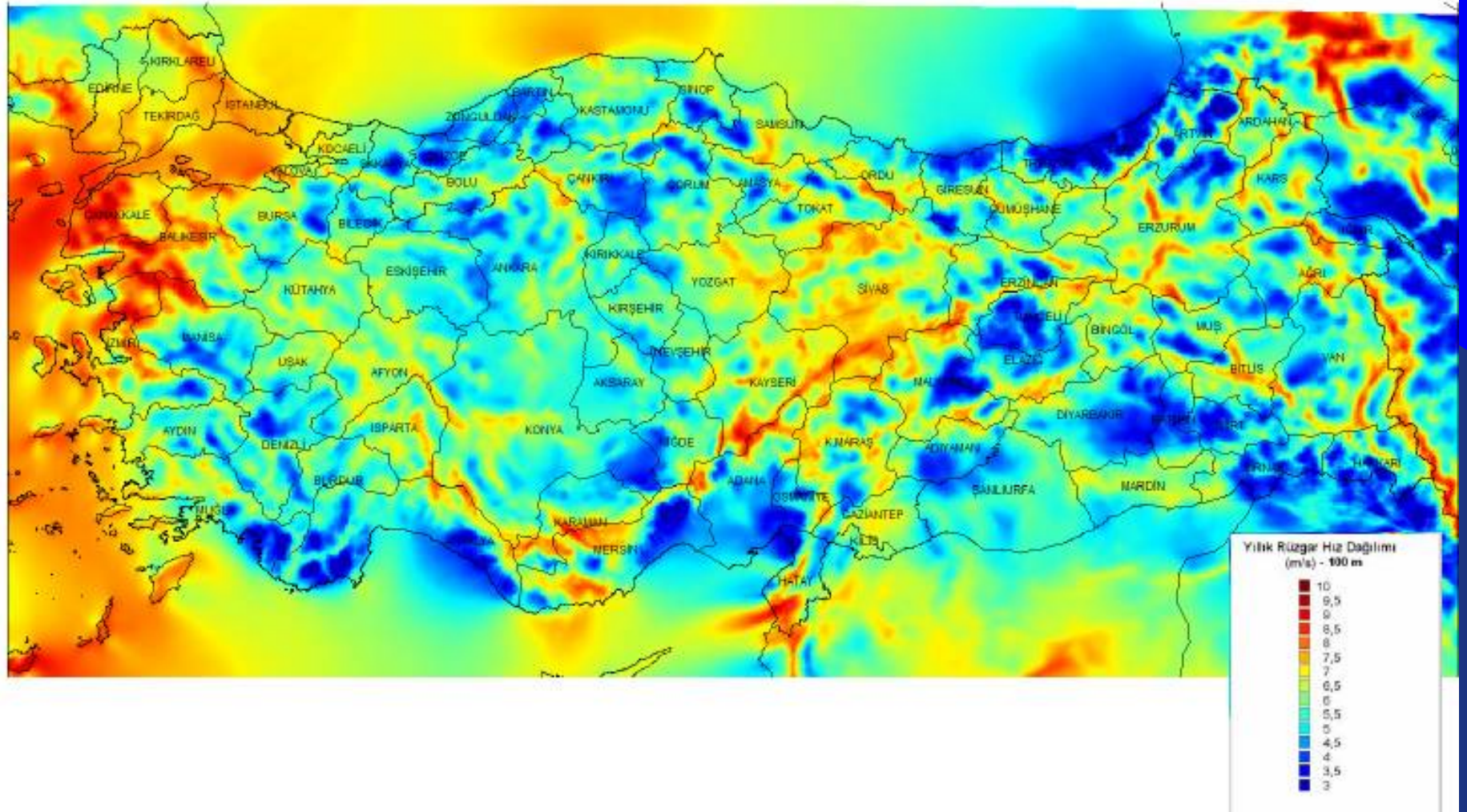


30 m Yükseklikte Yıllık Ortalama

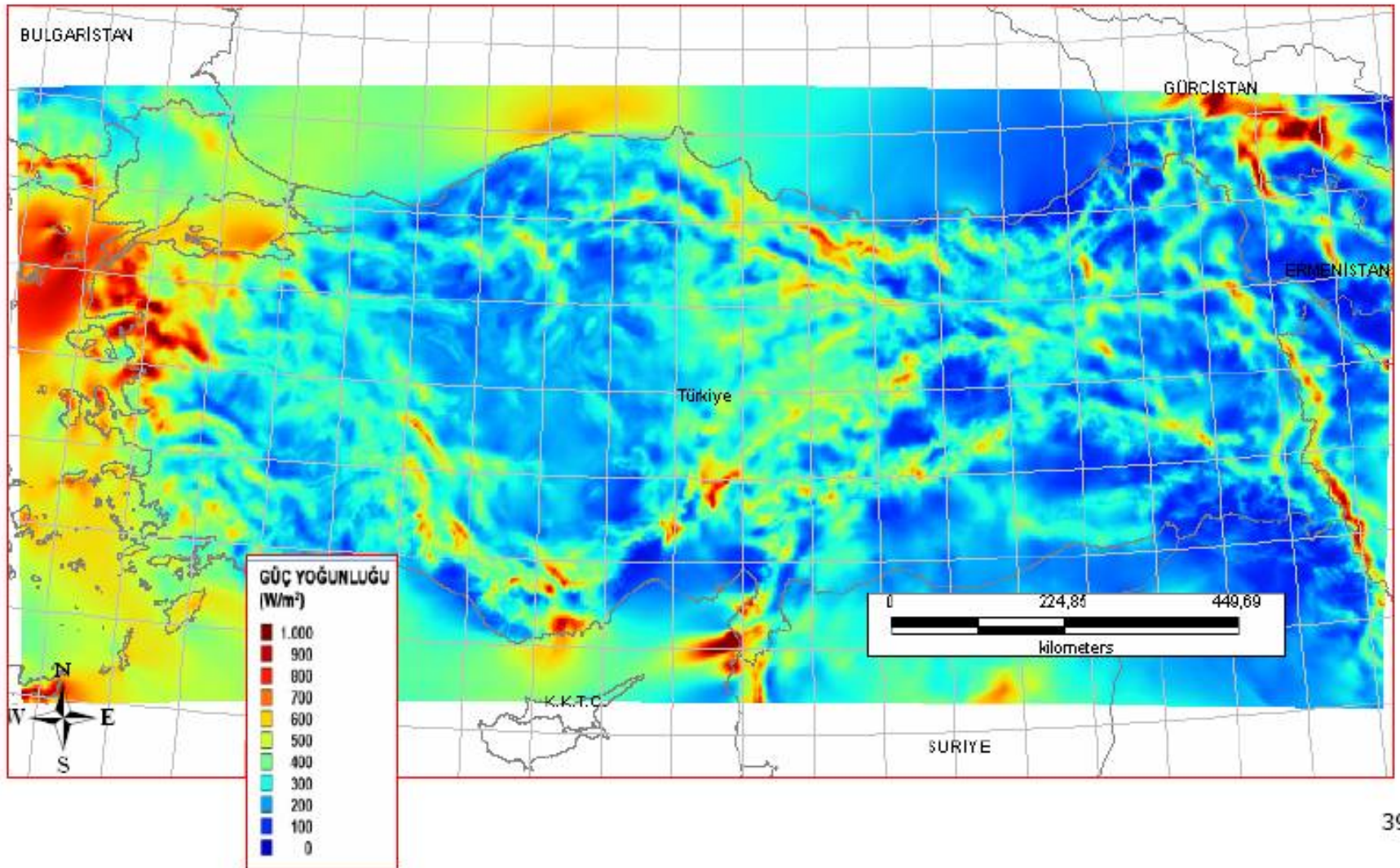


Rüzgar Hızı Haritası

100 m Yükseklikte Yıllık Ortalama



Rüzgar Güç Yoğunluğu Haritası 100 m Yükseklikte



Rüzgar Hız/Güç Yoğunluğu Sınıflandırılması Derecelendirme

Rüzgar Kaynak Derecesi	Rüzgar Sınıfı	50m. Yükseklikteki Rüzgar Hızı m/s	50m. Yükseklikteki Rüzgar Güç Yoğunluğu W/m ²
Zayıf	1	<5.5	< 200
Düşük	2	5.5 - 6.5	200 - 300
Orta	3	6.5 - 7.0	300 - 400
İyi	4	7.0 - 7.5	400 - 500
Harika	5	7.5 - 8.0	500 - 600
Mükemmel	6	8.0 - 9.0	600 - 800
Sıradışı	7	> 9.0	> 800

TÜRKİYE RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYELİ (KARA+DENİZ)

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)
İyi	4	400 - 500	7.0-7.5	5.851,87	0,79	29.259,36
Harika	5	500 - 600	7.5-8.0	2.598,86	0,35	12.994,32
Mükemmel	6	600 - 800	8.0- 9.0	1.079,98	0,15	5.399,92
Sıradışı	7	> 800	> 9.0	39,17	0,01	195,84
Toplam				9.569,89	1,30	47.849,44

Türkiye, İyi-Sıradışı Arası Rüzgar Kaynağı 50m

47849

Türkiye, Orta-Sıradışı Arası Rüzgar Kaynağı 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	6.5 - 7.0	16.781,39	2,27	83.906,96
İyi	4	400 - 500	7.0-7.5	5.851,87	0,79	29.259,36
Harika	5	500 - 600	7.5-8.0	2.598,86	0,35	12.994,32
Mükemmel	6	600 - 800	8.0- 9.0	1.079,98	0,15	5.399,92
Sıradışı	7	> 800	> 9.0	39,17	0,01	195,84
Toplam				26.351,28	3,57	131.756,40

131756

TÜRKİYE RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYELİ (DENİZ)

Rüzgar Kaynak Derecesi	Rüzgar Sınıfı	50 m'de Rüzgar Gücü (W/m2)	50 m'de Rüzgar Hızı (m/s)	Toplam Alan km ²	Rüzgarlı Arazi Yüzdesi	Toplam Kurulu Güç (MW)
İyi	4	400 - 500	7.0-7.5	1.026,64	6,86	5.133,20
Harika	5	500 - 600	7.5-8.0	688,96	4,60	3.444,80
Mükemmel	6	600 - 800	8.0- 9.0	348,51	2,33	1.742,56
Sıradışı	7	> 800	> 9.0	28,54	0,19	142,72
Toplam				2.092,66	13,98	10.463,28

Türkiye, İyi-Sıradışı Arası Rüzgar Kaynağı 50m

10463

Türkiye, Orta-Sıradışı Arası Rüzgar Kaynağı 50 m

Rüzgar Kaynak Derecesi	Rüzgar Sınıfı	50 m'de Rüzgar Gücü (W/m2)	50 m'de Rüzgar Hızı (m/s)	Toplam Alan km ²	Rüzgarlı Arazi Yüzdesi	Toplam Kurulu Güç (MW)
Orta	3	300 - 400	6.5 - 7.0	1.385,98	9,26	6.929,92
İyi	4	400 - 500	7.0-7.5	1.026,64	6,86	5.133,20
Harika	5	500 - 600	7.5-8.0	688,96	4,60	3.444,80
Mükemmel	6	600 - 800	8.0- 9.0	348,51	2,33	1.742,56
Sıradışı	7	> 800	> 9.0	28,54	0,19	142,72
Toplam				3.478,64	23,25	17.393,20

17393

TÜRKİYE RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYELİ (KARA)

Türkiye toplam karasal rüzgar potansiyeli; Türkiye genel potansiyelinden, deniz potansiyelinin çıkarılması ile hesaplanmıştır.

