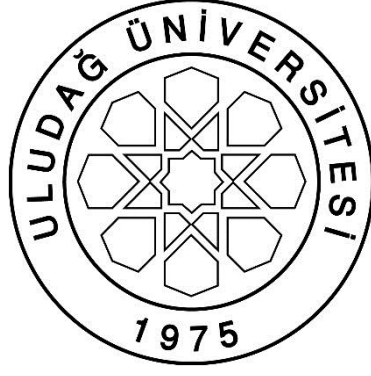




**KARADENİZ'DE  
RÜZGAR VERİ KAYNAKLARININ  
KIYASLAMALI ANALİZİ**

**Recep Emre ÇAKMAK**



T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KARADENİZ'DE RÜZGAR VERİ KAYNAKLARININ  
KIYASLAMALI ANALİZİ**

**Recep Emre ÇAKMAK**

Doç. Dr. Adem AKPINAR  
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2015

## TEZ ONAYI

Recep Emre ÇAKMAK tarafından hazırlanan “KARADENİZ’DE RÜZGAR VERİ KAYNAKLARININ KIYASLAMALI ANALİZİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Doç. Dr. Adem AKPINAR

**Başkan :** Doç. Dr. Emrah DOĞAN  
Sakarya Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi,  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı  
İmza

**Üye :** Doç. Dr. Adem AKPINAR  
Uludağ Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi,  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı  
İmza

**Üye :** Doç. Dr. Serdar KORKMAZ  
Uludağ Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi,  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı  
İmza

**Yukarıdaki sonucu onaylarım**

**Prof. Dr. Ali Osman DEMİR**  
Enstitü Müdürü  
.././....

**U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

**30/06/2015**

**İmza**

**Recep Emre ÇAKMAK**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### KARADENİZ’DE RÜZGAR VERİ KAYNAKLARININ KIYASLAMALI ANALİZİ

**Recep Emre ÇAKMAK**

Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman: Doç. Dr. Adem AKPINAR**

Açık deniz ve kıyı mühendisliği faaliyetlerinde, rüzgar ve dalgaların özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan rüzgar ve dalga iklim çalışmaları, çok önemli bir yer tutmaktadır. Dalga iklim çalışmaları, uzun dönemli rüzgar verileri kullanılarak üretilen dalga verileriyle yapılmaktadır. Dalga verilerinin üretilmesinde, rüzgar ölçümlerinin kesikli ve noktasal olması, istasyonlar arasındaki mesafenin fazla olması nedenlerinden dolayı, farklı hava tahmin merkezlerinin rüzgar tahmin modelleri ile türetilmiş veri setleri kullanılmaktadır. Bu durumda, dalga modeline girdi olarak tanımlanan rüzgar veri setinin doğruluğu önemli bir sorun olmaktadır. Bu yüzden, bu çalışmanın hedefi, Karadeniz’de dalga modellemesinde, dalga modeline girdi olarak tanımlanabilecek en iyi rüzgar veri setinin belirlenmesidir. Bu maksatla, üç farklı veri tahmin merkezinden (NCEP, NASA ve ECMWF) temin edilen dört farklı veri setinin (CFSR, MERRA, ERA-Interim ve Operasyonel) doğrulukları, 2000-2014 yılları arasındaki verilere dayanarak farklı açılardan test edilmiştir. Bu hava tahmin merkezlerinin rüzgar ürünlerinin performansları, Karadeniz’in güney şeridi boyunca seçilen beş farklı karasal DMİ istasyonu (Kumköy, Amasra, Sinop, Giresun, Hopa) ve Romanya açıklarındaki Gloria açık deniz istasyonunda ölçülmüş rüzgar verileri kullanılarak irdelenmiştir.

Analizler kapsamında öncelikle, hem ölçüm hem de tahmin veri setlerinin istatistiksel özellikleri belirlenerek kıyaslanmıştır. Daha sonra, ölçüm ve tahmin veri setlerinin zaman serileri, rüzgar gülleri ve olasılık dağılımları kıyaslanarak irdelenmiştir. Son olarak, ölçüm veri setleriyle tahmin veri setlerinin çakışan verileri kullanılarak eş zamanlı hata istatistiği, hem tüm veri kullanılarak hem de farklı hız aralıkları için incelenmiştir. Ayrıca, veri kaynaklarının hata değerlerinin yıllara göre değişimleri her yıl için gerçekleştirilen eş zamanlı veri analizine dayanarak irdelenmiştir.

Bütün veri kaynaklarının açık denizde ölçüm verilerini temsil edebilecek düzeyde düşük hatalara ve yüksek korelasyona sahip oldukları belirlenmiştir. Kıyı şeridi boyunca, batı kısmında ECMWF veri kaynakları daha doğru sonuç verirken; doğu kısmında CFSR rüzgar alanları daha iyi performans göstermiştir. Daha iyi zamansal ve alansal çözünürlüğe sahip CFSR rüzgar alanlarının, orografik etkilerin yoğun olduğu bölgelerdeki rüzgarları daha iyi temsil ettiği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Rüzgar hızı, rüzgar yönü, CFSR, MERRA, ERA-Interim, Karadeniz

**2015, x+149 sayfa**

**ABSTRACT**  
MSc Thesis

COMPARATIVE ANALYSIS OF WIND DATA SOURCES  
IN THE BLACK SEA

**Recep Emre ÇAKMAK**

Uludag University  
Graduate School of Natural Science and Applied Science  
Department of Civil Engineering

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Adem AKPINAR**

Wind-wave climate studies to determine characteristics of the winds and waves occupy an important place in offshore and coastal engineering activities. Wave climate studies are carried out with the help of waves modeled by using long-term wind data. Because of the wide distance between stations and discrete point wind measurements, data sets derived from wind forecast models of different weather forecast centers are used for the production of wave data. In this case, the accuracy of wind data set defined as an input for the wave model is an important issue. Thus, the aim of this study is to determine the best available wind data set as an input for wave modelling in the Black Sea. To that end, the performances of four different data sets (CFSR, MERRA, ERA-Interim and Operational) retrieved from three different forecast centers (NCEP, NASA and ECMWF) has been tested from different aspects based on the data covering the period 2000-2014. The performances of these wind products were analyzed by using the wind measurements at five different terrestrial DMİ stations (Kumköy, Amasra, Sinop, Giresun, Hopa) and Gloria offshore drilling platform near the coast of Romania.

Within the scope of analyses, statistical characteristics (mean, standard deviation and variation coefficient etc.) of both measurements and forecast data sets were firstly determined and compared to each other. Time series, wind roses and probability distributions of all data sets and the measurements were examined. Then, simultaneous error statistics were obtained between forecast and measurement data by using both the entire data and different wind speed intervals. Besides, yearly changes of the error values of wind data sources were discussed based on simultaneous error statistics for each year.

Regarding the results of the study, all data sources represent the offshore measurement data with low errors and high correlation values. It was observed that the ECMWF datasets yield better results along the western side while CFSR wind fields have shown better performance along the eastern side of the Black Sea coast. It is also determined that, CFSR wind fields which have better temporal and spatial resolution has been found to be successful in representing the regions where orographic effects have an influence.

**Key Words:** Wind speed, wind direction, CFSR, MERRA, ERA-Interim, Black Sea

**2015, x+149 pages**

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışması sürecinde, konu seçimiyle başlayarak, her aşamada bizzat çalışmanın içinde bulunan, yönlendiren, bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Adem AKPINAR'a saygı, sevgi ve şükranlarımı sunarım. Kısıtlı bir sürede hazırlamak zorunda olduğum bu çalışmanın içeriğinin zenginleşmesinde en büyük katkıya sahip olan danışman hocamın yanı sıra, hiçbir zorluktan çekinmeden katkıda bulunan TÜBİTAK PROJESİ bursiyeri Bilal BİNGÖLBALİ'ye ve İnşaat Mühendisi Ferhat GÜVEN'e teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmamda kullandığım tahmin veri setlerini sağlayan ECMWF, NCEP ve NASA veri kaynaklarına, farklı istasyonlarda rüzgar ölçümlerine ve ECMWF veri kaynağına erişimi sağlayan DMİ Genel Müdürlüğü'ne, Gloria sondaj platformunda kaydedilen rüzgar ölçümlerine ulaşmamı sağlayan NIMRD Oşinografi Bölümü'nden Razvan MATEESCU'ya teşekkürlerimi sunarım.

Uygulanan yöntemlere yaptıkları katkı ve tavsiyelerden ötürü Sayın Dr. Takvor SOUKISSIAN ve Sayın Dr. Jorge MACIAS'a ayrıca teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında yanımda olan aileme sonsuz teşekkür ederim.

**Recep Emre ÇAKMAK**  
**30/06/2015**

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Rüzgarlar.....	3
2.1.1. Rüzgar çeşitleri.....	3
2.1.2. Rüzgar yönleri.....	6
2.1.3. Rüzgar ölçümü ve hızları.....	8
2.2. Atmosferde Rüzgarların Özellikleri.....	8
2.2.1 Rüzgarların atmosferdeki genel yapısı.....	8
2.2.2. Kıyı ve deniz bölgelerindeki rüzgarlar.....	10
2.2.3. Deniz ve kıyılardaki rüzgarların tahmin edilmesi.....	11
2.2.3.1. Yakın kıyı gözlemlerine dayanan rüzgar tahminleri.....	11
2.2.3.2. Hava ve basınç haritaları yardımıyla rüzgar tahminleri.....	11
2.3. Karadeniz'in Genel Rüzgar Durumu.....	13
2.4. Literatür Özetleri.....	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	23
3.1. Çalışma Bölgeleri ve İstasyonlar.....	23
3.2. Veri Kaynakları.....	26
3.2.1. Ölçüm verileri.....	26
3.2.2. Tahmin veri setleri.....	28
3.3. Çalışmada Uygulanan Yöntemler.....	29
3.3.1. Verilerin temini ve işlenmesi.....	29
3.3.2. Veri setlerinin istatistiksel analizi.....	32
3.3.3. Zaman serisi analizi.....	34
3.3.4. Rüzgar gülleri.....	34
3.3.5. Olasılık dağılımları.....	35
3.3.6. Eş zamanlı veri analizi.....	36
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	38
4.1. İstatistiksel Parametrelerin Analizi.....	38
4.2. Zaman Serileri.....	44
4.3. Rüzgar Gülleri.....	51
4.4. Olasılık Dağılımları.....	59
4.5. Eş Zamanlı Analiz.....	66
4.5.1. Tüm veriye dayanan hata analizi.....	66
4.5.2. Farklı rüzgar hız aralıkları için hata analizi.....	76
4.5.3. Yıllara göre veri kaynaklarının hatalarının gelişimi.....	81
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	89
KAYNAKLAR.....	94
EKLER.....	99
EK 1. Farklı istasyonlarda ölçüm ve tahmin veri setlerinin istatistik parametrelerinin kıyaslaması.....	100



EK 2. Farklı istasyonlarda gözlenmiş rüzgar hız değerlerine karşı farklı atmosferik rüzgar verilerinin zaman serileri kıyaslaması.....	104
EK 3. Farklı istasyonlarda ölçülmüş rüzgarların ve farklı atmosferik rüzgar tahminlerinin rüzgar gülleri .....	111
EK 4. Farklı istasyonlarda gözlenmiş rüzgar hızı değerlerine karşı farklı atmosferik rüzgar verilerinin olasılık dağılımları.....	123
EK 5. Farklı istasyonlarda hız aralıklarına göre sınıflandırılarak gerçekleştirilen eş zamanlı hata analizi.....	125
EK 6. Farklı istasyonlarda veri kaynaklarının yıllara göre hata değerleri .....	128
ÖZGEÇMİŞ .....	149



## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

### Açıklama

$U_{10}$	: 10 m yükseklikteki rüzgar hızı
$w_i$	: Alansal ağırlıklar
$U_g$	: Atmosfer sınır tabakasının üstünde ölçülen geostrofik rüzgar hızı
$\alpha_4$	: Basıklık katsayısı
$z, z_{ref}$	: Başlangıç durumunda ölçüm yüksekleri
$U_z, V_{ref}$	: Başlangıç durumunda rüzgar hızı
$c$	: Boyutsuz ölçek parametresi
$k$	: Boyutsuz şekil parametresi
$\varphi$	: Coğrafi enlem
$C_{sx}, \alpha_3$	: Çarpıklık katsayısı
$CV$	: Değişim katsayısı
$U_{deniz}$	: Deniz üzerindeki rüzgar
$m_4$	: Dördüncü dereceden moment
$h_e$	: Engel yüksekliği
$W_m$	: En sık gözlenen rüzgar hızı
$u_i$	: En yakın karelej noktalarındaki rüzgar hızı
$\bar{Y}, y_{ort}$	: Gözlem verilerinin ortalaması
$\rho_a$	: Havanın yoğunluğu
$dp/dn$	: İzobarlara dik atmosfer basıncı gradyanı
$U_{kara}$	: Kara üzerindeki rüzgar hızı
$r_i$	: Karelej noktalarının istasyona uzaklıkları
$D_x$	: Karelej noktaları arası yatay uzaklık
$D_y$	: Karelej noktaları arası dikey uzaklık
$d_x, d_y$	: Karelej noktalarının alansal ağırlıklı ortalama için uzunluk değerleri
$f$	: Koriolis parametresi
$r$	: Korelasyon katsayısı
$f(v)$	: Olasılık yoğunluk fonksiyonu
$\bar{X}, x_{ort}$	: Ölçüm verilerinin ortalaması
$U$	: Rüzgar hızı
$u, v$	: Sırasıyla x ve y yönlerindeki rüzgar hızları
$S$	: Standart sapma
$m_3$	: Üçüncü dereceden moment
$S^2$	: Varyans

### Kısaltmalar

### Açıklama

NOAA	: Amerika Ulusal Deniz ve Atmosfer Kurumu
NASA	: Amerika Ulusal Hava ve Uzay Araştırmaları Kurumu
ECMWF	: Avrupa orta vadeli hava tahmin merkezi
WAM	: Dalga tahmin modeli
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
DOS	: Disk İşletim Sistemi

D	: Doğu
ERAİ	: ECMWF ERA-İnterim rüzgar tahmin veri seti
ERA-40	: ECMWF rüzgar tahmin veri seti
OPER.	: ECMWF Operasyonel rüzgar tahmin veri seti
ENSO	: El-Nino güney salınımları
UTC	: Eşgüdümlü Evrensel Zaman
JCDAS	: Japonya Meteoroloji Kurumu veri seti
JRA-25	: Japonya Meteoroloji Kurumu veri seti
K	: Kuzey
NAO	: Kuzey Atlantik salınımları
MATLAB	: Matrix laboratory
MAE	: Mutlak ortalama hata
GLDAS	: NASA rüzgar tahmin veri seti
MERRA	: NASA rüzgar tahmin veri seti
CFSR	: NCEP rüzgar tahmin veri seti
DOE, DOE II	: NCEP rüzgar tahmin veri setleri
FLN	: NCEP rüzgar tahmin veri seti
GFS	: NCEP rüzgar tahmin veri seti
NCAR	: NCEP rüzgar tahmin veri seti
R2	: NCEP rüzgar tahmin veri seti
NCEP	: NOAA rüzgar tahmin veri tabanı
RMSE	: Ortalama karesel hatanın karekökü
COAMPS	: Orta ölçekli bağlaşık okyanus atmosfer tahmin modeli
SI	: Saçılım indeksi
ARPEGE	: Sayısal hava tahmin modeli
WRF	: Sayısal hava tahmin ve araştırma modeli
SWAN	: Yakın kıyı dalga benzeşim modeli
ALADIN	: Yüksek çözünürlüklü sayısal hava tahmin modeli

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Rüzgar yönleri.....	7
Şekil 2.2. Koordinat sistemleri.....	7
Şekil 2.3. Sabit anemometre ve anemograf.....	8
Şekil 2.4. Atmosferde rüzgar profilinin düşey dağılımı.....	10
Şekil 2.5. Basınç haritası.....	12
Şekil 2.6. 10 m yükseklikteki hızın sınır tabakadaki hıza oranı.....	13
Şekil 3.1. Bütün istasyonlarda tahmin veri kaynaklarının karelej noktaları .....	24
Şekil 3.2. Alansal ağırlık hesabında kullanılan mesafelerin bir örneği.....	26
Şekil 4.1. 2008 yılı Ocak ayı için Kumköy DMİ istasyonunda ölçülmüş DMİ ve tahmini CFSR (üst) ve MERRA (alt) rüzgar hızlarının zaman serileri .....	45
Şekil 4.2. 2008 yılı Ocak ayı için Kumköy DMİ istasyonunda ölçülmüş DMİ ve tahmini ERA-Interim (üst) ve Operasyonel (alt) rüzgar hızlarının zaman serileri.....	46
Şekil 4.3. 2008 yılı Ocak ayı için Kumköy DMİ istasyonunda ölçülmüş DMİ rüzgar verilerine karşı alansal ağırlıklı tahmini rüzgar veri setlerinin zaman serilerinin kıyaslaması.....	47
Şekil 4.4. 2008 yılı Şubat ayı için Gloria açık deniz istasyonundan alınan ölçümler ve tahmini CFSR (üst) ve MERRA (alt) rüzgar hızlarının zaman serileri.....	48
Şekil 4.5. 2008 yılı Şubat ayı için Gloria açık deniz istasyonundan alınan ölçümler ve tahmini ERA-Interim (üst) ve Operasyonel (alt) rüzgar hızlarının zaman serileri .....	49
Şekil 4.6. 2008 yılı Şubat ayı Gloria açık deniz istasyonunda iki yaklaşıma göre düzeltilmiş (üst: (3.5) denklemine göre ve alt: (3.6) denklemine göre) rüzgar ölçümlerine karşı alansal ağırlıklı tahmini rüzgar veri setlerinin zaman serilerinin kıyaslaması .....	50
Şekil 4.7. 2008 yılı için Kumköy istasyonunda DMİ rüzgar ölçümleri ve CFSR verilerinin rüzgar gülleri .....	51
Şekil 4.8. 2008 yılı için Kumköy istasyonunda DMİ rüzgar ölçümleri ve MERRA verilerinin rüzgar gülleri .....	52
Şekil 4.9. 2008 yılı için Kumköy istasyonunda ERA-Interim verilerinin rüzgar gülleri	53
Şekil 4.10. 2008 yılı için Kumköy istasyonunda Operasyonel verilerinin rüzgar gülleri .....	54
Şekil 4.11. 2008 yılı için Gloria ölçümlerinin (3.5) denklemine göre düzenlenmiş (sol), (3.6) denklemine göre düzenlenmiş (sağ) rüzgar gülleri .....	56
Şekil 4.12. 2008 yılı için Gloria istasyonunda CFSR verilerinin rüzgar gülleri.....	56
Şekil 4.13. 2008 yılı için Gloria istasyonunda MERRA verilerinin rüzgar gülleri .....	57
Şekil 4.14. 2008 yılı için Gloria istasyonunda ERA-Interim verilerinin rüzgar gülleri..	58
Şekil 4.15. 2008 yılı için Gloria istasyonunda Operasyonel verilerinin rüzgar gülleri...	59
Şekil 4.16. 2008 yılı için Kumköy istasyonunda DMİ ölçümlerine karşı CFSR, MERRA, ERA Interim ve Operasyonel tahmin veri setleri için olasılık dağılımları.....	60
Şekil 4.17. Kumköy (a), Amasra (b), Sinop (c), Giresun (d), Hopa (e) istasyonlarında DMİ ölçümlerine karşı veri kaynaklarının alansal ağırlıklı ortalamalarının olasılık dağılımları .....	61
Şekil 4.18. Gloria istasyonunda tüm yıllar için (3.5) denklemine göre düzeltilen ölçümlere karşı CFSR, MERRA, ERA Interim ve Operasyonel tahmin veri setleri için olasılık dağılımları .....	63
Şekil 4.19. Gloria istasyonunda tüm yıllar için (3.6) denklemine göre düzeltilen ölçümlere karşı CFSR, MERRA, ERA Interim ve Operasyonel tahmin veri setleri için olasılık dağılımları .....	64

Şekil 4.20. Gloria istasyonunda tüm yıllar için (3.5) denklemine göre düzeltilen ölçümlere karşı (a), (3.6) denklemine göre düzeltilen ölçümlere karşı tüm veri kaynaklarının olasılık dağılımı (b).....	65
Şekil 4.21. Kumköy istasyonunda 2008 yılı için saçılma diyagramları.....	67
Şekil 4.22. Amasra istasyonunda 2009 yılı için saçılma diyagramları .....	69
Şekil 4.23. Sinop istasyonunda 2006 yılı için saçılma diyagramları .....	71
Şekil 4.24. Giresun istasyonunda 2004 yılı için saçılma diyagramları .....	72
Şekil 4.25. Hopa istasyonunda 2007 yılı için saçılma diyagramları .....	74
Şekil 4.26. Gloria istasyonunda 2008 yılı için saçılma diyagramları .....	76
Şekil 4.27. Kumköy istasyonunda yıllara göre hata değerleri .....	82
Şekil 4.28. Amasra istasyonunda yıllara göre hata değerleri .....	83
Şekil 4.29. Sinop istasyonunda yıllara göre hata değerleri .....	84
Şekil 4.30. Giresun istasyonunda yıllara göre hata değerleri.....	85
Şekil 4.31. Hopa istasyonunda yıllara göre hata değerleri.....	86
Şekil 4.32. Gloria istasyonunda yıllara göre hata değerleri .....	87
Şekil 4.33. Gloria istasyonunda yıllara göre hata değerleri .....	87

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

<b>Çizelge 2.1.</b> Yönlere göre rüzgar adları .....	6
<b>Çizelge 2.2.</b> Beaufort ölçeği.....	9
<b>Çizelge 3.1.</b> Çalışma kapsamında dikkate alınan bütün karelej noktalarının ve ölçüm istasyonlarının koordinatları.....	23
<b>Çizelge 3.2.</b> Karelej noktalarının istasyonlara uzaklıkları .....	25
<b>Çizelge 3.3.</b> DMİ istasyonlarının yıllara göre veri sayıları.....	27
<b>Çizelge 3.4.</b> Gloria istasyonunun yıllara göre veri sayıları.....	27
<b>Çizelge 3.5.</b> Veri setlerinin karakteristik özellikleri .....	29
<b>Çizelge 4.1.</b> Kumköy istasyonunda 2008 yılı rüzgar hız değerlerinin istatistiksel parametreleri .....	40
<b>Çizelge 4.2.</b> Gloria istasyonunda rüzgar hız değerlerinin istatistiksel parametreleri .....	43
<b>Çizelge 4.3.</b> Beş karasal istasyon için Weibull dağılımına göre en sık görülen rüzgar hızları ( $W_m$ ).....	62
<b>Çizelge 4.4.</b> Gloria açık deniz istasyonu için weibull dağılımına göre en sık görülen rüzgar hızları ( $W_m$ ).....	65
<b>Çizelge 4.5.</b> Kumköy istasyonunda 2008 yılı için hata değerleri .....	67
<b>Çizelge 4.6.</b> Amasra istasyonunda 2009 yılı için hata değerleri.....	68
<b>Çizelge 4.7.</b> Sinop istasyonunda 2006 yılı için hata değerleri .....	70
<b>Çizelge 4.8.</b> Giresun istasyonunda 2004 yılı için hata değerleri.....	72
<b>Çizelge 4.9.</b> Hopa istasyonunda 2007 yılı için hata değerleri.....	73
<b>Çizelge 4.10.</b> Gloria istasyonunda 2008 yılı için hata değerleri .....	75
<b>Çizelge 4.11.</b> Kumköy istasyonunda 2008 yılı için hız aralıklarına göre hata değerleri .....	78
<b>Çizelge 4.12.</b> Gloria istasyonunda 2008 yılı için hız aralıklarına göre hata değerleri.....	81

## 1. GİRİŞ

Rüzgar iklimi, tüm kıyı ve deniz faaliyetlerini etkileyen en önemli faktördür. Deniz ulaşımı, rüzgar enerjisi üretimi, rüzgar dalgalarının modellenmesi, kıyı yönetimi ve planlanması gibi geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır. Özellikle uzun dönem dalga analizleri için yeterli dalga ölçüm verisi bulmak mümkün olmadığından, maliyeti uygun ve erişilebilirliği yüksek olan uzun dönem rüzgar verilerinden dalga tahmini yöntemi tercih edilmektedir. Rüzgar ve dalga iklimi çalışmaları için genellikle, çalışma alanına en yakın rüzgar ölçüm istasyonunda kaydedilen veriler kullanılmaktadır. Bu verilerin doğruluğunu; ölçüm istasyonunun türü, çalışma bölgesine olan uzaklığı, verilerin zamansal sürekliliği gibi faktörler etkilemektedir. Bununla beraber, ülkemiz için önemli bir faktör de DMİ ölçüm istasyonlarının karasal istasyon özelliğinde olmasıdır. Ancak, son zamanlarda deniz üzerinde sayılabilecek, liman veya balıkçı barınaklarının fenerlerine kurulmuş istasyonlardan rüzgar ölçümleri kaydedilmeye başlanmıştır.

Ülkemizin Karadeniz kıyı şeridi incelendiğinde doğu bölgesine doğru gidildikçe orografik etkilerin arttığı görülmektedir. Yer şekillerinden kaynaklanan orografik etkiye maruz kalan rüzgarlar, açık denizdeki rüzgarlardan çok farklı davranış gösterebilmektedir. Bu sebeple, açık deniz dalga modellemesi çalışmalarında DMİ istasyonlarından alınan ölçümler, ancak çeşitli ampirik yöntemlerle açık deniz verisi haline dönüştürülerek kullanılabilir. Ayrıca, ölçüm istasyonlarının oluşturduğu karelej ağının çözünürlüğünün düşük olması da doğruluğu etkileyen önemli bir faktördür. Belirtilen bu etkenler nedeniyle, dünya genelinde kullanılabilir, yüksek alansal çözünürlüğe sahip, zamansal olarak sürekli ve düzenli rüzgar verisi ihtiyacı doğmuştur. Bu ihtiyacı karşılamak için, hava tahmin merkezleri, rüzgarların oluşumunu ve hareketini etkileyen bütün faktörlerin hesaba katıldığı çeşitli tahmin modelleri geliştirerek, üretilen rüzgar verilerini dünya genelinde sunmaktadır. Her veri kaynağı, belirli çözünürlükteki karelej ağında, farklı zaman çözünürlüğüne göre bu tahmin verilerini üretmektedir. Bu tahmin verileri genellikle 1979 yılından itibaren yayınlanan bu verilerin çoğu günümüze kadar sürdürülmüştür.

Bu çalışmada, rüzgar dalgalarının modellenmesinde kullanılan bazı tahmini rüzgar veri kaynaklarının Karadeniz'in güney kıyı şeridi boyunca DMİ karasal istasyonlarında ve Karadeniz üzerinde bir açık deniz istasyonunda sergilediği performansların incelenmesi hedeflenmiştir. Seçilen karasal istasyonlar: Kumköy, Amasra, Sinop, Giresun ve Hopa DMİ istasyonlarıdır. Açık denizdeki performans analizi için kullanılan istasyon ise Romanya açıklarında bulunan Gloria açık deniz sondaj platformudur. DMİ istasyonlarından 10 metre yükseklikteki rüzgar verileri 2000-2014 yıllarını kapsayacak şekilde temin edilirken, Gloria açık deniz sondaj istasyonunda 2006-2009 yılları arasında 36 m yükseklikteki rüzgar verilerine ulaşılmıştır. Bahsi geçen bu istasyonlardan alınan rüzgar ölçüm verileri çeşitli dönüşümlere tabi tutularak, rüzgar veri kaynaklarından elde edilen verilerle uyumlu hale getirilmiş ve kıyaslamalarda baz alınacak kaynak olarak kullanılmıştır. Kıyaslamalarda öncelikle, ölçüm ve tahmin veri setlerinin temel istatistiksel özellikleri (ortalama, standart sapma, değişim katsayısı vb.) belirlenerek kıyaslanmış, daha sonra, zaman serileri, rüzgar gülleri ve olasılık dağılımları incelenmiş ve son olarak da ölçüm ve tahmin veri setlerinde zamansal olarak çakışan veriler kullanılarak eş zamanlı hata analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan bütün analizler değerlendirilerek Karadeniz'de rüzgar dalgası modellemesinde, modele girdi olarak kullanılabilen en iyi rüzgar tahmin veri setinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Dünya genelinde, rüzgar veri kaynaklarının performans kıyaslama çalışmaları yapılmış olsa da, Karadeniz genelinde ve özellikle güney kıyı şeridi için çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Ayrıca yapılan bu çalışmalarda, kıyaslamalar sınırlı yöntemlerle yapılmıştır. Bu tez çalışması, analizlerin içeriği zenginleştirilerek daha doğru bir sonuç elde etmek ve Karadeniz için mevcut bulunan az sayıdaki çalışmaya katkı sağlamak adına gerçekleştirilmiştir.



## **2. GENEL BİLGİLER**

### **2.1. Rüzgarlar**

Hava kütlelerinin yüksek basınç merkezlerinden alçak basınç merkezlerine doğru hareket etmesi sonucunda oluşan yeryüzüne paralel hareket rüzgar olarak adlandırılmaktadır. Deniz seviyesinde 1013 milibar hava basıncı normal hava basıncı olarak kabul edilmektedir. Bunun altı değerler alçak basınç, üstü değerler ise yüksek basınç sayılmaktadır. Yüksek ve alçak basınç arası fark ne kadar çok ise, bu alanlar arası etkileşim o kadar kuvvetli olmakta ve rüzgar hızları da o derece artmaktadır. Basınç farkı eşit ise, yatay mesafede yol uzadıkça sürtünme artmakta ve hız azalmaktadır. Bundan dolayı izobarların sık geçtiği yerde rüzgarların hızı fazla iken, seyrek geçtiği yerde hız değeri azdır. Yer şekilleri rüzgarlara yön verirken, aynı zamanda rüzgar hızını da etkilemektedir. Engebeli bir alanda rüzgar, engelin gerisinde daha yavaş esmektedir. Dar bir vadiden geçerken ise sıkışmakta ve sürtünme alanı daralmakta böylelikle de hızı artmaktadır. Sıradağlar, boğazlar, derin ve uzun vadiler rüzgarların gerçek yönlerini değiştirmektedir. Yatay yönde yer şekillerinin uzanış doğrultusuna uygun esmektedirler. Boğaz ve vadide belirli bir doğrultuda daha fazla eserken, engebesiz alanlarda bütün yönlerden az-çok eşit esmektedir. Bir yerde rüzgarın esme sıklığını gösteren diyagramlara rüzgar frekans gülü denilmektedir. Rüzgar frekans gülü incelenerek, yer şekillerinin uzanış doğrultusu ve hakim rüzgar yönü hakkında bilgi elde edinilebilmektedir. Herhangi bir yerde rüzgarın yıl içinde en fazla estiği yöne hakim rüzgar yönü denilmektedir.

#### **2.1.1. Rüzgar çeşitleri**

Rüzgarlar, meydana geldikleri bölgelere ve meydana geliş sebeplerine göre isimlendirilmektedir. Ancak, genel olarak sürekli rüzgarlar, devirli (mevsimlik) rüzgarlar ve yerel rüzgarlar olmak üzere üç ana gruba ayrılmaktadırlar.

Yıl boyunca aynı yönde sürekli esen, diğer bir deyişle yüksek basınç alanlarından daimi alçak basınç alanlarına doğru esen rüzgarlara sürekli rüzgarlar denilmektedir. Bunlar; alizeler, batı rüzgarları ve kutup rüzgarları olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Bu tür rüzgarların ana özellikleri; sürekli aynı yönde esmeleri, Dünyanın günlük hareketinin

etkisiyle hareket ettikleri yönün kuzey yarımkürede sağına, güney yarımkürede soluna sapmaları ve estikleri bölgelerin iklimini etkilemeleridir. 30° kuzey ve 30° güney paralelleri çevresindeki dinamik yüksek basınç kuşağından ekvatordeki alçak basınç kuşağına doğru yıl boyunca esen rüzgarlar alizelerdir. Dünyanın günlük hareketine bağlı olarak kuzey yarımkürede kuzeydoğudan, güney yarımkürede güneydoğudan esmektedirler. Alizeler, tropikal kuşaktaki karaların doğu kıyılarına yağış bırakırken, sıcak kuşaktaki okyanus akıntılarının oluşmasında ve yönlerinde etkili olmaktadır. 30° enlemlerindeki dinamik yüksek basınç kuşaklarından 60° enlemlerindeki dinamik alçak basınç kuşaklarına doğru esen rüzgarlar, batı rüzgarları olarak adlandırılmaktadır. Dünyanın eksenini etrafındaki hareketinin etkisiyle kuzey yarımkürede güneybatıdan, güney yarımkürede kuzeybatıdan esmektedirler. Orta kuşak karalarının batı kıyılarına bol yağış bırakırken, 60° enlemlerinde kutup rüzgarları ile karşılaşarak cephe yağışlarına yol açmaktadırlar. Orta kuşaktaki okyanus akıntılarını ve yönlerini etkilemektedirler. Kutuplardaki termik yüksek basınç alanlarından 60° enlemlerindeki dinamik alçak basınç alanlarına doğru esen soğuk rüzgarlar ise Kutup Rüzgarları olarak isimlendirilmektedirler.

Birbirine komşu olan büyük kara parçaları ile okyanusların yıl içerisindeki farklı oranda ısınma ve soğumalarına bağlı olarak oluşan basınç alanları arasında esen rüzgarlar mevsimlik devirli rüzgarlar (Musonlar)'dır. Yaz mevsiminde çabuk ısınan Asya içlerinde alçak basınç alanı oluşurken, geç ısınan Hint okyanusu ise yüksek basınç alanı halinde olmaktadır. Bu nedenle, yaz musonları denizden karaya doğru esmekte ve Mayıs-Ekim ayları arasında etkili olmaktadır. Yaz musonları, deniz ve okyanuslardan kaynaklandıkları için bol nem taşımakta ve etkili olduğu yerlere bol yağış bırakmaktadır. Kış mevsiminde ise, Asya'nın iç kısımları çok soğumakta ve burada güçlü bir yüksek basınç alanı oluşmaktadır. Güneyindeki Hint Okyanusu ile güneydoğusundaki Büyük Okyanus ise geç soğudukları için birer alçak basınç alanı oluşturmaktadır. Bu basınç farklılığı, kış mevsiminde Asya içlerinden Hint ve Büyük Okyanus'a doğru esen rüzgarların oluşmasına neden olarak kış musonlarını oluşturmaktadır. Kış musonları, karadan geldikleri için soğuk ve kurudurlar. Bu nedenle, yağış getirmemektedirler. Ancak, okyanusu geçerken nem aldıkları için Asya'nın güneydoğusundaki adalara yağış bırakmaktadırlar. Kış musonları, Güney Asya ile Hint Okyanusu arasında, Kuzey

Amerika ile Meksika Körfezi arasında, Batı Afrika ile Gine Körfezi arasında, Doğu Afrika ile Hint okyanusu arasında ve Doğu Asya ile Büyük Okyanus'a bağlı denizler arasında görülmektedir.

Yerel rüzgarlar ise, bir kısmı genel hava dolaşımına bağlı rüzgarların yerel olarak bazı değişikliklere uğramasıyla, bazıları da tamamen yöresel basınç farkları sonucunda oluşan rüzgarlardır. Bu rüzgar sınıfında, meltemler, sıcak yerel rüzgarlar, soğuk yerel rüzgarlar ve tropikal rüzgarlar yer almaktadır. Birbirine yakın iki ayrı özellikteki alanın, gün içerisinde farklı derecede ısınıp soğumasına bağlı olarak oluşan ve gece ile gündüz arasında yön değiştiren rüzgarlar, günlük devirli rüzgarlar (Meltemler)'dir. Gündüz, karaların daha fazla ısınmasıyla oluşan alçak basınç alanı ve daha serin olan denizlerin oluşturduğu yüksek basınç alanı nedeniyle, denizden karaya doğru serin esen rüzgarlar deniz meltemlerini temsil etmektedir. Gece ise, karalar daha fazla soğduğundan yüksek basınç alanı oluşturmakta iken denizler daha sıcak olduğundan basınç azalmaktadır. Bunun sonucunda da, karadan denize doğru esen rüzgarlar olan kara meltemleri gözlenmektedir. Yan yana bulunan dağlarla alçak düzlüklerin gün içinde farklı ısınma ve soğumalarına bağlı olarak oluşan rüzgarlar dağ ve vadi meltemleri olarak adlandırılmaktadır. Gündüz, dağ yamaçları vadilerden daha çok ısındığı için basınç azalmakta ve bu nedenle rüzgar, vadiden yamaç yukarı eserek vadi meltemlerini oluşturmaktadır. Gece ise, yamaçlar vadilere oranla fazla soğuduğu için rüzgar dağdan vadiye doğru eserek dağ veya yamaç meltemlerini oluşturmaktadır. Föhn rüzgarı, Sirokko, Hamsin ve Samyeli (Keşişleme) geldikleri yerlere göre sıcak olan yerel rüzgarlardır. Föhn rüzgarı, yamaç boyunca yükselen hava kütesinin bir dağı aşarak diğer yamaçta alçalmasıyla oluşmaktadır. Yükselen hava her 100m'de 0,5°C soğumakta, oysa dağın diğer yamacında alçalmaya başlayınca her 100m'de 1°C ısınmaktadır. Bunun nedeni, kuru havanın alçalırken sürtünmenin de etkisiyle daha çok ısınmasıdır. En tipik biçimiyle İsviçre Alpleri'nin kuzey yamaçlarında etkili olan Föhn rüzgarı, Türkiye'de Toroslar ve Kuzey Anadolu Dağları'nda etkilidir. Büyük Sahra'dan kaynaklanan Cezayir ve Tunus üzerinden Akdeniz'e doğru esen sıcak ve kuru rüzgarlara ise Sirokko denilmektedir. Akdeniz'i geçerken nem alarak İspanya, Fransa ve İtalya'nın güney kıyılarına yağış bırakmaktadır. Afrika'nın kuzeyindeki kara içlerinden Libya ve Mısır'ın kıyıya yakın bölgelerine doğru esen sıcak, kuru ve bunaltıcı rüzgarlar, Hamsin olarak

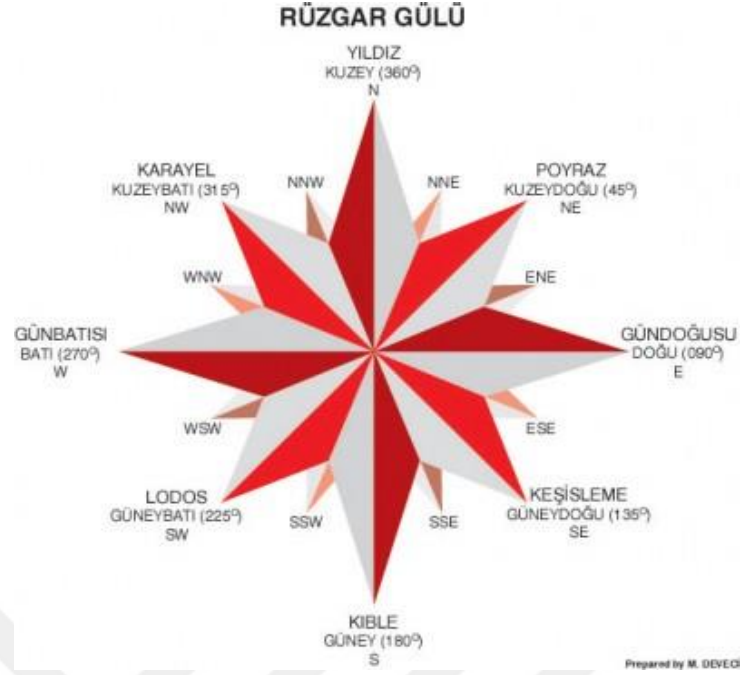
isimlendirilmektedir. Türkiye'nin güney bölgelerinde esen sıcak bir rüzgar olan Samyeli, sıcak, kuru ve bunaltıcı bir rüzgardır. Özellikle, yaz aylarında Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde buharlaşmayı aşırı derecede artırarak kuraklığa neden olmaktadır. Bora, mistral ve Krivetz soğuk yerel rüzgarlara örnektir. Dalmaçya kıyılarında, Dinar Alpleri'nden Adriya Denizi'ne doğru esen soğuk ve kuru rüzgarlara Bora, Fransa'nın Rhone vadisini izleyerek Akdeniz'e doğru esen soğuk ve kuru rüzgarlara Mistral ve Romanya'da aşağı Tuna ovasından Karadeniz'e doğru esen soğuk ve kuru rüzgarlara Krivetz adı verilmektedir. Sıcak kuşakta, ani basınç farklarından kaynaklanan ve hızları saatte 100-150 km'ye kadar çıkabilen rüzgarlar tropikal rüzgarları oluşturmaktadır. Sarmal hava hareketleri halinde daha çok okyanuslar üzerinde oluştuklarından, genellikle hortumlara neden olmaktadır. Tropikal rüzgarlara, Asya kıyılarında Tayfun, Meksika Körfezi kıyılarında Hurricane, Afrika'nın bazı kesimlerinde ve Latin Amerika kıyılarında da Tornado adı verilmektedir. Türkiye gibi denizler ve karalar arasında büyük basınç farkının oluşmadığı bölgelerde bu rüzgarlar etkili olmamaktadır (Anonim 2015).

### 2.1.2. Rüzgar yönleri

Rüzgar yönü veya rüzgar istikameti kavramı, rüzgarın yeryüzüne paralel hareket doğrultusunu ifade etmektedir. Rüzgar yönü genellikle ana ve ara yönlerde verilmekte ve geldikleri coğrafi yöne göre sınıflandırılmaktadırlar (Çizelge 2.1 ve Şekil 2.1).

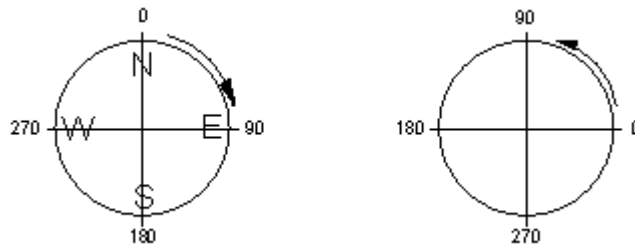
**Çizelge 2.1.** Yönlere göre rüzgar adları

Yön	Adı	Yön	Adı
N	Yıldız	S	Kible
NNE	Yıldız Poyraz	SSW	Kible Lodos
NE	Poyraz	SW	Lodos
ENE	Gündoğusu Poyraz	WSW	Günbatısı Lodos
E	Gündoğusu	W	Günbatısı
ESE	Gündoğusu Keşişleme	WNW	Günbatısı Karayel
SE	Keşişleme	NW	Karayel
SSE	Kible Keşişleme	WNW	Yıldız Karayel



**Şekil 2.1.** Rüzgar yönleri

Ölçüm veri setlerinde rüzgar yönleri de genellikle kayıt altına alınmaktadır. Ancak, tahmin veri kaynaklarının sunduğu veri setlerinde rüzgar hızları vektörel olarak verildiğinden, rüzgar yönleri de bu hız vektörleri kullanılarak hesaplanmaktadır. Rüzgar yönleri tanımlanırken iki farklı koordinat sistemi kullanılmaktadır. Bunlardan biri, matematiksel tanımlamalarda genellikle kullanılan kartezyen koordinat sistemidir. Bu koordinat sisteminde  $0^\circ$  pozitif x eksen yönünden başlayarak saat yönünün tersi istikametinde devam etmektedir. Diğer bir koordinat sistemi ise, meteorolojik koordinat sistemidir. Meteorolojik koordinat sisteminde başlangıç noktası pozitif y eksen yönündedir ve saat yönü istikametinde artacak şekilde devam etmektedir. Şekil 2.2’de kartezyen (sağ) ve meteorolojik (sol) koordinat sistemlerinin başlangıç eksen ve artış yönü gösterilmektedir.



**Şekil 2.2.** Koordinat sistemleri

### 2.1.3. Rüzgar ölçümü ve hızları

Rüzgarlar, anemometre ve anemograf denen cihazlarla ölçülmektedir (Şekil 2.3). Her iki cihazda da, hafif rüzgarlarda bile dönebilen bir pervane yardımıyla rüzgarın en önemli parametreleri olan rüzgar yönü ve hızı ölçülmektedir. Rüzgar hızı birimleri; km/saat, m/saniye ve deniz mili/saat (Knot) 'tir. Denizde en fazla kullanılan birim knottur ( $1 \text{ km/saat}=0.54 \text{ Knot} = 0.278 \text{ m/sn}$ ,  $1 \text{ m/sn}=1.94 \text{ Knot}$ ,  $1 \text{ knot}=0.52 \text{ m/sn}=1.85 \text{ km/s}$ ).



Şekil 2.3. Sabit anemometre ve anemograf

Denizde rüzgar hızının ifade edilmesinde Beaufort (Bofor) denilen bir ölçek kullanılmaktadır. Bu ölçeğe göre rüzgar hızları, terimleri vb. özellikleri Çizelge 2.2'de sunulmuştur.

## 2.2. Atmosferde Rüzgarların Özellikleri

### 2.2.1 Rüzgarların atmosferdeki genel yapısı

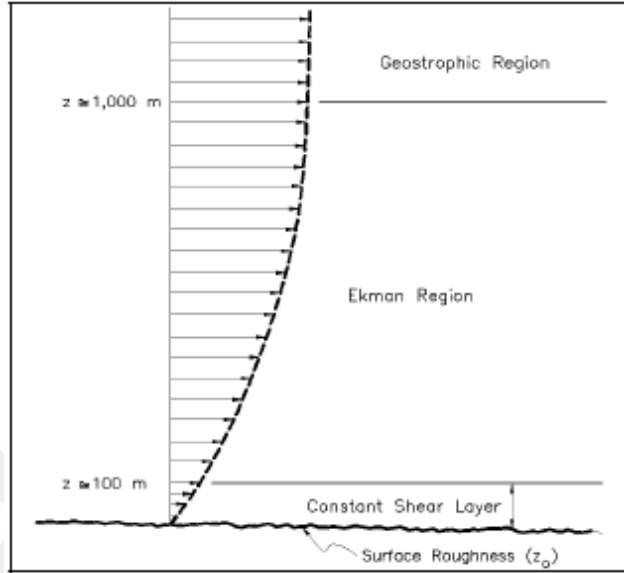
Atmosferin kalınlığı yüzlerce kilometre ile ifade edilebilmekle beraber, kıyı mühendisliğini ilgilendiren olaylar, yeryüzünden yaklaşık 11 km yüksekliğe kadar yer alan troposfer tabakasında meydana gelmektedir. Bu tabakanın, yaklaşık 2 km yüksekliğinde sınır tabakası olarak adlandırılan alt kısmındaki rüzgarlar, dünya yüzeyinden etkilenmektedir.

**Çizelge 2.2.** Beaufort ölçeği

Ölçek	Rüzgar Adı	Ort. Hız (Knot)	Deniz Durumu	Dalga yüksekliği (m) ve durumu	
1	Sakin (Calm)	0-1	Pürüzsüz	-	Durgun
2	Esinti (Light Air)	1-3	Hafif Karışıklık	0.1	
3	Hafif (Light)	4-6	Küçük Dalgacık	0.3	
4	İlhımlı Rüzgâr (Gentle Breeze)	7-10	Kırılan Dalgacıklar, Küçük Köpükler	0.7	Çırpıntılı
5	Mutedil Rüzgâr (Moderate Breeze)	11-16	Köpüklü Dalgalar	1.0	Çalkantılı
6	Sert Rüzgâr (Fresh Breeze)	17-21	Fazla Köpükler	2	Tatlı Dalga
7	Kuvvetli Rüzgâr (Strong Breeze)	22-27	Büyük Dalgalar, Aşırı Köpükler	3	Kaba Dalga
8	Çok Kuvvetli Rüzgâr (Near Gale)	28-33	Yükselen Deniz, Çatlayan Dalgalar	4	Çok Kaba Dalga
9	Fırtına (Gale)	34-40	Geniş Mutedil Dalgalar	5	
10	Kuvvetli Fırtına (Strong Gale)	41-47	Büyük Dalgalar, Yuvarlanan Köpükler	7	
11	Tam Fırtına (Storm)	48-55	Beyazlaşmış Deniz, Azalan Görüş Mesafesi	10	Yüksek Dalga
12	Çok Şiddetli Fırtına (Violent Storm)	56-63	Teknelerin Kaybolması, Köpükle Kaplı Deniz	12	Çok Yüksek Dalga
13	Kasırga (Hurricane)	>64	Havanın Köpük ve Suyu Dolması	>14	Müthiş Dalga

Şekil 2.4'te, idealize bir rüzgar profili görülmektedir. Sabit gerilme tabakası olarak adlandırılan en alt bölgede, koriolis kuvvetlerin etkisi yok denecek kadar azdır ve rüzgar yönleri hemen hemen sabittir. Ekman tabakası olarak adlandırılan tabakada ise koriolis kuvvetlerin etkisi hakim olmaktadır. Bu tabakanın üstündeki geostrofik tabaka ise yeryüzü etkisinin dışındadır ve bu bölgedeki rüzgarlardaki değişimlerin mekanizmaları, sınır tabakadakinden farklıdır. Dalga tahmininde kullanılan yüzeye yakın rüzgarların tahmininde başlıca iki yöntem uygulanmaktadır. Bu yöntemlerden ilki, kıyı alanları ve büyük göllerdeki rüzgarların tahmininde uygulanan yüzeye yakın rüzgar ölçümlerinin

direkt olarak enterpolasyonu, extrapolasyonu ve transformasyonudur. İkincisi, okyanuslardaki rüzgarların tahmininde uygulanan geostrofik tabakada tahmin edilen rüzgarların yüzeye taşınmasıdır.



Şekil 2.4. Atmosferde rüzgar profilinin düşey dağılımı

### 2.2.2. Kıyı ve deniz bölgelerindeki rüzgarlar

Kıyı ve deniz bölgelerindeki rüzgarlar, çeşitli zamansal ve yersel ölçeklerde pek çok faktörden etkilenmektedir. Kıyı alanlarında kara sebebiyle etkin olan iki önemli yerel etmen, dağcıl (orografik) etki ile deniz meltemi etkisidir. Dağcıl etkiler; dağlar, kıyıdaki kayalıklar ve yüksek adalar gibi kara şekillerinin etkisiyle hava akımının başka yöne saptırılması ve kanalize edilmesi veya blok edilmesiyle ortaya çıkmaktadır. Bir ilke olarak, engel yüksekliğinin ( $h_e$ , m), rüzgar hızının ( $U$ , m/s) 10 katından küçük olması halinde engelin rüzgarı etkilemeyeceği, aksi halde etkileyeceği kabul edilmektedir. Buna göre, 100 m yüksekliğindeki bir engel, kıyıdaki rüzgarların önemli bir bölümünü teşkil eden 10 m/s'ye kadar hıza sahip rüzgarları etkilemektedir. Bu engel yatay olarak 50-150 km büyüklüğündeki alanlar üzerinde etkili olabilir. Diğer bir orografik etki, dağlar gibi yüksek kara parçalarından esen soğuk rüzgarların (katabatik) etkisidir. Bu etkinin oluşması için soğuk hava gerekli olduğundan, katabatik etki yüksek rakımlı yerlerde etkindir ve yatay olarak çok dar bir kesimi (25 km düzeyinde) etkilemektedir. Meltem rüzgarlarının etkisi ise, kara ve deniz arasındaki ısı farklılıklarından ortaya çıkmakta ve



10 m/s'den küçük hızdaki rüzgarlar için 10-20 km uzunluğundaki kıyıya dik kesimde etkin olmaktadır (Yüksek 2015).

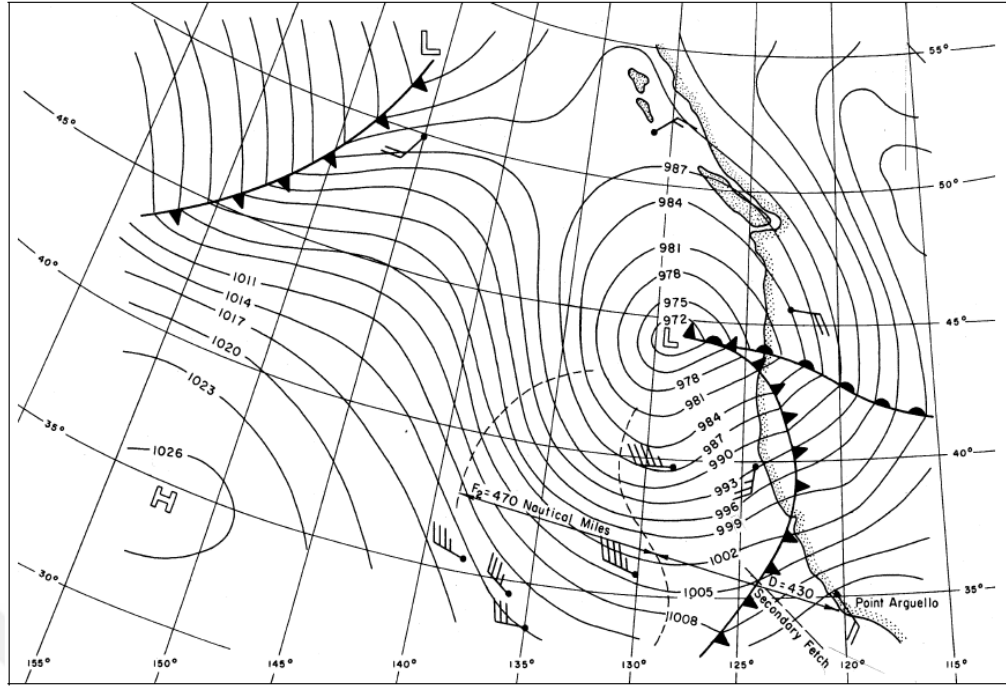
### **2.2.3. Deniz ve kıyılardaki rüzgarların tahmin edilmesi**

#### **2.2.3.1. Yakın kıyı gözlemlerine dayanan rüzgar tahminleri**

Deniz yüzeyindeki rüzgarların tahmininde kullanılan iki yöntemden ilki olan, yakındaki ölçümlerden tahmin yöntemi basit olması sebebiyle yaygın olarak kullanılmakta ve yaklaşık olarak 100 000 km<sup>2</sup>'ye kadar büyüklükteki su parçalarına başarıyla uygulanmaktadır. Bu yöntemin uygulanması için, farklı yerlerdeki (mesela karadan denize) ve yükseklikteki ölçümlerin birbirine dönüştürülmesi (transformasyon) gerekmektedir. Bu gereklilik, rüzgar hızı için yükseklik ve sıcaklık farkı düzeltmesi ve kara ölçümlerinin su üzerindeki rüzgar hızlarına dönüştürülmesini mecburi hale getirmektedir. Gemiler, açık deniz yapıları, petrol tesisleri gibi yerlerden alınan rüzgarların dalga ve rüzgar tarafından üretilen akıntı ve fırtına kabarması gibi diğer olayların tahmininde kullanılabilmesi için bu rüzgarların, standart 10 m kotundaki rüzgarlara dönüştürülmesi gerekmektedir. Belli bir yükseklikteki su üzerindeki rüzgar hızlarının kara üzerindeki rüzgar hızlarına oranı sabit olmayıp, kara üzerindeki rüzgar hızına bağlı olarak hesaplanabilmektedir.

#### **2.2.3.2. Hava ve basınç haritaları yardımıyla rüzgar tahminleri**

Sınır tabakanın üzerinde sinoptik ölçekli rüzgarları doğuran en önemli etmen, yatay basınç değişimleridir (gradyanları). Şekil 2.5'te gösterilen yüzey haritasında, sol taraftaki H yüksek, sağ taraftaki L ise alçak basınç merkezi bölgelerini göstermektedir. Basınçlar, L'den uzaklaştıkça artmakta, H'dan uzaklaştıkça ise azalmaktadır. Rüzgarlar, eş basınç eğrilerine (izobar) paralel esmektedir. Rüzgar hızı, izobarlar arasındaki mesafe ile ters orantılıdır. Haritada yayılmış olan ve üzerinde farklı sayıda püskül (tüy) olan okların yönü rüzgar yönünü göstermektedir; her bir yarım püskül, 5 knot (2.5 m/sn) hıza tekabül etmektedir.



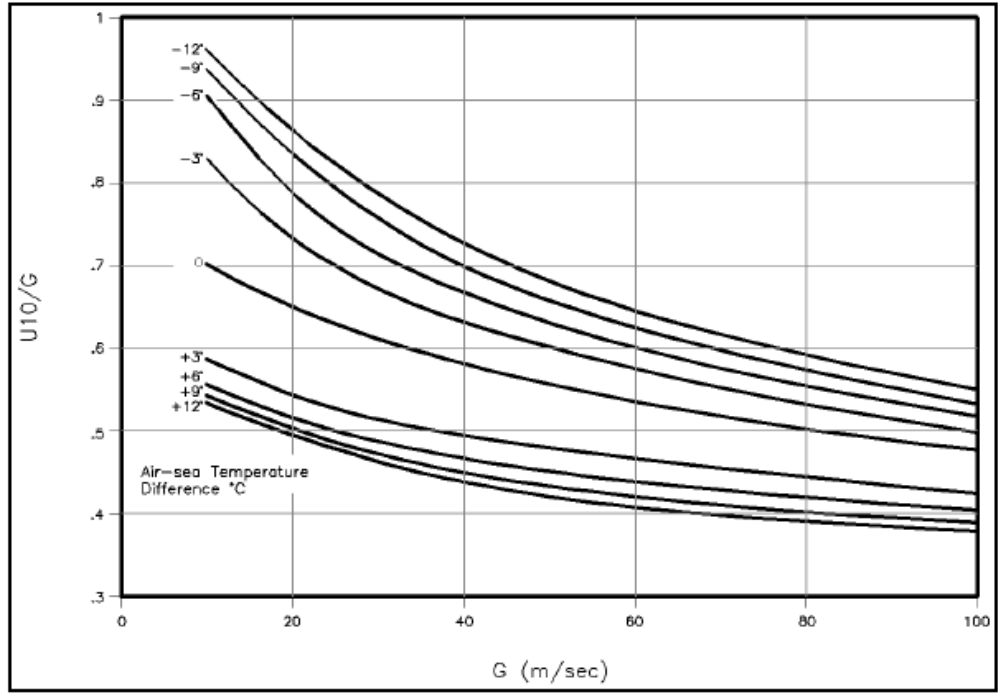
Şekil 2.5. Basınç haritası

Ekvator dışındaki bölgelerdeki sinoptik ölçekli rüzgarlar, izobarların düz (büyük eğrilik yarıçapına sahip) olmaları halinde genellikle geostrofik açıdan dengeye yakındır. Bu durumda, atmosfer hareketine ait Navier-Stokes denklemi aşağıdaki geostrofik denge denklemine dönüşmektedir:

$$U_g = \frac{1}{\rho_a f} \frac{dp}{dn} \quad (2.1)$$

Burada,  $U_g$  atmosfer sınır tabakasının üstünde ölçülen geostrofik rüzgar hızı,  $\rho_a$  havanın yoğunluğu,  $f$  koriolis parametresi ( $f = 1.458 * 10^{-4} \sin \varphi$ ),  $\varphi$  coğrafi enlem (1/sn),  $dp/dn$  izobarlara dik atmosfer basıncı gradyanıdır. Rüzgar hızı yerel izobarlara paraleldir.

Sınır tabaka seviyesindeki rüzgar hızı belirlendikten sonra bunun 10 m referans yüksekliğine taşınması gerekmektedir. Bu maksatla, Şekil 2.6 kullanılabilir. Bu şekilde, 10 m yükseklikteki hızın ( $U_{10}$ ) sınır tabakadaki hıza oranı ( $U_{10}/U_g$ ), sınır tabakada ölçülen rüzgar hızı ( $U_g$ ) ve hava-su arasındaki sıcaklık farkına bağlı olarak bulunabilmektedir.



Şekil 2.6. 10 m yükseklikteki hızın sınır tabakadaki hıza oranı

### 2.3. Karadeniz'in Genel Rüzgar Durumu

Karadeniz, 40-46° Kuzey enlemleri ve 27-41° Doğu boylamları arasında kalan eliptik şekle sahip kapalı bir havzadır. Diğer Avrupa denizleriyle kıyaslandığında, Akdeniz ve Kuzey Denizlerinden sonra üçüncü büyük denizdir. Karadeniz, 411 540 km<sup>2</sup>'lik bir alana ve 555 000 km<sup>3</sup>'lük bir hacme sahiptir ve ortalama derinlik 1315 metre ve maksimum derinlik 2258 metredir. Kıyı çizgisi uzunluğu yaklaşık 3400 km olmakla birlikte, batıdan Bulgaristan ve Romanya, kuzeyden ve doğudan Ukrayna, Rusya ve güneyden Türkiye kıyılarıyla çevrilmiştir. Kuzeybatı bölgeleri haricinde deniz batimetrisi dar bir şelf ile karakterize edilmektedir. Deniz, güney ve doğu kıyı kesimlerinde Pontik dağları ve Büyük ve küçük Kafkasların hakimiyetinde iken kuzeyde Kırım dağlarıyla çoğunlukla yarı kapalı çevrilmiş durumdadır. Batı kısmında, bir plato bölgesiyle karşılaşılrken, Danube Deltası bu bölgede önemli rol oynamaktadır. Kuzey batı ve batı sahil kesimlerinde Kalamitskii, Varna ve Burgas en önemli körfezler iken, deniz havzası güneyde Sinop ve Samsun'daki körfezlerin mevcudiyeti ile hakim kılınmaktadır (Onea ve Rusu 2014).

Karadeniz'in iklimi, bulunduğu coğrafi konum sebebiyle, farklı yönlerden gelen kıtasal, kutupsal ve denizel tropik hava kütlelerinden etkilenmektedir. Denizel tropik hava kütleleri, Akdeniz havzasından esen güney batılı rüzgarlardan meydana gelmekte ve kış mevsiminde kuzey ve kuzeydoğu yönünden esen kutupsal hava kütlelerinin mevcudiyeti, havzada düşük sıcaklıkların ve sık fırtınaların oluşmasına neden olmaktadır (Valchev ve ark. 2010). Kısa dönem iklim modelleri, ılıman denizler üzerinde siklon formasyonu ve soğuk hava kütle transferi için koşulları oluşturan Kuzey Atlantik salınımları (NAO) ve El-Nino güney salınımları (ENSO)'nın varlığından etkilenmektedir (Efimov ve ark. 2007, Voskresenskaya ve Maslova 2011). Bu iki atmosferik sistem, kışın kuzeyden esen kutupsal hava kütlelerinin etkinliğini düşürmektedir. NAO ve ENSO atmosferik sistemlerinin ortak gelişimleri, kış mevsiminde Karadeniz üzerinde daha yüksek olan siklon değişkenliğini doğrudan kapsayan Akdeniz bölgesindeki fırtınaların oluşumunu etkilemektedir (Maslova ve ark. 2010).

