

66040

BANDIRMA, BODRUM, BOZCAADA VE ÇEŞME
BÖLGELERİ İÇİN RÜZGAR ENERJİSİ
POTANSİYELLERİNİN BELİRLENMESİ

DETERMINATION OF WIND ENERGY POTENTIALS
FOR THE LOCATIONS OF
BANDIRMA, BODRUM, BOZCAADA AND ÇEŞME

CİHAN DÜNDAR

66040

Hacettepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetmeliğinin
Çevre Bilimleri Anabilim Dalı İçin Öngördüğü
YÜKSEK MÜHENDİSLİK TEZİ
olarak hazırlanmıştır.

66040

YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
TAYINMA VE İZLENİMLER MERKEZİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Bu çalışma jürimiz tarafından ÇEVRE BİLİMLERİ ANABİLİM DALI'nda
YÜKSEK MÜHENDİSLİK TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Demir İnan

Başkan

: Prof. Dr. Demir İNAN (Danışman)

Muzaffer M. Evirgen

Üye

: Doç.Dr. Muzaffer M. EVİRGEN

Alparslan Arıkan

Üye

: Prof. Dr. Alparslan ARIKAN

ONAY

Bu tez 06/02/1997 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri
üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

Gültekin Günay
06/02/1997

Prof. Dr. Gültekin GÜNAY
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

ÖZET

Son yıllarda artan enerji gereksiniminin karşılanmasında, birincil enerji kaynaklarından yapılan üretimle ortaya çıkan çevre kirliliği, Türkiye'nin gündeminde önemli bir yer tutmaktadır. Tüm dünyada olduğu gibi, Türkiye'de de temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru bir yönelme gözlenmektedir. Temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının birisi de rüzgar enerjisidir.

Bu çalışmada, Türkiye'deki ortalama rüzgar hız ve enerji potansiyellerinin dağılışı genel olarak incelenmiş, inceleme sonunda rüzgar enerjisinden yararlanılabilecek alanlardan Bandırma, Bodrum, Bozcaada ve Çeşme merkezleri için - Avrupa Rüzgar Atlasının hazırlanmasında kullanılan bilgisayar programından (WASP) yararlanarak - rüzgar atlası istatistikleri hesaplanmıştır.

WASP paket programıyla yapılan hesaplamalarda üç değişik yöntem kullanılmıştır. İlk yöntemde, ölçüm noktası için Avrupa Rüzgar Atlasında kullanılan standart yüksekliklerdeki (10, 25, 50 ve 100 m) ortalama rüzgar hızları ve ortalama enerji yoğunlukları hesaplanmıştır. Diğer iki yöntemle, (kütüphane dosyası ve kaynak dosyası) seçilmiş istasyonlar için standart yüksekliklerdeki bölgesel rüzgar atlası istatistikleri hesaplanmıştır.

Üç farklı yöntemle yapılan hesaplama sonuçları karşılaştırılmış, ayrıca seçilen alanlarda rüzgar enerjisinin kullanılabilirliğine yönelik değerlendirmeler yapılarak, öneriler belirtilmiştir.

ABSTRACT

Difficulties in meeting the increasing energy supply and the environmental pollution mainly from the use of fossil fuels have become an important matter in Turkey's agenda during the last decades. Therefore, there has been a tendency towards the clean and renewable energy sources in Turkey, as in the whole world. Wind energy is one of the clean and renewable energy source.

In this study, mean wind speeds and wind energy potentials of Turkey were investigated. By considering the results from this investigation, the cities (or stations) Bandırma, Bodrum, Bozcaada and Çeşme were selected as the potential study areas for the determination of wind atlas statistics in detailed. A computer program (WASP) used in compiling the European Wind Atlas was used to determine and analyze the meteorological wind data for these cities.

Three different methods were applied by the WASP model. In the first method, mean wind speeds and wind energy potentials for the measurement points were calculated at European Wind Atlas standard heights (10, 25, 50 and 100 m). By using the other methods (library file and resource file), regional wind atlas statistics for the selected areas at the standard heights were calculated.

The calculation results computed by the three different methods were compared with each other and the reliability of results was discussed. Finally, assessments and recommendations related to the usage of the wind energy were made.

TEŞEKKÜR

Yazar, tez çalışmasının gerçekleştirilmesinde katkılarından dolayı, aşağıda adı geçen kişi ve kuruluşlara teşekkür eder:

Sayın Prof. Dr. Demir İnan (tez danışmanı), çalışma alanlarının seçiminde, çalışmaların tamamlanması ve değerlendirilmesinde her türlü yardımı sağlayarak, çalışmanın her aşamasında yol gösterici olmuştur.

Sayın Aydın Sarıkaya ve sayın Dr. Ahmet Kılıç, çalışma ortamının hazırlanmasında, sayın Dr. Murat Türkeş ve Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Araştırma Şube Müdürlüğü çalışanları, çalışmaların tamamlanmasında yardımcı olmuşlardır.

Çalışmada kullanılan WASP (Wind Atlas Analysis and Application Program) paket programının yazarlarından sayın Niels G. Mortensen (Risoe National Laboratory, Denmark), çalışmalarda karşılaşılan zorlukların aşılmasında yardımcı olmuştur.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	2
1.2. Rüzgar Enerjisi Konusunda Yapılan Bazı Çalışmalar	3
2. YÖNTEM VE VERİ	4
2.1. Yöntem	4
2.1.1. Bir Paket Program (WASP) ile Rüzgar Enerjisi Potansiyellerinin Belirlenmesi	6
2.1.2. Haritalama	11
2.2. Temel Veri	12
2.2.1. Rüzgar Verisi	12
2.2.2. Yakın Çevre Engelleri	13
2.2.3. Topoğrafya ve Pürüzlülük Bilgileri	14
3. HESAPLAMALAR VE SONUÇLAR	15
3.1. Belirlenmiş İstasyonlar İçin Rüzgar Potansiyellerinin Hesaplanması	15
3.2. Bandırma İstasyonu İçin Yapılan Hesaplama Sonuçları	18
3.3. Bodrum İstasyonu İçin Yapılan Hesaplama Sonuçları	22
3.4. Bozcaada İstasyonu İçin Yapılan Hesaplama Sonuçları	26
3.5. Çeşme İstasyonu İçin Yapılan Hesaplama Sonuçları	30
4. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÖNERİLER	34
5. KAYNAKLAR DİZİNİ	37

EKLER

- Ek-1. WASP Programında Kullanılan Temel Veriler**
- Ek-2. Türkiye Rüzgar Potansiyeli Genel Değerlendirme Sonuçları**
- Ek-3. Bandırma Rüzgar Atlası İstatistikleri**
- Ek-4. Bodrum Rüzgar Atlası İstatistikleri**
- Ek-5. Bozcaada Rüzgar Atlası İstatistikleri**
- Ek-6. Çeşme Rüzgar Atlası İstatistikleri**
- Ek-7. Ortalama Rüzgar Hızı ve Enerji Yoğunluğu Hesaplamalarında Kullanılan Çizelgeler**

SİMGELER VE KISALTMALAR

A	Weibull Büyüklük Katsayısı, m/s
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
E	Yıllık Enerji Üretimi, kWsaat/yıl
EİE	Elektrik İşleri Etüd İdaresi
GW	Gigawatt
h	yükseklik, m
k	Weibull Şekil Katsayısı
kW	kilowatt
p	Geçirgenlik
P	Ortalama Rüzgar (Enerji) Potansiyeli, W/m ²
P'	Düzeltilmiş Ortalama Rüzgar (Enerji) Potansiyeli, W/m ²
TÜBİTAK-MAM	Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi
u	Ortalama Rüzgar Hızı, m/s
u'	Düzeltilmiş Ortalama Rüzgar Hızı, m/s
WASP	Wind Atlas Analysis and Application Program
WECS	Wind Energy Conversion Systems
z_0	Pürüzlülük Uzunluğu, m

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. 2 parametrelili Weibull dağılımı	5
2.2. Pürüzlülük uzunluğu ve yüzey yapısı özelliklerine göre pürüzlülük sınıfları	8
2.3. Engel perdeleme etkisinden dolayı rüzgar hızında meydana gelen yüzde azalma (R1)	9
2.4. Engel bilgilerinin tanımlanması (kuşbakışı görünüm)	13
3.1. 10 m enerji potansiyel dağılışı örnek haritası (W/m^2)	17
3.2.a. Bandırma 10 m enerji potansiyel dağılışı (W/m^2).....	20
3.2.b. Bandırma 25 m enerji potansiyel dağılışı (W/m^2).....	20
3.2.c. Bandırma 50 m enerji potansiyel dağılışı (W/m^2).....	21
3.2.d. Bandırma 100 m enerji potansiyel dağılışı (W/m^2).....	21
3.3.a. Bodrum 10 m enerji potansiyel dağılışı (W/m^2).....	24
3.3.b. Bodrum 25 m enerji potansiyel dağılışı (W/m^2).....	24
3.3.c. Bodrum 50 m enerji potansiyel dağılışı (W/m^2).....	25
3.3.d. Bodrum 100 m enerji potansiyel dağılışı (W/m^2).....	25
3.4.a. Bozcaada 10 m enerji potansiyel dağılışı (W/m^2).....	28
3.4.b. Bozcaada 25 m enerji potansiyel dağılışı (W/m^2).....	28
3.4.c. Bozcaada 50 m enerji potansiyel dağılışı (W/m^2).....	29
3.4.d. Bozcaada 100 m enerji potansiyel dağılışı (W/m^2).....	29
3.5.a. Çeşme 10 m enerji potansiyel dağılışı (W/m^2).....	32
3.5.b. Çeşme 25 m enerji potansiyel dağılışı (W/m^2).....	32
3.5.c. Çeşme 50 m enerji potansiyel dağılışı (W/m^2).....	33
3.5.d. Çeşme 100 m enerji potansiyel dağılışı (W/m^2).....	33

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Engel geçirgenlikleri	10
2.2. İstasyon yer tanımları	14
3.1. Noktasal analiz sonuçları örnek çizelgesi	16
3.2. Düzeltilmiş noktasal analiz sonuçları örnek çizelgesi	16
3.3. Kütüphane dosyası örnek çizelgesi	17
3.4. Bandırma istasyonu noktasal analiz sonuçları özet çizelgesi	18
3.5. Bandırma istasyonu kütüphane dosyası sonuçları	18
3.6. Bodrum istasyonu noktasal analiz sonuçları özet çizelgesi	19
3.7. Bodrum istasyonu kütüphane dosyası sonuçları	19
3.8. Bozcaada istasyonu noktasal analiz sonuçları özet çizelgesi	20
3.9. Bozcaada istasyonu kütüphane dosyası sonuçları	20
3.10. Çeşme istasyonu noktasal analiz sonuçları özet çizelgesi	21
3.11. Çeşme istasyonu kütüphane dosyası sonuçları	21

1. GİRİŞ

Kalkınmanın temel gereksinimlerinden biri enerji üretimidir. Türkiye’de toplam birincil enerji üretiminin yaklaşık %90’ı fosil kökenli kaynaklardan, elektrik enerjisinin yaklaşık % 60’lık bölümü de termik santrallerden sağlanmaktadır. Ülkemizde, yenilenebilir enerji kaynaklarının birincil enerji üretimi içindeki payı ise % 1’den daha azdır (Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi 1994 Enerji Raporu, 1995). Dünyada ise, yenilenebilir enerji kaynaklarının küresel enerji tüketimindeki toplam payı % 2’nin altındadır (World Energy Council’s Commission Report ‘Energy For Tomorrow’s World’, 1994).

Türkiye’deki mevcut enerji üretim ve tüketim sistemleri, yerel, bölgesel ve küresel ölçekte hava, su ve toprak kirlenmesine yol açmaktadır. Fosil kökenli yakıtların kullanımından kaynaklanan hava kirleticilerinin ve sera gazı salımlarının, yerel ve bölgesel hava kirliliğinde olduğu kadar, sınırlarötesi hava kirliliğindeki ve sera etkisindeki payı da giderek artmaktadır. Diğer taraftan, hava kirleticilerinin ve sera gazı salımlarının azaltılmalarını, hatta periyodik olarak belirli düzeylere indirilmelerini öngören - Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi gibi - uluslararası sözleşmeler, Türkiye’yi bu konuda önlemler almaya zorlamaktadır.

Kirletici azaltımının en önemli aracı, yeni ve yenilenebilir enerjileri de içerecek şekilde oluşturulacak olan, çevreye karşı duyarlı ve sürdürülebilir enerji sistemleridir. Türkiye açısından yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde, güneş enerjisiyle birlikte öne çıkan diğer bir kaynak ise, rüzgar enerjisidir.

Rüzgar, yatay ya da yataya yakın yönde yer değiştiren bir hava kütesinin hareketi, enerji ise iş yapabilme yeteneğidir. Rüzgar enerjisi, yer değiştiren bu hava kütesinin iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanabilir. Rüzgar enerjisini kullanılabilir enerjiye dönüştürmek olanaklıdır. Bu dönüşümü sağlayan araçlara Rüzgar Enerjisi Çevrim Sistemleri (WECS, Wind Energy Conversion Systems) adı verilmektedir. WECS’ ler yatay ve dikey eksenli olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır.

Dünyanın rüzgar enerjisi potansiyelini belirlemek oldukça zordur. Fakat bazı hesaplamalar yapılmış ve ham rüzgar potansiyelinin en fazla % 10'luk kısmının kullanıma alınabileceği belirlenmiştir. Bugün bütün dünyadaki rüzgar türbinlerinin toplam kurulu gücü yaklaşık olarak 4 GW'tır. Bunun % 70'i A.B.D.'nde ve yaklaşık 1000 MW'lık bir kısmı da Batı Avrupa'dadır (Türksoy, 1994).

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi'nin 1994 Enerji Raporu (1995)'na göre Avrupa'da Rüzgar enerjisinden en fazla yararlanan ülke 412 MW kurulu gücü ile Danimarka'dır. Danimarka'yı 47 MW kurulu gücü ile Almanya ve 45 MW kurulu gücü ile Hollanda takip etmektedir. Diğer Avrupa ülkelerindeki kurulu güçler ise 10 MW'ın altındadır.

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün (DMİ), Türkiye üzerinde homojen bir dağılışı gösteren 94 adet istasyonunun 1991-94 yılları arasında kaydedilen saatlik rüzgar verileri kullanılarak, bu istasyonlar için gerçek ortalama rüzgar hızları ve enerji yoğunlukları hesaplanmıştır. DMİ tarafından kurulan istasyonlar esas olarak sinoptik ve klimatolojik amaçlı gözlemler yapmaktadırlar. Bu istasyonlar, bulundukları yerleşim merkezlerinin gelişmesinden dolayı, kent merkezlerinde kalabilmekte ve yapılan rüzgar gözlemleri zamanla bozulabilmektedir. Bu nedenle, ölçülen verilerin rüzgar potansiyelinin belirlenmesine yönelik hesaplamalarda doğrudan kullanılması hatalı sonuçlar verebilir.

Rüzgar enerjisi potansiyellerinin belirlenmesi için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu incelemede, rüzgar atlası istatistiklerini elde etmek için Danimarka Meteoroloji Teşkilatı'nın Riso Meteoroloji Laboratuvarında hazırlanmış ve geliştirilmiş olan ve Avrupa Rüzgar Atlasının (European Wind Atlas, Troen et al.,1989) hazırlanmasında da kullanılan WASP (Wind Atlas Analysis and Application Program) paket programı kullanılmıştır. Hesaplanan değerler bilgisayar ortamında değerlendirilerek, yer düzeyinden 10 m yüksekteki ortalama rüzgar hız ve potansiyel dağılışı haritaları çizilmiştir. Ortalama hızların Türkiye üzerindeki coğrafi dağılışı Ek-2 Şekil.1.a' da, ortalama potansiyellerinki ise Ek-2 Şekil.1.b' de bulunmaktadır. Ortaya çıkan

haritalardan hareket edilerek noktasal incelemeler yapılmış, Bandırma, Bodrum, Bozcaada ve Çeşme meteoroloji istasyonlarının rüzgar verileri kullanılarak, bu bölgelerin rüzgar atlası istatistiksel bilgileri elde edilmiştir.

1.2. Rüzgar Enerjisi Konusunda Yapılan Bazı Çalışmalar

Avrupa Rüzgar Atlası tamamlanmasına rağmen (Troen and Petersen, 1989), bu çalışmada yer almayan istasyonlar için rüzgar potansiyeli belirleme çalışmaları sürdürülmektedir. Gelişmiş ülkeler dışındaki ülkelerde de rüzgar potansiyeli belirleme çalışmaları yapılmaktadır. Nijerya (Adekoya and Adewale, 1992), Fas (Darwish and Sayigh, 1991), Hindistan (Panda et al., 1990), Yunanistan (Pneumatikos, 1991) ve Kıbrıs (Pashardes and Christofides, 1995) için yapılan rüzgar potansiyelinin belirlenmesi çalışmalarında, rüzgar enerjisinden yararlanılabileceği belirtilmektedir.

Bugüne kadar, Türkiye'nin rüzgar enerjisi potansiyeli ayrıntılarıyla belirlenememiştir. Bu nedenle Elektrik İşleri Etüd İdaresi (EİE) bir çalışma başlatmıştır. Bu çalışmanın ilk aşamasında, DMI'nin 114 istasyonundan elde edilen ölçümler temel alınarak, rüzgar enerjisi için uygun yöreler saptanmıştır.

Şimdiye kadar yapılan çalışmalarda, Türkiye'nin yıllık ortalama rüzgar hızı 2.5 m/s, ve rüzgar gücü yoğunluğu 24 W/m^2 olarak hesaplanmıştır. Rüzgar enerjisi açısından en zengin bölge yıllık 3.29 m/s hız ve 51.91 W/m^2 güç yoğunluğu ile Marmara Bölgesi, en zayıf bölge ise yıllık 2.12 m/s hız ve 13.19 W/m^2 güç yoğunluğu ile Doğu Anadolu Bölgesi olarak görülmüştür (Ural, 1994).

Ayrıca Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi'nde (TÜBİTAK-MAM), Devlet Planlama Teşkilatı'nın (DPT) desteklediği bir proje çerçevesinde, 20 meteoroloji istasyonunun mevcut verileri, Rüzgar Atlası Analiz ve Uygulama Programı (WASP) ile değerlendirilerek rüzgar atlası çalışması yapılmıştır (Uyar vd., 1988). Bununla birlikte Bozcaada (Dündar and İnan, 1996), Gökçeada (Tolun vd., 1994), Çanakkale, Karadeniz Ereğlisi, Florya ve Siverek (Külünk, 1993) gibi yöresel rüzgar potansiyeli belirleme çalışmaları da yapılmıştır.

2. YÖNTEM VE VERİ

Bu çalışmada, yatay ya da yataya yakın yönde yer değiştiren bir hava kütlelerinin hareketi *rüzgar*, bu kütlelerin iş yapabilme yeteneği de *rüzgar enerjisi potansiyeli* olarak tanımlanmıştır. Rüzgar hızı ve enerji potansiyeli üzerindeki çevre etkileri giderildikten sonra ortaya çıkan sonuçlar, *düzeltilmiş rüzgar hızı* ve *düzeltilmiş enerji yoğunluğu* olarak adlandırılmıştır.

2.1. Yöntem

Bir noktadaki rüzgar potansiyelinin belirlenebilmesi için değişik yöntemler kullanılmaktadır. Herhangi bir nokta için rüzgar gücü matematiksel olarak aşağıdaki eşitlik ile tanımlanmaktadır (Adekoya and Adewale, 1992).

$$P = \frac{1}{2} \rho u^3 \quad (2.1)$$

Burada, P : rüzgar potansiyeli (W/m^2)
 ρ : havanın yoğunluğu (kg/m^3)
 u : rüzgar hızı (m/s)' nı göstermektedir.

Hesaplanan rüzgar gücünün dönüştürülebilecek maksimum miktarı, bu değer 16/27'si kadardır. Bu oran Betz maksimumu olarak adlandırılmaktadır (Adekoya and Adewale, 1992). Bu durumda dönüştürülebilecek maksimum rüzgar gücü,

$$P = \frac{16}{27} \frac{1}{2} \rho u^3 \quad (2.2)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır.

Belirli bir yükseklikte ölçülmüş rüzgar hızı kullanarak, herhangi bir yükseklikteki rüzgar hızı aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmaktadır (Adekoya and Adewale, 1992).

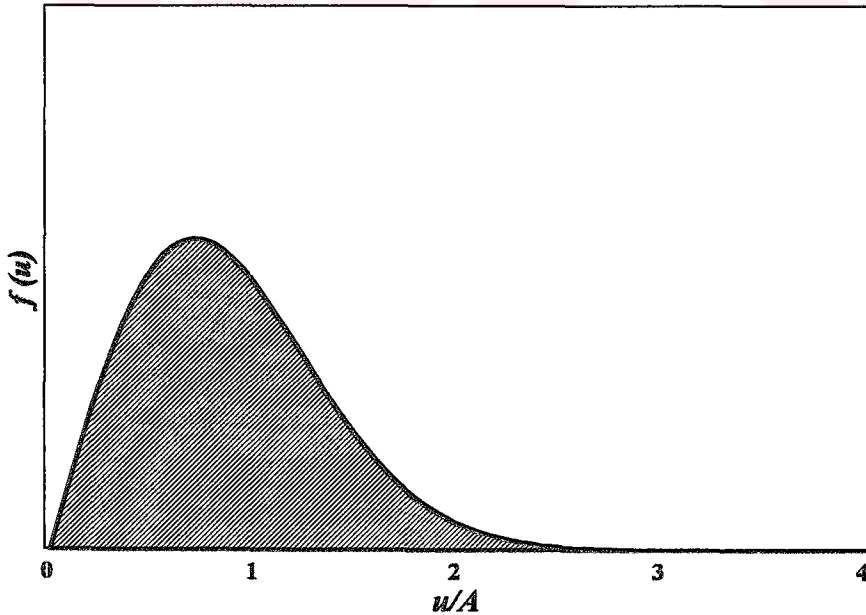
$$\frac{u_1}{u_2} = \left(\frac{H_1}{H_2} \right)^{k_1} \quad (2.3)$$

Burada, H_1 : rüzgar hızının ölçüldüğü yükseklik (m)
 H_2 : rüzgar hızının hesaplanacağı yükseklik (m)
 u_1 : H_1 yüksekliğinde ölçülen rüzgar hızı (m/s)
 u_2 : H_2 yüksekliği için hesaplanacak rüzgar hızı (m/s)
 k_1 : pürüzlülük katsayısını göstermektedir.

Pürüzlülük katsayısı, ölçüm noktası çevresinin topoğrafyasına ve yüzey yapılarına bağlı olarak değişmektedir.

Yukarıda açıklanan yöntemle, sadece ölçüm yapılan nokta için farklı yüksekliklerdeki rüzgar hızları ve potansiyelleri hesaplanabilir.

Rüzgar potansiyel analizlerinde kullanılan diğer bir yöntem de, rüzgar hızlarının göstermiş olduğu istatistiksel dağılımlarının analizi sonucu yapılan hesaplamalardır. Yapılan çalışmalarda rüzgar hız değerlerinin, 2 parametrelili Weibull dağılımına uygunluk gösterdiği belirtilmektedir (Justus et al., 1978). 2 parametrelili Weibull dağılımı Şekil.2.1'de görülmektedir.



Şekil.2.1. 2 parametrelili Weibull dağılımı (Troen and Petersen, 1989)

2 parametrelili Weibull dağılımının matematiksel gösterimi aşağıdaki gibidir (Troen and Petersen, 1989).

$$f(u) = \frac{k}{A} \left(\frac{u}{A}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{u}{A}\right)^k\right] \quad (2.4)$$

Burada, u : rüzgar hızı (m/s),
 $f(u)$: rüzgar hızı frekansı,
 A : Weibull büyüklük katsayısı (m/s),
 k : Weibull şekil katsayısıdır.

Birikimli Weibull dağılımı, $F(u)$ ise,

$$F(u) = \exp\left[-\left(\frac{u}{A}\right)^k\right] \quad (2.5)$$

eşitliği ile tanımlanmaktadır (Troen and Petersen, 1989).

2.1.1. Bir Paket Program (WASP) ile Rüzgar Enerjisi Potansiyellerinin Belirlenmesi

WASP paket programı, Danimarka Ulusal Meteoroloji Laboratuvarında hazırlanmış ve geliştirilmiş olan bir bilgisayar modelidir. WASP, veri analizlerini, rüzgar hız verilerinin 2 parametrelili Weibull dağılımına uygun dağılım gösterdiğini varsayarak yapmaktadır. Bu program, dört değişik girdi bilgisini kendi alt modellerinde değerlendirerek, bölgesel rüzgar atlası istatistiklerini hesaplamaktadır. WASP'ın kullandığı temel bilgiler şunlardır:

- i) saatlik rüzgar verisi,
- ii) bölge pürüzlülük bilgileri,
- iii) yakın çevre engel bilgileri,
- iv) bölgenin topoğrafyası.

WASP programı bir bütün olmakla birlikte, yukarıdaki bilgilerin değerlendirilmesinde üç önemli alt model kullanılmaktadır.

Pürüzlülük Değişim Modeli

Yüzey pürüzlülüğündeki değişim bir “iç sınır tabakası” oluşturur ve rüzgar profili, oluşturulan yeni yüzey koşullarına uyum sağlar. WASP bu durumu modellemek için, analiz edilen her sektörde birbirini izleyen en çok on pürüzlülük değişimini dikkate alır.

Bir alanın yüzey pürüzlülüğü, bu alan üzerindeki pürüzlülük elemanlarının boyutları ve alan içindeki dağılımına bağlıdır. Örneğin kara alanları için tipik pürüzlülük elemanları, bitki örtüsü, insan kaynaklı yapılaşma ve doğal arazi yapılarıdır. Bu pürüzlülük elemanları Rüzgar Atlası çalışmalarında dört değişik pürüzlülük grubu ile tanımlanır (Troen and Petersen, 1989). Bu gruplar *pürüzlülük sınıfı* olarak adlandırılmışlardır.

Bir arazinin pürüzlülüğü genellikle z_0 pürüzlülük uzunluğu parametresi ile belirtilir. Pürüzlülük elemanları ile pürüzlülük uzunluğu arasındaki ilişki, Lettau (1969) tarafından ortaya konmuştur. Bir pürüzlülük elemanının yüksekliği h , rüzgara karşı gelen dikey kesit alanı S ve arazi üzerine dağılmış ortalama yatay kesit alanı A_H ile gösterildiğinde, pürüzlülük uzunluğu aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır:

$$z_0 = 0.5 \cdot \frac{h \cdot S}{A_H} \quad (2.6)$$

A_H 'nin S 'den çok büyük olduğu durumlarda, hesaplanan z_0 daha gerçekçidir. Yüzey yapısı özelliklerine göre seçilmesi gereken pürüzlülük uzunlukları (z_0) ve pürüzlülük sınıfları Şekil.2.2'de verilmiştir.

Zo (m)	Yüzey Yapısı Karakteristikleri	Pürüzlülük Sınıfı
1.00		
0.50	Büyük şehirlerin varoşları, taşra kentleri	3
0.30	Siper kuşakları, orman, küçük binalı şehir	
0.20	Birçok ağaç ve/veya çalılar, tek ya da iki katlı seyrek binalar	2
0.10	Kapalı görünümlü çiftlik arazisi, seyrek ağaçlık	
0.05	Açık görünümlü çiftlik arazisi, seyrek ağaçlık	1
0.03	Çok seyrek bina ve ağaçlı çiftlik arazisi	
	Havaalanları (binaları ve ağaçları ile birlikte)	
0.01	Havaalanı pistleri	
	Biçilmiş çim	
0.005	Pürüzsüz çıplak toprak	
0.001	Pürüzsüz kar yüzeyleri	
0.0003	Pürüzsüz kum yüzeyleri	0
0.0001	Su yüzeyleri (göller, fiyortlar, denizler)	

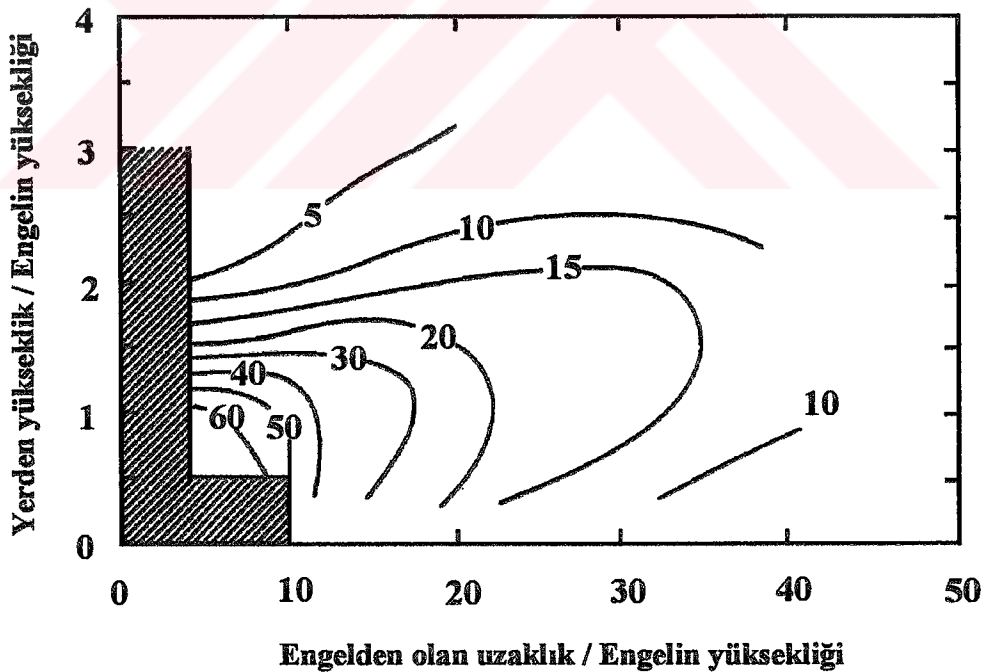
Şekil.2.2. Pürüzlülük uzunluğu ve yüzey yapısı özelliklerine göre pürüzlülük sınıfları (Troen and Petersen, 1989)

Engel Perdeleme Modeli

Arazi üzerindeki bir engelden dolayı, rüzgar hızında ortaya çıkan azalmaya perdeleme adı verilmektedir. Bir engelin perdeleme etkisi aşağıdaki etkenlere bağlıdır:

- i) hesaplama noktasının engelden olan uzaklığı (x),
- ii) engelin yüksekliği (h),
- iii) hesaplama noktasının yüksekliği (H),
- iv) engelin uzunluğu (L),
- v) engelin geçirgenliği (p).

Geçirgenliği sıfır olan bir engelin perdeleme etkisinden dolayı rüzgar hızında ortaya çıkan azalma Şekil.2.3’de görülmektedir. Geçirgenlikteki artış ve engel uzunluğunun azalması perdeleme etkisini zayıflatmaktadır. Ayrıca engel geometrisinin de perdeleme üzerinde önemli etkisi bulunmaktadır. Engellerin tepe noktalarında ise rüzgar hızında bir artış görülmektedir.