- İyi- Sıradışı arası rüzgar sınıfına ait rüzgarlı arazilerin **37.386,16 MW**,
- Orta-Sıradışı arasında ise **114.363,20 MW** rüzgar potansiyeli belirlenmiştir.

Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyelinden Üretilebilecek Elektrik Enerjisi

- Türkiye iyi-sıradışı rüzgar sınıfına giren aralıkta rüzgarlı alanların potansiyeli yaklaşık 48000 MW'lık rüzgar kurulu gücü destekleyebileceği hesaplanmıştır.
- Rüzgar enerjisi potansiyelini ortaya koyarken daha önce belirtilen bir çok parametre kullanılmıştır. Fakat bu hesaplamada elektriksel altyapı dikkate alınmamıştır.
- Bu miktardaki bir rüzgar enerjisi potansiyeli en güvenli tarafta kalınarak elektrik enerjisine dönüştürülürse yıllık 147 Milyar kWh enerji üretilir.
- Hesaplama 50 m yükseklikteki rüzgar hızları, %35'lik kapasite faktörü, yıllık ortalama rüzgar hızının 7 m/s ve üzerindeki kullanılabilir alanlar ve km^2 başına 5 MW'lık bir güç kurulabileceği gibi güvenli yaklaşımlar kabul edilerek yapılmıştır.
- Rüzgar enerjisi uygulaması amaçlı kullanılamayacak tüm alanlar bu hesaplama dışı çıkarılmış ve dikkate alınmamıştır.

G.17 - THE PREDICTION OF ELECTRICITY DEMAND IN TURKEY

G.17 - Türkiye'nin Elektrik Enerjisi Talep Tahmini



Türkiye'nin 2005-2020 yılları arası Elektrik Kurulu Güç Planlaması

Years	LİGHITE	COAL - BLACK	CHARCOAL	NATURAL GAS	Petroleum Products	NUCLEAR	WIND	HYDRO	TOTAL
2005	8.301	555	1.483	13.137	3.307		879	13.681	41.343
2006	8.301	555	1.602	13.307	3.307		1.288	14.400	42.760
2007	8.301	555	1.602	13.697	3.307		1.413	15.521	44.396
2008	8.301	555	1.602	13.697	3.307		1.538	15.855	44.855
2009	8.621	555	1.602	14.397	3.307		1.663	15.889	46.034
2010	8.621	555	1.602	16.497	3.307		1.788	16.446	48.816
2011	9.661	555	1.602	18.447	3.307		1.913	17.177	52.662
2012	10.181	555	1.602	19.147	3.307	1.500	2.038	18.655	56.985
2013	11.221	555	1.602	20.822	3.307	1.500	2.163	20.253	61.423
2014	12.101	555	1.602	21.522	3.307	3.000	2.288	21.811	66.186
2015	13.141	555	1.602	22.497	3.307	4.500	2.413	23.257	71.272
2016	14.181	555	1.602	23.472	3.307	4.500	2.538	24.740	74.895
2017	15.381	555	2.102	24.447	3.307	4.500	2.663	26.299	79.254
2018	16.941	555	3.102	25.847	3.307	4.500	2.788	27.717	84.757
2019	17.981	1.155	4.102	27.247	3.307	4.500	2.913	29.307	90.512
2020	18.661	1.755	6.102	27.947	3.307	4.500	3.038	31.038	96.348

Konya ili için rüzgar potansiyelinin belirlenmesi



S.Ü-RES RGI

(□□□□) Konya

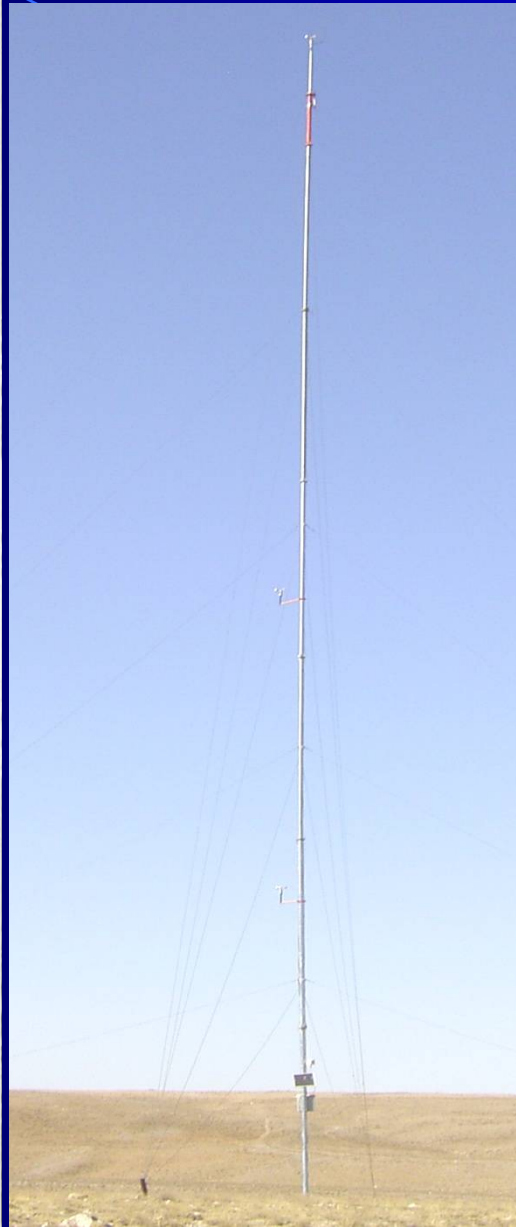
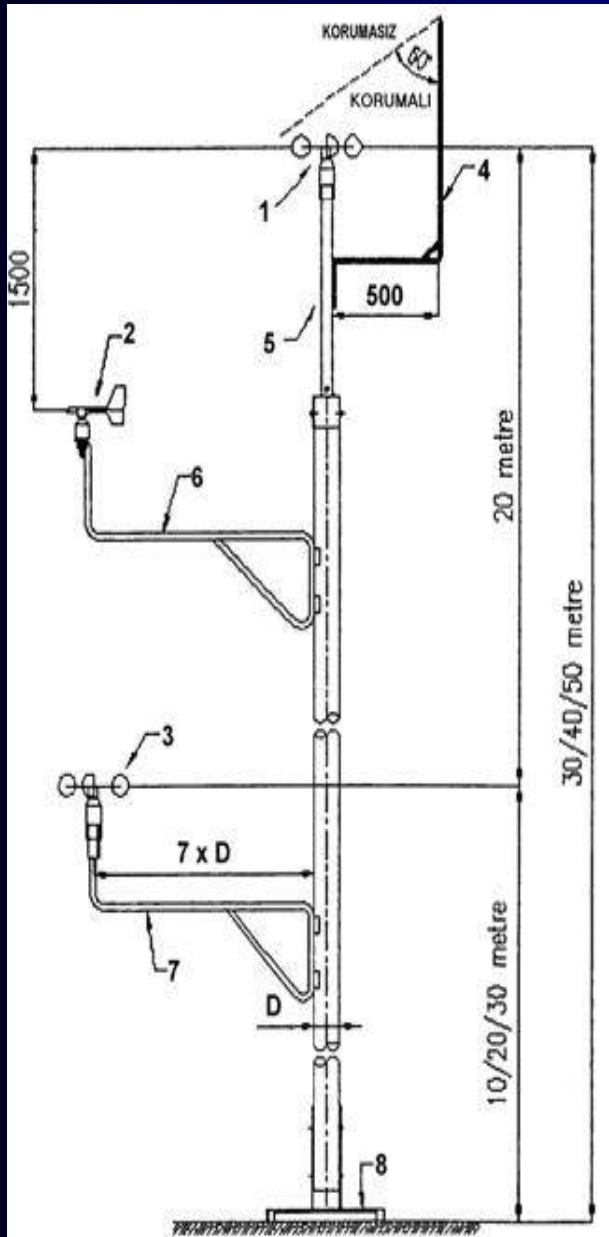


Karapinar Field

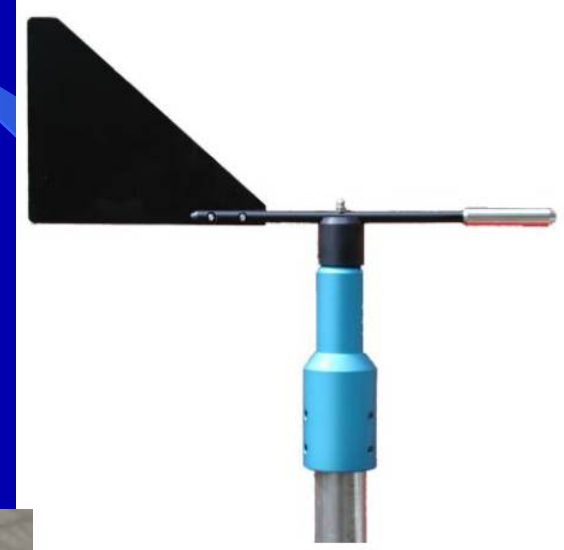
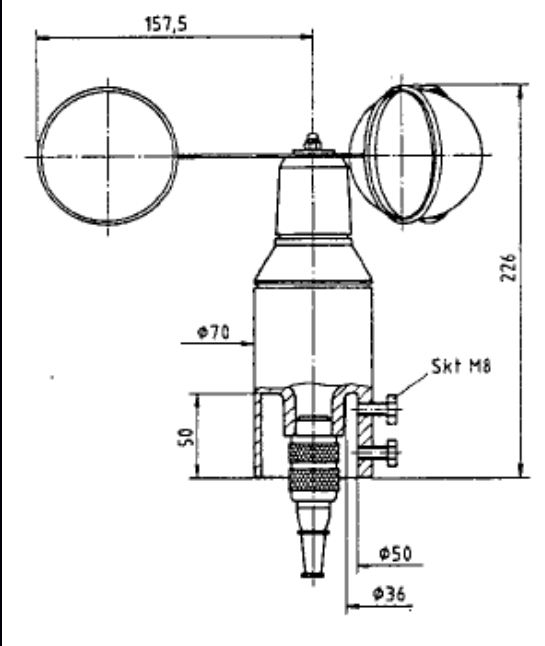
Rüzgâr enerjisi gözlem istasyonu ve önerilen türbin yerleri