Karadeniz'de rüzgar koşullarına yönelik yapılmış çalışmalara göre, yazın 5 m/s, kış aylarında ise 8 m/s'lik ortalama rüzgar hızına sahip olması sebebiyle, denizin batı kısımları daha enerjik bir yapıya sahiptir (Enriquez ve ark. 2002). Bununla birlikte, batı tarafında büyük mevsimsel değişkenlik gözlenirken; doğu tarafı daha kararlı bir karakteristiğe sahiptir (Staneva ve Stanev 1998). Kışın özellikle batı tarafında, doğu ve kuzeydoğu rüzgarlarının etkisi altına girerek şiddetli fırtınalar meydana gelmektedir. Bir fırtına esnasında rüzgar hızı açık denizde 40 m/s değerini ve yakın kıyı bölgelerinde 25 m/s değerini kolaylıkla aşabilmektedir (Valchev ve ark. 2008).

Kafkasya ve Pontik dağları gibi bölgesel topoğrafya, belirgin yerel rüzgar olaylarını üreten Akdeniz ve kutupsal hava kütleleri tarafından tetiklenen genel rüzgar düzenini dönüştürmektedir. Genellikle, Karadeniz'in kuzeydoğu kesimlerinde meydana gelen Bora rüzgarları, yersel hava-kara etkileşimine bir örnek olarak verilebilmektedir. Bu olay, soğuk kuzeydoğu Arctic rüzgarlarının düşüşüyle meydana gelen ve Küçük Kafkas dağlarından Karadeniz'e doğru gelen iniş rüzgarlarının sonucudur (Alpers ve ark. 2009). Bora rüzgar koşullarının %78'i, 1-3 günlük periyotlarla 15 m/s'yi geçen rüzgar hızlarına sahipken, bu durum çoğunlukla 10 günden fazla sürmemektedir. Yıl boyunca en fazla 40 günlük periyotta Bora rüzgarlarının olduğu esnada, çoğunlukla Kasım ve Aralık

aylarında, 50 m/s'lik hızların yaygın olması sebebiyle bölgede deniz faaliyetlerinin etkilendiği görülmektedir (Alpers ve ark. 2010, Onea ve Rusu 2014).

#### **2.4. Literatür Özetleri**

Tez çalışması kapsamında konuyla ilgili literatür taramasının özet bilgileri aşağıda sunulmuştur;

Arıkan (1998) Karadeniz'de dalga tahmininde kullanılan iki farklı rüzgar verisini ve buna ilişkin dalga tahminlerini kıyaslamıştır. Belirli fırtınaların sinoptik haritalarının sayısallaştırılmasıyla elde edilen rüzgar alanları ile Avrupa Orta Dereceli Hava Tahmin Merkezi'nin (ECMWF) T213 meteoroloji modelinin analiz sonuçları kullanılmıştır. Her fırtınanın istasyonlarca kaydedilen en yüksek rüzgar hızı ve yönü, ECMWF rüzgar alanlarında söz konusu değerle karşılaştırılmıştır. Ayrıca, iki veri kaynağının çakıştığı dönemler için rüzgar hızı ve yönleri karşılaştırılmıştır. Lineer regresyon ve korelasyon analizleri yapılarak, veriler arasındaki uyum incelenmiştir. Bunlara ek olarak, Karadeniz kıyısındaki bazı istasyonların saatlik rüzgar kayıtları ile sinoptik haritalardan elde edilen rüzgar hızları karşılaştırılmıştır. ECMWF veri kaynağının kıyı istasyonu ölçümlerine göre, rüzgar hızlarını, 5 m/s civarında hata değerleriyle (RMSE ve Bias) düşük tahmin ettiği görülmüştür. Sinoptik veriler ve ECMWF verileri birbirine göre kıyaslandığında, Karadeniz'in batı sahilinde (Kumköy-İnebolu), 0,6 korelasyon katsayısı ve 1 m/s Bias değerleriyle yakın bir uyum görülmüştür. Sinop ve Hopa arasında ise, 0,3 korelasyon katsayısı ve 3 m/s Bias ile kötü ilişki görülmüştür. Sinoptik veriler ile saatlik istasyon ölçümleri kıyaslandığında düşük Bias değerleri elde edilse de, korelasyon katsayısı 0,3 değerinden yüksek çıkmamıştır.

Caires ve ark. (2004) birkaç re-analiz veri tabanından temin edilen rüzgar hız ve belirgin dalga yükseklik verilerini zaman ortalamalı uydu ve şamandıra ölçümleri ile değerlendirmiş ve performanslarını kıyaslamıştır. Veri setleri arasındaki kıyaslamalar kısa ölçekli özellikler, aylık ortalamalar ve uzun dönemli özellikler (eğilimler ve değişkenlik) açısından gerçekleştirilmiştir. Veri setlerinin kalitesinin farklı olmalarına karşın uzun ölçekli özelliklerinin çoğunun eşit bir şekilde bütün re-analizlerde mevcut

olduğu sonucuna varılmıştır. Birkaç dalg veri seti arasındaki farkların rüzgar hız veri setleri arasındakinden daha büyük olduğu belirtilmiştir.

Chelton ve Freilich (2005) ECMWF ve NCEP'in hava tahmin modellerinden 10 m rüzgar analiz veri setlerinin doğruluklarındaki en son değişimleri üç zaman periyodunu dikkate alarak değerlendirmişlerdir. 1997 ve 2000 zaman periyotları arasında her iki modelin doğruluklarında büyük gelişmelerin olduğu sonucuna varmışlardır.

Signell ve ark. (2005) dört meteorolojik modelden (ECMWF T511, LAMBO, LAMI, COAMPS) türetilen yüzey rüzgarlarının kalitesini iki aylık bir periyot için yarı kapalı Adriyatik Denizi'nde değerlendirmişlerdir. Bu rüzgar modelleri kullanılarak SWAN model yardımıyla Adriyatik Denizi için dalga verileri türetilmiştir. Rüzgar ve dalga verileri, Venice açıklarındaki ISMAR oşinografik kulede gözlenmiş olan ölçümlerle kıyaslanmıştır. Sonuçta, ECMWF veri setinin rüzgarları düşük tahmin ettiği ve güçlü rüzgar olaylarının bilinen alansal yapısını yeniden üretemediğini belirtmişlerdir. Rüzgarları, daha yüksek çözünürlüklü LAMI ve COAMPS modellerinin daha kaba ECMWF modeline göre daha iyi temsil ettiği ifade edilmiştir.

Ardhuin ve ark. (2007) Batı Akdeniz'de dalga tahmin modellerinin Bias değerlerini kanıtlamayı ve bu modellerin doğruluklarını tanımlamayı hedeflemişlerdir. Bu dalga model sonuçları çoğunlukla rüzgar alanlarının kalitesine bağlı olduğundan dolayı rüzgar alanlarının (ALADIN, COAMPS, ARPEGE ve ECMWF) doğruluğu ayrıca tartışılmıştır. Rüzgar alanlarının kalitesinin kıyıya yakın bölgelerde orografik şartlar nedeniyle düşük olduğu ve daha yüksek çözünürlüklü rüzgar modellerinin (ALADIN, COAMPS ve ARPEGE) oldukça iyi işlediği belirtilmiştir.

Bolanos-Sanchez ve ark. (2007) iki üçüncü nesil dalga üretim modeline (SWAN ve WAM) girdi verisi olarak iki atmosferik model (ARPEGE ve MASS) tanımlayarak iki aşırı fırtına boyunca dalga simülasyonları gerçekleştirmiş ve kıyaslamışlardır. ARPEGE ve MASS modellerinin kıyı meteorolojik istasyonlarından daha yüksek 10 m rüzgar hızları tahmin ettiği sonucuna varılmıştır. Rüzgar yönüne ilişkin modellerin büyük farklar

sunmadıkları ve ARPEGE modelinin QuikSCAT verisi ile kıyaslandığı zaman MASS modelinden daha az saçılım ve daha düşük hata gösterdiği belirtilmiştir.

Lileo ve Petrik (2011) enerji üretim tahminlerinde farklı re-analiz veri setlerinin (NCEP-NCAR, MERRA ve NCEP-CFSR) kullanımını araştırmayı hedeflemişlerdir. MERRA ve CFSR re-analiz verilerinin daha yüksek alansal ve zamansal çözünürlükleri yersel rüzgar ikliminin daha iyi bir sunumuna sahip olduğunu belirtmişlerdir. Üç re-analiz veri setinin alanda açıkça tutarlı olduğu gözükmesine rağmen, bazı karelej verisinin zamansal uyumu oldukça düşük olduğu sonucuna varmışlardır. MERRA ve CFSR re-analiz rüzgar verisinin kullanımının enerji üretim tahminleri için doğrulukta bir gelişme sundukları ifade edilmiştir. Ancak, her özel durum için en uygun karelej noktasının seçiminin ve ilişkili belirsizliğin gelişiminin dikkatli bir şekilde analiz edilmesi gerektiği önerisinde bulunmaktadırlar.

Appendini ve ark. (2012) üç farklı rüzgar re-analiz verisini (NCEP-NCAR, ERA-Interim ve NCEP-NARR) işleyerek Meksika Körfezi ve Batı Karayip Denizi'nde dalga modelleme performansını değerlendirmişlerdir. İki farklı yıl boyunca ortalama ve ekstrem dalga şartlarını tahmin etmede rüzgar re-analizlerinin kabiliyetinin analizi üzerine özellikle odaklanmışlardır. Çalışmanın sayısal sonuçları, ekstrem ve ekstrem olmayan şartlar (NCEP-NCAR için  $r = 0,84$ ; ERA-Interim için  $r = 0,94$ ; NARR için  $r = 0,92$ ) için ERA-Interim ve NARR modellerinin NCEP-NCAR modeline göre, dalga modelleme performansını daha fazla geliştirdiğini göstermiştir. Buna karşın, yüksek alansal ve zamansal çözünürlüklü NARR verisinin ekstrem olayları modellemede daha uygun olduğu da belirlenmiştir.

Carvalho ve ark. (2012) farklı başlangıç ve sınır şartları altında okyanus yüzey rüzgar simülasyonunda WRF modelinin performansını değerlendirmişlerdir. Re-analiz veri setlerinin gelişimindeki sürekli ilerlemeler nedeniyle, farklı re-analiz ürünleri ile oluşturulan WRF modellerini kıyaslamak hedeflenmiştir. İlk nesil re-analiz ürünü NCEP-R2, son yıllarda türetilmiş iki yeni nesil re-analiz ürünleri, (ERA-Interim ve NCEP-CFSR) İberian yarımadasının açıklarında yüzeysel okyanus rüzgar simülasyonlarını gerçekleştirmek için WRF modele başlangıç ve sınır şartı olarak tanımlanmıştır. Bu üç

re-analiz ürününün hangisinin daha doğru rüzgar simülasyonları türetebildiğini belirleme hedefi doğrultusunda sonuçlar, seçilen bölgedeki beş rüzgar şamandırasından temin edilen ölçülmüş rüzgar verisi ile kıyaslanmıştır. Çalışma sonucunda, çalışma alanında yeni nesil re-analiz ürünlerinin (ERA-Interim için  $RMSE=1,90$  m/s;  $Bias=0,53$  m/s;  $r=0,88$  ve NCEP-CFSR için  $RMSE=1,98$  m/s;  $Bias=0,63$  m/s;  $r=0,87$ ) daha eski re-analiz ürünlerinden (NCEP-R2 için  $RMSE=2,40$  m/s;  $Bias=0,38$  m/s;  $r=0,78$ ) daha iyi olduğu ifade edilmiştir.

Jakobson ve ark. (2012) Kuzey Buz Denizi'nde Nisan-Ağustos 2007 arasında hava sıcaklığı, havadaki nem ve rüzgar hızı üzerine biriktirilmiş veriye karşı atmosferik re-analiz ürünlerini (ERA-Interim, JCDAS, NCEP-CFSR, NCEP-DOE, ve NASA-MERRA) doğrulamıştır. Bütün re-analiz ürünlerinin büyük hatalara sahip olduğu ve ERA-Interim rüzgarlarının Bias, RMSE hataları ve korelasyon katsayıları açısından diğer re-analiz ürünlerine üstün olduğu belirtilmiştir. Ancak, 10 m yükseklikteki rüzgar hızları açısından, her iki NCEP re-analiz ürünlerinin ve MERRA'nın diğer re-analiz ürünlerine üstünlük sağladığı ve bunlar arasından birinin seçilmek istenmesi durumunda ise NCEP CFSR re-analizinin kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir. 10 m yükseklikteki rüzgar hızının RMSE hata değeri yaklaşık olarak bütün re-analiz ürünlerinde 1,5 m/s olarak elde edilmiştir.

Jimenez ve ark. (2012) enerji üretim tahmini için uzun dönemli referanslar olarak farklı re-analiz veri setlerinin kullanımını değerlendirmeyi hedeflemişlerdir. İki farklı re-analiz veri setinden (NCEP-NCAR ve MERRA) türetilen rüzgar verisi Brezilya, Kuzey Afrika, Güney Afrika, Polonya ve İskandinavya'da yer alan altı farklı kıyı önü alanlardaki ölçümlerle analiz edilmiştir. MERRA rüzgar verisinin en ince alansal ve zamansal çözünürlüklerinin yersel rüzgar hız ölçümleri ile korelasyon derecesinde arzu edilebilir gelişmelerin olmasına katkı yapabildiği sonucuna varılmıştır. Bütün veri setlerinin enerji üretim tahminlerini etkileyebilen bir veya başka bir alanda zamansal tutarsızlıklar gösterdikleri ve MERRA verisinin çoğu durumda NCEP-NCAR I ve II verisinden daha iyi olduğu belirtilmiştir.



Martin ve ark. (2012), NCEP-NCAR I, NCEP-DOE II, JRA-25 ve ERA-Interim küresel veri tabanlarının performanslarını, bu rüzgar alanlarını SWAN modele girdi olarak tanımlayıp elde ettikleri tahmin sonuçlarını ölçülmüş dalga parametreleri ile kıyaslayarak değerlendirmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, en düşük Bias değeri (0,22 m), ERA-Interim rüzgarlarını kullanan, ortalama karekök hata açısından en düşük değerler NCEP-NCAR I (0,16 m) ve NCEP-DOE II (0,19 m) rüzgarlarını kullanan ve en iyi eğim NCEP-DOE II (0,79) rüzgarlarını kullanan SWAN modelden elde edilmiştir. Bu analizin yanında enerjik ve aşırı dalga olaylarına özel ilgi gösterilerek en enerjik dalga olayı da analiz edilmiştir. Bu ekstrem fırtına olayı boyunca dalga karakteristiklerindeki en iyi anlaşmanın NCEP-DOE II rüzgarlarını kullanan SWAN model sonuçları ile elde edildiği, sonuçta da, bu rüzgar veri kaynağının çalışma bölgesi için en iyi rüzgar kaynağı olduğu belirtilmiştir.

Ponce de Leon ve ark. (2012) üçüncü nesil dalga üretim modeline girdi sağlamada üç atmosferik modelin (HIRLAM, ECMWF ve WRF) performansını değerlendirmek için Batı Akdeniz’de bir dalga tahmin çalışması yürütmüşlerdir. Bu rüzgar modelleri, dalgaların üremesi için modele girdi olarak tanımlanmış ve sonuçta türetilen dalga verileri Balearik Denizi civarındaki dört şamandıradaki gözlenmiş ölçümlerle kıyaslanmıştır. Bütün veri kaynaklarının büyük ölçekte operasyonel dalga tahmini için iyi girdiler sağladıkları sonucuna varılmıştır. Ancak, çalışılan alanda yaz ve kış şartlarını daha iyi temsil eden atmosferik modelin 1,5 km çözünürlüklü saatlik WRF olduğu belirtilmiştir.

Wang ve Zeng (2012) altı re-analiz ürününü (MERRA, NCEP/NCAR I, CFSR, ERA-40, ERA-Interim ve GLDAS) 63 hava istasyonunda gözlenmiş alan ölçümlerini kullanarak değerlendirmiştir. Çalışmanın rüzgar hızlarına ilişkin sonuçlarına göre, bütün re-analiz ürünleri rüzgarın değişimlerini iyi bir şekilde yakaladığı belirtilmiştir.

Carvalho ve ark. (2013) birkaç QuikSCAT ürünü ve CCMP’den türetilmiş okyanus yüzey rüzgar verisini, yersel rüzgar rejim karakteristiğini tanımlayabilmek için bu veri setlerinin hangisinin daha yüksek doğruluğa ve yeteneğe sahip olduğunu değerlendirebilmek için rüzgar hız ve yön ölçümleri ile kıyaslamışlardır. QuikSCAT ürünlerinin rüzgar yönünün ortalama durumunu (daha düşük Bias değeri) ve rüzgar hızının zamansal değişkenliğini

(daha yüksek korelasyon katsayısı ve daha düşük RMSE ve hatanın standart sapması) güçlü bir şekilde temsil ettiği sonucuna varılmıştır.

Akpınar ve Van Vledder (2014) ve Van Vledder ve Akpınar (2015) Karadeniz’de üçüncü nesil dalga üretim modeli SWAN’ın performansı üzerine farklı atmosferik rüzgar alan modelleri (NCEP-CFSR, NASA-MERRA, JRA-25, ECMWF-Operasyonel, ECMWF-ERA-40 ve ECMWF-ERA-Interim) kullanmanın etkisini ve 1996 yılı boyunca normal ve ekstrem dalga şartlarını tahmin etme için kabiliyetini değerlendirmişlerdir. Bu rüzgar verileri dalgaların üretilmesi için SWAN modele girdi olarak tanımlanmış ve tahmin edilmiş dalga verilerinin performansları şamandıra ve uydu verileri ile test edilmiştir.

Alvarez ve ark. (2014) altı farklı veri setinden rüzgar verilerini (NCEP-R2, ERA-Interim, MERRA, CFSR, QuikSCAT, ve CCMP) Biscay körfezinin güney sınırında dört deniz şamandırasında ölçülmüş rüzgar verileriyle kıyaslamıştır. Çalışmanın istatistiksel sonuçları, daha ince alansal çözünürlüklü veri setlerinin daha iyi sonuçlar verdiğini doğrulamıştır. Ortalama rüzgar hızı için en düşük Bias değeri QuikSCAT verisinden elde edilmiş ve daha sonra en düşük hataya CFSR rüzgar verisinin sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Carvalho ve ark. (2014a) rüzgar simülasyonu ve rüzgar enerji tahminlerinde WRF modelinin performansını farklı başlangıç ve sınır şartları altında değerlendirmiştir. Yeniden analiz (re-analiz) veri setlerinin gelişimindeki sürekli iyileşme ve ilerlemeler nedeniyle, tüm dünyada yaygın bir şekilde kullanılan daha eski NCEP-R2 veri setinin, son zamanlarda türetilmiş üç re-analiz veri seti (ERA-Interim, NASA-MERRA, and NCEP-CFSR) ile kıyaslanması hedeflenmiştir. Ayrıca, rüzgar enerji değerlendirme çalışmalarında yaygın kullanımları nedeniyle WRF modelini çalıştırmak için NCEP-GFS ve NCEP-FNL analizleri de kullanılmış ve sonuçları, re-analizler veri setleri ile gerçekleştirilmiş simülasyonların sonuçlarıyla kıyaslanmıştır. Böylelikle, altı farklı WRF simülasyonu yürütülmüş ve sonuçları, yüksek rüzgar enerji potansiyelli alanlarda Portekiz’de yer alan 13 rüzgar ölçüm istasyonunda biriktirilmiş rüzgar ölçümleri ile irdelenmiştir. Bütün gerçekleştirilmiş çalışma sonuçlarına dayanarak yeni nesil re-analiz veri setlerinin rüzgar simülasyonlarında arzu edilebilir bir gelişme sağlayabildikleri tespit

edilmiştir. Ayrıca, ERA-Interim (RMSE=2,10 m/s; Bias=0,34 m/s;  $r=0,79$ ) re-analizinin muhtemelen en gerçekçi başlangıç ve sınır şartı sağlayan veri seti olduğu ve NCEP-GFS (RMSE=2,13 m/s; Bias=0,30 m/s;  $r=0,78$ ) ve NCEP-FNL (RMSE=2,17 m/s; Bias=0,31 m/s;  $r=0,77$ ) analizlerinin ERA-Interim'e en iyi alternatif veri kaynakları olabilecekleri sonucuna varılmıştır.

Carvalho ve ark. (2014b) en doğru okyanus yüzey rüzgar simülasyonunu sağlayabilen rüzgar alanlarını tespit edebilme hedefi doğrultusunda farklı başlangıç ve sınır şartları ile oluşturulan WRF model simülasyonları gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada, her birinin başlangıç ve sınır şartlarının farklı olduğu (NCEP-R2, ERA-Interim, NCEP-CFSR, NASA-MERRA, NCEP-FNL ve NCEP-GFS) altı yüzey rüzgar simülasyonu işlenmiştir. Sonuçlar, Iberian yarımada bölgesinde rüzgarı ölçen beş şamandıradaki biriktirilmiş veri kullanarak değerlendirilmiştir. Sonuçta, ERA-Interim (RMSE=1,85 m/s; Bias=0,48 m/s;  $r=0,88$ ) re-analiz rüzgar alanlarının muhtemelen açık deniz ve yakın kıyı alanları için yakın yüzey rüzgar simülasyonlarını gerçekleştirebilmede en uygun başlangıç ve sınır şart verisi sağladığı tespit edilmiştir. Ancak, açık deniz alanları için NCEP-R2 re-analiz veri setinin potansiyel rüzgar enerji üretiminin en doğru tahminini verdiği de belirtilmiştir. Bunlarla birlikte, NCEP-GFS (RMSE=1,89 m/s; Bias=0,56 m/s;  $r=0,88$ ) ve NCEP-FNL (RMSE=1,89 m/s; Bias=0,53 m/s;  $r=0,87$ ) analizlerinin bu iki rüzgar veri kaynağına geçerli alternatif olabilecekleri de ifade edilmiştir.

Onea ve Rusu (2014) Karadeniz havzasında rüzgar ikliminin kapsamlı bir analizinin sağlanmasını hedeflemişlerdir. 1999-2012 yılları arasındaki 14 yıllık ölçüm ve iki re-analiz (ECMWF ve NCEP) rüzgar verileri ile bu analiz gerçekleştirilmiştir. Bu üç veri setine dayanarak belirgin enerjik rüzgar şartlarının Karadeniz'in batı bölümünde meydana geldiği sonucuna varılmıştır.

Stopa ve Cheung (2014) uydu ve şamandıra ölçümlerinden yararlanarak ERA-Interim ve NCEP-CFSR re-analizlerinden sağlanan rüzgar hızları ve dalga yüksekliklerinin iç kıyaslaması üzerine odaklanmıştır. Çalışmada, ERA-Interim re-analizinin gözlemlere kıyasla daha düşük standart sapmalarla rüzgar hızını ve dalga yüksekliğini çoğunlukla düşük tahmin ettiği ve küçük bir pozitif Bias değerine sahip olmasına karşın CFSR re-

analizinin, ekstrem olaylara ilişkin daha yüksek aşılmama olasılıklı değerlerde gelişmiş performans gösterdiği ve gözlemlerin değişkenliğini daha iyi temsil ettiği belirtilmiştir.

Bu literatür tarama sonuçlarına göre, bu tez çalışmasında konu edinilen ilgi alanında mevcut re-analiz veri setlerinin performanslarını irdeleyen çok az çalışmanın olduğu görülmektedir. İlgi alanında gerçekleştirilen üç çalışmadan ikisi olan Akpınar ve Van Vledder (2014) ve Van Vledder ve Akpınar (2015)'te, Karadeniz'de atmosferik modellerin performansları dalga simülasyonları sonucunda türetilen dalga verilerinin kıyaslanması sonucunda irdelenmiş, ancak doğrudan rüzgar ölçümleri ile bir değerlendirme yapılmamıştır. Onca ve Rusu (2014)'de ise, çalışma doğrudan iki farklı rüzgar veri kaynağının kıyaslamasına odaklanmamış yalnızca her iki veri kaynağı ve ölçümlerle rüzgar istatistiği irdelenmiştir. Ayrıca, bu çalışma yalnızca Karadeniz'in kuzey batı bölgesine odaklanmıştır. Bu nedenlerden dolayı, bu tez çalışması ile Karadeniz'de dalga modelleme çalışmalarında kullanılan eski ve yeni nesil rüzgar re-analiz veri setlerinin doğrulukları özellikle Karadeniz'in güney sahillerine odaklanılarak doğrudan rüzgar ölçümleri ile belirlenecektir. Böylelikle, dalga modellemesinde ana girdi kaynağı olarak kullanılan re-analiz rüzgar veri kaynaklarının doğrudan rüzgar ölçümleri ile kıyaslanması sonucunda bölge için en uygun re-analiz veri kaynağı belirlenecek ve literatürdeki bu yöndeki önemli bir eksikliğin giderilmesine katkı sağlanacaktır.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Çalışma Bölgeleri ve İstasyonlar

Farklı rüzgar veri kaynaklarının Karadeniz’de nasıl bir performans sergilediğini incelemek için, Karadeniz’in güney kıyılarında karasal rüzgar ölçüm istasyonları ve Romanya kıyılarına yakın bir konumda bulunan açık deniz rüzgar ölçüm istasyonu seçilmiştir. Türkiye’nin Karadeniz kıyılarında yapılacak oşinografik çalışmalara katkıda bulunmak adına, kıyı boyunca yaklaşık eşit aralıklarla beş farklı DMİ rüzgar ölçüm istasyonu seçilmiştir. Karasal istasyonlar: Kumköy, Amasra, Sinop, Giresun ve Hopa istasyonlarıdır. Tahmin veri setlerinin karasal ve açık deniz istasyonlarında nasıl performans gösterdiğini kıyaslamak için de Gloria açık deniz istasyonu dikkate alınmıştır.

Tahmin veri kaynaklarının karelej ağları incelenerek her veri kaynağı için seçilen istasyonlara en yakın dört karelej noktası belirlenmiştir. Ölçüm istasyonlarının ve her veri kaynağı için dikkate alınan karelej noktalarının koordinat bilgileri Çizelge 3.1’de verilmiştir. Tüm istasyonlar için bu noktalar Şekil 3.1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Çalışma kapsamında dikkate alınan bütün karelej noktalarının ve ölçüm istasyonlarının koordinatları

İstasyon	Karelej Noktası	CFSR	MERRA	ECMWF	İstasyon	Karelej Noktası	CFSR	MERRA	ECMWF
Kumköy 41,251 K 29,038 D	1	41,058 K 28,750 D	41,000 K 28,667 D	41,250 K 29,000 D	Giresun 40,923 K 38,388 D	1	40,746 K 38,125 D	40,500 K 38,000 D	40,750 K 38,250 D
	2	41,058 K 29,062 D	41,000 K 29,333 D	41,250 K 29,250 D		2	40,746 K 38,437 D	40,500 K 38,667 D	40,750 K 38,500 D
	3	41,370 K 29,062 D	41,500 K 29,333 D	41,500 K 29,250 D		3	41,058 K 38,437 D	41,000 K 38,667 D	41,000 K 38,500 D
	4	41,370 K 28,750 D	41,500 K 28,667 D	41,500 K 29,000 D		4	41,058 K 38,125 D	41,000 K 38,000 D	41,000 K 38,250 D
Amasra 41,753 K 32,383 D	1	41,683 K 32,187 D	41,500 K 32,000 D	41,750 K 32,250 D	Hopa 41,407 K 41,433 D	1	41,370 K 41,250 D	41,000 K 41,333 D	41,250 K 41,250 D
	2	41,683 K 32,500 D	41,500 K 32,667 D	41,750 K 32,500 D		2	41,370 K 41,562 D	41,000 K 42,000 D	41,250 K 41,500 D
	3	41,995 K 32,500 D	42,000 K 32,667 D	42,000 K 32,500 D		3	41,682 K 41,562 D	41,500 K 42,000 D	41,500 K 41,500 D
	4	41,995 K 32,187 D	42,000 K 32,000 D	42,000 K 32,250 D		4	41,682 K 41,250 D	41,500 K 41,333 D	41,500 K 41,250 D
Sinop 42,030 K 35,155 D	1	41,995 K 35,000 D	42,000 K 34,667 D	42,000 K 35,000 D	Gloria 44,517 K 29,567 D	1	44,493 K 29,375 D	44,500 K 29,333 D	44,500 K 29,500 D
	2	41,995 K 35,312 D	42,000 K 35,333 D	42,000 K 35,250 D		2	44,493 K 29,687 D	44,500 K 30,000 D	44,500 K 29,750 D
	3	42,307 K 35,312 D	42,500 K 35,333 D	42,250 K 35,250 D		3	44,805 K 29,687 D	45,000 K 30,000 D	44,750 K 29,750 D
	4	42,307 K 35,000 D	42,500 K 34,667 D	42,250 K 35,000 D		4	44,805 K 29,375 D	45,000 K 29,333 D	44,750 K 29,500 D



**Şekil 3.1.** Bütün istasyonlarda tahmin veri kaynaklarının kareyaj noktaları

Kareyaj noktalarının konumlarının gösterildiği Şekil 3.1’de ECMWF olarak tanımlanan noktalar, aynı alansal çözünürlüğe sahip olan ERA-Interim ve Operasyonel veri kaynaklarını temsil etmektedir. Analiz sonuçlarının sunulduğu bölümlerde ise, ERA-Interim için ERAI; Operasyonel için de Oper. kısaltmaları kullanılmıştır.

İstasyonları en iyi temsil edeceği düşünülen noktaların verilerinin yanı sıra, en yakın dört noktayı kullanarak oluşturulan ağırlıklı ortalama değerleri veren veri setleri de ölçümlerle

kıyaslanarak en iyi performansı gösteren durum tespit edilmiştir. Ağırlıklı ortalamaları oluştururken iki farklı hesap yöntemi kullanılmıştır. Uzaklıkların karelerinin tersi kullanılarak hesaplanan uzaklık ağırlıklı ortalamalar yöntemi bunlardan biridir (Soukissian ve Papadopoulos 2015). Uzaklık ağırlıklı ortalama rüzgar hızları

$$U = \frac{\sum_{i=1}^4 (u_i / r_i^2)}{\sum_{i=1}^4 (1 / r_i^2)} \quad (3.1)$$

bağıntısına göre hesaplanmıştır. Burada,  $U$  ortalama rüzgar hızını,  $u_i$  en yakın karelej noktalarındaki rüzgar hızlarını,  $r_i$  noktaların istasyona uzaklıklarını göstermektedir. Karelej noktalarının istasyonlara uzaklıkları Çizelge 3.1’ sunulmuştur.

**Çizelge 3.2.** Karelej noktalarının istasyonlara uzaklıkları

İstasyon	Nokta	Uzaklık (km)			İstasyon	Uzaklık (km)		
		CFSR	ECMWF	MERRA		CFSR	ECMWF	MERRA
Kumköy	1	31,31	3,22	41,80	Amasra	18,03	11,14	42,51
	2	21,47	17,74	37,22		12,46	9,76	36,75
	3	13,42	33,03	37,38		29,30	30,68	35,94
	4	27,59	27,94	41,67		32,32	29,96	42,34
Sinop	1	13,37	13,23	40,55	Giresun	29,61	22,43	57,26
	2	13,62	8,59	15,21		20,06	21,38	52,55
	3	34,14	26,14	54,66		15,79	12,77	25,05
	4	34,03	28,22	66,79		26,78	14,54	33,72
Hopa	1	15,89	23,17	46,10	Gloria	15,52	5,65	18,70
	2	11,53	18,27	65,55		9,91	14,70	34,51
	3	32,57	11,81	48,41		33,43	29,73	63,72
	4	34,60	19,29	13,50		35,47	26,48	56,83

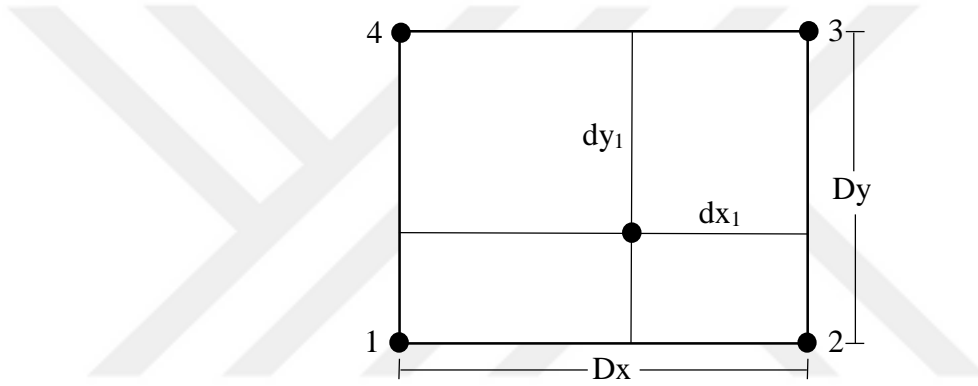
Diğer yöntem, ise alansal ağırlıklı ortalamalar yöntemi (Macias 2015)’dir. Alansal ağırlıklı ortalama rüzgar hızları

$$U = \frac{\sum_{i=1}^4 (u_i * w_i)}{\sum_{i=1}^4 w_i} \quad (3.2)$$

denklemine göre hesaplanmıştır. Bu denklemde,  $U$  ortalama rüzgar hızını,  $u_i$  en yakın noktalardaki rüzgar hızını,  $w_i$  ise alansal ağırlıkları göstermektedir. Alansal ağırlıklar ise

$$w_i = (Dx - dx_i) * (Dy - dy_i) \quad (3.3)$$

bağıntısına göre hesaplanmıştır. Bağıtıda  $Dx$  ve  $Dy$  sırasıyla noktalar arası yatay ve dikey uzaklığı,  $dx_i$  ve  $dy_i$  ise hesaba katılan noktanın sırasıyla yatay ve dikey olarak karşısında kalan noktanın istasyonla olan mesafesini göstermektedir. Daha kolay anlaşılması için örnek olarak 1 noktasının alansal ağırlık hesabında kullanılan mesafeler Şekil 3.2’de ayrıntılı gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Alansal ağırlık hesabında kullanılan mesafelerin bir örneği

## 3.2. Veri Kaynakları

### 3.2.1. Ölçüm verileri

Kıyaslamada baz alınacak ölçümler, 2000-2014 yılları arasında, Karadeniz’in güney kıyılarında belirlenen karasal istasyonlar için Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden talep edilmiştir. Bu ölçümler, evrensel saate (UTC) göre, 10 metre yükseklikteki saatlik rüzgar hızlarını ve yönlerini gösterecek şekilde temin edilmiştir. Yönler, dört ana yönü ve on iki ara yönü gösterecek şekilde kaydedilmiştir. 2000-2007 yılları arasındaki veriler sinoptik gözlem istasyonlarında, 2008-2014 yıllar arasındaki veriler ise otomatik gözlem istasyonlarında ölçülmüş veriyi temsil etmektedir.



Talep edilen DMİ verileri bütün istasyonlar için tam olarak temin edilememiştir. Temin edilen yıllar ve veri sayıları Çizelge 3.2’ de sunulmuştur.

**Çizelge 3.3.** DMİ istasyonlarının yıllara göre veri sayıları

	İstasyon	Kumköy	Amasra	Sinop	Giresun	Hopa
Yıl	İstasyon tipi	Veri sayıları				
2000	Sinoptik	-	-	1111	1466	2094
2001	Sinoptik	1160	-	1268	2237	2109
2002	Sinoptik	1348	-	2010	1890	2480
2003	Sinoptik	954	-	971	1555	1615
2004	Sinoptik	6289	4722	6063	3645	1570
2005	Sinoptik	8481	8267	7094	3198	2495
2006	Sinoptik	8012	8535	8557	1107	3745
2007	Sinoptik	8349	7036	8280	1565	5768
2008	Otomatik	8759	8133	8536	-	-
2009	Otomatik	8717	8741	8577	-	-
2010	Otomatik	8617	7764	8667	8059	8059
2011	Otomatik	8728	8711	8583	8195	8195
2012	Otomatik	8739	8761	8673	7086	7086
2013	Otomatik	8730	8747	8729	6353	6353
2014	Otomatik	8572	8670	8697	7731	7731

Romanya kıyısına yakın konumda bulunan açık deniz istasyonu Gloria’da ise açık deniz sondaj platformu tarafından kaydedilen 2006-2009 yılları arasında, evrensel saate göre, deniz seviyesinden 36 metre yükseklikteki rüzgar hızlarını ve yönlerini gösteren veri seti de temin edilmiştir. Rüzgar hızı ölçümleri altı saatte bir gerçekleştirilmiş ve yönleri derece olarak kaydedilmiştir. Çizelge 3.3 Gloria istasyonunda kaydedilen veri sayılarını göstermektedir.

**Çizelge 3.4.** Gloria istasyonunun yıllara göre veri sayıları

Yıl	2006	2007	2008	2009
Veri sayısı	1423	1422	1430	1310

### 3.2.2. Tahmin veri setleri

NCEP-R1 olarak bilinen ilk nesil re-analiz veri setleri (Kalnay ve ark. 1996), NCEP tarafından sağlanmıştır. Bu veri setlerinde önemli sayıda sorun tespit edilmesinin ardından, veri setlerinin kullanımı, iklim ve meteorolojik çalışmalarda ciddi riskler teşkil etmeye başlamıştır. NCEP-R2 olarak bilinen re-analiz veri setlerinin ikinci sürümü (Kanamitsu ve ark. 2002) saptanan bu sorunları çözmek için NCEP tarafından sunulmuştur. Geliştirilen bu sürüm, başlangıç ve sınır koşulları için mevcut olan birçok hava tahmin modeli arasından, en yaygın kullanılan re-analiz veri seti durumuna gelmiştir. NCEP-R2 ilk nesil re-analiz olmasına rağmen, günümüze kadar gerçek zamanlı olarak işlenmeye devam etmiştir; ancak ilk nesil re-analiz veri setleri arasında benzersiz özelliklere sahip ECMWF'nin ERA-40 (Uppala ve ark. 2005) ve Japon Meteoroloji Ajansı'nın JRA-25 (Onogi ve ark. 2007) re-analiz veri setleri sırasıyla 2001 ve 2004 yıllarında sonlandırılmıştır. Ancak, son birkaç yıldır aralarında ERA-Interim adıyla bilinen ECMWF'in re-analiz veri seti, NCEP tarafından sağlanan CFSR re-analiz veri seti ve NASA'nın MERRA re-analiz veri setinin de bulunduğu yeni nesil re-analiz veri setleri üretilmektedir. Bu yeni re-analiz veri setlerinin daha önceki re-analiz veri setlerinin gelişim çabaları ve operasyonel hava tahminlerindeki geliştirmeler nedeniyle belirgin bir ilerleme sağladığı tahmin edilmektedir (Carvalho ve ark. 2014a).

Yeni re-analiz veri setleri kıyaslandığında, NCEP-R2'nin en kaba yatay ve dikey çözünürlüğe sahip ve uydu gözlemlerinin kullanımının limitli olduğu görülmektedir. Avrupa'da en son üretilen dünya çapında re-analiz veri seti olan ERA-Interim, dört boyutlu değişken analizi olan asimilasyon metodu kullanmaktadır (Dee ve Uppala 2009, Dee ve ark. 2011). Bu dört boyutlu değişken analizi (4D-Var), mevcut üç boyutlu değişken kullanan (3D-Var) re-analizler arasında benzersiz olarak görülmektedir (Carvalho ve ark. 2012). ERA-Interim re-analiz veri setleri hakkında detaylı bilgi Simmons ve ark. (2007)'de bulunabilmektedir.

NCEP-CFSR re-analizi, geleneksel NCEP-R2 re-analizine önemli gelişmeler sağlamıştır. Uzaysal çözünürlüğün ve uydu gözlemlerinin asimilasyon sürecinde kullanımının artırılması bu gelişmeler arasındadır. Ayrıca, deniz sıcaklığı ve tuzluluk ölçümlerinin

kullanılması da yeni bir gelişmedir. NCEP-CFSR re-analizinde gözlenen belirgin bir gelişme de, atmosfer-okyanus ve buz-kara ikili modellerini kullanan tek veri seti haline gelmesidir. Bu gelişmelerle birlikte, NCEP-CFSR projesi, yakın gelecekte okyanus analizi ve modellemesi uygulamalarında da gelişmeyi sağlayacak NCEP yüzey akımlarına katkıda bulunması beklenmektedir. ERA-Interim ve NCEP-CFSR kaynaklarının ikisinde de değişken Bias değerlerine göre doğrulama işlemi tamamlanarak, uydu gözlemlerinin Bias değerlerine benzer bir doğruluk sağlanmıştır (Carvalho ve ark. 2012). NCEP-CFSR re-analiz veri seti hakkında daha detaylı bilgi Saha ve ark. (2010)'da bulunabilmektedir.

Kullanılan veri setleri hakkında genel bilgiler Çizelge 3.4'te verilmiştir.

**Çizelge 3.5.** Veri setlerinin karakteristik özellikleri

Veri Kaynağı	Zamansal Çözünürlük (sa)	Alansal Çözünürlük	Kapsadığı Yıllar
CFSR	1	0.312° x 0.312°	1979-2009
MERRA	1	0.500° x 0.670°	1979-güncel
ERA-Interim	6	0.250° x 0.250°	1979-güncel
Operasyonel	6	0.250° x 0.250°	1979-güncel

### 3.3. Çalışmada Uygulanan Yöntemler

#### 3.3.1. Verilerin temini ve işlenmesi

Kıyaslamaya tabi tutulacak rüzgar tahminlerinden birisi olan NCEP CFSR veri setleri, dünya genelini içeren, 2000-2009 yılları arasında aylık dosyalar halinde indirilmiştir. Bu veriler evrensel saate göre, deniz seviyesinden 10 metre yükseklikteki saatlik vektörel hızları temsil etmektedir. Tüm dünya verisinin karelej ağı incelenerek, ölçüm aldığımız istasyonun koordinatlarına göre, istasyonu içine alan dört karelej noktasının koordinatları belirlenmiştir. Belirlenen karelej noktaları yardımıyla da tüm dünya verisinden istenen istasyona en yakın dört karelej noktasının verisi DOS ortamında ayıklanmıştır. Bu işlemler altı farklı istasyon için de ayrı ayrı uygulanmıştır.

Rüzgar tahmin veri kaynaklarından diğeri olan ECMWF resmi sitesinden ERA-Interim ve Operasyonel veri setlerinin rüzgar hızları, belirlenen istasyonların koordinatları girilerek, istasyona en yakın dört kareyaj noktasının verisini verecek şekilde aylık dosyalar halinde temin edilmiştir. Bu veriler evrensel saate göre, deniz seviyesinden 10 metre yükseklikteki vektörel hızları altı saat aralıklarla vermektedir.

Son olarak, NASA MERRA veri seti için Karadeniz genelindeki MERRA kareyaj ağı incelenerek, her bir istasyona en yakın dört kareyaj noktası belirlenmiştir. Belirlenen kareyaj noktalarının koordinatları alan kapsayacak şekilde girilerek, veri setleri günlük dosyalar halinde elde edilmiştir. Yine bu veriler de evrensel saate göre, deniz seviyesinden 10 metre yükseklikteki saatlik vektörel hızlarını temsil etmektedir.

Aylık veya günlük dosyalar halinde temin edilen veri setleri farklı uzantılı dosyalar (.grib, .grb2, .nc) olduğundan analizlerin yapılabilmesi için veri düzenleme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda öncelikle bu tür uzantılı dosyaları açan bilgisayar programları yardımıyla veri setleri görüntülenmiştir. Daha sonra, bu veri setleri u ve v vektörleri için ayrı ayrı çıkartılarak metin (.dat uzantılı) dosyaları halinde kaydedilmiştir. DMİ verileri yıllık olarak sunulduğundan ve analizlerin yıllık olarak yapılacağı için aylık dosyalar halinde temin edilen CFSR, ERA-Interim ve ERA-Operasyonel verileri kolaylıkla birleştirilerek yıllık veri setleri elde edilmiştir. Buna rağmen, MERRA verileri günlük dosyalar halinde sunulduğu için birleştirme işlemi DOS ortamında komutlar yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

Yıllık olarak hazırlanan tahmin veri setleri ile DMİ ölçüm veri setlerini eş zamanlı analize hazırlamak için veri saatleri de yıl boyunca artacak şekilde (artık yıllarda toplam 8784 saat, diğeri yıllarda toplam 8760 saat) düzenlenmiştir. CFSR ve MERRA veri setleri saatlik, ERA-Interim ve Operasyonel veri setleri ise 6 saatte bir ardışık olarak artacak şekilde sunulduğundan, tahmin veri setleri için bu düzenleme rahat bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Fakat DMİ ölçümlerinde eksik veriler bulunduğu için veri setleri de düzenli bir şekilde sunulamamaktadır. Bu sebeple, DMİ veri setlerinde yıl boyunca zaman düzenlemesi yıl, ay, gün ve saat değerlerini göz önüne alacak formüller oluşturularak gerçekleştirilmiştir. Benzer şekilde, Gloria açık deniz platformundan temin

edilen veriler daha düzenli olmasına rağmen, kısmen eksik olan veriler sebebiyle aynı formüller kullanılarak yıl boyunca zaman ayarlaması yapılmıştır.

Zaman ayarlamasından sonra ölçüm veri setlerinde rüzgar hızı değerleri için de düzeltme gerekmektedir. DMİ istasyonları karasal ölçüm istasyonları olduğundan rüzgar hızı değerleri Hsu (1980) tarafından verilen bir formülle aşağıdaki gibi açık deniz ölçümüne dönüştürülmüştür (Arıkan 1998).

$$U_{deniz} = 3,0 * (U_{kara})^{0,67} \quad (3.4)$$

Denklemden  $U_{kara}$  karasal DMİ istasyonlarından alınan ölçümleri,  $U_{deniz}$  açık deniz ölçümlerini göstermektedir.

Gloria açık deniz istasyonundan alınan veriler, deniz seviyesinden 36 metre yükseklikteki rüzgar ölçümleri olarak kaydedilmiştir. 10 m yükseklikteki rüzgar hızı değerlerini veren tahmin veri setleriyle kıyaslayabilmek için ölçümler de aynı yükseklikteki rüzgar hızlarına çevrilmiştir. Gloria istasyonundan alınan ölçümleri 10 m'deki rüzgar hızlarına dönüştürmek için, Pimenta ve ark. (2008) tarafından verilen formülle aşağıdaki gibi yeniden derlenmiştir (Onea ve Rusu 2012).

$$V = V_{ref} \frac{\ln(z / z_0)}{\ln(z_{ref} / z_0)} \quad (3.5)$$

Burada  $z_{ref}$  ve  $V_{ref}$  sırasıyla başlangıç durumunda ölçüm yüksekliği ve rüzgar hızı değerleridir. Sakin deniz yüzeyi pürüzlülük faktörü olan  $z_0$  değeri 0,2 mm olarak alınmıştır. Başka bir yöntem olarak 36 m yükseklikteki rüzgar ölçümleri

$$U_{10} = U_z * (10 / z)^{1/7} \quad (3.6)$$

bağıntısı kullanılarak yerden 10 m yükseklikteki hızlara çevrilmiştir (US Army 2003). Bu denklemde  $z$  ve  $U_z$  sırasıyla başlangıçtaki ölçüm yüksekliğini ve rüzgar hızını göstermektedir.

Son olarak, analizlerin sonuçlarının sapmaması için ölçüm veri setlerinde kaydedilmiş olan sıfır değerindeki veriler ayıklanmıştır. Bunun sebebi sıfır değerlerinin, hem ölçüm veri setlerinin kendi içinde istatistiksel parametre değerlerini hem de tahmin veri setleri ile kıyaslamada elde edilecek hata değerlerini olumsuz yönde etkileyecek olmasıdır. Bu son adımla bütün ölçüm ve tahmin veri setleri analizler için hazır hale getirilmiştir.

### 3.3.2. Veri setlerinin istatistiksel analizi

Bu aşamada, tahmin veri setlerinin ölçüm veri setlerine uygunluğunu irdeleyebilmek adına veri setlerinin kendi içinde istatistik parametreleri belirlenmiştir. Karadeniz'in güney kıyılarında incelenen beş DMI istasyonunda kaydedilmiş yıllık verilerden, her istasyon için ayrı ayrı en fazla veri bulunan yıllar belirlenerek, bu yıllar için ölçüm ve tahmin veri setlerinin istatistik parametreleri bulunmuştur. Gloria istasyonunda ise verilerin dört yılı kapsaması ve daha düzenli olması sebebiyle istatistiksel değerlendirme bütün veriler üzerinden yapılmıştır.

İstatistiksel analizde öncelikle veri setlerinin merkezi eğilim ölçüleri tespit edilmiştir. İstatistiksel parametrelerden ilki olan aritmetik ortalamalar

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (3.7)$$

formülüne göre bütün veri setleri için hesaplanmıştır. Formülde  $X_i$  rüzgar hızı değerleri,  $n$  veri sayısıdır. Daha sonra, bütün veri setleri için mod, medyan, minimum ve maksimum değerleri bulunmuştur.

Merkezi eğilim ölçülerinin bulunmasından sonra, veri setlerinin dağılım ölçüleri hesaplanmıştır. Her bir verinin, veri setinin ortalamasına olan uzaklıklarının karesinin ortalamasını veren varyans değerleri

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n} \quad (3.8)$$

bağıntısıyla hesaplanmıştır. Verilerin ortalamaya olan uzaklıklarının ortalamasını veren standart sapma ise

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}} \quad (3.9)$$

bağıntısıyla hesaplanmıştır. Standart sapma birim olarak da verilere benzediğinden, ortalamadan sapmayı daha açık bir şekilde göstermektedir. Standart sapmanın ortalamaya göre yüzde kaçlık bir değişim gösterdiğini belirten değişim katsayısı

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} * 100 \quad (3.10)$$

formülüyle hesaplanmıştır. Dağılım ölçülerinden bir diğeri de çarpıklıktır. Veri setlerinin çarpıklığı

$$C_{sx} = \alpha_3 = \frac{m_3}{S_3} \quad (3.11)$$

bağıntısıyla verilen moment çarpıklık katsayısına dayanarak belirlenmiştir. Burada,  $m_3$  ortalamaya göre üçüncü dereceden moment olup

$$m_3 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{n} \quad (3.12)$$

formülüyle hesaplanmıştır. Değer negatif ise dağılım sola çarpık, pozitif ise sağa çarpık, sıfır ise simetrik olarak tanımlanmıştır. Son olarak, veri setlerinin dağılımı ile ilgili bilgi veren basıklık parametresi her veri seti için

$$\alpha_4 = \frac{m_4}{S^4} \quad (3.13)$$

formülüyle hesaplanmıştır. Bu formülde  $m_4$  ortalamaya göre dördüncü moment olup

$$m_4 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{n} \quad (3.14)$$

bağıntısıyla hesaplanmıştır. Formüle göre hesaplanan değerler 3 azaltılarak verilmiştir. Bu şekilde elde edilen sonuçlara göre seri;  $\alpha_4=0$  ise normal,  $\alpha_4<0$  ise basık,  $\alpha_4>0$  ise sivri olarak tanımlanmıştır.

### **3.3.3. Zaman serisi analizi**

Zaman serileri, gözlem veya tahmin değerlerinin zamana göre değişimini gösteren serilerdir. Bir değişkenin değişen zamanlarda gözlenen değerlerini gösterir. Bu çalışmada irdelenen değişken rüzgar hızı olduğundan, istasyon ölçümleri ve veri kaynağı tahminleri için zamana göre rüzgar hızı değerleri kıyaslanmıştır. Kıyaslama için de en iyi yöntem, zaman serilerini grafikler şeklinde çizerek gidişatı görmek şeklinde olacaktır. Grafiklerde x eksenini zamanı (saat), y eksenini rüzgar hızlarını (m/sn) gösterecek şekilde oluşturulmuştur.

Zaman serileri oluşturulurken yine bütün ölçüm istasyonlarında en çok verinin bulunduğu yıllardaki tüm veri seti kullanılmıştır. Bütün istasyonlar için öncelikle tahmin veri kaynaklarının belirlenen kareyaj noktalarındaki değerleri ve ağırlıklı ortalamalı değerleri ile ölçüm değerleri kıyaslanarak, ölçümlere en yakın zaman serilerini veren veri seti belirlenmiştir. Daha sonra, veri kaynaklarının performanslarını değerlendirmek için bu kez ölçüm zaman serileri ile bütün veri kaynakları için belirlenen ortak en iyi durumdaki zaman serileri kıyaslanmıştır.

### **3.3.4. Rüzgar gülleri**

Rüzgarların yönsel değerlendirmesini yapabilmek, hakim rüzgar yönünü görebilmek adına her istasyon için rüzgar gülleri oluşturulmuştur. Rüzgar gülleri oluşturulurken tüm ölçüm veri setinden ve tüm tahmin veri setinden alınan rüzgar hızları ve yönleri kullanılmıştır.

Glorio açık deniz sondaj istasyonundan ve DMİ istasyonlarından alınan ölçüm verilerinde hızlar ve yönler hazır olarak bulunmaktadır. Tahmin veri setlerinde ise rüzgar hızları vektörel olarak verildiği için, u ve v vektörel hızlarından yön hesaplaması yapılmıştır. Tahmin veri setlerinde vektörel hızlar güney ve batı yönlü bileşenler pozitif, diğer yönlü



bileşenler negatif değerler olarak verilmiştir. Öncelikle vektörel hızlar kartezyen koordinatlarda hesaplanarak, açı radyandan dereceye çevrilmiş ve daha sonra meteorolojik koordinata dönüştürülmüştür. Son olarak da açı değerleri 0° ile 360° arasında kalacak şekilde mod alınmıştır. Veriler çok fazla olduğundan u ve v vektörel hızları matrisler halinde MATLAB'a girilerek sonuç matrisleri derece cinsinden yönleri verecek şekilde elde edilmiştir. Her istasyon için elde edilen karelej noktalarının yönlerinin ortalaması alınarak, uzaklık ve alansal ağırlıklı ortalamaların yönleri çıkarılmıştır. Bu şekilde, en çok verinin bulunduğu yıllarda ölçüm ve tahmin veri setlerinin rüzgar gülleri elde edilmiştir.

### 3.3.5. Olasılık dağılımları

Bu kısımda, veri setlerinin x değişkeni olarak rüzgar hızı değerlerinin olasılığını gösteren, olasılık dağılım fonksiyonu grafikleri çizilerek, tahmin veri setlerinin ölçüm veri setlerine uygunluğu incelenmiştir. Rüzgar veri setlerinin olasılık dağılımlarını oluşturmak için literatürde en çok kullanılan yöntem olan 2-parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu

$$f(v) = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right] \quad (3.15)$$

bağıntısına göre hesaplanmıştır. Bu denklemde v rüzgar hızı, k boyutsuz şekil parametresi, c ölçek parametresidir. Zaman serisi halindeki veri setlerinde bu parametreler belirlenirken kullanılması tavsiye edilen yöntem maksimum olabilirlik yöntemidir (Seguro ve Lambert 1999). Bu yöntemde, boyutsuz şekil parametresi k ve ölçek parametresi c, aşağıdaki iki denklem kullanılarak bulunmuştur.

$$k = \left( \frac{\sum_{i=1}^n v_i^k \ln(v_i)}{\sum_{i=1}^n v_i^k} - \frac{\sum_{i=1}^n \ln(v_i)}{n} \right)^{-1} \quad (3.16)$$

$$c = \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i^k \right)^{1/k} \quad (3.17)$$

Bu denklemlerde  $v$  rüzgar hızı,  $i$  zaman adımı,  $n$  veri sayısıdır.

Weibull olasılık dağılım grafiklerini çizmek için öncelikle her istasyonda en çok verinin bulunduğu yıldaki veri setleri kullanılmıştır. Ölçüm ve tahmin veri setleri için ayrı ayrı rüzgar hızı değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanmıştır. Daha sonra, yukarıda verilen denklemlere göre  $f(v)$  olasılık değerleri bulunmuştur. Formül,  $k$  ve  $c$  parametrelerine bağlı olduğu için  $k$  şekil parametresi değerine başlangıç değeri (genellikle 2 civarı) verilerek tekrarlı yöntemle ulaşıldıktan sonra  $c$  ölçek parametresi değerleri bulunmuş ve olasılık dağılımları elde edilmiştir.

### 3.3.6. Eş zamanlı veri analizi

Karadeniz'in güney sahili boyunca konumlanmış DMİ'nin karasal istasyonlarından ve Romanya kıyısına yakın Gloria açık deniz sondaj istasyonundan alınan ölçümlerle tahmin veri setlerinin eş zamanlı analizi gerçekleştirilmiştir. Eş zamanlı analiz için hazır hale getirilen ölçüm ve tahmin veri setlerine öncelikle zaman çakıştırma işlemi uygulanmıştır. Çok sayıda veri bulunduğundan bu işlem için sayısal hesaplama yapan MATLAB yazılımı kullanılmıştır. Bu programa ölçüm değerleri (rüzgar hızları) ve zamanları ayrı ayrı matrisler halinde girilmiştir. Bunlara karşılık tahmin verilerinin zamanları matris halinde girilerek çakışan zamanlar ve ölçüm değerleri kodlar yardımıyla matris halinde elde edilmiştir. Çakıştırma sonucu elde edilen matrislerde, tahmin veri setlerindeki zamanlarla çakışmayan ölçüm zamanlarına karşılık yine en yakın çakışan zaman değerleri atanacak şekilde verilmiştir. Bu sonuç matrisleri EXCEL çalışma sayfasına aktararak, karşılarına tahmin veri setlerinin rüzgar hızı ve zaman değerleri girilmiştir. Daha sonra, ölçüm ve tahmin zamanları arasında algoritma oluşturularak sadece çakışan değerler filtreleme uygulanarak elde edilmiştir. Gloria açık deniz istasyonunda rüzgar ölçümleri günün birinci saatinden başlayarak 6 saatte bir kaydedildiğinden, ECMWF veri kaynaklarıyla zamansal olarak çakışması için 1 saatlik kaydırma gerçekleştirilmiştir.

Eş zamanlı analizde, ölçüm ve tahmin veri setlerinde çakışan zamanlardaki rüzgar hızı değerleri kullanılarak hata değerleri, saçılım indeksi ve korelasyon değerleri kıyaslanmıştır. Kıyaslanan hata değerlerinden ilki mutlak ortalama hata (MAE)

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i - X_i| \quad (3.18)$$

bağıntısıyla hesaplanmıştır. Bu bağıntıda;  $Y_i$  tahmin değerleri,  $X_i$  ölçülen değerleri,  $n$  veri sayısıdır. Bir diğer hata değeri, hataların ortalama karekökü (RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - Y_i)^2} \quad (3.19)$$

bağıntısına göre hesaplanmıştır. Burada;  $X_i$  ölçülen değerler,  $Y_i$  tahmin değerleri,  $N$  ölçüm verilerinin sayısıdır. Başka bir hata değeri, ortalamaların farkı (Bias)

$$Bias = (\bar{X} - \bar{Y}) \quad (3.20)$$

bağıntısıyla bulunmuştur. Bu bağıntıda,  $\bar{X}$  ölçümlerin ortalaması,  $\bar{Y}$  gözlemlerin ortalamasıdır. Hata değerlerinin bulunmasından sonra saçılım indeksi (SI) değerleri

$$SI = \frac{RMSE}{\bar{X}} \quad (3.21)$$

formülüyle hesaplanmıştır. Formülde  $\bar{X}$  ölçümlerin ortalamasını göstermektedir. Son olarak da, ölçüm ve tahmin veri setleri arasındaki ilişkinin derecesi hakkında bilgi veren korelasyon katsayısı

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (3.22)$$

bağıntısıyla hesaplanmıştır. Korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında değerler almaktadır. Değerin işareti ilişkinin yönünü, değeri de gücünü göstermektedir. Mutlak değer olarak 1'e yakın değerler ilişkinin güçlü olduğunu göstermektedir.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde, bütün veri kaynaklarının istatistiksel parametrelerinin değerleri, zaman serileri, rüzgar gülleri, olasılık dağılımları ve eş zamanlı hata istatistik sonuçları sunulmuş ve irdelenmiştir.