Şekil.2.3. Engel perdeleme etkisinden dolayı rüzgar hızında meydana gelen yüzde azalma (R_1) (Troen and Petersen, 1989)

Geçirgenlik genel bir kural olarak binalar için “0”, ağaçlar için “0.5” alınmaktadır. Eğer aralarında kendi uzunluklarının üçte biri kadar aralık olan bina dizileri varsa, geçirgenlik “0.33” olarak alınabilir. Diğer yandan, ağaçların yoğunluklarına göre geçirgenlikleri de değişebilmektedir. Rüzgar kırıcıların geçirgenlikleri Çizelge.2.1’de verilmiştir (Troen and Petersen, 1989).

Çizelge.2.1. Engel geçirgenlikleri

Engel Türü	Geçirgenlik, p
Katı (duvar)	0
Çok yoğun	≤ 0.35
Yoğun	0.35 - 0.50
Açık	≥ 0.50

Perdeleme etkisi sonucu rüzgar hızında ortaya çıkan azalma, aşağıdaki eşitlikler ile hesaplanmaktadır(Troen and Petersen, 1989).

$$R_2 = \begin{cases} (1 + 0.2 \frac{x}{L})^{-1}, & \frac{L}{x} \geq 0.3 \text{ için} \\ 2 \frac{L}{x}, & \frac{L}{x} \leq 0.3 \text{ için} \end{cases} \quad (2.7)$$

$$u' = u \cdot [1 - R_2 \cdot R_1(1 - p)] \quad (2.8)$$

Burada R_2 , ortalama rüzgar hızındaki azalmayı, u ve u' ise sırasıyla ortalama rüzgar hızı ve düzeltilmiş ortalama rüzgar hızını göstermektedir. R_1 ise Şekil.2.2’den elde edilen oransal rüzgar hız azalmasını belirtmektedir ($R_1 = \Delta u/u$).

Topoğrafik Model

Topoğrafik modelde, pürüzlülük değişim modeli ve engel perdeleme modellerinde olduğu gibi, ölçülmüş rüzgar verileri üzerindeki yüzey yapılarının etkisi düzeltilmektedir. Bu model, yatay olarak onlarca kilometreye kadar olan etkileri dikkate almaktadır. Jackson ve Hunt (1975) tarafından hazırlanmış olan, tepeler

üzerindeki akış analiz modeli temel alınarak yapılan model, bazı farklılıklar içermektedir. Bu model hakkında ayrıntılı bilgi, Avrupa Rüzgar Atlasında bulunmaktadır (Troen and Petersen, 1989).

WASP paket programı, yukarıda açıklanan alt modelleri kullanarak yaptığı hesaplama sonuçlarını üç değişik yöntemle verebilmektedir. Bu yöntemlerin ilki, noktasal analiz yöntemidir. Noktasal analiz yönteminde, belirlenen alan içindeki herhangi bir nokta programa tanımlanarak, bu nokta için çizelge halinde analiz sonuçları elde edilir (Bkz. Çizelge.3.1). Ölçüm noktası için yapılan analizlerde, buraya gelen rüzgara etki eden yakın çevre engelleri, pürüzlülük ve topoğrafya etkilerinin tamamı dikkate alınır. Bu hesaplamalardan elde edilen sonuçlar, gerçek (ölçülen) rüzgar hız ve potansiyel bilgileridir. Ancak, bu noktanın dışındaki başka bir nokta için hesaplama yapılmak istenirse, bu verilerin kullanılması yanlış sonuçlar verecektir. Çünkü, ikinci bir noktada ölçüm noktasının çevresinde olan engeller bulunmayacaktır. Bu nedenle, ölçüm noktasının çevresindeki engeller göz önüne alınarak, düzeltilmiş rüzgar hız ve potansiyel bilgilerinin elde edilmesi gerekmektedir. Eğer ölçüm noktası çevresinde tanımlanan engeller olmasaydı, ölçülen rüzgar hızları ölçülenden farklı olacaktı.

Diğer yöntemlerde analiz sonuçları, paket programca hazırlanan dosyalar içindedir. Oluşturulan dosyalar, kütüphane dosyası (library file) ve kaynak dosyası (resource file) olarak adlandırılmaktadır. Bu yöntemlerde de yatay ve dikey ekstrapolasyon (dış değer bulma) için, ölçüm noktasında hesaplanan düzeltilmiş veriler kullanılmaktadır. Kütüphane dosyasında, 30'ar derecelik sektörlerde ve Avrupa Rüzgar Atlası standart yüksekliklerinde (10, 25, 50, 100 ve 200 m), pürüzlülük sınıflarına bağlı olarak hesaplanmış Weibull parametreleri ve bu sektörlerdeki yüzde frekansları bulunmaktadır. Kaynak dosyasında ise, tanımlanmış alan içinde herhangi bir bölge ve yükseklik için istenilen aralıklarla hesaplanan Weibull parametreleri ve enerji potansiyelleri bulunmaktadır.

2.1.2. Haritalama

Tanımlanan alanlar için çizilen eş potansiyel eğrileri, WASP kaynak dosyasındaki enerji potansiyelleri kullanılarak bilgisayar ortamında hazırlanmıştır (Bkz. Şekil 3.1).

2.2. Temel Veri

Rüzgar potansiyelini belirlemede kullanılan WASP paket programı için dört temel veriye gereksinim duyulmaktadır. Bunlar; saatlik rüzgar hız ve yön bilgileri, yakın çevre engel bilgileri, pürüzlülük bilgileri ve topoğrafya bilgileridir.

2.2.1. Rüzgar Verisi

Çalışmada kullanılan rüzgar değerleri DMİ kayıtlarından alınmıştır. Rüzgar hızı ölçümleri mekanik anemograflarla yapılmış ve sayısal sonuçlar anemograf diyagramı (anemogram) üzerinden hesaplanarak elde edilmiştir. Bu aletler rüzgar yönünü, saatte katettiği yolu ve rüzgar hızındaki ani sıçramaları (hamle) anemograma kaydederek ölçüm yaparlar. Anemograflar, 1.5 m/s'lik hızlar altındaki rüzgar hızı ölçümleri hariç olmak üzere, ± 0.5 m/s'lik hata payına sahiptirler. Ayrıca diyagram üzerinde yapılan değerlendirmelerde ± 0.06 m/s'lik hata payı bulunmaktadır. Buna göre, elimizdeki verilerden 1.5 m/s'nin üzerindekielerin ± 0.56 m/s'lik hata payları bulunmaktadır.

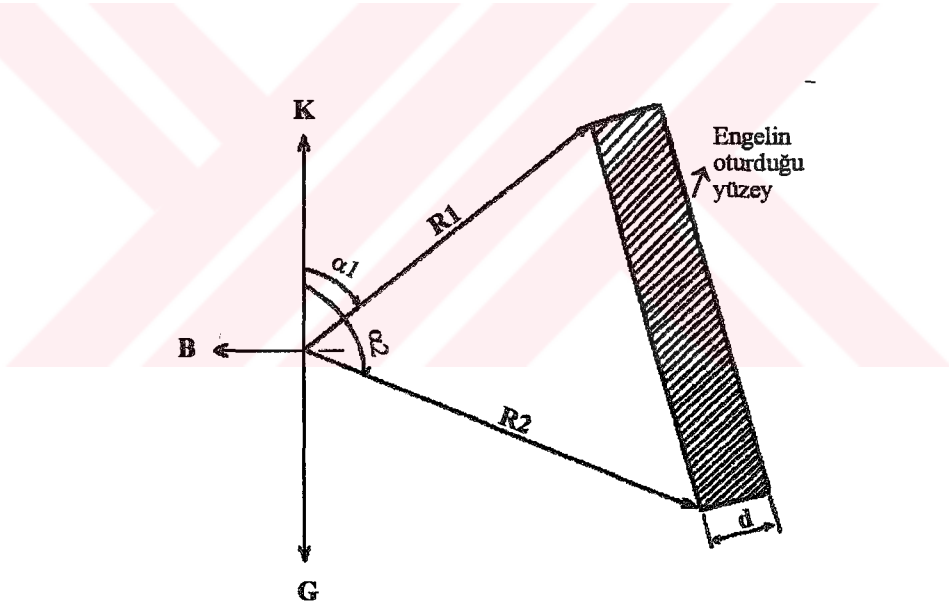
Türkiye üzerinde homojen dağılım gösteren 94 adet meteoroloji istasyonunun 1991-1994 dönemine ait saatlik olarak ölçülmüş rüzgar verileri kullanılmıştır. Rüzgar ölçümleri, istasyonların bir çoğunda yer düzeyinden 10 m yükseklikte yapılmıştır. Farklı yükseklikte ölçüm yapan meteoroloji istasyonları için gözlenen değerler 10 m yüksekliğe uyarlanmıştır. Bu çalışmada ayrıntılı olarak incelenen istasyonlardaki ölçüm yükseklikleri sırasıyla Bodrum ve Bozcaada'da 10.0 m, Bandırma'da 11.0 m, Çeşme'de ise 11.5 m'dir.

WASP ile hazırlanan saatlik rüzgar bilgi özetleri Bandırma için Ek-1 Çizelge.1'de, Bodrum için Çizelge.2'de, Bozcaada için Çizelge.3'te ve Çeşme için Çizelge.4'te verilmiştir. Bu çizelgelerin ilk sütunları (Sektör), 30'ar derecelik aralıklarla rüzgar yönlerini göstermektedir. İkinci sütunlarda (frekans) ise rüzgarın bu sektörlerdeki esme sıklığı yüzde olarak verilmiştir. Öteki sütunlarda (1'den 17'ye kadar), rüzgarın her sektördeki esme süresi saat olarak verilmiştir. Örneğin, "4" ile başlayan sütunda, sektörlere göre rüzgar hızı 3.1 m/s ile 4.0 m/s arasındaki esme sayıları verilmektedir.

Son sütunlarda bulunan “A” ve “k” parametreleri ise WASP modelinin temel almış olduğu Weibull dağılım katsayılarıdır. En alt satırda bulunan katsayılar ise, hız aralıklarına göre (bin üzerine) normalleştirilmiş rüzgar hız frekanslarıdır. Çizelgenin sol alt kısmında, ölçüm periyodu içinde kayıtlı saatlik rüzgar esme sayıları ve bu rüzgarlardan sakın olanların (hızı 0.0 m/s olan) toplam sayıları bulunmaktadır. Sağ alt köşede ise, o istasyon için ölçüm yüksekliğindeki ortalama rüzgar hızı (m/s) ve enerji yoğunluğu (W/m^2) bulunmaktadır.

2.2.2. Yakın Çevre Engelleri

Ölçülen rüzgar hız ve yönüne etki eden, ölçüm noktasına yakın çevre engelleri Bandırma ve Bodrum için yerinde incelenmiş ve belirlenmiştir. Bozcaada ve Çeşme için ise TÜBİTAK - MAM tarafından yapılan çalışmalardan yararlanılmıştır (Uyar vd., 1988).



Şekil.2.4. Engel bilgilerinin tanımlanması (kuşbakışı görünüm)

Ölçüm noktası etrafında bulunan yakın çevre engel bilgi özetleri, Bandırma için Ek-1 Çizelge.5'te, Bodrum için Ek-1 Çizelge.6'da, Bozcaada için Ek-1 Çizelge.7'de ve Çeşme için Ek-1 Çizelge.8'de verilmiştir. Bu çizelgelerin ilk sütunları (Engel No), yakın çevre engellerinin sıra numaralarını, α_1 ve α_2 sütunları Şekil.2.3'de görüldüğü gibi engel köşelerinin kuzeyden ölçülen saat yönünde açılarını; R1 ve R2 sütunları ise

bu köşelerin ölçüm noktasından olan uzaklıklarını göstermektedir. Engelin yüksekliği h sütununda, derinliği d sütununda, Çizelge.2.1.'de tanımlanan geçirgenlikleri ise, son sütunda tanımlanmıştır.

2.2.3. Topoğrafya ve Pürüzlülük Bilgileri

Topoğrafya bilgileri 1/200000 ve 1/25000 ölçekli haritaların bilgisayar ortamında sayısallaştırılmasıyla elde edilmiştir. İstasyon koordinatları ve deniz düzeyinden yükseklikleri Çizelge.2.2’de verilmiştir.

Çizelge.2.2. İstasyon yer tanımları

İstasyon	Enlem	Boylam	Yükseklik (m)
Bandırma	40° 21'	27° 58'	58
Bodrum	37° 02'	27° 26'	26
Bozcaada	39° 50'	26° 04'	28
Çeşme	38° 19'	26° 15'	5

Seçilmiş bölgeleri gösteren haritalar Ek-1 Şekil.1, Şekil.2, Şekil.3 ve Şekil.4’te bulunmaktadır. Harita üzerindeki yükseklikler metre (m) olarak gösterilmiştir.

Bandırma’nın ve Bodrum’un pürüzlülük bilgileri, yukarıda belirtilen haritalarla birlikte şehir imar planları kullanılarak elde edilmiş, Bozcaada ve Çeşme için ise TÜBİTAK-MAM’ın çalışmalarından yararlanılmıştır (Uyar vd., 1988). Bu bilgiler Ek-1 Çizelge.9, Çizelge.10, Çizelge.11 ve Çizelge.12’te bulunmaktadır. Bu çizelgelerde bulunan ilk sütun (Sektör), ölçüm noktası merkez olmak üzere kuzeyden başlayan 30’ar derecelik sektörleri göstermektedir. Buradaki z ve x değerleri ise sırasıyla, bulundukları sektör içerisindeki pürüzlülük uzunluklarını (Bkz. Şekil.2.2) ve ölçüm noktasından başlayarak pürüzlülüğün değişim aralıklarını göstermektedir.

3. HESAPLAMALAR ve SONUÇLAR

3.1. Belirlenmiş İstasyonlar İçin Rüzgar Potansiyellerinin Hesaplanması

DMİ kayıtlarından alınan saatlik ham rüzgar verilerinin istatistiksel analizleri, çalışma için özel olarak hazırlanan bilgisayar programları yardımıyla yapılmıştır. Öncelikle saatlik rüzgar verilerinin yönler ve hız aralıklarına göre frekans analizleri yapılmış, ortaya çıkan değerlerden istasyonlar için rüzgar gülleri ve rüzgar hızı histogramları hazırlanmıştır. Aylık ortalama rüzgar hızları hesaplanarak, rüzgar hızlarının zamana bağlı değişimleri doğruya uydurma (lineer fit) yöntemiyle incelenmiştir. Ayrıca, uzun yıllar aylık ortalama ve 3'er saatlik ortalama rüzgar hızları hesaplanmış, böylece rüzgar hızlarının yıl ve gün içindeki değişimleri incelenmiştir.

Seçilmiş meteoroloji istasyonları (Bandırma, Bodrum, Bozcaada ve Çeşme) için noktasal analizler yapılmış ve elde edilen sonuçlar çizelgeler halinde düzenlenmiştir. Noktasal analizlerde, öncelikle standart yüksekliklerdeki gerçek rüzgar hızları ve potansiyelleri WASP ile hesaplanmış, daha sonra bu yükseklikler için düzeltilmiş ortalama hız ve potansiyel hesaplamaları yapılmıştır.

Ortalama rüzgar hızlarının ve potansiyellerinin sonuç çizelgesine örnek olarak Çizelge.3.1, düzeltilmiş sonuçlara örnek olarak ta Çizelge.3.2 verilmiştir. Bu çizelgelerin ilk sütunları (Sektör), 30'ar derecelik aralıklarla rüzgar yönlerini göstermektedir. Engel sütununda, yakın çevre engellerinden kaynaklanan rüzgar hız azalmaları yüzde (%) olarak verilmiştir. Yeryüzü şekillerinin rüzgar hızı üzerinde ortaya çıkardığı azalış (-) ve artışlar, yüzde olarak topoğrafya sütununun ilk bölümünde; rüzgar yönünde yarattığı yön değişimleri ise derece (°) olarak ikinci bölümünde verilmiştir (- işareti saat yönünün tersini göstermektedir). A ve k sütunlarında her sektör için hesaplanmış Weibull parametreleri görülmektedir. Weibull parametrelerinin ağırlıklı ortalamaları hesaplanarak sütun altlarında verilmiştir. Frekans sütununda hesaplanan rüzgar hızlarının, P sütununda ise enerji yoğunluğunun hesaplamalar sonunda sektörlere göre yüzde (%) dağılımı görülmektedir. Çizelge altlarında, modelin çalıştırıldığı noktalar için ortalama ve düzeltilmiş ortalama rüzgar hızları ile enerji yoğunlukları bulunmaktadır.

Çizelge.3.1. Noktasal analiz sonuçları örnek çizelgesi

Sektör	Engel	Topoğrafya	A	k	Frekans, %	P , %
0	-27.5 %	-3.1 % -5°	5.2	1.91	17.7	21.1
30	-21.0 %	-9.5 % -3°	5.9	2.21	42.5	62.8
60	-12.0 %	-9.1 % 2°	3.1	1.15	5.7	4.0
90	-7.0 %	-3.8 % 6°	1.8	1.04	4.2	0.8
120	-7.4 %	7.5 % 3°	2.1	1.70	8.2	0.7
150	-7.6 %	7.2 % -3°	2.7	1.34	6.9	2.2
180	-3.6 %	-3.1 % -5°	3.8	1.44	3.2	2.3
210	-1.6 %	-9.5 % -3°	2.8	1.22	2.2	1.0
240	-17.4 %	-9.1 % 2°	2.1	1.25	0.9	0.2
270	-11.5 %	-3.8 % 6°	2.2	1.38	0.8	0.1
300	-8.6 %	7.5 % 3°	2.0	1.55	1.8	0.2
330	-15.3 %	7.2 % -3°	3.4	1.17	5.9	4.8
			4.5	1.57		

Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 4.0
Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 101

Çizelge.3.2. Düzeltilmiş noktasal analiz sonuçları örnek çizelgesi

Sektör	Engel	Topoğrafya	A	k	Frekans, %	P , %
0	0.0 %	-3.1 % -5°	7.2	1.91	17.7	26.9
30	0.0 %	-9.5 % -3°	7.4	2.21	42.5	62.1
60	0.0 %	-9.1 % 2°	3.6	1.15	5.7	2.8
90	0.0 %	-3.8 % 6°	1.9	1.04	4.2	0.5
120	0.0 %	7.5 % 3°	2.2	1.70	8.2	0.4
150	0.0 %	7.2 % -3°	3.0	1.34	6.9	1.3
180	0.0 %	-3.1 % -5°	3.9	1.44	3.2	1.2
210	0.0 %	-9.5 % -3°	2.9	1.22	2.2	0.5
240	0.0 %	-9.1 % 2°	2.6	1.25	0.9	0.1
270	0.0 %	-3.8 % 6°	2.4	1.38	0.8	0.1
300	0.0 %	7.5 % 3°	2.2	1.55	1.8	0.1
330	0.0 %	7.2 % -3°	4.0	1.17	5.9	3.9
			5.6	1.51		

Düzeltilmiş Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 5.0
Düzeltilmiş Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 209

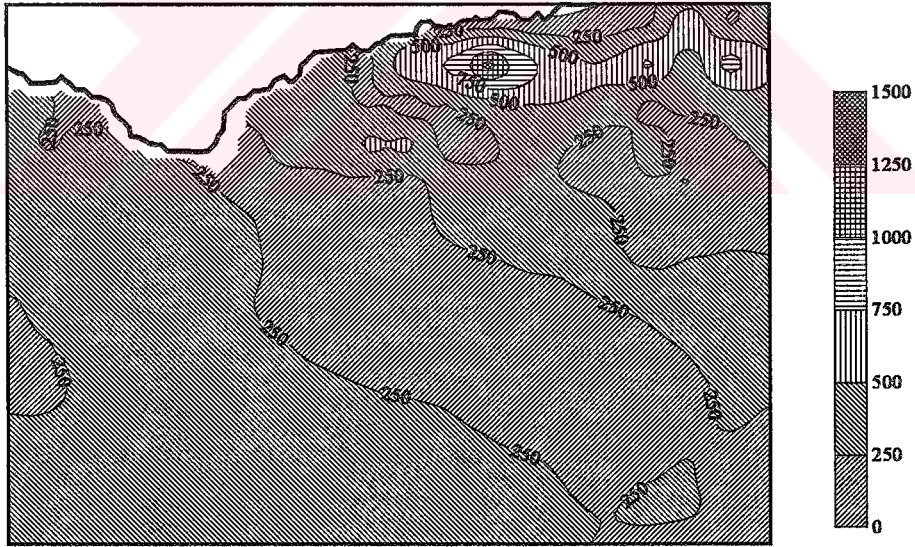
Oluşturulan kütüphane dosyaları çizelgeler halinde hazırlanmış (Bkz. Çizelge3.3) ve standart yükseklikler için pürüzlülük sınıflarına bağlı ortalama rüzgar hızları ve enerji yoğunlukları hesaplanmıştır. Bu çizelgelerin ilk sütunlarında, Avrupa Rüzgar Atlasında (Troen and Petersen, 1989) belirlenmiş standart yükseklikler görülmektedir. Bunu izleyen sütunlarda sektörlere göre Weibull parametreleri (A ve k) bulunmaktadır. Son sütunda ise, bütün sektörlerin ağırlıklı toplam etkisi hesaplanmıştır. Çizelgenin en alt satırında bulunan frekans değerleri, Weibull parametrelerinin her bir sektördeki ağırlığını belirtmektedir. Standart yükseklikler için ilk satırdaki değerler A , ikinci

satırdakiler ise k parametreleridir. Weibull parametreleri ile ortalama rüzgar hızı ve enerji potansiyeli hesaplama yöntemleri ve tabloları Ek-7’de bulunmaktadır.

Çizelge.3.3. Kütüphane dosyası örnek çizelgesi

Pürüzlülük Sınıfı 0													
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Toplam
10	10.3	11.3	2.9	3.0	3.4	4.6	6.9	5.6	5.2	4.2	3.3	3.9	8.4
	1.95	2.20	1.05	1.97	1.82	1.53	1.74	1.38	1.53	1.70	1.49	0.94	1.91
25	11.2	12.3	3.2	3.3	3.8	5.1	7.5	6.2	5.7	4.6	3.6	4.3	9.2
	1.98	2.23	1.08	2.03	1.88	1.58	1.79	1.41	1.58	1.75	1.53	0.96	1.94
50	11.9	13.1	3.5	3.6	4.1	5.5	8.1	6.6	6.2	5.0	3.9	4.7	9.8
	2.01	2.27	1.11	2.09	1.92	1.62	1.83	1.45	1.62	1.80	1.57	0.98	1.99
100	12.7	13.9	3.7	3.9	4.4	5.9	8.7	7.1	6.7	5.4	4.2	5.0	10.5
	2.00	2.26	1.08	2.02	1.87	1.56	1.78	1.41	1.56	1.74	1.52	0.96	1.96
200	13.7	15.0	4.0	4.3	4.8	6.5	9.6	7.7	7.3	6.0	4.6	5.3	11.3
	1.95	2.20	1.02	1.92	1.77	1.48	1.69	1.35	1.49	1.65	1.44	0.94	1.90
Frekans	18.5	44.6	4.0	5.2	7.9	5.7	3.2	2.2	1.0	1.1	2.1	4.6	100.0

Bunların dışında üçüncü bir yöntem olarak, kaynak dosyalarından elde edilen bölge haritaları da eklerde verilmiştir. Herhangi bir nokta üzerindeki enerji yoğunluğu, bu haritalardan doğrudan elde edilmektedir. Şekil.3.1’de örnek bir harita bulunmaktadır.



Şekil.3.1. 10 m enerji potansiyel dağılışı örnek haritası (W/m^2)

Yukarıda belirtilen üç yöntemin birbirlerine olan üstünlükleri şunlardır: Noktasal analiz yöntemiyle çalışma alanı içinde koordinatları bilgisayara tanımlanan herhangi bir nokta için, istenilen herhangi bir yükseklikte, düzeltilmiş ortalama rüzgar hız ve enerji

yoğunlukları hesaplanabilir. Kütüphane dosyasından sadece standart yükseklikler ve pürüzlülük sınıfları için hesaplama yapılabilir. Pürüzlülük sınıf aralıkları geniş olduğu için, bu yöntemle bulunan sonuçlar hassas değildir. Bu yöntem, ön inceleme sırasında, karar vericilere yer seçimi için fikir verebilir. Kaynak dosyasından yaratılan haritalarda ise, yukarıda açıklanan sonuçların her ikisi de elde edilebilir. Bu haritalar, karar vericiler tarafından yer seçiminde doğrudan kullanılabilir. Programa tanımlanan alan içinde alternatif yer (nokta) seçimleri yapıldıktan sonra, bu yerlerin köşe (nokta) koordinatları programa tanıtılarak, yeni kaynak dosyaları yaratılabilir. Alternatif yerler için yaratılan kaynak dosyaları kullanılarak hazırlanan yeni haritalarda, bu yerlerin düzeltilmiş ortalama enerji yoğunlukları ayrıntılı olarak görülebilir.

3.2. Bandırma İstasyonu İçin Yapılan Hesaplama Sonuçları

Bandırma istasyonu rüzgar verilerinin yönler göre dağılımı Ek-3 Çizelge.1’de, bu değerlerden ortaya çıkan rüzgar gülü ise Ek-3 Şekil.1’de görülmektedir. Bandırma için hakim rüzgar yönü 30° ’dir. Rüzgar hızlarının hız aralıklarına göre esme frekansları Ek-3 Çizelge.2’de, hız histogram grafiği ise Ek-3 Şekil.2’de verilmiştir.

Aylık ortalama rüzgar hızlarının ölçüm dönemi içindeki değişimi Ek-3 Şekil.3’te gösterilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi, Bandırma istasyonu aylık ortalama rüzgar hızlarında önemli bir değişiklik görülmemektedir. Aylık ve yıllık ortalama rüzgar hızlarının gün içindeki değişimleri Ek-3 Çizelge.3 ile Ek-3 Şekil.4.a ve 4.b’de verilmiştir. Gün içindeki yüksek rüzgar hızlarına 12:00 - 18:00 saatleri arasında rastlanılmaktadır. Aylık ortalama rüzgar hızları yıllık ortalamaya (4.04 m/s) yakın olmakla birlikte, en yüksek rüzgar hızlarına Temmuz (4.60 m/s) ve Ağustos (5.16 m/s) aylarında rastlanmaktadır. En düşük aylık ortalama rüzgar hızının hesaplandığı ay 3.28 m/s ile Mayıs’tır.

Bandırma istasyonu için WASP programıyla yapılan noktasal analiz sonuçları çizelgeler halinde düzenlenerek Ek-3’te verilmiştir. 10, 25, 50, ve 100 m için yapılan ortalama hız ve potansiyel hesaplama sonuçları sırasıyla Ek-3 Çizelge.4.a, 4.b, 4.c ve 4.d’de, düzeltilmiş ortalama hız ve potansiyel hesaplama sonuçları ise Ek-3 Çizelge.5.a, 5.b, 5.c ve 5.d’de verilmiştir. Bu çizelgelerin özetleri aşağıdaki gibidir:

Çizelge.3.4. Bandırma istasyonu noktasal analiz sonuçları özet çizelgesi

DEĞİŞKEN	Yer düzeyinden yükseklik			
	10 m	25 m	50 m	100 m
Ortalama rüzgar hızı (m/s)	4.0	5.6	6.9	8.1
Düzeltilmiş ortalama rüzgar hızı (m/s)	5.0	6.1	7.0	8.1
Değişim oranı (%)	25.0	8.9	1.4	0.0
Ortalama enerji yoğunluğu (W/m^2)	101	282	510	821
Düzeltilmiş ortalama enerji yoğunluğu (W/m^2)	209	372	529	821
Değişim oranı (%)	106.9	31.9	3.7	0.0

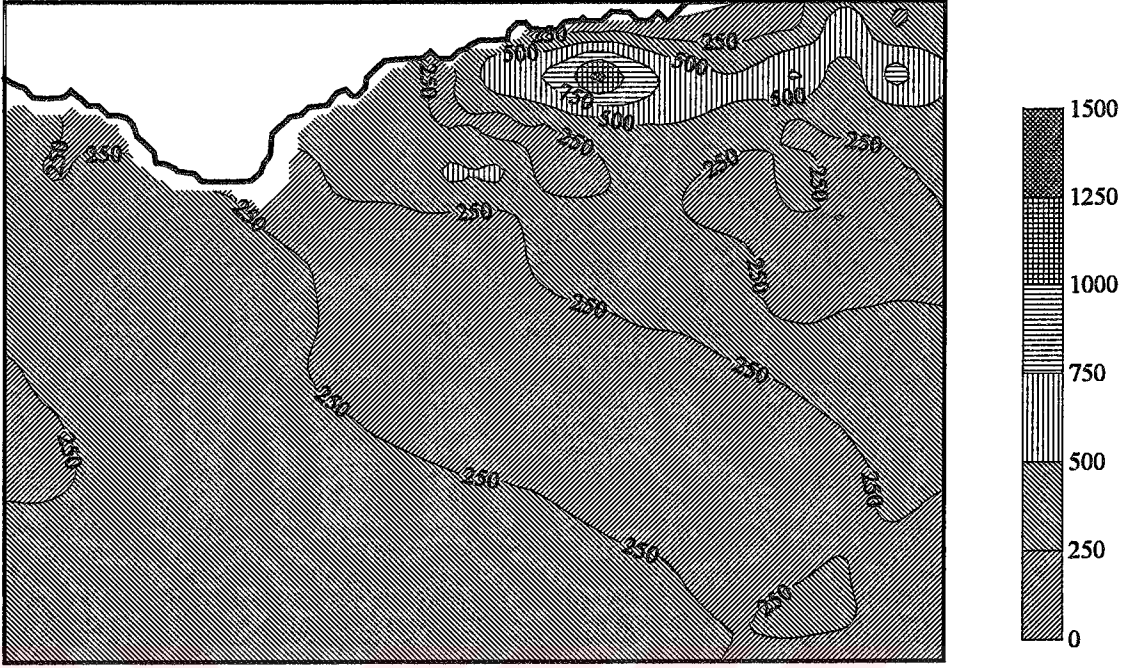
Bandırma istasyonu için WASP ile oluşturulan kütüphane dosyası Ek-3 Çizelge.6'da verilmiştir. Bu verilerden ortaya çıkan sonuçlar Çizelge.3.5'tedir. Burada, farklı pürüzlülük sınıfları için, standart yüksekliklere karşın (h), düzeltilmiş ortalama rüzgar hızı (u') ve düzeltilmiş ortalama enerji (P') yoğunlukları bulunmaktadır.

