

RÜZGAR ENERJİSİ

Cihan DÜNDAR

Tel: 312 302 26 88

Faks : 312 361 20 40

e-mail : cdundar@meteor.gov.tr

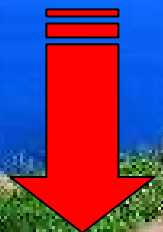
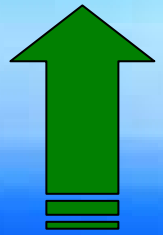


Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
Araştırma Şube Müdürlüğü

Enerji Kullanımının Tarihsel Gelişimi



100 bin yıl önce	Avcı İnsan	5 milyon kalori
İ.Ö. 5000	İlkel Tarım İnsanı	12 milyon kalori
İ.S. 1400	İleri Tarım İnsanı	26 milyon kalori
İ.S. 1850 – 1900	Sanayi İnsanı	77 milyon kalori
İ.S. 1970 – 2000	Teknoloji insanı	230 milyon kalori



PROBLEM :

Kaynaklar sınırlı, tüketim artıyor

1900-2000 arası	Artış Oranı
Küresel nüfus	4 kat
Küresel enerji tüketimi	16 kat
Küresel ekonomi	14 kat
Endüstriyel üretim	40 kat
CO₂ emisyonları	17 kat
SO₂ emisyonları	13 kat
Ormanlar	0.8 kat

Enerji Kaynakları

Yenilenemeyen Kaynaklar

Kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil nitelikli yakıtlar ile nükleer enerji

Yenilenebilir Kaynaklar

Güneş, **rüzgar**, su, odun, bitkiler, jeotermal, dalga ve gel-git

Enerjide Önemli Parametreler

1. Ucuz olacak
2. Güvenli olacak
3. Verimli olacak
4. Yerel olacak
5. Kaynak çeşitliliği sağlanacak
6. Temiz ve çevre dostu olacak

	İklim Değ.	Asit Yağ.	Su Kir.	Toprak Kir.	Gürültü	Radyasyon	Görüntü/Estetik
Petrol	X	X	X	X	X	-	?
Kömür	X	X	X	X	X	X	?
Doğalgaz	X	X	X	-	X	-	?
Nükleer	-	-	X	X	?	X	?
Hidrolik	X	-	X	X	?	-	?
Rüzgar	-	-	-	-	X	-	?
Güneş	-	-	-	-	-	-	?
Jeotermal	-	-	X	X	-	?	?

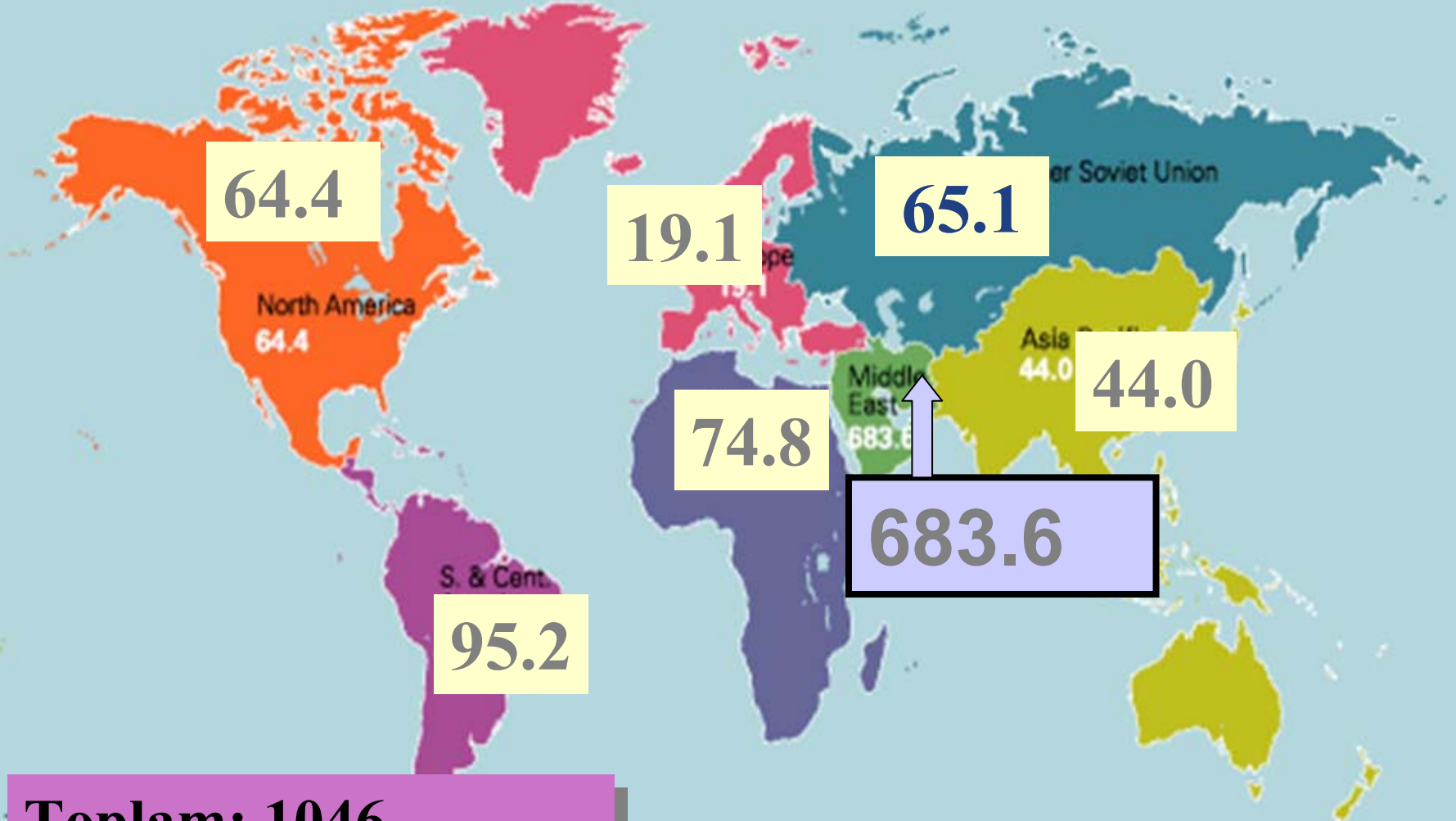
Enerji Kaynaklarının Üretim Süreçlerindeki Çevresel Etkileri

