



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**MAREOGRAF İSTASYONLARINDAKİ DAVRANIŞLARIN
ZAMAN SERİLERİ ANALİZİ İLE TANIMLANMASI: TUDES
MAREOGRAF İSTASYONLARI ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Aşlıgül ÇAKICI

DANIŞMAN

Doç. Dr. Mustafa ACAR

AKSARAY, 2015



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**MAREOGRAF İSTASYONLARINDAKİ DAVRANIŞLARIN
ZAMAN SERİLERİ ANALİZİ İLE TANIMLANMASI: TUDES
MAREOGRAF İSTASYONLARI ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Aşlıgöl ÇAKICI

DANIŞMAN

Doç. Dr. Mustafa ACAR

AKSARAY, 2015

ÖNSÖZ

Jeodezik çalışmalar için deniz seviyesinin belirlenmesi önemlidir. Deniz seviyesinin belirlenmesi jeodezik çalışmalarda özellikle, yükseklik sistemleri için gerekli olan düşey datum belirleme çalışmalarında, Deniz Yüzeyi Topografyası (DYT) ile birlikte Ortalama Deniz Seviyesinin (ODS) belirlenmesi önemlidir. ODS değişimleri, küresel ısınma, meteorolojik, oşinografik, gelgit etkileri ve düşey yer kabuğu hareketlerinden etkilenmektedir. Bu etkiler, mareograf istasyonlarındaki uzun dönemli deniz seviyesi değişimlerinin, gözlem verilerinin analizi ile belirlenebilir.

Bu çalışmada, uzun dönemli deniz seviyesinde meydana gelen değişimleri belirlemek için Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES)' e bağlı 10 adet mareograf istasyonunun 1984-2009 yılları arasındaki aylık ortalama deniz seviyesi verileri zaman serileri ile analizi edilmiştir. Trend bileşeni analizi ile En Küçük Kareler yöntemi ile periyodik bileşenlerin belirlenmesi için Hızlı Fourier Dönüşümü kullanılmıştır.

Aslıgül ÇAKICI

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu ve bu eserleri her kullanışımında alıntı yaparak yararlandığımı belirtir; bunu şerefimle doğrularım.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Ashgöl ÇAKICI

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans ve tez çalışmam boyunca bilgi ve tecrübeleriyle her türlü destek ve anlayışı gösteren, danışman hocam Sayın Doç. Dr. Mustafa ACAR' a tüm içtenliğimle teşekkür ederim. Ayrıca tez çalışmam boyunca yardımlarını benden esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Hediye ERDOĞAN' a teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak hayatımın her aşamasında benden desteklerini esirgemeyen, tecrübeleri ve hayat anlayışlarıyla geleceğime ışık tutan aileme, okul dönemim boyunca manevi desteğini esirgemeyen değerli arkadaşım ve meslektaşım Mehmet ARDIÇ' e tüm kalbimle teşekkür ederim.

Aslıgül ÇAKICI

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	i
DOĞRULUK BEYANI.....	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÖZET.....	vi
ABSTRACT	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
SİMGELER DİZİNİ	x
KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. ZAMAN SERİLERİ ANALİZİ	5
2.1 Trend Bileşeni Analizi.....	5
2.2 Periyodik Bileşen Analizi.....	8
2.2.1 Hızlı Fourier Dönüşümü	8
2.2.2. Sinyallerin enerjisi ve gücü.....	10
2.2.3 Harmonik analiz.....	10
3. DENİZ SEVİYESİNDE MEYDANA GELEN DEĞİŞİMLER.....	13
3.1 Atmosferik Basınç ve Rüzgar Etkisi	13
3.2 Gelgit (Medcezir) Etkisi	14
3.2.1 Gelgit tipleri	15
3.3 İklim Değişikliğinin ve Sıcaklığın Etkisi	16
3.4 Yer Kabuğu Hareketleri	17
4. DENİZ SEVİYESİ İZLEME SİSTEMLERİ	18
4.1 Mareograf Sistemleri	18
4.1.1 Şamandıralı mareograf sistemleri	19
4.1.2 Basınçlı mareograf sistemleri	19
4.1.3 Akustik mareograf sistemleri.....	19
4.1.4 Radarlı mareograf sistemleri.....	21
4.2 Türkiye’deki Deniz Seviyesi Belirleme Çalışmaları ve TUDES	21