Çizelge.3.5. Bandırma istasyonu kütüphane dosyası sonuçları

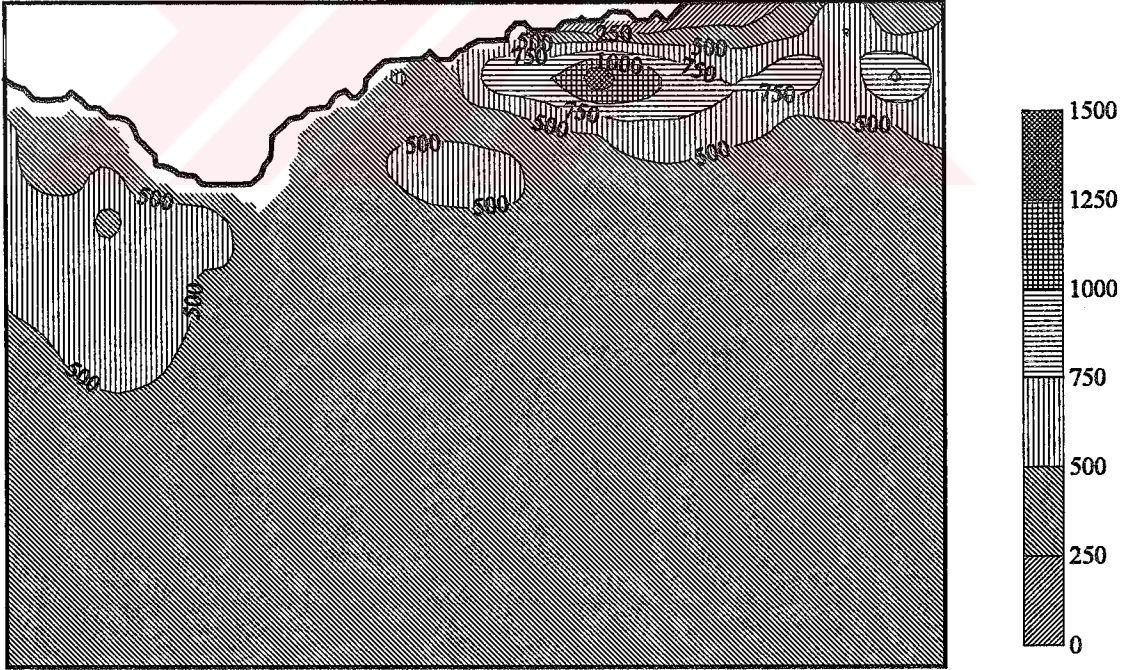
h	Sınıf 0		Sınıf 1		Sınıf 2		Sınıf 3	
	u'	P'	u'	P'	u'	P'	u'	P'
10	7.46	513	5.27	200	4.61	135	3.65	66
25	8.14	651	6.20	311	5.61	232	4.74	139
50	8.68	770	7.01	415	6.44	330	5.63	220
100	9.29	956	7.98	576	7.42	464	6.63	331
200	10.02	1242	9.30	938	8.66	756	7.79	537

Kaynak dosyasında bulunan verilerle oluşturulan düzeltilmiş ortalama enerji potansiyel haritaları, yerden 10, 25, 50 ve 100 m yükseklikler için, sırasıyla Şekil.3.2.a, Şekil.3.2.b, Şekil.3.2.c ve Şekil.3.2.d'dedir.

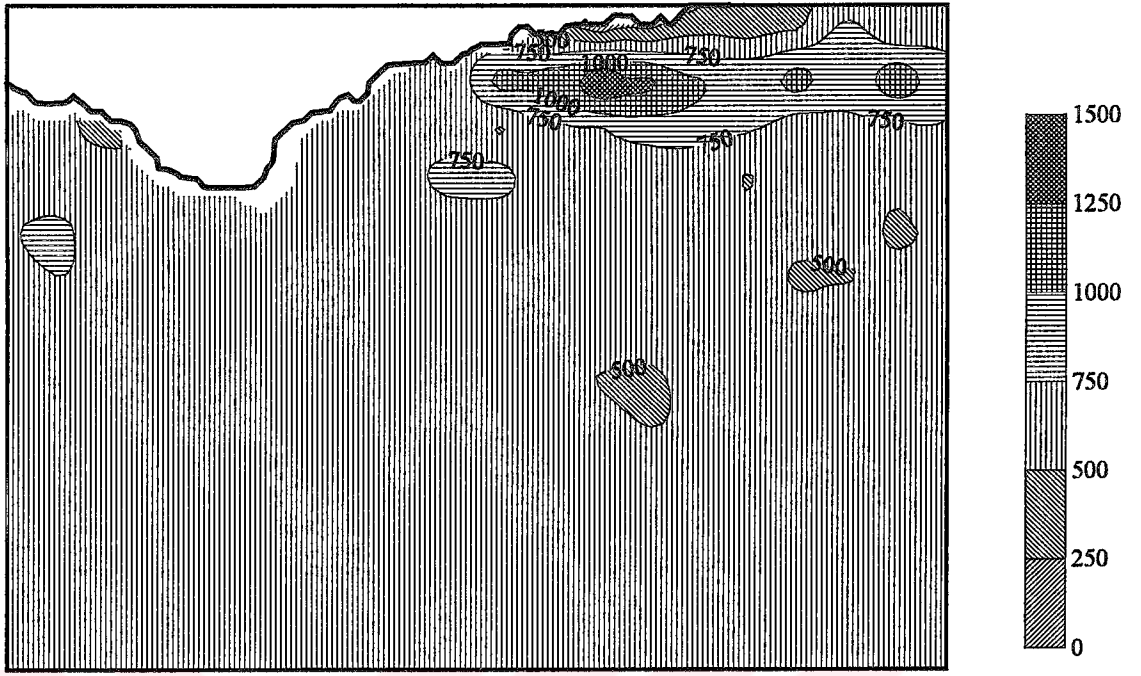
Bandırma istasyonu için yerden 10, 25, 50 ve 100 m yüksekliklerde yapılan noktasal hesaplamalarda elde edilen düzeltilmiş enerji yoğunlukları, sırasıyla 209, 372, 529 ve 821 W/m^2 'dir. Bu istasyon için oluşturulan kaynak dosyası kullanılarak hazırlanan haritalarda, aynı noktada görülen enerji yoğunlukları, sırasıyla 0 - 250, 250 - 500, 500 - 750 ve 750 - 1000 W/m^2 aralıklarındadır. Pürüzlülük sınıflandırılmasına göre, Bandırma istasyonu "Sınıf 2" ile "Sınıf 1" arasında kalmaktadır. Bu sınıflar için enerji yoğunlukları, sırasıyla 135 - 200, 232 - 311, 330 - 415 ve 464 - 576 W/m^2 aralıklarındadır.



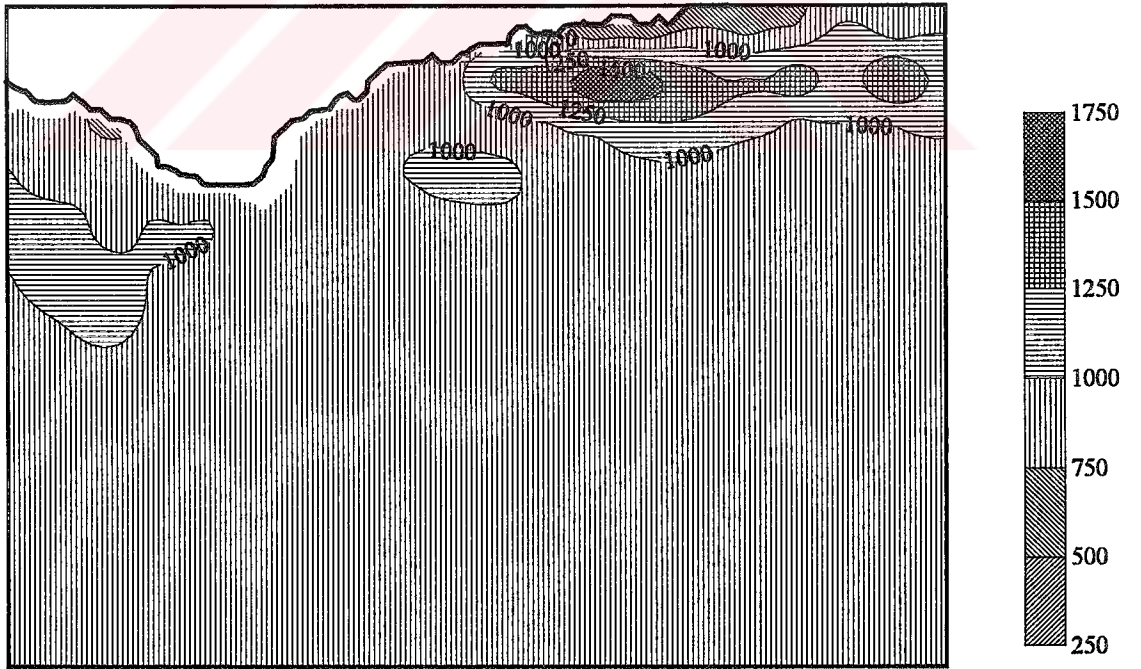
Şekil.3.2.a) Bandırma 10 m enerji potansiyel dağılışı, (W/m^2)



Şekil.3.2.b) Bandırma 25 m enerji potansiyel dağılışı, (W/m^2)



Şekil.3.2.c) Bandırma 50 m enerji potansiyel dağılışı, (W/m^2)



Şekil.3.2.d) Bandırma 100 m enerji potansiyel dağılışı, (W/m^2)

3.3. Bodrum İstasyonu İçin Yapılan Hesaplama Sonuçları

Bodrum istasyonu rüzgar verilerinin yönler göre dağılımı Ek-4 Çizelge.1’de, bu değerlerden ortaya çıkan rüzgar gülü ise Ek-4 Şekil.1’de görülmektedir. Bodrum için hakim rüzgar yönü 30°’dir. Rüzgar hızlarının hız aralıklarına göre esme frekansları Ek-4 Çizelge.2’de, hız histogram grafiği ise Ek-4 Şekil.2’de verilmiştir.

Aylık ortalama rüzgar hızlarının ölçüm dönemi içindeki değişimi Ek-4 Şekil.3’te gösterilmiştir. Bodrum istasyonu aylık ortalama rüzgar hızlarında, olasılıkla kentleşmeden kaynaklanan bir azalma vardır. Aylık ve yıllık ortalama rüzgar hızlarının gün içindeki değişimleri Ek-4 Çizelge.3 ile Şekil.4.a ve 4.b’de verilmiştir. Gün içindeki yüksek rüzgar hızlarına 12:00 - 18:00 saatleri arasında rastlanılmaktadır. Aylık ortalama rüzgar hızları yıllık ortalama (3.09 m/s) dolayındadır. En yüksek ve en düşük aylık ortalama hızlara sahip aylar, sırasıyla Şubat (4.13 m/s) ve Ekim (2.24 m/s) aylarıdır.

Bodrum istasyonu için WASP programıyla yapılan noktasal analiz sonuçları çizelgeler halinde düzenlenerek Ek-4’te verilmiştir. 10, 25, 50, ve 100 m için yapılan ortalama hız ve potansiyel hesaplama sonuçları, sırasıyla Ek-4 Çizelge.4.a, 4.b, 4.c ve 4.d’de, düzeltilmiş ortalama hız ve potansiyel hesaplama sonuçları ise Ek-4 Çizelge.5.a, 5.b, 5.c ve 5.d’de verilmiştir. Bu çizelgelerin özetleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge.3.6. Bodrum istasyonu noktasal analiz sonuçları özet çizelgesi

DEĞİŞKEN	Yer düzeyinden yükseklik			
	10 m	25 m	50 m	100 m
Ortalama rüzgar hızı (m/s)	3.2	6.1	8.5	10.5
Düzeltilmiş ortalama rüzgar hızı (m/s)	4.1	6.5	8.6	10.5
Değişim oranı (%)	28.1	6.6	1.2	0.0
Ortalama enerji yoğunluğu (W/m ²)	62	423	1168	2224
Düzeltilmiş ortalama enerji yoğunluğu (W/m ²)	133	501	1175	2224
Değişim oranı (%)	114.5	18.4	0.6	0.0

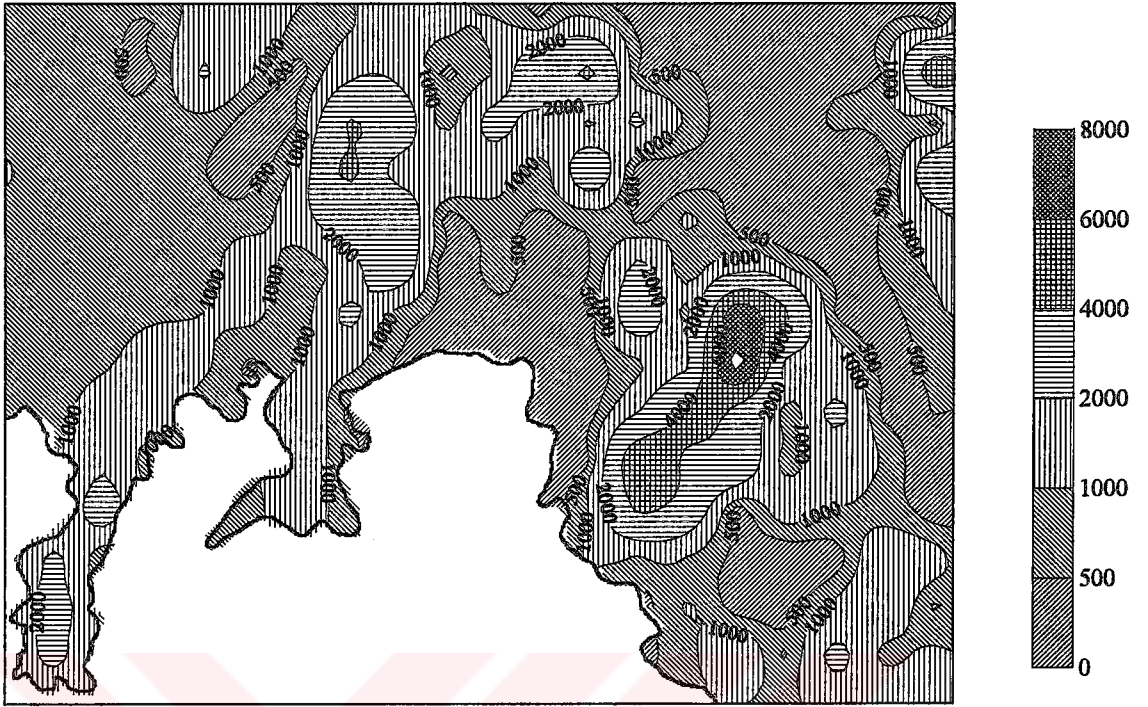
Bodrum istasyonu için WASP ile oluşturulan kütüphane dosyası Ek-4 Çizelge.6’da verilmiştir. Bu verilerden ortaya çıkan sonuçlar Çizelge.3.7’dedir.

Çizelge.3.7. Bodrum istasyonu kütüphane dosyası sonuçları

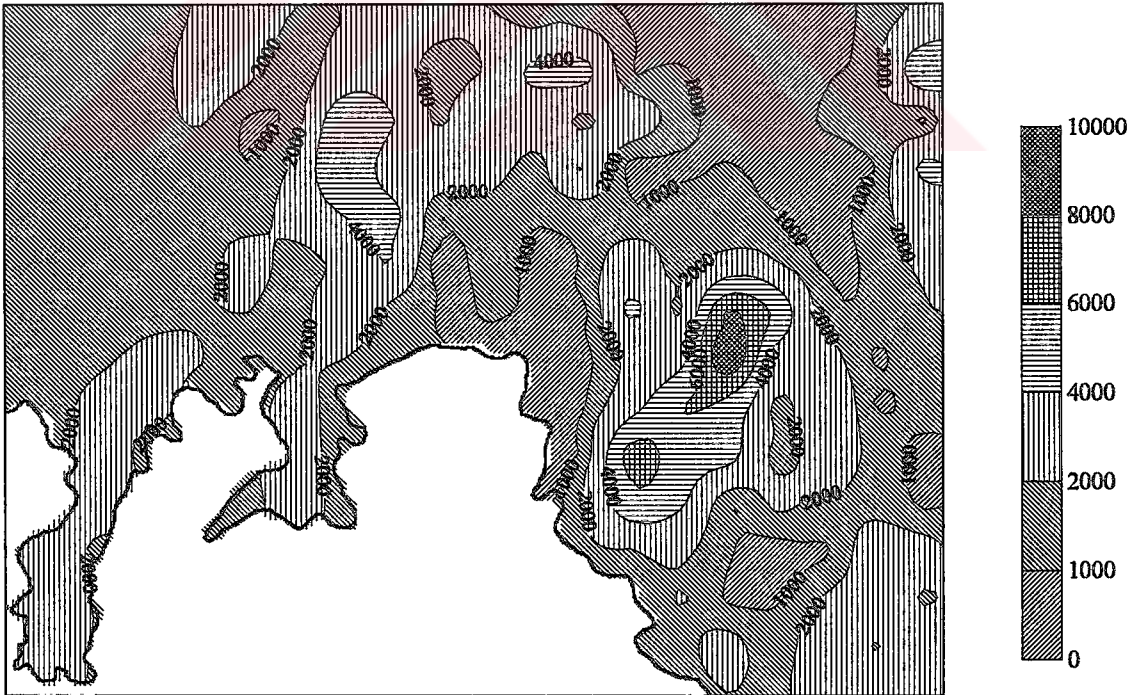
h	Sınıf 0		Sınıf 1		Sınıf 2		Sınıf 3	
	u'	P'	u'	P'	u'	P'	u'	P'
10	13.54	4220	9.97	1721	8.67	1121	6.79	550
25	14.70	5405	11.57	2634	10.41	1904	8.74	1160
50	15.58	6374	12.80	3464	11.77	2688	10.23	1821
100	16.49	7564	14.10	4496	13.15	3615	11.74	2673
200	17.46	9055	15.53	6008	14.65	4945	13.32	3869

Kaynak dosyasında bulunan verilerle oluşturulan düzeltilmiş ortalama enerji potansiyel haritaları, yerden 10, 25, 50 ve 100 m yükseklikler için, sırasıyla Şekil.3.3.a, Şekil.3.3.b, Şekil.3.3.c ve Şekil.3.3.d'dedir.

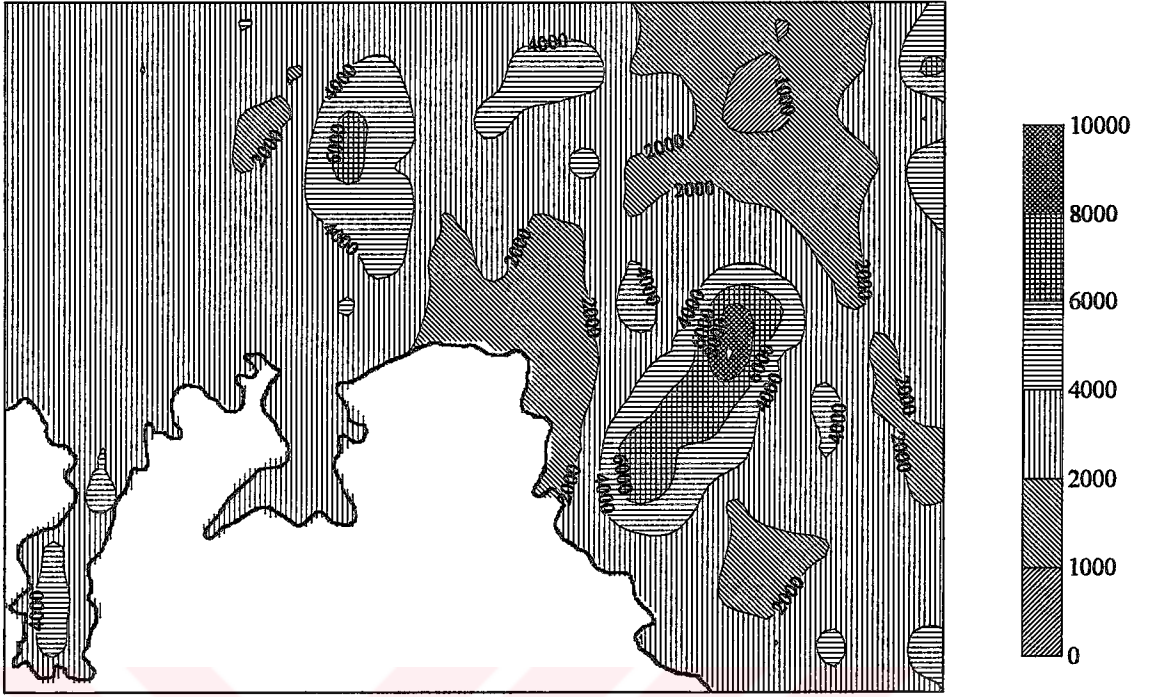
Bodrum istasyonu için yerden 10, 25, 50 ve 100 m yüksekliklerde yapılan noktasal hesaplamalarda elde edilen düzeltilmiş enerji yoğunlukları, sırasıyla 133, 501, 1175 ve 2224 W/m²'dir. Bu istasyon için oluşturulan kaynak dosyası kullanılarak hazırlanan haritalarda, aynı noktada görülen enerji yoğunlukları, sırasıyla 0 - 500, 0 - 1000, 1000 - 2000 ve 2000 - 4000 W/m² aralıklarındadır. Pürüzlülük sınıflandırılmasına göre, Bodrum istasyonu "Sınıf 3" ile "Sınıf 2" arasında kalmaktadır. Bu sınıflar için enerji yoğunlukları, sırasıyla 550 - 1121, 1160 - 1904, 1821 - 2688 ve 2673 - 3615 W/m² aralıklarındadır. Her üç yöntemle yapılan hesaplama sonuçları birbirini yaklaşık olarak doğrulamakla birlikte, bu istasyonlar için hesaplanan düzeltilmiş ortalama enerji yoğunlukları yüksektir. Sonuçların yüksek hesaplanmasında, ölçüm noktasının 2 km kadar kuzeydoğusunda bulunan Kışladağ'ın (409 m) etkili olduğu, WASP programı ile yapılan denemeler sonucunda görülmüştür. Hesaplama sonuçları çalışma içinde verilmeyen deneme analizlerine göre, inceleme bölgesi topoğrafyasının (Bodrum'da olduğu gibi) karmaşık ve kısa mesafelerde değişme gösterdiği durumlarda, WASP paket programının yetersiz kaldığı gözlenmiştir. WASP'ın yetersiz kaldığı durumların araştırılması ayrı bir çalışma konusudur.



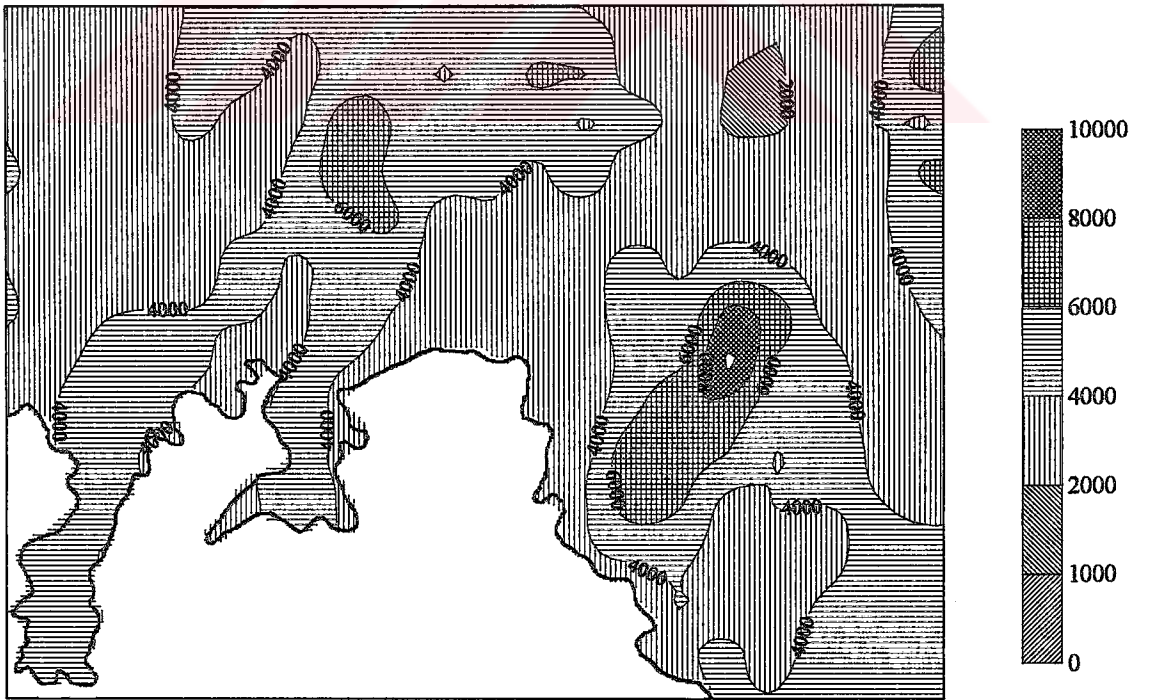
Şekil.3.3.a) Bodrum 10 m enerji potansiyel dağılışı, (W/m^2)



Şekil.3.3.b) Bodrum 25 m enerji potansiyel dağılışı, (W/m^2)



Şekil.3.3.c) Bodrum 50 m enerji potansiyel dağılışı, (W/m^2)



Şekil.3.3.d) Bodrum 100 m enerji potansiyel dağılışı, (W/m^2)

3.4. Bozcaada İstasyonu İçin Yapılan Hesaplama Sonuçları

Bozcaada istasyonu rüzgar verilerinin yönlerine göre dağılımı Ek-5 Çizelge.1’de, bu değerlerden ortaya çıkan rüzgar gülü ise Ek-5 Şekil.1’de görülmektedir. Bozcaada için hakim rüzgar yönü 30°’dir. Rüzgar hızlarının hız aralıklarına göre esme frekansları Ek-5 Çizelge.2’de, hız histogram grafiği ise Ek-5 Şekil.2’de verilmiştir.

Aylık ortalama rüzgar hızlarının ölçüm dönemi içindeki değişimi Ek-5 Şekil.3’te gösterilmiştir. Bozcaada istasyonu aylık ortalama rüzgar hızlarında önemli bir azalma eğilimi gözlenmektedir. Aylık ve yıllık ortalama rüzgar hızlarının gün içindeki değişimleri Ek-5 Çizelge.3 ile Şekil.4.a ve 4.b’de verilmiştir. Gün içindeki yüksek rüzgar hızlarına 12:00 - 18:00 saatleri arasında rastlanılmaktadır. Bozcaada istasyonu aylık ortalama rüzgar hızları, kış aylarında diğer aylara göre daha yüksektir. Yıllık ortalama rüzgar hızı 6.11 m/s, en yüksek ortalama hız 7.69 m/s (Aralık) ve en düşük ortalama hız 4.66 m/s (Haziran)’dir.

Bozcaada istasyonu için WASP programıyla yapılan noktasal analiz sonuçları çizelgeler halinde düzenlenerek Ek-5’te verilmiştir. 10, 25, 50, ve 100 m için yapılan ortalama hız ve potansiyel hesaplama sonuçları, sırasıyla Ek-5 Çizelge.4.a, 4.b, 4.c ve 4.d’de, düzeltilmiş ortalama hız ve potansiyel hesaplama sonuçları ise Ek-5 Çizelge.5.a, 5.b, 5.c ve 5.d’de verilmiştir. Bu çizelgelerin özetleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge.3.8. Bozcaada istasyonu noktasal analiz sonuçları özet çizelgesi

DEĞİŞKEN	Yer düzeyinden yükseklik			
	10 m	25 m	50 m	100 m
Ortalama rüzgar hızı (m/s)	6.0	8.2	9.1	9.8
Düzeltilmiş ortalama rüzgar hızı (m/s)	7.6	8.5	9.1	9.8
Değişim oranı (%)	26.7	3.7	0.0	0.0
Ortalama enerji yoğunluğu (W/m ²)	286	681	936	1180
Düzeltilmiş ortalama enerji yoğunluğu (W/m ²)	558	776	946	1180
Değişim oranı (%)	95.1	14.0	1.1	0.0

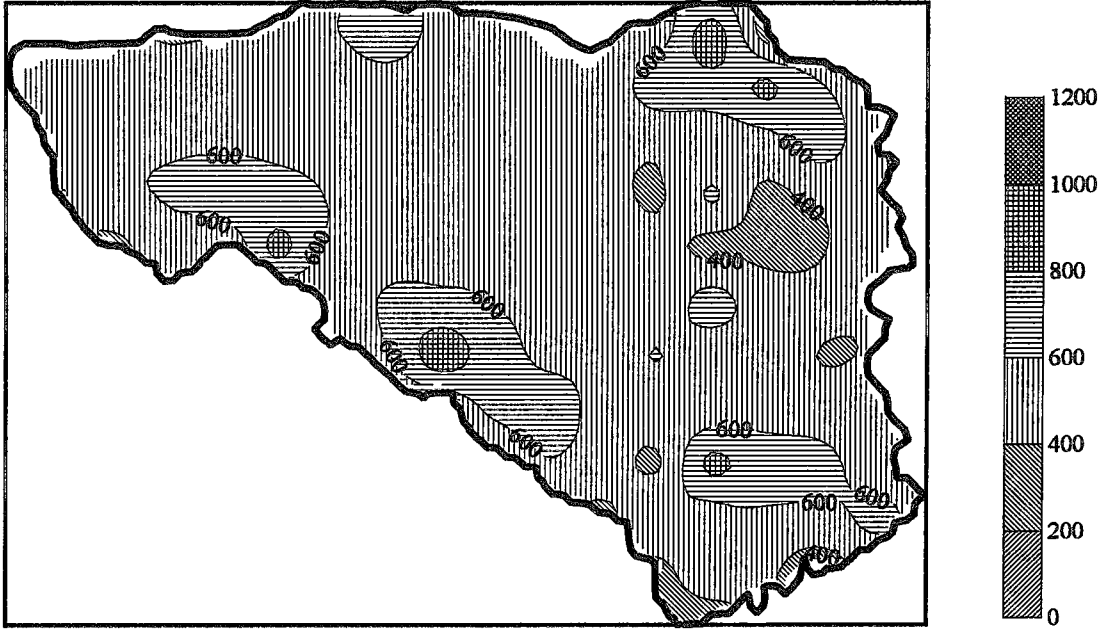
Bozcaada istasyonu için WASP ile oluşturulan kütüphane dosyası Ek-5 Çizelge.6’da verilmiştir. Bu verilerden ortaya çıkan sonuçlar Çizelge.3.9’dadır.

Çizelge.3.9. Bozcaada istasyonu kütüphane dosyası sonuçları

<i>h</i>	Sınıf 0		Sınıf 1		Sınıf 2		Sınıf 3	
	<i>u'</i>	<i>P'</i>	<i>u'</i>	<i>P'</i>	<i>u'</i>	<i>P'</i>	<i>u'</i>	<i>P'</i>
10	7.81	531	5.45	214	4.74	140	3.71	68
25	8.52	675	6.45	332	5.79	243	4.83	144
50	9.10	806	7.33	452	6.69	350	5.77	229
100	9.77	1015	8.46	650	7.79	509	6.84	350
200	10.62	1348	10.06	1132	9.25	878	8.14	593

Kaynak dosyasında bulunan verilerle oluşturulan düzeltilmiş ortalama enerji potansiyel haritaları, yerden 10, 25, 50 ve 100 m yükseklikler için, sırasıyla Şekil.3.4.a, Şekil.3.4.b, Şekil.3.4.c ve Şekil.3.4.d'dedir.

