



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



Rüzgar Enerjisi Tahmin Sistemi

RETS

5 Mart 2010



Cihan DÜNDAR
Çevre Yüksek Mühendisi

Araştırma ve Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı, Araştırma Şube Müdürlüğü



Sunum İçeriđi



- Yenilenebilir Enerji Kaynakları
- Rüzgar Enerjisi
- Avrupa Rüzgar Atlası ve Kurulu Gücü
- Türkiye Rüzgar Atlası ve Rüzgar Potansiyeli Atlası
- Rüzgar Enerjisi Tahmin Sistemi (RETS)
- Çalışma Yöntemi
- RETS Ürünleri
- Verifikasyon Sonuçları



Enerji Kaynakları



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

		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



Yenilenebilir Enerji Kaynakları



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, enerjinin elde edilmesi sırasında çevreye yapılan tahribat ve gelecek nesillerin de enerji ihtiyacı dikkate alındığında, yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi daha iyi anlaşılmaktadır.

Tüm dünyada olduğu gibi, Türkiye'de de temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru bir yönelme gözlenmektedir.

İlk etapta göz önünde bulundurulması gereken temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarından biri **rüzgar enerjisi**dir.

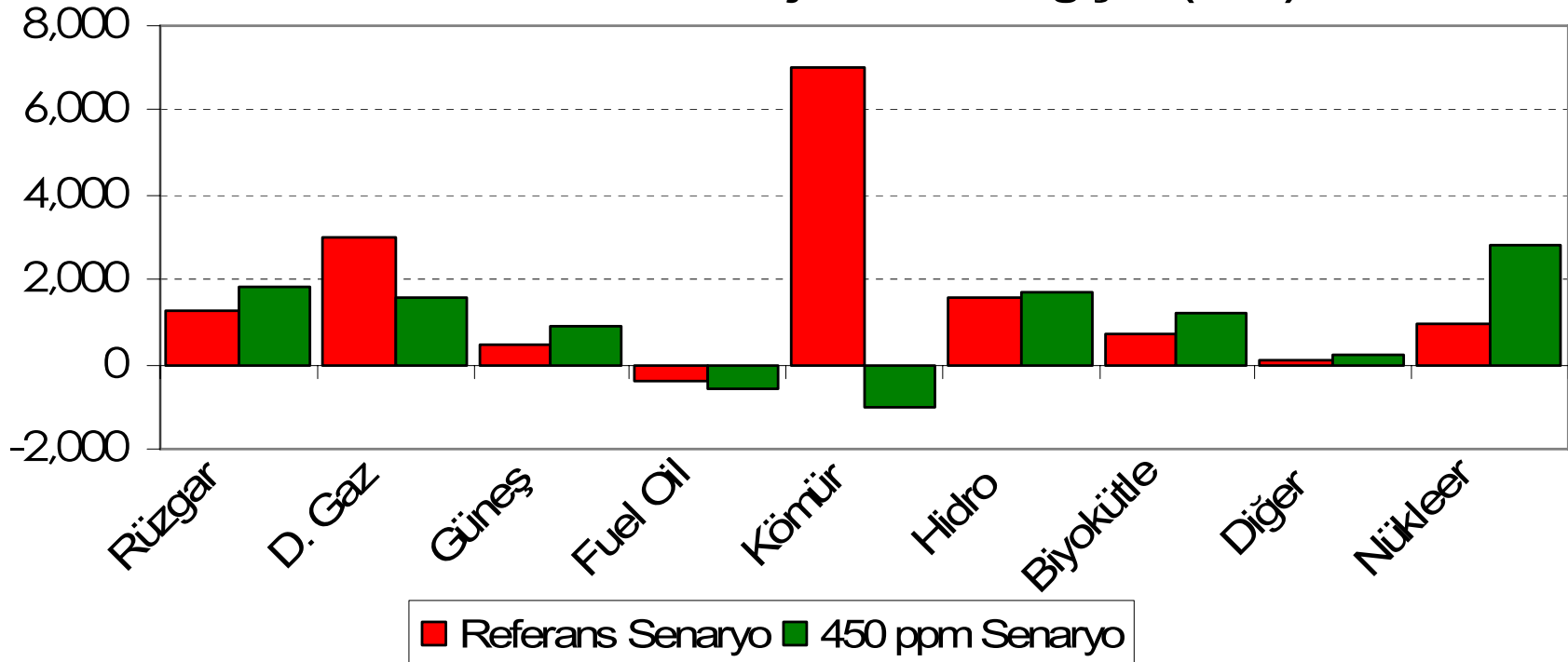


OECD Enerji Öngörülleri



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 yasanacağı belirtilmektedir.

2007 - 2030 Elektrik Enerjisi Üretim Değişimi (TWh)





Çevresel Etkiler



	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



Enerji Kaynaklarının Karşılaştırması



	Dışsal / Yerel	Kalan Ömür (yıl)	İstihdam (kişi/ yıl.TWh)	Yatırım Maliyeti (\$/KWh)	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	1200-1500	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.



Rüzgar Enerjisi



Dünya rüzgar enerji potansiyelinin, 50° kuzey ve güney enlemleri arasındaki alanda 26.000 TWh/yıl olduğu ve ekonomik ve diğer nedenlerden dolayı 9.000 TWh/yıl kapasitenin kullanılabilir olduğu tahmin edilmektedir.

Yine yapılan çalışmalara göre, Dünya karasal alanları toplamının (107*10⁶ km²) %27'sinin (3*10⁶ km²) yıllık ortalama 5.1 m/s'den daha yüksek rüzgar hızının etkisi altında kaldığı belirtilmektedir.

Bu rüzgar enerjisinden yararlanma imkanının olabileceği varsayımıyla 8 MW/km² üretim kapasitesi ile 240.000 GW kurulu güce sahip olunacağı hesaplanmaktadır.



Rüzgar Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları



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.

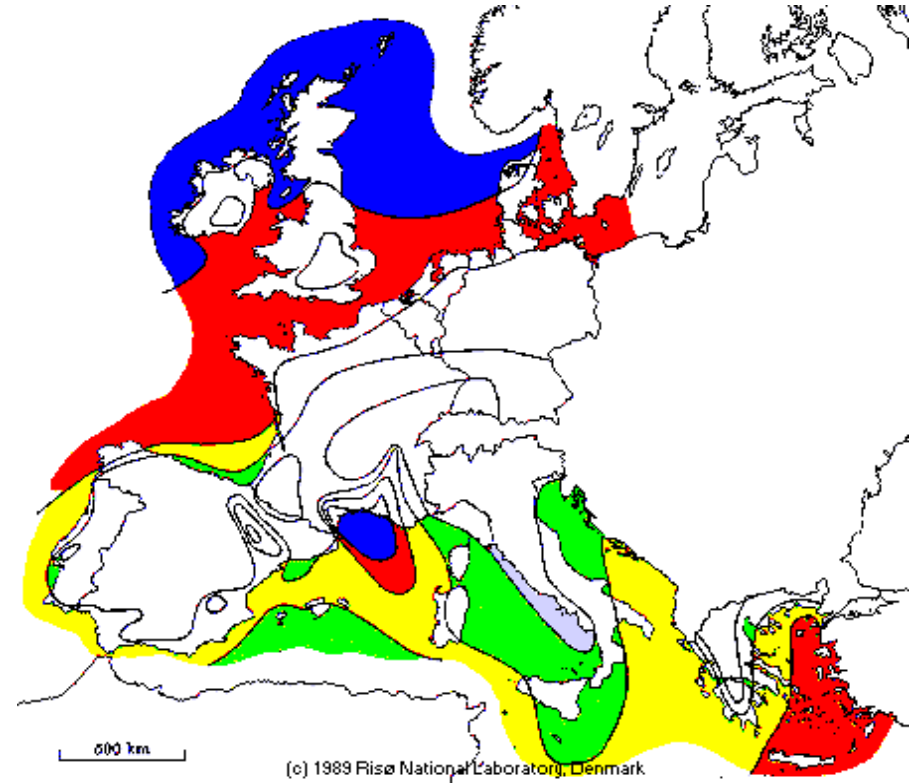
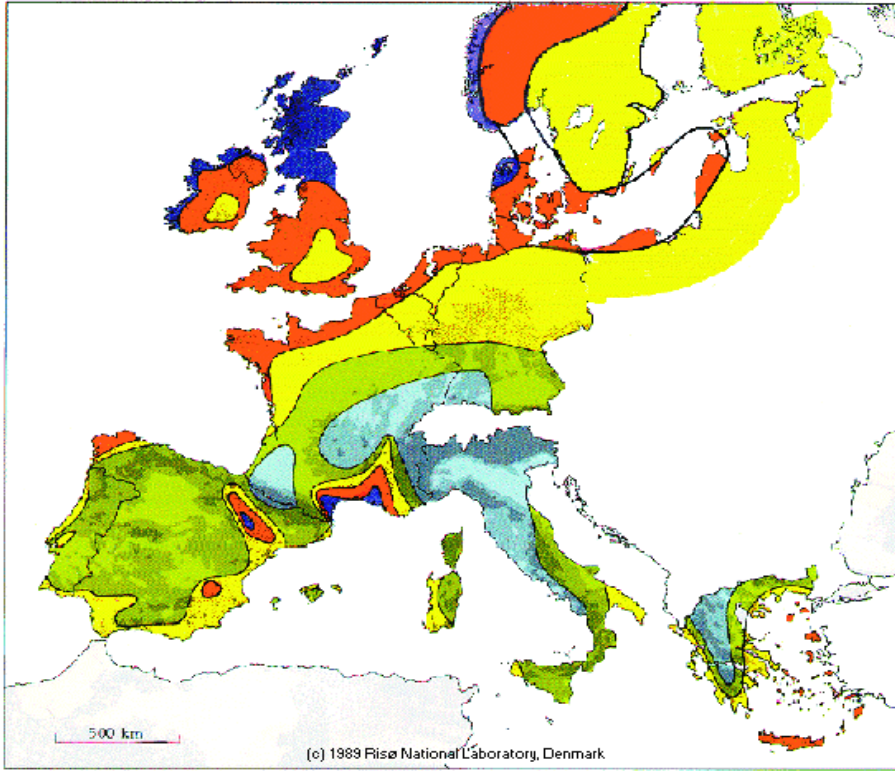







Rüzgar Enerjisinin Dezavantajları;

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



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

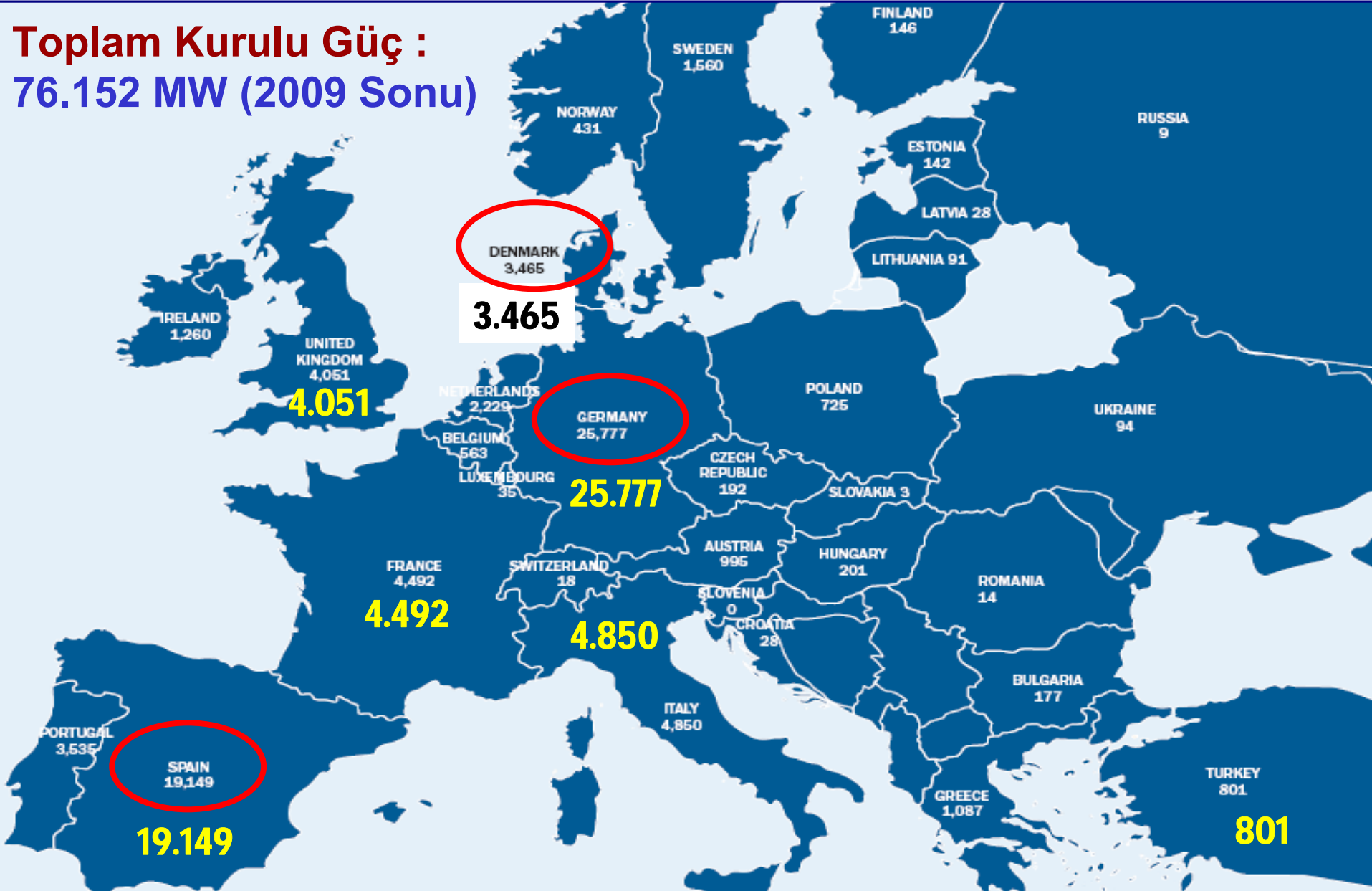
* Açık yüzeyler için (yer düzeyinden 50 m yükseklikteki) rüzgar potansiyeli sınıf aralıkları