### 4.1. İstatistiksel Parametrelerin Analizi

Bölüm 3'te detayları verilen istatistiksel parametrelerin, ölçüm ve tahmin veri setlerinin her biri için değerleri belirlenerek, bu parametrelere göre hangi veri kaynağının istasyonlarda ölçülen verilerin istatistiksel parametrelerine yakın sonuç verdiği incelenmiştir. Beş karasal istasyon için, rüzgar ölçümlerinin 15 yıl boyunca her DMİ istasyonda en çok verinin gözlemlendiği yıllar dikkate alınarak istatistiksel parametreleri hesaplanmış ve irdelenmiştir. Kumköy istasyonunda 2008 yılının, Amasra istasyonunda 2009 yılının, Sinop istasyonunda 2006 yılının, Giresun istasyonunda 2004 yılının ve Hopa istasyonunda 2007 yılının verileri, bu istasyonlarda 15 yıl boyunca en çok ölçüm verisinin kaydedildiği yıllar olmalarından dolayı tercih edilmiş ve kullanılmıştır. Gloria istasyonunda ise istatistiksel parametreler, ölçümleri mevcut olan bütün yıllardaki (2006-2009) veriler kullanılarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.1'de Kumköy istasyonunda, ölçüm ve tahmin veri setlerinin istatistiksel değerleri sunulmuştur. Çizelgede, her bir rüzgar veri kaynağı için ölçüm istasyonuna en yakın dört karelej noktasının verilerinden yararlanarak hesaplanmış uzaklık ve alan ağırlıklı veri setinin, ECMWF'in her iki veri kaynağı için ölçüm istasyonuna en yakın dört karelej noktasının verilerinin, CFSR ve MERRA rüzgar veri kaynakları için ise, yalnızca 3 no.'lu karelej noktasının verilerine dayanarak istatistiksel parametre değerleri verilmiştir. CFSR ve MERRA rüzgar veri kaynaklarının diğer karelej noktaları (1, 2 ve 4) ölçüm istasyonuna çok uzak olmaları nedeniyle hesaplarda dikkate alınmamıştır. Ölçüm verisinin istatistiksel parametreleri de, kara ve deniz üzerindeki 10 m rüzgar hız değerlerine göre hesaplanmış ve çizelgeye eklenmiştir. DMİ\_düzeltilmemiş olarak isimlendirilmiş veri seti, DMİ'den temin edilen karada 10 m yükseklikteki rüzgar hızlarına göre hesaplanmış ve DMİ\_düzeltilmiş olarak isimlendirilen veri seti ise, Denklem 3.4'e göre düzeltilerek deniz üzerine taşınmış rüzgar hızlarından hesaplanmış istatistiksel parametreleri sunulmuştur. Çizelgede ilk göze çarpan, DMİ karasal ölçüm istasyonundan alınan, açık deniz ölçüm verisine

dönüştürülmemiş verilerin ortalamasının, bütün veri kaynaklarının tahmin verilerinin ortalamalarından oldukça düşük olmasıdır. Karasal istasyon ölçümlerinin (3.4) denklemine göre açık deniz ölçümlerine dönüştürülmesiyle birlikte, ölçüm ortalamasının veri kaynaklarının ortalamalarına yaklaştığı görülmektedir. Düzeltilmiş ölçüm verilerine göre veri kaynakları kıyaslandığında, CFSR ve MERRA rüzgar alanlarından elde edilen verilerin ortalamalarının ölçüm ortalamalarından düşük kaldığı görülmüştür. ECMWF'nin iki farklı veri kaynağının verilerinin ortalamalarına bakıldığında, genellikle ölçüm verilerinin ortalamalarına yakın olduğu görülmüştür. Maksimum ve minimum değerler incelendiğinde, veri kaynaklarının çoğunda, açık deniz ölçümüne dönüştürülmüş verinin değerlerinden çok daha düşük olduğu görülürken; Operasyonel (OPER.) veri kaynağının ağırlıklı ortalama değerlerinin ölçüm değerlerine yaklaştığı belirlenmiştir.

Hesaplanan istatistik parametrelerinden biri olan standart sapmalara bakıldığında, ECMWF veri kaynaklarının sonuçlarının biraz daha yüksek olmakla beraber, diğer veri kaynaklarında bu değerlerin yakın olduğu görülmüştür. Değişkenlik katsayısı değerleri incelendiğinde, DMİ Kumköy verileri açık deniz verilerine dönüştürüldükten sonra bir düşüş gerçekleşmiştir. Bu durumda, ölçüm verilerinin değişkenlik katsayısı 0,39 iken, veri kaynaklarının değişkenlik katsayısı değeri 0,45-0,52 arasında değişmektedir.

Çarpıklık katsayısı değerlerine göre, ölçüm ve tahmin veri setlerinin tümü pozitif (sağa) çarpık çıkmıştır. Ölçümlerin çarpıklık düzeyi (1,05), tahminlere göre (0,51-0,78) daha yüksek bulunmuştur. CFSR rüzgar veri kaynağına ilişkin istasyonların çarpıklık katsayılarının ölçümlerinkine daha yakın olduğu da görülmüştür. Karasal ölçümlerin açık deniz ölçümlerine dönüştürülmesi çarpıklık düzeyini düşürmüştür; ancak tahmin veri setlerinkine yaklaştırmıştır.

Son olarak basıklık katsayısı değerleri incelendiğinde, ölçüm veri setlerinin tahmin veri setlerine göre biraz daha sivri olduğu görülmüştür. CFSR rüzgar veri kaynağına ilişkin istasyonların basıklık katsayılarının ölçümlerinkine daha yakın olduğu da görülmüştür. Basıklık ölçütünde de, DMİ verilerinin açık deniz ölçümüne dönüşümü sonrasında, ölçümlerin sivrilik düzeyinin düştüğü ve tahminlerinkine yaklaştığı da gözlenmiştir.

**Çizelge 4.1.** Kumköy istasyonunda 2008 yılı rüzgar hız değerlerinin istatistiksel parametreleri

Veri kaynağı		n	Ortalama (m/s)	Mod (m/s)	Medyan (m/s)	Min. (m/s)	Maks. (m/s)	Varyans (m/s)	Standart sapma (m/s)	Değişkenlik katsayısı	Çarpıklık katsayısı	Basıklık katsayısı
DMİ Kumköy	DMİ_düzeltilmemiş	8759	2,73	1,50	2,40	0,10	15,20	2,64	1,63	0,60	1,72	4,80
	DMİ_düzeltilmiş	8759	5,68	3,94	5,39	0,64	18,58	4,82	2,19	0,39	1,05	1,78
CFSR	CFSR 3	8784	4,59	2,37	4,27	0,04	16,33	5,70	2,39	0,52	0,77	0,73
	Uzaklık A.	8784	4,52	-	4,17	0,30	15,22	5,32	2,31	0,51	0,78	0,66
	Alan A.	8784	4,43	-	4,08	0,26	14,90	5,16	2,27	0,51	0,78	0,63
MERRA	MERRA 3	8784	4,09	-	3,93	0,07	11,88	3,40	1,84	0,45	0,51	0,29
	Uzaklık A.	8784	4,65	-	4,50	0,22	13,77	4,51	2,12	0,46	0,55	0,24
	Alan A.	8784	4,65	-	4,50	0,22	13,77	4,51	2,12	0,46	0,55	0,24
ERAI	ERAI 1	1464	5,69	-	5,40	0,20	17,03	7,51	2,74	0,48	0,59	0,27
	ERAI 2	1464	5,66	-	5,39	0,06	16,90	7,39	2,72	0,48	0,57	0,23
	ERAI 3	1464	5,52	-	5,27	0,03	17,06	7,06	2,66	0,48	0,58	0,32
	ERAI 4	1464	5,48	-	5,19	0,11	16,86	6,88	2,62	0,48	0,58	0,33
	Uzaklık A.	1464	5,69	-	5,40	0,20	17,03	7,49	2,74	0,48	0,59	0,27
	Alan A.	1464	5,69	-	5,40	0,18	17,01	7,48	2,74	0,48	0,58	0,26
OPER.	OPER. 1	1464	5,91	-	5,57	0,53	17,60	8,22	2,87	0,49	0,69	0,54
	OPER. 2	1464	5,74	-	5,41	0,24	17,23	7,77	2,79	0,49	0,65	0,46
	OPER. 3	1464	5,44	-	5,15	0,16	16,69	6,60	2,57	0,47	0,69	0,65
	OPER. 4	1464	5,69	-	5,35	0,03	17,28	7,23	2,69	0,47	0,68	0,66
	Uzaklık A.	1464	5,90	-	5,55	0,53	17,58	8,16	2,86	0,48	0,69	0,54
	Alan A.	1464	5,88	-	5,53	0,48	17,55	8,12	2,85	0,48	0,68	0,52

Diğer karasal istasyonların istatistiksel parametrelerinin sonuçları ekler bölümünde çizelgeler halinde sunulmuştur. Ek Çizelge 1.1’de Amasra istasyonunda, açık deniz ölçümüne dönüştürülen verilerin ortalamasının yükseldiği görülmüştür. Bu durumda veri kaynaklarının ortalamaları düşük kalırken CFSR rüzgar alanları biraz daha yakın sonuç vermiştir. Tahmin verilerinin maksimum ve minimum değerleri de düşük kalmıştır. Ölçüm verilerinin standart sapmaları tahminlere göre yüksek çıkarken, değişkenlik katsayısı değerleri yakın bulunmuştur. Dönüştürülmüş ölçüm verileri ve tahmin veri setleri yakın mertebede pozitif (sağa) çarpık olarak gözlenmiştir.

Ek Çizelge 1.2’de, DMİ Sinop istasyonu için sunulan çizelgede tahmin ortalamaları düşük bulunurken, CFSR ve Operasyonel rüzgar alanlarının daha yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Tahmin verilerinde minimum değerler yine düşük çıkarken, maksimum değerler özellikle ECMWF veri kaynaklarında daha yakın çıkmıştır. Ölçüm verilerinde açık deniz dönüşümü yapıldıktan sonra standart sapma değerinde yükselme meydana gelirken, veri kaynaklarında çok değişken değerler gözlenmiştir. Değişkenlik katsayısı değerlerinde tahmin veri kaynakları ölçüm verilerinden yüksek sonuçlar vermiştir. Çarpıklık ve basıklık katsayıları incelendiğinde, ölçüm ve tahmin veri setlerinin tümünün pozitif (sağa) çarpık ve basıklık değerlerinin pozitif olduğu görülmüştür.

Giresun istasyonunda istatistik parametrelerin sonuçları Ek Çizelge 1.3’de sunulmuştur. Bu çizelge incelendiğinde, ECMWF veri kaynaklarının ortalama, minimum, maksimum değerlerinin ölçüm değerlerinde çok uzak olduğu görülmüştür. Bu değerlerde, CFSR rüzgar alanları daha yakın sonuç vermiştir. Değişkenlik katsayıları, veri kaynaklarının tümünde ölçüm verilerinin değerinden yüksek çıkmıştır. Çarpıklık katsayılarına bakıldığında, tüm veri setleri pozitif (sağa) çarpık görülmekle beraber ölçüm veri setinin çarpıklık mertebesi daha yüksek çıkmıştır. Basıklık katsayılarında da aynı durum söz konusudur. Ölçüm veri setlerinin sivrilik değeri tahmin veri setlerinden çok daha yüksek bulunmuştur.

Son olarak, Hopa istasyonunda istatistik parametre değerleri Ek Çizelge 1.4’te verilmiştir. Burada da ECMWF veri kaynaklarının ortalama ve maksimum değerleri çok düşük kalırken, CFSR veri setleri daha yakın sonuç vermiştir. Standart sapma ve değişkenlik

katsayısı değerlerinde de CFSR veri setlerinin daha yakın olduğu görülmüştür. Bütün veri setleri sağa çarpık dağılım göstermiştir. Basıklık katsayılarına göre, çoğu veri setleri sivri çıkarken, ECMWF veri kaynaklarının bazı noktalarında basık olarak nitelendirilebilecek veri setleri bulunmuştur. Bu parametrelere göre değerlendirme yapıldığında, Hopa istasyonunda ölçüm veri setlerine, birebir temsil etmese de, CFSR rüzgar alanlarının daha yakın sonuçlar verdiği görülmüştür.

Gloria açık deniz istasyonunda, ölçüm ve tahmin veri setlerinin 2006-2009 yılları boyunca bütün veriler kullanılarak elde edilen istatistiksel değerleri Çizelge 4.2'de sunulmuştur. Bölüm 3'te Gloria istasyonundan alınan ölçümlerin (Ölçüm\_36m) deniz seviyesinden 36 metre yükseklikte yapıldığından bahsedilmişti. Çizelgeden, bu yükseklikteki verilerin ortalamasının yüksek çıktığı görülmektedir. Veriler, 10 metreye indirgenirken uygulanan iki yöntemin de ortalamaları düşürdüğü görülmüştür. Ölçüm 1 adıyla verilen değerler (3.5) denklemine göre elde edilmiş rüzgar verilerini, Ölçüm 2 adıyla verilen değerler ise (3.6) denklemine göre elde edilmiş rüzgar verilerini temsil etmektedir. Ölçüm 1'e göre hesaplanan istatistik parametrelerin değerleri tahmin veri kaynaklarına daha yakın sonuçlar vermiştir. Veri kaynakları kıyaslandığında, CFSR rüzgar alanlarından yararlanılarak çıkartılmış veya hesaplanmış rüzgar hızlarının ortalamaları, Ölçüm 1 verilerine daha yakın çıkmıştır. Diğer veri kaynaklarından elde edilen ortalamalar, ölçüm verilerinden düşük çıkmıştır. Tahmin veri kaynaklarının minimum değerleri ölçüm veri kaynaklarına göre çok daha düşük çıkarken, maksimum değerler genel olarak daha yakın çıkmıştır. Burada da CFSR veri kaynağı daha iyi performans sergilemiştir.

Standart sapma değerleri incelendiğinde, Ölçüm 1 verilerine en yakın sonucu Operasyonel rüzgarları verirken; CFSR veri setinin Ölçüm 2 verilerine daha yakın sonuç verdiği görülmektedir. Değişkenlik katsayısı değerlerine göre bütün veri kaynaklarının performansı (%44 - %49) birbirine yakın çıkmıştır. Çarpıklık katsayısına göre kıyaslama yapıldığında, bütün ölçüm ve tahmin veri setlerinin yaklaşık aynı mertebede pozitif (sağa) çarpık olduğu görülmüştür. Basıklık katsayılarına göre değerlendirildiğinde, çoğunlukla pozitif değerler olmakla birlikte sifıra yakın sonuçlar bulunmuştur. Bu da ölçüm ve tahmin veri setlerinin basıklık yönünden normal dağılım gösterdiği sonucunu vermiştir.



**Çizelge 4.2.** Gloria istasyonunda rüzgar hız değerlerinin istatistiksel parametreleri

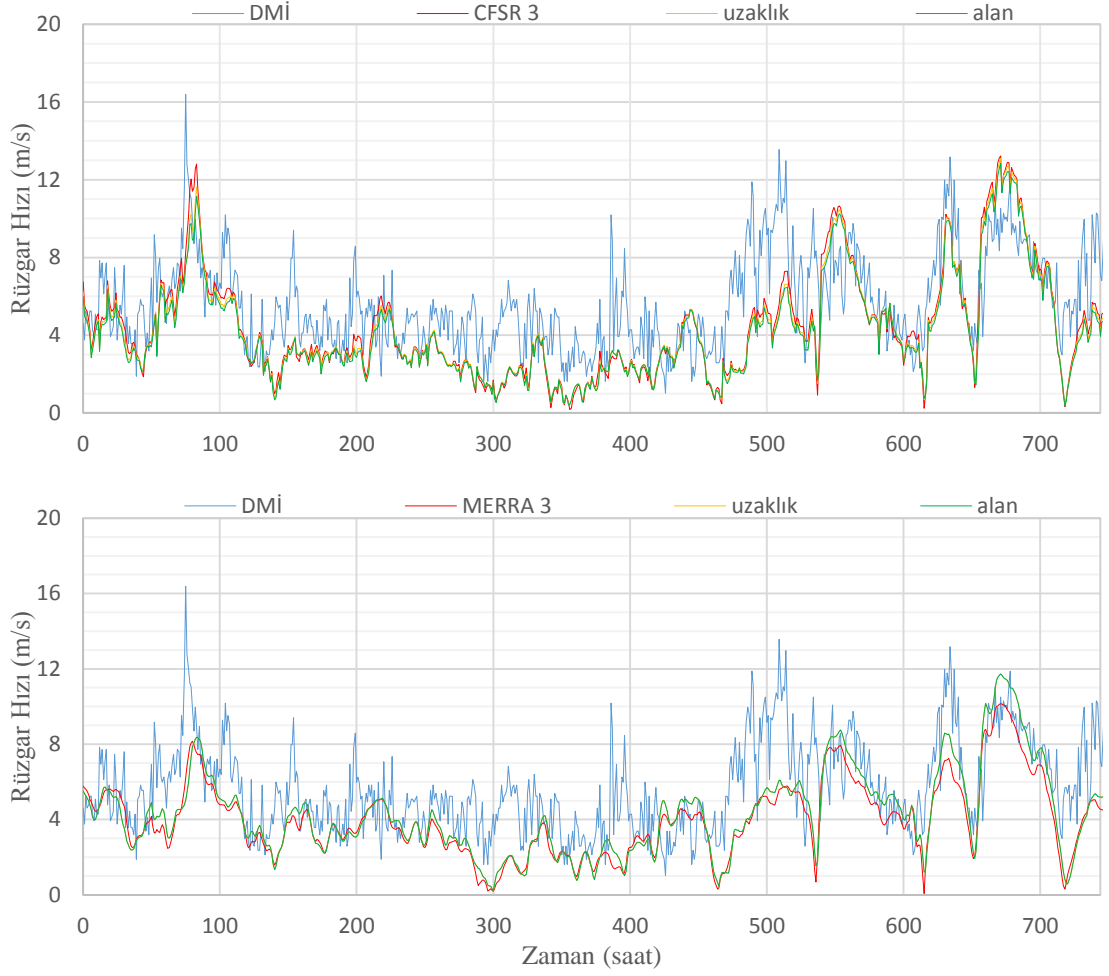
Veri kaynağı		n	Ortalama (m/s)	Mod (m/s)	Medyan (m/s)	Min. (m/s)	Maks. (m/s)	Varyans (m/s)	Standart sapma (m/s)	Değişkenlik katsayısı	Çarpıklık katsayısı	Basıklık katsayısı
Gloria	Ölçüm_36m	5585	8,20	7,00	8,00	1,00	29,00	12,97	3,60	0,44	0,53	0,10
	Ölçüm 1	5585	6,18	5,27	6,02	0,75	21,84	7,36	2,71	0,44	0,53	0,10
	Ölçüm 2	5585	6,83	5,83	6,66	0,83	24,16	9,00	3,00	0,44	0,53	0,10
CFSR	CFSR 1	35064	5,99	2,48	5,68	0,08	24,28	8,52	2,92	0,49	0,61	0,29
	CFSR 2	35064	6,22	1,69	5,90	0,01	26,27	9,31	3,05	0,49	0,57	0,18
	Uzaklık A.	35064	6,06	-	5,74	0,13	25,29	8,69	2,95	0,49	0,60	0,22
	Alan A.	35064	6,07	-	5,75	0,14	25,25	8,73	2,96	0,49	0,60	0,23
MERRA	MERRA 1	35064	5,34	3,18	5,08	0,03	19,02	6,30	2,51	0,47	0,50	0,06
	MERRA 2	35064	5,59	3,28	5,35	0,03	19,90	7,29	2,70	0,48	0,47	-0,07
	Uzaklık A.	35064	5,27	3,13	5,01	0,20	18,19	6,06	2,46	0,47	0,51	0,02
	Alan A.	35064	5,40	3,20	5,13	0,20	18,82	6,44	2,54	0,47	0,51	0,01
ERAI	ERAI 1	5844	5,44	-	5,15	0,01	18,62	6,99	2,64	0,49	0,55	0,10
	ERAI 2	5844	5,62	-	5,35	0,09	19,23	7,54	2,75	0,49	0,53	0,06
	Uzaklık A.	5844	5,47	-	5,18	0,08	18,74	7,10	2,66	0,49	0,55	0,09
	Alan A.	5844	5,50	-	5,21	0,12	18,83	7,18	2,68	0,49	0,55	0,09
OPER.	OPER. 1	5844	5,52	-	5,19	0,10	20,47	7,18	2,68	0,49	0,61	0,21
	OPER. 2	5844	5,80	-	5,46	0,10	20,53	7,97	2,82	0,49	0,57	0,09
	Uzaklık A.	5844	5,57	-	5,24	0,11	20,52	7,32	2,71	0,49	0,60	0,19
	Alan A.	5844	5,62	-	5,27	0,13	20,52	7,43	2,73	0,49	0,60	0,17

Sonuç olarak, DMİ karasal istasyonlarında ölçümler ve veri kaynakları arasında gözlenen büyük farklar, Gloria açık deniz istasyonunda gözlenmemiş ve CFSR rüzgar alanlarından elde edilen tahminlerin ölçümlere daha yakın sonuç verdiği tespit edilmiştir.

#### **4.2. Zaman Serileri**

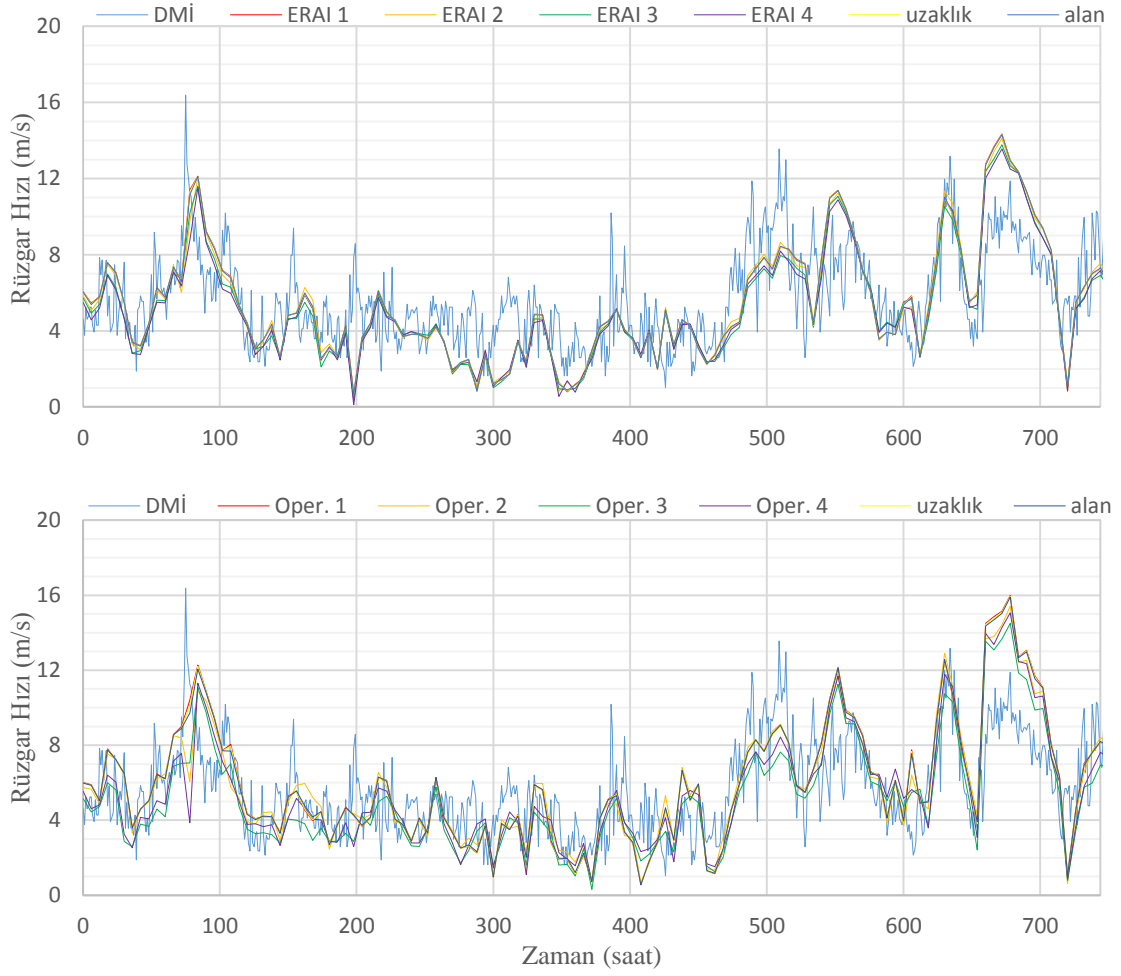
DMİ ölçüm verilerine göre, atmosferik rüzgar veri kaynaklarının performanslarını irdelemek için öncelikle zaman serileri incelenmiştir. Bu işlem için, Karadeniz'in güney kıyılarını temsil edebilecek şekilde DMİ ölçümü mevcut beş farklı karasal istasyonda ve bir açık deniz istasyonunda her rüzgar veri kaynağı için ayrı ayrı zaman serileri çizilmiş ve kendi içlerinde irdelenmiştir. Zaman serileri, rüzgar ölçümlerinin 15 yıl boyunca her DMİ istasyonda en çok verinin gözlendiği yıllar dikkate alınarak çizilmiş ve irdelenmiştir. Kumköy istasyonunda 2008 yılının, Amasra istasyonunda 2009 yılının, Sinop istasyonunda 2006 yılının, Giresun istasyonunda 2004 yılının ve Hopa istasyonunda 2007 yılının her ayı için ayrı ayrı türetilmiştir. Gloria istasyonu için ise zaman serisi analizinde 2008 yılı dikkate alınmıştır. Ancak, çok fazla şekil oluşturulduğundan bu bölümde yakın kıyıyı temsilen DMİ istasyonlarından yalnızca Kumköy istasyonu ve açık denizi temsilen Gloria istasyonu için sırasıyla Ocak ve Şubat aylarının zamansal serileri sunulmuştur.

Kumköy DMİ istasyonu için 2008 Ocak ayında gözlenmiş rüzgar hızı verisi ile bu istasyona en yakın dört karelej noktasının tahmini CFSR ve MERRA rüzgar alanlarından yararlanılarak çıkartılmış veya hesaplanmış rüzgar hızlarının zamansal değişimleri Şekil 4.1'de sunulmuştur. Bu şekilden de görülebileceği gibi, Kumköy DMİ ölçüm istasyonuna en yakın CFSR ve MERRA karelej noktaları (CFSR 3 ve MERRA 3) ve her iki rüzgar veri kaynağı için de dört karelej noktasının verisinden yararlanarak hesaplanan uzaklık ve alan ağırlıklı rüzgar hızlarının zamansal değişimleri birbirlerine yakın sonuçlar vermektedir. Ancak, CFSR rüzgarları için CFSR 3 karelej noktasının verilerinin ve MERRA rüzgarları için alansal ağırlıklı istasyon verilerinin diğerlerine göre daha yüksek sonuçlar verdiği görülmektedir. Genel olarak, Kumköy istasyonunda CFSR veri setleri ölçüm veri setine benzer gidişat gösterse bile gözlenen pik değerlerinin hepsini yakalayamadığı da görülmektedir.



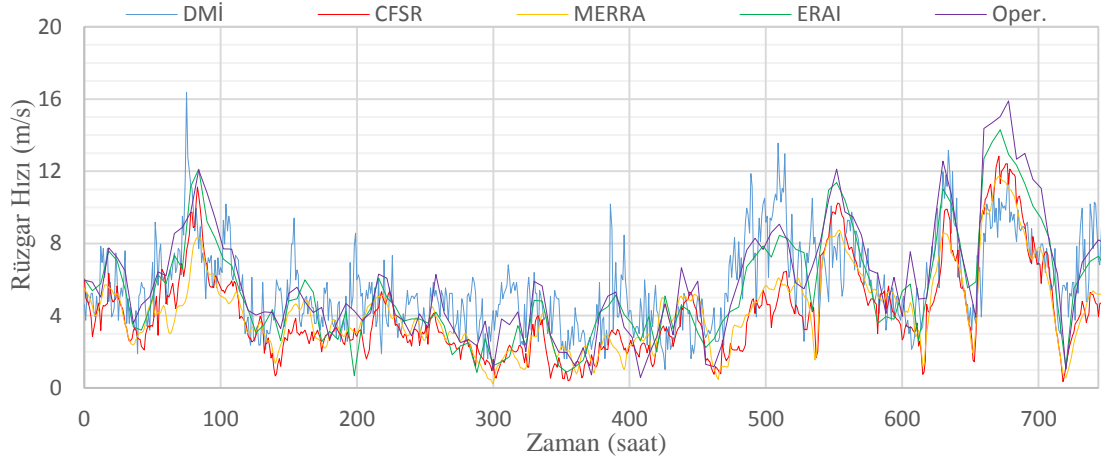
**Şekil 4.1.** 2008 yılı Ocak ayı için Kumköy DMİ istasyonunda ölçülmüş DMİ ve tahmini CFSR (üst) ve MERRA (alt) rüzgar hızlarının zaman serileri

Kumköy istasyonunda ECMWF'nin iki farklı atmosferik veri kaynağından (ERA-Interim ve Operasyonel) temin edilen verilere dayanarak dikkate alınan istasyonlar için ayıklanan veya hesaplanan rüzgar hızlarının zamansal değişimleri Şekil 4.2'de verilmiştir. Bu şekilde, yalnızca 2008 yılı Ocak ayı verileri sunulmuştur. Her iki rüzgar veri kaynağı için DMİ ölçüm istasyonuna en yakın dört kareyaj noktasının verilerinin zamansal değişimleri görülmektedir. Ayrıca, her iki rüzgar veri kaynağının bu dört kareyaj noktalarının rüzgar hız verilerinden yararlanılarak hesaplanan uzaklık ve alan ağırlıklı rüzgar hız veri setlerinin değişimleri de görülmektedir. ERA-Interim rüzgarlarını temsil eden her kareyaj nokta verilerinin zamansal değişimleri neredeyse örtüşmektedir. Operasyonel veri setlerinde ise birbirlerine göre biraz daha sapmaların olduğu görülmektedir.



**Şekil 4.2.** 2008 yılı Ocak ayı için Kumköy DMİ istasyonunda ölçülmüş DMİ ve tahmini ERA-Interim (üst) ve Operasyonel (alt) rüzgar hızlarının zaman serileri

Her veri kaynağının Kumköy DMİ istasyonunda farklı kareyaj noktalarındaki tahmini verilerinin kendi içlerinde kıyaslamasından sonra, veri kaynakları arasında kıyaslama yapabilmek için yalnızca alansal ağırlıklı rüzgar veri setleri dikkate alınarak, 2008 yılı Ocak ayındaki zamansal değişim grafikleri çizilmiş ve Şekil 4.3'te sunulmuştur. Bu şekle göre, Kumköy istasyonunda en iyi rüzgar veri setinin hangisinin olduğu üzerine yorum yapılabilmesinin çok zor olmasına karşın, Operasyonel ve CFSR tahmin veri setlerinin diğerlerine göre daha iyi performans sergilediği gözlenmektedir.

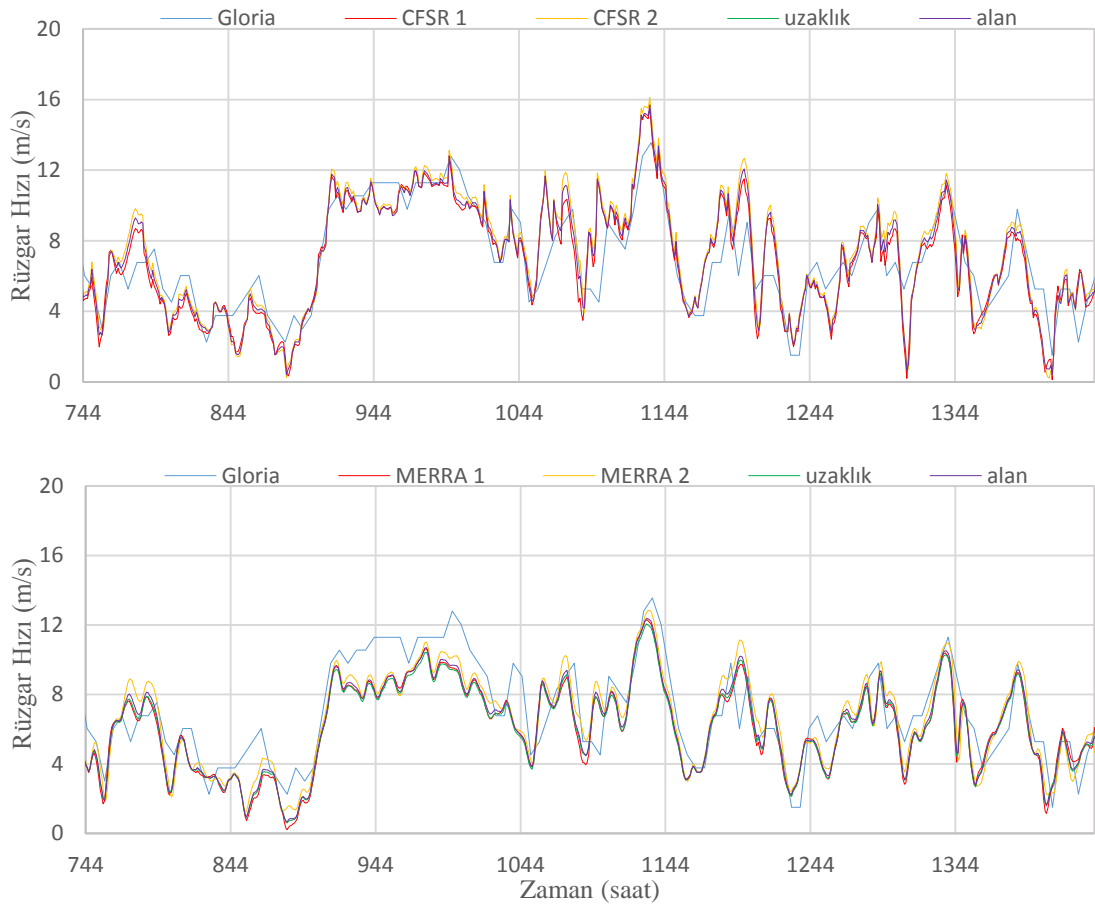


**Şekil 4.3.** 2008 yılı Ocak ayı için Kumköy DMİ istasyonunda ölçülmüş DMİ rüzgar verilerine karşı alansal ağırlıklı tahmini rüzgar veri setlerinin zaman serilerinin kıyaslaması

DMİ karasal istasyonlarından Kumköy istasyonu için zaman serileri, farkların daha belirgin görülebilmesi adına aylık olarak sunulmuştur. Bütün karasal istasyonlar için en çok verinin bulunduğu yıl boyunca gözlenen zaman serileri, her grafikte istasyon ölçümü ve bir veri kaynağının alansal ağırlıklı ortalamaya göre hesaplanmış tahmin değerleri olmak üzere EK 2’de verilmiştir. Ek Şekil 2.1’de, Kumköy istasyonu için 2008 yılı boyunca zaman serileri sunulmuştur. Amasra DMİ istasyonunda 2009 yılı boyunca gözlenen zaman serileri Ek Şekil 2.2’de sunulmuştur. Şekle göre, tahmin veri setleri zamansal olarak pikleri genellikle yakalamışlarsa da, değer olarak biraz daha düşük kaldığı görülmüştür. Ek Şekil 2.3’te Sinop DMİ istasyonu için 2006 yılı boyunca zaman serileri verilmiştir. Şekilden görülebileceği gibi, tüm tahmin veri setlerinin zamansal olarak pik anlarını genellikle yakalamışlardır. Rüzgar hızı değerleri incelendiğinde MERRA verileri daha düşük kalırken, ECMWF veri kaynaklarının ölçüm veri setini diğer veri kaynaklarına göre daha iyi temsil etmiştir. Giresun DMİ istasyonu için en çok verinin bulunduğu 2004 yılı boyunca zaman serileri Ek Şekil 2.4’te sunulmuştur. Bu yılda ilk üç ay boyunca kaydedilmiş ölçüm verisi bulunmamasına rağmen, yılın diğer aylarında kayıtlar düzenli tutulmuştur. Ölçüm verisi bulunan 9 ayın zaman serileri incelendiğinde, CFSR rüzgar alanlarının performansının diğer veri kaynaklarına göre daha iyi olduğu görülmüştür. ECMWF veri kaynaklarının rüzgar hızı tahmin değerlerinin, özellikle Operasyonel veri kaynağında, ölçüm rüzgar hızı değerlerine göre çok düşük kaldığı gözlenmiştir. Ek Şekil 2.5’te Hopa DMİ istasyonu için 2007 yılı boyunca oluşan zaman

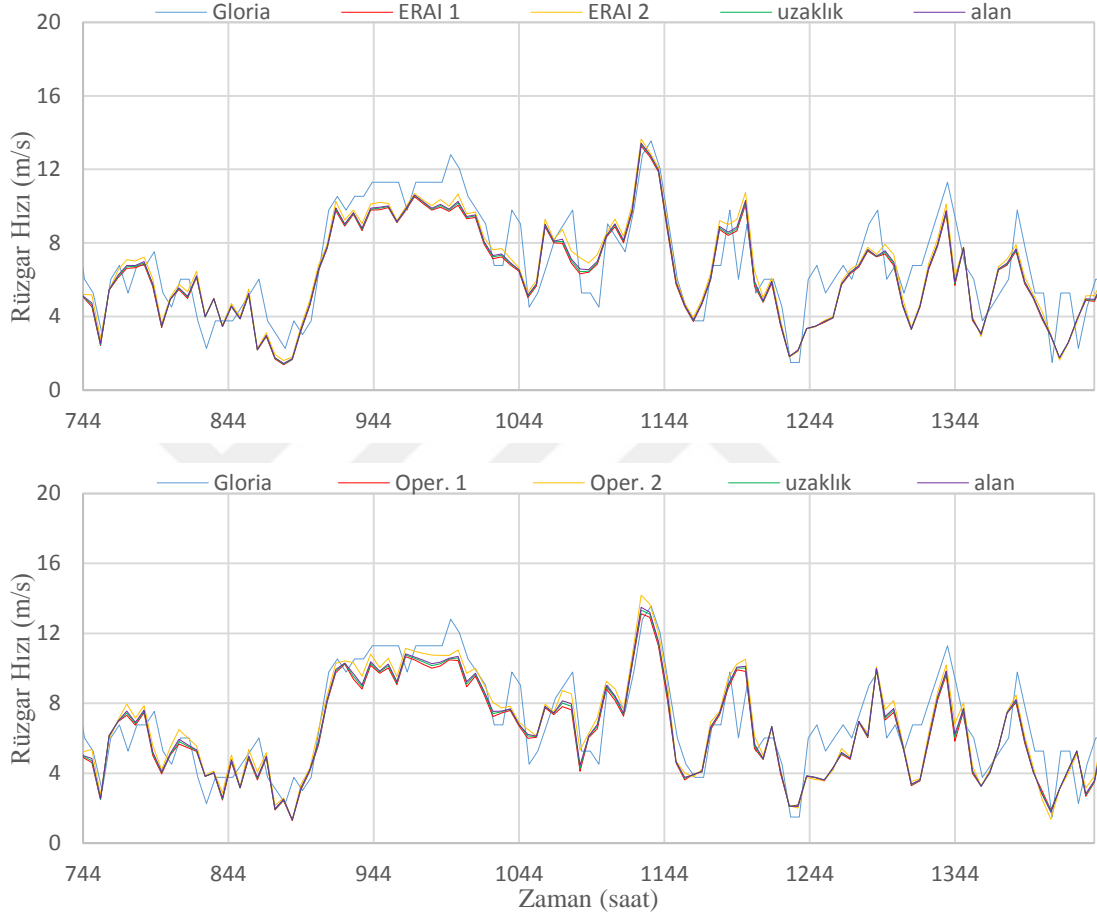
serileri verilmiştir. Burada da Giresun istasyonuna benzer şekilde bir durum söz konusudur. Farklı olarak sadece MERRA rüzgar alanları da incelenmiştir. Yine en iyi performans CFSR rüzgar alanlarında görülmüştür. MERRA rüzgar alanlarında CFSR veri kaynağına yakın sayılabilecek bir gidişat oluşurken; ECMWF veri kaynaklarının değerleri burada da düşük kalmıştır.

Açık denizi temsil eden Gloria istasyonu için 2008 yılı Şubat ayında gözlenmiş rüzgar hız verisi ile bu istasyona en yakın kareyaj noktalarının tahmini CFSR ve MERRA rüzgar alanlarından yararlanılarak çıkartılmış veya hesaplanmış rüzgar hızlarının zamansal değişimleri Şekil 4.4'te sunulmuştur. Şekilde görüldüğü gibi, hem kareyaj noktalarında verilmiş tahmin verileri hem de ağırlıklı olarak hesaplanmış veri setleri ölçülmüş veri ile iyi bir uyum içerisindedir. Tahminler, ölçümlerdeki piklerin oluşma zamanlarını iyi kestirmiş ve serideki piklerde herhangi bir kaymanın oluşmadığı gözlenmiştir.



**Şekil 4.4.** 2008 yılı Şubat ayı için Gloria açık deniz istasyonundan alınan ölçümler ve tahmini CFSR (üst) ve MERRA (alt) rüzgar hızlarının zaman serileri

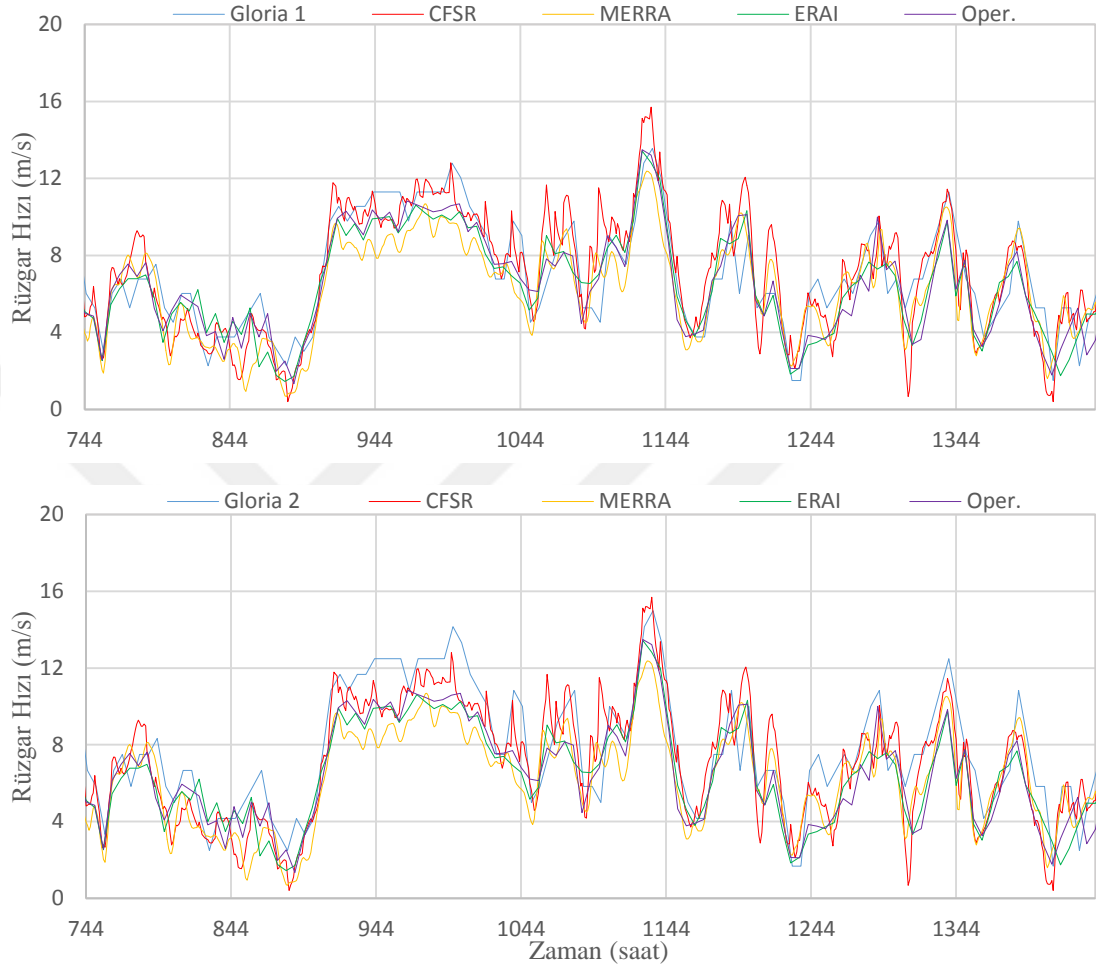
Gloria istasyonunda ECMWF'in iki farklı atmosferik veri kaynağından (ERA-Interim ve Operasyonel) temin edilen verilere dayanarak elde edilen rüzgar hızlarının zamansal değişimleri ise, Şekil 4.5'de verilmiştir. Burada da karelej noktalarından alınan ve hesaplanan ağırlıklı ortalama verilerin birbirine çok yakın olduğu ve pik değerlerin zamansal olarak yakalandığı görülmüştür.



**Şekil 4.5.** 2008 yılı Şubat ayı için Gloria açık deniz istasyonundan alınan ölçümler ve tahmini ERA-Interim (üst) ve Operasyonel (alt) rüzgar hızlarının zaman serileri

Her veri kaynağının Gloria açık deniz istasyonunda farklı karelej noktalarındaki tahmini verilerinin kendi içlerinde kıyaslamasından sonra, veri kaynakları arasında kıyaslama yapabilmek için yalnızca alansal ağırlıklı rüzgar veri setleri dikkate alınarak iki farklı yaklaşıma göre düzeltilmiş ölçümler için zamansal değişim grafikleri çizilmiştir ve Şekil 4.6'da sunulmuştur. CFSR rüzgar alanlarından elde edilen verilerin değer olarak biraz daha yüksek olduğu görülmüştür. (3.5) denklemine göre düzeltilen ölçüm verilerinin değerleri, (3.6) denklemine göre çıkan değerlerden biraz daha düşüktür. Bu nedenle,

şekildeki ilk grafiğe bakıldığında, bazı pik noktalarında CFSR değerleri ölçüm değerlerini aşarken; ikinci grafiğe bakıldığında ise CFSR rüzgar alanlarından elde edilen zaman serileri ölçüm değerlerine daha çok yaklaşmıştır.



**Şekil 4.6.** 2008 yılı Şubat ayı Gloria açık deniz istasyonunda iki yaklaşıma göre düzeltilmiş (üst: (3.5) denklemine göre ve alt: (3.6) denklemine göre) rüzgar ölçümlerine karşı alansal ağırlıklı tahmini rüzgar veri setlerinin zaman serilerinin kıyaslaması

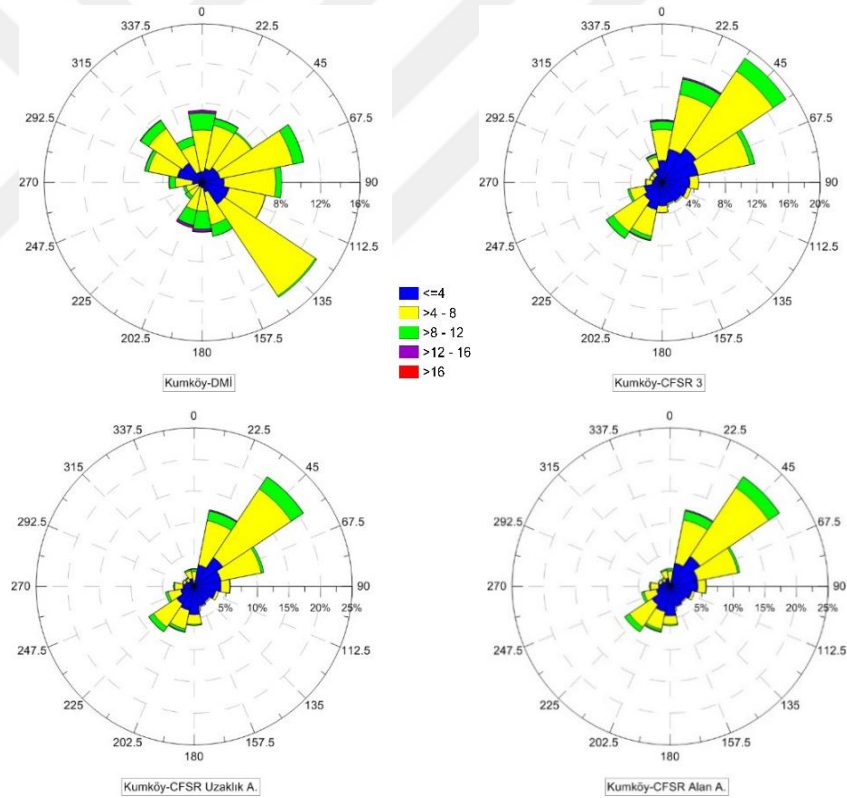
Gloria açık deniz istasyonunda, 2008 yılında sadece Şubat ayı baz alınarak sunulan zaman serilerinin, alansal ağırlıklı ortalamaya göre hesaplanmış rüzgar hızlarının her iki yöntemle göre yıl boyunca zaman serileri Ek Şekil 2.6 ve Ek Şekil 2.7’de verilmiştir. Şekiller incelendiğinde, Şubat ayı özelinde yapılan değerlendirmelerin yıl boyunca da geçerli olduğu görülmektedir.



### 4.3. Rüzgar Gülleri

Bu bölümde, istasyon ölçümlerinin ve atmosferik rüzgar veri kaynaklarının tahminlerinin hakim yön ve hız dağılımı bakımından ölçüm verilerine uygunluğu irdelenmiştir. Rüzgar gülleri, bütün istasyonlar için, en fazla veri bulunan yıllardaki bütün veriler kullanılarak oluşturulmuştur. Pusula 22,5 derecelik açılarla 16 sektöre ayrılarak, hakim rüzgar yönleri incelenmiştir. Rüzgar hızları beş farklı hız aralığına göre sınıflandırılarak fırtınaların hangi yönlerden estiği belirlenmiştir.

Kumköy istasyonunda, en çok verinin bulunduğu 2008 yılında ölçüm ve bu istasyona en yakın dört karelej noktasının tahmini CFSR rüzgar alanlarından yararlanılarak çıkartılmış veya hesaplanmış rüzgar verilerinin rüzgar gülleri Şekil 4.7’de sunulmuştur.

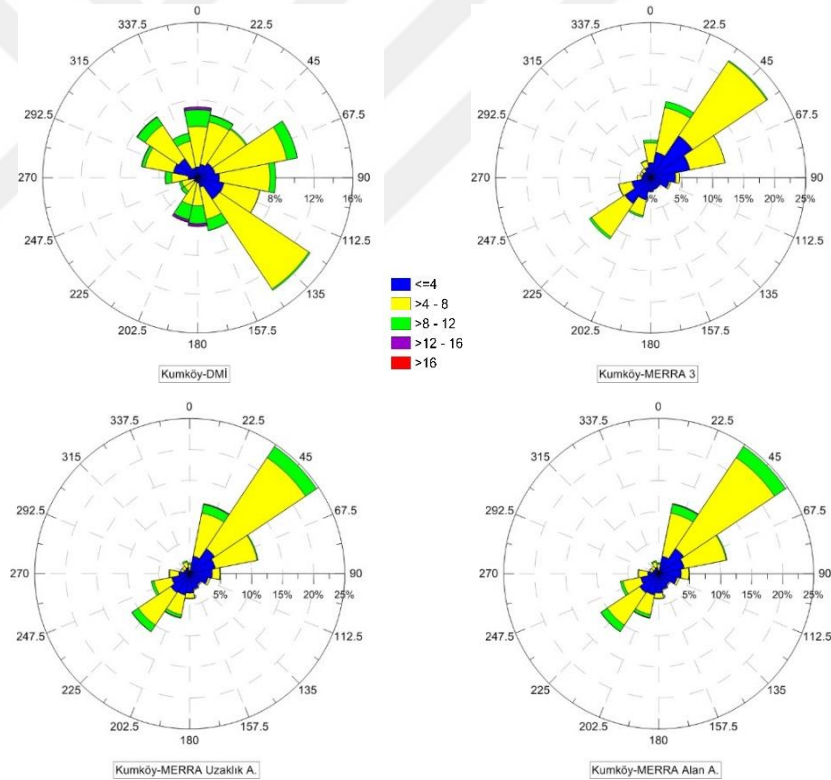


**Şekil 4.7.** 2008 yılı için Kumköy istasyonunda DMİ rüzgar ölçümleri ve CFSR verilerinin rüzgar gülleri

DMİ Kumköy istasyonundan alınan ölçümler kullanılarak çizilen grafiğe bakıldığında, frekans bakımından hakim yönler doğu-kuzeydoğu ve güneydoğu iken; fırtınaların kuzey

ve güney yönlerinden geldiği görülmektedir. CFSR rüzgar alanlarından elde edilen verilere göre çizilen rüzgar gülüne bakıldığında, kuzeydoğu yönlü hakim rüzgarlar  $12,5^\circ$  sapmayla yakalanırken; güneydoğu yönlü rüzgarların tahmin edilemediği görülmüştür. Yine kuzey yönlü fırtınaların yakalandığı; ancak güney yönlü fırtınaların tümünün tahmin edilemediği görülmüştür.

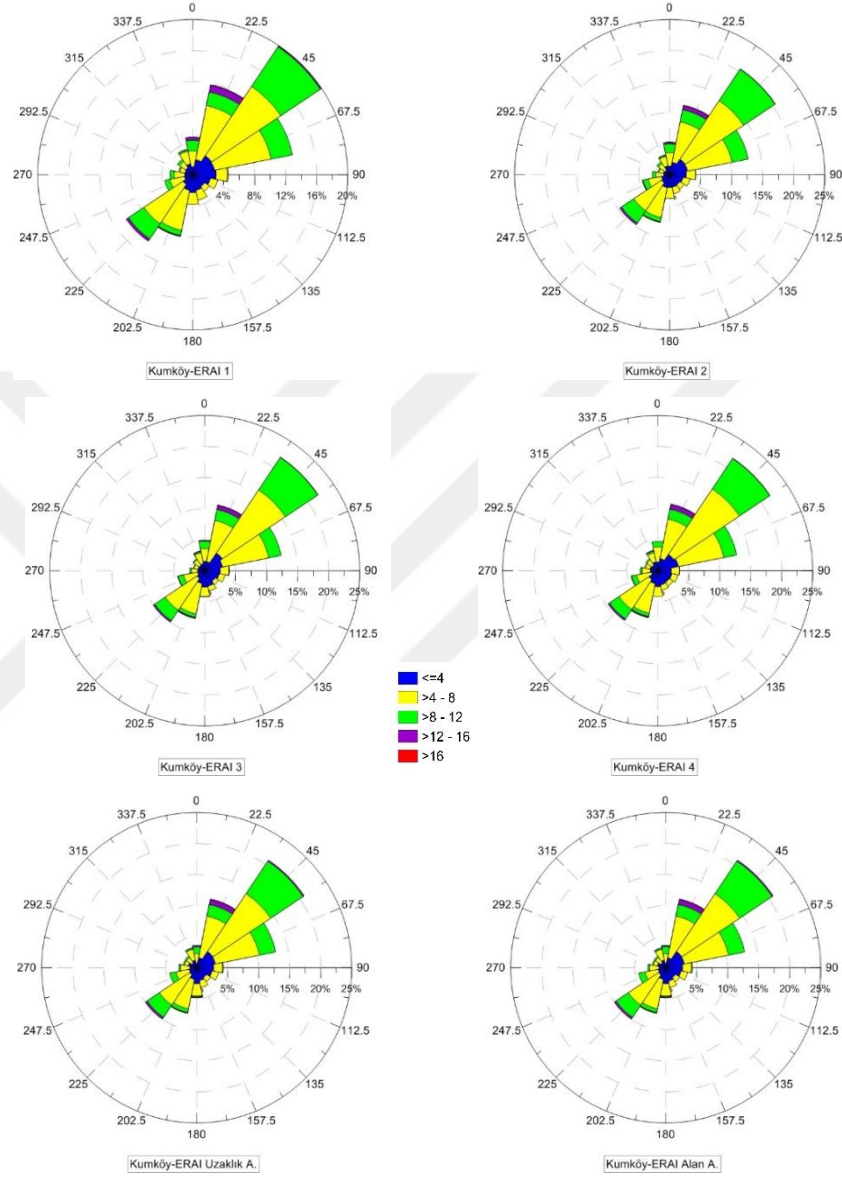
Bu istasyonda aynı yılda, ölçüm ve bu istasyona en yakın dört kareyaj noktasının tahmini MERRA rüzgar alanlarından yararlanılarak çıkartılmış veya hesaplanmış rüzgar verilerinin rüzgar gülleri Şekil 4.8’de sunulmuştur. Bu şekilde, MERRA rüzgar alanlarından alınan verilerin yönsel olarak dağılımının CFSR rüzgar alanlarından alınan verilere benzer şekilde gerçekleştiği görülmüştür. Ancak fırtınalara bakıldığında 12-16 m/s arası hızları tahmin edemediği belirlenmiştir.



**Şekil 4.8.** 2008 yılı için Kumköy istasyonunda DMI rüzgar ölçümleri ve MERRA verilerinin rüzgar gülleri

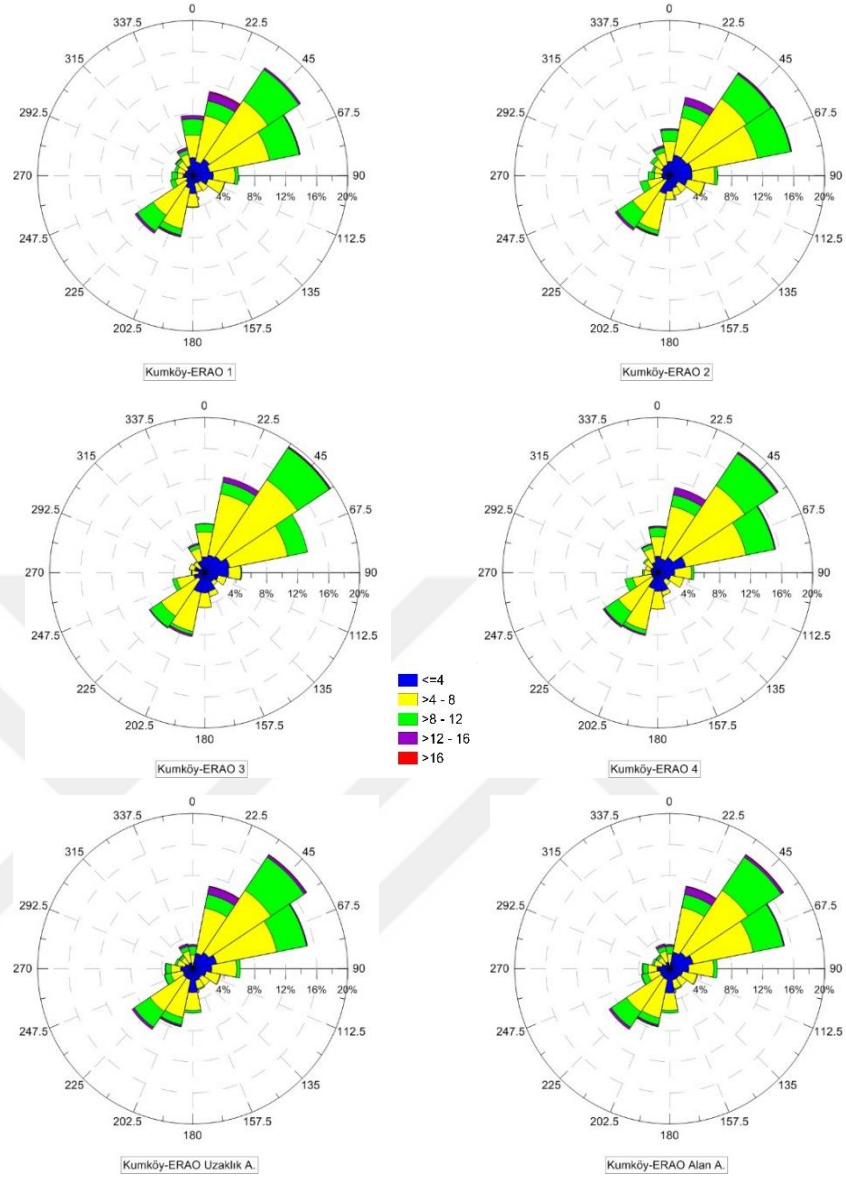
ECMWF veri kaynağının ERA-Interim rüzgar alanlarından yararlanılarak çıkartılmış veya hesaplanmış rüzgar verilerinin Kumköy istasyonunda oluşturulan rüzgar gülleri

Şekil 4.9’da sunulmuştur. Bu şekilde, ERA-Interim rüzgar verilerinin yönsel olarak diğer veri kaynaklarının rüzgar verilerine benzer dağılım gösterdiği; ancak CFSR rüzgarlarında olduğu gibi fırtınaların daha yüksek hızlarda (12-16 m/s) gerçekleştiği de görülmüştür.



**Şekil 4.9.** 2008 yılı için Kumköy istasyonunda ERA-Interim verilerinin rüzgar gülleri

ECMWF veri kaynağının Operasyonel rüzgar alanlarından yararlanılarak çıkartılmış veya hesaplanmış rüzgar verilerinin Kumköy istasyonunda oluşturulan rüzgar gülleri Şekil 4.10’da sunulmuştur. Operasyonel rüzgar alanından alınan verilerin, ECMWF’nin diğer veri kaynağı olan ERA-Interim verilerine benzer rüzgar güllü oluşturduğu görülmüştür.



**Şekil 4.10.** 2008 yılı için Kumköy istasyonunda Operasyonel verilerinin rüzgar gülleri

Diğer DMİ karasal istasyonlarının rüzgar gülleri, her istasyonda en çok verinin bulunduğu yıllar için oluşturularak Ekler kısmında verilmiştir. Amasra istasyonu için oluşturulan rüzgar gülleri Ek Şekiller (3.1, 3.2 ve 3.3)'de sunulmuştur. Şekillere göre, rüzgar ölçümlerinin hakim yönü güney güneydoğu çıkarken, fırtınalar çoğunlukla batı ve kuzeydoğu yönlerinde gözlenmiştir. Bütün rüzgar alanlarının kareyaj noktalarından çıkarılmıŐ veya hesaplanmış verilere göre oluŐturulmuŐ rüzgar g llerine göre hakim rüzgarlar ve fırtınalar kuzeydoğu ve doğu kuzeydoğu yönlerinden gözlenmiştir. Ölçümlerde en çok gözlenen güney güneydoğu rüzgarları tam olarak yakalanamamıştır.

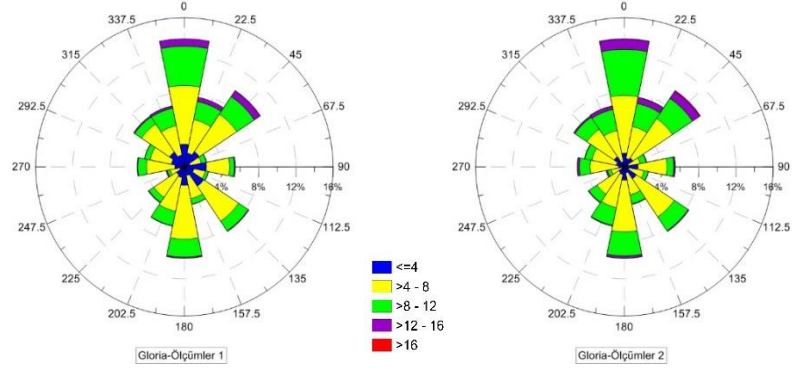
Sadece Operasyonel veri kaynağının 4 numaralı açık deniz noktasında kuzeydoğu yönlü rüzgarların yanı sıra güneydoğu yönlü rüzgarlar tespit edilmiştir.