	Dışsal / Yerel	Kalan Ömür (yıl)	İstihdam (kişi/ yıl.TWh)	Yatırım Maliyeti (\$/KW)	Üretim Maliyeti (cent/KWh)
Petrol	Dış	40-45	260	1500-2000	5.0 - 6.0
Kömür	Yerel/ Dış	200-250	370	1400-1600	2.5 - 3.0
Doğalgaz	Dış	60-65	250	600-700	3.0 - 3.5
Nükleer	Dış		75	3000-4000	7.5 - 12.0
Hidrolik	Yerel	-	250	750-1200	0.5 - 2.0
Rüzgar	Yerel	-	918	1000-1200	3.5 - 4.5
Güneş	Yerel	-	7600	Yüksek	10.0 - 20.0
Jeotermal	Yerel	-		1500-2000	3.0 - 4.0

Enerji üretim maliyetlerine çevresel maliyetler dahil değildir.

Enerji Kaynaklarının Karşılaştırması

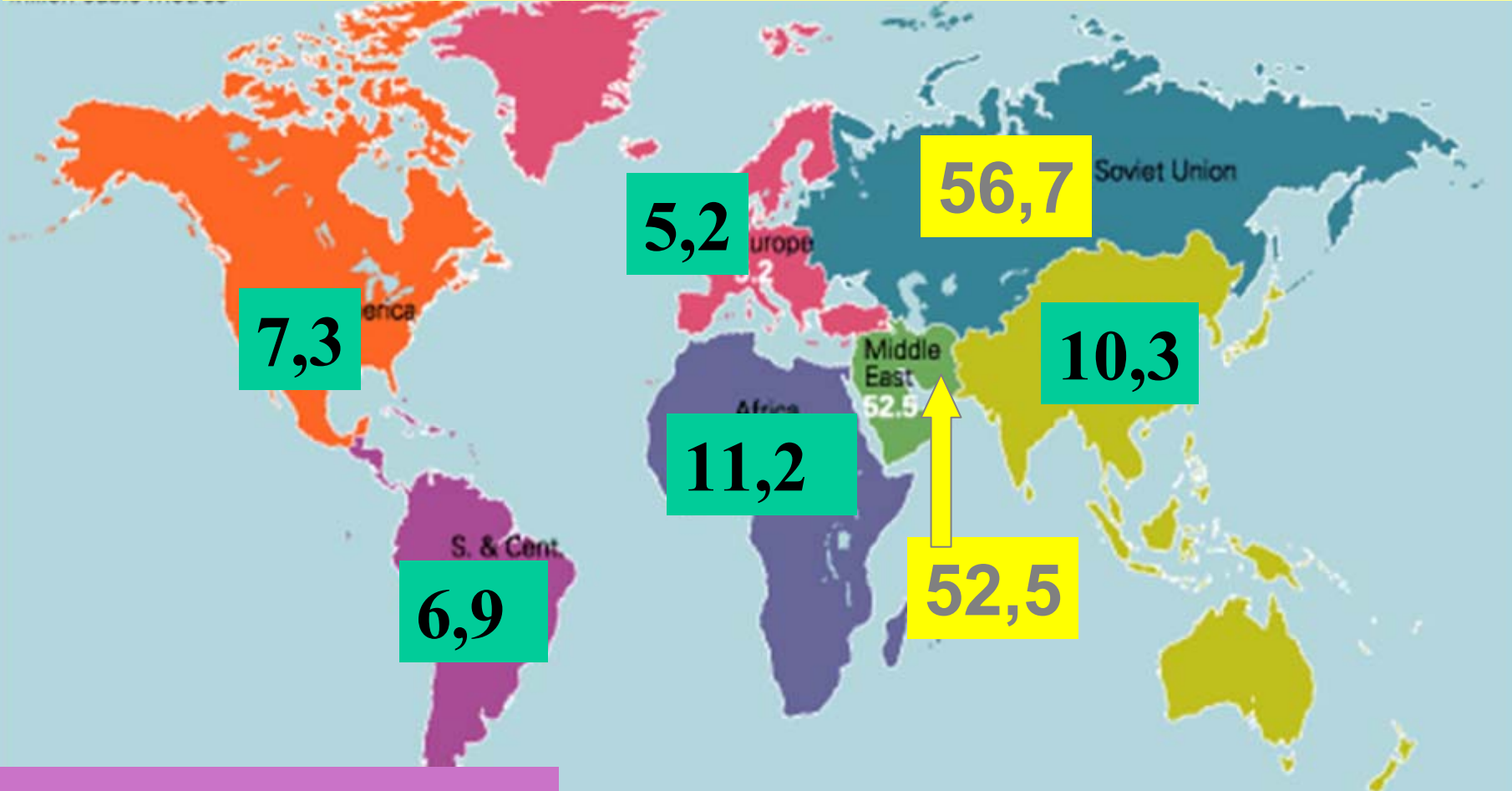
Dünya Üretilbilir Petrol Rezervleri (milyar varil, 2000)



