

**DOKUZ EYLUL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOĞU AKDENİZ TAŞINIMININ**  
**EGE DENİZİ'NE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

**Erdal TOKAT**

**Nisan, 2013**  
**İZMİR**

# **DOĞU AKDENİZ TAŞINIMININ EGE DENİZİ'NE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Doktora Tezi**

**Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, Kıyı Mühendisliği Programı**

**Erdal TOKAT**

**Nisan, 2013**

**İZMİR**

## DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

**Erdal TOKAT**, tarafından **Doç. Dr. Erdem SAYIN** yönetiminde hazırlanan **DOĞU AKDENİZ TAŞINIMININ EGE DENİZİ'NE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Erdem SAYIN

Yönetici

Prof. Dr. Şükrü Tuğran BEŞİKTEPE

Prof. Dr. Baha BÜYÜKİŞİK

Tez İzleme Komitesi Üyesi

Tez İzleme Komitesi Üyesi

Jüri Üyesi

Jüri Üyesi

Prof.Dr. Ayşe OKUR

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

## TEŞEKKÜR

Her şeyden önce, bana her türlü desteği veren aileme teşekkür etmek istiyorum. Bu çalışma boyunca bana yol gösteren danışmanım Doç. Dr. Edem SAYIN'a teşekkür ederim. Tüm çalışma süresince beni destekleyen Prof. Dr. Şükrü Turan BEŞİKTEPE ve Prof. Dr. Baha BÜYÜKİŞİK hocalarıma teşekkür ederim. Tüm analizlerde kullandığım Visual FoxPro programlama dilini öğrenmemi sağlayan Çetin BAŞÖZ'e teşekkür ederim. Son olarak bana yardımcı olan tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Erdal TOKAT

# DOĞU AKDENİZ TAŞINIMININ EGE DENİZİ'NE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

## ÖZ

Çalışma, Doğu Akdeniz Taşınımının (Eastern Mediterranean Transient, EMT), Ege Denizi'ne olan etkilerini uzun süreli meteorolojik ve oşinografik veriler kullanarak ortaya koymayı amaçlamaktadır. EMT süreci, birçok farklı kaynaktan elde edilen veriler kullanılarak incelenmiştir. Atmosferik etkileri araştırmak amacıyla, Devlet Meteoroloji İşleri'nden uzun süreli rüzgar yönü ve şiddeti, atmosfer basıncı, hava sıcaklığı, yağış, buharlaşma, yüzey suyu sıcaklığı ve deniz suyu sıcaklığı verileri temin edilmiştir. Uzun dönemli CTD değişimleri Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü (DBTE) ve Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi 'den (SHOD) elde edilen veriler kullanılarak araştırılmıştır. Yüzey suyu sıcaklığının zamana ve mekana bağlı değişimleri AVHRR Pathfinder beşinci sürüm uydu verileri kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmada, eldeki veriler doğrultusunca uzun dönemli mevsimsel değişimler EMT süreci göz önüne alınarak incelenmektedir. Ayrıca, NAOI ve NCPI aracılığı ile uzun dönemli meteorolojik olayların etkileri incelenmektedir. Sonuç olarak çalışma, Doğu Akdeniz Taşınımının Ege Denizi'ne olan etkilerinin araştırılmasının yanında, Ege Denizi genel su hareketliliğini, Ege Denizi'nin diğer havzalar ile ilişkilerini ve Ege Denizi'ndeki atmosfer deniz etkileşimleri üzerine bir araştırma ortaya koymayı amaçlamaktadır. Birçok farklı sürecin etkin olduğu EMT sürecinde, hava sıcaklıklarında görülen düşüşün ve yağış değişimlerinin etkinliği görülmektedir. Kış dönemi hava sıcaklığı ve NCPI arasında yüksek korelasyon değerleri bulunmaktadır. CTD analizleri Saros ve Gökçeada bölgelerinde, su kolonundaki yoğunluk seviyelerindeki artışların sıcaklık düşüşlerine bağlı olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Ege Denizi, doğu akdeniz taşınımı, yüzey suyu sıcaklığı, AVHRR

# **THE INFLUENCE OF THE EASTERN MEDITERRANEAN TRANSIENT IN THE AEGEAN SEA**

## **ABSTRACT**

This study, by using long term meteorological and oceanographic data, aims to display the effects of the Eastern Mediterranean Transient (EMT) on the Aegean Sea. The EMT process has been analyzed by using data derived from various sources. In order to ascertain the atmospheric effects, long term wind direction and force, atmospheric pressure, air temperature, precipitation, evaporation, surface water temperature and sea water temperature data have been obtained from the Turkish State Meteorological Service. The long term CTD changes have been ascertained with data acquired from the Institute of Marine Sciences and Technology and the Office of Navigation, Hydrography and Oceanography. The changes in the surface water temperature based on time and location have been analyzed by using AVHRR Pathfinder version five data. In the study, in accordance with the data on hand, the long term seasonal changes are analyzed by considering the EMT process. Also, through the North Atlantic Oscillation and the North Sea Caspian Patter indexes, the effects of the long term meteorological events are observed. In conclusion, the study, aside from analyzing the effects of the East Mediterranean movement on the Aegean Sea, aims to put forth an inquiry on the overall water movement of the Aegean Sea, the relation of the Aegean Sea to the other basins and on the atmosphere sea interactions in the Aegean Sea. During the EMT process, where a lot of different processes are effective, the effects of observed fall of air temperatures and precipitation changes can be seen. High correlation values can be found between the winter time air temperature and NCPI. The CTD analysis shows that the increase in the density levels of the water column in the Saros and Gokceada regions are in relation to the fall of the temperatures.

**Keywords:** Aegean Sea, Eastern Mediterranean Transient, sea surface temperature, AVHRR

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	x
<b>BÖLÜM - BİR GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>BÖLÜM İKİ - MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>5</b>
2.1 Meteorolojik Veriler	5
2.2 Yüzey Suyu Sıcaklık (SST) Verileri.....	6
2.3 CTD Verileri.....	7
2.4 Çalışma Alanı ve Genel Özellikleri.....	8
2.4.1 Ege Denizi Genel Özellikleri.....	10
2.4.2 Ege Denizi'nde Etkin Olan Su Tipleri.....	13
<b>BÖLÜM ÜÇ - METEOROLOJİK VERİLERE AİT ZAMAN</b>	
<b>SERİLERİ.....</b>	<b>15</b>
3.1 Hava Sıcaklıklarının Yıllara ve Mevsimlere Bağlı Değişimleri.....	15
3.2 Yıllara ve Mevsimlere Bağlı Toplam Yağış Değişimleri.....	17
3.3 Atmosferik Basıncın Yıllara ve Mevsimlere Bağlı Değişimleri.....	18
3.4 Deniz Suyu Sıcaklıklarının Mevsimlere Bağlı Değişimleri.....	19
3.5 Açık Yüzey Buharlaşmasının Mevsimlere Bağlı Değişimleri.....	22
3.6 Rüzgar Stresi ve Rüzgar Yönünün Mevsimlere Bağlı Değişimleri.....	24
3.6.1 Rüzgar Stresinin Mevsimlere Bağlı Değişimleri.....	24
3.6.2 Rüzgar Yönlerinin Mevsimlere Bağlı Değişimleri.....	27

<b>BÖLÜM DÖRT – EGE DENİZİ UZUN DÖNEMLİ YÜZEY SUYU SICAKLIK (SST) DEĞİŞİMLERİ.....</b>	<b>34</b>
4.1 Ege Denizi İklimsel SST Yapıları.....	34
4.1.1 Kış Dönemi.....	35
4.1.2 Bahar Dönemi.....	36
4.1.3 Yaz Dönemi.....	39
4.1.4 Güz Dönemi.....	39
4.2 Kış ve Yaz Dönemi SST Anomali Dağılımları.....	42
4.2.1 Kış Dönemi.....	42
4.2.2 Yaz Dönemi.....	47
4.3 Alt Bölgelere Ait SST Değerlerinin Mevsimlere Bağlı Değişimleri	52
<b>BÖLÜM BEŞ – CTD VERİLERİNE AİT ZAMAN SERİLERİ.....</b>	<b>57</b>
<b>BÖLÜM ALTI – SONUÇLAR.....</b>	<b>65</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>70</b>



## ŞEKİLLER LİSTESİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1 Çalışma Alanı, meteoroloji istasyon konumları ve SST alt bölge konumları.....	9
Şekil 2.2 Ege Denizi dip yapısı ve önemli havzalar.....	10
Şekil 3.1 12 istasyona ait mevsimsel ve yıllık hava sıcaklığı anomalileri.....	16
Şekil 3.2 Yıllık ve mevsimsel toplam yağış anomalileri.....	18
Şekil 3.3 Yıllara ve mevsimlere bağlı atmosferik basınç anomalileri.....	19
Şekil 3.4 İzmir ve Dikili mevsimsel deniz suyu sıcaklık anomalileri.....	20
Şekil 3.5 Bodrum ve Kuşadası mevsimsel deniz suyu sıcaklık anomalileri.....	21
Şekil 3.6 Nisan, Mayıs dönemi buharlaşma anomalileri.....	22
Şekil 3.7 Yaz dönemi buharlaşma anomalileri.....	23
Şekil 3.8 Eylül, Ekim dönemi buharlaşma anomalileri.....	23
Şekil 3.9 Bodrum istasyonu kış dönemi buharlaşma anomalisi.....	24
Şekil 3.10 Kış dönemi rüzgar stresi anomalileri ( $N/m^2$ ).....	25
Şekil 3.11 Bahar dönemi rüzgar stresi anomalileri ( $N/m^2$ ).....	26
Şekil 3.12 Yaz dönemi rüzgar stresi anomalileri ( $N/m^2$ ).....	27
Şekil 3.13 Güz dönemi rüzgar stresi anomalileri ( $N/m^2$ ).....	27
Şekil 3.14 Gökçeada ve Çanakkale istasyonları kış ve yaz dönemi rüzgar yönlerinin 1976-2010 yılları arasındaki değişimleri.....	30
Şekil 3.15 Çeşme ve Kuşadası istasyonları kış ve yaz dönemi rüzgar yönlerinin 1976-2010 yılları arasındaki değişimleri.....	31
Şekil 3.16 Edremit ve Ayvalık istasyonları kış ve yaz dönemi rüzgar yönlerinin 1976-2010 yılları arasındaki değişimleri.....	32
Şekil 3.17 Seferihisar istasyonu kış ve yaz dönemi rüzgar yönlerinin 1976-2010 yılları arasındaki değişimleri.....	33
Şekil 4.1 Ocak 1993 SST dağılımları ile Ocak-Şubat 1993 2 m CTD sıcaklık ve tuzluluk yapılarının karşılaştırılması.....	35
Şekil 4.2 Nisan 1995 SST dağılımları ile Mart-Nisan 1995 2 m CTD sıcaklık ve tuzluluk yapılarının karşılaştırılması.....	37
Şekil 4.3 Aralık, Ocak ve Şubat ayları için oluşturulan 25 yıllık ortalama	

SST dağılımları ve kış dönemi klimatolojik SST dağılımı.....	38
Şekil 4.4 Mart, Nisan ve Mayıs ayları için oluşturulan 25 yıllık ortalama SST dağılımları ve bahar dönemi klimatolojik SST dağılımı.....	38
Şekil 4.5 Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları için oluşturulan 25 yıllık ortalama SST dağılımları ve yaz dönemi klimatolojik SST dağılımı.....	41
Şekil 4.6 Eylül, Ekim ve Kasım ayları için oluşturulan 25 yıllık ortalama SST dağılımları ve güz dönemi klimatolojik SST dağılımı.....	41
Şekil 4.7 1986-2009 yılları arası kış dönemi SST anomali dağılımları.....	44-46
Şekil 4.8 1986-2009 yılları arası yaz dönemi SST anomali dağılımları.....	49-51
Şekil 4.9 Alt bölgelere ait kış dönemi SST Anomalileri.....	53
Şekil 4.10 Alt bölgelere ait bahar dönemi SST Anomaliler.....	54
Şekil 4.11 Alt bölgelere ait yaz dönemi SST Anomalileri.....	55
Şekil 4.12 Alt bölgelere ait güz dönemi SST Anomalileri.....	55
Şekil 5.1 Zaman serilerinin oluşturulmasında kullanılan CTD ölçümleri, tanımlanan Saros bölgesi ve Gökçeada bölgesinin konumları.....	57
Şekil 5.2 Saros Körfezi sırası ile sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ), tuzluluk (psu) ve yoğunluk ( $\text{Kg/m}^3$ ) zaman serileri.....	60
Şekil 5.3 Gökçeada güney bölgesi sırası ile sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ), tuzluluk (psu) ve yoğunluk ( $\text{Kg/m}^3$ ) zaman serileri.....	64
Şekil 6.1 Kış zamanı NAOI ve NCPI ile kış dönemi hava sıcaklığı ve yağış anomalilerinin karşılaştırılması.....	68

## TABLULAR LİSTESİ

	<b>Sayfa</b>
Tablo 2.1 Çalışmada kullanılan meteoroloji verilerine ait özellikler ve verilerinin istasyonlara bağlı olarak dağılımları.....	5
Tablo 2.2 Pathfinder V5 SST veri setinde kullanılan uydular, sensörler ve ölçüm günleri.....	7
Tablo 4.1 SST yüzey değımlarının karşılaştırılmasında kullanılan CTD verilerine ait özellikler.....	35
Tablo 5.1 Saros bölgesi zaman serisinin oluşturulmasında kullanılan CTD istasyonlarına ait özellikler.....	58
Tablo 5.2 Saros Bölgesi yoğunluk değerlerinde sıcaklık ve tuzluluk etkisine ait oranlar.....	61
Tablo 5.3 Gökçeada bölgesi zaman serisinin oluşturulmasında kullanılan CTD istasyonlarına ait özellikler.....	62

## BÖLÜM BİR

### GİRİŞ

1980'lı yılların sonlarında, Doğu Akdeniz derin su özelliklerinde ve termohalin sirkülasyonunda dramatik değişimler olmuştur (Roether ve ark., 1996). Havza boyunca yürütülen bir takım derin su oşinografik çalışmaları, Doğu Akdeniz dip sularında (Eastern Mediterranean Deep Water, EMDW) tuzluluğun ve sıcaklığın arttığını ve buna bağlı olarak yoğunluğun arttığını göstermiştir. Bu yeni rejim temel olarak derin ve orta tabakalarda yeni bir termohalin sirkülasyonu yaratmıştır. Bunun en önemli etkilerinden biri Doğu Akdeniz yoğun su kaynaklarının değişmiş olmasıdır. Doğu Akdeniz Taşınımı (Eastern Mediterranean Transient, EMT) olarak adlandırılan tüm bu büyük değişim süreci, 1980'li yılların sonlarında Doğu Akdeniz Havzası yoğun sularının ana kaynağının Güney Adriyatik Denizi'nden Ege Denizi'ne geçişi olarak tanımlanmaktadır.

1980'lerin sonlarına kadar güney Adriyatik Denizi'nin Doğu Akdeniz için ana derin su kaynağı olduğu, Ege Denizi'nin derin su üretiminin çok küçük bir kısmına katıldığı kabul edilirdi (Velaoras ve Laskaratos 2005). Schlitzer ve ark. (1991)'ın sıcak ve tuzlu Ege Denizi sularını (Girit Denizi Aratabaka Suyu, CIW) Cretan boğazının dışında LIW'ın (Levantine Intermediate Water) altında ve EMDW'nun üzerinde gözlemlenmelerinden itibaren yapılan birçok farklı çalışma, Ege Denizi'nin derin su rejiminde etkin rol aldığını göstermiştir (Velaoras ve Laskaratos 2005). Roether ve ark. (1996), 1995 yılı itibariyle, Ege Denizi'nden gelen yoğun dip suyunun (Girit Denizi Dip Suyu, CDW) EMDW'nin yüzde 20 kadarının yerini aldığını, 1987 ve 1995 yılları arasında Ege Denizi'nden Doğu Akdeniz'e giren toplam yoğun su hacminin yaklaşık olarak  $2,3 \times 10^{14} \text{ m}^3$  olduğunu belirlemişlerdir. Bu değer Ege Denizi'nin toplam hacminin yaklaşık olarak iki katına denk gelmektedir.

EMT sürecinde etkin olduğu düşünülen birçok farklı mekanizma araştırılmış ve birçok farklı senaryo öne sürülmüştür: Rüzgar güdümlü akıntılardaki değişimler (Samuels et al. 1999), nehir girdilerindeki azalış nedeni ile deniz tuzluluğundaki artış (Boscolo ve Bryden, 2001), Ege Denizi'ne giren Karadeniz kökenli sulardaki azalış

(Zervakis ve ark., 2000), 1989-1993 yıllarında yağış rejimindeki düşüş nedeni ile deniz suyu tuzluluk değerlerindeki artış (Theocharis ve ark. 1999) ve 1990'lı yılların başında görülen aşırı soğuk kışlar EMT sürecinde etkin olan faktörler olarak öne çıkmaktadır.

Samuel ve ark. (1999) 1990'lı yılların başında rüzgar stresindeki artışın orta tabaka akıntılarını etkilediğini ve yüksek tuzlu suların Ege Denizi'ne daha çok girmesine neden olduğunu göstermiştir. Theocharis ve ark. (1999) EMT'nin iki farklı aşırı meteorolojik olayın; 1989-93 yıllarında Ege'deki etkin olan düşük yağış rejiminin (Tselepidaki ve ark. (1992) göre 1989-90 son yüz yılın en kurak periyodudur) ve aşırı soğuk 1992-93 kışların birleşik etkisi ile açıklanabileceğini öne sürmüşlerdir:

Su kütlesi özelliklerini ve meteorolojik etkileri araştırdıkları çalışmaları sonucu, 1987-94 yılları arasında etkin olduklarını düşündükleri EMT sürecinde belirli iki dönem önermektedirler: 1987-92 yılları arasında kapsayan ilk dönemde, deniz suyu tuzluluk değerlerindeki artış etkin rol oynamaktadır. Deniz suyu tuzluluk değerlerindeki artışın, 1989-92 yılları arasında Ege Denizi'ndeki önemli derecedeki yağışdaki düşüş nedeniyle olduğunu öne sürmüşlerdir. 1992-94 yıllarını kapsayan ikinci dönemin dikkate değer bir şekilde derin sulardaki soğuma ( $0.35^{\circ}\text{C}$ ) etkisi ile karakterize olduğunu ve bu soğumanın 1992 ve 1993 yıllarındaki aşırı soğuk kışlar ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Tüm bu meteorolojik etkilerin 1987-94 yılları arasında Ege Denizi'nde yoğun su oluşumunu arttırdığını ve Girit adasının iki yanında bulunan boğazlar aracılığı ile oldukça fazla miktarda yoğun su çıkışına neden olduğunu belirtmişlerdir. Bununla beraber, derin seviyelerde meydana gelen bu su çıkışı orta seviyelerden ve yüzeyden daha tuzlu Levantine sularının Ege Denizi'ne girişine neden olmuştur. Ege Denizine giren Levantine suları orta seviyelerde (0-200) tuzluluk artışına neden olmuştur ve bu tuzluluk artışı 1992-93 arasında görülen yoğun su oluşumunda öncül bir rol oynadığını öne sürmüşlerdir.

Zervakis ve ark. (2000) Çanakkale boğazı aracılığı ile Kuzey Ege Denizi'ne giren Karadeniz kökenli su miktarındaki azalışın (Karadeniz kökenli suların deniz atmosfer

etkileşimini değiştirmesi nedeniyle) 1987 yılında derin su oluşumunu başlattığını öne sürmüşlerdir. Ayrıca, Kuzey Ege’de oluşan bu yoğun suların Girit Havzasına ulaştığını ve bölgedeki suların kaldırma kuvvetini düşürerek 1992-93 yıllarında görülen yoğun su oluşumu için bir ön koşul oluşturduğunu öne sürmüşlerdir. Benzer olarak Nittis *ve ark.* (2003), Kuzey Ege’de yoğun su oluşumunun 1987 yerine 1989 yılında Çanakkale Boğazı’ndan gelen Karadeniz Kökenli sulardaki değişim ile ilişkili olduğunu göstermiştir.

1991-93 arası CTD verilerini kullanarak Sayın ve Beşiktepe (2011) Kuzey Ege Denizi’nin derin su oluşum bölgelerinin başlıcası olduğunu ve bu bölgede oluşan yoğun suların EMT’ ye ana katkıyı sağladığını göstermişlerdir. Orta Ege Bölgesi’nde görülen siklonik akıntının Kış 1993’de güçlü kış konveksiyonu sonucunda homojen hale gelmesinin deniz-atmosfer etkileşimini arttırdığı ve bu sürecin bölgede yoğun su oluşumuna neden olduğunu göstermişlerdir. Oluşan bu suların Ege Denizi’nde şimdiye kadar tespit edilen en yüksek yoğunluk değerlerine ulaştığını bildirmişlerdir. Ayrıca 1993 yılında oluşan yoğun suların sadece Girit Havzasında değil, Ege Denizi’nin tümünde oluştuğunu göstermişlerdir.

Ege Denizi’nde EMT zamanı yoğun su oluşum bölgelerinin nereleri olduğu konusunda birçok farklı çalışma yapılmıştır. İlk çalışmalar, yoğun su oluşumunun sadece Girit Denizi’nde olduğunu önermişlerdir (Roether *ve ark.*, 1996; Klein *ve ark.*, 1999; Lascaratos *ve ark.*, 1999; Theocharis *ve ark.*, 1999). Sonraki çalışmalar Kuzey Ege ve Orta Ege havzalarının derin su oluşumuna katkısı üzerine yoğunlaşmışlardır. Zervakis *ve ark.* (2000) 1987 yılında, Nittis *ve ark.* (2003) ise 1989 yılında Karadeniz kökenli suların Ege Denizi’ndeki etkisinin azalmasına bağlı olarak Kuzey Ege Denizi’nin yoğun su oluşum bölgesi olduğunu öne sürmüşlerdir. Sayın ve Beşiktepe. (2011) 1991-93 döneminde Kuzey Ege Denizi’nin önemli bir yoğun su oluşum bölgesi olduğunu ve 1993 yılında tüm Ege Denizi’nde yoğun su oluşumu olduğunu göstermişlerdir.

Çalışma, 1980'li yılların sonlarında Doğu Akdeniz Havzası yoğun sularının ana kaynağının Güney Adriyatik Denizi'nden Ege Denizi'ne geçişi olarak tanımlanan Doğu Akdeniz Taşınımının, Ege Denizi'ne olan etkilerini uzun süreli meteorolojik ve oşinografik veriler kullanarak ortaya koymayı amaçlamaktadır. EMT süreci, birçok farklı kaynaktan elde edilen veriler kullanılarak incelenmiştir. Atmosferik etkileri araştırmak amacıyla, Devlet Meteoroloji İşleri'nden uzun süreli rüzgar yönü ve şiddeti, atmosfer basıncı, hava sıcaklığı, yağış, buharlaşma, yüzey suyu sıcaklığı, deniz suyu sıcaklığı verileri temin edilmiştir. Uzun dönemli CTD değişimleri Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü (DBTE) ve Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi'den (SHOD) elde edilen veriler kullanılarak araştırılmıştır. Yüzey suyu sıcaklığının zamana ve mekana bağlı değişimleri AVHRR Pathfinder beşinci sürüm uydu verileri kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmada, eldeki veriler doğrultusunda uzun dönemli mevsimsel değişimler EMT süreci göz önüne alınarak incelenmektedir. Ayrıca North Atlantic Oscillation İndeksi ve North Sea Caspian Patter İndeksi aracılığı ile uzun dönemli meteorolojik olayların etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak çalışma, Doğu Akdeniz Taşınımının Ege Denizi'ne olan etkilerinin araştırılmasının yanında, Ege Denizi genel yüzey sirkülasyonunu, Ege Denizi'nin diğer havzalar ile ilişkilerini ve Ege Denizi'ndeki atmosfer deniz etkileşimleri üzerine bir araştırma ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Bölüm iki, kullanılan veri setlerine ilişkin özellikleri ve analiz yöntemlerini içermektedir. Üçüncü bölümde, Ege Denizi kıyısı boyunca yer alan meteoroloji istasyonlarından elde edilen verilerin yıllık ve mevsimsel değişimleri zaman serileri aracılığı ile incelenmektedir. Dördüncü bölümde, Ege Denizi uzun dönemli yüzey suyu sıcaklık yapıları, yüzey dağılımları ve zaman serileri kullanılarak incelenmektedir. Beşinci bölümde çeşitli seferlerden elde edilen CTD verilerine ait sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk zaman serileri incelenmiştir. Altıncı bölümde tüm analizlere ait sonuçlar özetlenmekte ve tartışılmaktadır.

## BÖLÜM İKİ

### MATERYAL VE YÖNTEM

#### 2.1 Meteorolojik Veriler

Atmosferik etkilerin EMT sürecindeki etkisini araştırabilmek amacıyla, Ege Denizi Kıyısı boyunca yer alan Devlet Meteoroloji İşlerine bağlı toplam 14 farklı istasyona ait uzun dönemli meteorolojik veri setleri kullanılmıştır. Bu istasyonlar kuzeyden güneye doğru: Çanakkale, Gökçeada, Bozcaada, Edremit, Burhaniye, Ayvalık, Dikili, İzmir, Çeşme Seferihisar, Selçuk, Kuşadası, Bodrum ve Marmaris olarak sıralanmaktadır (Şekil 2.1).

Çalışmada, 13 istasyona ait saatlik atmosferik basınç (mb) ve saatlik hava sıcaklığı (°C), 12 istasyona ait günlük toplam yağış (mm), 7 istasyona ait saatlik rüzgar yönü (derece) ve şiddeti (m/s), 4 istasyona ait günlük toplam açık yüzey buharlaşması (mm) ve 4 istasyona ait günlük deniz suyu sıcaklığı (°C) verileri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan DMİ verilerinin istasyonlara bağlı olarak dağılımı Tablo 2.1’de listelenmektedir.

Tablo 2.1 Çalışmada kullanılan meteoroloji verilerine ait özellikler ve verilerinin istasyonlara bağlı olarak dağılımları.

İstasyon Kodu	İstasyon İsmi	Rüzgar Yönü ve Şiddeti	Atmosferik Basınç	Hava Sıcaklığı	Toplam Yağış	Toplam Buharlaşma	Deniz Suyu Sıcaklığı
17112	Çanakkale	1976-2010	1982-2010	1960-2010	1970-2010	1985-2010	-
17110	Gökçeada	1976-2010	1980-2010	1968-2010	1970-2010	-	-
17111	Bozcaada	-	1982-2010	-	1970-2010	-	-
17145	Edremit	1976-2010	1980-2010	1962-2010	1970-2010	1985-2010	-
17722	Burhaniye	-	-	1975-2010	1974-2010	-	-
17175	Ayvalık	1976-2010	1980-2010	1966-2010	1970-2010	-	-
17180	Dikili	-	1980-2010	1960-2010	1970-2010	-	1980-2010
17220	İzmir	-	1980-2010	1960-2010	1970-2010	-	1980-2010
17221	Çeşme	1976-2010	1980-2010	1964-2010	1970-2010	-	-
17820	Seferihisar	1976-2010	1980-2010	1972-2010	1971-2010	-	-
17854	Selçuk	-	1980-2010	1964-2010	1970-2010	-	-
17232	Kuşadası	1976-2010	1981-2010	1964-2010	1970-2010	1985-2010	1980-2010
17290	Bodrum	-	1980-2009	1960-2009	-	1985-2010	1980-2010
17298	Marmaris	-	1980-2006	1963-2010	-	-	-

Meteoroloji istasyonlarına ait veriler uzun dönemli zaman serileri oluşturularak analiz edilmiştir. Kullanılan her bir parametre için istasyona bağlı aylık, yıllık ve klimatolojik ortalamalar hesaplanmıştır. Bu değerler kullanılarak yıllık ve mevsimsel



zaman serileri oluşturulmuş ve uzun süreli değişimler EMT süreci göz önüne alınarak incelenmiştir.

## **2.2 Yüzey Suyu Sıcaklık Verileri (SST)**

Ege Denizi'ndeki yüzey suyu sıcaklık değerlerinin uzun dönemli değişimlerini izleyebilmek amacıyla, 1985-2009 yıllarına ait, dört-kilometre çözünürlükte, günlük, Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) Pathfinder Version 5 Yüzey Suyu Sıcaklık (SST) verileri kullanılmıştır. Kullanılan veri seti üçüncü seviye karesel olarak gridlenmiş bir veri seti olup gün ışığına bağlı ısınma etkisini elimine etmek için sadece gece zamanlı SST verileri kullanılmıştır.

AVHRR Pathfinder Version 5 (Pathfinder V5) SST veri seti University of Miami's Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science ve NOAA National Oceanographic Data Center (NODC) tarafından geliştirilmiştir. Veri setinin dağıtımı NASA Physical Oceanography Distributed Active Archive Center (PO.DAAC) ve NODC'nin ortak çalışmaları tarafından sağlanmaktadır. Çalışmada kullanılan tüm veri seti PO.DAAC'dan (Product #216) temin edilmiştir.

Pathfinder V5 veri seti NOAA 9, 11, 14, 16, 17 ve 18 NOAA uydularınca yapılan ölçümler sayesinde oluşturulmaktadır. Her bir NOAA uydusu kutupsal yörüngeli ve güneş-senkronizasyonlu olup 1985'den günümüze günde iki kere küresel kapsamlı veri sağlamaktadır (Tablo 2.2).