4.2.1 Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES).....	22
5. UYGULAMA.....	26
5.1 Sürekli Ortalama Deniz Seviyesi Servisi (Permanent Service for Mean Sea Level- PSMSL).....	26
5.2 Çalışmada Kullanılan Mareograf İstasyonları ve Verilere İlişkin Bilgiler	32
5.3 Trend Bileşeni Analizi.....	33
5.4 Periyodik Bileşen Analizi.....	37
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	43
7. KAYNAKLAR	45
ÖZGEÇMİŞ.....	48

ÖZET

MAREOGRAF İSTASYONLARINDAKİ DAVRANIŞLARIN ZAMAN SERİLERİ ANALİZİ İLE TANIMLANMASI: TUDES MAREOGRAF İSTASYONLARI ÖRNEĞİ

Jeodezi, jeofizik, jeodinamik, hidroloji ve oşinografi gibi yer bilimleri alanında çalışan bilim dalları için deniz seviyesinin belirlenmesi önemlidir. Deniz seviyesinin belirlenmesi jeodezik çalışmalar da özellikle, yükseklik sistemleri için gerekli olan düşey datum belirleme çalışmalarında, Deniz Yüzeyi Topografyası (DYT) ile birlikte Ortalama Deniz Seviyesinin (ODS) belirlenmesi ve ayrıca mareograf istasyonlarına yakın alanların düşey yer kabuğu hareketlerinin belirlenmesinde kullanılır. Deniz yüzeyindeki değişimler; ayın ve güneşin fiziksel çekimi etkisiyle, depremlerin oluşturduğu ani yer değişimleri ve tektonik kara hareketleri ile meydana gelmektedir. Deniz seviyesindeki değişimler, uydu altimetre tekniği veya deniz kıyılarına kurulmuş olan mareograf istasyonlarındaki veriler kullanılarak belirlenebilmektedir. Bu tez çalışmasında deniz seviyesinde meydana gelen değişimleri belirlemek için Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES)' e bağlı 10 adet mareograf istasyonunun 1984-2009 yılları arasındaki aylık ortalama deniz seviyesi verileri kullanılmıştır. Mareograf istasyonlarındaki uzun dönemli deniz seviyesi değişimlerinin belirlenebilmesi için zaman serileri analizi kullanılmıştır. Zaman serileri analizinde, Trend Bileşeni Analizi, En Küçük Kareler Yöntemi (EKK) ile Periyodik Bileşen Analizi ise Hızlı Fourier Dönüşümü (HFD) kullanılarak yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Zaman serileri, mareograf, trend, periyot.

ABSTRACT

THE IDENTIFICATION OF THE BEHAVIOURS IN TIDE GAUGES WITH TIME SERIES ANALYSIS: EXAMPLE OF TUDES TIDE GAUGES STATIONS

It is important to determine the sea level for the scientific fields that study the earth such as Geodesy, Geophysics, Geodynamics, Hydrology and Oceanography. Determination of the sea level is used in geodetic studies especially to determine the vertical datum required for height systems; to identify Mean Sea Level (MSL) together with Sea Surface Topography (SST) and the movement of vertical crustal areas near the tide gauge stations. Changes in the sea surface occur as a result of sudden land displacements triggered by earthquakes and tectonic movements that are caused by the gravity effect of the sun and the moon. Changing in the sea levels can be specified by using satellite altimetry technique or obtained data from tide gauges established on coastlines.

In this thesis study, monthly mean sea level data of 10 tide gauges of Turkish National Sea Level Monitoring System (TUDES) are used for determining sea level changes between 1984-2009. Time series analysis has been used to determine the long-term changes of the sea level in tide gauges. In time series analysis, Trend Component Analysis is performed using Least Squares (LS) and Periodic Component Analysis is performed using Fast Fourier Transform (FFT).