**Toplam: 1046
milyar varil**

*Kaynak: BP Statistical World Review,
June 2001*

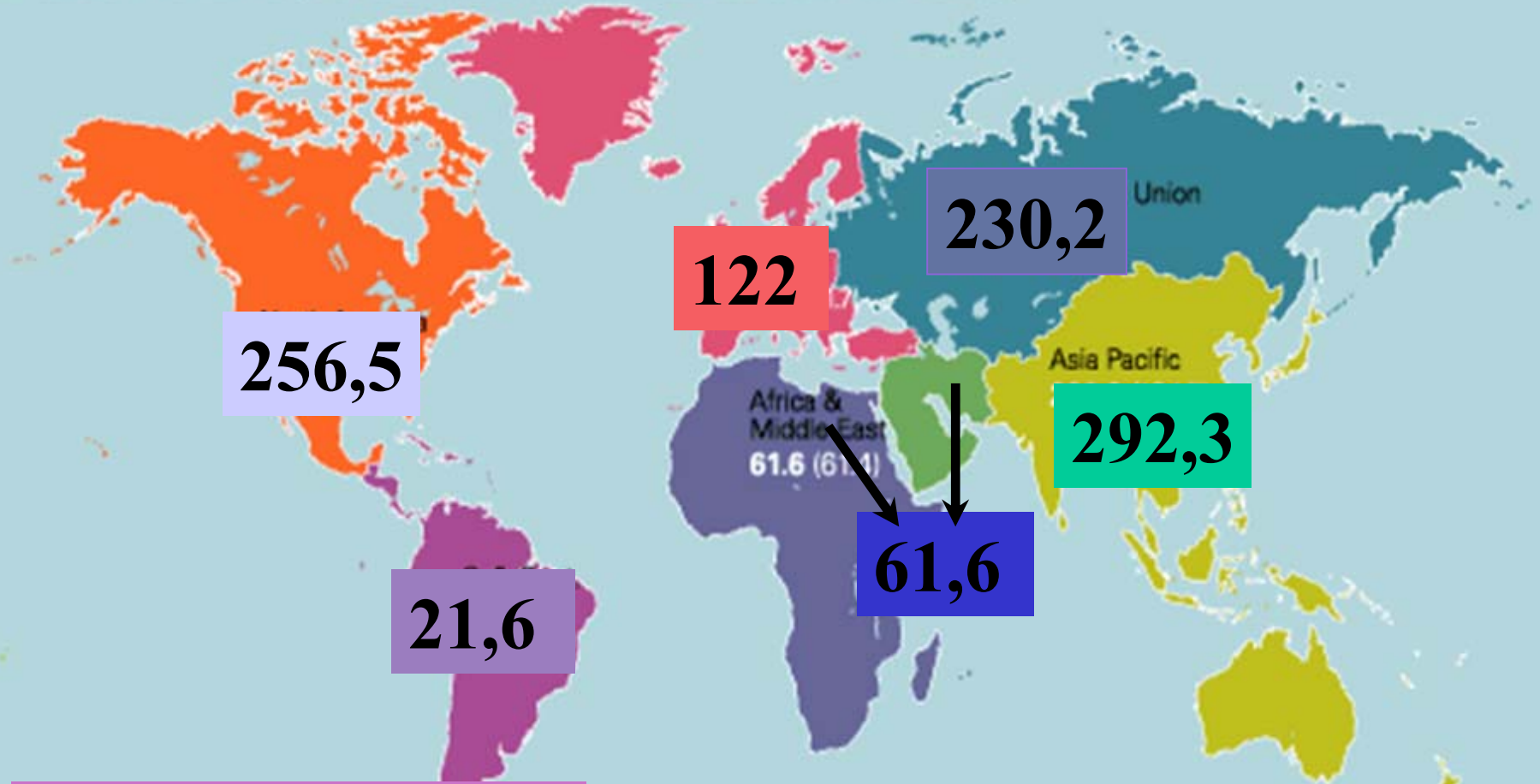
Dünya Üretilebilir Doğal Gaz Rezervleri (trilyon m³, 2000)



Toplam: 146,3
trilyon m³

*Kaynak: BP Statistical World Review,
June 2001*

Dünya Üretilebilir Kömür Rezervleri (milyar ton, 2000)



**Toplam: 984,2
milyar ton**

*Kaynak: BP Statistical World Review,
June 2001*

Elektrik üretimi sırasında; Küresel Isınma ve Asit Yağmurlarına neden olan CO₂, SO₂ ve NO_x emisyonları

Enerji Kaynağı	CO ₂ (kg/1000 kWh)	SO ₂ (kg/1000 kWh)	NO _x (kg/1000 kWh)
Kömür	963	0,62	3,6
Doğalgaz	608	0,0032	2,1
Petrol	890	5,58	1,6
Rüzgar	~ 0.0	~ 0.0	~ 0.0



