

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KIYI SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ AÇISINDAN
İZMİR KÖRFEZİNİN OŞİNOGRAFİK
ÖZELLİKLERİNİN SAYISAL MODELLENMESİ

Doğuş Onur BAYRAM

Ekim 2023
İZMİR

KIYI SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ AÇISINDAN İZMİR KÖRFEZİNİN OŞİNOGRAFİK ÖZELLİKLERİNİN SAYISAL MODELLENMESİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Doktora Tezi

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Hidrolik, Hidroloji ve Su Kaynakları

Doktora Programı

Doğuş Onur BAYRAM

Ekim 2023

İZMİR

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

DOĞUŞ ONUR BAYRAM tarafından **PROF. DR. MUSTAFA DOĞAN** yönetiminde hazırlanan “**KIYI SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ AÇISINDAN İZMİR KÖRFEZİNİN OŞİNOGRAFIK ÖZELLİKLERİNİN SAYISAL MODELLENMESİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mustafa DOĞAN

Danışman

Prof. Dr. Hülya BOYACIOĞLU

Tez İzleme Komitesi Üyesi

Doç. Dr. Ayşegül ÖZGENÇ AKSOY

Tez İzleme Komitesi Üyesi

Prof. Dr. Mehmet Ali YURDUSEV

Jüri Üyesi

Doç Dr. Erman ÜLKER

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Okan FISTIKOĞLU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Bu doktora tezi Yüksek Öğretim Kurumu - YÖK 100/2000 Doktora Bursları Programı kapsamında, Sürdürülebilir Akıllı Kentler başlığı altında desteklenmiştir. Katkılarından dolayı tez danışmanım Prof. Dr. Mustafa Doğan'a, tez izleme komite üyeleri Prof. Dr. Hülya Boyacıoğlu ve Doç. Dr. Ayşegül Özgenç Aksoy'a, Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü emekli öğretim üyesi Prof. Dr. Yalçın Arısoy'a ve Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri Enstitüsü öğretim üyesi Prof. Dr. Şükrü Beşiktepe'ye teşekkür ederim.

Doğuş Onur BAYRAM



KIYI SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ AÇISINDAN İZMİR KÖRFEZİNİN OŞİNOGRAFIK ÖZELLİKLERİNİN SAYISAL MODELLENMESİ

ÖZ

İzmir Körfezinin gelgit, atmosfer basıncı ve rüzgar etkileri altındaki deniz seviyesi ve hız değerlerinin değişimlerini zamana bağlı ve alansal olarak belirleyebilmek amacıyla açık kaynak kodlu Advanced Circulation Model (ADCIRC) modeli yardımıyla modelleme çalışması yapılmıştır. ADCIRC modelinin kaynak kodunun derlenerek yerel bir bilgisayara yüklenmesi, modelin çalışması için gerekli girdi dosyalarının hazırlanması, düzensiz hesap ızgarasının oluşturulması, açık sınır koşullarını temsil eden gelgit katsayıların belirlenmesi ve batimetri verilerinin elde edilmesi yine açık kaynak kodlu araçlar ve modeller ile yapılmıştır. Atmosfer basıncı ve rüzgar hızı verileri, hazırlanan Python kodu yardımıyla ERA5 veri tabanından elde edilmiştir. Elde edilen atmosferik veriler, Menteş, Pasaport ve Güzelbahçe istasyonlarında gözlenmiş veriler ile karşılaştırılmıştır. Modeli çalıştırmak için bulut tabanlı ve açık erişimli DesignSafe CI ortamı da kullanılmıştır. Farklı zaman aralıklarında ve periyotlarda simülasyonlar yapılarak elde edilen sonuçların görselleştirilmesi için açık kaynak kodlu görselleştirme araçları kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Modelleme, deniz, gelgit, İzmir, ADCIRC.

NUMERICAL MODELING OF OCEANOGRAPHIC CHARACTERISTICS OF İZMİR BAY IN TERMS OF COASTAL SUSTAINABILITY

ABSTRACT

A modeling study was conducted using the open-source Advanced Circulation Model (ADCIRC) to assess variations in sea level and velocity within Izmir Bay. These variations were analyzed in response to factors such as tides, atmospheric pressure, and wind, both temporally and spatially. The process involved compiling the source code of the ADCIRC model and deploying it on a local computer. The necessary input files were prepared, an unstructured model grid was established, tide coefficients for open boundary conditions were determined, and bathymetry data were collected—all accomplished using open-source tools and models. Atmospheric pressure and wind speed data were obtained from the ERA5 database with the assistance of a Python script. Subsequently, the obtained atmospheric data were compared with observations from Menteş, Pasaport, and Güzelbahçe stations. To run the model, the cloud-based, open-access DesignSafe CI environment was utilized. Finally, the simulation results obtained at various time intervals and periods were presented using open-source visualization tools.

Keywords: Modelling, sea, tide, İzmir, ADCIRC.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xv
BÖLÜM BİR - GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışma Alanı	1
1.2 Amaç	2
1.3 Kapsam	3
BÖLÜM İKİ - ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
BÖLÜM ÜÇ - YÖNTEM.....	37
3.1 ADCIRC (Advanced 3-D Circulation Model).....	37
3.1.1 Formülasyon	37
3.2 Düzensiz Hesap Ağı (Unstructured Grid) oluşturulması.....	41
3.2.1 “OceanMesh2D” MATLAB Programı	41
3.2.2 “M_Map” ve “nc_toolbox” MATLAB Modülleri.....	43
3.2.3 “GSHHS” Kıyı Çizgisi Verisi ve “SRTM15+V2.1 DEM” Verisi.....	44
3.2.4 Oceanmesh2D Parametrelerinin Belirlenmesi	45
3.2.5 “fort.14” Girdi Dosyasının Oluşturulması	45
3.3 Gelgit Parametrelerinin Belirlenmesi	48
3.3.1 “TMD Tide Toolbox” MATLAB Programı	49
3.3.2 “OSU TPXO-OTIS Regional Mediterranean” Gelgit Modeli	49
3.3.3 “tide_fac.f” Fortran Programıyla Nodal Parametrelerin Belirlenmesi	51
3.3.4 “fort.14” Dosyasında Açık Sınır Noktalarının Bulunması	52

3.3.5 Açık Sınır Noktalarında 8 Gelgit Bileşenine Ait Genlik ve Faz Değerlerinin Belirlenmesi	53
3.4 Model Yürütmesinde Kullanılan Girdi Dosyalarının Oluşturulması	56
3.4.1 Model Parametreleri ve Periyodik Sınır Koşulları Girdi Dosyası – fort.15	56
3.4.2 Meteorolojik Veri Girdi Dosyası – fort.22	65
3.5 ADCIRC Modelinin Kurulumu	65
3.5.1 Kaynak Klasörünün Edinilmesi	66
3.5.2 CCMAKE ile Çalıştırılabilir ADCIRC Bileşenleri Eldesi.....	66
3.5.3 Modelin Yürütülmesiyle İlgili Bilgiler	67
3.5.4 ADCIRC Modelinin DesignSafe-CI Ortamında Yürütülmesi.....	67
3.5.5 Sonuçların Görselleştirilmesi.....	68
BÖLÜM DÖRT – VERİ ANALİZİ	70
4.1 Meteorolojik Verilerin Elde Edilmesi	70
4.1.1 ERA5 Verilerine CDS Web Sitesi Üzerinden Erişim.....	71
4.1.2 ERA5 Verilerine CDSAPI Yazılımı Üzerinden Erişim.....	72
4.1.3 Gözlenmiş Veriler	74
4.2 Veri Analizinde Kullanılan Yöntemler.....	76
BÖLÜM BEŞ – BULGULAR VE KARŞILAŞTIRMA.....	78
5.1 Meteorolojik Veriler	78
5.2 Deniz Seviyesi Değişimleri.....	93
BÖLÜM ALTI – KIYI SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ DEĞERLENDİRMESİ....	101
BÖLÜM YEDİ - SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	105
KAYNAKLAR	107
EKLER.....	111
EK 1: Oceanmesh2D model parametreleri dosyası	111
EK 2: fort.14 girdi dosyasında açık sınır noktaları	112

EK 3: TMD model girdi dosyası	113
EK 4: TMD model çıktı dosyası	114
EK 5: fort.15 girdi dosyası	115
EK 6: fort.13 girdi dosyası	125
EK 7: CCMAKE ile ADCIRC model kurulumu	126
EK 8: ADCIRC model çalışması.....	127
EK 9: FigureGen Fortran kodu hata ayıklaması	128
EK 10: CDSAPI ile ERA5 verisi için Python kodu	130
EK 11: ERA5 verisi NETCDF özellikleri	131
EK 12: ERA5 verisi ile fort.22 girdi dosyası hazırlayan Python kodu.....	132
EK 13: NWS6_index.csv dosyası.....	134

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1 İzmir Körfezi model çalışma alanı.	1
Şekil 1.2 İzmir Körfezi model çalışma alanı.	2
Şekil 2.1 1-16 Temmuz 1989 dönemi için Menteş-İzmir'de gözlemlenen deniz seviyesi, tahmin edilen gelgitler ve gelgitsiz artıkların örnek kayıtları (Alpar ve Yüce, 1996).	4
Şekil 2.2 16 Nisan 1990 Saat 00:00'dan itibaren İzmir negatif atmosfer basıncı ve gelgit etkisinden arındırılmış deniz seviyeleri (Alpar ve Yüce, 1996).	5
Şekil 2.3 (a) CTD istasyonları ağı ve istasyonların konumu (b) İzmir Körfezi batimetrisi (c) körfezin bölümlere ayrılması (Ivanov vd, 1998).	7
Şekil 2.4 Ocak ayındaki ölçümlerde 0,5 m derinlik seviyesinde (a) sıcaklık ve (b) tuzluluk dağılımları; 13,5 m derinlik seviyesinde (c) sıcaklık ve (d) tuzluluk dağılımları (Ivanov vd, 1998).	8
Şekil 2.5 Farklı su özelliklerine sahip bölgeler ve İzmir Körfezi 5 m kontur aralıklı topografyası (üstte) ve bazı CTD istasyonlarının ve konuşlandırılan akım ölçerlerin konumları (altta) (Sayın, 2003).	9
Şekil 2.6 İzmir Körfezi'ndeki farklı bölgelerin ortalama sıcaklık değerleri (Sayın, 2003).	10
Şekil 2.7 İzmir Körfezi'ndeki farklı bölgelerin ortalama tuzluluk değerleri (Sayın, 2003).	10
Şekil 2.8 1994 ve 2003 yılları arasında İzmir Körfezi'ndeki su sütunu boyunca aylık ortalama sıcaklık (a), tuzluluk (b) ve yoğunluk (c) değerlerinin mevsimsel değişimi (Sayın, Pazı ve Eronat, 2006).	12
Şekil 2.9 (a) Rüzgar yoğunluğu ve yönü, (b) modelin Temmuz 2000 yoğunluk katmanlarına sahip barotropik akım modelleri (kuzey rüzgarı olması durumunda) (Sayın, Pazı ve Eronat, 2006).	12
Şekil 2.10 İzmir Körfezi Şubat 1997-2002 ışık geçirgenlik değerleri (Sayın vd, 2007).	13
Şekil 2.11 İzmir Körfezi Şubat 1997-2002 seiche disk derinlik değerleri (Sayın vd, 2007).	14

Şekil 2.12	28 Nisan 2011 İzmir Körfezi sıcaklık ve tuzluluk dağılımları (Beşiktepe vd, 2011).....	15
Şekil 2.13	Tuzluluk dağılımları üzerinde gösterilen model başlangıç alanları ve akıntı vektörleri (Beşiktepe vd, 2011).....	15
Şekil 2.14	İzmir körfezlerinin batimetrisi ve bölgeleri (Eronat ve Sayın, 2014).	16
Şekil 2.15	İzmir Körfezi dış körfez bölgesi (outer bay area) için sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk değişimlerinin yıllara ve derinliğe göre değişimleri (Eronat ve Sayın, 2014).	16
Şekil 2.16	İzmir Körfezi orta körfez bölgesi (middle bay area) için sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk değişimlerinin yıllara ve derinliğe göre değişimleri (Eronat ve Sayın, 2014).....	17
Şekil 2.17	İzmir Körfezi Şubat 2011 yüzey sıcaklık dağılımı (Eronat, 2017)	18
Şekil 2.18	İzmir Körfezi Temmuz 2011 yüzey sıcaklık dağılımı (Eronat, 2017). ...	18
Şekil 2.19	İzmir Körfezi Şubat 2011 yüzey tuzluluk dağılımı (Eronat, 2017).....	19
Şekil 2.20	İzmir Körfezi Temmuz 2011 yüzey tuzluluk dağılımı (Eronat, 2017). ..	19
Şekil 2.21	İzmir Körfezi Şubat 2011 yüzey yoğunluk dağılımı (Eronat, 2017).....	20
Şekil 2.22	İzmir Körfezi Temmuz 2011 yüzey yoğunluk dağılımı (Eronat, 2017). ..	20
Şekil 2.23	İzmir Çiğli Meteoroloji İstasyonundan alınan 1993-2003 arası saatlik rüzgar verilerine göre çizilen rüzgar gülü ve rüzgar yönü dağılımları (Eronat, 2017).....	21
Şekil 2.24	Güneydoğu rüzgarı etkisi altındaki Şubat 2011 net akıntı deseni (Eronat, 2017).....	21
Şekil 2.25	Kuzey rüzgarı etkisi altındaki Şubat 2011 net akıntı deseni (Eronat, 2017).	22
Şekil 2.26	2000 yılından günümüze İzmir Körfezi çevresi için aylık ve yıllık rüzgar yönü, ortalama rüzgar hızı ve şiddeti (Sayın ve Eronat, 2018).	22
Şekil 2.27	Kış (üst) ve yaz (alt) dönemleri için termohalin ve rüzgar etkileri altındaki çevrinti durumu (Sayın ve Eronat, 2018).	23
Şekil 2.28	Kış (üst) ve yaz (alt) dönemlerinde Batı rüzgarları ve barotropik etkilerle çevrinti durumu (Sayın ve Eronat, 2018).	24
Şekil 2.29	Kış (üst) ve yaz (alt) dönemlerinde Doğu rüzgarları ve barotropik etkilerle çevrinti durumu (Sayın ve Eronat, 2018).	25

Şekil 2.30	Kış (üst) ve yaz (alt) dönemlerinde Kuzey rüzgarları ve barotropik etkilerle çevrinti durumu (Sayın ve Eronat, 2018).	26
Şekil 2.31	Kış (üst) ve yaz (alt) dönemlerinde Güney rüzgarları ve barotropik etkilerle çevrinti durumu (Sayın ve Eronat, 2018).	27
Şekil 2.32	Karadeniz batimetrisi ve şamandıra istasyonlarının konumları (Çalışır ve Akpınar, 2020).	28
Şekil 2.33	Gelendzhik (üst), Hopa (orta) ve Sinop (alt) istasyonları - SWAN modeli ile zamana bağlı belirgin dalga yükseklikleri (Çalışır ve Akpınar, 2020). .	29
Şekil 2.34	Gelendzhik (üst), Hopa (orta) ve Sinop (alt) istasyonları - SWAN modeli ile zamana bağlı ortalama dalga periyotları (Çalışır ve Akpınar, 2020). 30	30
Şekil 2.35	SWAN model sonuçları saçılım diyagramları (Çalışır ve Akpınar, 2020).	30
Şekil 2.36	Çalışma alanı ve mareograf istasyonları (Yavuzdoğan ve Kayıkçı, 2021).	32
Şekil 2.37	Makine öğrenmesinde eğitim girdileri (Yavuzdoğan ve Kayıkçı, 2021)....	33
Şekil 2.38	Bodrum istasyonu ÇDR algoritması tahmin verileri (Yavuzdoğan ve Kayıkçı, 2021).	33
Şekil 2.39	Menteş istasyonu ÇDR algoritması tahmin verileri (Yavuzdoğan ve Kayıkçı, 2021).	34
Şekil 2.40	Bodrum istasyonu DVR algoritması tahmin verileri (Yavuzdoğan ve Kayıkçı, 2021).	34
Şekil 2.41	Menteş istasyonu DVR algoritması tahmin verileri (Yavuzdoğan ve Kayıkçı, 2021).	35
Şekil 2.42	Bodrum istasyonu ROR algoritması tahmin verileri (Yavuzdoğan ve Kayıkçı, 2021).	35
Şekil 2.43	Menteş istasyonu ROR algoritması tahmin verileri (Yavuzdoğan ve Kayıkçı, 2021).	36
Şekil 2.44	Tüm makine öğrenimi algoritmalarının tahmin performansı karşılaştırmaları (Yavuzdoğan ve Kayıkçı, 2021).	36
Şekil 3.1	GSHHS Full (f) verisi kullanılarak elde edilen kıyı çizgisi verisi.	44

Şekil 3.2	SRTM15+ veri bölgeleri.	45
Şekil 3.3	OceanMesh2D – MATLAB ile hesap ağı görselleştirme.	47
Şekil 3.4	OceanMesh2D ile model bölgesi batimetrisi görselleştirme.....	47
Şekil 3.5	Hesap ağı geometrik eleman kalitesi qE grafiği.....	47
Şekil 3.6	BlueKenue ile hesap ağı görselleştirme.	48
Şekil 3.7	BlueKenue ile model bölgesi batimetrisi görselleştirme.....	48
Şekil 3.8	TMD Tidal Model Driver Grafik Arayüzü.	49
Şekil 3.9	“OSU TPXO-OTIS Regional Mediterranean” Gelgit Modeli Özellikleri	51
Şekil 3.10	Açık sınır noktalarının TMD arayüzü üzerindeki görüntüsü.	53
Şekil 3.11	Çalıştırılabilir ADCIRC dosyaları.....	66
Şekil 3.12	DesignSafe-CI logosu.	67
Şekil 3.13	DesignSafe CI ortamında ADCIRC sürümü ve süper bilgisayar seçimi. 68	
Şekil 3.14	“TopoBlueGreen.pal” adlı renk paleti dosyası.....	69
Şekil 3.15	“TopoBlueGreen.txt” adlı kontur dosyası.....	69
Şekil 4.1	CDS üzerinde veri türlerinin seçilmesi.	71
Şekil 4.2	Verilerin uzamsal sınırlarının seçilmesi.....	71
Şekil 4.3	Verilerin tarih ve saatlerinin seçilmesi.....	72
Şekil 4.4	“cdsapi” UID ve API KEY değerleri	72
Şekil 4.5	Gözlem İstasyonlarına Ait Bilgiler.	74
Şekil 4.6	Menteş İstasyonu.....	75
Şekil 4.7	Güzelbahçe İstasyonu.....	75
Şekil 4.8	Pasaport İstasyonu.....	75
Şekil 5.1	Zamana bağlı rüzgar hızı – Mentesh ist. Haziran 2017.....	81
Şekil 5.2	Zamana bağlı rüzgar hızı – Pasaport ist. Haziran 2017.....	81
Şekil 5.3	Zamana bağlı rüzgar hızı – Güzelbahçe ist. Haziran 2017.	81
Şekil 5.4	Rüzgar hızı saçılım diyagramı – Mentesh ist. Haziran 2017	82
Şekil 5.5	Rüzgar hızı saçılım diyagramı – Pasaport ist. Haziran 2017	82
Şekil 5.6	Rüzgar hızı saçılım diyagramı – Güzelbahçe ist. Haziran 2017	82
Şekil 5.7	Zamana bağlı rüzgar hızı – Mentesh ist. Eylül 2017.....	83
Şekil 5.8	Zamana bağlı rüzgar hızı – Pasaport ist. Eylül 2017.....	83
Şekil 5.9	Zamana bağlı rüzgar hızı – Güzelbahçe ist. Eylül 2017	83

Şekil 5.10	Rüzgar hızı saçılım diyagramı – Menteş ist. Eylül 2017.	84
Şekil 5.11	Rüzgar hızı saçılım diyagramı –Pasaport ist. Eylül 2017.	84
Şekil 5.12	Rüzgar hızı saçılım diyagramı – Güzelbahçe ist. Eylül 2017.	84
Şekil 5.13	Zamana bağlı rüzgar hızı – Menteş ist. Mart 2018.	85
Şekil 5.14	Zamana bağlı rüzgar hızı – Pasaport ist. Mart 2018.	85
Şekil 5.15	Zamana bağlı rüzgar hızı – Güzelbahçe ist. Mart 2018.	85
Şekil 5.16	Rüzgar hızı saçılım diyagramı – Menteş ist. Mart 2018.	86
Şekil 5.17	Rüzgar hızı saçılım diyagramı – Pasaport ist. Mart 2018.	86
Şekil 5.18	Rüzgar hızı saçılım diyagramı – Güzelbahçe ist. Mart 2018.	86
Şekil 5.19	Zamana bağlı atmosfer basıncı – Menteş ist. Haziran 2017.	87
Şekil 5.20	Zamana bağlı atmosfer basıncı – Pasaport ist. Haziran 2017.	87
Şekil 5.21	Zamana bağlı atmosfer basıncı – Güzelbahçe ist. Haziran 2017.	87
Şekil 5.22	Atmosfer basıncı saçılım diyagramı – Menteş ist. Haziran 2017.	88
Şekil 5.23	Atmosfer basıncı saçılım diyagramı – Pasaport ist. Haziran 2017.	88
Şekil 5.24	Atmosfer basıncı saçılım diyagramı – Güzelbahçe ist. Haziran 2017. ...	88
Şekil 5.25	Zamana bağlı atmosfer basıncı – Menteş ist. Eylül 2017.	89
Şekil 5.26	Zamana bağlı atmosfer basıncı – Pasaport ist. Eylül 2017.	89
Şekil 5.27	Zamana bağlı atmosfer basıncı – Güzelbahçe ist. Eylül 2017.	89
Şekil 5.28	Atmosfer basıncı saçılım diyagramı – Menteş ist. Eylül 2017.	90
Şekil 5.29	Atmosfer basıncı saçılım diyagramı – Pasaport ist. Eylül 2017.	90
Şekil 5.30	Atmosfer basıncı saçılım diyagramı – Güzelbahçe ist. Eylül 2017.	90
Şekil 5.31	Zamana bağlı atmosfer basıncı – Menteş ist. Mart 2018.	91
Şekil 5.32	Zamana bağlı atmosfer basıncı – Pasaport ist. Mart 2018.	91
Şekil 5.33	Zamana bağlı atmosfer basıncı – Güzelbahçe ist. Mart 2018.	91
Şekil 5.34	Atmosfer basıncı saçılım diyagramı – Menteş ist. Mart 2018.	92
Şekil 5.35	Atmosfer basıncı saçılım diyagramı – Pasaport ist. Mart 2018.	92
Şekil 5.36	Atmosfer basıncı saçılım diyagramı – Güzelbahçe ist. Mart 2018.	92
Şekil 5.37	Deniz seviyesi değişimi – Menteş ist. Haziran 2017.	94
Şekil 5.38	Deniz seviyesi değişimi – Pasaport ist. Haziran 2017.	94
Şekil 5.39	Deniz seviyesi değişimi – Güzelbahçe ist. Haziran 2017.	94
Şekil 5.40	Deniz seviyesi saçılım diyagramı – Menteş ist. Haziran 2017.	95
Şekil 5.41	Deniz seviyesi saçılım diyagramı – Pasaport ist. Haziran 2017.	95

Şekil 5.42	Deniz seviyesi saçılım diyagramı – Güzelbahçe ist. Haziran 2017.	95
Şekil 5.43	Deniz seviyesi değişimi – Menteş ist. Eylül 2017.	96
Şekil 5.44	Deniz seviyesi değişimi – Pasaport ist. Eylül 2017.	96
Şekil 5.45	Deniz seviyesi değişimi – Güzelbahçe ist. Eylül 2017.	96
Şekil 5.46	Deniz seviyesi saçılım diyagramı – Menteş ist. Eylül 2017.	97
Şekil 5.47	Deniz seviyesi saçılım diyagramı – Pasaport ist. Eylül 2017.	97
Şekil 5.48	Deniz seviyesi saçılım diyagramı – Güzelbahçe ist. Eylül 2017.	97
Şekil 5.49	Deniz seviyesi değişimi – Menteş ist. Mart 2018.	98
Şekil 5.50	Deniz seviyesi değişimi – Pasaport ist. Mart 2018.	98
Şekil 5.51	Deniz seviyesi değişimi – Güzelbahçe ist. Mart 2018.	98
Şekil 5.52	Deniz seviyesi saçılım diyagramı – Menteş ist. Mart 2018.	99
Şekil 5.53	Deniz seviyesi saçılım diyagramı – Pasaport ist. Mart 2018.	99
Şekil 5.54	Deniz seviyesi saçılım diyagramı – Güzelbahçe ist. Mart 2018.	99
Şekil 5.55	Maksimum deniz seviyesi değişimi – Haziran 2017.....	100
Şekil 5.56	Maksimum deniz seviyesi değişimi – Eylül 2017.....	100
Şekil 5.57	Maksimum deniz seviyesi değişimi – Mart 2018.	100
Şekil 6.1	Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri.	101
Şekil 6.2	Mavi Büyüme (BLUEMED).....	103

TABLÖLAR LİSTESİ

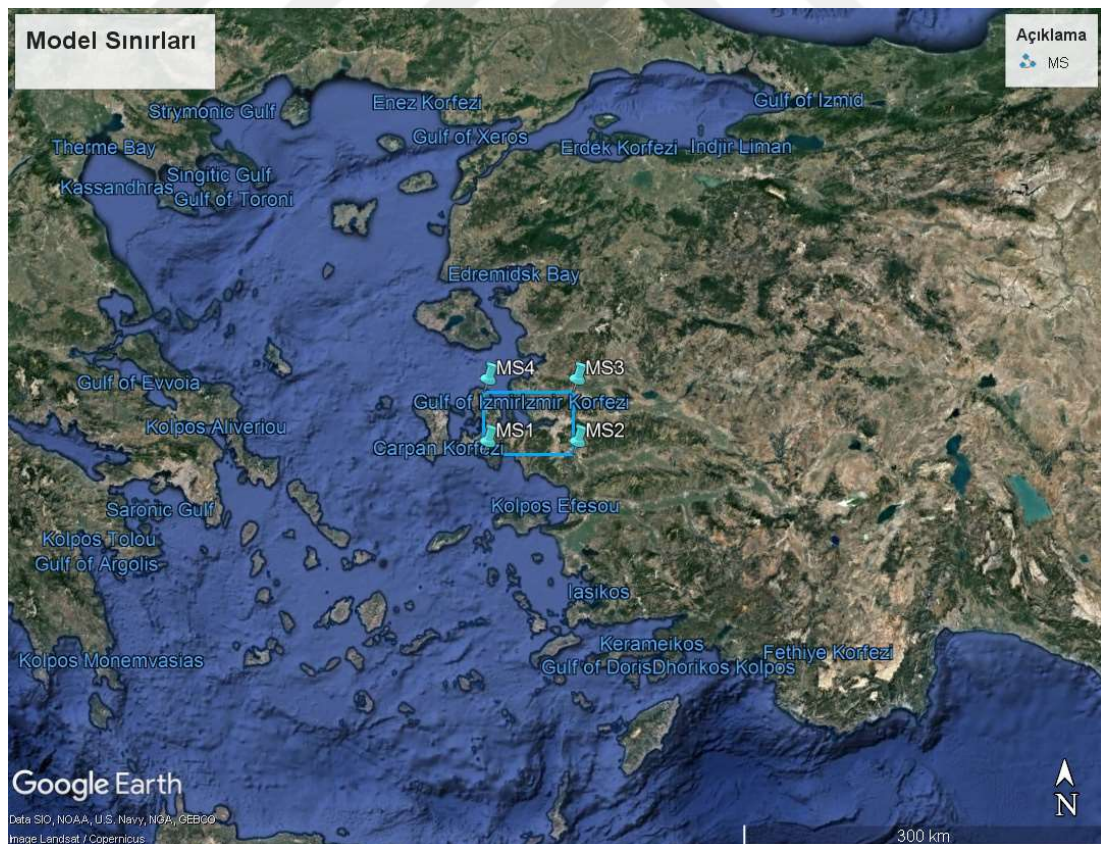
	Sayfa
Tablo 2.1 Doğu Ege Denizi ve Antalya'da bulunan istasyonlar için gelgit harmonik bileşenleri (cm olarak genlikler) (Alpar ve Yüce, 1996).	5
Tablo 2.2 Rüzgar etkisinde gerçekleştirilecek olan simülasyon için model parametreleri (Sayın ve Eronat, 2018).	23
Tablo 2.3 SWAN model sonuçları için hata istatistikleri (belirgin dalga yüksekliği ve ortalama dalga periyodu için) (Çalışır ve Akpınar, 2020).	31
Tablo 3.1 Majör 8 gelgit bileşenine ait bilgiler.	53
Tablo 3.2 ADCIRC için tavsiye edilen gelgit potansiyeli değerleri (Luetlich ve Westerink, 2000).	55
Tablo 3.3 Gelgit bileşenlerine ait frekans değerleri (Mukai vd., 2001).	56
Tablo 4.1 ERA5 veri özellikleri.	70

BÖLÜM BİR

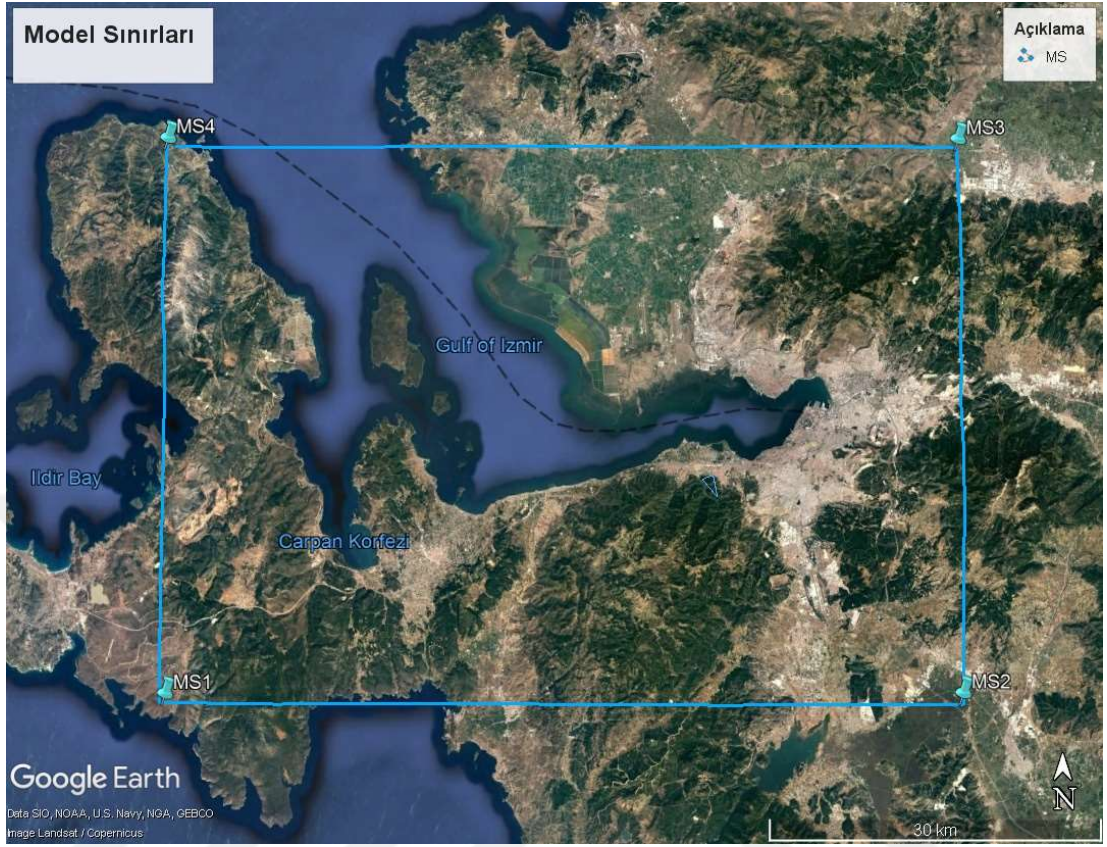
GİRİŞ

1.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı İzmir Körfezinin orta ve iç kesimini içine alacak şekilde, kuzeyde Karaburun – Foça limanı hattına yakın bölgede bulunan açık deniz sınırı, güneyde İzmir Urla İçmeler bölgesi, batıda Karaburun’dan başlayıp Balıklıova – Urla hattında uzanan tüm Batı sahilini ve doğuda ise iç körfezin doğal sınırı olan Bayraklı bölgesini kapsamaktadır. Burada çalışma alanının belirlendiği coğrafi sınırların koordinatları, 26.479° – 27.3° Doğu Meridyenleri ile 38.649° – 38.2° Kuzey Paralelleridir. Model alanının çalışma projeksiyonu UTM Z35 - WGS 84 datumu şeklindedir. Belirlenen bu sınırlar yardımıyla, düzensiz hesap ızgarası modeli oluşturulmuştur. Belirlenen alan içerisindeki kıyı çizgisini ve açık deniz sınırlarını algılayarak düzensiz hesap ızgarasını oluşturan Oceanmesh2D yazılımında kullanılmak üzere belirlenen çalışma alanı, Şekil 1.1 ve Şekil 1.2’de gösterilmiştir.



Şekil 1.1 İzmir Körfezi model çalışma alanı.



Şekil 1.2 İzmir Körfezi model çalışma alanı.

1.2 Amaç

Küresel ısınma, iklim değişiklikleri ve diğer nedenlerle deniz seviyelerinde ve deniz özelliklerinde meydana gelen değişikliklerin izlenmesi ve modellenmesi denizlerin ve şehirlerin sürdürülebilirliği açısından önem kazanmıştır. Gelgitler ve meteorolojik kuvvetler, denizlerde meydana gelen değişiklikler üzerindeki ana etkiler ve deniz modellemesinde ana konulardır (Hendershott, 1981). Gelgitler, okyanus sularında güneşin ve ayın yerçekimi kuvvetleri tarafından üretilen uzun periyotlu dalgalardır. Rüzgar hızı, yönü ve atmosfer basıncı da deniz seviyesinde değişimlere ve su hareketlerine neden olmaktadır. Bu koşulların zamansal ve alansal değişimlerini göz önüne alarak yapılacak deniz modellemeleri yardımıyla öngörülen senaryolar dahilinde deniz davranışının incelebilmesi, hesaplamalar yapılabilmesi ve karar

alıcıların gelecek projeksiyonları yapabilmesi adına veri sağlanması, özellikle kritik konumda bulunan, kıyıya yakın bölgeler için mümkün olabilmektedir.

Bu tez çalışmasında gerçekleştirilen modelleme çalışmasında, önceki çalışmaların ışığında ve bu çalışmalarda kullanılan yöntemlerden farklı olarak ADCIRC modelinin İzmir Körfezi özelinde kurgulanması yoluyla deniz seviyelerinin hesaplanmasında yeni bir model ve hesaplama metodu uygulanmıştır. Gelgit parametrelerinin hesaplandığı TPXO Model-Med'in kullanılmasının yanı sıra atmosfer basıncı ve rüzgar verilerinin gerçek zamanlı olarak modele girdi olarak sağlanması ve bu yolla zamana bağlı su seviyesi değişimlerinin hesaplanması da ADCIRC modeliyle mümkün olmaktadır ve İzmir Körfezi için tez kapsamında bu altyapı oluşturulmuştur. ERA5 veri setinden indirilen verileri kullanarak doğrudan ADCIRC modeline uygun formatta girdi dosyası oluşturabilen bir Python kodu da bu tez çalışmasına özel olarak oluşturulmuştur.

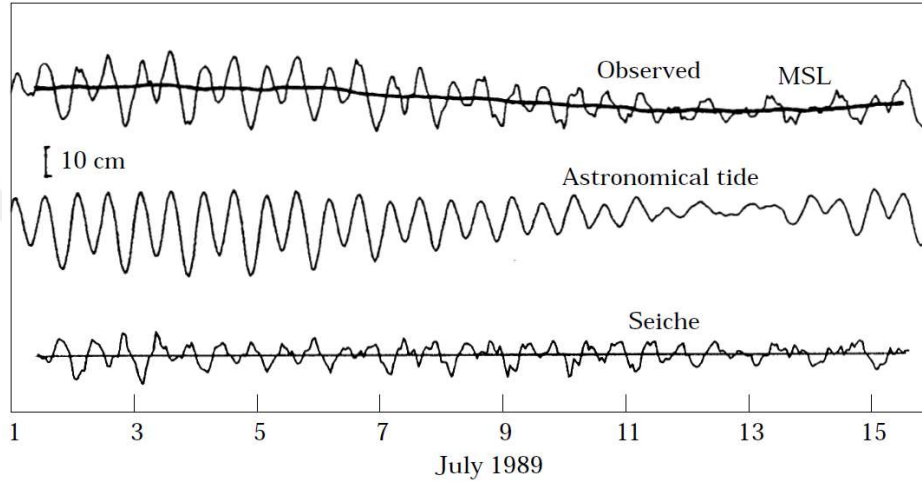
1.3 Kapsam

Tez kapsamında TPXO modeli kullanılarak açık sınır noktaları için elde edilen 8 gelgit bileşeni (K1, K2, M2, N2, O1, P1, Q1, S2) için genlik (amplitude) ve faz (phase) değerleri, tidefac.f FORTRAN yazılımı yardımıyla belirli zaman aralıkları için elde edilen nodal gelgit parametreleri, ERA5 veri tabanından alınan rüzgar ve atmosfer basıncı verileri İzmir Körfezinde yer alan Menteş, Güzelbahçe ve Pasaport gözlem istasyonlarından alınan deniz seviyesi, rüzgar yönü, rüzgar şiddeti ve atmosfer basıncı verileri ile karşılaştırılıp ADCIRC modeli girdi dosyaları oluşumunda kullanılarak gerçekleştirilen simülasyonlar ile zamana bağlı olarak deniz seviyeleri hesaplanmış ve gözlenmiş verilerle karşılaştırılmıştır.

BÖLÜM İKİ

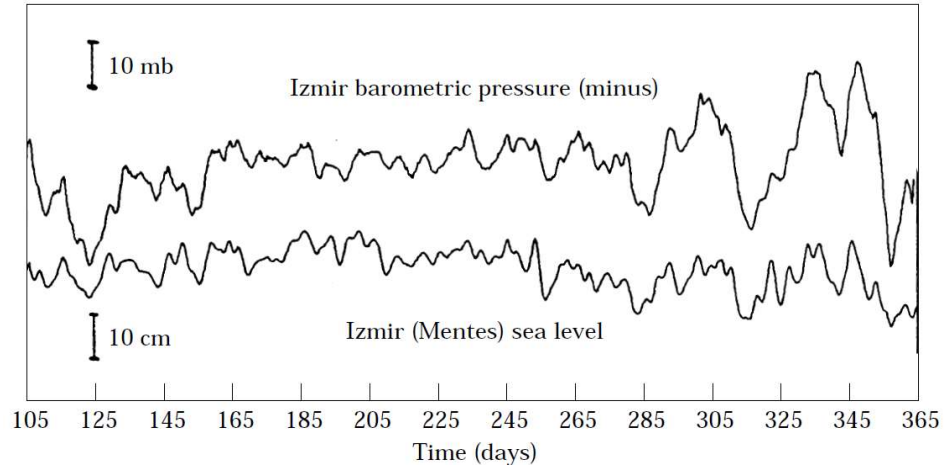
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Alpar ve Yüce (1996) Ege Denizi'nin doğu kıyılarında deniz seviyesi değişimlerini incelemek amacıyla, Bozcaada, İzmir ve Bodrum gözlem istasyonlarından elde edilen verilerin zaman serilerini incelemişlerdir ve İzmir'den gelen gelgit altı su seviyesi verilerini, yerel barometrik basınç ve gözlemlenen rüzgar açısından analiz etmişlerdir. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre Ege Denizi'nin doğu kıyısından elde edilen deniz seviyesi kayıtları, bölgenin düşük gelgit genliğine sahip olduğunu göstermektedir. Örneğin, Doğu Ege Denizi kıyısının orta kesiminde yer alan Menteş (İzmir) gelgit göstergesinden alınan veriler, uzun dönemli salınımların üzerine bindirilmiş küçük genlikli gelgitli ve gelgitsiz dalgalanmaları göstermektedir (Bkz. Şekil 2.1).



Şekil 2.1 1-16 Temmuz 1989 dönemi için Menteş-İzmir'de gözlemlenen deniz seviyesi, tahmin edilen gelgitler ve gelgitsiz artıkların örnek kayıtları (Alpar ve Yüce, 1996).

Ayrıca Menteş - İzmir istasyonu için atmosfer basıncı ve rüzgar bileşenlerine göre, gelgit etkisinden arındırılmış deniz seviyelerinin belirlenmesi için bir nicel analiz yapılmıştır (Bkz Şekil 2.2).



Şekil 2.2 16 Nisan 1990 Saat 00:00'dan itibaren İzmir negatif atmosfer basıncı ve gelgit etkisinden arındırılmış deniz seviyeleri (Alpar ve Yüce, 1996).

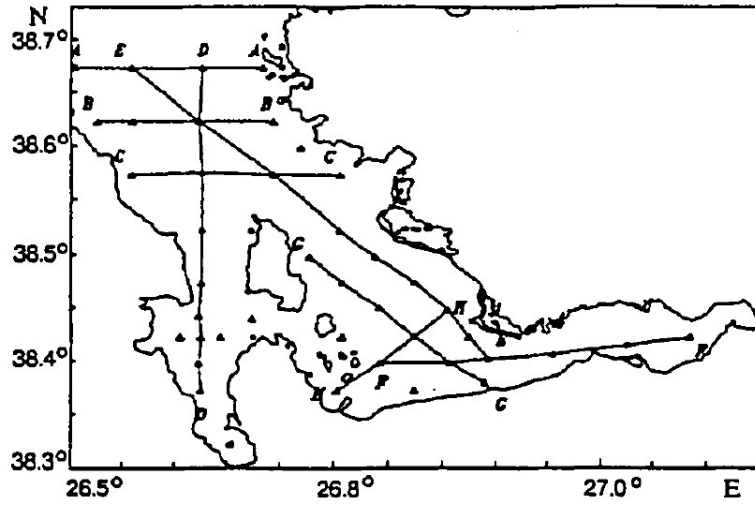
Harmonik bileşenleri hesaplamak için tüm istasyonlardan alınan 1 yıllık periyodun güvenilir verilerine lineer en küçük kareler gelgit analizi (Caldwell, 1991) uygulanmış ve M₂, S₂, K₁, O₁ ana bileşenlerinin genlikleri (yarı-günlük ay, yarı-güneş, tek-ay günlük ve ana ay günlük), ortalama yay aralıkları, ortalama hafif (gelgit) aralıkları ve form sayıları (Defant, 1961) hesaplanmıştır (Bkz. Tablo 2.1).

Tablo 2.1 Doğu Ege Denizi ve Antalya'da bulunan istasyonlar için gelgit harmonik bileşenleri (cm olarak genlikler) (Alpar ve Yüce, 1996).

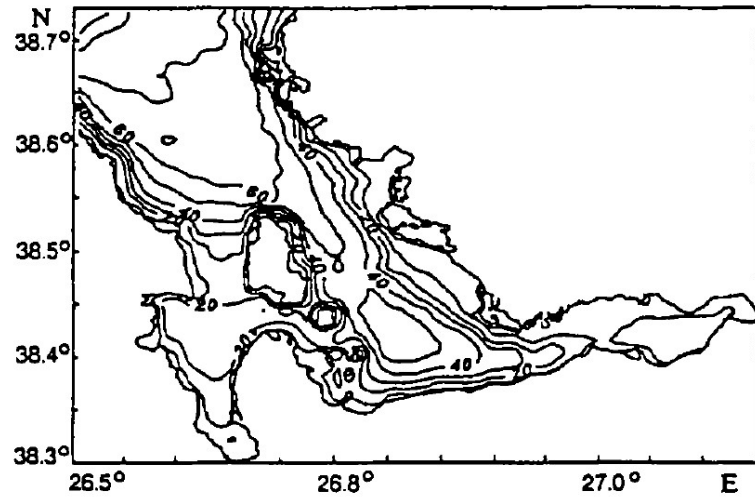
Station	M ₂	S ₂	K ₁	O ₁	Mean spring range	Mean neap range	Form number
Bozcaada	6.3 119	3.9 139	2.4 4	1.3 338	20.3	4.8	0.365
Karşıyaka	5.1 113	3.7 130	2.5 365	1.3 329	17.4	2.8	0.441
Mentes	5.2 118	3.3 142	2.4 359	1.3 334	17.0	3.8	0.431
Bodrum	3.4 69	2.6 98	2.0 41	1.0 356	11.3	2.3	0.523
Antalya	6.9 281	4.3 298	2.5 317	1.5 287	22.6	5.2	0.350

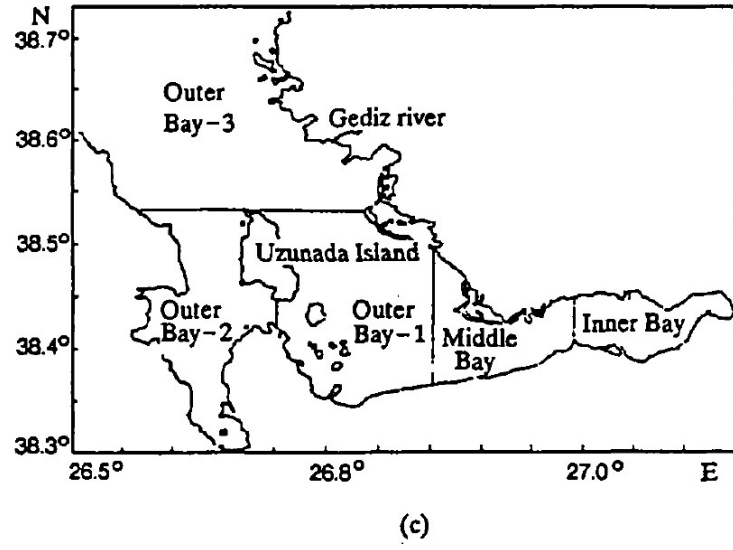
Ivanov vd. (1998) İzmir Körfezi'ndeki suların termohalin yapısı ve dinamiklerini araştırmak üzere gözlem ve modelleme çalışması yapmışlardır. 1994' yılında, İzmir

Körfezi'nde üç CTD araştırması, Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojileri Enstitüsü'ne ait Piri Reis gemisinde gerçekleştirilmiştir. 3 araştırmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Kullanılan ölçüm problemleri Ukrayna Ulusal Bilimler Akademisi'ne bağlı Deniz Hidrofizik Enstitüsü'nde tasarlanıp üretilmiştir. CTD ağı Şekil 2.3 (a)'da, İzmir Körfezi batimetrisi Şekil 2.3 (b)'de, genel olarak körfezin bölümlenmesi Şekil 2.3 (c)'deki gibidir. Ocak ayındaki ölçümlerde sırasında 0,5 m derinlik seviyesinde sıcaklık ve tuzluluk dağılımları sırasıyla Şekil 2.4 (a), (b)'deki gibi; 13,5 m derinlik seviyesinde sıcaklık ve tuzluluk dağılımları sırasıyla Şekil 2.4 (c), (d)'deki gibidir.

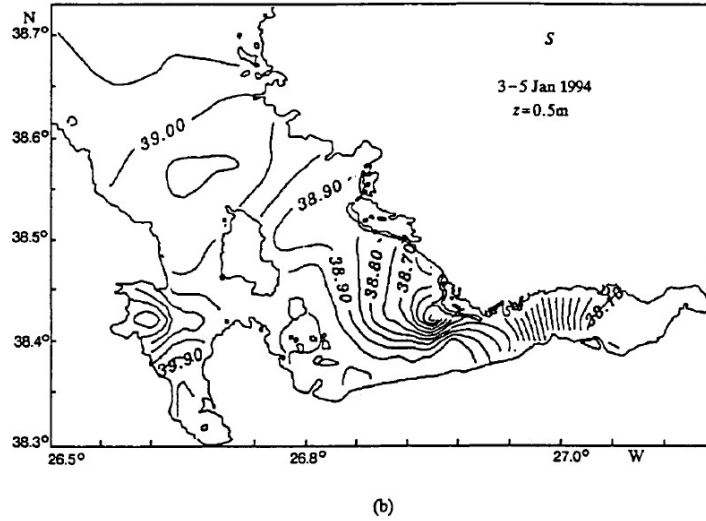
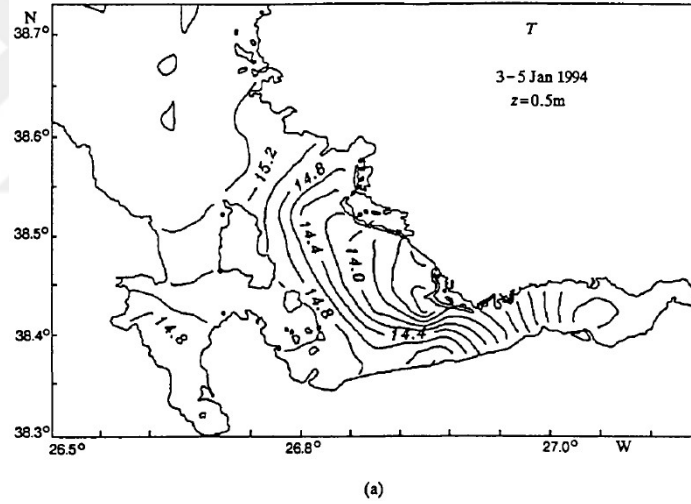


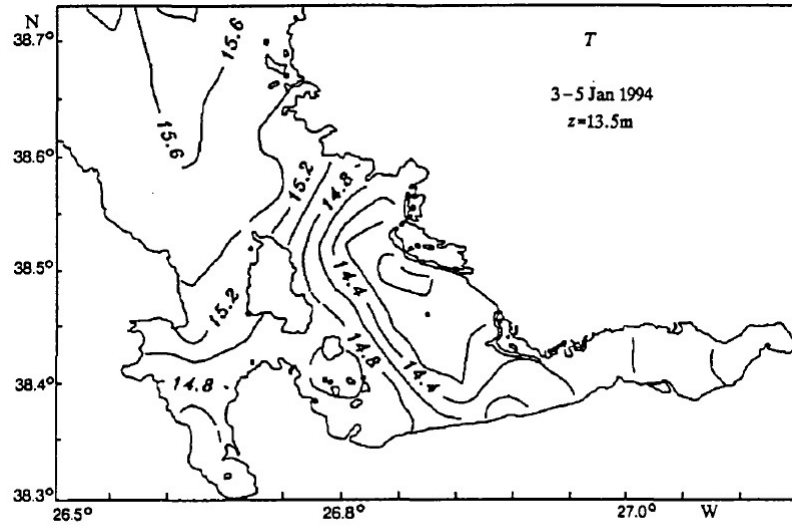
(a)



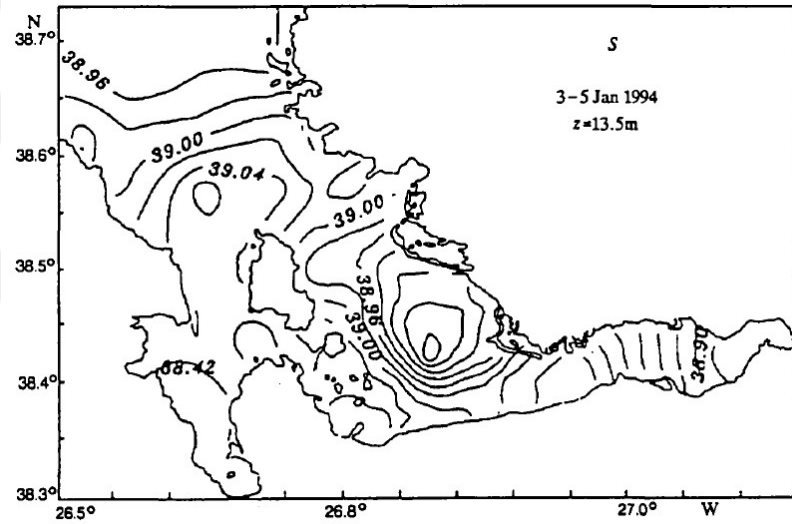


Şekil 2.3 (a) CTD istasyonları ağı ve istasyonların konumu (b) İzmir Körfezi batimetrisi (c) körfezin bölümlere ayrılması (Ivanov vd., 1998).





(c)

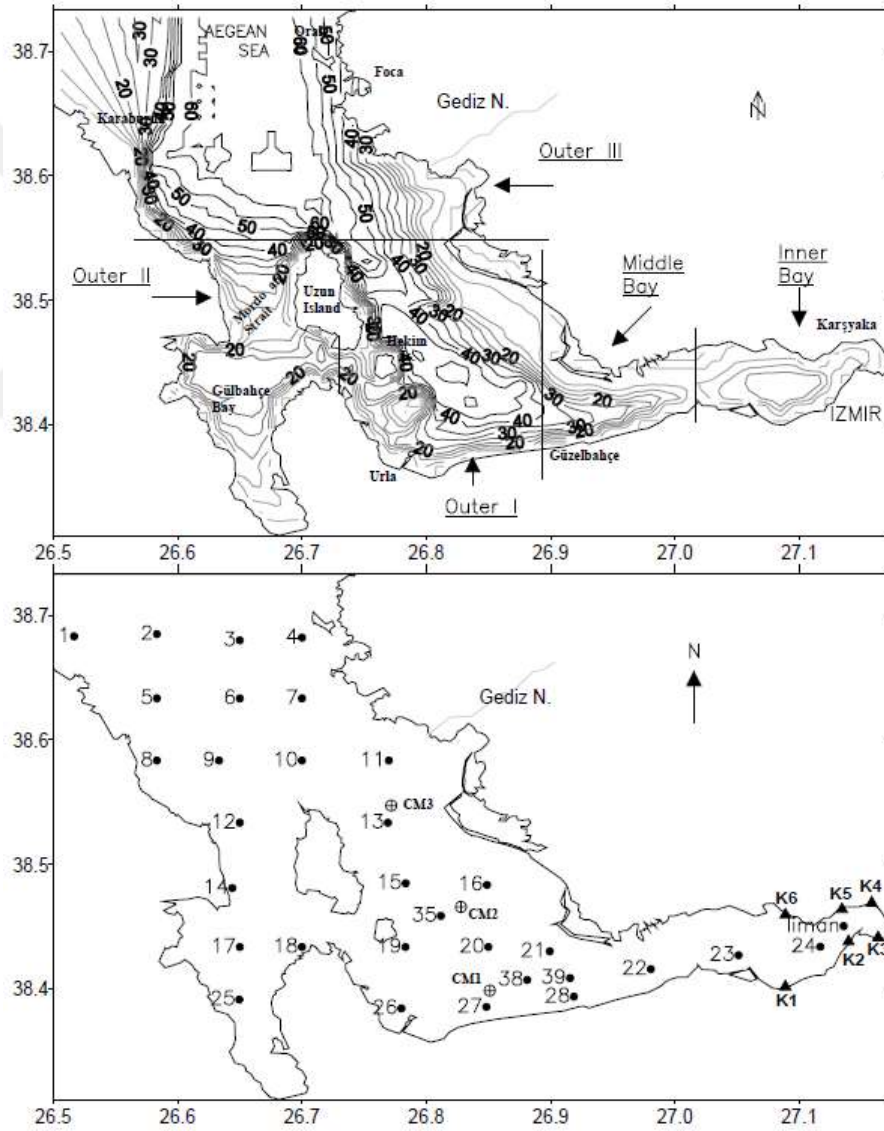


(d)

Şekil 2.4 Ocak ayındaki ölçümlerde 0,5 m derinlik seviyesinde (a) sıcaklık ve (b) tuzluluk dağılımları; 13,5 m derinlik seviyesinde (c) sıcaklık ve (d) tuzluluk dağılımları (Ivanov vd., 1998).