Ek Şekiller (3.4, 3.5, 3.6 ve 3.7)'de Sinop istasyonu için verilen rüzgar güllerine göre, hakim rüzgarların doğu yönünden estiği görülmüştür. Doğu yönlü rüzgarlara en yakın frekansa sahip olması ve fırtınaların bu yönden görülmesi sebebiyle kuzeybatı yönlü rüzgarlarda bu istasyonda etkili olmuştur. CFSR rüzgar alanları 22,5°'lik sapma ile fırtınaları tahmin ederken, sıklıkla esen doğu rüzgarları yakalanamamıştır. MERRA rüzgar alanları da fırtınalarda benzer performans gösterirken, doğu yönlü rüzgarlarda daha etkili olmuştur. ECMWF veri kaynakları da fırtınaların tahmininde iyi performans gösterirken, hakim rüzgar yönlerinde başarılı bulunmamıştır.

Giresun DMİ istasyonu için oluşturulan rüzgar gülleri Ek Şekiller (3.8, 3.9 ve 3.10)'de verilmiştir. DMİ ölçümlerini temsil eden rüzgar güllerine göre hakim rüzgar yönü güneybatı olarak görülmüştür. 8 m/s üzeri hızlar ise doğu ve kuzeydoğu yönleri arasında gözlenmiştir. Ayrıca doğu yönlü rüzgarlar da etkili olmuştur. Tahmin veri kaynakları için oluşturulan rüzgar gülleri incelendiğinde, hepsinde hakim yön güney olarak tespit edilmiştir. CFSR rüzgar alanlarında, özellikle 3 noktasında, fırtınalar yakın tahmin edilmiştir.

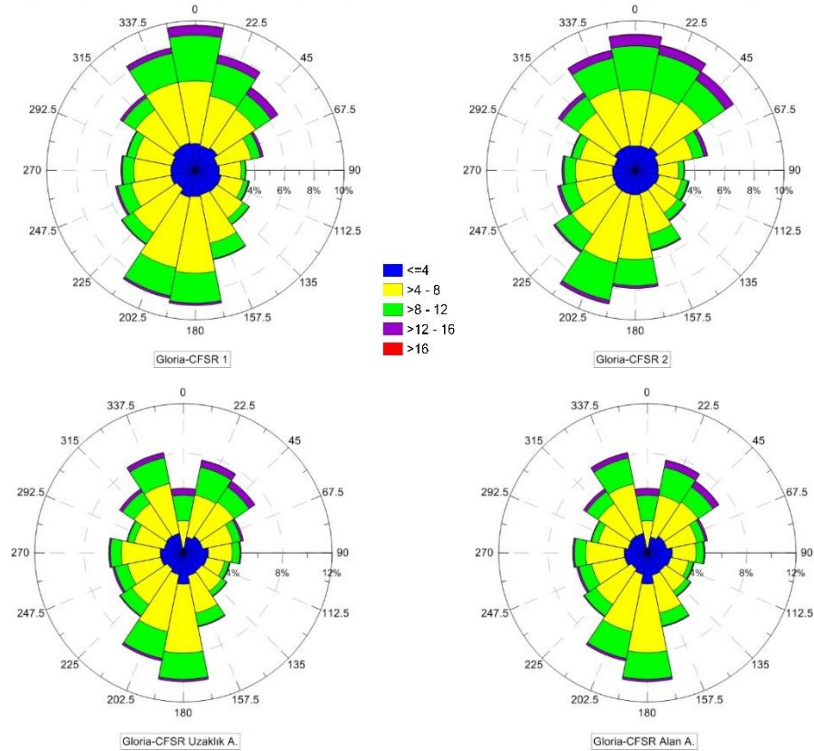
Hopa DMİ istasyonu için oluşturulan rüzgar gülleri Ek Şekiller (3.11, 3.12, 3.13 ve 3.14)'de verilmiştir. İstasyon ölçümlerine temsil eden rüzgar gülüne göre, hakim rüzgarların batı kuzeybatı doğu güneydoğu yönlerinden estiği tespit edilmiştir. Fırtınalar doğu ve doğu güneydoğu yönlerinde görülmüştür. Hopa istasyonunda tahmin veri kaynaklar için oluşturulan rüzgar güllerine bakıldığında, herhangi birinin yön bakımından benzer olmadığı görülmüştür.

Gloria açık deniz istasyonunda, en çok verinin bulunduğu 2008 yılında, iki farklı yaklaşıma göre düzeltilmiş ölçüm rüzgar verilerinin gülleri Şekil 4.11'de sunulmuştur. Şekle göre, bu farklı yaklaşımlarda rüzgar yönleri değişmemiş, yalnızca hızlarda bir miktar farklılık orta çıkmıştır. Her iki yaklaşımda da hakim rüzgarların kuzey, güney ve kuzey doğu yönlerinden estiği görülmüştür. Fırtınalar da yine aynı yönlerde gözlenmiştir.



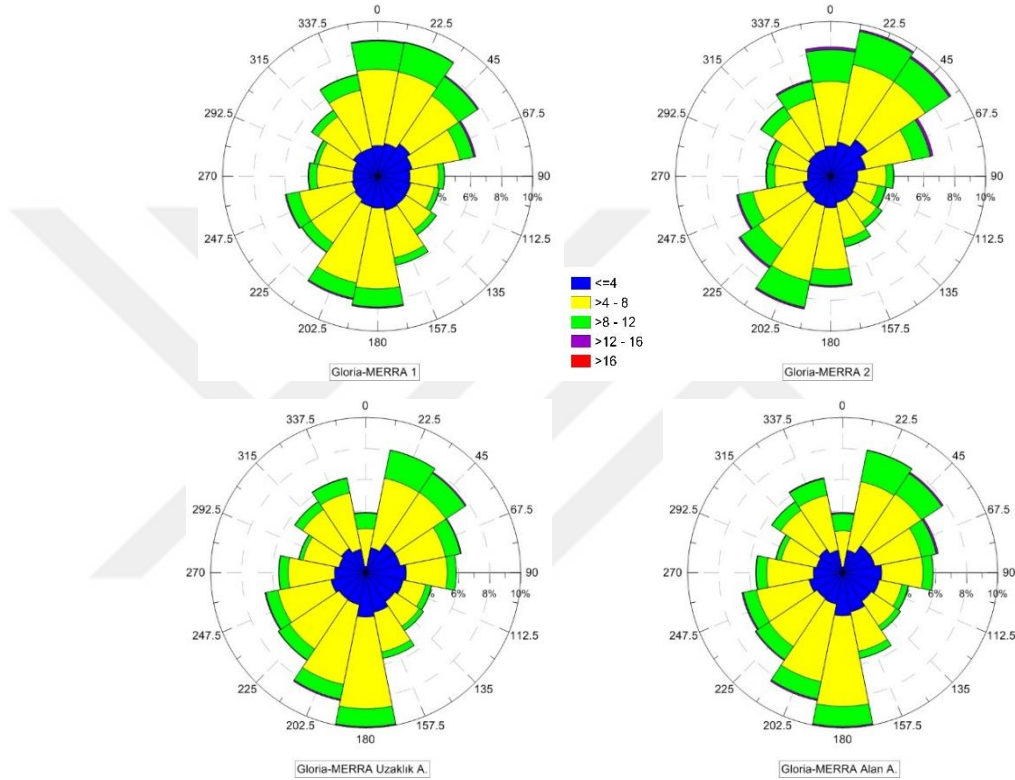
**Şekil 4.11.** 2008 yılı için Gloria ölçümlerinin (3.5) denklemine göre düzenlenmiş (sol), (3.6) denklemine göre düzenlenmiş (sağ) rüzgar gülleri

Aynı yılda, CFSR rüzgar alanlarından yararlanılarak çıkartılmış veya hesaplanmış rüzgar verilerinin rüzgar gülleri Şekil 4.12’de sunulmuştur. Şekilden görülebileceği gibi, hakim yönler ve fırtınalar ölçüm rüzgar güllerine benzer şekilde davranış göstermiştir; ancak fırtınaların farklı frekanslarla olsa da her yönden gerçekleştiği gözlenmiştir. Tahmin veri setlerinde kuzey yönlü rüzgarların frekansları biraz daha azalarak diğer yönlere dağılmıştır. Özellikle ağırlıklı ortalamalardan elde edilen rüzgar güllerinde kuzey yönünden esen rüzgarların daha düşük bir frekansla tahmin edildiği görülmüştür.



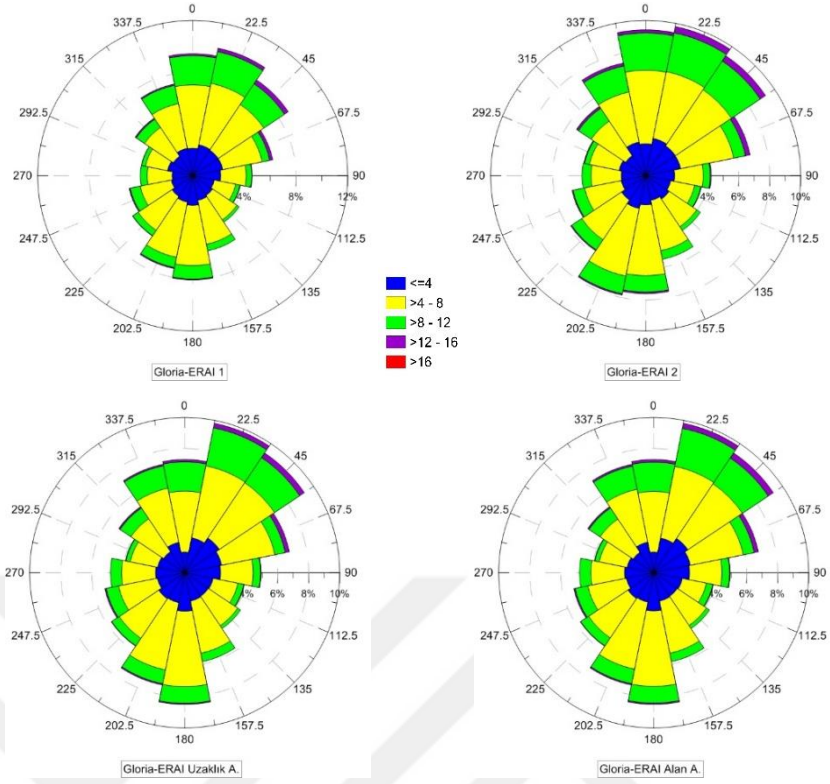
**Şekil 4.12.** 2008 yılı için Gloria istasyonunda CFSR verilerinin rüzgar gülleri

Gloria istasyonuna en yakın dört karelij noktasının tahmini MERRA rüzgar alanlarından yararlanılarak çıkartılmış veya hesaplanmış rüzgar verilerinin gülleri Şekil 4.13’de sunulmuştur. Şekle göre, MERRA rüzgar alanlarından elde edilen rüzgarlar da CFSR rüzgar alanlarından elde edilen rüzgarlara benzer davranış gösterirken; kuzey yönlü rüzgarların biraz daha doğuya kaydığı ve yüksek hızlı rüzgarların frekanslarının biraz daha düşük olduğu gözlenmiştir.



**Şekil 4.13.** 2008 yılı için Gloria istasyonunda MERRA verilerinin rüzgar gülleri

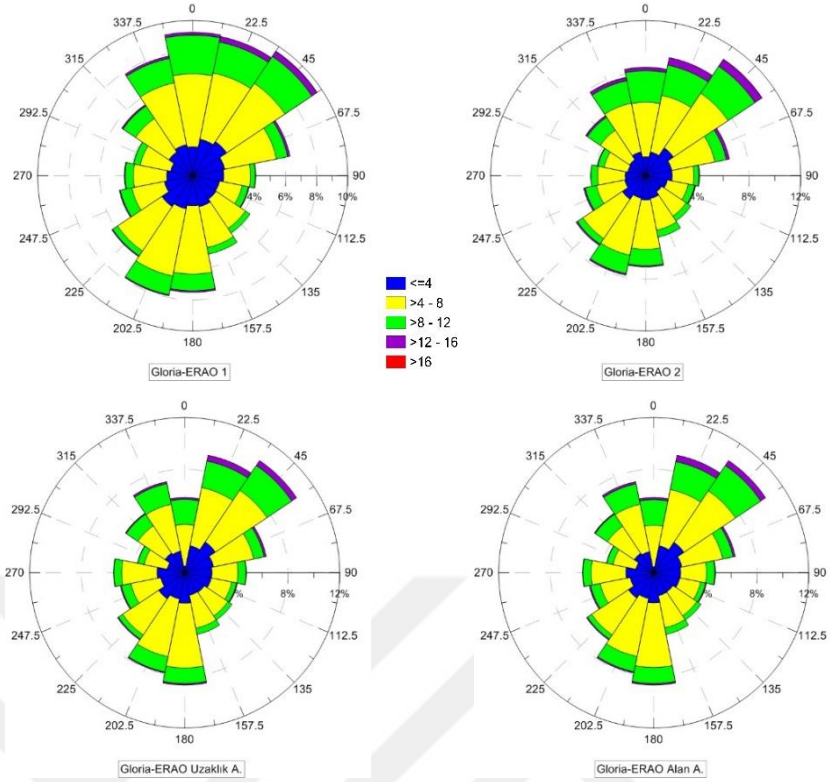
Gloria açık deniz istasyonunda, ERA-Interim rüzgar alanlarından yararlanılarak çıkartılmış veya hesaplanmış rüzgar verilerinin gülleri Şekil 4.14’de sunulmuştur. Bu rüzgar güllerine göre hakim rüzgar yönlerinin kuzey kuzeydoğu ve güney güneybatı yönlerinde olduğu gözlenmiştir. Ölçümlerde gözlenen yüksek frekanslı kuzey rüzgarlarının, ERA-Interim rüzgar alanlarında da daha düşük frekansla oluştuğu görülmüştür.



**Şekil 4.14.** 2008 yılı için Gloria istasyonunda ERA-Interim verilerinin rüzgar gülleri

ECMWF'nin diğer veri kaynağı, Operasyonel veri setinden yararlanılarak çıkartılmış veya hesaplanmış rüzgar verilerinin gülleri Şekil 4.15'de sunulmuştur. Şekle göre, rüzgar güllerinin ERA-Interim rüzgar alanlarından elde edilen verilere benzer dağılım gösterdiği; ancak kuzey yönlü rüzgarların biraz daha kuzeydoğu yönüne kaydığı gözlenmiştir. Hakim yönlerin de kuzeydoğu ve güney güneybatı yönleri olduğu görülmüştür.





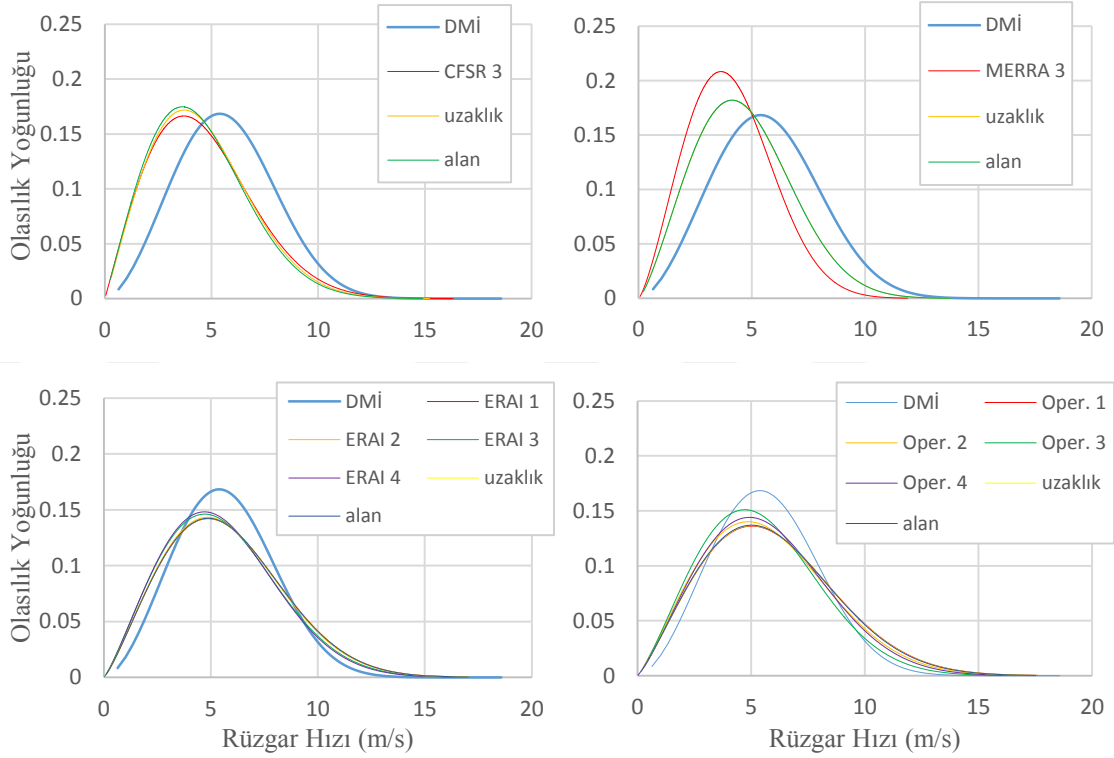
**Şekil 4.15.** 2008 yılı için Gloria istasyonunda Operasyonel verilerinin rüzgar gülleri

#### 4.4. Olasılık Dağılımları

Bu bölümde, beş karasal DMİ istasyonu ölçümlerine ve Gloria açık deniz istasyonu ölçümlerine karşı, atmosferik rüzgar veri kaynaklarının Weibull olasılık dağılımları kıyaslanarak, veri kaynaklarının performansları irdelenmiştir. Yine olasılık dağılımları da karasal istasyonlar için en çok veri sayısının bulunduğu yıllar için incelenirken, Gloria açık deniz istasyonunda ölçüm bulunan tüm yıllar (2006-2009) göz önüne alınarak incelenmiştir. Grafiklerin çokluğu nedeniyle bu bölümde de karasal istasyonlardan sadece DMİ Kumköy istasyonu ve açık deniz istasyonu Gloria için yapılan irdelemeler gösterilmiştir.

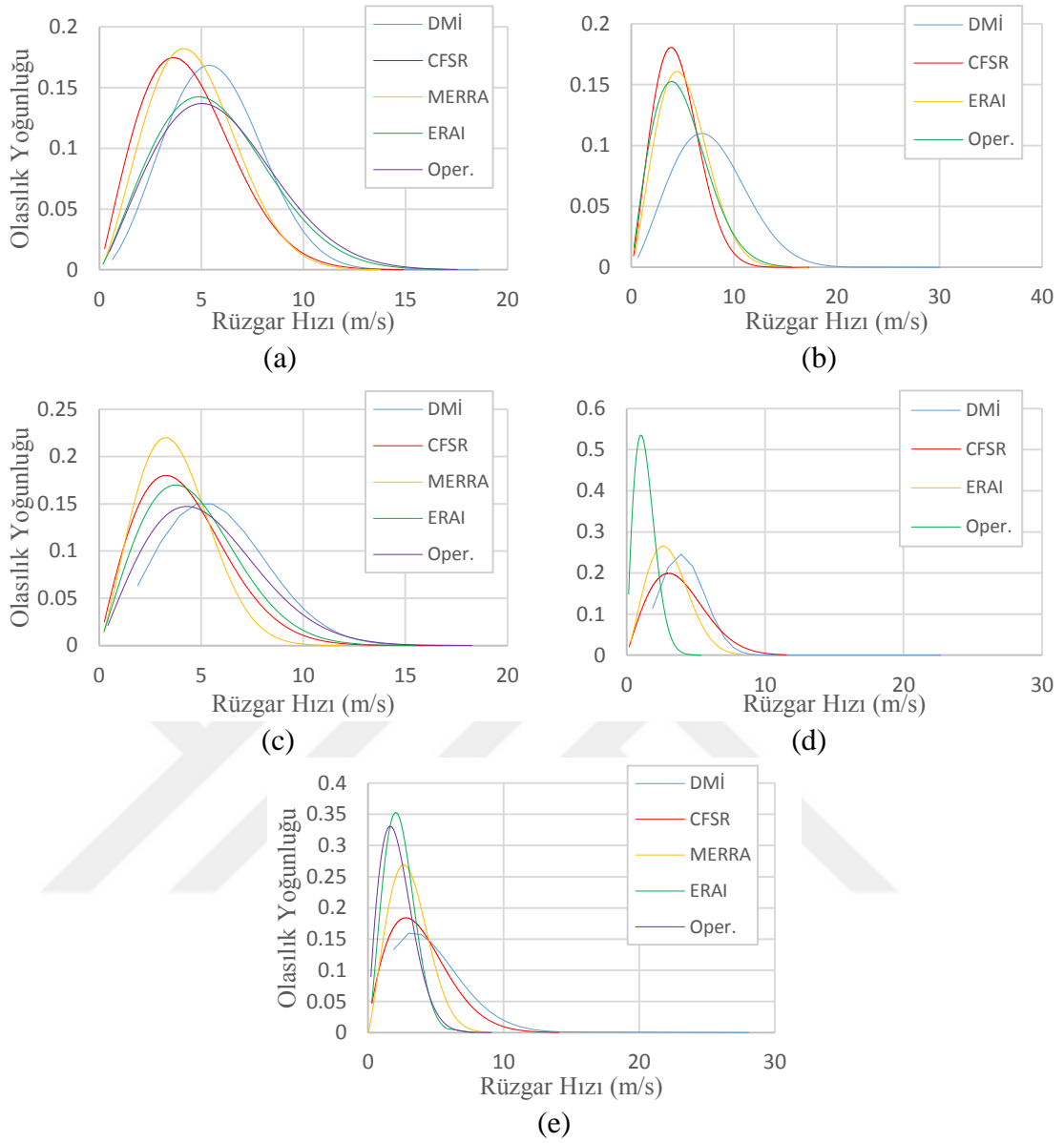
Kumköy istasyonundan alınan ölçümler ile bütün veri kaynakları için bu istasyona en yakın karelej noktalarında rüzgar alanlarından yararlanılarak çıkartılmış veya hesaplanmış rüzgar hızlarının olasılık dağılımları Şekil 4.16'da sunulmuştur. Şekilde görüldüğü gibi, Kumköy DMİ ölçüm istasyonuna en yakın CFSR, ERA-Interim ve Operasyonel karelej noktaları ve bu noktalar kullanılarak hesaplanan uzaklık ve alansal

ağırlıklı ortalamalar birbirine yakın bir dağılım göstermiştir. MERRA veri kaynağında ise uzaklık ve alansal ağırlıklı ortalamaları, DMİ ölçümlerinin dağılımına daha yakın bir dağılım göstermiştir.



**Şekil 4.16.** 2008 yılı için Kumkoy istasyonunda DMİ ölçümlerine karşı CFSR, MERRA, ERA Interim ve Operasyonel tahmin veri setleri için olasılık dağılımları

Her veri kaynağının Kumkoy DMİ istasyonunda farklı kareyaj noktalarındaki tahmini verilerinin kendi içlerinde kıyaslamasından sonra, veri kaynakları arasında kıyaslama yapabilmek için yalnızca alansal ağırlıklı rüzgar veri setleri dikkate alınarak olasılık dağılımlarının grafikleri bütün istasyonlarda çizilmiş ve Şekil 4.17’te sunulmuştur. Şekilde bulunan Kumkoy istasyonunu temsil eden grafikte, CFSR ve MERRA veri kaynakları için dağılımın istasyon ölçümlerine göre sola kaymış olduğu görülmektedir. Bu da zayıf rüzgarların yüksek frekansla, güçlü rüzgarların düşük frekansla görüldüğünü göstermektedir. ECMWF’nin iki farklı veri kaynağında (ERA-Interim ve Operasyonel) sıklıkla görülen rüzgar hızları, ölçümlerde sıklıkla görülen rüzgar hızı değerlerine yakın olmasına rağmen; daha düşük olasılıkla gerçekleştiği görülmüştür.



**Şekil 4.17.** Kumköy (a), Amasra (b), Sinop (c), Giresun (d), Hopa (e) istasyonlarında DMİ ölçümlerine karşı veri kaynaklarının alansal ağırlıklı ortalamalarının olasılık dağılımları

Beş karasal istasyon için ölçümler ve veri kaynaklarında en sık görülen rüzgar hızı değerleri Çizelge 4.3’de verilmiştir. Buna göre, DMİ Kumköy istasyonunda Operasyonel tahmin verileri, ölçümlere daha yakın sonuç vermiştir. Amasra istasyonunda ERA-Interim, Sinop istasyonunda Operasyonel, Giresun ve Hopa istasyonunda ise CFSR tahmin verileri, ölçümlere daha yakın sonuç vermiştir. Bu çizelgeden, Amasra bölgesinde daha şiddetli rüzgarların daha sık görüldüğü ve Karadeniz’in doğusuna doğru daha düşük şiddette rüzgarların sık görüldüğü anlaşılmaktadır.

**Çizelge 4.3.** Beş karasal istasyon için Weibull dağılımına göre en sık görülen rüzgar hızları ( $W_m$ )

İstasyon	Ölçüm $W_m$ (m/s)	CFSR $W_m$ (m/s)	MERRA $W_m$ (m/s)	ERA-Interim $W_m$ (m/s)	Operasyonel $W_m$ (m/s)
<b>Kumköy</b>	5,39	3,63	4,13	4,87	5,02
<b>Amasra</b>	6,81	3,87	-	4,46	3,92
<b>Sinop</b>	4,77	3,28	3,26	3,76	4,29
<b>Giresun</b>	3,94	3,03	-	2,64	1,04
<b>Hopa</b>	3,00	2,86	2,63	2,04	1,64

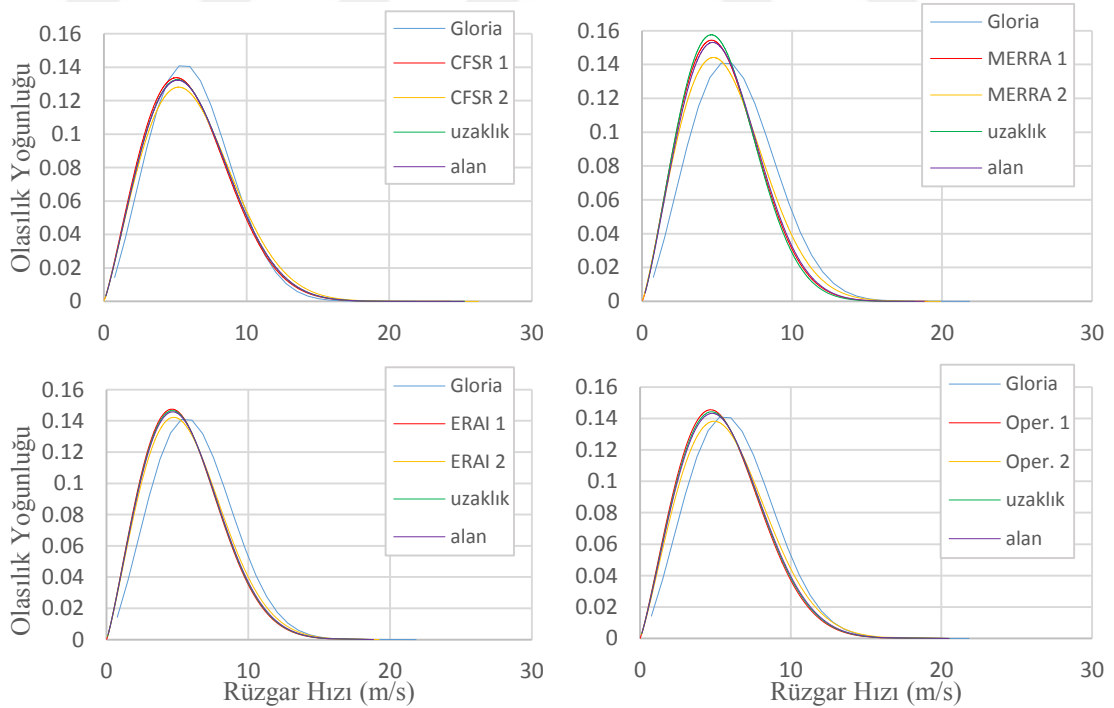
Diğer istasyonlarda, farklı rüzgar alanlarının kendi içlerinde kıyaslamasını yapabilmek için elde edilen olasılık dağılım grafikleri Ekler kısmında verilmiştir. Ek Şekil 4.1’de Amasra istasyonunda, tüm veri kaynakları için ayrı ayrı oluşturulan dağılım grafikleri sunulmuştur. CFSR rüzgar alanlarını temsil eden grafikte, daha açıkta bulunan noktalardan (CFSR 3 ve CFSR 4) alınan verilerin diğer nokta ve yöntemlerden elde edilen verilere nispeten daha yakın dağılım gösterdiği görülmüştür. ECMWF veri kaynaklarında ise 4 numaralı karelej noktaları çok farklı dağılım sergilemiştir.

Ek Şekil 4.2’de Sinop istasyonunda tüm veri kaynakları için ayrı ayrı oluşturulan dağılım grafikleri sunulmuştur. Şekilden görülebileceği gibi, istasyona biraz daha uzak ve açık deniz konumunda olan noktalardan (CFSR 3-4 ve MERRA 3-4) alınan tahmin verilerinin ölçüm dağılımına biraz daha yakın davranış sergilediği görülmüştür. ECMWF veri kaynaklarında ise istasyondan uzak konumda olan noktadan (ERAI 3 ve Oper. 3) temin edilen tahmin verileri daha uzak dağılım göstermiştir.

DMİ Giresun istasyonu için oluşturulan olasılık dağılım grafikleri Ek Şekil 4.3’te verilmiştir. Bu grafiklere göre, farklı rüzgar alanlarının farklı noktalarından veya farklı yöntemlerle hesaplanan ağırlıklı ortalamalarından elde edilen verilerin oluşturduğu dağılımlar birbirine yakın görülmüştür. Burada göze çarpan durum, Operasyonel rüzgar alanlarından elde edilen verilerin dağılımlarının ölçüm dağılımından bir hayli uzak davranış göstermiş olmasıdır.

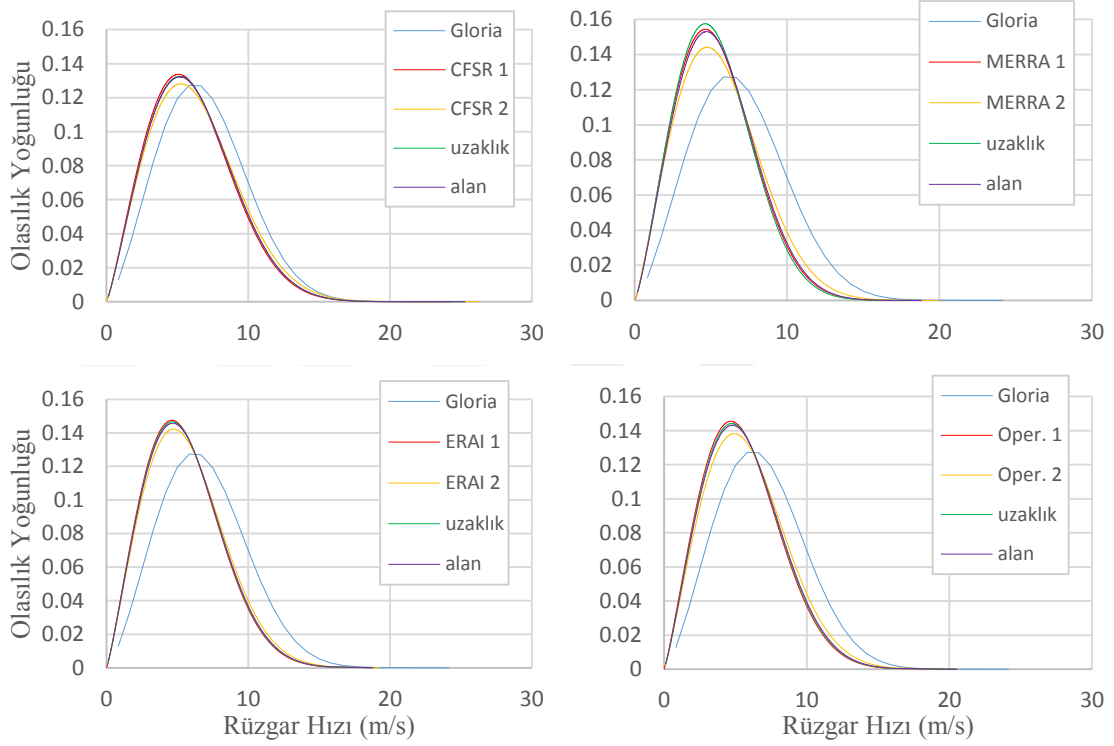
Hopa istasyonu için farklı veri kaynaklarının kendi içinde oluşturduğu olasılık dağılımları Ek Şekil 4.4'te sunulmuştur. Şekilde verilen grafiklerden görülebileceği gibi, ECMWF veri kaynakları (ERA-Interim ve Operasyonel), ölçüm veri setini temsil edemeyecek kadar uzak dağılım göstermiştir. En yakın dağılımı ise CFSR rüzgar alanlarından elde edilen veri setleri göstermiştir. Noktalar veya hesaplanan ağırlıklı ortalamalar arasında çok fark olmasa da, karasal etkiden biraz daha uzak olan CFSR 3 ve CFSR 4 noktalarından elde edilen verilerin daha iyi bir performans sergilediği görülmüştür.

Gloria istasyonundan alınan ölçümlerin (3.5) denklemine göre düzeltilmiş değerleri ile bütün veri kaynakları için bu istasyona en yakın karelej noktalarında rüzgar alanlarından yararlanılarak çıkartılmış veya hesaplanmış rüzgar hızlarının olasılık dağılımları Şekil 4.18'de sunulmuştur. Şekilde sunulan grafiklere göre, farklı rüzgar alanlarında kullanılan farklı karelej noktalarından ve farklı yöntemlerle hesaplanan ağırlıklı ortalamalardan elde edilen veri setleri, birbirine oldukça yakın bir dağılım göstermiştir. Ayrıca bu dağılımların, (3.5) denklemine göre 10 metreye indirgenmiş ölçümlere de çok yakın olduğu görülmüştür.



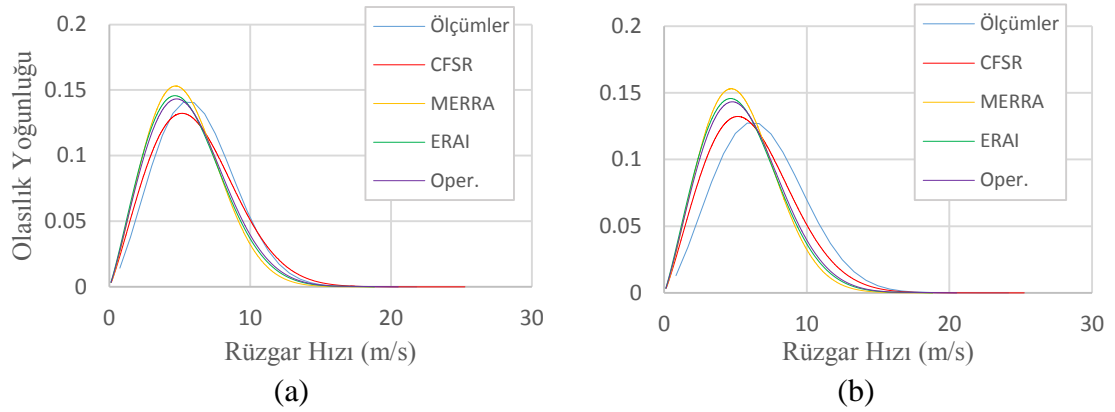
**Şekil 4.18.** Gloria istasyonunda tüm yıllar için (3.5) denklemine göre düzeltilen ölçümlere karşı CFSR, MERRA, ERA Interim ve Operasyonel tahmin veri setleri için olasılık dağılımları

İstasyon ölçümlerinin (3.6) denklemine göre düzeltilmiş değerleri ile bütün veri kaynakları için bu istasyona en yakın karelej noktalarında rüzgar alanlarından yararlanılarak çıkartılmış veya hesaplanmış rüzgar hızlarının olasılık dağılımları Şekil 4.19’de sunulmuştur. Şekle göre, (3.6) denklemiyle 10 metreye indirgenen ölçümler (3.5) denklemine göre elde edilen ölçümlerden biraz daha uzak bir dağılım göstermiştir.



**Şekil 4.19.** Gloria istasyonunda tüm yıllar için (3.6) denklemine göre düzeltilen ölçümlere karşı CFSR, MERRA, ERA Interim ve Operasyonel tahmin veri setleri için olasılık dağılımları

Her veri kaynağının Gloria açık deniz istasyonunda farklı karelej noktalarındaki tahmini verilerinin kendi içlerinde kıyaslamasından sonra, veri kaynakları arasında kıyaslama yapabilmek için yalnızca alansal ağırlıklı rüzgar veri setleri dikkate alınarak olasılık dağılımlarının grafikleri bütün istasyonlarda çizilmiş ve Şekil 4.20’de sunulmuştur. Şekilden görülebileceği gibi, CFSR rüzgar alanlarından elde edilen veriler, her iki denkleme göre düzeltilmiş ölçüm değerlerinin dağılımına daha yakın bir dağılım göstermiştir.



**Şekil 4.20.** Gloria istasyonunda tüm yıllar için (3.5) denklemine göre düzeltilen ölçümlere karşı (a), (3.6) denklemine göre düzeltilen ölçümlere karşı tüm veri kaynaklarının olasılık dağılımı (b)

Gloria açık deniz istasyonunda, (3.5) denklemine göre düzeltilmiş ölçümler (Ölçüm 1), (3.6) denklemine göre düzeltilmiş ölçümler (Ölçüm 2) ve bütün atmosferik rüzgar tahmin veri kaynaklarında en sık görülen rüzgar hızı değerleri Çizelge 4.4'te verilmiştir. Burada, ölçüm değerine en yakın sonucu CFSR veri kaynağının verdiği görülmüştür. Denklem (3.5)'ye göre düzeltilmiş ölçüm verilerine bakıldığında, bütün veri kaynaklarının çok daha düşük tahmin edildiği görülmüştür.

**Çizelge 4.4.** Gloria açık deniz istasyonu için weibull dağılımına göre en sık görülen rüzgar hızları ( $W_m$ )

Veri Kaynağı	$W_m$ (m/s)
Ölçüm 1	5,27
Ölçüm 2	5,83
CFSR	5,17
MERRA	4,71
ERA-Interim	4,67
Operasyonel	4,78

## 4.5. Eş Zamanlı Analiz

### 4.5.1. Tüm veriye dayanan hata analizi

Bu bölümde, zamansal olarak çakışan rüzgar verilerinin istatistiksel analiz sonuçları irdelenmiştir. Öncelikle her istasyonda, ölçüm verilerinin en fazla sayıda olduğu yıllar için hata değerleri çizelgeler halinde sunulmuş ve kıyaslanmıştır. Daha sonra, eş zamanlı analizin sonuçlarını daha iyi görebilmek için bütün istasyonlarda, ölçüm veri setlerine karşı her tahmin veri setinin alansal ağırlıklı ortalama rüzgar hızı değerleri kullanılarak saçılma diyagramları elde edilmiş ve irdelenmiştir. En fazla verinin bulunduğu yıllardaki tüm verilerin hata istatistiği analizinden sonra, yine aynı yıllardaki rüzgar hızı verileri, hız aralıklarına göre sınıflandırılarak her sınıftaki rüzgar veri kaynaklarının performansları incelenmiştir. Bu sayede, tahmin veri kaynaklarının hangi hız aralığında daha iyi performans gösterdiği de incelenmiştir.

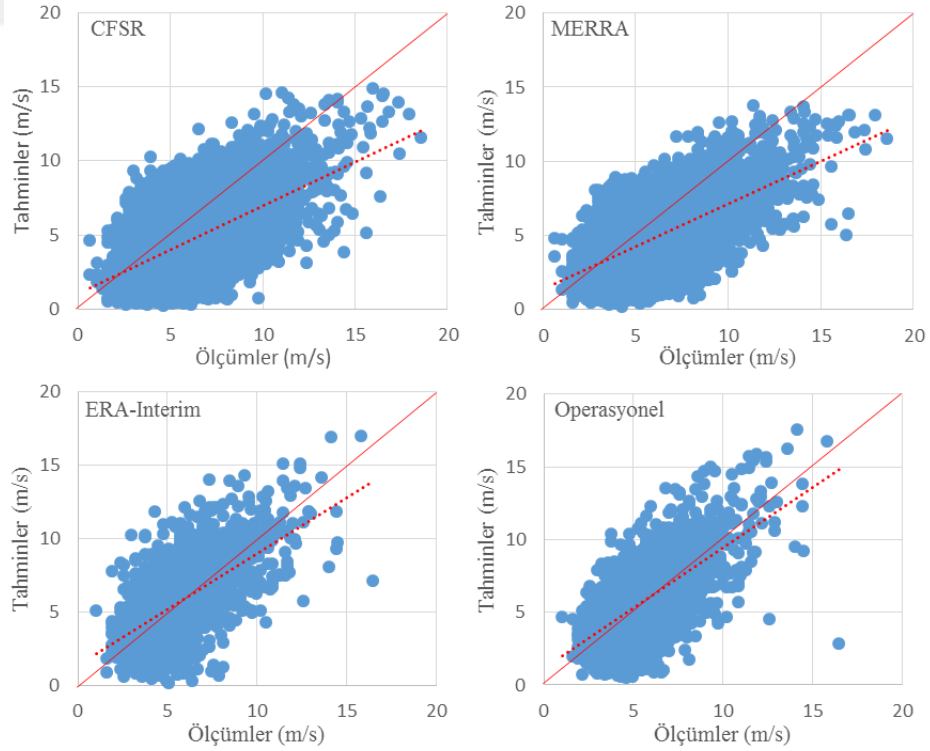
DMİ Kumköy istasyonunda en çok verinin bulunduğu 2008 yılı için, ölçüm rüzgar hızlarına kıyasla bütün tahmin rüzgar alanlarından yararlanılarak çıkartılmış veya hesaplanmış tahmin rüzgar hızlarının eş zamanlı hata istatistiği sonuçları Çizelge 4.5'te sunulmuştur. Çizelgelerde, veri sayısı ( $n$ ), ölçümlerin ortalama değeri ( $x_{ort}$ ), tahminlerin ortalama değeri ( $y_{ort}$ ), Bölüm 3'te tanımlanan hata değerleri (Bias, RMSE, MAE, SI) ve korelasyon katsayısı ( $r$ ) verilmiştir. RMSE ve Bias değerlerine bakıldığında, ECMWF veri kaynaklarının daha iyi sonuç verdiği görülürken diğer hata değerlerinin tüm veri kaynakları için çok farklı olmadığı tespit edilmiştir. Bu çizelgede sunulan sonuçlara göre, rüzgar veri kaynaklarının saçılım indeksi değerleri CFSR için %42 iken diğer veri kaynakları için yaklaşık %39 civarındadır. Bununla birlikte, yüksek saçılım indeksine sahip CFSR rüzgarları ölçümlerin ortalamasından daha düşük bir ortalamaya sahipken daha düşük saçılım indeksine sahip diğer veri kaynakları (özellikle iki ECMWF veri seti) ölçümlerin ortalamasına daha yakın ortalamalara sahip olmaktadır.

Kumköy istasyonunda, ölçüm rüzgar hızı verilerine ( $x$  eksenini) karşı alansal ağırlıklı ortalama rüzgar hızı tahminlerinin ( $y$  eksenini) saçılma diyagramları Şekil 4.21'de verilmiştir. Bu şekle göre, hata istatistiğine benzer şekilde, ECMWF veri kaynaklarının rüzgar hızlarını ölçüm verilerine daha yakın tahmin ettiği görülmüştür.



Çizelge 4.5. Kumköy istasyonunda 2008 yılı için hata değerleri

Veri Kaynağı	Nokta	n	$x_{ort}$ (m/s)	$y_{ort}$ (m/s)	Bias (m/s)	RMSE (m/s)	MAE (m/s)	SI	r
CFSR	CFSR 3	8759	5,68	4,60	1,09	2,35	1,90	0,41	0,59
	Uzaklık A.	8759	5,68	4,52	1,16	2,38	1,91	0,42	0,58
	Alansal A.	8759	5,68	4,43	1,25	2,42	1,95	0,42	0,57
MERRA	MERRA 3	8759	5,68	4,09	1,59	2,42	1,93	0,43	0,61
	Uzaklık A.	8759	5,68	4,65	1,03	2,20	1,75	0,39	0,59
	Alansal A.	8759	5,68	4,65	1,03	2,20	1,75	0,39	0,59
ERA-Interim	ERA1 1	1461	5,68	5,69	-0,01	2,21	1,74	0,39	0,62
	ERA1 2	1461	5,68	5,65	0,02	2,22	1,75	0,39	0,61
	ERA1 3	1461	5,68	5,52	0,16	2,19	1,71	0,39	0,61
	ERA1 4	1461	5,68	5,48	0,20	2,18	1,71	0,38	0,61
	Uzaklık A.	1461	5,68	5,68	-0,01	2,21	1,74	0,39	0,62
	Alansal A.	1461	5,68	5,68	-0,01	2,21	1,74	0,39	0,62
Operasyonel	Oper. 1	1461	5,68	5,91	-0,23	2,23	1,77	0,39	0,65
	Oper. 2	1461	5,68	5,73	-0,06	2,18	1,72	0,38	0,64
	Oper. 3	1461	5,68	5,44	0,23	2,09	1,66	0,37	0,63
	Oper. 4	1461	5,68	5,69	-0,02	2,15	1,70	0,38	0,63
	Uzaklık A.	1461	5,68	5,89	-0,22	2,22	1,76	0,39	0,65
	Alansal A.	1461	5,68	5,88	-0,20	2,21	1,75	0,39	0,65



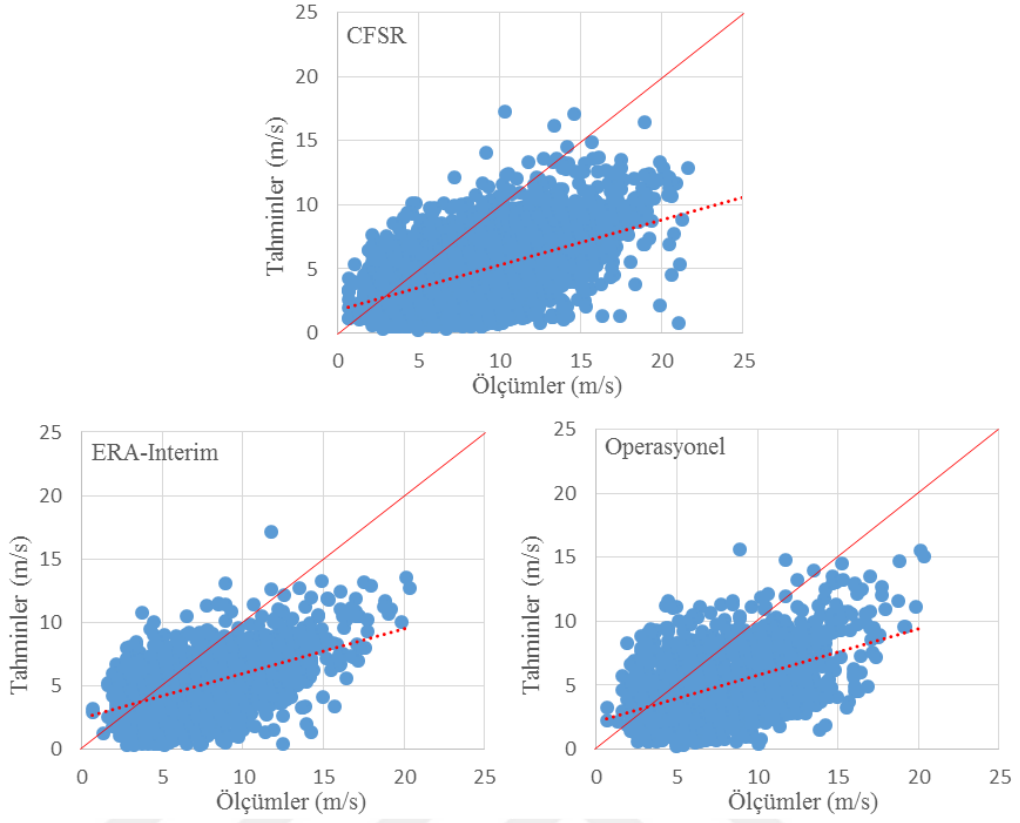
Şekil 4.21. Kumköy istasyonunda 2008 yılı için saçılma diyagramları

DMİ Amasra istasyonunda en çok verinin bulunduğu 2009 yılı için, ölçüm rüzgar hızlarına kıyasla bütün tahmin rüzgar alanlarından yararlanılarak çıkartılmış veya hesaplanmış tahmin rüzgar hızlarının eş zamanlı hata istatistiği sonuçları Çizelge 4.6’da sunulmuştur. Tahmin veri setlerinin ortalamalarının tüm veri kaynakları için ölçüm veri setlerinin ortalamalarına göre daha düşük çıktığı gözlenmiştir. Bias, RMSE ve MAE hata değerleri açısından bütün veri kaynaklarında yüksek hatalar (minimum Bias=2,48 m/s ve minimum RMSE=3,97 m/s) gözlenirken, SI değeri incelendiğinde ERA-Interim rüzgarlarının (yaklaşık SI=0,52) diğer iki rüzgar veri kaynağına (yaklaşık SI=0,56) göre daha düşük saçılım indeksine sahip olduğu görülmüştür.

**Çizelge 4.6.** Amasra istasyonunda 2009 yılı için hata değerleri

Veri Kaynağı	Nokta	n	Xort (m/s)	Yort (m/s)	Bias (m/s)	RMSE (m/s)	MAE (m/s)	SI	r
CFSR	CFSR 1	8741	7,70	4,51	3,19	4,31	3,51	0,56	0,57
	CFSR 3	8741	7,70	5,43	2,27	3,94	3,18	0,51	0,51
	CFSR 4	8741	7,70	5,22	2,48	3,96	3,20	0,51	0,53
	Uzaklık A.	8741	7,70	4,44	3,26	4,34	3,55	0,56	0,58
	Alansal A.	8741	7,70	4,50	3,20	4,30	3,51	0,56	0,58
ERA-Interim	ERAI 1	1458	7,65	5,17	2,49	3,96	3,21	0,52	0,51
	ERAI 3	1458	7,65	4,74	2,91	4,13	3,36	0,54	0,55
	ERAI 4	1458	7,65	4,29	3,37	4,44	3,63	0,58	0,56
	Uzaklık A.	1458	7,65	5,07	2,58	3,99	3,23	0,52	0,52
	Alansal A.	1458	7,65	5,13	2,52	3,97	3,22	0,52	0,51
Operasyonel	Oper. 1	1458	7,65	5,07	2,58	4,21	3,46	0,55	0,45
	Oper. 3	1458	7,65	4,02	3,64	4,66	3,89	0,61	0,55
	Oper. 4	1458	7,65	2,67	4,99	5,80	5,01	0,76	0,56
	Uzaklık A.	1458	7,65	4,79	2,86	4,26	3,50	0,56	0,49
	Alansal A.	1458	7,65	4,95	2,70	4,20	3,45	0,55	0,48

Amasra istasyonunda, ölçüm rüzgar hızı verilerine karşı, alansal ağırlıklı ortalama rüzgar hızı tahminlerinin saçılma diyagramları Şekil 4.22’de verilmiştir. Bu şekilden görülebileceği gibi, atmosferik rüzgar veri kaynaklarının ölçüm verilerine göre daha düşük tahmin edildiği görülmüştür. CFSR rüzgar veri seti saatlik çözünürlüğe sahip olduğundan ölçümlerle 6 saat çözünürlüklü ECMWF veri setlerinden daha fazla çakıştırılmış veriye dayanarak saçılım diyagramları çizilmiştir. ECMWF’in her iki veri seti de bu istasyonda çok benzer bir saçılım göstermiştir.



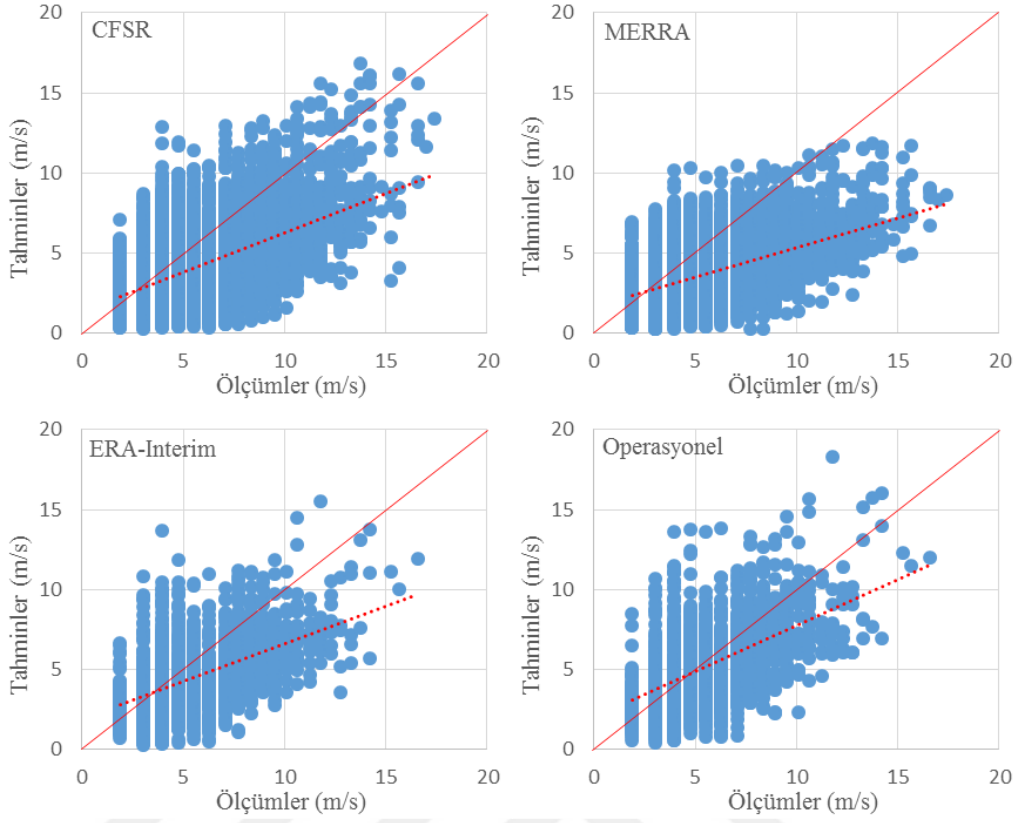
**Şekil 4.22.** Amasra istasyonunda 2009 yılı için saçılma diyagramları

DMİ Sinop istasyonunda en çok verinin bulunduğu 2006 yılı için, ölçüm rüzgar hızlarına kıyasla bütün tahmin rüzgar alanlarından yararlanılarak çıkartılmış veya hesaplanmış tahmin rüzgar hızlarının eş zamanlı hata istatistiği sonuçları Çizelge 4.7’de sunulmuştur. Tahmin veri setlerinin ortalamalarının ölçüm veri setlerine göre düşük kaldığı gözlenmiştir. RMSE ve SI değerleri incelendiğinde, bütün veri kaynakları için bu değerlerin çok farklı olmadığı görülmüştür. Buna rağmen, Operasyonel ve CFSR veri kaynaklarının açık denizde bulunan Oper. 4 ve CFSR 4 noktalarında hata değerleri (sırasıyla  $RMSE=2,53$  m/s ve  $RMSE=2,66$  m/s) diğer veri setlerine göre daha düşük çıkmış ve ortalamalar ölçümlere daha yakın sonuç vermiştir. CFSR ve ECMWF rüzgar alanlarının benzer özellikteki 3 no.lu noktalarında hataların biraz daha yüksek olduğu da görülmüştür. Bu istasyonda analize dahil edilen MERRA rüzgar alanlarının, ECMWF veri kaynaklarından sonra en iyi sonuçları verdiği görülmüştür. Bu istasyonda rüzgar veri kaynaklarının saçılım indeksleri, MERRA 1, ERAI 3 ve Oper. 3 kareyaj noktaları hariç %44 ve %48 arasında değişmektedir.

**Çizelge 4.7.** Sinop istasyonunda 2006 yılı için hata değerleri

Veri Kaynağı	Nokta	n	$x_{ort}$ (m/s)	$y_{ort}$ (m/s)	Bias (m/s)	RMSE (m/s)	MAE (m/s)	SI	r
CFSR	CFSR 2	8557	5,70	4,11	1,59	2,75	2,22	0,48	0,56
	CFSR 3	8557	5,70	5,16	0,54	2,74	2,17	0,48	0,53
	CFSR 4	8557	5,70	5,34	0,36	2,66	2,09	0,47	0,55
	Uzaklık A.	8557	5,70	4,20	1,50	2,73	2,20	0,48	0,56
	Alansal A.	8557	5,70	4,18	1,53	2,74	2,20	0,48	0,56
MERRA	MERRA 1	8557	5,70	2,53	3,17	3,92	3,27	0,69	0,43
	MERRA 2	8557	5,70	4,11	1,59	2,73	2,20	0,48	0,55
	MERRA 3	8557	5,70	4,83	0,88	2,69	2,15	0,47	0,47
	MERRA 4	8557	5,70	4,83	0,87	2,64	2,10	0,46	0,50
	Uzaklık A.	8557	5,70	4,01	1,69	2,78	2,24	0,49	0,54
	Alansal A.	8557	5,70	3,76	1,95	2,93	2,38	0,51	0,53
ERA-Interim	ERA I 2	1445	5,73	4,72	1,01	2,64	2,14	0,46	0,52
	ERA I 3	1445	5,73	2,92	2,81	3,57	2,95	0,62	0,51
	ERA I 4	1445	5,73	4,25	1,48	2,72	2,21	0,47	0,54
	Uzaklık A.	1445	5,73	4,58	1,15	2,65	2,16	0,46	0,52
	Alansal A.	1445	5,73	4,58	1,15	2,66	2,16	0,46	0,52
Operasyonel	Oper. 2	1445	5,73	5,46	0,27	2,59	2,02	0,45	0,54
	Oper. 3	1445	5,73	3,56	2,17	3,12	2,52	0,54	0,56
	Oper. 4	1445	5,73	4,67	1,06	2,53	2,02	0,44	0,59
	Uzaklık A.	1445	5,73	5,27	0,46	2,54	1,99	0,44	0,55
	Alansal A.	1445	5,73	5,27	0,46	2,54	2,00	0,44	0,55

Sinop istasyonunda, ölçüm rüzgar hızı verilerine karşı, alansal ağırlıklı ortalama rüzgar hızı tahminlerinin saçılma diyagramları Şekil 4.23’de verilmiştir. Bu grafiklerden de, Operasyonel veri seti ile ölçümler arasındaki eğilimin diğerlerine göre mükemmel ilişkiyi gösteren 45°’lik çizgiden daha düşük saçılım gösterdiği görülmüştür. Operasyonel veri kaynağının diğer veri kaynaklarına göre, bu çizgiye daha yakın bir eğilim çizgisine sahip olduğu görülmüştür.



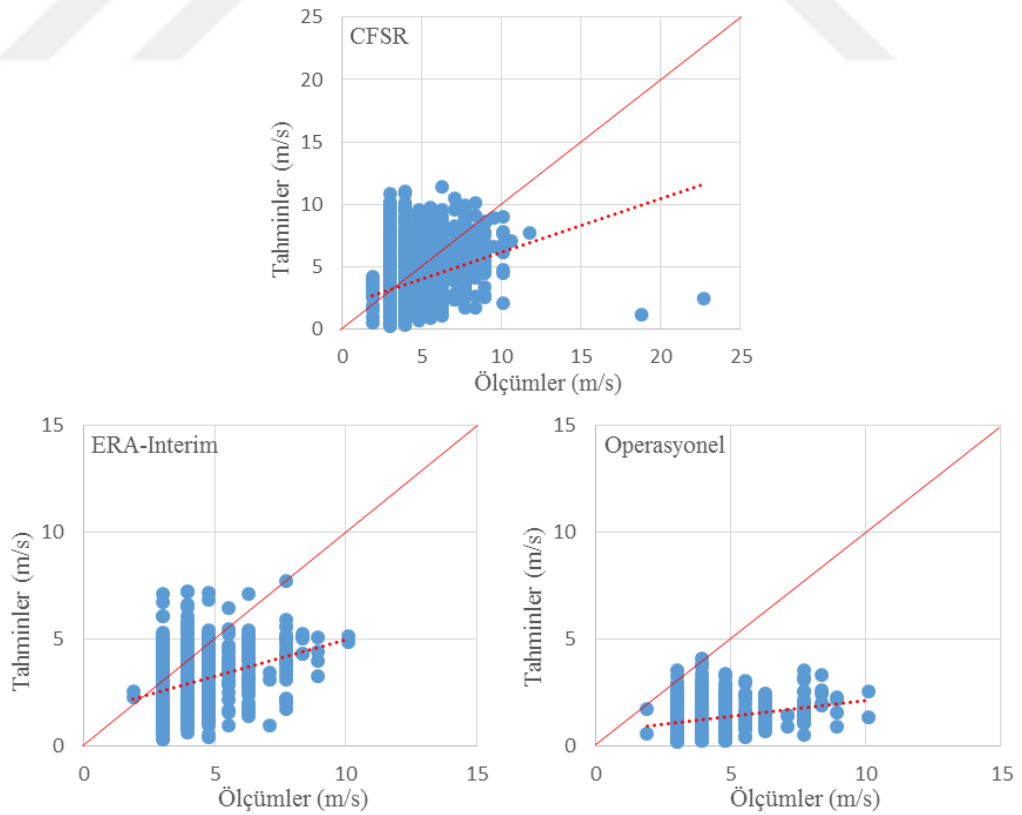
**Şekil 4.23.** Sinop istasyonunda 2006 yılı için saçılma diyagramları

DMİ Giresun istasyonunda en çok verinin bulunduğu 2004 yılı için, ölçüm rüzgar hızlarına kıyasla bütün tahmin rüzgar alanlarından yararlanılarak çıkartılmış veya hesaplanmış tahmin rüzgar hızlarının eş zamanlı hata istatistiği sonuçları Çizelge 4.8’de sunulmuştur. Bu istasyonda, ECMWF’nin iki farklı atmosferik rüzgar tahmin veri kaynağında, (özellikle Operasyonel) ortalamaların (Operasyonel için 1,10 m/s – 1,27 m/s arasında ve ERA-Interim için 2,73 m/s – 2,97 m/s arasında) ölçümlerin ortalamasına (4,15 m/s) göre çok düşük kaldığı görülmüştür. CFSR veri kaynağının karelej noktalarından, istasyona en yakın açık deniz noktası olan CFSR 3 noktasındaki rüzgar hızı değerlerinin ortalamasının (4,01 m/s) ölçümlerin ortalamasına (4,09 m/s) en yakın sonucu verdiği tespit edilmiştir. 1,83 m/sn’lik RMSE ve 0,45’lik saçılım indeksi değerleriyle CFSR veri kaynağının ağırlıklı ortalamalarının daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. ERA-Interim veri seti karelej noktalarında elde edilen saçılım indeksi değerleri, CFSR rüzgarlarının saçılım indekslerine yakın olmasına karşın daha yüksek oldukları anlaşılmıştır. Operasyonel veri seti ise, yaklaşık %80’lik saçılım indeksi değeri ile kötü bir performans sergilemiştir. Korelasyon değerlerinin ise genel olarak düşük çıktığı göze çarpmıştır.