Keyword: Time series, tide gauge, trends, period

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1: Yükselen ve alçalan trend grafikleri.....	7
Şekil 2.2: Periyodik bir sinyalin Fourier Dönüşümü (Bayazıt, 1996).	8
Şekil 3.1: Ay'ın ve Dünya'nın hareketinden kaynaklanan gelgit etkisi.	15
Şekil 3.2: Küresel ısınmanın şematik gösterimi (WHO,1996).	17
Şekil 3.3: Deniz seviyesinde meydana gelen değişimlerin sebeplerinin şematik olarak gösterimi (Simav, 2007).	17
Şekil 4.1: Tüplü ve tüpsüz akustik sensörlü mareograf istasyonu kurulum şeması (Sezen, 2006).	20
Şekil 4.2: İzmir-Karşıyaka'da kurulan mareograf istasyonu.	21
Şekil 4.3: Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı-1999(TUDKA-99).	22
Şekil 4.4: Türkiye'deki mareograf istasyonlarının dağılımı haritası.	23
Şekil 4.5: GNSS entegreli radar sensörlü İskenderun mareograf istasyonu.	25
Şekil 5.1: Yıllara göre PSMSL'ye veri gönderen istasyonların dağılımı (Rickards, 2015).	27
Şekil 5.2: PSMSL internet sitesi (URL-2).	27
Şekil 5.3: PSMSL Data menüsü (URL-2).	28
Şekil 5.4: Mareograf istasyonlarının Google Earth üzerindeki yerlerini gösteren ekran görüntüsü (URL-2).	28
Şekil 5.5: Mareograf istasyonunun bilgilerini gösteren ekran görüntüsü (URL-2)...	29
Şekil 5.6: Mareograf istasyonunun zaman serileri grafikleri (URL-2).	29
Şekil 5.7: Mareograf istasyonlarına ait bilgilerin bulunduğu bilgi ekranı (URL-2)..	30
Şekil 5.8: İstenilen mareograf istasyonuna ait bilgi sayfası (URL-2).	31
Şekil 5.9: ALL butonu seçildiğinde gelen ekran görüntüsü (URL-2).	31
Şekil 5.10: Mareograf istasyonlarının konumlarını gösteren Google Earth görüntüsü (URL-5).	32
Şekil 5.11: Mareograf istasyonlarının zaman serisi ve istatistiksel olarak anlamlı lineer trend bileşenleri.	35
Şekil 5.12: Mareograf istasyonlarının zaman serisi ve istatistiksel olarak anlamsız lineer trend bileşenleri.	36
Şekil 5.13: Mareograf istasyonlarının güç-frekans değişimleri.	37
Şekil 5.14: Mareograf istasyonlarının ölçülen ve hesaplanan zaman serileri.	41

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1: Temel gelgit bileşenleri.	16
Çizelge 5.1: Mareograf İstasyonları ve verilere ait bilgiler.	32
Çizelge 5.2: Mareograf istasyonlarında zaman serileri ile trend bileşeni analizi sonuçları.	34
Çizelge 5.3: Mareograf istasyonlarında zaman serileri ile periyodik bileşen analizi sonuçları.	39

SİMGELER DİZİNİ

η	Deniz Seviyesindeki Değişim
p_0	Ortalama Basınç
p	Deniz Seviyesindeki Atmosferik Basınç
ρ	Deniz Suyu Yoğunluğu
g	Gravite
$Y(t)$	Zaman Serisine Ait Gözlemler
Y_T	Zaman Serisinin Trend Bileşeni
Y_P	Zaman Serisinin Periyodik Bileşeni
Y_S	Zaman Serisinin Stokastik Bileşeni
Y	Ölçülen Değerler
a, b	Katsayılar
t	Zaman
$\xi(t)$	Prediksiyon Hatası
$y(t)$	Ölçü Değerleri
$\bar{y}(t)$	Kestirim Değerleri
A	Ağırlık Katsayılar Matrisi
Q_{xx}	Parametrelerinin Standart Sapması
m_0	Birim Ağırlıklı Ölçünün Standart Sapması
m_k	Bir Parametrenin Standart Sapması
t_y	Test Büyüklüğü
n	Ölçü Sayısı
u	Bilinmeyen Parametre Sayısı
f	Serbestlik Derecesi
(f)	Frekans
$e^{-2j\pi ft}$	Karmaşık ve Periyodik Üstel Fonksiyonunu
$X_s(f)-x(t)$	Sinyalinin Fourier Dönüşümü
N	Karmaşık Çarpma
$N-1$	Karmaşık Toplama İşlemi