Sayın (2003) İzmir Körfezi'nin fiziksel özelliklerini incelemek amacıyla, uzun süreli izlemelerden elde edilen veri setlerine dayalı olarak, nümerik model yardımıyla su hareketi şablonlarının tespit edilmesi üzerine hesaplamalar yapmıştır. Körfezin ayrıldığı bölgeler ve CTD ölçüm noktaları Şekil 2.5'teki gibidir. Kışın yarı homojen olan sistem, körfezde ilkbahar sonundan sonbahar sonlarına kadar iki katmanlı bir sisteme dönüşür. Termohalin derinliği yazın 20 m'den sonbaharda 30-35 m'ye kadar değişmektedir. İç Körfez dışında, tuzluluk değerleri 39,12 psu civarındadır ve küçük

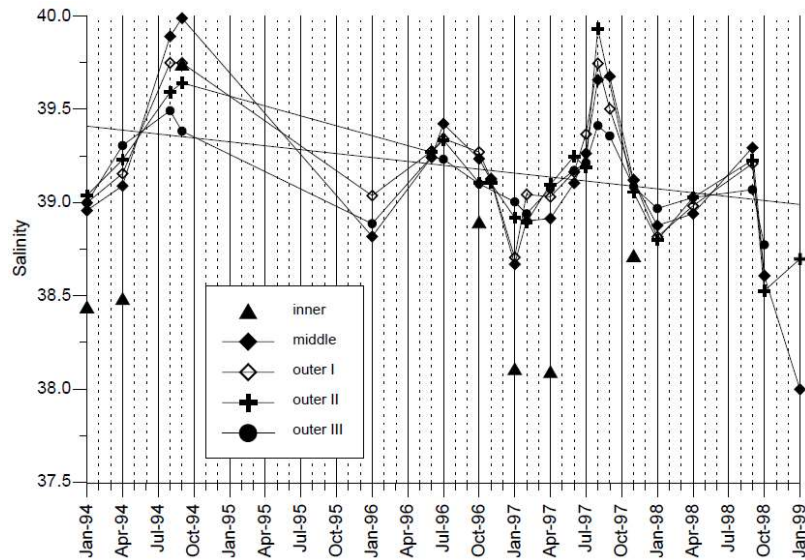
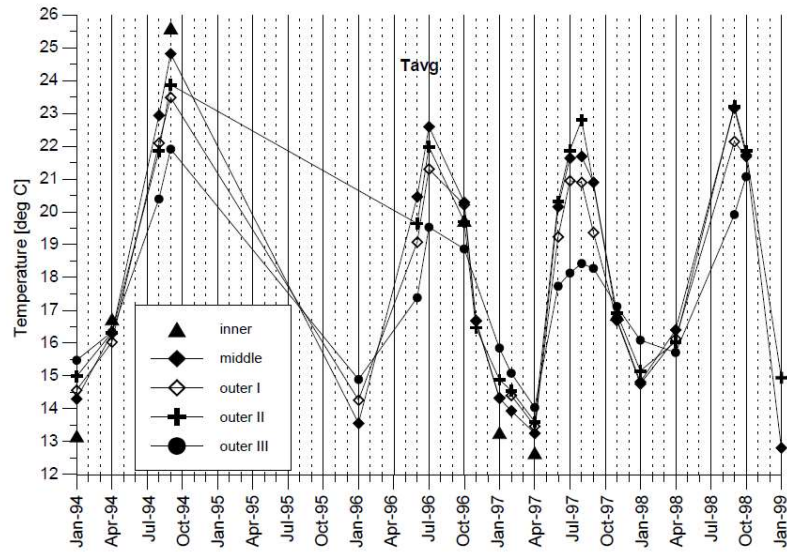
bir değişiklik göstermiştir (0,51 psu). En sık gözlenen sıcaklık değerleri kışın 16,0°C ve yazın 24,0° C'dir. Yaz mevsiminde deniz yüzeyi ile alt katmanlar arasındaki sıcaklık farkı yaklaşık 10° C'dir. Aynı sezonda iki kat arasında yoğunluk farkı yaklaşık $2,7 \text{ kg/m}^3$ 'tür. Ortalama sıcaklık değerleri kışın kademeli olarak artarken, İç Körfez'den Ege Denizi'ne doğru yaz aylarında azalır. Körfezin topoğrafyası, farklı bölgelerde farklı ısınma ve soğumaya zorlayarak önemli bir rol oynar, yani İç Körfez su sıcaklığı yazın artar ve kışın diğer bölgelerdeki sudan daha hızlı düşer. Buna karşılık, Dış III bölgesinde su yazın ısınır ve kışın diğer bölgelerdeki su ile karşılaştırıldığında daha yavaş soğur.



Şekil 2.5 Farklı su özelliklerine sahip bölgeler ve İzmir Körfezi 5 m kontur aralıklı topoğrafyası (üstte) ve bazı CTD istasyonlarının ve konuşlandırılan akım ölçerlerin konumları (altta) (Sayın, 2003).

Ege Denizi suyu, Dış ve İç Körfez suları olmak üzere üç ana su kütesinin yanı sıra, Körfez'de daha fazla araştırılması gereken başka seçkin su kütleleri de bulunmaktadır. Bunlardan biri Dış I bölgesine akan Gediz nehri tatlı suyu. Orta Ege Denizi bölgesi Dış I bölgesinin kıyılarına çok yakın olan tuz üretim alanlarının varlığı da İzmir Körfezi'nin su kütlesi dağılımını etkileyebilecek bir faktör olarak değerlendirilmektedir.

İzmir Körfezi'ndeki farklı bölgelerin ortalama sıcaklık ve tuzluluk oranlarının yıllar arası değişimleri sırasıyla Şekil 2.6 ve Şekil 2.7'deki gibidir.

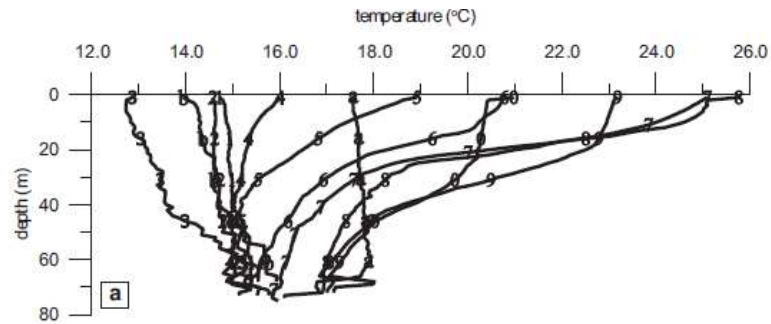


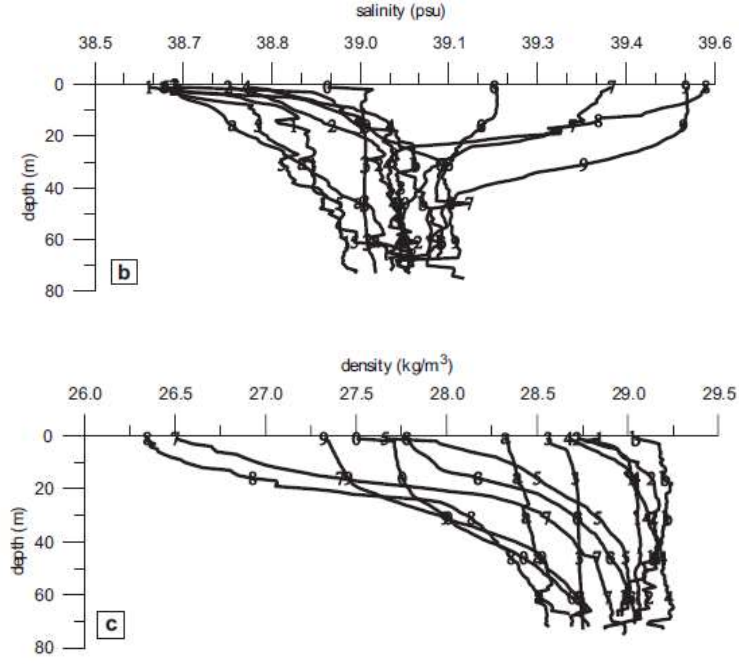
Sayın, Pazı ve Eronat (2006) 1994 ve 2003 yılları arasında toplanan veri setlerine dayanarak, yerel hidrografinin mevsimsel değişkenliğini keşfetmek ve su kütlelerini, bunların mevsimsel ve bölgesel değişimlerini İzmir Körfezi civarında araştırmak amacıyla, körfezdeki genel su hareketi özelliklerini Killworth Ocean General Circulation Model (OGCM) ile birlikte CTD veri analizi yöntemlerini kullanarak bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışma boyunca, İzmir Körfezi'nde üç ana su kütlelerinin var olduğu kabul edilmiştir: Bunlardan ikisi, Ege Denizi Suyu (DSW) ve İzmir Körfezi İç Suyu'dur (IBIW); bunlar çok belirgin su kütleleridir. İzmir Körfez Suyu (IBW) bu iki su kütlesi arasında oluşur ve çeşitli yerel etkiler altındadır. Gediz Nehri ve Tuzla'daki tuz üretim alanı, IBW'nin yüzey suyunu etkileyebilir.

İzmir Körfezi'ndeki sirkülasyonun en belirgin özelliği körfezin ortasında orta girdabın gelişmesidir. İzmir Körfezi sirkülasyonunun mekansal değişkenliğinin bir temsilini elde etmeye yönelik model yaklaşımı, esas olarak körfezde rüzgarla yönlendirilen sirkülasyonun bir sonucu olarak ortaya çıkan orta girdabın değerlendirilmesinde başarılı olmuştur.

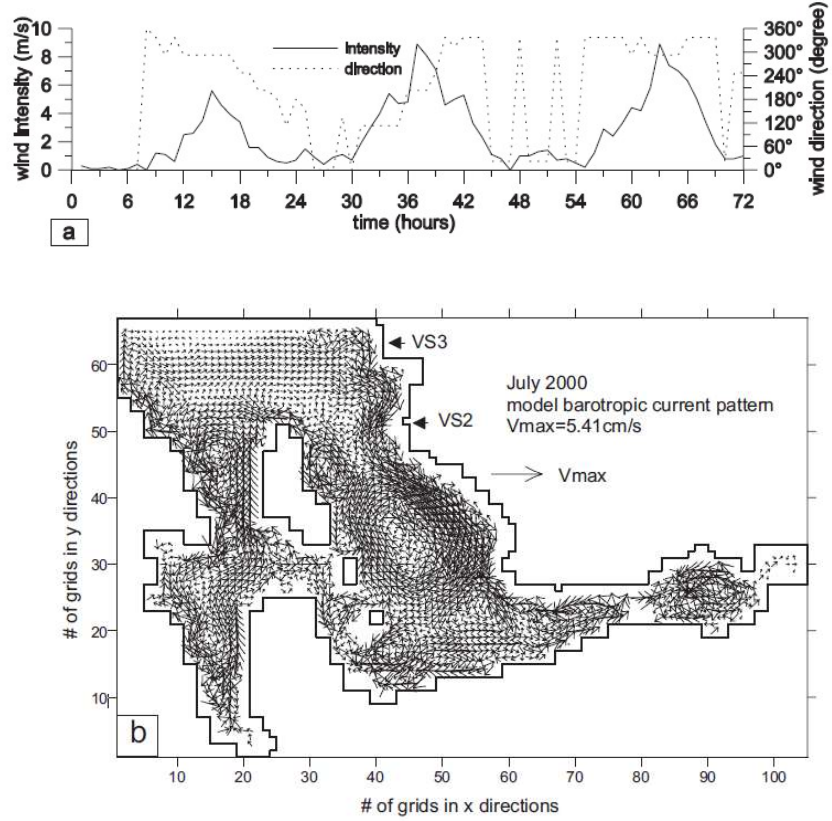
Güneyden esen rüzgarlar İzmir Körfezi'nin ortasında (Uzun Ada'nın güneydoğusunda) bir siklonik girdap oluştururken, kuzeyden esen rüzgarlar bir antisiklonik girdaba neden olur. İzmir Körfez bölgesi üzerinde hakim bir özellik olan kuzey yönünden esen rüzgarlar, güneyden kıyıya doğru barotropik akıntılar üretir.

1994 ve 2003 yılları arasında İzmir Körfezi'ndeki su sütunu boyunca aylık ortalama sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk değerlerinin mevsimsel değişimi sırasıyla Şekil 2.8 (a), (b) ve (c)'deki gibidir. Şekil 2.9 (a)'da rüzgar yoğunluğu ve yönü, (b)'de modelin Temmuz 2000 yoğunluk katmanlarına sahip barotropik akım modelleri verilmiştir.



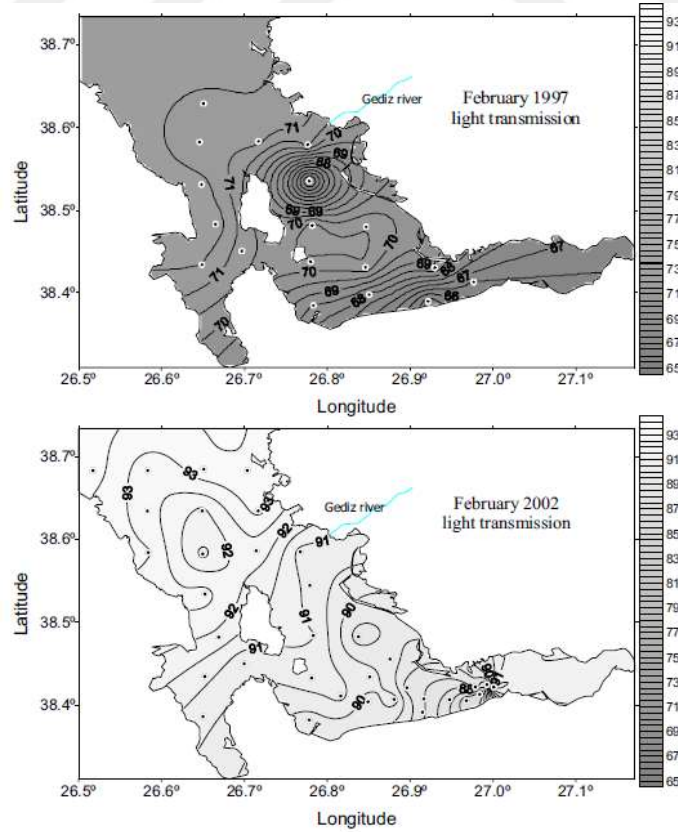


Şekil 2.8 1994 ve 2003 yılları arasında İzmir Körfezi'ndeki su sütunu boyunca aylık ortalama sıcaklık (a), tuzluluk (b) ve yoğunluk (c) değerlerinin mevsimsel değişimi (Sayın, Pazı ve Eronat, 2006).

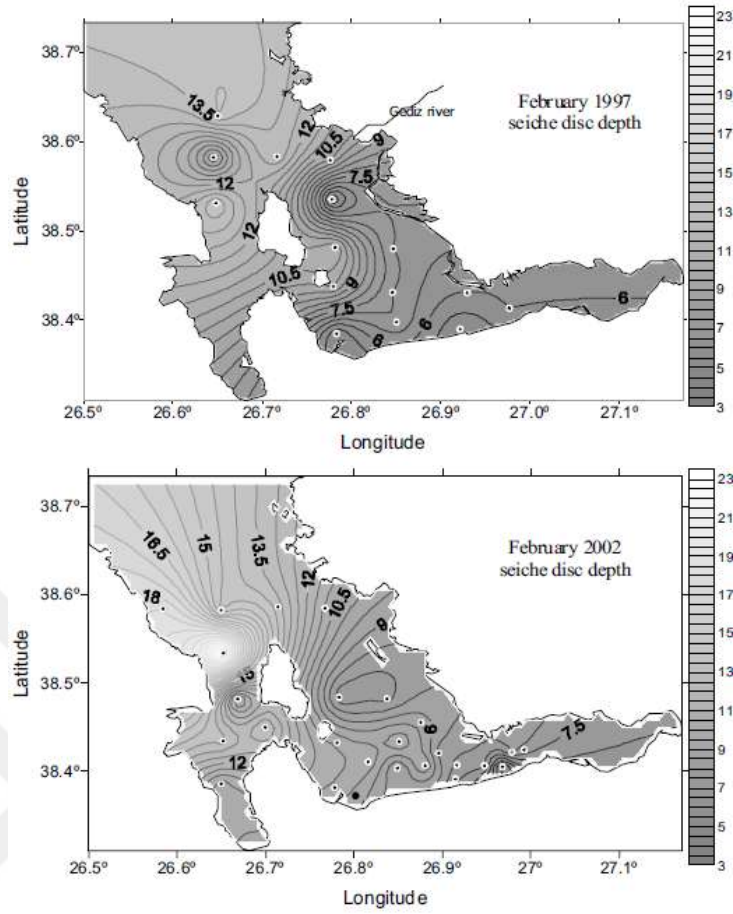


Şekil 2.9 (a) Rüzgar yoğunluğu ve yönü, (b) modelin Temmuz 2000 yoğunluk katmanlarına sahip barotropik akım modelleri (kuzey rüzgarı olması durumunda) (Sayın, Pazı ve Eronat, 2006).

Sayın vd. (2007) İzmir Körfezi'nin ışık geçirgenliği ve seki (seiche) disk derinliği üzerine bir çalışma yapmışlardır. İzmir Körfezi'ndeki bulanıklık, ışık geçirgenliği ve artık dalga derinliği değerleri kullanılarak analiz edilmiştir. Gözlenen seki disk derinliği ve ayrıca ışık geçirgenliği değerleri mevsimsel olarak değişmekle birlikte, İç Körfez ortamından Dış Körfez'e doğru artma eğilimi göstererek İç Körfez ortamında daha fazla bulanık su bulunduğunu göstermektedir. Atıksu arıtımından sonra Ocak 2000'den itibaren Orta Körfez'e kontrollü yüzey deşarjı başlamıştır. Ocak 2000'den sonra Körfez'de bulanıklığın genel olarak giderildiği hem ışık geçirgenlik değerlerinden hem de su yüzeyi salınımı değerlerinden açıkça görülmektedir. Bununla birlikte, su berraklığında iyileşme de gözlemlenmiştir. 2000 yılından sonra tüm derinliklerde ve tüm istasyonlarda su berraklığında devam eden iyileşme, iyileştirmelerin yalnızca atık su arıtımından kaynaklanmadığını, Ege Denizi'ndeki doğal etkilerden dolayı iyileşmiş olabileceğini düşündürmektedir. 2000 yılından önceki ve sonraki değerleri temsilen 1997 – 2002 Şubat aylarında ışık geçirgenliği karşılaştırması Şekil 2.10'da, seki disk derinlikleri karşılaştırması Şekil 2.11'de verilmiştir.



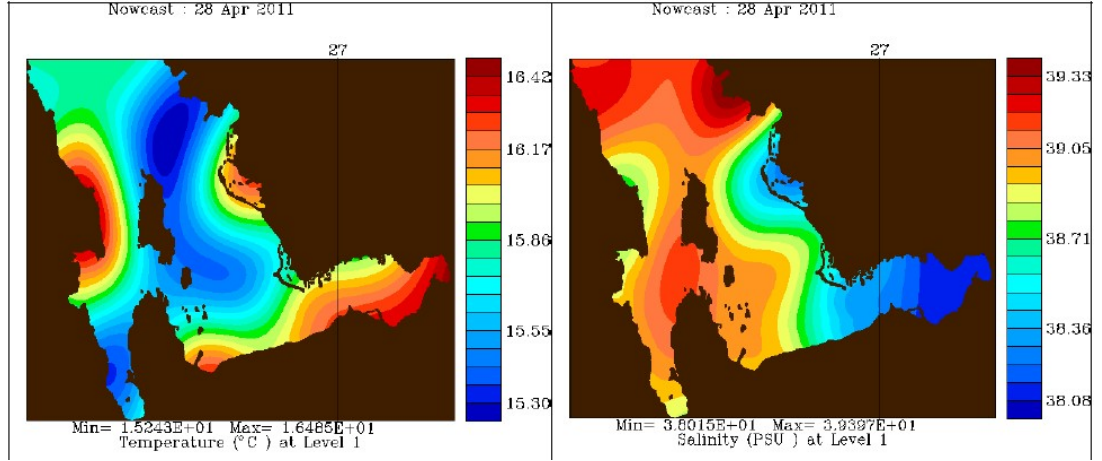
Şekil 2.10 İzmir Körfezi Şubat 1997-2002 ışık geçirgenlik değerleri (Sayın vd., 2007).



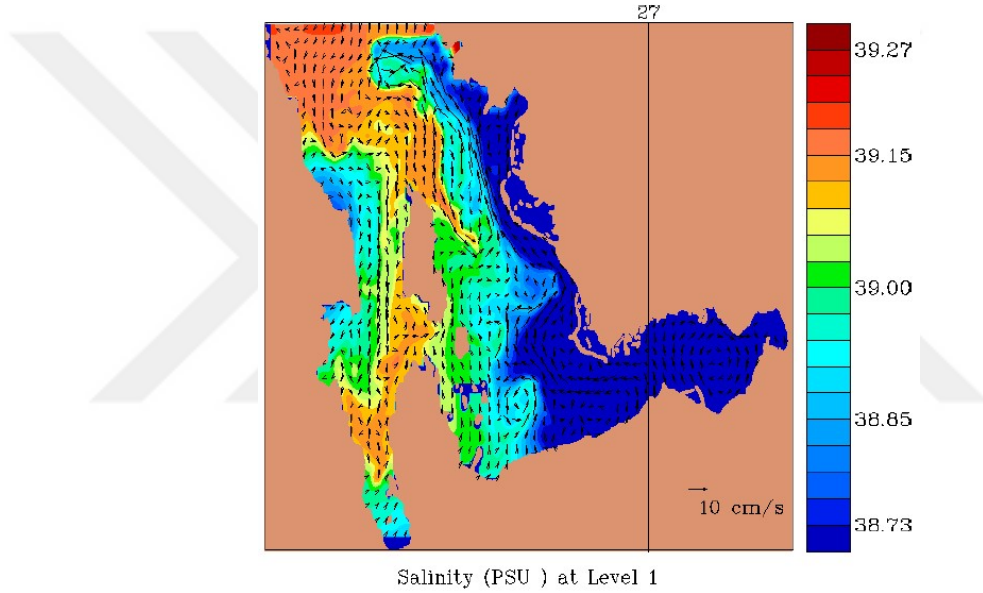
Şekil 2.11 İzmir Körfezi Şubat 1997-2002 seiche disk derinlik değerleri (Sayın vd., 2007).

Beşiktepe vd. (2011) İzmir körfezi akıntı dinamiğini incelemek amacıyla alt-havza ölçeğinde dolaşım unsurlarını tanımlamak üzere Harvard Ocean Prediction System (HOPS) ile simülasyonlar yapmışlardır. Körfezin genel olarak sığ olması nedeniyle akıntı zorlaşmakta ve su değişimi sınırlanmaktadır. Körfezde büyük ölçekte bir siklonik döngü gerçekleşmektedir. Bu da su değişimini kısıtlayıcı bir etkiye sahiptir.

28 Nisan 2011 tarihinde sıcaklık ve tuzluluk dağılımları Şekil 1.12'deki gibidir. Tuzluluk dağılımları üzerinde gösterilen model başlangıç alanları ve akıntı vektörleri Şekil 2.13'teki gibidir.

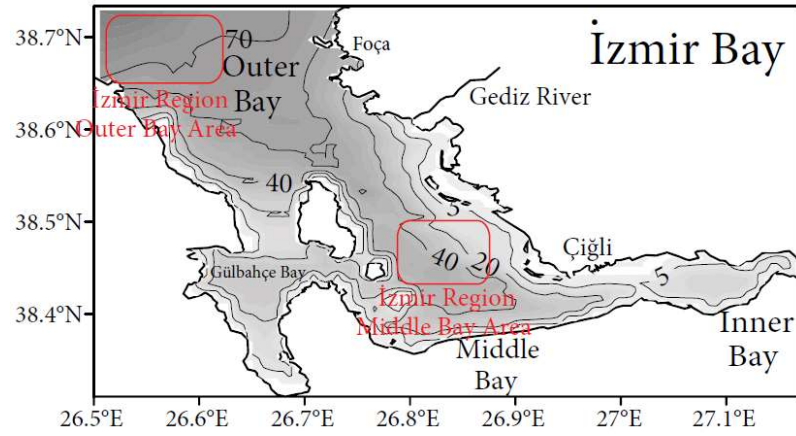


Şekil 2.12 28 Nisan 2011 İzmir Körfezi sıcaklık ve tuzluluk dağılımları (Beşiktepe vd., 2011).

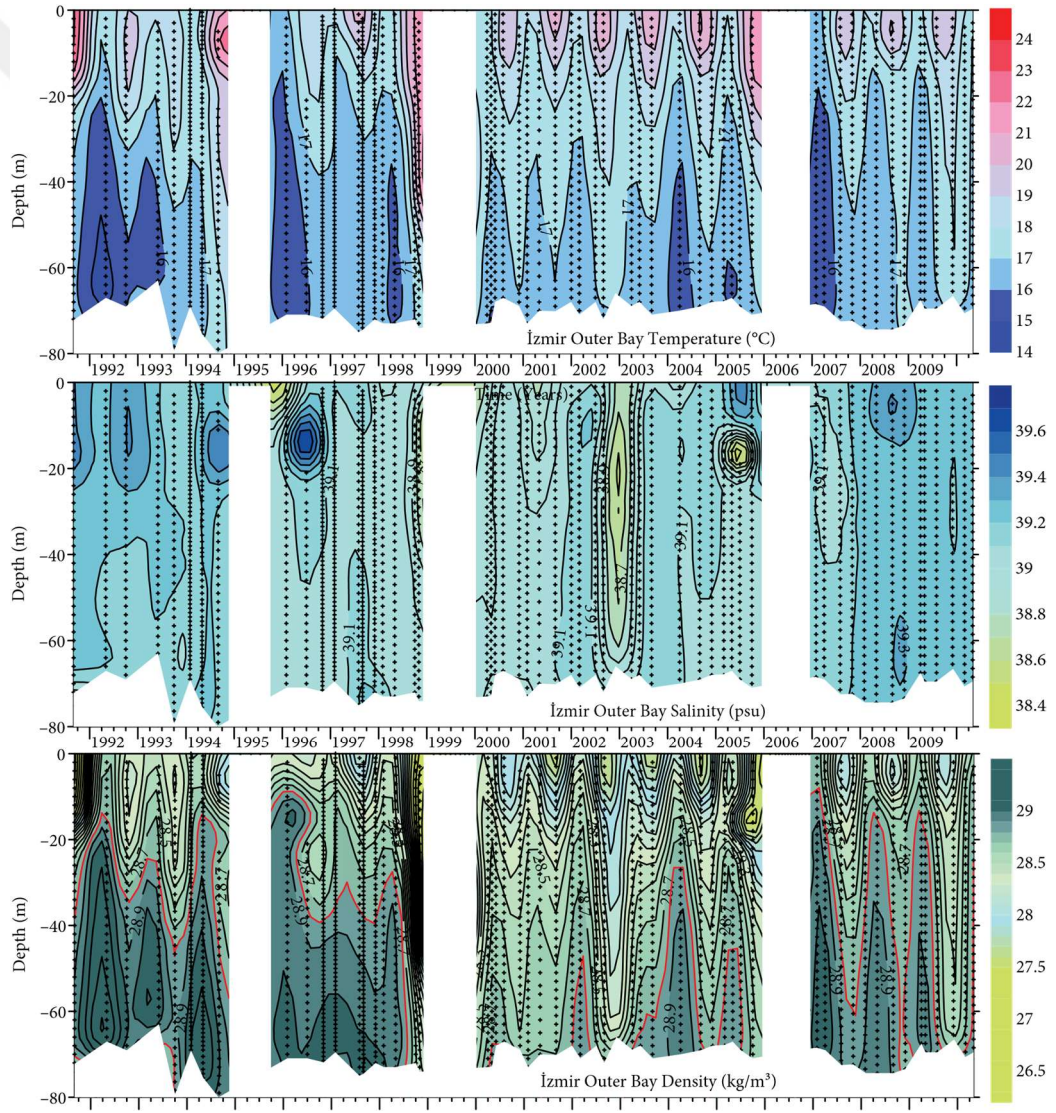


Şekil 2.13 Tuzluluk dağılımları üzerinde gösterilen model başlangıç alanları ve akıntı vektörleri (Beşiktepe vd., 2011).

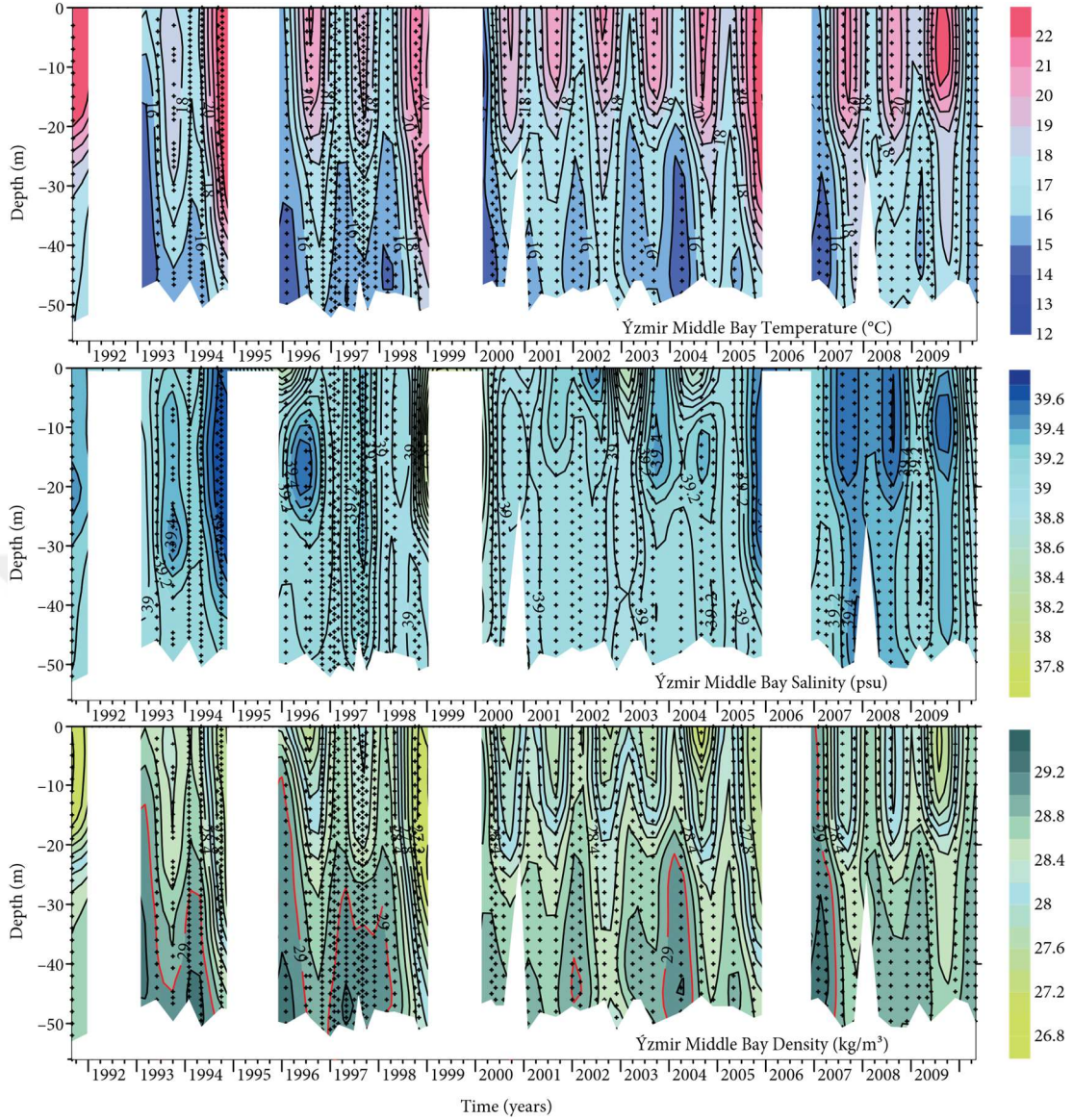
Eronat ve Sayın (2014) Ege Denizi'nin doğu kıyısındaki 3 koyda (Saros, İzmir ve Gökova koyları) yerel hidrografinin mevsimsel ve yıllar arası değişkenliği, 1991'den 2010'a kadar toplanan veri setleri kullanarak ve koylardaki su özelliklerinin zaman içindeki gelişimini sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk değerlerini inceleyerek analiz etmişlerdir. İzmir körfezinin batimetri verisi ve çalışmaya konu olan bölgelerin gösterimi Şekil 2.14'deki gibidir. İzmir Körfezi dış körfez bölgesi (outer bay area) için sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk değişimlerinin yıllara ve derinliğe göre değişimleri Şekil 2.15'te, orta körfez bölgesi (middle bay area) için Şekil 2.16'da verilmiştir.



Şekil 2.14 İzmir körfezlerinin batimetrisi ve bölgeleri (Eronat ve Sayın, 2014).



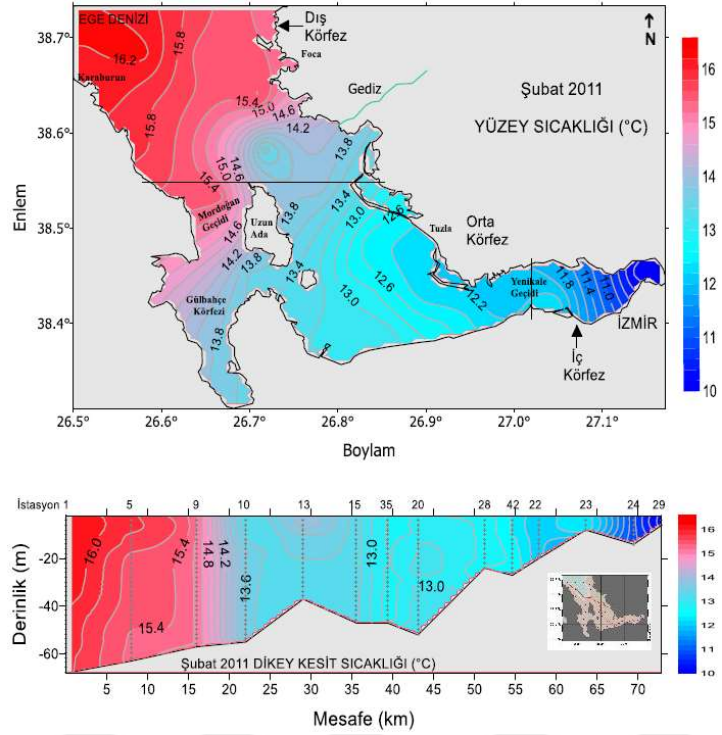
Şekil 2.15 İzmir Körfezi dış körfez bölgesi (outer bay area) için sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk değişimlerinin yıllara ve derinliğe göre değişimleri (Eronat ve Sayın, 2014).



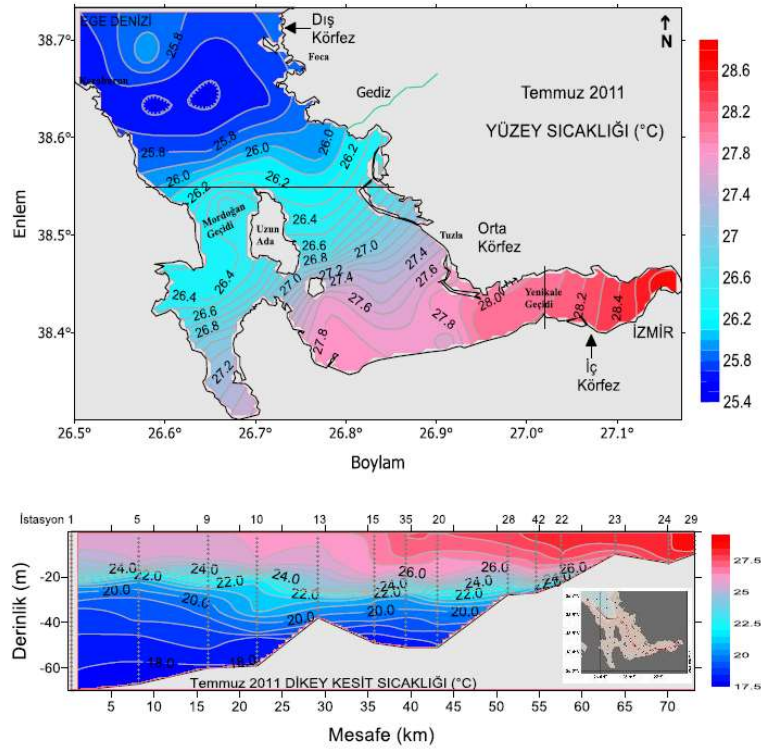
Şekil 2.16 İzmir Körfezi orta körfez bölgesi (middle bay area) için sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk değişimlerinin yıllara ve derinliğe göre değişimleri (Eronat ve Sayın, 2014).

Eronat (2017) İzmir Körfezi'nin oşinografisine genel bir bakış sunmak amacıyla, kış mevsiminde kuzey ve güneydoğu rüzgarlarının, yaz mevsiminde ise kuzey rüzgarının egemen olduğu göz önünde bulundurularak Şubat ve Temmuz 2011 tarihlerinde gerçekleştirilen deniz suyu fiziksel değişkenlerinden sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk dağılımlarını incelemiştir. İzmir Körfezi'nde hakim rüzgar yönlerini göz önüne alarak yapılan Killworth Ocean General Circulation Model (OGCM) simülasyonları ile mevsimsel akıntı desenleri belirlenmiştir.

İzmir Körfezinin Şubat 2011 yüzey sıcaklık dağılımı Şekil 2.17'deki gibi, Şubat 2011 sıcaklık dağılımı Şekil 2.18'deki gibidir.

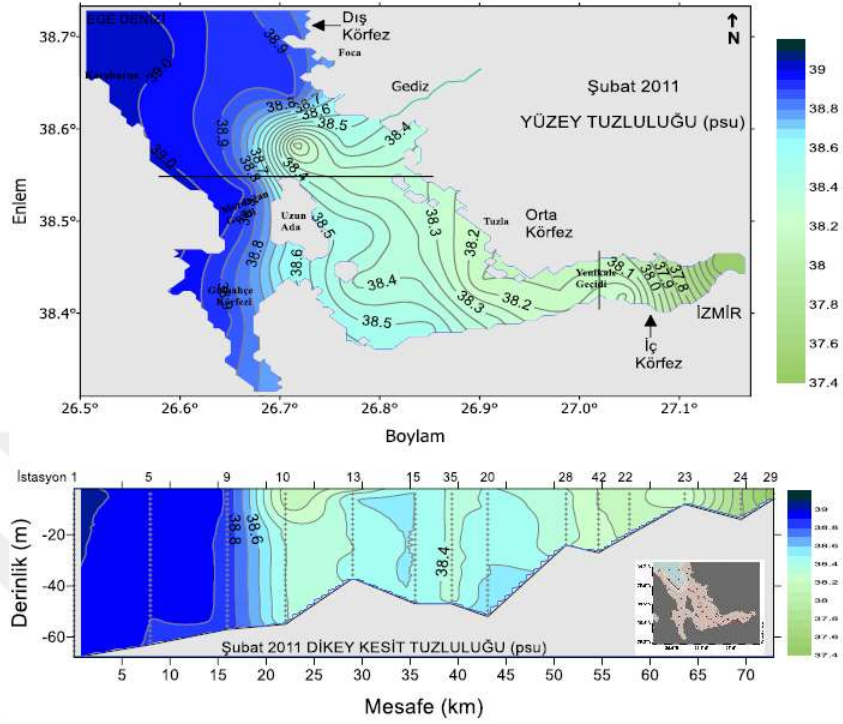


Şekil 2.17 İzmir Körfezi Şubat 2011 yüzey sıcaklık dağılımı (Eronat, 2017).

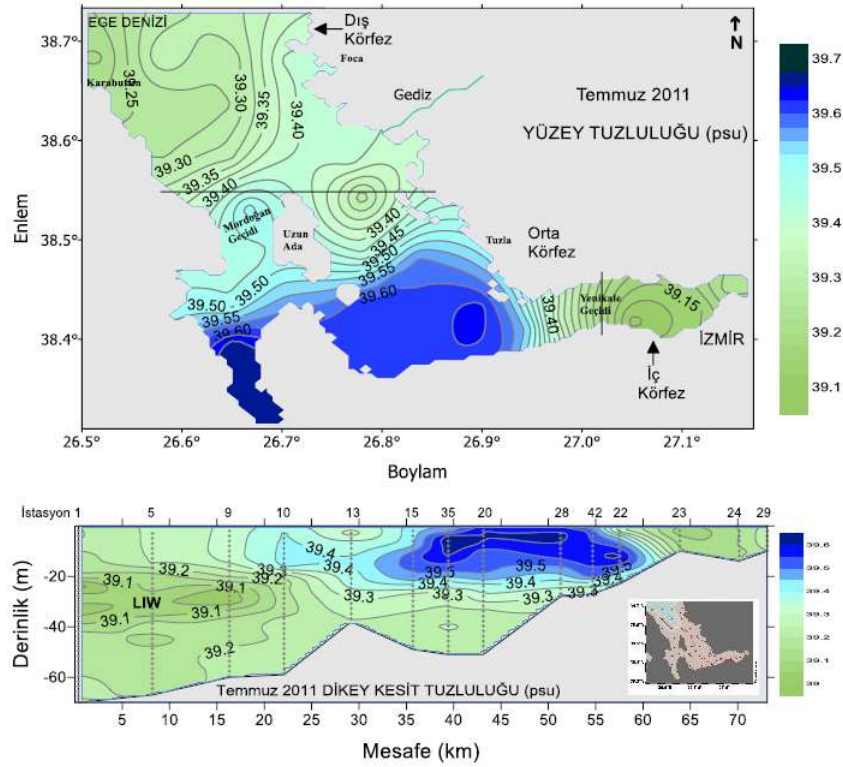


Şekil 2.18 İzmir Körfezi Temmuz 2011 yüzey sıcaklık dağılımı (Eronat, 2017).

İzmir Körfezinin Şubat 2011 yüzey tuzluluk dağılımı Şekil 2.19'daki gibi, Şubat 2011 tuzluluk dağılımı Şekil 2.20'deki gibidir.

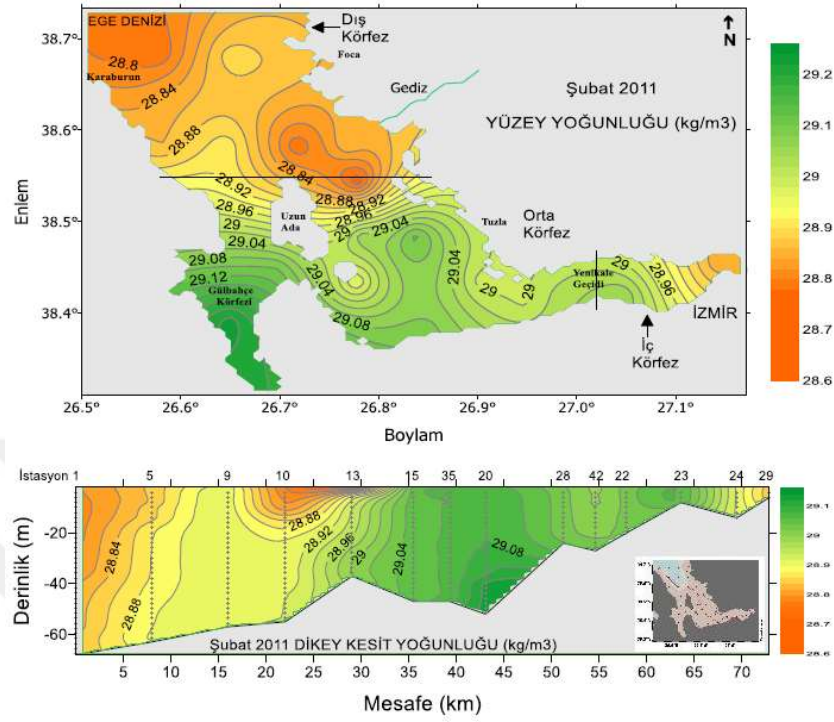


Şekil 2.19 İzmir Körfezi Şubat 2011 yüzey tuzluluk dağılımı (Eronat, 2017).

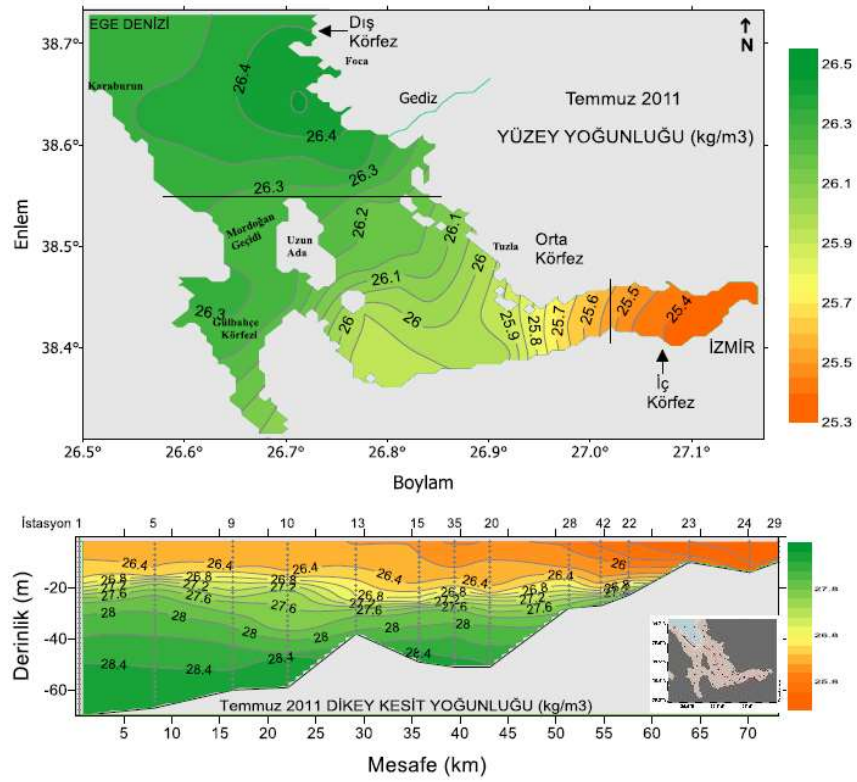


Şekil 2.20 İzmir Körfezi Temmuz 2011 yüzey tuzluluk dağılımı (Eronat, 2017).

İzmir Körfezinin Şubat 2011 yüzey yoğunluk dağılımı Şekil 2.21'deki gibi, Şubat 2011 tuzluluk dağılımı Şekil 2.22'deki gibidir.

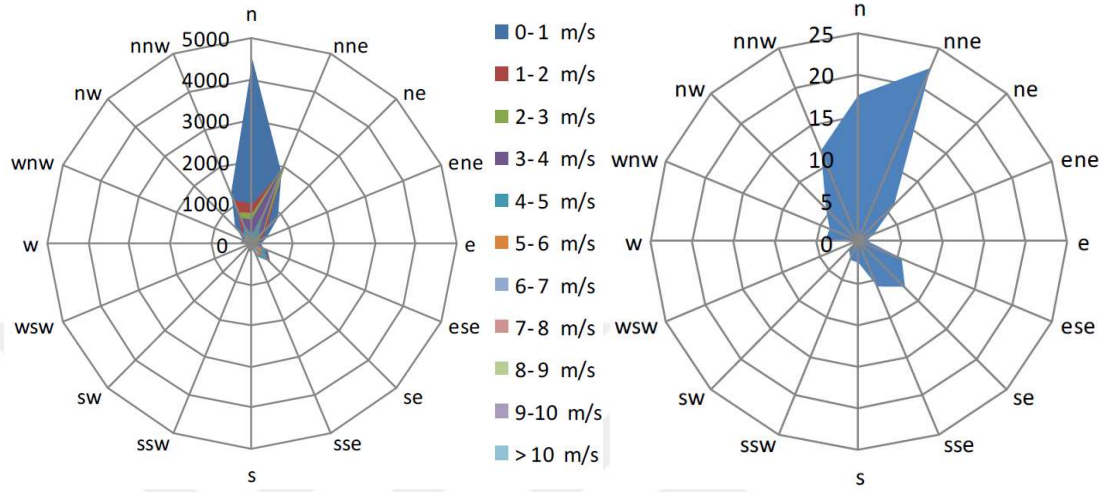


Şekil 2.21 İzmir Körfezi Şubat 2011 yüzey yoğunluk dağılımı (Eronat, 2017).

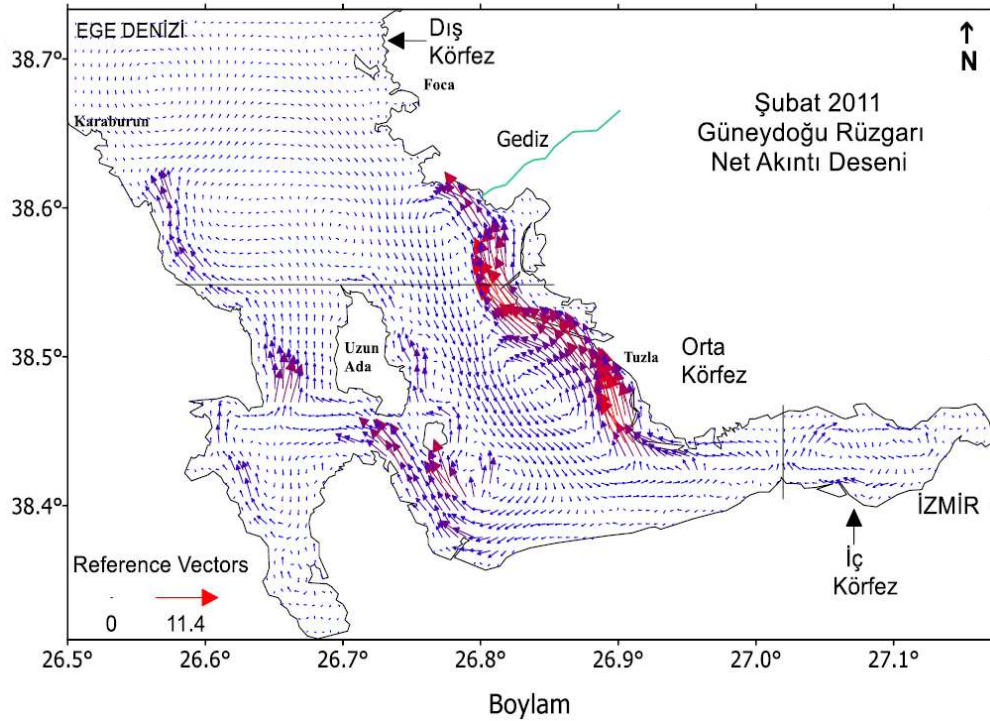


Şekil 2.22 İzmir Körfezi Temmuz 2011 yüzey yoğunluk dağılımı (Eronat, 2017).

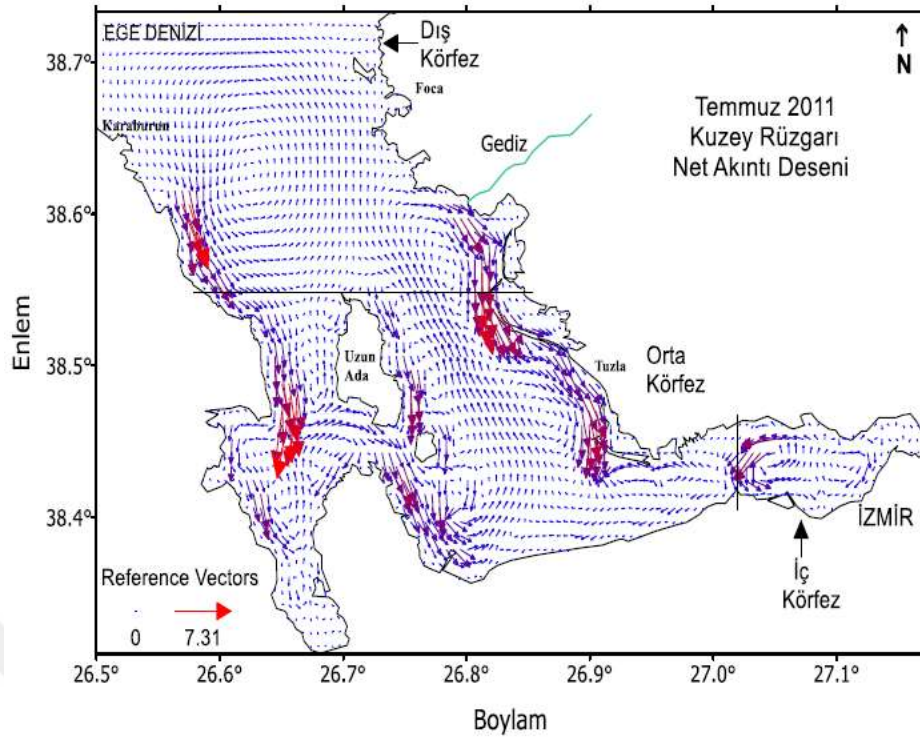
İzmir Çiğli Meteoroloji İstasyonundan alınan 1993-2003 arası saatlik rüzgar verilerine göre çizilen rüzgar gülü ve rüzgar yönü dağılımları Şekil 2.23'teki gibidir. Güneydoğu rüzgarı etkisi altındaki Şubat 2011 net akıntı deseni Şekil 2.24'teki gibi, Kuzey rüzgarı etkisi altındaki Temmuz 2011 net akıntı deseni Şekil 2.25'teki gibidir.