Standart ve S.Ü. kampüsü rüzgâr enerjisi ölçüm sistemi fotoğrafı



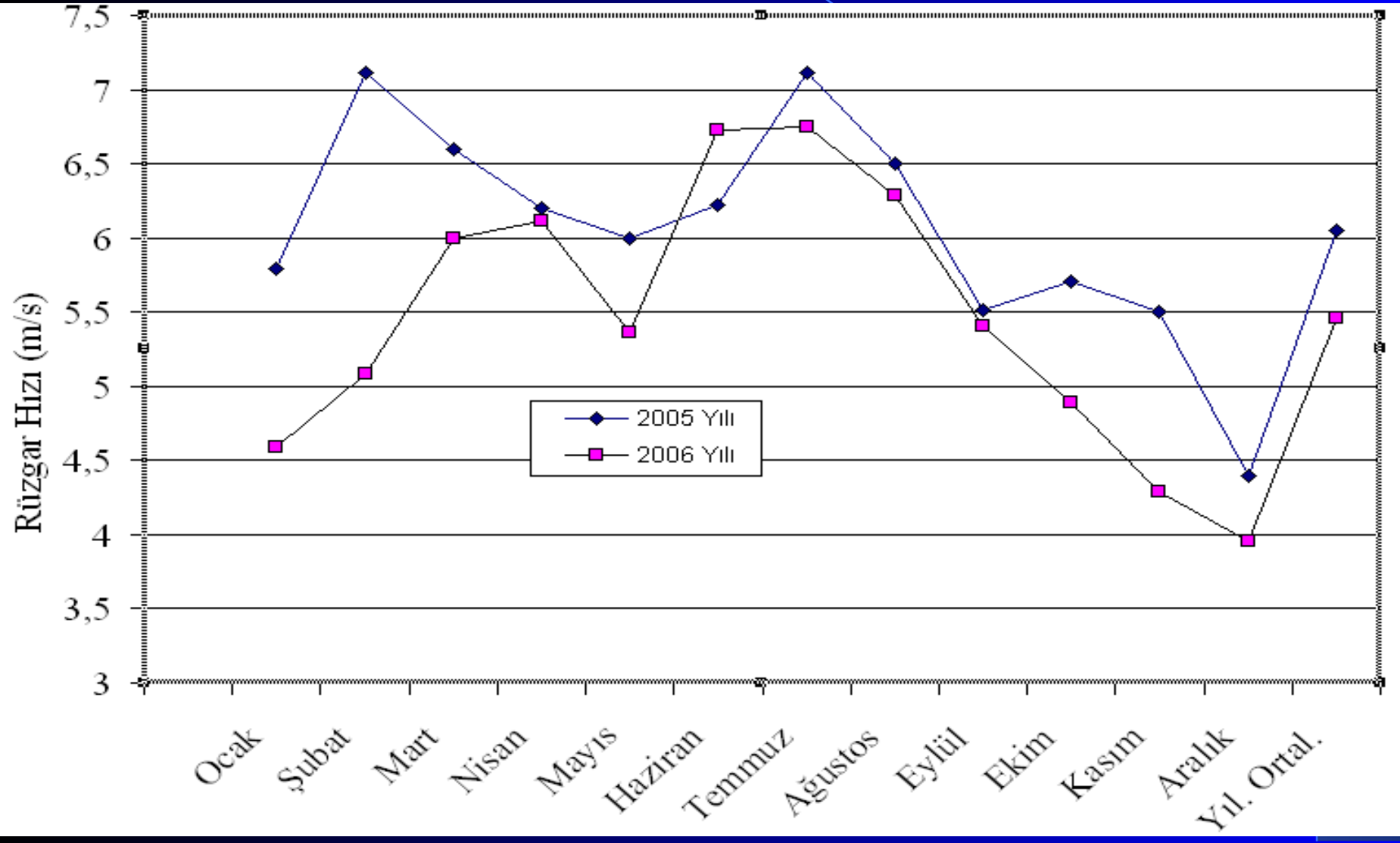
Çalışmada kullanılan anemometre ve yön ölçme cihazları

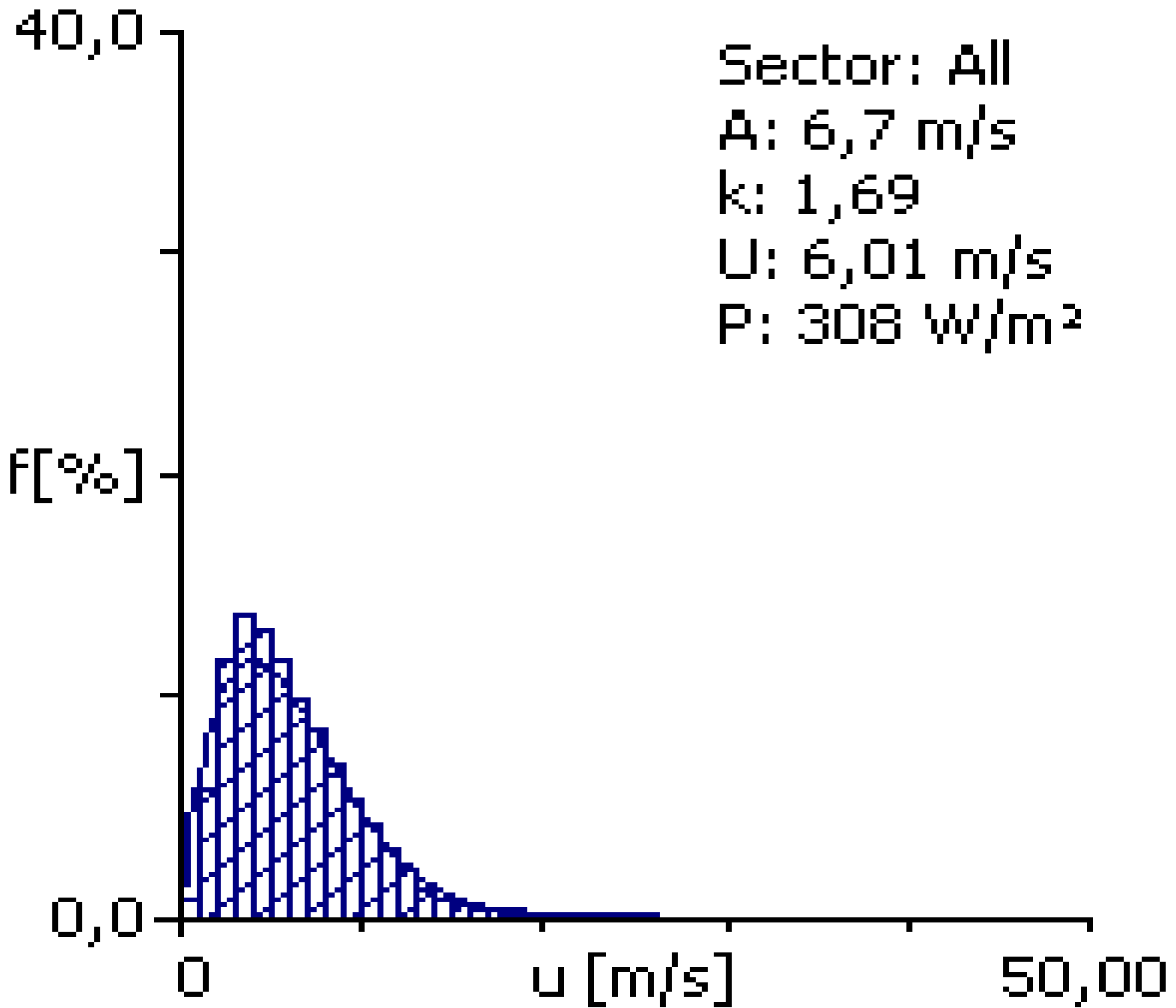


Çalışmada kullanılan sıcaklık ve nem ölçme sensörü

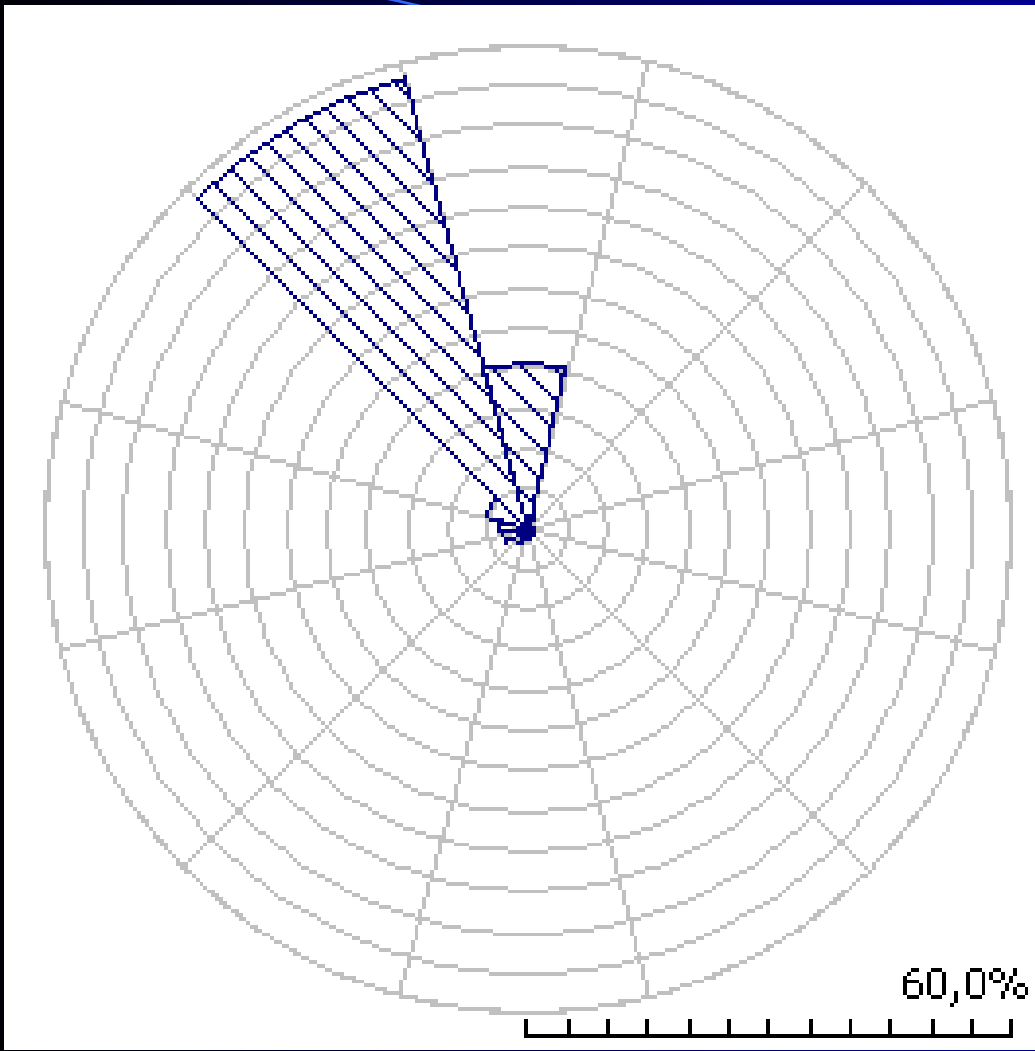


S.Ü.Alaadin Keykubat Kampüsü Rüzgar Ölçme Sisteminden Elde 2005-2006 yılları aylık ortalama rüzgar hız dağılımı





Şekil . Yıllık 40. m Hız Dağılımı, Ölçme ve Weibull Değerleri



Şekil 5. Rüzgar Yönleri

Hakim rüzgar Kuzey Kuzey Batı yönünden esmektedir.