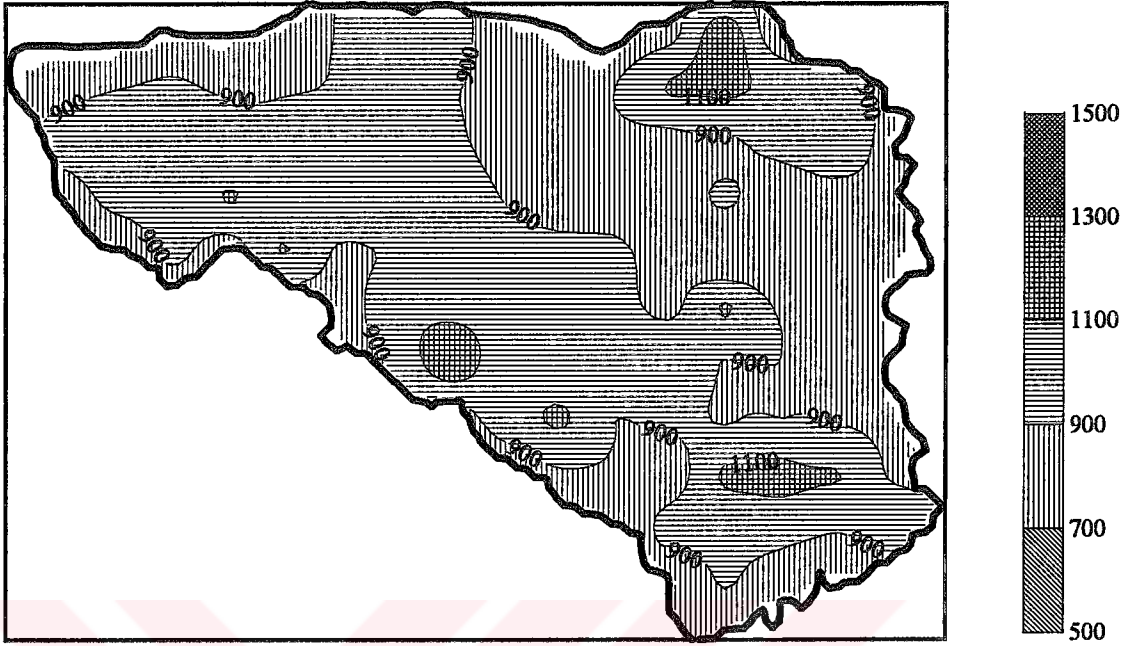
Bozcaada istasyonu için yerden 10, 25, 50 ve 100 m yüksekliklerde yapılan noktasal hesaplamalarda elde edilen düzeltilmiş enerji yoğunlukları, sırasıyla 558, 776, 946 ve 1180 W/m²'dir. Bu istasyon için oluşturulan kaynak dosyası kullanılarak hazırlanan haritalarda, aynı noktada görülen enerji yoğunlukları, sırasıyla 400 - 600, 600 - 800, 900 -900 ve 1000 -1100 W/m² aralıklarındadır. Pürüzlülük sınıflandırılmasına göre, Bozcaada istasyonu "Sınıf 2" ile "Sınıf 1" arasında kalmaktadır. Bu sınıflar için enerji yoğunlukları, sırasıyla 140 - 214, 243 - 332, 350 - 452 ve 509 - 650 W/m² aralıklarındadır.



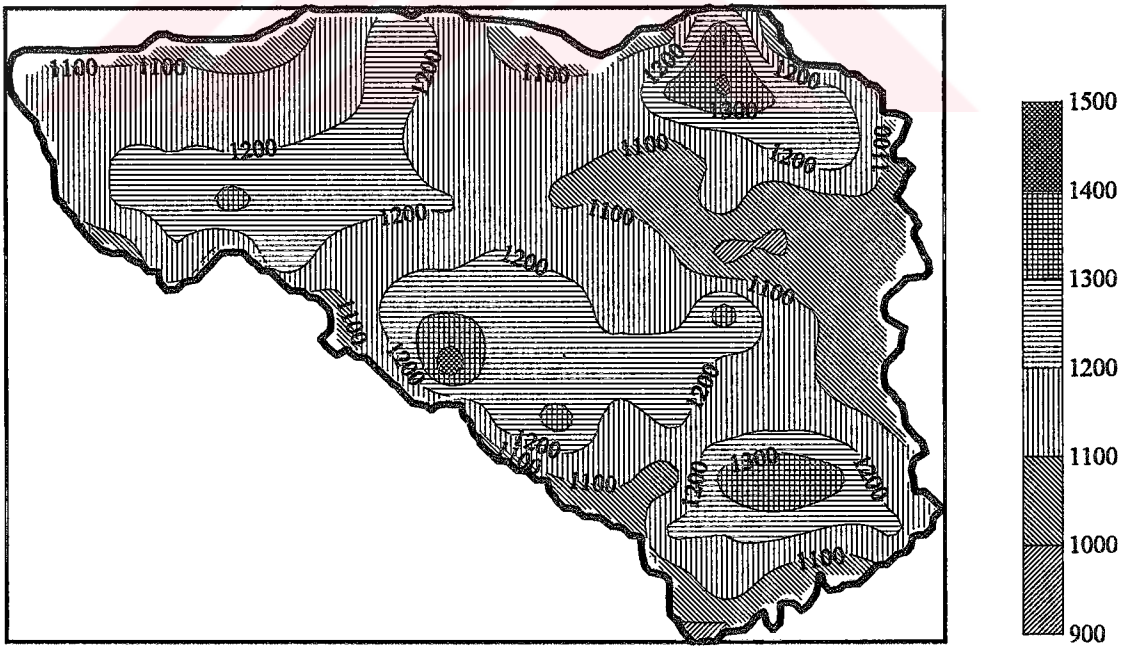
Şekil.3.4.a) Bozcaada 10 m enerji potansiyel dağılışı, (W/m^2)



Şekil.3.4.b) Bozcaada 25 m enerji potansiyel dağılışı, (W/m^2)



Şekil.3.4.c) Bozcaada 50 m enerji potansiyel dağılışı, (W/m^2)



Şekil.3.4.d) Bozcaada 100 m enerji potansiyel dağılışı, (W/m^2)

3.5. Çeşme İstasyonu İçin Yapılan Hesaplama Sonuçları

Çeşme istasyonu rüzgar verilerinin yönler göre dağılımı Ek-6 Çizelge.1’de, bu değerlerden ortaya çıkan rüzgar gülü ise Ek-6 Şekil.1’de görülmektedir. Çeşme için hakim rüzgar yönü 330°’dir. Rüzgar hızlarının hız aralıklarına göre esme frekansları Ek-6 Çizelge.2’de, hız histogram grafiği ise Ek-6 Şekil.2’de verilmiştir.

Aylık ortalama rüzgar hızlarının ölçüm dönemi içindeki değişimi Ek-6 Şekil.3’te gösterilmiştir. Aylık ve yıllık ortalama rüzgar hızlarının gün içindeki değişimleri Ek-6 Çizelge.3 ile Şekil.4.a ve 4.b’de verilmiştir. Gün içindeki yüksek rüzgar hızlarına 12:00 - 18:00 saatleri arasında rastlanılmaktadır. Aylık ortalama rüzgar hızları yıllık ortalamadan (2.37 m/s) önemli bir sapma göstermemektedir. En yüksek ortalama hız, 2.86 m/s ile Aralık ayında, en düşük ortalama hız 1.98 m/s ile Ağustos ve Ekim aylarında elde edilmiştir.

Çeşme istasyonu için WASP programıyla yapılan noktasal analiz sonuçları çizelgeler halinde düzenlenerek Ek-6’da verilmiştir. 10, 25, 50, ve 100 m için yapılan ortalama hız ve potansiyel hesaplama sonuçları, sırasıyla Ek-6 Çizelge.4.a, 4.b, 4.c ve 4.d’de, düzeltilmiş ortalama hız ve potansiyel hesaplama sonuçları ise Ek-6 Çizelge.5.a, 5.b, 5.c ve 5.d’de verilmiştir. Bu çizelgelerin özetleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge.3.10. Çeşme istasyonu noktasal analiz sonuçları özet çizelgesi

DEĞİŞKEN	Yer düzeyinden yükseklik			
	10 m	25 m	50 m	100 m
Ortalama rüzgar hızı (m/s)	1.8	6.1	7.0	7.8
Düzeltilmiş ortalama rüzgar hızı (m/s)	4.7	6.2	7.0	7.8
Değişim oranı (%)	161.1	1.6	0.0	0.0
Ortalama enerji yoğunluğu (W/m ²)	13	338	480	652
Düzeltilmiş ortalama enerji yoğunluğu (W/m ²)	162	364	481	652
Değişim oranı (%)	1146.2	7.7	0.2	0.0

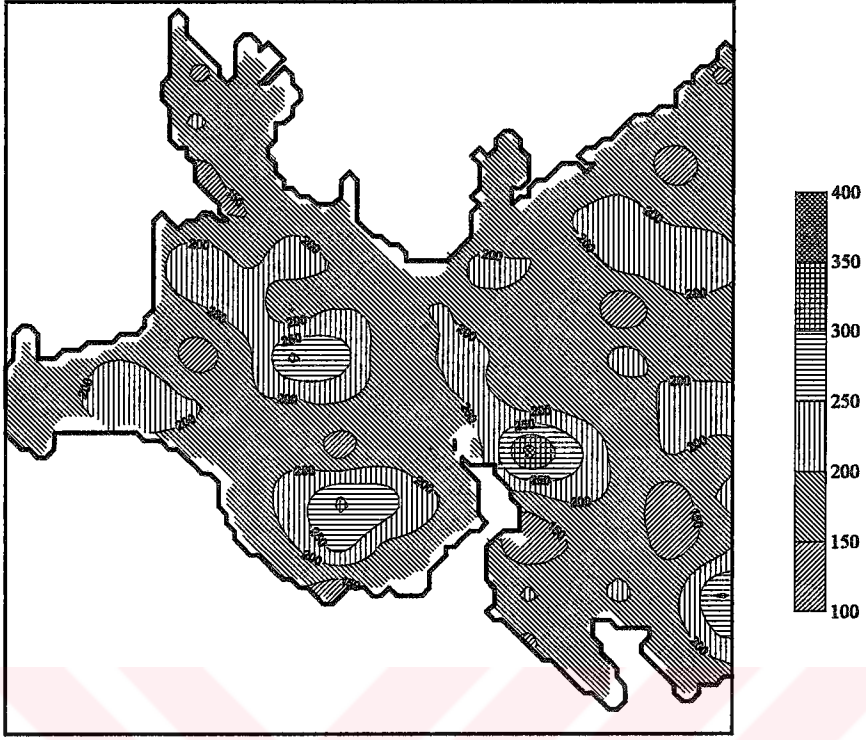
Çeşme istasyonu için WASP ile oluşturulan kütüphane dosyası, Ek-6 Çizelge.6’da verilmiştir. Bu verilerden ortaya çıkan sonuçlar Çizelge.3.11’dedir.

Çizelge.3.11. Çeşme istasyonu kütüphane dosyası sonuçları

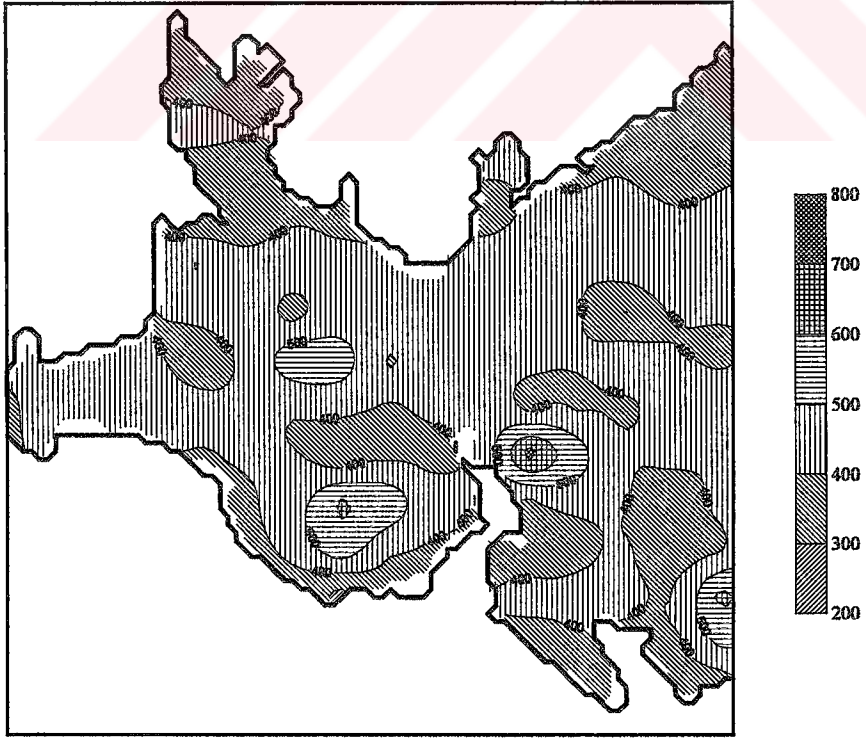
<i>h</i>	Sınıf 0		Sınıf 1		Sınıf 2		Sınıf 3	
	<i>u'</i>	<i>P'</i>	<i>u'</i>	<i>P'</i>	<i>u'</i>	<i>P'</i>	<i>u'</i>	<i>P'</i>
10	6.80	383	4.81	156	4.21	105	3.32	52
25	7.42	486	5.70	243	5.15	181	4.33	110
50	7.94	581	6.49	326	5.96	259	5.18	173
100	8.55	743	7.54	476	6.97	377	6.02	263
200	9.34	1010	9.04	853	8.35	671	7.36	456

Kaynak dosyasında bulunan verilerle oluşturulan düzeltilmiş ortalama enerji potansiyel haritaları, yerden 10, 25, 50 ve 100 m yükseklikler için, sırasıyla Şekil.3.5.a, Şekil.3.5.b, Şekil.3.5.c ve Şekil.3.5.d'dedir.

Çeşme istasyonu için yerden 10, 25, 50 ve 100 m yüksekliklerde yapılan noktasal hesaplamalarda elde edilen düzeltilmiş enerji yoğunlukları, sırasıyla 162, 364, 481 ve 652 W/m²'dir. Bu istasyon için oluşturulan kaynak dosyası kullanılarak hazırlanan haritalarda, aynı noktada görülen enerji yoğunlukları, sırasıyla 150 - 200, 300 - 400, 500 - 600 ve 600 - 700 W/m² aralıklarındadır. Pürüzlülük sınıflandırılmasına göre, Çeşme istasyonu "Sınıf 2" ile "Sınıf 1" arasında kalmaktadır. Bu sınıflar için enerji yoğunlukları, sırasıyla 105 - 156, 181 - 243, 259 - 326 ve 377 - 476 W/m² aralıklarındadır.



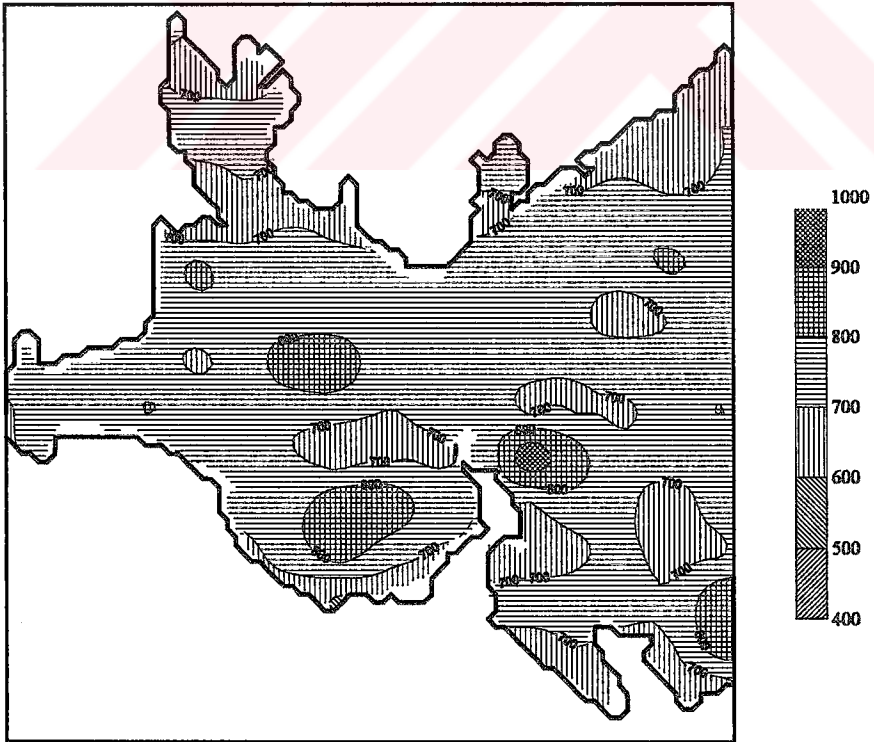
Şekil.3.5.a) Çeşme 10 m enerji potansiyel dağılışı, (W/m^2)



Şekil.3.5.b) Çeşme 25 m enerji potansiyel dağılışı, (W/m^2)



Şekil.3.5.c) Çeşme 50 m enerji potansiyel dağılışı, (W/m^2)



Şekil.3.5.d) Çeşme 100 m enerji potansiyel dağılışı, (W/m^2)

4. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÖNERİLER

Seçilmiş merkezlerin rüzgar enerji potansiyellerinin belirlenmesi için yapılan bu çalışmanın sonuçları aşağıda özetlenmiştir:

1. Detaylı incelenen bölgelerde genellikle kuzeyli rüzgarların etkin olduğunu görülmektedir.
2. Çalışma alanları için oluşturulan hız histogramları, 2 parametrelili Weibull dağılımına yaklaşık olarak uygunluk göstermektedir.
3. İstasyonlarda ölçülen rüzgar hızlarında, genellikle zamana bağlı bir azalma gözlenmektedir.
4. İncelenen bütün istasyonlarda, yüksek rüzgar hızlarına 12:00 - 18:00 saatleri arasında rastlanılmaktadır.
5. Rüzgar hızlarının yıl içindeki değişimleri istasyonlara göre farklılık göstermektedir.
6. WASP paket programıyla yapılan hesaplamalarda (noktasal analiz, kütüphane dosyası, kaynak dosyası) elde edilen sonuçlar yaklaşık olarak aynıdır.
7. Ayrıntılı olarak incelenen istasyonlar için yapılan noktasal analiz sonuçlarına göre; ölçüm noktası çevresinde bulunan yakın çevre engellerinin, ortalama rüzgar hızı ve enerji yoğunluğuna olan etkisi, yer düzeyinden başlayarak yükseklikle azalmaktadır. Bu analizlerde ortaya çıkan bir diğer sonuç ise, bu engellerin ortalama enerji yoğunluğuna olan etkisinin, ortalama rüzgar hızına göre yaklaşık olarak üç kat daha fazla olmasıdır. Etkinin büyüklüğü meteoroloji istasyonları çevresindeki yapılaşmayla doğru orantılı olarak artmaktadır.

Yer düzeyinden 10 m yükseklikte yapılan hesaplamalarda, yakın çevre engellerinin ortalama rüzgar hızına olan etkisi, Bandırma'da % 25.0, Bodrum'da % 28.1, Bozcaada'da % 26.7 ve Çeşme'de % 161.1 olarak bulunmuştur. Bu istasyonlarda aynı yükseklik için hesaplanan ortalama enerji yoğunluklarına olan etki, sırasıyla %106.9, % 114.5, % 95.1 ve % 1146.2 olarak elde edilmiştir. Yakın çevre engellerinin ortalama

rüzgar hızına olan etkisinin 25 m yükseklikte % 10'un altına düştüğü, 100 m'de ise artık kalmadığı görülmektedir. Üretilen rüzgar türbinlerinin yaklaşık yüksekliği olan 50 m'de, yakın çevre engellerinin ortalama rüzgar hızına % 1.5'ten daha küçük bir etki yaptığı ortaya çıkmıştır.

8. Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği'nin yaptığı sınıflandırmaya göre, rüzgar enerjisinden yararlanılacak yükseklikteki (rüzgar türbini eksen yüksekliği) ortalama rüzgar hızları, sırasıyla 6.5 m/s için iyiye yakın, 7.5 için m/s iyi ve 8.5 m/s için ise çok iyi olarak belirtilmiştir (Garrad, 1991). Türbin eksen yüksekliklerinin genellikle 25-50 m arasında olduğu göz önünde bulundurulduğunda, ayrıntılı inceleme yapılan tüm bölgelerde rüzgar enerjisinden yararlanılabileceği görülmektedir. Noktasal analiz sonuçlarına göre, Bandırma, Bodrum, Bozcaada ve Çeşme'deki ölçüm noktaları için yer düzeyinden 50 m yükseklikteki düzeltilmiş ortalama rüzgar hızları, sırasıyla 7.0, 8.6, 9.1 ve 7.0 m/s olarak hesaplanmıştır. Bu bölgelerde, daha açık ve yüksek alanlar gibi, türbinler için daha uygun yerler bulunduğu dikkate alındığında, çok daha verimli sonuçlar alınabileceği düşünülebilir.

Rüzgar enerji yoğunlukları dikkate alınarak yapılan başka bir sınıflandırma da aşağıdaki gibidir (Ambrosini et al., 1992) :

- zayıf ($P < 100 \text{ W/m}^2$)
- iyiye yakın ($100 \text{ W/m}^2 \leq P < 300 \text{ W/m}^2$)
- iyi ($300 \text{ W/m}^2 \leq P < 700 \text{ W/m}^2$)
- çok iyi ($P \geq 700 \text{ W/m}^2$)

Bu sınıflandırmaya göre, 50 m için noktasal analiz sonuçları değerlendirildiğinde; Bodrum 1175 W/m^2 , Bozcaada 946 W/m^2 düzeltilmiş ortalama enerji yoğunlukları ile çok iyi, Bandırma 529 W/m^2 , Çeşme 481 W/m^2 ile iyi olarak sınıflandırılabilir. İncelenen bütün yerler için elde edilen kütüphane dosyalarının sonuçlarına göre, 0 ve 1 pürüzlülük sınıflarında yüksek enerji yoğunluklarının olduğu görülmektedir. Kaynak dosyalarından elde edilen haritalarda, ayrıntılı olarak incelenen bütün bölgeler (istasyonlar) için çok daha verimli alanlar bulunmaktadır.

9. Yukarıdaki değerlendirmelerin ışığı altında, Türkiye için alternatif bir enerji kaynağı olan rüzgar enerjisinden yararlanabilmesi ve rüzgar enerjisinin birincil enerji kaynakları içerisindeki katkısının artırılabilmesi için aşağıdakiler önerilebilir.

- Bugüne kadar yapılmış olan rüzgar enerjisi potansiyelinin belirlenmesine yönelik çalışmalar dikkate alınarak, Türkiye coğrafyasında bir homojen dağılım gösteren, uygun sayıdaki meteoroloji istasyonları belirlenmeli ve bu istasyonlar için (rüzgar atlası istatistikleri tamamlanmış istasyonlar dışında) rüzgar atlası istatistikleri hesaplanmalıdır. Böylece, Türkiye'nin rüzgar atlası hazırlanabilecek ve Türkiye, Avrupa Rüzgar Atlası'ndaki (eski doğu bloku ülkeleri dışında olmayan tek ülke) yerini alacaktır.
- Türkiye üzerinde rüzgar enerjisinden yararlanılabilecek alanların belirlenerek üretilebilecek enerji miktarlarının hesaplanması, karar vericilere ve yatırımcılara yol göstermesi açısından büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- 1994 Enerji Raporu, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, 1995, Ankara.
- Adekoya, L. O. and Adewale, A. A. 1992. Wind energy potential of Nigeria, *Renewable Energy*, **2**, 35-39.
- Ambrosini, G., Benato, B., Garavaso, C., Botta, G., Cenerini, M., Comand, D. and Stork, C. 1992. Wind energy potential in Emilia Romagna, Italy, *J. of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, **39**, 211-220.
- Beyer, H. G. and Nottebaum, K. 1995. Synthesis of long-term hourly wind speed time series on the basis of European wind atlas data, *Solar Energy*, **54**, 351-355.
- Darwish, A. S. and Sayigh, A. A. M. 1991. Wind energy potential in Morocco, *Renewable Energy*, **1**, 1-8.
- Dündar, C. and İnan, D. 1996. Investigation of wind energy application possibilities for a specific island (Bozcaada) in Turkey, Submitted to the World Renewable Energy Congress IV, 15-21 June 1996, Denver, Colorado, USA.
- Energy For Tomorrow's World, World Energy Council's Commission Report , 1994, London.
- Garrad, A. 1991. Wind Energy in Europe: A plan of Action, Summary report of Wind Energy in Europe - Time for Action, The European Wind Energy Association.
- Jackson, P. S. and Hunt, J. C. R. 1975. Turbulent wind flow over a low hill, *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, **101**, 929-955.
- Justus, C. G., Hargraves, W. R. and Yalçın, A 1976. Nation-wide assessment of potential output from wind powered generators, *J. Appl. Meteor.*, **15**, 673-678.
- Justus, C. G., Hargraves, W. R., Mikhail, A. and Graber, Denise. 1978. Methods for estimating wind speed frequency distribution, *J. Appl. Meteor.*, **17**, 350-353
- Külünk, H. 1993. Wind energy potential in Turkey, *Applied Energy*, **45**, 181-190.
- Lettau, H. 1969. Note on aerodynamic roughness-parameter estimation on the basis of roughness-element distribution, *J. Appl. Met.*, **8**, 828-832.

- Mortensen, N. G., Landberg, L., Troen, I. and Petersen, E. L. 1993. Wind Atlas Analysis and Application Program (WASP), Vol. 1: Getting Started, Riso National Laboratory, Roskilde, Denmark.
- Panda, R. K., Sarkar, T. K. and Bhattacharya, A. K. 1990. Stochastic study of the wind-energy potential of India, *Energy*, **15**, 921-930.
- Pashardes, S. and Christofides, C. 1995. Statistical analysis of wind speed and direction in Cyprus, *Solar Energy*, **55**, 405-414.
- Petersen, E. L., Troen, I. and Mortensen, N. G. 1988. The European wind energy resources, Proceedings of EC Wind Energy Conference and Exhibition, 6-10 June 1988, Denmark.
- Pneumatikos, J. D. 1991. Wind energy potential in NW Peloponnese-Greece, *Renewable Energy*, **1**, 137-139.
- Tolun, S., Menteş, S., Aslan, Z. ve Yükselen, M. A. 1994. Gökçeada rüzgar enerjisi potansiyelinin tahmini ve bundan elektrik enerjisi üretimi, Türkiye 6. Enerji Kongresi Teknik Oturum Tebliğleri I, s: 418-432, 17-22 Ekim 1994, İzmir. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi.
- Troen, I. and Petersen, E. L. 1989. European Wind Atlas, Commission of the European Communities, Directorate-General for Science, Brussels, Belgium.
- Türksoy, F. 1994. Rüzgar enerjisi; dünyadaki yeri ve Türkiye için önemi, Türkiye 6. Enerji Kongresi Teknik Oturum Tebliğleri I, s: 433-444, 17-22 Ekim 1994, İzmir. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi.
- Uyar, T. S., Yazar, A. ve Alpay, M. N. 1988. Bozcaada, Çeşme, Fethiye ve Sultanhisar Bölgeleri İçin Hesaplanan Rüzgar Atlas İstatistikleri, TÜBİTAK Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü Makine ve Enerji Sistemleri Araştırma Bölümü, Proje No. 0630018701, Rapor No. 4.
- Ural, G., 1994. Rüzgar enerjisinin dünyadaki ve Türkiye'deki durumu, Türkiye 6. Enerji Kongresi Teknik Oturum Tebliğleri I, s: 366-381, 17-22 Ekim 1994, İzmir. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi.