Şekil 2.23 İzmir Çiğli Meteoroloji İstasyonundan alınan 1993-2003 arası saatlik rüzgar verilerine göre çizilen rüzgar gülü ve rüzgar yönü dağılımları (Eronat, 2017).



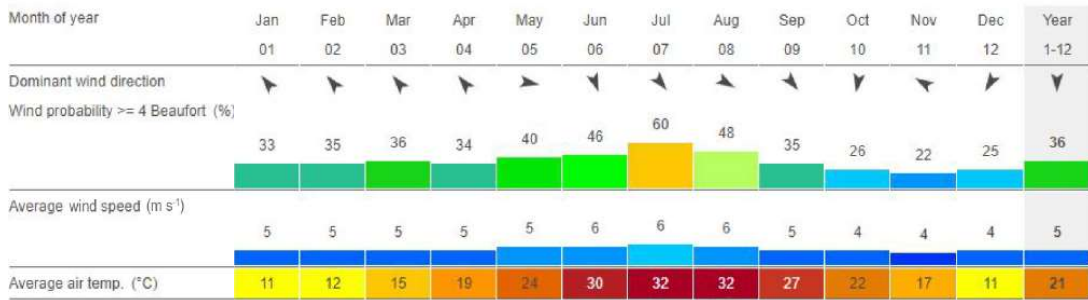
Şekil 2.24 Güneydoğu rüzgarı etkisi altındaki Şubat 2011 net akıntı deseni (Eronat, 2017).



Şekil 2.25 Kuzey rüzgarı etkisi altındaki Şubat 2011 net akıntı deseni (Eronat, 2017).

Sayın ve Eronat (2018) İzmir Körfezi'nin rüzgar ve termohalin kuvvetlerinin etkisi altındaki dinamikleri üzerinde çalışmak amacıyla araştırma gemisi K. Piri Reis tarafından yapılan ölçümlerden ve Çiğli Meteoroloji istasyonundan elde edilen veriler ile Princeton modelinin serbest yüzey versiyonu (Killworth'un 3 boyutlu genel sirkülasyon modeli) yardımıyla simülasyonlar gerçekleştirmişlerdir.

2000 yılından günümüze İzmir Körfezi çevresi için aylık ve yıllık rüzgar yönü ve ortalama rüzgar şiddeti Şekil 2.26'daki gibidir. Grafikteki oklar rüzgarın estiği yönü göstermektedir. Son sütun ise hakim rüzgar yönünü ve şiddetini göstermektedir.

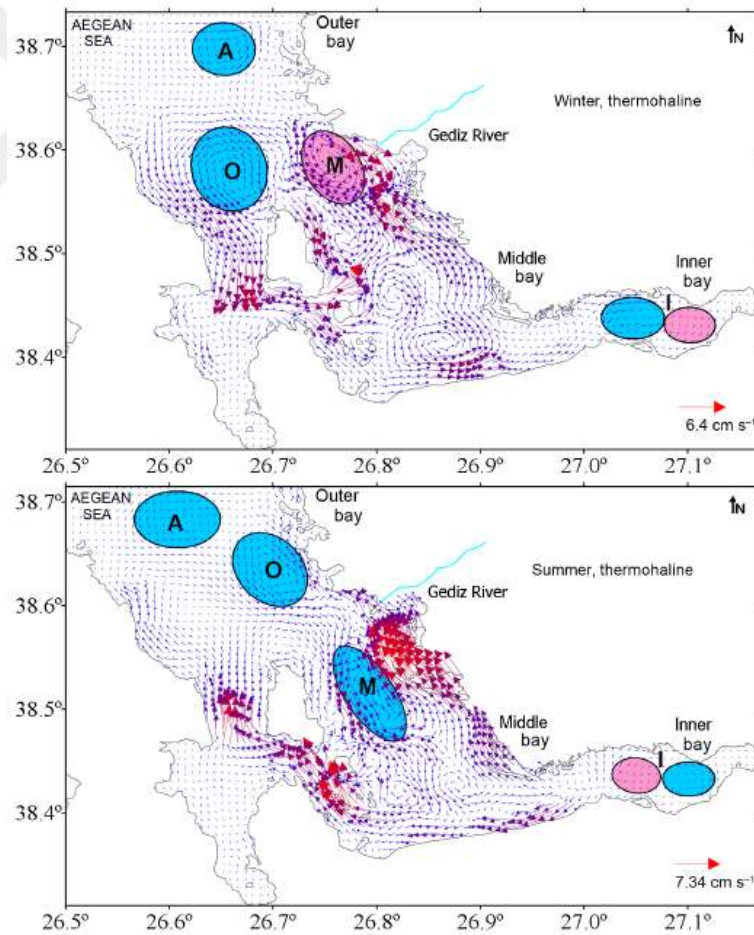


Şekil 2.26 2000 yılından günümüze İzmir Körfezi çevresi için aylık ve yıllık rüzgar yönü, ortalama rüzgar hızı ve şiddeti (Sayın ve Eronat, 2018).

Sürücü kuvvetin rüzgar olduğu çevrinti simülasyonu için belirlenen model parametreleri Tablo 2.2'deki gibidir. Kış ve yaz dönemleri için termohalin ve rüzgar etkileri altındaki çevrinti durumu Şekil 2.27'deki gibidir.

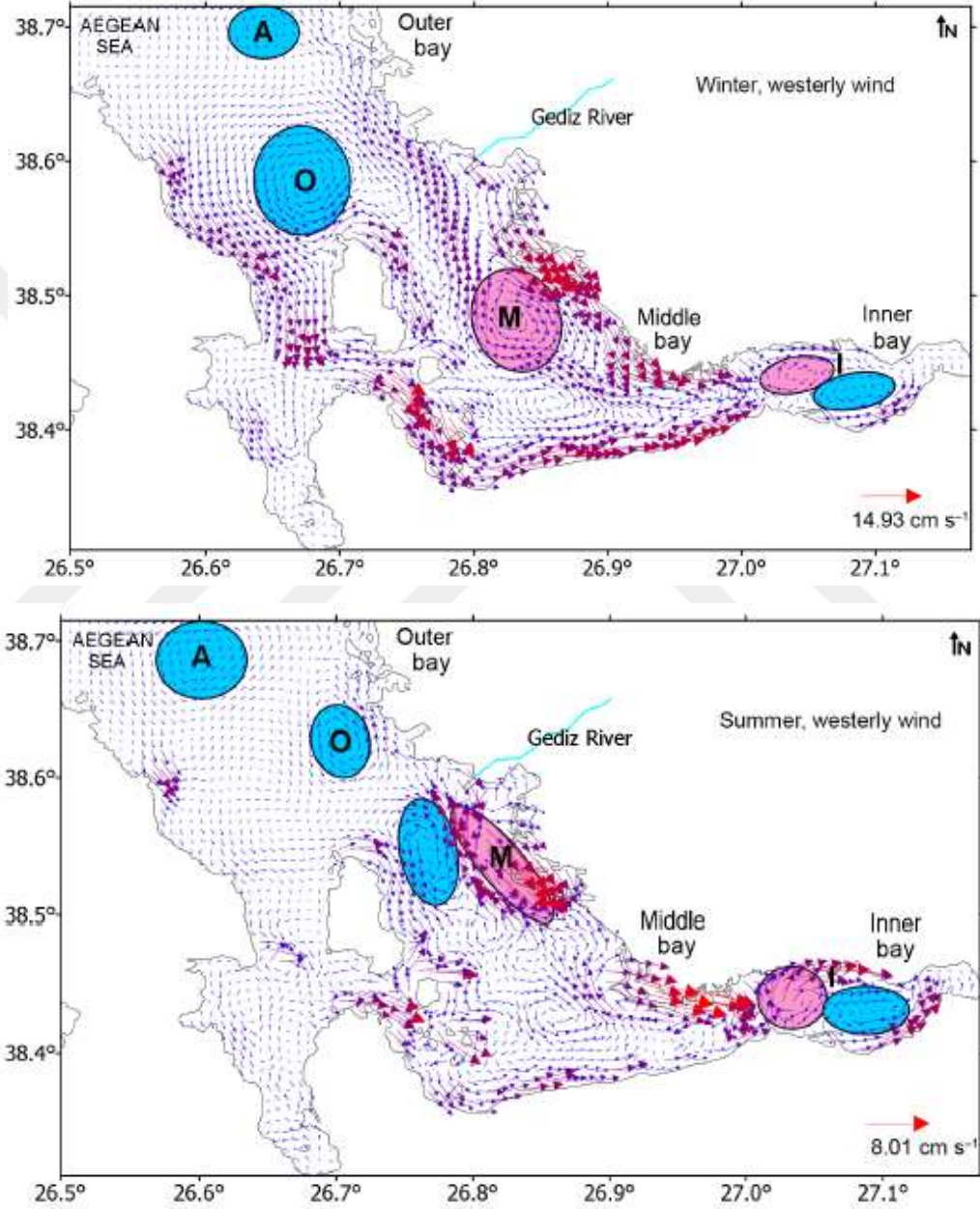
Tablo 2.2 Rüzgar etkisinde gerçekleştirilecek olan simülasyon için model parametreleri (Sayın ve Eronat, 2018).

Parameters	
Horizontal resolution	500 m
Number of vertical layers	6
Layer thickness (m) (layers 1, 2, 3, 4, 5 and 6)	5, 10, 15, 15, 15 and 10 m
Horizontal eddy coeff. for momentum:	$1.0 \times 10^5 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$
Vertical eddy coeff. for momentum	$1.0 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$
Horizontal eddy coeff. for heat	$1.0 \times 10^5 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$
Vertical eddy coeff. for heat	$0.1 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$
Baroclinic time step	200 s
Barotropic time step	5 s
Bottom drag coefficient	2.2×10^{-3}

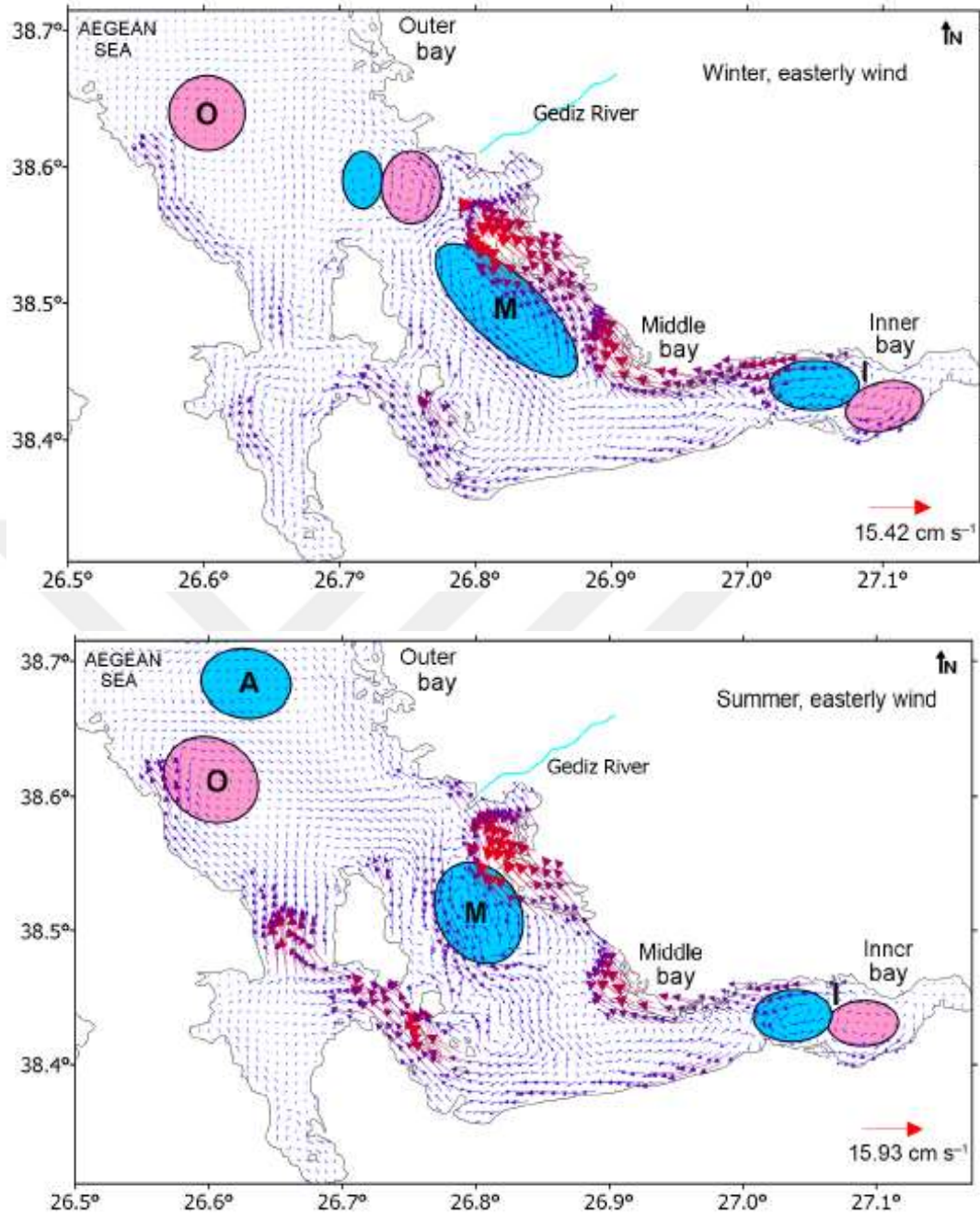


Şekil 2.27 Kış (üst) ve yaz (alt) dönemleri için termohalin ve rüzgar etkileri altındaki çevrinti durumu (Sayın ve Eronat, 2018).

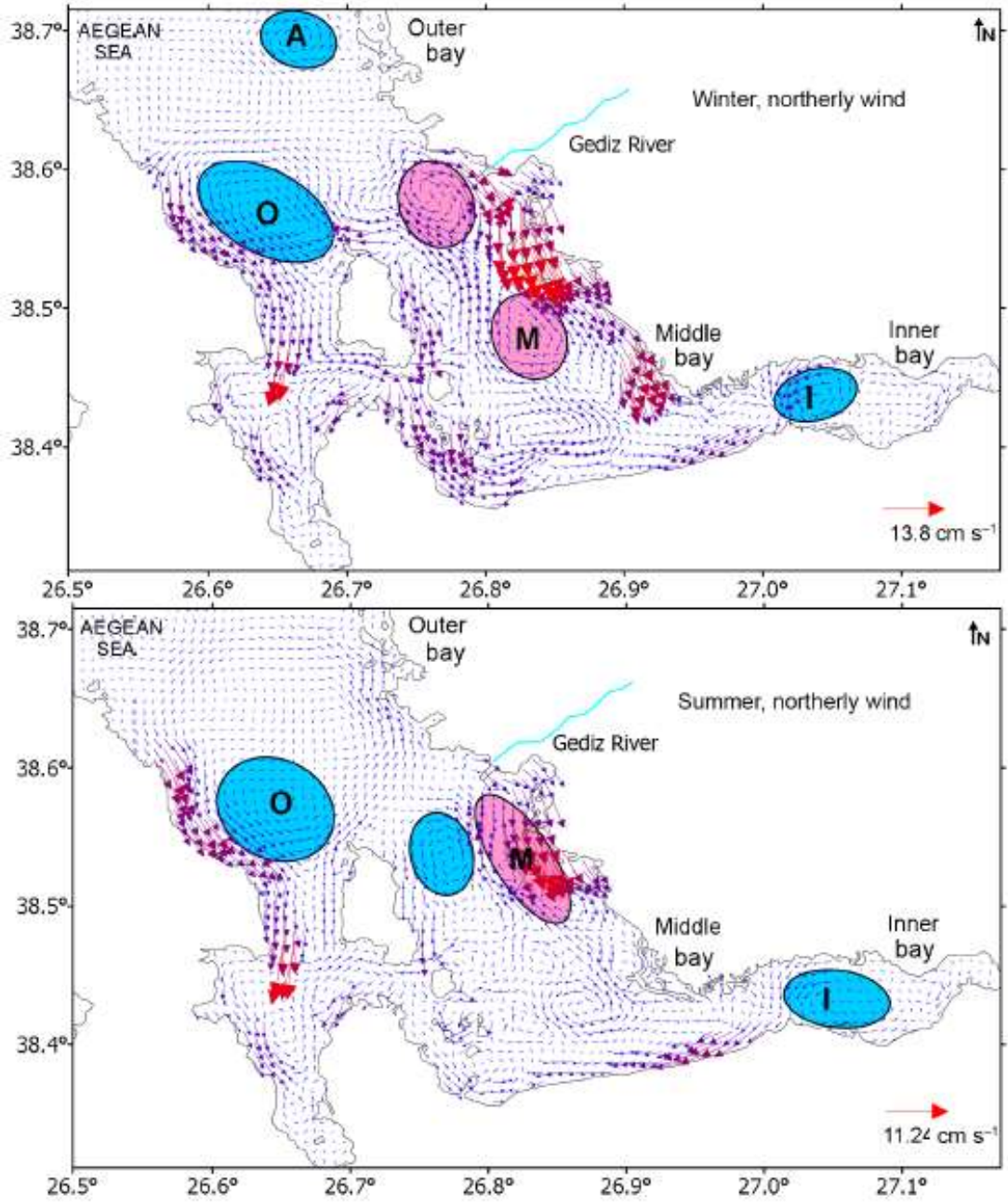
Batı rüzgarları etkisi ile kış ve yaz dönemleri için çevrinti durumu Şekil 2.28'deki gibidir. Doğu rüzgarları etkisi ile kış ve yaz dönemleri için çevrinti durumu Şekil 2.29'daki gibidir. Kuzey rüzgarları etkisi ile kış ve yaz dönemleri için çevrinti durumu Şekil 2.30'daki gibidir. Güney rüzgarları etkisi ile kış ve yaz dönemleri için çevrinti durumu Şekil 2.31'deki gibidir.



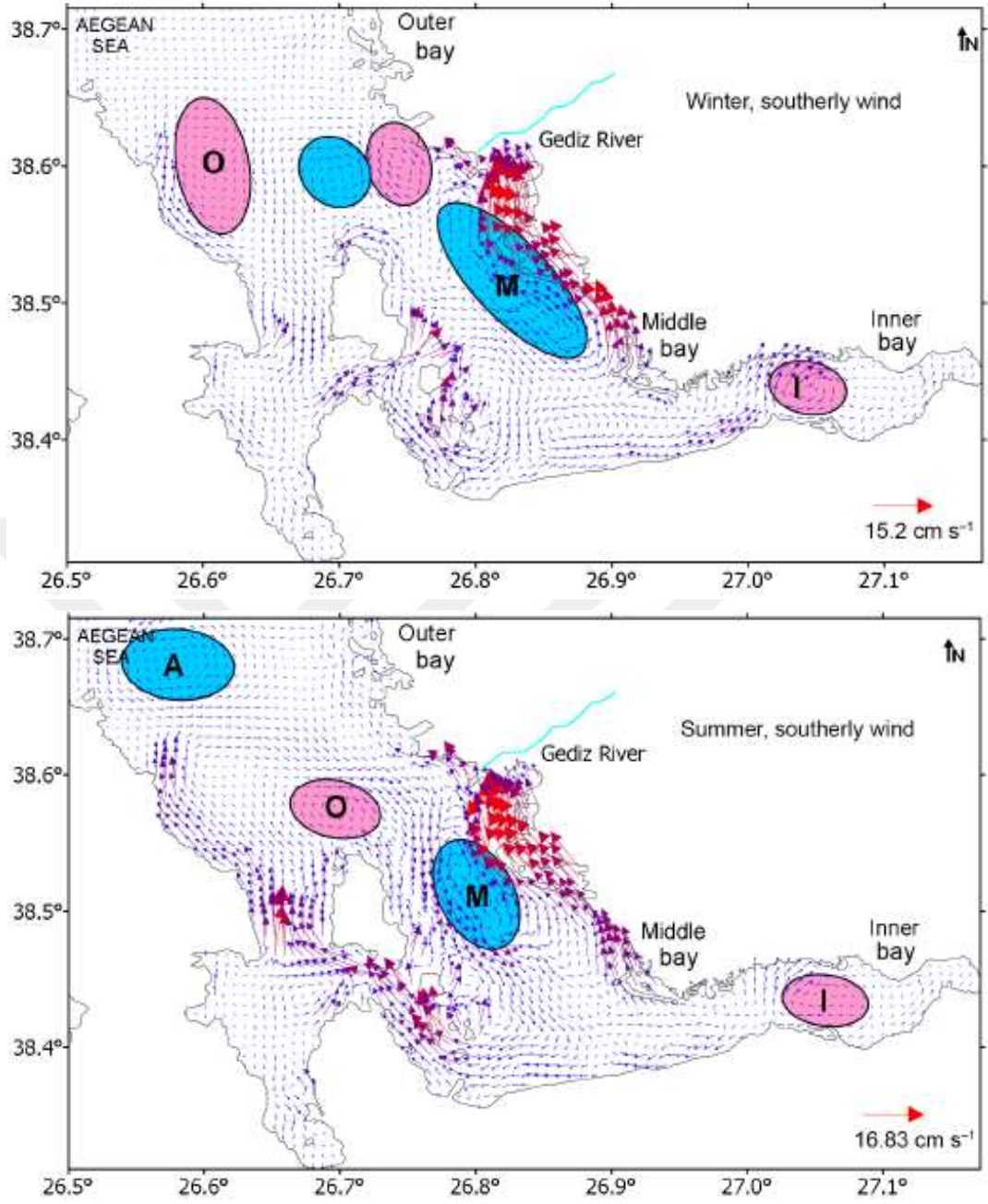
Şekil 2.28 Kış (üst) ve yaz (alt) dönemlerinde Batı rüzgarları ve barotropik etkilerle çevrinti durumu (Sayın ve Eronat, 2018).



Şekil 2.29 Kış (üst) ve yaz (alt) dönemlerinde Doğu rüzgarları ve barotropik etkilerle çevrinti durumu (Sayın ve Eronat, 2018).



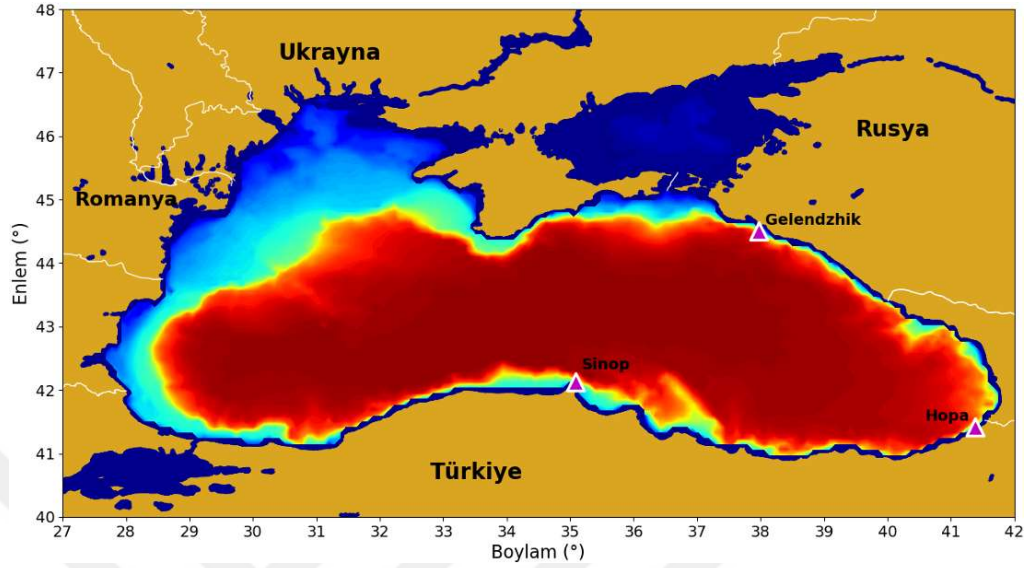
Şekil 2.30 Kış (üst) ve yaz (alt) dönemlerinde Kuzey rüzgarları ve barotropik etkilerle çevrinti durumu (Sayın ve Eronat, 2018).



Şekil 2.31 Kış (üst) ve yaz (alt) dönemlerinde Güney rüzgarları ve barotropik etkilerle çevrinti durumu (Sayın ve Eronat, 2018).

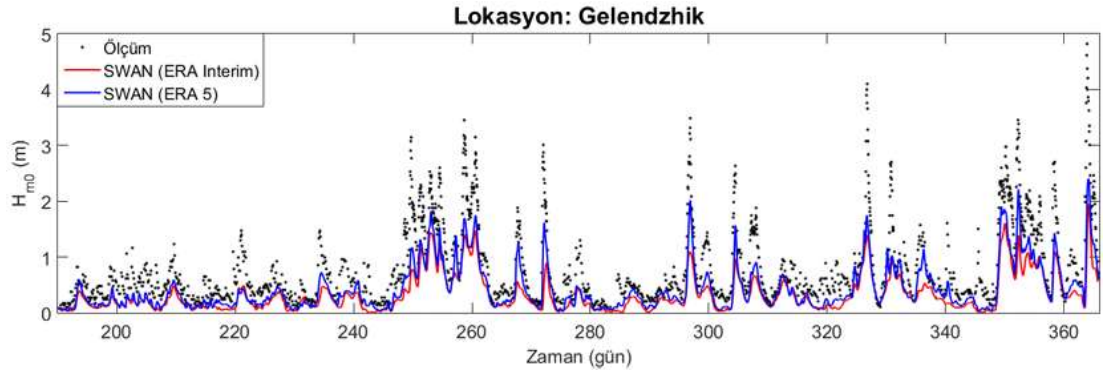
Çalışır ve Akpınar (2020) ERA5 ve ERA-Interim rüzgar verileriyle çalıştırılan SWAN modeline ait sonuçların performans analizi ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Karadeniz bölgesi özelinde yapılan çalışmada, 3 farklı şamandıra (Gelendzhik, Hopa, Sinop) verileri incelenerek ERA5 ve ERA-Interim rüzgar verilerinin SWAN dalga

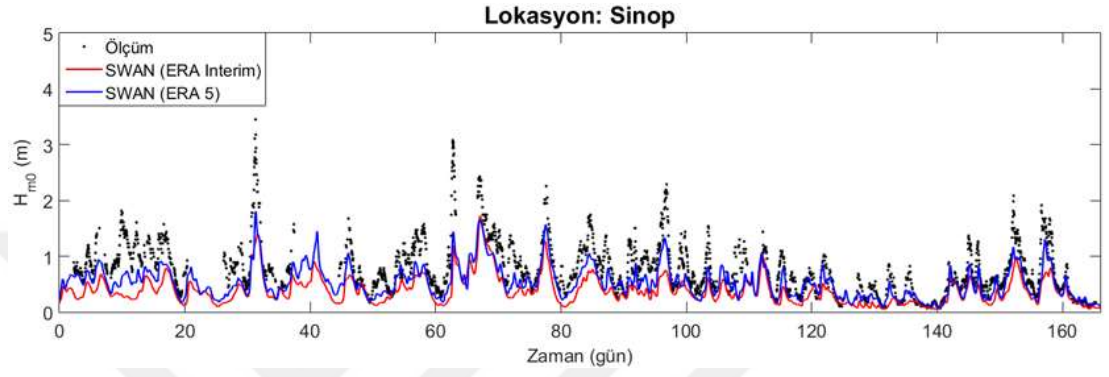
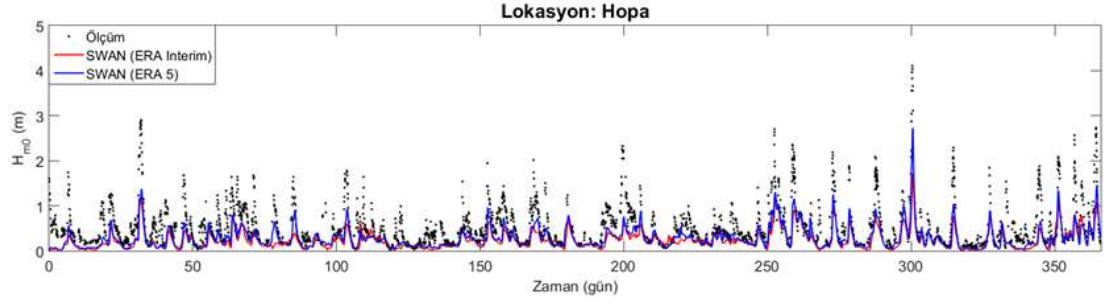
modeli simülasyonlarındaki tahmin performansları karşılaştırılmıştır. Karadeniz batimetri haritası ve şamandıra istasyonlarının gösterimi Şekil 2.32'deki gibidir.



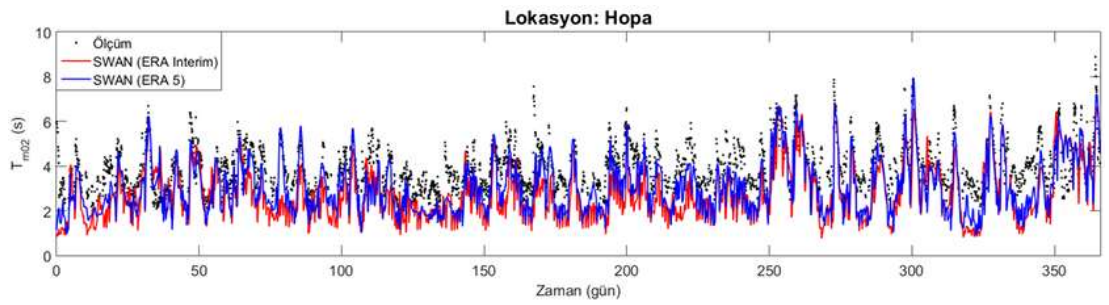
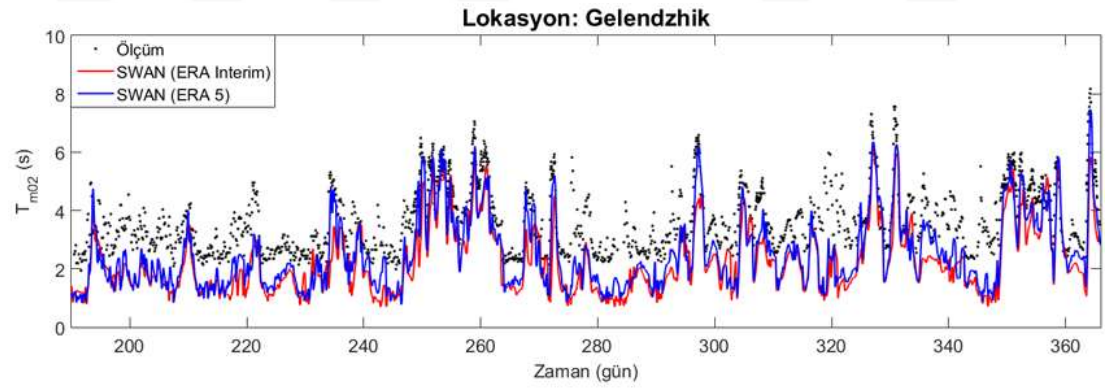
Şekil 2.32 Karadeniz batimetrisi ve şamandıra istasyonlarının konumları (Çalışır ve Akpınar, 2020).

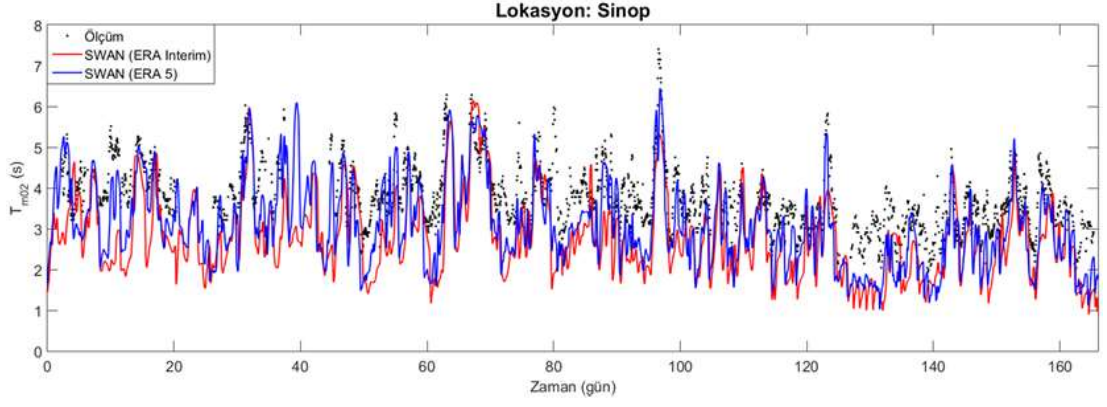
SWAN modelinin sonuçlarına göre, Gelendzhik, Hopa ve Sinop şamandıra istasyonları için zamanla değişen belirgin dalga yükseklikleri Şekil 2.33'te görüldüğü gibi, belirgin dalga periyotları da Şekil 2.34'te gösterildiği gibidir. Belirgin dalga yüksekliği ve ortalama dalga periyodu hata istatistikleri, Tablo 2.3'te sunulan verilerle uyumludur. Tüm şamandıraların verileri hem tek tek hem de bir bütün veri seti olarak değerlendirildiğinde, ERA5 veri setinin tüm hata istatistikleri parametrelerinde ERA-Interim veri setine göre daha doğru sonuçlar verdiği gözlenmiştir.





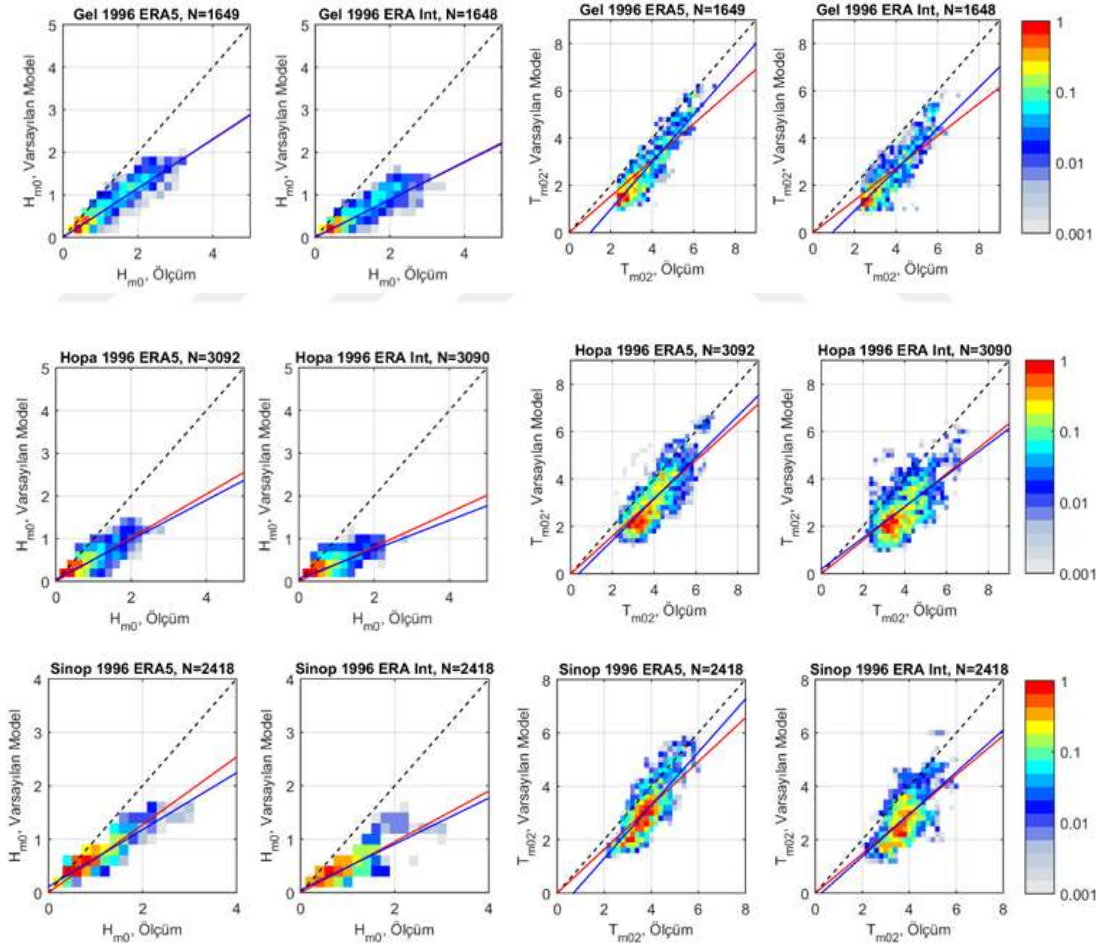
Şekil 2.33 Gelendzhik (üst), Hopa (orta) ve Sinop (alt) istasyonları - SWAN modeli ile zamana bağlı belirgin dalga yükseklikleri (Çalışır ve Akpınar, 2020).





Şekil 2.34 Gelendzhik (üst), Hopa (orta) ve Sinop (alt) istasyonları - SWAN modeli ile zamana bağlı ortalama dalga periyotları (Çalışır ve Akpınar, 2020).

SWAN model sonuçlarına ait saçılım diyagramları Şekil 2.35’deki gibidir.



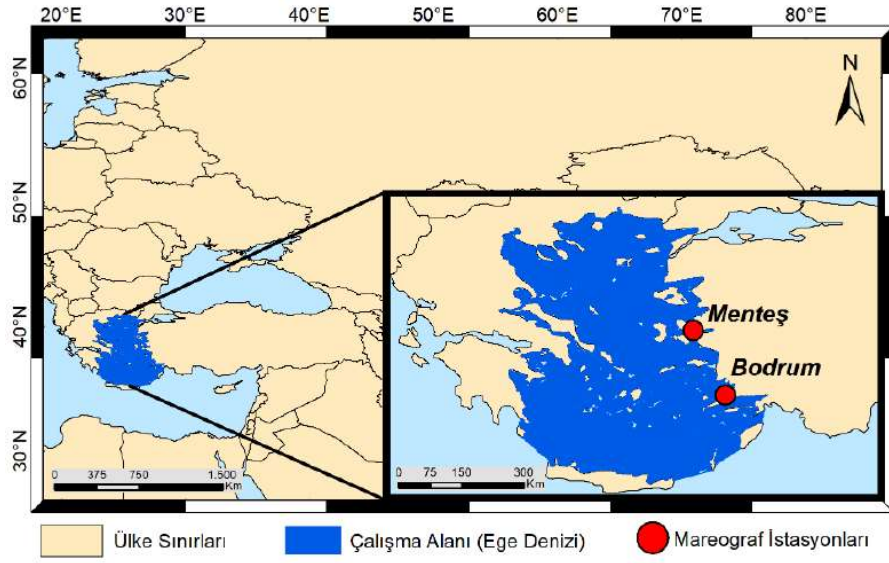
Şekil 2.35 SWAN model sonuçları saçılım diyagramları (Çalışır ve Akpınar, 2020).

Tablo 2.3 SWAN model sonuçları için hata istatistikleri (belirgin dalga yüksekliği ve ortalama dalga periyodu için) (Çalışır ve Akpınar, 2020).

Şamandıra	Yeniden Değerlendirme Yöntemi	Parametre (H_{m0}) Hata İstatistiği							
		Veri Adedi	H_{m0} , ölçüm, ortalama	H_{m0} , model, ortalama	Ort. Farkı (Bias)	RMSE	MAE	SI	R
Gelendzhik	ERA5	1649	1,021	0,593	0,428	0,590	0,432	0,578	0,926
	ERA-Interim	1648	1,021	0,459	0,562	0,758	0,563	0,742	0,882
Hopa	ERA5	3092	0,578	0,317	0,261	0,410	0,273	0,710	0,845
	ERA-Interim	3090	0,579	0,262	0,317	0,487	0,329	0,842	0,776
Sinop	ERA5	2418	0,803	0,540	0,263	0,374	0,281	0,466	0,891
	ERA-Interim	2418	0,803	0,395	0,408	0,519	0,410	0,647	0,801
Üç şamandıradaki bütün veri	ERA5	7159	0,756	0,456	0,300	0,447	0,312	0,592	0,896
	ERA-Interim	7156	0,757	0,352	0,404	0,571	0,410	0,755	0,840
		Parametre (T_{m02}) Hata İstatistiği							
Gelendzhik	ERA5	1649	3,947	2,934	1,013	1,231	1,054	0,312	0,874
	ERA-Interim	1648	3,948	2,621	1,326	1,539	1,351	0,390	0,820
Hopa	ERA5	3092	4,009	3,166	0,843	1,159	0,971	0,289	0,774
	ERA-Interim	3090	4,008	2,834	1,174	1,546	1,332	0,386	0,611
Sinop	ERA5	2418	3,795	3,083	0,712	0,949	0,816	0,250	0,789
	ERA-Interim	2418	3,795	2,788	1,007	1,267	1,091	0,334	0,650
Üç şamandıradaki bütün veri	ERA5	7159	3,922	3,084	0,838	1,111	0,938	0,283	0,805
	ERA-Interim	7156	3,922	2,769	1,153	1,456	1,255	0,371	0,681

Yavuzdoğan ve Kayıkçı (2021), Ege Denizi'nde anlık deniz seviyesi değişimlerini yüksek doğrulukla tahmin etmek ve doğrusal tahmin yöntemleri ile doğrusal olmayan tahmin yöntemlerini karşılaştırmak amacıyla makine öğrenimi tekniklerinden faydalanmışlardır. Bu çalışmada, Çoklu Doğrusal Regresyon (ÇDR) doğrusal modeli, Destek Vektör Regresyonu (DVR) doğrusal olmayan model, ve Rastgele Orman Regresyonu (ROR) doğrusal olmayan model algoritmalarını kullanarak tahminler gerçekleştirilmiş ve bu yöntemlerin tahmin performansları karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın kapsamında bulunan bölge ve veri alınan Menteş ve Bodrum mareograf istasyonlarının yerleri Şekil 2.36'daki gibidir.



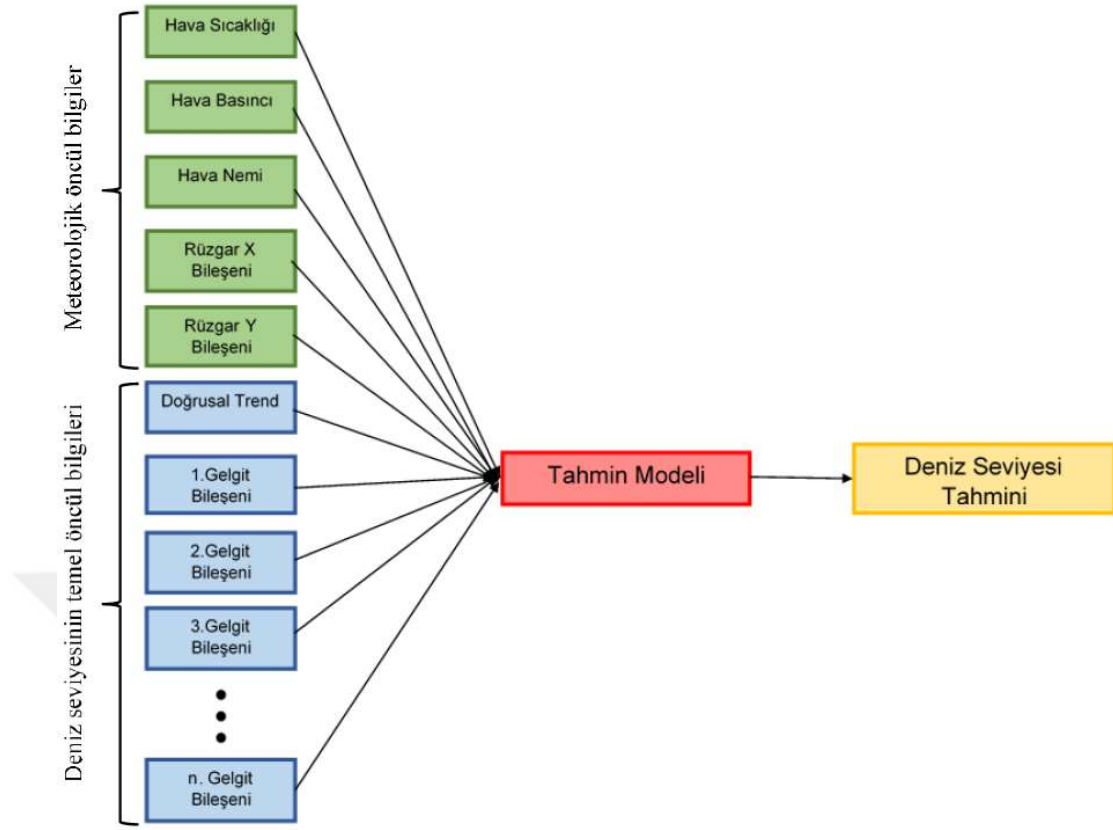
Şekil 2.36 Çalışma alanı ve mareograf istasyonları (Yavuzdoğan ve Kayıkcı, 2021).

Makine öğrenmesi yoluyla deniz seviyesi tahmini yapabilmek için öğrenim algoritmasına eğitim girdisi olarak sağlanacak verilerin (gelgit, atmosfer basıncı, rüzgar) ve sistem işleyişinin gösterimi Şekil 2.37'deki gibidir.

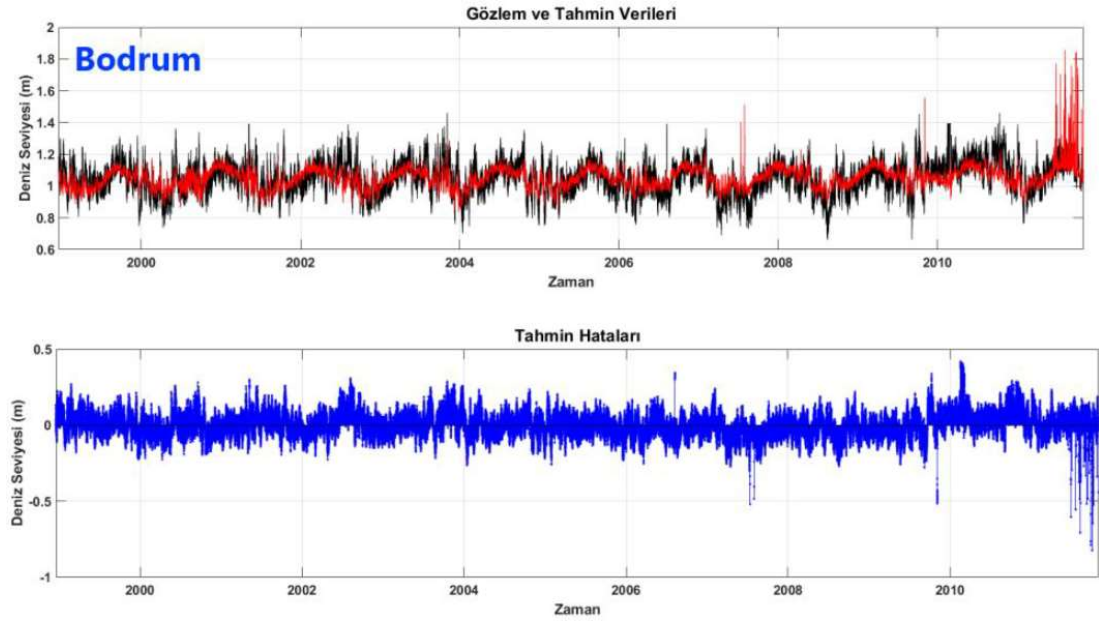
Çoklu Doğrusal Regresyon (ÇDR) doğrusal tahmin modeli ile elde edilen, Bodrum ve Menteş istasyonlarında yıllara göre deniz seviyesi gözlem ve tahmin verileri karşılaştırmaları (üst) ile tahmin hatalarını (alt) gösteren grafikler sırasıyla Şekil 2.38 ve Şekil 2.39'deki gibidir.

Destek Vektör Regresyonu Algoritması (DVR) tahmin modeli ile elde edilen, Bodrum ve Menteş istasyonlarında yıllara göre deniz seviyesi gözlem ve tahmin verileri karşılaştırmaları (üst) ile tahmin hatalarını (alt) gösteren grafikler sırasıyla Şekil 2.40 ve Şekil 2.41'deki gibidir.

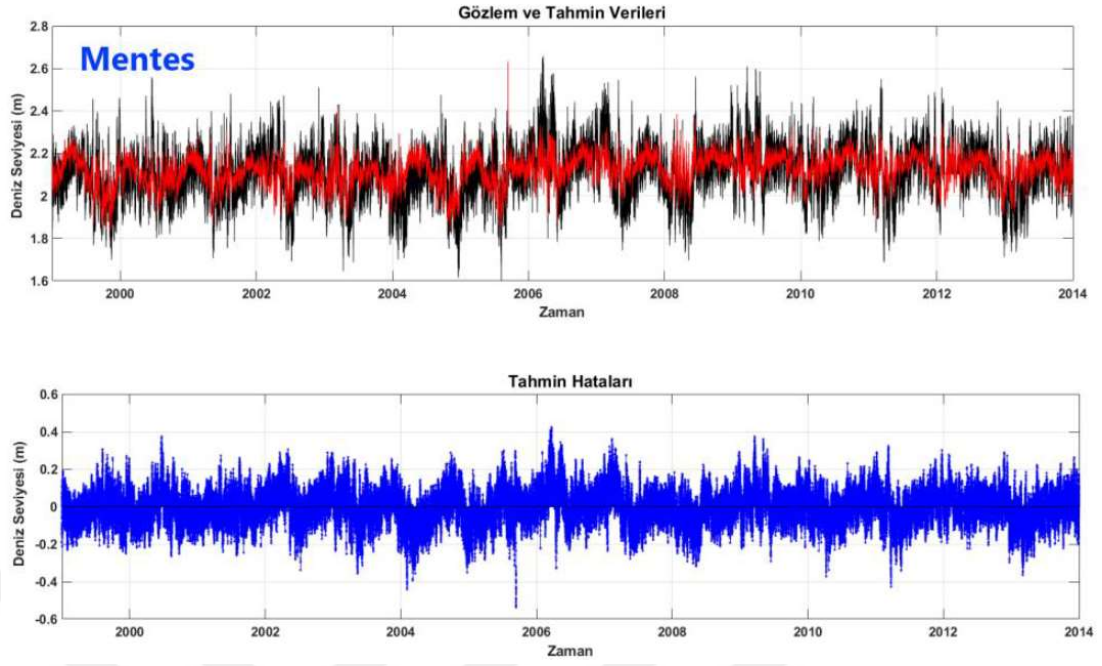
Rastgele Orman Regresyonu Algoritması (ROR) tahmin modeli ile elde edilen, Bodrum ve Menteş istasyonlarında yıllara göre deniz seviyesi gözlem ve tahmin verileri karşılaştırmaları (üst) ile tahmin hatalarını (alt) gösteren grafikler sırasıyla Şekil 2.42 ve Şekil 2.43'deki gibidir.



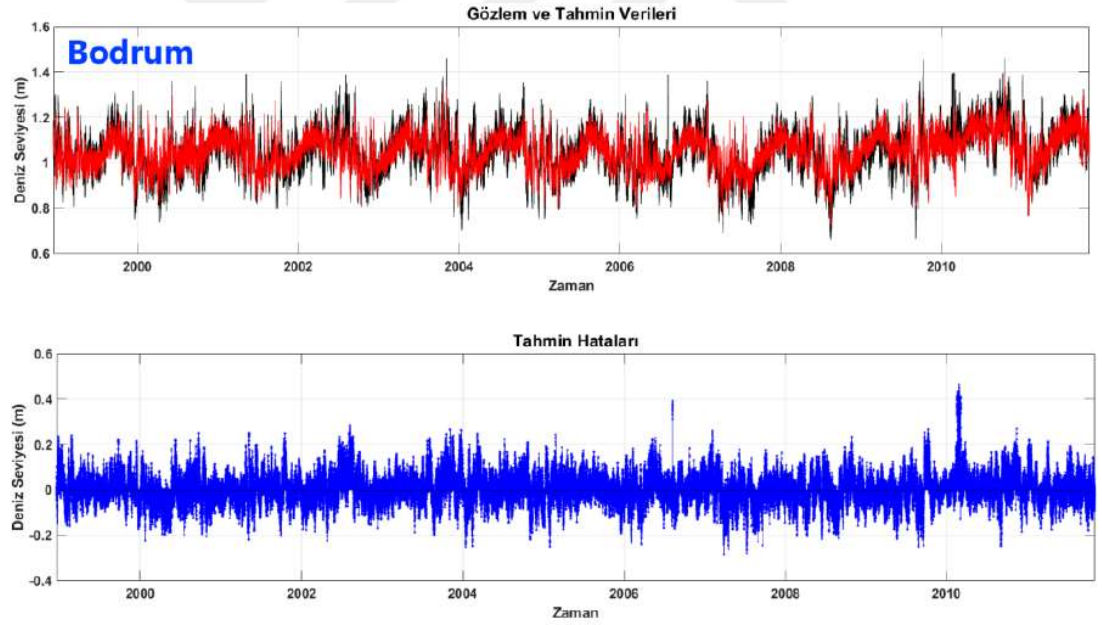
Şekil 2.37 Makine öğrenmesinde eğitim girdileri (Yavuzdoğan ve Kayıkçı, 2021).