**İnsan Aktiviteleri
(Enerji, Sanayi vs.)**

**Sera Gazları
(CO₂, Metan vs.)**

**Küresel
Isınma**

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN OLASI SONUÇLARI

2100 yılına kadar

Küresel Sıcaklıkta
1.4 – 5.8 °C artış

Deniz Seviyesinde
15 – 95 cm artış

hidrolojik
döngünün
değişmesi

iklim
kuşaklarının
yer değiştirmesi

üretimde
azalma
ve kıtlık

kara ve deniz
buzullarının
erimesi

salgın
hastalıkların
artması

kuraklık ve su
kaynaklarının
azalması

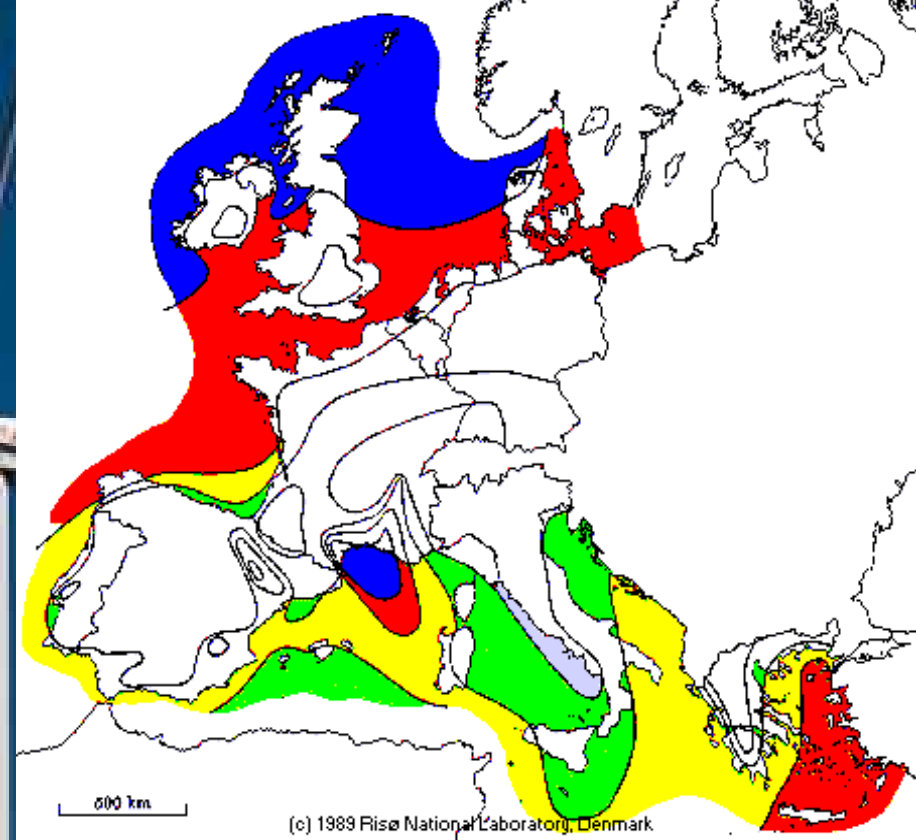
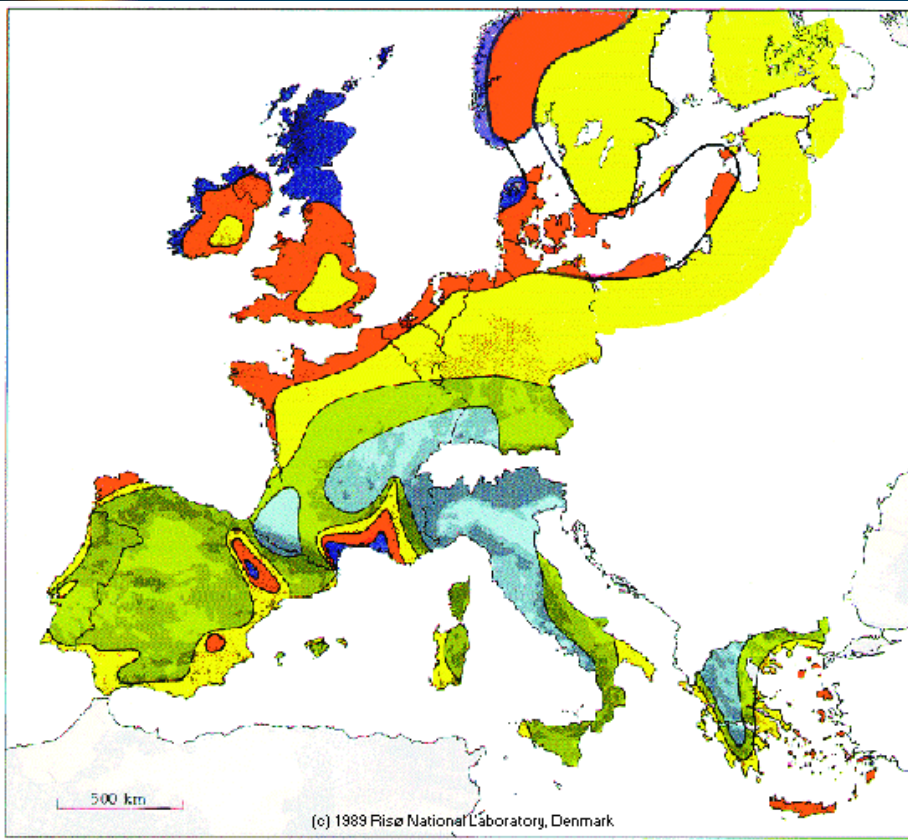
Rüzgar Enerjisinin Avantajları;






- 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.
- Yüksek miktarda istihdam yaratır.

Rüzgar Enerjisinin Dezavantajları;

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

Avrupa Rüzgar Atlası



					
u (m/s) *	> 7.5	6.5 – 7.5	5.5 – 6.5	4.5 – 5.5	< 4.5
P (W/m²) *	> 500	300 - 500	200 - 300	100 - 200	< 100