EKLER

EK-1

WASP PROGRAMINDA KULLANILAN TEMEL VERİLER

Çizelge.1. Bandırma saatlik rüzgar bilgileri özeti

Sektör	Frekans	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	8.4	108	147	141	104	93	89	101	82	57	51	16	4	3	4	5.2	1.61
30	55.5	59	77	82	110	132	138	133	97	71	72	21	4	1	0	6.2	2.25
60	3.1	433	489	66	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.4	2.03
90	3.1	404	469	100	25	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	1.89
120	9.9	243	359	250	118	22	4	3	1	0	0	0	0	0	0	2.1	1.80
150	7.5	160	297	215	121	84	63	26	18	8	7	1	0	0	0	2.8	1.36
180	2.7	195	131	97	80	94	128	115	67	50	37	6	0	0	0	4.9	1.83
210	2.2	264	295	137	82	60	65	51	30	9	5	0	0	0	0	2.5	1.15
240	0.9	249	334	189	117	38	41	16	9	3	3	0	0	0	0	2.2	1.27
270	0.7	367	236	157	135	79	17	4	4	0	0	0	0	0	0	2.1	1.38
300	1.8	277	317	199	147	37	18	3	2	0	0	0	0	0	0	2.1	1.56
330	4.2	208	415	269	69	18	14	5	0	1	2	0	0	0	0	2.1	1.59
Toplam	100.0	133	181	127	103	96	95	89	65	47	46	13	3	1	0	4.7	1.57

Rasat Sayısı : 34771

Sakin (0 m/s) : 0

Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 4.1

Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 116

Çizelge.2. Bodrum saatlik rüzgar bilgileri özeti

Sektör	Frekans	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	5.8	170	156	100	120	134	111	92	60	35	21	1	0	0	0	4.5	1.83
30	25.0	133	203	166	127	100	82	68	55	33	26	6	0	0	0	4.0	1.48
60	9.8	196	313	218	122	66	40	20	14	8	2	0	0	0	0	2.6	1.38
90	4.5	466	307	117	64	30	13	2	2	0	0	0	0	0	0	1.5	1.22
120	8.0	274	163	145	132	122	76	37	25	13	10	3	0	0	0	3.3	1.44
150	7.3	116	188	189	188	138	86	40	29	14	10	1	0	0	0	3.8	1.76
180	4.7	299	250	146	117	68	42	32	25	10	10	0	0	0	0	2.5	1.19
210	11.3	168	246	219	163	89	41	31	21	12	7	2	1	0	0	3.0	1.42
240	4.3	139	235	202	155	124	65	37	23	9	9	3	0	0	0	3.3	1.51
270	3.3	219	178	117	148	132	115	41	29	11	6	3	0	0	0	3.7	1.69
300	8.3	193	150	118	151	154	130	58	26	13	8	0	0	0	0	4.0	1.93
330	7.6	100	132	130	138	144	139	91	70	33	20	1	0	0	0	4.8	2.08
Toplam	100.0	184	209	163	137	107	79	50	36	19	14	2	0	0	0	3.5	1.46

Rasat Sayısı : 28892

Sakin (0 m/s) : 0

Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 3.1

Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 53

Çizelge.3. Bozcaada saatlik rüzgar bilgileri özeti

Sektör	Frekans	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	6.6	17	41	31	55	66	93	127	133	141	207	59	16	8	6	8.5	2.99
30	38.9	18	57	60	74	82	92	97	93	88	159	99	51	20	10	8.6	2.20
60	6.1	82	214	171	162	124	69	63	42	29	36	9	1	0	0	4.1	1.49
90	1.6	197	277	181	168	95	50	24	4	0	0	4	0	0	0	2.8	1.54
120	7.5	97	360	205	142	92	49	30	13	4	5	2	1	0	0	2.9	1.42
150	8.1	39	107	82	65	65	82	98	102	110	148	65	21	9	6	7.8	2.26
180	3.6	49	62	24	41	67	78	121	111	103	166	123	41	12	2	8.7	2.55
210	6.7	44	118	150	159	129	121	108	70	44	42	11	3	1	0	5.2	1.89
240	1.8	51	231	216	232	120	80	32	24	5	2	5	2	0	0	3.7	1.77
270	0.4	92	300	146	177	100	54	0	23	31	62	15	0	0	0	3.6	1.25
300	3.4	62	92	99	142	170	189	140	62	17	21	3	3	0	0	5.3	2.55
330	15.4	29	79	117	130	119	124	122	94	80	81	22	1	1	0	6.2	2.21
Toplam	100.0	39	109	97	103	95	95	96	83	74	112	57	25	10	5	6.9	1.83

Rasat Sayısı : 34319

Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 6.0

Sakin (0 m/s) : 0

Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 292

Çizelge.4. Çeşme saatlik rüzgar bilgileri özeti

Sektör	Frekans	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	19.1	247	249	219	174	74	29	8	1	0	0	0	0	0	0	2.5	1.75
30	16.7	174	211	181	207	140	70	16	1	0	0	0	0	0	0	3.2	2.05
60	6.4	145	240	278	227	98	12	0	0	0	0	0	0	0	0	2.8	2.35
90	0.9	487	203	127	140	39	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1.7	1.28
120	1.9	606	226	65	62	30	11	0	0	0	0	0	0	0	0	1.1	1.00
150	6.8	260	215	155	170	100	50	31	7	8	5	0	0	0	0	2.9	1.50
180	12.6	189	154	113	143	144	119	77	34	17	9	2	0	0	0	4.1	1.85
210	7.1	244	177	161	173	118	70	38	15	3	2	0	0	0	0	3.2	1.68
240	1.0	291	227	208	205	52	11	5	0	0	0	0	0	0	0	2.4	1.80
270	0.6	671	155	94	47	28	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0.91
300	4.3	488	231	212	67	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	1.48
330	22.5	186	313	279	190	29	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2.4	2.18
Toplam	100.0	230	235	203	175	85	42	19	6	3	2	0	0	0	0	2.8	1.62

Rasat Sayısı : 34932

Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 2.4

Sakin (0 m/s) : 1

Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 22

Çizelge.5. Bandırma istasyonu yakın çevre engel bilgileri

Engel No	α1 (°)	R1 (m)	α2 (°)	R2 (m)	h (m)	d (m)	Geçirgenlik
1	331	125	28	150	12	80	0.50
2	30	350	45	350	16	20	0.00
3	30	25	280	30	5	5	0.50
4	55	435	74	455	15	20	0.00
5	70	285	165	130	5	250	0.50
6	137	590	144	600	6	150	0.33
7	153	620	202	980	6	500	0.33
8	178	575	198	460	6	150	0.00
9	234	440	245	460	27	120	0.00
10	256	385	275	500	13	250	0.33
11	252	715	263	770	25	100	0.00
12	267	950	295	630	7	400	0.33
13	307	525	321	625	15	200	0.33

Çizelge.6. Bodrum istasyonu yakın çevre engel bilgileri

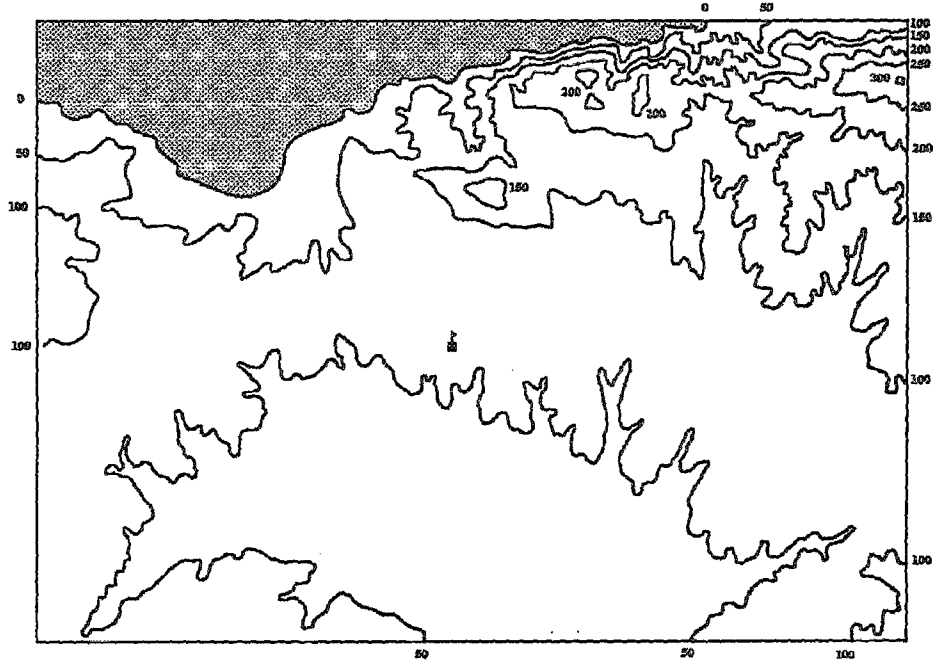
Engel No	$\alpha 1$ (°)	R1 (m)	$\alpha 2$ (°)	R2 (m)	h (m)	d (m)	Geçir- genlik
1	30	85	95	100	8	100	0.50
2	100	80	135	100	10	55	0.00
3	130	150	175	170	6	40	0.50
4	225	240	240	190	6	90	0.00
5	245	165	295	100	6	65	0.00
6	305	125	345	200	6	65	0.00
7	355	100	20	100	8	65	0.00
8	2	150	50	170	7	100	0.33
9	54	450	72	240	7	50	0.33
10	71	470	114	360	7	75	0.33
11	124	320	135	340	7	45	0.00
12	161	480	174	480	6	80	0.00
13	173	310	185	390	6	80	0.00
14	238	460	259	500	7	75	0.00
15	255	335	265	305	6	35	0.00
16	295	400	312	400	7	80	0.00
17	328	240	6	250	7	125	0.33

Çizelge.7. Bozcaada istasyonu yakın çevre engel bilgileri

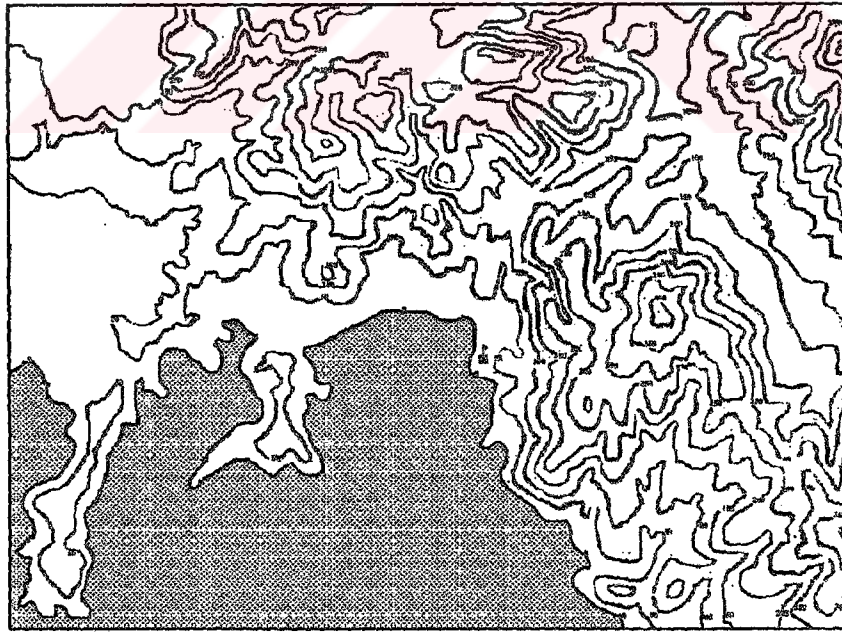
Engel No	$\alpha 1$ (°)	R1 (m)	$\alpha 2$ (°)	R2 (m)	h (m)	d (m)	Geçir- genlik
1	7	105	12	104	9	18	0.00
2	26	104	30	109	8	10	0.00
3	45	90	55	117	9	7	0.00
4	71	90	76	90	7	5	0.00
5	80	215	83	216	5	8	0.00
6	84	180	86	180	4	13	0.00
7	84	163	86	164	4	13	0.00
8	85	145	87	145	4	13	0.00
9	85	125	87	126	4	13	0.00
10	86	105	89	105	4	13	0.00
11	87	84	91	85	4	13	0.00
12	97	10	154	6	5	10	0.00
13	209	25	251	23	7	44	0.00
14	236	198	239	197	4	10	0.00
15	244	229	246	226	9	16	0.00
16	248	243	251	246	8	8	0.00
17	251	255	253	264	9	9	0.00
18	256	270	259	281	8	8	0.00
19	260	290	263	302	9	10	0.00
20	262	116	266	113	8	6	0.00
21	297	93	301	90	9	6	0.00
22	275	25	308	19	7	6	0.00
23	308	13	331	20	3	6	0.00
24	330	74	336	76	12	19	0.00
25	345	53	359	57	9	10	0.00
26	344	394	360	295	7	4	0.00
27	348	384	360	405	13	50	0.00

Çizelge.8. Çeşme istasyonu yakın çevre engel bilgileri

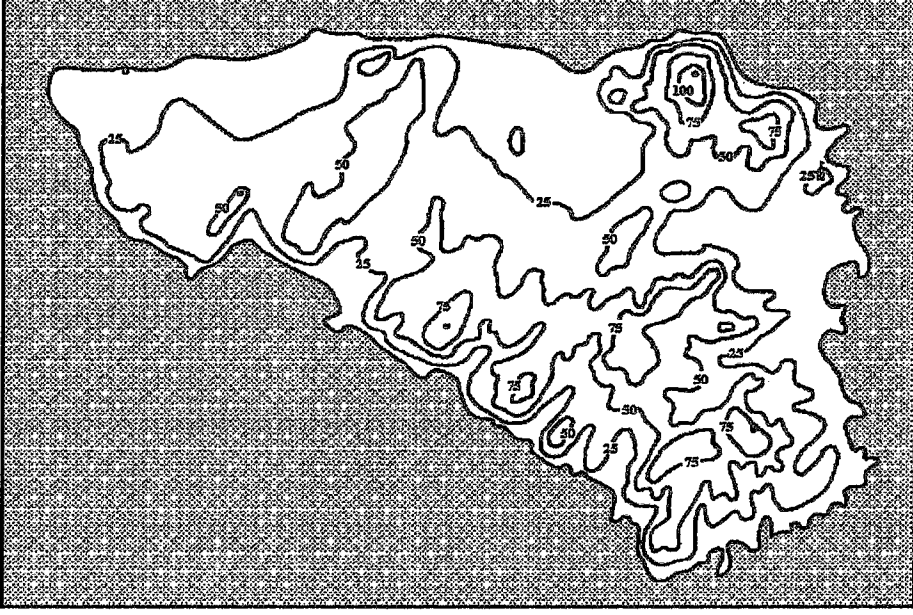
Engel No	$\alpha 1$ (°)	R1 (m)	$\alpha 2$ (°)	R2 (m)	h (m)	d (m)	Geçir- genlik
1	5	90	10	92	5	12	0.00
2	8	59	20	64	6	11	0.00
3	22	33	36	39	9	6	0.00
4	37	26	43	95	5	8	0.00
5	43	45	52	55	9	6	0.00
6	47	101	50	109	5	9	0.00
7	58	65	62	75	5	10	0.00
8	77	56	91	56	6	13	0.00
9	79	73	89	74	5	12	0.00
10	120	82	125	91	6	9	0.00
11	114	95	119	102	5	8	0.00
12	108	115	113	121	6	14	0.00
13	117	143	123	137	9	10	0.00
14	165	237	168	236	5	14	0.00
15	166	213	212	171	3	10	0.00
16	176	165	180	165	5	10	0.00
17	182	217	185	220	5	11	0.00
18	198	38	228	29	6	10	0.00
19	246	13	273	13	9	12	0.00
20	260	232	263	233	5	10	0.00
21	269	217	270	217	9	12	0.00
22	277	222	281	225	6	8	0.00
23	282	195	283	196	9	12	0.00
24	283	176	286	178	9	12	0.00
25	286	157	288	159	9	12	0.00
26	290	64	297	53	5	7	0.00
27	299	104	308	98	5	10	0.00
28	302	71	308	63	9	7	0.00
29	311	82	317	76	9	7	0.00
30	323	103	327	99	6	13	0.00
31	314	39	330	32	9	7	0.00
32	332	60	340	56	6	13	0.00
33	340	92	345	90	5	13	0.00
34	345	29	7	29	9	7	0.00
35	348	60	360	60	5	8	0.00
36	350	94	358	93	5	8	0.00
37	0	23	60	55	10	4	0.50
38	298	36	345	205	8	10	0.50
39	299	35	360	22	10	4	0.50
40	285	59	294	45	7	3	0.50
41	308	12	316	12	12	5	0.50
42	197	20	204	22	12	5	0.50



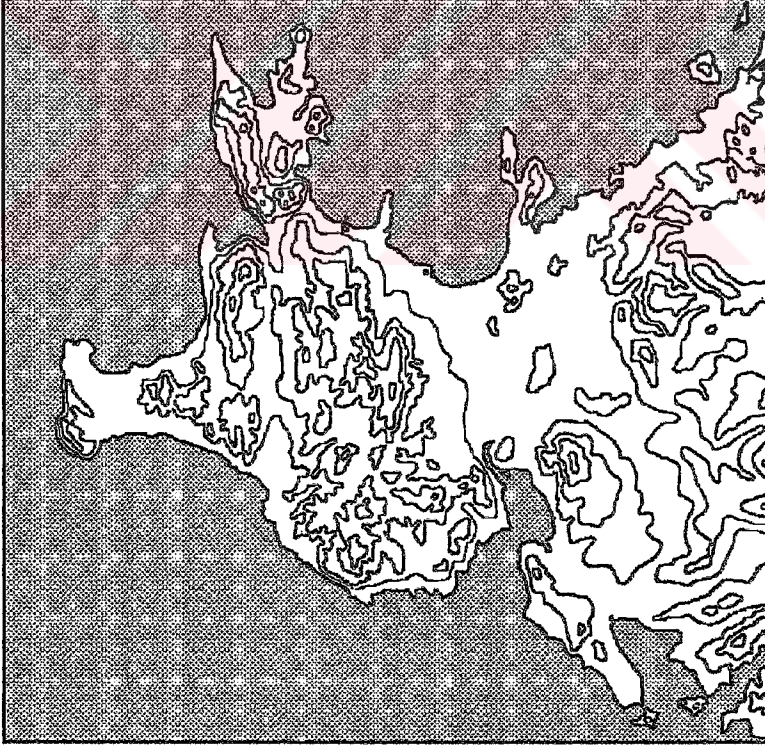
Şekil.1. Bandırma istasyonu ve çevresinin 1/100.000 ölçekli topoğrafik haritası



Şekil.2. Bodrum istasyonu ve çevresinin 1/100.000 ölçekli topoğrafik haritası



Şekil.3. Bozcaada istasyonu ve çevresinin 1/100.000 ölçekli topoğrafik haritası



Şekil.4. Çeşme istasyonu ve çevresinin 1/200.000 ölçekli topoğrafik haritası

Çizelge.9. Bandırma istasyonu çevre pürüzlülük bilgileri

Sektör	Z ₀₁	X ₁	Z ₀₂	X ₂	Z ₀₃	X ₃	Z ₀₄	X ₄	Z ₀₅	X ₅	Z ₀₆
0	0.05	2280	0.10	3850	0.00						
30	0.05	1580	0.10	5000	0.00						
60	0.03	4550	0.10								
90	0.20	350	0.05	5950	0.10						
120	0.05	5950	0.10								
150	0.10	350	0.05								
180	0.10	700	0.05								
210	0.20	1580	0.10								
240	0.30	950	0.10	2800	0.05						
270	0.30	850	0.10	4200	0.05						
300	0.30	1200	0.20	1750	0.40	6300	0.00				
330	0.10	1900	0.40	3650	0.00						

Çizelge.10. Bodrum istasyonu çevre pürüzlülük bilgileri

Sektör	Z ₀₁	X ₁	Z ₀₂	X ₂	Z ₀₃	X ₃	Z ₀₄	X ₄	Z ₀₅	X ₅	Z ₀₆
0	0.30	1000	0.20								
30	0.20										
60	0.20										
90	0.15	600	0.20								
120	0.15	750	0.20								
150	0.20										
180	0.20	300	0.00								
210	0.30	250	0.00								
240	0.30	250	0.00	2000	0.10	3250	0.00	5000	0.20	6000	0.00
270	0.30	1000	0.00	1600	0.20						
300	0.30	2000	0.20								
330	0.30	1000	0.20								

Çizelge.11. Bozcaada istasyonu çevre pürüzlülük bilgileri

Sektör	Z ₀₁	X ₁	Z ₀₂	X ₂	Z ₀₃	X ₃	Z ₀₄	X ₄	Z ₀₅	X ₅	Z ₀₆
0	0.30	140	0.00	250	0.08	500	0.00				
30	0.03	130	0.00								
60	0.05	250	0.00								
90	0.05	220	0.00								
120	0.03	150	0.00								
150	0.00	1250	0.00								
180	0.05	1100	0.02	4500	0.00						
210	0.05	4700	0.00								
240	0.04	300	0.03	5500	0.00						
270	0.30	250	0.15	500	0.03						
300	0.30	500	0.03	2700	0.00						
330	0.30	600	0.03	1200	0.00						

Çizelge.12. Çeşme istasyonu çevre pürüzlülük bilgileri

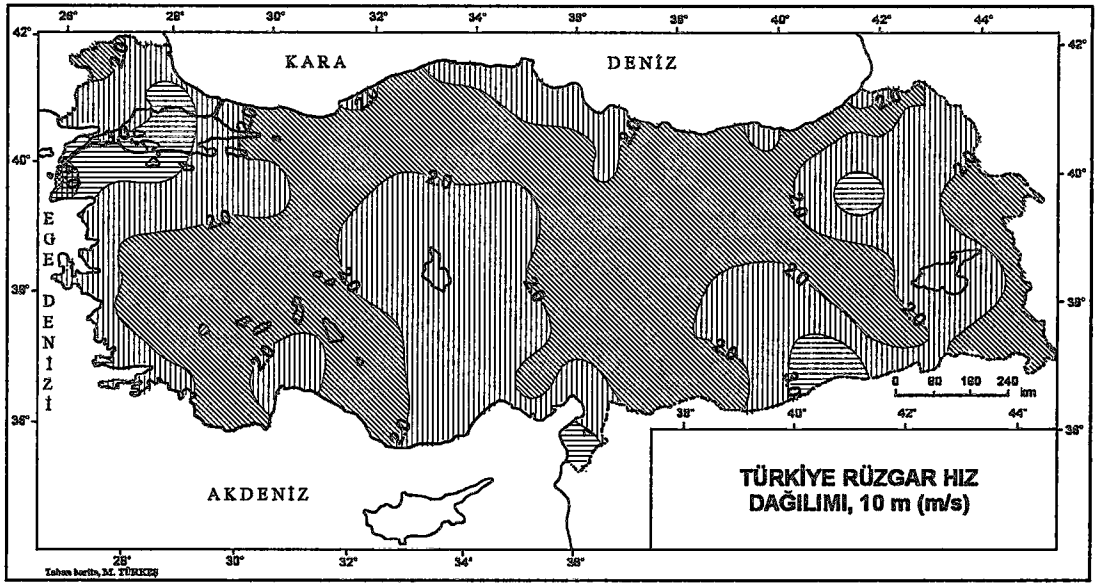
Sektör	Z ₀₁	X ₁	Z ₀₂	X ₂	Z ₀₃	X ₃	Z ₀₄	X ₄	Z ₀₅	X ₅	Z ₀₆
0	0.30	450	0.00								
30	0.02	900	0.01								
60	0.25	300	0.05	700	0.03						
90	0.03										
120	0.10	160	0.03								
150	0.03	1750	0.01								
180	0.05	300	0.03	2200	0.00						
210	0.05										
240	0.05										
270	0.03	200	0.10	400	0.05						
300	0.30	500	0.02	1500	0.03						
330	0.30	500	0.00								

EK-2

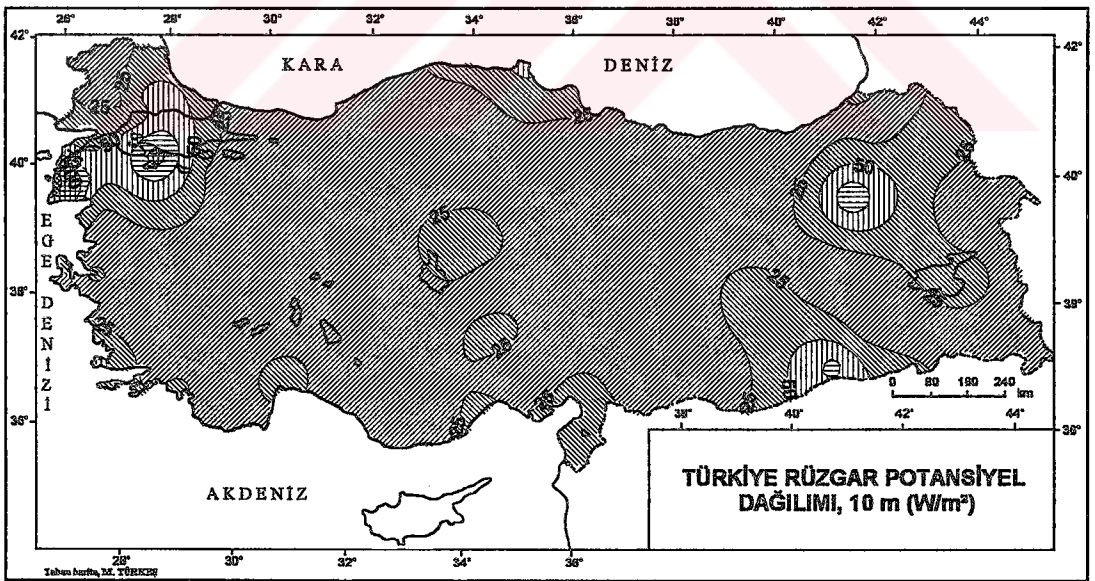
TÜRKİYE RÜZGAR POTANSİYELİ

Çizelge.1. Seçilmiş istasyonların ortalama rüzgar hız ve potansiyelleri, 10 m

İSTASYON	v (m/s)	E (W/m2)	İSTASYON	v (m/s)	E (W/m2)
ADANA	1.5	6	HAKKARİ	1.6	8
ADİYAMAN	2.0	17	HOPA	2.2	30
AFYON	1.8	10	IĞDIR	1.1	4
AĞRI	1.7	13	ISPARTA	1.9	17
AKÇAKOCA	1.8	9	İNEBOLU	3.1	41
AKSARAY	2.3	22	İSKENDERUN	2.7	42
ALANYA	1.2	3	İSTANBUL	2.6	25
AMASYA	1.5	6	İZMİR	2.7	29
ANAMUR	2.1	16	K. MARAŞ	1.8	20
ANKARA	2.5	21	KARAMAN	2.2	23
ANTAKYA	3.4	48	KARS	2.7	38
ANTALYA	2.8	38	KASTAMONU	1.3	4
ARDAHAN	2.0	25	KAYSERİ	1.8	17
ARTVİN	1.8	12	KIRIKKALE	2.3	22
AYDIN	1.6	7	KIRŞEHİR	2.8	41
AYVALIK	3.0	50	KOCAELİ	1.4	7
BALIKESİR	2.7	58	KONYA	1.9	12
BANDIRMA	4.1	116	KUŞADASI	2.2	18
BARTIN	1.4	10	MALATYA	2.0	15
BATMAN	1.7	12	MANİSA	1.9	13
BAYBURT	2.0	16	MARDİN	4.0	83
BİLECİK	2.3	18	MARMARİS	2.2	18
BİNGÖL	1.5	8	MERSİN	2.4	25
BİTLİS	2.4	21	MUĞLA	2.0	11
BODRUM	3.1	53	MUŞ	1.1	4
BOLU	1.3	5	NEVŞEHİR	2.0	13
BOZCAADA	6.0	292	NİĞDE	2.7	31
BURDUR	1.8	14	ORDU	1.5	6
BURSA	2.0	15	RİZE	1.3	3
ÇANAKKALE	3.6	72	SAKARYA	1.4	6
ÇANKIRI	1.2	5	SAMSUN	2.4	26
ÇEŞME	2.4	22	ŞANLIURFA	1.4	5
ÇORLU	3.3	65	SEYDİŞEHİR	1.8	14
ÇORUM	1.9	19	SİİRT	1.4	8
DALAMAN	2.7	36	SİNOP	3.0	58
DENİZLİ	0.9	2	SİVAS	1.3	5
DİKİLİ	2.1	18	TEKİRDAĞ	2.3	22
DIYARBAKIR	2.8	37	TOKAT	2.2	16
EDİRNE	1.6	7	TRABZON	2.4	23
EDREMİT	2.8	31	TUNCELİ	1.1	4
ELAZIĞ	2.9	41	UŞAK	1.8	9
ERZİNCAN	1.4	6	VAN	2.6	35
ERZURUM	3.8	99	YOZGAT	2.2	17
FETHİYE	1.6	12	YUMURTALIK	2.9	39
FİNİKE	1.6	9	ZONGULDAK	2.4	18
GAZİANTEP	1.2	3			
GİRESUN	1.1	4	ORTALAMA	2.2	26
GÖKÇEADA	3.6	80	MAKSİMUM	6.0	292
GÜMÜŞHANE	1.8	16	MINİMUM	0.9	2



Şekil.1.a) Türkiye 10 m ortalama rüzgar hızları dağılım haritası



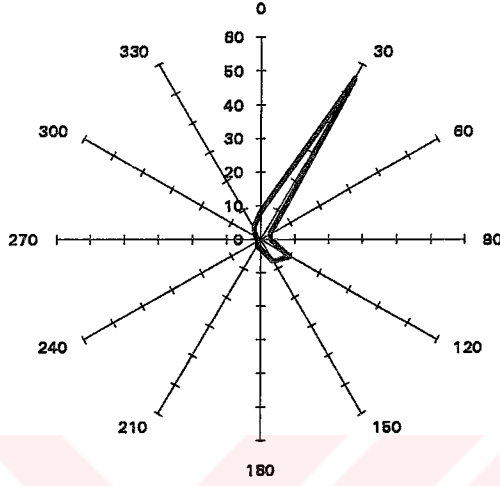
Şekil.1.b) Türkiye 10 m ortalama rüzgar potansiyelleri dağılım haritası

EK-3

BANDIRMA RÜZGAR ATLASI İSTATİSTİKLERİ

Çizelge.1. Rüzgar hızlarının yönlere göre esme frekansları

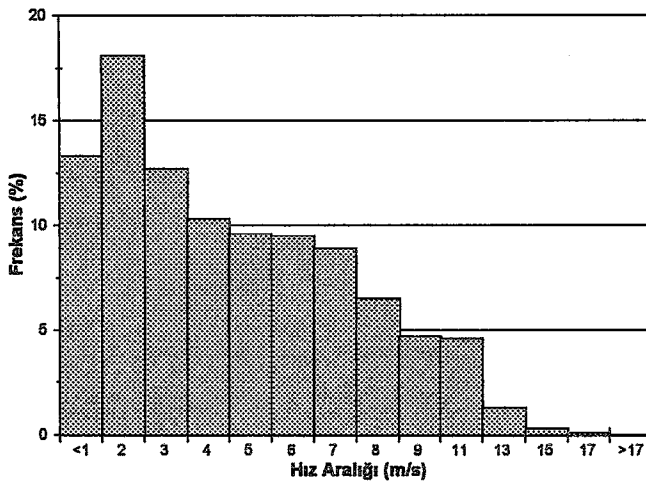
Sektör	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
Frekans (%)	8.4	55.5	3.1	3.1	9.9	7.5	2.7	2.2	0.9	0.7	1.8	4.2



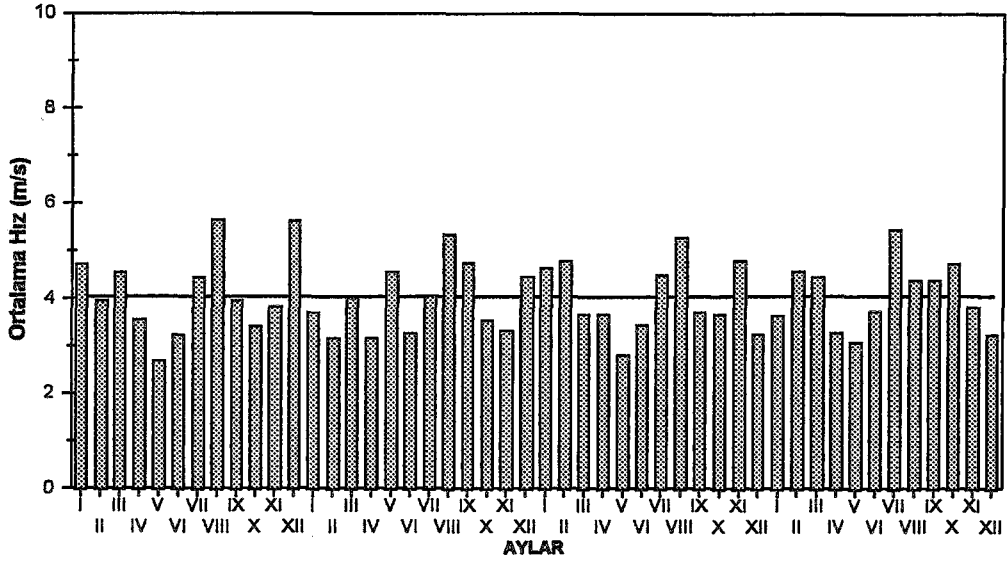
Şekil.1. Rüzgar gülü

Çizelge.2. Rüzgar hızlarının hız aralıklarına göre esme frekansları

Hız Aralığı	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17
Frekans (%)	13.3	18.1	12.7	10.3	9.6	9.5	8.9	6.5	4.7	4.6	1.3	0.3	0.1	0.0



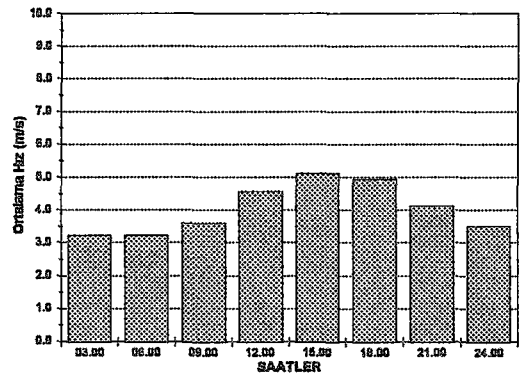
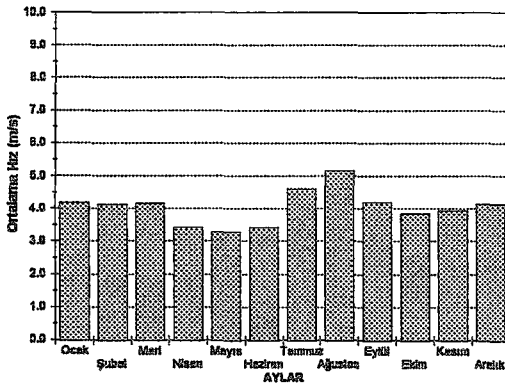
Şekil.2. Rüzgar hız histogramı