SÜ-RES

Time: 06.12.2004

Altitude: 1240 m

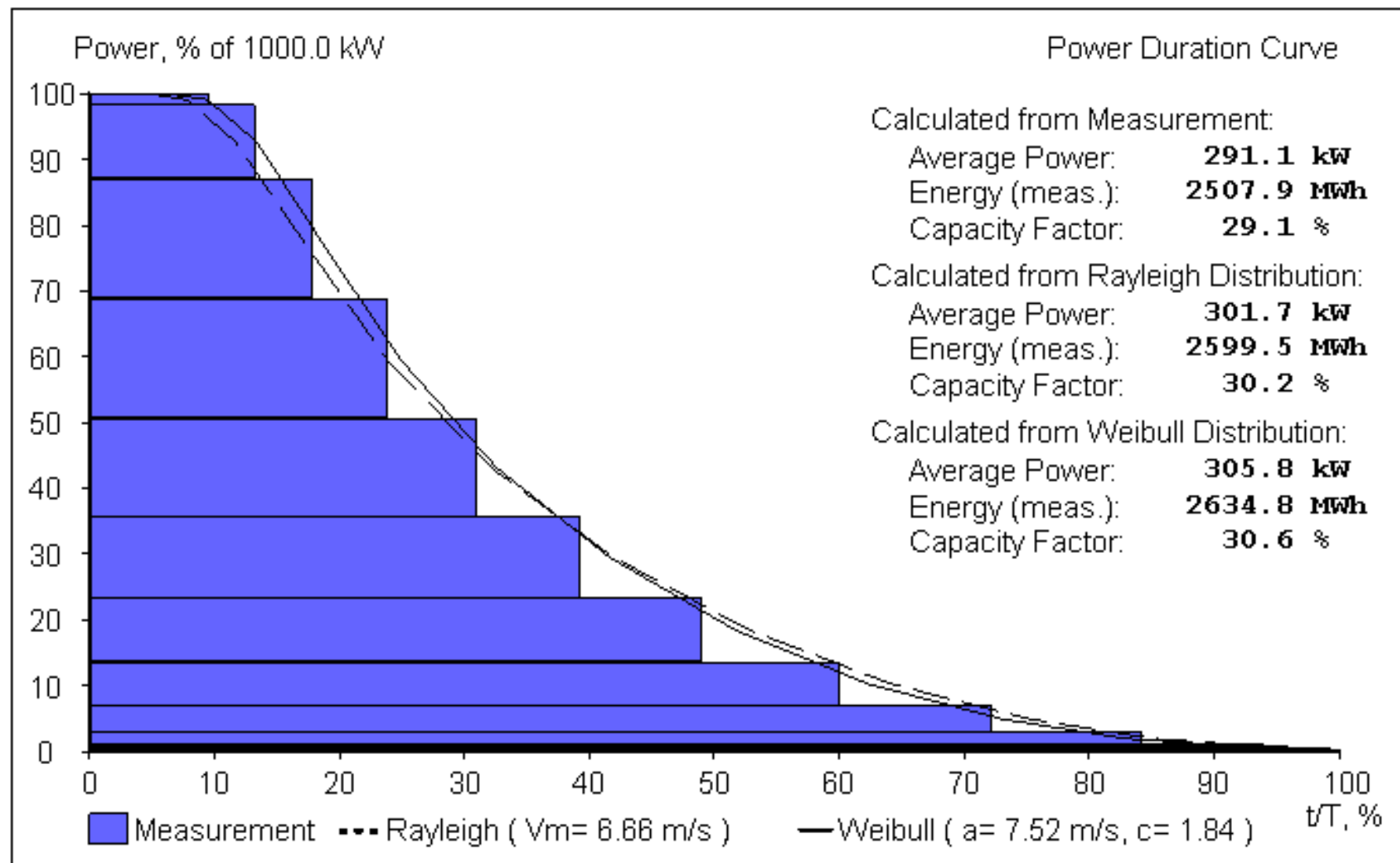
Meas.Height: 40.0 m

Temperature: 12.0 °C

D6 1MW, 62m / 80

Hub Height: 80.0 m

Conversion factor (log): 1.108 (Z0 = 0.066 m)



SÜRES

Time: 06.12.2004

Altitude: 1240 m

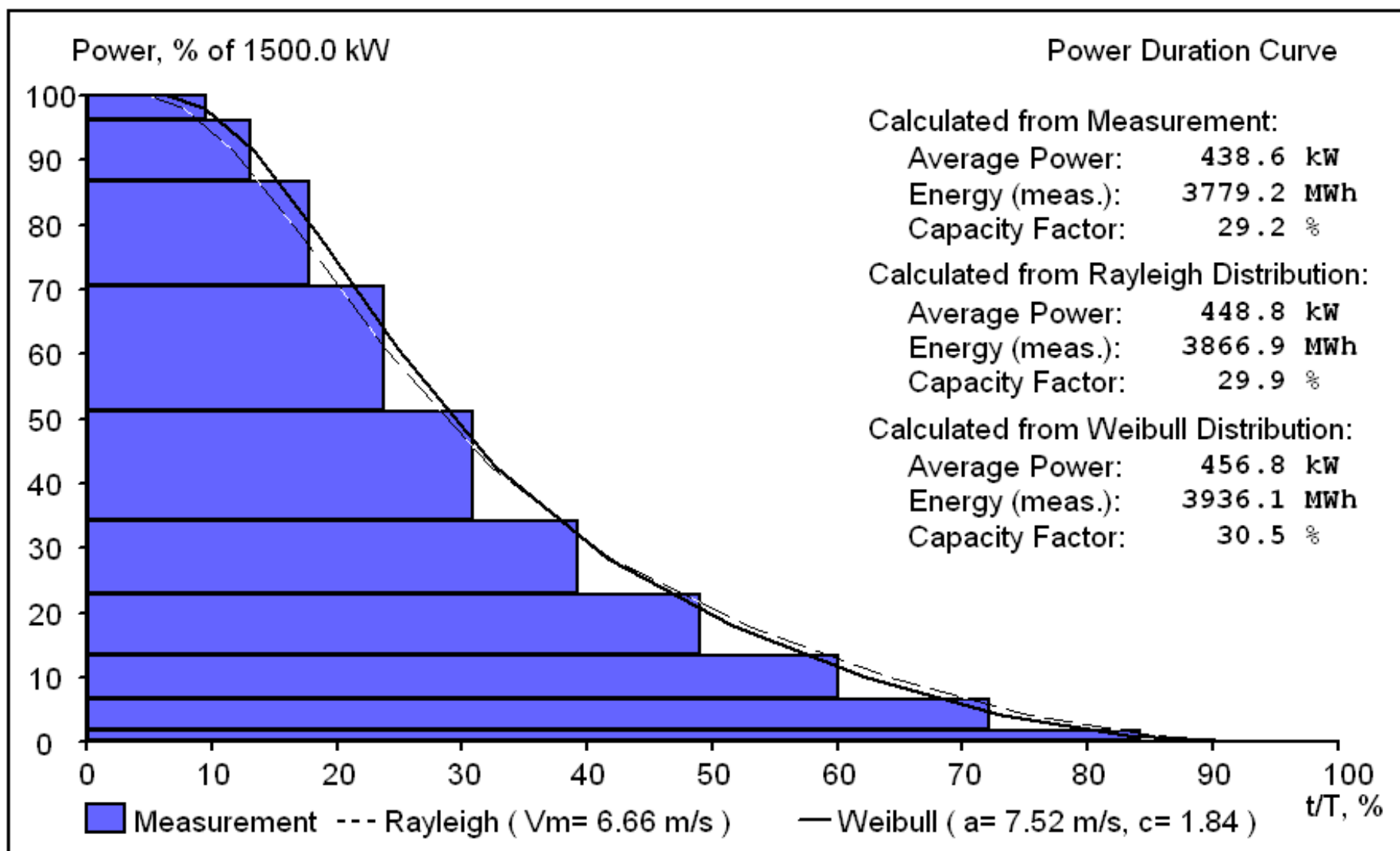
Meas.Height: 40.0 m

Temperature: 12.0 °C

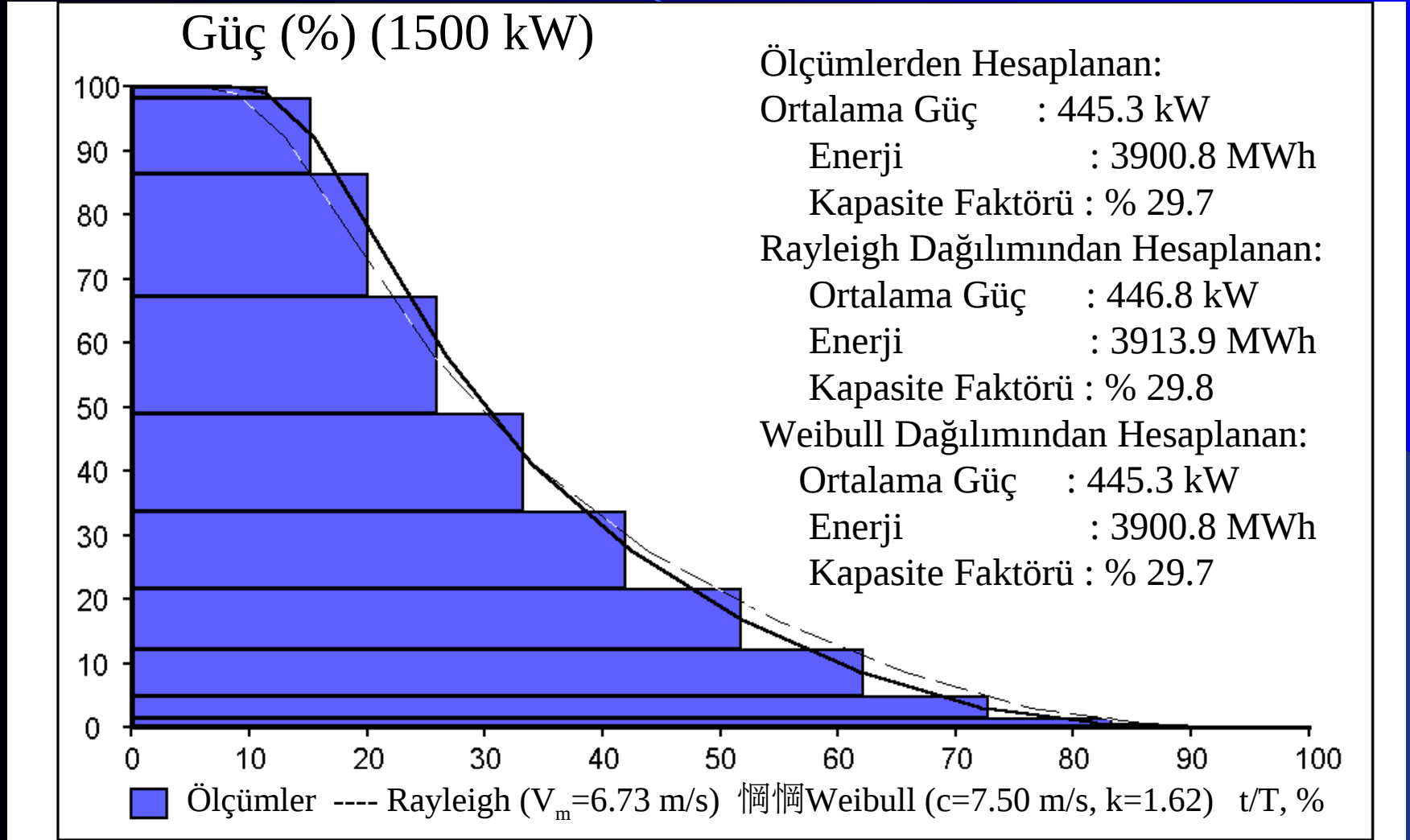
EW 1.5sl/80 theor. 12.99

Hub Height: 80.0 m

Conversion factor (log): 1.108 ($Z_0 = 0.066$ m)