**Çizelge 4.8.** Giresun istasyonunda 2004 yılı için hata değerleri

Veri Kaynağı	Nokta	n	$X_{ort}$ (m/s)	$y_{ort}$ (m/s)	Bias (m/s)	RMSE (m/s)	MAE (m/s)	SI	r
CFSR	CFSR 3	3645	4,09	4,01	0,08	1,99	1,51	0,49	0,36
	Uzaklık A.	3645	4,09	3,66	0,43	1,83	1,38	0,45	0,35
	Alansal A.	3645	4,09	3,63	0,46	1,83	1,38	0,45	0,35
ERA-Interim	ERA I 3	733	4,15	2,73	1,42	2,06	1,66	0,50	0,29
	ERA I 4	733	4,15	2,76	1,39	2,04	1,65	0,49	0,31
	Uzaklık A.	733	4,15	2,95	1,20	1,91	1,54	0,46	0,34
	Alansal A.	733	4,15	2,97	1,18	1,90	1,53	0,46	0,34
Operasyonel	Oper. 3	733	4,15	1,10	3,05	3,33	3,05	0,80	0,23
	Oper. 4	733	4,15	1,12	3,03	3,32	3,04	0,80	0,22
	Uzaklık A.	733	4,15	1,25	2,90	3,17	2,90	0,76	0,29
	Alansal A.	733	4,15	1,27	2,88	3,15	2,88	0,76	0,29

Giresun istasyonunda, ölçüm rüzgar hızı verilerine karşı, alansal ağırlıklı ortalama rüzgar hızı tahminlerinin saçılma diyagramları Şekil 4.24’de verilmiştir. Şekle göre, CFSR rüzgar alanları diğer veri kaynaklarına göre daha iyi performans göstermiştir.



**Şekil 4.24.** Giresun istasyonunda 2004 yılı için saçılma diyagramları

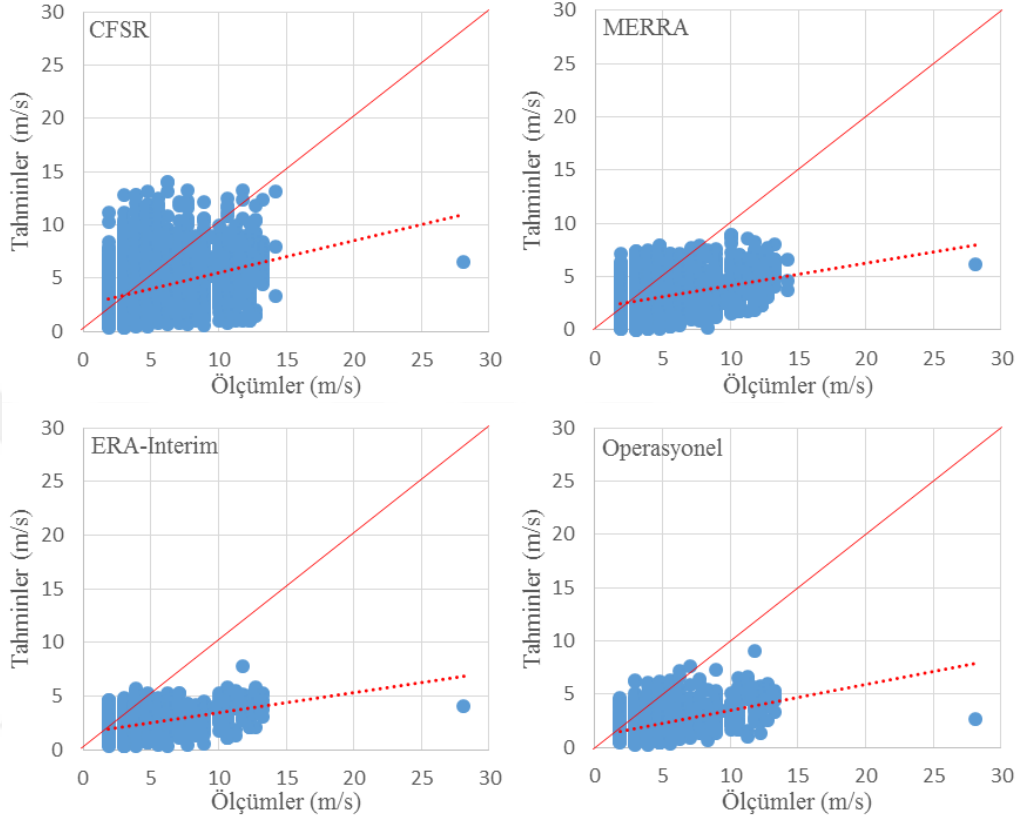
DMİ Hopa istasyonunda en çok verinin bulunduğu 2007 yılı için, ölçüm rüzgar hızlarına kıyasla bütün tahmin rüzgar alanlarından yararlanılarak çıkartılmış veya hesaplanmış tahmin rüzgar hızlarının eş zamanlı hata istatistiği sonuçları Çizelge 4.9’de sunulmuştur. MERRA veri kaynağında diğer üç karelej noktasındaki veriler elde edilemediğinden, bu bölgede sadece istasyona en yakın karelej noktası olan MERRA 4 verileri incelenmiştir. ECMWF ve MERRA veri kaynaklarının ortalamaları yine düşük çıkarken, CFSR veri kaynağında, özellikle biraz daha açıktaki bulunan CFSR 3 ve CFSR 4 noktalarında rüzgar hızlarının daha yüksek ve ölçümlere yakın çıktığı görülmüştür. CFSR rüzgar alanlarının ağırlıklı ortalama verilerinin hata değerlerine (RMSE=2,78 m/s ve SI=0,62) bakıldığında, bu istasyonda en iyi sonuçlara sahip olduğu görülmüştür. MERRA rüzgar alanlarının 4 no.’lu karelej noktasının verilerden bulunan hata değerlerine (RMSE=2,86 m/s ve SI=0,64) bakıldığında, CFSR rüzgarlarının performansına yaklaştığı tespit edilmiştir. Veri kaynaklarının ölçüm veri setiyle ilişkisi incelendiğinde, Operasyonel rüzgar alanlarının ağırlıklı ortalamalarının korelasyon değeri ( $r=0,53$  civarı) daha yakın ilişkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 4.9.** Hopa istasyonunda 2007 yılı için hata değerleri

Veri Kaynağı	Nokta	n	$x_{ort}$ (m/s)	$y_{ort}$ (m/s)	Bias (m/s)	RMSE (m/s)	MAE (m/s)	SI	r
CFSR	CFSR 1	5768	4,48	3,99	0,49	2,85	2,12	0,64	0,36
	CFSR 3	5768	4,48	4,75	-0,27	3,41	2,53	0,76	0,26
	CFSR 4	5768	4,48	4,46	0,02	3,12	2,30	0,70	0,32
	Uzaklık A.	5768	4,48	3,79	0,69	2,78	2,05	0,62	0,38
	Alansal A.	5768	4,48	3,81	0,67	2,78	2,05	0,62	0,38
MERRA	MERRA 4	5768	4,48	3,04	1,44	2,86	2,05	0,64	0,39
ERA-Interim	ERAİ 3	1283	4,59	2,24	2,35	3,43	2,50	0,75	0,46
	ERAİ 4	1283	4,59	2,18	2,41	3,51	2,54	0,76	0,43
	Uzaklık A.	1283	4,59	2,42	2,17	3,30	2,37	0,72	0,48
	Alansal A.	1283	4,59	2,39	2,20	3,32	2,39	0,72	0,48
Operasyonel	Oper. 3	1283	4,59	2,02	2,57	3,57	2,69	0,78	0,47
	Oper. 4	1283	4,59	1,78	2,81	3,77	2,87	0,82	0,47
	Uzaklık A.	1283	4,59	2,23	2,36	3,38	2,52	0,74	0,52
	Alansal A.	1283	4,59	2,22	2,38	3,37	2,53	0,73	0,53

Hopa istasyonunda, ölçüm rüzgar hızı verilerine karşı, alansal ağırlıklı ortalama rüzgar hızı tahminlerinin saçılma diyagramları Şekil 4.25’de verilmiştir. Şekildeki grafikler

incelendiğinde, bütün veri kaynaklarının eğilim çizgilerinin mükemmel ilişkiyi gösteren 45°'lik doğrudan uzak olduğu görülürken; ECMWF veri kaynaklarında bu farkın daha da fazla olduğu saptanmıştır.



**Şekil 4.25.** Hopa istasyonunda 2007 yılı için saçılma diyagramları

Gloria açık deniz sondaj istasyonunda en çok verinin bulunduğu 2008 yılı için, ölçüm rüzgar hızlarına kıyasla bütün tahmin rüzgar alanlarından yararlanılarak çıkartılmış veya hesaplanmış tahmin rüzgar hızlarının eş zamanlı hata istatistiği sonuçları Çizelge 4.10'de sunulmuştur. 10 m yükseklikteki rüzgar hızları elde edilirken (3.5) denkleminin kullanıldığı veri seti önceki bölümlerde daha iyi sonuçlar verdiği için, hata analizinde sadece bu veri setine göre hatalar incelenmiştir. Çizelgeden de görülebileceği gibi, Gloria açık deniz istasyonunda elde edilen eş zamanlı hata analizi sonuçları, DMİ karasal istasyonlarında elde edilen sonuçlara göre genel olarak daha iyi çıkmıştır. Bütün hata değerleri, DMİ karasal istasyonlarında elde edilen hata değerlerine göre daha düşük çıkarken, korelasyon değerleri daha güçlü ilişki gösterecek şekilde daha yüksek çıkmıştır. CFSR veri kaynağından alınan tahmin verilerinin ortalamaları ( $y_{ort}=6,27$  m/s – 6,55 m/s



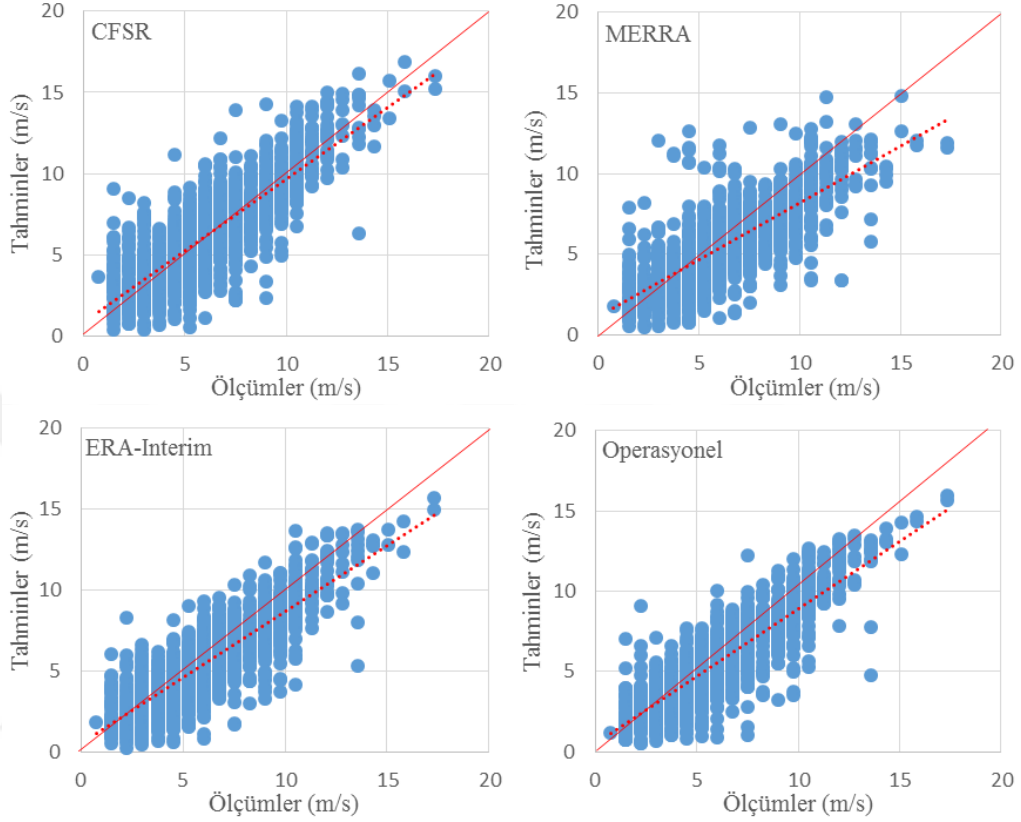
arası), diğer veri kaynaklarında alınan verilerin ortalamalarından ( $y_{ort}=5,40$  m/s – 5,95 m/s arası) yüksek olmakla beraber, ölçüm ortalamalarına ( $x_{ort}=6,29$  m/s) daha yakın olduğu gözlenmiştir. Operasyonel rüzgar alanlarının RMSE (1,58 m/s civarı) ve saçılım indeksi (0,25) değerlerine bakıldığında, en düşük hata değerleri görülmüştür. Yine, yaklaşık 0,86 korelasyon katsayısı değeri ile en güçlü ilişkiye de Operasyonel veri kaynağının sahip olduğu görülmüştür. Diğer veri kaynakları da yakın hata ve korelasyon değerleri verirken; 1,91 m/s – 2,01 m/s arası RMSE ve %31 civarı SI hata değerleri ile 0,77 korelasyon değerlerine sahip MERRA rüzgarları ölçüm veri setine daha uzak görülmüştür.

**Çizelge 4.10.** Gloria istasyonunda 2008 yılı için hata değerleri

Veri Kaynağı	Nokta	n	$x_{ort}$ (m/s)	$y_{ort}$ (m/s)	Bias (m/s)	RMSE (m/s)	MAE (m/s)	SI	r
CFSR	CFSR 1	1430	6,29	6,27	0,02	1,74	1,34	0,28	0,81
	CFSR 2	1430	6,29	6,55	-0,26	1,73	1,33	0,28	0,83
	Uzaklık A.	1430	6,29	6,37	-0,08	1,68	1,29	0,27	0,83
	Alansal A.	1430	6,29	6,38	-0,09	1,69	1,30	0,27	0,83
MERRA	MERRA 1	1430	6,29	5,49	0,80	2,02	1,55	0,32	0,76
	MERRA 2	1430	6,29	5,80	0,49	1,91	1,42	0,30	0,77
	Uzaklık A.	1430	6,29	5,44	0,86	2,01	1,53	0,32	0,77
	Alansal A.	1430	6,29	5,57	0,72	1,96	1,48	0,31	0,77
ERA-Interim	ERA1 1	1430	6,29	5,55	0,74	1,71	1,34	0,27	0,84
	ERA1 2	1430	6,29	5,75	0,54	1,65	1,28	0,26	0,84
	Uzaklık A.	1430	6,29	5,59	0,70	1,69	1,32	0,27	0,84
	Alansal A.	1430	6,29	5,62	0,67	1,68	1,31	0,27	0,84
Operasyonel	Oper. 1	1430	6,29	5,67	0,62	1,60	1,23	0,25	0,85
	Oper. 2	1430	6,29	5,95	0,34	1,56	1,19	0,25	0,85
	Uzaklık A.	1430	6,29	5,73	0,56	1,57	1,21	0,25	0,86
	Alansal A.	1430	6,29	5,77	0,52	1,56	1,20	0,25	0,86

Gloria istasyonunda, ölçüm rüzgar hızı verilerine karşı, alansal ağırlıklı ortalama rüzgar hızı tahminlerinin saçılma diyagramları Şekil 4.26'da verilmiştir. Bu şekilden de görülebileceği gibi, Gloria açık deniz istasyonunda, farklı veri kaynaklarının saçılma grafiğinin eğilim çizgileri, karasal istasyonlarda gözlenen eğilimlere göre, mükemmel ilişkiyi gösteren 45°'lik çizgiye daha yakın çıkmıştır. Veri kaynakları arasında kıyaslama yapıldığında, CFSR rüzgar alanlarından yararlanılarak hesaplanan tahmin verilerinin

diğer veri kaynaklarına göre, ölçüm hızlarına daha yakın eğilim gösterdiği görülmektedir. MERRA rüzgar alanları da iyi denebilecek bir saçılım gösterse de, diğer veri kaynaklarına göre biraz daha uzak kaldığı görülmüştür.



Şekil 4.26. Gloria istasyonunda 2008 yılı için saçılma diyagramları

#### 4.5.2. Farklı rüzgar hız aralıkları için hata analizi

Bu bölümde, rüzgar hızları belirli aralıklarla sınıflandırılmış ve bu aralıklara göre eş zamanlı hata analizi yapılarak, tahmin veri kaynaklarının hız aralıklarına göre performansları irdelenmiştir. DMİ Kumköy istasyonunda, en çok ölçüm verisinin bulunduğu 2008 yılı için, ölçüm rüzgar hızlarına kıyasla bütün tahmin rüzgar alanlarından yararlanılarak hesaplanmış alansal ağırlıklı ortalama tahmin rüzgarlarının hız aralıklarına göre sınıflandırılarak eş zamanlı hata analizi sonuçları Çizelge 4.11’te sunulmuştur. Çizelgeye göre, CFSR rüzgar alanlarının düşük hızlarda (0 – 4 m/s) iyi tahminde bulunduğu, ortalama (3,25) ve hata değerleri (RMSE=1,57 ve SI=0,48) kıyaslanarak tespit edilmiştir. Yüksek hızlara çıktığında, tahmin ortalamaları ölçüm ortalamalarından düşük değerler alacak şekilde uzaklaşmıştır. Aynı şekilde, rüzgar hızları

arttıkça Bias, RMSE ve MAE hata değerleri de artarken saçılım indeksi (SI) değerinde düşüşler görülmüştür.

MERRA rüzgar alanlarının hız aralıklarına göre performansı incelendiğinde, CFSR rüzgar alanlarına benzer şekilde düşük hızlarda (0 – 4 m/s), 1,52 m/s'lik RMSE ve %47 SI değeriyle daha iyi performans sergilediği görülmüştür. 4 m/s'nin altındaki hızlarda tahmin verilerinin ortalaması (3,46 m/s) ölçüm verilerinin ortalamasından (3,25 m/s) yüksek iken; hız değerleri arttıkça tahmin ortalamaları da ölçüm ortalamalarının altında kalacak şekilde uzaklaşmaktadır. Hata değerleri (Bias, RMSE ve MAE) de aynı şekilde hızlar arttıkça doğru orantılı olarak artmakta ve saçılım indeksi değeri azalmaktadır.

ECMWF'nin iki farklı veri kaynağında düşük hızlarda tahmin ortalamaları, ölçüm ortalamalarından yüksek olduğu; hızlar arttıkça düşük çıktığı görülmüştür. Ancak, ortalamalarda diğer tahmin veri kaynakları kadar fark meydana gelmemiştir. Orta ve yüksek rüzgar hızlarındaki (4 m/s üzeri) hata değerleri incelendiğinde, ECMWF veri kaynaklarının daha iyi performans sergilediği görülmüştür. Özellikle 8 m/s – 12 m/s ve 12 m/s – 16 m/s hızlarda 0,23 – 0,26 arasında değişen SI değerleri dikkat çekmiştir. CFSR ve MERRA rüzgarlarında gözlenen 16 m/s üzeri hızların ECMWF veri kaynaklarında tahmin edilemediği de görülmüştür.

Kumköy istasyonunda gerçekleştirilen bu analize göre, küçük hızların (0 m/s - 4 m/s) tahmininde en iyi performansa 1,52 m/s'lik RMSE hatası ve 0,47 saçılım indeksi değeri ile MERRA rüzgarlarının sahip olduğu, bunu 1,57 m/s'lik RMSE hatası ve 0,48'lik saçılım indeksi ile CFSR rüzgarlarının takip ettiği, en kötü performansa ise 1,92 m/s'lik RMSE hatası ve 0,59'lük saçılım indeksi ile Operasyonel veri setinin sahip olduğu görülmüştür. Orta şiddetteki hızlarda (4 m/s – 8 m/s), yine MERRA rüzgarlarının bütün hata parametrelerine göre daha iyi bir performans, CFSR rüzgarlarının ise en kötü performans gösterdiği anlaşılmıştır. Daha şiddetli (8 m/s – 12 m/s) rüzgar aralığında ise, 2,39 m/s'lik RMSE hatası ve 0,25 saçılım indeksi ile en iyi performansa ERA-Interim rüzgarlarının ve 3,42 m/s'lik RMSE hatası ve 0,36'lık saçılım indeksi ile en kötü performansa CFSR rüzgarlarının sahip olduğu görülmüştür. Yüksek rüzgarlarda (12 m/s – 16 m/s) ise, 3,08 m/s'lik RMSE hatası ve 0,23'lük saçılım indeksi ile en iyi doğruluğa

Operasyonel rüzgarlarının en kötü doğruluğa ise 4,76 m/s'lik RMSE hatası ve 0,36'lık saçılım indeksi ile CFSR rüzgarlarının sahip olduğu anlaşılmıştır.

**Çizelge 4.11.** Kumköy istasyonunda 2008 yılı için hız aralıklarına göre hata değerleri

Veri Kaynağı	Hız aralığı (m/s)	n	X <sub>ort</sub> (m/s)	Y <sub>ort</sub> (m/s)	Bias (m/s)	RMSE (m/s)	MAE (m/s)	SI	r
<b>CFSR</b>	0-4	2080	3,25	3,25	0,01	1,57	1,23	0,48	0,21
	4-8	5491	5,72	4,32	1,40	2,37	1,99	0,41	0,33
	8-12	1086	9,42	6,79	2,63	3,42	2,92	0,36	0,34
	12-16	93	13,40	9,38	4,02	4,76	4,08	0,36	0,27
	>16	9	17,10	12,42	4,68	5,19	4,68	0,30	-0,02
<b>MERRA</b>	0-4	2080	3,25	3,46	-0,21	1,52	1,20	0,47	0,19
	4-8	5491	5,72	4,56	1,16	2,12	1,73	0,37	0,36
	8-12	1086	9,42	6,94	2,49	3,12	2,64	0,33	0,34
	12-16	93	13,40	9,33	4,08	4,57	4,08	0,34	0,33
	>16	9	17,10	10,82	6,28	6,81	6,28	0,40	0,39
<b>ERA-Interim</b>	0-4	346	3,24	4,05	-0,81	2,01	1,55	0,62	0,15
	4-8	904	5,65	5,55	0,10	2,20	1,75	0,39	0,40
	8-12	192	9,44	8,67	0,77	2,39	1,92	0,25	0,29
	12-16	18	13,25	12,00	1,25	3,16	2,60	0,24	0,19
	>16	0							
<b>Operasyonel</b>	0-4	346	3,24	4,06	-0,82	1,92	1,52	0,59	0,21
	4-8	904	5,65	5,74	-0,10	2,19	1,76	0,39	0,41
	8-12	192	9,44	9,18	0,27	2,48	2,01	0,26	0,33
	12-16	18	13,25	12,72	0,53	3,08	2,39	0,23	0,21
	>16	0							

Diğer karasal istasyonlarda, farklı hız aralıkları için rüzgar veri kaynaklarının performanslarını irdelemek için de hata değerleri hesaplanmış ve çizelgeler şeklinde Ekler kısmında sunulmuştur. Ek Çizelge 5.1'de 2009 yılı için Amasra istasyonunda farklı hız aralıklarında rüzgar veri kaynaklarının hata değerleri ve bazı istatistiksel değerleri verilmiştir. Bu çizelgeye göre, CFSR rüzgarlarının küçük hızlarda (0 m/s - 4 m/s) ve ERA-Interim rüzgarlarının orta şiddetli ve şiddetli (4 m/s – 8 m/s, 8 m/s – 12 m/s ve 12 m/s – 16 m/s) rüzgar hızlarında daha iyi performansa sahip olduğu görülmüştür.

Sinop DMİ istasyonunda farklı hız aralıkları için rüzgar veri kaynaklarının performansları Ek Çizelge 5.2'de sunulmuştur. Buna göre, küçük hızların (0 m/s -4 m/s) tahmininde en

iyi performansa 1,55 m/s'lik RMSE hatası ve 0,49 saçılım indeksi (SI) değeri ile MERRA rüzgarlarının sahip olduğu, bunu 1,65 m/s'lik RMSE hata ve 0,52'lik saçılım indeksi ile CFSR rüzgarlarının takip ettiği, en kötü performansa ise 2,27 m/s'lik RMSE hatası ve 0,70'lik saçılım indeksi ile Operasyonel veri setinin sahip olduğu görülmüştür. Orta şiddetteki hızlarda (4 m/s – 8 m/s), Operasyonel rüzgarlarının bütün hata parametrelerine göre daha iyi bir performans, MERRA rüzgarlarının ise en kötü performansı gösterdiği anlaşılmıştır. Daha şiddetli (8 m/s – 12 m/s) rüzgar aralığında ise, 3,07 m/s'lik RMSE hatası ve 0,33 saçılım indeksi ile en iyi performansa Operasyonel rüzgarlarının ve 4,54 m/s'lik RMSE hatası ve 0,49'luk saçılım indeksi ile en kötü performansa MERRA rüzgarlarının sahip olduğu görülmüştür. Yüksek hızlı rüzgarlarda (12 m/s – 16 m/s) ise, 4,44 m/s'lik RMSE hatası ve 0,34'lük saçılım indeksi ile en iyi doğruluğa Operasyonel rüzgarlarının en kötü doğruluğa ise 6,69 m/s'lik RMSE hatası ve 0,50'lik saçılım indeksi ile MERRA rüzgarlarının sahip olduğu anlaşılmıştır.

Giresun DMİ istasyonunda farklı hız aralıkları için rüzgar veri kaynaklarının performansları Ek Çizelge 5.3'de sunulmuştur. Çizelgeye göre, küçük hızlarda (0 m/s - 4 m/s) 1,57 m/s'lik RMSE hatası ve 0,47 saçılım indeksi değeri ile CFSR rüzgar alanlarının daha iyi tahminde bulunduğu görülmüştür. Orta şiddetli (4 m/s – 8 m/s ve 8 m/s – 12 m/s) rüzgar hızlarında da diğerlerine göre daha düşük RMSE hatası ve saçılım indeksi değerleri veren CFSR rüzgarları daha iyi performans sergilemiştir. ECMWF veri kaynaklarında 12 m/s üzeri hızlarda zamansal olarak çakışma meydana gelmediği görülmüştür. CFSR rüzgarlarında 16 m/s üzeri hızlarda, az sayıda bir zamansal çakışma meydana gelmişse de, ölçüm değerlerine yakın tahminlerin yapılamadığı görülmüştür.

Hopa DMİ istasyonunda farklı hız aralıkları için rüzgar veri kaynaklarının performansları Ek Çizelge 5.4'de sunulmuştur. Buna göre, küçük hızların (0 m/s – 4 m/s) tahmininde en iyi performansa 1,46 m/s'lik RMSE hatası ve 0,47 saçılım indeksi değeri ile MERRA rüzgarlarının sahip olduğu, bunu 1,49 m/s'lik RMSE hata ve 0,49'luk saçılım indeksi ile ERA-Interim rüzgarlarının takip ettiği görülmüştür. Orta şiddetli (4 m/s – 8 m/s ve 8 m/s – 12 m/s) rüzgar hızlarında daha düşük RMSE hatası ve saçılım indeksi değerleri veren CFSR rüzgar alanları, diğer veri kaynaklarına göre daha iyi performans sergilemiştir.

Yüksek hızlı rüzgarlarda (12 m/s – 16 m/s) ise, 6,73 m/s'lik RMSE hatası ve 0,53'lük saçılım indeksi ile yine CFSR rüzgarlarının en iyi doğruluğa sahip olduğu görülmüştür.

Gloria açık deniz istasyonunda, en çok ölçüm verisinin bulunduğu 2008 yılı için, ölçüm rüzgar hızlarına kıyasla bütün tahmin rüzgar alanlarından yararlanılarak hesaplanmış alansal ağırlıklı ortalama tahmin rüzgarlarının hız aralıklarına göre sınıflandırılarak eş zamanlı hata analizi sonuçları Çizelge 4.12'de sunulmuştur. Çizelgeden görülebileceği gibi, CFSR rüzgar alanlarında 4 m/s'nin altındaki ve 16 m/s üzerindeki hızlarda tahmin ve ölçüm verilerinin ortalamaları arasında biraz daha fazla fark bulunurken, diğer hız aralıklarında ortalama değerleri çok yakın çıkmıştır. Hata değerleri incelendiğinde, orta şiddetli rüzgarların (4 m/s – 8 m/s ve 8 m/s – 12 m/s) daha az hataya sahip olduğu, küçük ve büyük hızlarda ise daha yüksek hataya sahip olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca, küçük hızlarda (0 – 4 m/s) CFSR rüzgarları yüksek saçılım gösterirken; hızlar arttıkça 0,10'lara kadar düşen saçılım indeksi değerleri dikkat çekmiştir.

MERRA rüzgar alanları incelendiğinde, tahmin ortalamalarının ölçüm ortalamalarından genellikle düşük çıktığı, hızlar arttıkça ortalamalar arasındaki farkın da arttığı görülmüştür. Hata değerlerine bakıldığında, hızların artmasıyla beraber hata değerlerinin de arttığı, ancak saçılım indeksinin orta şiddetli rüzgarlarda düşük olduğu görülmüştür.

ECMWF'nin iki farklı veri kaynağının rüzgar hızı ortalamaları incelendiğinde benzer bir gidişatın olduğu görülse de, ERA-Interim rüzgar verilerinde düşük hızlarda, Operasyonel rüzgar verilerinde ise yüksek hızlarda ölçüm rüzgar hızı ortalamalarına yakın değerler tahmin edildiği belirlenmiştir. Hata değerlerinde de benzer şekilde, her iki veri kaynağında da rüzgar hızları arttıkça hata değerleri artmakta ve saçılım değerleri de düşmektedir.

Gloria istasyonunda gerçekleştirilen bu analize göre, küçük hızların (0 m/s - 4 m/s) tahmininde en iyi performansa 1,30 m/s'lik RMSE hatası ve 0,45 saçılım indeksi değeri ile Operasyonel rüzgarlarının sahip olduğu ve en kötü performansa ise 1,79 m/s'lik RMSE hatası ve 0,61'lik saçılım indeksi ile CFSR veri setinin sahip olduğu görülmüştür. Orta şiddetteki hızlarda (4 m/s – 8 m/s), yine Operasyonel rüzgarlarının bütün hata

parametrelerine göre daha iyi bir performans, MERRA rüzgarlarının ise en kötü performansı gösterdiği anlaşılmıştır. Daha şiddetli (8 m/s – 12 m/s) rüzgar aralığında ise, 1,64 m/s’lik RMSE hatası ve 0,17 saçılım indeksi ile en iyi performans CFSSR rüzgarlarının ve 2,32 m/s’lik RMSE hatası ve 0,24’lük saçılım indeksi ile en kötü performans MERRA rüzgarlarının sahip olduğu görülmüştür. Yüksek rüzgarlarda (12 m/s – 16 m/s) ise, 1,76 m/s’lik RMSE hatası ve 0,17’lik saçılım indeksi ile en iyi doğruluğa CFSSR rüzgarlarının, en kötü doğruluğa ise 3,35 m/s’lik RMSE hatası ve 0,26’lık saçılım indeksi ile MERRA rüzgarlarının sahip olduğu anlaşılmıştır.

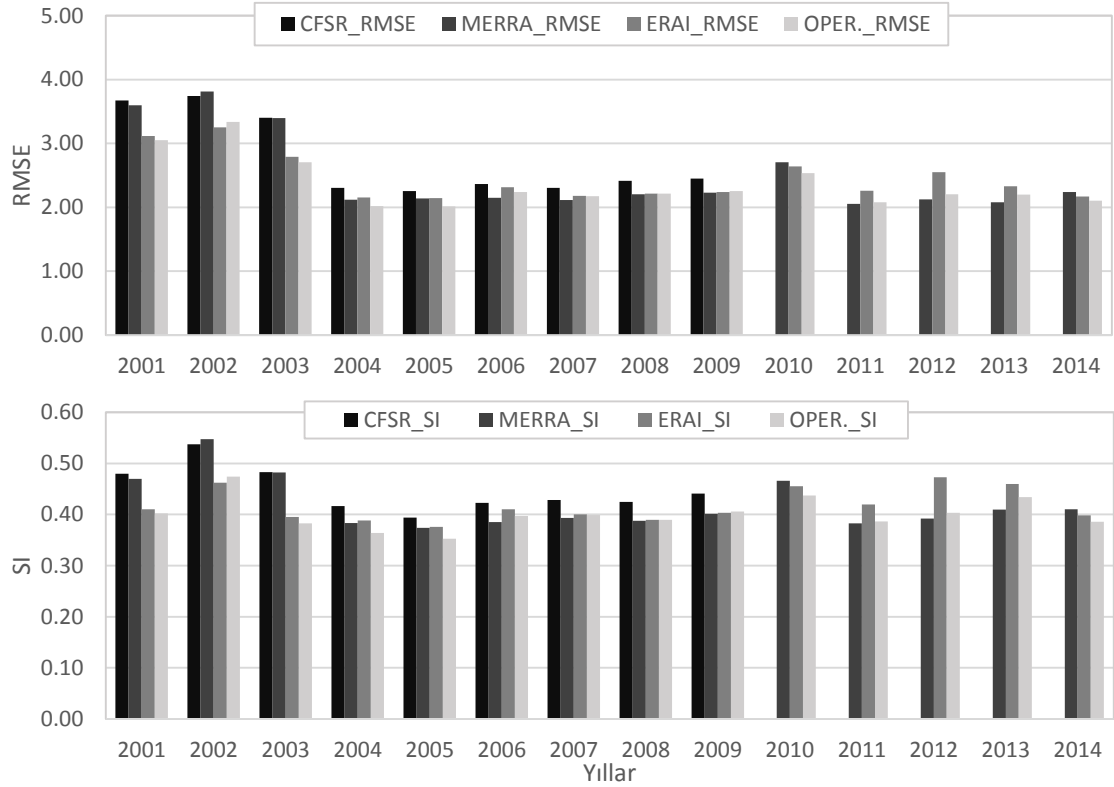
**Çizelge 4.12.** Gloria istasyonunda 2008 yılı için hız aralıklarına göre hata değerleri

Veri Kaynağı	Hız aralığı (m/s)	n	$x_{ort}$ (m/s)	$y_{ort}$ (m/s)	Bias (m/s)	RMSE (m/s)	MAE (m/s)	SI	r
CFSSR	0-4	320	2,91	3,58	-0,67	1,79	1,33	0,61	0,13
	4-8	746	5,87	5,89	-0,02	1,66	1,29	0,28	0,49
	8-12	314	9,64	9,33	0,31	1,64	1,27	0,17	0,57
	12-16	48	12,96	12,92	0,04	1,76	1,33	0,14	0,37
	>16	2	17,32	15,61	1,71	1,76	1,71	0,10	NaN
MERRA	0-4	320	2,91	3,23	-0,32	1,61	1,11	0,55	0,20
	4-8	746	5,87	5,25	0,62	1,78	1,37	0,30	0,43
	8-12	314	9,64	7,95	1,69	2,32	1,92	0,24	0,47
	12-16	48	12,96	10,29	2,67	3,35	2,68	0,26	0,30
	>16	2	17,32	11,78	5,54	5,55	5,54	0,32	NaN
ERA-Interim	0-4	320	2,91	3,09	-0,17	1,40	1,10	0,48	0,26
	4-8	746	5,87	5,16	0,72	1,61	1,28	0,27	0,51
	8-12	314	9,64	8,33	1,31	2,00	1,58	0,21	0,54
	12-16	48	12,96	11,69	1,27	2,18	1,55	0,17	0,27
	>16	2	17,32	15,32	2,00	2,03	2,00	0,12	NaN
Operasyonel	0-4	320	2,91	3,20	-0,29	1,30	0,98	0,45	0,32
	4-8	746	5,87	5,26	0,62	1,54	1,20	0,26	0,54
	8-12	314	9,64	8,62	1,02	1,77	1,38	0,18	0,56
	12-16	48	12,96	11,85	1,10	2,04	1,38	0,16	0,37
	>16	2	17,32	15,85	1,47	1,48	1,47	0,09	NaN

#### 4.5.3. Yıllara göre veri kaynaklarının hatalarının gelişimi

Bütün istasyonlarda en çok verinin bulunduğu yıllardaki hata değerlerinin irdelenmesinin ardından, her veri kaynağı için yıllara göre bu değerlerin gidişatı, sadece alansal ağırlıklı ortalama değerleri için incelenmiştir. Şekil 4.27’de DMİ Kumköy istasyonu için bütün

rüzgar alanlarının RMSE ve SI değerlerinin yıllara göre değişimi sunulmuştur. Buna göre, bütün veri kaynaklarının RMSE değerlerinde 2003 yılı sonrasında bir iyileşme olduğu göze çarparken, 2010 yılında hata değerlerinde bir artışın olduğu da gözlenmiştir. SI değerleri incelendiğinde, genellikle yakın sonuçlar görülürken; 2002 yılında CFSR (RMSE=3,74 m/s ve SI=0,54) ve MERRA (RMSE=3,81 m/s ve SI=0,55) rüzgar alanlarının hata değerleri biraz daha yüksek çıkmıştır. Veri kaynakları arasında kıyaslama yapıldığında, Operasyonel veri setinin (2005 yılı RMSE=2,01 m/s ve SI=0,35) daha düşük sonuçlar verdiği görülmüştür. Tüm yıllar incelendiğinde, bütün veri kaynaklarına göre en düşük hataların 2004, 2005 ve 2011 yıllarında sırasıyla yaklaşık olarak RMSE=2 m/s ve SI=0,35 şeklinde olduğu gözlenmiştir.

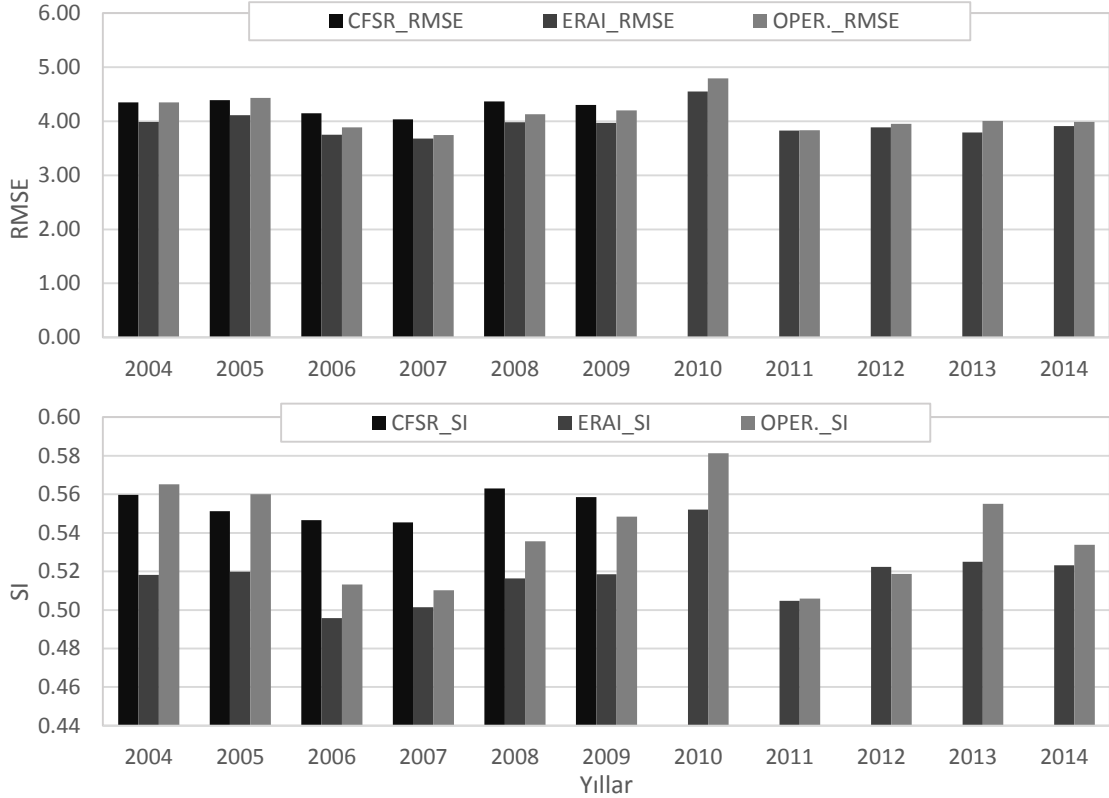


Şekil 4.27. Kumköy istasyonunda yıllara göre hata değerleri

DMİ Amasra istasyonu için RMSE ve SI hata değerlerinin yıllara göre değişimi Şekil 4.28’de verilmiştir. Şekle göre, bütün veri kaynaklarında incelenen yıllar boyunca RMSE değerleri (4 m/s civarında) fazla değişim göstermemiştir. Yalnızca 2010 yılında bu hata değerinde (4,5 – 4,6 m/s civarı) artış meydana gelmiştir. SI değerleri incelendiğinde, özellikle ECMWF veri kaynaklarında, yıllara göre bu değerlerin çok değişken olduğu

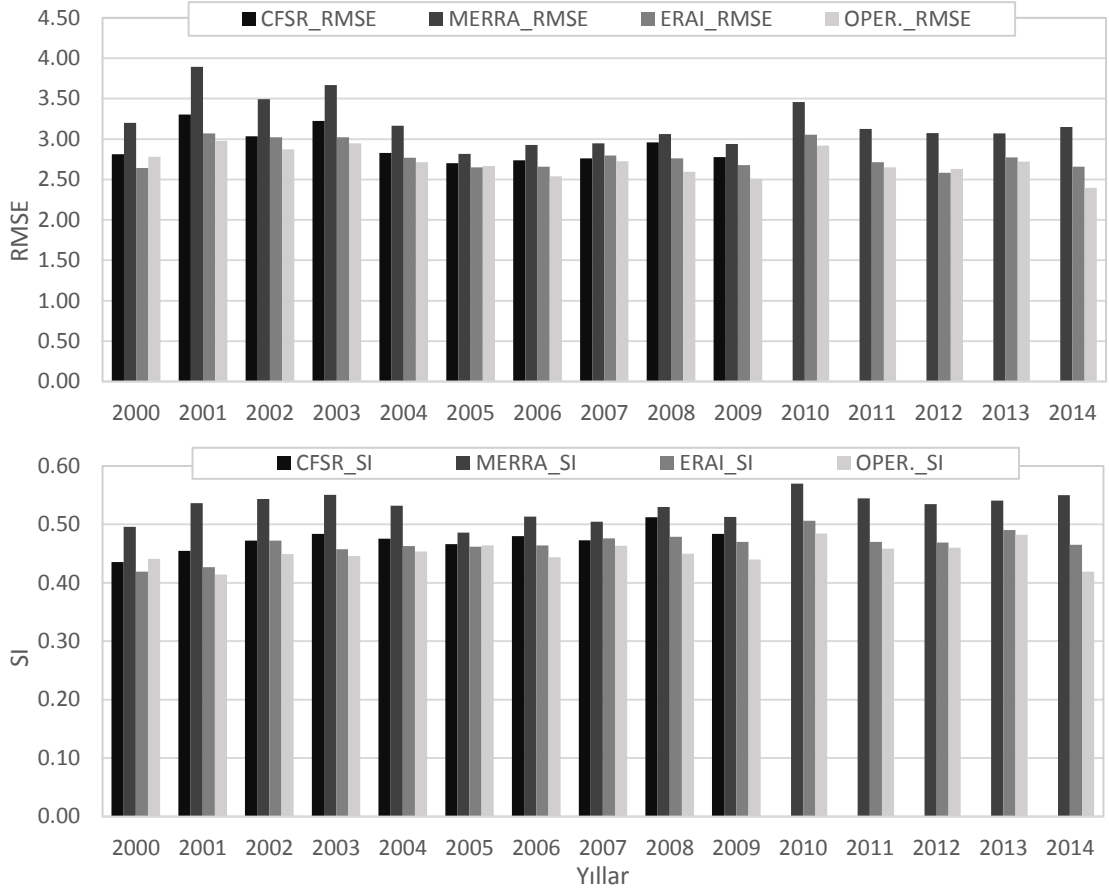


görülmüştür. ERA-Interim rüzgarlarında 0,50 – 0,55 arasında saçılım indeksi değerleri görülmüştür. Operasyonel veri kaynağında, 2004 yılında 0,56 olan saçılım indeksi, 2007 yılına kadar 0,50 değerlerine kadar sürekli bir şekilde azalırken; 2010 yılına kadar tekrar yükselerek pik değerlere (0,58) ulaştığı görülmüştür. Bu istasyonda en düşük hata değerlerini (ortalama RMSE=3,95 ve ortalama SI=0,52) genel olarak ERA-Interim rüzgar alanları vermiştir.



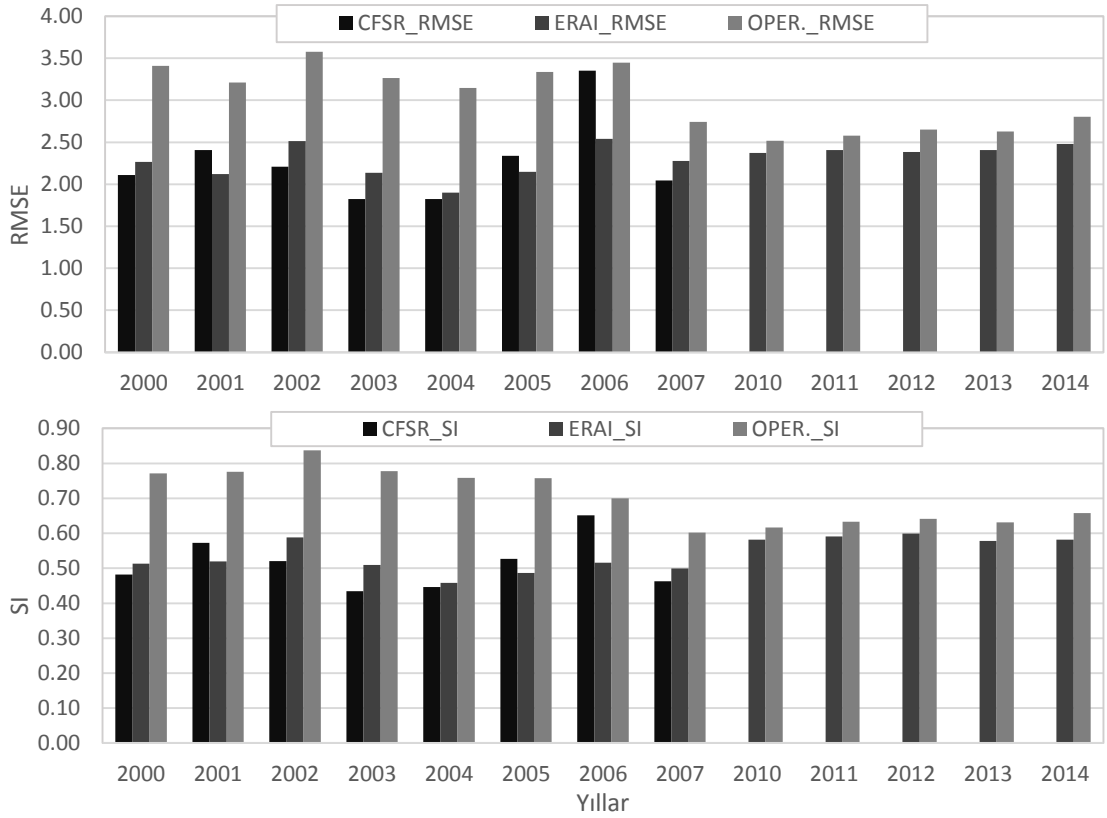
**Şekil 4.28.** Amasra istasyonunda yıllara göre hata değerleri

DMİ Sinop istasyonunda, RMSE ve SI hata değerlerinin yıllara göre değişimi Şekil 4.29’da sunulmuştur. Şekilden görülebileceği gibi, hata değerleri yıllara göre farklı sonuçlar vermiştir. Hem RMSE (2001 yılı için 3,90) hem de SI (2010 yılı 0,57) değerleri incelendiğinde en yüksek hata değerlerini MERRA rüzgar alanlarının verdiği görülmüştür. ECMWF’nin iki farklı veri kaynağı ve CFSR veri kaynağı RMSE değerlerinde yakın sonuçlar verse de, Operasyonel rüzgar alanlarının RMSE (2009 yılı için 2,51) ve SI (2001 yılı için 0,41) değerlerine bakıldığında, biraz daha iyi performans sergilediği görülmüştür.



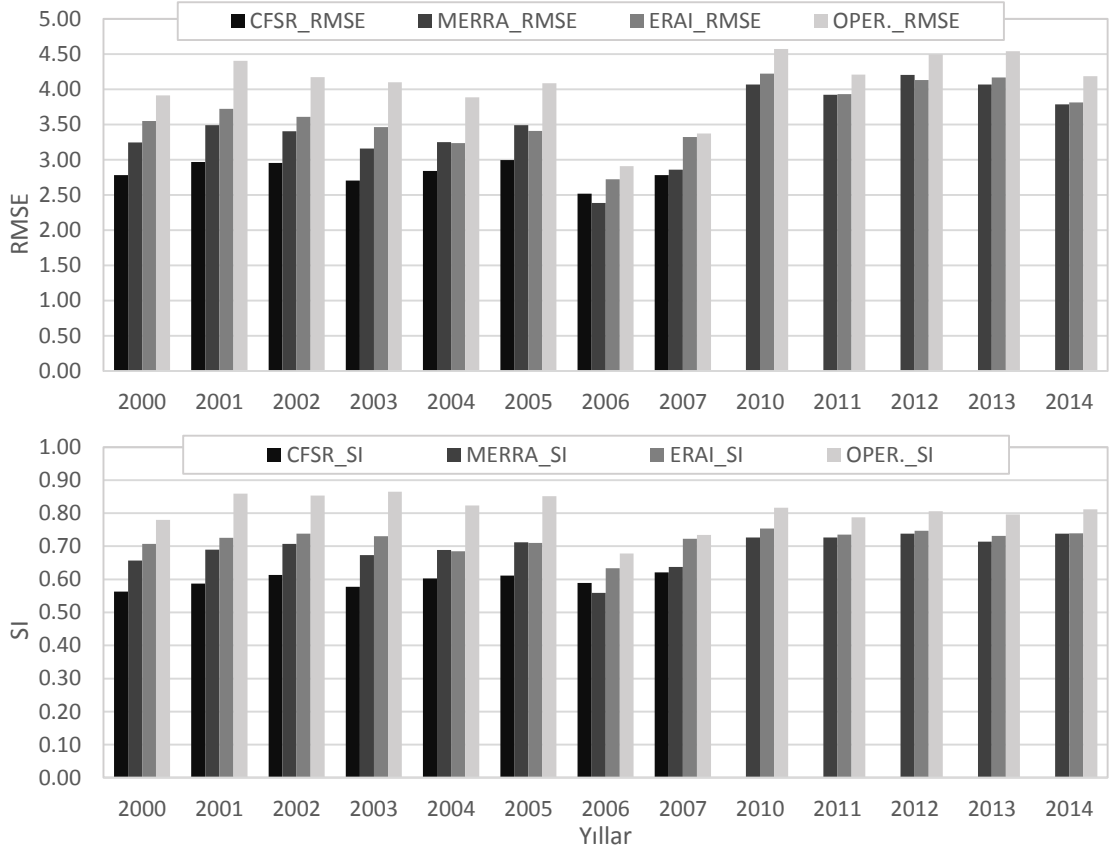
Şekil 4.29. Sinop istasyonunda yıllara göre hata değerleri

Şekil 4.30’da DMİ Giresun istasyonu için RMSE ve SI hata değerlerinin yıllara göre değişimi sunulmuştur. Şekle göre, özellikle 2000-2006 yılları arasında Operasyonel rüzgar alanlarının hata değerleri (RMSE= 3,15 – 3,58 m/s ve SI=0,70 – 0,84) çok daha yüksek çıkmıştır. ERA-Interim rüzgar alanlarının hata değerleri Operasyonel veri kaynağına göre daha düşük olsa da, 2006 yılı haricinde bütün yıllarda CFSR rüzgar alanları; 1,82 m/s – 2,41 m/s arası RMSE hatası ve 0,43 – 0,57 arası saçılım indeksi değerleriyle daha iyi performans göstermiştir. Ayrıca 2010 yılından itibaren, ECMWF veri kaynaklarının, yaklaşık 2,50 m/s’lik RMSE hatası ve yaklaşık %60’lık saçılım indeksi değerleriyle daha istikrarlı bir davranış sergiledikleri görülmüştür.



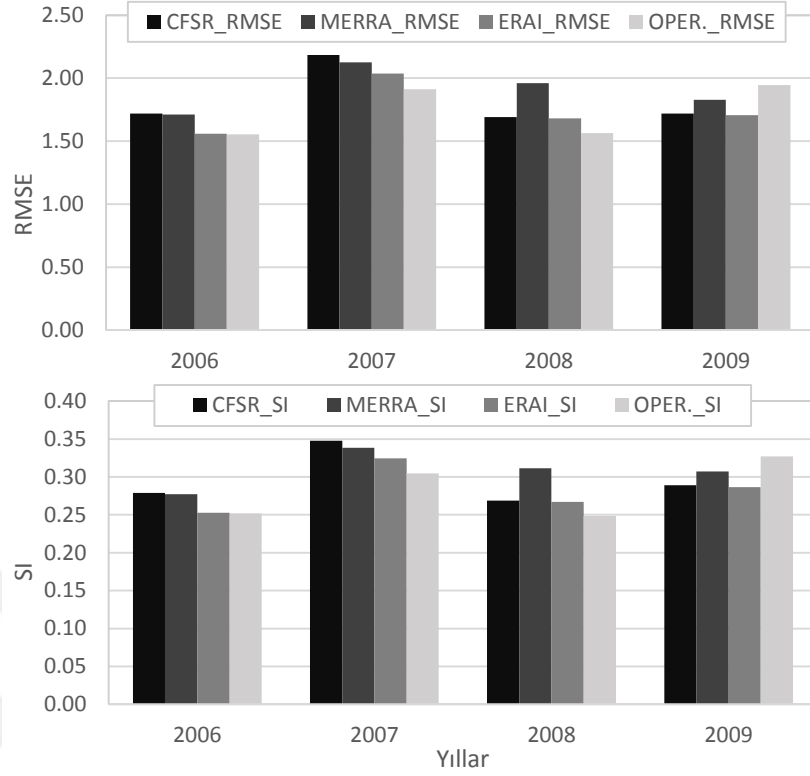
**Şekil 4.30.** Giresun istasyonunda yıllara göre hata değerleri

DMİ Hopa istasyonu için RMSE ve SI hata değerlerinin yıllara göre değişimi Şekil 4.31'de sunulmuştur. Burada da, Giresun istasyonunda olduğu gibi CFSR rüzgar alanlarının daha iyi sonuçlar verdiği, Operasyonel rüzgar alanlarının çok daha yüksek hata değerleri verdiği görülmüştür. İki veri kaynağının da en düşük hata değerlerini verdiği 2006 yılında, CFSR rüzgarları 2,52 m/s'lik RMSE hatası ve 0,59 saçılım indeksi ile, 2,91 m/s'lik RMSE hatası ve 0,68 saçılım indeksine sahip Operasyonel veri kaynağına göre daha iyi performans göstermiştir. Diğer yıllarda hata değerleri arasındaki farkların daha da fazla olduğu görülmüştür. MERRA rüzgar alanlarında diğer karelej noktalarındaki veriler elde edilemediğinden, sadece MERRA 4 karelej noktasından alınan verilere göre hesaplanan hata değerlerinin, incelenen yıllar boyunca ERA-Interim rüzgarlarının hata değerlerinden genellikle düşük olduğu tespit edilmiştir.

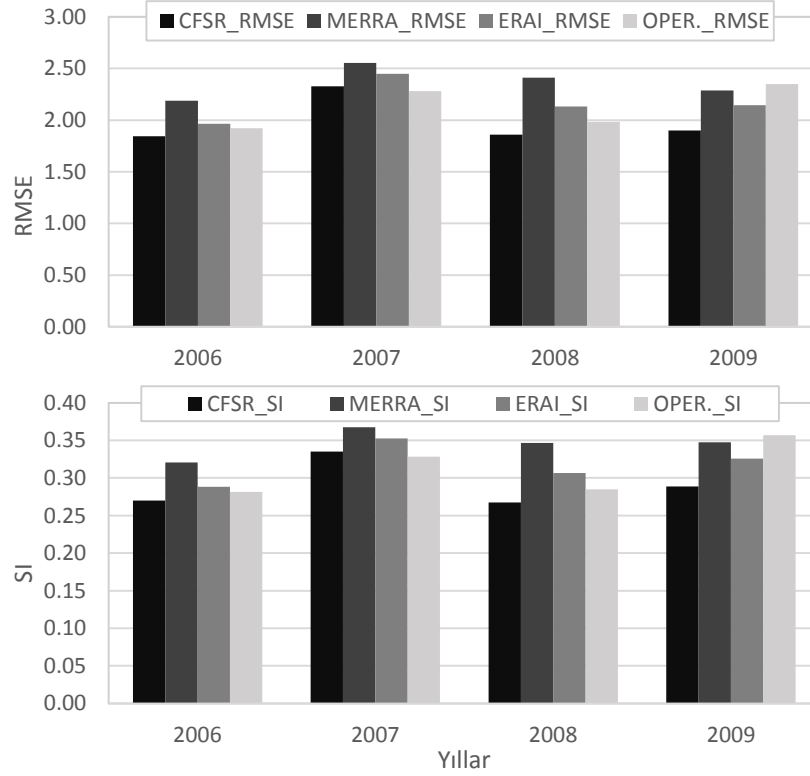


**Şekil 4.31.** Hopa istasyonunda yıllara göre hata değerleri

Gloria açık deniz istasyonu için RMSE ve SI hata değerlerinin yıllara göre değişimi; (3.5) denklemine göre dönüştürülmüş ölçümler için Şekil 4.32’de, (3.6) denklemine göre dönüştürülmüş ölçümler için Şekil 4.33’de verilmiştir. Şekillere bakıldığında, bu istasyonda RMSE ve SI değerleri yıllara göre benzer bir şekilde değişim göstermiştir. Şekil 4.6’da Gloria istasyonu için verilen zaman serilerinden görülebileceği gibi, (3.5) denklemine göre dönüştürülmüş ölçümlerin değerleri, CFSR rüzgar alanlarından elde edilen tahmin değerleri haricinde daha yüksek çıkmıştır. (3.6) denklemine göre dönüştürülmüş ölçümlerin değerlerinin ise bütün tahmin veri kaynaklarının değerlerini aştığı görülmüştür ve en yakın değerleri CFSR rüzgar alanları vermiştir. Bu sebeple, Şekil 4.33’e göre CFSR rüzgar alanları daha iyi performans gösterirken; Şekil 4.32’ye göre ECMWF veri kaynakları daha iyi sonuçlar vermiştir. Her iki veri kaynağının da en düşük hataları verdiği 2006 yılında, Şekil 4.32’ye göre 1,55 m/s’lik RMSE hatası ve 0,25 saçılım indeksi ile ERA-Interim; Şekil 4.33’e göre de 1,84 m/s’lik RMSE hatası ve 0,27 saçılım indeksi ile CFSR rüzgarlarının daha iyi performansa sahip olduğu görülmüştür.



Şekil 4.32. Gloria istasyonunda yıllara göre hata değerleri



Şekil 4.33. Gloria istasyonunda yıllara göre hata değerleri

Bu bölümde gerçekleştirilen analizler kapsamında, irdelenen bütün istasyonlarda her rüzgar veri kaynağı için dikkate alınan bütün karelej noktaları ve hesaplanarak belirlenmiş uzaklık ve alan ağırlıklı ortalama veri setleri için hesaplanmış farklı hata değerlerinin (RMSE, SI, Bias) ve korelasyon katsayısı değerlerinin (r) yıllara göre değişimleri EK 6'da çizelgeler halinde sunulmuştur. Toplamda 26 adet çizelge bulunmaktadır.



## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, Karadeniz’de dalga modellemesi için kullanılabilen en uygun rüzgar veri kaynağının belirlenmesi amacıyla, Karadeniz’in güney sahili boyunca ve Romanya kıyısı açıklarındaki rüzgar ölçümleri ve son zamanlarda geliştirilmiş re-analiz rüzgar ürünleri arasında çeşitli istatistiksel analizler uygulanmıştır. Veri kaynaklarının ölçümlere göre doğrulukları tüm veri ve eşzamanlı veriye dayanarak iki farklı durum için irdelenmiştir. Öncelikle, tüm veri analizi veri kaynakları ve ölçümlerin istatistiksel parametrelerinin, zaman serilerinin, rüzgar güllerinin ve olasılık dağılımlarının kıyaslanması ile gerçekleştirilmiştir. Eşzamanlı veri analizinde ise, eşzamanlı bütün veri ve farklı hız aralılarındaki veriler için istatistiksel hata değerleri hesaplanmış ve ayrıca yıllara göre veri setlerinin hata durumlarının değişimleri de belirlenmiştir.