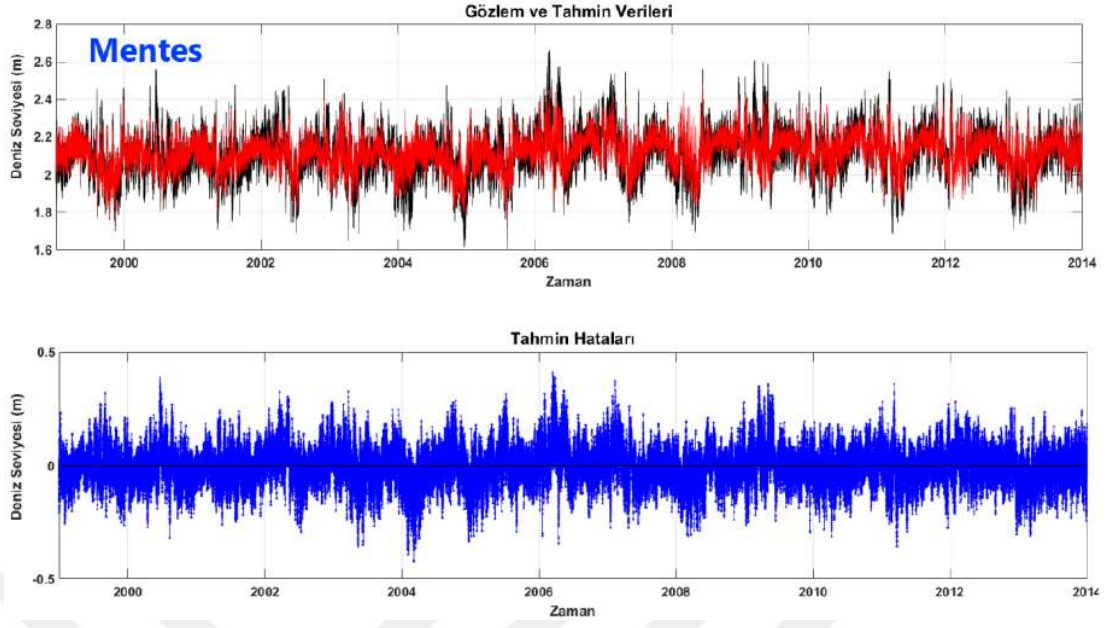
Şekil 2.38 Bodrum istasyonu ÇDR algoritması tahmin verileri (Yavuzdoğan ve Kayıkçı, 2021).



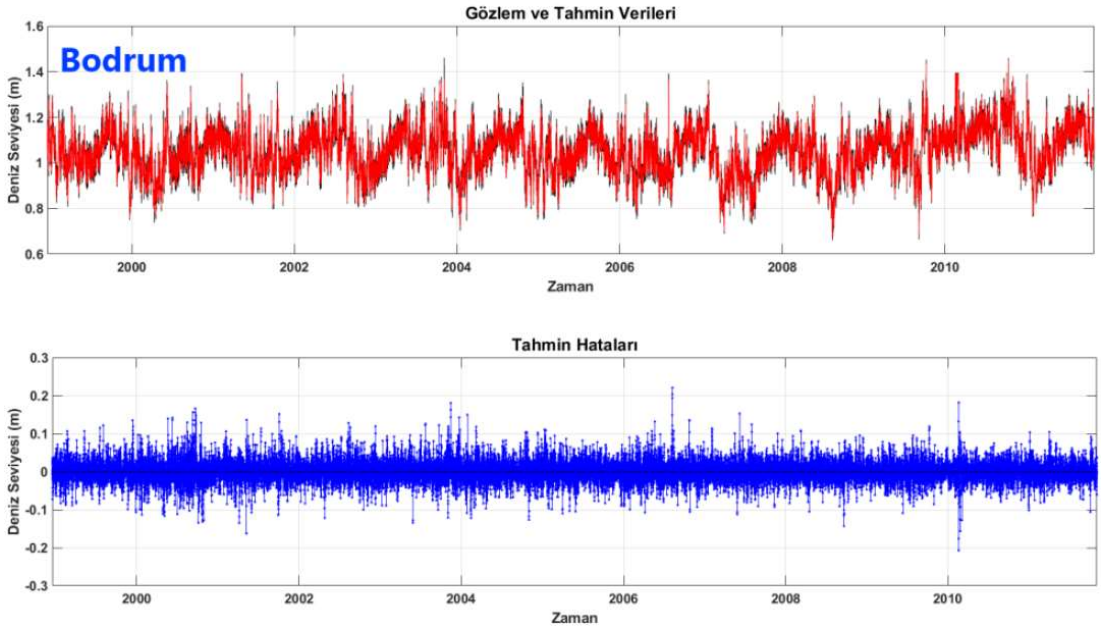
Şekil 2.39 Mentesh istasyonu ÇDR algoritması tahmin verileri (Yavuzdoğan ve Kayıkçı, 2021).



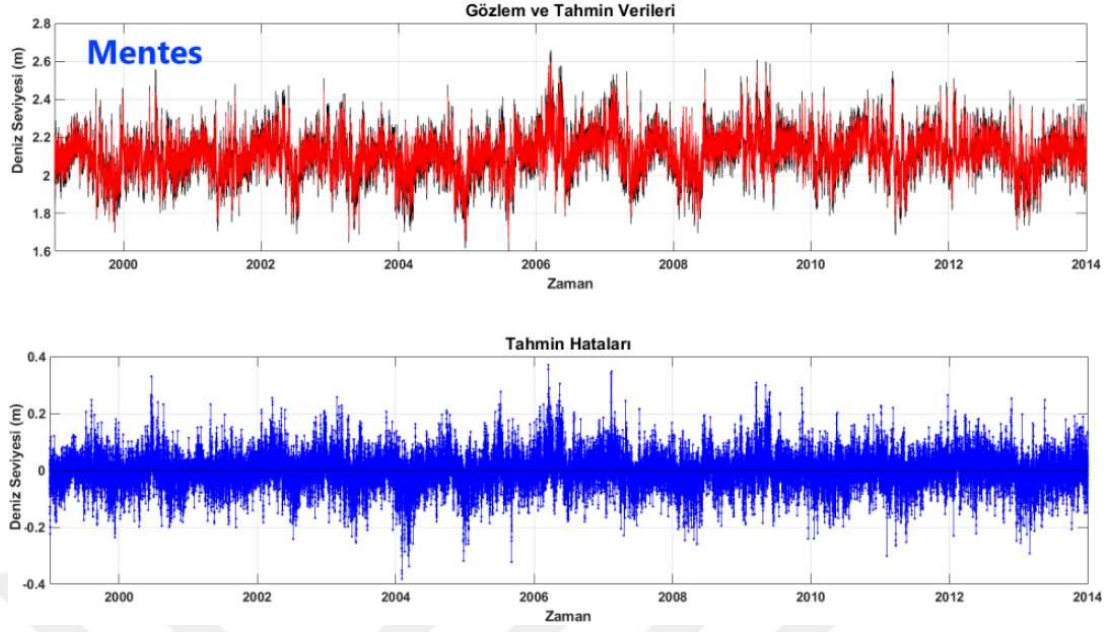
Şekil 2.40 Bodrum istasyonu DVR algoritması tahmin verileri (Yavuzdoğan ve Kayıkçı, 2021).



Şekil 2.41 Mentesh istasyonu DVR algoritması tahmin verileri (Yavuzdoğan ve Kayıkcı, 2021).

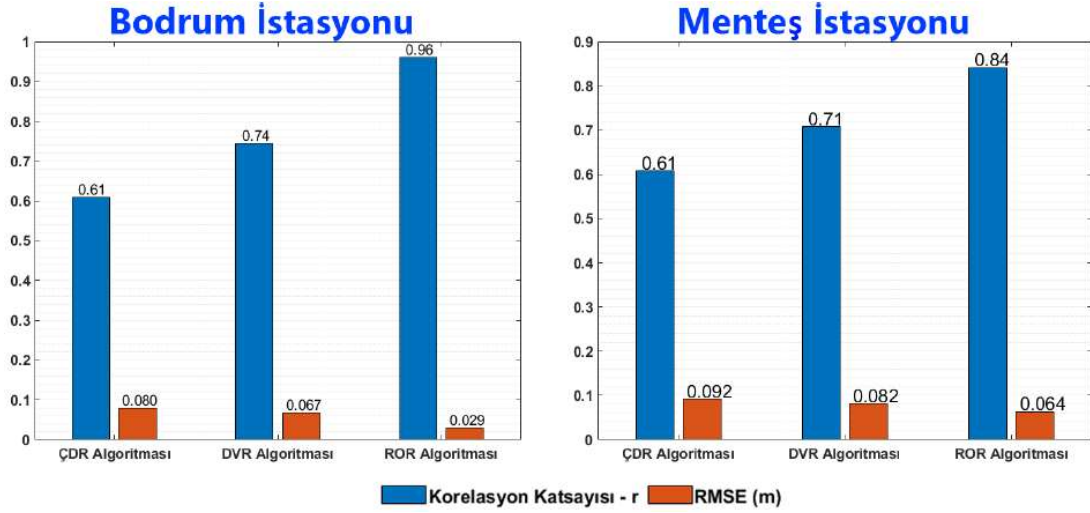


Şekil 2.42 Bodrum istasyonu ROR algoritması tahmin verileri (Yavuzdoğan ve Kayıkcı, 2021).



Şekil 2.43 Mentesh istasyonu ROR algoritması tahmin verileri (Yavuzdoğan ve Kayıkçı, 2021).

Tüm makine öğrenimi algoritmalarının tahmin performansı karşılaştırmaları, Şekil 2.44'deki gibidir. Korelasyon katsayısı en yüksek ve RMSE değeri en düşük tahmin algoritması Rastgele Orman Regresyonu (ROR) olarak görülmektedir.



Şekil 2.44 Tüm makine öğrenimi algoritmalarının tahmin performansı karşılaştırmaları (Yavuzdoğan ve Kayıkçı, 2021).

BÖLÜM ÜÇ

YÖNTEM

3.1 ADCIRC (Advanced 3-D Circulation Model)

Tez kapsamında İzmir Körfezinde yapılacak modelleme çalışmasında ADCIRC modeli kullanılmıştır. ADCIRC (Advanced 3-D Circulation Model) University of North Carolina bünyesinde oluşturulan, serbest yüzeyli çevrinti ve taşınma problemlerini 2 boyutlu ve 3 boyutlu olarak çözen, sonlu elemanlar yöntemini ve düzensiz hesap ağı kullanılmasına olanak sağlayan bir modeldir. Model kaynak koduna akademik araştırma amacıyla ve kaynak kodunun kullanım amacı belirtilerek ilgili enstitü tarafından sağlanan bir link yardımıyla erişilebilmektedir.

3.1.1 Formülasyon

ADCIRC modeli ile 2 ve 3 boyutlu hesaplama yapmak mümkündür. 2 boyutlu (2DDI – Two Dimensional Depth Integrated) ADCIRC modelinin temelini, sıkıştırılamazlık, Boussinesq ve hidrostatik basınç yaklaşımlarını dikkate alan, kütle ve momentum korunumu denklemlerinin derinliğe göre intege edilmiş formu oluşturur.

Kartezyen koordinat sistemi üzerinde korunumlu olmayan (non-conservative) basit (primitive) biçimdeki ifadede Formül 3.1, 3.2 ve 3.3'teki korunumlu ifadeleri meydana getirmektedir:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial UH}{\partial x} + \frac{\partial VH}{\partial y} = 0 \quad (3.1)$$

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} - fV = -\frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{p_s}{\rho_0} + g(\zeta - \alpha\eta) \right] + \frac{1}{H} M_x + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0 H} - \tau_* U \quad (3.2)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} + fU = -\frac{\partial}{\partial y} \left[\frac{p_s}{\rho_0} + g(\zeta - \alpha\eta) \right] + \frac{1}{H} M_y + \frac{\tau_{sy}}{\rho_0 H} - \tau_* V \quad (3.3)$$

Burada,

ζ = Geoide göre serbest yüzey seviyesi (m/s)

U, V = Derinliğe göre ortalama yatay hızlar (m/s)

$H = \zeta + h$ = Toplam su sütunu (m)

h = Geoide göre batimetrik derinlik (m)

$f = 2\Omega \sin\phi$ = Coriolis parametresi (rad/s)

Ω = Dünya'nın açısal hızı (rad/s)

ϕ = Enlem derecesi (rad)

p_s = Serbest yüzeydeki atmosfer basıncı (mH₂O)

g = Yer çekimi ivmesi (m/s²)

η = Newtonyen denge gelgit potansiyeli

α = Dünya efektif elastisite faktörü

ρ_0 = Referans su yoğunluğu (t/m³)

τ_{sx}, τ_{sy} = Uygulanan serbest yüzey gerilimi

$$\tau_* = C_f \frac{(U^2 + V^2)^{\frac{1}{2}}}{H}$$

C_f = Taban sürtünme katsayısı

ADCIRC'de kullanılan yatay yayılma/dağılma (diffusion/dispersion) modeli şu şekildedir:

$$M_x = E_{h_2} \left[\frac{\partial^2 UH}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 UH}{\partial y^2} \right] = \text{Derinlik boyunca integre edilmiş yatay yayılma/dağılma}$$

$$M_y = E_{h_2} \left[\frac{\partial^2 VH}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 VH}{\partial y^2} \right] = \text{Derinlik boyunca integre edilmiş yatay yayılma/dağılma}$$

E_{h_2} = Yatay eddy yayılma/dağılma katsayısı

Newtonyen denge gelgit potansiyeli Formül 3.4'teki gibi ifade edilebilir:

$$\eta(\lambda, \phi, t) = \sum_{nj} C_{jn} f_{jn}^{TP}(t_0) L_j(\phi) \cos \left[\frac{2\pi(t - t_0)}{T_{jn}^{TP}} + v_{jn}^{TP}(t_0) \right] \quad (3.4)$$

Burada,

C_{jn} = j türü gelgit bileşeni n'nin genliğini karakterize eden sabit

f_{jn}^{TP} = Zamana bağlı nodal faktör

v_{jn}^{TP} = Zamana bağlı astronomik ifade

$j = 0,1,2$ Gelgit türleri; 0 = çekimsel (declinational), 1 = günlük (diurnal), 2 = yarı günlük (semi-diurnal)

$$L_0 = 3\sin^2\phi - 1$$

$$L_1 = \sin(2\phi)$$

$$L_2 = \cos^2(\phi)$$

λ, ϕ = Derece cinsinden (sırasıyla) boylam ve enlem

t_0 = Referans zaman (tarih)

T_{jn}^{TP} = j türü gelgit bileşeni n'nin periyodu.

C_{jn} değerleri Luetlich vd. (1992)'de mevcuttur. f_{jn}^{TP} ve v_{jn}^{TP} değerleri tablolardan, örneğin Schureman (1958) ile veya Foreman (1977) gibi mevcut harmonik analiz paketleri kullanılarak hesaplanabilir. Efektif Dünya esneklik (elasticity) faktörü değerinin tüm gelgit bileşenleri için tipik olarak 0,690 olarak alınmaktadır. Bununla birlikte, değerinin bileşene bağlı olduğu gösterilmiştir (Wahr 1981).

ADCIRC, su seviyelerini süreklilik ve momentum denklemlerinin birleşik ve farklılaştırılmış şekli olan Genelleştirilmiş Dalga Sürekliliği Denklemi (Generalized Wave Continuity Equation - GWCE) çözümü ile hesaplar.

GWCE denklemi, basit süreklilik denkleminin zamana göre diferansiyel formu ve basit momentumun korunumu denklemlerinin uzamsal diferansiyel formunun birleşimine ek olarak konvektif terimlerin korunumsuz formda yeniden formülize edilmesi, basit süreklilik denklemi terimlerinin zamanda ve uzayda τ_0 sabitiyle çarpılması ve eddy viskozite terimlerinin yeniden düzenlenmesi ile elde edilmiştir. Kartezyen koordinat düzleminde GWCE ifadesi Formül 3.5'teki gibidir:

$$\begin{aligned}
& \frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2} + \tau_0 \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ U \frac{\partial \zeta}{\partial t} - UH \frac{\partial U}{\partial x} - VH \frac{\partial U}{\partial x} + fVH - H \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{p_s}{\rho_0} + g(\zeta - \alpha\eta) \right] \right. \\
& \quad \left. - E_{h_2} \frac{\partial^2 \zeta}{\partial x \partial t} + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0} - (\tau_* - \tau_0)UH \right\} \\
& \quad + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ V \frac{\partial \zeta}{\partial t} - UH \frac{\partial V}{\partial x} - VH \frac{\partial V}{\partial y} - fUH - H \frac{\partial}{\partial y} \left[\frac{p_s}{\rho_0} + g(\zeta - \alpha\eta) \right] \right. \\
& \quad \left. - E_{h_2} \frac{\partial^2 \zeta}{\partial x \partial t} + \frac{\tau_{sy}}{\rho_0} - (\tau_* - \tau_0)VH \right\} = 0 \tag{3.5}
\end{aligned}$$

3 Boyutlu ADCIRC modeline ait momentum denklemlerinde x, y boyutlarına ek olarak z boyutu; u, v hız bileşenlerine ek olarak w hız bileşeni göz önüne alınarak denklemler yazılmaktadır. Buna göre Boussinesq ve hidrostatik basınç yaklaşımlarına göre momentum denklemlerinin sıfır su denklem formu Formül 3.6 ve 3.7'deki gibidir:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} - fv = -g \frac{\left[\zeta + \frac{p_s}{\rho_0} - \alpha\eta \right]}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\tau_{zx}}{\rho_0} \right) - b_x + m_x \tag{3.6}$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} + fu = -g \frac{\left[\zeta + \frac{p_s}{\rho_0} - \alpha\eta \right]}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\tau_{zy}}{\rho_0} \right) - b_y + m_y \tag{3.7}$$

Burada:

$u, v, w = x, y, z$ koordinatlarındaki hız bileşenleri

$$\frac{\tau_{zx}}{\rho_0} = E_z \frac{\partial u}{\partial z} = \text{Dikey gerilme}$$

$$\frac{\tau_{zy}}{\rho_0} = E_z \frac{\partial v}{\partial z} = \text{Dikey gerilme}$$

$E_z = \text{Dikey eddy viskozitesi}$

$$m_x \equiv \frac{\partial}{\partial x} \left(E_\ell \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(E_\ell \frac{\partial u}{\partial y} \right) = \text{Yatay gerilme gradyanı}$$

$$m_y \equiv \frac{\partial}{\partial x} \left(E_\ell \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(E_\ell \frac{\partial v}{\partial y} \right) = \text{Yatay gerilme gradyanı}$$

$E_\ell = \text{Yatay gerilme katsayısı (yatay eddy viskozitesi)}$

$$b_x \equiv g \frac{\partial}{\partial x} \int_z^{\zeta} \frac{(\rho - \rho_0)}{\rho_0} dz = \text{Baroklinik basınç gradyanı}$$

$$b_y \equiv g \frac{\partial}{\partial y} \int_z^{\zeta} \frac{(\rho - \rho_0)}{\rho_0} dz = \text{Baroklinik basınç gradyanıdır.}$$

3.2 Düzensiz Hesap Ağı (Unstructured Grid) oluşturulması

ADCIRC modelinin yürütülebilmesi için üzerinde çalışmak istenen bölgeye ait düzensiz hesap ağı (unstructured grid) modelinin oluşturulması gerekmektedir. ADCIRC modeliyle uyumlu hesap ağında, sonlu elemanlar yöntemi baz alınarak belirlenen üçgen hesap elemanları ve hesap noktaları (node) bulunmaktadır. Bu noktalar önceden belirlenen bir jeoreferans sistemine ait koordinat bilgileri ve batimetri verisinden elde edilen derinlik değerleriyle ifade edilmektedir. Bu modelin oluşturulması için çeşitli paket programlar veya çeşitli programlama dillerinde hazırlanmış açık kaynak kodlu betikler (script) kullanılmaktadır.

3.2.1 “OceanMesh2D” MATLAB Programı

OceanMesh2D deniz, kıyı ve sığ su akış modelleri için iki boyutlu hesap ağı oluşturma amacıyla kullanılan, MATLAB tabanlı, nesne yönelimli ve açık kaynak kodlu bir yazılımdır (Roberts vd., 2019). Tanımlanan coğrafi koordinatlar, kıyı çizgisi

verileri, topoğrafya ve batimetri bilgileri ile ADCIRC uyumlu düzensiz hesap ağı modeli oluşturabilmektedir.

Nesne yönelimli yaklaşımla yazılmış OceanMesh2D programında 4 temel sınıf (class) aşağıdaki gibidir.

1. Geodata: Geo-uzamsal (geospatial) verileri işler.
2. Edgefx: Hesap ağı boyut fonksiyonlarını yapılandırır.
3. Meshgen: Hesap ağı boyut fonksiyonları ve model sınırlarına göre hesap ağını oluşturur.
4. Msh: Sayısal simülasyon için hesap ağlarıyla yardımcı bileşenlerini depolamaya, yazmaya, okumaya, incelemeye ve görselleştirmeye yarar.

OceanMesh2D programında bir hesap ağı, np hesap noktası köşelerinin p mozaiklemeinden elde edilen ve $\mathbb{R}^2$ düzleminde bulunan nt üçgenlerinden oluşan bir t üçgen kümesidir. OceanMesh2D öncelikle p nokta kümesine göre hesap alanı için Delaunay üçgen elemanlarını oluşturur ve istenilen kaliteye ulaşıncaya kadar ya da belirlenen bir hesap adımı sayısına kadar üçgen elemanları iteratif olarak düzeltir. Bu üçgen elemanların oluşturulma prensibi “Sürekli Galerkin Sonlu Elemanlar” yapısıdır ve aşağıdaki şartları sağlamalıdır:

1. p kümesinde yer alan np noktaları belirli bir düzene göre sıralanır (saat yönü tersi).
2. nt üçgenleri asla üst üste çakışmaz. Yani hiçbir eleman uzayda kesişmez.
3. p kümesinde yer alan np noktalarının tamamı t üçgen kümesi içinde ve bağlantılıdır.
4. Ağın sınırında yalnızca iki geçiş yolu olmalıdır. Herhangi bir başlangıç noktasından itibaren sınır etrafında saat yönünde veya saat yönünün tersine hareket edilebilir ve sonunda başlangıç noktasına ulaşabilir.

Hesap ağındaki her bir üçgen elemanın kalitesi istenildiği düzeyde belirlenebilir ancak ideale en yakın üçgen elemanlar şu şartları sağlamalıdır:

1. Tüm t üçgenleri eşkenara en yakındır.
2. nt üçgenlerinin kenarları, bağlı kenarları arasında $\%g$ den fazla değişiklik göstermez.

Hesap ağını oluşturan üçgen elemanların eşkenar üçgen formuna ne kadar yakın olduğunu ölçmek için aşağıdaki Formül 3.8 kullanılır (Bank, 1998).

$$qE = 4\sqrt{3}A_E \left(\sum_{i=1}^3 (\lambda_E^2)_i \right)^i \quad (3.8)$$

Burada A_E üçgen elemanın alanı, $(\lambda_E)_i$ üçgen elemanın i 'inci kenarının uzunluğudur. $qE = 1$ olması tamamen eşkenar üçgen bir elemana, $qE = 0$ olması tamamen uygunsuz bir elemana işaret eder.

Bir ağı yüksek kaliteli olup olmadığı, qE 'nin istatistiksel dağılımına göre değerlendirilir. Genellikle $\overline{qE} - 3\sigma_{qE} > 0.75$ olan bir hesap ağı (burada $\overline{qE}$ ve σ_{qE} sırasıyla ortalama ve standart sapmayı gösterir) yüksek kaliteli olarak kabul edilir ve ağ topolojisinde herhangi bir değişiklik yapılmadan simülasyonda kullanılabilir. Böylece $\overline{qE} - 3\sigma_{qE} > 0.75$ şartı sağlandığında program hesap ağı oluşturmadaki iterasyonu durdurur. Genellikle bu şart, 30 – 100 iterasyon arasında sağlanır ve hesap ağı oluşumu tamamlanır.

3.2.2 “M_Map” ve “nc_toolbox” MATLAB Modülleri

OceanMesh2D programının çalışabilmesi için ihtiyaç duyduğu bazı açık kaynak kodlu modüller indirilerek dahil edilmelidir. Bunlardan ilki “m_map” MATLAB modülüdür. M_Map MATLAB için yazılmış harita oluşturma araçlarından oluşmaktadır (Pawlowicz, 2020).

İkincisi “nctoolbox” MATLAB modülüdür. “nctoolbox”, ortak veri modeli veri kümelerine salt okunur erişim sağlayan bir MATLAB araç kutusudur (Schlining vd., 2009). Temel olarak nctoolbox, veri erişim katmanı olarak NETCDF-Java'yı kullanır. Bu, nctoolbox'ın aynı API'yi kullanarak NETCDF, OPENDAP, HDF5, GRIB, GRIB2, HDF4 ve 15'ten fazla diğer dosya biçimlerine ve hizmetine erişmesine olanak tanır. MATLAB 2008a ve sonraki sürümler ile çalışır.

M_Map ve nctoolbox modülleri, kaynaklarından “tar.gz” arşiv formatında indirildikten sonra Tar, Winzip, Winrar gibi arşiv yazılımları yardımıyla kaynak

klasörüne çevrilir ve doğrudan OceanMesh2D içerisinde bulunan “utilities” klasörüne dahil edilir. M_Map sürümü en az v1.4 olmalıdır.

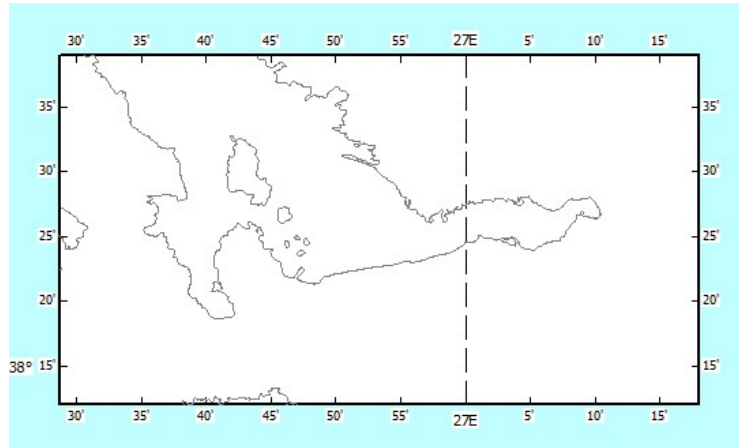
3.2.3 “GSHHS” Kıyı Çizgisi Verisi ve “SRTM15+V2.1 DEM” Verisi

GSHHS (A Global Self-consistent, Hierarchical, High-resolution Shoreline) küresel ölçekte, tutarlı, hiyerarşik yapıda, yüksek çözünürlüklü bir kıyı çizgisi veri tabanıdır (Vessel, P., ve Smith, W.,H.,F., 1996). Çeşitli araçlar yardımıyla bu veri tabanından, farklı çözünürlüklerde ve farklı veri formatlarında kıyı çizgisi verisi elde edilebilmektedir.

GSHHS verisi 5 farklı çözünürlükte bulunmaktadır. Burada Full (f) verisi seçilmiş, QGIS ortamında kıyı çizgisinde model stabilitesini olumsuz etkileyecek bölümlerde daha yumuşak geçişler elde etmek için düzeltmeler yapılmıştır.

- 1.Full (f): Orijinal ve en yüksek çözünürlük seçeneğidir.
- 2.High (h): Çözünürlük ve boyutlarda (f) seçeneğine göre %80 azalma.
- 3.Intermediate (i): (h) seçeneğine göre %80 azalma.
- 4.Low (l): (i) seçeneğine göre %80 azalma.
- 5.Crude (c): (l) seçeneğine göre %80 azalma.

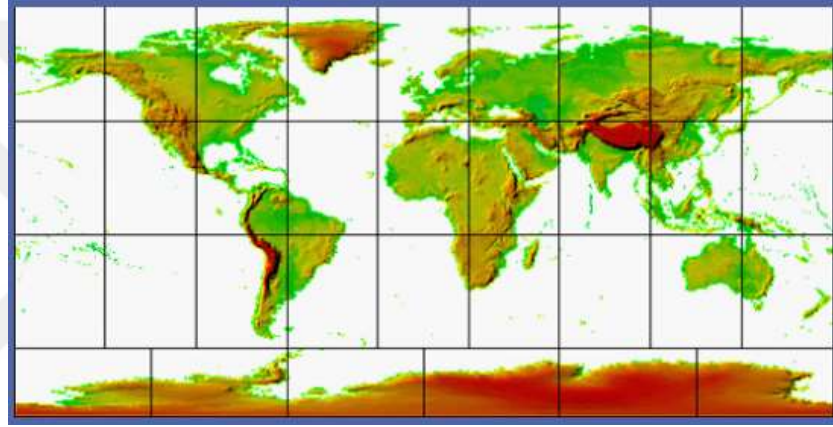
OceanMesh2D programında GSHHS verilerinin depolanması için /utilities/GSHHS adında özel bir klasör bulunmaktadır ve verilerin istenilen çözünürlükte indirilerek buraya yüklenmesi gerekmektedir. Burada Full (f) verisi kullanılarak ve QGIS ile gerekli iyileştirmeler yapılarak elde edilen kıyı çizgisi verisi Şekil 3.1’deki gibidir.



Şekil 3.1 GSHHS Full (f) verisi kullanılarak elde edilen kıyı çizgisi verisi.

SRTM15+ küresel ölçekte ve 15 açı-saniye örnekleme aralığında ve ekvator üzerinde bir piksele karşılık yaklaşık 500m x 500m çözünürlükte batimetri ve topoğrafya verilerini barındıran bir dijital yükselti modelidir (Tozer, B., vd. 2019). California San Diego Üniversitesi bünyesindeki veri tabanından erişilebilen SRTM15+ verisine küresel ölçekte veya 33 adet interaktif bölgeden biri seçilerek erişilebilmektedir. Bu bölgeler Şekil 3.2'deki gibidir.

SRTM15+ verisinin V2.1 sürümü NETCDF formatında, SRTM15+V2.1.nc biçiminde indirilerek OceanMesh2D/utilities klasörüne aktarılmış ve programın bu dijital yükselti verisine erişimi sağlanmıştır.



Şekil 3.2 SRTM15+ veri bölgeleri.

3.2.4 Oceanmesh2D Parametrelerinin Belirlenmesi

İzmir Körfezinin modellenmesi için düzensiz hesap ağının oluşturulmasında kullanılacak parametreler yapılan denemeler sonucunda belirlenmiş ve Oceanmesh2D yazılımının çalışması için gereken girdi dosyası oluşturulmuştur. Bu dosyanın içeriği EK 1'deki gibidir.

3.2.5 “fort.14” Girdi Dosyasının Oluşturulması

ADCIRC fort.14 girdi dosyası, hesap ağı ve batimetri bilgilerini içeren ASCII metin formatında bir dosyadır. Burada ilk olarak sırasıyla hesap noktası numarası, enlem, boylam (ondalıklı derece) ve batimetrik derinlik (m) değerleri tüm noktalar için yer

almaktadır. Ayrıca açık sınır (open boundary) ve kara sınırı (land boundary) noktaları dosyanın bir bölümünde ayrıca belirtilmektedir.

Burada belirtilmesi gereken bir husus, hesap ağı oluşturulurken, batimetrik derinliğin en küçük olduğu noktada 1 metre kabul edilmesinin sisteme tanımlanmış olduğudur. Bu nedenle özellikle kıyı noktalarında derinliğin 1 metre değerinden başlayarak arttığı görülmektedir. Bunun nedeni model stabilitesini arttırmaktır.

İzmir körfezi için hazırlanan fort.14 dosyası içindeki noktaların örnek gösterimi aşağıdaki gibidir:

OceanMesh2D

76985 41265

1 27.1709021188 38.4413123167 1.0000000000e+00

2 27.1710991759 38.4415066320 1.0000000000e+00

...

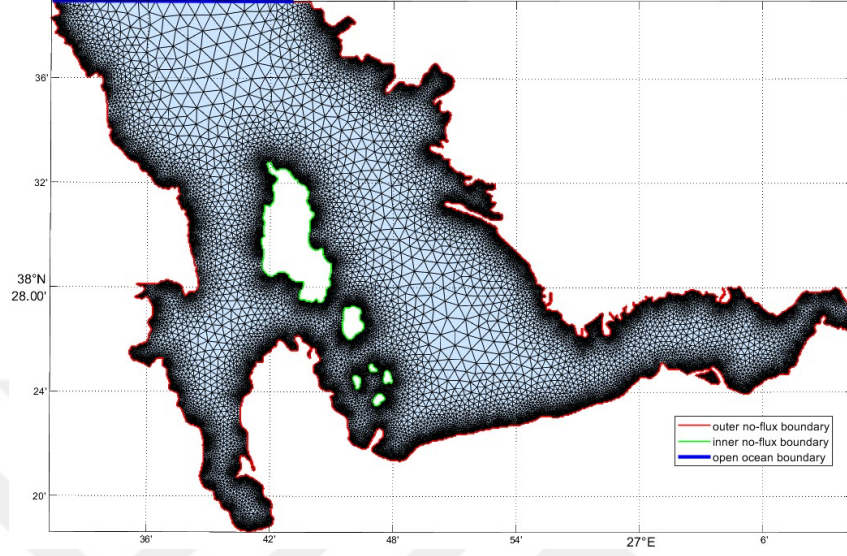
41264 26.6846303783 38.3104186165 1.0000000000e+00

41265 26.6850324570 38.3104585382 1.0000000000e+00

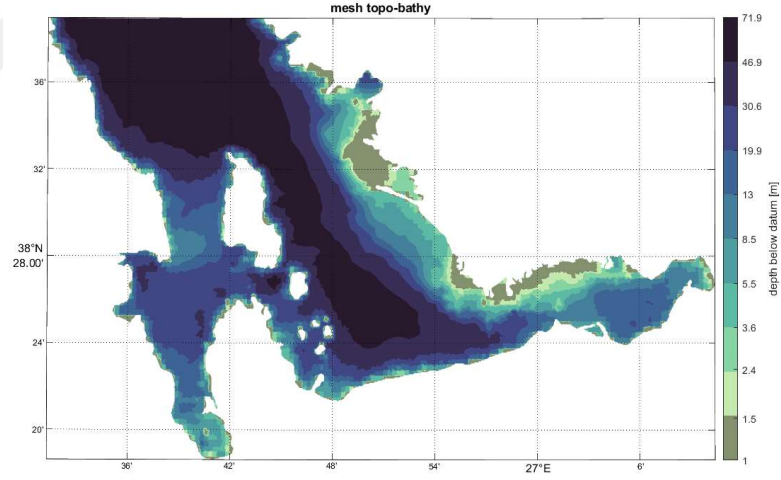
MATLAB ortamında Oceanmesh2D yazılımının belirlenen parametreler ile çalıştırılmasıyla ADCIRC modelinde kullanılacak düzensiz hesap ağı girdi dosyası fort.14 elde edilir. Hesap ağında 41265 hesap noktası ve 76985 hesap elemanı bulunmaktadır. OceanMesh2D ile elde edilen hesap ağının görünümü Şekil 3.3 ve OceanMesh2D ile SRTM15+V2.1 DEM verisi kullanılarak oluşturulmuş batimetri verisinin hesap ağındaki görüntüsü Şekil 3.4'teki gibidir. Hesap ağına ait qE grafiği Şekil 3.5'te verilmiştir. Burada açık sınır noktası olması gereken ancak sistem tarafından tanımlanamayan noktalar tespit edilerek oluşturulan hesap ağı girdi dosyası fort.14 üzerinde elle tanımlanmıştır.

Blue Kenue, özellikle hidrolik alanında sayısal model verilerinin hazırlanması ve analizi için bir araç sağlayan EnSim teknolojisi üzerine inşa edilmiş bir uygulamadır. Kanada Hidrolik Merkezi'nde (CHC) geliştirilen EnSim, gelişmiş bir sayısal modelleme ortamı ve kolayca uyarlanabilen genel amaçlı bir veri işleme ve görselleştirme sistemi olarak tasarlanmıştır.

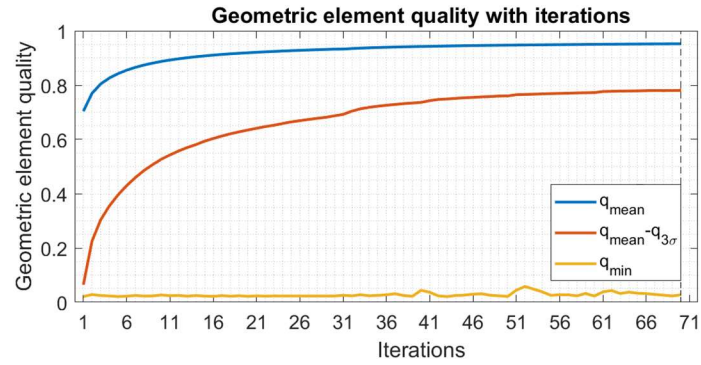
BlueKenue yazılımı ile işlenmiş batimetri ve hesap ağının birleşik görünümü Şekil 3.6'daki gibidir. Oluşturulan model bölgesine ait batimetrisinin BlueKenue ile görselleştirilmiş hali Şekil 3.7'deki gibidir.



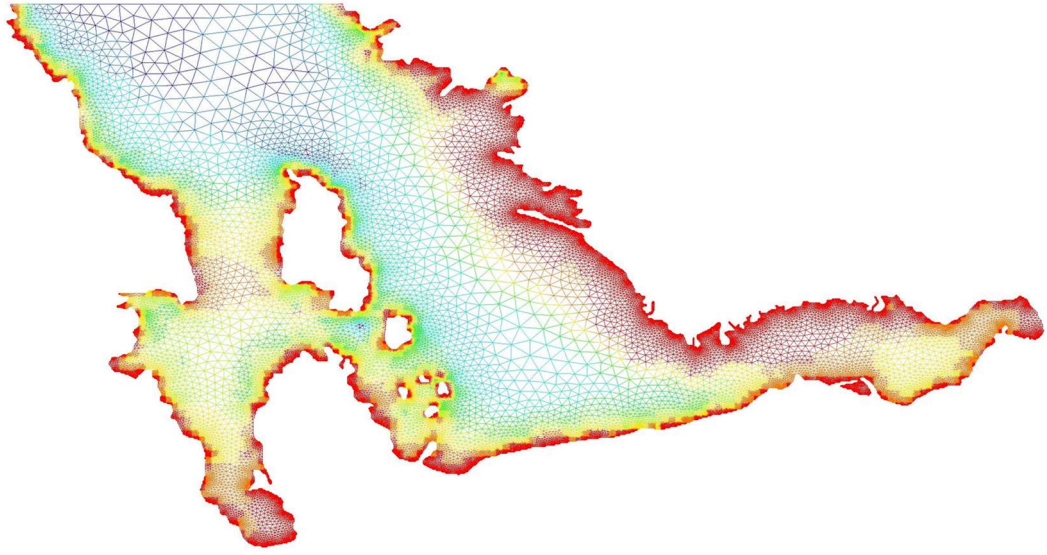
Şekil 3.3 OceanMesh2D – MATLAB ile hesap ağı görselleştirme.



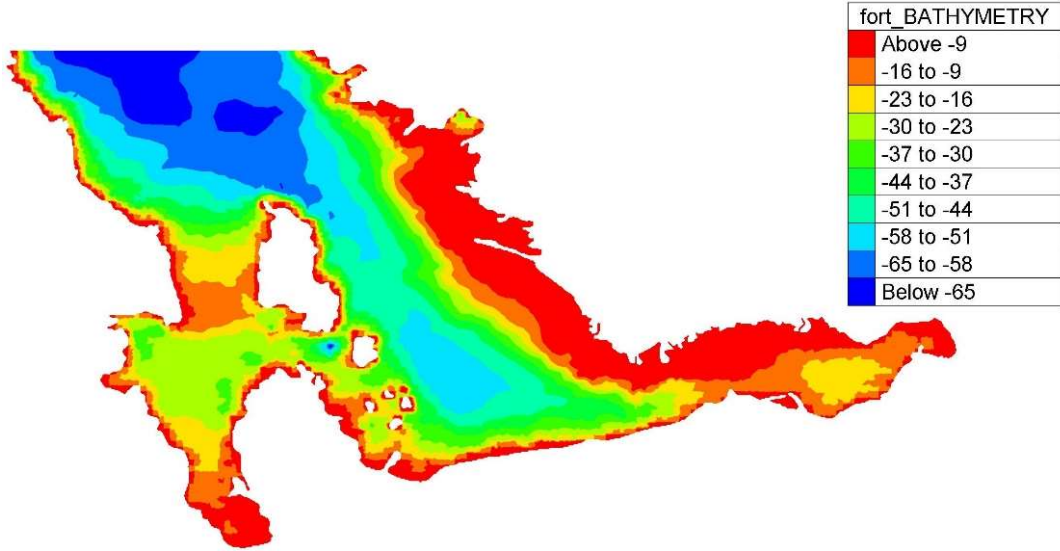
Şekil 3.4 OceanMesh2D ile model bölgesi batimetrisi görselleştirme.



Şekil 3.5 Hesap ağı geometrik eleman kalitesi qE grafiği.



Şekil 3.6 BlueKenue ile hesap ağı görselleştirme.



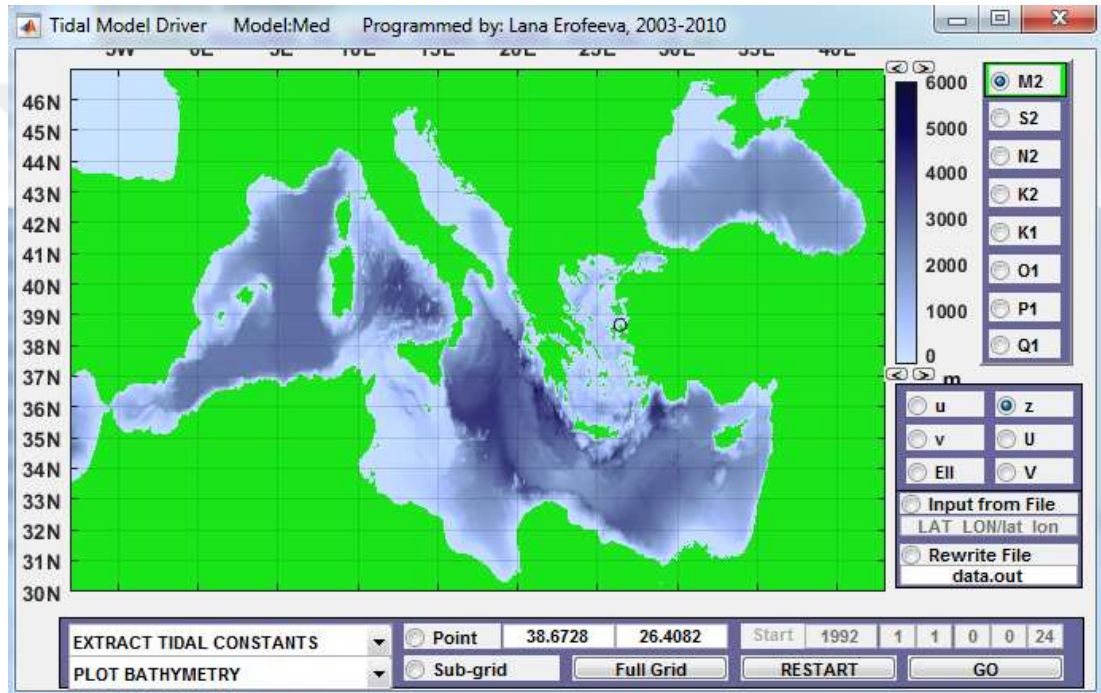
Şekil 3.7 BlueKenue ile model bölgesi batimetrisi görselleştirme.

3.3 Gelgit Parametrelerinin Belirlenmesi

İzmir Körfezinde gelgit etkisiyle oluşan seviye değişimi ve hız değerlerinin ADCIRC modeli yardımıyla hesaplanabilmesi için açık sınır (open boundary) hesap noktalarına ait gelgit parametrelerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu bilgiler, hesap yapılmak istenen tarih aralığına göre bulunan “Nodal Attributes” parametreleri ve hesap noktalarında gelgit bileşenlerine ait genlik ve faz açısı bilgileridir. Bu bilgiler farklı program ve gelgit modelleri yardımıyla elde edilebilmektedir. Bu bilgiler model parametrelerini içeren fort.15 girdi dosyasına işlenecektir.

3.3.1 “TMD Tide Toolbox” MATLAB Programı

“TMD (Tidal Model Driver) Tide Toolbox”, ESR/OSU gelgit modelleri ailesinin harmonik bileşenlerine erişmek, gelgit yüksekliği ve akıntıları için tahminler yapmak için oluşturulmuş bir MATLAB paketidir (Erofeeva vd., 2020). Gelgit modellerine erişmek ve veri almak için bir grafik arayüze sahiptir. Bu arayüz sayesinde model dahilindeki noktalarda 8 adet gelgit bileşenine ait gelgit parametrelerinin belirlenmesi ve gelgit tahmini mümkün olmaktadır. Arayüzün genel görünümü Şekil 3.8’deki gibidir.



Şekil 3.8 TMD Tidal Model Driver Grafik Arayüzü.

3.3.2 “OSU TPXO-OTIS Regional Mediterranean” Gelgit Modeli

TPXO gelgit modeli, yöntemleri Egbert vd. (1994) tarafından tanımlanmış, küresel, bölgesel ve yerel, barotropik gelgit modelidir. Bu metotlar “OTIS (OSU Tidal Inversion Software)” yazılımı içerisine uygulanmıştır. Tüm küresel, bölgesel ve yerel modeller, OTIS ile uydu altimetrisi ve diğer verileri asimile ederek elde edilmiştir. (Egbert vd., 2002).

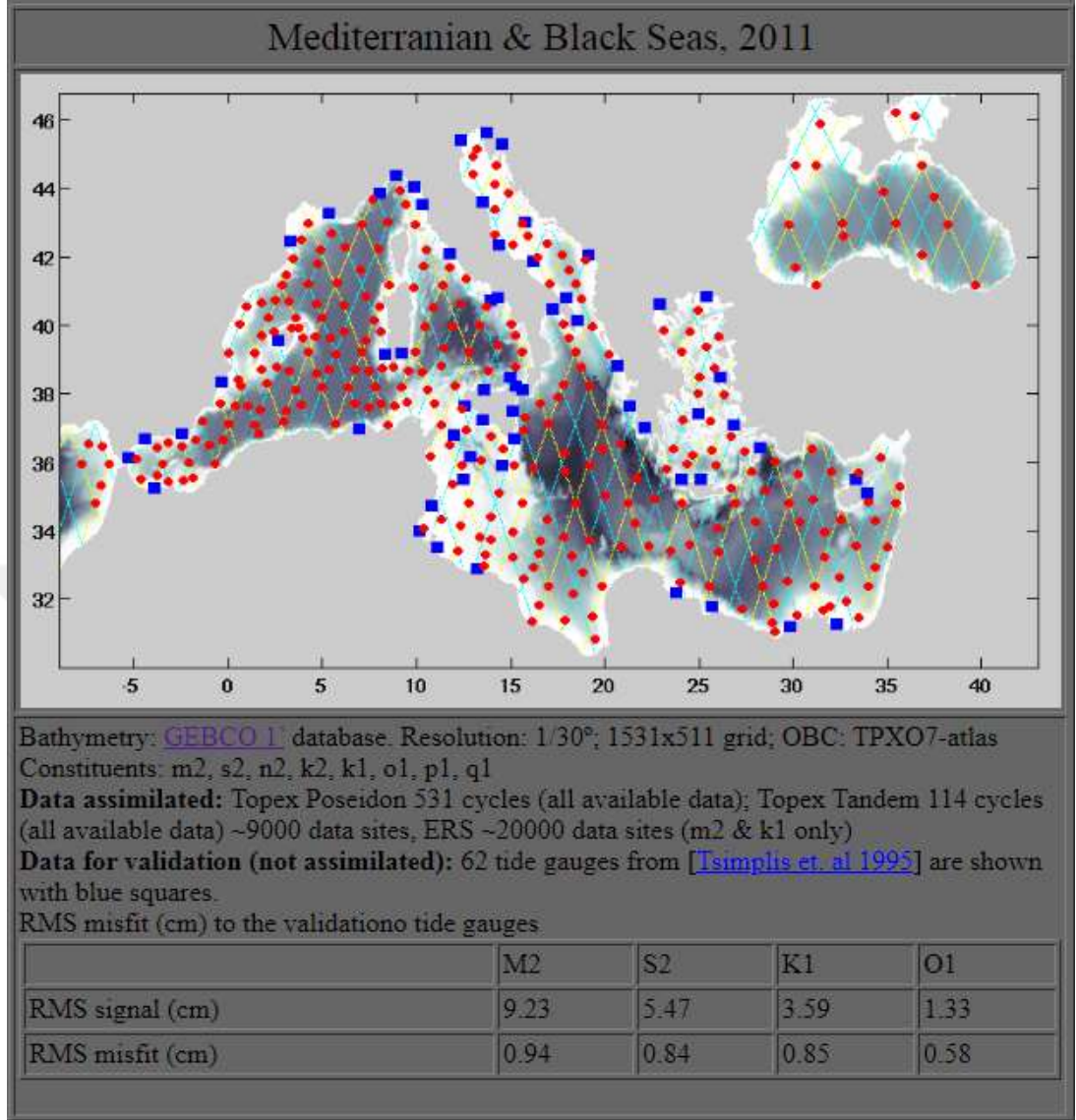
TPXO gelgit modellerinin 3 ana bileşeni bulunmaktadır. Bunlar Batimetri/derinlik ağı (m), Seviye (elevation) (m) ve Taşınım (transport) (m^2/s) değerleridir.

İzmir körfezine ait genlik ve faz değerlerinin hesaplanması için “Regional Models” bölümünde yer alan “Mediterranean” modeli kullanılmıştır (Tsimplis vd., 1995). Model dosyası indirilip TMD MATLAB kaynak dosyası içine aktarılır. Modelle ilgili genel bilgiler Şekil 3.9’daki gibidir.

Seviye ve taşınım bilgileri karmaşık genlik değerleri ile verilmektedir. Bu nedenle t zamanında ω frekansında ve x konumunda tek bileşen için kısmi gelgit değeri, Formül 3.9 ile hesaplanmaktadır.

$$h(x, t) = pu(t, x)Re[h(x)exp\{i[\omega(t - t_0) + V_0(t_0) + ph(t, x)]\}] \quad (3.9)$$

Burada $V_0(t_0)$, gelgit bileşenine ait t_0 anındaki astronomik ifadeyi, $pu(t, x)$ ve $ph(t, x)$ nodal düzeltme ifadelerini temsil etmektedir. Genlik değeri $|h|$ ve faz açısı değeri $\tanh^{-1}(-lm(h)/Re(h))$ şeklinde bulunabilmektedir.



Şekil 3.9 “OSU TPXO-OTIS Regional Mediterranean” Gelgit Modeli Özellikleri.

3.3.3 “tide_fac.f” Fortran Programıyla Nodal Parametrelerin Belirlenmesi

Gelgit hesaplamada kullanılacak nodal parametreler, ADCIRC modeli yardımcı araçları arasında bulunan “tide_fac.f” Fortran programı yardımıyla hesaplanmaktadır. Bunun için öncelikle program bir Fortran derleyicisi yardımıyla çalıştırılabilir formata getirilmelidir. Fortran derleyicisi olarak gfortran ve yürütme ortamı için Fortran paketlerinin yüklü olduğu Cygwin64 kullanılarak aşağıdaki komut yardımıyla derleme işlemi yapılır:

```
$ gfortran -o tide_fac.exe tide_fac.f
```

Burada elde edilen çalıştırılabilir tide_fac.exe dosyası aşağıdaki komutla çalıştırılır:

```
$ ./tide_fac.exe
```

Daha sonra simülasyon gün sayısı girilir. Bir sonraki adımda ise başlangıç saati, günü, ayı ve yılı aşağıdaki formatta girilir. Burada simülasyon gün sayısı 30, başlangıç saati 00:00, başlangıç tarihi 01/09/2017 olarak girilmiştir. Diğer zaman aralıkları için de benzer şekilde tarihleri girilerek nodal parametreler elde edilmiştir.

```
$ ./tide_fac.exe
ENTER LENGTH OF RUN TIME (DAYS)
30
ENTER START TIME - BHR, IDAY, IMO, IYR (IYR e.g. 1992)
00,01,09,2017
TIDAL FACTORS STARTING: HR-0.00, DAY-1, MONTH-9 YEAR-2017
FOR A RUN LASTING 30.00 DAYS
```

Program çıktısı, programın bulunduğu klasörün içine “tide_fac.out” isimli dosya oluşturularak kaydedilmiş olur. Burada elde edilen nodal parametreler, fort.15 ADCIRC girdi dosyasında ilgili yere işlenecektir. Bu dosyanın içeriği şu şekildedir:

```
TIDAL FACTORS STARTING: HR-0.00, DAY-1, MONTH-9 YEAR- 2017
FOR A RUN LASTING 30.00 DAYS
CONST  NODE  EQ ARG (ref GM)
NAME  FACTOR  (DEG)

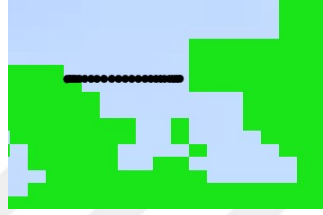
K1      0.99844      1.22
O1      0.99728     230.35
P1      1.00000     349.87
Q1      0.99728      62.14
N2      1.00540      59.27
M2      1.00540     227.48
S2      1.00000       0.00
K2      0.97542     182.45
```

3.3.4 “fort.14” Dosyasında Açık Sınır Noktalarının Bulunması

ADCIRC fort.14 girdi dosyasında açık sınır noktalarının belirtildiği bu kısımda yalnızca nokta numaraları bulunmaktadır. Bu numaralara karşılık gelen enlem ve boylam bilgileri üst bölümde bulunarak ayrı bir yere kaydedilmiştir. Burada nokta numaralarının yanına enlem ve boylam bilgileri de eklenmiştir. Elde edilen açık sınır noktalarına ait nokta numarası ve koordinat bilgileri Ek-2’deki gibidir.

3.3.5 Açık Sınır Noktalarında 8 Gelgit Bileşenine Ait Genlik ve Faz Değerlerinin Belirlenmesi

TMD programı kullanılarak fort.14 dosyasından elde edilen açık sınır noktalarında 8 gelgit bileşenine ait genlik ve faz değerleri hesaplanmıştır. Açık sınır noktalarının koordinatları ile Ek-3'teki formatta, uzantısız bir koordinat dosyası oluşturulur. Bu değerler daha sonra fort.15 girdi dosyasında ilgili bölümlere eklenecektir. Açık sınır noktalarının TMD arayüzü üzerindeki görüntüsü Şekil 3.10'daki gibidir.



Şekil 3.10 Açık sınır noktalarının TMD arayüzü üzerindeki görüntüsü.

Burada modellemede dikkate alınacak 8 majör gelgit bileşenleriyle ilgili bilgiler Tablo 3.1'deki gibidir:

Tablo 3.1 Majör 8 gelgit bileşenine ait bilgiler.