NOAA uydularındaki temel sensör Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) olarak adlandırılmaktadır. Bu cihaz dünyadan yansıyan (reflect) ve yayılan (radiate) ısı enerjisini, iki farklı görünür dalga boyunda ve üç farklı kızılötesi dalga boyunda ölçmektedir.

Tablo 2.2 Pathfinder V5 SST veri setinde kullanılan uydular, sensörler ve ölçüm günleri.

Uydu	Sensor	Ölçüm Aralığı
NOAA-9	AVHRR-2	04.01.1985–07.11.88
NOAA-11	AVHRR-2	08.11.88–13.09.94
NOAA-9	AVHRR-2	14.09.94–01.21.95
NOAA-14	AVHRR-2	22.01.95–11.10.2000
NOAA-16	AVHRR-3	12.10.00–31.12.02
NOAA-17	AVHRR-3	01.01.03–04.06.05
NOAA-18	AVHRR-3	05.06.05–31.12.09

Tüm SST versiyonlarına ait algoritma NOAA/National Environmental Satellite Data and Information Service nonlinear SST operational algorithm temel alınarak oluşturulmaktadır (NLSST) (Kilpatrick ve ark. 2001). Casey ve arkadaşlarına göre, algoritmanın temel formu aşağıdaki gibidir:

$$SST_{sat} = a + b*T_4 + c*(T_4 - T_5)*SST_{guess} + d*(T_4 - T_5)*[\sec(\Theta)-1]$$

$SST_{sat}$  = Uydu tarafından üretilen SST değeri

$T_4$  and  $T_5$  = 10,8 ve 11,4 mikro metre AVHRR kanalındaki (sırası ile kanal 4 ve kanal 5) brightness sıcaklığı

$SST_{guess}$  = SST tahmin değeri

$\Theta$  = Uydunun zenith açısı ve

$a$ ,  $b$ ,  $c$  and  $d$  = Eşzaman ve eşlokasyona sahip in situ ölçümleri ile uydu ölçümleri arasında oluşturulan regresyon katsayıları

Ege Denizi'ndeki mevsimsel SST değişimlerini araştırabilmek amacıyla, çalışma alanı içerisinde 17 farklı alt bölge tanımlanmıştır. Tanımlanan bölgeler için mevsimsel SST anomali değerleri hesaplanmıştır. Anomali değişimleri zaman serileri aracılığı ile araştırılmaktadır. Ayrıca SST değerlerinin çalışma alanı içerisindeki dağılımlarının zamana bağlı değişimleri klimatolojik ve mevsimsel SST dağılımları kullanılarak incelenmektedir.

### 2.3 CTD Verileri

CTD sistemi, su kolonu boyuca hidrografik ölçümler yapmaktadır. Her istasyon için alınan ölçümler konum ve tarih bilgileri ile birlikte bilgisayar ortamına

aktarılmaktadır. Bu sistem ile yapılan ölçümler: Basınç (db), Sıcaklık (°C) ve İletkenlik (c) olup, bu değerlerden hesaplanan değişkenler: Derinlik (metre), Tuzluluk (psu), Yoğunluk (kg/m<sup>3</sup>) olmaktadır.

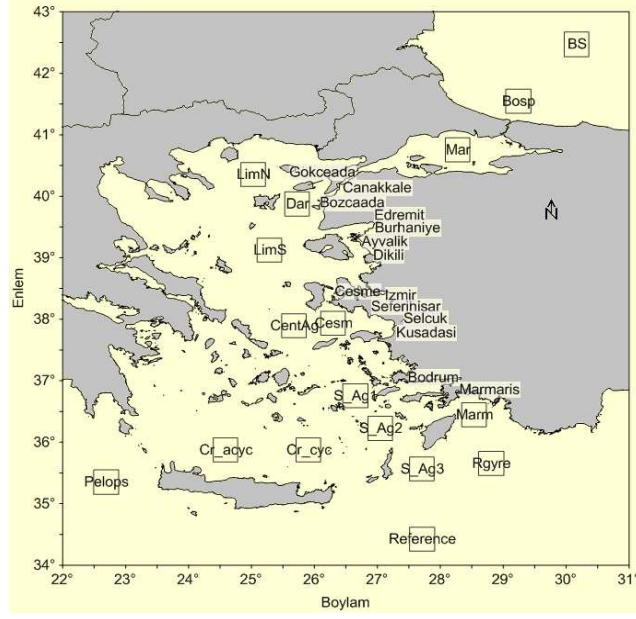
Çalışmada, Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı'nca elde edilen 1992-98 yıllarına ait CTD verileri ile K. Piri Reis Gemisiyle Ege Denizi'nde yapılmış 1991-96 yıllarına ait seferlerden elde edilen CTD verileri kullanılmıştır. Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı'na ait bir bahar, üç kış ve bir güz olmak üzere toplam 5 sefere ait CTD verisi ile K. Piri Reis Gemisi'ne ait dört bahar, beş güz, bir kış ve dört yaz olmak üzere toplam 14 sefere ait CTD verisi kullanılmıştır.

Deniz suyu sıcaklığının, tuzluluğunun ve yoğunluğunun zamana bağlı değişimlerini araştırabilmek amacıyla, biri Saros Körfezi bölgesinde ve diğeri Gökçeada'nın güneyinde olmak üzere Kuzey Ege'de iki farklı bölgede için CTD zaman serileri oluşturulmuştur.

#### **2.4 Çalışma Alanı ve Genel Özellikleri**

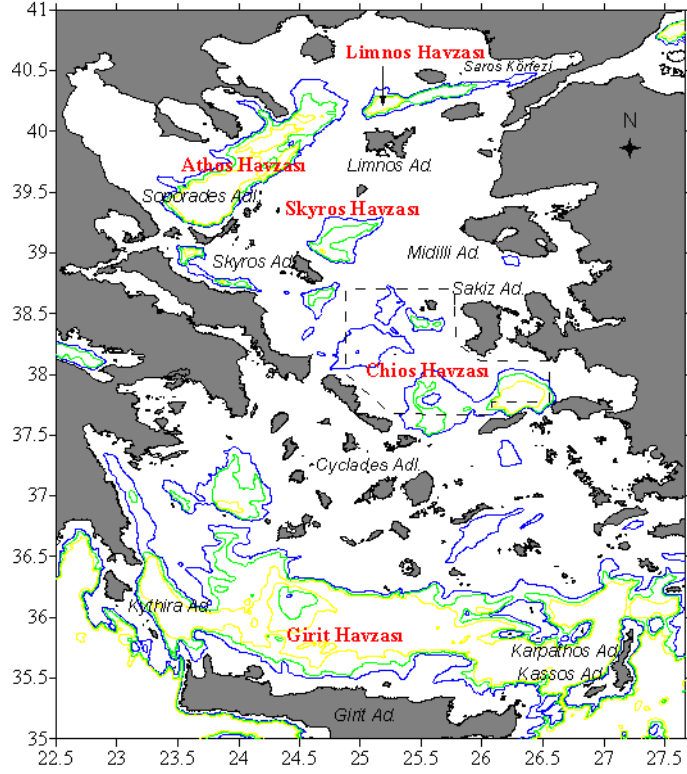
Çalışma alanı, Ege Denizi'nin diğer denizler ile olan etkileşimi göz önüne alınarak 34<sup>0</sup> - 42<sup>0</sup> 45' N enlemi ve 22<sup>0</sup> 15' - 30<sup>0</sup> 30' E boylamı arasında kalan bölge olarak tanımlanmıştır (Şekil 2.1).

Ege Denizi Doğu Akdeniz'de bulunan dört alt havzalarından biri olup (diğerleri Adriatik, İonia Denizi ve Levantine Denizidir) kuzeyde ve batıda Yunanistan, doğuda Türkiye ve güneyde Girit adası ile sınırlanmıştır. Ege Denizi Doğu Akdeniz bağlantısı; güneybatıda Güney Girit Boğazı ile (Peloponnesos–Kithyra–Antikithyra–Crete arasındaki boğazlar) ve güneydoğuda Girit Boğazı ile (Türkiye-Rhodes–Karpathos–Kasos–Crete arasında kalan boğazlar) ile sağlanmaktadır. Ege Denizi ayrıca Karadeniz'e kuzey doğu bölgesinde bulunan Çanakkale boğazı ile bağlıdır.



Şekil 2.1 Çalışma Alanı, meteoroloji istasyon konumları ve SST alt bölge konumları.

Ortalama derinliği yaklaşık olarak 450 m olan Ege Denizi görece sığ bir havzadır, ancak büyük platoları takip eden derin havzaları ile dip yapısı oldukça düzensizdir ve düzinelerce irili ufaklı ada içerir (Veloras ve Lascaratos, 2004) (Şekil 2.2). Dip yapısı özellikleri açısından Ege Denizi, ilki Kuzey ve Orta Ege ikincisi Güney Ege Denizi olarak iki ana bölgeye ayrılabilir. Bu iki alt havza 350m'lik sığ Cyclades platosu tarafından hemen hemen birbirinden izole edilmişlerdir, böylece bu iki havzanın derin bölgeleri arasında direkt olarak su alışverişi yoktur. Tüm Ege Denizi boyunca yayılmış olan bir kaç derin çukur ve alt-havzalar vardır. Kuzey Ege'nin en derin çukuru olan maksimum derinliği 1476 m olan Athos-Sporades havzası ve maksimum derinliği 1469 m olan Lemnos havzası. Skyros havzası skyros adasının kuzey doğusundadır ve maksimum derinliği 1077 m dir. Chios havzası chios adasının batı ve güney bölgesindedir ve maksimum derinliği 1219 m dir. Cretan Denizi, Crete adasının kuzeyinde bulunmaktadır ve Karpathos adasının kuzeybatısındaki maksimum 2557 m derinlikle Ege Denizi'nin en derin bölgesidir.



Şekil 2.2 Ege Denizi dip yapısı ve önemli havzalar.

#### 2.4.1 Ege Denizi Genel Özellikleri

Ege Denizi'nde baskın rüzgar yönünü Etesianlar olarak adlandırılan kuzeyli rüzgarlar oluşturmaktadır. Kış dönemi boyunca esen kuzeyli rüzgarlar Ege Denizi üzerinde soğuk ve kuru bir baskın rejim oluşturmaktadır. Bu durum Kuzey Ege ve Girit Denizi'nde büyük ısı kayıpları nedeniyle dip suyu oluşumunu desteklemektedir (Georgopoulos, Theocharis ve Zodiatis, 1989).

Etesian rüzgar sisteminin ana yönü Kuzey Ege'den gelmekte, Lemnos ve Skyros adalarının doğu kısmını geçerek Cyclades'e ulaşmakta oradan Karpathos adasını geçerek Laventine Havzası'nın merkezine ulaşmaktadır (Georgopoulos ve diğer., 1989). Bu rüzgarlar yaklaşık olarak Türkiye kıyılarına paralel olacak şekilde siklonik bir eğri oluşturmaktadır. Etesianlar Ege Denizi'nin doğu bölgesi boyunca yukarıya taşınım oluşturan bir etki yaratırlar ve Türkiye kıyılarının sığ kesimleri haricinde soğuk bir su bölgesine neden olurlar (Korres ve diğer., 2002). Yüzey suyundaki bu soğuma ayrıca atmosferde yüksek bir statik kararlılık oluşturmakta ve Etesian rüzgar

sistemini güçlendirici bir geri besleme sistemi gibi etki etmektedirler (Metaxas, 1973).

Yaz dönemi boyunca, Kuzey Ege'de güçlü, soğuk ve kuru kuzeyli rüzgarların etkisi görülmektedir (Poulos ve diğer., 1997). Bu rüzgar yapısı batı Türkiye kıyıları ve batı Yunanistan adaları kıyıları boyunca yukarı taşınım (upwelling) oluşumuna neden olmaktadır (Theocharis ve Georgopoulos, 1993). Yukarı çıkan bu sular Laventine orijinelidir (LIW) ve nutrientce zengindir (Karageorgis ve diğer. 2003).

Ege Denizi'ne altı büyük nehir girdisi bulunmaktadır (Axios, Aliakmon, Pinios, Strymon, Nestos ve Meriç nehri). Bu nehirlerin toplam olarak yaklaşık  $600 \text{ m}^3/\text{s}$  tatlı su girdisi vardır (Therianos, 1974). Bölgedeki büyük nehirler (Axios, Aliakmonas, Gallikos, Pinios, Sperchios, Meriç, Strimonas ve Nestos) yaklaşık olarak  $19 \text{ km}^3/\text{yıl}$ 'lık bir tatlı su girdisine sahiptirler (Korres, Lascaratos, Hatziapostolou, Katsafados, 2002). Türkiye kaynaklı nehirler ise  $5 \text{ km}^3/\text{yıl}$ 'lık bir girdi ile daha az bir etkiye sahiptirler (Poulos, Drakopoulos, ve Collins, 1997). Drakopoulos, Poulos, ve Lascaratos, (1998) ve Poulos ve diğer., (1997)'e göre, Ege Denizi için yıllık yağış miktarı (P), buharlaşma miktarı (E) ve nehir girdisi (R) sırasıyla  $0,5 \text{ m}/\text{yıl}$ ,  $1,3 \text{ m}/\text{yıl}$  ve  $0,1 \text{ m}/\text{yıl}$  olmaktadır. Ege Denizi için  $E-(P+R)$  klimatolojik değeri pozitif olmasına rağmen Karadeniz'den gelen net girdi toplamda negatif bir tatlı su bütçesi yaratmaktadır (Korres ve diğer. 2002).

Çanakkale Boğazı (eşik derinliği: 55 m) Ege Denizi'ni Marmara Denizi'ne bağlamaktadır. Bu bölge Ege Denizi su bütçesi açısından oldukça önemlidir. Çanakkale Boğazı akıntısı iki tabakalı bir yapı göstermektedir. Yüzeyde, Karadeniz'den gelen düşük tuzluluktaki sular Ege Denizi'ne girmekte iken (yağış ve nehirler aracılığıyla gelen su girdisinin buharlaşmadan daha fazla olmasıyla seyreltik suyun olduğu bir havzadan gelen sular), alt tabakada ise tuzlu Ege Denizi suları Karadeniz'e girmektedir. Yıllık olarak bakıldığında, yaklaşık olarak (tuzluluğu mevsime bağlı olarak 25 psu ve 35 psu arasında değişen)  $1257 \text{ km}^3$  hacminde düşük tuzluluktaki sular Ege Denizi'ne girmekte iken,  $957 \text{ km}^3$ 'lük bir kısımda Ege

Denizi'nden Karadeniz'e akmaktadır (Ünlüata, Oğuz, Latif, ve Özsoy, 1990; Beşiktepe, Özsoy, ve Ünlüata, 1993).

Çanakkale Boğazı'ndan gelen Karadeniz kökenli su akımının  $9500 \text{ m}^3/\text{s}$  olduğu tahmin edilmektedir (Ünlüata ve diğer., 1990). Çanakkale akıntısından çıkan bu suların kalınlığı 40 m'den azdır ve bu sular Ege Denizi sularına oranla daha az tuzlu olması ile karakterize olur (Zervakis, Georgopoulos, Drakopoulos, 2000). Bu sular Ege Denizi'nde bir yüzey tabakası oluşturmaktadır. Bu tabaka hava-deniz etkileşimi ve dikey difüzyonlar nedeniyle altındaki su tabakası ile karışarak değişime uğramakta ve yaklaşık olarak Çanakkale akıntısının 200 km güneybatısında Sporades Adası civarında (Ege Denizi ortası ve batı kısmı) yavaş yavaş 38 psu tuzluluğa ulaşmaktadır (Karageorgis ve diğer, 2003).

Karadeniz kökenli suların etkin bölgesinin yayılımı hakim rüzgar durumu tarafından kontrol edilmektedir (Vlasenko ve diğer., 1996). Sıcak dönemlerde, kuzeyli Etesian rüzgarlarının etkisinde olan Karadeniz kökenli suların büyük bir kısmı, Çanakkale akıntısının dışında güneybatı yönünde akmakta ve çekirdeği Limnos Adası'nın güneyinde ortaya çıkmaktadır ve önemli bir kısmı kuzey Limnos'a akmaktadır (Theocharis ve Georgopoulos, 1993; Vlasenko ve diğer., 1996; Zervakis ve Georgopoulos, 2002). Kış döneminde, Karadeniz suları batı yönünde akmakta çoğu zaman bu akış Limnos Adası'nın kuzey kıyıları boyunca olmaktadır. Burada, ilk olarak kuzeybatıya sapmakta ve bazen güneybatıya ayrılmaktadır (Karageorgis ve diğer., 2003). Her iki durumda da, Karadeniz kökenli suların oluşturduğu akıntı, Cyclades Platosu'nun kuzey kısmından geçerek batı Mirtoan Havzası'na yönelmektedir.

Limnos Platosu bölgesinde, farklı karakterdeki Ege Denizi yüzey suyu ile Karadeniz suyu bir noktada birleşir ve Lemnos, Midilli ve Agios Eustratios adalarının oluşturduğu üçgen şekilli bölgede sıklıkla gözlenen bir ön tuzluluk cephesi oluştururlar (Vlasenko ve diğer., 1996). Bu cephe ayrıca yüzey suyu sıcaklık alanlarında (SST) da gözlenebilir. Çanakkale bölgesine ait IR (kızıl ötesi) görüntüleri yüksek SST değerleri olan bir bölge göstermektedir (Grishin, Kalimin, ve Motyzhev,

1994). Dönüşüme uğramış Karadeniz kökenli sular ile Kuzey Ege yüzey suyu arasındaki sıcaklık farkı ön cephede yaklaşık olarak 2 °C'ye karşılık gelmektedir. Yüzey tuzluluk alanlarındaki fark ise 10 psu'dan daha fazla olup çok daha açıktır (Vlasenko ve diğer. 1996).

Kuzey Ege'deki orta tabaka suları kuzeye tuzlu su getiren Akdeniz Akıntısı'nın kuzey yönlü kolunun etkisi altındadır. Bunların tuzluluk değerleri 38.8–39.0 psu arasında değişmektedir ve en yüksek tuzluluk değeri havzanın doğu bölgesi boyunca bulunmaktadır (Korres ve diğer., 2002).

Ege Denizi dip suyu, bölgesel yapıya işaret eden çok yüksek yoğunluk değerleri ile karakterize olur. Kuzey Ege derin tabakalarında 29,40'den büyük sigma-t değerleri olan çok yoğun sular (T= 12,69 °C, S= 38,8 psu, sigma-t= 29,41) bulunur (Lacombe, Tchernia, ve Benoist, 1958). Bunların gösterdiği karakteristiklere göre, bu suların kökeni Kuzey Ege'nin kendi içinden olmalıdır (Korres ve diğer., 2002). Lacombe ve diğer., (1958) ve Theocharis, Georgopoulos, (1993), Kuzey Ege'de Samothraki ve Limnos platolarında yoğun su oluşumuna ait gözlemsel kanıtları vermişlerdir.

#### ***2.4.2 Ege Denizi'nde Etkin Olan Su Tipleri***

Genel olarak Ege Denizi'nin su bütçesi, büyük oranda kuzeydoğuda Çanakkale Boğazı aracılığıyla Karadeniz ile tuz değişimi ve güneyde Levantine Havzası ile tuz ve ısı değişimi tarafından kontrol edilmektedir.

Levantine havzasında su kolunu boyunca dört farklı su tipi görülmektedir (Hecht ve ark. (1988); Ozsoy ve ark. (1989); Nittis ve Lascaratos (1998)). Yüzeyde, yaz döneminde yoğun ısınma ve buharlaşma nedeniyle oluşan sıcak 25 °C ve tuzlu 39,1 psu Levantine Yüzey Suları (LSW) bulunmaktadır. Yüzey tabakasının altında düşük tuzluluk değerleri ile karakterize olan Atlantik kökenli sular yer alır (Modifiye Atlantik Suyu, MAW). 36.15 psu tuzluluk değerleri ile Cebelitarık boğazından Akdeniz Havzasına giren bu sular doğuya doğru ilerledikçe karışımlar nedeniyle



tuzluluk değerleri 38,6 psu dan daha yüksek değerlere ulaşmaktadır Lacombe and Tchernia, (1972). Atlantik Suyu, Akdeniz'in güney kıyılarını boydan boya kat ederek güneydeki adaların oluşturduğu boğazlardan Ege'ye girmektedir. Ege Denizi'ne başlıca Kythira boğazından giren bu sular yüzey altında 30 m ve 80 m derinlikte düşük tuzluluk değerleri (38,7 psu ve 38,8 psu) ile saptanırlar (Korres ve diğer., 2002).

Orta katmanda Levantine orta tabaka suyu yüksek tuzluluk değerleri 38,95–39,05 psu ile karakterize olurken, 15–16 °C sıcaklık değerleri göstermektedir (Ozturgut 1976; Sur ve ark. 1992; Nittis ve Lascaratos, 1998). Doğu Akdeniz havzasında (zellikle Rodos Gyre bölgesinde) MAW yüzeyden sıcaklık kaybı ve rüzgara bağlı buharlaşma nedeniyle ckerek Levantine Orta tabaka Suyunu (LIW) oluşturmaktadır. LIW Güney Ege Denizi'ne Kassos, Rodos ve Karpathos Boğazları aracılığı ile girmektedir. Boğazlardan giren su miktarı mevsimlere bağlı olarak değişmektedir. Maksimum su girişi kışın ve minimum su girişi yazın olmaktadır. Kuzey Ege Denizi'nin orta tabakaları Doğu Akdeniz orta tabaka suyu tarafından etkilenmektedir ve en yüksek tuzluluk değerleri havzanın doğu kısmında 38,8-39,0 psu değerinde bulunmaktadır (Korres ve diğer., 2002) Kış aylarında ortalama 200 metre derinde bulunan bu sular 38,95-39,05 psu tuzluluk ve 15-16 °C sıcaklık değerleri ile karakterize olmaktadır (Sur ve ark. 1992; Nittis ve Lascaratos, 1998).

Levantine Havzasında 1000 m daha derin bölgelerde Doğu Akdeniz Derin Suları (EMDW) yer almaktadır ve 13,6 °C sıcaklık ve 38,7 psu tuzluluk değerleri gstertmektedir (Nittis ve Lascaratos, 1998). Tüm Ege Denizi boyunca yayılmış olan birbirinden farklı derinlikteki ckurluklar dip suyu özellikleri açısından birbirlerinden izole bir yapı göstermektedir. Özellikle Kuzey Ege Denizi dip suyu, bölgesel yapıya işaret eden ck yüksek yoğunluk değerleri ile karakterize olmaktadır (Zervakis ve diğer., 2000). Kuzey Ege Denizi'nde genel sirkülasyon üzerine en önemli etkiyi düşük tuzluluk değerleri ile karakterize olan Karadeniz kökenli sular yapmaktadır. Canakkale Boğazından gelen Karadeniz suları kış aylarında boğaz cıkışında kuzeye, yaz aylarında ise yüksek buharlaşma ve hakim rüzgarların etkisiyle güneye yönelerek orta Ege'ye doğru yayılmaktadır.

## BÖLÜM ÜÇ

### METEOROLOJİK VERİLERE AİT ZAMAN SERİLERİ

#### 3.1 Hava Sıcaklıklarının Yıllara ve Mevsimlere Bağlı Değişimleri

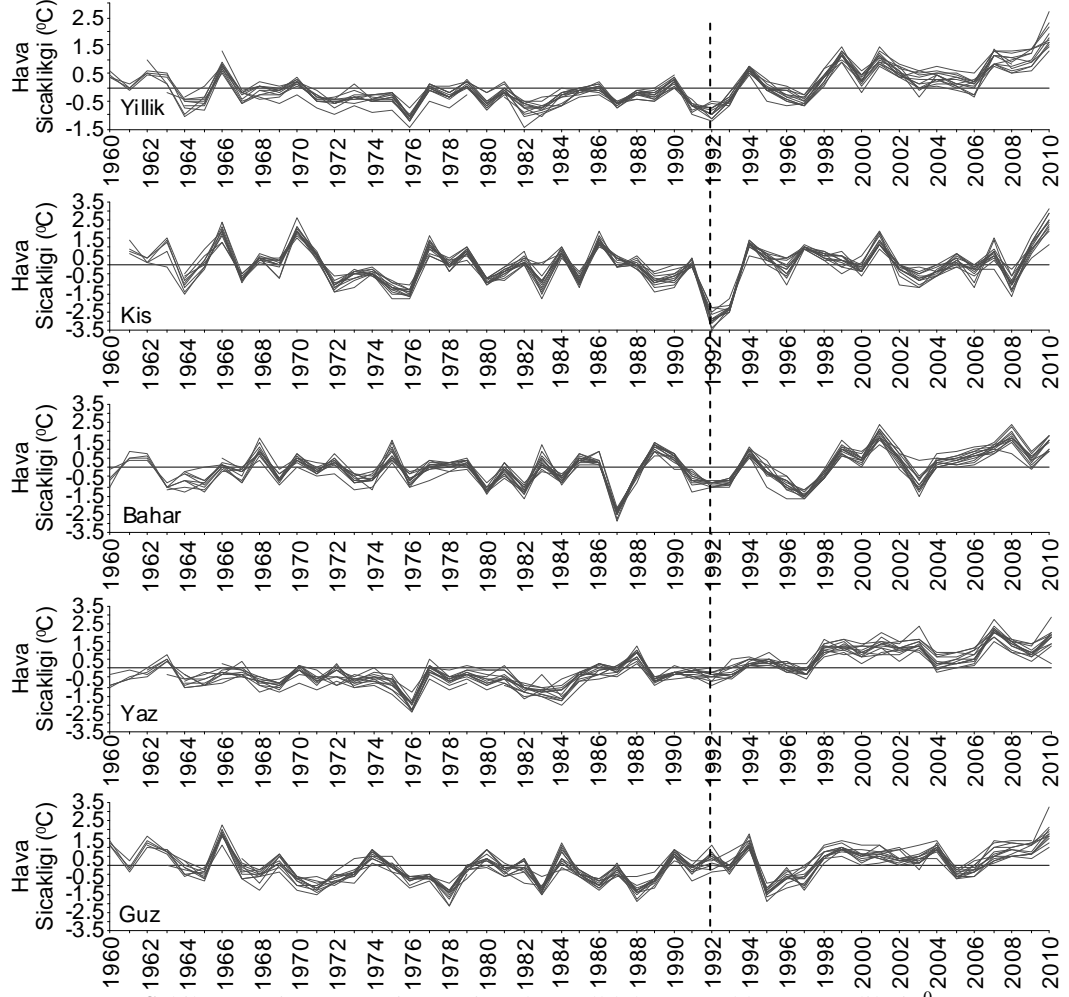
Ege Denizi kıyısı boyunca yer alan toplam 12 istasyona ait 1960-2010 yılları arasındaki 51 yıllık dönemi kapsayan mevsimsel ve yıllık hava sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ ) anomalileri Şekil 3.1’de gösterilmektedir. İstasyonlar arası değişkenliğin oldukça küçük olması nedeniyle farklı istasyonlara ait oluşturulan tüm anomali değerleri aynı grafikler içerisinde gösterilmektedir. Hava sıcaklığı anomalilerinin oluşturulmasında kullanılan istasyonlar ve bu istasyonlara ait bilgiler Tablo 2.1’de listelenmektedir.

Yıllık hava sıcaklığı anomalileri  $-1,5$  ve  $2,5$   $^{\circ}\text{C}$  arasında değişmektedir. 1960-93 arasındaki dönemde genel olarak negatif anomaliler hakimdir (Şekil 3.1). 1993 yılından sonra genel bir artış trendi görülmekte ve 1989 yılı ve sonrasında sürekli pozitif anomaliler hakim olmaktadır. 1976, 1982, 1992 ve 1993 en soğuk geçen yıllar, 1999, 2001 ve 2007-2010 arası dönem en sıcak geçen yıllardır. Soğuk geçen 1992 ve 1993 yılları aynı dönemdeki soğuk kışların ve baharların sonucudur.

Hava sıcaklığındaki değişkenlik en çok kış döneminde görülmekte olup  $-3,5$   $^{\circ}\text{C}$  ve  $3,2$   $^{\circ}\text{C}$  arasında değişmektedir. 1989-93 arasındaki beş yıl süren dönem negatif anomalilerin baskın olduğu bir dönem olup, 1992-93 kışları  $-3,5$   $^{\circ}\text{C}$ ’yi bulan anomali değerleri ile incelenen elli yıllık süreçte en soğuk geçen kışlardır. 1992-93 kışlarının aşırı derecede soğuk olması Haziran 1991’de Filipinlerdeki Pinatubo Yanardağının aktif hale gelmesi ve atmosfere yaydığı mikro partiküllerin hava sıcaklığını düşürücü etkisi olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, 1972-76 yıllarını kapsayan beş yıllık dönem  $-2$   $^{\circ}\text{C}$ ’yi bulan anomali değerleri ile ikinci en soğuk dönem olmaktadır. 2010 yılı en sıcak geçen kış olup bunu sırası ile 1966 ve 1970 kışları takip etmektedir.

İlkbahar döneminde hava sıcaklığı anomalileri  $-3$   $^{\circ}\text{C}$  ve  $2,3$   $^{\circ}\text{C}$  arasında değişmektedir. 1960-86 yılları arasındaki dönemde hava sıcaklığı anomalilerindeki değişkenlik bundan sonraki döneme oranla daha az olmaktadır. 1986 yılından sonra

anomali değerleri daha yüksek değişkenlik göstermektedir. 1987 -3 °C'yi bulan anomali değeri ile en soğuk geçen ilkbahar yılı olup sırası ile 1997 ve 2003 soğuk geçen diğer yıllardır. 2001 ve 2008 yılları en sıcak geçen yıllardır.