Yapılan bütün bu analizlerden elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sunulmuştur:

- İstatistiksel parametrelerin analiz sonuçlarına göre; DMİ Kumköy istasyonunda, ECMWF veri kaynaklarının incelenen parametrelerin çoğunda ölçüm verilerine yakın sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Bu veri kaynaklarının ikisinde de uzaklık ve alansal ağırlıklı ortalamalar iyi sonuç verirken; ERA-Interim rüzgar alanlarında istasyona en yakın karelej noktası olan ECMWF 1, Operasyonel rüzgar alanlarında ise daha açıkta bulunan ECMWF 4 karelej noktasından iyi sonuç elde edilmiştir. DMİ Amasra istasyonunda, en yakın sonucu istasyondan açıkta bulunan CFSR 3 karelej noktasından alınan veri seti vermiştir. DMİ Sinop istasyonunda, CFSR veri kaynağında daha açıkta bulunan CFSR 3 ve 4 karelej noktaları, Operasyonel veri kaynağında ise istasyona yakın ECMWF 2 karelej noktası daha iyi performans göstermiştir. DMİ Giresun istasyonunda, CFSR rüzgar alanları, özellikle istasyondan açıkta bulunan CFSR 3 karelej noktası ölçümlere daha yakın sonuçlar vermiştir. Bu istasyonda ayrıca, ECMWF veri kaynaklarının değerleri, ölçüm istasyonu değerlerinden oldukça uzak çıkmıştır. DMİ Hopa istasyonunda, Giresun’da gözlenen duruma benzer şekilde CFSR veri kaynağı daha iyi performans sergilemiştir. CFSR rüzgar alanlarının karelej

noktalarından deniz üzerinde bulunanları iyi sonuç verirken; özellikle açıkta bulunan CFSR 4 noktasının verileri ölçümlere daha yakın çıkmıştır.

- Açık deniz istasyonu olan Gloria istasyonunda ise, istatistiksel parametreler, bütün veri kaynaklarının ölçüm verilerinin değerlerine yaklaştığını; CFSR rüzgar alanlarının ortalama değerlerinin ölçüm verilerine daha yakın sonuçlar verdiğini göstermiştir.
- Zaman serileri analizi, DMİ Kumköy istasyonunda MERRA ve CFSR rüzgar verilerinin ölçümlere göre daha düşük kaldığını ve ECMWF veri kaynaklarının ölçüm veri setini daha iyi temsil ettiğini göstermiştir. DMİ Amasra istasyonunda, ECMWF'nin veri kaynakları (özellikle Operasyonel), incelenen yılın genelinde daha yakın bir gidişat göstermiştir. DMİ Sinop istasyonunda, MERRA rüzgar alanları haricinde veri kaynakları benzer bir gidişat göstermiştir. ECMWF veri kaynaklarının incelenen yılın genelinde, ölçüm verilerine biraz daha yakın olduğu tespit edilmiştir. DMİ Giresun ve Hopa istasyonlarında ise, her iki istasyonda da CFSR rüzgar alanlarının daha iyi performansa sahip olduğu belirlenmiştir.
- Gloria açık deniz istasyonunda zaman serilerine göre, bütün veri kaynakları benzer görülse de, iki farklı denkleme göre 10 metre yüksekliğe indirgenmiş rüzgar ölçüm verileri göz önüne alındığında CFSR rüzgar alanları daha iyi performansa sahiptir.
- Veri kaynaklarının rüzgar gülleri bütün istasyonlarda hakim rüzgar yönünden ziyade fırtınaların yönünün tahmininde daha iyi bir performans sergilediği tespit edilmiştir. Rüzgar veri kaynaklarının rüzgar güllerinde ölçümlerin rüzgar güllerine kıyasla sapmaların olduğu da belirlenmiştir. DMİ istasyonlarında, hakim rüzgar yönü açısından bütün rüzgar veri kaynaklarının rüzgar gülleri birbirine çok benzer olmalarına karşın, Gloria istasyonunda ölçümlerin rüzgar güllerini, CFSR rüzgar veri kaynağının diğerlerine göre daha iyi temsil ettiği belirlenmiştir.
- Olasılık dağılım grafiklerine göre değerlendirme yapıldığında, DMİ Kumköy istasyonunda ECMWF'nin iki farklı veri kaynağının da olasılık dağılımlarının ölçümlerin dağılımına yakın bir dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. En farklı dağılımı, MERRA rüzgar alanlarından açık deniz karelej noktası olan MERRA 3 göstermiştir. DMİ Amasra istasyonunda, bütün veri kaynakları benzer dağılım gösterirken; Operasyonel rüzgar alanlarının açık deniz noktası olan ECMWF 3 ve 4 karelej noktalarından alınan veriler, ölçümlerden çok uzak bir dağılım göstermiştir. DMİ Sinop istasyonunda, Operasyonel veri setinin ölçüm veri setine çok yakın bir dağılım



gösterdiği belirlenmiştir. DMİ Giresun istasyonunda, CFSR ve ERA-Interim veri kaynakları, sıklıkla görülen hızların olasılık değerleri farklı olmakla beraber, benzer bir dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Operasyonel veri seti ise ölçüm veri setinden çok uzak bir dağılım göstermiştir. DMİ Hopa istasyonunda, CFSR rüzgar alanları ölçüm veri setinin dağılımına çok yakın bir dağılım göstermiştir. ECMWF veri kaynaklarının, bu istasyonda en uzak dağılıma sahip oldukları tespit edilmiştir.

- Gloria açık deniz istasyonunda, bütün veri setlerinin birbirlerine yakın dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Ancak, (3.6) denklemine göre 10 metreye indirgenmiş rüzgar hızları, (3.5) denklemine göre 10 metreye indirgenmiş rüzgar hızlarına göre daha büyük olduğundan, ölçüm rüzgar hızlarının büyük olduğu dağılım, veri kaynaklarına göre biraz daha sağ tarafa kayık çıkmıştır.
- Karadeniz'in güney sahili boyunca, batı bölgelerinde doğuya nazaran daha yüksek hızlardaki rüzgarların sıklıkla görüldüğü olasılık dağılım grafiklerinden tespit edilmiştir.
- Tüm veriye dayanan hata analizine göre, Kumköy istasyonunda ECMWF veri kaynakları daha düşük hatalara sahipken, saçılma diyagramlarından Operasyonel rüzgar alanlarının ölçümlere daha yakın olduğu tespit edilmiştir. Amasra istasyonunda ECMWF veri kaynaklarının daha uygun olduğu belirlenmiştir. Sinop DMİ istasyonunda Operasyonel rüzgar alanlarının açık denizde bulunan Oper. 4 karelej noktası en iyi doğruluğa sahiptir. Yine, açıkta bulunan CFSR 4 karelej noktasının verileri de diğerlerine göre düşük hataya sahiptir. Giresun ve Hopa istasyonlarında daha düşük hata değerleri veren CFSR rüzgar alanları, diğer veri kaynaklarına göre daha iyi performans göstermiştir.
- Gloria açık deniz istasyonunda bütün veri kaynaklarının iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir. Hata değerlerinin karasal istasyonlara göre çok düşük, korelasyon değerlerinin de güçlü ilişkiyi gösterecek şekilde yüksek çıktığı tespit edilmiştir. Operasyonel rüzgar alanlarının en düşük hataya sahip olduğu, saçılım grafiklerine göre de CFSR veri kaynağının daha iyi performansla sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, bu istasyonda elde edilen sonuçlara göre, bütün veri kaynaklarında ağırlıklı ortalama değerleri istasyon ölçümlerini temsil edecek düzeydedir.
- Hız aralıklarına göre yapılan eş zamanlı hata analizi sonuçları, Karadeniz'in güney sahil şeridinin Sinop ve batısında kalan kısmında CFSR rüzgar alanlarının düşük

hızlarda daha iyi sonuç verdiğini göstermiştir. Bu bölgede yüksek hızlarda hata sonuçları artmış olsa da ECMWF veri kaynaklarının diğerlerine göre daha iyi performansa sahip olduğu belirlenmiştir. Sinop'un doğusunda ise CFSR rüzgar alanları yüksek hızlarda diğer veri kaynaklarına göre daha iyi performans göstermiştir. Düşük hız aralıklarına göre, Giresun istasyonunda ECMWF veri kaynaklarının, Hopa'da ise MERRA rüzgar alanlarının daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir.

- Gloria açık deniz istasyonunda hız aralıklarına göre yapılan eş zamanlı hata analizi, düşük ve orta şiddetli hızlardaki Operasyonel rüzgar alanlarının iyi performans sergilediğini göstermiştir. Yüksek hız aralıklarında ise CFSR rüzgar alanlarının daha iyi bir performansa sahip olduğu belirlenmiştir.
- Karasal istasyonlarda veri kaynaklarının yıllara göre hata değerleri inişli çıkışlı bir eğilim göstermekle birlikte 2001 ve 2010 yıllarında en yüksek hataların olduğu da belirlenmiştir. Giresun istasyonunda bu durum istisnai bir şekilde gözlenmemiştir. Gloria istasyonunda ise, veri kaynaklarının yıllara göre hata değerlerinin değişimleri çok fazla değişkenlik göstermemekle birlikte  $SI=0,30$  civarında saçıldığı tespit edilmiştir.
- DMİ istasyonlarında, karasal ölçüm verileri açık deniz ölçümlerine dönüştürüldükten sonra, ölçüm veri setlerinin ortalamaları artmış ve veri kaynaklarının ortalamalarına daha yakın değerler elde edilmiştir.
- Bütün istasyonlarda, veri kaynaklarının ortalamaları genellikle ölçüm ortalamalarının altında kalmıştır. Bütün veri setleri pozitif (sağa) çarpık durumdadır ve bu durum ölçümlerle uyumludur. Buna göre, düşük hız değerlerinin daha yoğun olduğu anlaşılmaktadır. Maksimum değerler çoğunlukla yakın tahmin edilebilirken; minimum değerler çok daha düşük tahmin edilmiştir. Sinop istasyonu ve batısında bu maksimum değerler daha iyi tahmin edilirken; doğusunda maksimum değer tahminleri de biraz düşük kalmıştır.
- Zaman serilerine göre, CFSR rüzgarları Giresun ve Hopa istasyonlarında oldukça iyi iken ECMWF veri kaynakları ölçümlerden oldukça düşüktür.
- Veri kaynaklarının doğruluğu, açık deniz istasyonunda, karasal istasyonlardakinden daha yüksek çıkmıştır.
- Karadeniz'in doğu bölgesinde hata değerlerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Buna sebep olarak, bu bölgede tahmin verilerinin orografik yapıdan etkilenmeleri

gösterilebilir. Ayrıca, doğuya doğru CFSR rüzgarlarının doğruluğu ECMWF veri setlerine kıyasla daha yüksektir. Bunun nedeni de, CFSR rüzgarlarının ani rüzgar değişimini yüksek zamansal çözünürlüğü (1 saat) ile diğer rüzgar veri kaynaklarına göre daha iyi yakalayabilmesi olabilir.

- MERRA rüzgar alanlarının, incelenen istasyonlarda diğer veri kaynaklarına göre daha kötü performans göstermesine sebep olarak, düşük alansal çözünürlüklü MERRA rüzgar alanlarının karelej noktalarının birbirinden uzak olması gösterilebilir.

Bütün bu sonuçlara dayanarak, Karadeniz'in tümünü içerecek modelleme çalışmalarında ihtiyaç duyulan meteorolojik veri için CFSR rüzgarlarının kullanımının, bölgesel çalışmalarda ise, orografik etkinin fazla olduğu Karadeniz'in güney doğu kesiminde yine CFSR rüzgarlarının, batı kesiminde ise ERA-Interim rüzgarlarının kullanımının uygun olacağı sonucuna varılmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Akpınar, A., Van Vledder, G. 2014.** Karadeniz’de dalga model tahminlerinin rüzgar alanlarına duyarlılığı. 8. Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, 7-9 Kasım, İstanbul, Türkiye.
- Alpers, W., Ivanov, A., Horstmann, J. 2009.** Observations of bora events over the Adriatic Sea and Black Sea by spaceborne synthetic aperture radar. *Monthly Weather Review*, 137: 1150–1161.
- Alpers, W., Ivanov, A., Dagestad, K-F. 2010.** Investigation of coastal wind fields over the Black Sea using Envisat synthetic aperture radar images. Proceedings of the ESA Living Planet Symposium, 28 June-2 July, 2010, Bergen, Norway.
- Alvarez, I., Gomez-Gesteira, M., deCastro, M., Carvalho, D. 2014.** Comparison of different wind products and buoy wind data with seasonality and inter annual climate variability in the southern Bay of Biscay (2000–2009). *Deep-Sea Research II*, 106: 38-48.
- Anonim, 2015.** Rüzgar çeşitleri. <http://www.bilgiustam.com/ruzgar-nedir-cesitleri-nelerdir/>-(Erişim tarihi:18.06.2015)
- Appendini, C.M., Torres-Freyermuth, A., Oropeza, F., Salles, P., Lopez, J., Mendoza, T.E. 2012.** Wave modeling performance in the Gulf of Mexico and Western Caribbean: Wind reanalyses assessment. *Applied Ocean Research*, 39: 20-30.
- Ardhuin, F., Bertotti, L., Bidlot, J-R., Cavaleri, L., Filipetto, V., Lefevre, J-M., Wittmann, P. 2007.** Comparison of wind and wave measurements and models in the Western Mediterranean Sea. *Ocean Engineering*, 34: 526-541.
- Arıkan, Ş.E. 1998.** Comparison of two different sources of wind data for wave prediction in the Black Sea. *Master Thesis*, Natural and Applied Sciences of METU, Ankara.
- Bolanos-Sanchez, R., Sanchez-Arcilla, A., Cateura, J. 2007.** Evaluation of two atmospheric models for wind–wave modelling in the NW Mediterranean. *Journal of Marine Systems*, 65: 336-353.
- Caires, S., Sterl, A., Bidlot, J-R., Graham, N., Swail, V. 2004.** Intercomparison of different wind-wave reanalysis. *Journal of Climate*, 17 (10): 1893-1913.
- Carvalho, D., Rocha, A., Gomez-Gesteira, M. 2012.** Ocean surface wind simulation forced by different reanalyses: Comparison with observed data along the Iberian Peninsula coast. *Ocean Modelling*, 56: 31-42.
- Carvalho, D., Rocha, A., Gomez-Gesteira, M., Alvarez, I., Silva Santos, C. 2013.** Comparison between CCMP, QuikSCAT and buoy winds along the Iberian Peninsula coast. *Remote Sensing of Environment*, 137: 173-183.

**Carvalho, D., Rocha, A., Gomez-Gesteira, M., Silva Santos, C. 2014a.** WRF wind simulation and wind energy production estimates forced by different reanalyses: Comparison with observed data for Portugal. *Applied Energy*, 117: 116-126.

**Carvalho, D., Rocha, A., Gomez-Gesteira, M., Silva Santos, C. 2014b.** Offshore wind energy resource simulation forced by different reanalyses: Comparison with observed data in the Iberian Peninsula, *Applied Energy*, 134: 57-64.

**Chelton, D.B., Freilich, M.H. 2005.** Scatterometer-Based Assessment of 10-m Wind Analyses from the Operational ECMWF and NCEP Numerical Weather Prediction Models. *Monthly Weather Review*, 133: 409-429.

**Dee, D.P., Uppala, S., 2009.** Variational bias correction of satellite radiance data in the ERA-interim reanalysis. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 135: 1830–1841.

**Dee, D.P., Uppala, S.M., Simmons, A.J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, P., Andrae, U., Balmaseda, M.A., Balsamo, G., Bauer, P., Bechtold, P., Beljaars, A.C.M., van de Berg, L., Bidlot, J., Bormann, N., Delsol, C., Dragani, R., Fuentes, M., Geer, A.J., Haimberger, L., Healy, S.B., Hersbach, H., Holm, E.V., Isaksen, L., Kallberg, P., Köhler, M., Matricardi, M., McNally, A.P., Monge-Sanz, B.M., Morcrette, J.J., Park, B.K., Peubey, C., de Rosnay, P., Tavalato, C., Thepaut, J.N., Vitart, B.K. 2011.** The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 137 (656): 553–597.

**Efimov, V.V., Shokurov, M.V., Yarovaya, D.A. 2007.** Numerical simulation of a quasi-tropical cyclone over the Black Sea. *Atmospheric and Oceanic Physics*, 43 (6): 667-686.

**Enriquez, C.E., Shapiro, G.I., Zatsepin, A.G. 2002.** Mesoscale circulation in the Black Sea during November 2000 from remote and insitu data. Challeger Centenary Conference: Marine Science 2002, 9–13 September, Plymouth, UK.

**Hsu, S.A. 1980.** On the correction of land-based wind measurements for oceanographic applications. 17th conference of coastal engineering, Sydney.

**Jakobson, E., Vihma, T., Palo, T., Jakobson, L., Kernik, H., Jaagus, J. 2012.** Validation of atmospheric reanalyses over the central Arctic Ocean. *Geophysical Research Letters*, 39: 1-6.

**Jimenez, B., Moennich, K., Durante, F. 2012.** Comparison between NCEP/NCAR and MERRA reanalysis data for long-term correction in wind energy assessment. EWEA2012, 16-19 April, Copenhagen.

**Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White, G., Woollen, J., Zhu, Y., Leetmaa, A., Reynolds, R. 1996.** The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77: 437–470.

**Kanamitsu, M., Ebisuzaki, W., Woollen, J., Yang, S.-K., Hnilo, J.J., Fiorino, M., Potter, G.L. 2002.** NCEP-DOE AMIP-II Reanalysis (R-2). *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83: 1631–1643.

**Lileo, S., Petrik, O. 2011.** Investigation on the use of NCEP/NCAR, MERRA and NCEP/CFSR reanalysis data in wind resource analysis. EWEA2011, 14-17 March, 2011, Brussels, Belgium.

**Macias, J., 2015.** Sözlü görüşme. Researchgate (Görüşme tarihi:29.04.2015), jmacias@uma.es

**Martin, P., Dragani, W., Cerne, B., Alonso, G., Pescio, A., Prrio, B. 2012.** Numerical simulation of wind waves on the Rio De La Plata: Evaluation of four global atmospheric databases. *Brazilian Journal of Oceanography*, 60 (4): 501-511.

**Maslova, V., Voskresenskaya, E., Bardin, M. 2010.** Variability of the cyclone activity in the Mediterranean–Black sea region. *Journal of Environmental Protection Ecology*, 11: 1366–1372.

**Onea, F., Rusu, E. 2012.** Evaluation of the wind energy resources in the Black Sea area. 8th WSEAS International Conference on Energy, Environment, Ecosystems and Sustainable Development (EEESD'12), 2-4 May, 2012, Faro, Portugal.

**Onea, F., Rusu, E. 2014.** Wind energy assessments along the Black Sea basin. *Meteorological Applications*, 21: 316-329.

**Onogi, K., Tsutsui, J., Koide, H., Sakamoto, M., Kobayashi, S., Hatsushika, H., Matsumoto, T., Yamazaki, N., Kamahori, H., Takahashi, K., Kadokura, S., Wada, K., Kato, K., Oyama, R., Ose, T., Mannoji N., Taira, R. 2007.** The JRA-25 reanalysis. *J. Meteorol. Soc. Jpn*, 85 (3): 369–432.

**Pimenta, F., Kempton, W., Garvine, R. 2008.** Combining meteorological stations and satellite data to evaluate the offshore wind power resource of Southeastern Brazil. *Renewable Energy*, 33: 2375-2387.

**Ponce de Leon, S., Orfila, A., Gomez-Pujol, L., Renault, L., Vizoso, G., Tintore, J. 2012.** Assessment of wind models around the Balearic Islands for operational wave forecast. *Applied Ocean Research*, 34: 1-9.

**Saha, S., Moorthi, S., Pan, H-L., Wu, X., Wang, J., Nadigai S., Tripp, P., Kistler, R., Woollen, J., Behringer, D., Liu, H., Stokes, D., Grumbine, R., Gayno, G., Wang, J., Hou, Y-T., Chuang, H-Y., Juang, H-M.H., Sela, J., Iredell, M., Treadon, R., Kleist, D., van Delst, P., Keyser, D., Derber, J., Ek, M., Meng, J., Wei, H., Yang, R., Lord, S., van den Dool, H., Kumar, A., Wang, W., Long, C., Chelliah, M., Xue, Y., Huang, B., Schemm, J-K., Ebisuzaki, W., Lin, R., Xie, P., Chen, M., Zhou, S., Higgins, W., Zou, C-Z., Liu, Q., Chen, Y., Han, Y., Cucurull, L., Reynolds, R.W., Rutledge, G., Goldberg, G. 2010.** The NCEP Climate Forecast System Reanalysis. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 91: 1015-1057.

- Soukissian, T.H., Papadopoulos, A. 2015.** Effects of different wind data sources in offshore wind power assessment. *Renewable Energy*, 77: 101-114
- Signell, R.P., Carniel, S., Cavaleri, L., Chiggiato, J., Doyle, J.D., Pullen, J., Sclavo, M. 2005.** Assessment of wind quality for oceanographic modelling in semi-enclosed basins. *Journal of Marine Systems*, 53: 217-233.
- Simmons, A., Uppala, S., Dee, D., Kobayashi, S. 2007.** ERA-Interim: new ECMWF reanalysis products from 1989 onwards. *ECMWF Newsletter*, 110: 25–35.
- Staneva, J.V., Stanev, E. 1998.** Oceanic response to atmospheric forcing derived from different climatic data sets. Intercomparison study for the Black Sea. *Oceanologica Acta*, 21: 393–417.
- Stopa, J.E., Cheung, K.F. 2014.** Intercomparison of wind and wave data from the ECMWF Reanalysis Interim and the NCEP Climate Forecast System Reanalysis. *Ocean Modeling*, 75: 65-83.
- Seguro, J.V., Lambert, T.W. 1999.** Modern estimation of the parameters of the Weibull wind speed distribution for wind energy analysis. *Journal of Wind Engineering Industrial Aerodynamics*, 85 (2000): 75-84
- Uppala, S.M., Kallberg, P.W., Simmons, A.J., Andrae, U., Bechtold, V.D.C., Fioriono, M., Gibson, J.K., Haseler, J., Hernandez, A., Kelly, G.A., Li, X., Onogi, K., Saarinen, S., Sokka, N., Allan, R.P., Andersson, E., Arpe, K., Balmaseda, M.A., Beljaars, A.C.M., van de Berg, L., Bidlot, J., Bormann, N., Cairns, S., Chevallier, F., Dethof, A., Dragosavac, M., Fisher, M., Fuentes, M., Hagemann, S., Holm, E., Hoskins, B.J., Isaksen, I., Janssen, P.A.E.M., Jenne, R., McNally, A.P., Mahfouf, J.-F., Morcrette, J.-J., Rayner, N.A., Saunders, R.W., Simon, P., Sterl, A., Trenberth, K.E., Untch, A., Vasiljevic, D., Viterbo, P., Woollen, J. 2005.** The ERA-40 re-analysis. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 131: 2961–3012.
- US Army. 2003.** Chapter II-2 Meteorology and Wave Climate: Coastal Engineering Manual, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, U.S. Government Printing Office, Washington (DC), USA, 77 p.
- Wang, A., Zeng, X. 2012.** Evaluation of multireanalysis products with in situ observations over the Tibetan Plateau. *Journal of Geophysical Research*, 117: 1-12.
- Valchev, N., Davidan, I., Belberov, Z., Palazov, A., Valcheva N. 2008.** Estimation of wind wave climate of the Western Black Sea during the last 50 years. Marine Sciences and Technologies “Black Sea 2008”, 23–25 October, Varna, Bulgaria.
- Valchev, N., Davidan, I., Belberov, Z., Palazov, A., Valcheva, N. 2010.** Hindcasting and assessment of the western Black sea wind and wave climate. *Journal of Environmental Protection Ecology*, 11: 1001–1012.

**Voskresenskaya, E.N., Maslova, V.N. 2011.** Winter-spring cyclonic variability in the Mediterranean-Black Sea region associated with global processes in the ocean-atmosphere system. *Advances Science Research*, 6: 237–243.

**Van Vledder, G., Akpınar, A. 2015.** Wave Model Predictions in a Semi-enclosed Basin: Sensitivity to Wind Fields, *Applied Ocean Research*, (in review).

**Yüksek, Ö. 2015.** Kıyı Hidrodinamiği. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Ders Notları, Trabzon.





## **EKLER**

**EK 1.** Farklı istasyonlarda ölçüm ve tahmin veri setlerinin istatistik parametrelerinin kıyaslaması

**EK 2.** Farklı istasyonlarda gözlenmiş rüzgar hız değerlerine karşı farklı atmosferik rüzgar verilerinin zaman serileri kıyaslaması

**EK 3.** Farklı istasyonlarda ölçülmüş rüzgarların ve farklı atmosferik rüzgar tahminlerinin rüzgar gülleri

**EK 4.** Farklı istasyonlarda gözlenmiş rüzgar hızı değerlerine karşı farklı atmosferik rüzgar verilerinin olasılık dağılımları

**EK 5.** Farklı istasyonlarda hız aralıklarına göre sınıflandırılarak gerçekleştirilen eş zamanlı hata analizi

**EK 6.** Farklı istasyonlarda veri kaynaklarının yıllara göre hata değerleri

**EK 1. Farklı istasyonlarda ölçüm ve tahmin veri setlerinin istatistik parametrelerinin kıyaslaması**

**Ek Çizelge 1.1.** Amasra istasyonunda 2009 yılı rüzgar hızı değerlerinin istatistiksel parametrelerinin kıyaslaması

		n	Ortalama (m/s)	Mod (m/s)	Medyan (m/s)	Min. (m/s)	Maks. (m/s)	Varyans (m/s)	Standart sapma (m/s)	Değişkenlik katsayısı	Çarpıklık katsayısı	Basıklık katsayısı
DMİ Amasra	DMİ_düzeltilmemiş	8741	4,39	2,30	3,60	0,10	31,10	8,85	2,97	0,68	1,25	2,07
	DMİ_düzeltilmiş	8741	7,70	5,24	7,08	0,64	30,01	12,41	3,52	0,46	0,72	0,23
CFRSR	CFRSR 1	8760	4,51	5,82	4,30	0,03	18,09	4,91	2,21	0,49	0,74	1,16
	CFRSR 3	8760	5,43	1,75	5,02	0,02	20,89	8,19	2,86	0,53	0,86	1,23
	CFRSR 4	8760	5,22	1,28	4,88	0,02	20,15	7,31	2,70	0,52	0,84	1,23
	Uzaklık A.	8760	4,44	yok	4,22	0,19	17,05	4,51	2,12	0,48	0,75	1,11
	Alan A.	8760	4,50	yok	4,27	0,21	17,31	4,65	2,16	0,48	0,77	1,14
ERAI	ERAI 1	1460	5,16	yok	5,02	0,15	17,24	5,92	2,43	0,47	0,52	0,49
	ERAI 3	1460	4,74	yok	4,62	0,19	17,87	4,85	2,20	0,46	0,57	0,96
	ERAI 4	1460	4,29	yok	4,21	0,09	17,37	3,75	1,94	0,45	0,62	1,61
	Uzaklık A.	1460	5,07	yok	4,94	0,37	17,20	5,53	2,35	0,46	0,53	0,56
	Alan A.	1460	5,13	yok	5,01	0,30	17,17	5,77	2,40	0,47	0,52	0,50
OPER.	OPER. 1	1460	5,07	yok	4,61	0,21	16,41	7,42	2,72	0,54	0,82	0,67
	OPER. 3	1460	4,01	yok	3,67	0,17	13,89	4,57	2,14	0,53	0,93	1,27
	OPER. 4	1460	2,66	yok	2,48	0,09	9,35	1,76	1,33	0,50	1,03	1,56
	Uzaklık A.	1460	4,79	yok	4,39	0,27	15,12	6,34	2,52	0,53	0,82	0,70
	Alan A.	1460	4,95	yok	4,54	0,24	15,62	6,93	2,63	0,53	0,81	0,65

**Ek Çizelge 1.2.** Sinop istasyonunda 2006 yılı rüzgar hızı değerlerinin istatistiksel parametrelerinin kıyaslaması

		n	Ortalama (m/s)	Mod (m/s)	Medyan (m/s)	Min. (m/s)	Maks. (m/s)	Varyans (m/s)	Standart sapma (m/s)	Değişkenlik katsayısı	Çarpıklık katsayısı	Basıklık katsayısı
DMİ Sinop	DMİ_düzeltilmemiş	8557	2,80	1,50	2,50	0,50	13,80	3,42	1,85	0,66	1,28	2,25
	DMİ_düzeltilmiş	8557	5,70	3,93	5,54	1,89	17,41	6,48	2,55	0,45	0,72	0,39
CFSR	CFSR 2	8760	4,10	3,17	3,73	0,03	16,84	4,94	2,22	0,54	1,06	1,82
	CFSR 3	8760	5,15	0,34	4,62	0,09	20,12	8,61	2,93	0,57	1,03	1,50
	CFSR 4	8760	5,32	3,86	4,85	0,04	20,40	8,79	2,96	0,56	0,99	1,52
	Uzaklık A.	8760	4,19	yok	3,78	0,26	16,90	5,08	2,25	0,54	1,10	1,90
	Alan A.	8760	4,17	yok	3,76	0,26	16,83	5,03	2,24	0,54	1,10	1,91
MERRA	MERRA 1	8760	2,53	yok	2,43	0,03	7,66	1,33	1,15	0,46	0,65	0,66
	MERRA 2	8760	4,10	yok	3,90	0,04	13,13	3,97	1,99	0,49	0,57	0,37
	MERRA 3	8760	4,81	yok	4,59	0,08	15,17	5,80	2,41	0,50	0,64	0,46
	MERRA 4	8760	4,81	yok	4,54	0,05	15,79	6,03	2,45	0,51	0,64	0,54
	Uzaklık A.	8760	4,00	yok	3,80	0,15	12,75	3,63	1,90	0,48	0,61	0,46
	Alan A.	8760	3,75	yok	3,56	0,22	11,87	3,11	1,76	0,47	0,62	0,49
ERAI	ERAI 2	1460	4,70	yok	4,36	0,20	16,07	5,90	2,43	0,52	0,75	0,70
	ERAI 3	1460	2,91	yok	2,66	0,10	10,74	1,97	1,40	0,48	1,00	1,63
	ERAI 4	1460	4,24	yok	3,94	0,14	14,35	4,63	2,15	0,51	0,73	0,73
	Uzaklık A.	1460	4,57	yok	4,24	0,25	15,52	5,41	2,33	0,51	0,77	0,77
	Alan A.	1460	4,57	yok	4,23	0,25	15,50	5,41	2,33	0,51	0,78	0,78
OPER.	OPER. 2	1460	5,44	yok	5,11	0,40	18,88	7,85	2,80	0,52	0,70	0,61
	OPER. 3	1460	3,55	yok	2,99	0,20	15,58	4,77	2,18	0,62	1,28	2,44
	OPER. 4	1460	4,66	yok	4,22	0,09	15,68	6,27	2,50	0,54	0,78	0,55
	Uzaklık A.	1460	5,25	yok	4,89	0,43	18,27	7,27	2,70	0,51	0,76	0,72
	Alan A.	1460	5,25	yok	4,89	0,43	18,27	7,27	2,70	0,51	0,76	0,73

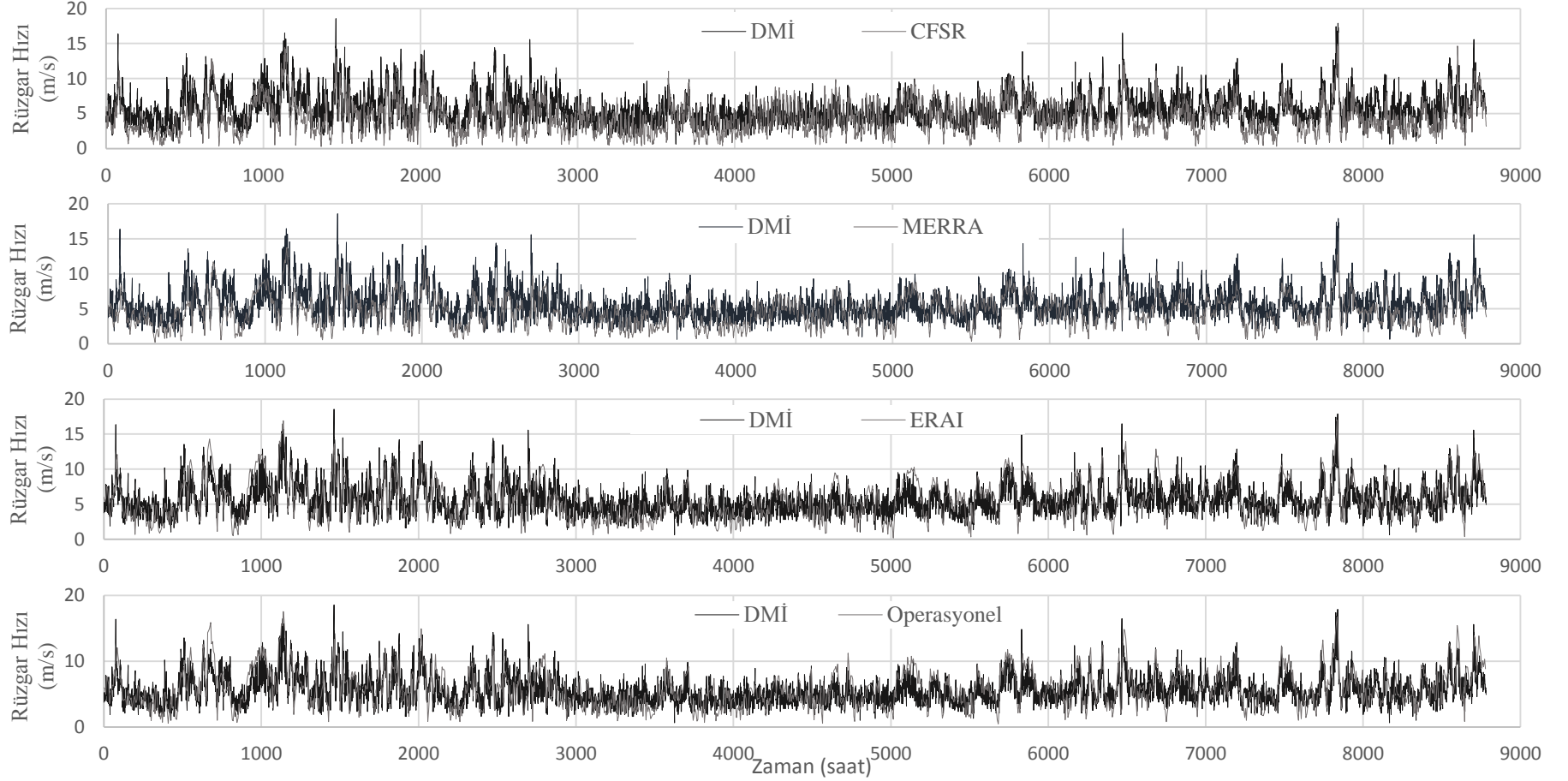
**Ek Çizelge 1.3.** Giresun istasyonunda 2004 yılı rüzgar hızı değerlerinin istatistiksel parametrelerinin kıyaslaması

		n	Ortalama (m/s)	Mod (m/s)	Medyan (m/s)	Min. (m/s)	Maks. (m/s)	Varyans (m/s)	Standart sapma (m/s)	Değişkenlik katsayısı	Çarpıklık katsayısı	Basıklık katsayısı
DMİ Giresun	DMİ_düzeltilmemiş	3645	1,65	1,00	1,50	0,50	20,50	0,87	0,93	0,57	4,72	61,72
	DMİ_düzeltilmiş	3645	4,09	3,00	3,94	1,89	22,70	1,88	1,37	0,34	2,44	15,04
CFSR	CFSR 3	8784	4,11	1,15	3,80	0,05	14,16	4,98	2,23	0,54	0,72	0,34
	Uzaklık A.	8784	3,83	yok	3,48	0,20	11,72	4,12	2,03	0,53	0,82	0,36
	Alan A.	8784	3,80	yok	3,45	0,19	11,54	4,07	2,02	0,53	0,83	0,38
ERAI	ERAI 3	1464	2,80	yok	2,65	0,12	7,68	1,77	1,33	0,48	0,55	0,10
	ERAI 4	1464	2,82	yok	2,66	0,11	7,79	1,83	1,35	0,48	0,55	0,08
	Uzaklık A.	1464	3,04	yok	2,86	0,29	8,25	2,12	1,46	0,48	0,65	0,12
	Alan A.	1464	3,07	yok	2,88	0,30	8,32	2,18	1,48	0,48	0,65	0,12
OPER.	OPER. 3	1464	1,21	yok	1,04	0,02	5,43	0,66	0,81	0,67	0,99	1,07
	OPER. 4	1464	1,23	yok	1,03	0,03	5,38	0,66	0,81	0,66	0,94	0,98
	Uzaklık A.	1464	1,35	yok	1,21	0,14	5,40	0,59	0,77	0,57	1,00	1,19
	Alan A.	1464	1,37	yok	1,23	0,15	5,40	0,59	0,77	0,56	1,00	1,18

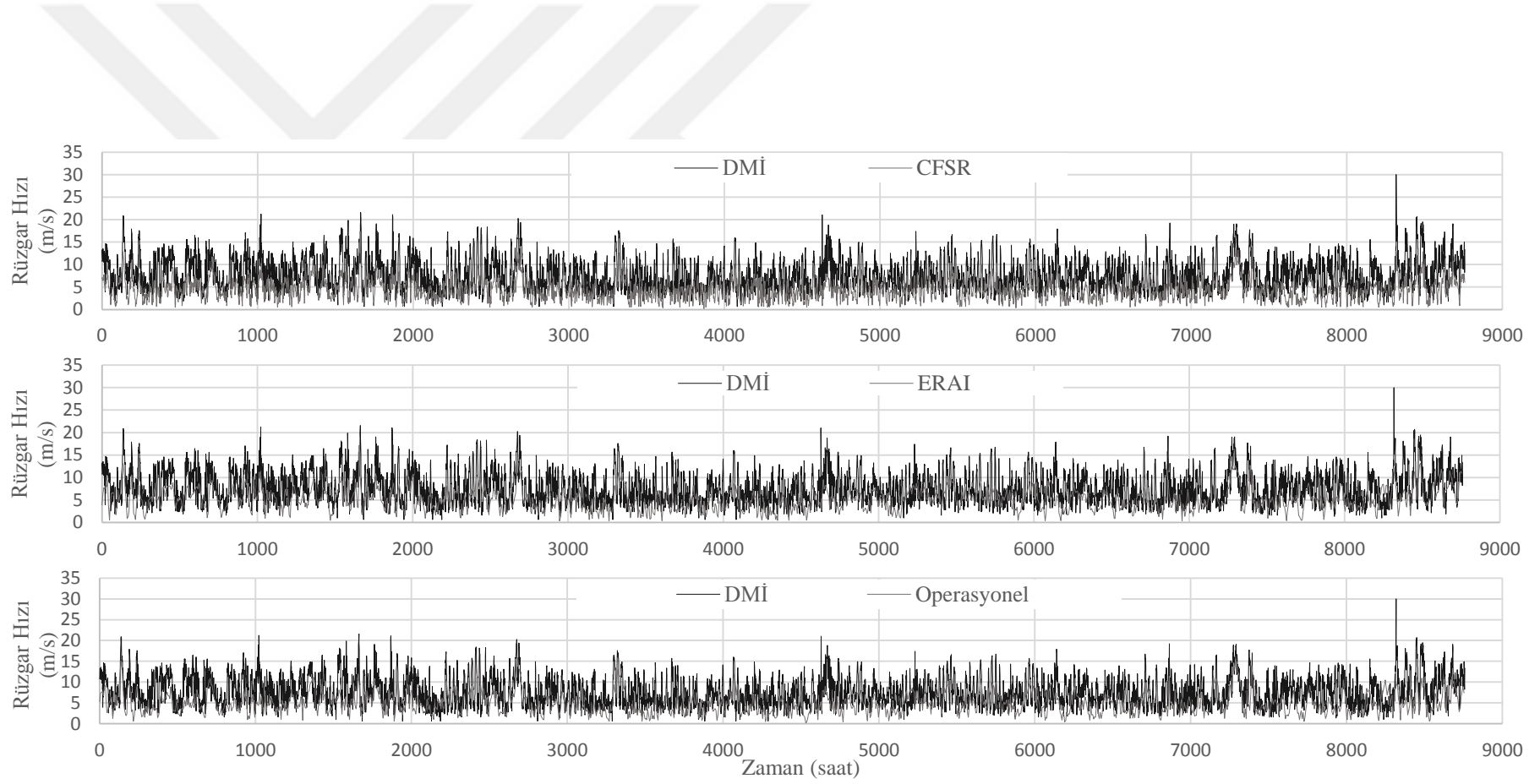
**Çizelge 1.4.** Hopa istasyonunda 2007 yılı rüzgar hızı değerlerinin istatistiksel parametrelerinin kıyaslaması

		n	Ortalama (m/s)	Mod (m/s)	Medyan (m/s)	Min. (m/s)	Maks. (m/s)	Varyans (m/s)	Standart sapma (m/s)	Değişkenlik katsayısı	Çarpıklık katsayısı	Basıklık katsayısı
DMİ Hopa	DMİ_düzeltilmemiş	5768	2,03	1,00	1,50	0,50	28,20	3,75	1,94	0,95	2,36	8,82
	DMİ_düzeltilmiş	5768	4,48	3,00	3,94	1,89	28,11	6,98	2,64	0,59	1,73	2,96
CFSR	CFSR 1	8760	4,09	1,24	3,61	0,02	14,72	6,05	2,46	0,60	0,92	0,75
	CFSR 3	8760	4,83	1,48	4,23	0,04	21,60	9,42	3,07	0,63	1,14	1,58
	CFSR 4	8760	4,53	0,76	3,96	0,02	19,77	8,03	2,83	0,63	1,19	1,90
	Uzaklık A.	8760	3,85	yok	3,43	0,30	14,03	5,12	2,26	0,59	1,02	1,05
	Alan A.	8760	3,87	yok	3,44	0,29	14,06	5,19	2,28	0,59	1,01	1,02
MERRA	MERRA 4	8760	3,05	2,50	2,93	0,00	8,93	0,07	1,44	0,47	0,47	0,08
ERAI	ERAI 3	1460	2,20	yok	2,10	0,03	6,90	1,10	1,05	0,48	0,42	-0,11
	ERAI 4	1460	2,14	yok	2,03	0,02	6,31	0,94	0,97	0,45	0,41	-0,03
	Uzaklık A.	1460	2,37	yok	2,24	0,28	7,91	1,25	1,12	0,47	0,55	0,04
	Alan A.	1460	2,34	yok	2,20	0,27	7,80	1,22	1,10	0,47	0,53	0,02
OPER.	OPER. 3	1460	2,01	yok	1,71	0,06	8,88	1,60	1,26	0,63	1,21	1,51
	OPER. 4	1460	1,76	yok	1,63	0,06	6,13	0,91	0,95	0,54	0,64	-0,02
	Uzaklık A.	1460	2,20	yok	1,92	0,19	9,12	1,59	1,26	0,57	1,21	1,64
	Alan A.	1460	2,19	yok	1,90	0,21	9,12	1,59	1,26	0,58	1,21	1,60

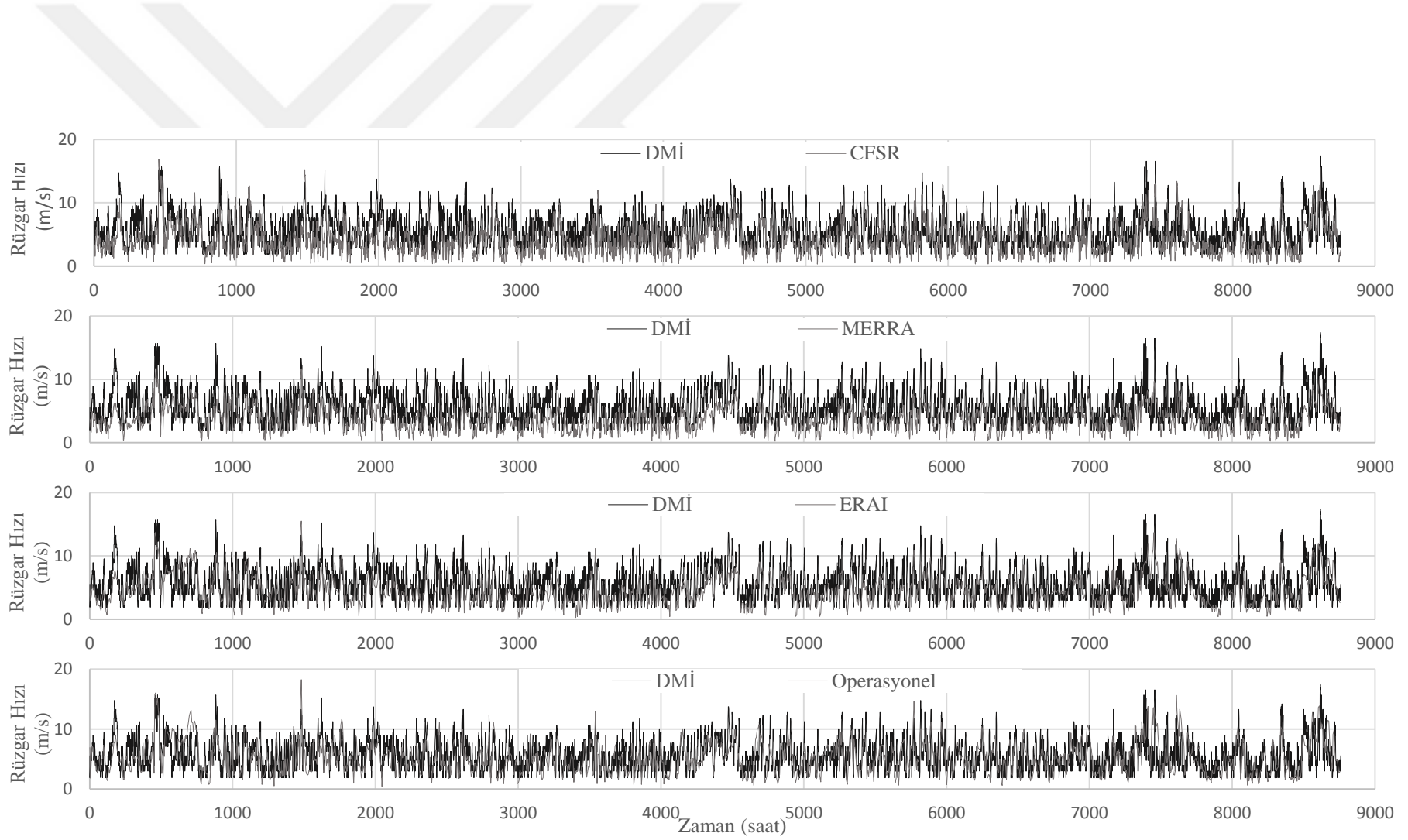
## EK 2. Farklı istasyonlarda gözlenmiş rüzgar hız değerlerine karşı farklı atmosferik rüzgar verilerinin zaman serileri kıyaslaması



**Ek Şekil 2.1.** 2008 yılı için Kumköy DMİ istasyonunda ölçülmüş DMİ ve tahmini CFSR, MERRA, ERA-Interim ve Operasyonel rüzgar veri setlerinin zaman serileri

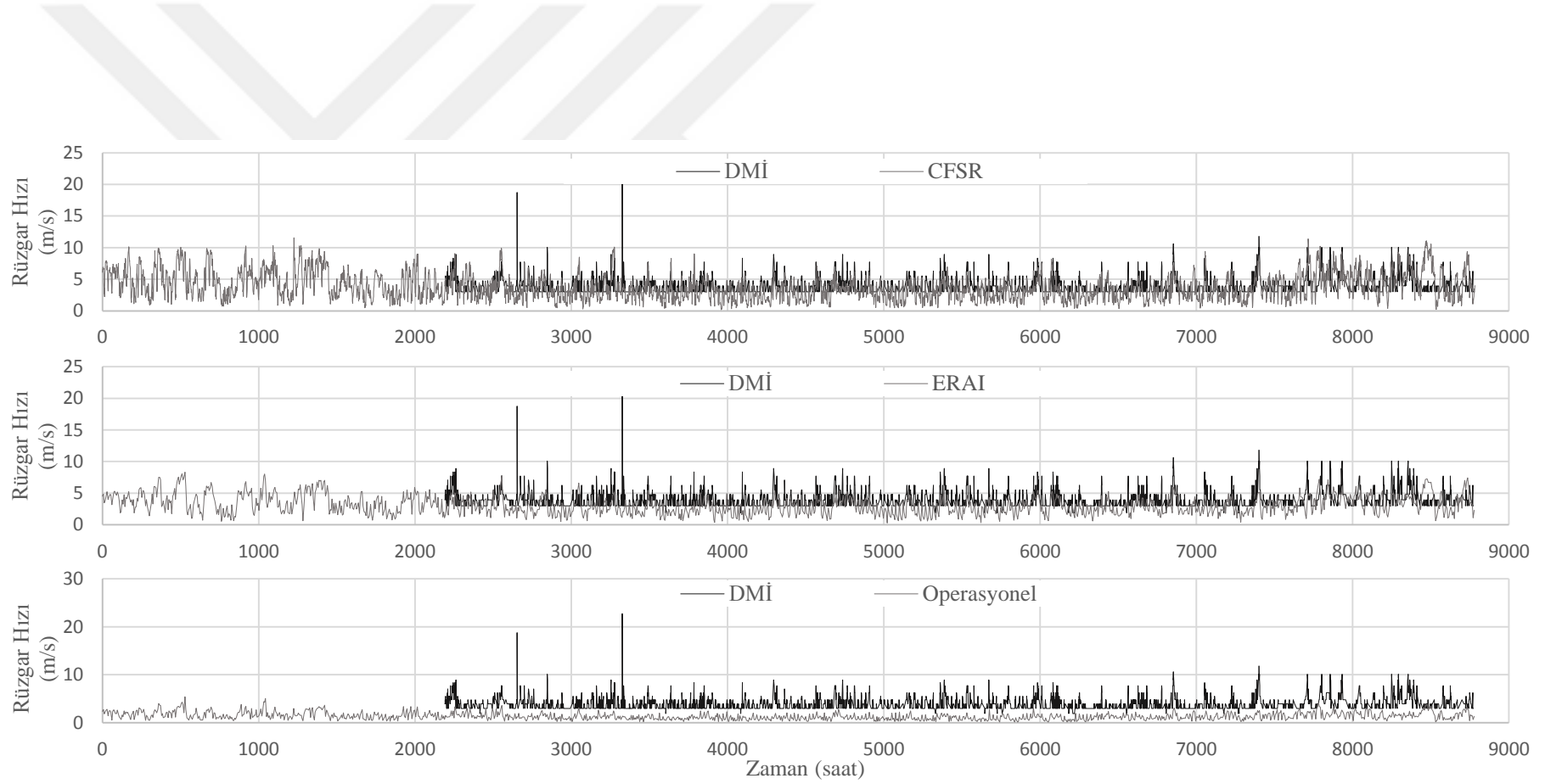


**Ek Şekil 2.2.** 2009 yılı için Amasra DMİ istasyonunda ölçülmüş DMİ ve tahmini CFSR, ERA-Interim ve Operasyonel rüzgar veri setlerinin zaman serileri

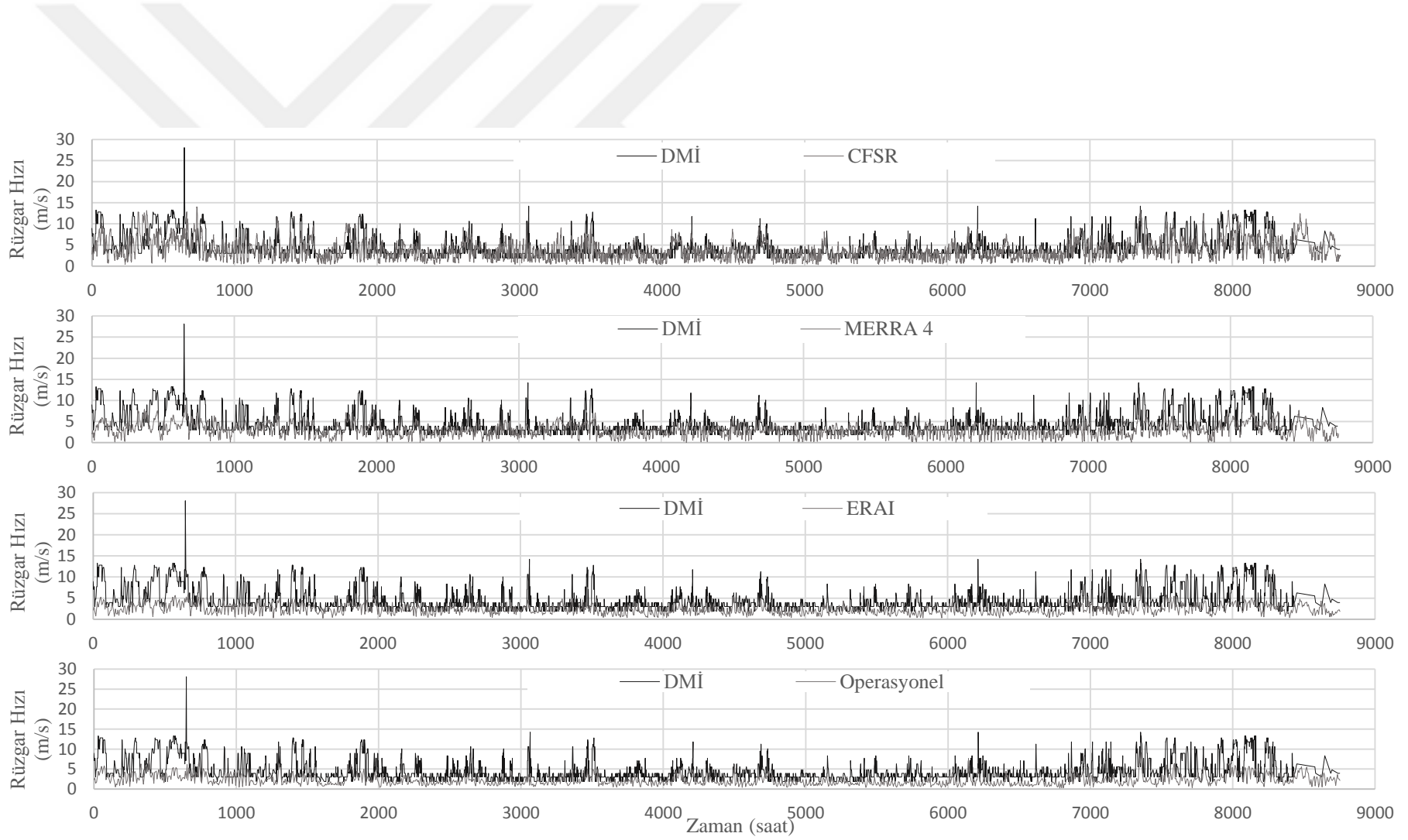


**Ek Şekil 2.3.** 2006 yılı için Sinop DMİ istasyonunda ölçülmüş DMİ ve tahmini CFSR, MERRA, ERA-Interim ve Operasyonel rüzgar veri setlerinin zaman serileri

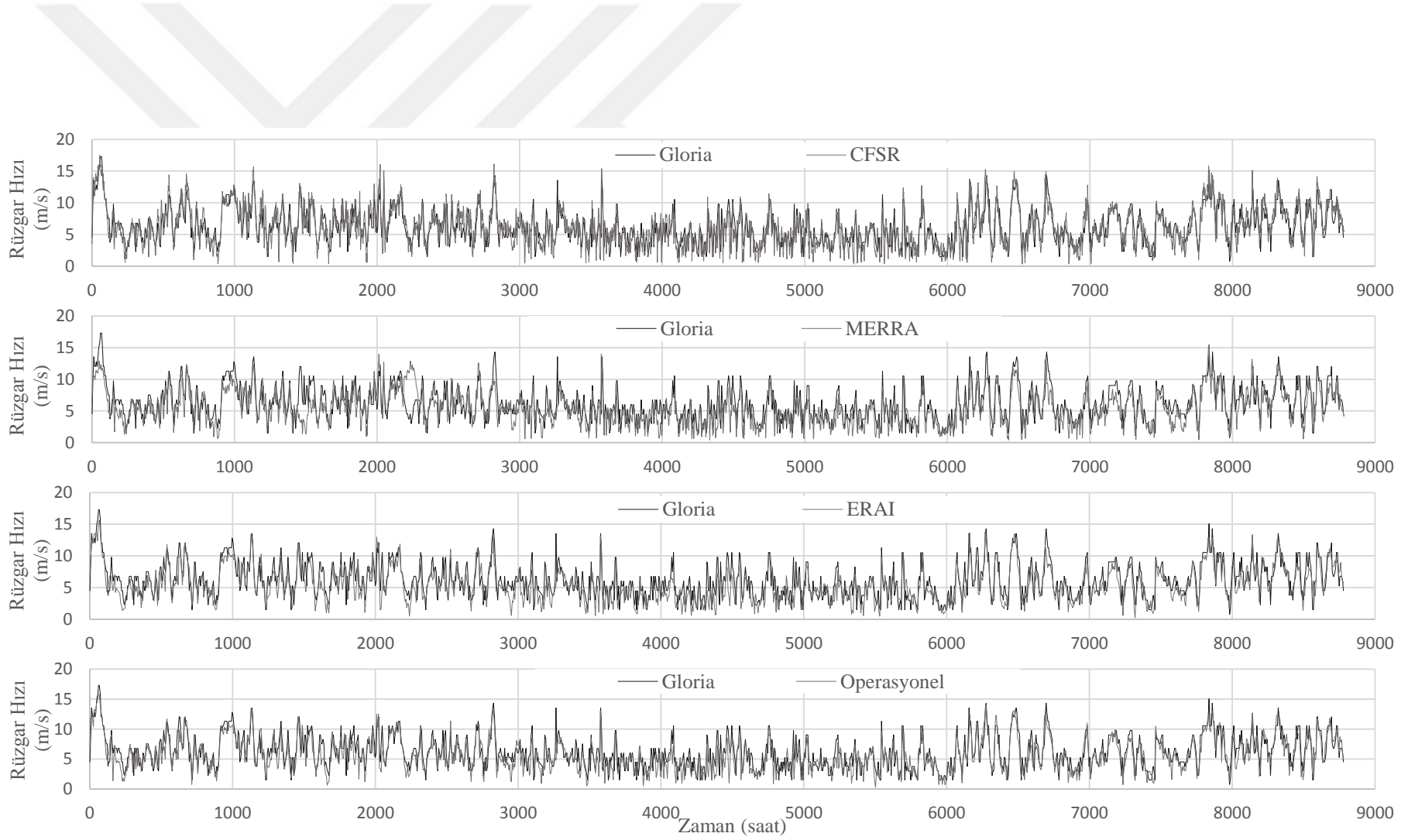




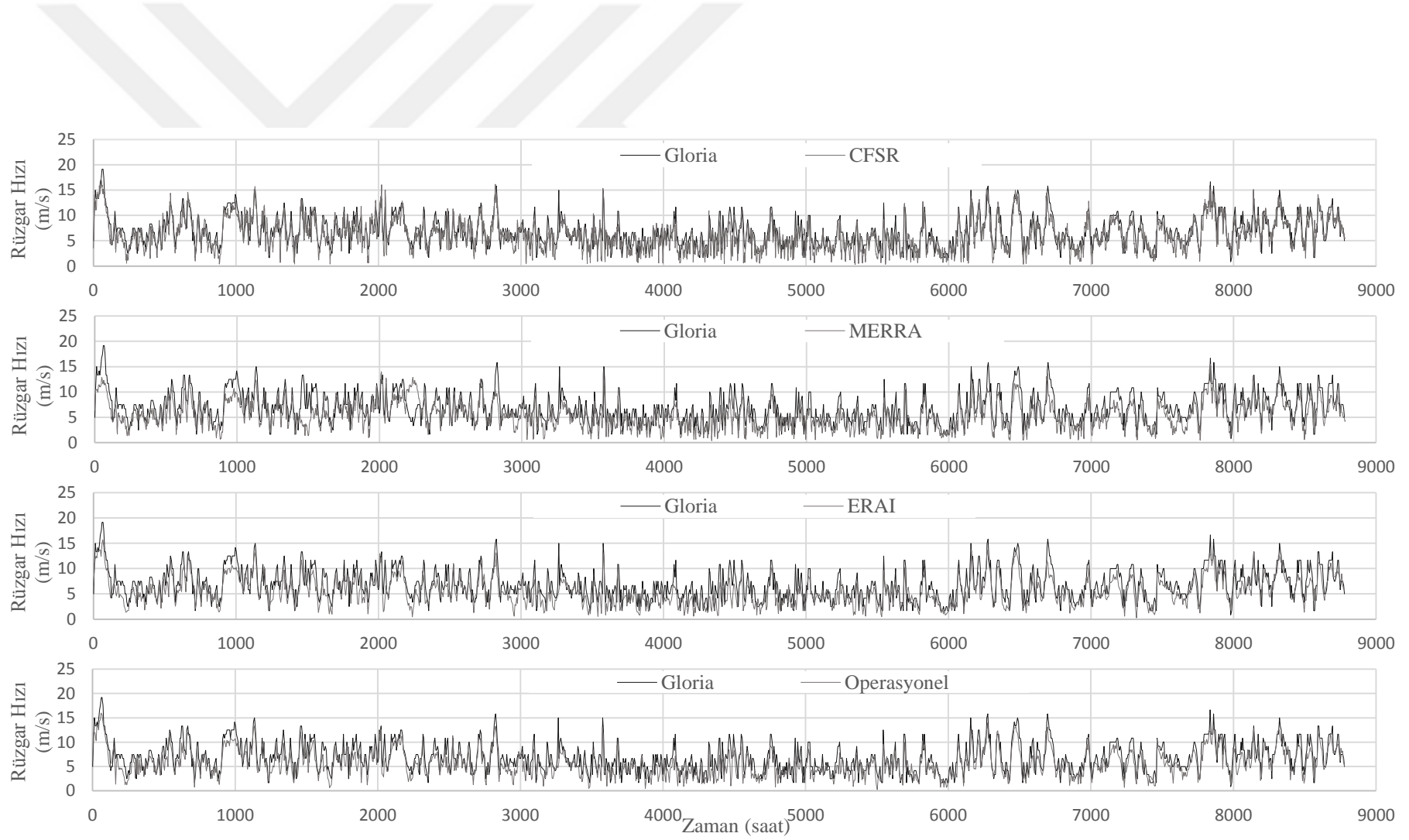
**Ek Şekil 2.4.** 2004 yılı için Giresun DMİ istasyonunda ölçülmüş DMİ ve tahmini CFSR, ERA-Interim ve Operasyonel rüzgar veri setlerinin zaman serileri