K	2π 'lik Temel Frekans Bandındaki Ayrık Frekans Değerleri
E	Sinyalin Enerjisi
S(f)	Enerji Spektral Yoğunluğu
S_m	Ayrık Spektral Kestirim
S'(f)	Sürekli Spektral Kestirim
$\bar{Y}$	Y_p 'lerin Ortalaması
qf	Frekans Sayısı
R_i	Genlik
φ_i	f_i Frekansına Ait Faz Açısı
x^T	Bilinmeyenler Matrisleri

KISALTMALAR DİZİNİ

BÖHYY	Büyük Ölçekli Haritaların Yapım Yönetmeliği
DSİ	Devlet Su İşleri
DYT	Deniz Yüzeyi Topografyası
DZ.K.K.	Deniz Kuvvetleri Komutanlığı
EBOK	En Büyük Olabilirlik Analizi Yöntemi
EKK	En Küçük Kareler Yöntemi
EKKSA	En Küçük Kareler Yöntemiyle Spektral Analiz
GGOS	Global Jeodezik Gözlem Sistemi
GNSS	Global Navigation Satellite Systems
GPS	Global Positioning System (Global Konum Belirleme Sistemi)
GZK GPS	Gerçek Zamanlı Kinematik Ölçme Yöntemi ile GPS
HFD	Hızlı Fourier Dönüşümü
HGK	Harita Genel Komutanlığı
IAG	Uluslararası Jeodezi Birliği
IHO	International Hydrographic Organization (Uluslararası Hidrografi Örgütü)
LIDAR	Light Detection And Ranging
NGWLM	Gelecek Nesil Su Seviyesi Ölçme Sistemi
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NOC	Ulusal Oşinografi Merkezi
NOS	National Ocean Service
NRN	Normal Rakım Noktası
ODS	Ortalama Deniz Seviyesi

PSMSL	Sürekli Ortalama Deniz Seviyesi Servisi
SEAFRAME	Sea Level Fine Resolution Acoustic Measuring Equipment
SHOD	Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı
TUDES	Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi
TUDKA	Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı
TUTGA	Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı

1. GİRİŞ

Jeodezik çalışmalar için deniz seviyesinin belirlenmesi önemlidir. Deniz seviyesinin belirlenmesi jeodezik çalışmalarda özellikle, yükseklik sistemleri için gerekli olan düşey datum belirleme çalışmalarında, Deniz Yüzeyi Topografyası (DYT) ile birlikte Ortalama Deniz Seviyesinin (ODS) belirlenmesi ve ayrıca mareograf istasyonlarına yakın alanların düşey yer kabuğu hareketlerinin belirlenmesinde kullanılır (Yıldız, 2005).

ODS'nin jeodezide kullanım alanları;

- Topoğrafik haritalarda kullanılan yükseklik sistemi başlangıç yüzeyinin (düşey datum) belirlenmesinde,
- Çok sayıda mareograf istasyonu ile düşey datum belirleyerek Düşey Kontrol Ağı'nın duyarlılığının artırılmasında,
- Yeryüzünün gravite alanının belirlenmesi çalışmalarında elde edilen jeoidlerin doğruluk kontrolünde,
- Düşey yer kabuğu hareketlerinin belirlenmesinde,
- Muhtemel deprem aktivitelerinin ortaya çıkarılmasında (deprem öncesi ve sonrası düşey aktivitenin belirlenmesi) kullanılır (Yıldız 2005, Yıldız vd. 2003).