Şekil.3. Aylık ortalama rüzgar hızlarının değişimi

Çizelge.3. Aylık ve yıllık ortalama rüzgar hızlarının gün içindeki dağılımı

Saat	Oca.	Şub.	Mar.	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağu.	Eyl.	Eki.	Kas.	Ara.	YIL
3	3.75	3.68	3.40	2.65	2.35	2.05	3.40	3.90	2.98	3.18	3.60	3.80	3.23
6	3.70	3.68	3.48	2.68	2.45	2.20	3.45	3.75	2.85	3.13	3.53	3.75	3.22
9	3.78	3.83	3.60	3.03	2.85	3.13	4.28	4.65	3.43	3.23	3.50	3.90	3.60
12	4.50	4.45	4.65	4.13	3.75	4.15	5.38	5.98	5.03	4.20	4.13	4.48	4.57
15	4.78	4.88	5.35	4.45	4.58	4.98	5.90	6.38	5.78	4.93	4.73	4.75	5.12
18	4.53	4.73	4.93	4.43	4.48	4.88	5.93	6.50	5.58	4.58	4.43	4.43	4.95
21	4.33	4.00	4.20	3.33	3.23	3.45	4.78	5.63	4.48	3.93	4.00	4.10	4.12
24	4.05	3.68	3.70	2.65	2.53	2.50	3.73	4.48	3.45	3.55	3.70	3.88	3.49
GÜN	4.18	4.11	4.16	3.42	3.28	3.42	4.60	5.16	4.19	3.84	3.95	4.13	4.04



Şekil.4. Ortalama rüzgar hızlarının a) yıl ve b) gün içindeki dağılım grafikleri

Çizelge.4.a) Bandırma istasyonu için 10 m noktasal analiz sonuçları

Sektör	Engel	Topoğrafya	A	k	Frekans, %	P, %
0	-27.5 %	-3.1 % -5°	5.2	1.91	17.7	21.1
30	-21.0 %	-9.5 % -3°	5.9	2.21	42.5	62.8
60	-12.0 %	-9.1 % 2°	3.1	1.15	5.7	4.0
90	-7.0 %	-3.8 % 6°	1.8	1.04	4.2	0.8
120	-7.4 %	7.5 % 3°	2.1	1.70	8.2	0.7
150	-7.6 %	7.2 % -3°	2.7	1.34	6.9	2.2
180	-3.6 %	-3.1 % -5°	3.8	1.44	3.2	2.3
210	-1.6 %	-9.5 % -3°	2.8	1.22	2.2	1.0
240	-17.4 %	-9.1 % 2°	2.1	1.25	0.9	0.2
270	-11.5 %	-3.8 % 6°	2.2	1.38	0.8	0.1
300	-8.6 %	7.5 % 3°	2.0	1.55	1.8	0.2
330	-15.3 %	7.2 % -3°	3.4	1.17	5.9	4.8
			4.5	1.57		

Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 4.0
Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 101

Çizelge.4.b) Bandırma istasyonu için 25 m noktasal analiz sonuçları

Sektör	Engel	Topoğrafya	A	k	Frekans, %	P, %
0	-6.2 %	-1.0 % -4°	8.1	1.92	17.1	27.7
30	-10.3 %	-6.3 % -2°	8.1	2.24	43.7	61.1
60	-10.0 %	-6.5 % 1°	4.0	1.20	5.9	2.6
90	-1.8 %	-3.0 % 4°	2.4	1.14	4.1	0.5
120	-0.4 %	5.4 % 3°	2.6	1.83	8.0	0.5
150	-1.2 %	5.8 % -2°	3.6	1.43	6.8	1.5
180	-2.7 %	-1.0 % -4°	4.9	1.55	3.3	1.6
210	-1.5 %	-6.3 % -2°	3.7	1.29	2.3	0.7
240	-17.4 %	-6.5 % 1°	2.9	1.34	1.0	0.1
270	-9.8 %	-3.0 % 4°	2.9	1.50	0.8	0.1
300	-4.9 %	5.4 % 3°	2.6	1.60	1.7	0.1
330	-4.4 %	5.8 % -2°	4.2	1.14	5.3	3.4
			6.3	1.56		

Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 5.6
Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 282

Çizelge.4.c) Bandırma istasyonu için 50 m noktasal analiz sonuçları

Sektör	Engel	Topoğrafya	A	k	Frekans, %	P, %
0	-0.1 %	-0.5 % -3°	9.8	1.94	16.4	25.4
30	-1.7 %	-4.6 % -2°	10.1	2.29	44.7	65.4
60	-2.6 %	-4.8 % 1°	5.0	1.28	6.0	2.6
90	-0.4 %	-2.2 % 3°	2.8	1.28	4.1	0.3
120	0.0 %	3.7 % 2°	3.1	2.04	7.9	0.4
150	-0.1 %	4.4 % -1°	4.2	1.59	6.7	1.1
180	-0.3 %	-0.5 % -3°	6.1	1.73	3.4	1.4
210	-0.4 %	-4.6 % -2°	4.7	1.39	2.4	0.7
240	-9.2 %	-4.8 % 1°	4.1	1.48	1.0	0.2
270	-4.3 %	-2.2 % 3°	3.9	1.67	0.8	0.1
300	-1.8 %	3.7 % 2°	3.1	1.65	1.7	0.1
330	-0.7 %	4.4 % -1°	4.6	1.13	4.9	2.4
			7.7	1.58		

Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 6.9
Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 510

Çizelge.4.d) Bandırma istasyonu için 100 m noktasal analiz sonuçları

Sektör	Engel	Topoğrafya	A	k	Frekans, %	P, %
0	0.0 %	-0.2 % -2°	11.2	1.90	15.9	23.4
30	0.0 %	-3.3 % -1°	11.9	2.27	45.5	68.2
60	0.0 %	-3.6 % 1°	6.0	1.38	6.1	2.3
90	0.0 %	-1.6 % 2°	3.4	1.46	4.1	0.2
120	0.0 %	2.5 % 1°	3.6	2.23	7.8	0.3
150	0.0 %	3.3 % -1°	5.0	1.72	6.6	1.0
180	0.0 %	-0.2 % -2°	7.3	1.88	3.4	1.4
210	0.0 %	-3.3 % -1°	5.7	1.53	2.4	0.7
240	-0.7 %	-3.6 % 1°	5.5	1.61	1.0	0.2
270	-0.4 %	-1.6 % 2°	4.9	1.83	0.8	0.1
300	0.0 %	2.5 % 1°	3.7	1.60	1.7	0.1
330	0.0 %	3.3 % -1°	5.1	1.10	4.7	2.0
			9.0	1.58		

Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 8.1
Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 821

Çizelge.5.a) Bandırma istasyonu için 10 m düzeltilmiş analiz sonuçları

Sektör	Engel	Topoğrafya	A	k	Frekans, %	P, %
0	0.0 %	-3.1 % -5°	7.2	1.91	17.7	26.9
30	0.0 %	-9.5 % -3°	7.4	2.21	42.5	62.1
60	0.0 %	-9.1 % 2°	3.6	1.15	5.7	2.8
90	0.0 %	-3.8 % 6°	1.9	1.04	4.2	0.5
120	0.0 %	7.5 % 3°	2.2	1.70	8.2	0.4
150	0.0 %	7.2 % -3°	3.0	1.34	6.9	1.3
180	0.0 %	-3.1 % -5°	3.9	1.44	3.2	1.2
210	0.0 %	-9.5 % -3°	2.9	1.22	2.2	0.5
240	0.0 %	-9.1 % 2°	2.6	1.25	0.9	0.1
270	0.0 %	-3.8 % 6°	2.4	1.38	0.8	0.1
300	0.0 %	7.5 % 3°	2.2	1.55	1.8	0.1
330	0.0 %	7.2 % -3°	4.0	1.17	5.9	3.9
			5.6	1.51		

Düzeltilmiş Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 5.0
Düzeltilmiş Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 209

Çizelge.5.b) Bandırma istasyonu için 25 m düzeltilmiş analiz sonuçları

Sektör	Engel	Topoğrafya	A	k	Frekans, %	P, %
0	0.0 %	-1.0 % -4°	8.7	1.92	17.1	225.6
30	0.0 %	-6.3 % -2°	9.1	2.24	43.7	64.5
60	0.0 %	-6.5 % 1°	4.4	1.20	5.9	2.7
90	0.0 %	-3.0 % 4°	2.4	1.14	4.1	0.4
120	0.0 %	5.4 % 3°	2.7	1.83	8.0	0.4
150	0.0 %	5.8 % -2°	3.7	1.43	6.8	1.2
180	0.0 %	-1.0 % -4°	5.1	1.55	3.3	1.4
210	0.0 %	-6.3 % -2°	3.8	1.29	2.3	0.6
240	0.0 %	-6.5 % 1°	3.5	1.34	1.0	0.2
270	0.0 %	-3.0 % 4°	3.3	1.50	0.8	0.1
300	0.0 %	5.4 % 3°	2.8	1.60	1.7	0.1
330	0.0 %	5.8 % -2°	4.4	1.14	5.3	2.9
			6.8	1.54		

Düzeltilmiş Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 6.1
Düzeltilmiş Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 372

Çizelge.5.c) Bandırma istasyonu için 50 m düzeltilmiş analiz sonuçları

Sektör	Engel	Topoğrafya	A	k	Frekans, %	P, %
0	0.0 %	-0.5 % -3°	9.8	1.94	16.4	24.5
30	0.0 %	-4.6 % -2°	10.3	2.29	44.7	66.3
60	0.0 %	-4.8 % 1°	5.1	1.28	6.0	2.7
90	0.0 %	-2.2 % 3°	2.9	1.28	4.1	0.3
120	0.0 %	3.7 % 2°	3.1	2.04	7.9	0.3
150	0.0 %	4.4 % -1°	4.2	1.59	6.7	1.1
180	0.0 %	-0.5 % -3°	6.1	1.73	3.4	1.4
210	0.0 %	-4.6 % -2°	4.7	1.39	2.4	0.6
240	0.0 %	-4.8 % 1°	4.5	1.48	1.0	0.2
270	0.0 %	-2.2 % 3°	4.0	1.67	0.8	0.1
300	0.0 %	3.7 % 2°	3.2	1.65	1.7	0.1
330	0.0 %	4.4 % -1°	4.7	1.13	4.9	2.3
			7.8	1.58		

Düzeltilmiş Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 7.0
Düzeltilmiş Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 529

Çizelge.5.d) Bandırma istasyonu için 100 m düzeltilmiş analiz sonuçları

Sektör	Engel	Topoğrafya	A	k	Frekans, %	P, %
0	0.0 %	-0.2 % -2°	11.2	1.90	15.9	23.4
30	0.0 %	-3.3 % -1°	11.9	2.27	45.5	68.2
60	0.0 %	-3.6 % 1°	6.0	1.38	6.1	2.3
90	0.0 %	-1.6 % 2°	3.4	1.46	4.1	0.2
120	0.0 %	2.5 % 1°	3.6	2.23	7.8	0.3
150	0.0 %	3.3 % -1°	5.0	1.72	6.6	1.0
180	0.0 %	-0.2 % -2°	7.3	1.88	3.4	1.4
210	0.0 %	-3.3 % -1°	5.7	1.53	2.4	0.7
240	0.0 %	-3.6 % 1°	5.5	1.61	1.0	0.2
270	0.0 %	-1.6 % 2°	4.9	1.83	0.8	0.1
300	0.0 %	2.5 % 1°	3.7	1.60	1.7	0.1
330	0.0 %	3.3 % -1°	5.1	1.10	4.7	2.0
			9.0	1.58		

Düzeltilmiş Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 8.1
Düzeltilmiş Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 821

Çizelge.6. Bandırma kütüphane dosyası

Pürüzlülük Sınıfı 0

	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Toplam
10	10.3	11.3	2.9	3.0	3.4	4.6	6.9	5.6	5.2	4.2	3.3	3.9	8.4
	1.95	2.20	1.05	1.97	1.82	1.53	1.74	1.38	1.53	1.70	1.49	0.94	1.91
25	11.2	12.3	3.2	3.3	3.8	5.1	7.5	6.2	5.7	4.6	3.6	4.3	9.2
	1.98	2.23	1.08	2.03	1.88	1.58	1.79	1.41	1.58	1.75	1.53	0.96	1.94
50	11.9	13.1	3.5	3.6	4.1	5.5	8.1	6.6	6.2	5.0	3.9	4.7	9.8
	2.01	2.27	1.11	2.09	1.92	1.62	1.83	1.45	1.62	1.80	1.57	0.98	1.99
100	12.7	13.9	3.7	3.9	4.4	5.9	8.7	7.1	6.7	5.4	4.2	5.0	10.5
	2.00	2.26	1.08	2.02	1.87	1.56	1.78	1.41	1.56	1.74	1.52	0.96	1.96
200	13.7	15.0	4.0	4.3	4.8	6.5	9.6	7.7	7.3	6.0	4.6	5.3	11.3
	1.95	2.20	1.02	1.92	1.77	1.48	1.69	1.35	1.49	1.65	1.44	0.94	1.90
Frekans	18.5	44.6	4.0	5.2	7.9	5.7	3.2	2.2	1.0	1.1	2.1	4.6	100.0

Pürüzlülük Sınıfı 1

	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Toplam
10	6.0	8.0	1.9	2.1	2.2	3.0	4.8	3.8	3.7	3.1	2.4	2.2	5.9
	1.38	2.01	0.82	1.57	1.70	1.34	1.51	1.17	1.29	1.42	1.33	1.32	1.74
25	7.0	9.4	2.4	2.5	2.7	3.6	5.7	4.5	4.4	3.7	2.9	2.6	7.0
	1.43	2.07	0.87	1.69	1.83	1.44	1.63	1.24	1.39	1.54	1.43	1.42	1.81
50	8.0	10.5	2.8	2.9	3.1	4.2	6.7	5.3	5.2	4.4	3.4	3.1	7.9
	1.50	2.17	0.94	1.90	2.06	1.62	1.82	1.36	1.55	1.73	1.61	1.59	1.94
100	9.1	11.9	3.4	3.5	3.7	5.1	7.9	6.3	6.2	5.2	4.1	3.7	9.0
	1.60	2.33	1.00	2.03	2.19	1.72	1.94	1.46	1.65	1.83	1.71	1.69	2.07
200	10.5	13.6	4.1	4.3	4.5	6.3	9.8	7.6	7.7	6.4	5.1	4.5	10.5
	1.56	2.27	0.97	1.93	2.10	1.65	1.86	1.40	1.58	1.75	1.63	1.62	2.01
Frekans	7.9	56.0	4.1	4.2	8.3	6.5	3.4	2.6	1.0	0.9	1.6	3.6	100.0

Pürüzlülük Sınıfı 2

	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Toplam
10	5.0	6.9	4.7	1.8	2.0	2.6	3.8	3.4	3.1	2.8	2.1	1.9	5.2
	1.34	2.02	1.35	1.40	1.74	1.35	1.42	1.21	1.23	1.44	1.28	1.32	1.73
25	6.1	8.4	5.8	2.3	2.4	3.2	4.8	4.2	3.9	3.5	2.6	2.3	6.3
	1.38	2.07	1.39	1.50	1.86	1.45	1.52	1.28	1.31	1.55	1.36	1.41	1.79
50	7.1	9.6	6.6	2.7	2.9	3.8	5.6	5.0	4.6	4.1	3.1	2.8	7.3
	1.44	2.16	1.46	1.66	2.06	1.60	1.68	1.39	1.44	1.71	1.50	1.55	1.90
100	8.2	11.0	7.7	3.2	3.4	4.5	6.7	6.0	5.6	4.9	3.7	3.3	8.4
	1.56	2.33	1.58	1.82	2.26	1.75	1.84	1.53	1.58	1.87	1.65	1.71	2.06
200	9.4	12.7	8.9	4.0	4.2	5.6	8.3	7.2	6.9	6.0	4.6	4.1	9.8
	1.53	2.29	1.54	1.74	2.17	1.68	1.76	1.47	1.52	1.79	1.58	1.63	2.01
Frekans	7.6	52.1	8.3	4.2	7.9	6.8	3.7	2.6	1.2	0.9	1.5	3.4	100.0

Pürüzlülük Sınıfı 3

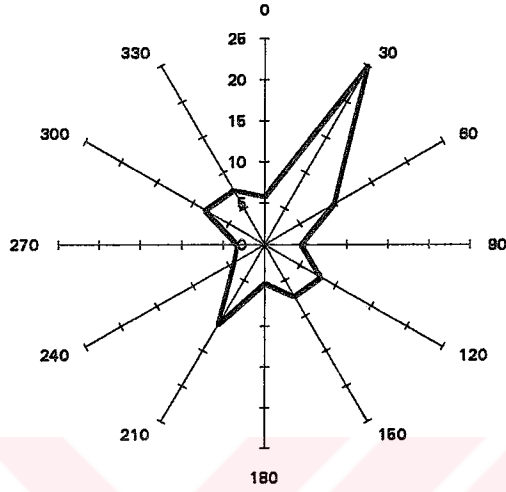
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Toplam
10	3.7	5.4	4.7	1.5	1.6	1.9	2.8	2.8	2.5	2.2	1.7	1.6	4.1
	1.28	2.03	1.78	1.35	1.81	1.35	1.35	1.26	1.23	1.37	1.31	1.38	1.75
25	4.9	7.1	6.1	2.0	2.1	2.6	3.7	3.7	3.3	2.9	2.3	2.1	5.3
	1.31	2.07	1.82	1.43	1.92	1.43	1.43	1.33	1.30	1.46	1.39	1.46	1.81
50	5.8	8.3	7.3	2.5	2.5	3.1	4.5	4.5	4.0	3.5	2.8	2.5	6.3
	1.36	2.15	1.90	1.55	2.08	1.55	1.55	1.43	1.40	1.58	1.51	1.58	1.90
100	6.9	9.8	8.6	3.0	3.0	3.8	5.5	5.4	4.9	4.3	3.4	3.1	7.5
	1.45	2.28	2.03	1.76	2.37	1.77	1.77	1.62	1.59	1.79	1.71	1.80	2.06
200	8.0	11.4	10.0	3.7	3.7	4.6	6.6	6.6	6.0	5.3	4.2	3.8	8.8
	1.47	2.31	2.05	1.70	2.29	1.70	1.70	1.56	1.53	1.73	1.65	1.74	2.06
Frekans	7.1	46.6	14.1	4.2	7.3	7.1	4.2	2.7	1.4	0.9	1.4	3.1	100.0

EK-4

BODRUM RÜZGAR ATLASI İSTATİSTİKLERİ

Çizelge.1. Rüzgar hızlarının yönlere göre esme frekansları

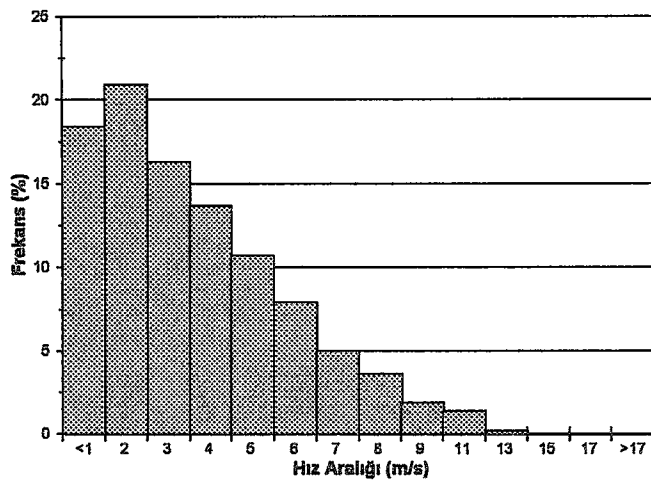
Sektör	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
Frekans (%)	5.8	25.0	9.8	4.5	8.0	7.3	4.7	11.3	4.3	3.3	8.3	7.6



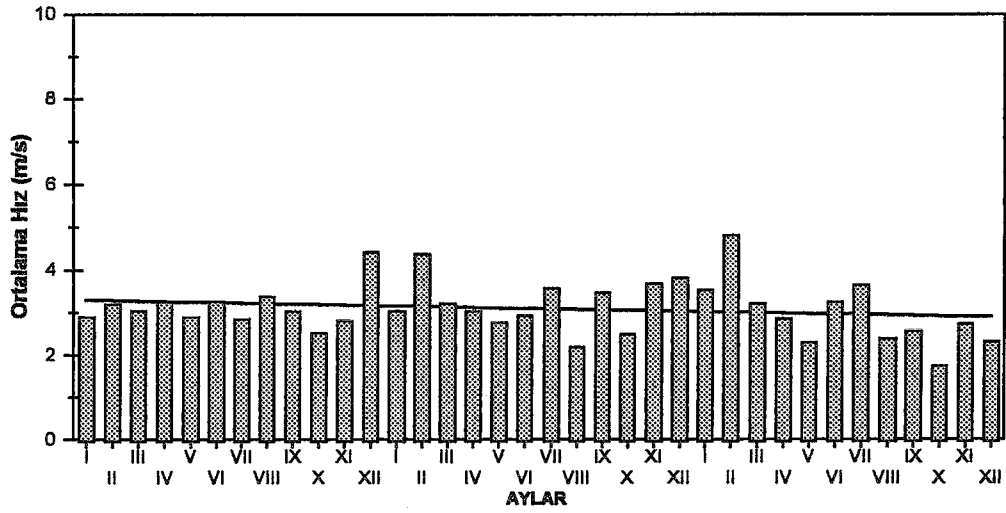
Şekil.1. Rüzgar gülü

Çizelge.2. Rüzgar hızlarının hız aralıklarına göre esme frekansları

Hız Aralığı	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17
Frekans (%)	18.4	20.9	16.3	13.7	10.7	7.9	5.0	3.6	1.9	1.4	0.2	0.0	0.0	0.0



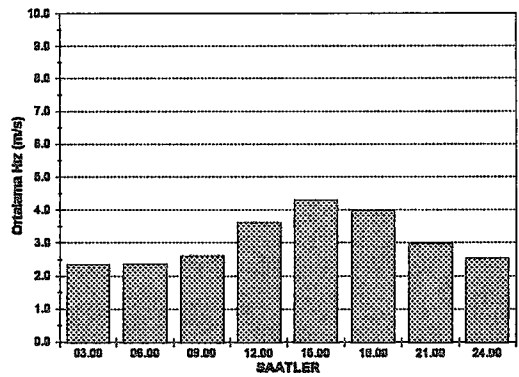
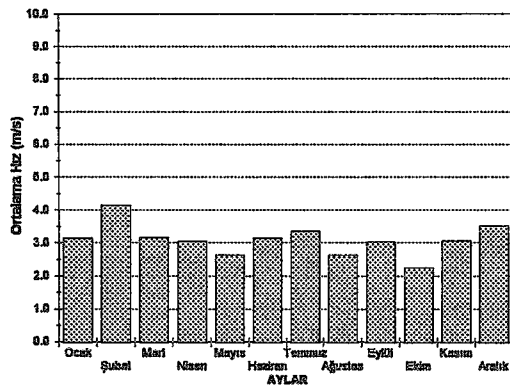
Şekil.2. Rüzgar hız histogramı



Şekil.3. Aylık ortalama rüzgar hızlarının değişimi

Çizelge.3. Aylık ve yıllık ortalama rüzgar hızlarının gün içindeki dağılımı

	Oca.	Şub.	Mar.	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağu.	Eyl.	Eki.	Kas.	Ara.	YIL
3	2.73	3.83	2.63	2.27	1.57	1.93	1.87	1.37	2.03	1.80	2.70	3.30	2.34
6	2.83	3.73	2.60	2.33	1.80	1.90	1.87	1.40	2.23	1.80	2.67	3.20	2.36
9	2.80	3.87	2.60	2.57	2.30	2.60	2.47	1.87	2.47	1.77	2.83	3.30	2.62
12	3.53	4.50	3.73	3.87	3.27	3.60	3.80	3.17	3.57	2.83	3.53	3.93	3.61
15	3.97	4.87	4.23	4.37	4.13	4.50	5.07	4.40	4.53	3.30	4.03	4.13	4.29
18	3.47	4.50	3.90	3.93	3.90	4.63	5.20	4.40	4.30	2.60	3.30	3.60	3.98
21	3.07	3.93	2.80	2.57	2.40	3.43	3.97	2.80	2.80	2.03	2.77	3.30	2.99
24	2.80	3.80	2.77	2.43	1.77	2.50	2.63	1.73	2.20	1.80	2.70	3.33	2.54
GÜN	3.15	4.13	3.16	3.04	2.64	3.14	3.36	2.64	3.02	2.24	3.07	3.51	3.09



Şekil.4. Ortalama rüzgar hızlarının a) yıl ve b) gün içindeki dağılım grafikleri

Çizelge.4.a) Bodrum istasyonu için 10 m noktasal analiz sonuçları

Sektör	Engel	Topoğrafya	A	k	Frekans, %	P, %
0	-28.4 %	9.4 % -4°	4.2	1.55	11.3	15.7
30	-26.0 %	-17.7 % -18°	3.7	1.39	16.4	19.9
60	-25.1 %	-43.9 % -17°	3.3	1.31	13.3	12.6
90	-29.6 %	-59.3 % 0°	2.4	1.18	6.4	3.2
120	-49.7 %	-59.9 % 28°	2.1	1.41	7.0	1.5
150	-13.0 %	-39.6 % 33°	4.1	1.62	7.5	9.0
180	-5.2 %	9.4 % -4°	2.8	0.93	5.9	10.2
210	-0.8 %	-17.7 % -18°	3.1	1.38	6.8	4.6
240	-13.5 %	-43.9 % -17°	3.0	1.44	6.4	3.6
270	-22.2 %	-59.3 % 0°	3.6	1.76	4.9	3.7
300	-17.5 %	-59.9 % 28°	4.3	1.89	6.4	6.9
330	-17.5 %	-39.6 % 33°	4.4	1.98	7.7	9.0
			3.5	1.38		

Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 3.2
Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 62

Çizelge.4.b) Bodrum istasyonu için 25 m noktasal analiz sonuçları

Sektör	Engel	Topoğrafya	A	k	Frekans, %	P, %
0	-6.6 %	2.8 % 1°	7.0	1.53	7.8	7.5
30	-4.6 %	-20.0 % -17°	6.7	1.41	16.3	15.7
60	-5.0 %	-29.7 % -10°	6.6	1.33	14.8	16.0
90	-7.3 %	-45.4 % 0°	5.2	1.18	8.0	5.8
120	-11.1 %	-40.8 % 13°	7.1	1.51	8.7	9.0
150	-3.5 %	-22.8 % 18°	7.4	1.47	6.0	7.2
180	-3.1 %	2.8 % 1°	4.0	0.96	3.8	2.4
210	-0.3 %	-20.0 % -17°	4.3	1.37	6.7	1.8
240	-5.4 %	-29.7 % -10°	5.1	1.41	6.9	3.0
270	-4.3 %	-45.4 % 0°	7.9	1.76	6.2	6.8
300	-4.1 %	-40.8 % 13°	9.3	1.93	8.5	13.7
330	-4.9 %	-22.8 % 18°	9.5	1.93	6.4	11.1
			6.8	1.42		

Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 6.1
Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 423

Çizelge.4.c) Bodrum istasyonu için 50 m noktasal analiz sonuçları

Sektör	Engel	Topoğrafya	A	k	Frekans, %	P, %
0	-0.1 %	1.2 % 1°	9.2	1.55	5.2	4.1
30	0.0 %	-12.3 % -10°	8.8	1.44	16.1	12.5
60	-0.2 %	-22.0 % -7°	9.0	1.34	16.8	16.0
90	-0.4 %	-32.4 % -1°	8.0	1.19	8.9	8.1
120	-0.3 %	-29.4 % 8°	11.2	1.56	9.6	13.2
150	-0.1 %	-15.9 % 11°	9.4	1.37	4.8	5.0
180	-0.2 %	1.2 % 1°	5.0	0.99	2.6	1.0
210	0.0 %	-12.3 % -10°	4.9	1.40	6.5	0.9
240	-0.4 %	-22.0 % -7°	6.4	1.35	7.7	2.6
270	-0.2 %	-32.4 % -1°	12.0	1.77	6.8	9.6
300	-0.3 %	-29.4 % 8°	13.7	1.96	9.6	17.5
330	-0.1 %	-15.9 % 11°	13.4	1.90	5.3	9.4
			9.4	1.39		

Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 8.5
Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 1168

Çizelge.4.d) Bodrum istasyonu için 100 m noktasal analiz sonuçları

Sektör	Engel	Topoğrafya	A	k	Frekans, %	P, %
0	0.0 %	-0.9 % 1°	10.6	1.58	3.8	2.3
30	0.0 %	-8.2 % -6°	10.5	1.48	15.6	10.2
60	0.0 %	-16.0 % -5°	11.0	1.35	18.3	16.5
90	0.0 %	-22.6 % -1°	10.3	1.19	9.6	9.9
120	0.0 %	-20.9 % 5°	14.5	1.60	10.3	15.3
150	0.0 %	-11.8 % 7°	10.6	1.29	3.9	3.5
180	0.0 %	-0.9 % 1°	5.6	0.99	1.9	0.6
210	0.0 %	-8.2 % -6°	5.4	1.37	6.2	0.7
240	0.0 %	-16.0 % -5°	7.4	1.31	8.3	2.5
270	0.0 %	-22.6 % -1°	14.7	1.78	7.4	9.8
300	0.0 %	-20.9 % 5°	17.7	1.98	10.4	21.2
330	0.0 %	-11.8 % 7°	16.3	1.87	4.4	7.5
			11.5	1.38		

Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 10.5
Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 2224

Çizelge.5.a) Bodrum istasyonu için 10 m düzeltilmiş analiz sonuçları

Sektör	Engel	Topoğrafya	A	k	Frekans, %	P, %
0	0.0 %	9.4 % -4°	5.9	1.55	11.3	19.9
30	0.0 %	-17.7 % -18°	5.1	1.39	16.4	22.8
60	0.0 %	-43.9 % -17°	4.4	1.31	13.3	14.0
90	0.0 %	-59.3 % 0°	3.5	1.18	6.4	4.3
120	0.0 %	-59.9 % 28°	4.2	1.41	7.0	5.6
150	0.0 %	-39.6 % 33°	4.7	1.62	7.5	6.4
180	0.0 %	9.4 % -4°	3.0	0.93	5.9	5.6
210	0.0 %	-17.7 % -18°	3.1	1.38	6.8	2.2
240	0.0 %	-43.9 % -17°	3.4	1.44	6.4	2.6
270	0.0 %	-59.3 % 0°	4.7	1.76	4.9	3.6
300	0.0 %	-59.9 % 28°	5.3	1.89	6.4	5.7
330	0.0 %	-39.6 % 33°	5.4	1.98	7.7	7.4
			4.5	1.38		

Düzeltilmiş Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 4.1
Düzeltilmiş Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 133

Çizelge.5.b) Bodrum istasyonu için 25 m düzeltilmiş analiz sonuçları

Sektör	Engel	Topoğrafya	A	k	Frekans, %	P, %
0	0.0 %	2.8 % 1°	7.5	1.53	7.8	7.7
30	0.0 %	-20.0 % -17°	7.0	1.41	16.3	15.3
60	0.0 %	-29.7 % -10°	7.0	1.33	14.8	15.8
90	0.0 %	-45.4 % 0°	5.7	1.18	8.0	6.2
120	0.0 %	-40.8 % 13°	8.0	1.51	8.7	10.8
150	0.0 %	-22.8 % 18°	7.6	1.47	6.0	6.8
180	0.0 %	2.8 % 1°	4.1	0.96	3.8	2.3
210	0.0 %	-20.0 % -17°	4.3	1.37	6.7	1.6
240	0.0 %	-29.7 % -10°	5.4	1.41	6.9	3.0
270	0.0 %	-45.4 % 0°	8.3	1.76	6.2	6.6
300	0.0 %	-40.8 % 13°	9.7	1.93	8.5	13.1
330	0.0 %	-22.8 % 18°	10.0	1.93	6.4	10.9
			7.1	1.41		