Tüm yaz dönemi üç temel dönemde incelenebilir: 1960-86 yılları görece soğuk dönem, 1987-97 arası hava sıcaklıklarının normal değerlere yakın seyrettiği dönem ve 1998-2010 arası sürekli pozitif anomalilerinin görüldüğü bir dönem olarak karakterize olmaktadır. 1998-2010 sıcak dönemi büyük olasılıkla küresel ısınmanın etkisi nedeniyle. Yaz döneminde hava sıcaklığı anomali değerleri -2,4 °C ile 2,9 °C arasında değişmektedir. 1976 yazı -2,5 °C'ye yakın negatif anomali değeri ile en soğuk yaz olmakta bunu 1983-84 yazları takip etmektedir. 2007 ve 2010 yazları yaklaşık 3 °C'yi bulan anomali değerleri ile en sıcak yazlardır.

Kompleks bir yapı gösteren gz döneminde hava sıcaklığı anomali değerleri -2,2 °C ve 3,2 °C arasında değişmektedir. 1978, 1988 ve 1995 en soğuk, 1966 ve 2010 en sıcak geçen gz yıllarıdır. Bunun yanında yaz döneminde benzer olarak 1998 yılı ve sonrasındaki dönemde pozitif anomalilerin baskın olduğu görülmektedir.

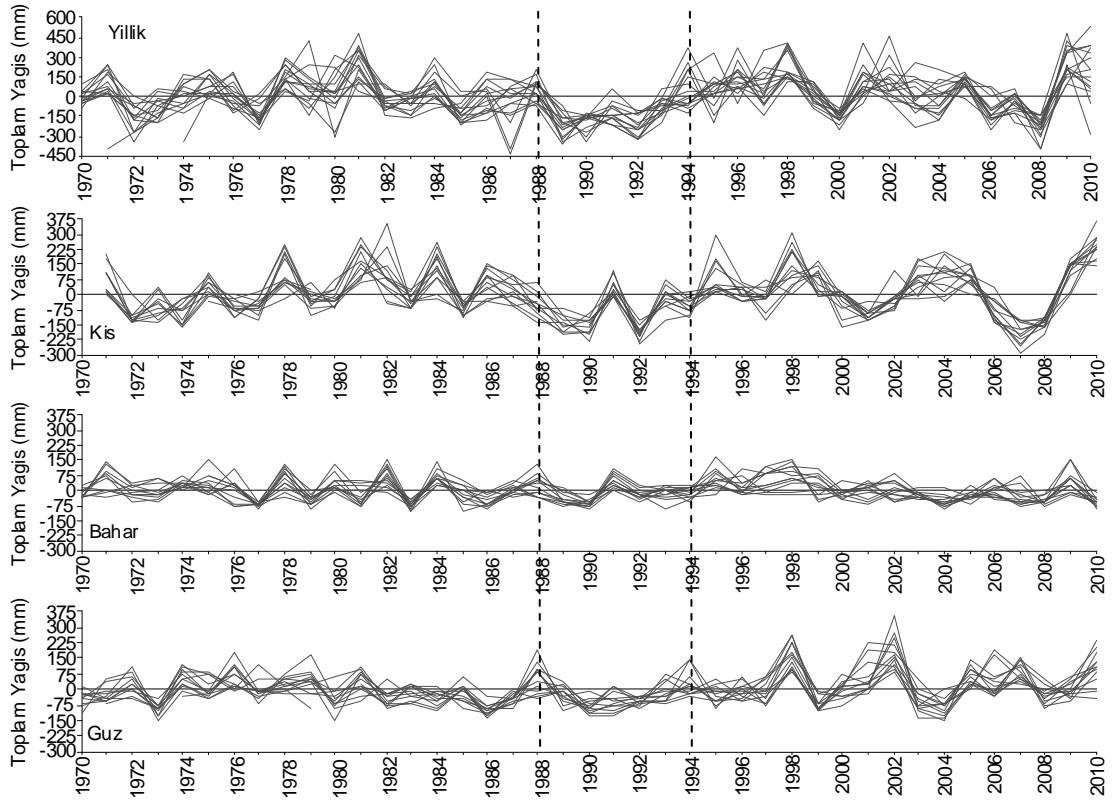
### **3.2 Yıllara ve Mevsimlere Bağlı Toplam Yağış Değişimleri**

Ege Denizi kıyısı boyunca yer alan toplam 12 istasyona ait 1970-2010 yılları arasındaki 41 yıllık dönemi kapsayan mevsimsel ve yıllık toplam yağış (mm) anomalileri Şekil 3.2’de gösterilmektedir. İstasyonlar arası değişkenliğin oldukça küçük olması nedeniyle farklı istasyonlara ait oluşturulan tüm anomali değerleri aynı grafikler içerisinde gösterilmektedir. Toplam yağış anomalilerinin oluşturulmasında kullanılan istasyonlar ve bu istasyonlara ait bilgiler Tablo 2.1’de listelenmektedir. Meteorolojik yağış ölçüm birimi, 1 m<sup>2</sup>’ye düşen su miktarı (kilogram) olarak ifade edilmekte bu da 1 mm yüksekliğindeki suya eşit olmaktadır. Bu nedenle tüm yağış miktarları milimetre cinsinden ifade edilmektedir.

Yıllık toplam yağış miktarı anomalileri -440 mm ve 540 mm arasında değişmekte olup, yıllık genel trendi en çok yağışın düştüğü kış ve gz mevsimleri belirlemektedir (Şekil 3.2). İncelenen 41 yıllık süre içerisinde 1989-94 yılları arasındaki altı yıllık dönemin en uzun süren kurak dönem olduğu görülmektedir. Ayrıca, 2006-08 arası üç yıllık dönemin ve 2000 yılının kurak geçtiği ve 1981, 1998, 2002 ve 2009 yıllarının en çok yağış alan yıllar olduğu görülmektedir.

Toplam yağış miktarındaki değişkenlik en çok kış döneminde görülmekte olup -290 mm ve 370 mm arasında değişmektedir. Bu dönemde yağış miktarının oldukça düşük seyrettiği iki dönem görülmektedir. 1989-94 yılları arasında görülen ve altı yıl boyunca devam eden kurak dönem ve 2006-2008 yılları arasında görülen ve üç yıl süren kurak dönem. Son kurak dönem içerisinde 2007 yılı -300 mm’yi bulan anomali değeri ile en düşük yağışın kaydedildiği yıl olmakta bunu yaklaşık olarak -225 mm değeri ile 1990 ve 1992 yılları takip etmektedir. Ayrıca 2001-2002 yıllarında da anomali değerlerinin düşük seyrettiği iki yıllık bir dönem bulunmaktadır.

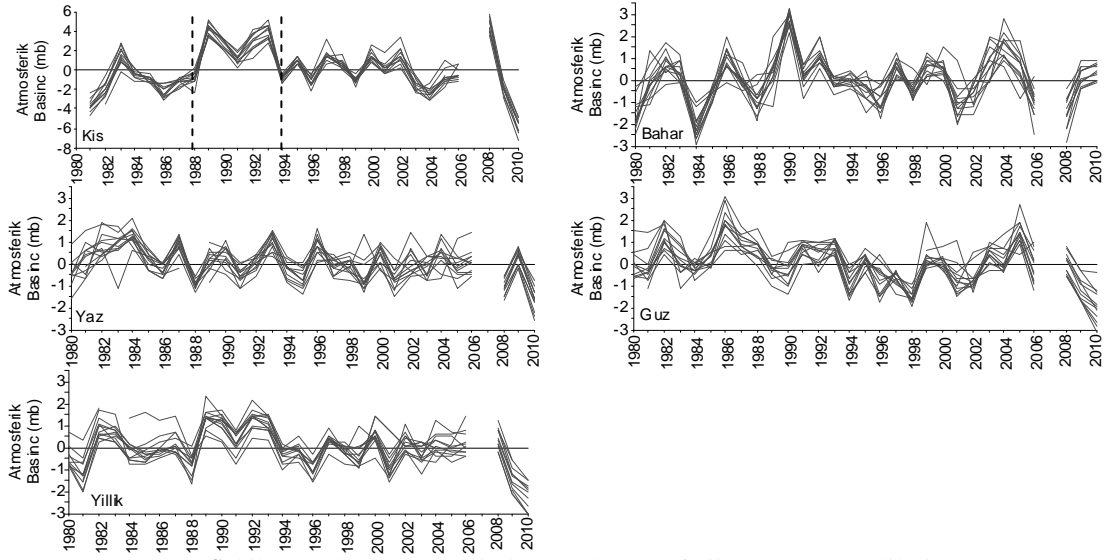
Bahar döneminde yağış miktarındaki değişkenlik -110 mm ve 160 mm arasında değişmekte olup genellikle normal değerlere yakın değişimler olmaktadır. Güz döneminde yağış miktarındaki değişkenlik -160 mm 350 mm arasında değişmektedir. Güz zamanı en çok yağış 1998 ve 2002 yıllarında kaydedilmiştir. 1989-94 yılları arasında görülen ve beş yıl boyunca devam eden kurak dönem bulunmaktadır. Ayrıca 1997 yılı sonrasında, anomali değerlerinde daha büyük bir değişkenlik görülmektedir.



Şekil 3.2 Yıllık ve mevsimsel toplam yağış anomalileri.

### 3.3 Atmosferik Basıncın Yıllara ve Mevsimlere Bağlı Değişimleri

Ege Denizi kıyısı boyunca yer alan toplam 13 istasyona ait 1980-2010 yılları arasındaki 31 yıllık dönemi kapsayan mevsimsel ve yıllık atmosferik basınç (mb) anomalileri Şekil 3.3'de gösterilmektedir. Atmosferik basınç anomalilerinin oluşturulmasında kullanılan istasyonlar ve bu istasyonlara ait bilgiler Tablo 2.1 ve 2.2'de listelenmektedir.



Şekil 3.3 Yıllara ve mevsimlere bağlı atmosferik basınç anomalileri.

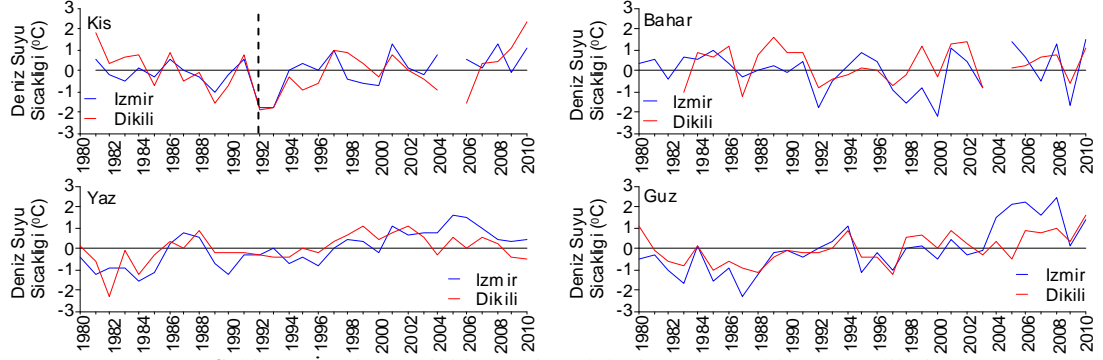
Kış zamanı  $-7,5$  mb ve  $5,5$  mb aralığında değişen atmosferik basınç değişimleri diğer mevsimlere oranla oldukça büyük bir değişkenlik göstermektedir (Şekil 3.3). Bu nedenle yıllık eğilimlerde kış mevsiminin etkisi baskın rol oynamaktadır. Kış döneminde 1989-93 yılları arasında kalan beş yıllık dönemde yüksek atmosferik basıncın etkin olduğu görülmekte, aynı etki yıllık zaman serisinde de açıkça görülmektedir.

Yaz dönemi değişimleri görece küçük olup  $-2,5$  mb ve  $2$  mb aralığında değişmektedir. Bu dönemde, bir ve ya birkaç yıl aralıklarla birbirini takip eden yüksek ve alçak basınç dönemleri etkin olmaktadır. Anomali değişimlerinin  $-3$  mb ve  $3$  mb arasında değiştiği güz döneminde, 1994-98 yılları arasındaki beş yıllık sürede düşük atmosferik basıncın etkin olduğu, 1986 ve 2005 yıllarında yüksek atmosferik basıncın etkin olduğu görülmektedir. Bahar dönemi anomalileri  $-3$  mb ve  $3,2$  mb arasında değişim göstermekte olup en yüksek basınç anomalileri 1990 ve 2004 yıllarında görülmektedir.

### 3.4 Deniz Suyu Sıcaklıklarının Mevsimlere Bağlı Değişimleri

DMİ'nden temin edilen. İzmir, Dikili, Bodrum ve Kuşadası bölgelerine ait deniz suyu sıcaklık verileri her sabah saat dokuzda yaklaşık iki metre derinlikten alınan

günlük ölçümlerdir. Günlük veriler kullanılarak mevsimsel deniz suyu sıcaklık anomalileri oluşturulmuştur. 1980-2010 yılları arasındaki 31 yıllık dönemi kapsayan mevsimsel deniz suyu sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ ) anomalileri Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'de gösterilmektedir.



Şekil 3.4 İzmir ve Dikili mevsimsel deniz suyu sıcaklık anomalileri.

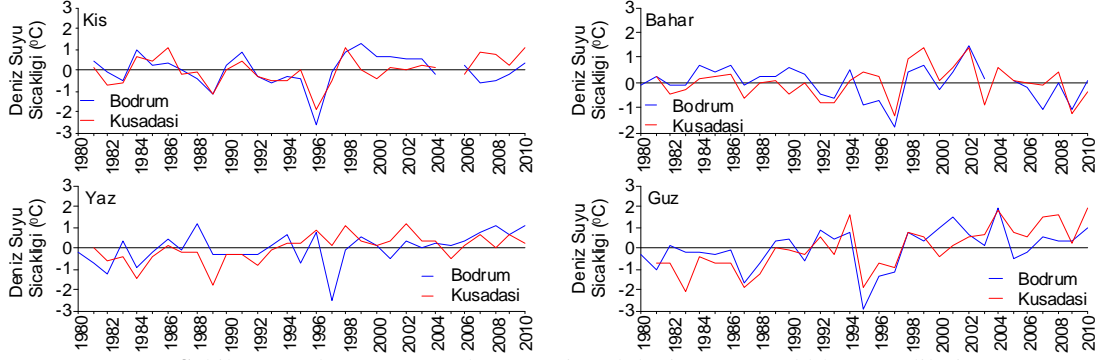
İzmir ve Dikili istasyonlarında gözlemlenen 31 yıllık süreçte kış zamanı en düşük deniz suyu sıcaklıkları 1989, 1992 ve 1993 yıllarında görülmektedir (Şekil 3.4). Ayrıca Dikili istasyonunda 2004 ve 2006 yılları negatif anomali göstermektedir. 1988-94 yılları arasındaki yedi yıllık dönemde 1991 yılı haricinde her iki istasyon içinde negatif değerler görülmektedir.

1980-97 yılları arasındaki 18 yıllık yaz döneminde, 1986-88 yıllarını kapsayan üç yıllık dönem haricinde, her iki istasyonda sürekli olarak negatif anomali değerleri görülmektedir. 1998 yılından itibaren 2009 yılına kadar olan süreçte her iki istasyonda da anomali değerleri hemen hemen sürekli olarak pozitif değerler göstermektedir.

Bahar dönemi görece olarak karmaşık bir yapı sergilemektedir. Dikili istasyonu için en düşük değerler ve 1987, 1992 ve 1997 yıllarında görülmekte iken İzmir istasyonu için 1997-2000 yılları arasındaki dört yıllık dönem ve 1992, 2009 yılları en düşük anomali değerlerinin görüldüğü yıllar olmaktadır.

Güz döneminde, 1980 ve 1994 yılları haricinde 1980 yılından 1997 yılına kadar olan 18 yıllık süreçte her iki istasyonda da negatif anomali değerleri görülmektedir.

1998 yılından sonra değerler pozitifte dönmeye başlamakta ve 2004-2006 yılları arasında en yüksek değerlere ulaşmaktadırlar.



Şekil 3.5 Bodrum ve Kuşadası mevsimsel deniz suyu sıcaklık anomalileri.

Bodrum ve Kuşadası istasyonlarında kış döneminde en soğuk geçen iki yıl, yaklaşık üç dereceye yakın soğumanın görüldüğü 1996 yılı ve bir derece civarında soğumanın etkin olduğu 1989 yılının olduğu görülmektedir (Şekil 3.5). Bunun yanında, 1989-96 yılları arasında kalan sekiz yıllık süre boyunca 1991 yılı dışında, her iki istasyonda da deniz suyu sıcaklıkları sürekli olarak normallerin altında seyretmektedir.

Bahar döneminde her iki istasyon içinde 1997 yılı iki dereceye yakın sıcaklık düşüşünün görüldüğü en soğuk yıl olmaktadır. Ayrıca, 1992-97 yılları arasındaki altı yıllık dönemde genellikle deniz suyu sıcaklıkları normal değerlerin altında seyretmektedir.

Yaz döneminde, 1997 yılı bahar döneminde olduğu gibi soğumanın etkin olduğu yıl olmaktadır. Özellikle Bodrum istasyonunda bu yılda üç dereceye varan sıcaklık düşüşünün olduğu görülmektedir. Kuşadası istasyonunda ayrıca 1989 yılında iki dereceye varan sıcaklık düşüşü görülmektedir. Bu iki yıl haricinde yaz döneminde sıcaklık değerleri görece normal etrafında değişmektedir.

Güz döneminde her iki istasyonda da 1995-97 arasındaki üç yıllık dönemde en düşük anomalilerin en düşük seviyelerde olduğu görülmektedir. 1995 döneminde Bodrum istasyonunda  $-3^{\circ}\text{C}$ 'ye varan, Kuşadası'nda  $-2^{\circ}\text{C}$ 'ye varan soğumanın etkin

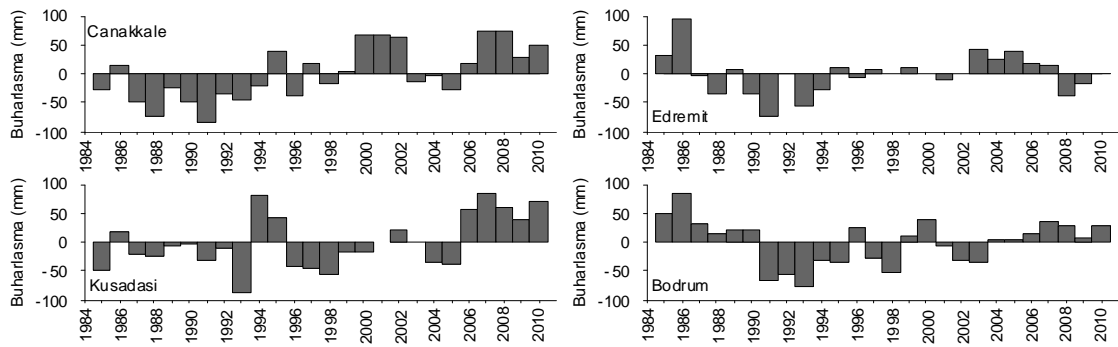


olduğu görülmektedir. 1998 yılından itibaren anomalilerin genel olarak pozitif değerler aldığı görülmektedir.

### 3.5 Açık Yüzey Buharlaşmasının Mevsimlere Bağlı Değişimleri

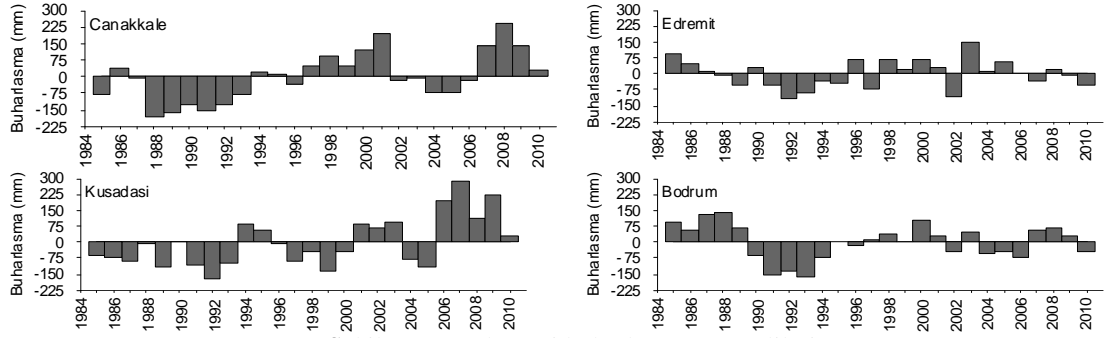
Açık yüzey buharlaşması miktarı ölçümünde istasyonların tümünde Class A Pan tipi yuvarlak buharlaşma havuzları kullanılmaktadır. DMI'den elde edilen buharlaşma verileri yılın tüm aylarını kapsamamaktadır. Bu nedenle, bahar dönemi nisan, mayıs ortalamaları, güz dönemi eylül, ekim ortalamaları kullanılarak incelenmektedir. Ayrıca Bodrum istasyonu haricinde diğer hiçbir istasyonda kış ölçümleri bulunmamaktadır. Çanakkale, Edremit, Kuşadası ve Bodrum istasyonuna ait 1985-2010 yılları arasındaki mevsimsel açık yüzey buharlaşması (mm) anomalileri Şekil 3.6 ve Şekil 3.9 arasında gösterilmektedir.

Bahar dönemini temsil eden Nisan Mayıs dönemi buharlaşma anomalilerinde Çanakkale istasyonunda, 1985-98 yılları arasında buharlaşma miktarlarının düşük seviyelerde olduğu görülmektedir (Şekil 3.5.1). Bu istasyonda, 2000 yılından sonra, 2003-2005 yılları arasındaki üç yıllık dönem haricinde, buharlaşma anomalileri her zaman pozitif değerler almaktadır. Edremit istasyonunda 2003-2007 yılları arasında, Bodrum istasyonunda 2004 yılı sonrasında ve Kuşadası istasyonunda 2006 yılı sonrasında pozitif anomaliler hakimdir. Negatif anomaliler Edremit'de 1988-94 arasında, Kuşadası'nda 1985-93 yılları arası ve 1996-2000 yılları arasında, Bodrum'da ise 1991-95 yılları arasında görülmektedir.



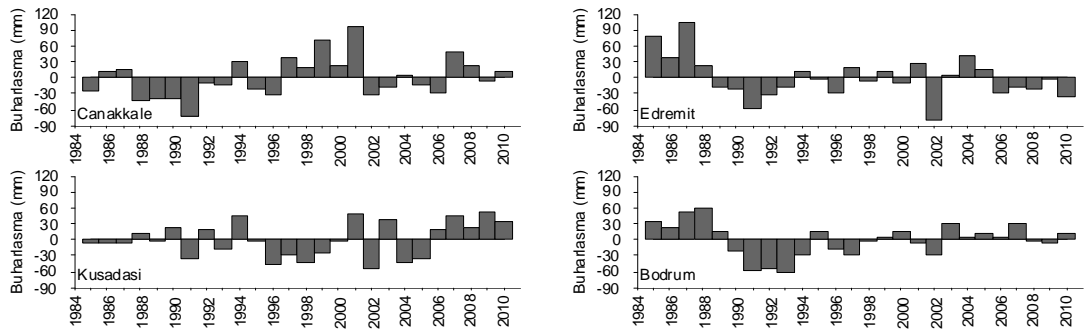
Şekil 3.6 Nisan, Mayıs dönemi buharlaşma anomalileri.

Yaz döneminde, Çanakkale’de 1988-93 ve 2002-06 yılları arası negatif anomaliler görülürken, Edremit istasyonunda 1991-95 yılları arasında, Kuşadası’nda 1985-1993 yılları arası ve Bodrum’da 1990-94 yılları arası negatif anomaliler görülmektedir (Şekil 3.7). Pozitif anomaliler Çanakkale’de 1997-2001 yılları arası ve 2007 yılı ve sonrasında etkin olurken, Bodrum’da 1985-89 yılları arasında ve Kuşadası’nda 2006 yılı ve sonrasında ve etkin olmaktadır.

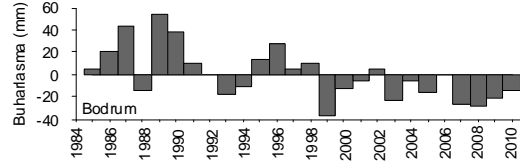


Şekil 3.7 Yaz dönemi buharlaşma anomalileri.

Güz aylarını temsil eden Eylül, Ekim döneminde Çanakkale istasyonunda, 1988-93 yılları arası ve 2002-2006 yılları arasında negatif anomaliler etkin olmakta, Edremit istasyonunda 1989-93 arası ve 2006 yılı ve sonrasında, Kuşadası’nda 1993-2000 yılları arası ve Bodrum istasyonunda 1990-94 yılları arasında negatif değerler görülmektedir (Şekil 3.8). Çanakkale istasyonunda 1997-2001 yılları arası, Edremit ve Bodrum istasyonlarında 1985-88 yılları arasında ve Kuşadası’nda 2006 yılı ve sonrasında pozitif değerler baskın olmaktadır.



Şekil 3.8 Eylül, Ekim dönemi buharlaşma anomalileri.



Şekil 3.9 Bodrum istasyonu kış dönemi buharlaşma anomalisi.

Kış döneminde sadece Bodrum istasyonu için ölçüm değerleri bulunmaktadır. Bu dönemde Bodrum'da 2003 yılı ve sonrası negatif değerler etkin olurken, 1985-91 yılları arası 1988 yılı haricinde pozitif anomali değerleri ile karakterize olmaktadır (Şekil 3.9).

### 3.6 Rüzgar Stresi ve Rüzgar Yönünün Mevsimlere Bağlı Değişimleri

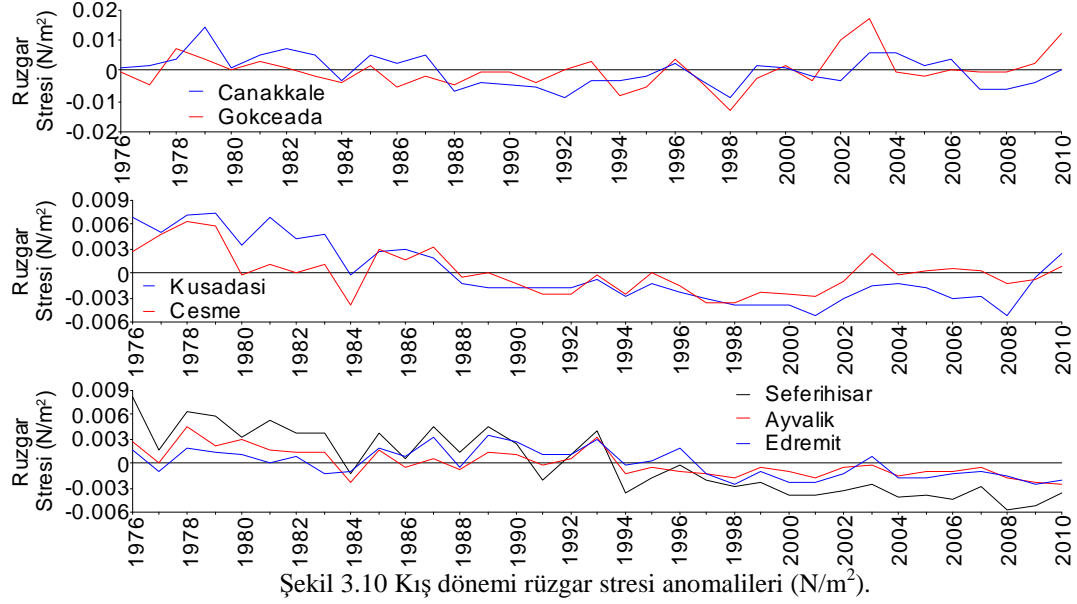
#### 3.6.1 Rüzgar Stresinin Mevsimlere Bağlı Değişimleri

Toplam yedi istasyona ait saatlik rüzgar şiddeti verileri (m/s) kullanılarak, Smith (1988)'e göre rüzgar stresi değerleri hesaplanmıştır. 1976-2010 yılları arası Çanakkale, Gökçeada, Seferihisar, Ayvalık, Edremit, Kuşadası, Çeşme istasyonlarına ait 35 yıllık mevsimsel rüzgar stresi ( $N/m^2$ ) zaman serileri Şekil 3.10 ve 3.13 arasında gösterilmektedir. Zaman serileri incelendiğinde, farklı istasyonlarda benzer eğilimler görülmektedir. Bu nedenle, benzer yapılar gösteren istasyonlar aynı grafikler içerisinde gruplanmıştır.

Kış döneminde yedi istasyonun tümünde 1976'dan 1984 yılına kadar olan süre boyunca rüzgar stresi anomali değerlerinin diğer yıllara oranla daha yüksek değerler aldığı görülmektedir (Şekil 3.10). Seferihisar, Ayvalık ve Edremit istasyonlarında, 1994 sonrasından 2010 yılına kadar olan sürede, rüzgar stresi değerleri sürekli olarak normallerin altında seyretmekte Kuşadası ve Çeşme istasyonlarında ise 1988 yılından 2010 yılına kadar olan süre boyunca negatif anomaliler etkin olmaktadır.