Şekil : 1500 kW güçlü önerilen Türbin ile bölgede üretilebilecek enerji ve kapasite faktörü değerleri



Bir bölgede rüzgar enerjisi sisteminin ekonomik ve teknik olarak kurulup kurulamayacağına, gözlem istasyonundan elde edilen veriler irdelenerek karar verilir.

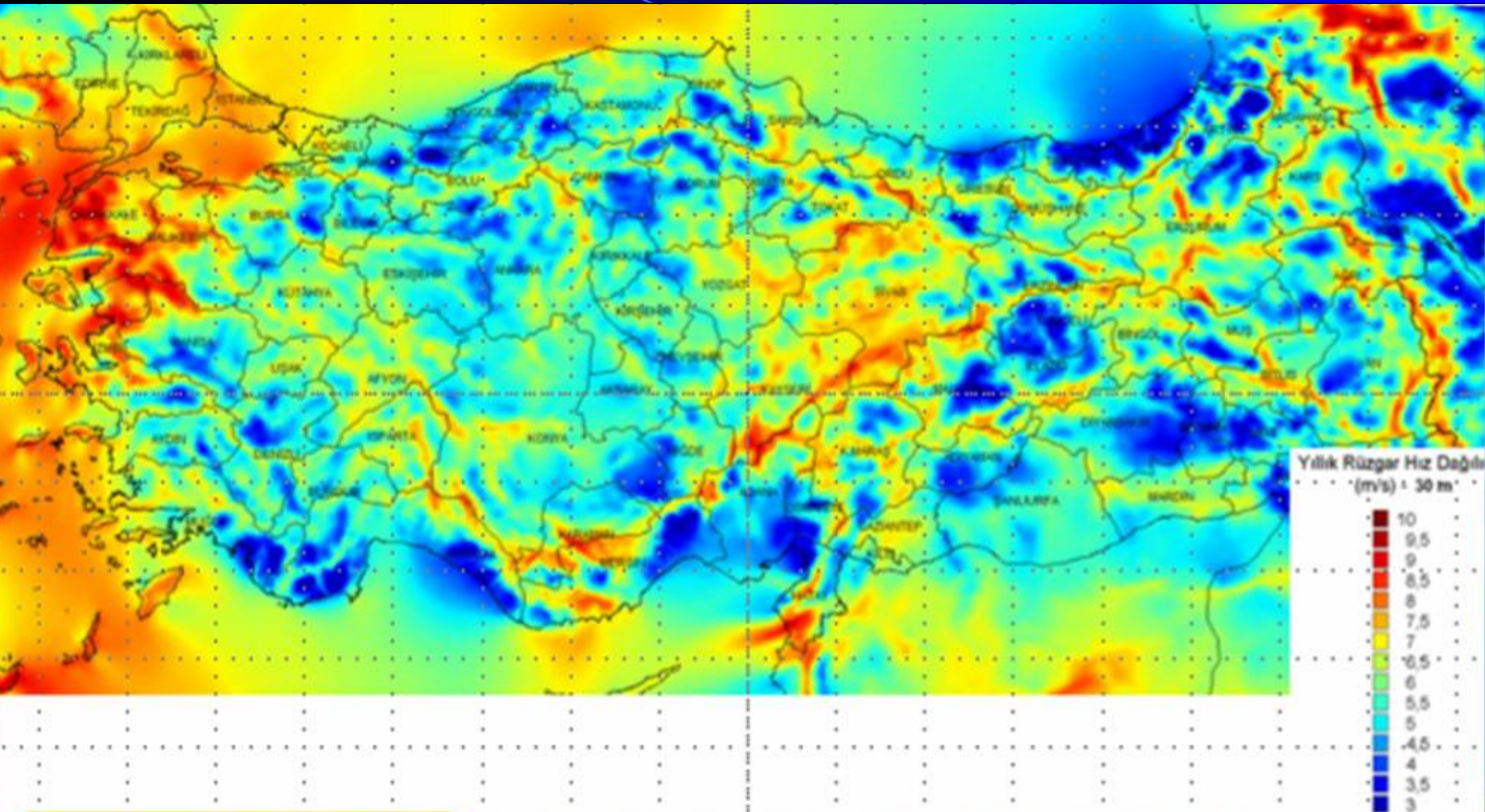
Tablo : 600-2750 kW gücündeki bazı rüzgâr türbinlerinin özelliklerinin, Mayıs 2003-Ocak 2005 arası 1.5 pürüzlülük sınıfı ve 0.055 m uzunluğu için enerji üretimlerinin karşılaştırılması.

Rüzgâr Türbini \ Gücü (kW)	Neg Micon 600/48	Neg Micon 1000/60	Nordex S77/ 1500	Neg Micon 1500/72	Bonus 2000/76	Nordex N90/ 2300	Neg Micon 2750/92
Toplam Üretilen Enerji, (kWh/yıl)	1491083	2354602	3796258	3747534	4670649	5743989	6410024
Orta. Kapasite faktörü (KF)	28	27	29	29	27	28	27
Türbin Rotor çapı ,(m)	48	60	77	72	80	90	92
Türb.Göbek yüksekliği, (m)	80	80	80	80	80	80	80
Devreye Gir. Rüz.hızı (m/s)	4	3.5	3	3	4	3	3
Devr.Çıkış Rüz. hızı, (m/s)	25	20	20	25	25	25	25
Mak. Güç Rüz. Hızı (m/s)	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
Göbek Eks. Rüz. Hızı (m/s)	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
Giriş bir. güç yoğun. (W/m ²)	441	421	421	421	421	421	421
Çıkış bir. güç yoğun. (W/m ²)	94	95	93	105	106	103	110
Birim enerji yoğunluğu (kWh/m ² /yıl)	824	833	815	920	929	903	964

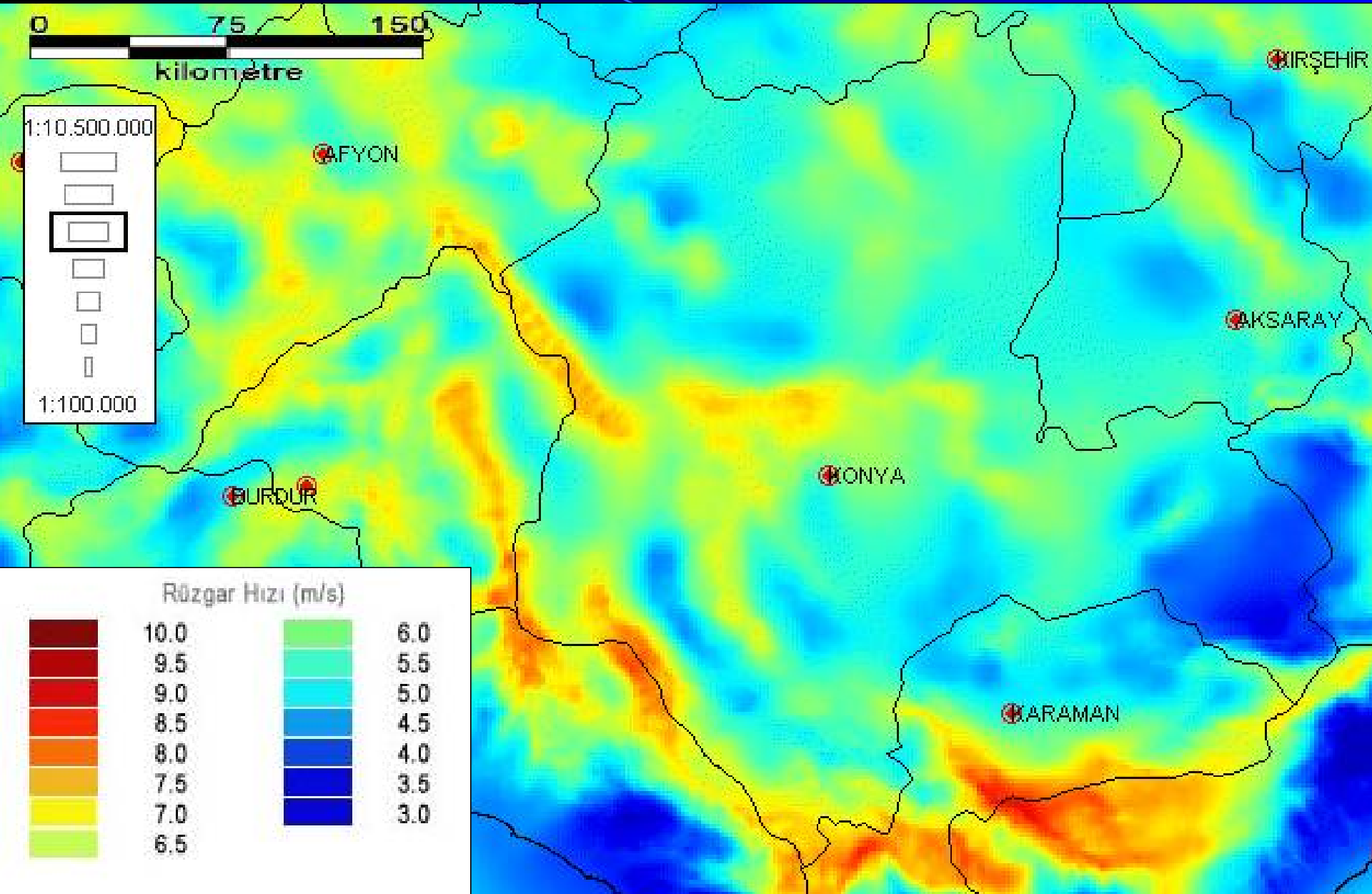
Tablo : Tablo 5.1’deki veriler kullanılarak Euro (€) biriminde maliyetlerin ve Geri Ödeme Süre (GÖS)’lerinin karşılaştırması.