ODS değişimleri, küresel ısınma, meteorolojik, oşinografik, gelgit etkileri ve düşey yer kabuğu hareketlerinden etkilenmektedir. Bu etkiler, mareograf istasyonlarındaki uzun dönemli deniz seviyesi değişimlerinin, gözlem verilerinin analizi ile belirlenebilir.

Mareograf istasyonlarında yapılan deniz seviyesi gözlemleri; deniz seviyesinin, kurulan mareograf istasyonuna göre hareketi olduğundan dolayı bağıl deniz seviyesi değişimleri olarak adlandırılmıştır (Sezen, 2006). Mareograf istasyonlarında uzun periyotlarda gözlenen deniz seviyesi verilerinden elde edilen ODS, düşey datum olarak kullanılmaktadır.

Yıldız vd. (2003), "Antalya-II, Bodrum-II, Erdek Ve Menteş Mareograf İstasyonlarına Ait 1984-2002 Yılları Arası Deniz Seviyesi ve Jeodezik Ölçülerin Değerlendirilmesi" isimli çalışmada; saatlik deniz seviyesi ölçülerini kullanmış ve

gelgit analizleri yapmıştır. Her bir mareograf istasyonu için genlik ve faz açılarını belirlemişlerdir. Ayrıca, mareograf istasyonlarına ait aylık ODS değerleri harmonik analiz yöntemiyle değerlendirilmiş ve ODS ile ODS'nin bağıl doğrusal değişimleri hesaplanmıştır.

Abbak (2005), “Deniz Düzeyi Gözlemlerinin En Küçük Karelerle Spektral Analizi” isimli çalışmada En Küçük Karelerle Spektral Analiz (EKKSA) tekniği kullanarak saatlik deniz düzeyi gözlemlerinin analiz yapmıştır. Ayrıca, Antalya ve Menteş istasyonlarından elde edilen saatlik veriler En Küçük Karelerle Spektral Analiz yöntemi ile analiz edilmiştir. Bu analiz sonucunda 3 değişik periyodik hareket belirlenmiştir.

Yıldız (2005), “Mareograf ve Sabit GPS Zaman Serilerinin Analiziyle Uzun Dönemli Mutlak Deniz Seviyesi Değişimlerinin Araştırılması” isimli çalışmada Norveç kıyılarındaki ANDENES ve TREGDE mareograf istasyonlarındaki uzun dönemli mutlak deniz seviyesi değişimlerini En Küçük Kareler (EKK) ve En Büyük Olabilirlik Kestirim (EBOK) yöntemlerini kullanarak belirlemiştir. Mareograf ve ANDE, ANDO ve TGDE MAR-SGPS istasyonlarında ortalama deniz seviyesi (ODS) ve MAR-SGPS yükseklik zaman serilerinin konumsal ve zamansal karakterlerini ortaya çıkarmak için Deneysel Ortogonal Fonksiyon Analizi (DOF) kullanmıştır. Çalışmanın sonucunda, TREGDE mareograf istasyonunda ODS trendi, ANDENES mareograf istasyonunda ODS' nin hızla karaya doğru yükseldiğini, TGDE ve ANDE istasyonlarında düşey yönde bir hareketin bulunmadığını ve ANDO SGPS istasyonunun düşey hızını belirlemiştir.

Sezen (2006), “Antalya-I (1935-1977) Ve Antalya-II (1985-2005) Mareograf İstasyonlarında Deniz Seviyesi Değişimlerinin Araştırılması” isimli çalışmada Antalya-I ve Antalya-II mareograf istasyonlarının saatlik deniz seviyesi verilerini kullanmıştır. Mevsimsel ve uzun dönemli deniz seviyesi değişimleri araştırmış, mevsimsel değişimler ile ortalama deniz seviyesi ve hızını, EKK Yöntemi kullanarak hesaplamıştır.