Avrupa Rüzgar Enerjisi Kurulu Gücü

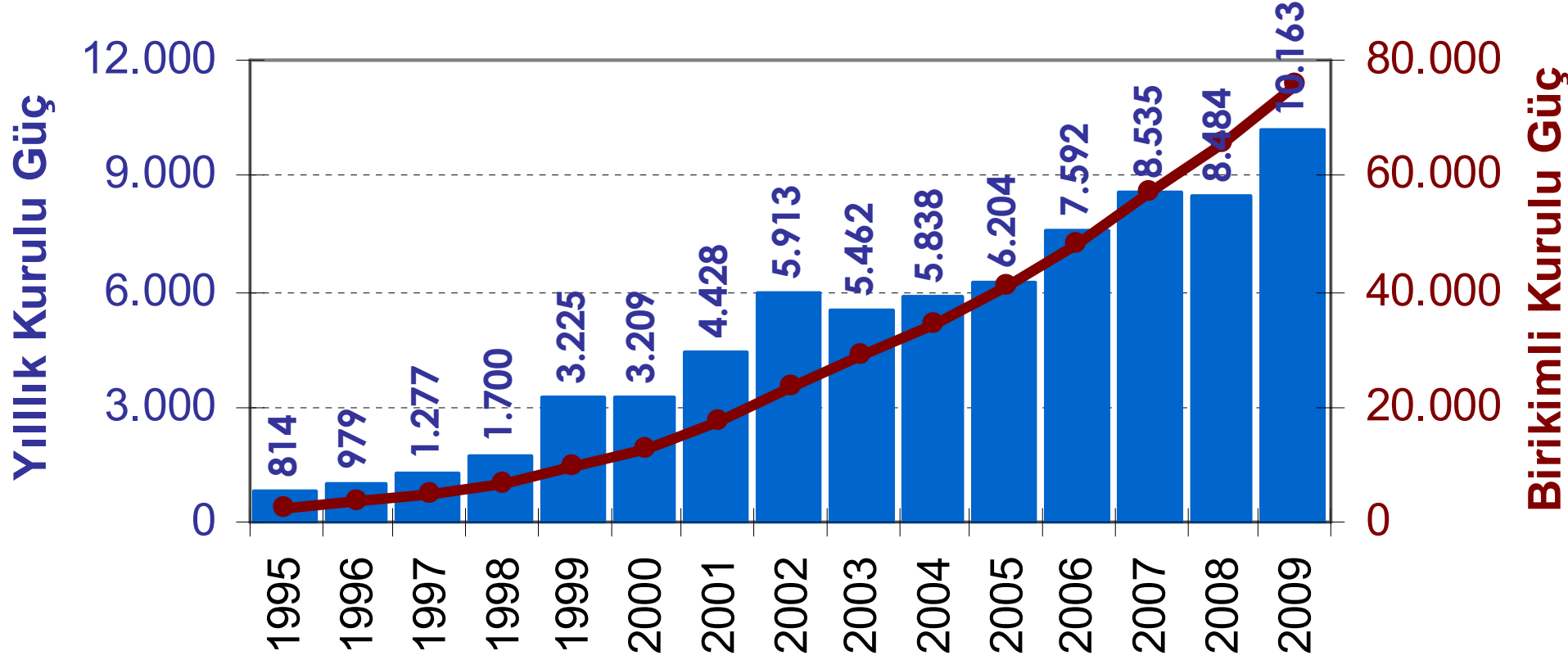


Toplam Kurulu Güç :
76.152 MW (2009 Sonu)





Avrupa Rüzgar Enerjisi Kurulu Gücü





Rüzgar Enerjisi ve İstihdam



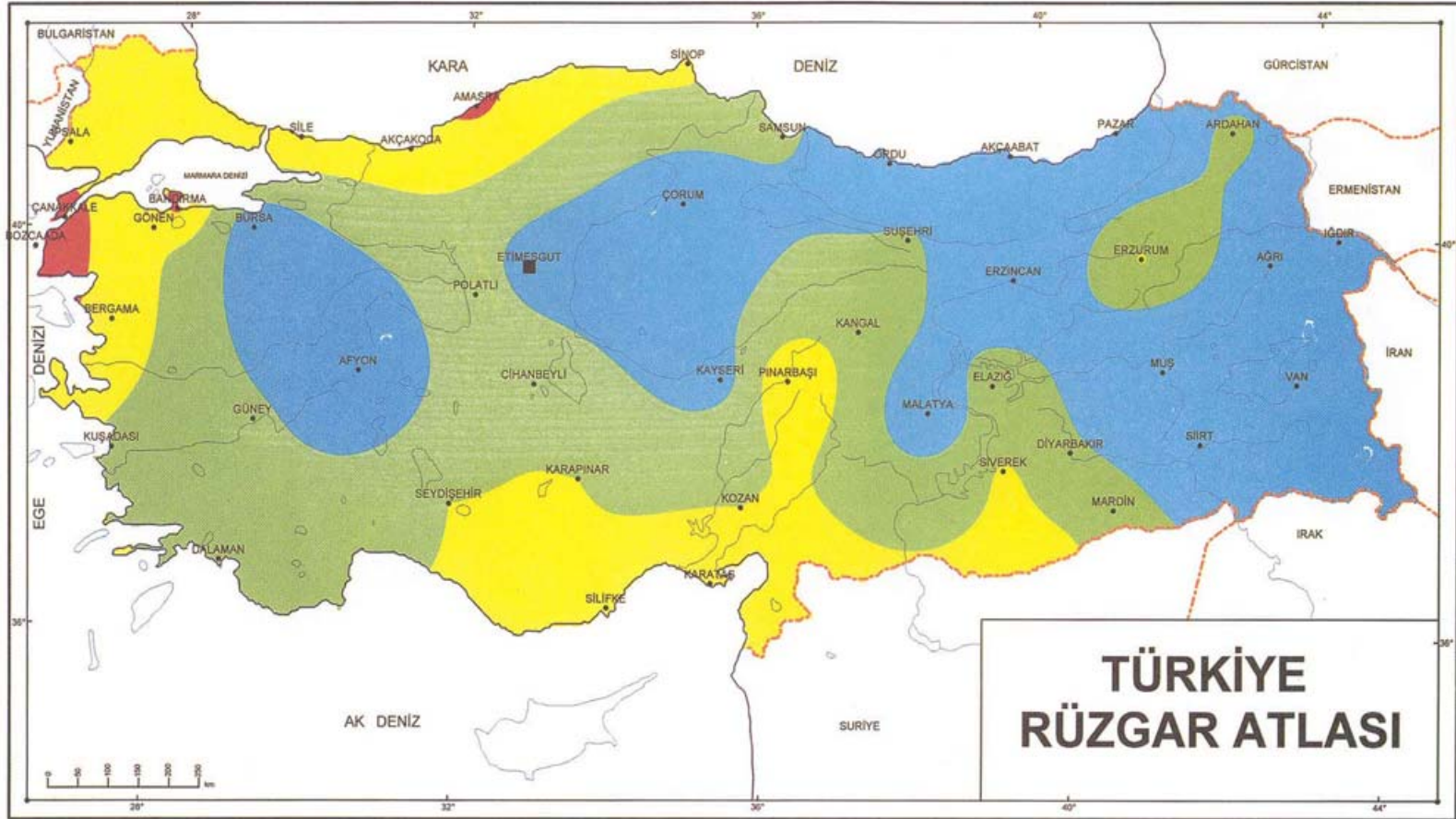
AB'de rüzgar enerjisi endüstrisinde yaratılan iş (2007)

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.



Türkiye Rüzgar Atlası



Beş farklı topoğrafik durum için yer seviyesinden 50 m yükseklikteki rüzgar potansiyelleri ¹										
	Kapalı Araziler ²		Açık Araziler ³		Kıyılar ⁴		Açık Deniz ⁵		Tepe ve Bayırlar ⁶	
	ms ⁻¹	Wm ⁻²	ms ⁻¹	Wm ⁻²	ms ⁻¹	Wm ⁻²	ms ⁻¹	Wm ⁻²	ms ⁻¹	Wm ⁻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
Light Blue	< 3.5	< 50	< 4.5	< 100	< 5.0	< 150	< 5.5	< 200	< 7.0	< 400

1. Rüzgar potansiyeli, rüzgarın gücünü temsil etmektedir. Rüzgar türbinli halihazırdaki 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.
2. Yerleşim alanları, ormanlar ve rüzgar kırıcıların yoğun olduğu tarım alanları (pürüzlülük sınıfı 3)
3. Az sayıda rüzgar kırıcının olduğu açık araziler (pürüzlülük sınıfı 1). İç bölgelerde en fazla tercih edilen alanlar genellikle bu sınıfta bulunmaktadır.
4. Düzgün 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.
5. Kıyılardan en az 10 km uzaklıktaki açık denizler (pürüzlülük sınıfı 0).
6. 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.