Türbin Tipi \ Gücü (kW)	Neg Micon 600/48	Neg Micon 1000/60	Nordex S77/1500	Neg Micon 1500/72	Bonus 2000/76	Nordex N90/ 2300	Neg Micon 2750/92
Ür.Elek.Enrji (kWh/yıl)	1554533	2453743	3918718	3854607	4802837	5911290	6528570
Türb.Fiyat (€)	-518236	-1000000	-1450000	-1400000	-1950000	-2250000	-2675000
YEEGeliri (€)	118446.5	187041.6	301561.9	297691.4	371020.5	456283.0	509190.6
İşl.Maliy. (€)	-1184.47	-1870.42	-3015.62	-2976.91	-3710.21	-4562.83	-5091.91
YÜLBedl. (€)	-63.00	-99.49	-160.41	-158.35	-197.35	-242.70	-270.85
YİLB (€)	-63.00	-99.49	-160.41	-158.35	-197.35	-242.70	-270.85
YSKB (€)	-17753.5	-28035.0	-45200.0	-44619.9	-55610.9	-68390.6	-76320.8
YTG (€)	-19064.0	-30104.4	-48536.5	-47913.5	-59715.8	-73438.9	-81954.4
YN Gelir (€)	99382.57	156937.2	253025.4	249777.8	311304.6	382844.1	427236.2
Geri Ödeme Süresi (yıl)	5.21	6.37	5.73	5.60	6.26	5.88	6.26

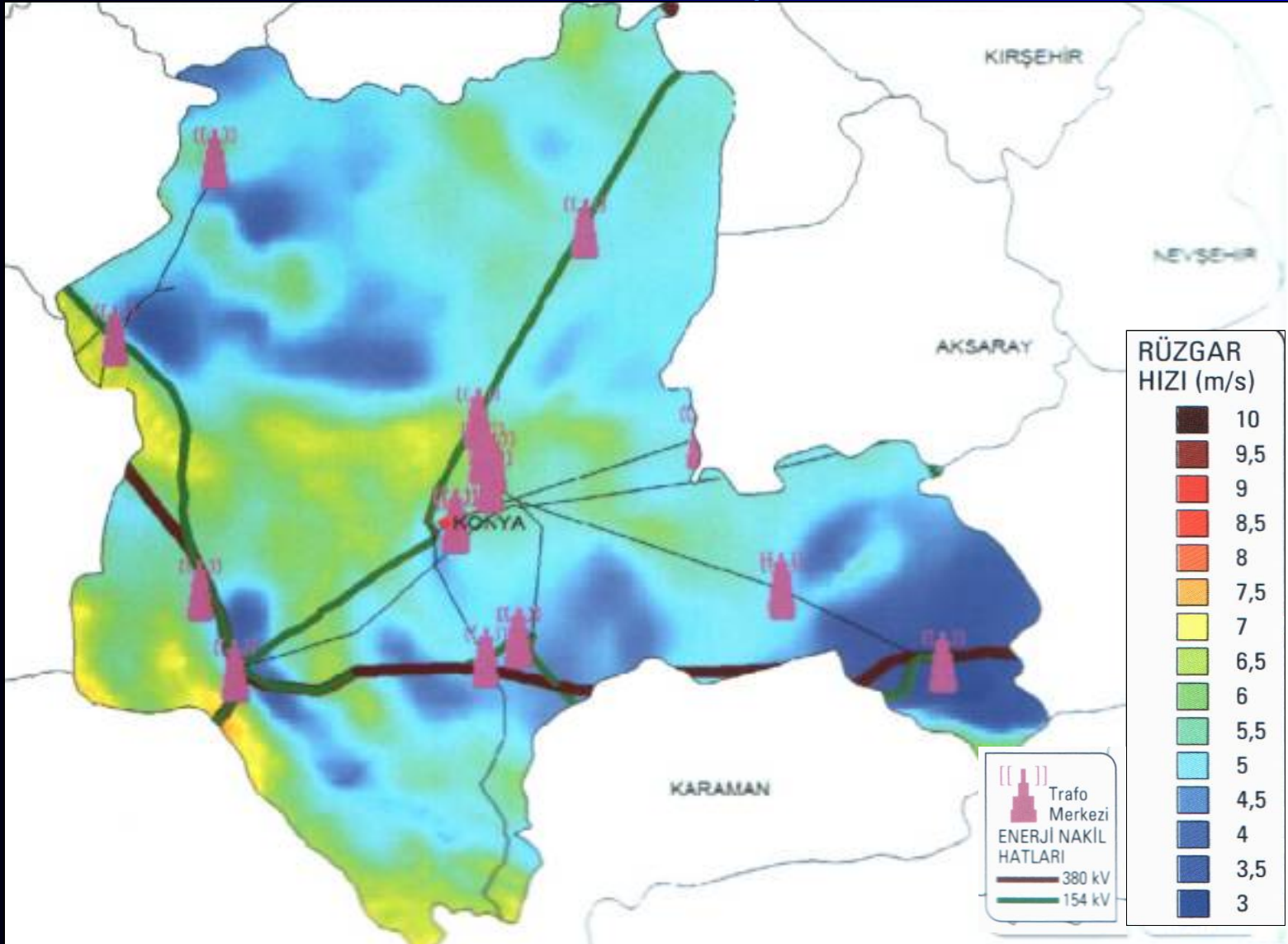
EİEİ tarafından açık alanlarda ölçülen 50 m yükseklik için Türkiye rüzgar değerleri



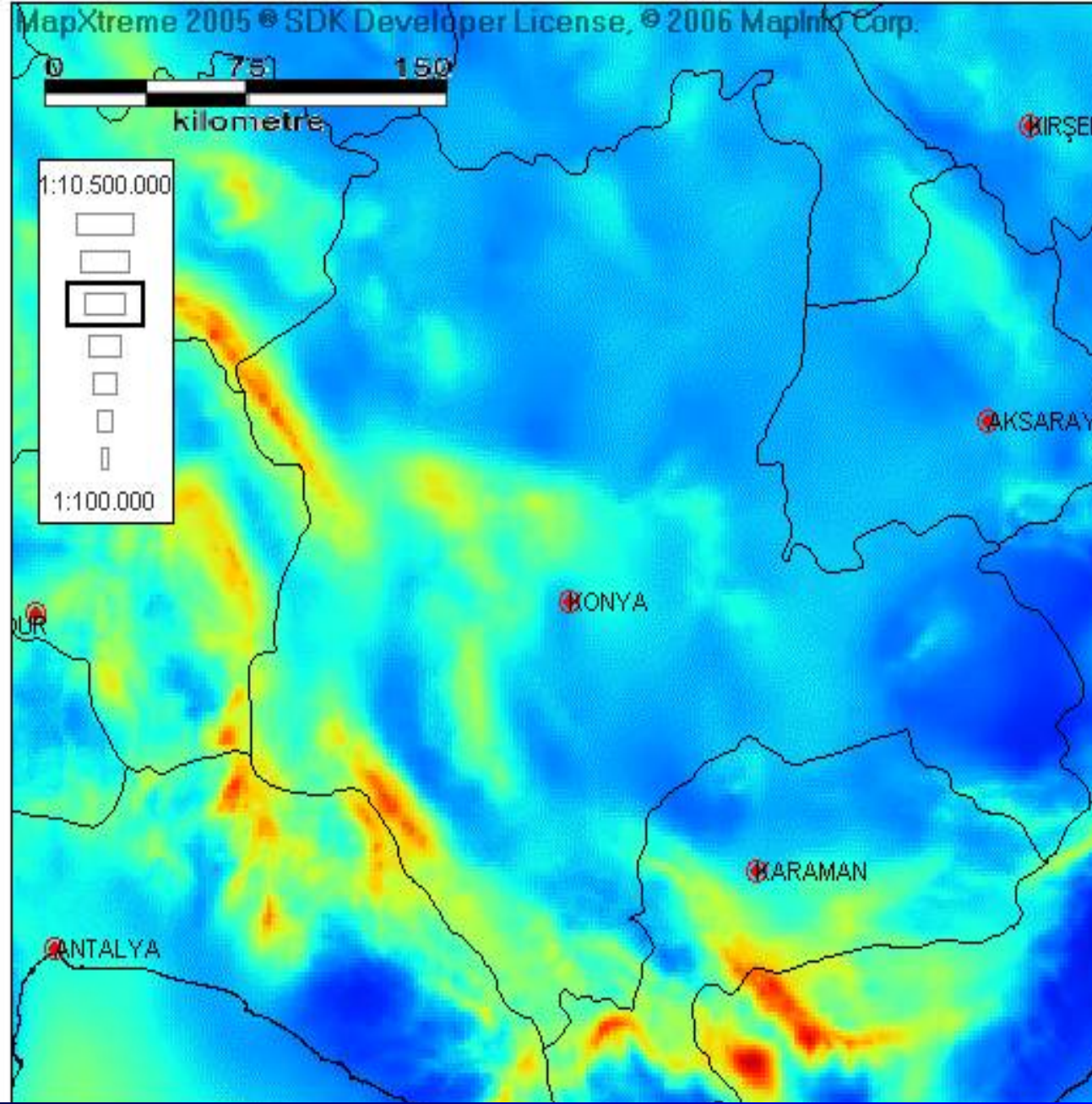
Konya ili 100 m yükseklik için yıllık ortalama rüzgar hızı dağılımı haritası