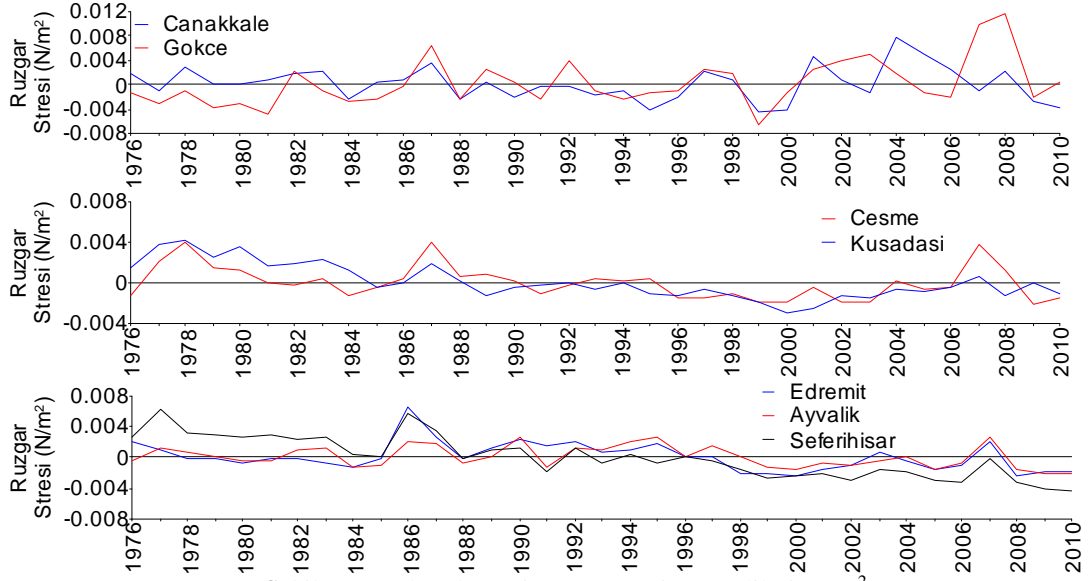
Bahar döneminde, 1986-87 yıllarında tüm istasyonlarda rüzgar stresinde  $0,004 N/m^2$  değerine ulaşan bir artış görülmektedir (Şekil 3.11). Benzer bir durum

2007-08 yıllarında görülmektedir. Bu yıllardaki artış özellikle Gökçeada istasyonunda  $0,012 \text{ N/m}^2$  değerine kadar ulaşmakta ve etkin olmaktadır.



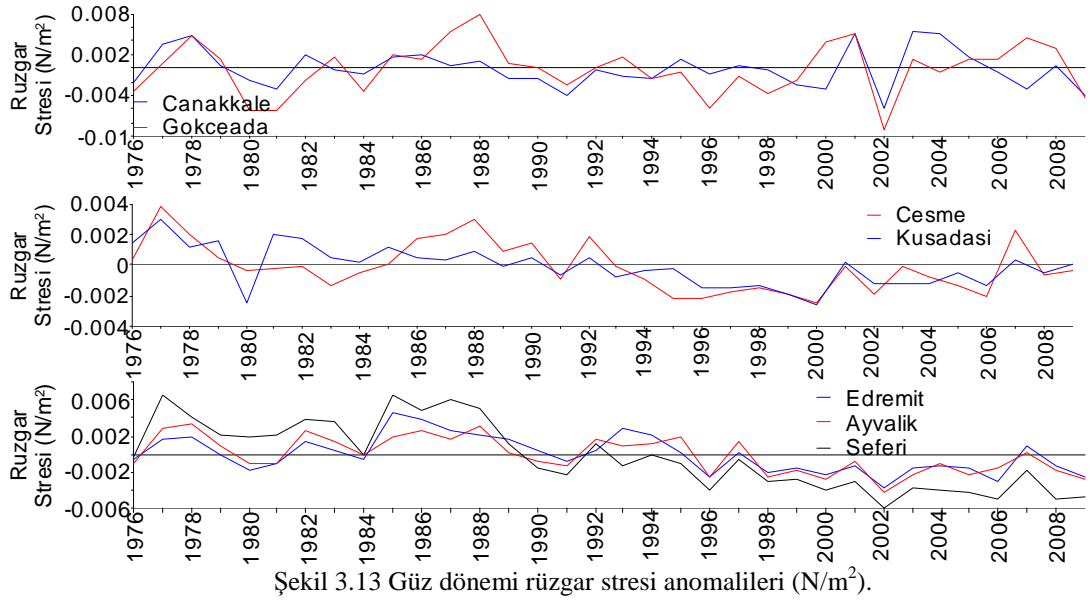
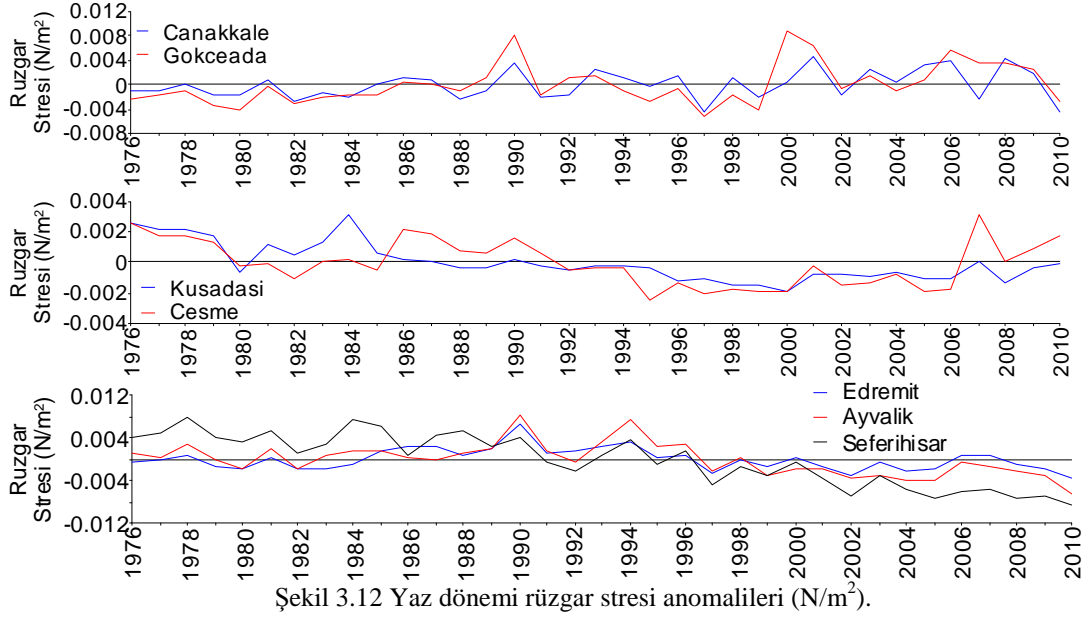
Bahar döneminde Çanakkale ve Gökçeada istasyonları 2001 yılından 2010 yılına kadar olan süre boyunca genellikle pozitif değerler göstermektedir. Edremit, Ayvalık ve Seferihisar istasyonlarında 1976-87 yıllarında pozitif değerler, 1988-96 arası ortalamaya yakın değerlerde, 1997-2010 arasında ise negatif eğilimler etkin olmaktadır. Kuşadası ve Çeşme istasyonlarında da benzer olarak üç dönem hakimdir: 1976-87 yılları arasında pozitif değerlerin, 1988-95 yılları arasında normale yakın değerlerin ve 1995 sonrası negatif eğilimlerin baskın olduğu görülmektedir.

Yaz döneminde, Çanakkale ve Gökçeada istasyonlarında, 1976-89 yılı arasındaki dönemde negatif anomaliler etkin olmaktadır (Şekil 3.12). 1990 yılından itibaren rüzgar stresi anomalisindeki değişkenlik artmaktadır. 2000 yılından itibaren pozitif yönelim daha çok görülmektedir. Edremit, Ayvalık ve Seferihisar istasyonlarında genel eğilim iki temel döneme ayrılmaktadır. 1976-96 arasındaki 22 yıllık sürede anomali değerleri hemen hemen sürekli olarak pozitif olmaktadır. 1997 yılından itibaren ise sürekli negatif değerler etkin olmaktadır. Benzer olarak Kuşadası ve Çeşme istasyonlarında da iki dönem görülmektedir: Bu istasyonlarda 1976-91 öncesi pozitif ve 1992 sonrası negatif eğilimlerin etkin olduğu görülmektedir.



Şekil 3.11 Bahar dönemi rüzgar stresi anomalileri ( $N/m^2$ ).

Güz dönemi rüzgar stresi değerleri Çanakkale ve Gökçeeda istasyonlarında kompleks bir yapı sergilemektedir (Şekil 3.13). 1989-98 yılları arasının diğer dönemlere göre normal değerlere daha yakın değerler aldığı görülmektedir. Çeşme ve Kuşadası istasyonlarında zaman serisi iki döneme ayrılabilir. 1976-92 yılı arasındaki dönemde rüzgar stresi anomali değerleri bundan sonraki döneme göre yüksek değerler almaktadır. 1993 sonrasında 2007 yılındaki pozitif değer haricinde sürekli negatif değerler görülmektedir. Benzer olarak Edremit, Ayvalık ve Seferihisar istasyonları da iki dönemde incelenebilir: Bu istasyonlarda, 1976-95 yılları arası pozitif değerlerin etkin olduğu dönemdir. 1996 sonrasında ise hemen hemen tüm anomali değerleri negatif değerdedir.



### 3.6.2 Rüzgar Yönlerinin Mevsimlere Bağlı Değişimleri

1976-2010 yılları arası Çanakkale, Gökçeada, Seferihisar, Ayvalık, Edremit, Kuşadası ve Çeşme istasyonlarına ait, 35 yıllık kış ve yaz dönemlerine ait rüzgar yönü zaman serileri Şekil 3.14 ve 3.17 arasında gösterilmektedir. DMİ'nden elde edilen rüzgar yönü değerleri 0 ile 337,5 derece arasında toplam 16 yöne ait değerleri içermektedir. Grafiklerde her bir yöne ait toplam gözlem sayısı değerleri

normalleştirilerek verilmektedir. Bu sayede ilgili yıla ve mevsime ait baskın rüzgar yönlerinin zamana bağlı değişimleri incelenebilmektedir.

Gökçeada'da kış ve yaz dönemlerinde kuzeyli rüzgarlar hakim olmakla beraber baskın rüzgar yönlerinde yıllara bağlı değişimler görülmektedir (Şekil 3.14). Kış döneminde, 1976-89 yılları arasında özellikle kuzeydoğu ve kuzey-kuzeydoğu yönleri hakim olmaktadır. 1990-91 yıllarında iki yıllık bir süre için hakim rüzgar yönü doğu-kuzeydoğu'ya değişmektedir. Bu değişimden sonra, 1992 yılından 2003 yılına kadar olan süre boyunca kuzey-kuzeydoğu ve güney-güneybatı hakim rüzgar yönlerini oluşturmaktadır. 2004 yılından sonra kuzey-kuzeydoğu ve güney yönünden esen rüzgarlar hakim olmaktadır. Yaz döneminde, 1976-89 yılına kadar olan süre boyunca, kuzey ve kuzey-kuzeydoğu'dan esen rüzgarlar hakimdir. Kış dönemine benzer olarak, 1990 ve 1991 yıllarında da hakim rüzgar yönünde doğu-kuzeydoğu'ya değişim olmaktadır.

Çanakkale'de rüzgar yönleri yıllar içerisinde çok büyük bir değişim göstermemekte, görece istikrarlı bir yapı sergilemektedir (Şekil 3.14). Kış ve yaz dönemlerinde çok büyük oranda kuzeydoğu ve kuzey-kuzeydoğu yönleri baskındır. Ancak 2005 ve 2006 yıllarında ve kış 2002 yılında hakim rüzgar yönü doğu-kuzeydoğu olarak değişmektedir.

Çeşme istasyonunda kış ve yaz dönemleri arasında baskın rüzgar yönlerinde farklılıklar vardır (Şekil 3.15). Kış döneminde genellikle kuzeyli ve güneyli rüzgarlar etkin olmakta, yaz döneminde ise kuzey-kuzeybatı baskın yönü oluşturmaktadır. Ancak 1985, 1986 ve 1992 yazlarında baskın yön kuzey olmaktadır.

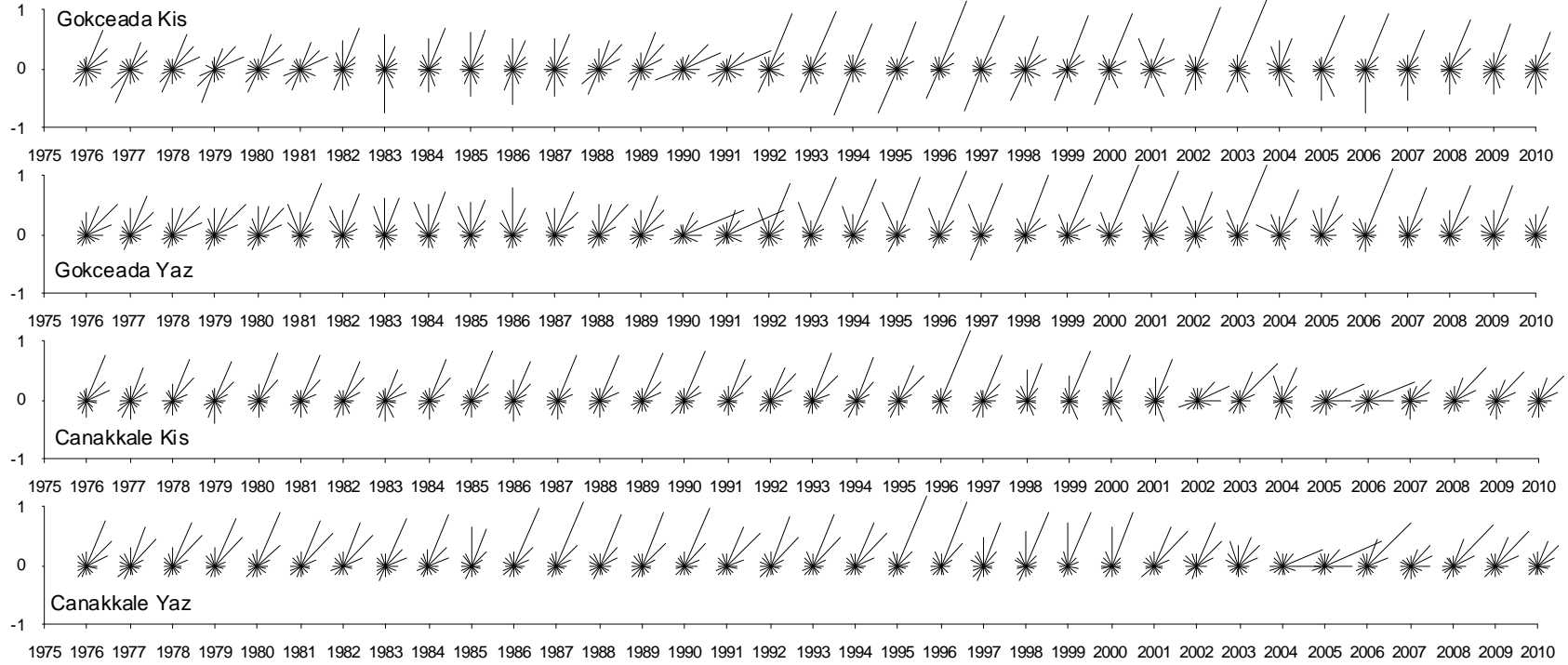
Kuşadası istasyonunda kış döneminde, 1976-81 yılları arasında kuzey-kuzeybatı ve doğu-güneydoğu yönleri, 1982 yılından sonraki dönemde kuzey ve doğu-güneydoğu yönleri hakim rüzgar yönlerini oluşturmaktadır (Şekil 3.15). Yaz dönemi kış dönemine benzer özellikler göstermekte, kuzey-kuzeybatı ve doğu-güneydoğu yönleri hemen hemen tüm yıllarda baskın yönleri oluşturmaktadır.

Edremit istasyonunda, kış ve yaz dönemlerinde 1976-84 yılları arasında baskın rüzgar yönünde değişimler görülmektedir (Şekil 3.16). 1976-78 yılları arasında baskın rüzgar yönü kuzeydoğu iken 1979, 1980, 1982 ve 1984 yazlarında ve 1980 ve 1984 kışlarında daha çok güneyli rüzgarlar etkin olmaktadır. 1984 yılından sonra, kış ve yaz dönemlerinde kuzey-kuzeydoğu ve kuzeydoğu yönleri baskın yönleri oluşturmaktadır.

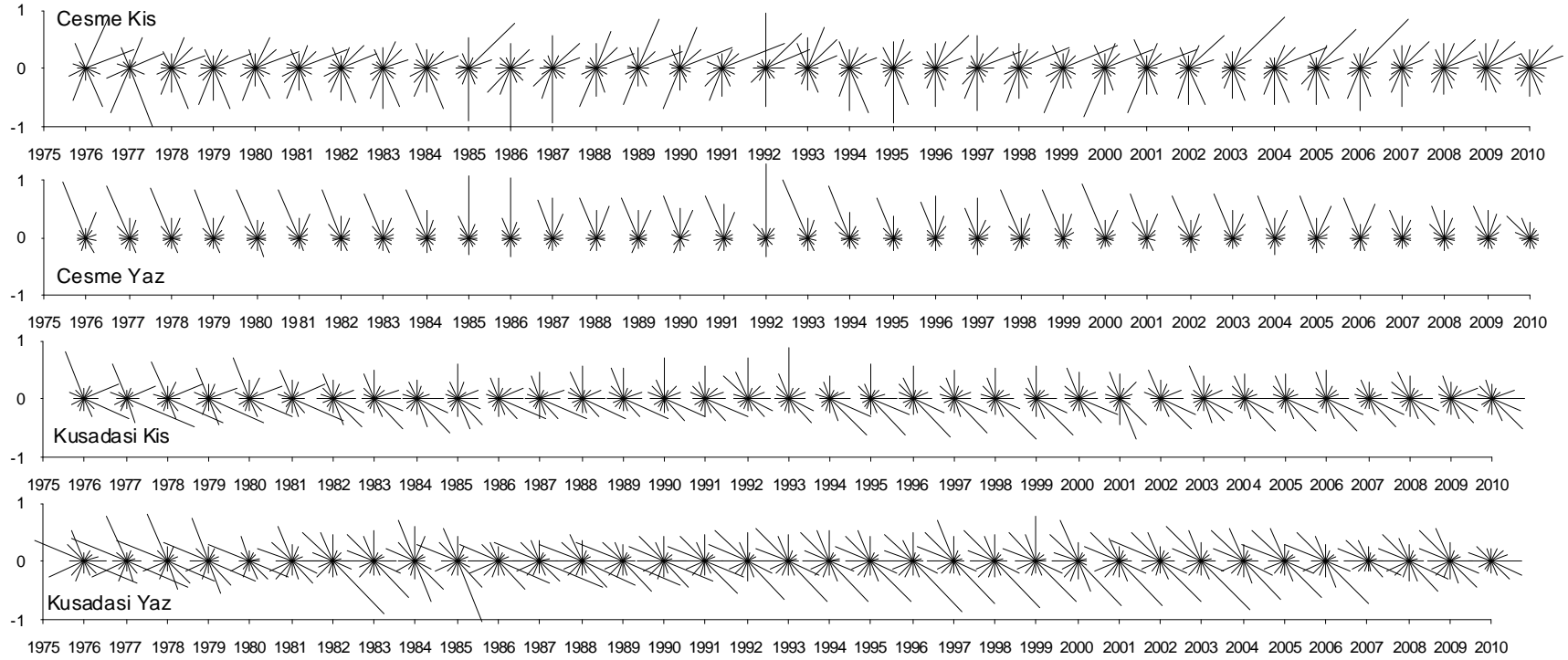
Ayvalık istasyonunda, kış döneminde, hem güneyli hem de kuzeyli rüzgarların etkisi görülürken yaz dönemi çok büyük oranda kuzeyli rüzgarların etkisi altındadır (Şekil 3.16). Kış döneminde, kuzey-kuzeydoğu, güney ve güney-güneydoğu yönlerinden esen rüzgarlar hakim olmaktadır. Yaz döneminde, kuzey, kuzey-kuzeydoğu ve kuzeydoğu yönleri baskın yönleri oluşturmaktadır. Ayrıca, 1991 ve 1992 kışlarında güneyli rüzgarların etkisinin görece azaldığı ve kuzey-kuzeydoğu yönünün etkisinin artmış olduğu görülmektedir. Aynı etki yaz 1991 ve 1992 yıllarında da görülmektedir.

Seferihisar istasyonunda, 1991-96 ve 2002-10 kışlarında kuzey'den esen rüzgarlar baskın yönü oluşturmakta, diğer yıllarda kuzey-kuzeybatı yönü baskın yönü oluşturmaktadır (Şekil 3.17). Yaz dönemi de benzer özellikler göstermekte, kuzey ve kuzey-kuzeybatı yönü baskın rüzgar yönlerini oluşturmaktadır.

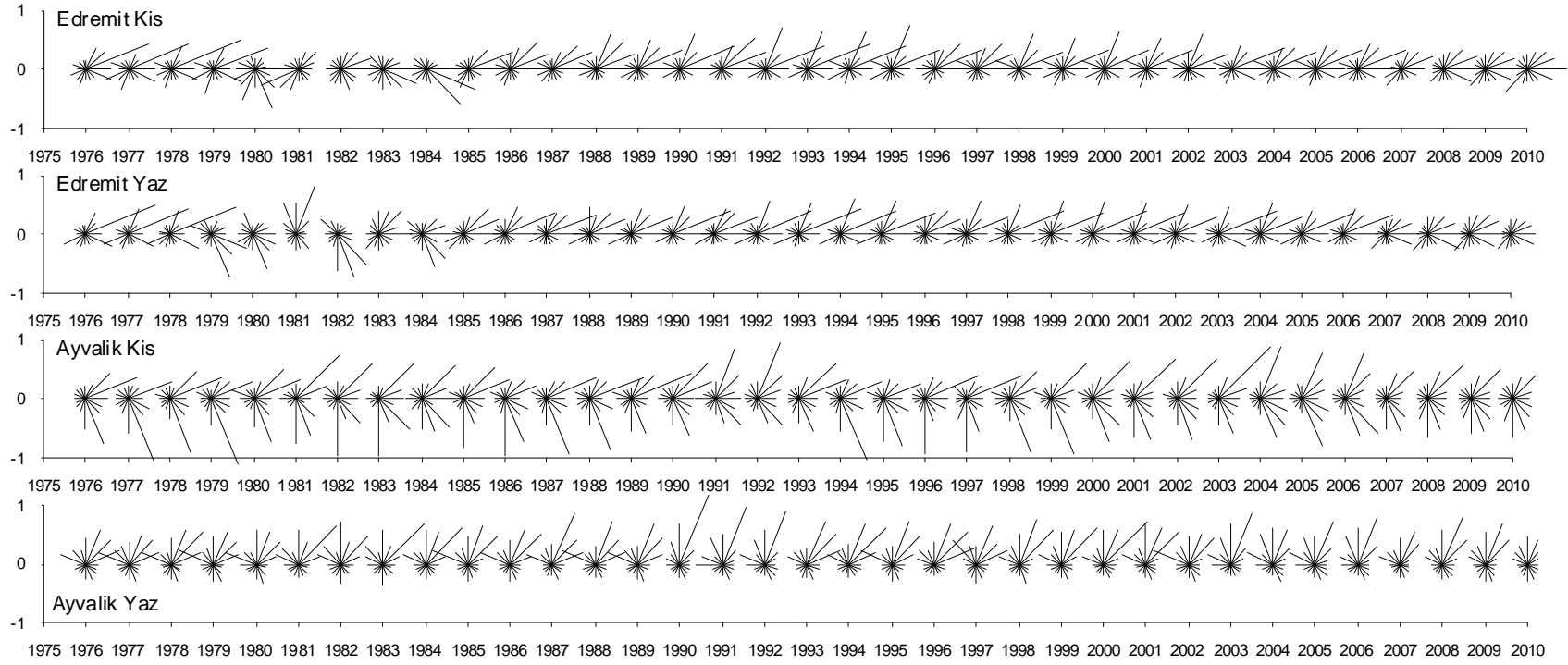




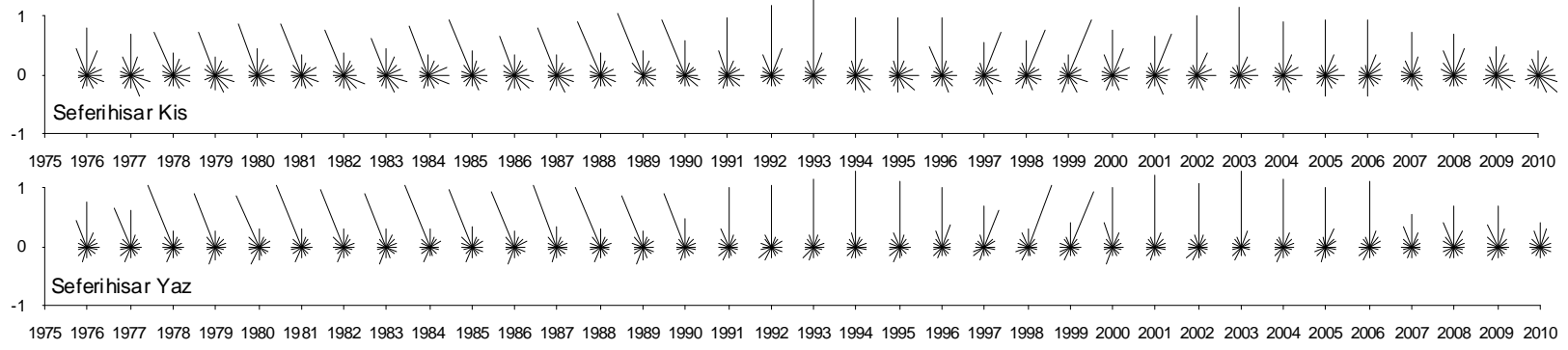
Şekil 3.14 Gökçeada ve Çanakkale istasyonları kış ve yaz dönemi rüzgar yönlerinin 1976-2010 yılları arasındaki değişimleri.



Şekil 3.15 Çeşme ve Kuşadası istasyonları kış ve yaz dönemi rüzgar yönlerinin 1976-2010 yılları arasındaki değişimleri.



Şekil 3.16 Edremit ve Ayvalık istasyonları kış ve yaz dönemi rüzgar yönlerinin 1976-2010 yılları arasındaki değişimleri.



Şekil 3.17 Seferihisar istasyonu kış ve yaz dönemi rüzgar yönlerinin 1976-2010 yılları arasındaki değişimleri.

## **BÖLÜM DÖRT**

### **EGE DENİZİ UZUN DÖNEMLİ YÜZEY SUYU SICAKLIK (SST) DEĞİŞİMLERİ**

#### **4.1 Ege Denizi İklimsel SST Yapıları**

Mevsimsel ve aylık klimatolojik SST dağılımları, 25 yıllık AVHRR SST ortalamaları kullanılarak oluşturulmuştur. Temel analiz, uzun dönemli mevsimsel ve aylık SST ortalama dağılımları kullanılarak yapılmıştır. Kış dönemi ortalamaları hesaplanırken ilgili yıldan bir önceki yıla ait aralık ayı kullanıldığı için kış zamanı ortalamaları 1986-2009 yılları arasındaki dönemi kapsamaktadır. Bahar, yaz ve güz dönemleri 1985-2009 yıllarına ait veri setlerinin ortalamasıdır. Her ayın kendine özgü temel yüzey yapılarını inceleyebilmek için, tüm grafiklere ait renk paleti serbest bırakılmıştır. Her bir mevsime karşılık gelen aylar ve mevsimsel dağılımlar beraber olacak şekilde gruplanmıştır ve Şekil 4.3 ve Şekil 4.6 arasında dört mevsim ve ilgili aylar grafikler aracılığı ile gösterilmektedir.

Çalışma alanının diğer havzaları da kapsayacak şekilde tanımlanması nedeni ile Ege Denizi'nin yanında tüm Marmara Denizi klimatolojik yapıları ve Karadeniz'in İstanbul Boğazı çıkışındaki değişimlerde incelenebilmektedir. Grafiklerin yorumlanmasında CTD yüzey dağılımlarının SST dağılımları ile karşılaştırmalarından yararlanılmıştır.

Uydu verisindeki çözünürlüğün yeterli olmaması ve ya tüm süreçlerin her zaman ayırt edilebilecek sıcaklık farklılıkları oluşturmaması nedeniyle, çalışma alanı içerisinde etkin olan her bir oşinografik süreç SST dağılımlarında ayırt edilememektedir. SST yapıları, ilgili literatür ve CTD yüzey dağılımlarından elde edilen bilgiler ışığında yorumlanmıştır. Buna göre Ege Denizi'ndeki uzun dönemli SST dağılımlarında; soğuk Karadeniz kökenli suların Ege Denizi içerisindeki yayılımı, sıcak Levantine sularının Ege Denizi'ne etkileri, upwelling ve downwelling süreçleri ön plana çıkmaktadır. Bunun yanında, Asya Minör Akıntısı (Asia Minor

Current, AMC), Rodos ve Ierapetra döngüleri SST yüzey dağılımlarında gözlenebilmektedir.