Simav (2007), “Doğu Akdeniz’de Uydu Altimetre Verileri İle Deniz Seviyesi Değişimlerinin Araştırılması” isimli çalışmada Doğu Akdeniz’de 1992-2005 döneminde mevsimsel, yıllar arası ve uzun dönemli ortalama deniz seviyesi değişimleri uydu altimetre deniz seviyesi anomalileri, deniz yüzeyi sıcaklık anomalileri ve mareograf aylık ortalama deniz seviyesi verilerini kullanarak araştırmıştır.

Uzun dönemli deniz seviyesindeki değişimlerinin belirlenmesinde zaman serileri analizi kullanılmaktadır. Zaman serileri analizi, bağımsız bir değişken olan zaman ya da konuma bağlı olarak gerçekleşen ve süreklilik teşkil eden olayları gözlemleyerek, olayların sebebini anlamaya çalışarak, elde edilen sonuçlardan geleceğe yönelik kestirimlerde bulunmamızı sağlayan yöntemdir. Zaman serileri analizi yapılırken, gözlem süresinin tamamı dikkate alınarak gözlem yapılabileceği gibi değişik frekanslara ait farklı davranışlar da gözlemlenebilir.

Zaman serileri analizi yapılırken birçok yöntem kullanılmaktadır. Kullanılan her yöntem farklı zorluklara ve kısıtlamalara sahip olduğundan elimizdeki verilere göre ve bu verilerin doğallığını bozmadan doğru sonuçları elde edebilmemiz amacıyla alternatif yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan en çok kullanılanları En Küçük Kareler Yöntemi (EKK) ve Hızlı Fourier Dönüşümü (HFD)' dir.

Çalışmada kullanılması düşünülen EKK yönteminin amacı; zaman serilerinde meydana gelen trendi belirleyip, olayın uzun dönemlerde hangi yönde, nasıl bir değişim gösterdiği belirlemektir. HFD yönteminin çalışmada kullanılmasının amacı ise sürekli periyodik olmayan zaman alanı fonksiyonunun, frekans alanı fonksiyonuna dönüştürebilme özelliğinin olmasıdır.

Bu çalışmada, uzun dönemli deniz seviyesinde meydana gelen değişimleri belirlemek için Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES)' e bağlı 10 adet mareograf istasyonunun 1984-2009 yılları arasındaki aylık ortalama deniz seviyesi verileri kullanılmıştır. Veriler tüm dünyadaki mareograf istasyonlarındaki aylık ve yıllık ortalama deniz seviyesi verileri toplayan ve araştırmacıların kullanımına sunan Sürekli Ortalama Deniz Seviyesi Servisi (Permanent Service for Mean Sea Level - PSMSL)'nin web sayfasından alınmıştır (URL-1).

Aylık ortalama deniz seviyesi verileri, ilk olarak Trend Bileşeni Analizi ile EKK yöntemi kullanılarak trend grafikleri elde edilmiş ve anlamlı ve anlamsız lineer hareket gösteren mareograf istasyonları saptanmıştır. Zaman serilerindeki trend bileşeni giderildikten sonra, seride var olan uzun zamanlı periyodik bileşenler belirlenmiştir. Zaman serilerindeki periyodik bileşenlerin belirlenebilmesi için ölçülerdeki frekansların bilinmesi gerekmektedir. Frekanslar bilinmediğinden öncelikle zaman bölgesinde tanımlanan ölçülerin frekans bölgesine dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu dönüşüm, HFD uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Bu dönüşüm sonucunda istasyonlara ait güç ve frekans grafikleri elde edilmiş ve istasyonlardaki frekans sayıları belirlenmiştir.

Bulunan frekans değerleri, harmonik analiz yöntemi kullanılarak zaman serilerindeki anlamlı periyodik hareketler ve periyodik hareketlere ait katsayılar EKK yöntemine göre hesaplanmıştır. Belirlenen periyodik hareketlere ait katsayıların anlamlı olup olmadıkları test edilmiştir.