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

Avrupa Birliği Rüzgar Kurulu Gücü

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

EU – 48,027 MW

ACCESSION COUNTRIES – 68 MW

EFTA COUNTRIES – 325.6 MW

Iceland
0

Faroe Islands
4

Rep. of Ireland
745

UK
1,963

Netherlands
1,560

Belgium
193

Luxembourg
35

France
1,567

Switzerland
11.6

Portugal
1,716

Spain
11,615

Austria
965

Slovenia
0

Italy
2,123

Malta
0

Norway
314

Sweden
572

Denmark
3,136

Germany
20,622

Poland
152.5

Czech Republic
50

Slovakia
5

Hungary
61

Croatia
17.2

Romania
3

Bulgaria
32

Greece
746

Ireland
86

Estonia
32

Latvia
27

Lithuania
55.5

Ukraine
85.5

Turkey
51

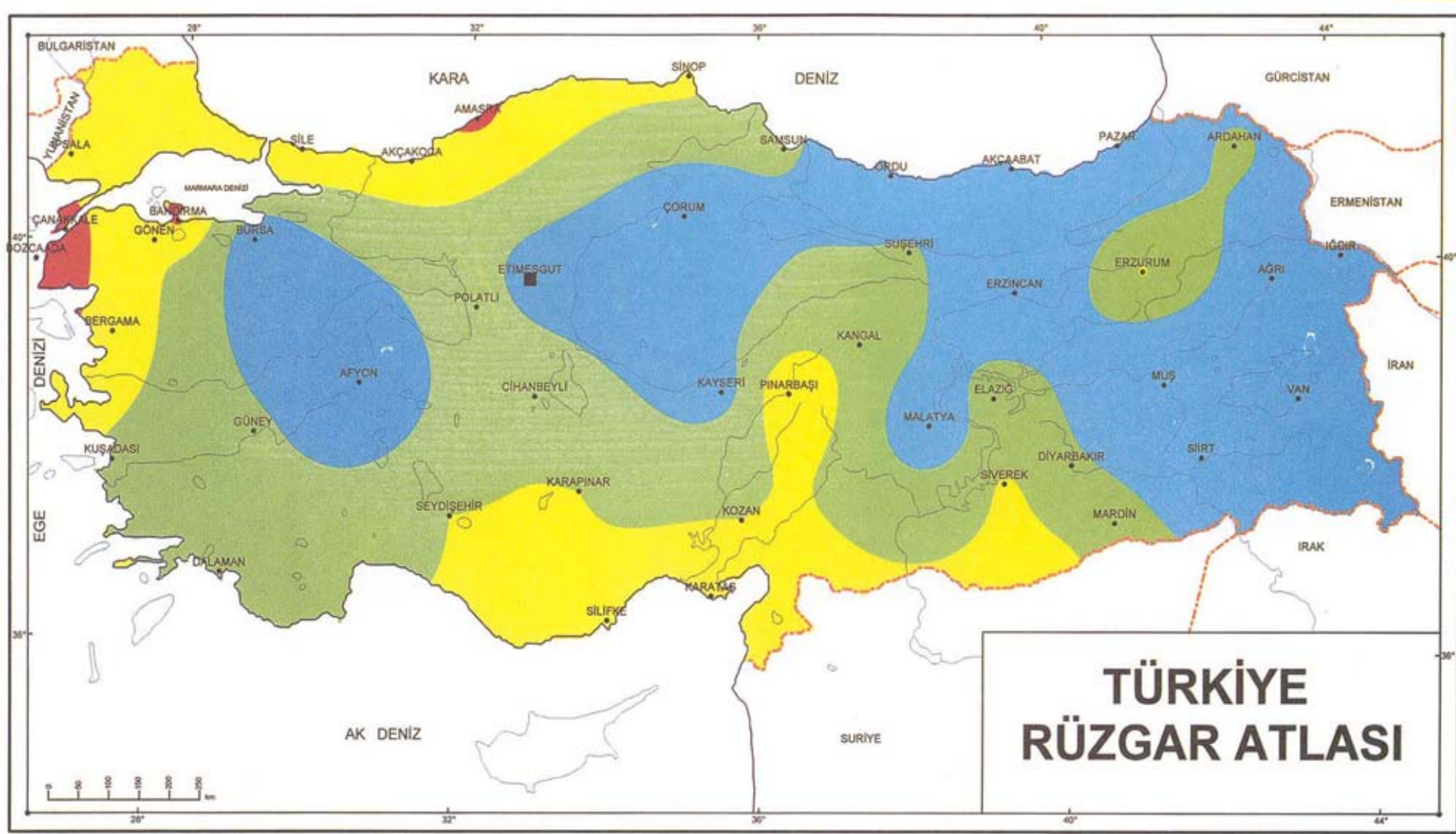
Cyprus
0

Source: EWEA (www.ewea.org)



EWEA

THE EUROPEAN WIND ENERGY ASSOCIATION



TÜRKİYE RÜZGAR ATLASI

Beş farklı topoğrafik durum için yer seviyesinden 50 m yükseklikteki rüzgar potansiyelleri¹

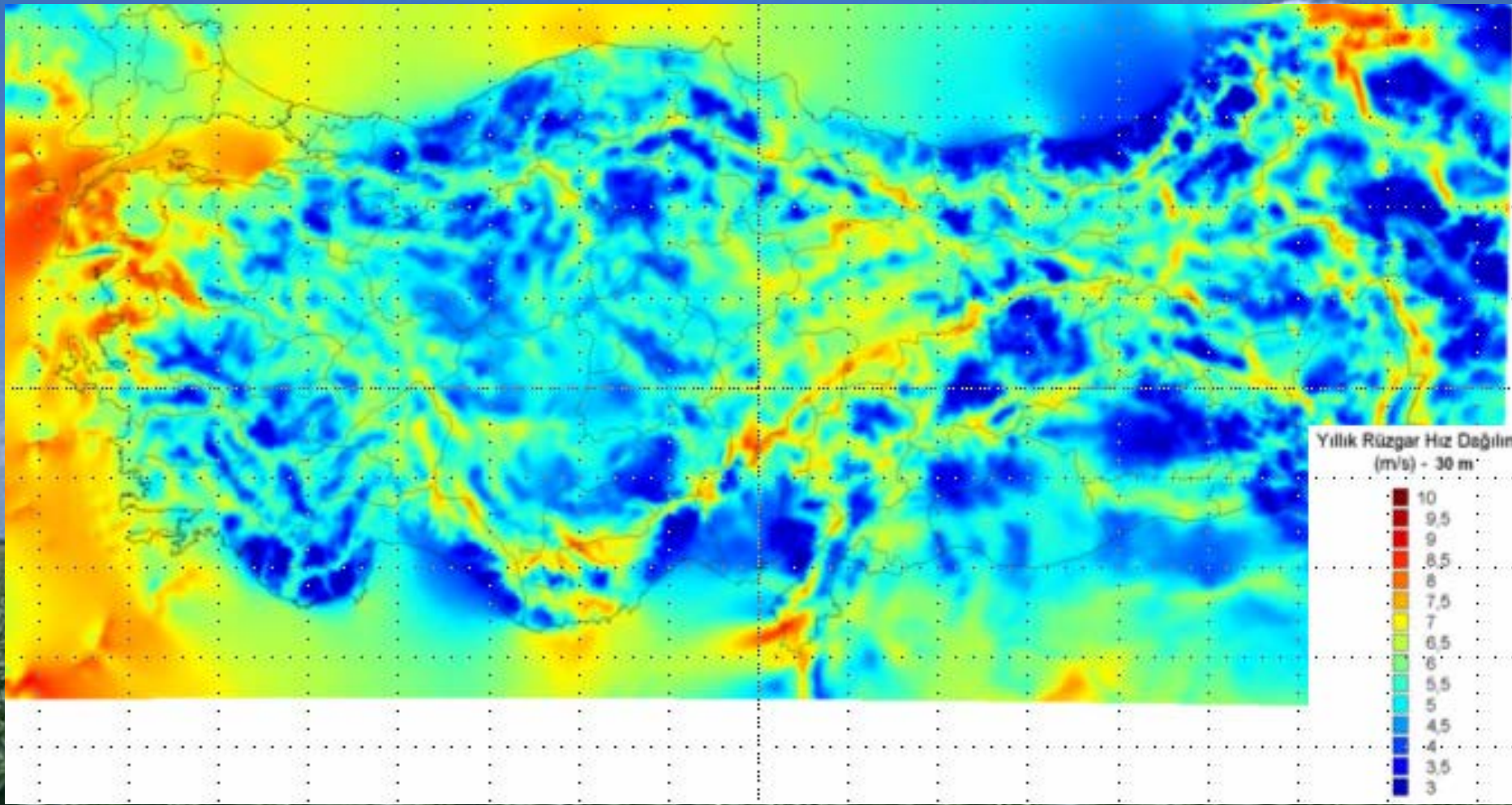
	Kapalı Araziler ²		Açık Araziler ³		Kıyılar ⁴		Açık Deniz ⁵		Tepe ve Bayırlar ⁶	
	ms ⁻¹	Wh ²	ms ⁻¹	Wh ²	ms ⁻¹	Wh ²	ms ⁻¹	Wh ²	ms ⁻¹	Wh ²
Dark Blue	> 6.0	> 250	> 7.5	> 500	> 8.5	> 700	> 9.0	> 800	> 11.5	> 1800
Red	5.0-6.0	150-250	6.5-7.5	300-500	7.0-8.5	400-700	8.0-9.0	600-800	10.0-11.5	1200-1800
Yellow	4.5-5.0	100-150	5.5-6.5	200-300	6.0-7.0	250-400	7.0-8.0	400-600	8.5-10.0	700-1200
Green	3.5-4.5	50-100	4.5-5.5	100-200	5.0-6.0	150-250	5.5-7.0	200-400	7.0-8.5	400-700
Blue	< 3.5	< 50	< 4.5	< 100	< 5.0	< 150	< 5.5	< 200	< 7.0	< 400