Kış ve bahar dönemlerine ait oluşturulan aylık ortalama SST dağılımları ile aynı zamanlı oluşturulan CTD 2m derinlikteki sıcaklık ve tuzluluk dağılımları bölgede etkin olan su özelliklerini araştırmak amacıyla karşılaştırılmıştır. CTD dağılımlarında kullanılan verilere ait özellikler Tablo 4.1’de listelenmektedir.

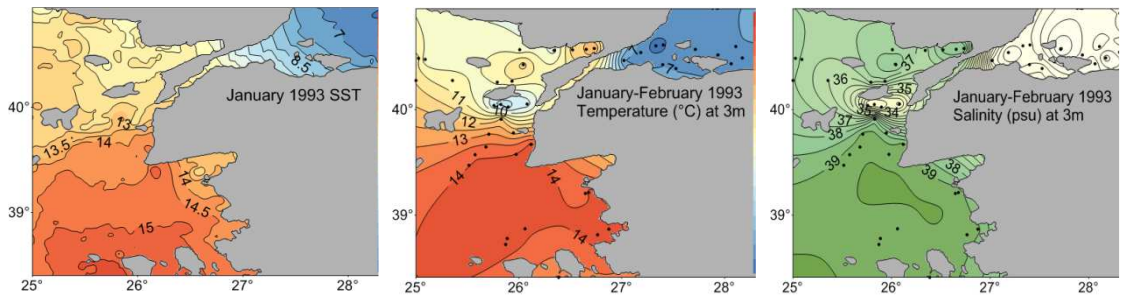
Tablo 4.1 SST yüzey dağılımlarının karşılaştırılmasında kullanılan CTD verilerine ait özellikler

Sefer	İstasyon Sayısı	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi
Eb93	53	18.01.1993	21.02.1993
Eb95	28	18.04.1995	21.05.1995

#### 4.1.1 Kış Dönemi (Aralık-Şubat)

Kuzey Ege’de SST dağılımlarının soğuk ve homojen bir su yapısı göstermesine rağmen, CTD dağılımlarından elde edilen bilgiler ışığında bu yapının; Çanakkale Boğazı’ndan gelen soğuk ve az tuzlu Karadeniz kökenli sular, Yunanistan Kıyılarında etkin olan nehir girdileri ve Ege Denizi’nin kendi yüzey suları olabileceği görülmektedir (Şekil 4.1)

Kış döneminde Ege Denizi SST dağılımı genel olarak kuzey-güney ve batı-doğu yöneliminde sıcaklık artışının olduğu bir yapı göstermektedir (Şekil 4.3). Bu yapının Kuzeyde Karadeniz kökenli suların yayılımı ve güneyde Asia Minor Akıntısının (Asia Minor Current, AMC) etkisi nedeniyle oluştuğu görülmektedir.



Şekil 4.1 Ocak 1993 SST dağılımları ile Ocak-Şubat 1993 2 m CTD sıcaklık ve tuzluluk yapılarının karşılaştırılması.

Ege Denizi'nin Akdeniz'e bağlandığı doğu kısmında, Rhodos Döngüsü görece düşük sıcaklık merkezi ile ve Girit adasının güney doğusundaki Ierapetra Döngüsü yüksek sıcaklık merkezi ile kış dönemi boyunca etkin olmaktadır. Rhodos Döngüsü'nün hemen kuzeyinde sıcak AMC ayırt edilmektedir. Doğu Akdeniz'de Türkiye kıyıları boyunca ilerleyen AMC'nin, Karpathos, Rhodos ve Türkiye arasındaki boğazlardan geçerek Ege Denizi'ne Levantine kökenli sıcak suları taşımaktadır. Akıntının getirdiği sıcak sular Türkiye kıyıları boyunca ilerleyerek Limnos Adası'nın güneyine kadar ulaşmaktadır. Bu nedenle, Kış döneminde Orta Ege ve Güney Ege'nin özellikle Türkiye kıyılarına yakın bölgeleri Yunanistan kıyılarına göre daha sıcak bir yapı göstermektedir.

Kış dönemi boyunca Kuzey Ege'nin Orta ve Güney Ege'ye oranla Karadeniz kökenli soğuk suların etkisi nedeniyle çok daha düşük sıcaklıkta olduğu görülmektedir. Tüm Kuzey Ege'de yayılım gösteren Karadeniz kökenli soğuk ve az tuzlu sular ile Türkiye kıyıları boyunca etkin olan tuzlu ve sıcak Levantine kökenli suların bulunduğu ara bölgede yüzey suyu sıcaklık cephesi oluşmaktadır. Bu sıcaklık cephesi Aralık ayında Çanakkale Boğazı çıkışı ve Limnos Adası'nın güneyi arasındaki bölgede oluşmakta, Ocak ve Şubat aylarında batıya doğru etkinliğini arttırarak Soporades adaları ve Sykros adasına ulaşmakta ve Chihos havzasının Yunanistan kıyılarına yakın bölgesi boyunca etkin olmaktadır.

#### **4.1.2 Bahar Dönemi (Mart-Mayıs)**

CTD ve SST dağılımlarının karşılaştırılmasında, Levantin Yüzey Suları, Güney Ege'de, Türkiye kıyılarına yakın bölgelerde, görece sıcak SST yapıları göstermesi ile kolayca ayırt edilebilmektedir. Ayrıca Kuzey Ege'de Türkiye kıyılarına yakın bölgelerde bulunan sıcak suların Levantine kökenli sıcak ve tuzlu sular olduğu görülmektedir (Şekil 4.2).

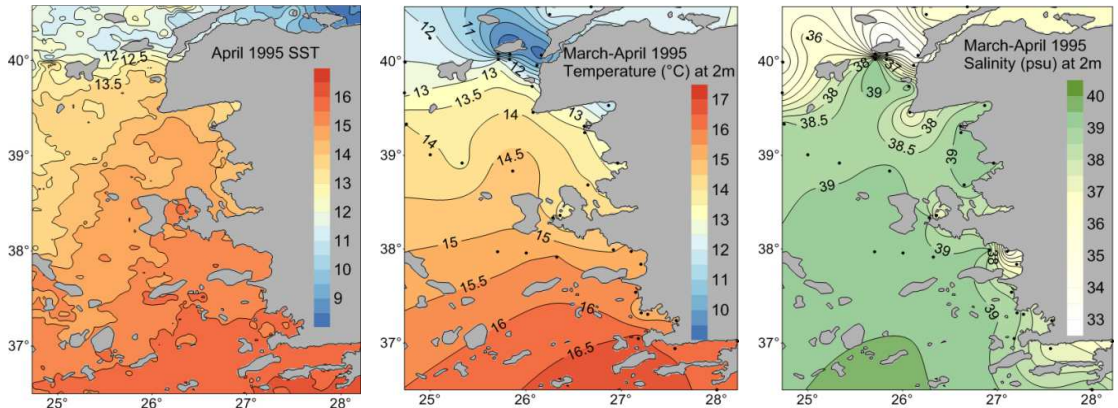
Kış dönemine benzer olarak, bahar dönemi SST dağılımları da Kuzey'de soğuk Karadeniz kökenli sular ve Güney ve Orta Ege'de sıcak Levantine kökenli suların

etkisi altındadır. Ancak Mayıs ayı SST dağılımları, Mart ve Nisan aylarına göre farklı bir yapı göstermektedir (Şekil 4.4)

Mart Nisan aylarında, Levantin Havzası ile Güney Ege ve Orta Ege arasındaki sıcaklık farkları bahar döneminde düşük seviyede olup diğer mevsimlere oranla daha homojen bir SST dağılımı göstermektedir. Mart ve Nisan aylarında Kuzey Ege Karadeniz kökenli suların etkisi altındadır ve Karadeniz kökenli sular ile Levantine suları arasında oluşan sıcaklık cephesi bu aylarda da etkinliğini sürdürmektedir. Buna karşın, Mayıs ayında sıcaklık cephesinin etkinliğini yitirdiği görülmektedir. Bu nedenle Kuzey ve Orta Ege arasındaki sıcaklık farkı azalmakta buna karşın Orta Ege'nin güney kesimi ile Güney Ege'nin kuzeyi arasında sıcaklık cephesi oluşmaktadır.

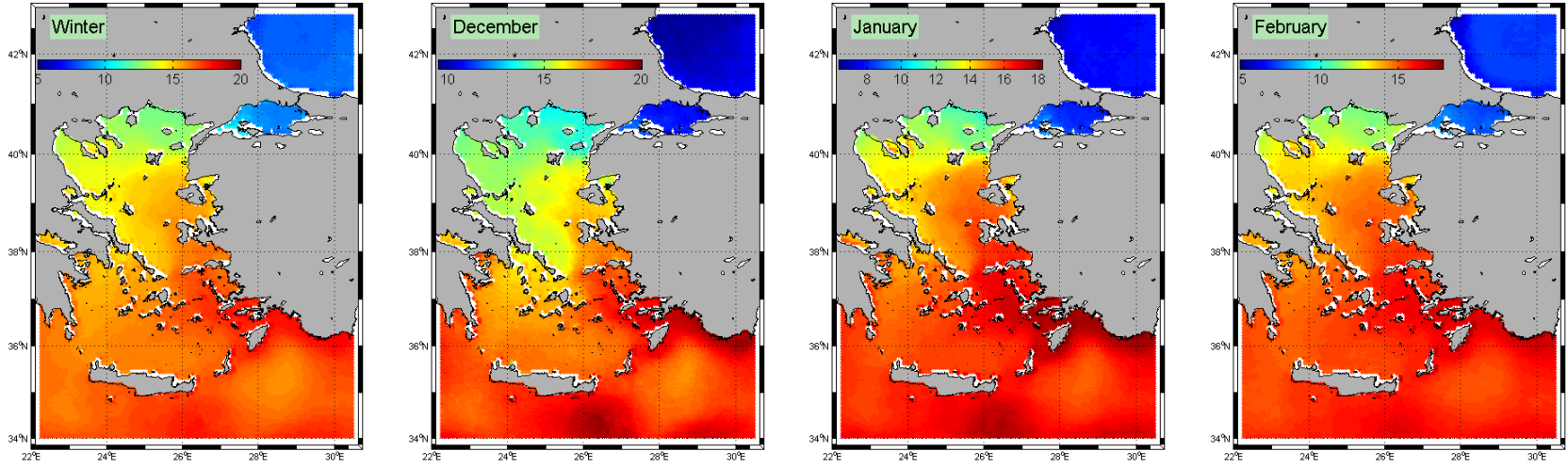
Rhodos ve Ierapetra döngüleri kış dönemine kıyasla daha az belirgin olsa da tüm bahar dönemi boyunca sırası ile düşük ve yüksek sıcaklık merkezi ile bu dönemde de ayırt edilebilmektedir.

AMC yine bu dönemde de etkin ve Ege Denizi'ne Levantine kökenli suları taşımaktadır. Güney Ege Denizi'nde AMC nedeniyle batı doğu yöneliminde sıcaklık artışı görülmektedir. AMC'nin Mayıs ayında Ege'deki etkisi azalmaya başlamakta etki orta Ege'nin güney kesimine kadar ulaşabilmektedir.

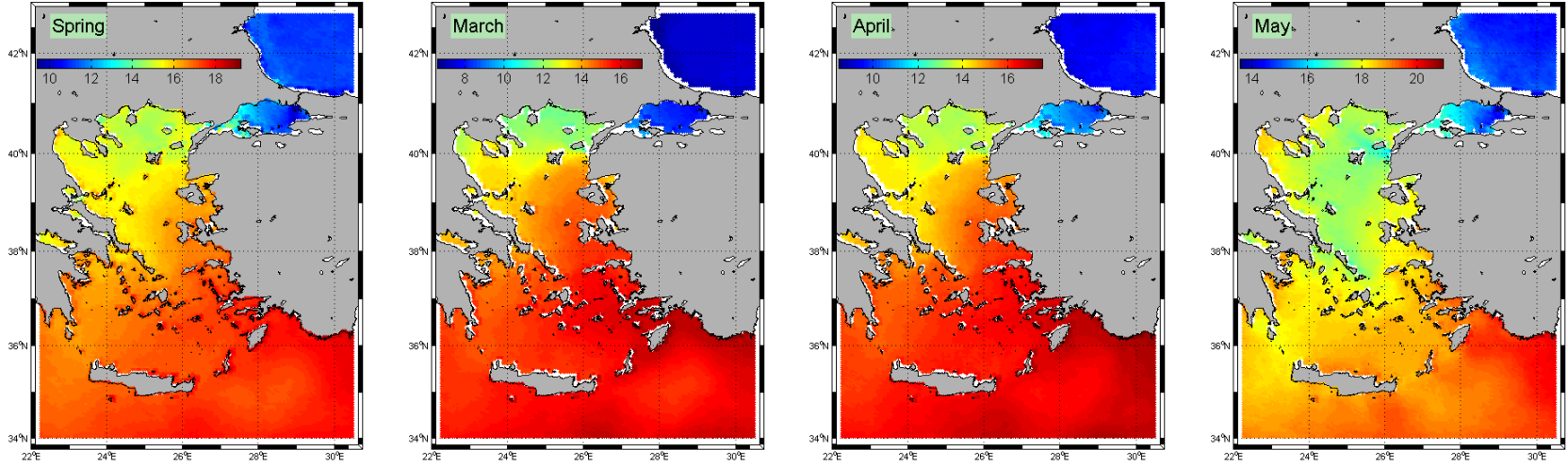


Şekil 4.2 Nisan 1995 SST dağılımları ile Mart-Nisan 1995 2 m CTD sıcaklık ve tuzluluk yapılarının karşılaştırılması.





Şekil 4.3 Aralık, Ocak ve Şubat ayları için oluşturulan 25 yıllık ortalama SST dağılımları ve kış dönemi klimatolojik SST dağılımı.



Şekil 4.4 Mart, Nisan ve Mayıs ayları için oluşturulan 25 yıllık ortalama SST dağılımları ve bahar dönemi klimatolojik SST dağılımı.

#### **4.1.3 Yaz Dönemi (Haziran-Ağustos)**

Yaz döneminde Ege Denizi'nde kuzeyli Etesian rüzgar sistemi etkindir. Bu rüzgar yapısı Türkiye kıyıları ve Yunanistan adalarının doğu kıyıları boyunca yukarıya taşınma neden olmaktadır (Theocharis ve Georgopoulos, 1993). Büyük olasılıkla bu etki nedeni ile SST dağılımlarında Gökçe Ada'nın güneyi'ne kadar uzanan tüm Türkiye kıyıları ve Orta Ege'nin büyük bir kısmı Ege Denizi'nin diğer bölgelerine göre 2-3 °C daha soğuk olmaktadır. Etesian rüzgar sisteminin Yunanistan kıyıları boyunca downwelling oluşturması nedeni ile (Lascaratos, 1992) Türkiye kıyıları ve Yunanistan kıyıları arasında doğu'dan batıya doğru artan bir sıcaklık gradienti oluşmakta ve Kuzey'den güneye uzanan bir sıcaklık cephesi yaratmaktadır (Şekil 4.5). Yaz Dönemi boyunca görülen yüzey suyundaki bu soğuma ayrıca atmosferde yüksek bir statik kararlılık oluşturmakta ve Etesian rüzgar sistemini güçlendirici bir geri besleme sistemi gibi etki etmektedirler (Metaxas, 1973).

Yüzey sularındaki soğuma haziran ayında Türkiye kıyıları boyunca başlamakta, Temmuz ayında maksimum yayılıma ulaşmaktadır. Temmuz ayında Türkiye kıyıları boyunca etkin olan soğuk sular Girit Adası'nın doğu kısmındaki kanallardan geçerek Akdeniz'e ulaşmaktadır. Özellikle temmuz ve ağustos aylarında etkin olan soğuma nedeni ile bu aylarda Türkiye kıyıları ve Orta Ege'nin büyük bir kısmı Karadeniz'den 1-2 °C daha soğuk olmaktadır.

Tüm yaz dönemi boyunca Doğu Akdeniz'de Türkiye kıyıları boyunca sıcak Levantine kökenli sular hakimdir. Bu sular Rodos Adası Türkiye arasındaki boğazda soğuk Ege Denizi suları karşılaşmakta ve bu bölgede keskin bir sıcaklık cephesi oluşturmaktadır. Kış ve bahar aylarında Ege Denizi'ne giren Levantine kökenli sıcak sular yaz döneminde Rodos Adası'nın güneyine yönelmektedir.

#### **4.1.4 Güz Dönemi (Eylül-Kasım)**

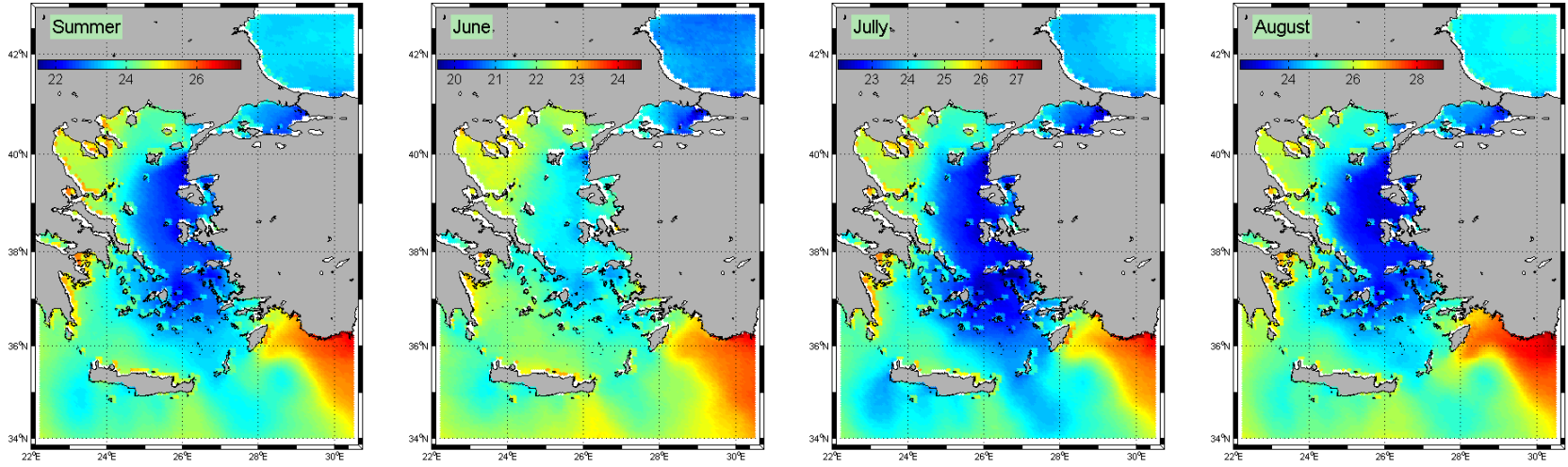
Eylül, ekim ve kasım aylarının farklı yapılar gösterdiği güz zamanı SST dağılımları geçiş dönemi özellikleri sergilemektedir. Bu dönemde, özellikle Türkiye

kıyıları boyunca gözlenen yukarıya taşınım suları etkinliğini yavaşça yitirmekte buna karşın Karadeniz kökenli sular tekrar etkinliğini arttırmaktadır (Şekil 4.6). Ayrıca, sıcak Levantine kökenli sular Ege Denizi'nde etkin olmaya başlamaktadır.

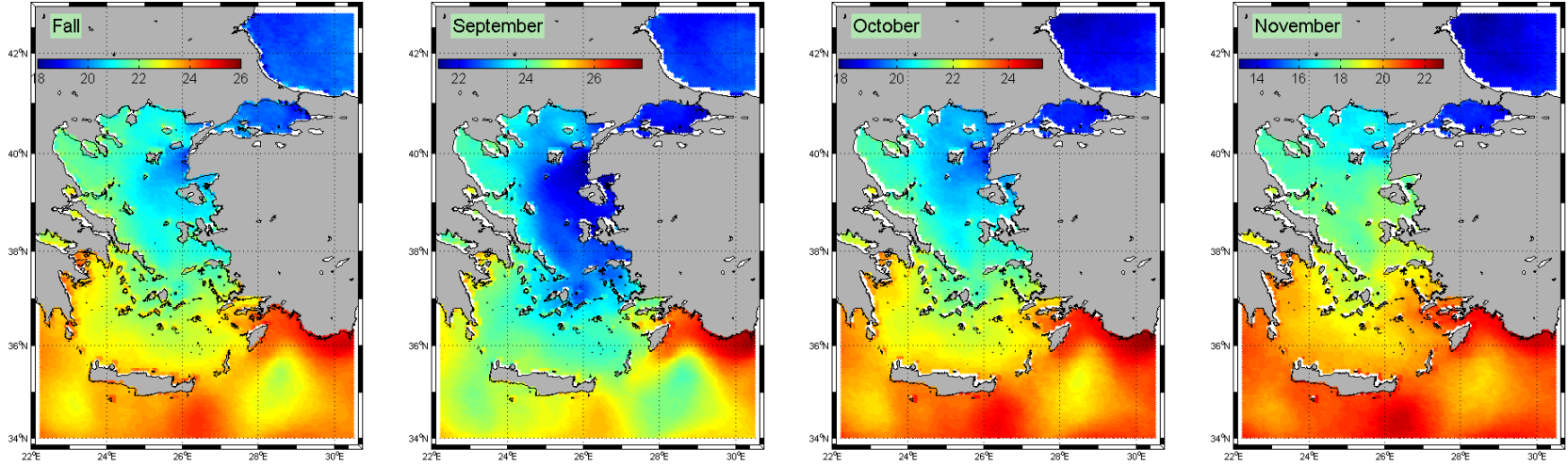
Temmuz ve ağustos aylarında Orta ve Güney Ege'de etkin olan genel SST yapısı, eylül ayında da etkinliğini devam ettirmektedir. Ancak, eylül ayında, yaz aylarında Rodos Adasında görülen keskin yüzey suyu sıcaklık cephesi kaybolmakta ve AMC güney Girit Adası'nın doğusundaki boğazlardan geçmeye başlayarak Ege'nin güney bölgelerini sıcak Levantine suları etkilemeye başlamaktadır. Bu nedenle, Türkiye kıyıları boyunca etkin olan soğuk SST yapısının kuzey bölgelere doğru çekildiği görülmektedir. Yaz aylarında görece sıcak olan Kuzey Ege'nin doğu bölgeleri Karadeniz kökenli suların etkinliğini arttırmaya başlaması nedeni ile soğumaya başlamaktadır.

Ekim ayında yukarıya taşınım etkisi kaybolmaktadır. Kuzey ve Orta Ege'de Karadeniz kökenli suların etkisi hakim olmaktadır. AMC Güney Ege'de etkinliğini arttırmaktadır. Kasım ayında Levantine kökenli sıcak sular Türkiye kıyıları boyunca etkin olmaya başlamakta ve Orta Ege'ye kadar penetre etmiş durumda. Upwelling etkisi hemen hemen tamamen kaybolmuş durumdadır. Çanakkale Boğazı çıkışında kuzeye yönelen Karadeniz kökenli sular Saros Körfezi ve Limnos Adası'nın kuzey bölgelerinde soğuk SST dağılımı ile ayırt edilmektedir.

Yaz aylarında SST dağılımlarında etkisi kaybolan Ierapetra döngüsü eylül aylarında tekrar oluşmaya başlamakta, ekim ve kasım aylarında yüksek sıcaklık merkezi ile kararlı hale gelmektedir. Tüm yaz dönemi boyunca görülen Rodos döngüsü, Iopetra döngüsü'nün kuzeyi ve AMC arasındaki bölgede düşük sıcaklık merkezi ile etkin olmaktadır.



Şekil 4.5 Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları için oluşturulan 25 yıllık ortalama SST dağılımları ve yaz dönemi klimatolojik SST dağılımı.



Şekil 4.6 Eylül, Ekim ve Kasım ayları için oluşturulan 25 yıllık ortalama SST dağılımları ve güz dönemi klimatolojik SST dağılımı.

## 4.2 Kış ve Yaz Dönemi SST Anomali Dağılımları

SST dağılımlarının kış ve yaz dönemlerindeki değişimlerini inceleyebilmek amacıyla kış ve yaz dönemlerine ait anomali dağılımları oluşturulmuştur. Her bir yıl için hesaplanan mevsimsel ortalama yüzey dağılımlarından, uzun zamanlı (25 yıllık) klimatolojik dağılımlar piksel bazında çıkarılarak mevsimsel bazda anomali dağılımları elde edilmiştir. Sonuç olarak her bir yıla ait mevsimsel anomali dağılımları, ilgili yılın mevsimsel ortalama dağılımlarında ve ilgili mevsime ait klimatolojik dağılımlarda aynı lokasyonda eşleşen her bir piksel değerinin farkları alınarak hesaplanmıştır. Bu sayede Ege Denizi'nde kış ve yaz dönemleri SST dağılımlarının, 25 yıllık Ege Denizi klimatolojik dağılımından farklılıkları ve bu farklılıkların zamana bağlı değişimleri incelenebilmektedir.

### 4.2.1 Kış Dönemi

1986-2009 yılları dönemini kapsayan 24 yıl boyunca elde edilen, kış dönemi (aralık, ocak, şubat) SST anomali dağılımları Şekil 4.7'de gösterilmektedir. 1986 yılında Karadeniz, Marmara Denizi, Türkiye Kıyıları ve Girit Adası'nın güney kesimlerinde pozitif değerler etkin olmaktadır. 1987 yılında özellikle Girit Adası'nın güney, güneydoğu kesimleri negatif değerler gösterirken Kuzey Ege'nin büyük bir kısmı pozitif değerler göstermektedir. 1988 yılında en düşük değerler Girit Adası'nın güney bölgesinde dağılım göstermektedir. 1989 yılında Ieropetra Döngüsü'nün bulunduğu bölge haricinde tüm çalışma alanı oldukça düşük anomali dağılımlarının etkisi altındadır. En düşük değerler Ieropetra Döngüsü'nün doğu kısmında ve Kuzey Ege'de görülmektedir.

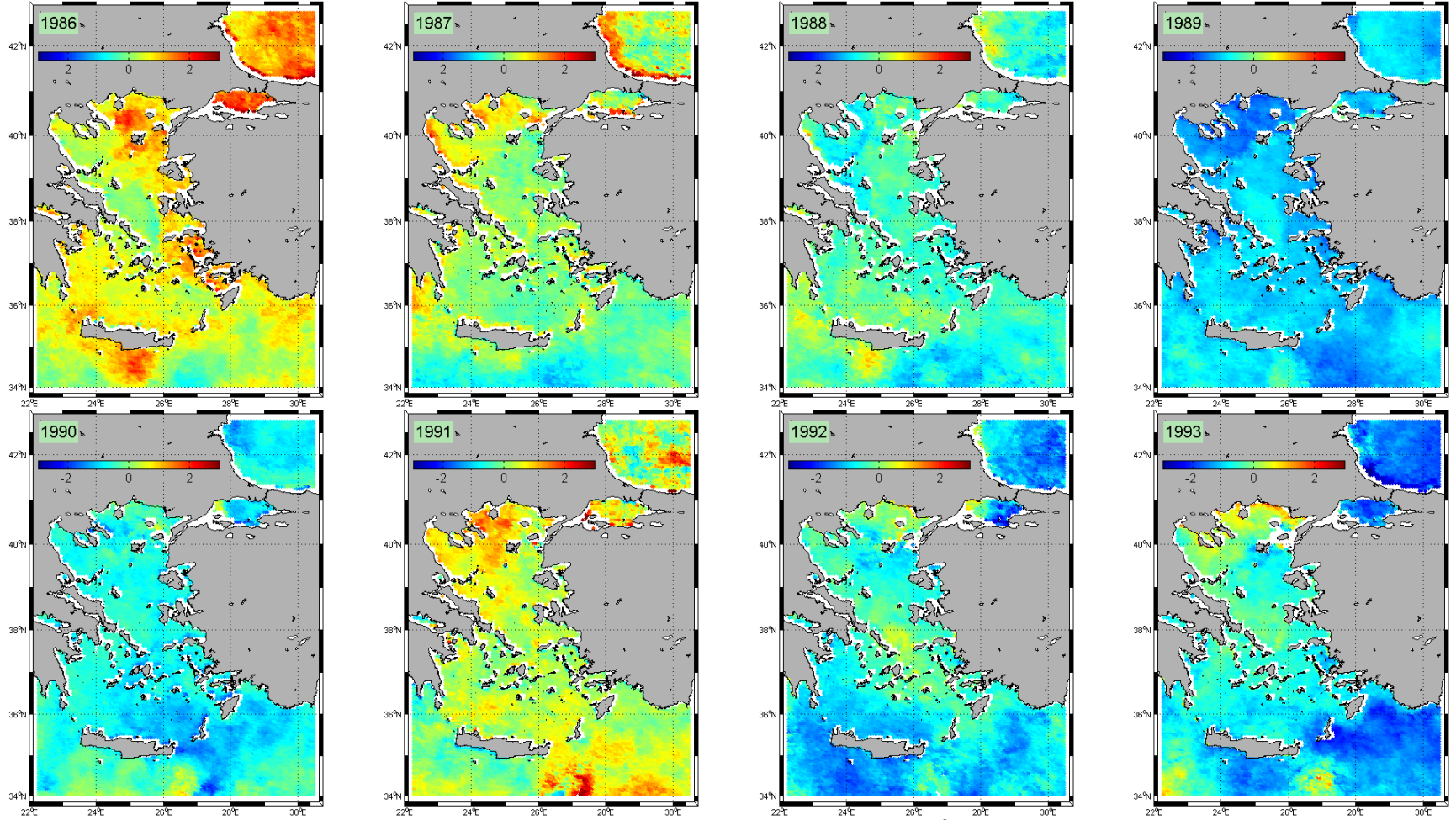
1990, 1992 ve 1993 yıllarında özellikle Karadeniz, Marmara ve Güney Ege'de negatif değerler etkin olmakta, 1991 yılında ise Girit Adası'nın güney bölgeleri dışında hemen hemen tüm çalışma alanında pozitif değerler baskın olmaktadır. 1994 yılında Ieropetra döngüsü yüksek anomali değerleri ile açıkça görülmektedir. Bu yıl Girit Adası'nın güney kesimleri ve Orta Ege'de düşük, Kuzey Ege Denizi'nde ise görece yüksek anomali değerleri baskın olmaktadır. 1995 yılında Girit Adası'nın

güney kesimleri ve Ege Denizi'nin Akdeniz'e bağlandığı doğu bölgesinde negatif değerler hakim olmaktadır. 1995 yılında özellikle Kuzey Ege'de yüksek anomali dağılımları etkin olmaktadır. 1996 yılında Karadeniz, Marmara Denizi, Kuzey Ege ve Girit Adası'nın güneydoğu bölgelerinde negatif değerler hakimdir. 1997 yılında genellikle pozitif eğilimler hakimdir.