**Ek Şekil 2.5.** 2007 yılı için Hopa DMİ istasyonunda ölçülmüş DMİ ve tahmini CFSR, MERRA, ERA-Interim ve Operasyonel rüzgar veri setlerinin zaman serileri

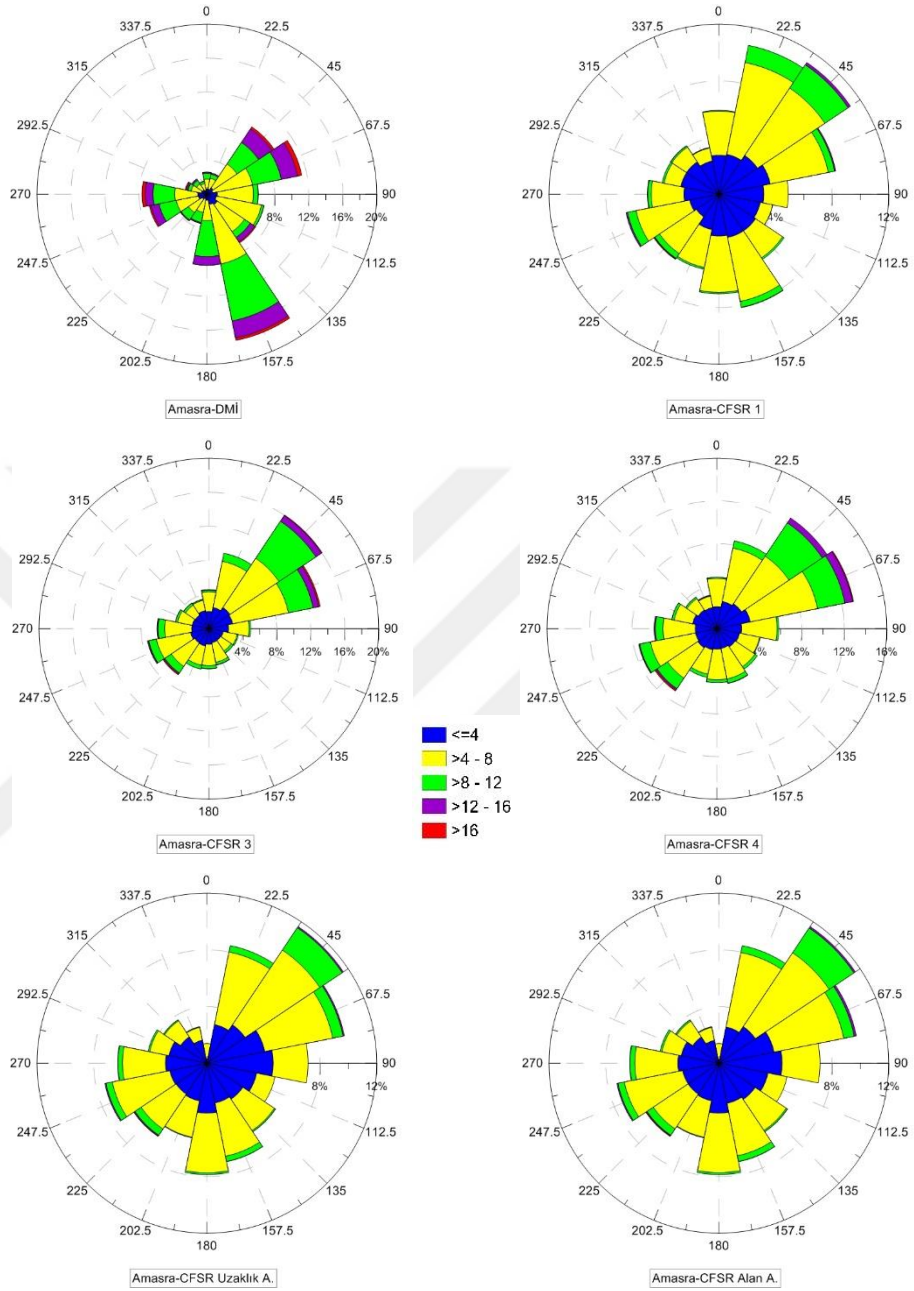


**Ek Şekil 2.6.** 2008 yılı için Gloria istasyonunda Ölçüm 1 ve tahmini CFSR, MERRA, ERA-Interim ve Operasyonel rüzgar veri setlerinin zaman serileri

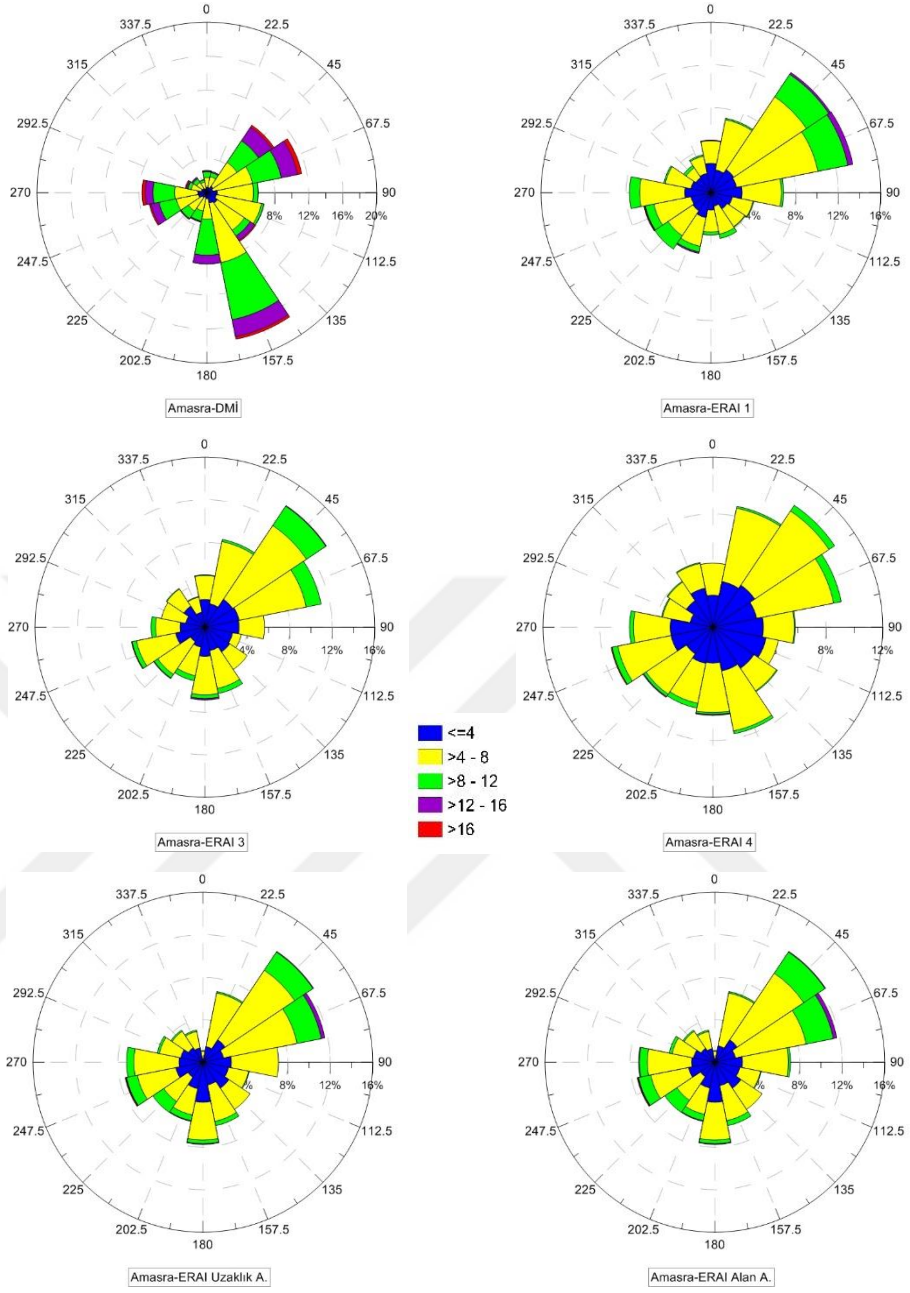


**Ek Şekil 2.7.** 2008 yılı için Gloria istasyonunda Ölçüm 2 ve tahmini CFSR, MERRA, ERA-Interim ve Operasyonel rüzgar veri setlerinin zaman serileri

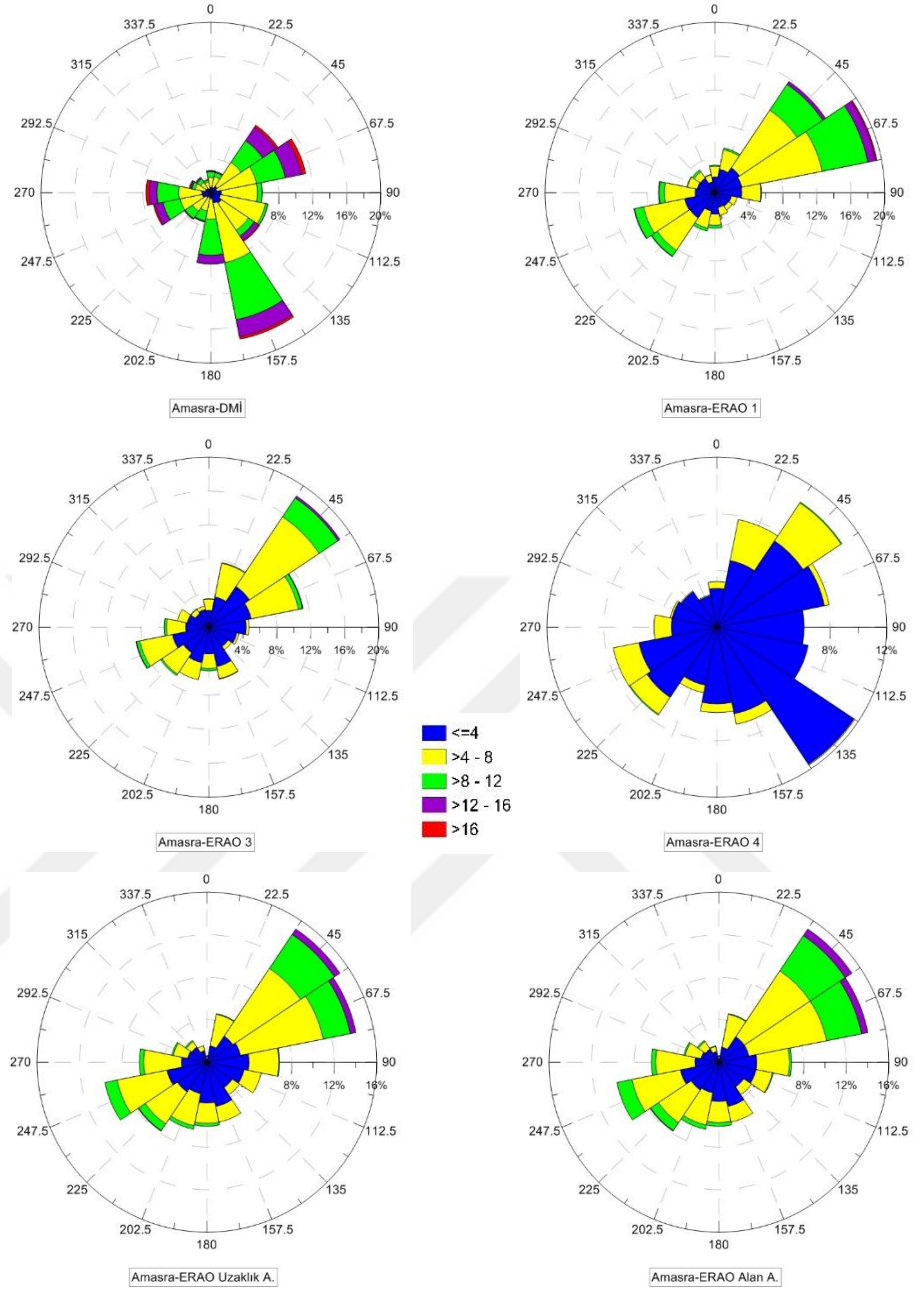
### EK 3. Farklı istasyonlarda ölçülmüş rüzgarların ve farklı atmosferik rüzgar tahminlerinin rüzgar gülleri



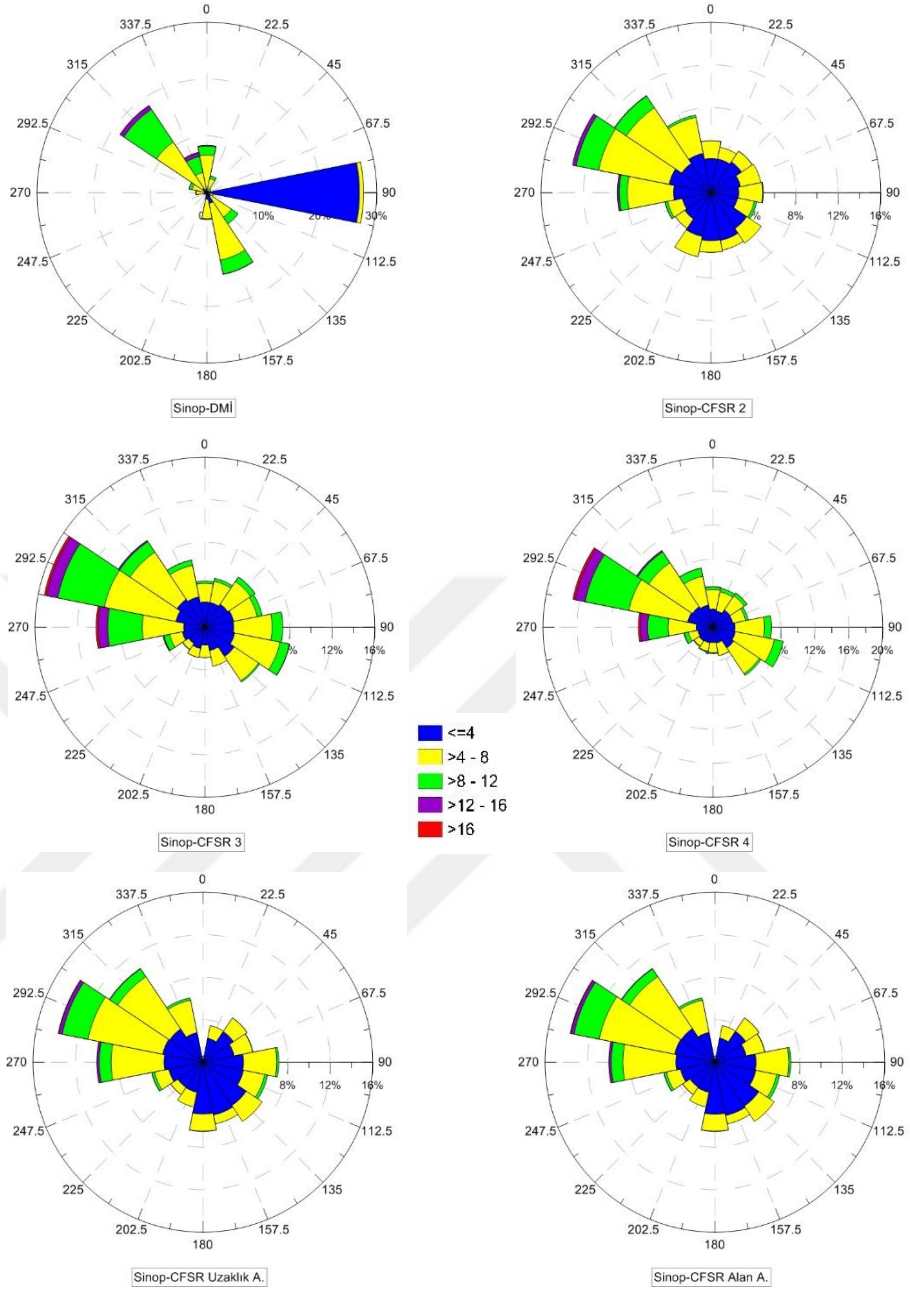
Ek Şekil 3.1. 2009 yılı için Amasra istasyonunda DMI rüzgar ölçümleri ve CFSR verilerinin rüzgar gülleri



**Ek Şekil 3.2.** 2009 yılı için Amasra istasyonunda DMI rüzgar ölçümleri ve ERA-Interim verilerinin rüzgar gülleri

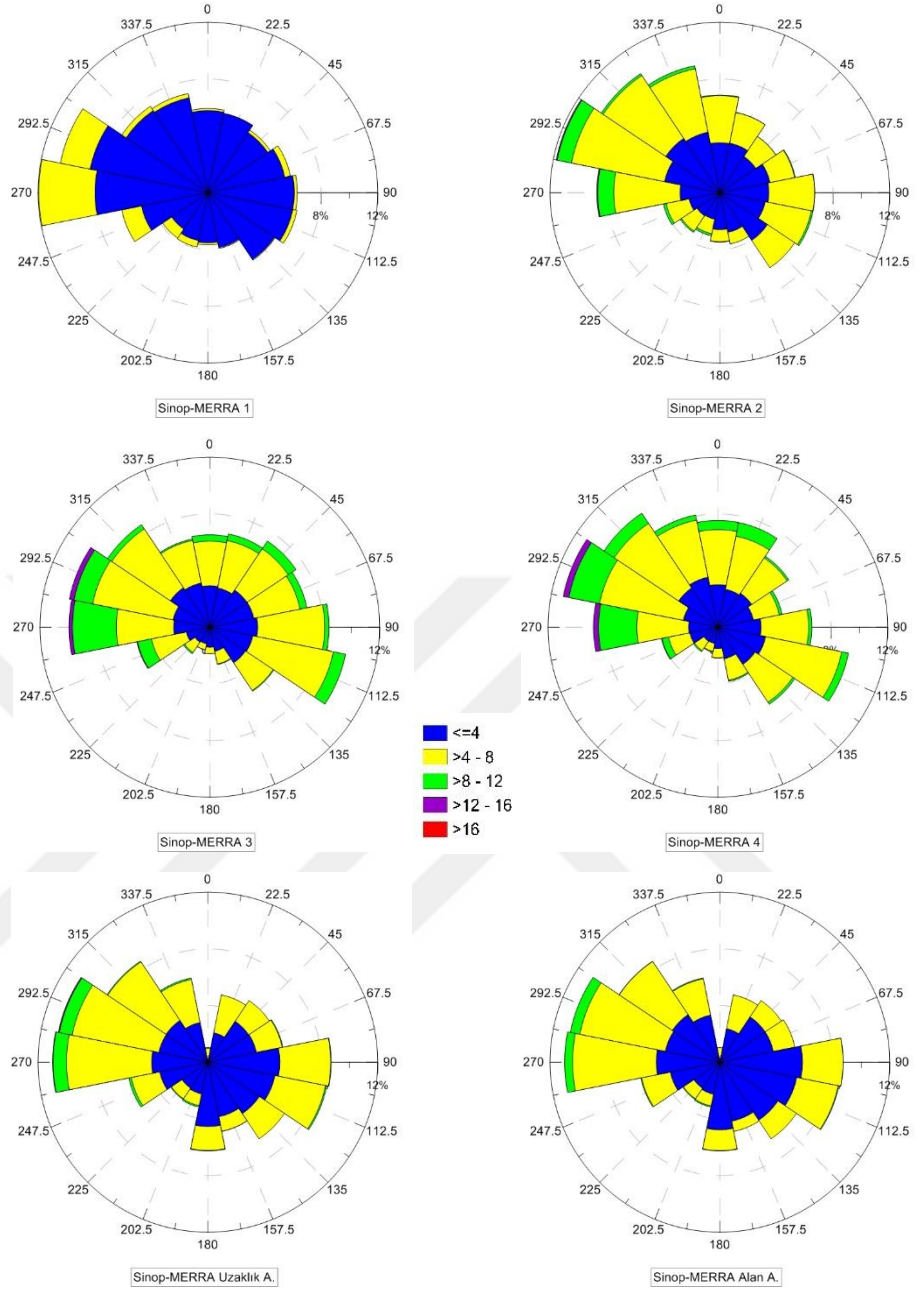


**Ek Şekil 3.3.** 2009 yılı için Amasra istasyonunda DMI rüzgar ölçümleri ve Operasyonel verilerinin rüzgar gülleri

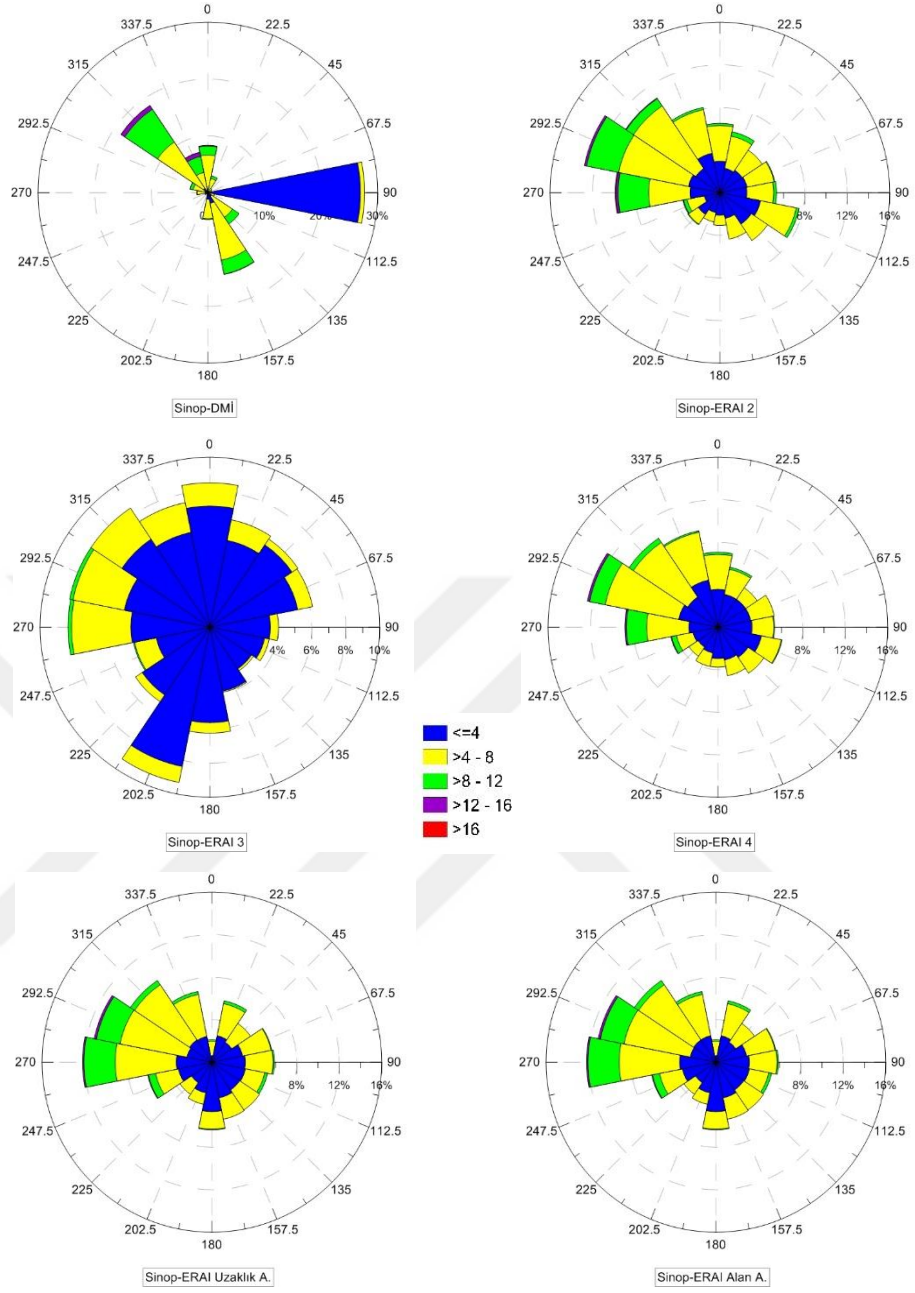


**Ek Şekil 3.4.** 2006 yılı için Sinop istasyonunda DMİ rüzgar ölçümleri ve CFSR verilerinin rüzgar gülleri

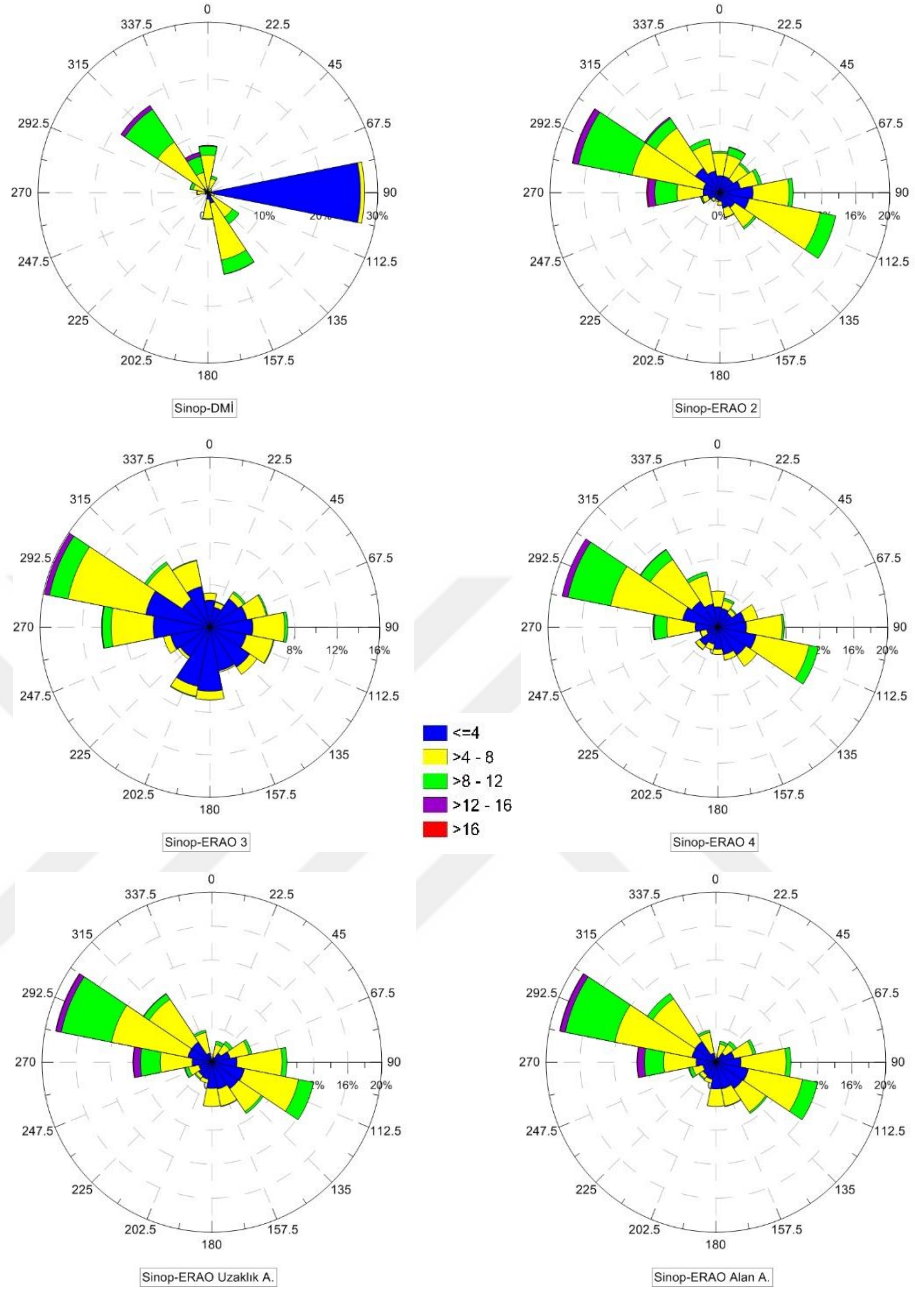




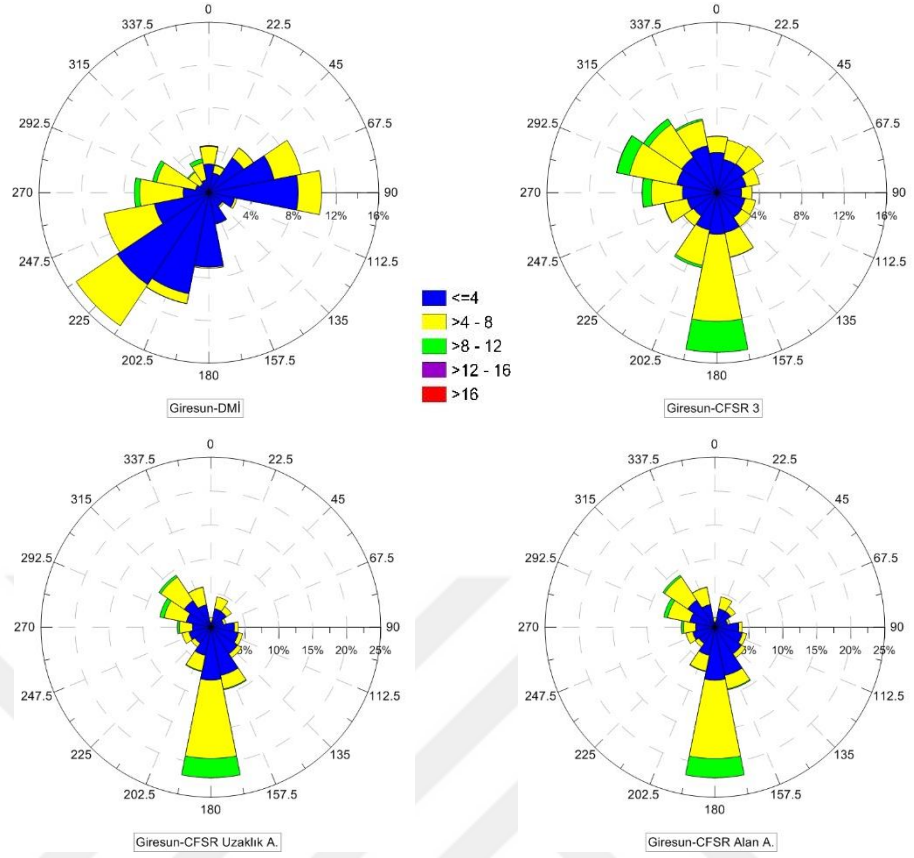
Ek Şekil 3.5. 2006 yılı için Sinop istasyonunda MERRA verilerinin rüzgar gülleri



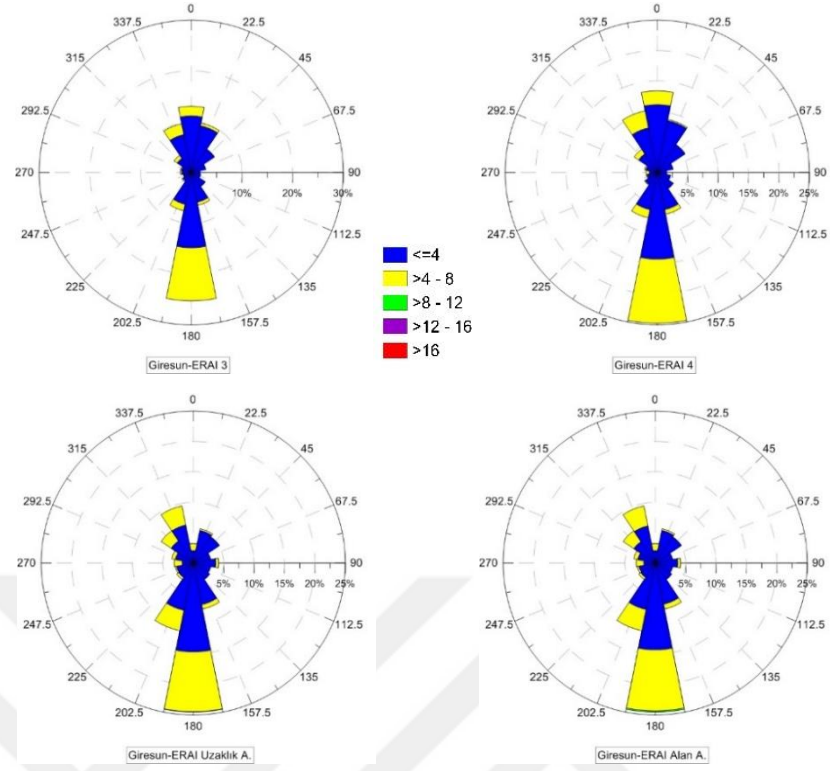
**Ek Şekil 3.6.** 2006 yılı için Sinop istasyonunda DMİ rüzgar ölçümleri ve ERA-Interim verilerinin rüzgar gülleri



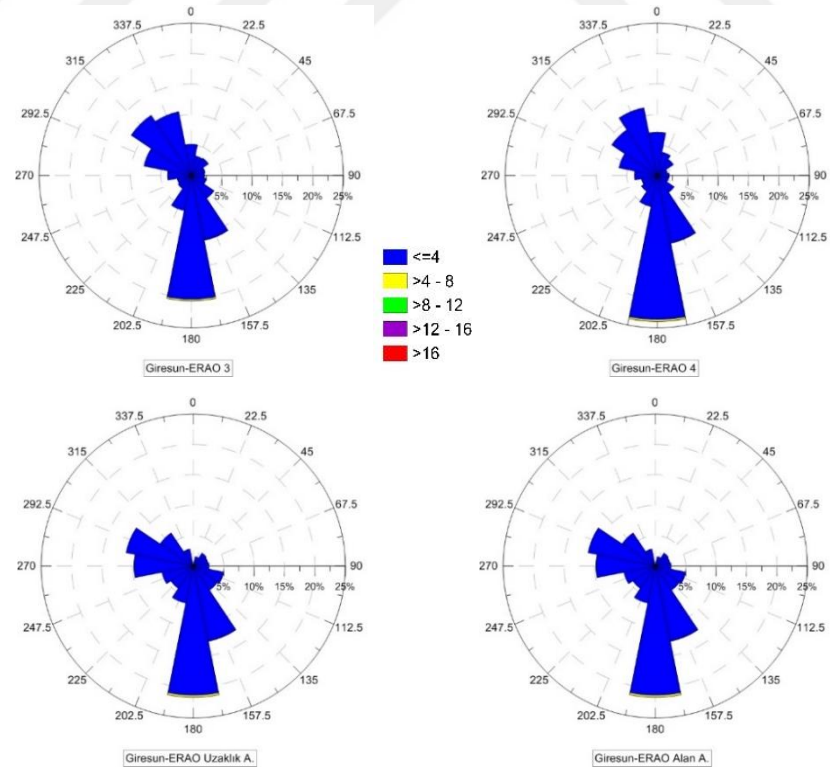
**Ek Şekil 3.7.** 2006 yılı için Sinop istasyonunda DMI rüzgar ölçümleri ve Operasyonel verilerinin rüzgar gülleri



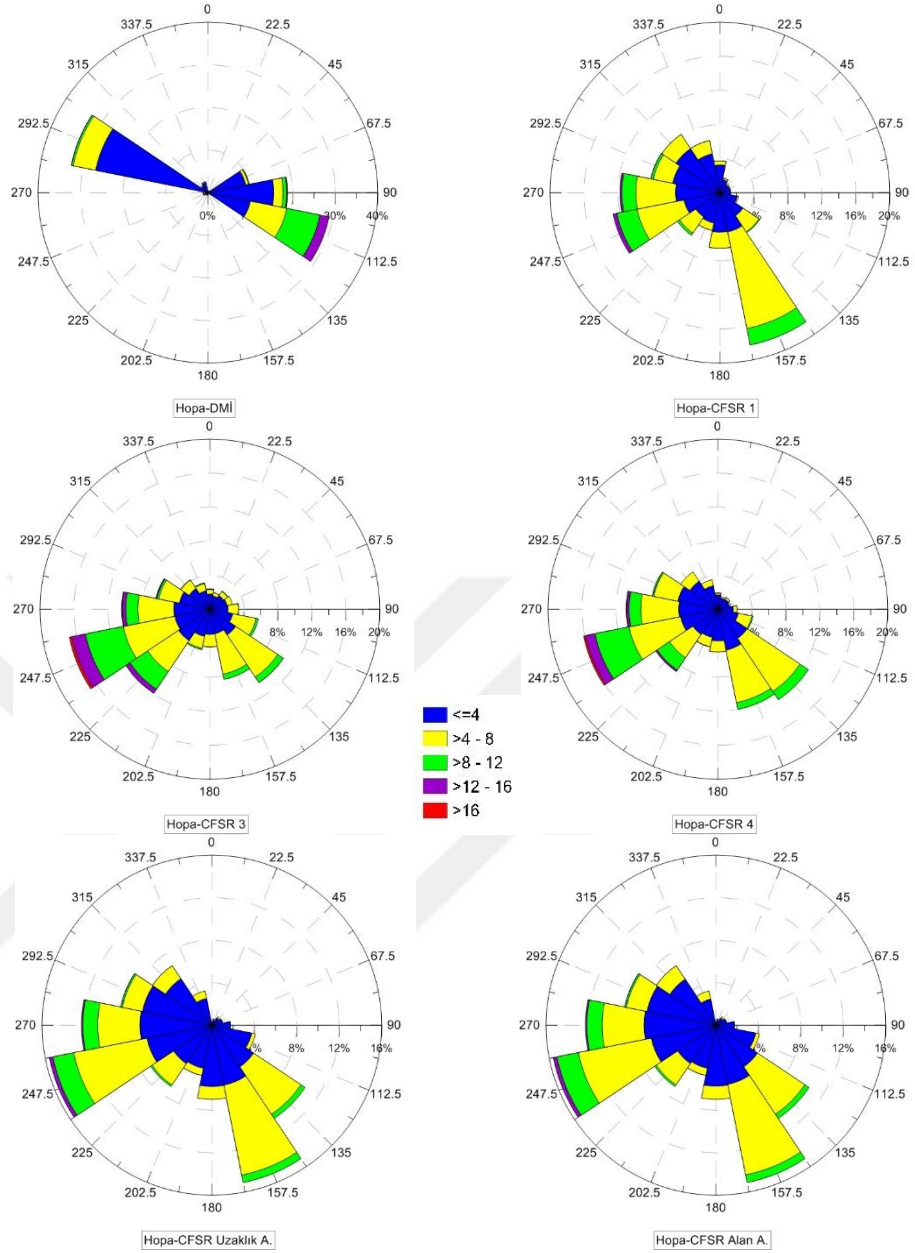
**Ek Şekil 3.8.** 2004 yılı için Giresun istasyonunda DMİ rüzgar ölçümleri ve CFSR verilerinin rüzgar gülleri



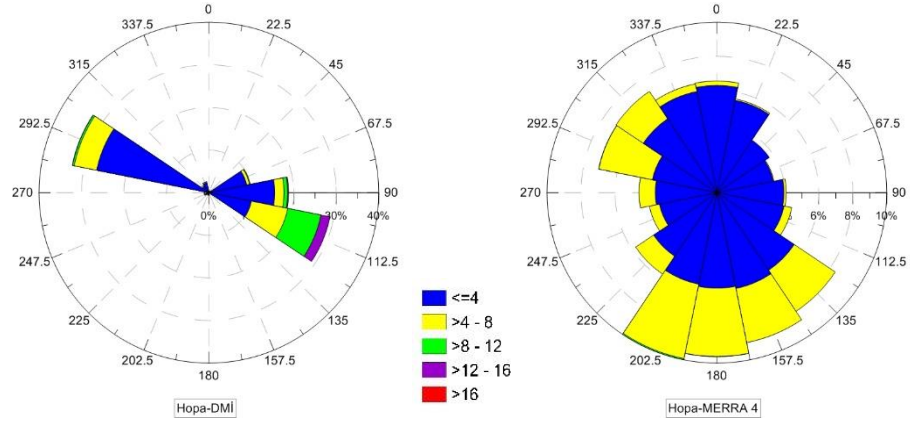
**Ek Şekil 3.9.** 2004 yılı için Giresun istasyonunda ve ERA-Interim verilerinin rüzgar gülleri



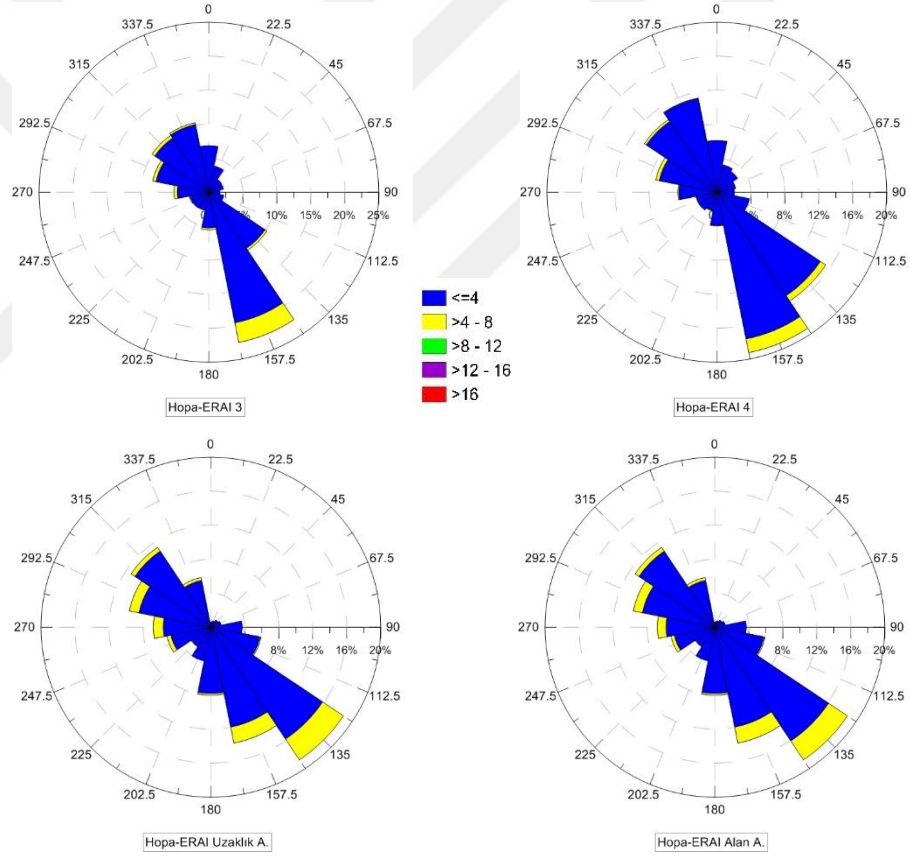
**Ek Şekil 3.10.** 2004 yılı için Giresun istasyonunda ve Operasyonel verilerinin rüzgar gülleri



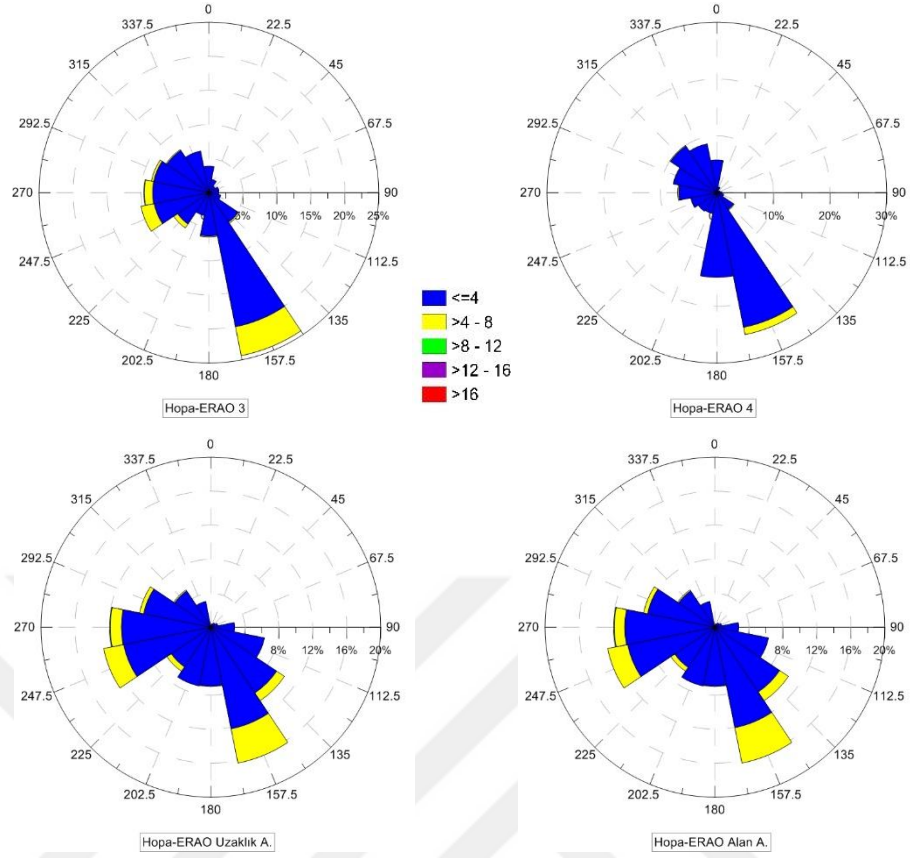
**Ek Şekil 3.11.** 2007 yılı için Hopa istasyonunda DMI rüzgar ölçümleri ve CFSR verilerinin rüzgar gülleri



**Ek Şekil 3.12.** 2007 yılı için Hopa istasyonunda DMİ rüzgar ölçümleri ve MERRA verisinin rüzgar gülleri



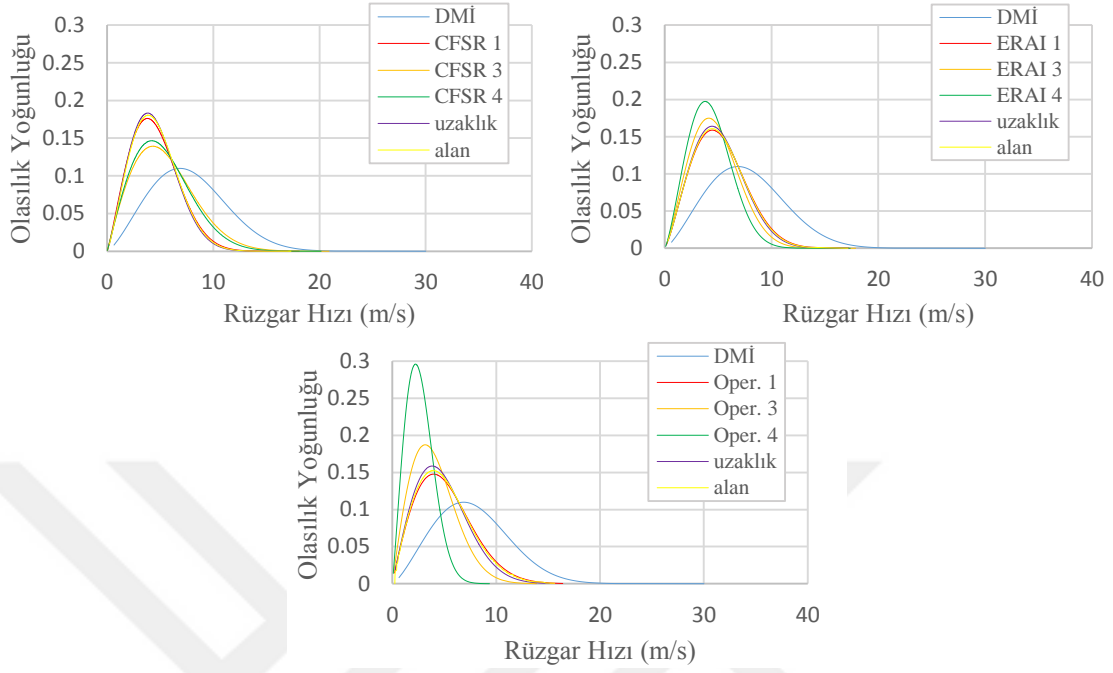
**Ek Şekil 3.13.** 2007 yılı için Hopa istasyonunda DMİ rüzgar ölçümleri ve ERA-Interim verilerinin rüzgar gülleri



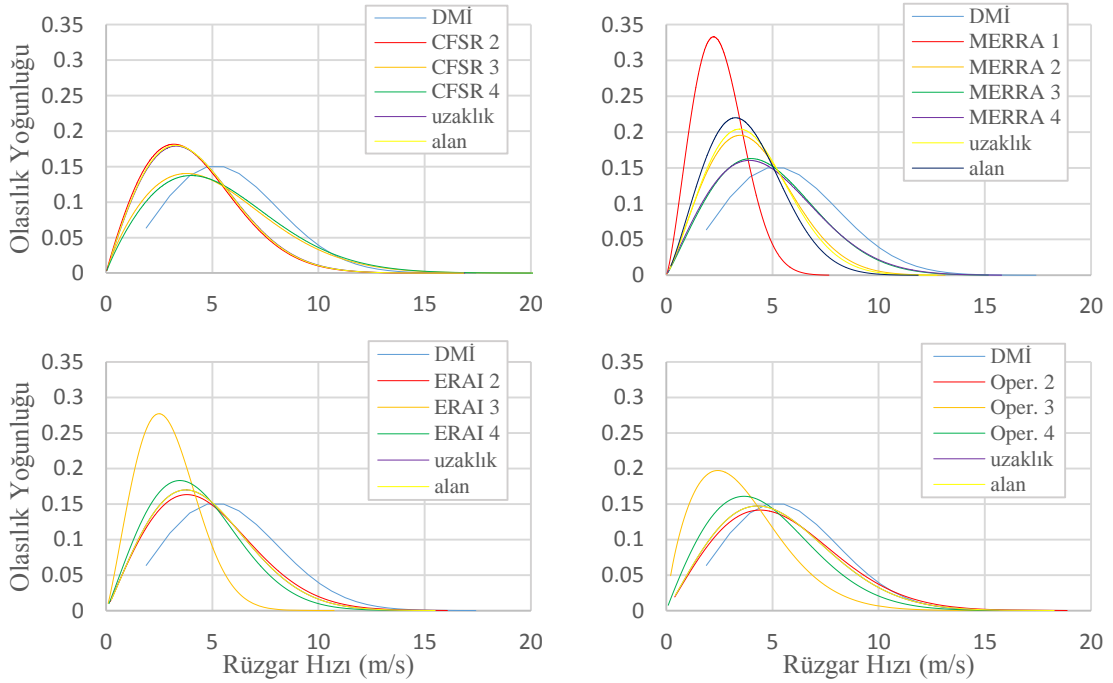
**Ek Şekil 3.14.** 2007 yılı için Hopa istasyonunda DMİ rüzgar ölçümleri ve Operasyonel verilerinin rüzgar gülleri



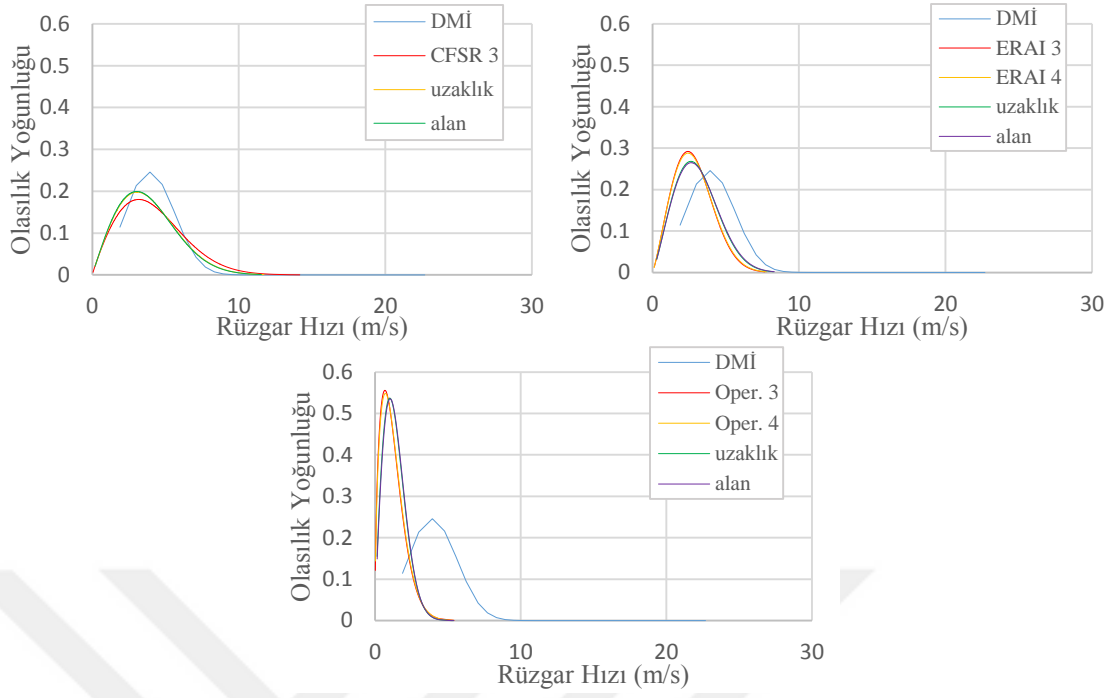
**EK 4. Farklı istasyonlarda gözlenmiş rüzgar hızı değerlerine karşı farklı atmosferik rüzgar verilerinin olasılık dağılımları**



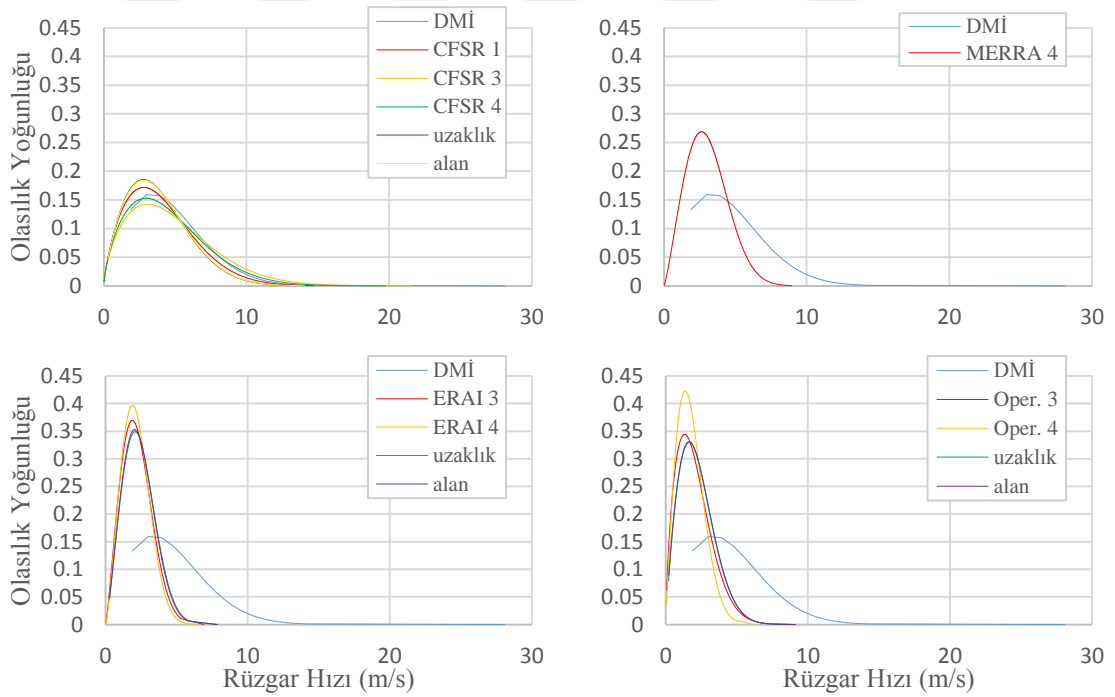
**Ek Şekil 4.1.** 2009 yılı için Amasra istasyonunda DMİ ölçümlerine karşı CFSR, ERA-Interim ve Operasyonel tahmin veri setleri için olasılık dağılımları



**Ek Şekil 4.2.** 2006 yılı için Sinop istasyonunda DMİ ölçümlerine karşı CFSR, MERRA, ERA-Interim ve Operasyonel tahmin veri setleri için olasılık dağılımları



**Ek Şekil 4.3.** 2004 yılı için Giresun istasyonunda DMİ ölçümlerine karşı CFSR, ERA-Interim ve Operasyonel tahmin veri setleri için olasılık dağılımları



**Ek Şekil 4.4.** 2007 yılı için Hopa istasyonunda DMİ ölçümlerine karşı CFSR, MERRA, ERA-Interim ve Operasyonel tahmin veri setleri için olasılık dağılımları

**EK 5. Farklı istasyonlarda hız aralıklarına göre sınıflandırılarak gerçekleştirilen eş zamanlı hata analizi**

**Ek Çizelge 5.1. Amasra istasyonunda 2009 yılı için hız aralıklarına göre hata değerleri**

Veri Kaynağı	Hız aralığı (m/s)	n	$x_{ort}$ (m/s)	$y_{ort}$ (m/s)	Bias (m/s)	RMSE (m/s)	MAE (m/s)	SI	r
<b>CFSR</b>	0-4	1206	3,17	3,28	-0,12	1,56	1,26	0,49	0,08
	4-8	3966	5,90	3,78	2,12	2,81	2,37	0,48	0,14
	8-12	2481	9,91	5,05	4,86	5,24	4,89	0,53	0,25
	12-16	915	13,58	6,87	6,71	7,03	6,72	0,52	0,25
	>16	173	17,70	9,03	8,67	9,05	8,67	0,51	0,24
<b>ERA-Interim</b>	0-4	211	3,15	4,11	-0,96	2,14	1,72	0,68	0,04
	4-8	656	5,94	4,38	1,56	2,67	2,18	0,45	0,14
	8-12	409	9,83	5,68	4,15	4,68	4,26	0,48	0,25
	12-16	150	13,47	7,31	6,16	6,57	6,16	0,49	0,21
	>16	32	17,40	9,96	7,44	7,66	7,44	0,44	0,47
<b>Operasyonel</b>	0-4	211	3,15	3,84	-0,69	2,38	1,85	0,76	-0,05
	4-8	656	5,94	4,23	1,71	2,92	2,47	0,49	0,10
	8-12	409	9,83	5,47	4,36	4,96	4,50	0,50	0,23
	12-16	150	13,47	7,21	6,26	6,76	6,28	0,50	0,30
	>16	32	17,40	10,01	7,38	7,84	7,38	0,45	0,50

**Ek Çizelge 5.2.** Sinop istasyonunda 2006 yılı için hız aralıklarına göre hata değerleri

Veri Kaynağı	Hız aralığı (m/s)	n	X <sub>ort</sub> (m/s)	y <sub>ort</sub> (m/s)	Bias (m/s)	RMSE (m/s)	MAE (m/s)	SI	r
CFSR	0-4	3005	3,15	3,07	0,08	1,65	1,30	0,52	0,21
	4-8	3975	6,03	4,18	1,85	2,68	2,30	0,45	0,22
	8-12	1426	9,35	5,98	3,37	4,02	3,59	0,43	0,28
	12-16	144	13,26	8,91	4,35	5,29	4,63	0,40	0,22
	>16	7	16,74	12,49	4,25	4,58	4,25	0,27	0,11
MERRA	0-4	3005	3,15	2,85	0,30	1,55	1,25	0,49	0,20
	4-8	3975	6,03	3,84	2,19	2,74	2,39	0,45	0,22
	8-12	1426	9,35	5,11	4,24	4,54	4,25	0,49	0,26
	12-16	144	13,26	6,82	6,44	6,69	6,44	0,50	0,36
	>16	7	16,74	8,42	8,32	8,36	8,32	0,50	0,09
ERA-Interim	0-4	527	3,22	3,48	-0,26	2,05	1,56	0,64	0,20
	4-8	642	6,07	4,64	1,43	2,50	2,11	0,41	0,21
	8-12	250	9,36	6,34	3,02	3,62	3,27	0,39	0,26
	12-16	25	13,18	8,52	4,66	5,23	4,66	0,40	0,38
	>16	1	16,56	11,94					
Operasyonel	0-4	527	3,22	3,88	-0,67	2,27	1,68	0,70	0,27
	4-8	642	6,07	5,37	0,70	2,42	1,97	0,40	0,21
	8-12	250	9,36	7,45	1,91	3,07	2,54	0,33	0,20
	12-16	25	13,18	9,73	3,46	4,44	3,91	0,34	0,46
	>16	1	16,56	11,97					

**Ek Çizelge 5.3.** Giresun istasyonunda 2004 yılı için hız aralıklarına göre hata değerleri

Veri Kaynağı	Hız aralığı (m/s)	n	X <sub>ort</sub> (m/s)	y <sub>ort</sub> (m/s)	Bias (m/s)	RMSE (m/s)	MAE (m/s)	SI	r
CFSR	0-4	2496	3,37	3,27	0,09	1,57	1,20	0,47	0,08
	4-8	1091	5,45	4,32	1,13	2,04	1,69	0,37	0,29
	8-12	56	9,09	6,08	3,01	3,56	3,10	0,39	0,17
	12-16	0							
	>16	2	20,72	1,81	18,91	18,96	18,91	0,91	1,00
ERA-Interim	0-4	482	3,39	2,69	0,70	1,45	1,20	0,43	0,12
	4-8	240	5,45	3,47	1,99	2,44	2,07	0,45	0,18
	8-12	11	8,87	4,62	4,25	4,33	4,25	0,49	0,08
	12-16	0							
	>16	0							
Operasyonel	0-4	482	3,39	1,16	2,23	2,36	2,24	0,70	0,10
	4-8	240	5,45	1,46	3,99	4,11	3,99	0,75	0,20
	8-12	11	8,87	2,10	6,78	6,86	6,78	0,77	-0,33
	12-16	0							
	>16	0							