Türkiye Rüzgar Potansiyeli



TÜRKİYE RÜZGAR ATLASI

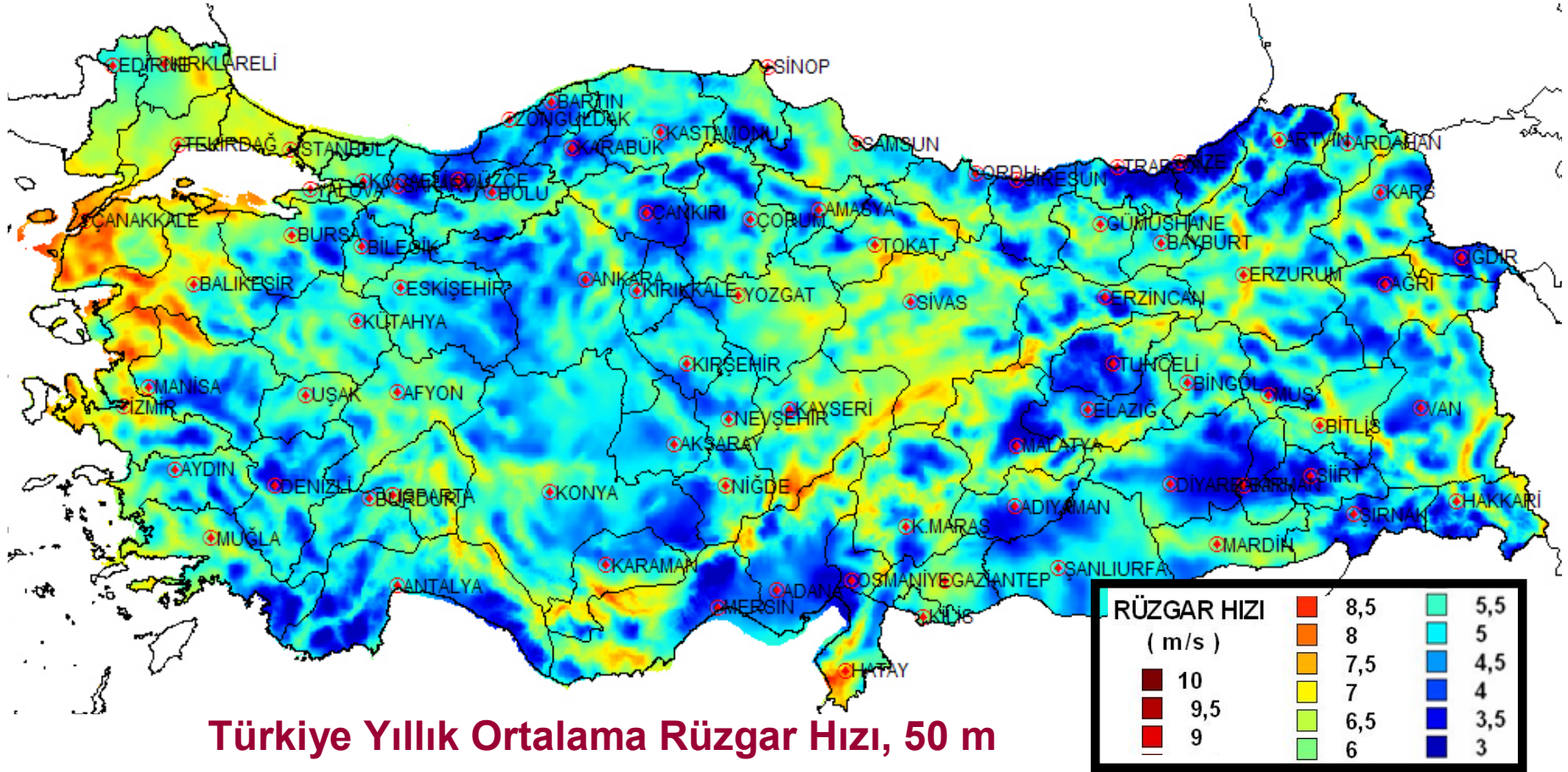
Türkiye Rüzgar Potansiyeli

	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





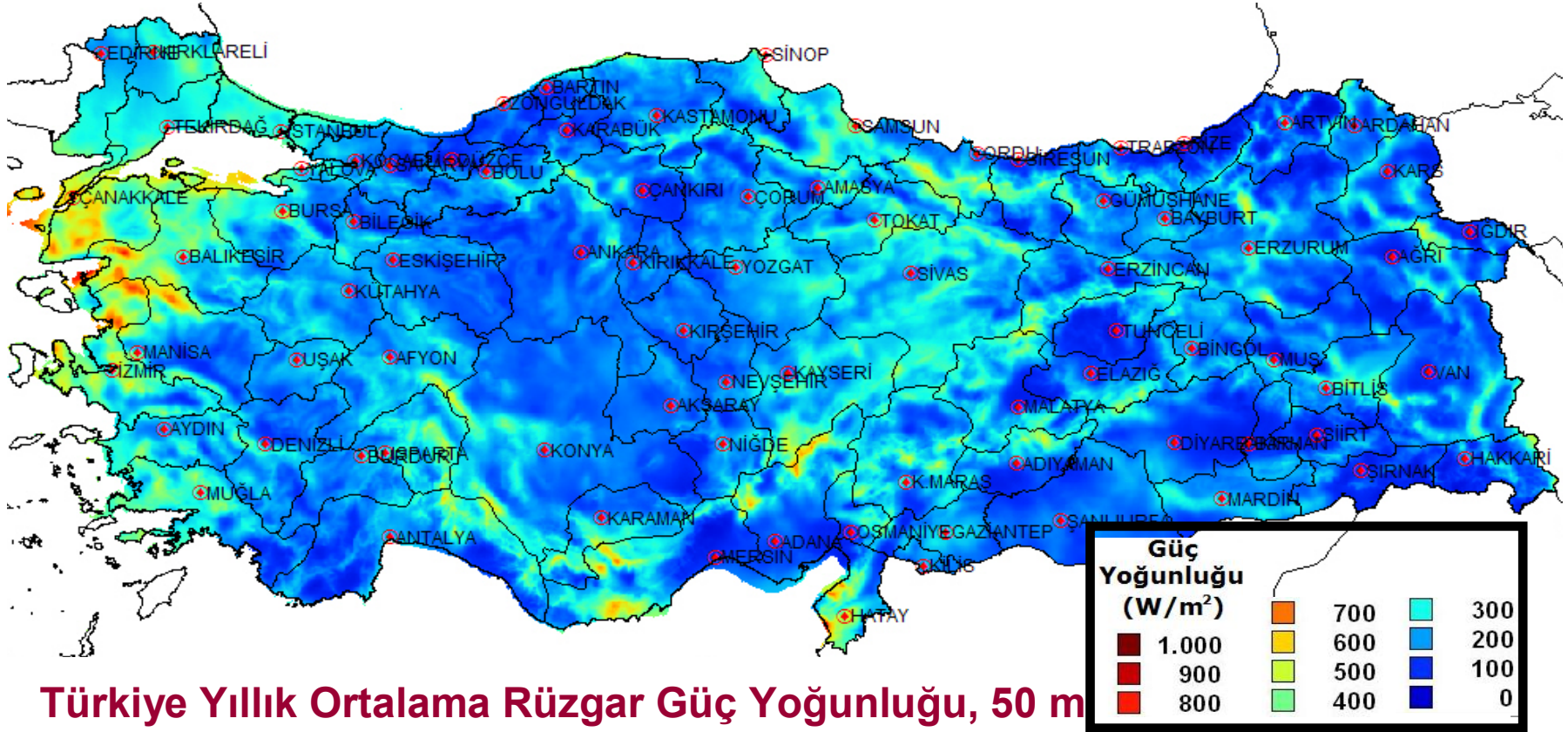
Türkiye Rüzgar Potansiyeli Atlası



http://www.eie.gov.tr/duyurular/YEK/YEKrepa/REPA-duyuru_01.html



Türkiye Rüzgar Potansiyeli Atlası



Türkiye il bazlı RÜZGAR ENERJİSİ teknik potansiyelleri ile ilgili yönlendirici bilgiler aşağıda adreste bulunmaktadır.

http://www.eie.gov.tr/duyurular/YEK/YEKrepa/REPA-duyuru_01.html



Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli



Türkiye Karaları için Orta-Mükemmel Arası Rüzgar Kaynağı, EİE

Rüzgar Kaynak Derecesi	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	300 – 400	6.8 – 7.5	16.781,39	2,27	83.906,96
İyi	400 – 500	7.5 – 8.1	5.851,87	0,79	29.259,36
Mükemmel	500 – 600	8.1 – 8.6	2.598,86	0,35	12.994,32
Mükemmel	600 – 800	8.6 - 9.5	1.079,98	0,15	5.399,92
Mükemmel	> 800	> 9.5	39,17	0,01	195,84
Toplam			26.351,28	3,57	131.756,40



Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

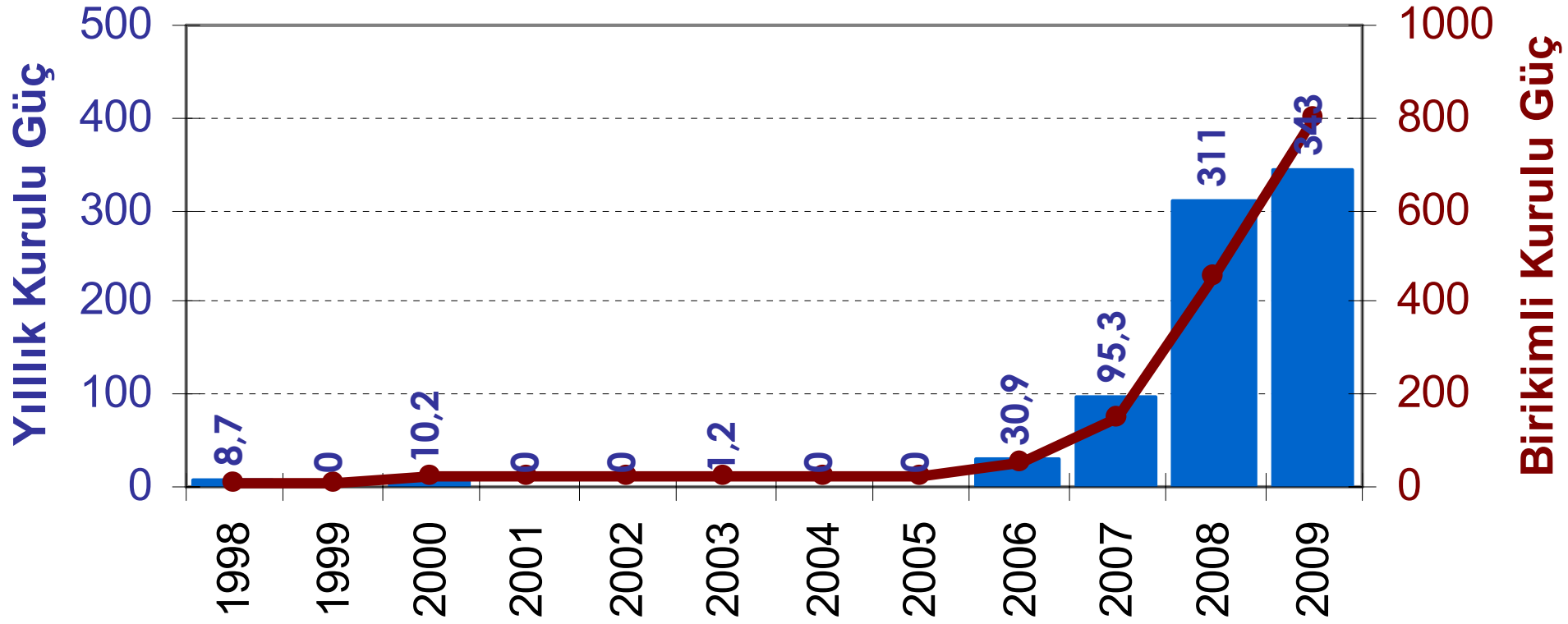


Türkiye Denizleri için (50 m derinliğe kadar) Orta-Mükemmel Arası Rüzgar Kaynağı, EİE

Rüzgar Kaynak Derecesi	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	300 – 400	6.8 – 7.5	1.385,98	9,26	6.929,92
İyi	400 – 500	7.5 – 8.1	1.026,64	6,86	5.133,20
Mükemmel	500 – 600	8.1 – 8.6	688,96	4,60	3.444,80
Mükemmel	600 – 800	8.6 - 9.5	348,51	2,33	1.742,56
Mükemmel	> 800	> 9.5	28,54	0,19	142,72
Toplam			3.478,64	23,25	17.393,20



Türkiye Rüzgar Enerjisi Kurulu Gücü





Rüzgar Enerjisi Tahmin Sistemi, RETS



Rüzgar Enerjisi
Tahmin Sistemi

RETS



Rüzgar Enerjisi Tahmin Sistemi, RETS



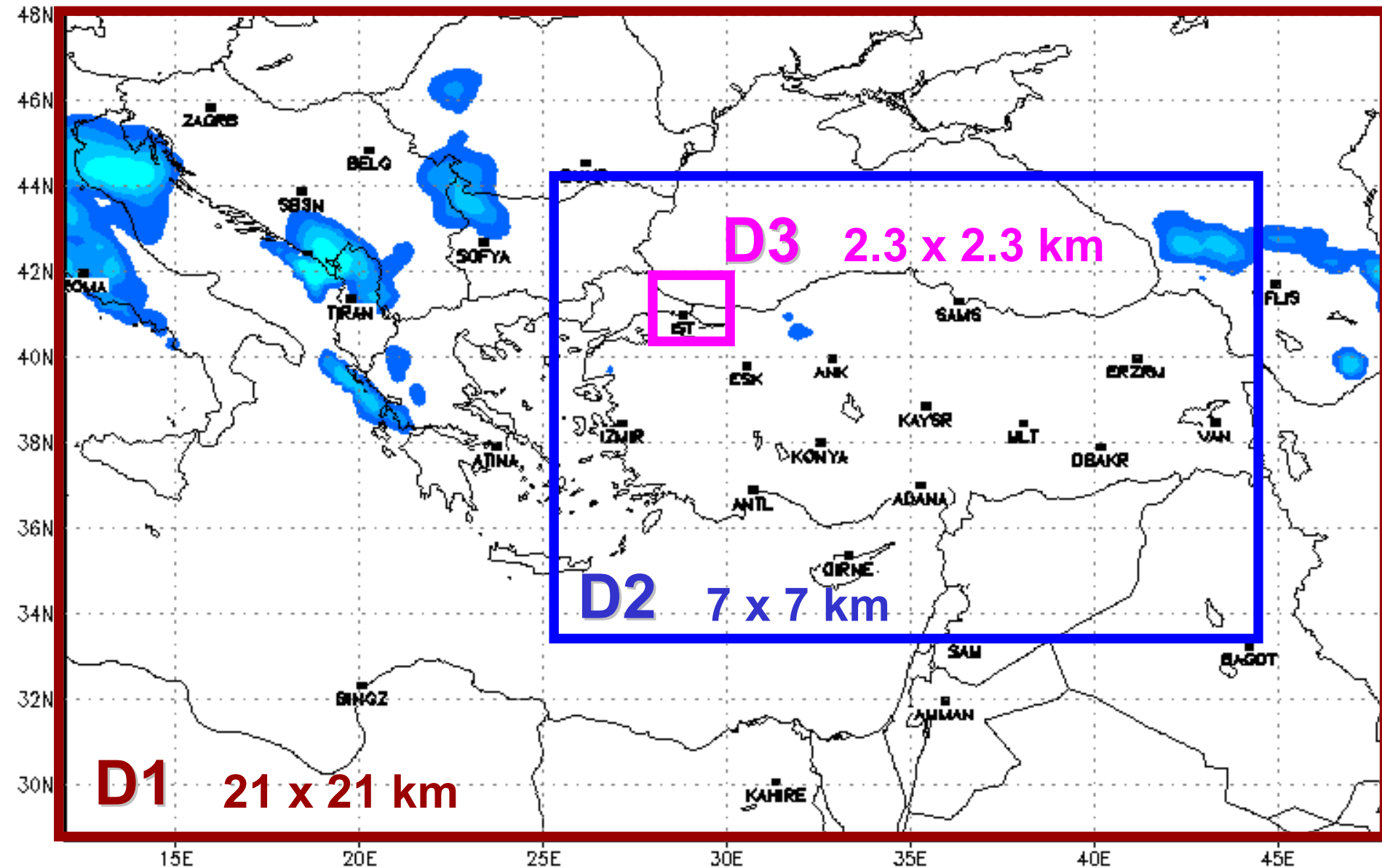
DMİ'de mevcut sayısal hava tahmin modelleri ile grid bazlı rüzgar tahmini yapılmaktadır. Mevcut sistemde en yüksek çözünürlük İstanbul için 2.3 km'dir.

Çalışmanın 2 aşamada gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. 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.

İkinci aşamada ise yeni bilgisayar sisteminin kullanılmaya başlamasıyla birlikte **yaklaşık 1-2 km** çözünürlükte, **36 ve/veya 48 saatlik** ürün elde edilmesi planlanmaktadır.



Model Çalışma Alanları

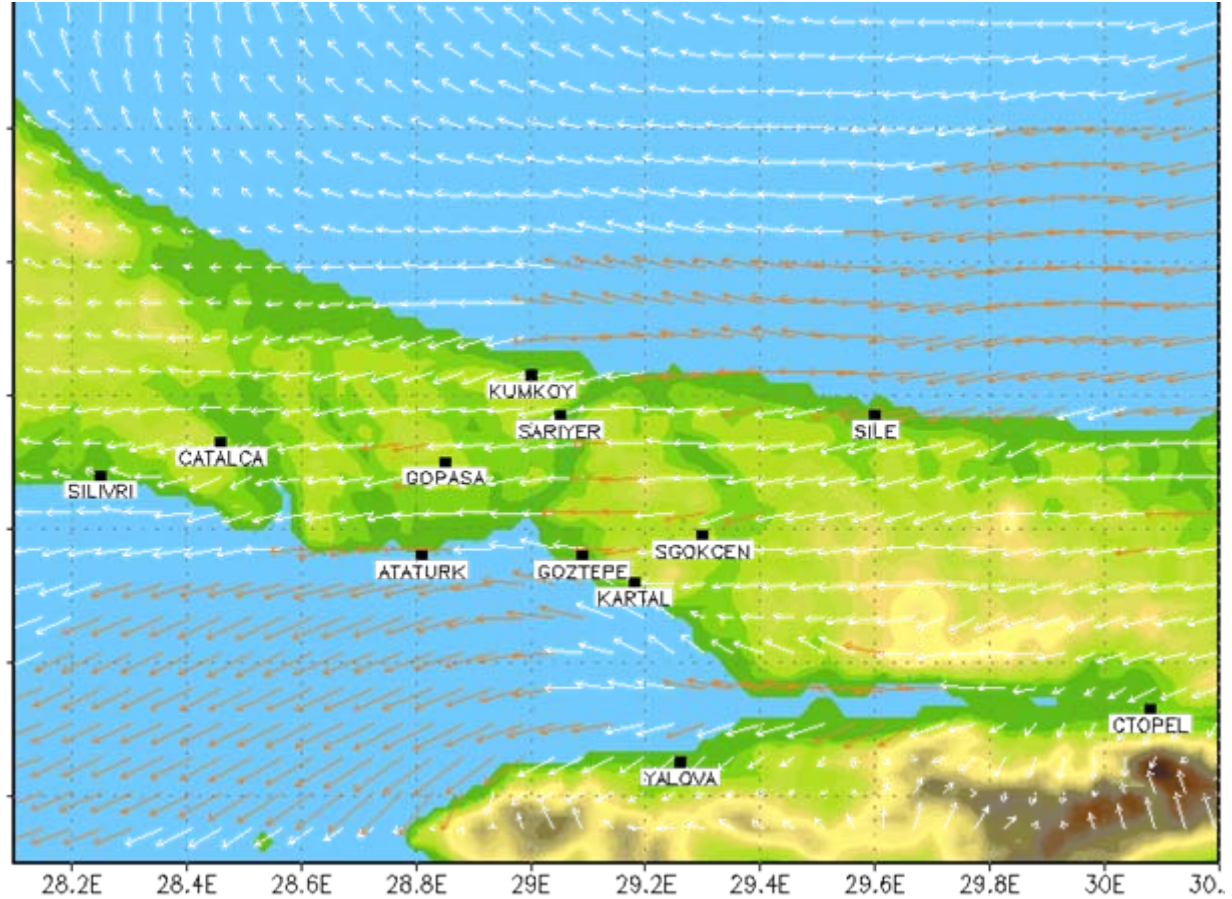




İstanbul Çalışma Alanı



İstanbul için 2.3 km çözünürlükte Model Çalışma Alanı (1. AŞAMA)





Model Çalışma Alanları



Rüzgar Enerjisi Tahmini için 2. Aşama Model Çalışma Alanları



Çalışmanın 2. aşamasında RES yatırımlarının yoğun olduğu A1 (Çanakkale, Balıkesir, Manisa ve İzmir) ve A2 (Hatay ve Osmaniye) alanları belirlenmiştir.