1998 yılında Kuzey Ege'de negatif değerler baskın iken Ege Deniz'nin diğer bölgelerinde genellikle pozitif değerler baskındır. 1999 ve 2000 yıllarında özellikle Güney Ege Denizi'nde pozitif değerler görülmekte, 1999 yılında ayrıca. Ege Denizi'nde Türkiye kıyılarında pozitif değerlerin baskın olduğu görülmektedir. 2001 yılında Orta Ege ve Rodos Döngüsünün bulunduğu alan dışında tüm çalışma alanında pozitif değerler etkin olmaktadır. 2002 yılında Güney Ege Denizi'nin doğu kısımları pozitif değerler göstermektedir. 2003, 2004 ve 2005 yıllarında genellikle pozitif değerler hakimdir. 2006 ve 2007 yıllarında tüm Ege'de negatif değerlerin etkisi görülmektedir. 2009 yılında tüm çalışma alanı dahilinde yüksek anomali değerleri etkin olmaktadır.

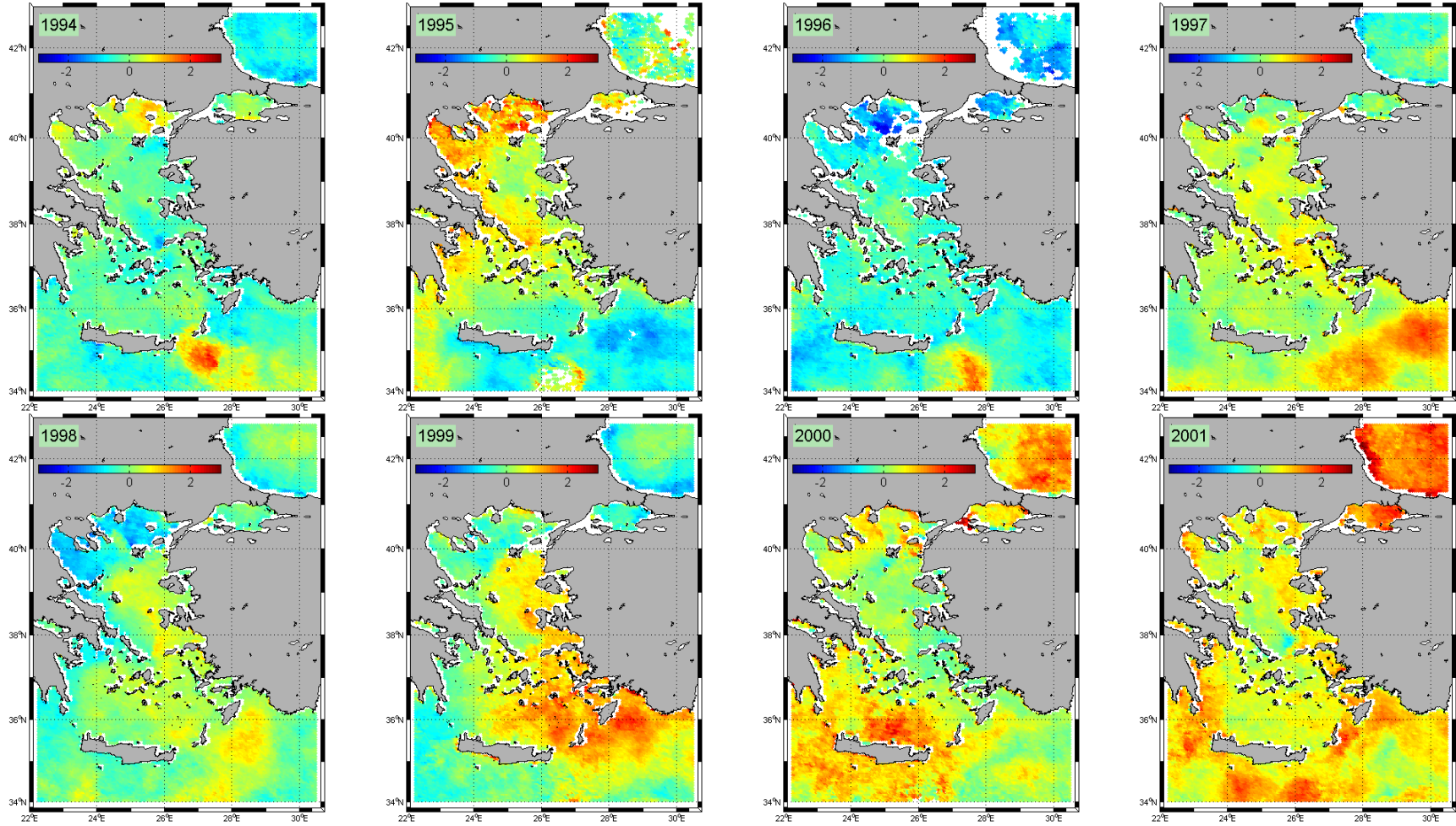
Sonuç olarak, Ege Denizi'nde 1988, 1989, 1990, 1992, 1993 ve 1996 yıllarında negatif anomali dağılımlarının baskın olduğu görülmektedir. Ayrıca görece daha az belirgin olmakla beraber, 2006 ve 2007 yıllarında da Ege Denizi'nde negatif anomali dağılımlarının etkindir. Özellikle 1989 yılında Karadeniz'den Akdeniz'e kadar olan tüm bölgede negatif anomaliler etkin olmaktadır. 1989 yılında, Kuzey Ege'de ve Kassos Adası'nın güney kesimlerinde  $-2^{\circ}\text{C}$ 'ye varan anomali değerleri etkindir. 1990, 1992 ve 1993 yıllarındaki negatif değerler özellikle Güney Ege'de ve Ege Denizi'nin Akdeniz'e bağlandığı doğu bölgelerinde etkin olmaktadır.

2003, 2005 ve 2009 yılları Ege Denizi'nde ve genel olarak tüm çalışma alanında pozitif dağılımların baskın olduğu yıllar olmaktadır. 1986 ve 1999 yıllarında özellikle Türkiye kıyıları boyunca pozitif dağılımların etkin olduğu görülmektedir.



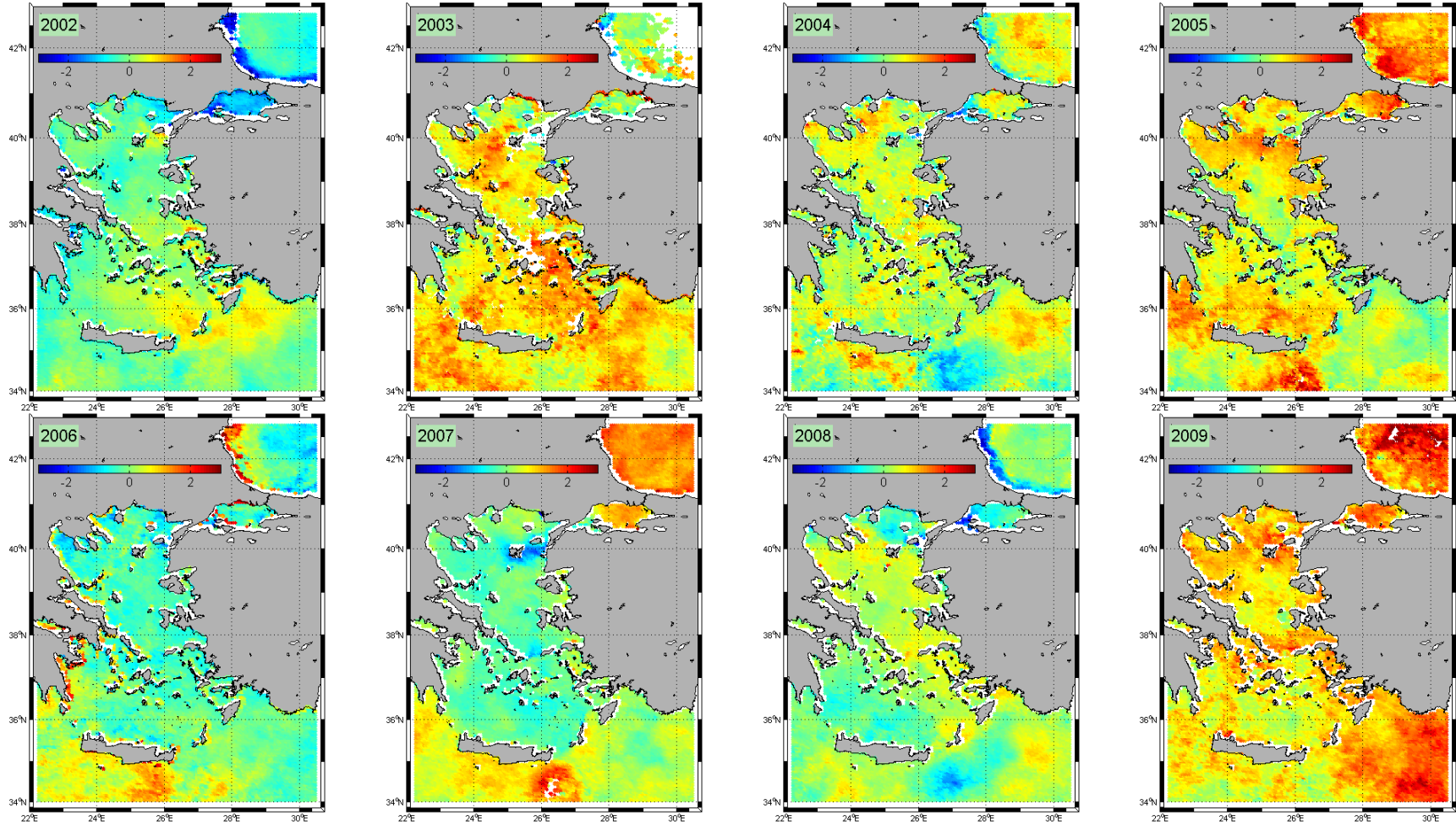
Şekil 4.7 1986-2009 yılları arası kış dönemi SST anomali ( $^{\circ}\text{C}$ ) dağılımları.





Şekil 4.7'nin devamı.





Şekil 4.7'nin devamı.

#### 4.2.2 Yaz Dönemi

1986-2009 yılları arası 24 yıl boyunca elde edilen, yaz dönemi (haziran, temmuz, ağustos) tüm SST anomali dağılımları Şekil 4.8'de gösterilmektedir. 1987 ve 1989 yıllarında tüm havzalarda negatif anomali dağılımları etkin olmaktadır. 1986 ve 1988 yılları görece pozitif dağılımların etkin olduğu yıllar olup, 1986 yılında Kuzey Ege'de ve 1988 yılında Rodos adasının doğu bölgesinde negatif anomali dağılımları baskındır. 1990, 1992 ve 1993 yıllarında tüm Ege Denizi ve diğer havzalar yoğun olarak negatif anomali dağılımlarının etkisindedir. 1990 yılında Orta Ege, 1992 yılında Kuzey Ege ve 1993 yılında Girit Adası'nın güney ve batısında kalan bölgeler negatif değerlerin etkisinde olmaktadır. 1991 yılında, Kuzey ve Orta Ege'nin Türkiye kıyıları, Marmara Denizi ve Karadeniz'in boğaz çıkışına yakın bölgelerinde  $1^{\circ}\text{C}$ 'yi geçmeyen pozitif anomaliler etkin iken geri kalan tüm çalışma alanı negatif anomali dağılımları etkisindedir. Özellikle 1991 yılında Girit Adası'nın güney kesiminde  $-2^{\circ}\text{C}$ 'yi bulan değerler etkindir.

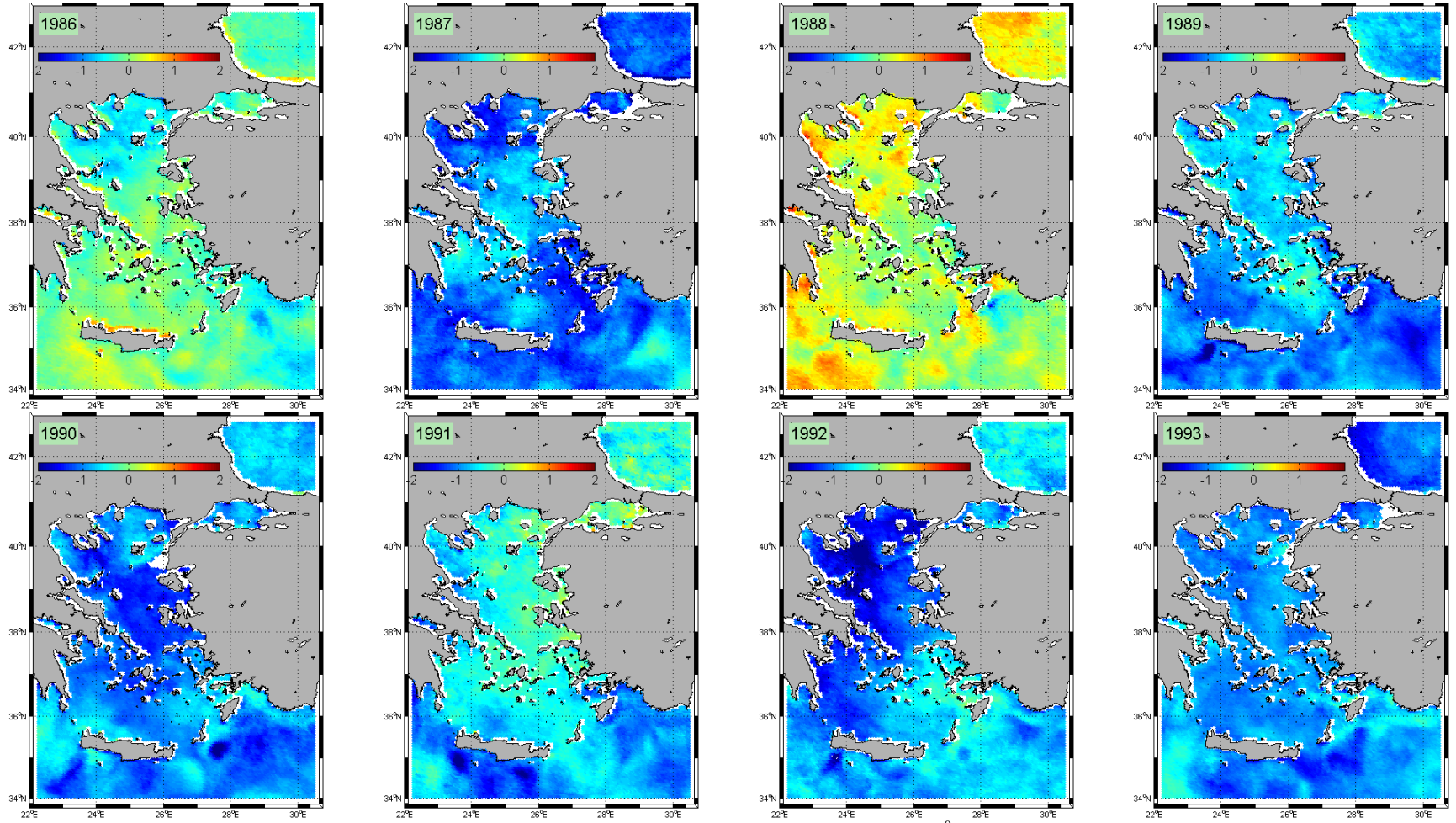
1994 yılında, Yunanistan kıyıları ve Girit Adası'nın güney bölgeleri negatif değerlerde olurken, özellikle Güney Ege'nin Türkiye kıyılarına yakın bölgeleri  $1^{\circ}\text{C}$ 'ye yakın anomali değerleri göstermektedir. 1995 yılında tüm çalışma alanı boyunca pozitif değerler hakimdir. Özellikle Girit Adası'nın güney kesimi ve Güney Ege Denizi'nin Yunanistan kıyılarına yakın bölgeleri en yüksek değerleri göstermektedir. 1996 yılında Karadeniz, Marmara Denizi ve Ege Denizi'nin hemen tamamında negatif dağılımlar baskındır. 1997 yılında Karadeniz ve Marmara negatif anomali değerleri gösterirken Ege Denizi'nin hemen tamamında pozitif değerler görülmektedir. Bu yılda ayrıca Rodos Adası'nın güneyinde negatif değerlerin baskın olduğu görülmektedir.

1998 yılında, en yüksek değerler Girit Adası'nın güney kesiminde dağılmakta Güney Ege'nin Türkiye kıyılarına yakın bölgeleri ve Marmara Denizi'nin doğu bölgeleri negatif değerlerin etkisi altındadır. 2000 yılında, Orta Ege ve Karadeniz'in büyük bir kısmı ve Marmara Denizi'nin tümünde negatif değerler etkin olmaktadır.

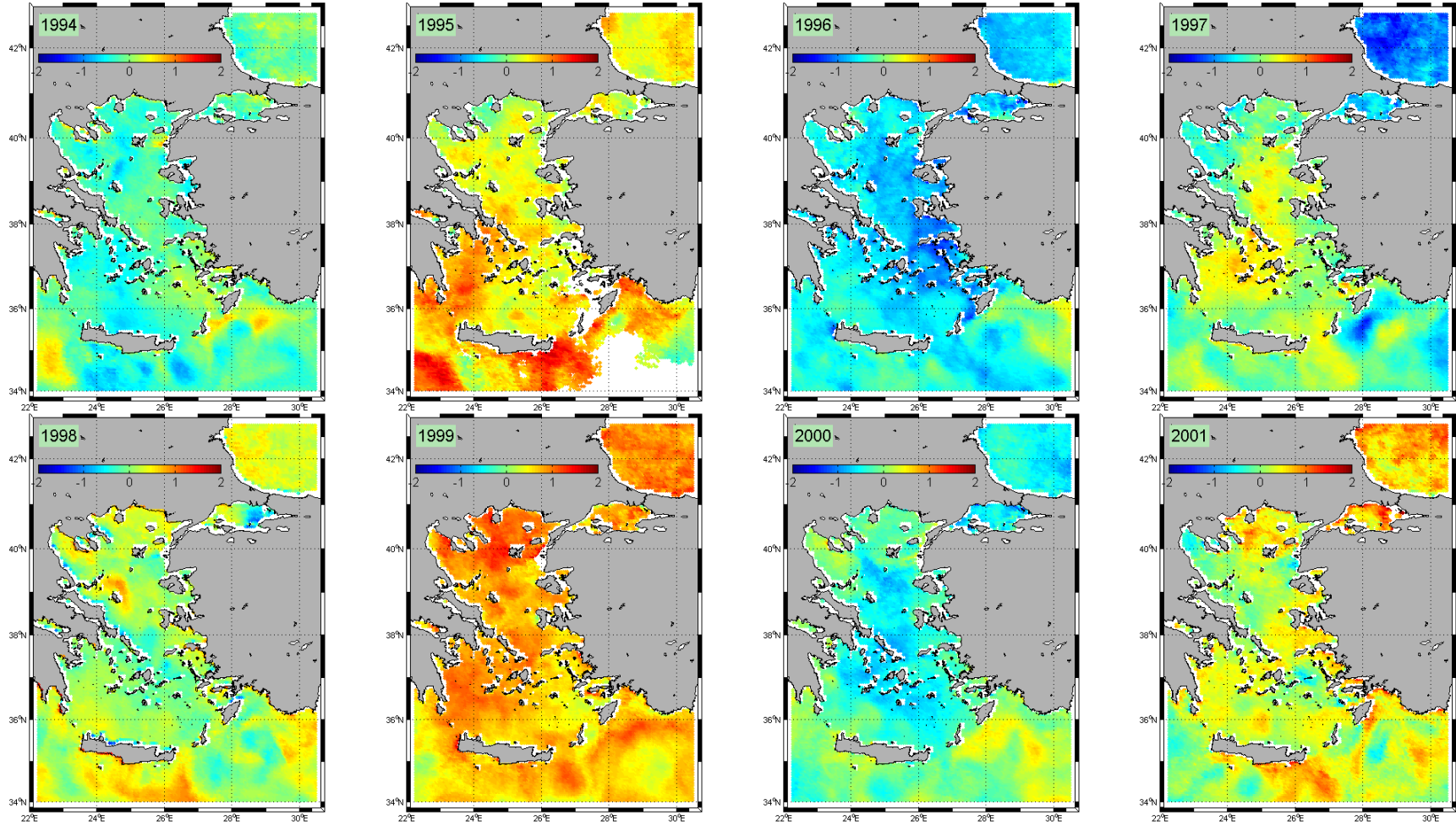
2001 yılında çalışma alanında genel olarak pozitif değerlerin etkin olduğu görülmektedir.

2002-05 yıllarında, genellikle pozitif dağılımlar baskın olmaktadır. 2002 yılında, Orta Ege ve Güney Ege'nin Türkiye kıyılarına yakın bölgeleri 2 °C'yi bulan yüksek anomali değerleri göstermektedir. 2003 yılında Orta Ege'nin pozitif değerler göstermesine rağmen diğer bölgelere oranla daha düşük değerler aldığı görülmektedir. 2006 yılında, Orta ve Güney Ege'nin büyük bir kısmı negatif değerler göstermektedir. 2008 yılında özellikle Orta Ege Denizi'nin Türkiye kıyılarında negatif anomali dağılımlarının etkin olduğu görülmektedir. 2008 ve 2009 yılları pozitif değerlerin baskın olduğu yıllar olup, 2009 yılında özellikle Karadeniz, Marmara Denizi ve Kuzey Ege'de anomali artışı 2 °C'ye varan değerlere ulaşmaktadır.

Sonuç olarak, 1987, 1989, 1990, 1992 ve 1993 yılları, gözlemlenen 24 yıllık süre boyunca Ege Denizi'nde ve tüm çalışma alanı dahilinde -2 °C'ye varan negatif anomalilerin etkin olduğu ve en düşük değerdeki anomali dağılımlarının gözlemlendiği yıllardır. Benzer olarak, 1996, 2000 ve 2006 yıllarında Orta Ege Denizi başta olmak üzere tüm Ege Denizi'nde negatif anomali dağılımları etkin olmaktadır. 1995, 1999, 2002, 2003, 2007 ve 2009 yılları tüm çalışma sahası içerisinde pozitif dağılımların etkin olduğu yıllardır.

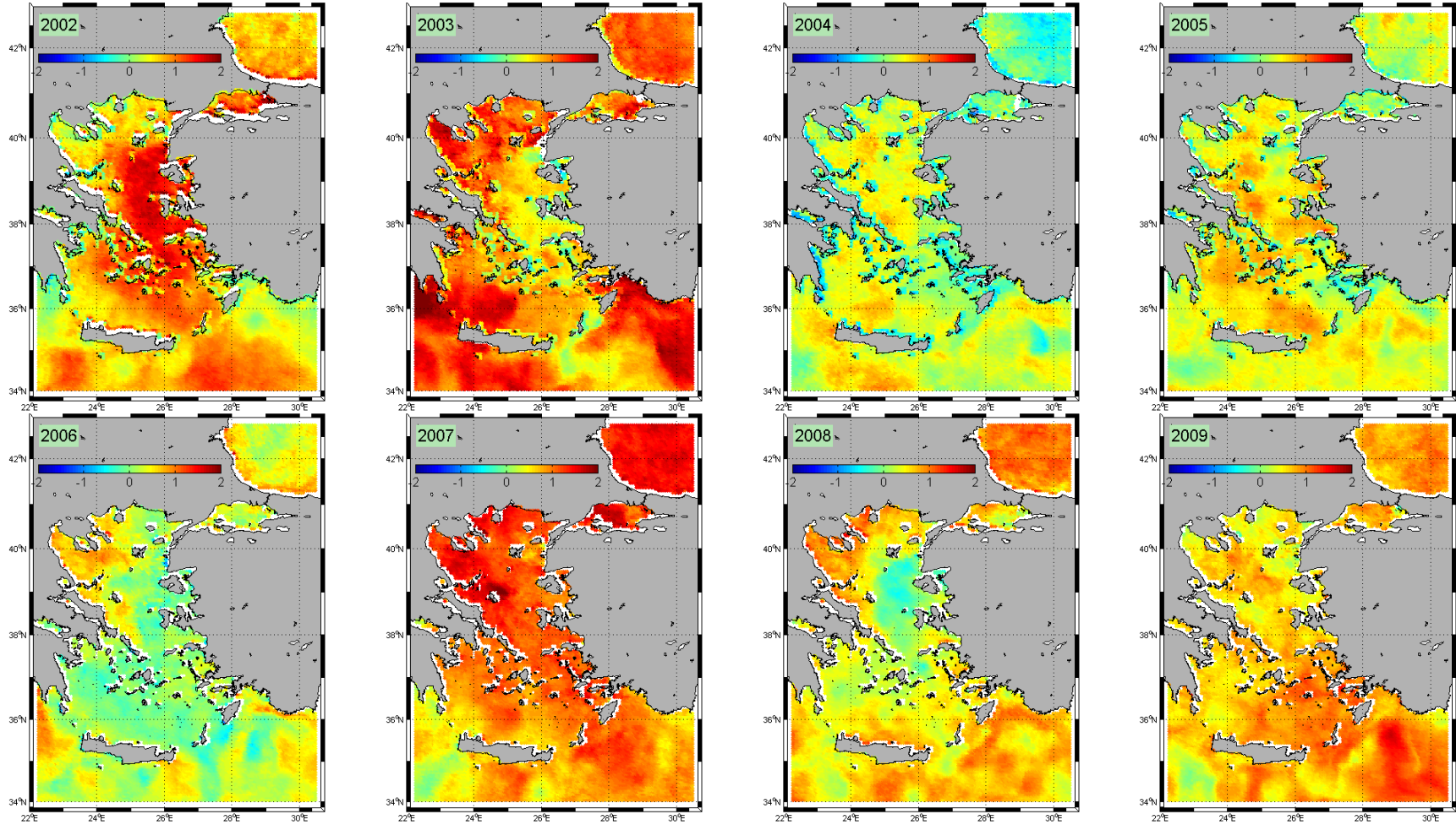


Şekil 4.8 1986-2009 yılları arası yaz dönemi SST anomali ( $^{\circ}\text{C}$ ) dağılımları.



Şekil 4.8'in devamı.





Şekil 4.8'in devamı.

### 4.3 Alt Bölgelere Ait SST Değerlerinin Mevsimlere Bağlı Değişimleri

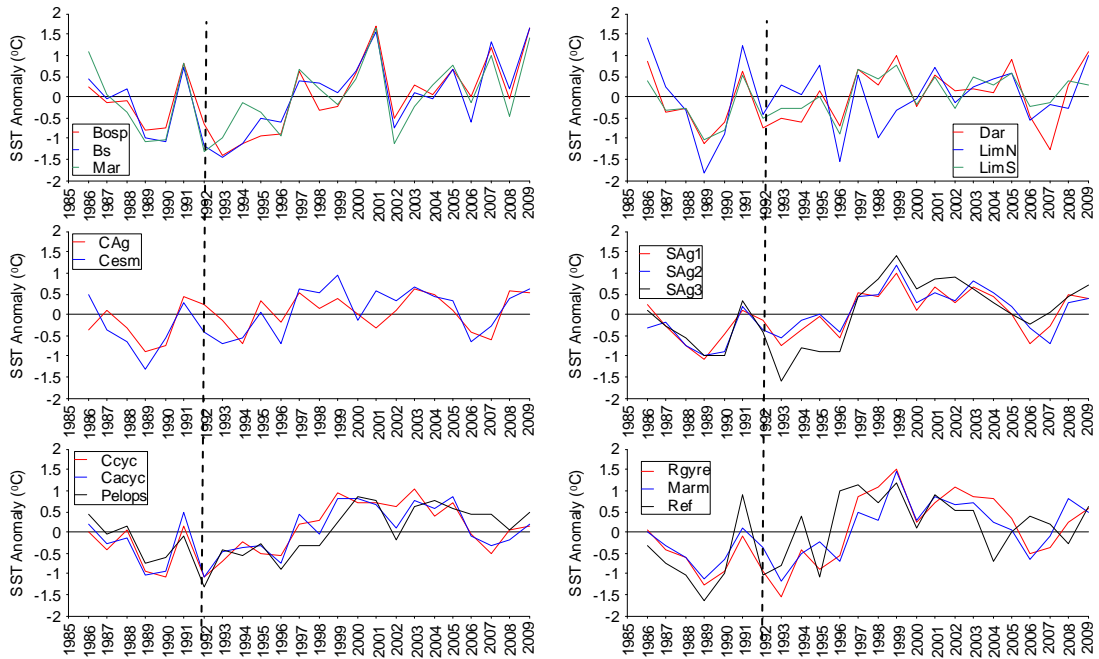
SST değerlerinin bölgesel ve zamansal değişimlerini ortaya koymak amacıyla, Karadeniz’de iki, Marmara Denizi’nde bir, Ege Denizi’nde dokuz ve Ege Denizinin Doğu Akdeniz ile bağlı olduğu alanda beş olmak üzere toplam 17 alt bölge tanımlanmıştır.