Darwin Sembolü	Tür	Period (saat)	Hız (°/saat)	Doodson Numarası	NOAA Sırası
M2	Principal lunar semi diurnal	12.4206012	28.9841042	255.555	1
S2	Principal solar semi diurnal	12	30	273.555	2
N2	Larger lunar elliptic semi diurnal	12.65834751	28.4397295	245.655	3
K1	Lunar diurnal	23.93447213	15.0410686	165.555	4
O1	Lunar diurnal	25.81933871	13.9430356	145.555	6
Q1	Larger lunar elliptic diurnal	26.868350	13.3986609	135.655	26
P1	Solar diurnal	24.06588766	14.9589314	163.555	30
K2	Lunisolar semi diurnal	11.96723606	30.0821373	275.555	35

8 Majör gelgit bileşenine ait genlik ve faz değerlerinin elde edilmesi için MATLAB ortamında TMD.m dosyası yürütülür. Grafik arayüz açılmadan önce, açılan pencerede kullanılacak gelgit modeli işaretlenmelidir. Önceden “DATA” klasörü içine yerleştirilen “Model_Med” seçilir. Burada “Extract Tidal Constituents” seçilir. Gelgit bileşenleri bulunmak istenen noktaların koordinatları, “Input from File” seçeneğindeki “lat_lon” metin dosyası yardımıyla modele girilecektir. İçeriğinde sırasıyla açık sınır noktalarının enlem ve boylam değerlerinin bulunduğu bu dosya, TMD klasöründeki LAT_LON alt klasörünün içinde bulunmalıdır. Sağ tarafta bulunan Darwin sembolleri yardımıyla istenen bileşenler seçilir. Burada kolaylık açısından her bileşen için modelin birer kez çalıştırılması, çıktı dosyasının düzeni açısından daha uygun olmaktadır. Her model yürütme için sonuçlar aynı çıktı dosyasının sonuna eklenmek isterse sağ alttan “Append File” seçilir. Ayrı dosyalar halinde saklanmak isterse “Rewrite File” seçilir. “GO” butonuna basılarak modelin yürütülmesi sağlanır.

Gelgit bileşenlerine ait model hesaplanan parametrelerin bulunduğu “data.out” dosyasının içeriği Ek-4’teki gibidir. Bu değerler “Model Parametreleri ve Periyodik Sınır Koşulları Girdi Dosyası – fort.15” dosyasında ilgili bölümde yer alacaktır.

ADCIRC için tavsiye edilen gelgit potansiyeli değerleri Tablo 3.2’deki gibidir (Luettich ve Westerink, 2000). ADCIRC fort.15 girdi dosyasında bu parametrelere ek olarak kullanılan gelgit bileşenlerine ait frekans değerleri Tablo 3.3’teki gibidir (Mukai vd., 2001). Burada model yürütmesi için 8 gelgit bileşenine ait radyan/saniye cinsinden frekans değerleri alınarak girdi dosyasının ilgili bölümüne eklenmiştir.

Tablo 3.2 ADCIRC için tavsiye edilen gelgit potansiyeli değerleri (Luettich ve Westerink, 2000).

Tidal Potential Coefficients Recommended for use in ADCIRC

Species - j	Constituent Name - n	C_{jn}	α	T_{jn}
0	M _f fortnightly lunar	0.041742 m	0.69	13.660791 d
	M _m monthly lunar	0.022026 m	0.69	27.554553 d
	S _{sa} semiannual solar	0.019446 m	0.69	182.6211 d
	S _a annual solar	variable	0.69	365.2597 d
1	K ₁ luni-solar	0.141565 m	0.736	23.9344696 h
	O ₁ principal lunar	0.100514 m	0.695	25.8193417 h
	P ₁ principal solar	0.046843 m	0.706	24.0658902 h
	Q ₁ elliptical lunar	0.019256 m	0.695	26.8683566 h
2	M ₂ principal lunar	0.242334 m	0.693	12.4206012 h
	S ₂ principal solar	0.112841 m	0.693	12.0000000 h
	N ₂ elliptical lunar	0.046398 m	0.693	12.6583482 h
	K ₂ luni-solar	0.030704 m	0.693	11.9672348 h

Tablo 3.3 Gelgit bileşenlerine ait frekans değerleri (Mukai vd., 2001).

Gelgit Bileşeni	Frenkans (radyan/saniye)
Steady	0.0000000000000000
K1	0.00007292115836
O1	0.00006759774415
M2	0.00014051890251
S2	0.00014544410433
N2	0.00013787969949
K2	0.00014584231720
Q1	0.00006495854113
P1	0.000072522945975
M4	0.00028103780502
M6	0.00042155670753

3.4 Model Yürütmesinde Kullanılan Girdi Dosyalarının Oluşturulması

3.4.1 Model Parametreleri ve Periyodik Sınır Koşulları Girdi Dosyası – fort.15

ADCIRC model parametreleri ve sınır koşulları modele girdi dosyası fort.15 yardımıyla işlenmektedir. Bu dosyanın hazırlanması modelin yürütülmesi için zorunludur. Bir diğer zorunlu dosya bir önceki bölümde yer verilen “Hesap Ağı ve Sınır Bilgi Girdi Dosyası – fort.14”tür. Model yürütmesi için asgari bu iki dosyanın bulunması gerekmektedir.

Model yürütmede kullanılan ADCIRC fort.15 girdi dosyalarına örnek olarak Eylül 2017 için hazırlanan girdi dosyası içeriği EK-5’te yer almaktadır. Burada kullanılan parametrelerin açıklamaları ve değerleri aşağıdaki gibidir:

NFOVER: önemli olmayan hatayı geçersiz kılma seçeneği;

= 0, tutarsız giriş parametreleri programın sonlandırılmasına neden olur.

= 1, tutarsız giriş parametreleri (mümkün olduğunda) otomatik olarak varsayılan veya tutarlı bir değere düzeltilecek ve yürütmeye devam edilecektir.

NFOVER değeri 1 olarak seçilmiştir.

NABOUT: ADCIRC'den ekrana veya konsola ve ayrıca ADCIRC günlük dosyasına (fort.16) çıkış için günlük kaydı düzeyi.

= 1, bilgilendirme düzeyindeki günlük mesajları ve üstü. Bu mesajlar kullanıcıya ADCIRC'ün yaptığı, önemli olan ancak bir sorunun veya sorunun sonucu olmayan uyarıları iletir.

NABOUT değeri 1 olarak seçilmiştir.

NSCREEN: Model yürütme ekranına günlük (log) mesajı çıkışını kontrol eder. Zaman adımı günlüğü her NSCREEN zaman adımı yazılacaktır.

NSCREEN değeri 100 olarak seçilmiştir. Her 100 hesap adımı bir uyarı görüntülenecektir. $DT = 2$ saniye hesap adımı aralığı için her bir uyarı aralığı 200 saniye olmaktadır.

IHOT: Modelin sıcak başlatılıp başlatılmayacağını (hot start) kontrol eden parametredir. Hızlı başlatma olanağı 2D ve 3D çalışmalar için kullanılabilir. Harmonik analiz devam ediyorsa, sıcak başlatma dosyası aynı zamanda harmonik analiz verilerini de içerecektir, böylece harmonik analiz de sıcak başlatılabilir.

Sıcak başlatma model yürütmesinin belirli bir hesap adımı oluşturulan dosyalar yardımıyla daha sonra tekrar aynı noktadan başlatılabilmesini sağlamaktadır. Soğuk başlatma (cold start) ise modeli doğrudan en baştan, başlangıç ve sınır koşulları ile başlatma seçeneğidir.

IHOT değeri 0 (modeli soğuk başlatma) seçilmiştir.

ICS: Modelin küresel koordinatlarda mı yoksa Kartezyen koordinatlarda mı çalıştırıldığını kontrol eden parametredir.

= 2 ADCIRC temel denklemleri (governing equations), bir harita projeksiyonu (Carte Parallelo-grammatique – CPP) kullanılarak Kartezyen koordinatlara dönüştürülmüş küresel koordinatlar üzerinde işlem gerçekleştirir. Hesap ağı dosyasındaki (fort.14) koordinatlar ondalıklı derecede boylam ve enlem cinsindendir.

ICS değeri 2 olarak seçilmiştir.

IM: Model yürütme türü parametresidir.

= 0 Yeni GWCE ve Momentum denklem formülasyonları kullanılarak Barotropik 2DDI model yürütme.

= 1 Yeni GWCE ve hıza dayalı Momentum denklemlerini kullanan Barotropik 3D model yürütme.

= 21 Yeni GWCE ve hıza dayalı Momentum denklemlerini kullanan Baroklinik 3D model yürütme.

IM değeri 0 (2DDI) değeri seçilmiştir.

NOLIBF: 2DDI ADCIRC çalışmasında kullanılan taban gerilim parametresi tipini kontrol eden parametre.

= 0 doğrusal taban sürtünme yasası. Sürtünme katsayısı (FFACTOR) aşağıda belirtilmiştir.

= 1 ikinci dereceden alt sürtünme yasası. Sürtünme katsayısı (FFACTOR) aşağıda belirtilmiştir

= 2 hibrit doğrusal olmayan alt sürtünme yasası. Derin suda sürtünme katsayısı sabittir ve ikinci dereceden bir dip sürtünme yasası ortaya çıkar. Sığ suda derinlik azaldıkça sürtünme katsayısı artar (örneğin Manning tipi sürtünme yasasında olduğu gibi). Sürtünme katsayısı Formül 3.10'daki gibi belirlenir:

$$FFACTOR = CF * \left[1 + \left(\frac{HBREAK}{H} \right) ** FTHETA \right] ** \left(\frac{FGAMMA}{FTHETA} \right) \quad (3.10)$$

Gerekli parametreler (CF, HBREAK, FTHETA, FGAMMA) aşağıda belirtilmiştir:

CF: 2DDI model yürütme seçeneği için ikinci dereceden boyutsuz taban sürtünme katsayısıdır. Bu değer 0,025 olarak seçilmiştir.

HBREAK: NOLIBF = 2 için kullanılan kopma (break) derinliğidir (uzunluk birimi). Eğer su derinliği (H), HBREAK 'ten büyükse, taban sürtünmesi FFACTOR = CF ile derinlik ortalamalı hızın ikinci dereceden bir fonksiyonuna yaklaşır. Su derinliği HBREAK 'ten azsa, derinlik azaldıkça sürtünme faktörü artar. HBREAK = 1 m tavsiye edilir.

FTHETA: Hibrit taban sürtünme ilişkisinde kullanılan (NOLIBF = 2) boyutsuz bir parametredir. Su derinliği HBREAK'ten büyük veya küçük olduğunda hibrit taban sürtünme ilişkisinin derin su ve sığ su sınırlarına ne kadar hızlı yaklaşacağını belirler. (FTHETA = 10 önerilir).

FGAMMA: Hibrit taban sürtünme ilişkisinde (NOLIBF = 2) kullanılan ve su derinliği azaldıkça sürtünme faktörünün nasıl arttığını belirleyen boyutsuz bir parametredir. Bu parametreyi 1/3 olarak seçmek Manning sürtünme yasası tipinde bir davranış verir (FGAMMA = 1/3 önerilir).

NOLIFA: ADCIRC'deki sonlu genlik (finite amplitude) terimlerini kontrol eden parametredir. NOLIFA değeri, minimum su derinliği parametresinin (H0) anlamını etkiler ve H0 ile ek parametrelerin belirtilmesini gerektirir. Sonlu genlik terimleri açıldığında, uygun kütle korunumu ve tutarlılık için advectif terimlerin zamana göre türev kısmı da açılmalıdır (yani NOLIFA>0 olduğunda NOLICAT=1 alınmalıdır).

NOLICA: ADCIRC'deki advectif terimleri kontrol eden parametre (süreklilik denkleminin GWCE formunda ortaya çıkan ve NOLICAT tarafından kontrol edilen zaman türevi kısmı hariç).

Advektif terimlerinin bu (uzaysal türev) kısımları dahil edildiğinde, GWCE'deki advektif terimlerin zamana göre türev kısmı da dahil edilmelidir (yani, NOLICA=1 ise NOLICAT=1 alınmalıdır).

= 0 advektif terimler hesaplamalara dahil değildir.

= 1 advektif terim hesaplamalara dahil edilmiştir.

NOLICA değeri 1 olarak alınmıştır.

NOLICAT: ADCIRC'deki süreklilik denkleminin GWCE formunda ortaya çıkan advektif terimlerin zamana göre türev kısmını kontrol eden parametredir. GWCE'deki advektif terimlerin geri kalanı ve momentum denklemindeki advektif terimlerin tamamı NOLICA tarafından kontrol edilir. Kütlenin korunumu ve çözüm tutarlılığını korumak için sonlu genlik veya advektif terimlerin kalanı da dahil edilirse bu terimler dahil edilmelidir.

= 0 GWCE süreklilik denkleminde yer alan advektif terimlerin zamana göre türev kısmı hesaplamalara dahil değildir.

= 1 GWCE süreklilik denkleminde yer alan advektif terimlerin zamana göre türev kısmı hesaplamalara dahil edilir.

NOLICAT değeri 1 olarak alınmıştır.

NWP: Model çalıştırmada kullanılan düğüm özniteliklerinin (nodal attributes) sayısı. Düğüm öznitelikleri, hesap ağındaki her bir hesap noktasının özellikleridir. Uzamsal olarak değişkendir ancak zamansal olarak sabittir. Düğüm özniteliği verilerinin kendisi kullanıcı tarafından “Düğüm Öznitelikleri Girdi Dosyası - fort.13” sağlanmalıdır. NWP değeri sıfır değilse, düğüm niteliklerinin adları her satıra bir tane gelecek şekilde aşağıdaki satırlarda görünür:

```
FOR j=1 to NWP
```

```
AttrName(j)
```

```
end j loop
```

NWP değeri, yapılan deneme simülasyonlarında model stabilitesini bozan belirli bir hesap noktası grubu için advectif terimlerin kapatılması amacıyla kullanılmıştır. Burada NWP değeri 1 alınarak, 1. satırda “advection_state” ismi ile belirtilen parametrenin söz konusu hesap noktası grubu için değerleri EK 6’daki fort.13 dosyası içinde belirtilmiştir. Burada bu noktalar için batimetrik derinlik değerleri yüksek bir değer olan 100 metre altında kalması durumunda advectif terimlerin kapatılması sağlanarak bölgesel bir iyileştirme ile model stabilitesi sağlanmıştır.

NCOR: Coriolis parametresinin uzayda sabit olup olmadığını belirtir. Değer girdi dosyasından okunan sabit bir değer ya da hesap noktalarının y koordinatlarına bağlı olarak hesaplanan ve uzamsal olarak değişken değerler olabilir. Enlem derecesi cinsinden olduğu varsayılır.

= 0, uzamsal olarak sabit bir Coriolis parametresi belirlendiğinde kullanılır.

= 1, uzamsal olarak değişken bir Coriolis parametresini hesaplamaktadır.

NCOR değeri 1 olarak alınmıştır.

NTIP: ADCIRC modelinde gelgit etkisinin kullanılıp kullanılmayacağını belirleyen parametredir.

NTIP değeri 0 seçilirse gelgit etkisi göz önüne alınmaz. 1 seçilirse gelgit potansiyeli modelde kullanılır. NTIP değeri 1 seçilmiştir.

NWS: ADCIRC model yürütmesinde rüzgar hızı, rüzgar gerilimi, dalga radyasyon gerilimi (wave radiation stress) ve atmosferik basıncın dikkate alınıp alınmayacağını kontrol eden parametredir. Seçilen parametre değerine uygun olarak “Meteorolojik Veri Girdi Dosyası – fort.22” oluşturulmalıdır. Bu dosyanın ERA5 verisi kullanılarak oluşturulması “Veri Analizi” bölümünde açıklanmıştır.

Burada NWS değeri 6 seçilmiştir. Bu değer için meteorolojik veriler dikdörtgen bir ızgaraya tüm model hesap süresi için belirlenen zaman aralıklarıyla girilir ve uzayda ADCIRC ızgarasına aşağıdaki algoritma ile belirtilen düzende eklenir:

```
If NWS = 6 or 106
  for k=1, NWLAT
```

```

for j=1, NWLON
  WVXFN(k,j) , WVYFN(k,j) PRN(k,j)
end j loop
end k loop

```

Meteorolojik ızgarayı oluştururken yukarıda belirtildiği gibi y'nin (örneğin enlem) kuzeyden (k=1) güneye (k=NWLAT) kadar değiştiği ve x'in (örneğin boylam) batıdan (j=1) doğuya (j=NWLON) kadar değiştiği varsayılmaktadır. Meteorolojik ızgaranın uzaysal boyutları ADCIRC model alanıyla tutarlı olmalıdır. Aksi takdirde simülasyon bir hata mesajı vererek duracaktır.

Rüzgar hızı (su yüzeyinden 10 m yukarıda) m/s biriminde girilmeli ve yüzey atmosferik basıncı Pascal = Newton/metre-kare biriminde girilmelidir.

Rüzgar stresini giriş rüzgar hızından hesaplamak için aşağıdaki ilişkiler kullanılır.

$WindSpeed = WindVelocity$ değerinin büyüklüğü olmak üzere,

$DragCoeff = 0,001 * (0,05 + 0,067 * WindSpeed)$

$If (DragCoeff.gt.0,003) DragCoeff = 0,003$

$WindStress = DragCoeff * 0,001293 * WindVelocity * WindSpeed$

ADCIRC'de Pascal cinsinden basıncı metre cinsinden su basıncına dönüştürmek için aşağıdaki ilişki kullanılır:

$$Pressure(mH_2O) = \frac{Pressure(Pascal)}{Gravity * Density(H_2O)}$$

NRAMP: Modelde kullanılan gelgit, atmosfer basıncı, rüzgar gibi etkilerin model başlar başlamaz ani olarak ya da belirlenen bir DRAMP süresi içinde tedrici olarak etkimesini sağlayan parametredir. 0 seçilirse devre dışı kalmaktadır. NRAMP değeri 1 seçilerek bu özellik etkinleştirilmiştir.

DRAMP: NRAMP parametresinde belirtilen özelliklerin uygulanması için girilen gün cinsinden değerdir. Burada 1 gün seçilmiştir.

G: Yerçekimi ivmesi değeridir. $9,81 \text{ m/s}^2$ değeri girilmiştir.

TAU0: Genelleştirilmiş Dalga Sürekliliği Denklemi'nin (GWCE) basit (primitive) ve dalga bölümlerinin göreceli katkısını ağırlıklandıran GWCE ağırlıklandırma faktörüdür.

= 0, GWCE bir saf dalga denklemidir.

<1, GWCE saf bir basit (primitive) süreklilik denklemi gibi davranır. TAU0 parametresini ayarlamak için temel kurallardan biri eşdeğer bir doğrusal sürtünme faktörünün en büyük değerine eşit olarak ayarlamaktır. Örneğin doğrusal sürtünme için $TAU0 = TAU$; ikinci dereceden sürtünme için $TAU0 = \text{maksimum} (\text{hız} \cdot CF / \text{derinlik})$ şeklinde kabul edilebilir. TAU0 değeri 0,005 – 0,1 aralığındadır.

= -1, TAU0 uzamsal olarak değişkendir ancak zaman içinde sabittir; derinliğe göre şu şekilde hesaplanır: Derinlik ≥ 10 ise $TAU0 = 0,005$; derinlik < 10 ise $TAU0 = 0,020$ olarak ayarlanır.

TAU0 parametresi -1 olarak belirlenmiştir.

DT: Saniye cinsinden ADCIRC model zaman adımıdır. Modeldeki süre şu şekilde hesaplanır: $TIME = STATIM \cdot 86400 + DT \cdot IT$.

> 0 = Tahmin edici-düzeltilici algoritması kullanılmaz.

< 0 = Tahmin edici-düzeltilici algoritması kullanılır.

DT değeri 2 saniye olarak belirlenmiştir.

NWLAT, NWLON, WLATMAX, WLONMIN, WLATINC, WLONINC, WTIMINC: Model yürütmesi için girilen verilerin basit bir dikdörtgen ızgara üzerine kurulduğu “Meteorolojik Veri Girdi Dosyası - fort.22”nin uzamsal yapısını tanımlayan parametrelerdir. (NWS = 3, 6, 103, 106).

NWLAT = fort.22 dosyasındaki enlem değerlerinin sayısıdır.

NWLON = fort.22 dosyasındaki boylam değerlerinin sayısıdır.

WLATMAX = fort.22 dosyasındaki verilerin maksimum enlemidir. Ondalık derece cinsinden ve ekvatorun güneyinde < 0 olmalıdır.

WLOMIN = fort.22 dosyasındaki verilerin minimum boylamıdır. Ondalık derece cinsinden ve Greenwich meridyeninin batısında < 0 olmalıdır.

WLATINC = fort.22 dosyasındaki verilerin enlem artışıdır. Ondalık derece cinsinden ve > 0 olmalıdır.

WLOINC = fort.22 dosyasındaki verilerin boylam artışı (ondalık derece) (> 0 olmalıdır).

WTIMINC = fort.22 dosyasındaki verilerin bulunduğu dikdörtgen ızgaraların hangi zaman aralığında verildiğini saniye cinsinden belirten değerdir. Modelde saatlik meteorolojik veriler kullanıldığı için 3600 saniye değeri girilmiştir.

NWLAT, NWLON, WLATMAX, WLOMIN, WLATINC, WLOINC, WTIMINC değerleri sırasıyla (7), (7), (39.5), (26.0), (0.25), (0.25), (3600) olarak girilmiştir. ERA5 verisi ile bu özelliklere sahip dikdörtgen ızgaraların oluşturulması “Veri Analizi” bölümünde tarif edilmiştir.

RNDAY: ADCIRC model çalışmasının ondalık gün cinsinden uzunluğudur. 30 gün olarak ayarlanmıştır.

A00, B00, C00: GWCE'deki sırasıyla (k+1), (k), (k-1) zaman düzeylerindeki zaman ağırlıklandırma faktörleridir. Varsayılan değerler olan (A00 = 0,35), (B00 = 0,30), (C00 = 0,35) olarak alınmıştır.

H0: Minimum su derinliğidir.

NOLIFA = 0, 1, H0 = minimum batimetrik derinliktir ve fort.14 dosyasında H0'dan küçük olan tüm batimetrik derinlikler H0'a eşit olacak şekilde değiştirilir.

NOLIFA = 2 ise, H0 = bir hesap noktasının (ve ona eşlik eden elemanların) kuru kabul edilmesi gereken nominal su derinliğidir (tipik değer 0,01 – 0,1 m).

H0 değeri 0,1 m olarak alınmıştır.

SLAM0, SFEA0: ICS = 2 ise CPP koordinat projeksiyonunun derece cinsinden ortaladığı boylam ve enlem değerleridir. Model için belirlenen sınır bölgesinin koordinatlarının ortalamaları alınarak SLAM0 = 26,8895 ve SFEA0 = 38,4245 olarak belirlenmiştir.

ESL: Momentum denklemleri için uzamsal olarak sabit yatay eddy viskozitesi (uzunluk biriminin karesinin zamana oranı).

CORI: Sabit Coriolis katsayısı. Bu değer her zaman okunur ancak yalnızca NCOR = 0 olduğunda hesaplamalarda kullanılır. Bu değer Dünyanın dönüş hızı Ω değerinin iki katının enlemin sinüsüyle çarpımına eşittir ($f = 2\Omega \sin \varphi$). Orta enleme sahip bölgelerde varsayılan bir değer olarak $10^{-4} rad/s$ kabul edilmektedir.

NTIF: Gelgit potansiyeli bileşenlerinin sayısıdır. Bu değer, M2, S2, N2, K1, K2, O1, P1, Q1 gelgit bileşenleri için 8 olarak alınmıştır.

3.4.2 Meteorolojik Veri Girdi Dosyası – fort.22

ADCIRC model yürütmesi için meteorolojik sınır koşulları (rüzgar hızı ve atmosfer basıncı), fort.15 dosyasındaki NWS parametresi değeri 6 seçilerek, dikdörtgen bir ızgara üzerinde ve belirlenen zaman aralığında (1 saat) yinelenen ardışık veri setlerinden oluşan bir girdi dosyası formatı seçilmiştir. NWS = 6 seçilmesi durumunda fort.22 dosyasının oluşturulma algoritması, 3.4.1 bölümünde fort.15 dosyası parametreleri kısmında tarif edilmiştir. Bu girdi dosyaları, ERA5 Reanalysis veri setinden alınan ve Menteş, Güzelbahçe, Pasaport istasyonlarında gözlenmiş verilerle karşılaştırılan veriler yardımıyla “Veri Analizi” bölümündeki gibi oluşturulmuştur.

3.5 ADCIRC Modelinin Kurulumu

ADCIRC modeli kaynak klasörü linux tabanlı işletim sistemi üzerinde kurulumu yapılarak oluşturulan çalıştırılabilir (executable, .exe) dosyalar ile hesaplamaları gerçekleştirmektedir. Bunun için öncelikle kaynak klasörünün elde edilmesi gerekmektedir. ADCIRC modeline ait kaynak kodu, önceden haber verip izin almak şartıyla akademik amaçlar için kullanıcılara açık durumdadır.

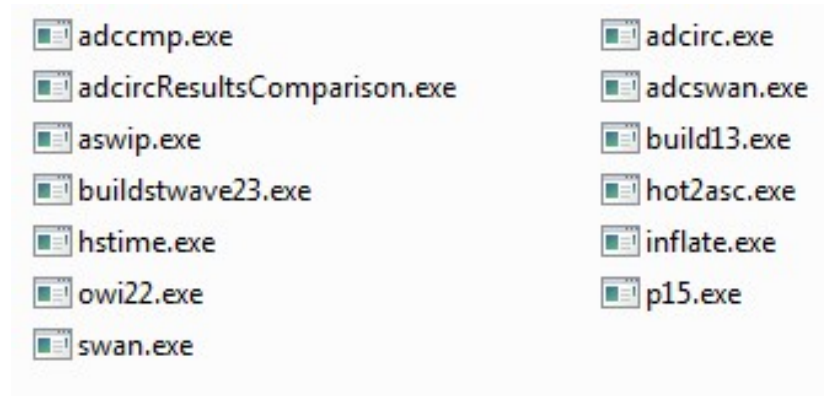
3.5.1 Kaynak Klasörünün Edinilmesi

ADCIRC kaynak kodu, University of North Carolina At Chapel Hill bünyesinde geliştirilmekte ve erişim hakkı burası tarafından sağlanmaktadır. Doktora tezi kapsamında modelin incelenmesi ve kullanılması için gerekli yazışmalar üniversite yetkilisi ile yapılarak kaynak klasörüne erişim sağlanmıştır. Model kaynak kodunun üçüncü şahıslara dağıtılmaması şartıyla akademik amaçlarla kullanımına izin verilmektedir. UNC yetkilisi Crystal Fulcher ile yapılan e-posta görüşmeleri sonucunda kaynak klasörüne erişilmiştir.

3.5.2 CCMAKE ile Çalıştırılabilir ADCIRC Bileşenleri Eldesi

ADCIRC modelinin kurulması için gereken konfigürasyon ccmake yazılımı ile sağlanmaktadır. Burada seri veya paralel yapılandırma, SWAN modelinin dahil edilmesi, NetCDF formatında çıktı alınabilmesi için gereken yapılandırma ayarları gibi seçenekler bulunmaktadır. Kaynak klasörü içinde “build” adında bir klasör oluşturularak “ccmake ..” komutu çalıştırılır ve EK 7’deki yol izlenerek yapılandırma tamamlanır.

Burada gerekli seçimler yapılarak “g (Generate)” tuşuna basılır ve kurulumu yapmak üzere “Makefile” dosyası ccmake tarafından oluşturulur. Daha sonra terminalde “make” ve “make install” komutları çalıştırılarak model yapılandırılır. Bu aşamada Şekil 3.11’deki çalıştırılabilir ADCIRC dosyaları elde edilmiş olur.



Şekil 3.11 Çalıştırılabilir ADCIRC dosyaları.

3.5.3 Modelin Yürütülmesiyle İlgili Bilgiler

Çalıştırılabilir dosyalar elde edildikten sonra, “adcirc.exe” dosyası önceden hazırlanan input dosyalarının bulunduğu klasöre kopyalarak “./adcirc.exe” komutuyla çalıştırılır. Model yürütmesi başlangıcı ve hesap adımlarının görüntülenmesi örnek olarak EK 8’de verilmiştir.

3.5.4 ADCIRC Modelinin DesignSafe-CI Ortamında Yürütülmesi

“Doğal Tehlikeler Mühendisliği Araştırma Altyapısı (The Natural Hazards Engineering Research Infrastructure - NHERI)” doğal afetler konusunda araştırma yapan mühendisler için ileri teknoloji altyapısı sağlamayı amaçlayan, çok kullanıcıya sahip bir tesistir (Rathje vd., 2017). “Ulusal Bilim Vakfı (the National Science Foundation - NSF)” tarafından fonlanmaktadır. NHERI, araştırmacıların evleri, işyerlerini ve altyapı yaşam hatlarını deprem, rüzgar ve su tehlikelerinin etkilerinden korumak için araştırmalar yapmalarını sağlayarak, doğal tehlikelerin meydana gelmesini önlemeye yardımcı olacak yenilikler geliştirmeyi amaçlamaktadır.

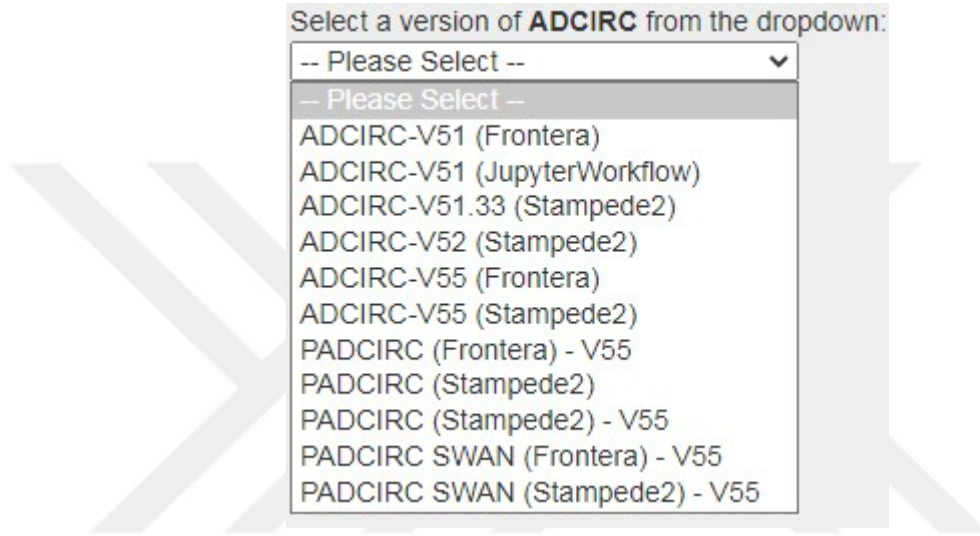
DesignSafe, NHERI iş birliğinin CI bileşenidir. DesignSafe, doğal afet mühendisliği araştırmalarında ortaya çıkan büyük verilerin yönetimi için bulut stratejisini benimser. Araştırma iş akışlarını, veri analizini ve görselleştirmeyi sunduğu araçlar ile destekler. Bu altyapı bünyesinde ADCIRC modeli de kullanılabilir. DesignSafe-CI logosu Şekil 3.12’deki gibidir.



Şekil 3.12 DesignSafe-CI logosu.

DesignSafe ortamında ADCIRC modelini kullanabilmek için, öncelikle kullanıcı profili oluşturularak sisteme kayıt olunması gerekmektedir. Giriş yapıldıktan sonra Use DesignSafe/Tools and Applications/Simulation/ADCIRC yolu izlenerek modelin yürütüleceği ortama ulaşılmaktadır. Modelin yürütülmesi için “Data Depot” ortamına önceden oluşturulan girdi dosyalarının yüklemesi gerekmektedir.

Girdi dosyaları yüklendikten sonra ADCIRC sürüm seçimi menüsünden, çalıştırılmak istenen ADCIRC veya Paralel ADCIRC (PADCIRC) sürümü seçilir. Ayrıca modelin yürütülmek istendiği süper bilgisayar da seçilebilmektedir. Menüde yer alan “Stampede2” ve “Lonestar5” modelin yürütülmesine olanak sağlayan ortamın bulunduğu süper bilgisayarların adıdır. Bu bilgisayarlar “Texas Advanced Computing Center (TACC), The University of Texas at Austin” tarafından işletilmektedir. ADCIRC sürüm seçimi menüsü Şekil 3.13’teki gibidir.



Şekil 3.13 DesignSafe CI ortamında ADCIRC sürümü ve süper bilgisayar seçimi.

3.5.5 Sonuçların Görselleştirilmesi

ADCIRC model yürütmesi sonucu oluşacak maksimum su seviyeleri, model yürütmesi sonucunda “maxele.63” dosyasıyla elde edilmektedir. Bu sonuçlar FigureGen yazılımı kullanılarak görselleştirilebilmektedir (Dietrich vd., 2013).

FigureGen kaynak kodu üzerinde bazı düzeltmeler yapılarak yazılımın çalışması sağlanmıştır. Kaynak kodu, versiyon 49 ve DesignSafe CI GitHub sayfası üzerindeki FigureGen docker bölümünden alınan versiyon ile derlenmiştir. Yapılan düzeltmeler ve kullanılan yardımcı program versiyonlarıyla ilgili bilgiler, EK 9’da verilmiştir.

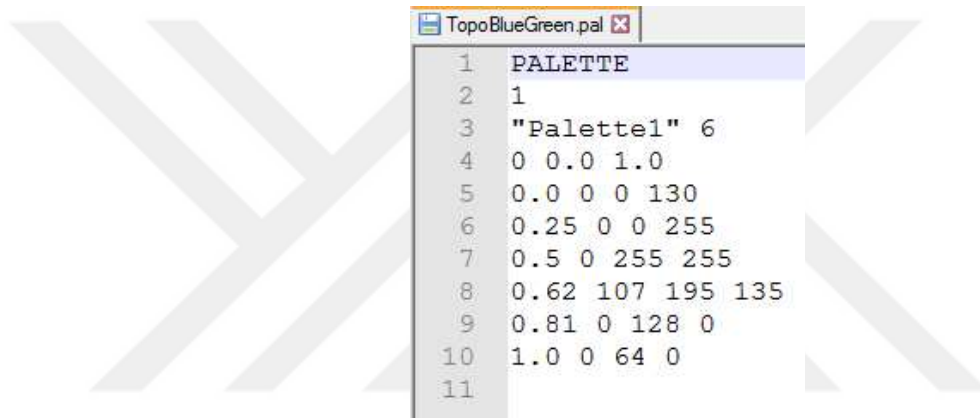
FigureGen yazılımı, önceden belirlenmiş farklı renk paletleri ile görselleştirme yapabilmektedir. Örnek renk paleti, “TopoBlueGreen.pal” dosya içeriği Şekil

3.14'teki gibidir. Batimetri dosyasında bulunan kontur aralıklarının belirtildiği "TopoBlueGreen.txt" dosyasının içeriği Şekil 3.15'teki gibidir.

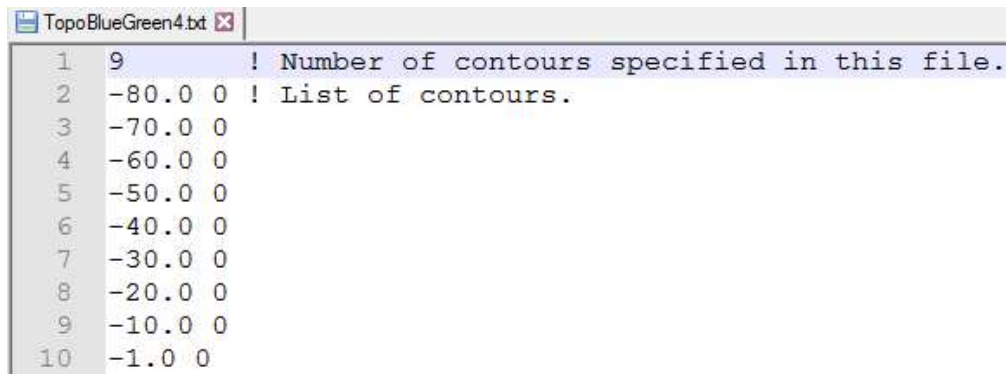
FigureGen yazılımı için hazırlanan *.inp uzantılı girdi dosyaları yardımıyla sonuçlar elde edilmektedir. Bu dosyalar metin formatında olup gerekli parametreler ve açıklamalar yer almaktadır. FigureGenPS.out programı terminalde:

```
./FigureGenPS.out -I i.inp
```

komutuyla aşağıdaki gibi çalıştırılır ve girdi dosyasının ismi (ör: i.inp) girilerek istenilen formatta ve çözünürlükteki resim dosyası aynı klasörde oluşturulur.



Şekil 3.14 "TopoBlueGreen.pal" adlı renk paleti dosyası.



Şekil 3.15 "TopoBlueGreen.txt" adlı kontur dosyası.

BÖLÜM DÖRT

VERİ ANALİZİ

4.1 Meteorolojik Verilerin Elde Edilmesi

Meteorolojik veri girdi dosyası fort.22'nin oluşturulması için alansal meteorolojik veriler ERA5 veri setinden elde edilmiştir. ERA5 1940'dan günümüze birçok atmosferik parametre için saatlik veriler sunmaktadır. “Reanalysis” yöntemi ile geçmiş dönemlerdeki veriler mevcut veriler yardımıyla yeniden modellenerek kesintisiz bir veri seti oluşturulması amaçlanmıştır (Hershbach vd. 2023).

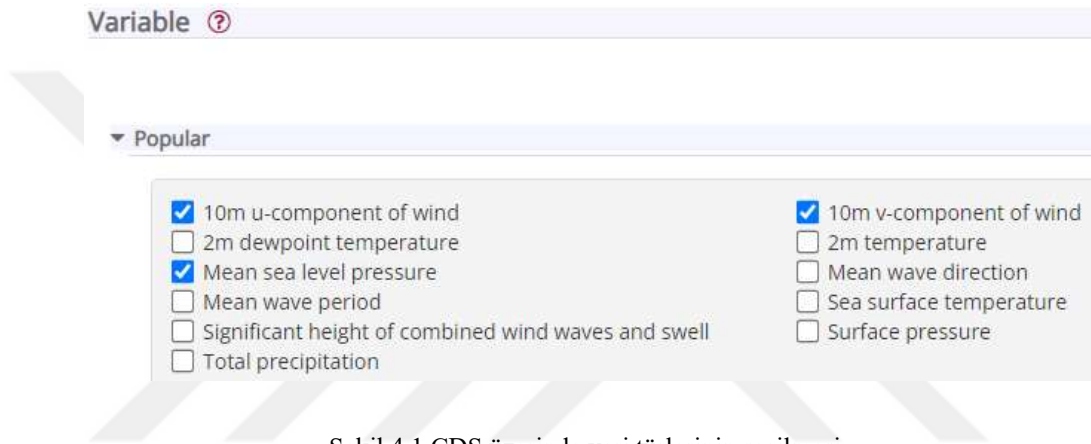
ERA5 veri seti, “European Centre for Medium-Range Weather Forecasts – ECMWF” tarafından oluşturulan ve “Copernicus Climate Change Center” tarafından “Climate Data Store – CDS” ile sunulan bir veri setidir. Veri setine ait özellikler Tablo 4.1'deki gibidir. ERA5 verisinin indirilmesi için iki farklı yol izlenebilmektedir. Bunlardan ilki, CDS web sitesi üzerinden veri isteğinde bulunmak, ikincisi ise CDS-api yazılımı kullanarak Linux terminali üzerinden bir Python kodu ile verileri indirmektir.

Tablo 4.1 ERA5 veri özellikleri.

ERA5 VERİ TANIMLAMASI	
Veri Türü	Ağ formatında (Gridded)
Projeksiyon	Enlem – Boylam Ağı
Yatay Kapsam	Küresel
Yatay Çözünürlük	Reanalysis: 0.25° x 0.25° (atmosphere), 0.5° x 0.5° (ocean waves) Mean, spread and members: 0.5° x 0.5° (atmosphere), 1° x 1° (ocean waves)
Zamansal Kapsam	1940'tan günümüze
Zamansal Çözünürlük	Saatlik
Dosya Formatı	GRIB, NetCDF (test aşaması)
Güncelleme Sıklığı	Günlük

4.1.1 ERA5 Verilerine CDS Web Sitesi Üzerinden Erişim

ERA5 verilerine erişmek için web sitesi üzerinden Copernicus Climate Data Store (CDS) arayüzü kullanılabilir. 1940'tan günümüze tek seviyede ERA5 saatlik verileri seçilerek “Download” kısmından veri türü “Reanalysis” olarak belirlenir. Daha sonra indirilecek veriler Şekil 4.1'deki gibi, “10 m yükseklikteki rüzgar hızının u bileşeni (10 m u-component of wind)”, “10 m yükseklikteki rüzgar hızının v bileşeni (10 m v-component of wind)” ve “Deniz seviyesi atmosfer basıncı (Mean Sea Level Pressure)” seçilir.



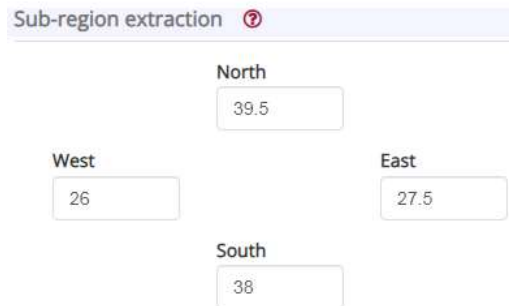
Variable ?

▼ Popular

☒ 10m u-component of wind	☒ 10m v-component of wind
☐ 2m dewpoint temperature	☐ 2m temperature
☒ Mean sea level pressure	☐ Mean wave direction
☐ Mean wave period	☐ Sea surface temperature
☐ Significant height of combined wind waves and swell	☐ Surface pressure
☐ Total precipitation	

Şekil 4.1 CDS üzerinde veri türlerinin seçilmesi.

Örnek olarak Eylül 2017'ye ait deniz seviyesinden 10 m yükseklikteki yatay rüzgar hızları ve deniz seviyesi atmosfer basıncı verilerinin elde etmek için, 0,25° x 0,25° derecelik bir ağ üzerinde bulunan veriler Şekil 4.2'deki gibi 26° Doğu – 27,5° Doğu Boylamları ile 38° Kuzey – 39,5° Kuzey Enlemleri arasında bulunan, 7x7'lik bir ağ kapsayan bölge seçilmiştir. “Year” bölümünden 2017 seçildikten sonra, Şekil 4.3'deki gibi Eylül ayı için tüm günler ve tüm saatler seçilir.



Sub-region extraction ?

North
39.5

West
26

East
27.5

South
38

Şekil 4.2 Verilerin uzamsal sınırlarının seçilmesi.

Month

☐ January
☐ February
☐ March
☐ April
☐ May
☐ June
☐ July
☐ August
☒ September
☐ October
☐ November
☐ December

Select all Clear all

Day

☒ 01
☒ 07
☒ 13
☒ 19
☒ 25
☐ 31

☒ 02
☒ 08
☒ 14
☒ 20
☒ 26

☒ 03
☒ 09
☒ 15
☒ 21
☒ 27

☒ 04
☒ 10
☒ 16
☒ 22
☒ 28

☒ 05
☒ 11
☒ 17
☒ 23
☒ 29

☒ 06
☒ 12
☒ 18
☒ 24
☒ 30

Select all Clear all

Time ?

☒ 00:00
☒ 06:00
☒ 12:00
☒ 18:00

☒ 01:00
☒ 07:00
☒ 13:00
☒ 19:00

☒ 02:00
☒ 08:00
☒ 14:00
☒ 20:00

☒ 03:00
☒ 09:00
☒ 15:00
☒ 21:00

☒ 04:00
☒ 10:00
☒ 16:00
☒ 22:00

☒ 05:00
☒ 11:00
☒ 17:00
☒ 23:00

Clear all

Şekil 4.3 Verilerin tarih ve saatlerinin seçilmesi.

Veri formatı olarak netCDF seçilmiştir. Tüm seçimler yapıldıktan sonra aşağıda bulunan “Submit Request” seçilerek veriler indirmeye hazır hale getirilir.

4.1.2 ERA5 Verilerine CDSAPI Yazılımı Üzerinden Erişim

ERA5 verisi internet tarayıcısı üzerinden indirilebileceği gibi “cdsapi” Python modülü yardımıyla terminal üzerinden de indirilebilir. Bunun için sistemin kurulu olduğu diskte Linux için \$HOME klasöründe, Windows – Cygwin ortamında ise C:\Users\(\username) klasörü içerisinde Şekil 4.4’deki UID ve API KEY değerlerinin ve CDS url linkinin bulunduğu “.cdsapirc” isimli uzantısız bir dosya bulunmalıdır.

API key

UID	69117
API Key	157e8638-2090-4c68-8e2c-b95b6842d6c5

Şekil 4.4 “cdsapi” UID ve API KEY değerleri

.cdsapirc dosyasının içeriği şu şekilde olmaktadır:

url: <https://cds.climate.copernicus.eu/api/v2>

key: 69117:157e8638-2090-4c68-8e2c-b95b6842d6c5

Daha sonra terminal üzerinden Python tabanlı cdsapi kütüphanesi “pip install cdsapi” komutu yardımıyla aşağıdaki şekilde indirilir.

```
DOB@DOB-Bilgisayar ~
$ pip install cdsapi
Collecting cdsapi
  Using cached cdsapi-0.5.1-py2.py3-none-any.whl
Requirement already satisfied: requests>=2.5.0 in
e:\anaconda3\envs\py38\lib\site-packages (from cdsapi) (2.25.1)
Requirement already satisfied: tqdm in e:\anaconda3\envs\py38\lib\site-
packages (from cdsapi) (4.61.1)
Requirement already satisfied: chardet<5,>=3.0.2 in
e:\anaconda3\envs\py38\lib\site-packages (from requests>=2.5.0->cdsapi)
(4.0.0)
Requirement already satisfied: urllib3<1.27,>=1.21.1 in
e:\anaconda3\envs\py38\lib\site-packages (from requests>=2.5.0->cdsapi)
(1.26.5)
Requirement already satisfied: idna<3,>=2.5 in
e:\anaconda3\envs\py38\lib\site-packages (from requests>=2.5.0->cdsapi)
(2.10)
Requirement already satisfied: certifi>=2017.4.17 in
e:\anaconda3\envs\py38\lib\site-packages (from requests>=2.5.0->cdsapi)
(2021.5.30)
Installing collected packages: cdsapi
Successfully installed cdsapi-0.5.1
```

CDS üzerinde veri seçimiyle ilgili kriterler belirlendikten sonra “show api request” seçeneğiyle, terminal üzerinden veri isteği yapılmasını sağlayan Python kodu EK-10’daki gibi elde edilebilmektedir.

Bu kod Python komut satırına yapıştirılarak çalıştırılabileceği gibi “*.py” formatında bir Python scripti olarak kaydedilerek de çalıştırılabilir. Bu formatta oluşturulan ve “cds1.py” adıyla kaydedilmiş kodun terminalde çalıştırılması şu şekildedir:

```
DOB@DOB-Bilgisayar /cygdrive/e/DOKTORA/cdsapi
$ python cds1.py
2021-07-13 22:50:43,763 INFO welcome to the CDS
2021-07-13 22:50:43,763 INFO Sending request to
https://cds.climate.copernicus.eu/api/v2/resources/reanalysis-era5-single-
levels
2021-07-13 22:50:43,903 INFO Request is completed
2021-07-13 22:50:43,903 INFO Downloading https://download-0013.copernicus-
climate.eu/cache-compute-0013/cache/data0/adaptor.mars.internal-
1626195248.166178-27390-13-27c8094c-62bc-4b8a-8d22-4bf18289611b.nc to
era5singlelevels2017daily.nc (2.8G)
2021-07-13 23:12:50,408 INFO Download rate 2.2M/s
```

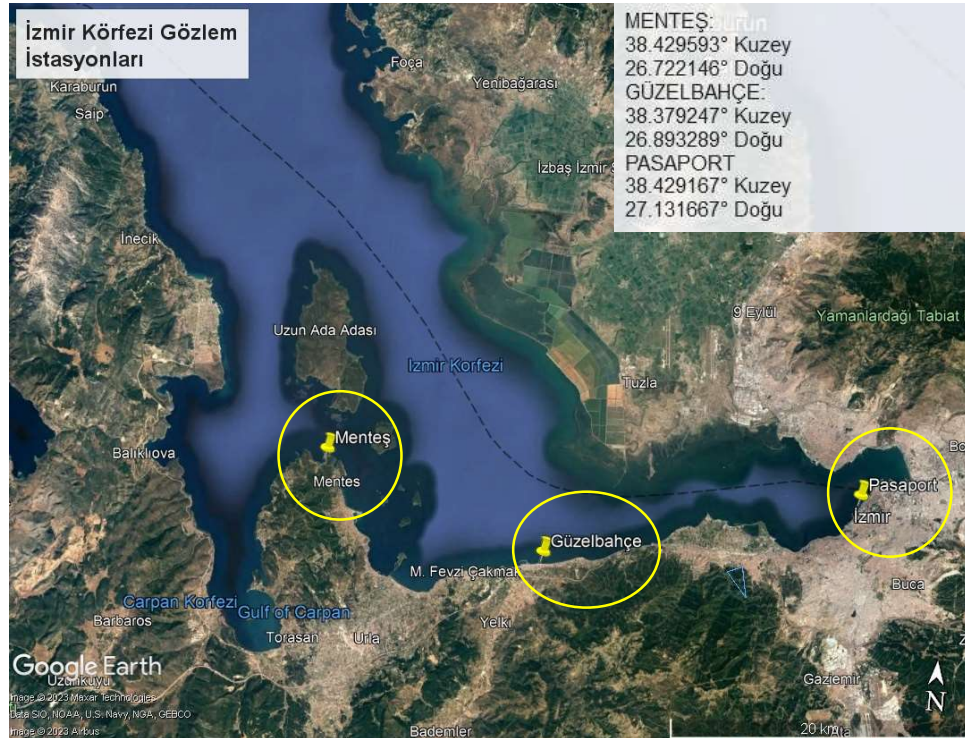
4.1.3 Gözlenmiş Veriler

ERA5 verileri, İzmir’de bulunan 3 meteorolojik veri ölçüm noktasından elde edilen verilerle karşılaştırılmıştır. Bunlar Menteş, Güzelbahçe ve Pasaport istasyonlarıdır. Bu istasyonlarda gözlemlenen deniz seviyesi ölçümleri ise model çıktılarının yorumlanmasında kullanılmıştır.

Menteş Mareograf istasyonu verilerine “Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi – TUDES” üzerinden; İZSU Güzelbahçe ve Pasaport Meteo-Oşinografik Gözlem İstasyonları verilerine ise Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri Enstitüsü aracılığıyla erişilmiştir.

Güzelbahçe ve Pasaport istasyonlarına ait 2017 yılı verilerinden kesintisiz veri kaydı yapılmış olan zaman aralıkları tercih edilerek doğru bir karşılaştırma yapılması amaçlanmıştır.

İstasyonların konumlarına ait bilgiler Şekil 4.5’teki gibidir. Her bir istasyona ait Google Haritalardan elde edilen uydu görüntüleri ise Menteş için Şekil 4.6, Güzelbahçe için Şekil 4.7 ve Pasaport için Şekil 4.8’deki gibidir.



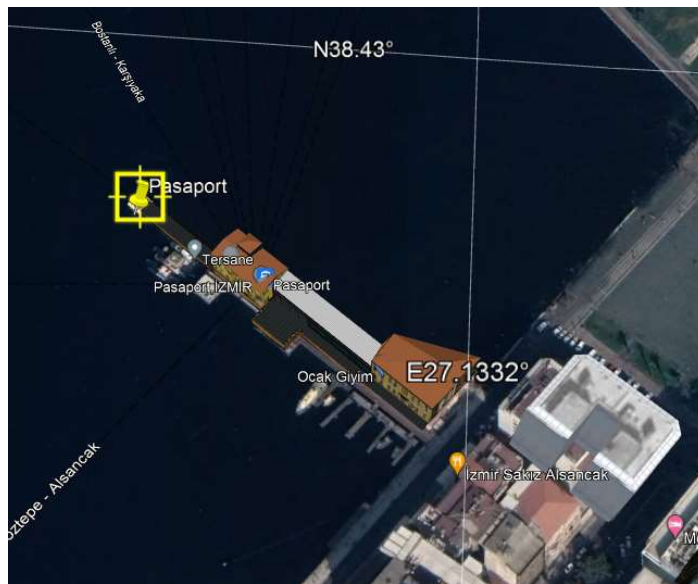
Şekil 4.5 Gözlem İstasyonlarına Ait Bilgiler.



Şekil 4.6 Menteş İstasyonu.



Şekil 4.7 Güzelbahçe İstasyonu.



Şekil 4.8 Pasaport İstasyonu.

4.2 Veri Analizinde Kullanılan Yöntemler

ERA5 meteorolojik verilerinin ve ADCIRC model çıktılarının gözlenmiş verilerle karşılaştırılıp istatistiksel olarak test edilmesi için aşağıdaki parametreler kullanılmıştır:

R^2 : Belirlilik Katsayısı (Determination Coefficient): Model tarafından elde edilen sonuçların ne kadar iyi tahmin edildiğini ölçen parametredir. 0 ile 1 arasında değerler almaktadır. Burada gözlenmiş ve model sonuçları arasındaki ilişki ne kadar yakın olursa R^2 değeri 1'e o kadar yakın olmaktadır.

R^2 değerinin hesaplanması için Hata Karelerinin Toplamı (Sum of Squares Errors, SSE) ve Regresyon Karelerinin Toplamı (Sum of Squares due to Regression, SSR) değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu değerlerin hesap yöntemi Formül 4.1, 4.2 ve 4.3'teki gibidir:

$$R^2 \text{ (Determination Coefficient)} = \frac{SSR}{SSR + SSE} \quad (4.1)$$

$$SSE \text{ (Sum of Squares Errors)} = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (4.2)$$

$$SSR \text{ (Sum of Squares due to Regression)} = \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2 \quad (4.3)$$

Burada;

Y_i : Deneysel sonuçlar

$\bar{Y}$: Deneysel sonuçların ortalaması

$\hat{Y}_i$: Tahmin edilen sonuçlardır.