Çalışma Yöntemi - I



- Belirlenen alan için MM5 modelinden 10, 36, 109 ve 182 m yükseklikler için rüzgar tahminleri alınmıştır.
- 36 ve 109 m rüzgar hızları kullanılarak istenilen yükseklikteki rüzgar hızı aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

(Belirli bir yükseklikte ölçülmüş rüzgar hızı kullanarak, herhangi bir yükseklikteki rüzgar hızının hesaplanması: Adekoya, L. O. and Adewale, A. A. 1992. Wind energy potential of Nigeria, Renewable Energy, 2, 35-39.).

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

Burada;

H1 = rüzgar hızının ölçüldüğü yükseklik (m)

H2 = rüzgar hızının hesaplanacağı yükseklik (m)

V1 = H1 yüksekliğinde ölçülen rüzgar hızı (m/s)

V2 = H2 yüksekliği için hesaplanacak rüzgar hızı (m/s)

k = pürüzlülük katsayısını göstermektedir.



Çalışma Yöntemi - II



- 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 $\rho \cong 1.2 \text{ kg/m}^3$ alınmıştır).

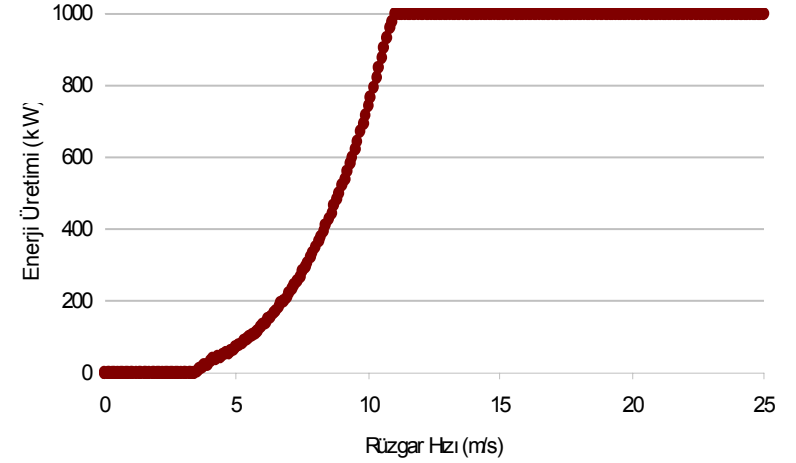
- 4. Rüzgardan üretilecek elektrik enerjisi hesabı için, “Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin Değerlendirilmesi Hakkında Yönetmelik”te tanımlanan 65 m yüksekliğinde ve 1 MW gücündeki referans rüzgar türbini ile, 80 m yüksekliğindeki 2 MW ve 90 m yüksekliğindeki 3 MW’lık türbinlerin güç eğrileri kullanılmıştır.



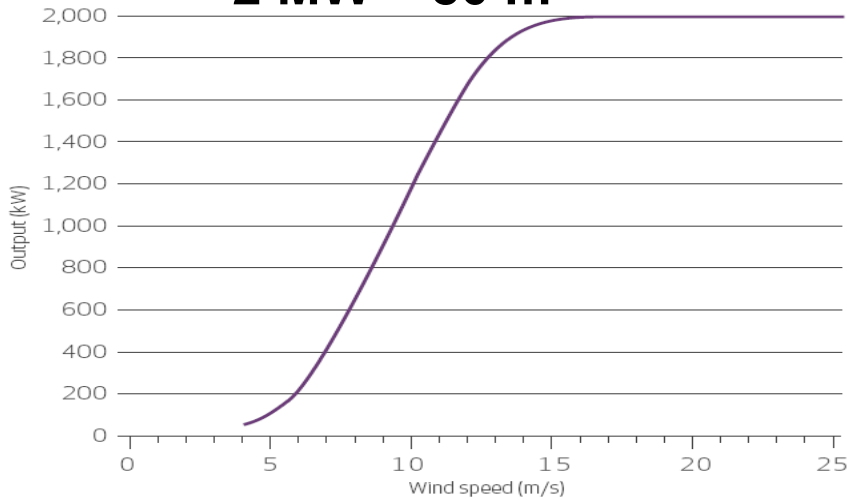
Rüzgar Türbini Güç Eğrileri



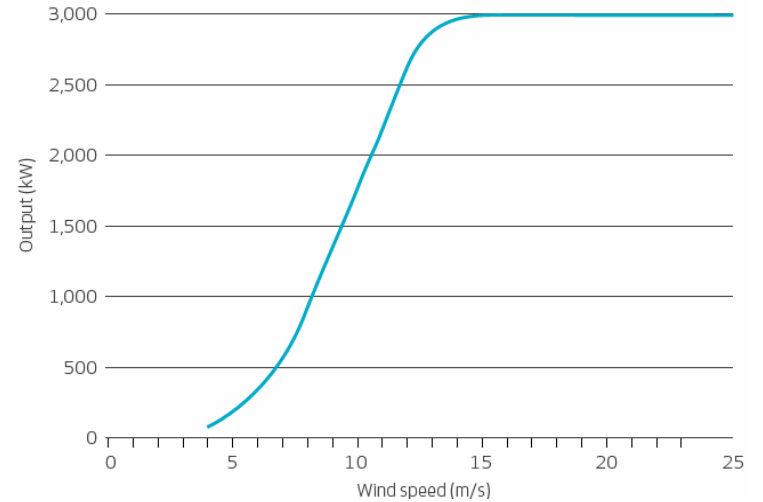
1 MW – 65 m



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.

Deneme ve test çalışmaları devam etmektedir.



[Cılık](#) | [Denizcilik](#) | [Ziraat](#) | [Veri ve Değerlendirme](#) | [İklim Değişikliği](#) | [Araştırma](#) | [Meteorolojinin Sesi Radyosu](#) | [Radyo Canlı Yayın](#) | [Basında Meteoroloji](#)

Rüzgar Enerjisi Tahmini | Rüzgar Hızı - 10 m.

Gösterim Şekli

Harita Hareketli Görüntü

Harita Türü

Rüzgar Hızı (m/sn) Rüzgar Gücü (W/m²) Rüzgar Enerjisi (kWsaat) Günlük Toplam Enerji Üretimi (kWsaat/gün)

Yükseklik

10 m 36 m 65 m 80 m 90 m 109 m 182 m

Saat (T+)

« 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 »



RETS Tahmin Ürünleri



Ürün

Yerden Yükseklik (m)

➤ Saatlik Rüzgar Hızı (m/s)	10	36	65	80	90	109	182
➤ Saatlik Rüzgar Gücü (W/m ²)	10	36	65	80	90	109	182
➤ Saatlik Enerji Üretim Miktarı (kWsaat)			65	80	90		
➤ Günlük Toplam Enerji Üretim Miktarı (kWSaat)			65	80	90		

Not: Çalışma yöntemi, haritaların oluşturulduğu veri dosyaları ve veri dosyası formatı hakkındaki açıklamalar internet sayfasında bulunmaktadır.

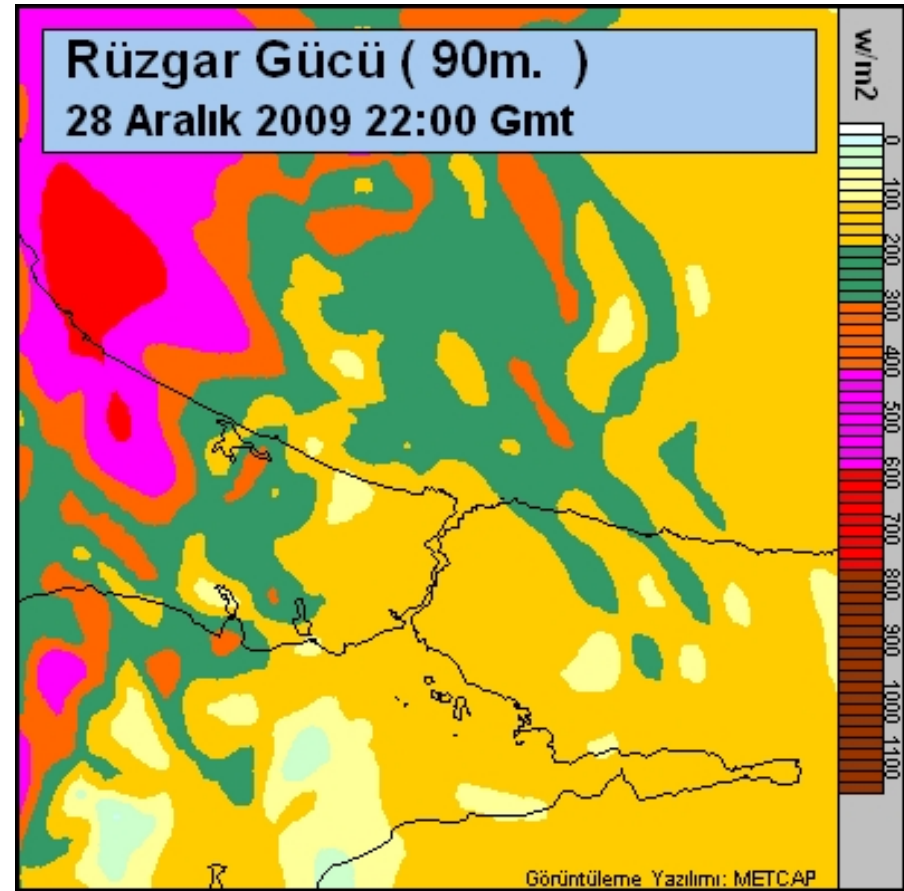
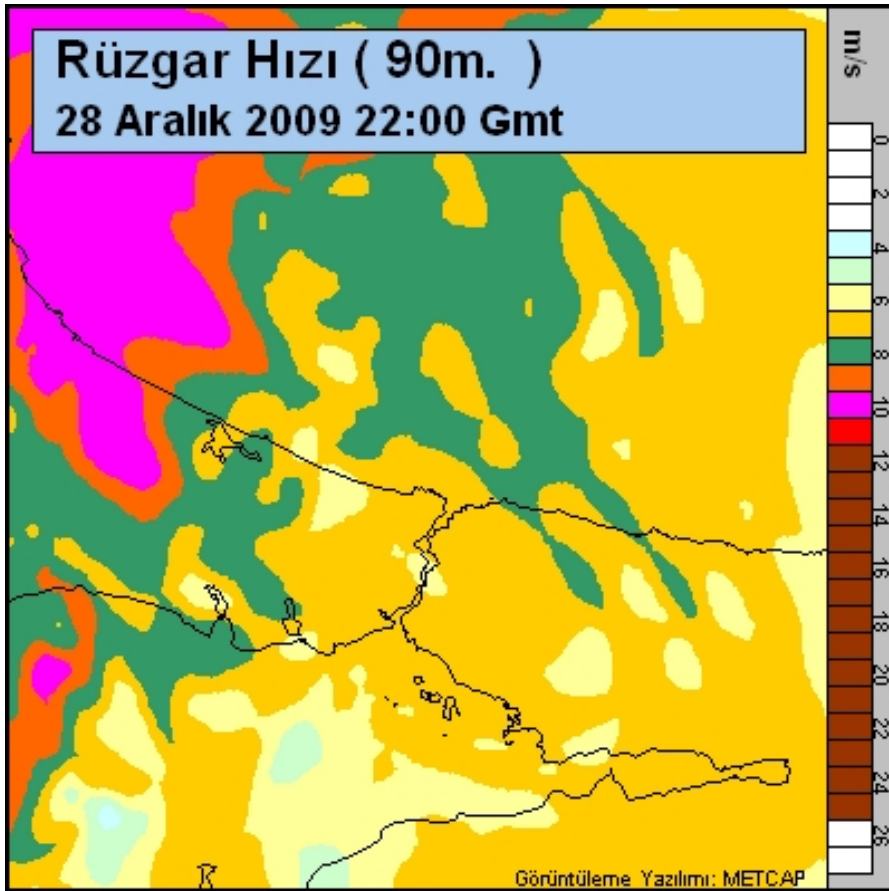


RETS Tahmin Ürünleri



Saatlik Rüzgar Hızı (m/s)

Saatlik Rüzgar Gücü (W/m²)