Tüm alt bölgele konumları Şekil 2.1’de gösterilmektedir. Karadeniz kökenli suların zaman içinde gösterdiği sıcaklık değişimini gözlemleyebilmek amacıyla BS (Karadeniz), Bosp (İstanbul Boğazı), Mar (Marmara) ve Dar (Çanakkale Boğazı Çıkışı) alt bölgeleri tanımlanmıştır. LimN (Limnos Adası kuzeyi) Kuzey Ege’yi, LimS (Limnos Adası güneyi) Orta Ege Denizi merkez döngüsünü, CentAg ve Cesm ise Orta Ege’deki değişimleri araştırmak amacıyla tanımlanmıştır. S\_Ag1, S\_Ag2 ve S\_Ag3 Ege Denizi’nin Doğu Akdeniz ile bağlantısı üzerindeki değişimleri, Marm bölgesi AMC’nin etkisini gözlemek amacıyla oluşturulmuştur. Pelops, Cr\_acyc, Cr\_cyc ve Rgyre sırası ile Pelops anti-siklonu, doğu Girit Adası anti-siklonu, Batı Girit-Adası siklonu, Rodos siklonu etkisinde olan bölgelerdir. Son olarak Doğu Akdeniz’de Ege Denizi’nden görece uzakta olan bir Referans bölgesi tanımlanmıştır.

Her bir alt bölge için aylık ortalama SST zaman serileri oluşturulmuştur. Ayrıca her ayın aylık ortalamasından ilgili aya karşılık gelen 25 yıllık klimatolojik değerlerin çıkarılması ile alt bölgelere ait anomaliler hesaplanmıştır. Benzer olarak, mevsimlere ait klimatolojik değerler ve mevsimsel ortalamalar kullanılarak her bir alt bölge için mevsimsel anomaliler hesaplanmıştır.

Pathfinder V5 veri seti 4 x 4 km karesel olarak gridlenmiş bir veri seti olup, her bir dört kilometrelik gridte bir ölçüm bulunmaktadır (0,025 derece çözünürlük). Oluşturulan her bir alt bölge 36 km x 36 km lik bir alanı kapsamaktadır. Bu sayede bulutların olmadığı açık gözlem günlerinde her bir alt bölgede bir günde toplam  $9 \times 9 = 81$  gözlem değeri bulunmaktadır. Bunun yanında karasal etkilerin veriler üzerindeki etkisinden kaçınmak için alanlar mümkün olduğunca kıyısız bölgelerin uzağında konumlandırılmıştır.

Kış döneminde tüm alt bölgelerde genel olarak 1996 yılı öncesi negatif anomaliler etkin olurken bu yıldan sonraki dönemde pozitif anomali değerleri etkin olmaktadır (Şekil 4.9). Karadeniz kökenli suların değişimini yansıtan Bosp, Bs ve Mar alt bölgelerinde,  $-1^{\circ}\text{C}$ 'ye varan anomali değerleri ile 1989-90 yılları ve  $-1^{\circ}\text{C}$ 'ye varan anomali değerleri ile 1992-93 yılları en soğuk yıllar olmaktadır. Ayrıca 1991 yılı dışında 1989-96 yılları arasında sürekli olarak negatif değerler etkindir. 1993-2001 yılları arasında SST anomali değerlerinde sürekli olarak bir artış görülmektedir.



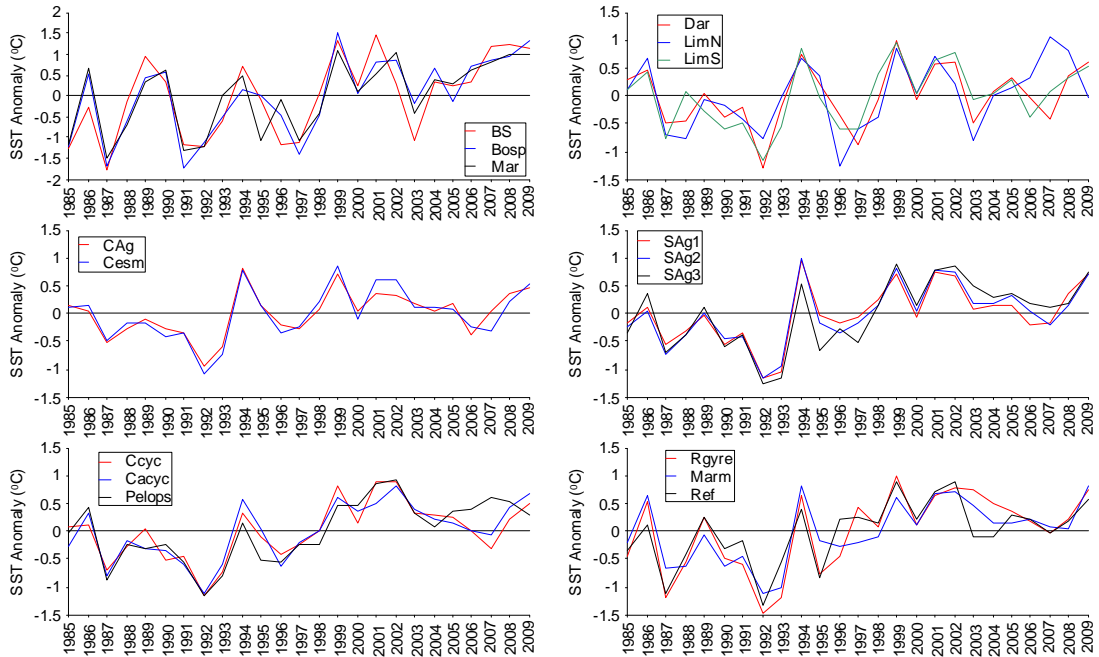
Şekil 4.9 Alt bölgelere ait kış dönemi SST anomalileri.

Kuzey Ege'de yer alan LimN alt bölgesi LimS ve Dar ile benzer trendler göstermesine rağmen, LimS ve Dar'e göre daha yüksek bir değişkenlik göstermektedir. Her üç alt bölge içinde 1989 yılı  $-1,5^{\circ}\text{C}$ 'yi geçen anomali değeri ile en soğuk kış olmakta bunu  $-1,5^{\circ}\text{C}$ 'lik değerlerin görüldüğü 1996 kışı takip etmektedir. Bunun yanında 1991 kışı haricince 1988-95 yılları arasında LimS ve Dar'de sürekli negatif değerler etkin olmaktadır. Orta Ege'de yer alan CAg ve Cesm alt bölgeleri diğer bölgelere oranla daha düşük bir değişkenlik göstermektedir. 1987-95 yılları arasında 1991 yılı dışında negatif anomaliler hakim olmaktadır. Güney Ege'de yer alan SAg1, SAg2 ve SAg3 alt bölgelerinde 1996 yılı öncesi negatif değerler etkin iken 1996 yılı sonrasında pozitif değerler etkin olmaktadır. Özellikle 1993-96 yılları arasında SAg3 bölgesinde  $-1,5^{\circ}\text{C}$ 'ye varan negatif değerler



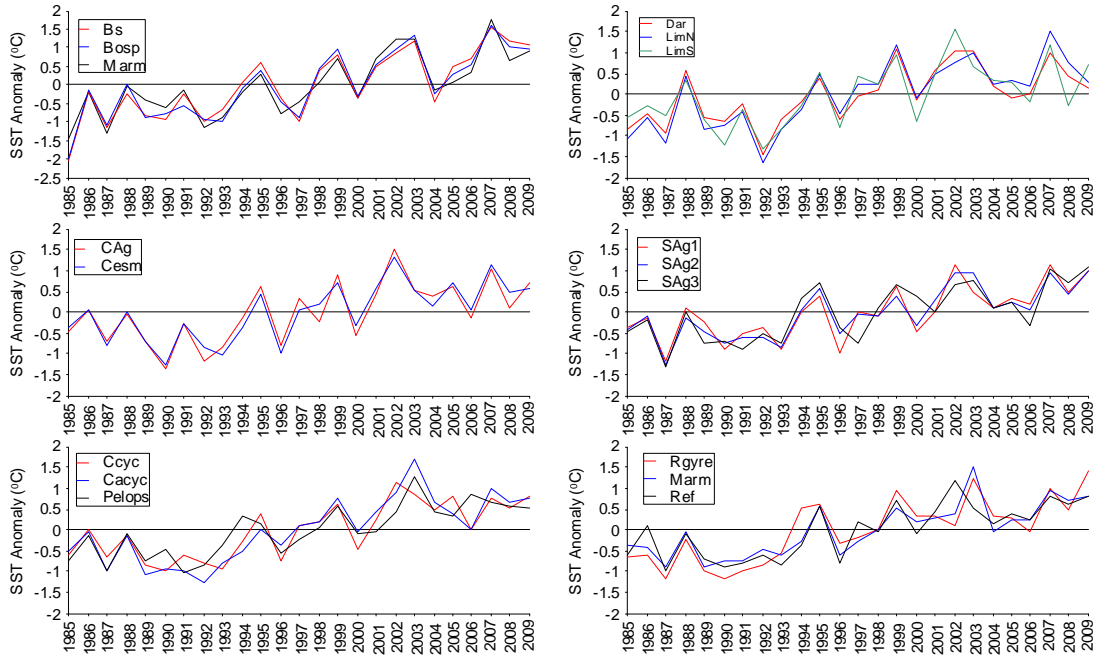
etkin olmaktadır. Girit Adası'nın kuzeyinde yer alan Ccyc ve Cacyc alt bölgeleri ile Girit'in doğusunda yer alan Pelops alt bölgesinde 1989, 1990, 1992 ve 1993 yıllarında en düşük değerler görülürken 1998 sonrasında pozitif değerler etkin olmaktadır. Rgyre, Marm ve Ref bölgelerinde de 1996 yılı öncesi ve sonrasında sırası ile önce negatif ve sonrasında pozitif değerlerin etkin olduğu görülmektedir.

Bahar döneminde BS, Bosp ve Marm'da 1987, 1991, 1992 ve 1997 yıllarında en düşük değerler görülmekte, 1999, 2001 ve 2009 yıllarında yüksek anomali değerleri etkin olmaktadır (Şekil 4.10). Dar, LimN ve LimS bölgelerinde Karadeniz kökenli suların etkisi görülmekte, 1992 ve 1996 yılları en düşük anomali değerlerinin görüldüğü yıllar olmaktadır.

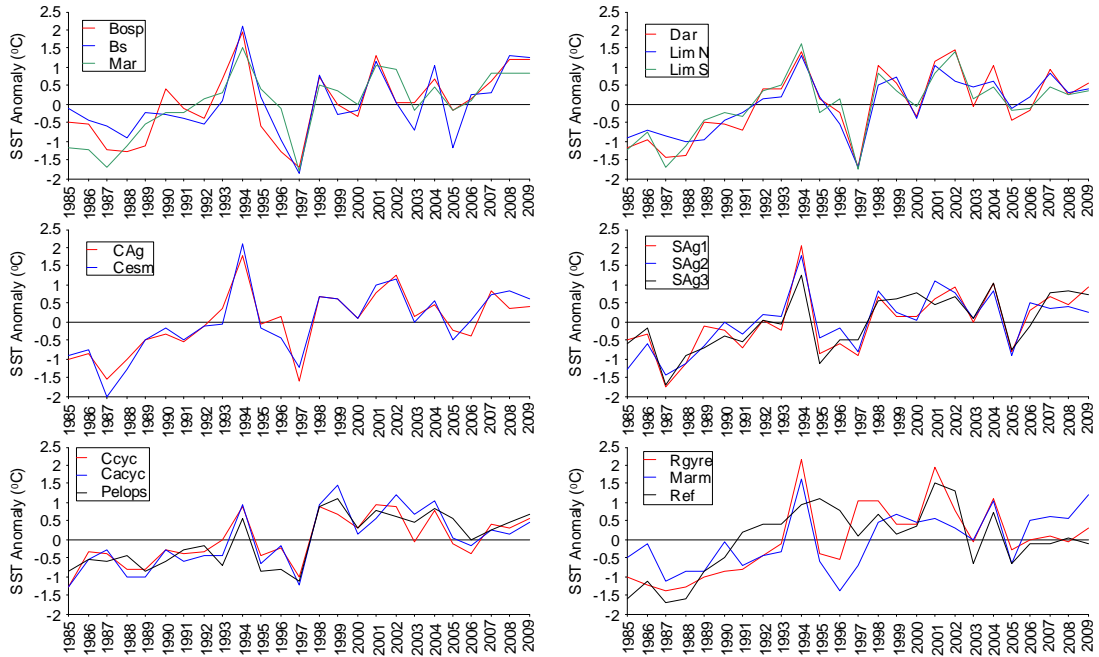


Şekil 4.10 Alt bölgeler ait bahar dönemi SST anomalileri.

CAG'ın güneyinde kalan tüm alt bölgelerde benzer yapılar görülmektedir. Bu bölgelerde, 1987-98 yılları arasındaki 12 yıllık dönemde, negatif anomali değerlerinin etkin olduğu görülmektedir. 12 yıllık bu süreçte sadece 1994 yılı pozitif değerler almaktadır. Bu bölgelerde, 1999 yılı ve sonrasında, pozitif değerler etkin olmaktadır. Tüm bu bölgeler için, 1987 ve 1992-93 yılları en düşük anomali değerlerinin görüldüğü yıllar olmakta, 1994, 1999, 2000 ve 2009 yıllarında yüksek anomali değerleri görülmektedir.



Şekil 4.11 Alt bölgelere ait yaz dönemi SST anomalileri.



Şekil 4.12 Alt bölgelere ait güz dönemi SST anomalileri.

Yaz döneminde incelenen tüm alt bölgelerde, benzer özellikler görülmektedir (Şekil 4.11). 1985 yılından 2009 yılına kadar olan tüm dönem boyunca anomali değerleri sürekli olarak artış eğilimi sergilemektedirler. 1985-94 yılları arasında

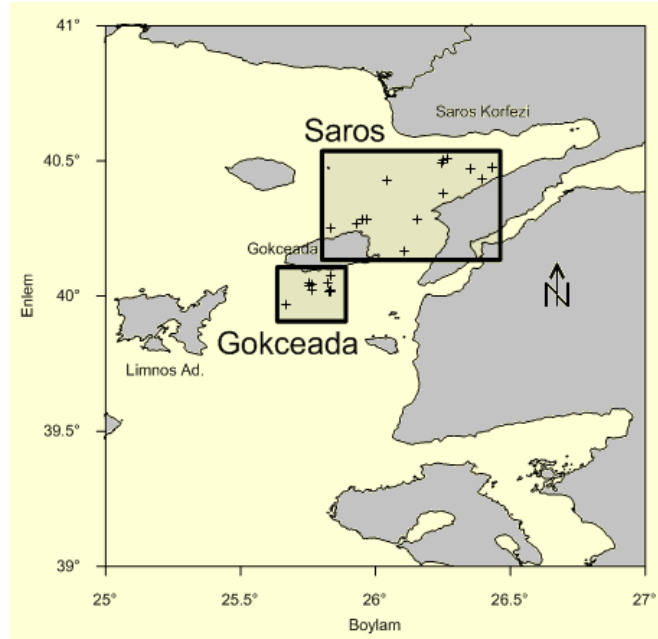
kalan on yıllık süre boyunca negatif anomali değerleri etkin olmaktadır. 1999 yılı ve sonrasında değerler hemen her zaman pozitif olmaktadır.

Referans bölgesi haricinde gz döneminde tüm alt bölgeler benzer yapılar göstermektedir (Şekil 4.12). 19985 yılından 1994 yılına kadar olan sürede anomali değerleri sürekli olarak artış eğilimindedir. 1994 yılında tüm bölgelerde 2 °C'ye varan anomali değeri görülmektedir. 1995, 1996 ve 1997 yıllarında anomali değerlerinde hızlı bir düşüş görülmektedir. 1997 yılında tüm bölgelerde anomali değerleri en düşük seviyede olup kuzey bölgelerde -2 °C'ye varan değerler görülmektedir. 1997 yılından sonra artış eğiliminde olan anomali değerleri bundan sonraki süreçte, 2005 yılında görülen negatif değerler haricinde sürekli olarak pozitif değerler göstermektedir.

## BÖLÜM BEŞ

### CTD VERİLERİNE AİT ZAMAN SERİLERİ

Özellikle EMT zamanında ve sonraki süreçte sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluğun zamana bağlı değişimlerini araştırabilmek amacıyla, Sayın ve Beşiktepe'nin (2010) çalışması temel alınarak, Kuzey Ege'de tanımlanan iki farklı bölge için CTD zaman serileri oluşturulmuştur. Zaman serileri Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknoloji Enstitüsü (DBTE) ve Seyir Hidrografi ve Oşinografi Daire Başkanlığı'ndan (SHOD) elde edilen CTD verileri kullanılarak oluşturulmuştur. Eldeki veriler doğrultusunda biri Saros Körfezi'nde ve diğeri Gökçeada'nın güneyinde olmak üzere Kuzey Ege'de iki farklı bölgeye ait zaman serileri tanımlanmıştır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 Zaman serilerinin oluşturulmasında kullanılan CTD ölçümleri, tanımlanan Saros bölgesi ve Gökçeada bölgesinin konumları.

Saros Körfezi bölgesinde 5'i SHOD'ndan, 14'ü DBTE'nce alınan toplam 19 farklı sefer verisinden yararlanılmıştır (Tablo 5.1). Böylece Saros bölgesi için Temmuz 1991'den Aralık 1998'e kadar olan süreç incelenebilmektedir.

Tablo 5.1 Saros bölgesi zaman serisinin oluşturulmasında kullanılan CTD istasyonlarına ait özellikler.

Sefer	Maksimum Derinlik (m)	CTD Ölçüm Zamanı	Kurum
Yaz 1991	493	12.07.1991	DBTE
Bahar 1992	256	22.05.1992	DBTE
Güz 1992	112	29.09.1992	DBTE
Kış 1992	255	06.12.1992	SHOD
Kış 1993	354	05.02.1993	DBTE
Bahar 1993	91	08.05.1993	DBTE
Güz 1993	101	02.10.1993	DBTE
Yaz 1994	236	31.07.1994	DBTE
Güz 1994	100	28.11.1994	DBTE
Bahar 1995	276	18.04.1995	DBTE
Yaz 1995	203	08.08.1995	DBTE
Güz 1995	69	11.11.1995	DBTE
Bahar 1996	118	21.03.1996	DBTE
Bahar 1996	520	11.04.1996	SHOD
Yaz 1996	252	08.06.1996	DBTE
Güz 1996	228	14.10.1996	DBTE
Kış 1996	320	22.12.1996	SHOD
Güz 1997	567	14.09.1997	SHOD
Kış 1998	589	10.12.1998	SHOD

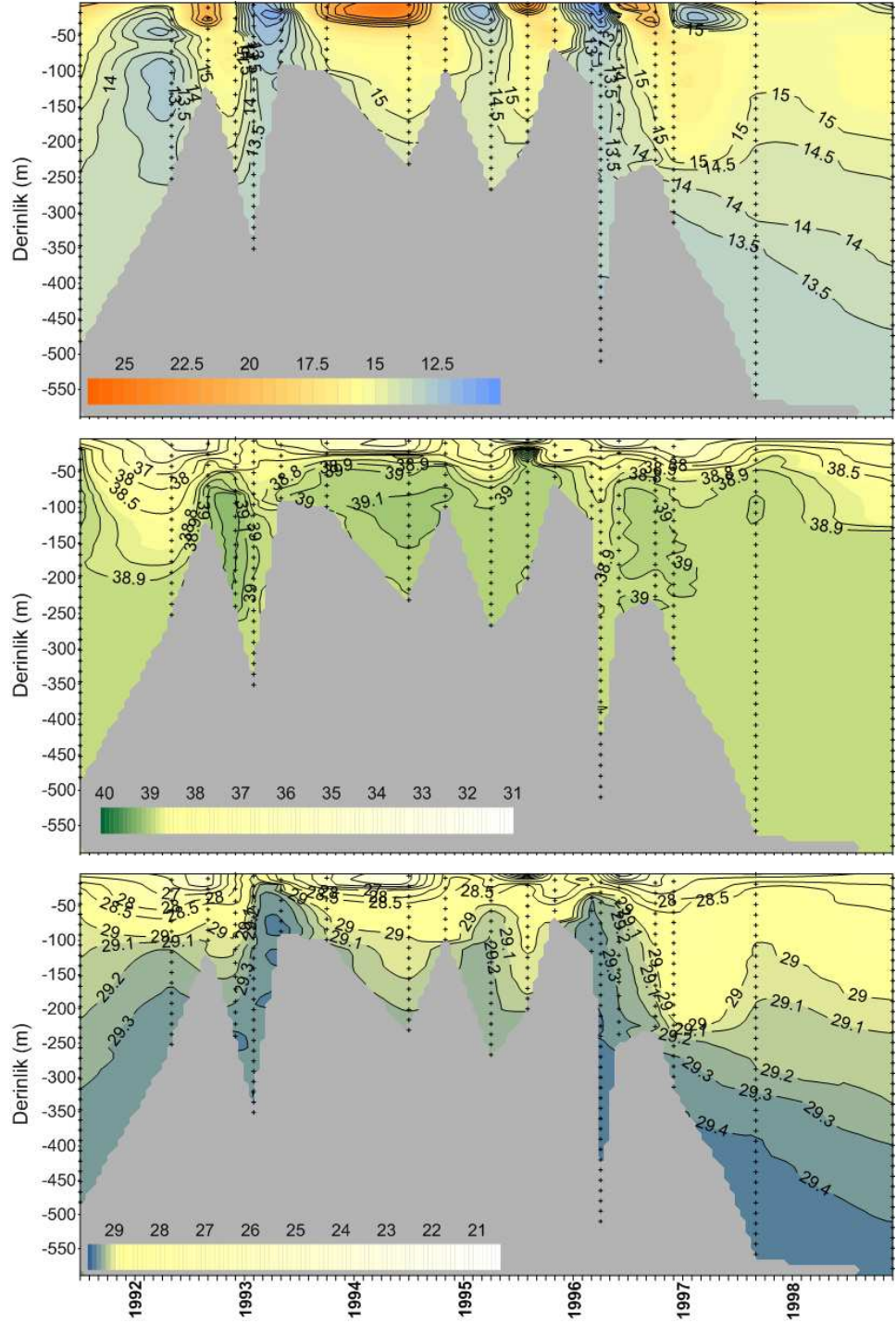
Saros Körfezi bölgesinde, Mayıs 1992, Şubat-Mayıs 1993, Nisan 1995 ve Mart-Nisan 1996 dönemlerinde su kolonu boyunca sıcaklık düşüşleri etkin olmaktadır. Dört farklı dönemde görülen bu sıcaklık düşüşlerinin, bölgede yoğunluk seviyelerindeki yükselişte etkin olduğu görülmektedir (Şekil 5.2).

Mayıs 1992’de sıcaklık düşüşünün etkin olmasına rağmen aynı dönemde su kolonu boyunca görülen tuzluluk değerlerinde de düşüş bulunmaktadır. Temmuz 1991’de 50m ve üzerinde olan 38.9 psu konturu Mayıs 1992’de yaklaşık olarak 200 m’ye kadar inmiştir. Bu nedenle bu dönemde yoğunluk değerlerindeki artış oldukça sınırlı seviyede olmaktadır.

Şubat-Mayıs 1993 döneminde tüm su kolonunda oldukça etkin bir sıcaklık düşüşü görülmektedir. Bir önceki CTD ölçümü olan Aralık 1992’de yaklaşık olarak 250 m’de görülen 13 °C sıcaklık konturu Şubat-Mayıs 1993’de 50 m ve üzeri derinliklere kadar yükselmektedir. Aynı dönemde tuzluluk seviyelerinde etkin bir yükseliş olmamasına rağmen, oldukça etkin olan bu sıcaklık düşüşü yoğunluk seviyelerini yükseltmektedir. Aralık 1992’de yaklaşık olarak 200 m’de olan 29,3 Kg/m<sup>3</sup> değerindeki yoğunluk seviyesinin Şubat-Mayıs 1993’de yapılan ardışık ölçümlerde 50 metrenin üzerine ulaştığı görülmektedir.

Nisan 1995’de su kolonu boyunca görülen sıcaklık düşü çok etkin olmamakta ve yoğunluk seviyelerinde görece sınırlı bir yükselişe neden olmaktadır. Mart-Nisan 1996 döneminde düşük sıcaklık seviyelerinin görece daha derin bölgelerde etkin olduğu görülmektedir. Bu dönemde 13 °C sıcaklık konturu 50 m ve daha yukarı seviyelerde görülmektedir. Aynı dönemde tuzluluk seviyelerinde bir miktar düşüş olmasına rağmen etkin olan soğuma, yüksek yoğunluk değerlerini 50 m ve üzerindeki seviyelere taşımaktadır. Bu dönemde 29,3 Kg/m<sup>3</sup> değerindeki yoğunluk konturu yaklaşık olarak 50 m civarına kadar ulaşmaktadır. Bu dönemden sonra 1998 yılının sonuna kadar olan süreçte yoğunluk seviyelerinde genel bir düşüş eğiliminin olduğu görülmektedir.

Saros Bölgesinde yüzeyde az tuzlu ve görece soğuk Karadeniz kökenli suların etkisi görülmektedir. Eylül 1992 ve Aralık 1992’deki ölçümlerde tuzluluk seviyelerinde artış görülmesine rağmen, aynı dönemli sıcaklık değerlerinin görece yüksek olması nedeniyle, yoğunluk değerlerinde etkin bir artış olmamaktadır. Benzer olarak Ekim 1993-Kasım 1994 arasındaki dönemde ve Temmuz-Aralık 1996 döneminde tuzluluk seviyelerinde artış görülmesine rağmen, sıcaklık değerlerindeki yükseliş bu dönemlerde yoğunluk artışını sınırlamaktadır.



Şekil 5.2 Saros Körfezi sırası ile sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ), tuzluluk (psu) ve yoğunluk ( $\text{Kg/m}^3$ ) zaman serileri. Grafik Temmuz 1991'de başlamakta ve her bir zaman aralığı bir aya karşılık gelmektedir.

Tablo 5.2 Saros Bölgesi yoğunluk değerlerinde sıcaklık, tuzluluk etkisine ait oranlar.

Yıl	Ay	Sefer	Yoğunluk	Sıcaklık ve Tuzluluk Oranı	Sıcaklık Değişimi	Tuzluluk Değişimi
1991	7	ey91	29.0054	0.9864	0.7438	0.3064
1992	5	eb92	29.0075	1.0221	-1.6388	-0.3613
1992	9	eg92	29.0023	0.9822	1.0294	0.3877
1992	12	shod	29.0072	0.9737	1.58	0.56
1993	2	ek93	29.0464	1.0377	-2.7887	-0.608
1993	5	eb93	29.06	1.0400	-2.98	-0.64
1994	7	ey94	29.0019	0.9787	1.2636	0.4533
1994	11	eg94	28.9084	0.9811	1.3116	0.3463
1995	4	eb95	29.0007	1.0132	-1.0261	-0.2047
1995	8	ey95	29.0017	0.9834	0.9509	0.3634
1996	3	eb96	29.0709	1.0306	-2.366	-0.4695
1996	4	shod	29.0006	1.0418	-2.96	-0.71
1996	6	ey96	29.0349	1.0124	-1.0504	-0.1673
1996	10	eg96	29.0016	0.9842	0.8992	0.3479
1996	12	shod	29.0143	0.9864	0.73	0.31
1997	9	shod	29.0035	0.9861	0.77	0.31
1998	12	shod	29.0039	0.9891	0.57	0.25

Tablo 5.2’de Saros Bölgesi’nde  $29 \text{ kg/m}^3$  yoğunluk değerlerinde, sıcaklık ve tuzluluk etkisine ait oranlar görülmektedir. Oranın birden büyük olduğu durumlar sıcaklık düşüşlerinin etkin olduğunu göstermektedir. Buna göre eb92, ek93, eb93, eb95, eb96, shod96 ve ey96 dönemlerinde yoğunluk değişimlerinde sıcaklık değerlerinin etkin olduğu görülmektedir. Bu dönemlerde tuzluluk değerlerindeki düşüşe rağmen yoğunluk seviyelerinde görülen artışın, sıcaklık düşüşlerinin, bu seviyelerindeki yoğunluk yükselişinde etkin olduğunu göstermektedir. Bu da göstermektedirki, özellikle EMT’nin etkin olduğu yıllar incelendiğinde, bahar ve kış dönemlerinde düşen sıcaklık değerlerinin yoğunluk seviyelerini arttırdığı ve yoğunluk artışlarında sıcaklığın etkin olduğu görülmektedir. EMT dışı dönemlerde ise yoğunluk değişimlerinde özellikle tuzluluk etkisinin daha baskın olduğu görülmektedir.