Düzeltilmiş Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 6.5
Düzeltilmiş Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 501

Çizelge.5.c) Bodrum istasyonu için 50 m düzeltilmiş analiz sonuçları

Sektör	Engel	Topoğrafya	A	k	Frekans, %	P, %
0	0.0 %	1.2 % 1°	9.2	1.55	5.2	4.0
30	0.0 %	-12.3 % -10°	8.8	1.44	16.1	12.4
60	0.0 %	-22.0 % -7°	9.0	1.34	16.8	16.1
90	0.0 %	-32.4 % -1°	8.0	1.19	8.9	8.2
120	0.0 %	-29.4 % 8°	11.2	1.56	9.6	13.3
150	0.0 %	-15.9 % 11°	9.4	1.37	4.8	5.0
180	0.0 %	1.2 % 1°	5.0	0.99	2.6	1.0
210	0.0 %	-12.3 % -10°	4.9	1.40	6.5	0.9
240	0.0 %	-22.0 % -7°	6.4	1.35	7.7	2.6
270	0.0 %	-32.4 % -1°	12.1	1.77	6.8	9.6
300	0.0 %	-29.4 % 8°	13.7	1.96	9.6	17.5
330	0.0 %	-15.9 % 11°	13.4	1.90	5.3	9.4
			9.4	1.39		

Düzeltilmiş Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 8.6
Düzeltilmiş Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 1175

Çizelge.5.d) Bodrum istasyonu için 100 m düzeltilmiş analiz sonuçları

Sektör	Engel	Topoğrafya	A	k	Frekans, %	P, %
0	0.0 %	-0.9 % 1°	10.6	1.58	3.8	2.3
30	0.0 %	-8.2 % -6°	10.5	1.48	15.6	10.2
60	0.0 %	-16.0 % -5°	11.0	1.35	18.3	16.5
90	0.0 %	-22.6 % -1°	10.3	1.19	9.6	9.9
120	0.0 %	-20.9 % 5°	14.5	1.60	10.3	15.3
150	0.0 %	-11.8 % 7°	10.6	1.29	3.9	3.5
180	0.0 %	-0.9 % 1°	5.6	0.99	1.9	0.6
210	0.0 %	-8.2 % -6°	5.4	1.37	6.2	0.7
240	0.0 %	-16.0 % -5°	7.4	1.31	8.3	2.5
270	0.0 %	-22.6 % -1°	14.7	1.78	7.4	9.8
300	0.0 %	-20.9 % 5°	17.7	1.98	10.4	21.2
330	0.0 %	-11.8 % 7°	16.3	1.87	4.4	7.5
			11.5	1.38		

Düzeltilmiş Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 10.5
Düzeltilmiş Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 2224

Çizelge.6. Bodrum kütüphane dosyası

Pürüzlülük Sınıfı 0

	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Toplam
10	13.9 1.46	12.3 1.61	14.0 1.36	14.0 1.24	18.9 1.54	15.6 1.36	4.8 0.92	4.3 1.38	6.7 1.37	15.5 1.35	24.1 1.96	22.1 1.83	15.0 1.48
25	15.1 1.47	13.4 1.62	15.2 1.36	15.2 1.24	20.5 1.54	17.0 1.36	5.2 0.92	4.7 1.42	7.3 1.40	16.8 1.35	26.2 1.96	23.9 1.84	16.3 1.48
50	16.1 1.47	14.2 1.63	16.2 1.37	16.1 1.24	21.7 1.55	18.0 1.37	5.6 0.94	5.1 1.46	7.8 1.44	17.8 1.36	27.7 1.96	25.4 1.84	17.3 1.49
100	17.0 1.48	15.1 1.64	17.1 1.37	17.0 1.24	23.0 1.55	19.0 1.37	6.0 0.94	5.5 1.42	8.4 1.41	18.9 1.36	29.3 1.97	26.8 1.85	18.3 1.49
200	18.0 1.48	16.0 1.62	18.1 1.37	18.0 1.24	24.2 1.55	20.1 1.37	6.3 0.92	6.0 1.34	9.1 1.36	19.9 1.36	30.9 1.97	28.3 1.85	19.3 1.48
Frekans	1.4	9.4	18.8	13.7	11.7	5.1	1.1	5.0	8.7	8.5	11.2	5.5	100.0

Pürüzlülük Sınıfı 1

	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Toplam
10	8.4 1.53	8.8 1.52	10.5 1.33	10.4 1.16	14.8 1.58	8.0 1.11	2.2 0.84	2.9 1.16	5.0 1.29	14.7 1.72	18.2 1.95	14.8 1.78	11.0 1.46
25	9.7 1.55	10.2 1.53	12.2 1.34	12.1 1.17	17.2 1.59	9.3 1.12	2.7 0.90	3.5 1.25	6.0 1.35	17.0 1.73	21.1 1.96	17.2 1.78	12.8 1.48
50	10.9 1.58	11.3 1.56	13.4 1.35	13.3 1.17	19.0 1.59	10.3 1.12	3.3 0.99	4.1 1.40	6.9 1.44	18.8 1.74	23.3 1.96	19.0 1.79	14.2 1.51
100	12.1 1.64	12.6 1.61	14.8 1.36	14.6 1.18	20.8 1.60	11.4 1.14	4.0 1.05	4.9 1.48	7.9 1.55	20.6 1.75	25.6 1.97	20.8 1.81	15.7 1.54
200	13.4 1.64	13.9 1.62	16.2 1.38	16.0 1.19	22.7 1.62	12.5 1.15	4.9 1.01	6.1 1.42	9.4 1.49	22.5 1.77	27.8 1.99	22.7 1.83	17.3 1.54
Frekans	1.0	12.2	20.7	11.3	11.8	3.1	0.9	6.4	9.5	7.9	11.9	3.5	100.0

Pürüzlülük Sınıfı 2

	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Toplam
10	6.9 1.59	7.7 1.51	9.1 1.33	9.1 1.16	13.1 1.62	5.1 1.15	2.1 1.08	2.7 1.12	4.5 1.29	12.9 1.75	15.9 1.98	11.9 1.79	9.6 1.47
25	8.3 1.61	9.3 1.52	11.0 1.34	10.9 1.16	15.7 1.62	6.2 1.17	2.6 1.15	3.3 1.19	5.5 1.33	15.5 1.76	19.1 1.98	14.3 1.80	11.5 1.49
50	9.5 1.65	10.5 1.55	12.4 1.35	12.3 1.16	17.7 1.63	7.0 1.19	3.1 1.26	4.0 1.31	6.3 1.41	17.4 1.76	21.5 1.98	16.2 1.80	13.0 1.51
100	10.7 1.72	11.8 1.58	13.8 1.36	13.8 1.17	19.7 1.64	8.0 1.23	3.8 1.38	4.8 1.44	7.4 1.54	19.4 1.78	24.0 1.99	18.0 1.82	14.6 1.55
200	12.1 1.73	13.2 1.61	15.3 1.39	15.2 1.18	21.7 1.65	9.0 1.24	4.7 1.32	5.9 1.38	8.7 1.49	21.5 1.80	26.4 2.01	20.0 1.85	16.3 1.56
Frekans	1.4	12.5	21.0	10.9	12.0	2.2	1.3	6.4	9.0	8.3	12.3	2.7	100.0

Pürüzlülük Sınıfı 3

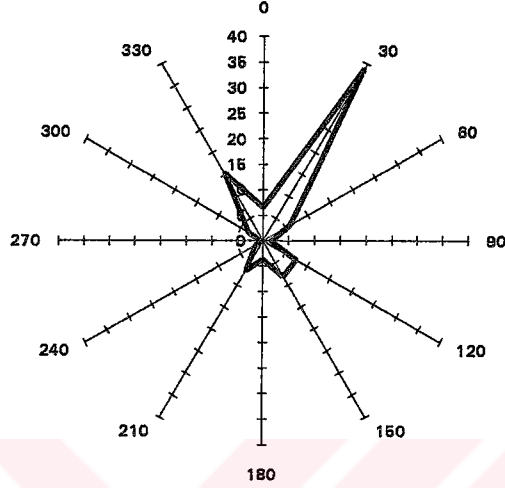
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Toplam
10	5.4 1.49	6.2 1.46	7.2 1.34	7.5 1.21	10.2 1.62	3.9 1.14	1.8 1.12	2.3 1.11	3.9 1.09	10.4 1.78	12.4 1.98	9.2 1.77	7.5 1.45
25	7.0 1.51	8.0 1.47	9.3 1.35	9.7 1.21	13.1 1.62	5.0 1.15	2.4 1.19	3.1 1.17	5.1 1.10	13.4 1.79	16.0 1.98	11.8 1.78	9.7 1.46
50	8.3 1.54	9.4 1.49	10.9 1.35	11.3 1.22	15.3 1.63	6.0 1.17	2.9 1.28	3.8 1.27	6.0 1.12	15.6 1.79	18.6 1.99	13.8 1.78	11.3 1.48
100	9.6 1.58	10.8 1.51	12.5 1.37	13.0 1.23	17.5 1.64	6.9 1.21	3.6 1.46	4.7 1.44	6.9 1.15	17.9 1.80	21.4 2.00	15.9 1.80	13.0 1.51
200	11.0 1.62	12.3 1.55	14.1 1.39	14.7 1.23	19.8 1.65	8.0 1.24	4.3 1.40	5.7 1.39	8.0 1.17	20.2 1.82	24.1 2.01	18.0 1.83	14.8 1.52
Frekans	2.9	13.4	19.7	11.1	10.9	2.0	2.2	6.7	8.7	8.7	11.3	2.5	100.0

EK-5

BOZCAADA RÜZGAR ATLASI İSTATİSTİKLERİ

Çizelge.1. Rüzgar hızlarının yönler göre esme frekansları

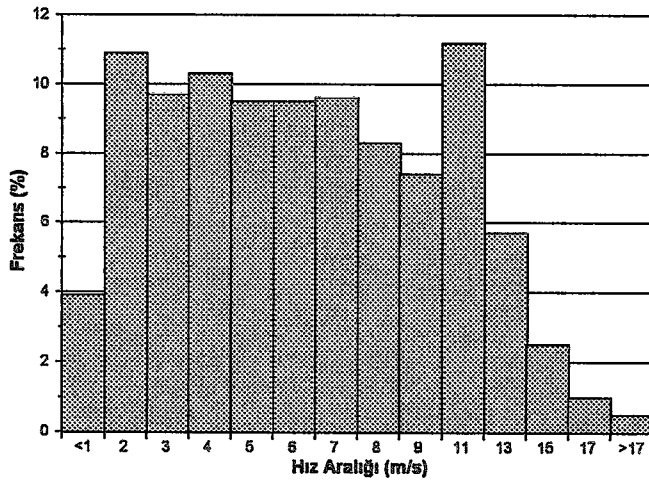
Sektör	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
Frekans (%)	6.6	38.9	6.1	1.6	7.5	8.1	3.6	6.7	1.8	0.4	3.4	15.4



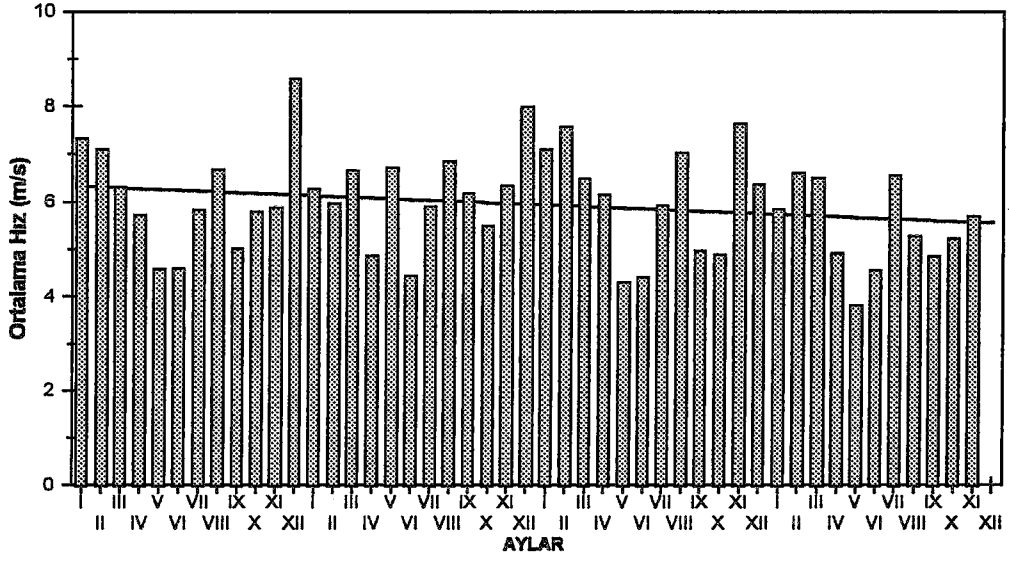
Şekil.1. Rüzgar gülü

Çizelge.2. Rüzgar hızlarının hız aralıklarına göre esme frekansları

Hız Aralığı	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17
Frekans (%)	3.9	10.9	9.7	10.3	9.5	9.5	9.6	8.3	7.4	11.2	5.7	2.5	1.0	0.5



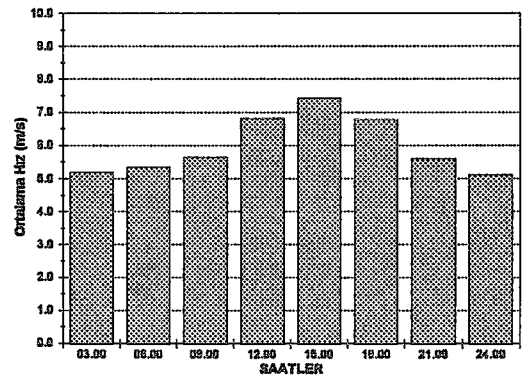
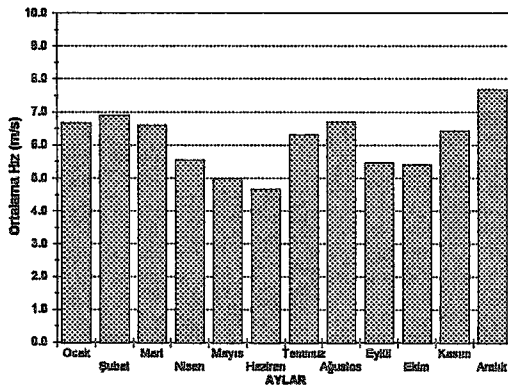
Şekil.2. Rüzgar hız histogramı



Şekil.3. Aylık ortalama rüzgar hızlarının değişimi

Çizelge.3. Aylık ve yıllık ortalama rüzgar hızlarının gün içindeki dağılımı

	Oca.	Şub.	Mar.	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağu.	Eyl.	Eki.	Kas.	Ara.	YIL
3	6.33	6.68	5.70	4.43	3.95	3.23	4.83	5.05	3.88	4.70	6.23	7.40	5.20
6	6.30	6.65	5.63	4.85	3.93	3.45	5.05	5.60	4.25	4.78	6.25	7.40	5.34
9	6.50	6.68	5.98	5.23	4.30	3.88	5.60	6.30	4.58	4.90	6.30	7.43	5.64
12	6.93	7.00	7.10	6.33	5.90	5.78	7.45	8.20	6.65	5.95	6.75	7.83	6.82
15	7.25	7.53	7.98	6.78	6.55	6.40	8.33	8.78	7.78	6.75	6.93	8.13	7.43
18	6.85	7.20	7.55	6.15	5.83	5.73	7.40	7.65	6.63	5.85	6.45	7.93	6.77
21	6.55	6.50	6.28	5.08	4.45	4.20	5.48	5.38	4.48	5.03	6.13	7.67	5.60
24	6.40	6.28	5.73	4.48	3.93	3.28	4.33	4.73	3.83	4.85	6.13	7.40	5.11
GÜN	6.67	6.89	6.60	5.55	4.99	4.66	6.30	6.71	5.46	5.42	6.43	7.69	6.11



Şekil.4. Ortalama rüzgar hızlarının a) yıl ve b) gün içindeki dağılım grafikleri

Çizelge.4.a) Bozcaada istasyonu için 10 m noktasal analiz sonuçları

Sektör	Engel	Topoğrafya		A	k	Frekans, %	P, %
0	-35.3 %	5.0 %	1°	7.9	2.63	8.7	9.9
30	-15.8 %	8.7 %	1°	8.5	2.19	35.9	57.8
60	-14.9 %	9.8 %	0°	4.5	1.43	6.5	2.8
90	-7.6 %	10.4 %	-1°	2.9	1.45	2.1	0.2
120	-2.9 %	4.2 %	-1°	3.0	1.28	7.3	1.2
150	-1.2 %	4.7 %	0°	7.8	2.19	7.9	9.7
180	0.0 %	5.0 %	1°	7.9	2.28	4.3	5.2
210	-25.0 %	8.7 %	1°	5.2	1.89	6.2	2.6
240	-40.7 %	9.8 %	0°	3.6	1.72	2.2	0.4
270	-25.2 %	10.4 %	-1°	4.2	1.48	0.7	0.2
300	-38.6 %	4.2 %	-1°	5.0	2.42	3.8	1.2
330	-30.9 %	4.7 %	0°	6.2	2.24	14.5	8.8
				6.8	1.81		

Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 6.0
Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 286

Çizelge.4.b) Bozcaada istasyonu için 25 m noktasal analiz sonuçları

Sektör	Engel	Topoğrafya		A	k	Frekans, %	P, %
0	-9.3 %	3.8 %	1°	13.1	2.65	8.8	18.9
30	-2.9 %	6.2 %	1°	10.5	2.24	36.1	44.6
60	-2.6 %	6.9 %	0°	5.5	1.48	6.3	1.9
90	-0.6 %	6.5 %	-1°	3.3	1.50	2.0	0.1
120	0.0 %	3.5 %	-1°	3.4	1.33	7.3	0.6
150	0.0 %	3.0 %	0°	8.5	2.26	7.9	5.2
180	0.0 %	3.8 %	1°	9.1	2.31	4.3	3.4
210	0.0 %	6.2 %	1°	8.0	1.94	6.2	3.9
240	-2.6 %	6.9 %	0°	6.9	1.78	2.1	0.9
270	-2.8 %	6.5 %	-1°	6.8	1.53	0.7	0.4
300	-1.4 %	3.5 %	-1°	10.7	2.46	3.7	4.6
330	-5.5 %	3.0 %	0°	10.0	2.27	14.5	15.5
				9.2	1.88		

Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 8.2
Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 681

Çizelge.4.c) Bozcaada istasyonu için 50 m noktasal analiz sonuçları

Sektör	Engel	Topoğrafya	A	k	Frekans, %	P, %
0	-1.6 %	3.0 % 1°	15.1	2.70	8.8	20.7
30	0.0 %	4.6 % 1°	11.4	2.30	36.3	40.7
60	0.0 %	5.1 % 0°	5.8	1.53	6.1	1.5
90	0.0 %	4.2 % -1°	3.6	1.54	2.0	0.1
120	0.0 %	2.6 % 0°	3.6	1.37	7.3	0.5
150	0.0 %	2.3 % 0°	9.0	2.32	8.0	4.5
180	0.0 %	3.0 % 1°	9.9	2.37	4.3	3.1
210	0.0 %	4.6 % 1°	8.9	1.99	6.2	3.8
240	-0.2 %	5.1 % 0°	7.8	1.83	2.1	0.9
270	-0.2 %	4.2 % -1°	7.8	1.62	0.7	0.4
300	0.0 %	2.6 % 0°	12.4	2.51	3.7	5.1
330	-0.2 %	2.3 % 0°	11.9	2.33	14.6	18.6
			10.2	1.88		

Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 9.1
Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 936

Çizelge.4.d) Bozcaada istasyonu için 100 m noktasal analiz sonuçları

Sektör	Engel	Topoğrafya	A	k	Frekans, %	P, %
0	0.0 %	2.0 % 1°	16.2	2.69	8.9	20.5
30	0.0 %	3.2 % 0°	12.1	2.25	36.4	39.4
60	0.0 %	3.1 % 0°	6.0	1.52	5.9	1.3
90	0.0 %	2.1 % -1°	3.8	1.49	2.0	0.1
120	0.0 %	1.4 % 0°	3.8	1.34	7.3	0.5
150	0.0 %	1.4 % 0°	9.7	2.25	8.0	4.5
180	0.0 %	2.0 % 1°	11.5	2.33	4.4	4.0
210	0.0 %	3.2 % 0°	10.0	1.95	6.2	4.4
240	0.0 %	3.1 % 0°	8.7	1.77	2.0	1.1
270	0.0 %	2.1 % -1°	8.6	1.72	0.7	0.4
300	0.0 %	1.4 % 0°	13.9	2.49	3.6	5.6
330	0.0 %	1.4 % 0°	12.7	2.29	14.6	18.2
			11.0	1.87		

Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 9.8
Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 1180

Çizelge.5.a) Bozcaada istasyonu için 10 m düzeltilmiş analiz sonuçları

Sektör	Engel	Topoğrafya	A	k	Frekans, %	P, %
0	0.0 %	5.0 % 1°	12.3	2.63	8.7	18.8
30	0.0 %	8.7 % 1°	10.1	2.19	35.9	49.6
60	0.0 %	9.8 % 0°	5.3	1.43	6.5	2.4
90	0.0 %	10.4 % -1°	3.1	1.45	2.1	0.1
120	0.0 %	4.2 % -1°	3.1	1.28	7.3	0.7
150	0.0 %	4.7 % 0°	7.9	2.19	7.9	5.2
180	0.0 %	5.0 % 1°	7.9	2.28	4.3	2.7
210	0.0 %	8.7 % 1°	6.9	1.89	6.2	3.1
240	0.0 %	9.8 % 0°	6.1	1.72	2.2	0.9
270	0.0 %	10.4 % -1°	5.6	1.48	0.7	0.3
300	0.0 %	4.2 % -1°	8.2	2.42	3.8	2.6
330	0.0 %	4.7 % 0°	9.0	2.24	14.5	13.7
			8.5	1.82		

Düzeltilmiş Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 7.6
Düzeltilmiş Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 558

Çizelge.5.b) Bozcaada istasyonu için 25 m düzeltilmiş analiz sonuçları

Sektör	Engel	Topoğrafya	A	k	Frekans, %	P, %
0	0.0 %	3.8 % 1°	14.5	2.65	8.8	22.3
30	0.0 %	6.2 % 1°	10.8	2.24	36.1	42.7
60	0.0 %	6.9 % 0°	5.6	1.48	6.3	1.8
90	0.0 %	6.5 % -1°	3.4	1.50	2.0	0.1
120	0.0 %	3.5 % -1°	3.4	1.33	7.3	0.6
150	0.0 %	3.0 % 0°	8.5	2.26	7.9	4.5
180	0.0 %	3.8 % 1°	9.1	2.31	4.3	3.0
210	0.0 %	6.2 % 1°	8.0	1.94	6.2	3.4
240	0.0 %	6.9 % 0°	7.1	1.78	2.1	0.9
270	0.0 %	6.5 % -1°	7.0	1.53	0.7	0.4
300	0.0 %	3.5 % -1°	10.8	2.46	3.7	4.2
330	0.0 %	3.0 % 0°	10.6	2.27	14.5	16.1
			9.5	1.84		

Düzeltilmiş Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 8.5
Düzeltilmiş Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 776

Çizelge.5.c) Bozcaada istasyonu için 50 m düzeltilmiş analiz sonuçları

Sektör	Engel	Topoğrafya	A	k	Frekans, %	P, %
0	0.0 %	3.0 % 1°	15.3	2.70	8.8	21.5
30	0.0 %	4.6 % 1°	11.4	2.30	36.3	40.3
60	0.0 %	5.1 % 0°	5.8	1.53	6.1	1.5
90	0.0 %	4.2 % -1°	3.6	1.54	2.0	0.1
120	0.0 %	2.6 % 0°	3.6	1.37	7.3	0.5
150	0.0 %	2.3 % 0°	9.0	2.32	8.0	4.4
180	0.0 %	3.0 % 1°	9.9	2.37	4.3	3.1
210	0.0 %	4.6 % 1°	8.9	1.99	6.2	3.7
240	0.0 %	5.1 % 0°	7.8	1.83	2.1	0.9
270	0.0 %	4.2 % -1°	7.8	1.62	0.7	0.4
300	0.0 %	2.6 % 0°	12.4	2.51	3.7	5.0
330	0.0 %	2.3 % 0°	11.9	2.33	14.6	18.5
			10.3	1.88		

Düzeltilmiş Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 9.1
Düzeltilmiş Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 946

Çizelge.5.d) Bozcaada istasyonu için 100 m düzeltilmiş analiz sonuçları

Sektör	Engel	Topoğrafya	A	k	Frekans, %	P, %
0	0.0 %	2.0 % 1°	16.2	2.69	8.9	20.5
30	0.0 %	3.2 % 0°	12.1	2.25	36.4	39.4
60	0.0 %	3.1 % 0°	6.0	1.52	5.9	1.3
90	0.0 %	2.1 % -1°	3.8	1.49	2.0	0.1
120	0.0 %	1.4 % 0°	3.8	1.34	7.3	0.5
150	0.0 %	1.4 % 0°	9.7	2.25	8.0	4.5
180	0.0 %	2.0 % 1°	11.5	2.33	4.4	4.0
210	0.0 %	3.2 % 0°	10.0	1.95	6.2	4.4
240	0.0 %	3.1 % 0°	8.7	1.77	2.0	1.1
270	0.0 %	2.1 % -1°	8.6	1.72	0.7	0.4
300	0.0 %	1.4 % 0°	13.9	2.49	3.6	5.6
330	0.0 %	1.4 % 0°	12.7	2.29	14.6	18.2
			11.0	1.87		

Düzeltilmiş Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 9.8
Düzeltilmiş Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 1180

Çizelge.6. Bandırma kütüphane dosyası

Pürüzlülük Sınıfı 0

	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Toplam
10	13.0 2.65	9.3 2.19	4.5 1.48	2.9 1.48	2.9 1.30	7.5 2.19	10.9 2.37	8.4 1.87	7.2 1.71	8.7 1.64	11.5 2.41	10.2 2.23	8.8 2.10
25	14.2 2.67	10.2 2.24	5.0 1.53	3.2 1.52	3.2 1.35	8.2 2.26	11.8 2.40	9.1 1.91	7.8 1.77	9.5 1.66	12.5 2.44	11.1 2.27	9.6 2.15
50	15.1 2.72	10.9 2.30	5.3 1.57	3.4 1.56	3.5 1.38	8.8 2.32	12.6 2.46	9.8 1.96	8.4 1.81	10.2 1.70	13.3 2.49	11.9 2.33	10.3 2.20
100	16.1 2.71	11.7 2.25	5.8 1.52	3.7 1.51	3.8 1.34	9.6 2.25	13.5 2.43	10.5 1.92	9.1 1.76	10.8 1.68	14.2 2.47	12.7 2.29	11.0 2.16
200	17.2 2.65	12.7 2.17	6.3 1.44	4.0 1.43	4.1 1.27	10.6 2.13	14.6 2.36	11.5 1.84	10.0 1.67	11.6 1.64	15.3 2.41	13.8 2.22	12.0 2.08
Frekans	8.8	36.5	5.7	1.9	7.4	8.1	4.0	6.3	1.7	0.6	3.9	15.1	100.0

Pürüzlülük Sınıfı 1

	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Toplam
10	9.0 2.37	6.7 1.92	4.9 1.41	2.4 1.16	2.0 1.19	4.5 1.53	6.8 1.88	6.0 1.67	5.1 1.47	5.1 1.42	8.3 2.24	7.2 1.99	6.1 1.79
25	10.5 2.43	7.9 2.03	5.9 1.51	2.9 1.25	2.4 1.28	5.4 1.65	8.1 1.97	7.2 1.76	6.1 1.56	6.1 1.50	9.8 2.32	8.5 2.08	7.3 1.89
50	11.8 2.53	9.0 2.19	6.8 1.67	3.5 1.40	2.8 1.44	6.3 1.86	9.2 2.10	8.2 1.91	7.1 1.73	7.0 1.62	11.0 2.43	9.6 2.22	8.3 2.04
100	13.2 2.71	10.4 2.35	8.1 1.79	4.1 1.49	3.4 1.53	7.5 1.98	10.5 2.26	9.5 2.05	8.4 1.85	8.1 1.73	12.4 2.61	10.9 2.38	9.5 2.19
200	15.1 2.64	12.3 2.27	9.9 1.71	5.1 1.42	4.2 1.46	9.3 1.89	12.4 2.19	11.3 1.97	10.2 1.78	9.6 1.67	14.3 2.54	12.8 2.30	11.4 2.11
Frekans	9.2	31.9	11.7	2.5	6.2	8.2	4.8	6.1	2.6	0.6	2.9	13.4	100.0

Pürüzlülük Sınıfı 2

	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Toplam
10	7.6 2.26	5.9 1.94	4.6 1.51	2.2 1.18	1.8 1.24	3.6 1.41	5.7 1.82	5.4 1.71	4.5 1.48	4.5 1.49	7.2 2.24	6.3 2.01	5.3 1.79
25	9.2 2.32	7.2 2.03	5.6 1.60	2.8 1.26	2.2 1.32	4.5 1.50	6.9 1.90	6.6 1.79	5.6 1.57	5.5 1.57	8.8 2.31	7.6 2.08	6.5 1.87
50	10.4 2.41	8.3 2.17	6.6 1.74	3.3 1.39	2.6 1.45	5.3 1.66	8.0 2.03	7.6 1.92	6.5 1.71	6.4 1.69	10.0 2.40	8.8 2.20	7.5 2.00
100	11.9 2.58	9.6 2.38	7.9 1.92	4.0 1.52	3.2 1.59	6.4 1.82	9.3 2.23	8.9 2.10	7.8 1.88	7.6 1.85	11.4 2.60	10.1 2.41	8.8 2.18
200	13.7 2.55	11.4 2.30	9.5 1.84	4.9 1.45	3.9 1.53	7.9 1.74	11.1 2.15	10.6 2.03	9.4 1.81	9.1 1.79	13.2 2.55	11.9 2.33	10.4 2.11
Frekans	9.8	29.4	14.3	2.9	5.6	8.2	5.2	5.8	3.0	0.8	2.7	12.4	100.0