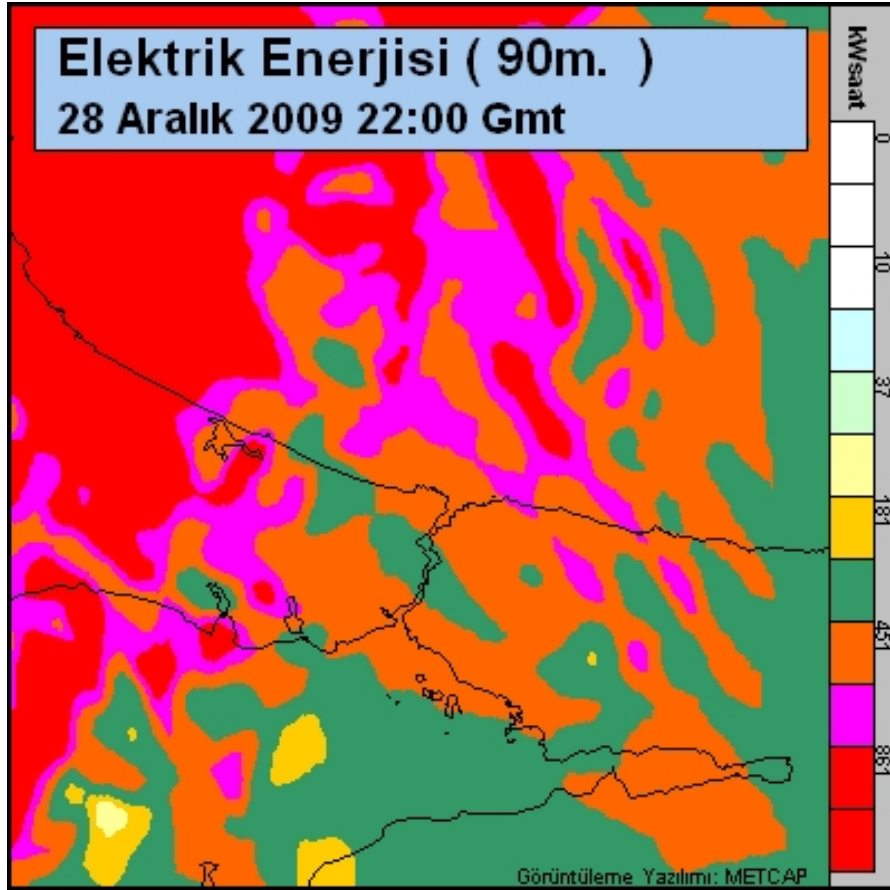




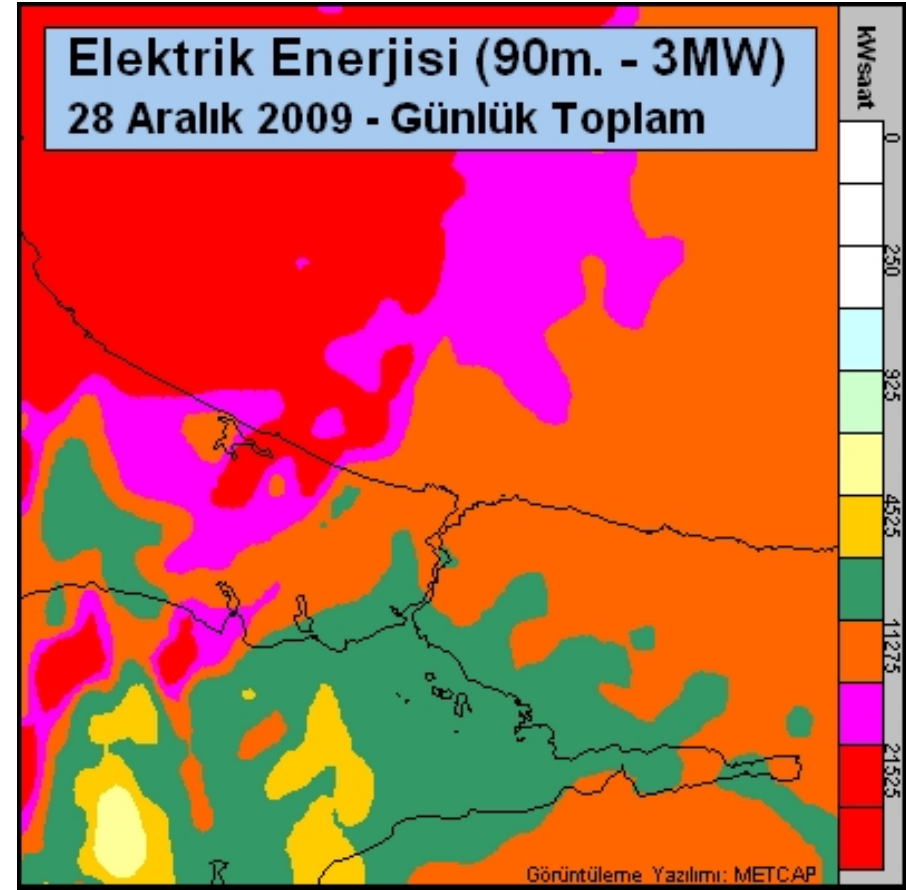
RETS Tahmin Ürünleri



Saatlik Enerji Üretim Miktarı (kWSaat)



Günlük Toplam Enerji Üretim Miktarı (kWSaat)





Verifikasyon



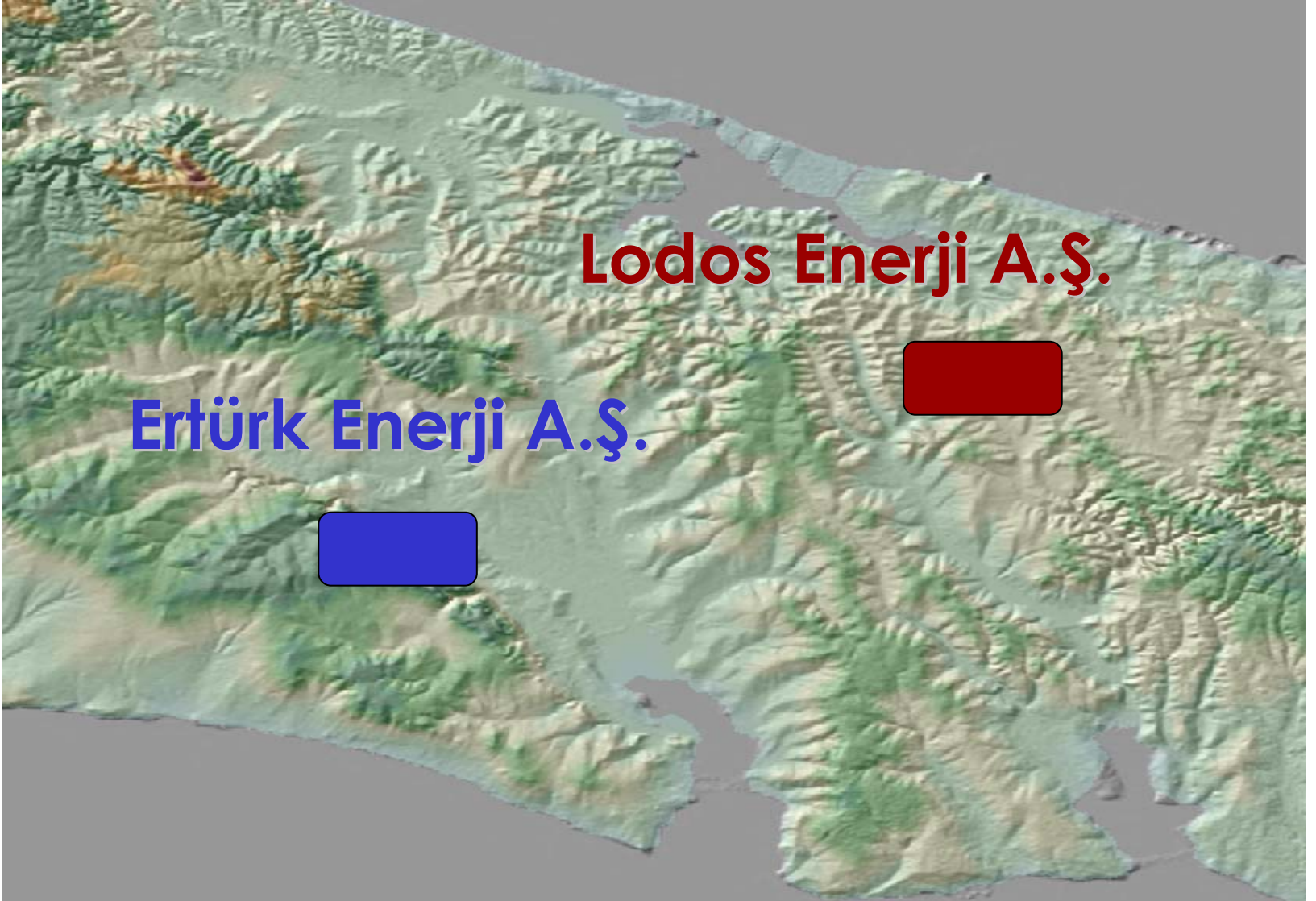
1 Ocak 2010 – 10 Şubat 2010 tarihleri arasında İstanbul bölgesinde yapılan saatlik rüzgar tahminleri, aynı tarihlerde 2 Rüzgar Santralinde yapılan ölçümler ile değerlendirilmiştir.

Ölçümleri sağlayan Lodos elektrik ve Ertürk Elektrik firmalarının yöneticilerine teşekkür ederiz.

Firma Adı	Tesis Yeri	Kurulu Güç	Türbin Yük.	Türbin Adedi
Lodos Elektrik Üretim A.Ş.	Gaziosmanpaşa, İstanbul	24 MW	≈ 80 m	12 x 2 MW
Ertürk Elektrik Üretim A.Ş.	Çatalca, Çakıl, Elbasan, İstanbul	60 MW	≈ 80 m	20 x 3 MW



Bölge Haritası





Özet İstatistikler



	<i>VtLodos</i>	<i>VgLodos</i>	<i>EgLodos</i>	<i>VtErturk</i>	<i>VgErturk</i>	<i>VgCatalca</i>
Count	840	840	840	840	840	840
Average	7.79	6.55	8.07	6.02	9.51	7.35
Standard dev.	3.73	3.12	7.61	3.29	4.97	3.95
Coeff. of var.	47.85%	47.67%	94.32%	54.54%	52.23%	53.65%
Minimum	0.2	1.0	0.0	0.2	1.1	0.0
Maximum	20.0	14.0	24.0	15.8	23.4	20.8
Range	19.8	13.0	24.0	15.6	22.3	20.8
Std. skewness	6.67621	1.12508	10.4557	7.20458	9.43839	6.78867
Std. kurtosis	1.84804	-5.00341	-3.33926	0.421518	0.654214	0.760942

Vt : Tahmin edilen rüzgar hızı, m/s

Vg : Gözlenen rüzgar hızı, m/s

Eg : Üretilen enerji miktarı, MWh



Korelasyon Katsayıları

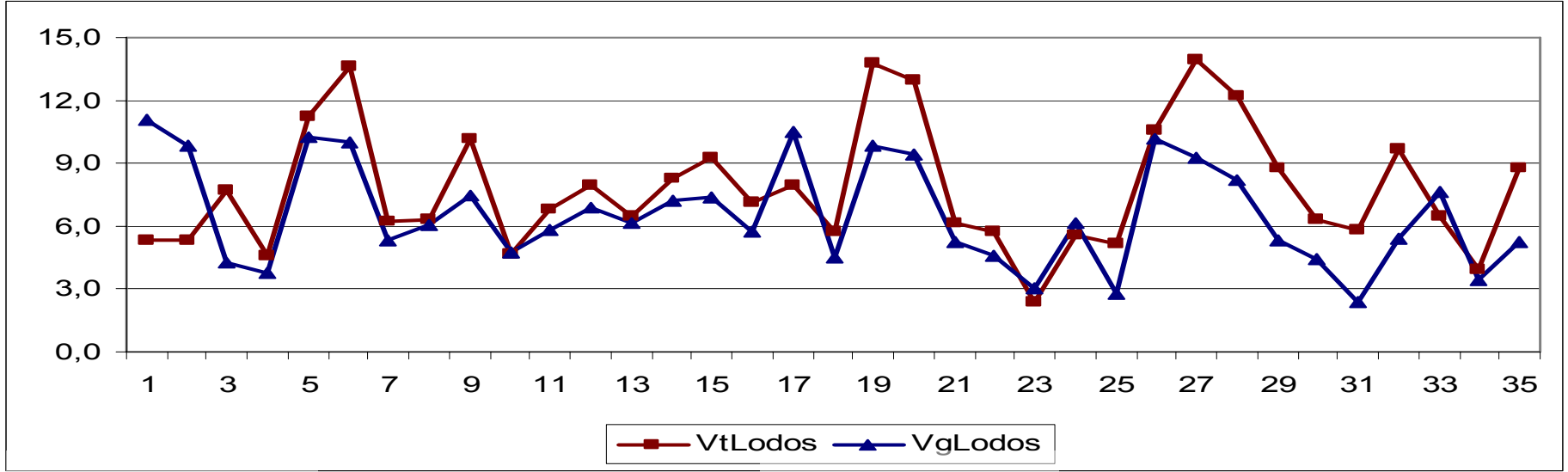


	VtLodos	VgLodos	EgLodos	VtErturk	VgErturk	VgCatalca
VtLodos		0.5454	0.4924	0.8399		
		(840)	(840)	(840)		
<i>P-değeri</i>		0.0000	0.0000	0.0000		
VtErturk	0.8399				0.5485	0.4363
	(840)				(840)	(840)
<i>P-değeri</i>	0.0000				0.0000	0.0000
VgCatalca				0.4363	0.7778	
				(840)	(840)	
<i>P-değeri</i>				0.0000	0.0000	

P değerleri, **0.05**'in altında olduğu için tahminlerle gözlemler arasında % **95** anlamlılık düzeyinde, anlamlı bir korelasyon olduğu görülmektedir.