Gökçeada bölgesinde, Temmuz 1991 ile Ekim 1996 arasında, tanımlanan bölge içerisinde ölçülen ve farklı sefer zamanlarına ait toplam 11 CTD verisinden yararlanılmıştır (Tablo 5.2). Bu bölgede kullanılan tüm CTD ölçümleri DBTE



tarafından R/V K. Piri Reis gemisi ile Seabird CTD (9-11 plus) kullanılarak elde edilmiştir.

Tablo 5.3 Gökçeada bölgesi zaman serisinin oluşturulmasında kullanılan CTD istasyonlarına ait özellikler.

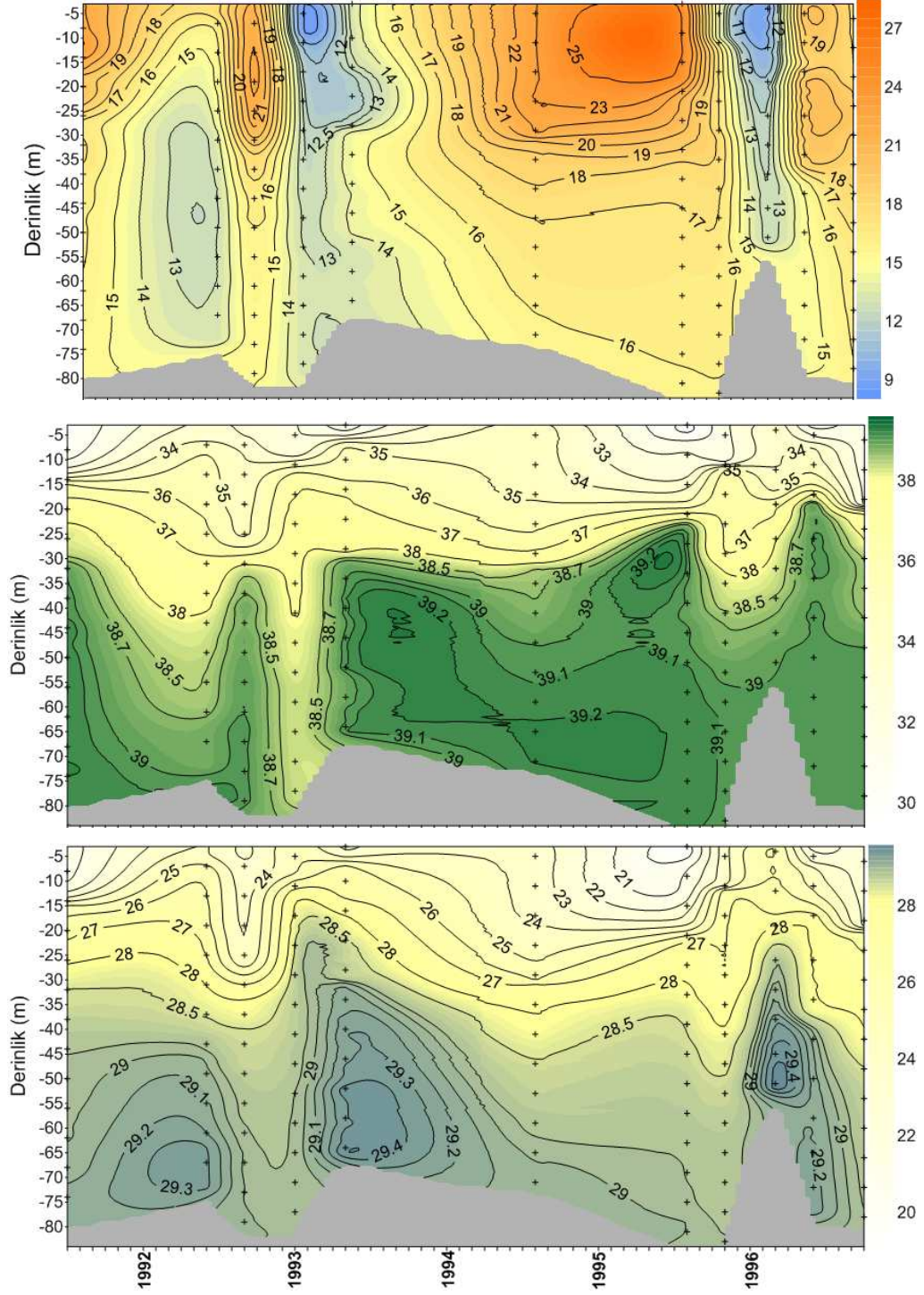
Sefer	Maksimum Derinlik (m)	CTD Olcum Zamanı	Kurum
Yaz 1991	77	14.07.1991	DBTE
Bahar 1992	72	02.06.1992	DBTE
Güz 1992	79	18.09.1992	DBTE
Kış 1993	79	20.01.1993	DBTE
Bahar 1993	64	07.05.1993	DBTE
Yaz 1994	71	01.08.1994	DBTE
Yaz 1995	82	09.08.1995	DBTE
Güz 1995	84	11.11.1995	DBTE
Bahar 1996	52	22.03.1996	DBTE
Yaz 1996	77	05.06.1996	DBTE
Güz 1996	78	14.10.1996	DBTE

Çanakkale Boğazı çıkışına yakın konumda bulunan bölge yoğun olarak Karadeniz kökenli suların etkisi altındadır. Karadeniz kökenli sular yüzeyden 25 metre derinliğe kadar olan tabakada düşük tuzluluk ve yoğunluk değerleri ile ayırt edilebilmektedir. Bu yüzey tabakasının altında tuzlu ve yoğun Ege Denizi suları bulunmaktadır.

Saros bölgesine benzer olarak Gökçeada'nın güneyindeki bölgede de su kolonu boyunca oluşan sıcaklık düşüşlerinin yoğunluk değerleri üzerinde etkin olduğu görülmektedir Şekil 5.3. Ocak-Mayıs 1993 ve Mart 1996 sıcaklık düşüşlerinin etkin olduğu iki dönemdir.

Ocak-Mayıs 1993'de tüm su kolonunda etkin bir soğuma görülmektedir. Yüzey bölgelerde 9 °C olan su sıcaklığı, 75 m'de 13 °C olmaktadır. Aynı dönemde tuzluluk seviyelerinde önceki dönemlere göre oldukça düşük değerler görülmesine rağmen, etkin olan sıcaklık düşüşü yoğunluk seviyelerini yükseltmektedir. Daha önceki dönemlerde 50 m derinlik ve altında görülen 29 Kg/m<sup>3</sup> değerindeki yoğunluk seviyeleri bu dönemde, 35 m ve üzerindeki derinliklerde görülmektedir. Mart 1996'da da benzer etki açıkça görülmektedir. Bu dönemde de düşük tuzluluk değerlerinin etkin olmasına rağmen, su kolonu boyunca etkin olan sıcaklık düşüşü yoğunluk seviyelerini yükseltmektedir.

Eylül 1992, Ağustos 1994, Ağustos 1995 ve Kasım 1995’de tuzluluk değerlerinde görece bir artış olmasına rağmen, sıcaklık artışının yoğunluk değerlerindeki artışı kısıtladığı görülmektedir.



Şekil 5.3 Gökçeada güney bölgesi sırası ile sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ), tuzluluk (psu) ve yoğunluk ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ ) zaman serileri. Grafik Temmuz 1991'de başlamakta ve her bir zaman aralığı bir aya karşılık gelmektedir.

## BÖLÜM ALTI

### SONUÇLAR

Dip ve ara tabaka sularının yoğunluklarının artması sert geçen kışlar sonucunda hava sıcaklıklarının ekstrem bir şekilde düşmesinden kaynaklanmaktadır. Ege Denizi'nde yoğunluk seviyelerinin yukarıya doğru hareketliliği EMT sırasında meydana gelen su değişim potansiyelini etkilemektedir. EMT'yi hazırlayan öncül koşulların hepsi göz önüne alındığında hangi koşulun EMT olayını ne kadar etkilediği merak konusudur. Ege Denizi ile Akdeniz arasındaki su değişiminin en fazla olduğu zaman özellikle soğuk kış dönemlerinde olduğu düşünülürse bunda kış konveksiyon sürecinin EMT'nin belirgin olmasında en etkin rolü oynadığı söylenebilir. Özellikle 1992 ve 1993 yılı kış dönemlerinde hava sıcaklığının kayda değer düşmesiyle birlikte Akdeniz ile su değişiminin en çok olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışmada, EMT zamanında Ege Denizi'ndeki yoğunluk artışlarının sıcaklık düşüşünden mi yoksa tuzluluk artışından mı kaynaklandığı araştırılmış, özellikle sıcaklık değerlerindeki düşüşlerin yoğun suların oluşmasında etkin olduğu tespit edilmiştir.

Kış konveksiyon sürecinin birincil etkiyi yaptığı söylenirken belirtilmesi gereken diğer mekanizma ise yoğunluk seviyelerinin artması ile birlikte yoğun suların kuzeyden güneye doğru siller üzerinden aktıkları ve sonunda yoğun suların Lavant Basenine eriştiği bilinmektedir. Bu olduğu zaman, su bütçesi gereği yüzeyden büyük miktarda Lavant yüzey suları (LSW ve LIW) Ege Denizi'ne girmeleri doğaldır. Böylece Ege Denizi tuzlulukları artar buna bağlı olarak yoğunluklar artar.

Izopiknallerin yukarıya yüzeye doğru hareketliliği sadece Orta Ege siklonik bölgesinde değil aynı zamanda Ege Denizi'nin diğer bölgelerinde de aynı boyutta olmamakla birlikte görülmektedir.

Lavant baseninden Ege Denizi'ne giren su kütleleri LSW ve LIW, Orta Ege Denizi'nde yoğunlukların artmasını sağlayarak Ege Denizi ile Akdeniz su değişiminde öncül rol üstlenmektedirler. Ayrıca, Hem yüzey (BSW) sularının hem

de yağışın Saros Bölgesi'nde hava atmosfer etkileşmesini önledikleri tespit edilip çalışmada bulguları elde edilmiştir.

Meteorolojik veriler kullanılarak oluşturulan zaman serilerinin incelenmesi, Doğu Akdeniz Taşınımı (EMT) sürecinde, atmosferik etkilerinin araştırılabilmesine olanak sağlamaktadır.

Theocharis ve ark. (1999) EMT sürecinde aşırı soğuk 1992-93 kışlarının, deniz suyu sıcaklıklarını düşürmesi nedeniyle, etkin olduğunu öne sürmüşlerdir: Aşırı soğuk 1992-93 kış dönemi, Ege Denizi kıyısı boyunca yer alan meteoroloji istasyonlarında, incelenen elli yıllık süreçte,  $-3,5^{\circ}\text{C}$ 'yi bulan anomali değerleri ile oldukça açık bir şekilde görülmektedir. Büyük ihtimalle, soğuk geçen bu kışların etkisi, deniz suyu sıcaklıklarında görülen düşüşte etkili olmaktadır. İzmir ve Dikili istasyonlarında gözlemlenen 31 yıllık süreçte kış zamanı en düşük deniz suyu sıcaklıkları 1989, 1992 ve 1993 yıllarında görülmektedir.

Ayrıca, hava sıcaklıklarında, 1989-93 yılları arasındaki beş yıl süren dönemde, tüm istasyonlarda, negatif anomali değerleri baskın olmaktadır. Büyük ihtimalle, bu dönemde görülen hava sıcaklığındaki düşük değerler, İzmir ve Dikili istasyonlarında 1988-94 yılları arasındaki yedi yıllık dönemde gözlenen kış zamanı deniz suyu sıcaklıklarındaki baskın negatif değerlerin etkisini göstermektedir. Benzer olarak, Bodrum ve Kuşadası istasyonlarında, 1989-96 yılları arasında kalan sekiz yıllık süre boyunca 1991 yılı dışında, deniz suyu sıcaklıkları sürekli olarak normallerin altında seyretmektedir.

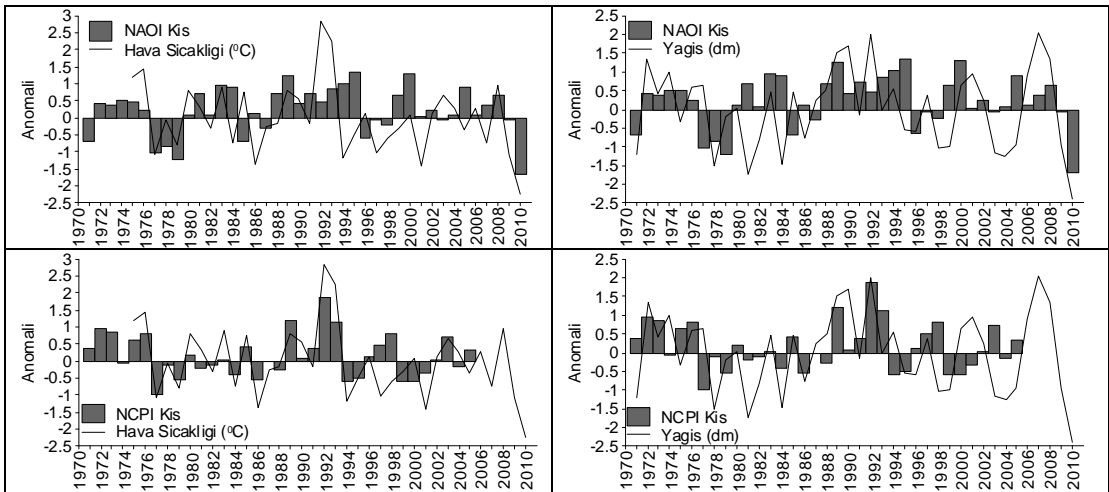
Hemen hemen aynı dönemlerde, hava sıcaklıkları ve deniz suyu sıcaklıklarında etkin olan düşük anomali etkisi, alt bölgelere ait SST anomalilerinde de görülmektedir. Kış döneminde tüm alt bölgelerde, 1991 yılı haricinde, 1986-96 yılları arasında SST anomalilerinde  $-1,5^{\circ}\text{C}$ 'ye varan negatif değerler etkin olmaktadır.

Alt bölge anomalilerinde görülen bu etkinin, Ege Denizi SST dağılımları incelendiğinde, tüm Ege Denizi'nde etkin olduğu görülmektedir. Ege Denizi'nde 1988, 1989, 1990, 1992, 1993 ve 1996 yıllarında negatif SST anomali dağılımlarının baskın olduğu görülmektedir. Ayrıca görece daha az belirgin olmakla beraber, 2006 ve 2007 yıllarında da Ege Denizi'nde negatif anomali dağılımları etkindir. Özellikle 1989 yılında Karadeniz'den Akdeniz'e kadar olan tüm bölgede negatif anomaliler etkin olmaktadır. 1989 yılında, Kuzey Ege'de ve Kassos Adası'nın güney kesimlerinde  $-2^{\circ}\text{C}$ 'ye varan anomali değerleri etkindir. 1990, 1992 ve 1993 yıllarındaki negatif değerler özellikle Güney Ege'de ve Ege Denizi'nin Akdeniz'e bağlandığı doğu bölgelerinde etkin olmaktadır.

1989-93 yıllarında Ege'deki etkin olan düşük yağış rejiminin, deniz suyu tuzluluk değerlerini arttırması nedeniyle EMT sürecinde etkin olduğu düşünülmektedir (Theocharis ve ark., 1999). Bu etki, gözlemlenen 41 yıllık süreçte, 1989-94 yılları arasında yıllık yağış anomalilerinde görülmektedir. Toplam yağış miktarındaki değişkenlik en çok kış döneminde görülmesi nedeniyle, yıllık bazda görülen bu olgu büyük oranda kurak kış dönemleri ile ilişkilidir. Kış anomalilerinde, yağış miktarının oldukça düşük seyrettiği iki dönem görülmektedir. 1989-94 yılları arasında görülen ve altı yıl boyunca devam eden kurak dönem ve 2006-08 yılları arasında görülen ve üç yıl süren kurak dönem. Ayrıca 2001-02 kışlarında da anomali değerlerinin düşük seyrettiği iki yıllık bir dönem bulunmaktadır.

EMT sürecinde etkin olduğu düşünülen kış dönemlerindeki sıcaklık düşüşleri ve kurak dönemlerin etkisi ile North Atlantic Oscillation Index ve North Sea Caspian Pattern Index arasındaki etkileşimi incelenmiştir. Tüm istasyonlara ait kış zamanı hava sıcaklığı ortalaması ve kış zamanı ortalama yağış miktarı üzerinden hesaplanan anomaliler ile North Atlantic Oscillation Index (NAOI), North Sea Caspian Pattern Index (NCPI) karşılaştırılmıştır (Şekil 6.1). Kış dönemi NAOI ile kış dönemi hava sıcakları arasında  $-0,35$  ve kış zamanı toplam yağış değişimleri arasında ise  $-0,32$  korelasyon bulunmaktadır. Bu değerler kış dönemi NCPI ile daha yüksek olmaktadır. Kış dönemi NCPI ile kış zamanı ortalama hava sıcaklıkları arasında  $-0,76$  ve kış zamanı ortalama yağış değişimleri arasında  $-0,31$  korelasyon bulunmaktadır.

SST alt bölgelere ait değerler ile indeksler arasındaki en yüksek korelasyon NCPI arasında görülmektedir. Özellikle güneydeki alt bölgeler daha yüksek korelasyon değerleri göstermektedir. Girit Adası'nın kuzeyinde bulunan Ccyc ve Cacyc, ve adanın batısında bulunan Pelops SST alt bölgelerinin kış zamanı SST değerleri ile kış dönemi NCPI arasında sırası ile -0,41, -0,44 ve -0,55 korelasyon değerleri bulunmaktadır.



Şekil 6.1 Kış zamanı NAOI ve NCPI ile kış dönemi hava sıcaklığı ve yağış anomalilerinin karşılaştırılması

Mevsimsel buharlaşma değerlerinde istasyonlar arasında büyük farklılıklar görülmektedir. Buharlaşmanın en çok etkin olduğu yaz döneminde, Çanakkale'de 1988-93 ve 2002-06 yılları arası negatif anomaliler görülürken, Edremit istasyonunda 1991-95 yılları arasında, Kuşadası'nda 1985-93 yılları arası ve Bodrum'da 1990-94 yılları arası negatif anomaliler görülmektedir. Kış döneminde, Bodrum'da 2003 yılı ve sonrası negatif değerler etkin olurken, 1985-91 yılları arası 1988 yılı haricinde pozitif anomali değerleri ile karakterize olmaktadır.

Klimatik SST yapılarında, yaz ve bahar dönemlerinde, kuzeyli rüzgarlar nedeniyle Türkiye kıyıları ve Yunan Adalarının doğu kısımlarında soğuk yukarıya taşınım suları etkin olmaktadır. Bu nedenle Türkiye ve Yunanistan kıyıları arasında yaklaşık 2 °C'ye varan bir SST gradienti oluşmaktadır. Mevsimsel rüzgar yönü değişimleri incelendiğinde, yaz döneminde, yukarıya taşınım olgusunu destekleyici, genellikle kuzeyli ve hemen hemen kıyılara paralel esen rüzgarların etkinliği çoğu istasyonda

görülmektedir. Bunun yanında kış dönemlerinde de, kuzeyli rüzgarların etkin olduğu görülmektedir. Ayrıca, Klimatik SST yapılarında, yaz dönemi boyunca etkin olan yukarıya taşınım nedeniyle sıcak Levantin yüzey sularının Ege Denizi'ndeki etkisinin oldukça sınırlı olduğu görülmektedir.

Samuels ve ark. (1999), Ege Denizi'nde 1980-87 ile karşılaştırıldığında, 1988-93 döneminde artan kış dönemi rüzgar stresinin, Ege Denizi'nde rüzgar güdümlü akıntı yapılarını etkilediğini ve tuzlu Levantin sularının Ege Denizi'ne girmesine neden olduğunu göstermişlerdir. İncelenen istasyonlarda, rüzgar stresi anomalilerinin istasyonlar arasında farklı yapılar gösterdiği görülmektedir. Bahar, yaz ve güz dönemlerinde rüzgar stresi değerlerinde, kuzeyde yer alan Çanakkale ve Gökçeada istasyonları haricinde, 1996 yılı öncesinde pozitif anomaliler ve sonrasında negatif anomaliler hakim olmaktadır. Kış döneminde yedi istasyonun tümünde 1976'dan 1984 yılına kadar olan süre boyunca rüzgar stresi anomali değerleri diğer yıllara oranla daha yüksek değerler almaktadır. Ayrıca, kış döneminde, Seferihisar, Ayvalık ve Edremit istasyonlarında, 1994 sonrasında 2010 yılına kadar olan sürede, rüzgar stresi değerleri sürekli olarak normallerin altında seyretmekte Kuşadası ve Çeşme istasyonlarında ise 1988 yılından 2010 yılına kadar olan süre boyunca negatif anomaliler etkin olmaktadır.

CTD zaman serileri Saros ve Gökçe ada bölgelerinde, su kolonundaki yoğunluk seviyelerindeki artışların sıcaklık düşüşlerine bağlı olduğunu göstermektedir. Saros Körfezi bölgesinde, Mayıs 1992, Şubat-Mayıs 1993, Nisan 1995 ve Mart-Nisan 1996 dönemlerinde su kolonu boyunca sıcaklık düşüşleri etkin olduğunu göstermektedir. Dört farklı dönemde görülen bu sıcaklık düşüşlerinin, bölgede yoğunluk seviyelerindeki yükselişte etkin olduğu görülmektedir. Saros bölgesine benzer olarak Gökçeada'nın güneyindeki bölgede de su kolonu boyunca oluşan sıcaklık düşüşlerinin yoğunluk değerleri üzerinde etkin olduğu görülmektedir.



## Kaynaklar

- Beşiktepe, S., Özsoy, E. ve Ünlüata, U. (1993). Filling the Marmara Sea by the Dardanelles lower layer inflow. *Deep Sea Research I*, 40(9), 1815–1838.
- Casey, K.S, T.B. Brandon, P. Cornillon, and R. Evans (2010). The Past, Present, and Future of the AVHRR Pathfinder SST Program. *Oceanography from Space: Revisited*, Springer.
- Drakopoulos, P.G., Poulos, S.E. ve Lascaratos, A. (1998). Buoyancy fluxes in the Aegean Sea. *Rapp. Comm. Int. Mer. Medit.*, 35, 134–135.
- Georgopoulos, D., Theocharis, A. ve Zodiatis, G. (1989). Intermediate Water formation in the Cretan Sea (South AegeanSea). *Oceanologica Acta*, 12(4), 353–359.
- Grishin, G. A., Kalimin, Y. I. ve Motyzhev, S. V. (1994). Black Sea temperature characteristics based on winter satellite and on-site measurements. *Mapping Sciences and Remote Sensing*, 31(1)
- Hecht, A.Z., Pinardi, N., Robinson, A. (1988). Currents, water masses, eddies and jets in the Mediterranean Levantine basin. *J. Phys. Oceanogr.* 18, 1320–1353.
- Karageorgis, A.P., Anagnostou, Ch.L., Kaberi, E., Kanellopoulos, Th., (2001). Particulate matter distribution over the north Aegean Sea. Abstracts, North Aegean System Functioning and Inter-Regional Pollution, Interreg. Meeting, 28–30, 37.

- Karageorgis, A. P., Kaberia, H. G., Tengberg, A., Zervakisa, V., Hallb, P. O. J., Anagnostou, Ch.L. (2003). Comparison of particulate matter distribution, in relation to hydrography, in the mesotrophic Skagerrak and the oligotrophic northeastern Aegean Sea. *Continental Shelf Research*, 1787–1809.
- Kilpatrick, K.A., G.P. Podesta and R. Evans (2001). Overview of the NOAA/NASA Advanced Very High Resolution Radiometer Pathfinder algorithm for sea surface temperature and associated matchup database, *J. Geophys. Res.*, 106, C5, 9179-9197.
- Klein, B.,W. Roether, B. Manca, D. Bregant, V. Beitzel, V. Kovacevic, and A. Luchetta. (1999) The large deep water transient in the eastern *Mediterranean*. *Deep-Sea Res.*, 46, 371–414.
- Korres, G., Lascaratos, A., Hatziapostolou, E., ve Katsafados, P. (2002). Towards an Ocean Forecasting System for The Aegean Sea. *The Global Atmosphere and Ocean System*, 8
- Lascaratos A, Roether W, Nittis K, Klein B. (1999). Recent changes in deep water formation and spreading in the eastern Mediterranean Sea. *Progress in Oceanography*, 44(1–3), 5–36.
- Lacombe, H., Tchernia, P. and Benoist, G. (1958). Contribution al'étude hydrologique de la Mer Egee en periode d'ete. *Bull Inf. COEC*, 8, 454–468.
- Metaxas, D.A. (1973). Air-sea interaction in the Greek Seas and resulted Etesian characteristics. *Technical Report. University of Ioannina*, 5, 1–32.

- Nasa, PO.DAAC Ocean ESIP Tool (POET) GUI., (2005) <http://podaac-esip.jpl.nasa.gov/poet/> .
- Nittis K., Lascaratos A. (1998). Diagnostic and prognostic numerical studies of LIW formation, *Journal of Marine Systems* 18 179–195
- Ozsoy, E., Hecht, A., Unluata, U. (1989). Circulation and hydrology of the Levantine basin. Results of POEM coordinated experiments 1985–1986. *Prog. Oceanogr.* 22, 125–170.
- Ozturgut, E. (1976). The source and spreading of the Levantine Intermediate Water in the Eastern Mediterranean, Saclant ASW Research Center, Memorandum SM-92, La Spezia, Italy, 45.
- Poulos, S. E., Collins, M. B., Evans, G. (1996). Water-sediment fluxes of Greek rivers, southeastern Alpine Europe: annual yields, seasonal variability, delta formation and human impact. *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.*, 40 (2), 243–261.
- Poulos, S. E., Drakopoulos, P. G. ve Collins, M. B. (1997). Seasonal variability in the sea surface oceanographic conditions in the Aegean Sea (Eastern Mediterranean). An Overview. *J. Mar. Systems*, 13, 225–244.
- Roether, W., Manca, B.B., Klein, B., Bregant, D., Georgopoulos, D., Beitzel, V., Kovacevic, V., Luchetta, A., (1996). Recent changes in the eastern Mediterranean deep waters, *Science* 271, 333–335.

Samuel S, Haines K, Josey S, Myers PG. (1999). Response of the Mediterranean Sea thermohaline circulation to observed changes in the winter wind stress field in the period 1980–1993. *Journal of Geophysical Research* 104(C4): 7771–7784.

Sayın, E., ve Ş. T. Beşiktepe (2010), Temporal evolution of the water mass properties during the Eastern Mediterranean transient (EMT) in the Aegean Sea, *J. Geophys. Res.*, 115, C10025, doi:10.1029/2009JC005694.

Seyir Hidroloji ve Oşinografi Dairesi (İstanbul). 1992-2004 yıllarına ait CTD verileri.

Sur, H.I., Ozsoy, E., Unluata, U. (1992). Simultaneous deep and intermediate convection in the Northern Levantine sea, winter 1992. *Oceanologica Acta* 16, 33–43.

Theocharis A., Klein B., Nittis K., Roether W., Evolution and status of the Eastern Mediterranean Transient (1997–1999) (2002). *Journal of Marine Systems* 33– 34 (2002) 91– 116

Theocharis, A., Georgopoulos, D, (1993). Dense water formation over the Samothraki and Limnos Plateaux in the N.Aegean Sea (eastern Mediterranean Sea). *Continental Shelf Research* ,13, 919–939.

- Theocharis, A., Georgopoulos, D., Lascaratos, A. ve Nittis, K. (1993). Water masses and circulation in the central region of the Eastern Mediterranean: Eastern Ionian, South Aegean and Northwest Levantine 1986–1987. *Deep Sea Res. II*, 40 (6), 1121–1142.
- Theocharis A., Nittis K., Kontoyiannis H., Papageorgiou .I and Balopoulos E. (1999). Climatic changes in the Aegean Sea influence the Eastern Mediterranean thermohaline circulation (1986-1997). *Geophysical Research Letters*, vol. 26, NO. 11, pages 1617-1620
- Therianos, A.D., (1974). Water regime and geographical distribution of the river yield in Greece. *Bulletin Geological Society of Greece*, 11, 28–58.
- Ünlüata, U., Oğuz, T., Latif, M. A. ve Özsoy, E. (1990). The Physical Oceanography of Sea Straits. *Nato/Asi Series*, 25–60.
- Vlasenko, V.I., Stashchuk, N.N., Ivanov, V.A., Nikolaenko, E.G., Uslu, O., Benli, H., (1996). Influence of the Water exchange through Dardanelles on the thermohaline structure of the Aegean Sea. *Bulletin de l’Institut Oceanographique*, Monaco,17, 147–165.
- Velaorasa, D., Lascaratos A. (2005). Deep water mass characteristics and interannual variability in the North and Central Aegean Sea. *Journal of Marine Systems* 53, 59– 85.
- Yüce, H., (1995). Northern Aegean Water Masses. *Coastal Shelf Science* 41, 325-343

Zervakis, V., Georgopoulos, D., Drakopoulos, P. G., (2000). The role of the North Aegean in triggering the recent eastern Mediterranean climatic changes. *Journal of Geophysical Research*, 105 (C11), 26103–26116.

Zervakis, V., Georgopoulos, D., (2002). Hydrology and circulation in the North Aegean (eastern Mediterranean) throughout 1997 and 1998. *Mediterranean Marine Science*, 3 (1), 7–21.