- Rüzgar potansiyeli, rüzgarın gücünü temsil etmektedir. Rüzgar türbini halihazırındaki potansiyelin % 20 ile % 30 luk bölümünü kullanabilir. Potansiyel hesaplamaları; deniz seviyesinde 1 Atm lik standart basınç ve 15 °C sıcaklığa karşılık gelen 1.23 kg/m³ hava yoğunluğuna göre yapılmıştır.
- Yerleşim alanları, ormanlar ve rüzgar kırıcıların yoğun olduğu tarım alanları (pürüzlülük sınıfı 3)
- Az sayıda rüzgar kırıcının olduğu açık araziler (pürüzlülük sınıfı 1). İç bölgelerde en fazla tercih edilen alanlar genellikle bu sınıfta bulunmaktadır.
- Düğüen kıyı alanları ve çok az sayıda rüzgar kırıcı içeren kara yüzeyleri (pürüzlülük sınıfı 1). Eğer hakim rüzgar yönü deniz tarafından ve sürekli ise, potansiyel daha fazla olabilir. Tam tersi durumda ise potansiyel daha az olabilir.
- Kıyılardan en az 10 km uzaklıktaki açık denizler (pürüzlülük sınıfı 0).
- Bütün sınıflarda % 50 ye varan bir hız artışı görülmektedir ve bu sonuç 400 m yüksekliğinde ve 4 km çapındaki simetrik bir tepede yapılan hesaplamalarda elde edilmiştir. Rüzgar hızındaki artış; tepenin yüksekliğine, uzunluğuna ve yapısına bağlıdır.

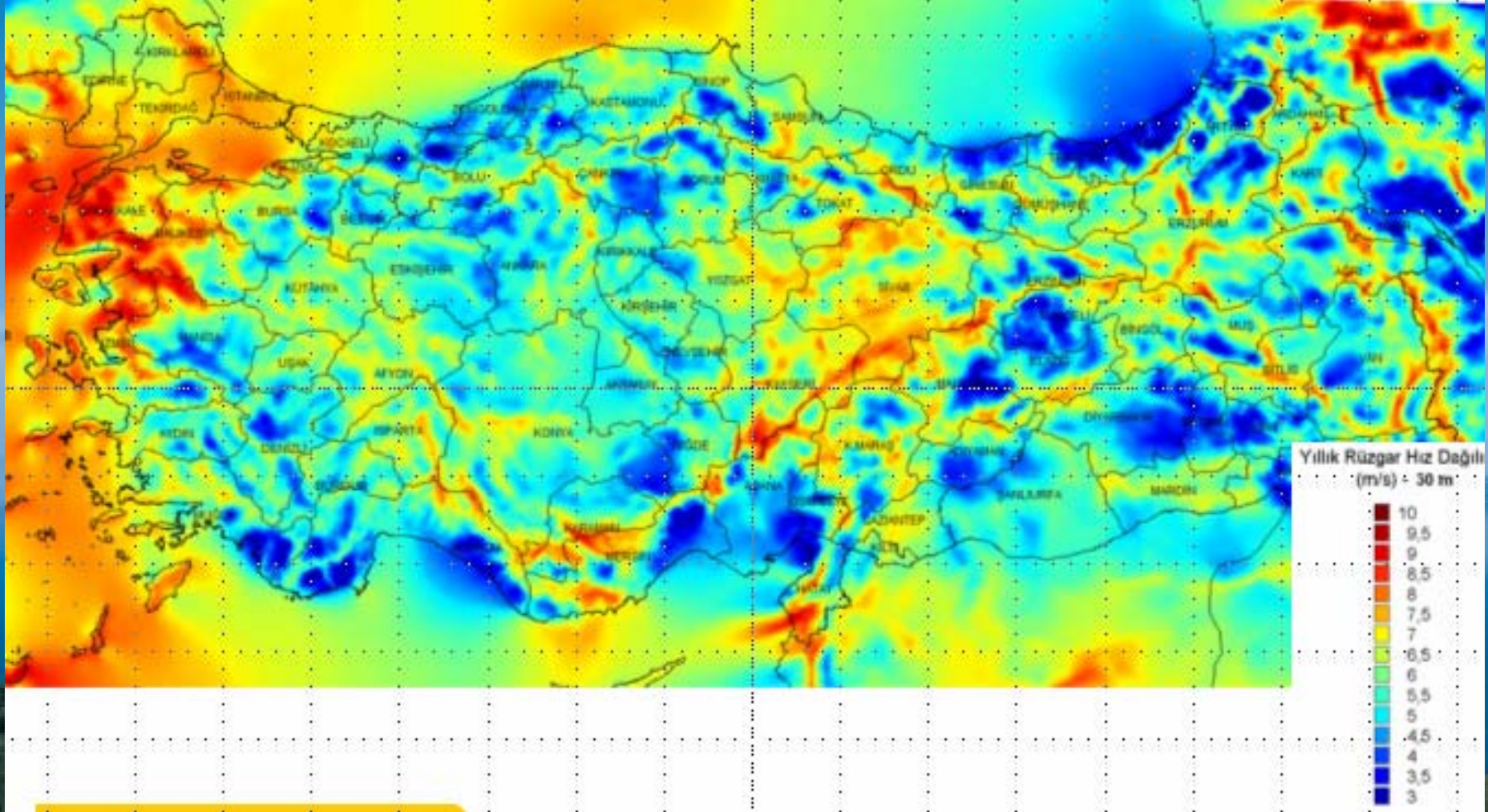
TÜRKİYE RÜZGAR POTANSİYELİ

	Sınıf	Alan (km²)	Potansiyel (MW)
	1	0	0
	2	5.038	1.662
	3	168.759	41.656
	4	370.767	44.659
	Toplam		87.977