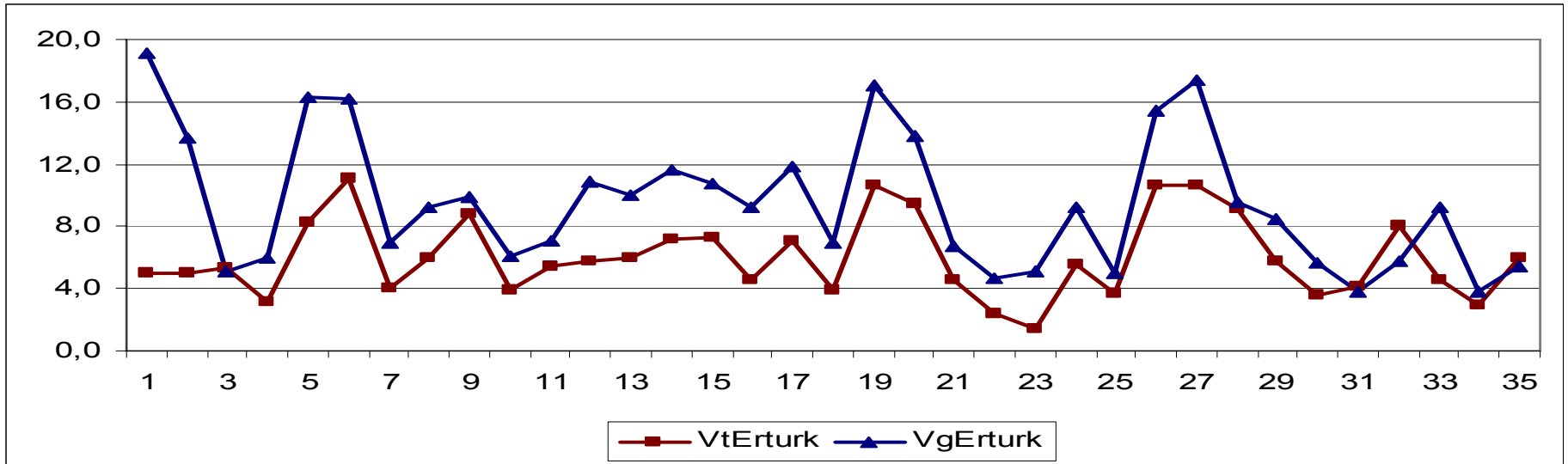


Günlük Rüzgar Ortalamaları (m/s)



TAHMİN —————

GÖZLEM —————



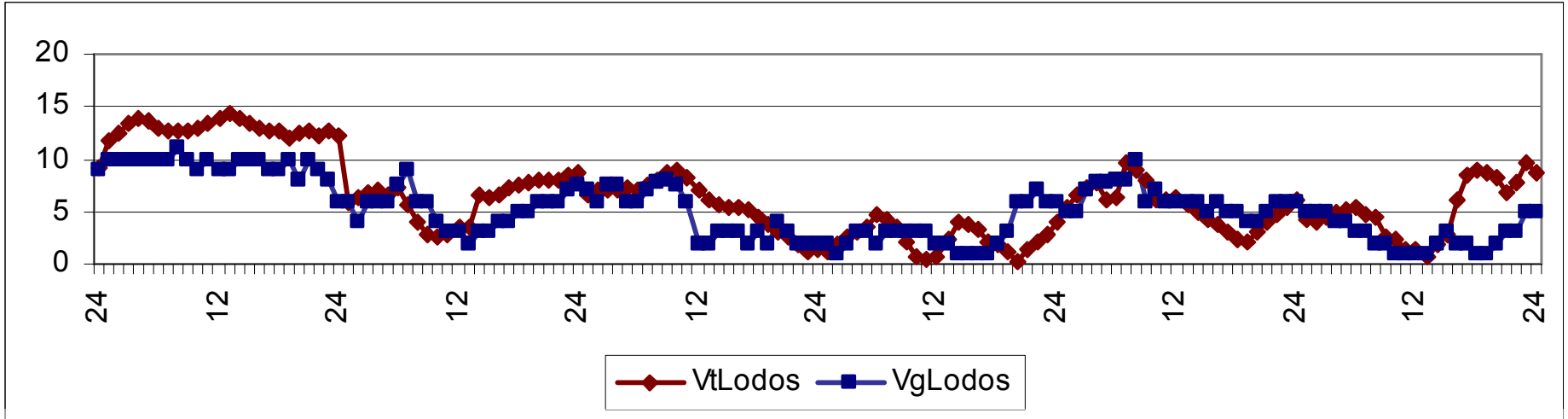


Saatlik Rüzgar Ortalamaları (m/s)



TAHMİN —————

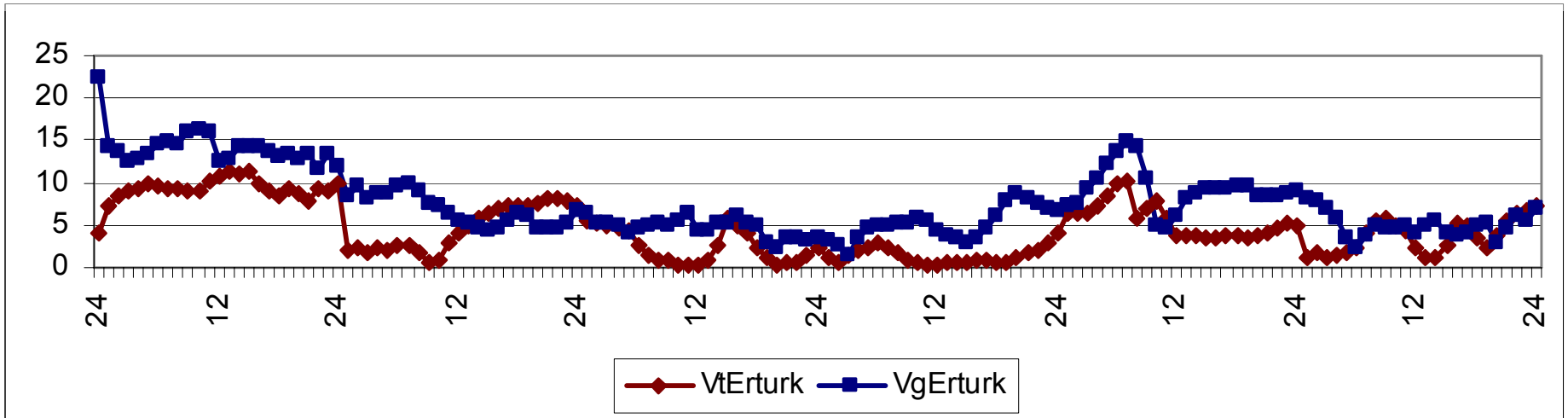
GÖZLEM —————



25 Ocak 2010

İYİ ÖRNEK

30 Ocak 2010



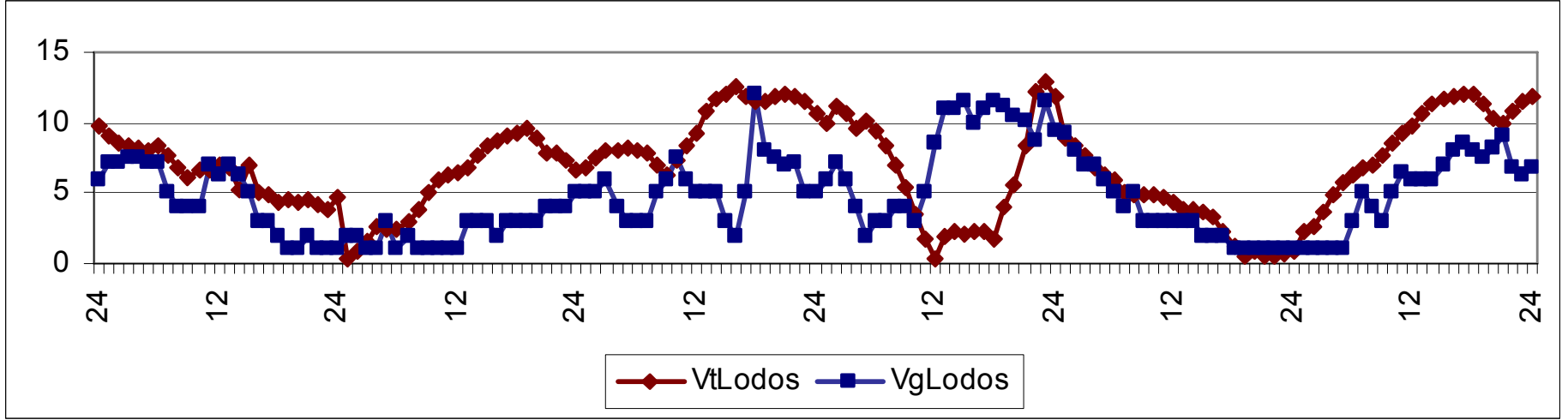


Saatlik Rüzgar Ortalamaları (m/s)



TAHMİN —————

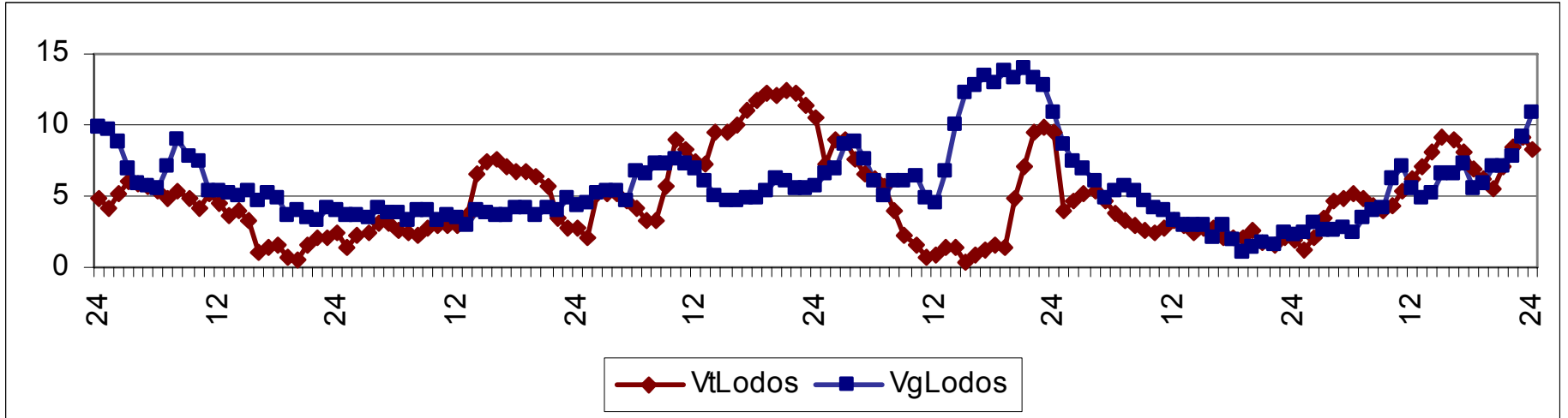
GÖZLEM —————



5 Şubat 2010

KÖTÜ ÖRNEK

10 Şubat 2010

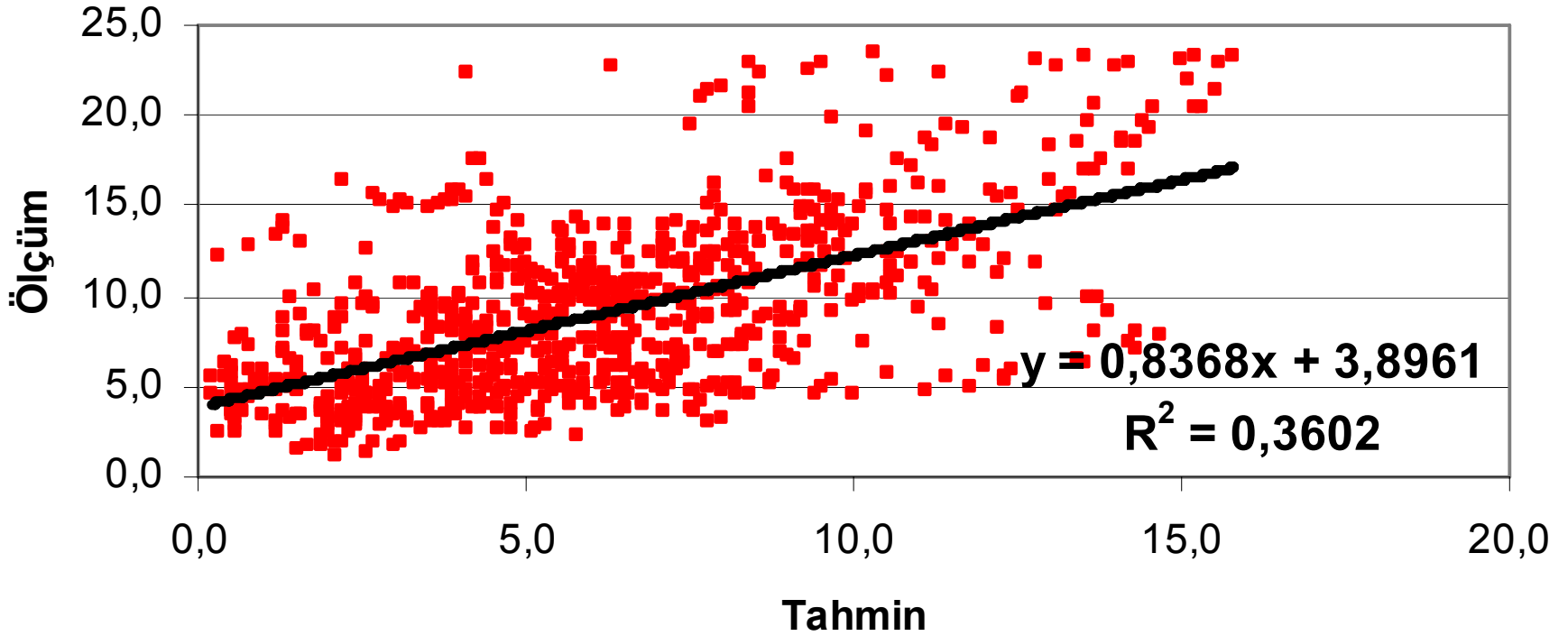




X - Y Dağılım Grafikleri - LODOS



LODOS Tahmin ve Gerçekleşen



Gerçek Rakım : 110 – 147 m

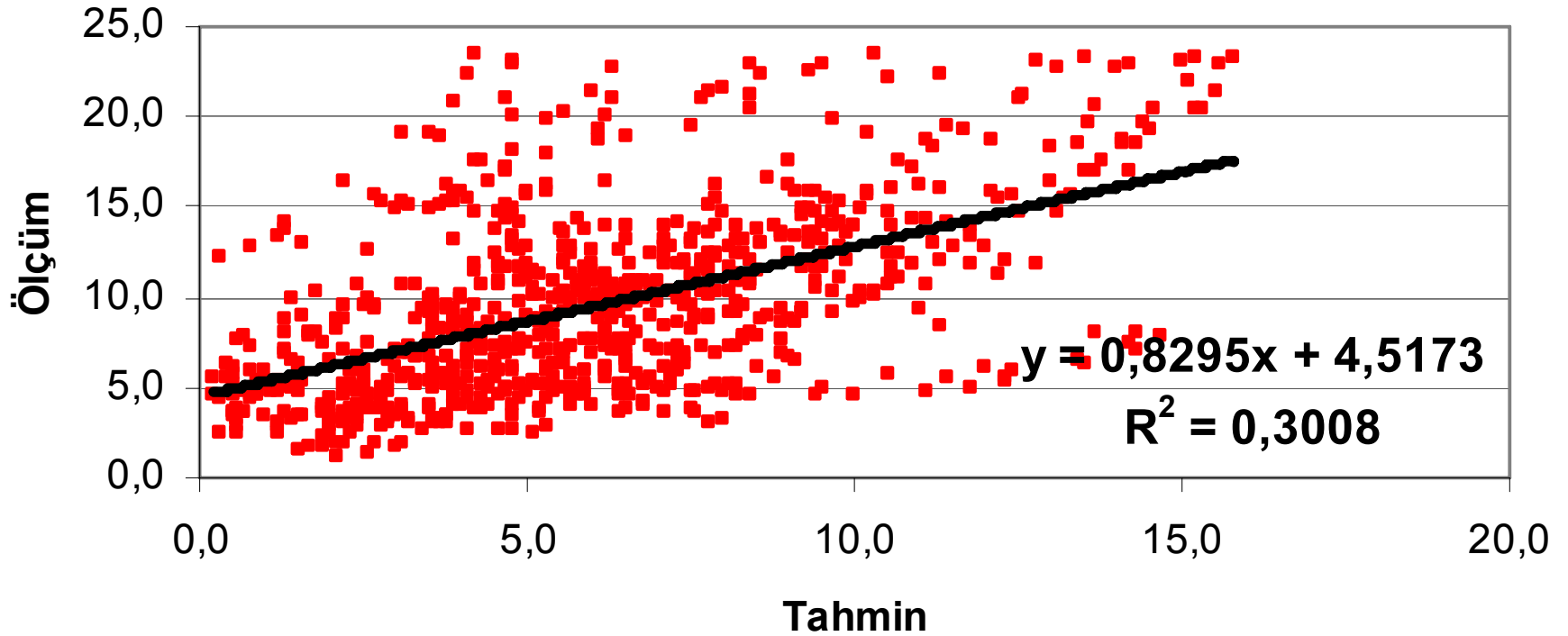
Model Rakım : 101,1 m



X - Y Dağılım Grafikleri - ERTÜRK



ERTÜRK Tahmin ve Gerçekleşen



Gerçek Rakım : 240 – 250 m

Model Rakım : 162,4 m



Hata Analizi



	Günlük Ort.	Saatlik Ort.	Ort. (m/s)	Std.
LODOS			6.55	3.12
Ortalama Hata (ME)	1.23	-2.89		
Ortalama Karakök Hatası (RMSE)	2.61	4.75		
ERTÜRK			9.51	4.97
Ortalama Hata (ME)	-3.49	-3.49		
Ortalama Karakök Hatası (RMSE)	4.59	5.45		

Hesaplanan ME ve RMSE değerlerinin sıfıra yakınlığı yapılan tahminlerinin doğruluğunun arttığını göstermektedir.