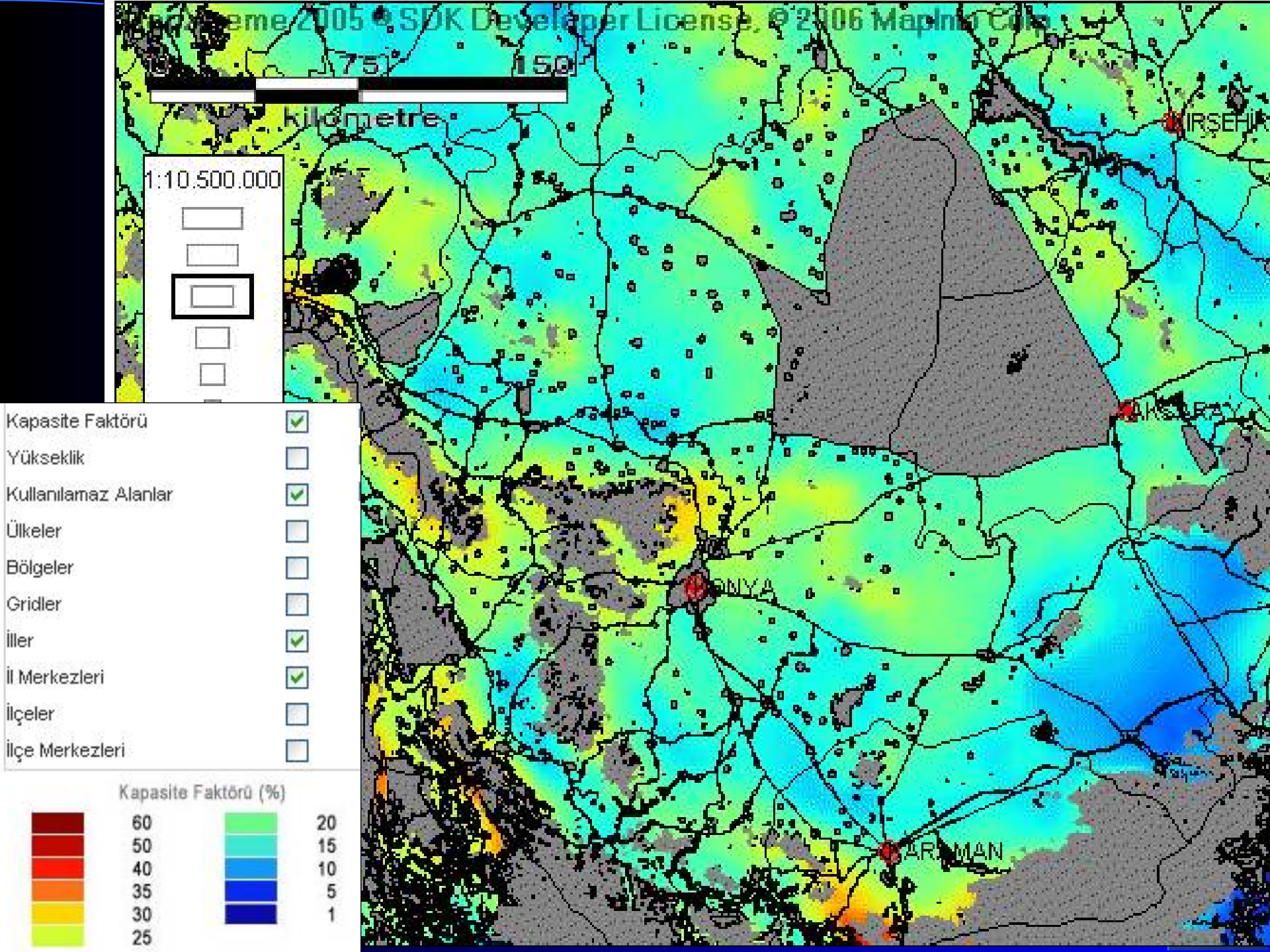


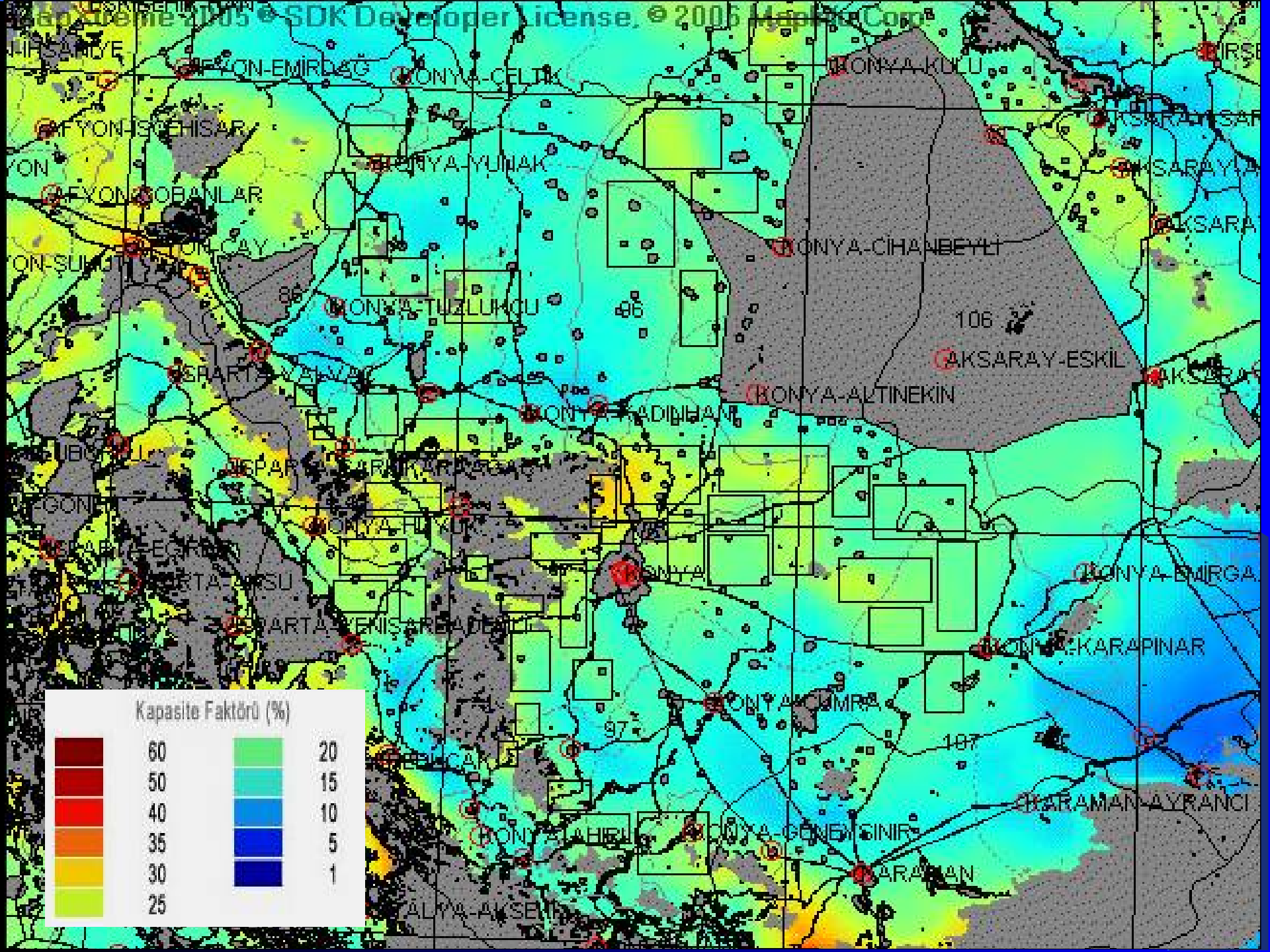
50 m yükseklik için Konya ili rüzgar hızı ve trafo merkezleri (Repa 2007)



Katmanlar	Görünür	Lejant
Rüzgar Hızı 30m	☐	☐
Rüzgar Hızı 50m	☐	☐
Rüzgar Hızı 70m	☐	☐
Rüzgar Hızı 100m	☐	☐
Rüzgar Güç Yoğunluğu 50m	☐	☐
Rüzgar Güç Yoğunluğu 100m	☒	☐
Kapasite Faktörü	☐	☐
Yükseklik	☐	☐
Kullanılamaz Alanlar	☐	☐
Ülkeler	☐	☐
Bölgeler	☐	☐
Gridler	☐	☐
İller	☒	☐
İl Merkezleri	☒	☐
İlçeler	☐	☐
İlçe Merkezleri	☐	☐