$RMSE$: (Root Mean Square Error): Deneysel ve tahmin edilen sonuçların farklarının karelerinin ortalamasının kareköküdür (Bkz. Formül 4.4).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} SSE} \quad (4.4)$$

SI: Saçılma İndeksi (Scatter Index): *RMSE* değerinin deneysel sonuçların ortalamasına bölünmesiyle elde edilir (Bkz. Formül 4.5).

$$SI = \frac{RMSE}{\bar{Y}} \quad (4.5)$$

Saçılma indeksi ayrıca Formül 4.6'daki gibi formülize edilebilir:

$$SI = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(S_i - \bar{S}) - (O_i - \bar{O})]^2}{\sum_{i=1}^n O_i^2}} \quad (4.6)$$

Burada;

S_i : Tahmin edilen (model) verileri

$\bar{S}$: Tahmin edilen (model) verilerinin ortalaması

O_i : Deneysel (gözlem) verileri

$\bar{O}$: Deneysel (gözlem) verilerinin ortalamasıdır.

BÖLÜM BEŞ

BULGULAR VE KARŞILAŞTIRMA

5.1 Meteorolojik Veriler

ERA5 verisi uzamsal olarak 7x7 boyutlarına sahip bir dikdörtgen veri ağı ve zamansal olarak saatlik verilerden oluşan, netCDF formatında ve bilgileri EK 11’de verilmiş olan bir veri seti olarak indirildikten sonra NWS = 6 seçilmiş durumdaki formata uygun olarak fort.22 girdi dosyası oluşturulması amacıyla hazırlanan, EK-12’de örneği verilen bir Python kodu yardımıyla işlenmiştir. Kodun çalışması için verilerin alınacağı 7x7’lik dikdörtgen ağın tüm koordinatları, fort.22 dosyasının açıklamasında verilen şekilde Maksimum Enlem ve Minimum Boylam değerlerinden başlayarak 0,25 derece aralıklarla sıralanmış bir koordinat listesini içeren, .csv uzantılı bir dosyaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu dosyada her bir koordinata ait 1’den başlayarak birer artan değerlere sahip bir indeks satırı da bulunmalıdır. Söz konusu dosya “NWS6_indeks.csv” dosyasının içeriği EK 13’deki gibidir.

İndirilen netCDF ERA5 veri setinin adının da 1900.nc olarak değiştirilmesi gerekmektedir. Kod çalıştırılınca sonuç dosyası ilk olarak .csv formatında elde edilmektedir. Dosya adının ve uzantısının fort.22 olarak sonradan değiştirilmesi gerekmektedir. Sonuç olarak aşağıdaki örnek formattaki gibi rüzgar hızının yatay bileşenleri (u,v - m/s) ve atmosfer basıncı (Pa) değerlerinin sıralandığı fort.22 dosyası elde edilir.

```
-1.3726741016632364,-4.785161955776113,101530.81726763616  
-1.1052740695244312,-4.0957630555571125,101509.55858880258  
-1.7126541425254325,-4.036067660709526,101485.80610341355  
-2.784982842837173,-4.318377132176236,101472.80560366533  
-2.5934371055295795,-3.060628326845841,101508.33212656219  
-1.8250712988939912,-2.5731159355905526,101548.56008804725  
-0.9606597664289546,-2.499740346090394,101572.55786588436
```

-2.4029827969245936,-5.100635535491482,101436.82937794698

... (7x7 veri ağındaki tüm noktalar için tüm zaman aralığı boyunca devam eder).

ADCIRC model yürütmesi gerçekleştirildiğinde, fort.15 parametre ve sınır koşulları girdi dosyasında NWS = 6 seçilirse, fort.22 dosyasında verilen rüzgar ve basınç bilgileri model zaman adımıyla senkronize etmek için uzayda ADCIRC ızgarasına ve zamanda enterpolasyona tabi tutulur. Garret formülü rüzgar hızından rüzgar gerilimini hesaplamak için kullanılır. Gözlem istasyonlarına ait koordinatlar önceden fort.15 dosyasında belirtilerek model yürütmesi sonucunda bu noktalara ait meteorolojik verilerin, seviye değişimlerinin ve hız değerlerinin farklı çıktı dosyalarında kaydedilmesi sağlanır. Bunlar aşağıdaki gibidir:

- Belirlenen İstasyonlardaki Yükseklik Zaman Serisi (fort.61)
- Belirlenmiş İstasyonlarda Derinlik Ortalamalı Hız Zaman Serisi (fort.62)
- Belirlenen Meteorolojik Kayıt İstasyonlarındaki Atmosfer Basıncı Zaman Serisi (fort.71)
- Belirlenen Meteorolojik Kayıt İstasyonlarındaki Rüzgar Hızı Zaman Serisi (fort.72)
- Su yüzeyi yüksekliği, su hızı, rüzgar hızı, dalga radyasyon gerilimi (varsa) ve barometrik basınç için genel Maksimum ve Minimum dosyaları (maxele.63, maxvel.63, maxwvel.63, maxrs.63, minpr.63)

Model yürütmesi sonrası model tarafından ilgili istasyondaki veriler için dikkate alınan ve çıktı dosyalarına kaydedilen veriler ile gözlenmiş veriler karşılaştırılmıştır. Verilerin karşılaştırılmasında dikkate alınacak istatistik ölçütleri, Belirlilik Katsayısı (Determination Coefficient, R^2) ve Saçılma İndeksi'dir (scatter index, SI).

Haziran 2017 için ERA5 verisi ile ADCIRC çalışması sonrası elde edilen rüzgar hızı değerleri ile Menteş, Pasaport ve Güzelbahçe istasyonlarından elde edilen ölçüm verilerinin zamana bağlı karşılaştırmaları sırasıyla Şekil 5.1, Şekil 5.2 ve Şekil 5.3'deki gibidir. Model ve gözlem rüzgar hızı verilerinin karşılaştırıldığı saçılma grafikleri Menteş, Pasaport ve Güzelbahçe istasyonları için sırasıyla Şekil 5.4, Şekil 5.5 ve Şekil 5.6'daki gibidir.

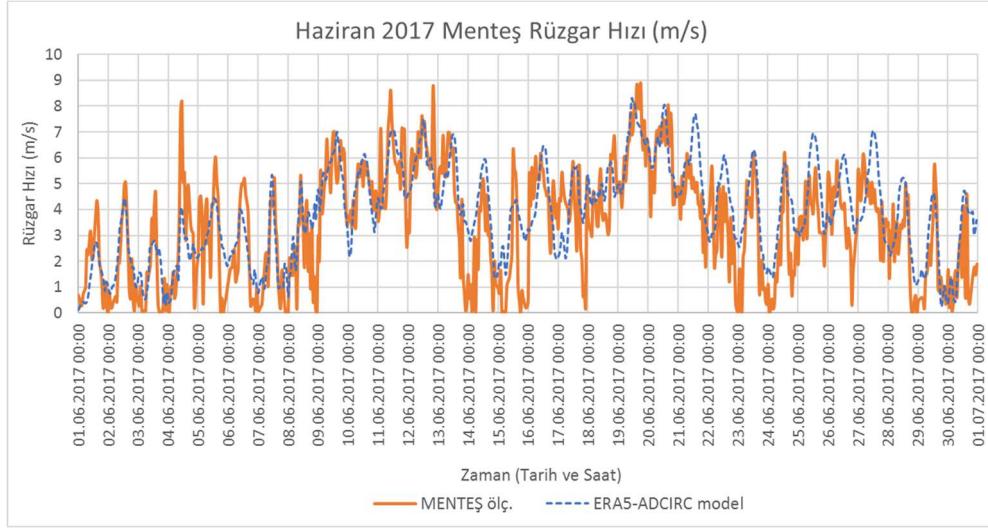
Eylül 2017 için ERA5 verisi ile ADCIRC çalışması sonrası elde edilen rüzgar hızı değerleri ile Menteş, Pasaport ve Güzelbahçe istasyonlarından elde edilen ölçüm verilerinin zamana bağlı karşılaştırmaları sırasıyla Şekil 5.7, Şekil 5.8 ve Şekil 5.9'daki gibidir. Model ve gözlem rüzgar hızı verilerinin karşılaştırıldığı saçılma grafikleri Menteş, Pasaport ve Güzelbahçe istasyonları için sırasıyla Şekil 5.10, Şekil 5.11 ve Şekil 5.12'deki gibidir.

Mart 2018 için ERA5 verisi ile ADCIRC çalışması sonrası elde edilen rüzgar hızı değerleri ile Menteş, Pasaport ve Güzelbahçe istasyonlarından elde edilen ölçüm verilerinin zamana bağlı karşılaştırmaları sırasıyla Şekil 5.13, Şekil 5.14 ve Şekil 5.15'deki gibidir. Model ve gözlem rüzgar hızı verilerinin karşılaştırıldığı saçılma grafikleri Menteş, Pasaport ve Güzelbahçe istasyonları için sırasıyla Şekil 5.16, Şekil 5.17 ve Şekil 5.18'deki gibidir.

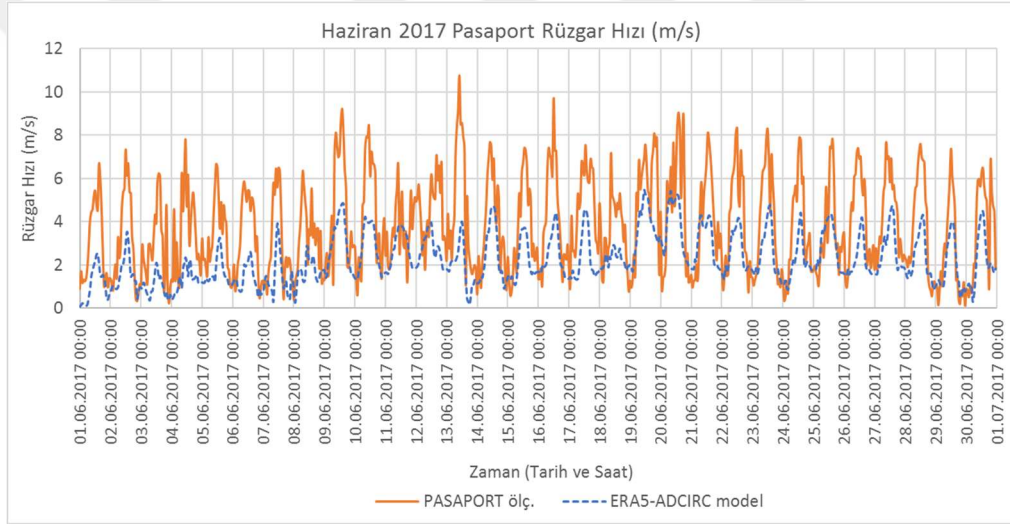
Haziran 2017 için ERA5 verisi ile ADCIRC çalışması sonrası elde edilen atmosfer basıncı ile Menteş, Pasaport ve Güzelbahçe istasyonlarından elde edilen ölçüm verilerinin zamana bağlı karşılaştırmaları sırasıyla Şekil 5.19, Şekil 5.20 ve Şekil 5.21'deki gibidir. Model ve gözlem atmosfer basıncı verilerinin karşılaştırıldığı saçılma grafikleri Menteş, Pasaport ve Güzelbahçe istasyonları için sırasıyla Şekil 5.22, Şekil 5.23 ve Şekil 5.24'deki gibidir.

Eylül 2017 için ERA5 verisi ile ADCIRC çalışması sonrası elde edilen atmosfer basıncı ile Menteş, Pasaport ve Güzelbahçe istasyonlarından elde edilen ölçüm verilerinin zamana bağlı karşılaştırmaları sırasıyla Şekil 5.25, Şekil 5.26 ve Şekil 5.27'deki gibidir. Model ve gözlem atmosfer basıncı verilerinin karşılaştırıldığı saçılma grafikleri Menteş, Pasaport ve Güzelbahçe istasyonları için sırasıyla Şekil 5.28, Şekil 5.29 ve Şekil 5.30'daki gibidir.

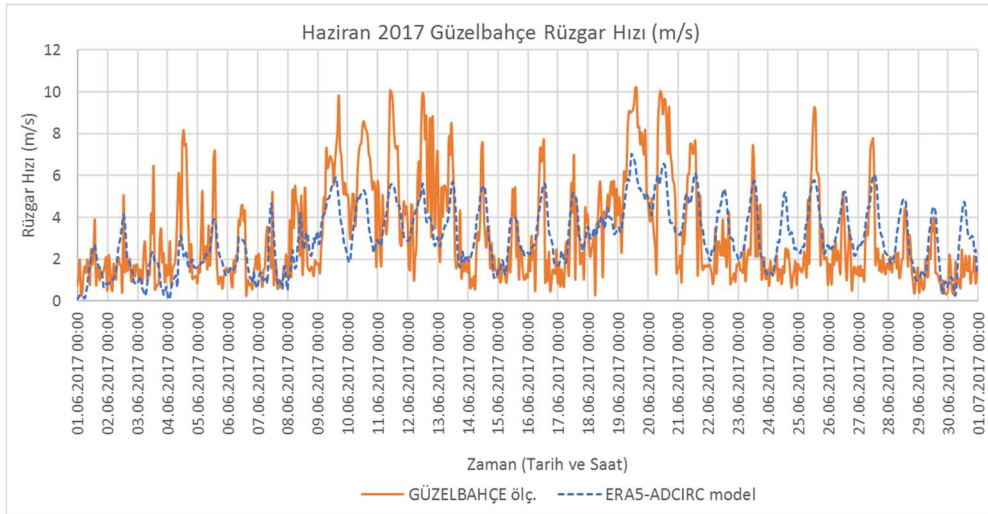
Mart 2018 için ERA5 verisi ile ADCIRC çalışması sonrası elde edilen atmosfer basıncı ile Menteş, Pasaport ve Güzelbahçe istasyonlarından elde edilen ölçüm verilerinin zamana bağlı karşılaştırmaları sırasıyla Şekil 5.31, Şekil 5.32 ve Şekil 5.33'deki gibidir. Model ve gözlem atmosfer basıncı verilerinin karşılaştırıldığı saçılma grafikleri Menteş, Pasaport ve Güzelbahçe istasyonları için sırasıyla Şekil 5.34, Şekil 5.35 ve Şekil 5.36'daki gibidir.



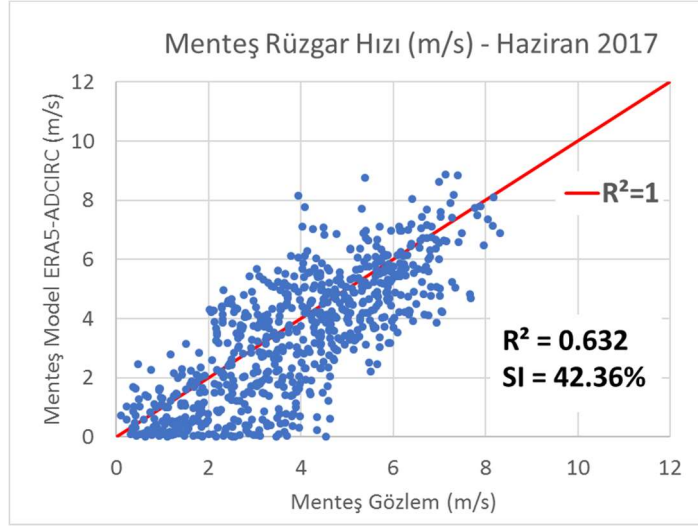
Şekil 5.1 Zamana bağlı rüzgar hızı – Menteş ist. Haziran 2017.



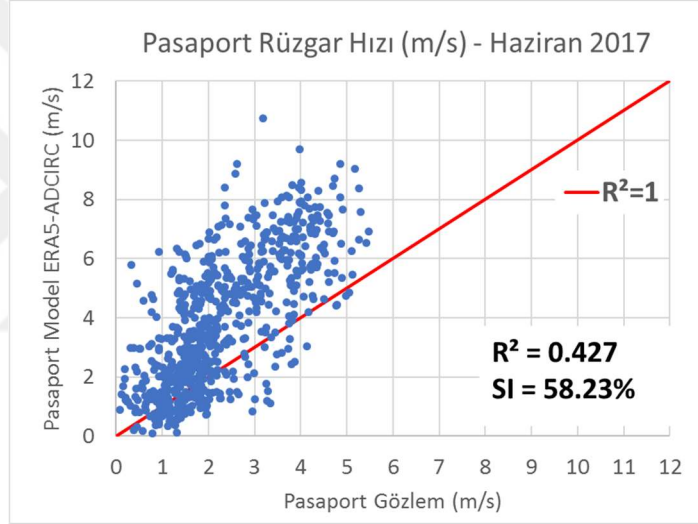
Şekil 5.2 Zamana bağlı rüzgar hızı – Pasaport ist. Haziran 2017.



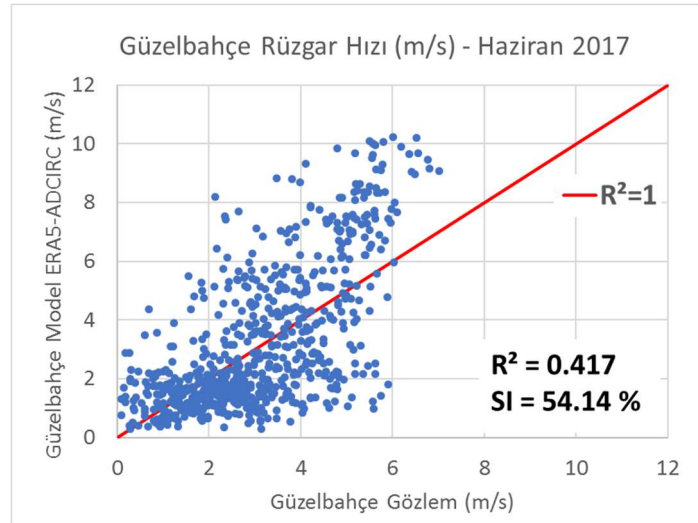
Şekil 5.3 Zamana bağlı rüzgar hızı – Güzelbahçe ist. Haziran 2017.



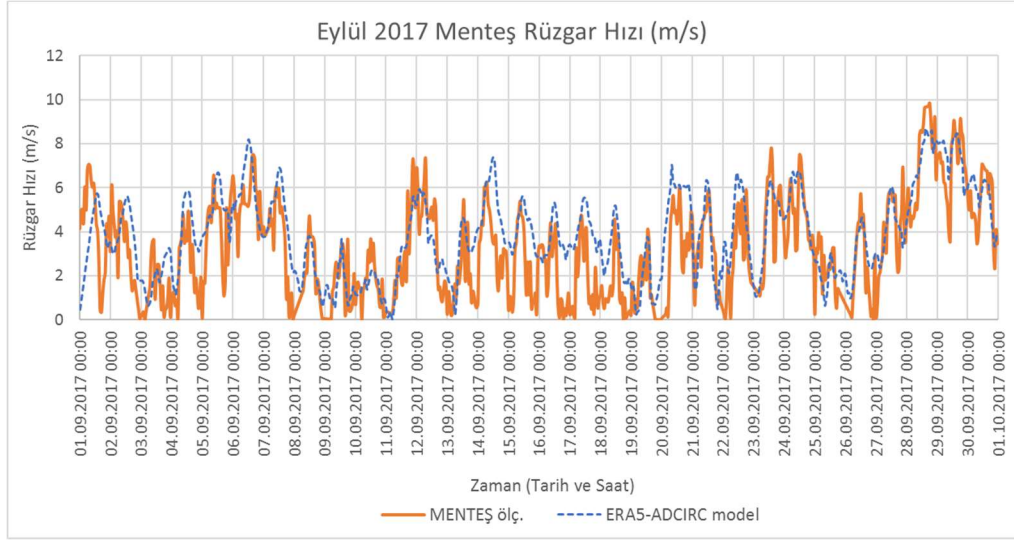
Şekil 5.4 Rüzgar hızı saçılım diyagramı – Menteş ist. Haziran 2017.



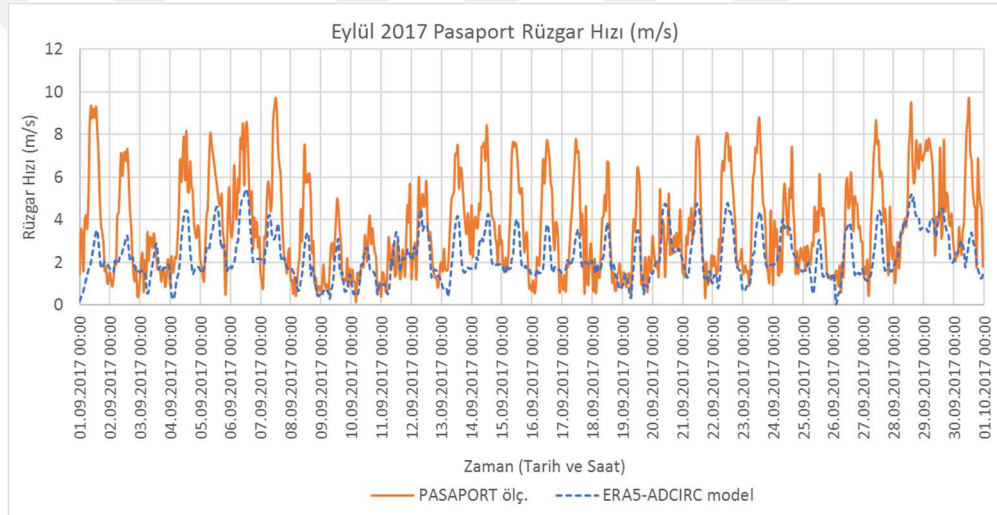
Şekil 5.5 Rüzgar hızı saçılım diyagramı – Pasaport ist. Haziran 2017.



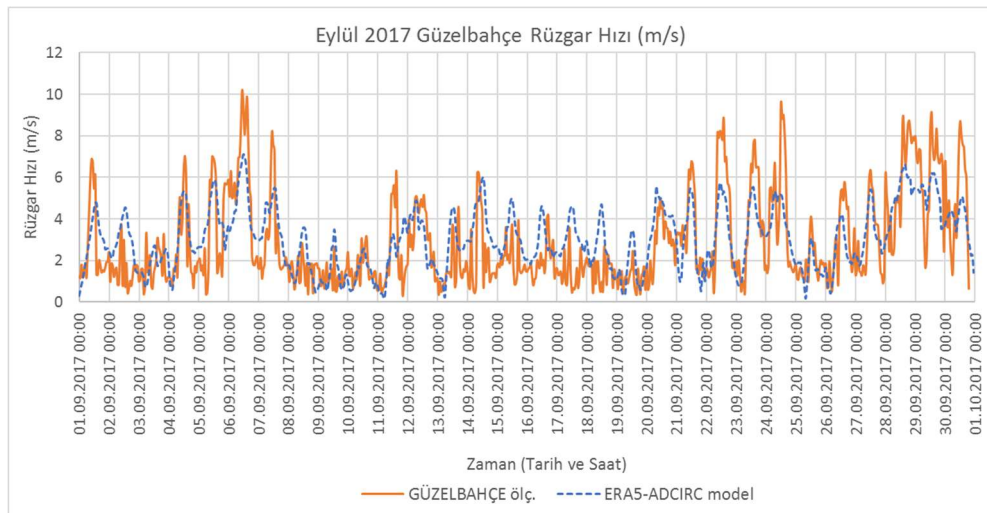
Şekil 5.6 Rüzgar hızı saçılım diyagramı – Güzelbahçe ist. Haziran 2017.



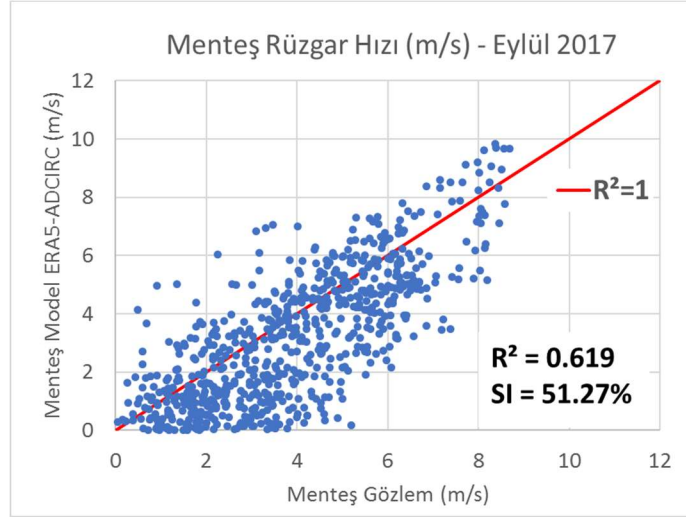
Şekil 5.7 Zamana bağlı rüzgar hızı – Menteş ist. Eylül 2017.



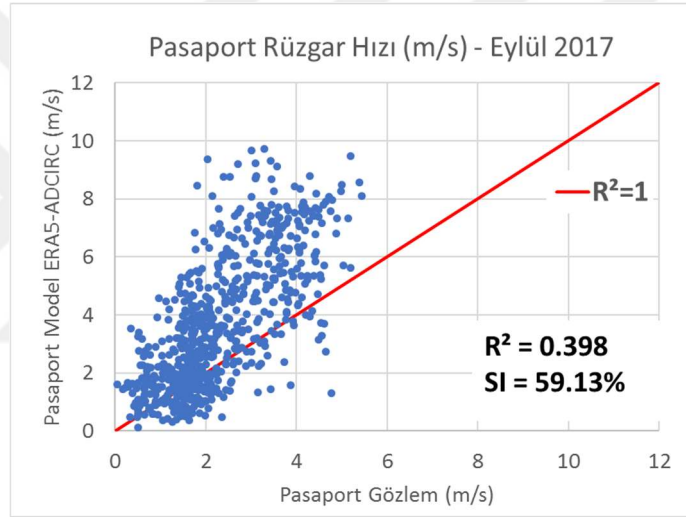
Şekil 5.8 Zamana bağlı rüzgar hızı – Pasaport ist. Eylül 2017.



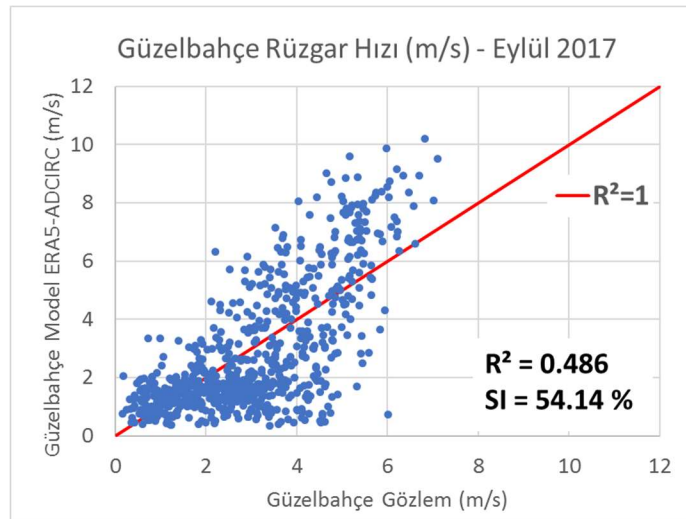
Şekil 5.9 Zamana bağlı rüzgar hızı – Güzelbahçe ist. Eylül 2017.



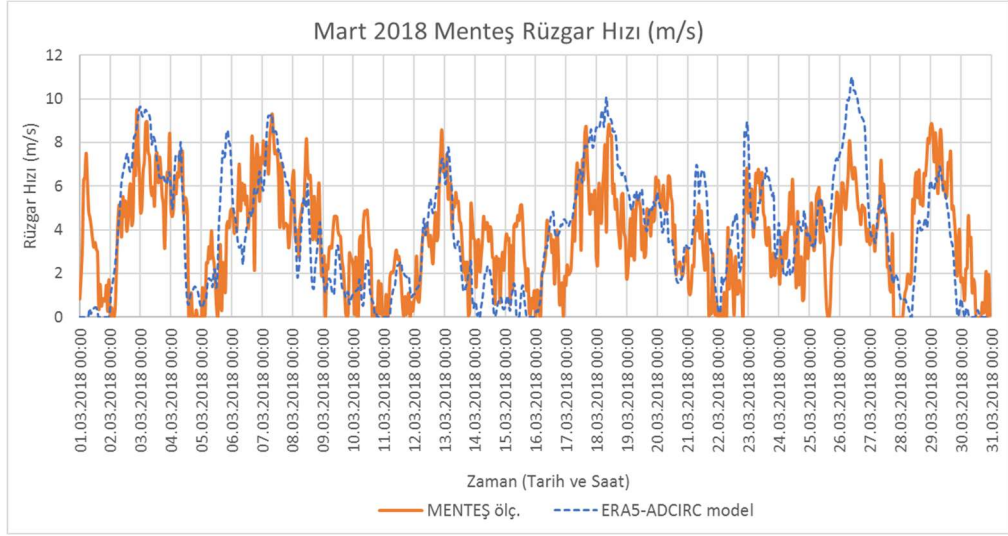
Şekil 5.10 Rüzgar hızı saçılım diyagramı – Menteş ist. Eylül 2017.



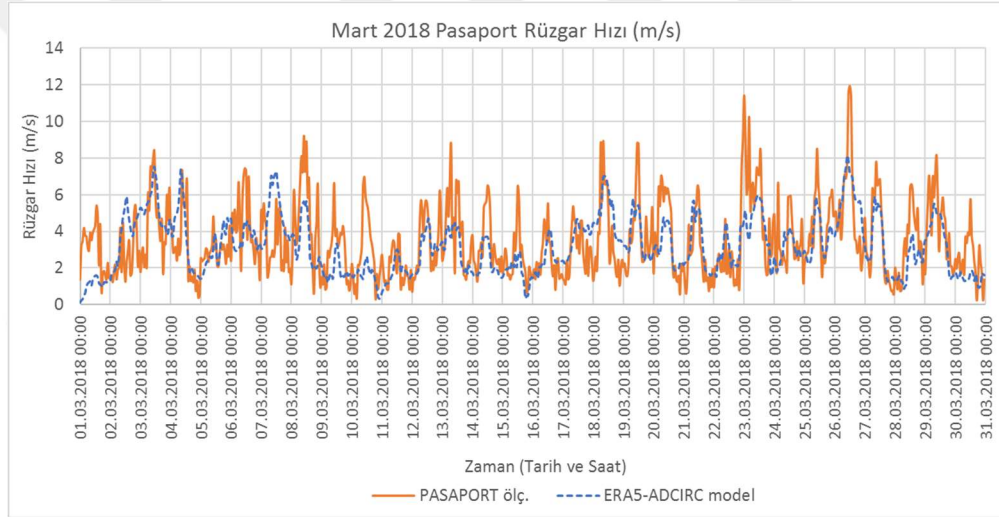
Şekil 5.11 Rüzgar hızı saçılım diyagramı –Pasaport ist. Eylül 2017.



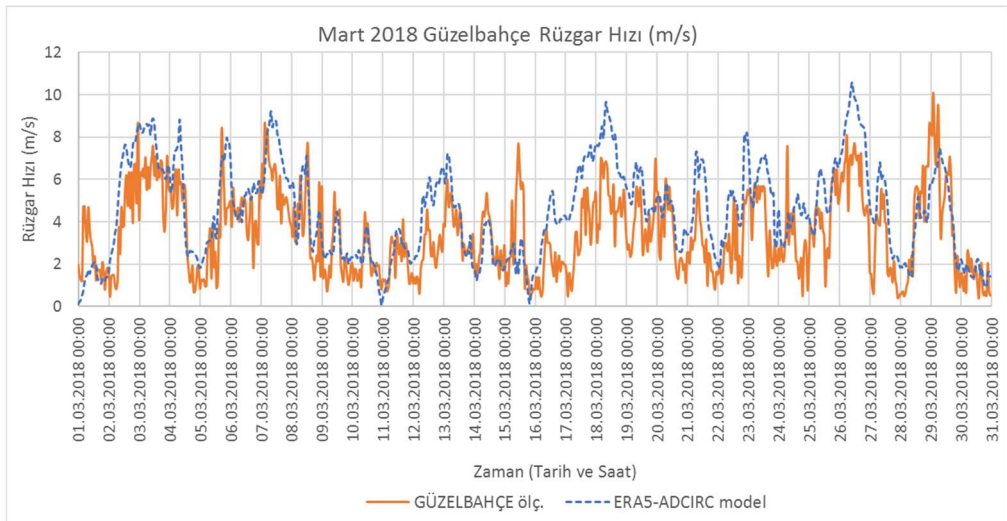
Şekil 5.12 Rüzgar hızı saçılım diyagramı – Güzelbahçe ist. Eylül 2017.



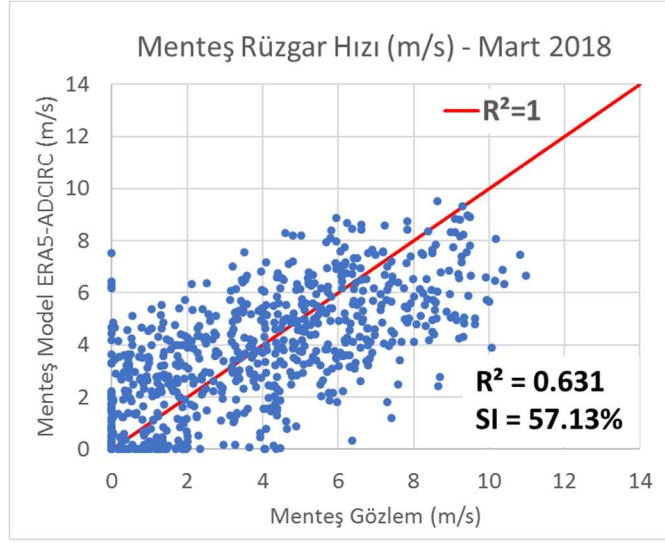
Şekil 5.13 Zamana bağlı rüzgar hızı – Menteş ist. Mart 2018.



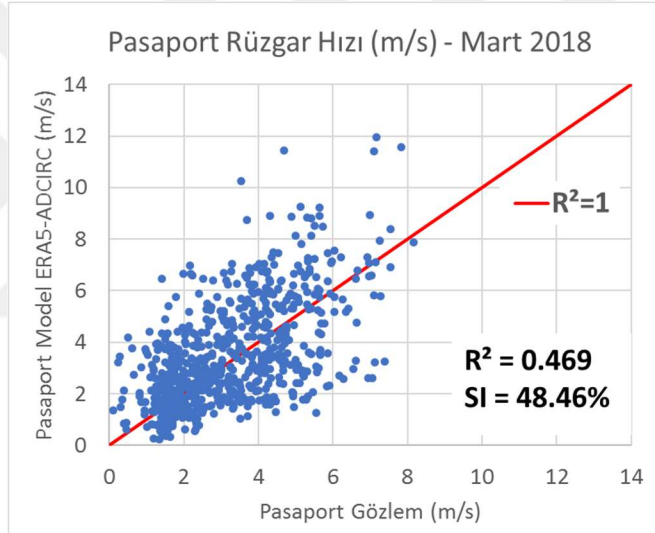
Şekil 5.14 Zamana bağlı rüzgar hızı – Pasaport ist. Mart 2018.



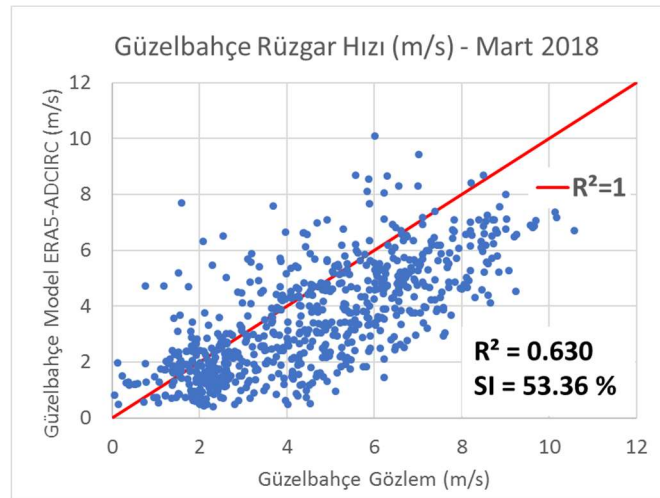
Şekil 5.15 Zamana bağlı rüzgar hızı – Güzelbahçe ist. Mart 2018.



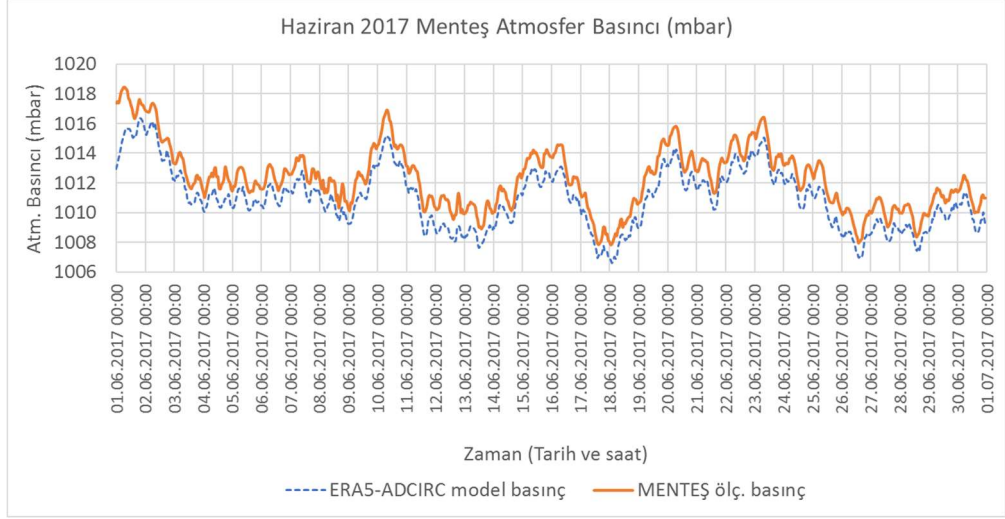
Şekil 5.16 Rüzgar hızı saçılım diyagramı – Menteş ist. Mart 2018.



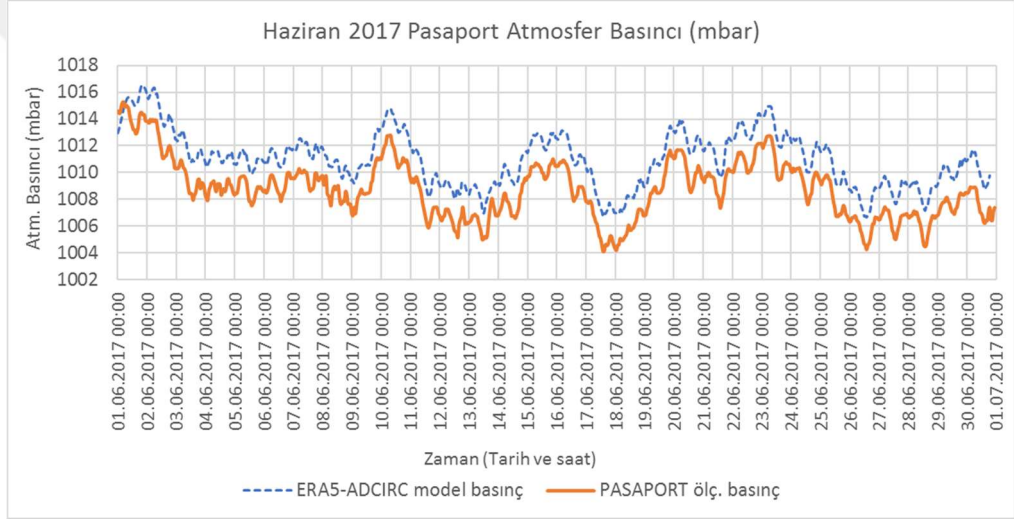
Şekil 5.17 Rüzgar hızı saçılım diyagramı – Pasaport ist. Mart 2018.



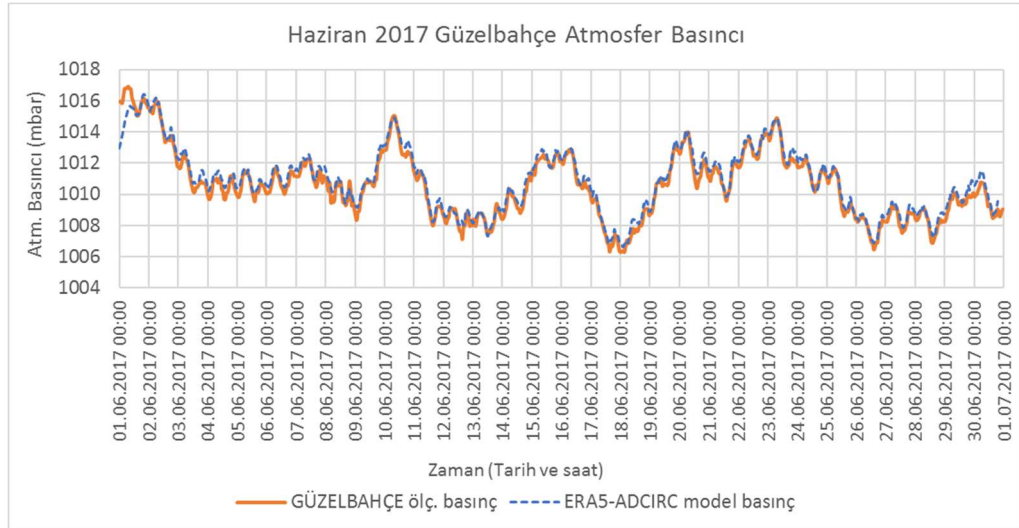
Şekil 5.18 Rüzgar hızı saçılım diyagramı – Güzelbahçe ist. Mart 2018.



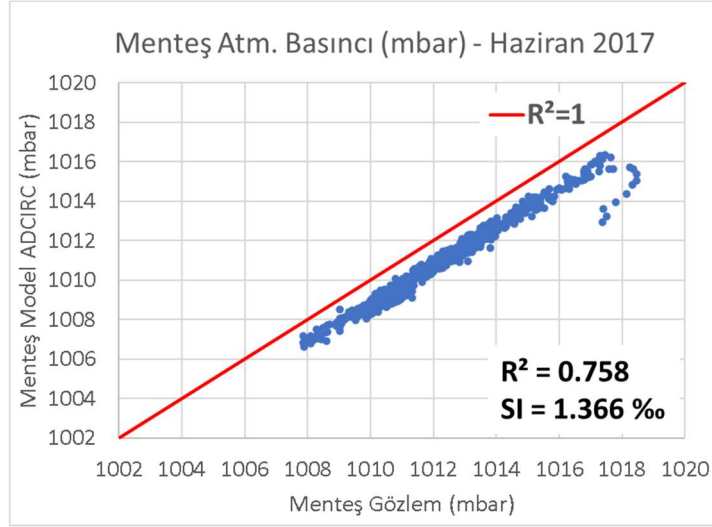
Şekil 5.19 Zamana bağlı atmosfer basıncı – Menteş ist. Haziran 2017.



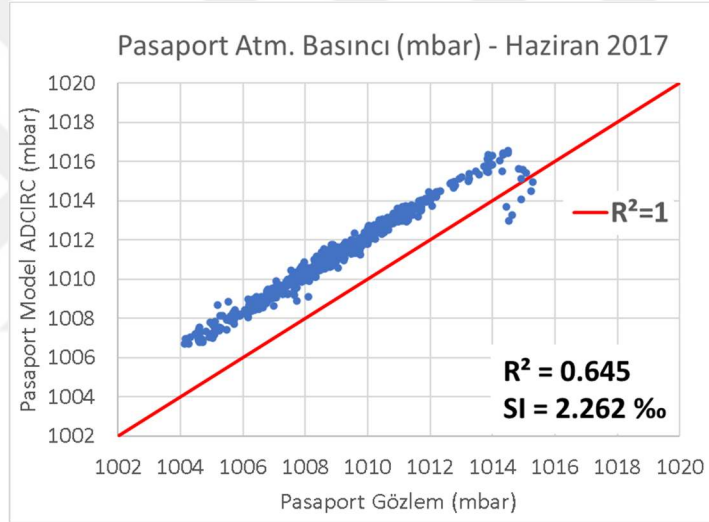
Şekil 5.20 Zamana bağlı atmosfer basıncı – Pasaport ist. Haziran 2017.



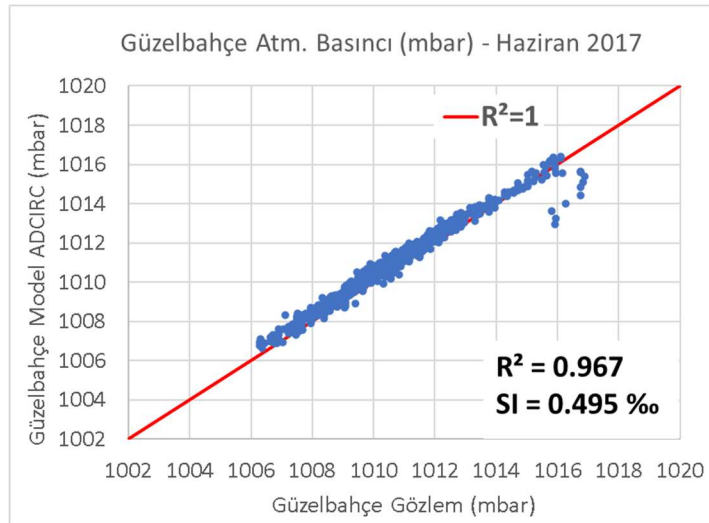
Şekil 5.21 Zamana bağlı atmosfer basıncı – Güzelbahçe ist. Haziran 2017.



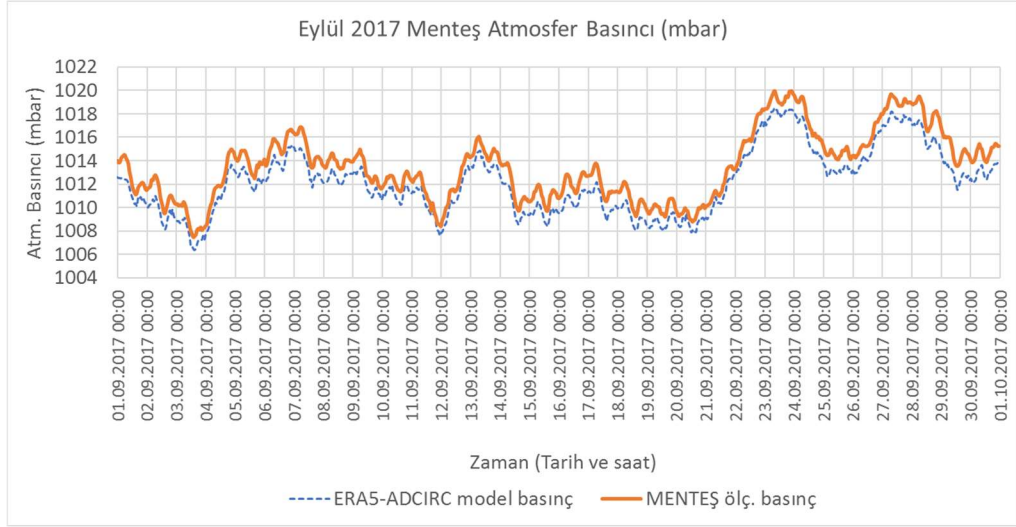
Şekil 5.22 Atmosfer basıncı saçılım diyagramı – Menteş ist. Haziran 2017.



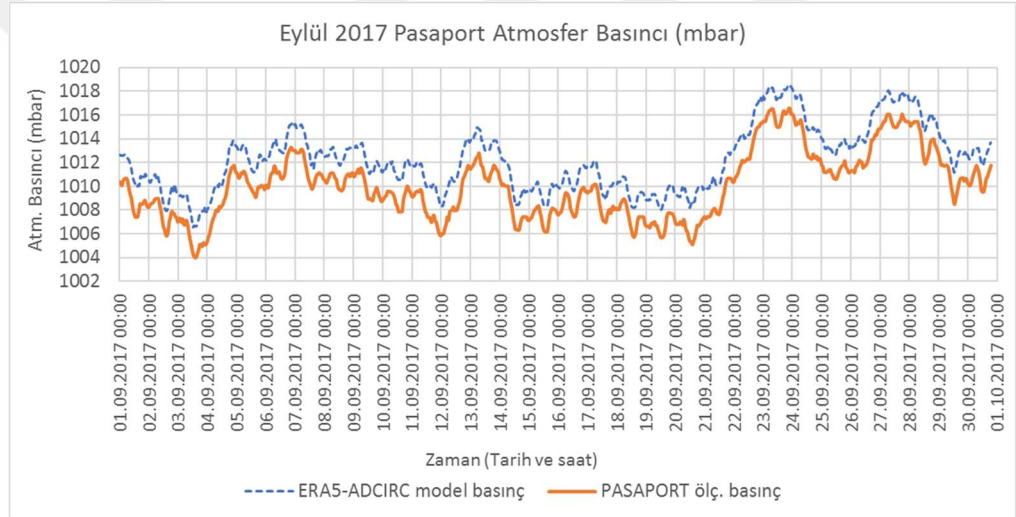
Şekil 5.23 Atmosfer basıncı saçılım diyagramı – Pasaport ist. Haziran 2017.



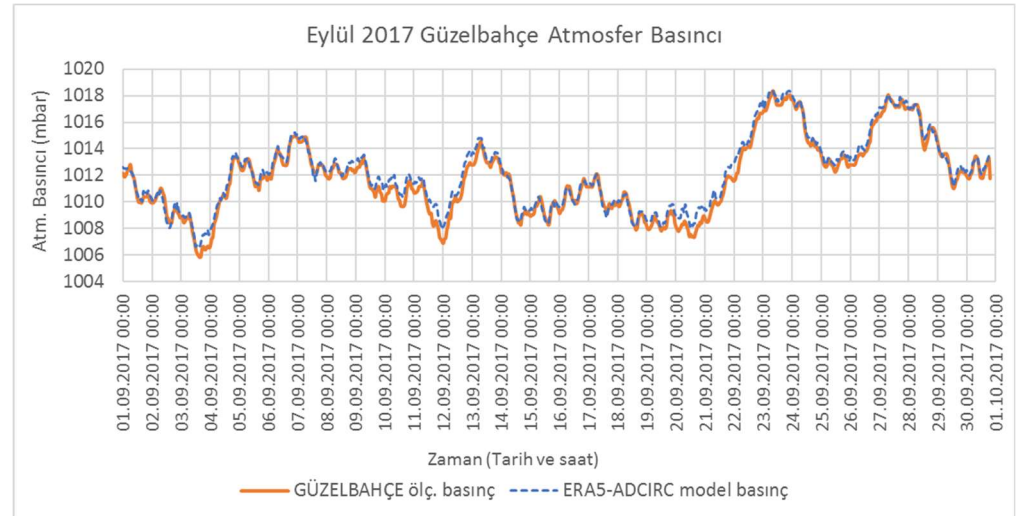
Şekil 5.24 Atmosfer basıncı saçılım diyagramı – Güzelbahçe ist. Haziran 2017.



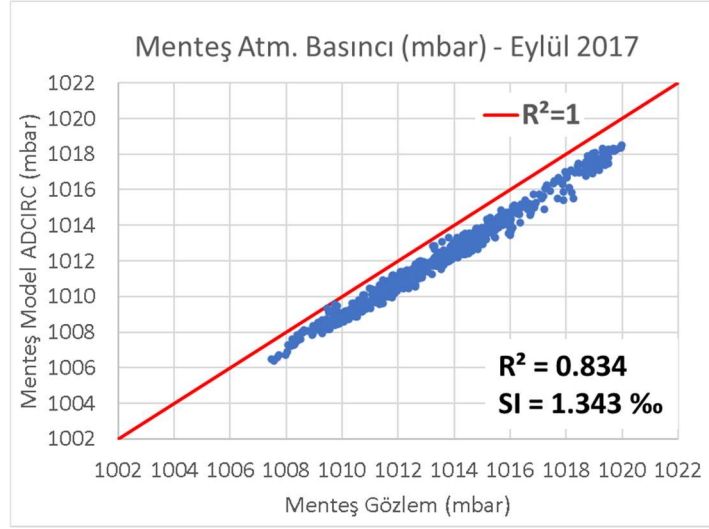
Şekil 5.25 Zamana bağlı atmosfer basıncı – Menteş ist. Eylül 2017.



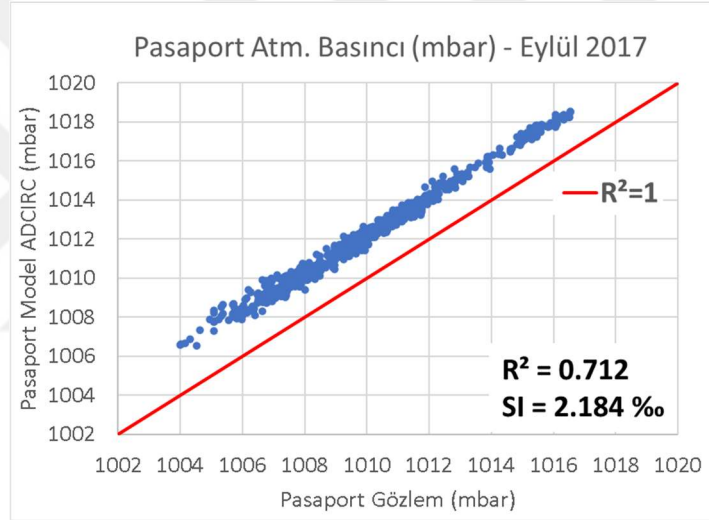
Şekil 5.26 Zamana bağlı atmosfer basıncı – Pasaport ist. Eylül 2017.



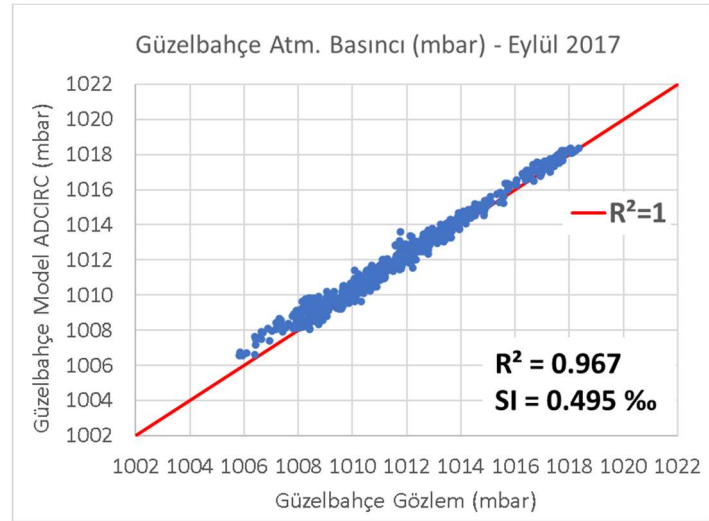
Şekil 5.27 Zamana bağlı atmosfer basıncı – Güzelbahçe ist. Eylül 2017.