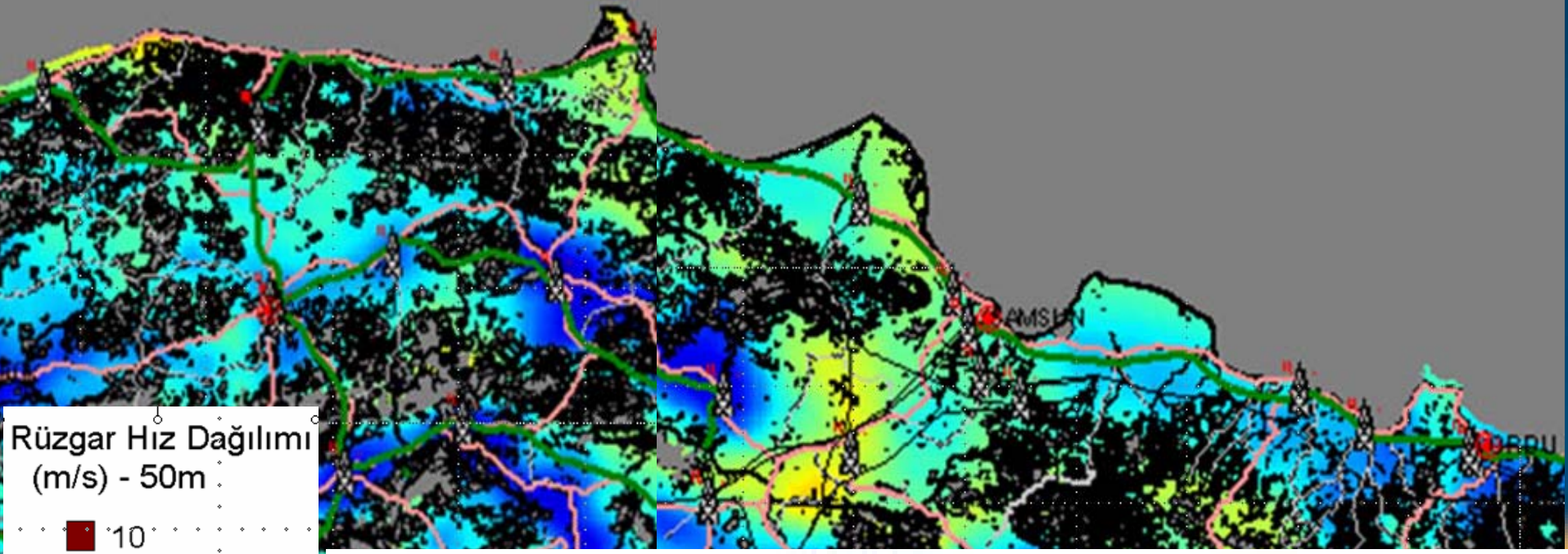


Türkiye Rüzgar Potansiyeli Atlası (50 m)



Türkiye Rüzgar Potansiyeli Atlası (100 m)

Türkiye Rüzgar Potansiyeli Atlası - KARADENİZ BÖLGESİ



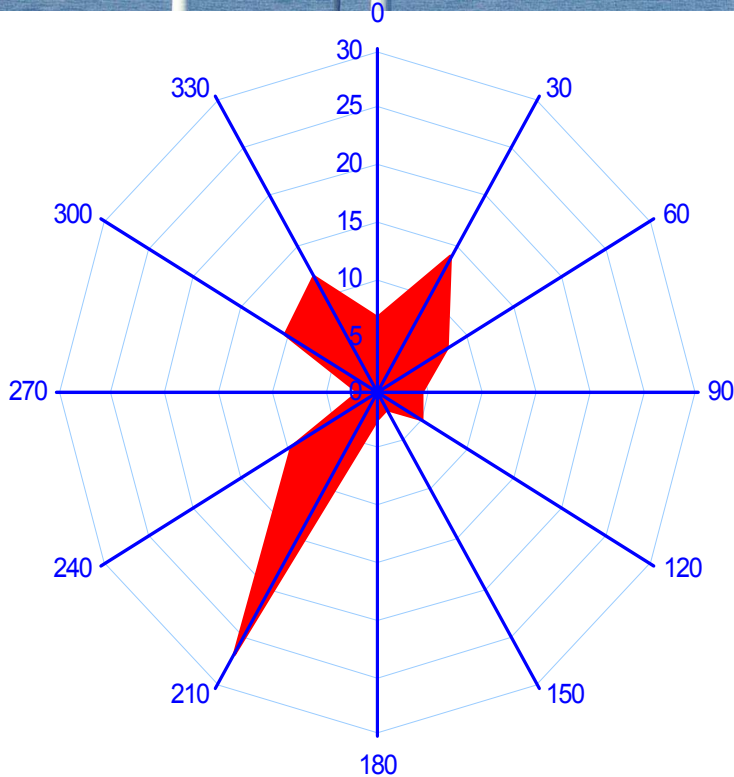
Rüzgar Hız Dağılımı (m/s) - 50m



Samsun Rüzgar Hızı Bilgisi (m/s)

YIL	Oca	Şub.	Mar.	Nis.	May	Haz.	Tem	Ağu.	Eyl.	Eki.	Kas.	Ara.	Ort.
1989	3.2	3.6	2.1	1.9	2.1	2.2	2.9	2.7	2.2	2.3	2.7	4.3	2.7
1990	3.5	2.8	2.4	2.1	2.0	2.4	2.6	2.5	2.3	2.5	2.3	3.0	2.5
1991	2.6	3.0	2.1	2.1	2.2	1.6	2.3	2.7	2.2	2.1	2.3	3.2	2.4
1992	3.5	3.6	2.2	2.1	1.8	1.9	2.4	2.4	2.4	2.4	3.4	3.3	2.6
1993	4.0	2.6	2.3	2.1	1.5	2.1	2.5	2.7	2.2	1.4	2.1	2.6	2.3
1994	2.3	2.8	2.3	1.6	1.6	2.2	2.7	2.6	2.1	1.9	2.5	3.4	2.3
1995	2.8	2.3	2.5	1.8	1.9	1.9	2.4	2.2	2.2	1.8	2.8	3.3	2.3
1996	1.9	2.4	2.2	1.6	1.4	2.1	2.3	2.1	2.2	1.8	1.9	2.6	2.0
1997	2.1	3.1	2.6	2.7	1.7	1.8	2.4	2.4	2.2	2.0	1.8	2.8	2.3
1998	2.8	2.5	2.8	1.9	1.8	1.9	2.3	2.5	2.2	2.1	2.2	2.4	2.3
Ort.	2.9	2.9	2.4	2.0	1.8	2.0	2.5	2.5	2.2	2.0	2.4	3.1	2.4