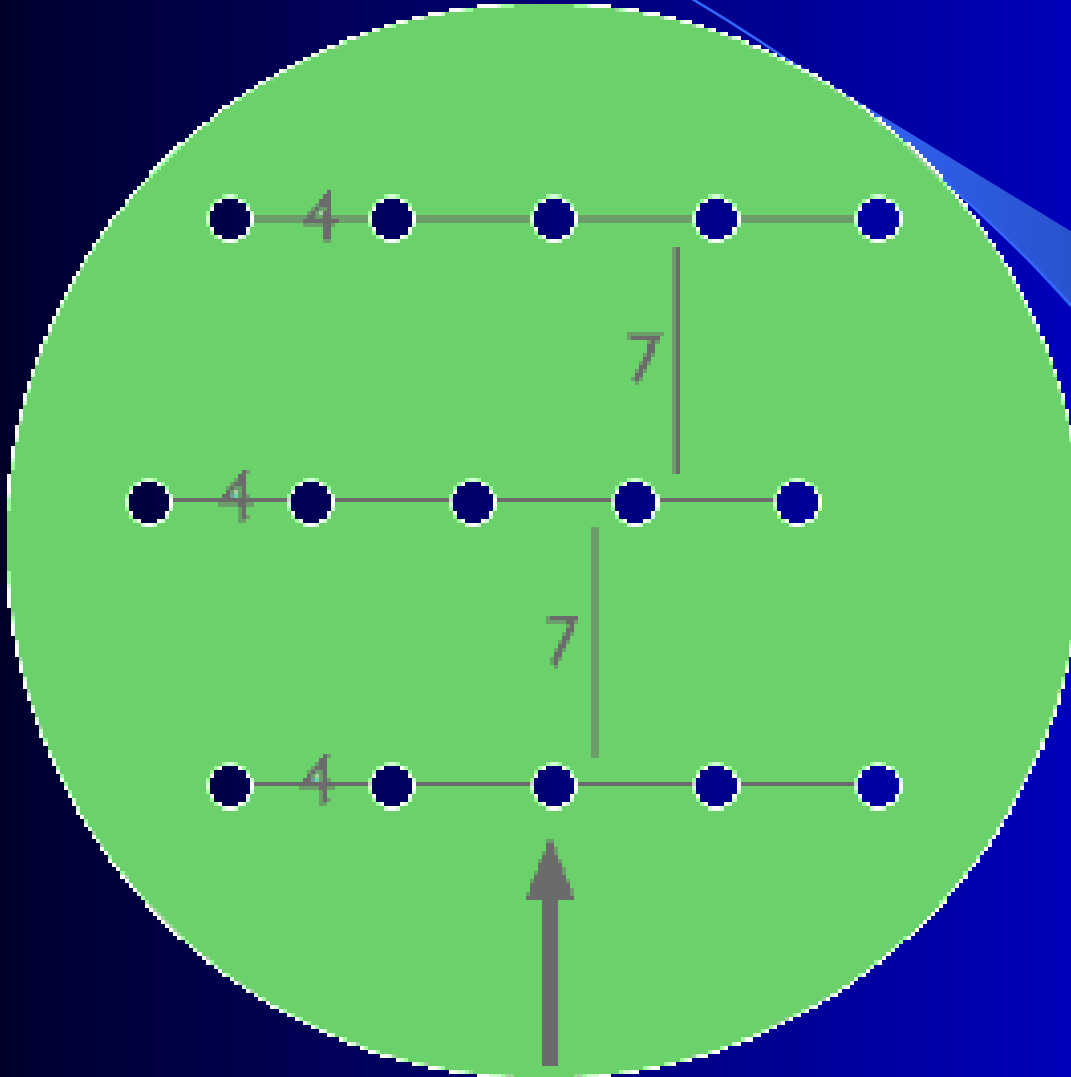


Konya ili elektrik üretim amaçlı rüzgar enerjisi potansiyeli

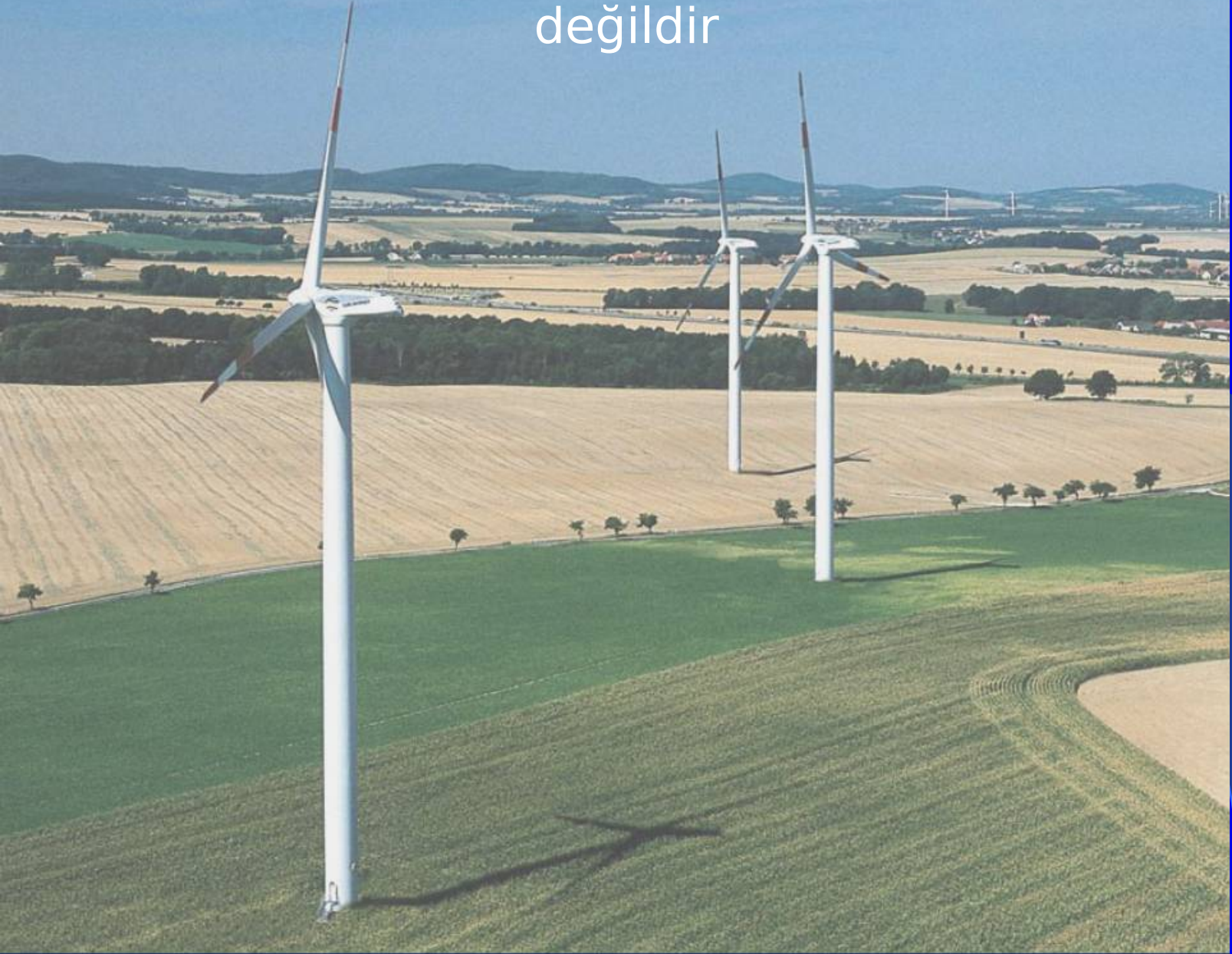
- Rüzgar türbini kurulabilecek alanlar 50 m yükseklik için verilen kapasite faktörlü haritadan kullanılamaz alanların çıkarılmasıyla bulundu
- **Kapasite Faktörü:**
Kapasite faktörü haritası 50m. yükseklikte yıllık rüzgar verileri ve 1MW gücünde bir türbin kullanılarak oluşturulmuştur. Kapasite faktörü verileri (%) birimindedir.
- Kapasite Faktörü %25 ve üzeri bölgeler santral

- Konya bölgesinin rüzgar enerjisi kapasite faktörü atlasından,
- kapasite faktörü %25, %30 ve %35 olan yerler belirlenmiştir. Konya ili genelinde
- 3 ayrı bölge için %35,
- 14 bölge için %30 ve
- 9 bölge içinde %25 kapasite faktörü değerleri belirlenmiştir.
- Bölgelerin büyüklüğü 3x15 km ile 15x30 km büyüklükleri arasındadır. Bölgelerin kapasite faktörleri için alanlar,
- %35'lik bölge 200 km², %30'luk 2800 km² ve %25'lik bölge de 1700 km² ile toplam miktar 5700 km² dir.
- Toplam ortalama bir potansiyel bulunabilse de her bir bölge ayrı ayrı analiz edilerek yerleştirilebilecek toplam türbin sayısı ve üretilebilecek enerji değerleri hesaplanmıştır.
- Bölgede türbin sayısı ve enerji hesabı için 62 m çaplı 1 MW nominal güçlü rüzgar türbini kullanılmıştır.

Şekil 1.8: Rüzgâr santrali park etkisi ile türbinler ve sıraları arası mesafeler



Ekili arazi dahil ulaşımın olduğu her uygun yere kurulabilen Rüzgâr santrali tarım yapılmasına engel değildir



- Kapasite faktörü 0,35 olan bölgeye yaklaşık 500 MW, 0,30 olan bölgeye 6000 MW ve 0,25 olan bölgeye de 3500 MW kurulu güç yerleştirilebilecektir. Yılda toplam elektrik enerjisi üretimi ise :
- $E = 8760(500 \cdot 0,35 + 6000 \cdot 0,30 + 3500 \cdot 0,25)$
- $= 24.966.000 \text{ [MWh/yıl]} \approx 25 \text{ Milyar kWh/yıl}$
- 1MWh elektrik enerjisinin konutlara satış değeri olan 150 YTL/MWh birim fiyatından toplam kazanç : $150 \cdot 24.966.000 = 3.744.900.000 \text{ YTL/yıl}$ dır.
- Döviz değeri ise $3.744.900.000 \text{ YTL} / 1.73 \text{ YTL/€} = 2.164.682.081 = 2,165 \times 10^9 \text{ €}$ dur.

- Toplam türbin sayısı 10.000 adettir ve bunun döviz değeri yaklaşık $10000 \times 1.400.000 \text{ €/1-MW}$
- $=14.000.000.000 = 14 \times 10^9 \text{ €}$ dur.
- Geri ödeme süresi ise $14 \times 10^9 / 2,165 \times 10^9 = 6,5$ yıldır.
- Konya ili sınırları dahilinde bulunan trafo merkezlerinin kısa devre gücünün %5'ini hesapladığımızda toplam 3885 MW olduğunu görüyoruz.
- Bundan rüzgar santrali yapılamayacak veya tasarlanan santrallere uzak trafo merkezleri çıkarılınca geriye Tablo 4'te verilen 3432,5 MW girilebilecek güç kalmaktadır.

Tablo 4: Konya için rüzgar santrali kurulması muhtemel bölgelerin yakınında bulunan trafo merkezleri ve kısa devre güçlerinin %5'i

KONYA	N.GÜCÜ	I Gerçek	%5*Kısa Dev.Güç
TM. ADI	(MVA)	kA	MW
KONYA-1	185	6,4	256,1
KONYA-2	110	5,7	152,0
KONYA-3	130	8,4	224,0
KONYA-4	530	7-11	1145
CİHANBEYLİ	50	23,5	68,6
LADİK	50	21,0	64,8
ÇUMRA	91	6,2	183,1
KARAPINAR	75	3	80,0
KARASINIR	32,6	1,6	36,4
A.B.HÜYÜĞÜ	76,3	3-5,4	120
SEYDİŞEHİR	108	9-10,4	876,3
AKŞEHİR	50	2,8	74,6
YUNAK	50	1,5	40,0
KIZÖREN	130	3,4	90,6
BEYŞEHİR	50	4,1	54,7
TOP. GÜÇ	1947,5		3432,5

KARŞILAŞTIRMA

- Hesaplamış olduğumuz Konya'nın toplam rüzgar elektrik santrali kurulu gücünün günümüzde ancak
- yaklaşık 3.500 MW'lık kısmının pratikte gerçekleştirilebileceği görülmektedir.
- Bunun gerçek faydalı güç oranı ise %30 kapasite faktöründen 1000 MW olmaktadır. Teknik olarak kurulabilir güç (3.500 MW) ile de 8,75 milyar kWh/yıl elektrik enerjisi üretilebilecektir. Burada bulduğumuz brüt üretim potansiyeli olan 25 milyar kWh/yıl ve teknik olarak trafo sistemlerine uygun 8,75 milyar kWh/yıl değerleri
- 2006 yılı toplam elektrik üretimimiz olan 175 milyar kWh değerinin 1/7 si ve 1/20 sidir.

SONUÇ

- Konya için hesaplanan rüzgar teknik gerçek potansiyel **1000 MW** gücü, orta büyüklükte bir nükleer santralin gücüne eşittir.
- Nükleer santral ile kontrol edilebilir, sürekli ve %90 kapasite faktörüne varan bir enerji üretilebilirken, rüzgar santralleri ile dalgalı ve **%50** kapasite faktörlü bir enerji üretilebilmektedir.
- Ayrıca rüzgar santralleri sürekli rüzgar esmediği için kesintili çalıştıklarından rüzgarın olmadığı zamanlarda sistem büyük hidroelektrik, termik veya nükleer santraller ile desteklenmeleri gerekir.

SONUÇ

- Rüzgar santralleri nükleer ve termik santrallerden çok daha fazla yer kaplamaktadır. Konya ili için hesapladığımız teknik kurulabilir **3.500 MW** rüzgar santrali toplam yaklaşık **700-1000 km²** gibi büyük bir alan gerektirir.
- Dolayısıyla rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarını en optimum şekilde kullanmalıyız.
- REPA verilerine göre Türkiye'nin toplam rüzgar potansiyeli ile toplam 48.000 MW kurulu güç ve yılda 147 TWh (Milyar kWh) elektrik üretebiliyor. Bu da potansiyelin tamamı kullanılsa bile 2008 yılı brüt elektrik enerjisi talebi olan 250 TWh değerinin % 59 kadarı, 2020 yılı talebi olan 547 TWh değerinin % 27 sini karşılayabilecektir.

SONUÇ

- Ancak dünyada gelişmiş ülkeler tarafından da kullanılan diğer **güvenilir** ve **sürekli enerji** üretebilen nükleer , hidroelektrik ve termik santralleri de ihmal etmemeliyiz.
- Çünkü yenilenebilir kaynakları ile enerji ihtiyacımızın tamamını **karşılayamayız** ve hala **maliyeti yüksektir**.



- SUNUMUMUZ BİTMİŞTİR
- TEŞEKKÜR EDERİM

- Yrd. Doç.Dr. Faruk KÖSE

Selçuk Ün. Müh. Mim.Fak.Mak. Müh. Böl. Enerji
Anabilim Dalı / Konya