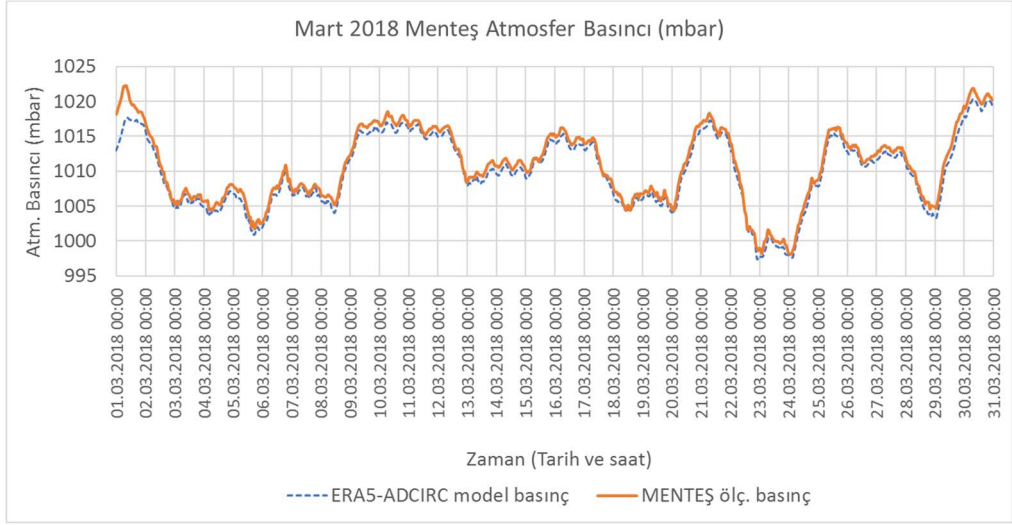
Şekil 5.28 Atmosfer basıncı saçılım diyagramı – Menteş ist. Eylül 2017.



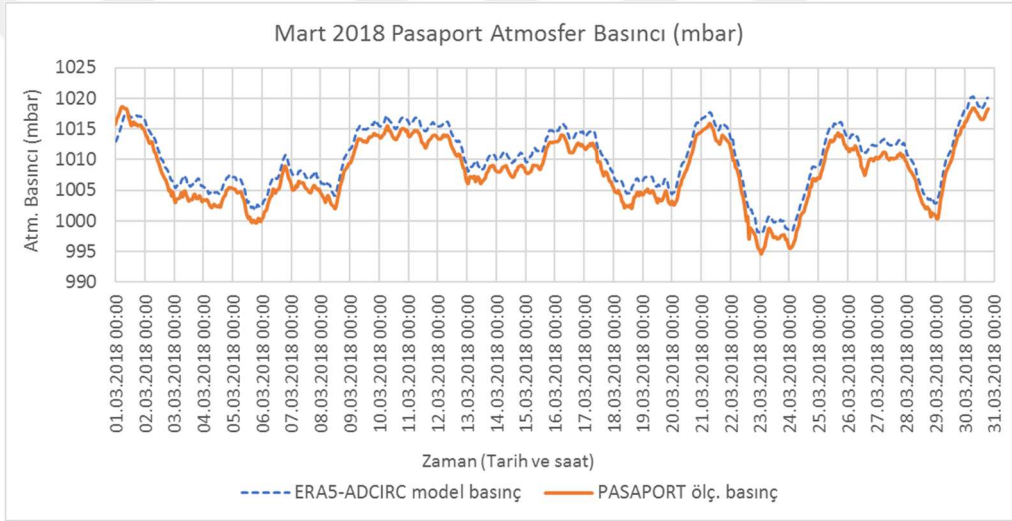
Şekil 5.29 Atmosfer basıncı saçılım diyagramı – Pasaport ist. Eylül 2017.



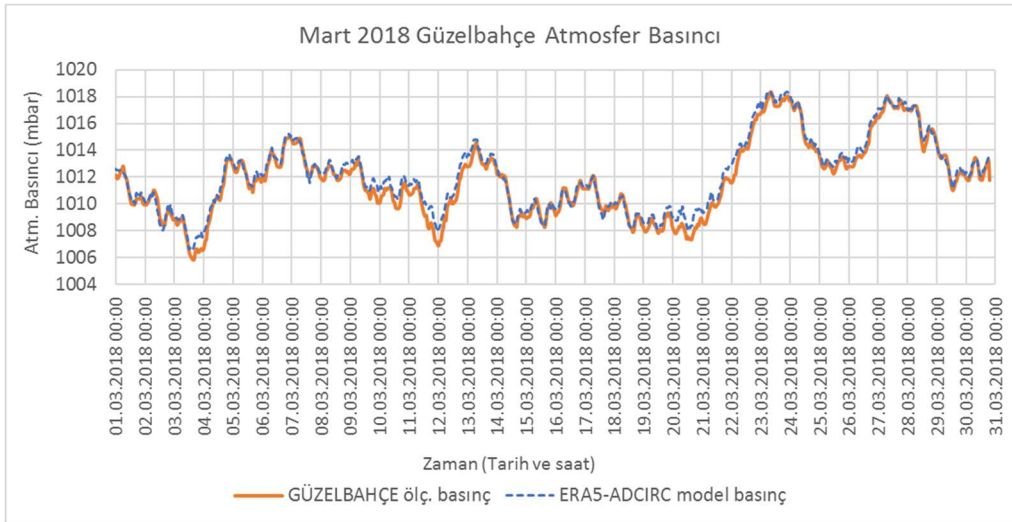
Şekil 5.30 Atmosfer basıncı saçılım diyagramı – Güzelbahçe ist. Eylül 2017.



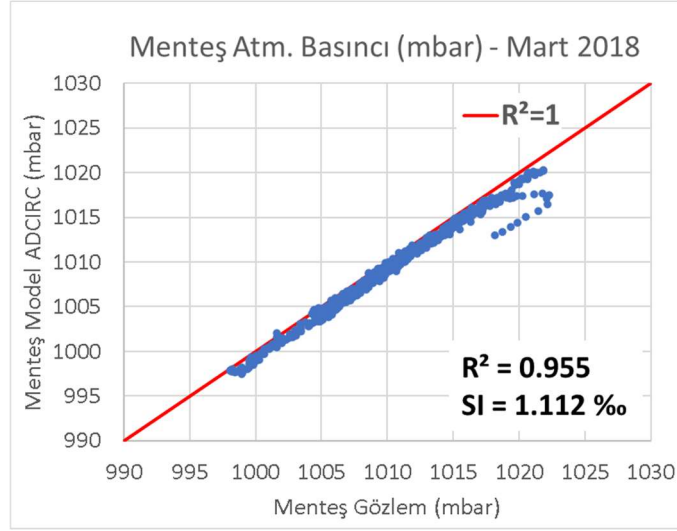
Şekil 5.31 Zamana bağlı atmosfer basıncı – Menteş ist. Mart 2018.



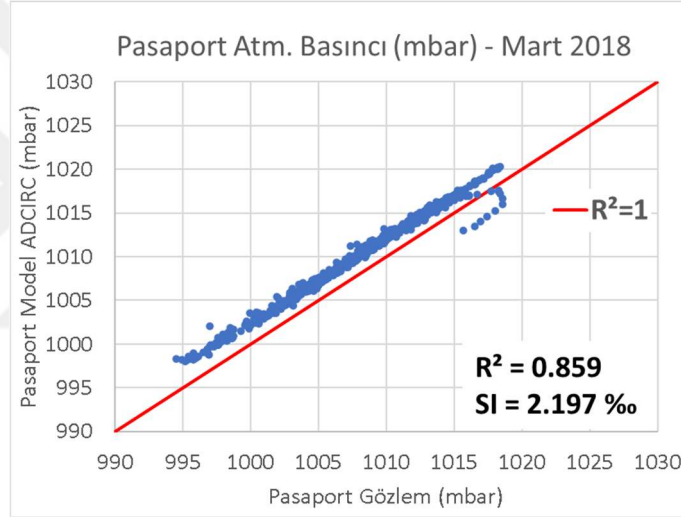
Şekil 5.32 Zamana bağlı atmosfer basıncı – Pasaport ist. Mart 2018.



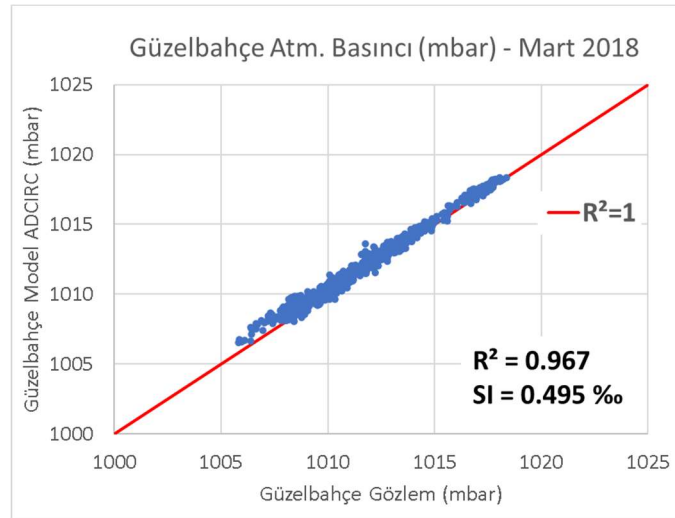
Şekil 5.33 Zamana bağlı atmosfer basıncı – Güzelbahçe ist. Mart 2018.



Şekil 5.34 Atmosfer basıncı saçılım diyagramı – Menteş ist. Mart 2018.



Şekil 5.35 Atmosfer basıncı saçılım diyagramı – Pasaport ist. Mart 2018.



Şekil 5.36 Atmosfer basıncı saçılım diyagramı – Güzelbahçe ist. Mart 2018.

5.2 Deniz Seviyesi Değişimleri

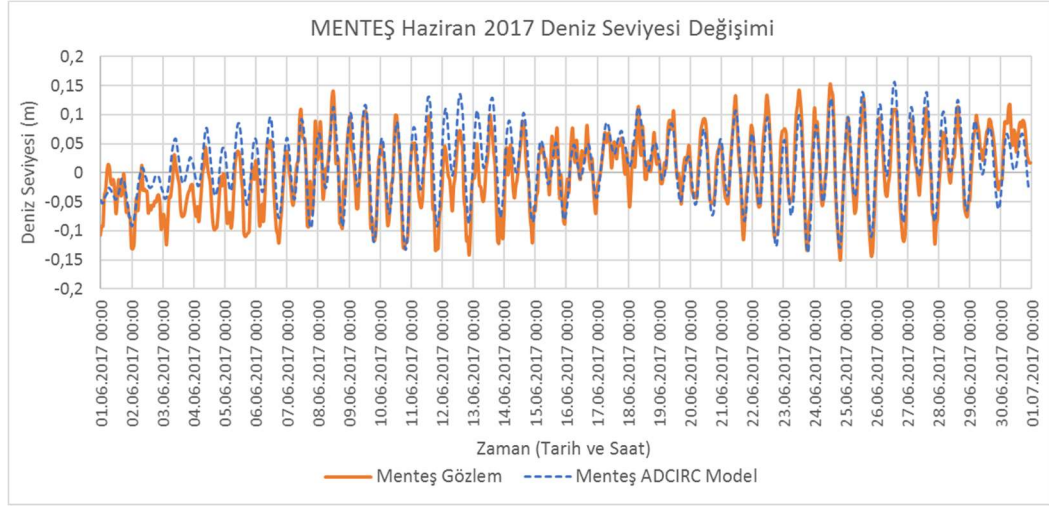
Gelgit etkisi ve meteorolojik koşullara göre (atmosfer basıncı ve rüzgar) ADCIRC model simülasyonları sonucunda elde edilen deniz seviyesi değişimleri zamana bağlı olarak gözlem istasyonlarında elde edilen verilerle karşılaştırılmıştır.

Model çıktı dosyalarından fort.61 dosyası içerisinde, model sınır koşulları ve parametreler girdi dosyası fort.15'te belirtildiği sıraya göre (1-Menteş, 2-Pasaport, 3-Güzelbahçe istasyonları) deniz seviyesi değişimleri zaman serisi olarak yer almaktadır. 2 saniyelik hesap adımı ile gerçekleşen simülasyonlarda her 1800 hesap adımı bir kayıt alınması sağlanarak saatlik veriler elde edilmiştir.

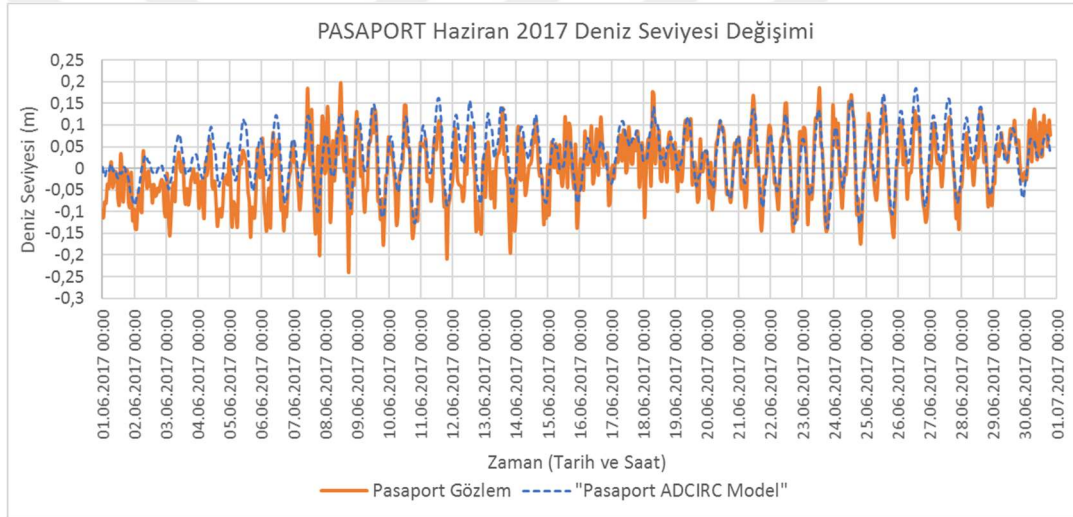
Haziran 2017 için ERA5 verisi ile ADCIRC çalışması sonrası elde edilen deniz seviyesi değişimleri ile Mentesh, Pasaport ve Güzelbahçe istasyonlarından elde edilen ölçüm verilerinin zamana bağlı karşılaştırmaları sırasıyla Şekil 5.37, Şekil 5.38 ve Şekil 5.39'daki gibidir. Model ve gözlem deniz seviyesi değişimleri verilerinin karşılaştırıldığı saçılma grafikleri Mentesh, Pasaport ve Güzelbahçe istasyonları için sırasıyla Şekil 5.40, Şekil 5.41 ve Şekil 5.42'deki gibidir.

Eylül 2017 için ERA5 verisi ile ADCIRC çalışması sonrası elde edilen deniz seviyesi değişimleri ile Mentesh, Pasaport ve Güzelbahçe istasyonlarından elde edilen ölçüm verilerinin zamana bağlı karşılaştırmaları sırasıyla Şekil 5.43, Şekil 5.44 ve Şekil 5.45'deki gibidir. Model ve gözlem deniz seviyesi değişimleri verilerinin karşılaştırıldığı saçılma grafikleri Mentesh, Pasaport ve Güzelbahçe istasyonları için sırasıyla Şekil 5.46, Şekil 5.47 ve Şekil 5.48'deki gibidir.

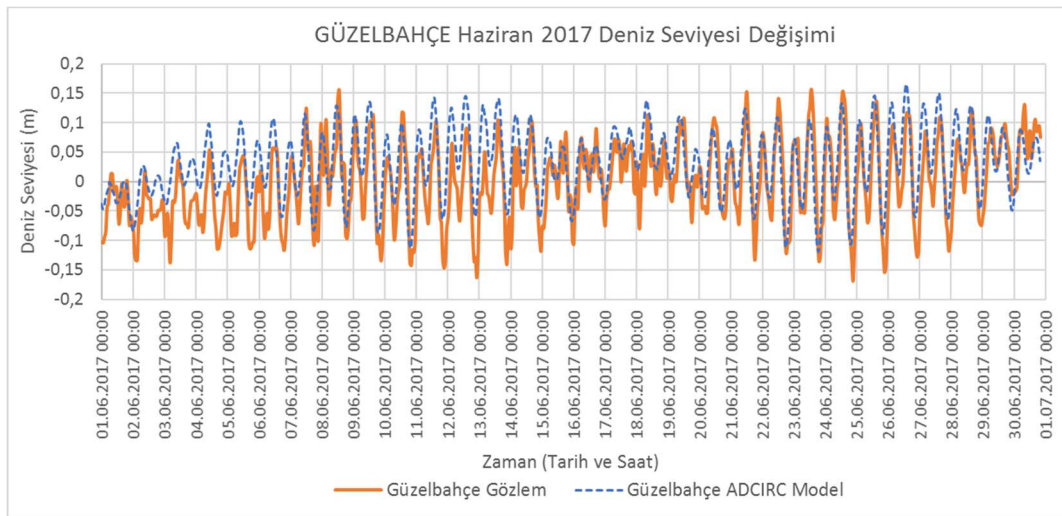
Mart 2018 için ERA5 verisi ile ADCIRC çalışması sonrası elde edilen deniz seviyesi değişimleri ile Mentesh, Pasaport ve Güzelbahçe istasyonlarından elde edilen ölçüm verilerinin zamana bağlı karşılaştırmaları sırasıyla Şekil 5.49, Şekil 5.50 ve Şekil 5.51'deki gibidir. Model ve gözlem deniz seviyesi değişimleri verilerinin karşılaştırıldığı saçılma grafikleri Mentesh, Pasaport ve Güzelbahçe istasyonları için sırasıyla Şekil 5.52, Şekil 5.53 ve Şekil 5.54'deki gibidir. ADCIRC modelinden elde edilen maksimum deniz seviyesi değişimleri Haziran 2017, Eylül 2017 ve Mart 2018 için sırasıyla Şekil 5.55, Şekil 5.56 ve Şekil 5.57'deki gibidir.



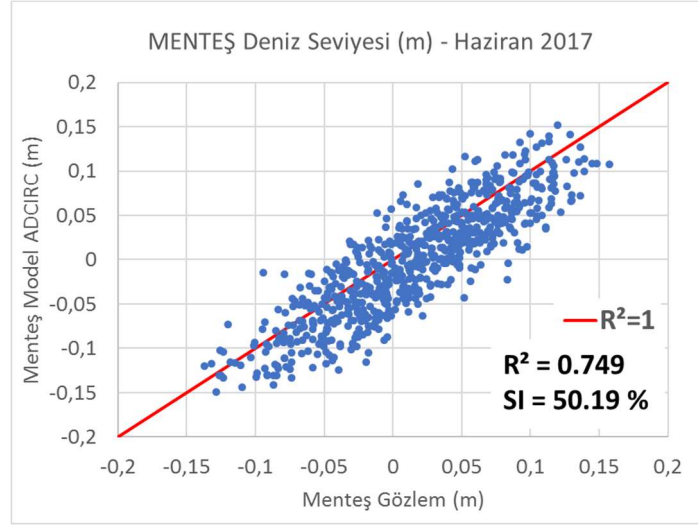
Şekil 5.37 Deniz seviyesi değişimi – Menteş ist. Haziran 2017.



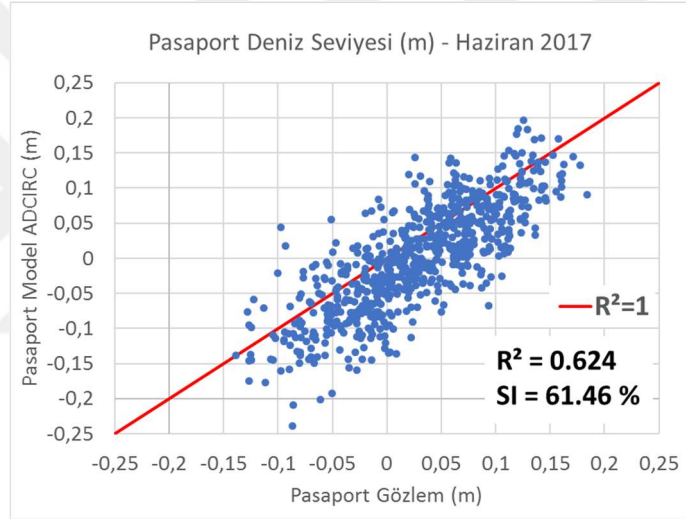
Şekil 5.38 Deniz seviyesi değişimi – Pasaport ist. Haziran 2017.



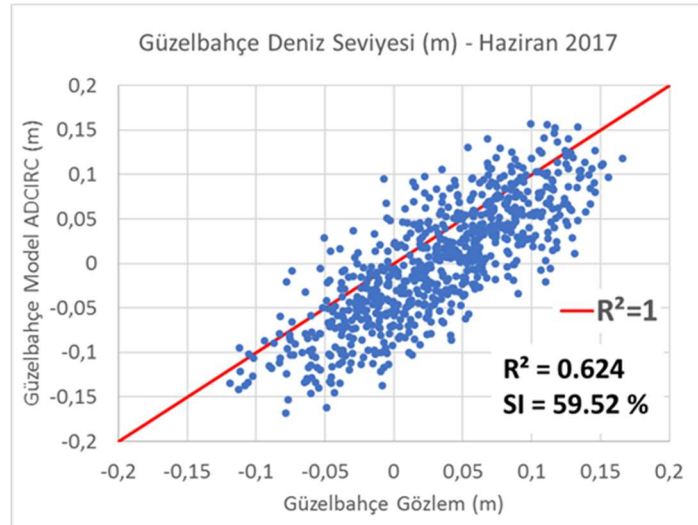
Şekil 5.39 Deniz seviyesi değişimi – Güzelbahçe ist. Haziran 2017.



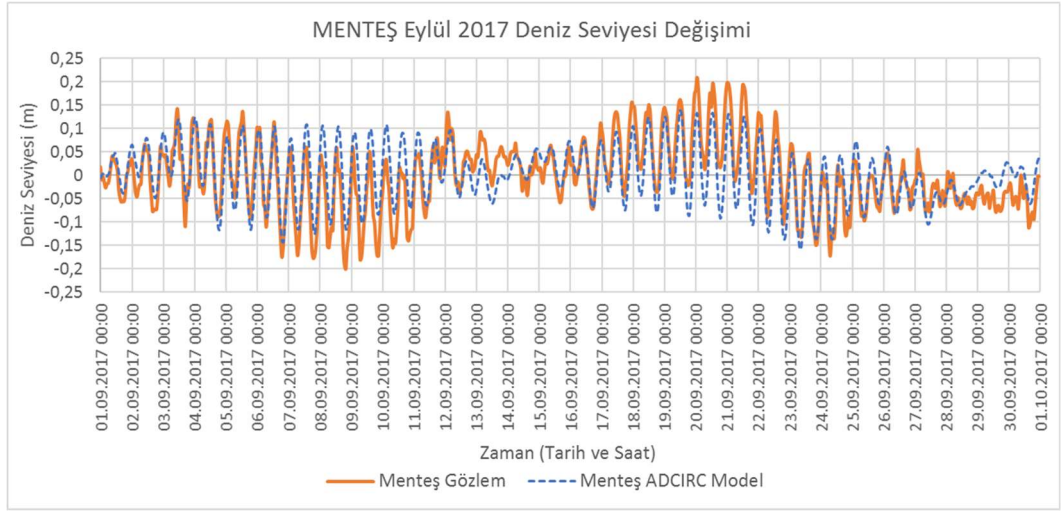
Şekil 5.40 Deniz seviyesi saçılım diyagramı – Menteş ist. Haziran 2017.



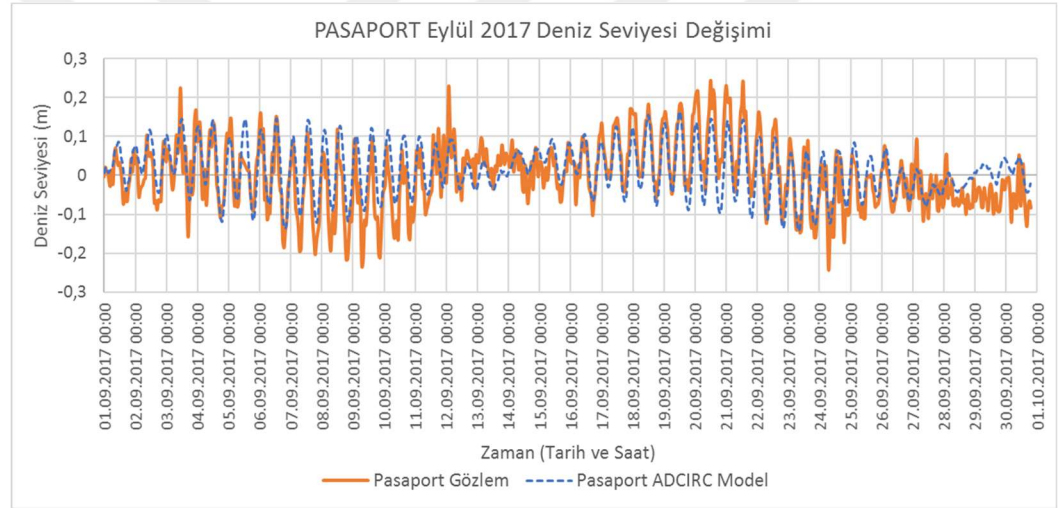
Şekil 5.41 Deniz seviyesi saçılım diyagramı – Pasaport ist. Haziran 2017.



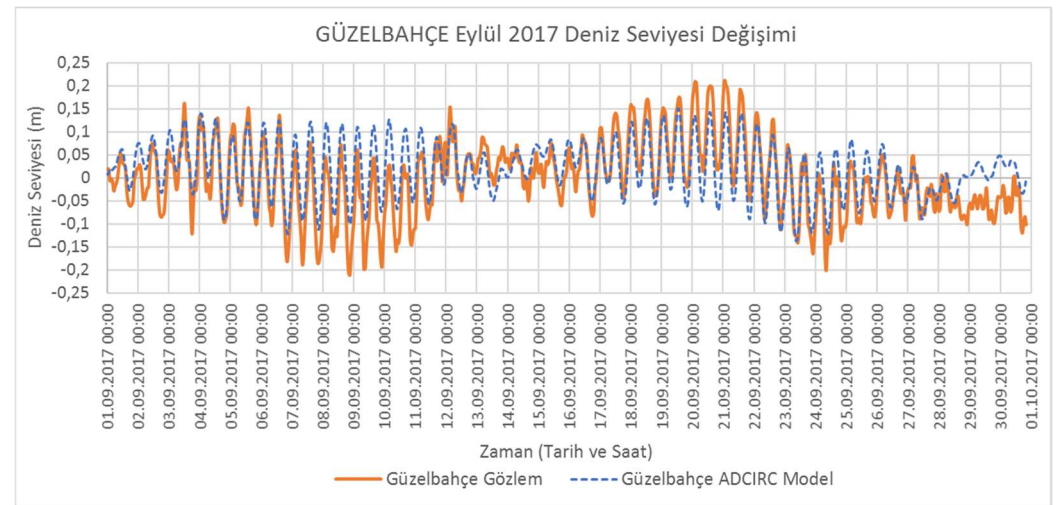
Şekil 5.42 Deniz seviyesi saçılım diyagramı – Güzelbahçe ist. Haziran 2017.



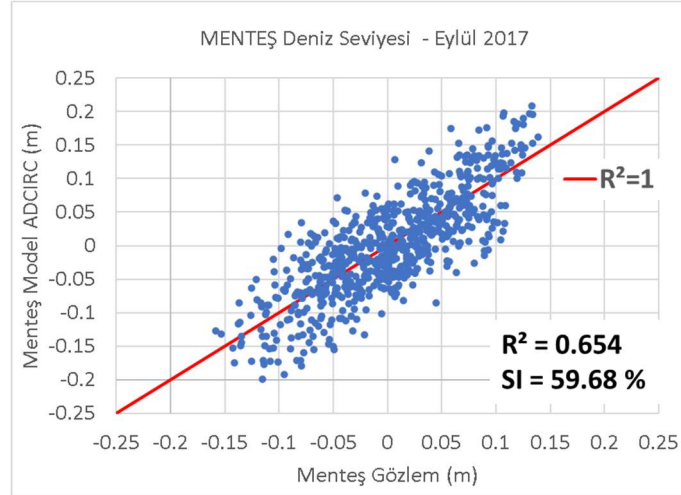
Şekil 5.43 Deniz seviyesi değişimi – Menteş ist. Eylül 2017.



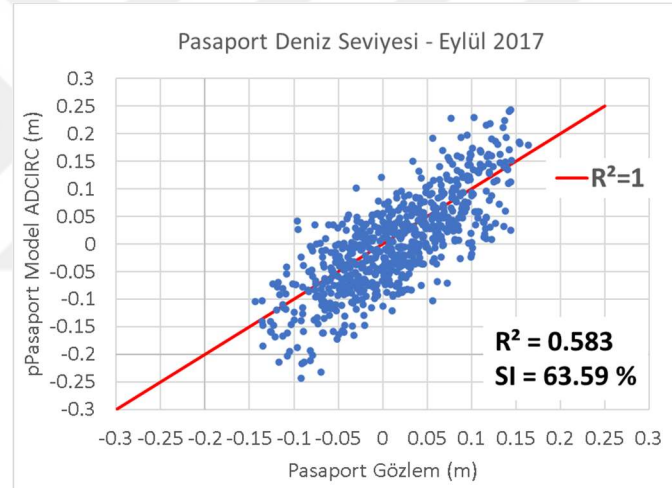
Şekil 5.44 Deniz seviyesi değişimi – Pasaport ist. Eylül 2017.



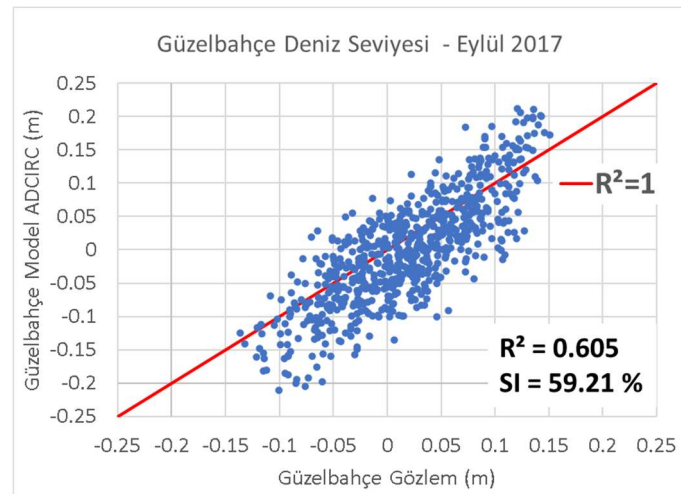
Şekil 5.45 Deniz seviyesi değişimi – Güzelbahçe ist. Eylül 2017.



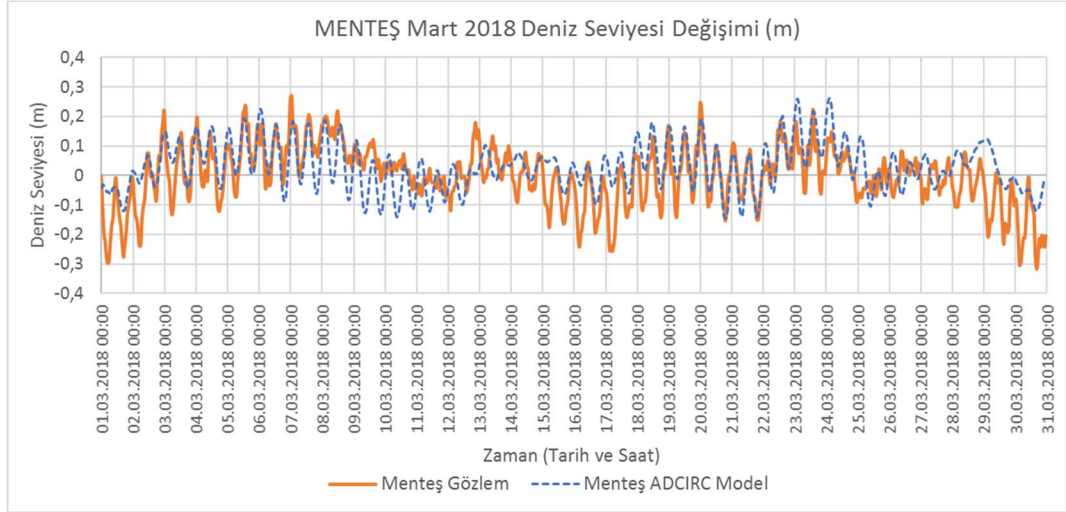
Şekil 5.46 Deniz seviyesi saçılım diyagramı – Menteş ist. Eylül 2017.



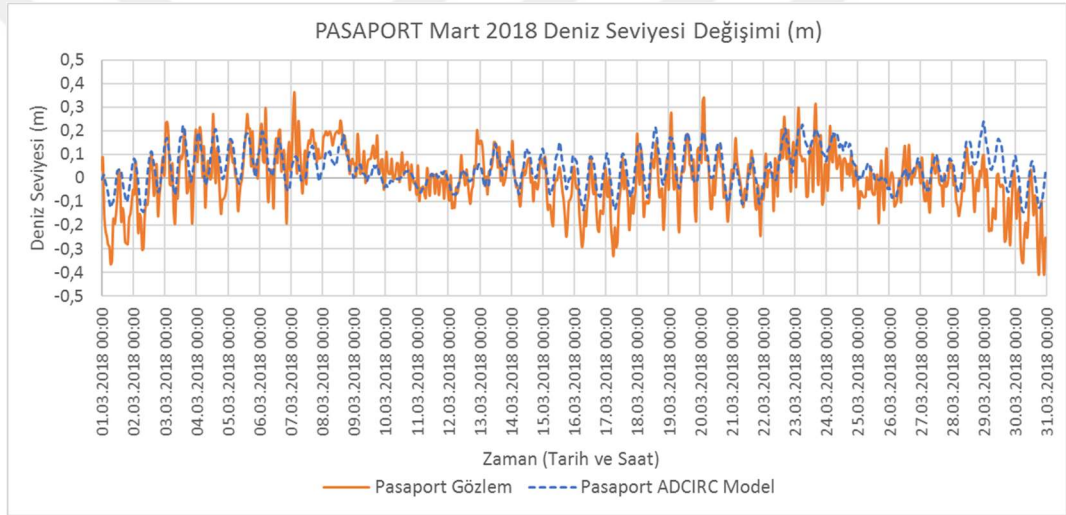
Şekil 5.47 Deniz seviyesi saçılım diyagramı – Pasaport ist. Eylül 2017.



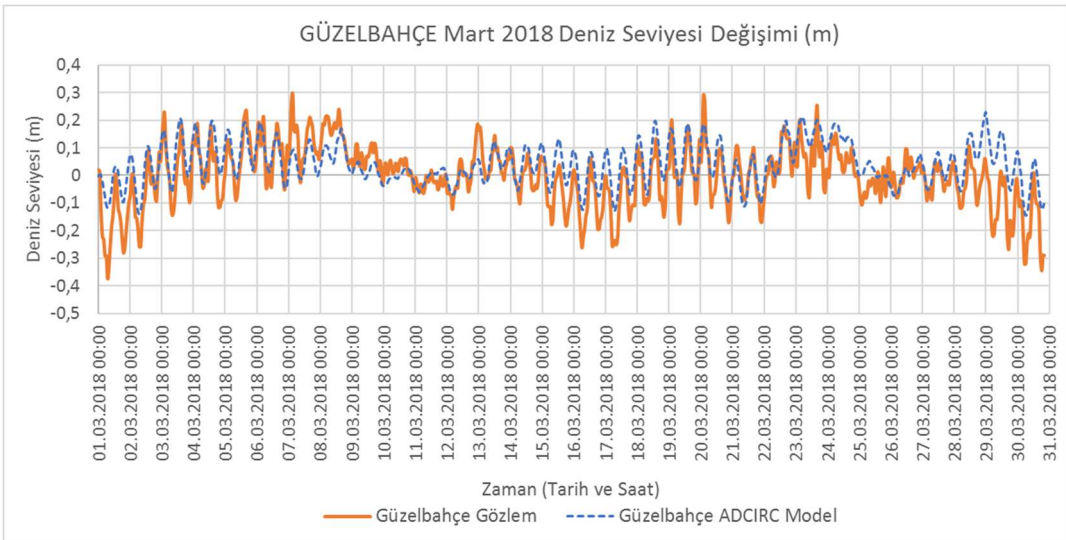
Şekil 5.48 Deniz seviyesi saçılım diyagramı – Güzelbahçe ist. Eylül 2017.



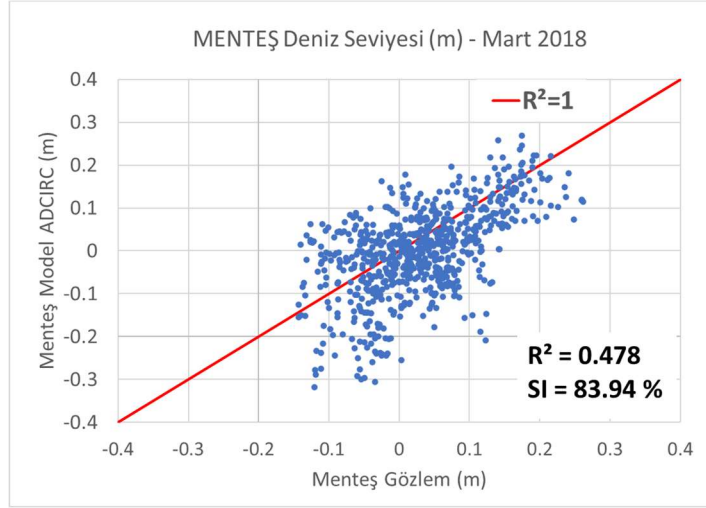
Şekil 5.49 Deniz seviyesi değişimi – Menteş ist. Mart 2018.



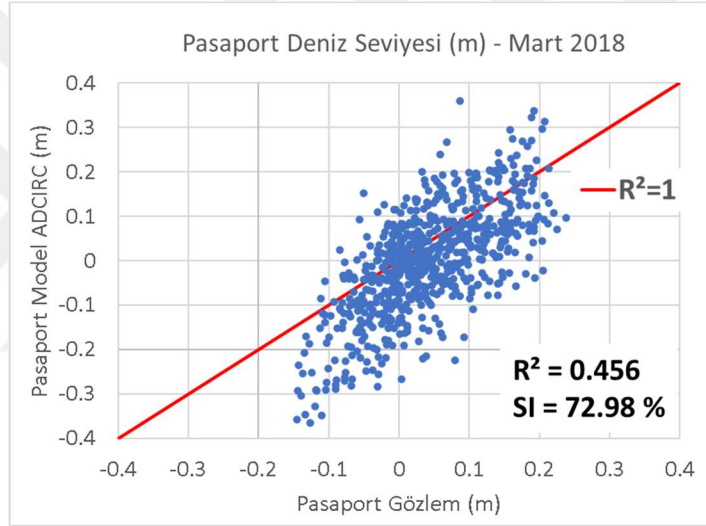
Şekil 5.50 Deniz seviyesi değişimi – Pasaport ist. Mart 2018.



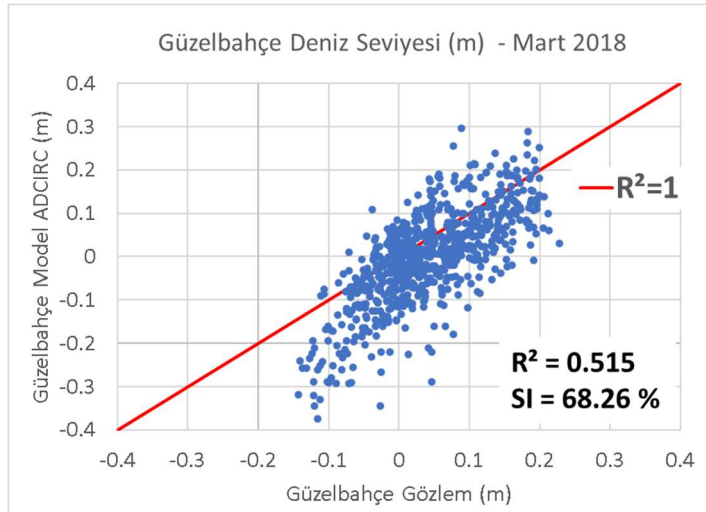
Şekil 5.51 Deniz seviyesi değişimi – Güzelbahçe ist. Mart 2018.



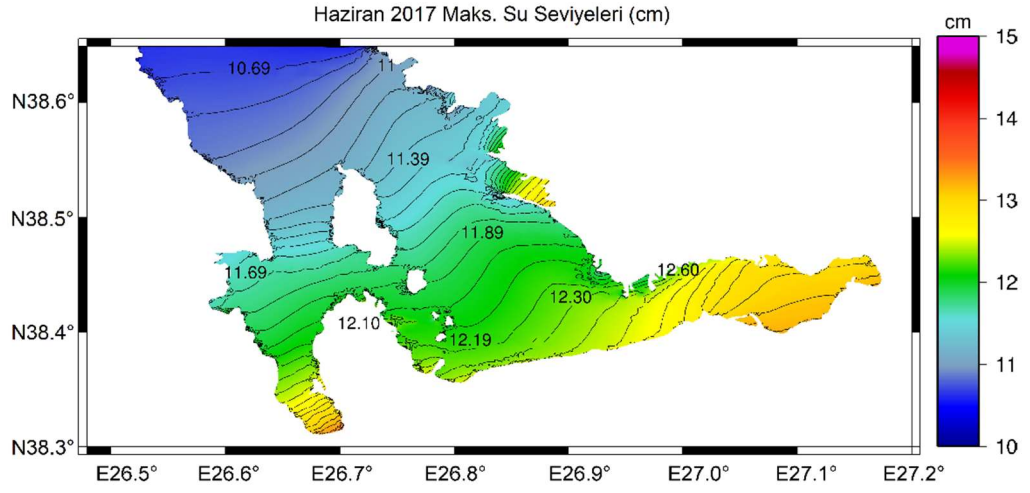
Şekil 5.52 Deniz seviyesi saçılım diyagramı – Menteş ist. Mart 2018.



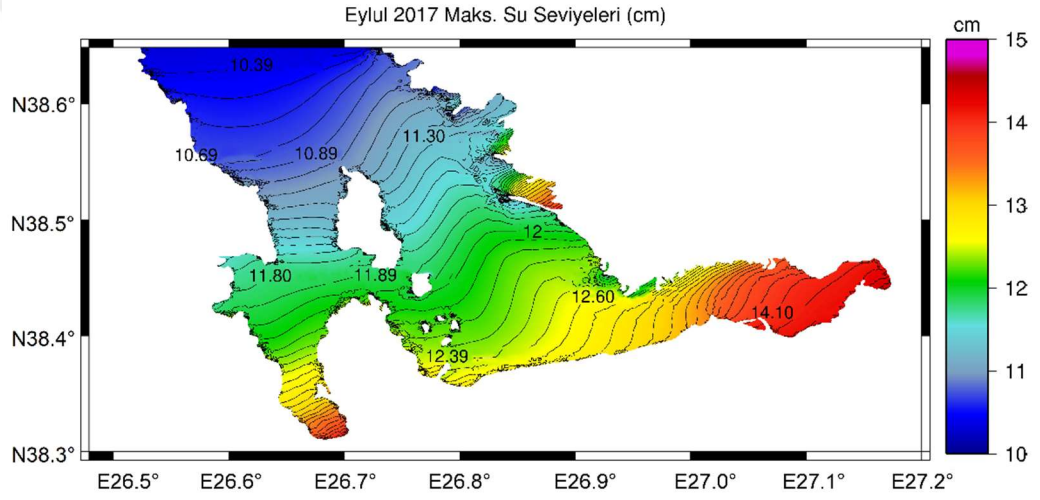
Şekil 5.53 Deniz seviyesi saçılım diyagramı – Pasaport ist. Mart 2018.



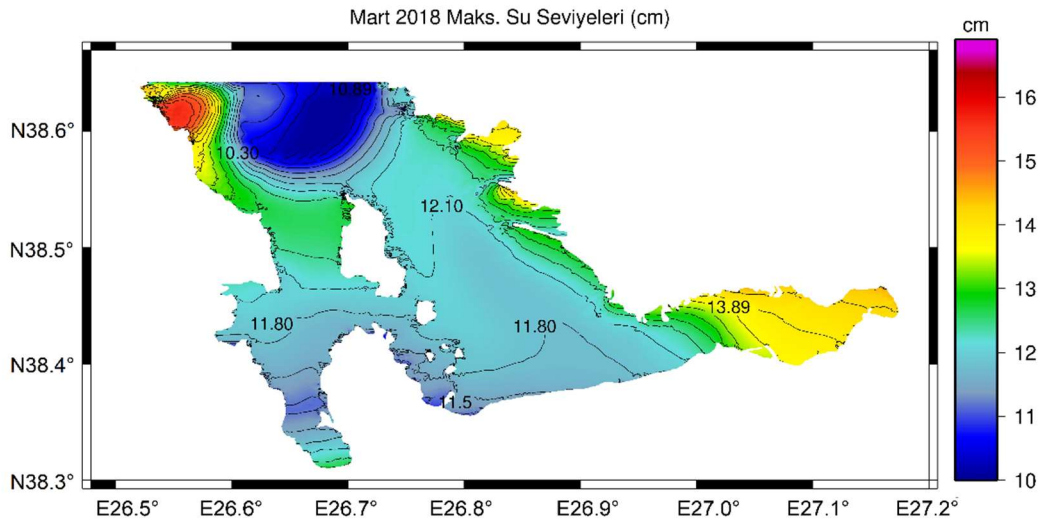
Şekil 5.54 Deniz seviyesi saçılım diyagramı – Güzelbahçe ist. Mart 2018.



Şekil 5.55 Maksimum deniz seviyesi değişimi – Haziran 2017.



Şekil 5.56 Maksimum deniz seviyesi değişimi – Eylül 2017.



Şekil 5.57 Maksimum deniz seviyesi değişimi – Mart 2018.

BÖLÜM ALTI

KIYI SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ DEĞERLENDİRMESİ

Birleşmiş Milletler tarafından ortaya konan Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (Sustainable Development Goals – SDG) ve Avrupa Birliği tarafından belirlenen Mavi Kalkınma ve Mavi Akdeniz (Blue Growth – BLUEMED) hedefleri yardımıyla sürdürülebilirlik araştırmasının değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (Sustainable Development Goals – SDG) Birleşmiş Milletlerin 2030 kalkınma hedefleri için belirlediği 17 hedeften oluşmaktadır. Bu hedefler, Şekil 5.8’de verilmiştir.



Şekil 6.1 Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri.

- 1 *Yoksulluğun Sonlandırılması:* Yoksulluğun her türlü biçimi son bulmalıdır.
- 2 *Açlıkla Mücadele:* Açlık sona erdirilmeli, gıda güvenliği sağlanmalı, beslenme iyileştirilmeli ve sürdürülebilir tarım desteklenmelidir.
- 3 *Sağlıklı Yaşam:* İnsanların sağlıklı bir yaşam sürmeleri sağlanmalı ve yaşları ne olursa olsun sağlıklı yaşam desteklenmelidir.
- 4 *Kaliteli Eğitim:* Herkesi kapsayan, eşit ve kaliteli bir eğitim sağlanmalı ve yaşam boyu öğrenme fırsatları teşvik edilmelidir.
- 5 *Cinsiyet Eşitliği:* Cinsiyet eşitliği sağlanmalı, kadınların toplum içindeki konumu güçlendirilmelidir.

- 6 *Temiz Su ve Hijyen:* Herkes için temiz su ve hijyen, sürdürülebilir bir şekilde temin edilmelidir.
- 7 *Sürdürülebilir ve Uygun Fiyatlı Enerji:* Herkesin uygun fiyatlı, güvenilir, sürdürülebilir ve modern enerjiye erişimi sağlanmalıdır.
- 8 *İyi İş ve Güçlü Ekonomiler:* Herkes için tam zamanlı, üretken ve destekleyici bir iş ortamı ile sürdürülebilir ekonomik büyüme sağlanmalıdır.
- 9 *Yenilikçilik ve İyi Altyapı:* Sağlam altyapı inşa edilmeli, herkesi kapsayan ve sürdürülebilir bir sanayileşme teşvik edilmelidir.
- 10 *Eşitsizliklerin Azaltılması:* Ülke içi ve uluslararası düzeyde eşitsizlikler azaltılmalıdır.
- 11 *Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar:* Şehirler ve yerleşim bölgeleri, herkesi kapsayan, güvenli, sağlam ve sürdürülebilir bir şekilde planlanmalıdır.
- 12 *Kaynakların Sorumlu Kullanımı:* Tüketim ve üretim süreçleri sürdürülebilir olmalıdır.
- 13 *İklim Değişikliği ile Mücadele:* İklim değişikliği ve etkileri ile mücadele için acil önlemler alınmalıdır.
- 14 *Sürdürülebilir Okyanuslar ve Denizler:* Okyanuslar, denizler ve deniz kaynakları sürdürülebilir bir şekilde korunmalı ve kullanılmalıdır.
- 15 *Sürdürülebilir Toprak Kullanımı:* Toprak ekosistemleri korunmalı, yeniden inşa edilmeli ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılmalı, ormanlar sürdürülebilir bir şekilde yönetilmeli, çölleşme ile mücadele edilmeli ve toprak erozyonu ile biyoçeşitlilik kaybı engellenmeli ve geri kazanılmalıdır.
- 16 *Barış ve Adalet:* Sürdürülebilir kalkınma için barışçıl, kapsayıcı toplumlar oluşturulmalı, herkesin adalet erişimi sağlanmalı ve her alanda hesap verebilir ve kapsayıcı kurumlar oluşturulmalıdır.
- 17 *Ortaklıklar:* Uygulama yöntemleri güçlendirilmeli ve sürdürülebilir kalkınma için küresel ortaklıklar yeniden canlandırılmalıdır. Bu hedeflerden 6 ve 14 numaralı “Temiz Su ve Hijyen” ile “Sürdürülebilir Okyanuslar” doğrudan denizlerin, su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilirliği ile ilgilidir.

14 numaralı hedef “Sürdürülebilir Okyanuslar” başlığı altındaki “Okyanus sağlığını iyileştirmek ve deniz biyo-çeşitliliğinin gelişmekte olan ülkelerin kalkınmasına katkısını artırmak amacıyla, ‘Hükümetler arası Oşinografik Komisyon Kriterleri’ ve

‘Deniz Teknolojisinin Transferi ile İlgili Kılavuz İlkeleri’ göz önünde bulundurarak, özellikle küçük ada ülkeleri ve gelişmekte olan ülkelerde bilimsel bilgiyi artırmak, araştırma kapasitesi geliştirmek ve deniz teknolojisini transfer etmek” şeklindeki 14.A yönergesi denizlerde yapılacak araştırmaların Birleşmiş Milletler nezdindeki önemini vurgulamaktadır.

Mavi Büyüme (Blue Growth), bir bütün olarak deniz ve denizcilik sektörlerinde sürdürülebilir büyümeyi destekleyen uzun vadeli bir stratejidir (Bkz. Şekil 6.2). Denizler ve okyanuslar Avrupa ekonomisinin itici güçleridir, inovasyon ve büyüme için büyük potansiyele sahiptir. Akıllı, sürdürülebilir ve kapsayıcı bir büyüme için Avrupa 2020 stratejisinin hedeflerine ulaşılmasında deniz katkısıdır. Mavi Büyüme hedefleri, sürdürülebilir mavi büyüme potansiyeli yüksek olan beş sektöre odaklanıp bunların daha da geliştirilmesini kapsamaktadır. Bu sektörler aşağıdaki gibidir:



Şekil 6.2 Mavi Büyüme (BLUEMED).

1. *Kıyı ve Deniz Turizmi*: Kıyı turizmi, gemi yolculuğu turizmi, yatçılık.
2. *Denizi Ürünleri Yetiştiriciliği*: Balık çiftlikleri, kabuklu deniz ürünleri, deniz bitkileri.
3. *Yenilenebilir Enerji*: Rüzgar, dalga enerjisi, gelgit enerjisi, biyoyakıt.
4. *Madensel kaynaklar*: Çakıl, kum, çinko, kobalt, bakır.
5. *Biyoteknoloji*: İlaçlar, endüstriyel enzimler.

Mavi ekonomide bilgi, yasal kesinlik ve güvenlik sağlayan temel bileşenler şu şekildedir:

- a) *Deniz Bilgisi*: Denizle ilgili bilgiye erişimi geliştirmek.
- b) *Deniz Mekansal Planlama*: Denizdeki faaliyetlerin etkin ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesini sağlamak.

c) *Entegre Deniz Gözetimi*: Yetkililere denizde olup bitenler hakkında daha iyi bir fikir vermek

Bu temel bileşenlerden anlaşılacağı üzere, denizler hakkında yapılacak araştırmalar, gözlemler ve deniz mekânsal planlamaları, Avrupa Birliği'nin ulaşmayı amaçladığı 2020 hedefleri için büyük bir önem taşımaktadır.

Mavi Akdeniz (BLUEMED) Akdeniz Havzası'ndaki mavi ekonomiyi işbirliği yoluyla geliştirmek için yapılan araştırma ve yenilik girişimidir. Akdeniz ülkelerinin sağlıklı, güvenli ve üretken bir Akdeniz için birlikte çalışması için referans stratejisidir. BLUEMED Girişiminin, yeni "mavi" işlerin yaratılmasına, sosyal refahın artmasına ve denizcilik sektörlerinde sürdürülebilir bir büyümeye BLUEMED Stratejik Araştırma ve Yenilik Gündemi'nin (Strategic Research and Innovation Agenda - SRIA) uygulanması ile katkıda bulunması hedeflenmektedir.

Bu gündemde yer alan maddelerden “Akdeniz’de deniz dinamikleri: İklim değişikliğine ve zararlarının azaltılması hedefine sürdürülebilir adaptasyon için faaliyetlerin geliştirilmesi” altında bulunan “Akdeniz’in deniz dinamiklerinin anlaşılması ve öngörülmesi” hedefinde, 3 temel faaliyetten söz edilmektedir:

1. Yeni ürünlerin geliştirilmesi için Akdeniz’in çevresel koşulları hakkında bilgi sahibi olmak adına uzun dönem gözlemler yapılması ve bunun yardımıyla sayısal modellemeler ve gelecek tahminleri yapılarak göstergeler, eğilimler ve değişimleri hakkında bilgi sağlanması.
2. Deniz ekosistemleri ve kaynakları üzerindeki etkileri bölgeselden yerel ölçeklere kadar değerlendirmek amacıyla Akdeniz ve alt havzalar için ölçek küçültme modellerinin uygulanması.
3. Gelecekteki alternatif sosyoekonomik gelişme yollarının, politika seçeneklerinin, mavi büyüme hedeflerinin insanların doğadan elde ettikleri faydalar ve biyolojik çeşitlilik üzerindeki etkilerine ilişkin iç görüler sağlamak için çevresel değişim senaryolarının uygulanması.