Samsun – Rüzgar Gülü



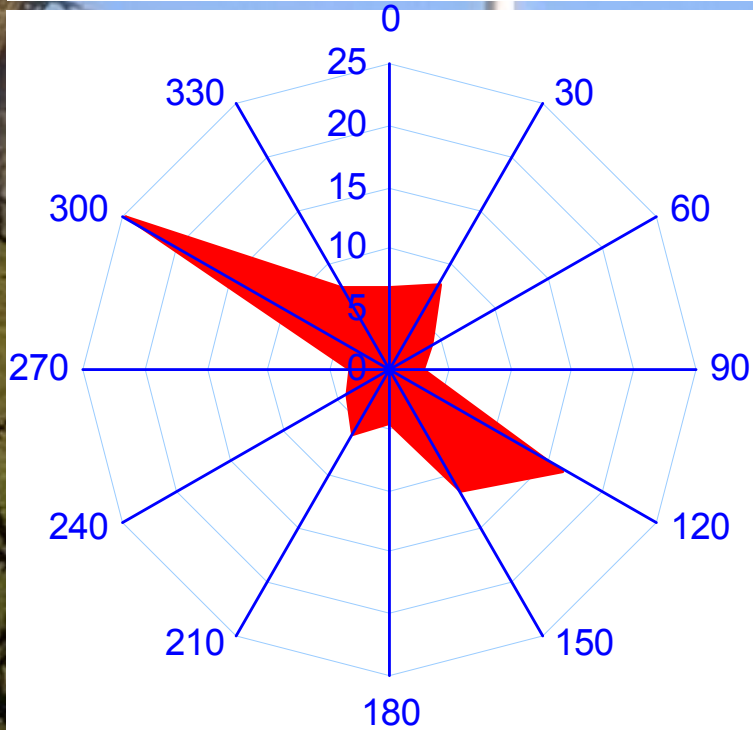
Samsun Rüzgar Atlası İstatistikleri Hız (m/s) ve Güç (W/m²)

z	Sınıf 0		Sınıf 1		Sınıf 2		Sınıf 3	
10	4.8	241	3.4	104	3.0	69	2.4	33
25	5.3	303	4.1	159	3.7	116	3.1	70
50	5.7	359	4.7	210	4.3	163	3.7	109
100	6.1	462	5.5	301	5.0	234	4.4	160
200	6.7	642	6.6	555	6.1	425	5.4	282

Sinop Rüzgar Hızı Bilgisi (m/s)

YIL	Oca	Şub.	Mar	Nis.	May	Haz.	Tem	Ağu.	Eyl.	Eki.	Kas.	Ara.	Ort.
1989	4.5	3.5	3.5	2.9	3.0	2.9	3.3	2.9	2.6	2.9	4.0	3.3	3.3
1990	4.0	3.1	3.0	3.1	3.3	3.3	2.5	2.4	2.9	3.3	2.1	3.4	3.0
1991	3.6	3.7	3.9	3.2	3.0	3.1	3.2	2.9	2.5	2.7	4.0	3.3	3.3
1992	3.5	4.6	3.2	2.6	2.5	2.5	3.3	2.8	2.4	2.6	3.4	4.9	3.2
1993	3.7	3.1	2.8	2.3	2.2	2.8	2.6	2.5	2.8	2.4	3.7	2.7	2.8
1994	2.7	3.4	2.9	2.7	2.8	2.6	3.2	2.8	2.3	2.4	3.2	3.0	2.8
1995	2.7	2.6	3.2	3.0	2.4	2.5	3.6	2.9	2.8	2.7	3.1	2.7	2.9
1996	2.3	2.9	3.2	2.6	1.5	2.8	3.1	2.5	2.8	2.7	2.2	2.8	2.6
1997	4.3	3.5	3.1	3.5	2.0	2.6	3.2	2.8	2.3	2.1	2.0	2.6	2.8
1998	3.3	3.3	3.8	2.0	2.3	1.9	2.7	2.3	2.4	2.3	1.5	1.5	2.4
Ort.	3.5	3.4	3.3	2.8	2.5	2.7	3.1	2.7	2.6	2.6	2.9	3.0	2.9

Sinop – Rüzgar Gülü



Sinop Rüzgar Atlası İstatistikleri Hız (m/s) ve Güç (W/m²)

z	Sınıf 0	Sınıf 1	Sınıf 2	Sınıf 3				
10	6.1	480	4.3	206	3.8	136	3.0	65
25	6.7	608	5.1	315	4.6	230	3.9	136
50	7.1	717	5.8	411	5.3	321	4.6	212
100	7.7	894	6.7	554	6.2	438	5.5	309
200	8.3	1174	8.0	932	7.3	723	6.5	499

Tüm Dünyada önemi artarak süren Rüzgar Enerjisinden, ülkemizde de yararlanılabilecek bir çok alan bulunmaktadır.

Ege, Marmara, Batı Karadeniz ve Doğu Akdeniz kıyıları ilk etapta değerlendirilebilecek alanlar olarak görünmektedir.

Dengeli enerji politikaları ile doğal kaynaklar korunarak geliştirilmeli, gelecek kuşaklara da yaşama şansı tanınmalıdır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarına önem verilerek, çevre ile uyumlu bir enerji politikası oluşturulmalıdır.

Enerji ve Çevre Politikalarının belirlenme süreçlerinde tüm aktörler yer almalıdır.



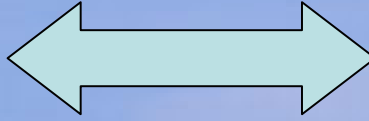
SONUÇLAR

1972 – Stockholm
Çevre ve İnsan

1992 – Rio
Çevre ve Kalkınma

2002 – Johannesburg
Sürdürülebilir Kalkınma

İNSAN



KALKINMA



Dünya Nereye Gidiyor ?

TEŞEKKÜRLER



Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
Araştırma Şube Müdürlüğü