Yapılan hesaplamalarda elde edilen değerler, standart sapma civarında bulunmuştur. Std. sapmanın yüksek olduğu rüzgar parametresi için hesaplanan sonuçlar da yüksek bulunmuştur.



ANOVA Analizi - LODOS

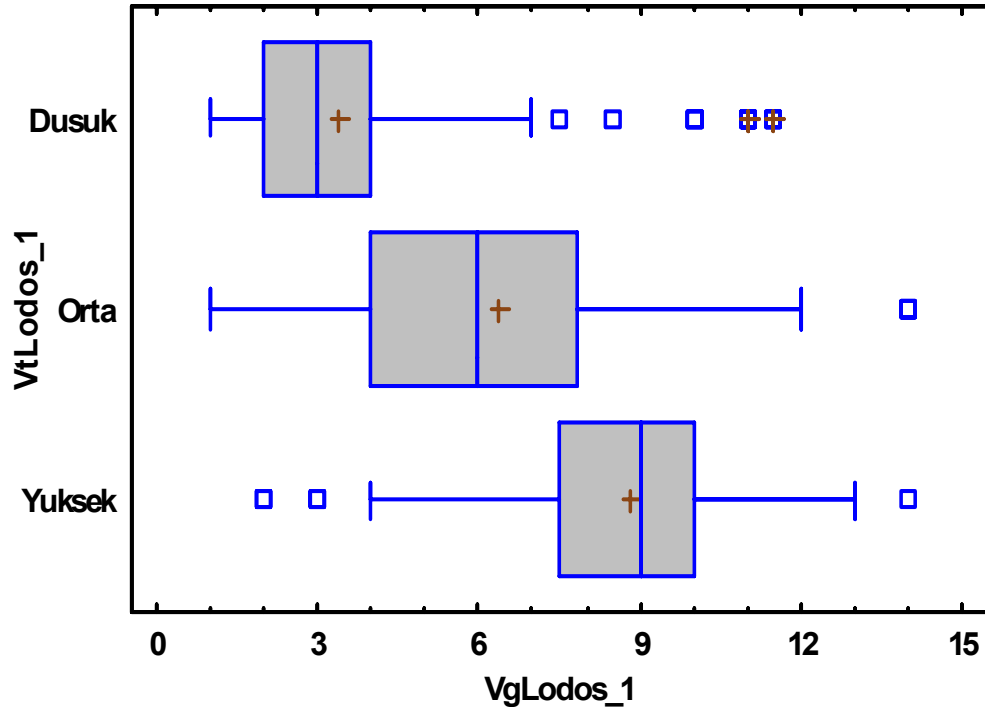


Yapılan tahminler; **Düşük** ($V \leq 4.0$ m/s), **Orta** ($4.0 < V \leq 10.0$ m/s) ve **Yüksek** ($V \geq 10.0$ m/s) olarak üç gruba ayrılmış ve tahminler ile gözlemler arasındaki ilişki ANOVA testi ile incelenmiştir.

Tüm testler için P değerleri **0.05**'in altında olduğu için; **% 95** anlamlılık düzeyinde, ANOVA testine göre **ortalamalar**, K-W ve Mood's testine göre ise **medyanlar** anlamlı şekilde farklıdır.

Başka bir deyişle; tahminler düşük iken gözlemler de düşük, tahminler yüksek iken gözlemler de yüksektir.

TEST	P-değeri
ANOVA Ort. Testi	0.0000
Kruskal-Wallis Median	0.0
Mood's Median	0.0





ANOVA Analizi - ERTÜRK

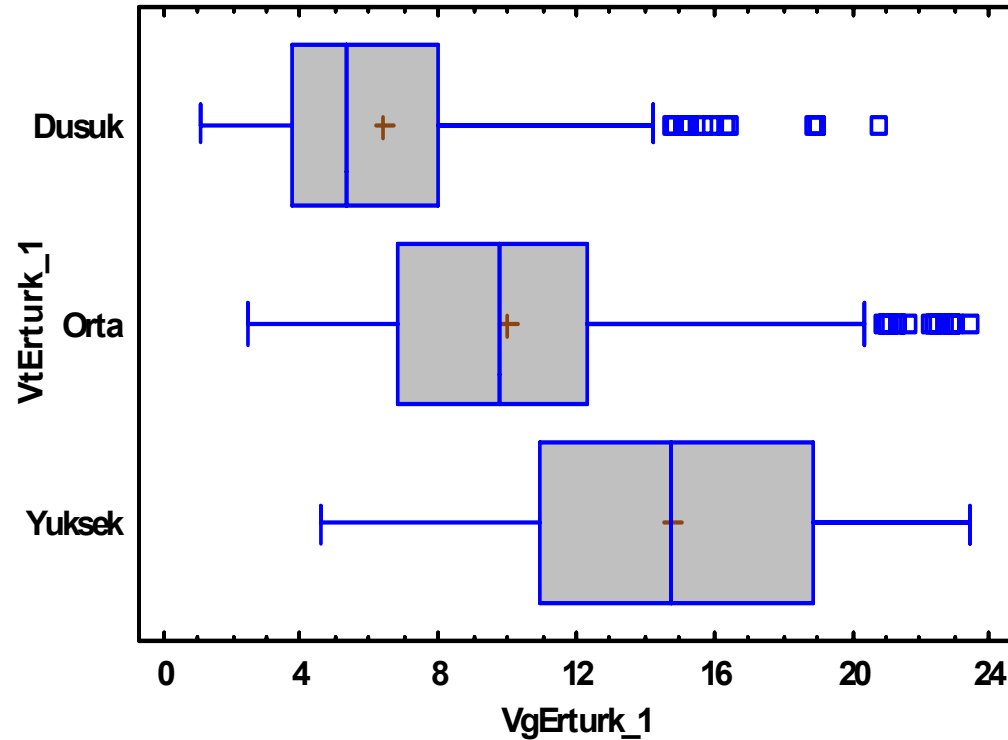


Yapılan tahminler; **Düşük** ($V \leq 4.0$ m/s), **Orta** ($4.0 < V \leq 10.0$ m/s) ve **Yüksek** ($V \geq 10.0$ m/s) olarak üç gruba ayrılmış ve tahminler ile gözlemler arasındaki ilişki ANOVA testi ile incelenmiştir.

Tüm testler için P değerleri **0.05**'in altında olduğu için; **% 95** anlamlılık düzeyinde, ANOVA testine göre **ortalamalar**, K-W ve Mood's testine göre ise **medyanlar** anlamlı şekilde farklıdır.

Başka bir deyişle; tahminler düşük iken gözlemler de düşük, tahminler yüksek iken gözlemler de yüksektir.

TEST	P-değeri
ANOVA Ort. Testi	0.0000
Kruskal-Wallis Median	0.0
Mood's Median	0.0



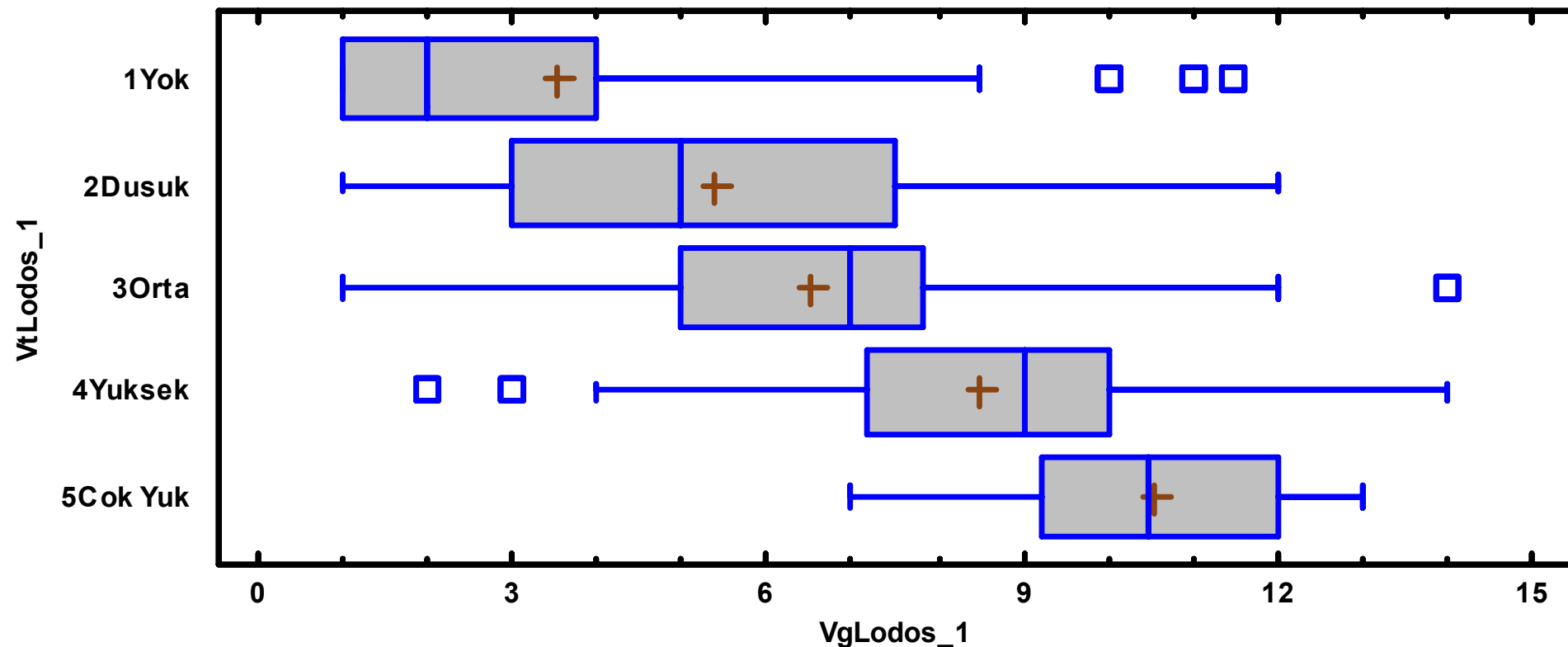


ANOVA Analizi - LODOS



Yok	Dusuk	Orta	Yuksekk	Cok Yuk
< 3	3-6	6-10	10-15	> 15

TEST	P-değeri
ANOVA Ort. Testi	0.0000
Kruskal-Wallis Median	0.0
Mood's Median	0.0