Buradan anlaşılacağı üzere Mavi Akdeniz – BLUEMED girişiminde de denizlerde uzun dönem gözlemlerin de sayısal modellemelerin yapılması konusuna önem verilmektedir.

BÖLÜM YEDİ

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan modelleme çalışmaları kapsamında Menteş, Pasaport ve Güzelbahçe istasyonlarından elde edilen gözlenmiş verilerin en büyük ölçüde kesintisiz olarak kaydedildiği Haziran 2017, Eylül 2017 ve Mart 2018 tarihleri için sonuçlar elde edilmiş ve gözlenmiş verilerle karşılaştırılmıştır.

ERA5'ten elde edilen meteorolojik verilerin hesap bölgesini kapsayacak şekilde eşit aralıklara sahip bir veri ağı yoluyla modele girdi olarak sağlanması ve belirtilen ölçüm istasyonlarının koordinatlarına denk gelen model verilerinin ADCIRC modeli tarafından uzayda ve zamanda enterpolasyona tabi tutulması sonucunda modele yansıyan meteorolojik veriler ile gözlenmiş verilerin karşılaştırılmasında özellikle atmosfer basıncı değerlerinin çok büyük oranda benzeştiği görülmüştür. Rüzgar hızları ise gözle görülür biçimde gözlenmiş verilerle uyumlu olmakla birlikte istatistiksel açıdan atmosfer basıncı verileri kadar yüksek bir uyum oranına sahip değildir. Burada geleceğe yönelik bir çalışma olarak daha uzun dönemi kapsayan, farklı ölçüm istasyonlarında kaydedilen meteorolojik veriler ile ERA5 verilerinin güncel olarak karşılaştırmasının yapılması faydalı olacaktır.

Gelgit parametrelerinin elde edilmesi için kullanılan TPXO-Model Med ve MATLAB aracı olan TMD Tidal Model Driver'dan elde edilen parametrelerin etkisiyle, model sonuçlarının gözlem verileriyle gelgit nedeniyle oluşan deniz seviyesi değişimleri bakımından açıkça gözlemlenen yüksek bir uyum içinde olduğu görülmektedir. Gelecek çalışmalarda daha güncel gelgit modelleri kullanılarak elde edilecek parametreler kullanılarak gerçekleştirilecek simülasyonlar daha doğru sonuçlar verebilecektir.

SRTM15+v2.1 DEM verisi kullanılarak oluşturulan model batimetrisi ADCIRC modelinin gözlenmiş verilerle tutarlı sonuçlar vermesi açısından yeterli olsa da, İzmir Körfezinde ve tüm diğer yerel çalışmalardan elde edilen verilere göre güncellenmiş daha detaylı bir batimetri modelinin OceanMesh2D gibi hesap ağı oluşturma araçları tarafından kolaylıkla kullanılabilecek formatlarla oluşturulması model çalışmalarının sonuçlarının daha doğru ve tutarlı olması bakımından literatüre katkı sağlayacaktır.

Deniz seviyesi değişimleri için gelgit, atmosfer basıncı ve rüzgar etkilerini göz önüne alarak yapılan simülasyonlar sonucunda söz konusu zaman aralıkları için model ve gözlenmiş veriler arasında gözle görülür bir uyum olduğu tespit edilmiş ve istatistiksel yöntemlerle uyumun derecesi ölçülmüştür. Burada Belirlilik Katsayısı bakımından en yüksek uyumun ve Saçılma İndeksi bakımından en düşük saçılma değerlerinin Haziran 2017 tarihi için ve Menteş İstasyonunda gerçekleştiği görülmüştür. Burada meteorolojik etkiler azaldıkça model sonuçlarının gözlenmiş sonuçlara daha çok yaklaştığı görülmüştür. Meteorolojik veri girdi dosyası hazırlanırken kullanılan yöntemler çeşitli olmasına karşın özellikle Türkiye ve İzmir bölgesine özgü modellemede kullanılabilecek modellenmiş alansal meteorolojik veri imkanlarının kısıtlı olması model sonuçlarını etkileyen önemli bir unsurdur. Güvenilir ve ulaşılabilir bölgesel verilerin ve meteorolojik modellerin geliştirilmesi deniz seviyesi ve diğer parametrelerin hesaplanması için yapılacak modelleme çalışmalarına kaynak oluşturması bakımından oldukça önemlidir.

Gelecekte gelgit ve meteorolojik etkilerin hesaba katıldığı barotropik model yürütmelerine ek olarak deniz yoğunluğu, tuzluğu ve sıcaklığının hesaba katıldığı, böylece baroklinik etkilerin göz önüne alındığı model çalışmalarının yapılması faydalı olacaktır. Bununla birlikte dalga etkilerinin göz önüne alındığı, böylece belirgin dalga yüksekliği ve periyodu gibi parametrelerin de belirlendiği, ADCIRC-SWAN eşlenik (coupled) model çalışmalarının yapılması da gelecekte yapılması planlanan çalışmalar arasında yer almaktadır.

Kıyı ve deniz sürdürülebilirliği bakımından deniz ve okyanus modelleri, denizler hakkında daha fazla bilgi sahibi olunması, mevcut durumlarının analiz edilerek oşinografi parametreleri bakımından modellenabilir ve hesaplanabilir hale gelmesi, küresel iklim değişikliği, antropojenik faktörler ve daha birçok etken bakımından risk altında bulunan denizlerle ilgili yapılacak çalışmalara ışık tutması için son derece gerekli ve faydalı araçlardır. Gelecek stratejilerinin belirlenmesi için gerekli olan öngörülerin yapılabilmesi ancak bu çalışmalar yoluyla mümkün olabilmektedir. Ancak bu çalışmaların yeterli olgunluğa ulaşabilmesi için gereken işlem altyapısı, veri ağları ve uzman yetiştirme konuları ancak üniversiteler, devlet kurumları, belediyeler gibi büyük ölçekli kurumların çalışmaları ve hassasiyeti ile mümkündür.

KAYNAKLAR

- Alpar, B., ve Yüce, H. (1996). Sea-level variations in the eastern coasts of the Aegean Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 42(4), 509-521.
- Bank, R. E. (1998). *Pltmg: A software package for solving elliptic partial differential Equations: Users' Guide 8.0*. Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Beşiktepe, Ş., Sayın, E., İlhan, T., ve Tokat, E. (2011). İzmir Körfezi Akıntı Dinamiğinin Model ve Gözlem Yardımıyla İncelenmesi. 7. Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, 21-23 Kasım, Trabzon.
- Caldwell, C. (1991) *Sea Level Data Processing Software on IBM PC Compatible Microcomputers*. TOGA Sea Level Center.
- Çalışır, E., ve Akpınar, A. (2020). ERA5 ve ERA-INTERIM rüzgarları ile çalıştırılan SWAN model sonuçlarının performans analizi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 25(1), 65-80.
- Defant, A. (1961) *Physical Oceanography*, Vol. 2. Pergamon Press, Oxford, 598 pp.
- Dietrich vd. (2013). Some ADCIRC visualizations were produced with FigureGen
- Egbert, G., Bennett, A., Foreman, M.,G. (1994). TOPEX/POSEIDON tides estimated using a global inverse model. *Journal of Geophysical Research*, 99, 24821-24852.
- Egbert, G., D., Erofeeva, S., Y. (2002). "Efficient inverse modeling of barotropic ocean tides." *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* 19.2 (2002): 183-204.
- Erofeeva, S., Y., Padman, L., Howard S., L. (2020). Tide Model Driver (TMD) version 2.5, Toolbox for Matlab
- https://www.github.com/EarthAndSpaceResearch/TMD_Matlab_Toolbox_v2.5
- Eronat, C., ve Sayın, E. (2014). Temporal evolution of the water characteristics in the bays along the eastern coast of the Aegean Sea: Saros, İzmir, and Gökova bays. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 23(1), 53-66.

- Eronat, C. (2017). An overview on İzmir Bay physical oceanography. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(1): 1-9.
- Ferrell, W.E., (1972). Deformation of the Earth by surface loads, *Reviews of Geophysics and Space Physics*, 10:761- 797.
- Foreman, M. G. G. (1977). "Manual for tidal heights analysis and prediction," Pacific Marine Science Report 77-10, Institute of Ocean Sciences, Patricia Bay, Sidney, B.C.
- Hendershott, M.C. (1981). Long Waves and Ocean Tides. In: *Evolution of Physical* Author, F.: Article title. *Journal* 2(5), 99–110 (2016).
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Biavati, G., Horányi, A., Muñoz Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Rozum, I., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Dee, D., Thépaut, J-N. (2023): ERA5 hourly data on single levels from 1940 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS), DOI: 10.24381/cds.adbb2d47
- Ivanov, V. A., Kubryakov, A. I., Shapiro, N. B. (1998). Thermohaline structure and dynamics of waters in the Izmir Bay. *Physical Oceanography*, 9(4), 273-296.
- Kolar, R.L., W.G., Gray, J.J., Westerink, R.A., Luettich, Jr. (1994). Shallow Water Modeling in Spherical Coordinates: Equation Formulation, Numerical Implementation and Application, *Journal of Hydraulic Research*, 32(1):3-24.
- Luettich, R. A., Westerink, J. J., Scheffner, N. W. (1992). "ADCIRC: An advanced three-dimensional circulation model for shelves, coasts, and estuaries; Report 1: Theory and methodology of ADCIRC-2DDI and ADCIRC- 3DL," Technical Report DRP-92-6, Coastal Engineering Research Center, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- Luettich, R., Westerink, J. (2000). ADCIRC: A (parallel) advanced circulation model for oceanic, coastal and estuarine waters. Users manual, Available online at: http://www.marine.unc.edu/C_CATS/adcirc/adcirc.htm

- Mukai, A.Y., Westerink, J. J., Luettich, R. A. (2001). "Guidelines for using Eastcoast 2001 database of tidal constituents within Western North Atlantic Ocean, Gulf of Mexico and Caribbean," Coastal and Hydraulics Engineering Technical Note CHETN-IV-40, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS. <http://chl.wes.army.mil/library/publications/chetn/>
- Pawlowicz, R., (2020). "M_Map: A mapping package for MATLAB", version 1.4m, [Computer software], available online at www.eoas.ubc.ca/~rich/map.html.
- Ray, R.D. (1998). Ocean self-attraction and loading in numerical tidal models, *Marine Geodesy*, 21, 181-192.
- Rathje, E., Dawson, C. Padgett, J.E., Pinelli, J.-P., Stanzione, D., Adair, A., Arduino, P., Brandenburg, S.J., Cockerill, T., Dey, C., Esteva, M., Haan, Jr., F.L., Hanlon, M., Kareem, A., Lowes, L., Mock, S., Mosqueda, G. (2017). "DesignSafe: A New Cyberinfrastructure for Natural Hazards Engineering," *ASCE Natural Hazards Review*, doi:10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000246.
- Reid, R.O. (1990). Waterlevel changes, *Handbook of coastal and ocean engineering*., J. Herbich, ed., Gulf Publishing, Houston, TX.
- Roberts, K. J., Pringle, W. J., Westerink, J. J. (2019). OceanMesh2D 1.0: MATLAB-based software for two-dimensional unstructured mesh generation in coastal ocean modeling, *Geoscientific Model Development*, 12, 1847-1868.
- <https://doi.org/10.5194/gmd-12-1847-2019>.
- Sayın, E. (2003). Physical features of the Izmir Bay. *Continental Shelf Research*, 23(10), 957-970.
- Sayın, E., Pazi, I., ve Eronat, C. (2006). Investigation of water masses in İzmir Bay, western Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 15(3), 343-372.
- Sayın, E., Adaloğlu, S., ve Eronat, C. (2007). The light transmission and seiche depth of Izmir Bay, western Turkey. *Journal of earth system science*, 116, 57-71.

- Sayın, E., ve Eronat, C. (2018). The dynamics of İzmir Bay under the effects of wind and thermohaline forces. *Ocean Science*, 14(2), 285-292.
- Schureman, P. (1958). *Manual of Harmonic Analysis and Prediction of Tides*, Special Publication #98, 1958 Edition with corrections, Coast and Geodetic Survey, U.S. Department of Commerce, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- Schlining, B., Signell, R., Crosby, A., nctoolbox (2009), Github repository, <https://github.com/nctoolbox/nctoolbox>
- Tozer, B., Sandwell, D. T., Smith, W. H. F., Olson, C., Beale, J. R., ve Wessel, P. (2019). Global bathymetry and topography at 15 arc sec: SRTM15+. *Earth and Space Science*. 6. <https://doi.org/10.1029/2019EA000658>
- Tsimplis, M. N., Proctor, R., Flather, R. A. (1995). A two-dimensional tidal model for the Mediterranean Sea, *J. Geophys. Res.*, 100(C8), 16223–16239, (1995).
- Wahr, J.M. (1981). Body Tides on an Elliptical, Rotating, Elastic and Oceanless Earth, *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 64:677-703.
- Wessel, P., ve W. H. F. Smith (1996), A global, self-consistent, hierarchical, high-resolution shoreline database, *J. Geophys. Res.*, 101(B4), 8741–8743, doi:10.1029/96JB00104.
- Yavuzdoğan, A., ve Kayıkçı, E. T. (2021). Ege Denizi'nde makine öğrenimi yöntemleri ile anlık deniz seviyesi değişimlerinin tahmini. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, 8(2), 84-103.

EKLER

EK 1: Oceanmesh2D model parametreleri dosyası

```
clc; clearvars
addpath(genpath('../utilities/'));
addpath(genpath('../datasets/'));
addpath(genpath('../m_map/'));

%% STEP 1: Set mesh extents and set parameters for mesh.
bbox      = [26.479 27.3      % lon_min lon_max
             38.2 39.649]; % lat_min lat_max
min_el     = 15;           % minimum resolution in meters.
max_el     = 1e3;          % maximum resolution in meters.
max_el_ns  = 240;          % maximum resolution nearshore in meters.
dt         = 2;            % Encourage mesh to be stable at a 2 s timestep
grade      = 0.15;         % mesh grade in decimal percent.
R          = 3;            % number of elements to resolve feature width.

%% STEP 2: Specify geographical datasets and process the geographical
data to be used later with other OceanMesh classes.
coastline = 'GSHHS_f_L12';
dem        = 'SRTM15+V2.1.nc';
gdat = geodata('shp',coastline,...
              'dem',dem,...
              'h0',min_el,...
              'bbox',bbox);

%% STEP 3: Create an edge function class. 'max_el_ns',max_el_ns,
fh = edgefx('geodata',gdat,...
           'fs',R,...
           'max_el',max_el,'dt',dt,'g',grade);

%% STEP 4: Pass your edgefx class object along with some meshing
options and build the mesh...
mshopts =
meshgen('ef',fh,'bou',gdat,'plot_on',1,'nscreen',5,'proj','utm');
mshopts = mshopts.build;

%% STEP 5: Plot it and write a triangulation fort.14 compliant file
to disk.
% Get out the msh class and put on bathy and nodestrings
m = mshopts.grd;
m = interp(m,gdat,'mindepth',1); % interpolate bathy to the mesh
with minimum depth of 1 m
m = lim_bathy_slope(m,0.1,0);
m = make_bc(m,'auto',gdat,'distance'); % make the nodestring boundary
conditions with min depth of 5 m on open boundary
plot(m,'type','bd'); % plot triangulation with bcs
plot(m,'type','blog'); % plot bathy on log scale
write(m,'fort.14'); % write to ADCIRC compliant ascii file
```

EK 2: fort.14 girdi dosyasında açık sınır noktaları

1 = Number of open boundaries

30 = Total number of open boundary nodes

30 = Number of nodes for open boundary 1

NODE	LATITUDE	LONGITUDE
23362	38.6477738340	26.5234158531
23851	38.6489971102	26.5236512834
24317	38.6489997847	26.5256851969
24785	38.6489993444	26.5275170094
25255	38.6489989030	26.5294799719
25729	38.6489935532	26.5320466974
26197	38.6489992204	26.5350050980
26657	38.6489994514	26.5382495631
27111	38.6489998679	26.5419083224
27532	38.6490000005	26.5466343179
27933	38.6489999476	26.5560972293
28302	38.6489999396	26.5678546733
28657	38.6489998516	26.5786011534
28998	38.6489998179	26.5917781318
29320	38.6490000011	26.6060242419
29321	38.6489999396	26.6186543926
29637	38.6489999304	26.6311533405
29639	38.6489992652	26.6432747326
29638	38.6489975991	26.6553132188
29636	38.6489976484	26.6677493439
29617	38.6489996406	26.6785784780
29616	38.6489997856	26.6883300317
29296	38.6489999061	26.6967718931
28965	38.6489999104	26.7037984169
28616	38.6489993577	26.7131737882
28257	38.6489995642	26.7182433878
27880	38.6489995146	26.7225679821
27477	38.6489999984	26.7260900151
27051	38.6489994638	26.7290712548
26590	38.6493384855	26.7322791246

EK 3: TMD model girdi dosyası

lat	lon	yy	mm	dd	hh	mi	sec	dt(min)	TSLength
38.6477738340	26.5234158531								
38.6489971102	26.5236512834								
38.6489997847	26.5256851969								
38.6489993444	26.5275170094								
38.6489989030	26.5294799719								
38.6489935532	26.5320466974								
38.6489992204	26.5350050980								
38.6489994514	26.5382495631								
38.6489998679	26.5419083224								
38.6490000005	26.5466343179								
38.6489999476	26.5560972293								
38.6489999396	26.5678546733								
38.6489998516	26.5786011534								
38.6489998179	26.5917781318								
38.6490000011	26.6060242419								
38.6489999396	26.6186543926								
38.6489999304	26.6311533405								
38.6489992652	26.6432747326								
38.6489975991	26.6553132188								
38.6489976484	26.6677493439								
38.6489996406	26.6785784780								
38.6489997856	26.6883300317								
38.6489999061	26.6967718931								
38.6489999104	26.7037984169								
38.6489993577	26.7131737882								
38.6489995642	26.7182433878								
38.6489995146	26.7225679821								
38.6489999984	26.7260900151								
38.6489994638	26.7290712548								
38.6493384855	26.7322791246								

EK 4: TMD model çıktı dosyası

Latitude	Longitude	Parameter	Con	Ampl/MajAxis	Phase(o, GMT)
38.6478	26.5234	z (m)	m2	0.0565	48.25
38.6478	26.5234	z (m)	s2	0.0338	70.13
38.6478	26.5234	z (m)	n2	0.0060	59.57
38.6478	26.5234	z (m)	k2	0.0097	64.10
38.6478	26.5234	z (m)	k1	0.0271	324.27
38.6478	26.5234	z (m)	o1	0.0137	298.81
38.6478	26.5234	z (m)	p1	0.0099	317.59
38.6490	26.5237	z (m)	p1	0.0099	317.59
38.6478	26.5234	z (m)	q1	0.0015	292.94

...

Diğer açık sınır noktalarının koordinatları için devam eder.

EK 5: fort.15 girdi dosyası

```
izmir deneme V20211101      ! UPTO 32 CHARACTER ALPHANUMERIC RUN DESCRIPTION
ADCIRC V45.08               ! UPTO 24 CHARACTER ALPHANUMERIC RUN IDENTIFICATION
1                           ! NFOVER - NONFATAL ERROR OVERRIDE OPTION
1                           ! NABOUT - ABBREVIATED OUTPUT OPTION PARAMETER
100                         ! NSCREEN - OUTPUT TO UNIT 6 PARAMETER
0                           ! IHOT - HOT START OPTION PARAMETER
2                           ! ICS - COORDINATE SYSTEM OPTION PARAMETER
0                           ! IM - MODEL RUN TYPE: 0=2DDI, 1=3DL(VS), 2=3DL(DSS)
2                           ! NOLIBF - NONLINEAR BOTTOM FRICTION OPTION
2                           ! NOLIFA - OPTION TO INCLUDE FINITE AMPLITUDE TERMS
1                           ! NOLICA - OPTION TO INCLUDE CONVECTIVE ACCELERATION TERMS
1                           ! NOLICAT - OPTION TO CONSIDER TIME DERIVATIVE OF CONV ACC TERMS
1                           ! NWP - VARIABLE BOTTOM FRICTION AND LATERAL VISCOSITY OPTION PARAMETER
advection_state
1                           ! NCOR - VARIABLE CORIOLIS IN SPACE OPTION PARAMETER
1                           ! NTIP - TIDAL POTENTIAL OPTION PARAMETER
6                           ! NWS - WIND STRESS AND BAROMETRIC PRESSURE OPTION PARAMETER
1                           ! NRAMP - RAMP FUNCTION OPTION
```

```

9.81          ! G - ACCELERATION DUE TO GRAVITY - DETERMINES UNITS
0.02          ! TAU0 - WEIGHTING FACTOR IN GWCE
2.00          ! DT - TIME STEP (IN SECONDS)
0.00          ! STATIM - STARTING SIMULATION TIME IN DAYS
0.00          ! REFTIME - REFERENCE TIME (IN DAYS) FOR NODAL FACTORS AND EQUILIBRIUM ARGS
7,7,39.5,26.0,0.25,0.25,3600      ! NWLAT,NWLON,WLATMAX,WLONMIN,WLATINC,WLONINC,WTIMINC
30.0          ! RNDAY - TOTAL LENGTH OF SIMULATION (IN DAYS)
1.0           ! DRAMP - DURATION OF RAMP FUNCTION (IN DAYS)
0.35 0.30 0.35      ! TIME WEIGHTING FACTORS FOR THE GWCE EQUATION
0.10 0 0 0.01      ! H0 - MINIMUM CUTOFF DEPTH
26.8895 38.4245     ! SLAM0,SFEA0 - CENTER OF CPP PROJECTION (NOT USED IF
ICS=1, NTIP=0, NCOR=0)
0.0025 1.0 10.0 0.33333      ! FFACTOR, HBREAK, FTHETA, FGAMMA - HYBRID NONLINEAR
                                BOTTOM FRICTION PARAMETERS
25.0           ! ESL - LATERAL EDDY VISCOSITY COEFFICIENT; IGNORED IF NWP =1
0.00010        ! CORI - CORIOLIS PARAMETER - IGNORED IF NCOR = 1
8              ! NTIF - TOTAL NUMBER OF TIDAL POTENTIAL CONSTITUENTS BEING FORCED

```

M2			! ALPHANUMERIC DESCRIPTION
	0.24233400	0.000140518902509	0.693 1.02997 121.35
S2			! ALPHANUMERIC DESCRIPTION
	0.11284100	0.000145444104333	0.693 1.00000 0.000
N2			! ALPHANUMERIC DESCRIPTION
	0.04639800	0.000137879699487	0.693 1.02997 284.51
K2			! ALPHANUMERIC DESCRIPTION
	0.03070400	0.000145842317200	0.693 0.79774 309.32
K1			! ALPHANUMERIC DESCRIPTION
	0.14156500	0.000072921158358	0.736 0.91276 244.24
O1			! ALPHANUMERIC DESCRIPTION
	0.10051400	0.000067597744151	0.695 0.85762 240.35
P1			! ALPHANUMERIC DESCRIPTION
	0.04684300	0.000072522945975	0.706 1.00000 109.65
Q1			! ALPHANUMERIC DESCRIPTION
	0.01925600	0.000064958541130	0.695 0.85762 43.51
8	! NBFR jgf20211101: tidal b.c.s interpolated from		
M2			! ALPHANUMERIC DESCRIPTION
	0.000140518902509	1.02997	121.35
S2			! ALPHANUMERIC DESCRIPTION
	0.000145444104333	1.00000	0.000
N2			! ALPHANUMERIC DESCRIPTION
	0.000137879699487	1.02997	284.51
K2			! ALPHANUMERIC DESCRIPTION
	0.000145842317200	0.79774	309.32
K1			! ALPHANUMERIC DESCRIPTION
	0.000072921158358	0.91276	244.24
O1			! ALPHANUMERIC DESCRIPTION
	0.000067597744151	0.85762	240.35
P1			! ALPHANUMERIC DESCRIPTION
	0.000072522945975	1.00000	109.65
Q1			! ALPHANUMERIC DESCRIPTION
	0.000064958541130	0.85762	43.51
M			! AMPLITUDE AND PHASE (IN
DEGREES) OF HARMONIC FORCING FUNCTION			
	0.0565	48.25	
	0.0565	48.25	
	0.0565	48.25	
	0.0565	48.24	
	0.0565	48.24	
	0.0566	48.24	
	0.0566	48.24	
	0.0566	48.25	
	0.0566	48.25	
	0.0566	48.26	
	0.0566	48.28	
	0.0567	48.30	
	0.0567	48.35	
	0.0567	48.41	

0.0567	48.48
0.0567	48.54
0.0567	48.59
0.0566	48.65
0.0566	48.70
0.0566	48.76
0.0566	48.82
0.0566	48.87
0.0566	48.91
0.0566	48.95
0.0566	49.00
0.0566	49.03
0.0566	49.05
0.0566	49.08
0.0566	49.09
0.0566	49.11

S2 ! AMPLITUDE AND PHASE
(IN DEGREES) OF HARMONIC FORCING FUNCTION

0.0338	70.13
0.0338	70.13
0.0338	70.14
0.0338	70.14
0.0339	70.14
0.0339	70.15
0.0339	70.16
0.0339	70.17
0.0339	70.19
0.0339	70.20
0.0339	70.24
0.0339	70.29
0.0339	70.36
0.0340	70.46
0.0340	70.55
0.0340	70.64
0.0340	70.72
0.0340	70.80
0.0340	70.88
0.0340	70.97
0.0340	71.05
0.0340	71.12
0.0340	71.18
0.0340	71.23
0.0340	71.31
0.0340	71.35
0.0340	71.38
0.0340	71.41
0.0340	71.44
0.0340	71.46

N2 ! AMPLITUDE AND PHASE
(IN DEGREES) OF HARMONIC FORCING FUNCTION

0.0060	59.57
0.0060	59.57
0.0060	59.57
0.0060	59.56
0.0060	59.56
0.0060	59.56
0.0060	59.57
0.0060	59.58
0.0060	59.58
0.0060	59.60
0.0060	59.62
0.0060	59.65
0.0060	59.73
0.0060	59.82
0.0059	59.91
0.0059	59.99
0.0059	60.07
0.0059	60.16
0.0059	60.24
0.0059	60.32
0.0059	60.40
0.0059	60.47
0.0059	60.53
0.0059	60.58
0.0059	60.66
0.0059	60.70
0.0059	60.73
0.0059	60.76
0.0059	60.78
0.0059	60.81

K2 ! AMPLITUDE AND PHASE
(IN DEGREES) OF HARMONIC FORCING FUNCTION

0.0097	64.10
0.0097	64.10
0.0097	64.10
0.0097	64.10
0.0097	64.10
0.0097	64.11
0.0097	64.11
0.0097	64.12
0.0097	64.13
0.0097	64.14
0.0097	64.17
0.0097	64.21
0.0097	64.27
0.0097	64.34
0.0097	64.43

0.0097	64.50
0.0097	64.56
0.0097	64.63
0.0097	64.70
0.0097	64.77
0.0097	64.84
0.0097	64.90
0.0097	64.95
0.0097	64.99
0.0097	65.06
0.0097	65.10
0.0097	65.13
0.0097	65.15
0.0097	65.17
0.0097	65.20

K1 ! AMPLITUDE AND PHASE
(IN DEGREES) OF HARMONIC FORCING FUNCTION

0.0271	324.27
0.0271	324.27
0.0271	324.27
0.0271	324.26
0.0271	324.26
0.0271	324.25
0.0271	324.25
0.0271	324.24
0.0271	324.24
0.0271	324.23
0.0272	324.22
0.0272	324.20
0.0272	324.19
0.0272	324.16
0.0272	324.14
0.0272	324.12
0.0272	324.10
0.0272	324.08
0.0272	324.06
0.0272	324.04
0.0272	324.02
0.0272	324.01
0.0272	324.00
0.0272	323.99
0.0272	323.98
0.0272	323.98
0.0272	323.97
0.0272	323.97
0.0272	323.97
0.0272	323.97

O1 ! AMPLITUDE AND PHASE
(IN DEGREES) OF HARMONIC FORCING FUNCTION

0.0137	298.81
0.0137	298.81
0.0137	298.80
0.0137	298.80
0.0137	298.79
0.0137	298.79
0.0137	298.78
0.0137	298.77
0.0137	298.76
0.0137	298.76
0.0137	298.74
0.0137	298.71
0.0138	298.69
0.0138	298.66
0.0138	298.64
0.0138	298.61
0.0138	298.58
0.0138	298.56
0.0138	298.53
0.0138	298.51
0.0138	298.49
0.0138	298.47
0.0138	298.45
0.0138	298.44
0.0139	298.43
0.0139	298.42
0.0139	298.42
0.0139	298.41
0.0139	298.41
0.0139	298.40

P1 ! AMPLITUDE AND PHASE
(IN DEGREES) OF HARMONIC FORCING FUNCTION

0.0099	317.59
0.0099	317.59
0.0099	317.59
0.0099	317.58
0.0099	317.58
0.0099	317.57
0.0099	317.57
0.0099	317.57
0.0099	317.56
0.0099	317.56
0.0099	317.55
0.0100	317.54
0.0100	317.52
0.0100	317.51
0.0100	317.49
0.0100	317.48
0.0100	317.46

0.0100	317.45
0.0100	317.44
0.0100	317.42
0.0100	317.42
0.0100	317.41
0.0100	317.40
0.0100	317.40
0.0100	317.39
0.0100	317.39
0.0100	317.39
0.0100	317.39
0.0100	317.38
0.0100	317.38

Q1	! AMPLITUDE AND PHASE (IN DEGREES) OF HARMONIC FORCING FUNCTION
----	--

0.0015	292.94
0.0015	292.95
0.0015	292.94
0.0015	292.93
0.0015	292.91
0.0015	292.90
0.0015	292.88
0.0015	292.87
0.0015	292.85
0.0015	292.83
0.0015	292.78
0.0015	292.73
0.0015	292.67
0.0015	292.60
0.0015	292.53
0.0015	292.46
0.0015	292.39
0.0015	292.32
0.0015	292.26
0.0015	292.19
0.0015	292.14
0.0015	292.09
0.0015	292.05
0.0015	292.01
0.0015	291.97
0.0015	291.95
0.0015	291.93
0.0015	291.91
0.0015	291.90
0.0015	291.88

```

110.0                                ! ANGINN : INNER ANGLE THRESHOLD
  1 0.0 30.0 1800                    ! NOUTE,TOUTSE,TOUTFE,NSPOOLE:ELEV STATION OUTPUT
INFO (UNIT 61)
  3                                ! NSTAE - TOTAL NUMBER OF ELEVATION RECORDING
STATIONS
  26.722146  38.429593  MENTES
  27.131667  38.429167  PASAPORT
  26.893289  38.379247  GUZELBAHCE
  1 0.0 30.0 1800                    ! NOUTV,TOUTSV,TOUTFV,NSPOOLV:VEL STATION OUTPUT
INFO (UNIT 62)
  3                                ! NSTAV - TOTAL NUMBER OF VELOCITY RECORDING
STATIONS
  26.722146  38.429593  MENTES
  27.131667  38.429167  PASAPORT
  26.893289  38.379247  GUZELBAHCE
  1 0.0 30.0 1800                    ! NOUTM,TOUTSM,TOUTFM,NSPOOLM:METEO STATION OUTPUT
INFO (UNITS 71/72)
  3                                ! NSTAM - TOTAL NUMBER OF METEO RECORDING STATIONS
  26.722146  38.429593  MENTES
  27.131667  38.429167  PASAPORT
  26.893289  38.379247  GUZELBAHCE
  1 0.0 30.0 1800                    ! NOUTGE,TOUTSGE,TOUTFGE,NSPOOLGE : GLOBAL
ELEVATION OUTPUT INFO (UNIT 63)
  1 0.0 30.0 1800                    ! NOUTGV,TOUTSGV,TOUTFGV,NSPOOLGV : GLOBAL VELOCITY
OUTPUT INFO (UNIT 64)
  1 0.0 30.0 1800                    ! NOUTGW,TOUTSGW,TOUTFGW,NSPOOLGW : GLOBAL WIND
OUTPUT INFO
  8                                ! NHARF - NUMBER OF FREQUENCIES IN HARMONIC ANALYSIS
M2                                ! ALPHANUMERIC DESCRIPTION
  0.000140518902509  1.02997  121.35

```

S2			! ALPHANUMERIC DESCRIPTION
0.000145444104333	1.00000	0.000	
N2			! ALPHANUMERIC DESCRIPTION
0.000137879699487	1.02997	284.51	
K2			! ALPHANUMERIC DESCRIPTION
0.000145842317200	0.79774	309.32	
K1			! ALPHANUMERIC DESCRIPTION
0.000072921158358	0.91276	244.24	
O1			! ALPHANUMERIC DESCRIPTION
0.000067597744151	0.85762	240.35	
P1			! ALPHANUMERIC DESCRIPTION
0.000072522945975	1.00000	109.65	
Q1			! ALPHANUMERIC DESCRIPTION
0.000064958541130	0.85762	43.51	
0.0 30.0 1800 0.1			! THAS,THAF,NHAINC,FMV - HARMONIC ANALYSIS
PARAMETERS			
1 1 1 1			! NHASE,NHASV,NHAGE,NHAGV - CONTROL HARMONIC
ANALYSIS AND OUTPUT TO UNITS 51,52,53,54			
1 36000			! NHSTAR,NHSINC - HOT START FILE GENERATION
PARAMETERS			
1 0 1.0E-10 25			! ITITER, ISLDIA, CONVCR, ITMAX - ALGEBRAIC
SOLUTION PARAMETERS			

EK 6: fort.13 girdi dosyası

Spatial attributes

41265

1

advection_state

m

1

1.0

advection_state

36

28616 100.0

28257 100.0

27880 100.0

27477 100.0

27051 100.0

26590 100.0

26128 100.0

26591 100.0

27052 100.0

27478 100.0

27881 100.0

28528 100.0

25656 100.0

26129 100.0

26592 100.0

27053 100.0

27479 100.0

27882 100.0

28529 100.0

28619 100.0

25655 100.0

26130 100.0

26593 100.0

27054 100.0

27480 100.0

27883 100.0

28260 100.0

28620 100.0

28621 100.0

28261 100.0

27884 100.0

27481 100.0

27055 100.0

26594 100.0

26131 100.0

25657 100.0

EK 7: CCMAKE ile ADCIRC model kurulumu

```
DOB@DOB-Bilgisayar /cygdrive/f/DOKTORA
$ cd adcirc_v53release_v53.04
```

```
DOB@DOB-Bilgisayar /cygdrive/f/DOKTORA/adcirc_v53release_v53.04
$ ls
BUILD.md          LICENSE.md        changelog         header.F          scripts          util              work
CMakeLists.txt    README.md         cmake             metis             src              version.F
KDTREE2           autotest          doc               prep              swan             wind
```

```
DOB@DOB-Bilgisayar /cygdrive/f/DOKTORA/adcirc_v53release_v53.04
$ mkdir build
```

```
DOB@DOB-Bilgisayar /cygdrive/f/DOKTORA/adcirc_v53release_v53.04
$ cd build/
```

```
DOB@DOB-Bilgisayar /cygdrive/f/DOKTORA/adcirc_v53release_v53.04/build
$ cmake ..
```

```
EMPTY CACHE:
Keys: [enter] Edit an entry [d] Delete an entry CMake Version
3.20.0
```

```
[l] Show log output [c] Configure
[h] Help [q] Quit without generating
[t] Toggle advanced mode (currently off)
```

```
ADDITIONAL_FLAGS_ADCIRC *
ADDITIONAL_FLAGS_ADCPREP *
ADDITIONAL_FLAGS_ASWIP *
ADDITIONAL_FLAGS_SWAN *
ADDITIONAL_FLAGS_UTILITIES *
BUILD_ADCIRC *ON
BUILD_ADCSWAN *ON
BUILD_ASWIP *ON
BUILD_SWAN *ON
BUILD_UTILITIES *ON
CMAKE_BUILD_TYPE *Release
CMAKE_CXX_COMPILER */usr/bin/c++.exe
CMAKE_CXX_FLAGS_DEBUG *-g
CMAKE_CXX_FLAGS_RELEASE *-O3 -DNDEBUG
CMAKE_C_COMPILER */usr/bin/cc
CMAKE_C_FLAGS_DEBUG *-g
CMAKE_C_FLAGS_RELEASE *-O3 -DNDEBUG
CMAKE_Fortran_COMPILER */usr/bin/gfortran.exe
CMAKE_Fortran_FLAGS_DEBUG *-g
CMAKE_Fortran_FLAGS_RELEASE *-O3 -DNDEBUG -O3
CMAKE_INSTALL_PREFIX */adcirc_v53releasev53.04/bin
DEBUG_ALL_TRACE *OFF
DEBUG_FLUSH_MESSAGES *OFF
DEBUG_FULL_STACK *OFF
DEBUG_LOG_LEVEL *OFF
ENABLE_OUTPUT_NETCDF *ON
ENABLE_WARN_ELEV_DEBUG *OFF
Fortran_COMPILER_SPECIFIC_FLAG *-mcmodel=medium
Fortran_LINELENGTH_FLAG *-ffixed-line-length-none
PERL */usr/bin/perl.exe
```

```
CMAKE_INSTALL_PREFIX: Install path prefix, prepended onto install
directories.
```

```
Keys: [enter] Edit an entry [d] Delete an entry CMake
Version 3.20.0
[l] Show log output [c] Configure [g] Generate
[h] Help [q] Quit without generating
[t] Toggle advanced mode (currently off)
```

EK 8: ADCIRC model çalışması

DOB@DOB-Bilgisayar
/cygdrive/e/DOKTORA/adcircexamples/izmirdeneme/02022020_1/deneme

```
$ ./adcirc.exe  
INFO: The ROOTDIR is '.'.  
INFO: The INPUTDIR is '.'.  
INFO: The GBLINPUTDIR is '.'.  
INFO: The GLOBALDIR is '.'.  
INFO: The LOCALDIR is '.'.
```

PROGRAM ADCIRC VERSION v53.04

AN ADVANCED CIRCULATION MODEL FOR SHELVES, COASTAL SEAS AND ESTUARIES

- DEVELOPED BY

R.A. LUETTICH, JR
UNIVERSITY OF NORTH CAROLINA AT CHAPEL HILL
INSTITUTE OF MARINE SCIENCES

J.J. WESTERINK
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING AND GEOLOGICAL SCIENCES
UNIVERSITY OF NOTRE DAME

- THE ADCIRC SOURCE CODE IS COPYRIGHTED BY

R.A. LUETTICH, JR. AND J.J. WESTERINK, 1994-2006

NO PART OF THIS CODE MAY BE REPRODUCED OR REDISTRIBUTED
WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF THE AUTHORS

INFO: initializeMesh: THE NEIGHBOR TABLE IS BEING COMPUTED.
INFO: initializeMesh: THE NEIGHBOR TABLE IS COMPLETED. THE MINIMUM NUMBER OF
NEIGHBORS FOR ANY NODE = 3. 1+THE MAXIMUM NUMBER OF NEIGHBORS FOR ANY NODE = 9. THE
PARAMETER MNEI CAN BE SET AS SMALL AS 9.
ADCIRC Version| is v53.04

LIMITED RUNTIME INFORMATION SECTION

```
INFO: ADCIRC_Run: Begin timestepping.  
TIME STEP = 1 ITERATIONS = 20 TIME = 0.60000000E+01  
ELMAX = -1.2947E-002 AT NODE 13277 SPEEDMAX = 7.0961E-004 AT NODE  
11941  
TIME STEP = 2 ITERATIONS = 25 TIME = 0.12000000E+02  
ELMAX = -1.2923E-002 AT NODE 13277 SPEEDMAX = 2.0960E-003 AT NODE  
11941  
TIME STEP = 3 ITERATIONS = 22 TIME = 0.18000000E+02  
ELMAX = -1.2898E-002 AT NODE 13277 SPEEDMAX = 3.3891E-003 AT NODE  
11941  
TIME STEP = 4 ITERATIONS = 22 TIME = 0.24000000E+02  
ELMAX = -1.2874E-002 AT NODE 13277 SPEEDMAX = 4.5406E-003 AT NODE  
11941  
TIME STEP = 5 ITERATIONS = 22 TIME = 0.30000000E+02  
ELMAX = -1.2849E-002 AT NODE 13277 SPEEDMAX = 5.5191E-003 AT NODE  
11941  
...
```

EK 9: FigureGen Fortran kodu hata ayıklaması

FIGUREGEN v51 ÇÖZÜM

```
DOB@DOB-Bilgisayar
/cygdrive/e/DOKTORA/FigureGen49F90/FG49_01_Files_izmirndeneme
$ ./FigureGenPS2.out -I i2.inp
```

```
-----
FigureGen 51                2012/10/08
```

```
This program reads raw ADCIRC files
and uses GMT to generate a figure with
contours and vectors plotted within a
specified lat/lon box.
-----
```

```
WARNING: Contour range superseded by contours specified in
TopoBlueGreen3.txt.
WARNING: Record information ignored at end of input file; one record will
be generated from grid file.
Core 0000 read the input file.
```

PRE-PROCESSING:

```
Core 0000 processed the grid file.
Core 0000 created the contour palettes.
```

GENERATING IMAGES:

```
Core 0000 started record 0001.
Core 0000 wrote the XYZ files for record 0001.
Core 0000 wrote the filled contours for record 0001.
Core 0000 wrote the contour lines for record 0001.
Core 0000 wrote the scale for record 0001.
Core 0000 wrote the coastline for record 0001.
Core 0000 wrote the plot label for record 0001.
Core 0000 created the raster images for record 0001.
Core 0000 completed record 0001.
```

-Ghostscript sorununa asıl neden olan şeyin; CALL SYSTEM grep -v ile başlayan kısmın, .ps uzantılı dosyanın son satırına eklediği Binary ile başlayan bölüm nedeniyle olduğunu tespit ettim. Bu nedenle kodun içinde iki bölümde bulunan grep -v kısımlarını comment (!) haline getirerek pasifleştirdim. mv ile başlayan bölümleri de comment içine alarak mv cannot ... ile başlayan hatayı da çözdüm. böylece hata vermeden resim dosyaları oluşturulmaya başladı. Coastline ekleme seçeneğinin verdiği hatalar ve gidermek için aşağıdaki düzeltmeler yapıldı:

```
*pscoast: pscoast: Pen name p not recognized!
Bu hatanın giderilmesi için p değerinin başına sabit 0.50 değeri girildi.
(Aşağıdaki 2 nolu düzeltmede mevcut).
```

```
*pscoast: Could not find file [GSHHG full resolution shoreline]
pscoast: No GSHHG databases available - must abort
Bu hatanın giderilmesi için GMT_SHAREDİR klasörü olan E:\DOKTORA\gmt\gmt-4.5.18\share içinde "coast" adlı bir klasör oluşturularak içine "gshhg-gmt-2.3.7" klasörü içindeki veriler kopyalandı.
(http://gmt.soest.hawaii.edu/doc/5.3.2/pscoast.html linkindeki yol izlenmiştir).
```

kullanılan konfigürasyon:

```
*CYGWIN64 ile
*GMT 4.5.18 (kaynak kodundan make ile derlendi).
*Ghostscript 9.53.3 (kaynak kodundan make ile derlendi).
*Figuregen Z (Design Safe - Figuregen Docker sayfasından indirilen kod)
*Bilgisayarım/özellikler/gelişmiş sistem ayarları/ortam değişkenleri
içerisine aşağıdaki eklemeler yapıldı:
```

```
Değişken adı :GMT
Değişken Değeri :E:\DOKTORA\gmt\gmt-4.5.18\bin
```

```

Değişken adı :GMT4_SHAREDİR
Değişken Değeri :E:\DOKTORA\gmt\gmt-4.5.18\share

Path :E:\DOKTORA\gs\ghostscript-9.53.3\bin;E:\DOKTORA\gmt\gmt-4.5.18\bin;

*Burada Figuregen içinde yapılan düzeltmelerin tam listesi şu şekildedir:

1)Satır:6496
SUBROUTINE RemoveIfExists(Ext,Length)

IMPLICIT NONE

INTRINSIC :: LEN
INTRINSIC :: LEN_TRIM
INTRINSIC :: TRIM

!6515. satırdaki bölümle yer değiştirdi.

INTEGER :: DirLength
INTEGER :: ExtLen
INTEGER :: I
INTEGER :: J
INTEGER :: Length
INTEGER :: LineLength
INTEGER :: NameBegin
INTEGER :: NameEnd
INTEGER :: NumFiles
INTEGER :: NumFound

!6504. satırdaki bölümle yer değiştirdi.

CHARACTER(LEN=1000),ALLOCATABLE :: DirList(:)
CHARACTER(LEN=Length) :: Ext
CHARACTER(LEN=10) :: Extension
CHARACTER(LEN=120),ALLOCATABLE :: FilesList(:)
CHARACTER(LEN=1) :: JunkC

2)Satır: 7384

Line = TRIM(Line)//" //" -w" //"0.50p"//TRIM(CoastlineColor)

!Line = TRIM(Line)//" //" -
w"//TRIM(CoastlineThickness)//"p"//TRIM(CoastlineColor)

3)Satır: 8090

! CALL SYSTEM("grep -v showpage //"TRIM(PlotName)//".ps | sed -e //" &
! "'s/scale 0 A/scale 0 A showpage/g' > //"TRIM(TempPath)// &
! TRIM(PlotName)//".ps")

4)Satır: 8116

! IF(KeepOpen(2).EQ.1)THEN
! CALL SYSTEM("grep -v showpage //"TRIM(PlotName)//".ps | sed -e //" &
! "'s/scale 0 A/scale 0 A showpage/g' > //"TRIM(TempPath)// &
! TRIM(PlotName)//".ps")
! CALL SYSTEM("mv //"TRIM(TempPath)//TRIM(PlotName)//".ps //" &
! TRIM(PlotName)//".ps")
! ENDIF

```

EK 10: CDSAPI ile ERA5 verisi için Python kodu

```
import cdsapi

c = cdsapi.Client()

c.retrieve(
    'reanalysis-era5-single-levels',
    {
        'product_type': 'reanalysis',
        'format': 'netcdf',
        'variable': [
            '10m_u_component_of_wind',
            '10m_v_component_of_wind', 'mean_sea_level_pressure',
        ],
        'year': '2017',
        'month': '09',
        'day': [
            '01', '02', '03',
            '04', '05', '06',
            '07', '08', '09',
            '10', '11', '12',
            '13', '14', '15',
            '16', '17', '18',
            '19', '20', '21',
            '22', '23', '24',
            '25', '26', '27',
            '28', '29', '30',
        ],
        'time': [
            '00:00', '01:00', '02:00',
            '03:00', '04:00', '05:00',
            '06:00', '07:00', '08:00',
            '09:00', '10:00', '11:00',
            '12:00', '13:00', '14:00',
            '15:00', '16:00', '17:00',
            '18:00', '19:00', '20:00',
            '21:00', '22:00', '23:00',
        ],
        'area': [
            39.5, 26, 38,
            27.5,
        ],
    },
    'September_2017.nc')
```

EK 11: ERA5 verisi NETCDF özellikleri

```
$ ncdump -h era5hourly_01_30_September2017.nc
netcdf era5hourly_01_30_September2017 {
dimensions:
    longitude = 7 ;
    latitude = 7 ;
    time = 720 ;
variables:
    float longitude(longitude) ;
        longitude:units = "degrees_east" ;
        longitude:long_name = "longitude" ;
    float latitude(latitude) ;
        latitude:units = "degrees_north" ;
        latitude:long_name = "latitude" ;
    int time(time) ;
        time:units = "hours since 1900-01-01 00:00:00.0" ;
        time:long_name = "time" ;
        time:calendar = "gregorian" ;
    short u10(time, latitude, longitude) ;
        u10:scale_factor = 0.000257750897642338 ;
        u10:add_offset = -0.0416861874605399 ;
        u10:_FillValue = -32767s ;
        u10:missing_value = -32767s ;
        u10:units = "m s**-1" ;
        u10:long_name = "10 metre U wind component" ;
    short v10(time, latitude, longitude) ;
        v10:scale_factor = 0.00033189292363914 ;
        v10:add_offset = -1.66932488200869 ;
        v10:_FillValue = -32767s ;
        v10:missing_value = -32767s ;
        v10:units = "m s**-1" ;
        v10:long_name = "10 metre V wind component" ;
    short msl(time, latitude, longitude) ;
        msl:scale_factor = 0.0222759907222315 ;
        msl:add_offset = 101338.082612005 ;
        msl:_FillValue = -32767s ;
        msl:missing_value = -32767s ;
        msl:units = "Pa" ;
        msl:long_name = "Mean sea level pressure" ;
        msl:standard_name = "air_pressure_at_mean_sea_level" ;

// global attributes:
    :Conventions = "CF-1.6" ;
    :history = "2023-08-27 21:52:13 GMT by grib_to_netcdf-
2.25.1: /opt/ecmwf/mars-client/bin/grib_to_netcdf.bin -S param -o
/cache/data2/adaptor.mars.internal-1693173129.8499105-15288-10-5823c567-
5de6-4489-9c7f-81e91e3a5c71.nc /cache/tmp/5823c567-5de6-4489-9c7f-
81e91e3a5c71-adaptor.mars.internal-1693173062.4683726-15288-16-tmp.grib" ;
}
```

EK 12: ERA5 verisi ile fort.22 girdi dosyası hazırlayan Python kodu

```
import glob
from netCDF4 import Dataset
import pandas as pd
import numpy as np

# Empty dataframe to unite all dataframes at the end of the code
df1 = pd.DataFrame()

# Record all the years of the netCDF files into a Python list
all_years = []

for file in glob.glob('*.nc'):
    print(file)
    data = Dataset(file, 'r')
    time = data.variables['time']
    year = time.units[12:16]
    all_years.append(year)

# Creating an empty Pandas DataFrame covering the whole range of data
year_start = min(all_years)
end_year = max(all_years)
date_range = pd.date_range(start = str(year_start) + '-09-01',
                           end = str(end_year) + '-09-30',
                           freq = 'H')
df = pd.DataFrame(0.0, columns = ['Name','u10','v10','msl'], index =
date_range)
#df = pd.DataFrame(0.0, columns = ['u10','v10','sp'], index = date_range)

# Defining the location, lat, lon based on the csv data
coordinates = pd.read_csv('NWS6_indeks.csv')

for index, row in coordinates.iterrows():
    location = row['Name']
    location_longitude = row['Longitude']
    location_latitude = row['Latitude']

# Sorting the all_years python list
all_years.sort()

for yr in all_years:
    # Reading-in the data
    data = Dataset(str(yr)+''.nc', 'r')

    # Storing the lat and lon data of the netCDF file into variables
    lon = data.variables['longitude'][:]
    lat = data.variables['latitude'][:]

    # Squared difference between the specified lat,lon and the lat,lon
    of the netCDF
    sq_diff_lon = (lon - location_longitude)**2
    sq_diff_lat = (lat - location_latitude)**2
```

```

# Identify the index of the min value for lat and lon
min_index_lon = sq_diff_lon.argmin()
min_index_lat = sq_diff_lat.argmin()

# Accessing the u10, v10, sp data
u10vel = data.variables['u10']
v10vel = data.variables['v10']
mslpressure = data.variables['msl']

# Creating the date range for each year during each iteration
start = str(yr) + '-09-01'
end = str(yr) + '-09-30'
d_range = pd.date_range(start = start,
                        end = end,
                        freq = 'H')

for t_index in np.arange(0, len(d_range)):
    print('Recording the value for: ' + str(d_range[t_index]))
    df.loc[d_range[t_index]]['Name'] = location
    df.loc[d_range[t_index]]['u10'] = u10vel[t_index,
min_index_lat, min_index_lon]
    df.loc[d_range[t_index]]['v10'] = v10vel[t_index,
min_index_lat, min_index_lon]
    df.loc[d_range[t_index]]['msl'] = mslpressure[t_index,
min_index_lat, min_index_lon]

#df['msl'] /= 9806.65 #pressure unit change Pa to H2O column in meters
df1 = pd.concat([df1, df])

#Create a column named "index1" that takes values from index (which is a
datetime object) and make its values String by trimming special characters
(numbers only).
df1['index1'] = df1.index.format(formatter=lambda x:
int(x.strftime('%Y%m%d%H%M'))))

#Turn values of "index1" from String to int64 by considering NaN values.
df1["index1"] = pd.to_numeric(df1["index1"], errors='coerce').fillna(0,
downcast='infer')

#Just a little remainder, don't forget to assign the sorted df back.
df1 = df1.sort_values(by=['index1', 'Name'])

#'Name' values are float and we need them integer for ADCIRC model input
(Not 1.0 but 1).
df1 = df1.astype({'Name': 'int'})

df1.to_csv('NWS6_01_30_September2017.csv', columns=['u10', 'v10', 'msl'],
index = False , header = False)
#df1.to_csv('NWS6_01_30_September2017.csv',
columns=['Name', 'u10', 'v10', 'msl'])

```

EK 13: NWS6_index.csv dosyası

“NWS6_indeks.csv”

Name,Longitude,Latitude

1,26.00,39.50
2,26.25,39.50
3,26.50,39.50
4,26.75,39.50
5,27.00,39.50
6,27.25,39.50
7,27.50,39.50
8,26.00,39.25
9,26.25,39.25
10,26.50,39.25
11,26.75,39.25
12,27.00,39.25
13,27.25,39.25
14,27.50,39.25
15,26.00,39.00
16,26.25,39.00
17,26.50,39.00
18,26.75,39.00
19,27.00,39.00
20,27.25,39.00
21,27.50,39.00
22,26.00,38.75
23,26.25,38.75
24,26.50,38.75
25,26.75,38.75
26,27.00,38.75
27,27.25,38.75
28,27.50,38.75
29,26.00,38.50
30,26.25,38.50
31,26.50,38.50
32,26.75,38.50
33,27.00,38.50
34,27.25,38.50
35,27.50,38.50
36,26.00,38.25
37,26.25,38.25
38,26.50,38.25
39,26.75,38.25
40,27.00,38.25
41,27.25,38.25
42,27.50,38.25
43,26.00,38.00
44,26.25,38.00
45,26.50,38.00
46,26.75,38.00
47,27.00,38.00
48,27.25,38.00
49,27.50,38.00