**Ek Çizelge 5.4.** Hopa istasyonunda 2007 yılı için hız aralıklarına göre hata değerleri

<b>Veri Kaynağı</b>	<b>Hız aralığı (m/s)</b>	<b>n</b>	<b>X<sub>ort</sub> (m/s)</b>	<b>y<sub>ort</sub> (m/s)</b>	<b>Bias (m/s)</b>	<b>RMSE (m/s)</b>	<b>MAE (m/s)</b>	<b>SI</b>	<b>r</b>
<b>CFSR</b>	0-4	4000	3,08	3,33	-0,25	1,88	1,44	0,61	0,11
	4-8	1073	5,76	4,52	1,24	2,81	2,34	0,49	0,13
	8-12	551	10,00	5,28	4,72	5,23	4,78	0,52	0,21
	12-16	143	12,65	6,24	6,42	6,73	6,42	0,53	0,23
	>16	1	28,11	6,46					
<b>MERRA</b>	0-4	4000	3,08	2,74	0,34	1,46	1,17	0,47	0,03
	4-8	1073	5,76	3,32	2,44	2,94	2,58	0,51	0,19
	8-12	551	10,00	4,12	5,89	6,08	5,89	0,61	0,26
	12-16	143	12,65	5,04	7,61	7,70	7,61	0,61	0,24
	>16	1	28,11	6,13					
<b>ERA-Interim</b>	0-4	875	3,06	2,10	0,97	1,49	1,24	0,49	0,08
	4-8	235	5,80	2,60	3,19	3,46	3,20	0,60	0,23
	8-12	133	9,99	3,49	6,51	6,62	6,51	0,66	0,35
	12-16	39	12,59	3,89	8,70	8,75	8,70	0,69	0,41
	>16	1	28,11	4,04					
<b>Operasyonel</b>	0-4	875	3,06	1,84	1,23	1,66	1,44	0,54	0,10
	4-8	235	5,80	2,53	3,27	3,58	3,32	0,62	0,31
	8-12	133	9,99	3,57	6,42	6,56	6,42	0,66	0,41
	12-16	39	12,59	4,18	8,41	8,47	8,41	0,67	0,35
	>16	1	28,11	2,70					

## EK 6. Farklı istasyonlarda veri kaynaklarının yıllara göre hata değerleri

**Ek Çizelge 6.1.** Kumköy istasyonunda CFSR rüzgar alanlarının yıllara göre hata değerleri

Hata Par.	SI			r			Bias (m/s)			RMSE (m/s)		
	Yıl	CFSR 3	Uzaklık A.	Alansal A.	CFSR 3	Uzaklık A.	Alansal A.	CFSR 3	Uzaklık A.	Alansal A.	CFSR 3	Uzaklık A.
2001	0,46	0,47	0,48	0,63	0,61	0,60	2,30	2,43	2,52	3,48	3,60	3,67
2002	0,51	0,53	0,54	0,54	0,52	0,51	2,32	2,47	2,56	3,55	3,68	3,74
2003	0,46	0,47	0,48	0,59	0,56	0,54	1,46	1,57	1,66	3,21	3,33	3,40
2004	0,40	0,41	0,42	0,58	0,57	0,56	1,13	1,19	1,28	2,23	2,26	2,30
2005	0,38	0,39	0,39	0,63	0,62	0,62	0,97	1,08	1,18	2,20	2,21	2,25
2006	0,41	0,42	0,42	0,62	0,61	0,60	0,98	1,07	1,16	2,31	2,33	2,36
2007	0,42	0,42	0,43	0,56	0,55	0,54	0,89	0,98	1,07	2,26	2,27	2,30
2008	0,41	0,42	0,42	0,59	0,58	0,57	1,09	1,16	1,25	2,35	2,38	2,42
2009	0,43	0,43	0,44	0,54	0,53	0,53	1,14	1,21	1,30	2,40	2,41	2,45

**Ek Çizelge 6.2.** Kumköy istasyonunda MERRA rüzgar alanlarının yıllara göre hata değerleri

Hata Par.	SI			r			Bias (m/s)			RMSE (m/s)		
	Yıl	MERRA 3	Uzaklık A.	Alansal A.	MERRA 3	Uzaklık A.	Alansal A.	MERRA 3	Uzaklık A.	Alansal A.	MERRA 3	Uzaklık A.
2001	0,54	0,47	0,47	0,67	0,65	0,65	3,29	2,58	2,58	4,10	3,59	3,60
2002	0,60	0,55	0,55	0,53	0,52	0,52	3,21	2,67	2,67	4,17	3,81	3,81
2003	0,53	0,48	0,48	0,63	0,59	0,59	2,62	1,89	1,89	3,76	3,40	3,40
2004	0,43	0,38	0,38	0,62	0,60	0,60	1,74	1,16	1,16	2,40	2,12	2,12
2005	0,42	0,37	0,37	0,64	0,64	0,64	1,63	1,10	1,10	2,38	2,14	2,14
2006	0,42	0,39	0,39	0,64	0,62	0,62	1,53	0,96	0,96	2,34	2,15	2,15
2007	0,43	0,39	0,39	0,57	0,57	0,57	1,46	0,90	0,91	2,33	2,11	2,11
2008	0,43	0,39	0,39	0,61	0,59	0,59	1,59	1,03	1,03	2,42	2,20	2,20
2009	0,44	0,40	0,40	0,58	0,57	0,57	1,66	1,12	1,12	2,44	2,23	2,23
2010	0,51	0,47	0,47	0,61	0,60	0,60	1,91	1,37	1,37	2,94	2,71	2,71
2011	0,41	0,38	0,38	0,59	0,57	0,57	1,32	0,74	0,74	2,20	2,05	2,05
2012	0,42	0,39	0,39	0,55	0,54	0,54	1,31	0,78	0,78	2,28	2,12	2,12
2013	0,43	0,41	0,41	0,51	0,49	0,49	1,23	0,68	0,68	2,20	2,08	2,08
2014	0,45	0,41	0,41	0,60	0,59	0,59	1,70	1,21	1,21	2,45	2,24	2,24

**Ek Çizelge 6.3.** Kumköy istasyonunda ERA-Interim rüzgar alanlarının yıllara göre hata değerleri

Hata Par.	SI						r					
Yıl	ERAI 1	ERAI 2	ERAI 3	ERAI 4	Uzaklık A.	Alansal A.	ERAI 1	ERAI 2	ERAI 3	ERAI 4	Uzaklık A.	Alansal A.
2001	0,41	0,42	0,42	0,42	0,41	0,41	0,63	0,62	0,63	0,62	0,63	0,63
2002	0,46	0,47	0,48	0,48	0,46	0,46	0,60	0,59	0,59	0,59	0,60	0,60
2003	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,70	0,70	0,70	0,69	0,70	0,70
2004	0,39	0,39	0,38	0,39	0,39	0,39	0,62	0,61	0,61	0,60	0,62	0,62
2005	0,38	0,37	0,36	0,36	0,38	0,38	0,66	0,65	0,66	0,66	0,66	0,66
2006	0,41	0,41	0,40	0,40	0,41	0,41	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
2007	0,40	0,40	0,39	0,39	0,40	0,40	0,63	0,62	0,62	0,62	0,63	0,63
2008	0,39	0,39	0,39	0,38	0,39	0,39	0,62	0,61	0,61	0,61	0,62	0,62
2009	0,40	0,40	0,40	0,39	0,40	0,40	0,59	0,58	0,59	0,58	0,59	0,59
2010	0,46	0,46	0,45	0,45	0,46	0,46	0,60	0,59	0,60	0,60	0,60	0,60
2011	0,42	0,42	0,41	0,41	0,42	0,42	0,62	0,62	0,61	0,61	0,62	0,62
2012	0,47	0,48	0,46	0,46	0,47	0,47	0,49	0,47	0,49	0,47	0,49	0,49
2013	0,46	0,46	0,44	0,45	0,46	0,46	0,51	0,50	0,51	0,50	0,51	0,51
2014	0,40	0,40	0,39	0,39	0,40	0,40	0,64	0,63	0,63	0,63	0,64	0,64
Hata Par.	Bias (m/s)						RMSE (m/s)					
Yıl	ERAI 1	ERAI 2	ERAI 3	ERAI 4	Uzaklık A.	Alansal A.	ERAI 1	ERAI 2	ERAI 3	ERAI 4	Uzaklık A.	Alansal A.
2001	1,28	1,35	1,47	1,54	1,29	1,29	3,11	3,17	3,16	3,21	3,11	3,12
2002	1,72	1,78	1,93	1,99	1,72	1,73	3,24	3,29	3,36	3,39	3,25	3,25
2003	0,87	0,94	1,03	1,11	0,88	0,89	2,79	2,81	2,83	2,85	2,79	2,79
2004	0,12	0,16	0,30	0,35	0,12	0,12	2,15	2,18	2,14	2,15	2,15	2,15
2005	0,01	0,09	0,22	0,30	0,01	0,02	2,15	2,13	2,08	2,07	2,14	2,14
2006	-0,05	-0,01	0,12	0,17	-0,05	-0,05	2,32	2,30	2,27	2,25	2,31	2,31
2007	-0,06	-0,04	0,12	0,15	-0,05	-0,06	2,18	2,19	2,13	2,13	2,18	2,18
2008	-0,01	0,02	0,16	0,20	-0,01	-0,01	2,21	2,22	2,19	2,18	2,21	2,21
2009	0,05	0,08	0,24	0,27	0,06	0,06	2,24	2,24	2,20	2,19	2,24	2,24
2010	0,30	0,34	0,49	0,54	0,30	0,30	2,64	2,65	2,61	2,62	2,64	2,64
2011	-0,17	-0,14	-0,03	0,01	-0,16	-0,16	2,26	2,24	2,22	2,18	2,26	2,26
2012	-0,32	-0,27	-0,12	-0,07	-0,31	-0,31	2,55	2,56	2,48	2,48	2,55	2,55
2013	-0,34	-0,29	-0,16	-0,11	-0,33	-0,33	2,33	2,34	2,25	2,26	2,32	2,33
2014	0,20	0,26	0,41	0,47	0,21	0,21	2,17	2,18	2,13	2,14	2,17	2,17

**Ek Çizelge 6.4.** Kumköy istasyonunda Operasyonel rüzgar alanlarının yıllara göre hata değerleri

Hata Par.	SI						r					
Yıl	OPER. 1	OPER. 2	OPER. 3	OPER. 4	Uzaklık A.	Alansal A.	OPER. 1	OPER. 2	OPER. 3	OPER. 4	Uzaklık A.	Alansal A.
2001	0,40	0,41	0,46	0,45	0,40	0,40	0,67	0,64	0,63	0,62	0,67	0,67
2002	0,47	0,48	0,55	0,54	0,47	0,47	0,62	0,59	0,56	0,56	0,61	0,61
2003	0,38	0,39	0,45	0,43	0,38	0,38	0,74	0,72	0,69	0,69	0,74	0,74
2004	0,36	0,37	0,39	0,39	0,36	0,36	0,64	0,63	0,61	0,60	0,64	0,64
2005	0,35	0,36	0,36	0,35	0,35	0,35	0,68	0,67	0,68	0,67	0,68	0,68
2006	0,40	0,40	0,36	0,38	0,40	0,40	0,68	0,67	0,67	0,66	0,68	0,68
2007	0,40	0,39	0,37	0,38	0,40	0,40	0,65	0,64	0,64	0,64	0,65	0,65
2008	0,39	0,38	0,37	0,38	0,39	0,39	0,65	0,64	0,63	0,63	0,65	0,65
2009	0,41	0,40	0,38	0,39	0,41	0,41	0,61	0,59	0,61	0,60	0,61	0,61
2010	0,44	0,44	0,46	0,43	0,44	0,44	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
2011	0,39	0,39	0,37	0,37	0,39	0,39	0,66	0,65	0,64	0,64	0,66	0,66
2012	0,41	0,40	0,40	0,39	0,40	0,40	0,61	0,60	0,59	0,58	0,61	0,61
2013	0,43	0,44	0,40	0,41	0,43	0,43	0,54	0,52	0,56	0,52	0,54	0,54
2014	0,39	0,39	0,42	0,39	0,38	0,39	0,63	0,61	0,62	0,60	0,63	0,63
Hata Par.	Bias (m/s)						RMSE (m/s)					
Yıl	OPER. 1	OPER. 2	OPER. 3	OPER. 4	Uzaklık A.	Alansal A.	OPER. 1	OPER. 2	OPER. 3	OPER. 4	Uzaklık A.	Alansal A.
2001	1,64	1,57	2,29	2,10	1,65	1,63	3,04	3,11	3,51	3,41	3,05	3,05
2002	2,05	2,05	2,77	2,59	2,06	2,05	3,33	3,40	3,88	3,77	3,34	3,34
2003	1,25	1,20	1,88	1,68	1,26	1,24	2,70	2,75	3,18	3,07	2,70	2,70
2004	0,37	0,30	1,06	0,84	0,38	0,36	2,02	2,07	2,17	2,14	2,01	2,02
2005	0,20	0,18	0,96	0,75	0,22	0,20	2,01	2,03	2,04	2,02	2,01	2,01
2006	-0,24	-0,10	0,36	0,07	-0,22	-0,21	2,25	2,23	2,05	2,12	2,24	2,24
2007	-0,30	-0,17	0,20	-0,04	-0,29	-0,28	2,19	2,14	1,99	2,04	2,18	2,18
2008	-0,23	-0,06	0,23	-0,02	-0,22	-0,20	2,23	2,18	2,09	2,15	2,22	2,21
2009	-0,17	-0,02	0,34	0,11	-0,15	-0,14	2,27	2,24	2,10	2,14	2,26	2,25
2010	0,32	0,36	1,38	0,72	0,34	0,33	2,54	2,55	2,69	2,50	2,53	2,53
2011	-0,13	-0,14	0,93	0,12	-0,12	-0,13	2,09	2,10	2,00	1,99	2,07	2,08
2012	-0,29	-0,28	1,13	0,24	-0,27	-0,29	2,21	2,21	2,20	2,13	2,20	2,20
2013	-0,34	-0,32	0,96	0,15	-0,32	-0,34	2,20	2,24	2,03	2,05	2,19	2,20
2014	0,12	0,12	1,45	0,61	0,14	0,12	2,11	2,15	2,30	2,12	2,10	2,10



**Ek Çizelge 6.5.** Amasra istasyonunda CFSR rüzgar alanlarının yıllara göre hata değerleri

Hata Par.	SI					r				
Yıl	CFSR 1	CFSR 3	CFSR 4	Uzaklık A.	Alansal A.	CFSR 1	CFSR 3	CFSR 4	Uzaklık A.	Alansal A.
2004	0,56	0,50	0,51	0,57	0,56	0,60	0,55	0,57	0,61	0,61
2005	0,55	0,50	0,50	0,56	0,55	0,63	0,56	0,58	0,64	0,63
2006	0,55	0,48	0,49	0,55	0,55	0,64	0,61	0,62	0,64	0,64
2007	0,55	0,50	0,50	0,55	0,55	0,57	0,50	0,52	0,57	0,57
2008	0,56	0,50	0,51	0,56	0,56	0,60	0,55	0,57	0,60	0,60
2009	0,56	0,51	0,51	0,56	0,56	0,57	0,51	0,53	0,58	0,58
Hata Par.	Bias (m/s)					RMSE (m/s)				
Yıl	CFSR 1	CFSR 3	CFSR 4	Uzaklık A.	Alansal A.	CFSR 1	CFSR 3	CFSR 4	Uzaklık A.	Alansal A.
2004	3,26	2,35	2,57	3,34	3,27	4,35	3,90	3,96	4,39	4,35
2005	3,37	2,40	2,59	3,43	3,36	4,41	3,96	3,97	4,43	4,39
2006	3,11	2,18	2,36	3,19	3,12	4,15	3,68	3,71	4,20	4,15
2007	2,87	1,82	2,02	2,91	2,84	4,06	3,68	3,67	4,08	4,04
2008	3,24	2,31	2,51	3,32	3,32	4,31	3,88	3,93	4,36	4,36
2009	3,19	2,27	2,48	3,26	3,20	4,31	3,94	3,96	4,34	4,30

**Ek Çizelge 6.6.** Amasra istasyonunda ERA-Interim rüzgar alanlarının yıllara göre hata değerleri

Hata Par.	SI					r				
Yıl	ERAI 1	ERAI 3	ERAI 4	Uzaklık A.	Alansal A.	ERAI 1	ERAI 3	ERAI 4	Uzaklık A.	Alansal A.
2004	0,52	0,55	0,59	0,52	0,52	0,57	0,60	0,61	0,58	0,57
2005	0,52	0,54	0,58	0,52	0,52	0,60	0,64	0,65	0,60	0,59
2006	0,49	0,52	0,57	0,50	0,50	0,60	0,63	0,63	0,61	0,61
2007	0,50	0,53	0,57	0,50	0,50	0,53	0,56	0,57	0,54	0,53
2008	0,51	0,54	0,58	0,52	0,52	0,52	0,54	0,54	0,52	0,52
2009	0,52	0,54	0,58	0,52	0,52	0,51	0,55	0,56	0,52	0,51
2010	0,55	0,58	0,62	0,56	0,55	0,60	0,64	0,63	0,61	0,60
2011	0,50	0,54	0,58	0,51	0,50	0,55	0,58	0,60	0,56	0,56
2012	0,52	0,54	0,58	0,52	0,52	0,47	0,54	0,53	0,48	0,47
2013	0,52	0,55	0,58	0,53	0,53	0,53	0,54	0,55	0,53	0,53
2014	0,52	0,55	0,59	0,53	0,52	0,54	0,58	0,58	0,55	0,54
Hata Par.	Bias (m/s)					RMSE (m/s)				
Yıl	ERAI 1	ERAI 3	ERAI 4	Uzaklık A.	Alansal A.	ERAI 1	ERAI 3	ERAI 4	Uzaklık A.	Alansal A.
2004	2,67	3,12	3,53	2,75	2,69	3,98	4,23	4,53	4,01	3,99
2005	2,83	3,26	3,66	2,91	2,86	4,10	4,30	4,61	4,13	4,11
2006	2,37	2,80	3,26	2,47	2,41	3,74	3,95	4,28	3,77	3,75
2007	2,15	2,67	3,07	2,23	2,16	3,68	3,91	4,18	3,70	3,68
2008	2,40	2,82	3,31	2,51	2,45	3,96	4,14	4,47	4,00	3,98
2009	2,49	2,91	3,37	2,58	2,52	3,96	4,13	4,44	3,99	3,97
2010	3,04	3,47	3,88	3,12	3,06	4,54	4,77	5,10	4,58	4,55
2011	2,48	2,96	3,44	2,58	2,51	3,82	4,06	4,38	3,85	3,83
2012	2,26	2,76	3,22	2,37	2,30	3,87	4,02	4,34	3,90	3,89
2013	2,31	2,67	3,04	2,39	2,34	3,78	3,95	4,19	3,80	3,79
2014	2,47	3,01	3,40	2,55	2,48	3,90	4,15	4,44	3,93	3,91

**Ek Çizelge 6.7.** Amasra istasyonunda Operasyonel rüzgar alanlarının yıllara göre hata değerleri

Hata Par.	SI					r				
Yıl	OPER. 1	OPER. 3	OPER. 4	Uzaklık A.	Alansal A.	OPER. 1	OPER. 3	OPER. 4	Uzaklık A.	Alansal A.
2004	0,56	0,60	0,76	0,57	0,57	0,53	0,59	0,61	0,55	0,55
2005	0,55	0,60	0,75	0,57	0,56	0,55	0,62	0,65	0,57	0,56
2006	0,51	0,55	0,70	0,52	0,51	0,57	0,65	0,61	0,59	0,58
2007	0,51	0,57	0,72	0,52	0,51	0,49	0,60	0,60	0,53	0,52
2008	0,54	0,59	0,74	0,54	0,54	0,51	0,61	0,58	0,54	0,53
2009	0,55	0,61	0,76	0,56	0,55	0,45	0,55	0,56	0,49	0,48
2010	0,57	0,60	0,76	0,59	0,58	0,49	0,63	0,61	0,50	0,49
2011	0,51	0,54	0,70	0,51	0,51	0,51	0,66	0,66	0,54	0,52
2012	0,51	0,54	0,73	0,52	0,52	0,50	0,67	0,64	0,52	0,50
2013	0,55	0,57	0,74	0,56	0,56	0,48	0,63	0,61	0,49	0,48
2014	0,53	0,56	0,75	0,54	0,53	0,46	0,64	0,67	0,49	0,48
Hata Par.	Bias (m/s)					RMSE (m/s)				
Yıl	OPER. 1	OPER. 3	OPER. 4	Uzaklık A.	Alansal A.	OPER. 1	OPER. 3	OPER. 4	Uzaklık A.	Alansal A.
2004	2,96	3,64	5,08	3,21	3,08	4,31	4,64	5,87	4,41	4,35
2005	3,04	3,75	5,20	3,30	3,17	4,37	4,73	5,96	4,50	4,43
2006	2,33	3,18	4,47	2,57	2,43	3,88	4,20	5,30	3,93	3,88
2007	2,02	3,12	4,44	2,28	2,12	3,77	4,17	5,25	3,79	3,74
2008	2,52	3,56	4,91	2,80	2,64	4,13	4,55	5,73	4,18	4,13
2009	2,58	3,64	4,99	2,86	2,70	4,21	4,66	5,80	4,26	4,20
2010	2,82	3,73	5,25	3,08	2,93	4,72	4,97	6,30	4,83	4,79
2011	2,10	3,15	4,63	2,34	2,17	3,84	4,07	5,32	3,86	3,84
2012	2,09	3,17	4,78	2,39	2,22	3,90	4,13	5,56	3,98	3,95
2013	2,26	3,14	4,59	2,53	2,38	3,95	4,13	5,37	4,03	4,01
2014	1,94	3,19	4,88	2,26	2,07	3,98	4,18	5,61	4,00	3,99

**Ek Çizelge 6.8.** Sinop istasyonunda CFSR rüzgar alanlarının yıllara göre hata değerleri

Hata Par.	SI					r				
Yıl	CFSR 2	CFSR 3	CFSR 4	Uzaklık A.	Alansal A.	CFSR 2	CFSR 3	CFSR 4	Uzaklık A.	Alansal A.
2000	0,44	0,42	0,42	0,43	0,44	0,56	0,55	0,57	0,56	0,56
2001	0,46	0,41	0,40	0,45	0,45	0,59	0,56	0,57	0,59	0,59
2002	0,48	0,44	0,43	0,47	0,47	0,61	0,59	0,61	0,61	0,61
2003	0,49	0,45	0,44	0,48	0,48	0,59	0,55	0,58	0,58	0,58
2004	0,48	0,46	0,45	0,47	0,48	0,60	0,58	0,60	0,60	0,60
2005	0,47	0,48	0,47	0,46	0,47	0,53	0,50	0,53	0,52	0,52
2006	0,48	0,48	0,47	0,48	0,48	0,56	0,53	0,55	0,56	0,56
2007	0,48	0,49	0,49	0,47	0,47	0,56	0,53	0,55	0,55	0,55
2008	0,52	0,50	0,49	0,51	0,51	0,53	0,50	0,53	0,52	0,52
2009	0,49	0,47	0,47	0,48	0,48	0,55	0,54	0,56	0,55	0,55
Hata Par.	Bias (m/s)					RMSE (m/s)				
Yıl	CFSR 2	CFSR 3	CFSR 4	Uzaklık A.	Alansal A.	CFSR 2	CFSR 3	CFSR 4	Uzaklık A.	Alansal A.
2000	1,57	0,29	0,15	1,46	1,49	2,85	2,72	2,68	2,80	2,81
2001	2,25	0,86	0,76	2,11	2,14	3,37	2,99	2,93	3,29	3,30
2002	1,84	0,62	0,47	1,73	1,75	3,08	2,84	2,78	3,02	3,03
2003	1,95	0,69	0,61	1,83	1,85	3,26	3,00	2,91	3,21	3,22
2004	1,66	0,60	0,47	1,56	1,58	2,86	2,74	2,68	2,82	2,83
2005	1,25	0,17	0,01	1,16	1,18	2,72	2,78	2,74	2,69	2,70
2006	1,59	0,54	0,36	1,50	1,53	2,75	2,74	2,66	2,73	2,74
2007	1,41	0,30	0,19	1,30	1,32	2,78	2,88	2,84	2,75	2,76
2008	1,68	0,70	0,55	1,60	1,62	2,98	2,89	2,82	2,95	2,96
2009	1,56	0,55	0,40	1,47	1,49	2,81	2,71	2,67	2,77	2,77

**Ek Çizelge 6.9.** Sinop istasyonunda MERRA rüzgar alanlarının yıllara göre hata değerleri

Hata Par.	SI						r					
Yıl	MERRA 1	MERRA 2	MERRA 3	MERRA 4	Uzaklık A.	Alansal A.	MERRA 1	MERRA 2	MERRA 3	MERRA 4	Uzaklık A.	Alansal A.
2000	0,69	0,45	0,43	0,42	0,46	0,50	0,45	0,52	0,52	0,54	0,53	0,52
2001	0,72	0,49	0,46	0,46	0,51	0,54	0,37	0,48	0,43	0,47	0,48	0,48
2002	0,72	0,50	0,49	0,47	0,51	0,54	0,43	0,54	0,48	0,54	0,54	0,54
2003	0,72	0,51	0,48	0,47	0,52	0,55	0,43	0,52	0,47	0,53	0,52	0,52
2004	0,72	0,49	0,47	0,46	0,50	0,53	0,49	0,57	0,52	0,55	0,57	0,57
2005	0,66	0,45	0,46	0,44	0,46	0,49	0,45	0,53	0,48	0,52	0,53	0,53
2006	0,69	0,48	0,47	0,46	0,49	0,51	0,43	0,55	0,47	0,50	0,54	0,53
2007	0,68	0,47	0,46	0,46	0,48	0,50	0,44	0,55	0,51	0,54	0,55	0,55
2008	0,70	0,50	0,49	0,48	0,50	0,53	0,46	0,55	0,48	0,51	0,55	0,54
2009	0,68	0,48	0,46	0,46	0,49	0,51	0,46	0,54	0,51	0,53	0,55	0,54
2010	0,73	0,54	0,52	0,52	0,54	0,57	0,45	0,53	0,46	0,49	0,53	0,52
2011	0,70	0,51	0,50	0,49	0,52	0,54	0,42	0,53	0,44	0,47	0,52	0,51
2012	0,69	0,50	0,47	0,47	0,51	0,53	0,46	0,54	0,48	0,51	0,54	0,53
2013	0,70	0,51	0,51	0,51	0,52	0,54	0,38	0,49	0,46	0,47	0,49	0,48
2014	0,71	0,52	0,50	0,49	0,52	0,55	0,38	0,52	0,43	0,49	0,51	0,50
Hata Par.	Bias (m/s)						RMSE (m/s)					
Yıl	MERRA 1	MERRA 2	MERRA 3	MERRA 4	Uzaklık A.	Alansal A.	MERRA 1	MERRA 2	MERRA 3	MERRA 4	Uzaklık A.	Alansal A.
2000	3,72	1,70	1,06	1,08	1,86	2,17	4,45	2,93	2,75	2,71	3,00	3,20
2001	4,40	2,37	1,63	1,71	2,52	2,84	5,21	3,58	3,35	3,31	3,67	3,90
2002	3,70	1,93	1,25	1,25	2,06	2,34	4,63	3,23	3,13	2,99	3,31	3,49
2003	3,84	2,06	1,34	1,48	2,19	2,47	4,79	3,41	3,22	3,15	3,48	3,67
2004	3,48	1,76	1,16	1,16	1,89	2,16	4,26	2,92	2,82	2,75	2,99	3,16
2005	3,02	1,25	0,72	0,73	1,39	1,67	3,84	2,63	2,64	2,57	2,67	2,81
2006	3,17	1,59	0,88	0,87	1,69	1,95	3,92	2,73	2,69	2,64	2,78	2,93
2007	3,15	1,51	0,83	0,92	1,63	1,89	3,95	2,75	2,70	2,67	2,80	2,95
2008	3,23	1,64	0,97	1,00	1,75	2,00	4,04	2,87	2,80	2,76	2,92	3,06
2009	3,11	1,52	0,97	0,98	1,64	1,89	3,89	2,76	2,65	2,64	2,80	2,94
2010	3,49	1,92	1,27	1,35	2,03	2,28	4,42	3,25	3,16	3,14	3,31	3,46
2011	3,30	1,87	1,15	1,19	1,95	2,19	4,03	2,93	2,86	2,84	2,98	3,13
2012	3,25	1,86	1,10	1,22	1,94	2,17	3,96	2,90	2,69	2,71	2,93	3,07
2013	3,15	1,60	1,16	1,14	1,73	1,97	3,96	2,90	2,87	2,88	2,94	3,07
2014	3,28	1,82	1,09	1,18	1,91	2,15	4,08	2,95	2,89	2,80	3,00	3,15

**Ek Çizelge 6.10.** Sinop istasyonunda ERA-Interim rüzgar alanlarının yıllara göre hata değerleri

Hata Par.	SI					r				
Yıl	ERAI 2	ERAI 3	ERAI 4	Uzaklık A.	Alansal A.	ERAI 2	ERAI 3	ERAI 4	Uzaklık A.	Alansal A.
2000	0,41	0,58	0,43	0,42	0,42	0,54	0,46	0,54	0,53	0,53
2001	0,42	0,61	0,45	0,43	0,43	0,57	0,55	0,59	0,57	0,57
2002	0,46	0,65	0,49	0,47	0,47	0,57	0,51	0,58	0,57	0,57
2003	0,45	0,64	0,48	0,46	0,46	0,57	0,47	0,57	0,57	0,57
2004	0,46	0,64	0,48	0,46	0,46	0,57	0,53	0,58	0,57	0,57
2005	0,46	0,62	0,47	0,46	0,46	0,50	0,48	0,51	0,50	0,50
2006	0,46	0,62	0,47	0,46	0,46	0,52	0,51	0,54	0,52	0,52
2007	0,48	0,62	0,48	0,48	0,48	0,51	0,49	0,52	0,51	0,51
2008	0,47	0,64	0,49	0,48	0,48	0,54	0,51	0,55	0,54	0,54
2009	0,47	0,64	0,49	0,47	0,47	0,52	0,50	0,53	0,53	0,53
2010	0,50	0,68	0,52	0,51	0,51	0,53	0,50	0,54	0,53	0,53
2011	0,47	0,63	0,48	0,47	0,47	0,51	0,48	0,52	0,51	0,50
2012	0,47	0,63	0,49	0,47	0,47	0,48	0,46	0,49	0,48	0,48
2013	0,49	0,62	0,50	0,49	0,49	0,51	0,50	0,52	0,51	0,51
2014	0,46	0,63	0,48	0,46	0,46	0,54	0,54	0,56	0,54	0,54
Hata Par.	Bias (m/s)					RMSE (m/s)				
Yıl	ERAI 2	ERAI 3	ERAI 4	Uzaklık A.	Alansal A.	ERAI 2	ERAI 3	ERAI 4	Uzaklık A.	Alansal A.
2000	0,91	2,72	1,36	1,04	1,04	2,61	3,64	2,73	2,64	2,64
2001	1,69	3,61	2,19	1,83	1,82	3,01	4,36	3,25	3,07	3,07
2002	1,39	3,24	1,86	1,53	1,52	2,97	4,18	3,15	3,02	3,02
2003	1,45	3,19	1,89	1,57	1,57	2,96	4,20	3,17	3,02	3,02
2004	1,23	3,02	1,68	1,36	1,36	2,72	3,83	2,86	2,76	2,77
2005	0,82	2,66	1,27	0,97	0,97	2,64	3,55	2,71	2,65	2,65
2006	1,01	2,81	1,48	1,15	1,15	2,64	3,57	2,72	2,65	2,66
2007	0,92	2,77	1,38	1,05	1,05	2,79	3,66	2,85	2,80	2,80
2008	1,14	2,84	1,57	1,27	1,27	2,73	3,70	2,84	2,76	2,76
2009	1,06	2,78	1,49	1,19	1,19	2,66	3,62	2,78	2,68	2,68
2010	1,39	3,14	1,82	1,52	1,52	3,01	4,08	3,15	3,05	3,05
2011	1,05	2,84	1,52	1,18	1,18	2,69	3,65	2,78	2,71	2,71
2012	1,13	2,75	1,54	1,24	1,24	2,57	3,47	2,68	2,58	2,58
2013	0,96	2,63	1,37	1,09	1,09	2,77	3,48	2,80	2,77	2,77
2014	1,08	2,84	1,53	1,21	1,21	2,63	3,59	2,73	2,65	2,66

**Ek Çizelge 6.11.** Sinop istasyonunda Operasyonel rüzgar alanlarının yıllara göre hata değerleri

Hata Par.	SI					r				
Yıl	OPER. 2	OPER. 3	OPER. 4	Uzaklık A.	Alansal A.	OPER. 2	OPER. 3	OPER. 4	Uzaklık A.	Alansal A.
2000	0,44	0,58	0,48	0,44	0,44	0,56	0,49	0,56	0,56	0,56
2001	0,41	0,46	0,41	0,41	0,41	0,58	0,62	0,67	0,58	0,58
2002	0,44	0,49	0,45	0,45	0,45	0,58	0,59	0,64	0,58	0,58
2003	0,44	0,47	0,44	0,44	0,45	0,58	0,61	0,66	0,58	0,57
2004	0,45	0,49	0,45	0,45	0,45	0,58	0,57	0,62	0,58	0,58
2005	0,46	0,49	0,45	0,46	0,46	0,52	0,51	0,56	0,52	0,51
2006	0,45	0,54	0,44	0,44	0,44	0,54	0,56	0,59	0,55	0,55
2007	0,48	0,54	0,44	0,46	0,46	0,54	0,57	0,58	0,54	0,54
2008	0,46	0,57	0,45	0,45	0,45	0,56	0,58	0,61	0,57	0,57
2009	0,45	0,57	0,45	0,44	0,44	0,58	0,59	0,60	0,59	0,59
2010	0,49	0,57	0,47	0,48	0,48	0,53	0,53	0,57	0,53	0,53
2011	0,47	0,51	0,43	0,46	0,46	0,53	0,56	0,60	0,54	0,54
2012	0,47	0,53	0,44	0,46	0,46	0,52	0,55	0,59	0,53	0,53
2013	0,50	0,51	0,47	0,48	0,48	0,55	0,57	0,59	0,56	0,55
2014	0,43	0,52	0,41	0,42	0,42	0,61	0,60	0,65	0,61	0,61
Hata Par.	Bias (m/s)					RMSE (m/s)				
Yıl	OPER. 2	OPER. 3	OPER. 4	Uzaklık A.	Alansal A.	OPER. 2	OPER. 3	OPER. 4	Uzaklık A.	Alansal A.
2000	1,27	2,76	1,88	1,39	1,39	2,75	3,65	3,01	2,78	2,78
2001	1,36	2,30	1,95	1,46	1,46	2,94	3,33	2,96	2,97	2,98
2002	0,91	1,81	1,52	1,01	1,00	2,83	3,15	2,87	2,86	2,87
2003	1,10	1,84	1,64	1,16	1,15	2,92	3,11	2,89	2,93	2,95
2004	0,72	1,56	1,29	0,81	0,81	2,69	2,94	2,69	2,70	2,71
2005	0,34	1,18	0,89	0,43	0,43	2,67	2,79	2,60	2,66	2,66
2006	0,27	2,17	1,06	0,46	0,46	2,59	3,12	2,53	2,54	2,54
2007	0,16	2,17	0,80	0,35	0,35	2,80	3,17	2,60	2,72	2,72
2008	0,38	2,35	1,07	0,58	0,59	2,64	3,28	2,58	2,59	2,60
2009	0,30	2,40	1,04	0,51	0,52	2,56	3,25	2,55	2,50	2,51
2010	0,52	2,18	0,75	0,63	0,63	2,94	3,42	2,85	2,91	2,92
2011	0,19	1,90	0,52	0,29	0,29	2,71	2,97	2,51	2,64	2,65
2012	0,21	2,06	0,53	0,32	0,32	2,70	3,04	2,50	2,62	2,63
2013	-0,06	1,79	0,17	0,07	0,07	2,80	2,90	2,64	2,72	2,72
2014	0,11	2,04	0,51	0,24	0,23	2,45	2,95	2,32	2,39	2,40

**Ek Çizelge 6.12.** Giresun istasyonunda CFSR rüzgar alanlarının yıllara göre hata değerleri

Hata Par.	Si			r			Bias (m/s)			Rmse (m/s)		
	Yıl	CFSR 3	Uzaklık A.	Alansal A.	CFSR 3	Uzaklık A.	Alansal A.	CFSR 3	Uzaklık A.	Alansal A.	CFSR 3	Uzaklık A.
2000	0,49	0,48	0,48	0,30	0,30	0,30	0,69	0,98	1,01	2,14	2,10	2,11
2001	0,59	0,57	0,57	0,24	0,23	0,23	0,14	0,43	0,46	2,48	2,41	2,41
2002	0,55	0,52	0,52	0,29	0,27	0,27	0,27	0,57	0,60	2,32	2,21	2,21
2003	0,46	0,43	0,43	0,39	0,36	0,36	0,16	0,49	0,52	1,92	1,82	1,82
2004	0,49	0,45	0,45	0,36	0,35	0,35	0,08	0,43	0,46	1,99	1,83	1,83
2005	0,57	0,53	0,53	0,28	0,27	0,27	0,04	0,39	0,43	2,51	2,34	2,34
2006	0,65	0,65	0,65	0,17	0,16	0,16	0,77	1,17	1,20	3,35	3,34	3,35
2007	0,48	0,46	0,46	0,39	0,36	0,35	0,12	0,45	0,48	2,13	2,04	2,05



**Ek Çizelge 6.13.** Giresun istasyonunda ERA-Interim rüzgar alanlarının yıllara göre hata değerleri

Hata Par.	SI				r			
Yıl	ERAI 3	ERAI 4	Uzaklık A.	Alansal A.	ERAI 3	ERAI 4	Uzaklık A.	Alansal A.
2000	0,55	0,54	0,52	0,51	0,28	0,28	0,29	0,30
2001	0,55	0,55	0,52	0,52	0,27	0,28	0,31	0,31
2002	0,62	0,62	0,59	0,59	0,19	0,21	0,23	0,23
2003	0,54	0,54	0,51	0,51	0,20	0,20	0,23	0,24
2004	0,50	0,49	0,46	0,46	0,29	0,31	0,34	0,34
2005	0,53	0,52	0,49	0,49	0,26	0,27	0,30	0,30
2006	0,56	0,56	0,52	0,52	0,28	0,29	0,32	0,32
2007	0,54	0,54	0,50	0,50	0,31	0,32	0,36	0,36
2010	0,61	0,60	0,58	0,58	0,20	0,21	0,22	0,22
2011	0,63	0,62	0,59	0,59	0,22	0,24	0,26	0,27
2012	0,63	0,63	0,60	0,60	0,17	0,18	0,21	0,21
2013	0,60	0,59	0,58	0,58	0,21	0,22	0,23	0,23
2014	0,62	0,62	0,59	0,58	0,25	0,26	0,29	0,30
Hata Par.	Bias (m/s)				RMSE (m/s)			
Yıl	ERAI 3	ERAI 4	Uzaklık A.	Alansal A.	ERAI 3	ERAI 4	Uzaklık A.	Alansal A.
2000	1,82	1,80	1,61	1,59	2,42	2,41	2,28	2,27
2001	1,43	1,42	1,22	1,20	2,24	2,23	2,13	2,12
2002	1,74	1,72	1,52	1,49	2,66	2,64	2,53	2,51
2003	1,56	1,56	1,36	1,33	2,28	2,28	2,15	2,14
2004	1,42	1,39	1,20	1,18	2,06	2,04	1,91	1,90
2005	1,67	1,64	1,42	1,39	2,32	2,30	2,16	2,15
2006	2,12	2,09	1,87	1,84	2,77	2,75	2,56	2,54
2007	1,68	1,66	1,44	1,41	2,47	2,45	2,29	2,28
2010	1,30	1,29	1,07	1,04	2,47	2,45	2,38	2,37
2011	1,52	1,50	1,32	1,29	2,55	2,52	2,42	2,41
2012	1,40	1,39	1,21	1,19	2,51	2,50	2,40	2,38
2013	1,22	1,21	1,02	0,99	2,48	2,47	2,41	2,41
2014	1,59	1,58	1,38	1,36	2,64	2,63	2,49	2,48

**Ek Çizelge 6.14.** Giresun istasyonunda Operasyonel rüzgar alanlarının yıllara göre hata değerleri

Hata Par.	SI				r			
Yıl	OPER. 3	OPER. 4	Uzaklık A.	Alansal A.	OPER. 3	OPER. 4	Uzaklık A.	Alansal A.
2000	0,79	0,79	0,77	0,77	0,22	0,21	0,25	0,25
2001	0,82	0,81	0,78	0,78	0,20	0,21	0,26	0,27
2002	0,87	0,87	0,84	0,84	0,14	0,17	0,20	0,20
2003	0,82	0,81	0,78	0,78	0,20	0,19	0,26	0,27
2004	0,80	0,80	0,76	0,76	0,23	0,22	0,29	0,29
2005	0,80	0,80	0,76	0,76	0,22	0,22	0,29	0,30
2006	0,77	0,76	0,71	0,70	0,27	0,22	0,37	0,38
2007	0,67	0,68	0,61	0,60	0,24	0,21	0,32	0,33
2010	0,72	0,72	0,63	0,62	0,31	0,25	0,37	0,37
2011	0,77	0,77	0,65	0,63	0,28	0,18	0,44	0,46
2012	0,78	0,79	0,66	0,64	0,22	0,14	0,40	0,42
2013	0,76	0,77	0,64	0,63	0,18	0,08	0,31	0,33
2014	0,80	0,80	0,67	0,66	0,26	0,16	0,43	0,44
Hata Par.	Bias (m/s)				RMSE (m/s)			
Yıl	OPER. 3	OPER. 4	Uzaklık A.	Alansal A.	OPER. 3	OPER. 4	Uzaklık A.	Alansal A.
2000	3,21	3,23	3,14	3,13	3,49	3,51	3,42	3,41
2001	3,07	3,04	2,92	2,91	3,39	3,36	3,23	3,21
2002	3,21	3,23	3,09	3,08	3,72	3,72	3,59	3,58
2003	3,16	3,12	3,01	3,00	3,44	3,41	3,28	3,26
2004	3,05	3,03	2,90	2,88	3,33	3,32	3,17	3,15
2005	3,23	3,22	3,08	3,07	3,51	3,51	3,36	3,34
2006	3,42	3,29	3,12	3,09	3,80	3,72	3,48	3,45
2007	2,27	2,25	2,00	1,96	3,04	3,10	2,77	2,74
2010	2,24	2,06	1,75	1,70	2,96	2,95	2,56	2,52
2011	2,47	2,37	1,95	1,88	3,14	3,15	2,63	2,58
2012	2,49	2,36	1,94	1,87	3,24	3,25	2,71	2,65
2013	2,37	2,21	1,83	1,76	3,16	3,20	2,68	2,63
2014	2,78	2,68	2,21	2,14	3,42	3,42	2,86	2,80

**Ek Çizelge 6.15.** Hopa istasyonunda CFSR rüzgar alanlarının yıllara göre hata değerleri

Hata Par.	SI					r				
Yıl	CFSR 1	CFSR 3	CFSR 4	Uzaklık A.	Alansal A.	CFSR 1	CFSR 3	CFSR 4	Uzaklık A.	Alansal A.
2000	0,57	0,61	0,58	0,56	0,56	0,32	0,27	0,31	0,35	0,34
2001	0,60	0,66	0,62	0,59	0,59	0,38	0,29	0,34	0,40	0,40
2002	0,62	0,69	0,65	0,61	0,61	0,35	0,26	0,31	0,36	0,36
2003	0,58	0,64	0,60	0,58	0,58	0,35	0,28	0,33	0,37	0,37
2004	0,62	0,75	0,69	0,60	0,60	0,32	0,23	0,28	0,33	0,33
2005	0,62	0,73	0,67	0,61	0,61	0,36	0,22	0,30	0,38	0,38
2006	0,61	0,79	0,71	0,59	0,59	0,29	0,20	0,24	0,29	0,29
2007	0,64	0,76	0,70	0,62	0,62	0,36	0,26	0,32	0,38	0,38
Hata Par.	Bias (m/s)					RMSE (m/s)				
Yıl	CFSR 1	CFSR 3	CFSR 4	Uzaklık A.	Alansal A.	CFSR 1	CFSR 3	CFSR 4	Uzaklık A.	Alansal A.
2000	1,07	0,42	0,76	1,31	1,29	2,81	3,03	2,87	2,78	2,78
2001	0,79	0,13	0,42	1,01	0,99	3,01	3,33	3,16	2,96	2,97
2002	0,90	0,23	0,56	1,14	1,12	2,97	3,31	3,12	2,96	2,95
2003	0,85	0,10	0,49	1,08	1,06	2,73	3,00	2,80	2,71	2,71
2004	0,50	-0,33	0,05	0,77	0,74	2,90	3,56	3,26	2,84	2,84
2005	0,75	0,02	0,45	1,01	0,99	3,05	3,56	3,29	2,99	2,99
2006	0,25	-0,70	-0,26	0,45	0,43	2,60	3,35	3,05	2,51	2,52
2007	0,49	-0,27	0,02	0,69	0,67	2,85	3,41	3,12	2,78	2,78

**Ek Çizelge 6.16.** Hopa istasyonunda MERRA rüzgar alanlarının yıllara göre hata değerleri

Hata Par.	SI	r	Bias (m/s)	RMSE (m/s)
Yıl	MERRA 4			
2000	0,66	0,50	2,56	3,24
2001	0,69	0,51	2,49	3,49
2002	0,71	0,47	2,48	3,40
2003	0,67	0,47	2,27	3,16
2004	0,69	0,41	2,34	3,25
2005	0,71	0,47	2,43	3,49
2006	0,56	0,31	1,18	2,39
2007	0,64	0,39	1,44	2,86
2010	0,73	0,49	3,10	4,07
2011	0,73	0,37	3,07	3,92
2012	0,74	0,41	3,29	4,20
2013	0,71	0,50	3,14	4,07
2014	0,74	0,38	2,91	3,79

**Ek Çizelge 6.17.** Hopa istasyonunda ERA-Interim rüzgar alanlarının yıllara göre hata değerleri

Hata Par.	SI				r			
Yıl	ERAI 3	ERAI 4	Uzaklık A.	Alansal A.	ERAI 3	ERAI 4	Uzaklık A.	Alansal A.
2000	0,73	0,74	0,70	0,71	0,37	0,35	0,39	0,38
2001	0,75	0,76	0,72	0,73	0,44	0,42	0,45	0,45
2002	0,76	0,78	0,73	0,74	0,38	0,37	0,41	0,40
2003	0,75	0,77	0,73	0,73	0,38	0,36	0,40	0,40
2004	0,71	0,73	0,68	0,69	0,36	0,34	0,37	0,37
2005	0,74	0,75	0,71	0,71	0,46	0,45	0,49	0,49
2006	0,67	0,68	0,63	0,63	0,38	0,38	0,41	0,41
2007	0,75	0,76	0,72	0,72	0,46	0,43	0,48	0,48
2010	0,78	0,79	0,75	0,75	0,43	0,41	0,45	0,45
2011	0,75	0,77	0,73	0,73	0,35	0,32	0,35	0,35
2012	0,77	0,78	0,74	0,75	0,42	0,42	0,46	0,46
2013	0,75	0,76	0,73	0,73	0,45	0,43	0,45	0,45
2014	0,77	0,77	0,73	0,74	0,33	0,34	0,37	0,37
Hata Par.	Bias (m/s)				RMSE (m/s)			
Yıl	ERAI 3	ERAI 4	Uzaklık A.	Alansal A.	ERAI 3	ERAI 4	Uzaklık A.	Alansal A.
2000	2,95	3,00	2,79	2,82	3,66	3,71	3,53	3,55
2001	2,82	2,90	2,65	2,68	3,84	3,91	3,70	3,72
2002	2,78	2,86	2,62	2,65	3,73	3,79	3,58	3,61
2003	2,60	2,66	2,43	2,46	3,57	3,64	3,44	3,46
2004	2,44	2,55	2,26	2,29	3,34	3,44	3,21	3,23
2005	2,58	2,63	2,36	2,40	3,57	3,62	3,38	3,41
2006	2,14	2,21	1,93	1,97	2,87	2,92	2,70	2,72
2007	2,35	2,41	2,17	2,20	3,43	3,51	3,30	3,32
2010	3,35	3,40	3,17	3,20	4,35	4,41	4,19	4,22
2011	3,21	3,27	3,04	3,07	4,04	4,10	3,91	3,93
2012	3,40	3,43	3,23	3,26	4,27	4,30	4,11	4,13
2013	3,36	3,43	3,18	3,21	4,29	4,36	4,14	4,17
2014	3,01	3,03	2,82	2,85	3,96	3,97	3,79	3,81

**Ek Çizelge 6.18.** Hopa istasyonunda Operasyonel rüzgar alanlarının yıllara göre hata değerleri

Hata Par.	SI				r			
Yıl	OPER. 3	OPER. 4	Uzaklık A.	Alansal A.	OPER. 3	OPER. 4	Uzaklık A.	Alansal A.
2000	0,80	0,82	0,78	0,78	0,45	0,49	0,45	0,46
2001	0,90	0,91	0,86	0,86	0,41	0,51	0,46	0,47
2002	0,89	0,91	0,85	0,85	0,42	0,46	0,46	0,46
2003	0,90	0,92	0,86	0,86	0,39	0,44	0,43	0,44
2004	0,86	0,89	0,82	0,82	0,32	0,43	0,36	0,37
2005	0,89	0,91	0,85	0,85	0,50	0,59	0,53	0,54
2006	0,73	0,73	0,68	0,68	0,32	0,40	0,39	0,40
2007	0,78	0,82	0,74	0,73	0,47	0,47	0,52	0,53
2010	0,89	0,87	0,82	0,82	0,14	0,44	0,34	0,36
2011	0,85	0,86	0,79	0,79	0,13	0,29	0,26	0,28
2012	0,88	0,87	0,81	0,81	0,21	0,49	0,35	0,37
2013	0,87	0,88	0,80	0,80	0,24	0,47	0,40	0,42
2014	0,88	0,89	0,81	0,81	0,28	0,45	0,38	0,40
Hata Par.	Bias (m/s)				RMSE (m/s)			
Yıl	OPER. 3	OPER. 4	Uzaklık A.	Alansal A.	OPER. 3	OPER. 4	Uzaklık A.	Alansal A.
2000	3,40	3,58	3,29	3,31	3,99	4,13	3,90	3,91
2001	3,75	3,88	3,52	3,55	4,61	4,68	4,39	4,40
2002	3,58	3,71	3,38	3,40	4,35	4,45	4,16	4,17
2003	3,48	3,60	3,27	3,30	4,28	4,35	4,08	4,10
2004	3,36	3,55	3,13	3,15	4,08	4,20	3,87	3,89
2005	3,48	3,62	3,25	3,28	4,28	4,36	4,07	4,08
2006	2,43	2,48	2,18	2,19	3,15	3,12	2,91	2,91
2007	2,57	2,81	2,36	2,38	3,57	3,77	3,38	3,37
2010	3,92	4,01	3,56	3,56	5,00	4,88	4,59	4,57
2011	3,70	3,84	3,35	3,36	4,56	4,58	4,21	4,21
2012	3,98	4,10	3,60	3,61	4,89	4,86	4,51	4,49
2013	4,05	4,21	3,65	3,65	4,98	5,00	4,56	4,54
2014	3,70	3,83	3,35	3,36	4,53	4,57	4,19	4,18

**Ek Çizelge 6.19.** Gloria istasyonunda (3.5) denklemi ile düzeltilmiş ölçümlere kıyasla CFSR rüzgar alanlarının yıllara göre hata değerleri

Hata Par.	SI				r			
Yıl	CFSR 1	CFSR 2	Uzaklık A.	Alansal A.	CFSR 1	CFSR 2	Uzaklık A.	Alansal A.
2006	0,28	0,29	0,28	0,28	0,82	0,83	0,83	0,83
2007	0,35	0,36	0,35	0,35	0,71	0,73	0,73	0,72
2008	0,28	0,28	0,27	0,27	0,81	0,83	0,83	0,83
2009	0,30	0,29	0,29	0,29	0,77	0,79	0,79	0,79
Hata Par.	Bias (m/s)				RMSE (m/s)			
Yıl	CFSR 1	CFSR 2	Uzaklık A.	Alansal A.	CFSR 1	CFSR 2	Uzaklık A.	Alansal A.
2006	-0,07	-0,36	-0,17	-0,19	1,76	1,77	1,71	1,72
2007	-0,08	-0,29	-0,14	-0,15	2,21	2,24	2,17	2,18
2008	0,02	-0,26	-0,08	-0,09	1,74	1,73	1,68	1,69
2009	0,09	-0,14	0,02	0,01	1,78	1,75	1,71	1,72

**Ek Çizelge 6.20.** Gloria istasyonunda (3.5) denklemi ile düzeltilmiş ölçümlere kıyasla MERRA rüzgar alanlarının yıllara göre hata değerleri

Hata Par.	Si				r			
Yıl	MERRA 1	MERRA 2	Uzaklık A.	Alansal A.	MERRA 1	MERRA 2	Uzaklık A.	Alansal A.
2006	0,29	0,27	0,29	0,28	0,82	0,84	0,83	0,83
2007	0,35	0,34	0,34	0,34	0,71	0,72	0,72	0,72
2008	0,32	0,30	0,32	0,31	0,76	0,77	0,77	0,77
2009	0,32	0,30	0,32	0,31	0,76	0,78	0,78	0,78
Hata Par.	Bias (m/s)				Rmse (m/s)			
Yıl	MERRA 1	MERRA 2	Uzaklık A.	Alansal A.	MERRA 1	MERRA 2	Uzaklık A.	Alansal A.
2006	0,79	0,50	0,85	0,71	1,79	1,65	1,78	1,71
2007	0,76	0,53	0,84	0,71	2,17	2,12	2,16	2,12
2008	0,80	0,49	0,86	0,72	2,02	1,91	2,01	1,96
2009	0,89	0,69	0,96	0,84	1,89	1,80	1,88	1,83

**Ek Çizelge 6.21.** Gloria istasyonunda (3.5) denklemi ile düzeltilmiş ölçümlere kıyasla ERA-Interim rüzgar alanlarının yıllara göre hata değerleri

Hata Par.	SI				r			
Yıl	ERAI 1	ERAI 2	Uzaklık A.	Alansal A.	ERAI 1	ERAI 2	Uzaklık A.	Alansal A.
2006	0,26	0,25	0,25	0,25	0,85	0,86	0,86	0,86
2007	0,33	0,32	0,33	0,32	0,75	0,75	0,75	0,75
2008	0,27	0,26	0,27	0,27	0,84	0,84	0,84	0,84
2009	0,29	0,28	0,29	0,29	0,81	0,81	0,81	0,81
Hata Par.	Bias (m/s)				RMSE (m/s)			
Yıl	ERAI 1	ERAI 2	Uzaklık A.	Alansal A.	ERAI 1	ERAI 2	Uzaklık A.	Alansal A.
2006	0,57	0,37	0,53	0,50	1,58	1,53	1,57	1,56
2007	0,72	0,55	0,68	0,66	2,05	2,03	2,04	2,04
2008	0,74	0,54	0,70	0,67	1,71	1,65	1,69	1,68
2009	0,81	0,65	0,78	0,75	1,73	1,68	1,71	1,71

**Ek Çizelge 6.22.** Gloria istasyonunda (3.5) denklemi ile düzeltilmiş ölçümlere kıyasla Operasyonel rüzgar alanlarının yıllara göre hata değerleri

Hata Par.	SI				r			
Yıl	OPER. 1	OPER. 2	Uzaklık A.	Alansal A.	OPER. 1	OPER. 2	Uzaklık A.	Alansal A.
2006	0,26	0,25	0,25	0,25	0,85	0,85	0,85	0,85
2007	0,31	0,30	0,31	0,30	0,77	0,77	0,77	0,77
2008	0,25	0,25	0,25	0,25	0,85	0,85	0,86	0,86
2009	0,33	0,32	0,33	0,33	0,75	0,74	0,75	0,75
Hata Par.	Bias (m/s)				RMSE (m/s)			
Yıl	OPER. 1	OPER. 2	Uzaklık A.	Alansal A.	OPER. 1	OPER. 2	Uzaklık A.	Alansal A.
2006	0,48	0,16	0,41	0,37	1,58	1,56	1,56	1,55
2007	0,57	0,30	0,51	0,47	1,94	1,91	1,92	1,91
2008	0,62	0,34	0,56	0,52	1,60	1,56	1,57	1,56
2009	0,85	0,58	0,79	0,75	1,98	1,93	1,96	1,95



**Ek Çizelge 6.23.** Gloria istasyonunda (3.6) denklemleri ile düzeltilmiş ölçümlere kıyasla CFSR rüzgar alanlarının yıllara göre hata değerleri

Hata Par.	SI				r			
Yıl	CFSR 1	CFSR 2	Uzaklık A.	Alansal A.	CFSR 1	CFSR 2	Uzaklık A.	Alansal A.
2006	0,28	0,27	0,27	0,27	0,82	0,83	0,83	0,83
2007	0,34	0,34	0,33	0,34	0,71	0,73	0,73	0,72
2008	0,28	0,26	0,27	0,27	0,81	0,83	0,83	0,83
2009	0,30	0,28	0,29	0,29	0,77	0,79	0,79	0,79
Hata Par.	Bias (m/s)				RMSE (m/s)			
Yıl	CFSR 1	CFSR 2	Uzaklık A.	Alansal A.	CFSR 1	CFSR 2	Uzaklık A.	Alansal A.
2006	0,58	0,29	0,48	0,47	1,93	1,82	1,84	1,84
2007	0,58	0,38	0,53	0,52	2,38	2,33	2,32	2,33
2008	0,69	0,41	0,59	0,58	1,95	1,82	1,86	1,86
2009	0,73	0,50	0,65	0,64	1,99	1,87	1,89	1,90

**Ek Çizelge 6.24.** Gloria istasyonunda (3.6) denklemleri ile düzeltilmiş ölçümlere kıyasla MERRA rüzgar alanlarının yıllara göre hata değerleri

Hata Par.	SI				r			
Yıl	MERRA 1	MERRA 2	Uzaklık A.	Alansal A.	MERRA 1	MERRA 2	Uzaklık A.	Alansal A.
2006	0,33	0,30	0,34	0,32	0,82	0,84	0,83	0,83
2007	0,38	0,36	0,38	0,37	0,71	0,72	0,72	0,72
2008	0,36	0,33	0,36	0,35	0,76	0,77	0,77	0,77
2009	0,36	0,34	0,36	0,35	0,76	0,78	0,78	0,78
Hata Par.	Bias (m/s)				RMSE (m/s)			
Yıl	MERRA 1	MERRA 2	Uzaklık A.	Alansal A.	MERRA 1	MERRA 2	Uzaklık A.	Alansal A.
2006	1,44	1,15	1,50	1,37	2,28	2,05	2,29	2,19
2007	1,43	1,20	1,50	1,38	2,62	2,49	2,62	2,55
2008	1,47	1,16	1,52	1,39	2,49	2,29	2,49	2,41
2009	1,52	1,33	1,59	1,48	2,35	2,21	2,36	2,29

**Ek Çizelge 6.25.** Gloria istasyonunda (3.6) denklemi ile düzeltilmiş ölçümlere kıyasla ERA-Interim rüzgar alanlarının yıllara göre hata değerleri

Hata Par.	SI				r			
Yıl	ERAI 1	ERAI 2	Uzaklık A.	Alansal A.	ERAI 1	ERAI 2	Uzaklık A.	Alansal A.
2006	0,30	0,28	0,29	0,29	0,85	0,86	0,86	0,86
2007	0,36	0,35	0,35	0,35	0,75	0,75	0,75	0,75
2008	0,31	0,30	0,31	0,31	0,84	0,84	0,84	0,84
2009	0,33	0,32	0,33	0,33	0,81	0,81	0,81	0,81
Hata Par.	Bias (m/s)				RMSE (m/s)			
Yıl	ERAI 1	ERAI 2	Uzaklık A.	Alansal A.	ERAI 1	ERAI 2	Uzaklık A.	Alansal A.
2006	1,22	1,02	1,18	1,15	2,02	1,89	1,99	1,97
2007	1,39	1,21	1,35	1,32	2,48	2,40	2,46	2,45
2008	1,41	1,21	1,37	1,34	2,18	2,06	2,15	2,13
2009	1,45	1,28	1,41	1,39	2,18	2,09	2,16	2,14

**Ek Çizelge 6.26.** Gloria istasyonunda (3.6) denklemi ile düzeltilmiş ölçümlere kıyasla Operasyonel rüzgar alanlarının yıllara göre hata değerleri

Hata Par.	SI				r			
Yıl	OPER. 1	OPER. 2	Uzaklık A.	Alansal A.	OPER. 1	OPER. 2	Uzaklık A.	Alansal A.
2006	0,29	0,27	0,29	0,28	0,85	0,85	0,85	0,85
2007	0,34	0,32	0,33	0,33	0,77	0,77	0,77	0,77
2008	0,29	0,27	0,29	0,28	0,85	0,85	0,86	0,86
2009	0,37	0,35	0,36	0,36	0,75	0,74	0,75	0,75
Hata Par.	Bias (m/s)				RMSE (m/s)			
Yıl	OPER. 1	OPER. 2	Uzaklık A.	Alansal A.	OPER. 1	OPER. 2	Uzaklık A.	Alansal A.
2006	1,14	0,81	1,07	1,02	1,99	1,84	1,95	1,92
2007	1,24	0,97	1,18	1,14	2,34	2,22	2,30	2,28
2008	1,29	1,01	1,23	1,19	2,05	1,91	2,01	1,98
2009	1,48	1,21	1,43	1,39	2,41	2,28	2,37	2,35

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Recep Emre ÇAKMAK  
Doğum Yeri ve Tarihi : Ankara 1988  
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu  
Lise : Ümitköy Anadolu Lisesi, 2006  
Lisans : İstanbul Teknik Üniversitesi, 2012

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Uludağ Üniversitesi-Fen Bilimleri Enstitüsü, 2015  
Araştırma Görevlisi

İletişim (e-posta) : remrecakmak@uludag.edu.tr