Pürüzlülük Sınıfı 3

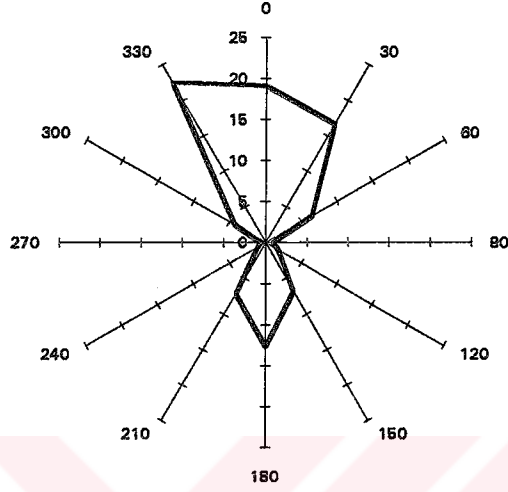
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Toplam
10	5.7 2.17	4.7 1.98	3.8 1.62	1.8 1.19	1.4 1.28	2.5 1.26	4.2 1.74	4.3 1.76	3.6 1.51	3.5 1.56	5.6 2.23	5.0 2.04	4.2 1.78
25	7.4 2.23	6.2 2.05	5.0 1.69	2.4 1.26	1.9 1.36	3.4 1.33	5.5 1.81	5.7 1.83	4.7 1.59	4.6 1.64	7.3 2.28	6.5 2.11	5.4 1.85
50	8.7 2.30	7.3 2.15	6.0 1.81	3.0 1.36	2.3 1.47	4.1 1.44	6.5 1.92	6.8 1.94	5.7 1.71	5.6 1.76	8.6 2.37	7.7 2.21	6.5 1.96
100	10.1 2.44	8.7 2.36	7.2 2.04	3.6 1.55	2.9 1.67	5.0 1.64	7.8 2.13	8.0 2.13	6.9 1.92	6.7 1.98	10.1 2.52	9.0 2.39	7.7 2.15
200	11.8 2.48	10.3 2.35	8.7 1.99	4.4 1.49	3.5 1.61	6.1 1.58	9.3 2.10	9.5 2.11	8.3 1.87	8.1 1.92	11.8 2.55	10.7 2.40	9.2 2.13
Frekans	10.7	26.0	17.8	3.4	4.8	8.3	5.7	5.5	3.5	0.9	2.4	11.1	100.0

EK-6

ÇEŞME RÜZGAR ATLASI İSTATİSTİKLERİ

Çizelge.1. Rüzgar hızlarının yönlere göre esme frekansları

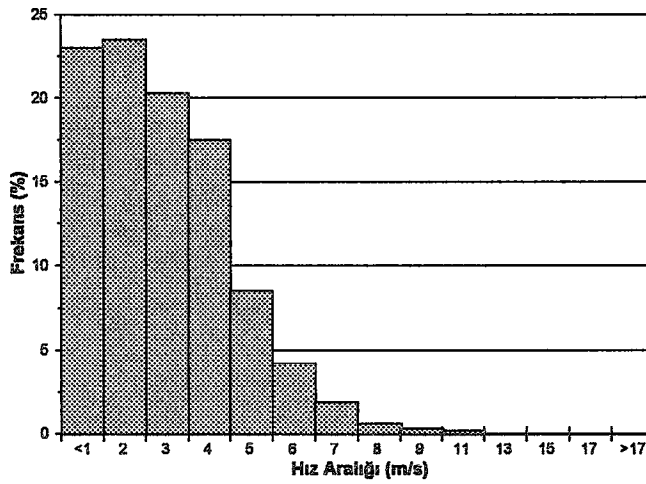
Sektör	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
Frekans (%)	19.1	16.7	6.4	0.9	1.9	6.8	12.6	7.1	1.0	0.6	4.3	22.5



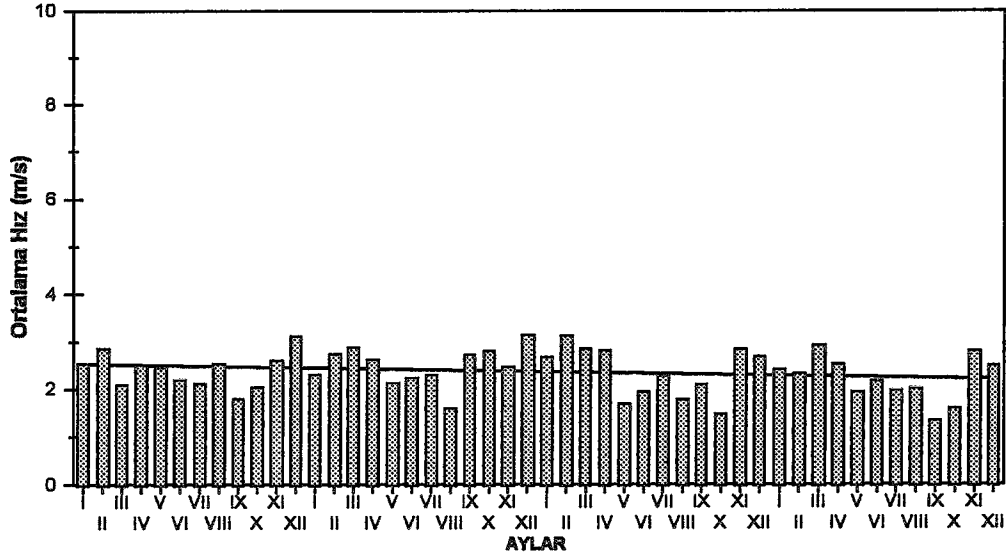
Şekil.1. Rüzgar gülü

Çizelge.2. Rüzgar hızlarının hız aralıklarına göre esme frekansları

Hız Aralığı	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17
Frekans (%)	23.0	23.5	20.3	17.5	8.5	4.2	1.9	0.6	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0



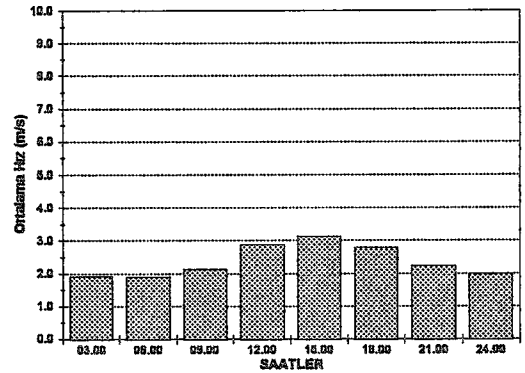
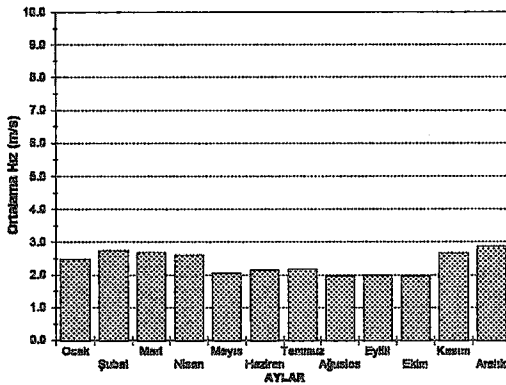
Şekil.2. Rüzgar hız histogramı



Şekil.3. Aylık ortalama rüzgar hızlarının değişimi

Çizelge.3. Aylık ve yıllık ortalama rüzgar hızlarının gün içindeki dağılımı

	Oca.	Şub.	Mar.	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağu.	Eyl.	Eki.	Kas.	Ara.	YIL
3	2.23	2.45	2.18	1.93	1.48	1.43	1.65	1.55	1.43	1.45	2.45	2.68	1.91
6	2.33	2.60	2.15	1.83	1.30	1.45	1.60	1.48	1.45	1.48	2.45	2.68	1.90
9	2.40	2.70	2.35	2.18	1.68	2.03	1.93	1.80	1.60	1.65	2.55	2.73	2.13
12	2.75	3.15	3.25	3.35	2.68	2.78	2.63	2.60	2.50	2.50	3.13	3.13	2.87
15	2.93	3.28	3.60	3.80	3.05	3.05	2.90	2.63	2.83	2.83	3.25	3.30	3.12
18	2.65	2.98	3.25	3.38	2.70	2.75	2.78	2.38	2.55	2.45	2.73	2.95	2.79
21	2.35	2.53	2.50	2.43	1.98	2.03	2.15	1.83	1.98	1.85	2.45	2.75	2.23
24	2.25	2.45	2.25	2.08	1.60	1.63	1.75	1.60	1.60	1.63	2.45	2.68	2.00
GÜN	2.48	2.77	2.69	2.62	2.06	2.14	2.17	1.98	1.99	1.98	2.68	2.86	2.37



Şekil.4. Ortalama rüzgar hızlarının a) yıl ve b) gün içindeki dağılım grafikleri

Çizelge.4.a) Çeşme istasyonu için 10 m noktasal analiz sonuçları

Sektör	Engel	Topoğrafya	A	k	Frekans, %	P, %
0	-73.6 %	-4.3 % -1°	1.5	1.82	20.7	4.6
30	-71.7 %	-7.5 % 0°	1.9	1.96	17.1	7.9
60	-33.9 %	-7.1 % 2°	2.6	1.81	6.4	7.8
90	-15.5 %	-3.9 % 2°	1.9	1.34	1.3	1.1
120	-18.9 %	-2.0 % 0°	1.4	1.11	2.6	1.5
150	-0.4 %	-2.7 % -1°	3.0	1.46	7.3	18.4
180	-11.7 %	-4.3 % -1°	3.8	1.77	11.9	44.5
210	-37.5 %	-7.5 % 0°	2.7	1.66	6.6	10.0
240	-31.2 %	-7.1 % 2°	2.1	1.51	1.2	1.0
270	-45.2 %	-3.9 % 2°	1.1	1.07	0.9	0.2
300	-64.2 %	-2.0 % 0°	1.3	1.39	4.9	1.1
330	-82.7 %	-2.7 % -1°	1.2	2.08	19.0	1.7
			2.0	1.26		

Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 1.8
Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 13

Çizelge.4.b) Çeşme istasyonu için 25 m noktasal analiz sonuçları

Sektör	Engel	Topoğrafya	A	k	Frekans, %	P, %
0	-1.7 %	-4.4 % -1°	8.6	1.85	20.6	34.3
30	-2.0 %	-5.9 % 0°	8.1	2.05	17.1	21.5
60	-1.9 %	-5.2 % 2°	5.2	2.01	6.5	2.1
90	-0.6 %	-2.2 % 1°	2.8	1.37	1.3	0.1
120	-3.2 %	-1.3 % -1°	2.1	1.19	2.6	0.2
150	-0.1 %	-2.7 % -1°	3.6	1.58	7.3	1.2
180	-1.0 %	-4.4 % -1°	5.0	1.82	11.9	4.0
210	-0.5 %	-5.9 % 0°	5.3	1.79	6.6	2.7
240	-0.1 %	-5.2 % 2°	3.8	1.61	1.2	0.2
270	-2.2 %	-2.2 % 1°	2.4	1.14	0.9	0.1
300	-4.5 %	-1.3 % -1°	4.9	1.48	5.1	2.2
330	-3.8 %	-2.7 % -1°	9.0	2.12	19.0	31.4
			6.8	1.60		

Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 6.1
Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 338

Çizelge.4.c) Çeşme istasyonu için 50 m noktasal analiz sonuçları

Sektör	Engel	Topoğrafya	A	k	Frekans, %	P, %
0	0.0 %	-4.1 % -1°	9.5	1.90	20.5	31.5
30	0.0 %	-5.0 % 0°	9.5	2.20	17.2	22.5
60	0.0 %	-4.0 % 1°	6.1	2.26	6.4	2.2
90	0.0 %	-1.5 % 1°	3.2	1.46	1.2	0.1
120	0.0 %	-1.0 % -1°	2.6	1.33	2.6	0.2
150	0.0 %	-2.6 % -1°	4.3	1.78	7.3	1.1
180	0.0 %	-4.1 % -1°	5.8	1.87	11.8	4.3
210	0.0 %	-5.0 % 0°	6.3	1.99	6.6	2.8
240	0.0 %	-4.0 % 1°	4.4	1.78	1.2	0.2
270	-0.1 %	-1.5 % 1°	3.0	1.26	0.9	0.1
300	0.0 %	-1.0 % -1°	6.0	1.63	5.1	2.4
330	0.0 %	-2.6 % -1°	10.3	2.17	19.0	32.6
			7.8	1.68		

Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 7.0
Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 480

Çizelge.4.d) Çeşme istasyonu için 100 m noktasal analiz sonuçları

Sektör	Engel	Topoğrafya	A	k	Frekans, %	P, %
0	0.0 %	-3.7 % -1°	10.3	1.87	20.6	30.0
30	0.0 %	-4.1 % 0°	10.8	2.33	17.3	24.0
60	0.0 %	-3.1 % 1°	7.2	2.48	6.4	2.5
90	0.0 %	-1.0 % 1°	3.7	1.50	1.2	0.1
120	0.0 %	-0.7 % -1°	3.2	1.40	2.6	0.2
150	0.0 %	-2.3 % -1°	5.1	1.85	7.3	1.4
180	0.0 %	-3.7 % -1°	6.6	1.81	11.9	4.8
210	0.0 %	-4.1 % 0°	7.6	2.15	6.7	3.4
240	0.0 %	-3.1 % 1°	5.3	1.91	1.1	0.2
270	0.0 %	-1.0 % 1°	3.6	1.35	0.9	0.1
300	0.0 %	-0.7 % -1°	7.0	1.76	5.0	2.6
330	0.0 %	-2.3 % -1°	11.2	2.13	19.0	30.8
			8.8	1.74		

Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 7.8
Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 652

Çizelge.5.a) Çeşme istasyonu için 10 m düzeltilmiş analiz sonuçları

Sektör	Engel	Topoğrafya	A	k	Frekans, %	P, %
0	0.0 %	-4.3 % -1°	6.3	1.82	20.7	28.5
30	0.0 %	-7.5 % 0°	6.9	1.96	17.1	28.6
60	0.0 %	-7.1 % 2°	4.0	1.81	6.4	2.2
90	0.0 %	-3.9 % 2°	2.3	1.34	1.3	0.2
120	0.0 %	-2.0 % 0°	1.8	1.11	2.6	0.2
150	0.0 %	-2.7 % -1°	3.0	1.46	7.3	1.5
180	0.0 %	-4.3 % -1°	4.2	1.77	11.9	5.3
210	0.0 %	-7.5 % 0°	4.3	1.66	6.6	3.4
240	0.0 %	-7.1 % 2°	3.0	1.51	1.2	0.2
270	0.0 %	-3.9 % 2°	1.9	1.07	0.9	0.1
300	0.0 %	-2.0 % 0°	3.6	1.39	4.9	2.0
330	0.0 %	-2.7 % -1°	6.7	2.08	19.0	27.6
			5.3	1.60		

Düzeltilmiş Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 4.7
Düzeltilmiş Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 162

Çizelge.5.b) Çeşme istasyonu için 25 m düzeltilmiş analiz sonuçları

Sektör	Engel	Topoğrafya	A	k	Frekans, %	P, %
0	0.0 %	-4.4 % -1°	8.7	1.85	20.6	33.6
30	0.0 %	-5.9 % 0°	8.3	2.05	17.1	21.2
60	0.0 %	-5.2 % 2°	5.3	2.01	6.5	2.1
90	0.0 %	-2.2 % 1°	2.8	1.37	1.3	0.1
120	0.0 %	-1.3 % -1°	2.2	1.19	2.6	0.2
150	0.0 %	-2.7 % -1°	3.6	1.58	7.3	1.1
180	0.0 %	-4.4 % -1°	5.1	1.82	11.9	3.8
210	0.0 %	-5.9 % 0°	5.4	1.79	6.6	2.6
240	0.0 %	-5.2 % 2°	3.8	1.61	1.2	0.2
270	0.0 %	-2.2 % 1°	2.5	1.14	0.9	0.1
300	0.0 %	-1.3 % -1°	5.1	1.48	5.1	2.3
330	0.0 %	-2.7 % -1°	9.3	2.12	19.0	32.8
			6.9	1.59		

Düzeltilmiş Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 6.2
Düzeltilmiş Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 364

Çizelge.5.c) Çeşme istasyonu için 50 m düzeltilmiş analiz sonuçları

Sektör	Engel	Topoğrafya	A	k	Frekans, %	P, %
0	0.0 %	-4.1 % -1°	9.5	1.90	20.5	31.5
30	0.0 %	-5.0 % 0°	9.5	2.20	17.2	22.5
60	0.0 %	-4.0 % 1°	6.1	2.26	6.4	2.2
90	0.0 %	-1.5 % 1°	3.2	1.46	1.2	0.1
120	0.0 %	-1.0 % -1°	2.6	1.33	2.6	0.2
150	0.0 %	-2.6 % -1°	4.3	1.78	7.3	1.1
180	0.0 %	-4.1 % -1°	5.8	1.87	11.8	4.3
210	0.0 %	-5.0 % 0°	6.3	1.99	6.6	2.8
240	0.0 %	-4.0 % 1°	4.4	1.78	1.2	0.2
270	0.0 %	-1.5 % 1°	3.0	1.26	0.9	0.1
300	0.0 %	-1.0 % -1°	6.0	1.63	5.1	2.4
330	0.0 %	-2.6 % -1°	10.3	2.17	19.0	32.6
			7.8	1.68		

Düzeltilmiş Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 7.0
Düzeltilmiş Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 481

Çizelge.5.d) Çeşme istasyonu için 100 m düzeltilmiş analiz sonuçları

Sektör	Engel	Topoğrafya	A	k	Frekans, %	P, %
0	0.0 %	-3.7 % -1°	10.3	1.87	20.6	30.0
30	0.0 %	-4.1 % 0°	10.8	2.33	17.3	24.0
60	0.0 %	-3.1 % 1°	7.2	2.48	6.4	2.5
90	0.0 %	-1.0 % 1°	3.7	1.50	1.2	0.1
120	0.0 %	-0.7 % -1°	3.2	1.40	2.6	0.2
150	0.0 %	-2.3 % -1°	5.1	1.85	7.3	1.4
180	0.0 %	-3.7 % -1°	6.6	1.81	11.9	4.8
210	0.0 %	-4.1 % 0°	7.6	2.15	6.7	3.4
240	0.0 %	-3.1 % 1°	5.3	1.91	1.1	0.2
270	0.0 %	-1.0 % 1°	3.6	1.35	0.9	0.1
300	0.0 %	-0.7 % -1°	7.0	1.76	5.0	2.6
330	0.0 %	-2.3 % -1°	11.2	2.13	19.0	30.8
			8.8	1.74		

Düzeltilmiş Ortalama Rüzgar Hızı (m/s) : 7.8
Düzeltilmiş Ortalama Enerji Yoğunluğu (W/m²) : 652

Çizelge.6. Bandırma kütüphane dosyası

Pürüzlülük Sınıfı 0

	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Toplam
10	8.6	9.8	7.6	5.1	2.1	4.0	5.5	6.8	5.9	3.0	5.3	9.2	7.7
	1.82	2.16	1.90	2.10	1.19	1.71	1.76	1.96	1.76	1.35	1.71	2.08	1.92
25	9.4	10.7	8.3	5.5	2.4	4.4	6.0	7.4	6.4	3.3	5.8	10.0	8.4
	1.86	2.20	1.96	2.16	1.23	1.77	1.81	2.03	1.81	1.39	1.76	2.12	1.97
50	10.0	11.4	8.9	5.9	2.5	4.7	6.5	8.0	6.9	3.6	6.3	10.7	9.0
	1.91	2.26	2.01	2.22	1.26	1.81	1.86	2.08	1.86	1.43	1.81	2.18	2.02
100	10.7	12.2	9.6	6.4	2.7	5.1	7.0	8.7	7.5	3.9	6.8	11.5	9.6
	1.87	2.22	1.96	2.15	1.22	1.76	1.80	2.01	1.80	1.39	1.76	2.14	1.97
200	11.7	13.2	10.6	7.1	3.0	5.6	7.7	9.6	8.2	4.2	7.5	12.5	10.5
	1.80	2.15	1.87	2.03	1.16	1.66	1.71	1.91	1.71	1.31	1.66	2.06	1.89
Frekans	20.3	17.8	8.7	2.0	1.6	5.8	11.6	8.1	2.3	0.7	3.3	17.8	100.0

Pürüzlülük Sınıfı 1

	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Toplam
10	5.9	7.2	4.4	1.8	1.8	3.0	4.0	4.9	3.2	1.9	3.9	6.6	5.4
	1.53	1.98	2.25	1.22	1.10	1.48	1.51	1.65	1.68	1.00	1.45	1.85	1.70
25	6.9	8.5	5.3	2.2	2.2	3.6	4.8	5.9	3.8	2.3	4.8	7.8	6.4
	1.60	2.06	2.44	1.31	1.18	1.60	1.63	1.78	1.81	1.07	1.56	1.94	1.80
50	7.9	9.6	6.1	2.6	2.6	4.3	5.6	6.9	4.4	2.8	5.6	8.9	7.3
	1.71	2.19	2.74	1.47	1.31	1.79	1.83	2.00	2.04	1.19	1.75	2.09	1.97
100	9.1	10.9	7.2	3.2	3.1	5.1	6.6	8.2	5.2	3.3	6.6	10.2	8.5
	1.84	2.35	2.91	1.56	1.40	1.91	1.95	2.13	2.17	1.27	1.87	2.24	2.11
200	10.8	12.7	9.0	3.9	3.8	6.3	8.2	10.2	6.5	4.1	8.2	12.1	10.2
	1.78	2.28	2.78	1.49	1.34	1.82	1.86	2.03	2.07	1.21	1.78	2.17	2.03
Frekans	19.6	16.9	5.9	1.0	2.3	7.2	12.0	6.9	1.0	0.7	4.3	22.2	100.0

Pürüzlülük Sınıfı 2

	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Toplam
10	5.2	6.2	3.8	1.5	1.7	2.8	3.5	4.3	2.7	2.2	4.4	5.7	4.7
	1.55	1.96	2.24	1.15	1.16	1.49	1.51	1.66	1.64	1.11	1.60	1.83	1.69
25	6.4	7.5	4.7	1.9	2.2	3.5	4.4	5.4	3.3	2.7	5.4	7.0	5.8
	1.62	2.03	2.39	1.23	1.23	1.59	1.61	1.78	1.75	1.18	1.71	1.91	1.78
50	7.4	8.6	5.5	2.2	2.6	4.1	5.1	6.3	3.9	3.3	6.4	8.1	6.7
	1.71	2.14	2.65	1.36	1.36	1.76	1.78	1.96	1.93	1.30	1.89	2.04	1.92
100	8.6	10.0	6.6	2.7	3.2	4.9	6.2	7.5	4.7	4.0	7.6	9.4	7.9
	1.88	2.33	2.91	1.49	1.49	1.93	1.96	2.16	2.12	1.42	2.07	2.23	2.11
200	10.1	11.7	8.1	3.3	3.9	6.1	7.6	9.3	5.8	4.8	9.4	11.1	9.4
	1.82	2.27	2.79	1.42	1.43	1.85	1.87	2.06	2.03	1.37	1.98	2.16	2.03
Frekans	19.3	16.0	5.4	1.1	2.9	7.7	11.4	6.3	1.0	1.1	5.9	22.0	100.0

Pürüzlülük Sınıfı 3

	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Toplam
10	4.2	4.8	3.0	1.1	1.6	2.4	2.8	3.4	2.0	2.0	3.9	4.4	3.7
	1.59	1.90	2.17	1.10	1.28	1.55	1.49	1.67	1.53	1.21	1.78	1.80	1.69
25	5.5	6.2	4.0	1.5	2.1	3.1	3.7	4.5	2.7	2.7	5.2	5.8	4.9
	1.64	1.96	2.30	1.16	1.35	1.64	1.57	1.77	1.62	1.28	1.87	1.87	1.76
50	6.5	7.3	4.8	1.8	2.6	3.8	4.5	5.5	3.3	3.3	6.2	6.9	5.8
	1.72	2.05	2.50	1.26	1.47	1.78	1.71	1.92	1.76	1.39	2.00	1.97	1.88
100	7.7	8.6	5.7	2.3	3.2	4.6	5.5	6.6	3.9	4.0	7.4	8.2	7.0
	1.87	2.21	2.85	1.42	1.67	2.03	1.94	2.19	2.00	1.58	2.25	2.16	2.08
200	9.1	10.2	7.0	2.8	3.8	5.7	6.7	8.1	4.8	4.9	9.0	9.7	8.3
	1.87	2.22	2.75	1.37	1.61	1.96	1.87	2.10	1.93	1.52	2.19	2.14	2.05
Frekans	19.0	14.6	4.7	1.2	3.6	8.6	10.6	5.4	0.9	1.6	8.1	21.8	100.0

EK-7

**ORTALAMA RÜZGAR HIZI VE ENERJİ YOĞUNLUĞU
HESAPLAMALARINDA KULLANILAN ÇİZELGELER**

*Çizelge.1. Weibull parametreleri ile ortalama rüzgar hızı hesaplama çizelgesi,
(European Wind Atlas, Troen et al., 1989)*

k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.0	1.000	0.996	0.992	0.988	0.984	0.981	0.977	0.974	0.971	0.968
1.1	0.965	0.962	0.959	0.957	0.954	0.952	0.949	0.947	0.945	0.943
1.2	0.941	0.939	0.937	0.935	0.933	0.931	0.930	0.928	0.927	0.925
1.3	0.924	0.922	0.921	0.919	0.918	0.917	0.916	0.915	0.914	0.912
1.4	0.911	0.910	0.909	0.909	0.908	0.907	0.906	0.905	0.904	0.903
1.5	0.903	0.902	0.901	0.901	0.900	0.899	0.899	0.898	0.898	0.897
1.6	0.897	0.896	0.896	0.895	0.895	0.894	0.894	0.893	0.893	0.893
1.7	0.892	0.892	0.892	0.891	0.891	0.891	0.890	0.890	0.890	0.890
1.8	0.889	0.889	0.889	0.889	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888
1.9	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.886	0.886	0.886
2.0	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886
2.1	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886
2.2	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886
2.3	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886
2.4	0.886	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887
2.5	0.887	0.887	0.887	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888
2.6	0.888	0.888	0.888	0.889	0.889	0.889	0.889	0.889	0.889	0.889
2.7	0.889	0.889	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890
2.8	0.890	0.891	0.891	0.891	0.891	0.891	0.891	0.891	0.891	0.892
2.9	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.893
3.0	0.893	0.893	0.893	0.893	0.894	0.894	0.894	0.894	0.894	0.894
3.1	0.894	0.894	0.895	0.895	0.895	0.895	0.895	0.895	0.895	0.896
3.2	0.896	0.896	0.896	0.896	0.896	0.896	0.896	0.897	0.897	0.897
3.3	0.897	0.897	0.897	0.897	0.898	0.898	0.898	0.898	0.898	0.898
3.4	0.898	0.899	0.899	0.899	0.899	0.899	0.899	0.899	0.899	0.900
3.5	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.901	0.901	0.901	0.901
3.6	0.901	0.901	0.901	0.902	0.902	0.902	0.902	0.902	0.902	0.902
3.7	0.902	0.903	0.903	0.903	0.903	0.903	0.903	0.903	0.904	0.904
3.8	0.904	0.904	0.904	0.904	0.904	0.904	0.905	0.905	0.905	0.905
3.9	0.905	0.905	0.905	0.905	0.906	0.906	0.906	0.906	0.906	0.906

Weibull parametreleri ile ortalama rüzgar hızı aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır :

$$u = A \cdot F_u(k)$$

Burada, u : ortalama rüzgar hızını, (m/s)

A ve k : Weibull parametrelerini,

$F_u(k)$: çizelgeden alınacak değerleri belirtmektedir.

Çizelge.2. Weibull parametreleri ile ortalama enerji yoğunluğu hesaplama çizelgesi,
(European Wind Atlas, Troen et al., 1989)

k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.0	32.220	31.044	29.940	28.902	27.926	27.006	26.139	25.321	24.547	23.816
1.1	23.123	22.467	21.845	21.254	20.692	20.159	19.651	19.167	18.706	18.266
1.2	17.846	17.445	17.062	16.696	16.345	16.009	15.687	15.379	15.082	14.798
1.3	14.525	14.263	14.011	13.768	13.535	13.310	13.093	12.885	12.683	12.498
1.4	12.302	12.121	11.946	11.777	11.614	11.456	11.304	11.156	11.013	10.874
1.5	10.740	10.610	10.484	10.361	10.243	10.128	10.016	9.907	9.802	9.699
1.6	9.600	9.503	9.409	9.318	9.229	9.142	9.058	8.976	8.896	8.818
1.7	8.742	8.668	8.596	8.526	8.457	8.390	8.325	8.261	8.199	8.139
1.8	8.080	8.022	7.965	7.910	7.856	7.804	7.752	7.702	7.653	7.604
1.9	7.557	7.511	7.466	7.422	7.379	7.337	7.296	7.255	7.215	7.177
2.0	7.139	7.101	7.065	7.029	6.994	6.960	6.926	6.893	6.860	6.829
2.1	6.797	6.767	6.737	6.707	6.679	6.650	6.622	6.595	6.568	6.542
2.2	6.516	6.491	6.466	6.441	6.417	6.394	6.370	6.348	6.325	6.303
2.3	6.282	6.260	6.239	6.219	6.199	6.179	6.159	6.140	6.121	6.102
2.4	6.084	6.066	6.049	6.031	6.014	5.997	5.980	5.964	5.948	5.932
2.5	5.917	5.901	5.886	5.871	5.857	5.842	5.828	5.814	5.800	5.787
2.6	5.773	5.760	5.747	5.735	5.722	5.710	5.697	5.685	5.673	5.662
2.7	5.650	5.639	5.628	5.617	5.606	5.595	5.584	5.574	5.564	5.554
2.8	5.544	5.534	5.524	5.514	5.505	5.496	5.486	5.477	5.468	5.460
2.9	5.451	5.442	5.434	5.425	5.417	5.409	5.401	5.393	5.385	5.378
3.0	5.370	5.362	5.355	5.348	5.340	5.333	5.326	5.319	5.312	5.306
3.1	5.299	5.292	5.286	5.279	5.273	5.267	5.261	5.255	5.248	5.243
3.2	5.237	5.231	5.225	5.219	5.214	5.208	5.203	5.197	5.192	5.187
3.3	5.182	5.176	5.171	5.166	5.161	5.156	5.152	5.147	5.142	5.137
3.4	5.133	5.128	5.124	5.119	5.115	5.111	5.106	5.102	5.098	5.094
3.5	5.090	5.086	5.082	5.078	5.074	5.070	5.066	5.062	5.059	5.055
3.6	5.051	5.048	5.044	5.041	5.037	5.034	5.030	5.027	5.024	5.020
3.7	5.017	5.014	5.011	5.008	5.005	5.002	4.998	4.995	4.993	4.990
3.8	4.987	4.984	4.981	4.978	4.976	4.973	4.970	4.967	4.965	4.962
3.9	4.960	4.957	4.955	4.952	4.950	4.947	4.945	4.942	4.940	4.938

Weibull parametreleri ile ortalama enerji yoğunluğu aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır :

$$E = A^3 \cdot F_p(k)$$

Burada, E : yıllık ortalama enerji üretimi, (kW.saat/m².yıl)

A ve k : Weibull parametrelerini,

$F_p(k)$: çizelgeden alınacak değerleri belirtmektedir.

Ortalama enerji yoğunluğu, P (W/m²) ise;

$$P = E \cdot \frac{1000 \text{ W}}{1 \text{ kW}} \cdot \frac{1 \text{ yıl}}{8760 \text{ saat}} \text{ eşitliği ile hesaplanır.}$$

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Cihan DÜNDAR
Doğum Yeri : Nallıhan - ANKARA
Doğum Yılı : 1969
Medeni hali : Bekar

Eğitim ve Akademik Durumu :

Lise 1983 - 1987 Meteoroloji Teknik Lisesi
Lisans 1987 - 1993 Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Çevre Mühendisliği Bölümü

Yabancı Dil : İngilizce

İş Tecrübesi :

1987 - 1987 Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü,
Sinop Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü
1993 - 1997 Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü,
Araştırma Şube Müdürlüğü

ÖZGEÇMİŞİ
10.06.2017