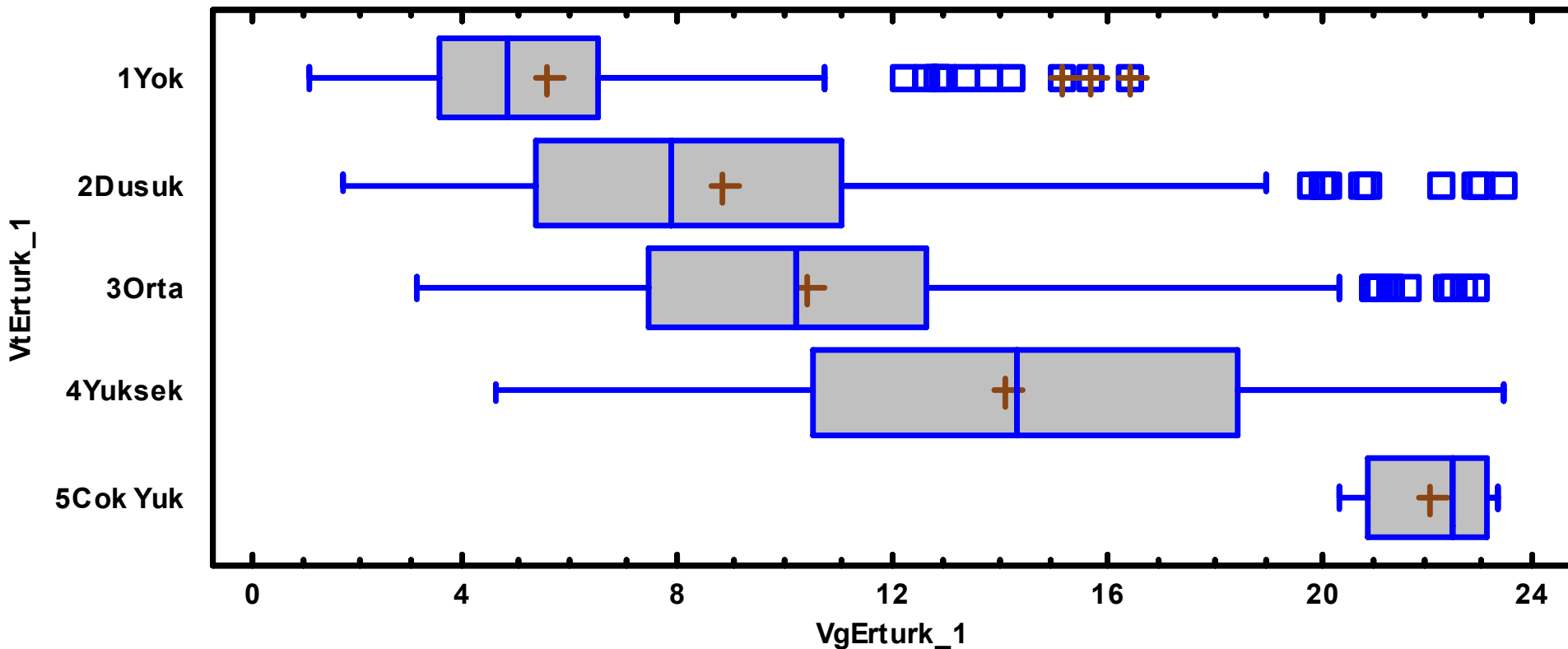


ANOVA Analizi - ERTÜRK



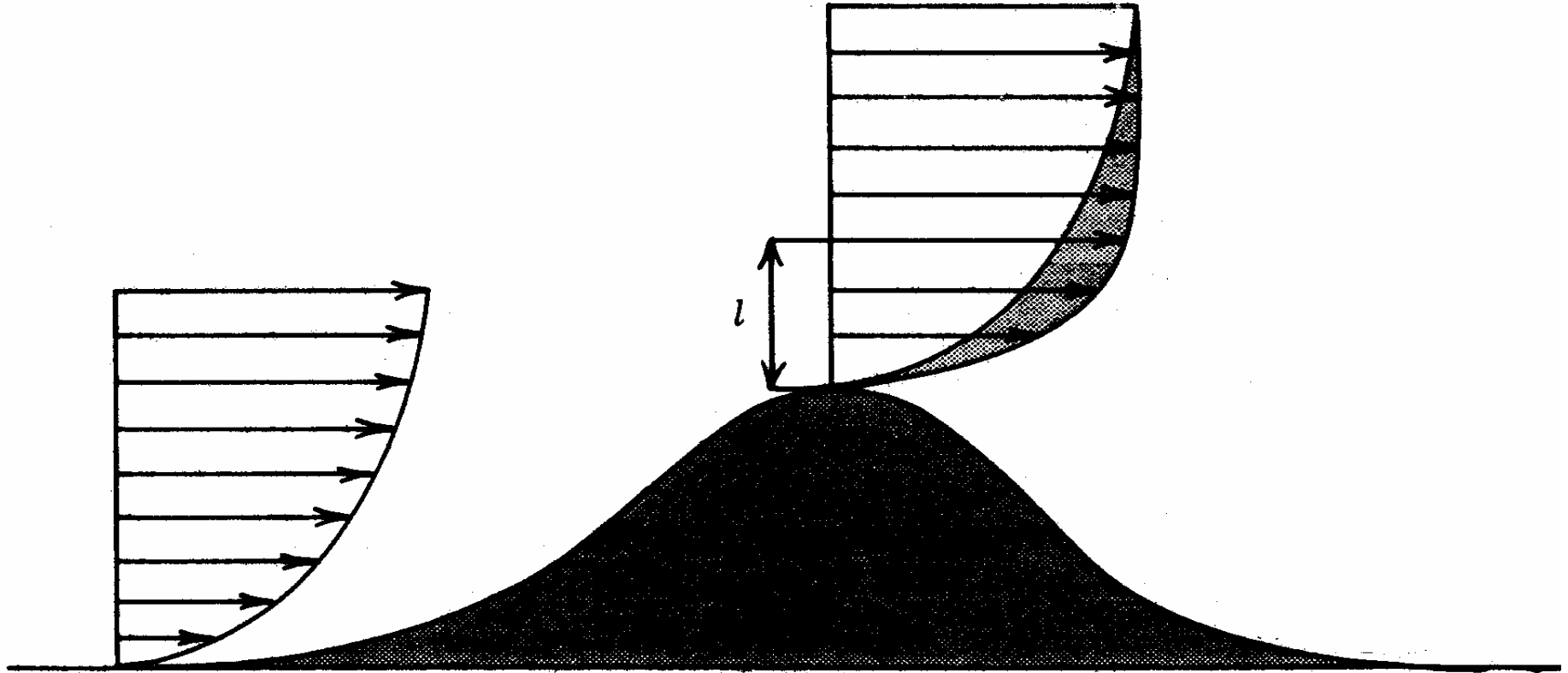
Yok	Dusuk	Orta	Yuksekk	Cok Yuk
< 3	3-6	6-10	10-15	> 15

TEST	P-değeri
ANOVA Ort. Testi	0.0000
Kruskal-Wallis Median	0.0
Mood's Median	0.0





Topoğrafyanın Rüzgar Hızına Etkisi



Bütün sınıflarda %50'ye varan bir hız artışı görülmektedir ve bu sonuç 400 m yüksekliğinde ve 4 km çapındaki simetrik bir tepede (Hebrides South Uist Adası üzerindeki Askervein tepesi) yapılan hesaplamalarda elde edilmiştir. Rüzgar hızındaki artış; tepenin yüksekliğine, uzunluğuna ve yapısına bağlıdır. (Avrupa Rüzgar Atlası, Troen and Petersen, 1989)



Arazi Yapısı



2.3 km çözünürlükteki Model topoğrafyası ve HGK'nin **90 m** çözünürlükteki DTED1 verisi CBS ortamında değerlendirilmiştir.

Model topoğrafyası için en yüksek değer 2 noktada **950.5 m** olarak karşımıza çıkmaktadır. HGK'nin 90 m çözünürlükteki DTED1 verisine göre ise en yüksek değer aynı bölgede **1502 m** olarak bulunmuştur.

Ertürk ve Lodos RES Sahaları için bulunan yükseklikler aşağıda verilmiştir.

Firma Adı	Tesis Yeri	Model Yük.	Gerçek Yük.
Lodos Elektrik Üretim A.Ş.	Gaziosmanpaşa, İstanbul	101.1 m	110-147 m
Ertürk Elektrik Üretim A.Ş.	Çatalca, Çakıl, Elbasan, İstanbul	162.4 m	240-250 m

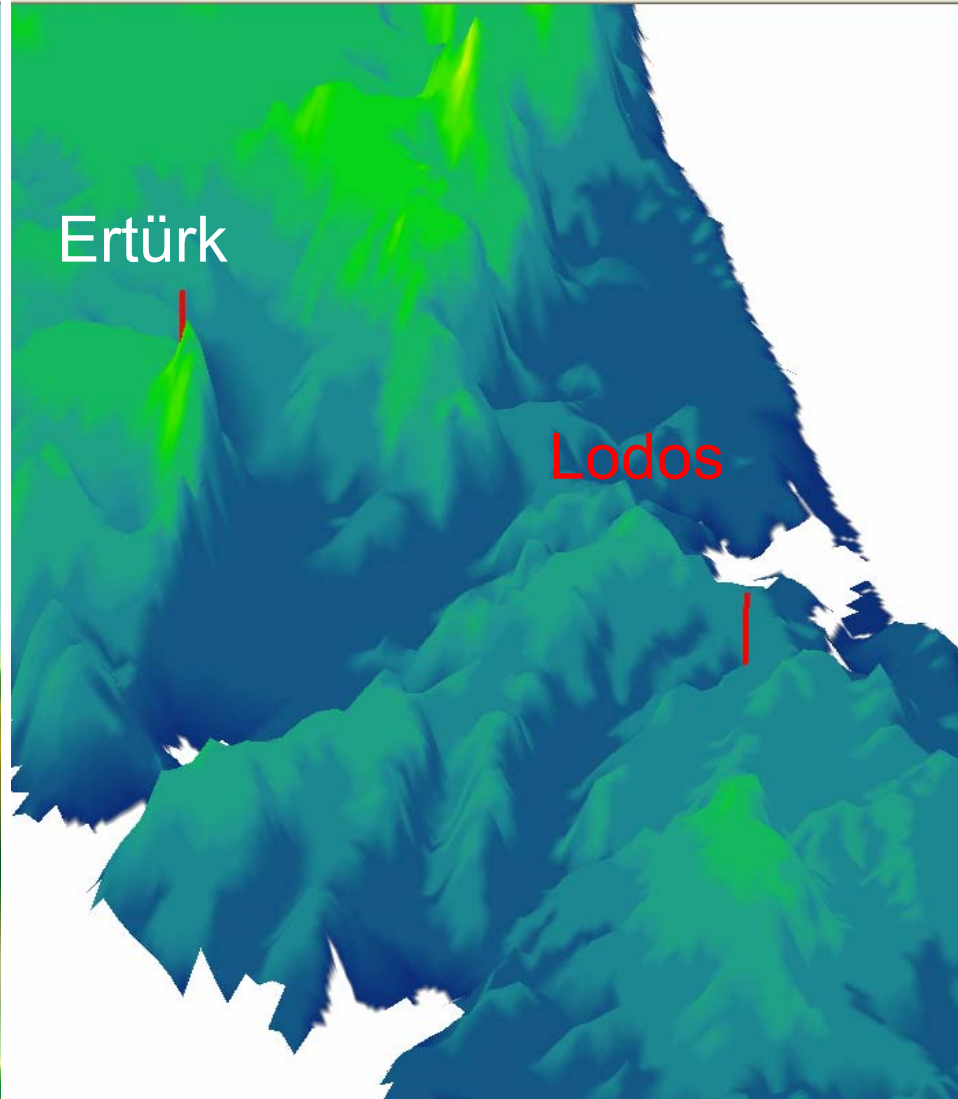
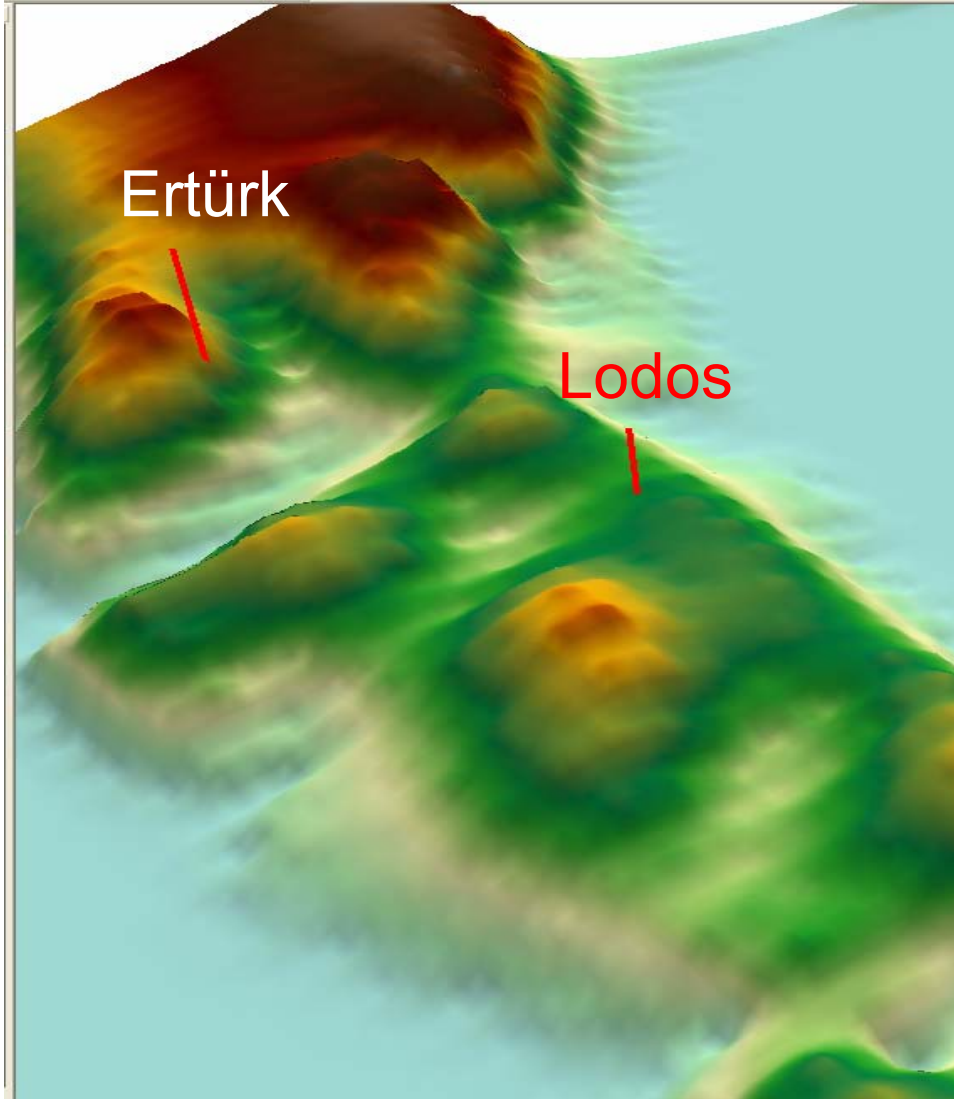


3 Boyutlu Görünüm



Model Yükseklik Haritası

HGK Yükseklik Haritası





SONUÇLAR



- Rüzgar zamansal ve mekansal olarak çok fazla değişkenlik gösteren bir parametre olduğu için, standart sapma ortalamaların yarısı civarında hesaplanmıştır. Bu değişkenlik Ortalama Hata (ME) ve Ortalama Karekök Hatası (RMSE) hesaplarına da yansımıştır.
- Üretilen tahminler, günlük ortalama rüzgar hızlarındaki azalma ve artışları yakalamaktadır. Saatlik olarak incelendiğinde ise, ölçümler ile tahminler arasında zaman zaman farklılıklar olduğu görülmüştür.
- Yapılan 2 değerlendirme sonucundan biri için, tahmin edilen rüzgar hızları ölçülen değerlerden düşük, diğeri için yüksek bulunmuştur.
- Korelasyon analizlerinde tahminler ile gözlemler arasında anlamlı bir ilişki olduğu bulunmuştur.
- ANOVA analizine göre; tahminler düşük iken ölçümlerin de düşük, yüksek iken ölçümlerinde yüksek olduğu görülmüştür.



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



Araştırma ve Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı, Araştırma Şube Müdürlüğü



5 Mart 2010