2. ZAMAN SERİLERİ ANALİZİ

Zaman serileri, belli bir noktadaki değişkenlerin, farklı periyotlarda gözlemlenmesi yoluyla verilerin toplanması işlemidir. Mareograf istasyonlarında zaman serileri analizinin başlıca amacı, deniz seviyesinde meydana gelen değişimlerin miktarını belirleyip değişimlerin hangi sebeple oluştuğunu saptamaktır.

Zaman serileri analizi yapılırken ilk olarak serinin zamana bağlı grafiğinin oluşturularak seride oluşan trend, periyodik ve stokastik bileşen analizleri yapılarak bunların seriden giderilmesi amaçlanmaktadır. Zaman serileri analizi bu üç bileşenden oluşmaktadır.

$$Y(t) = Y_T + Y_P + Y_S \quad (2.1)$$

$Y(t)$, zaman serisine ait gözlemler; Y_T , zaman serisinin trend bileşeni; Y_P , zaman serisinin periyodik bileşeni; Y_S , zaman serisinin stokastik bileşenini ifade etmektedir. Ancak bu çalışmada trend ve periyodik bileşen analizi yapılmış olup stokastik bileşen analizi konusuna girilmemiştir.

2.1 Trend Bileşeni Analizi

Uzun dönemli genel trendler bir zaman serisinin uzun dönemlerde belirli bir yöne doğru ne derece gelişme gösterdiğini sağlayan ilerlemelerdir. Bir zaman serisi oluşturulurken yapılması gereken ilk işlem serinin zamana bağlı grafiğinin oluşturulmasıdır. Trendlerde alçalma ve yükselme değerlerini gösteren doğrusal ya da eğrisel grafikler oluşturulur (Şekil 2.1).

Zaman serilerinde trend bileşeninin seriden giderilebilmesi için En Küçük Kareler Yöntemi uygulanmaktadır. Yöntemin doğrusal denklemi;

$$Y = a + bt \quad (2.2)$$

Y , ölçülen değerleri; a ve b , katsayıları; t ise zamanı ifade eder.

Bu yöntemde parametre kestirimi için, bilinmeyen parametrelerin doğrusal fonksiyonları olan ölçülerin $E(y(t))$ beklenen değerlerinin $y(t)$ ölçü değerleri ile $\bar{y}(t)$ kestirim değerleri arasındaki farkın karesel toplamının minimum düzeyde olması gerekmektedir. Sistem analizinde ölçü değerleri ile kestirim değerleri arasındaki fark $E(t)$ “prediksiyon hatası” olarak ifade edilmektedir (Erdoğan, 2006).

Hataların karesel toplamının minimum olması ile modelin parametreleri kestirilmekte ve Prediksiyon hatası düzeltme değerleri olarak ele almaktadır.

Prediksiyon hatası;

$$\varepsilon(t) = y(t) - \bar{y}(t) \quad (2.3)$$

ve

$$\varepsilon^T(t) \varepsilon(t) = \min \quad (2.4)$$

x'in En Küçük Kareler tahmin edicisi ve ağırlık katsayılar matrisidir.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & t_1 \\ 1 & t_2 \\ 1 & t_3 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & t_n \end{bmatrix}$$

$$x = (A^T A)^{-1} (A^T y(t)) \quad (2.5)$$

$$Q_{xx} = (A^T A)^{-1} \quad (2.6)$$

Birim ağırlıklı ölçünün standart sapması, $f=n$ (ölçü sayısı)- u (bilinmeyen parametre sayısı) serbestlik derecesine göre;

$$m_0 = \sqrt{\frac{\varepsilon^T(t) \varepsilon(t)}{f}} \quad (2.7)$$

Eşitliği ile hesaplanmakta ayrıca bir parametrenin standart sapması ise;

$$m_k = m_0 \sqrt{Q_{xx}} \quad (2.8)$$

eşitliği ile tanımlanmaktadır.

$$t_y = y \text{ katsayı } (a,b) / m_k (S_a, S_b) \quad (2.9)$$

A katsayılar matrisi, m_0 , standart sapma değeri; m_k , a ve b katsayılarının standart sapma değerleri (S_a ve S_b); t_y , test büyüklüğü değerlerini ifade eder.

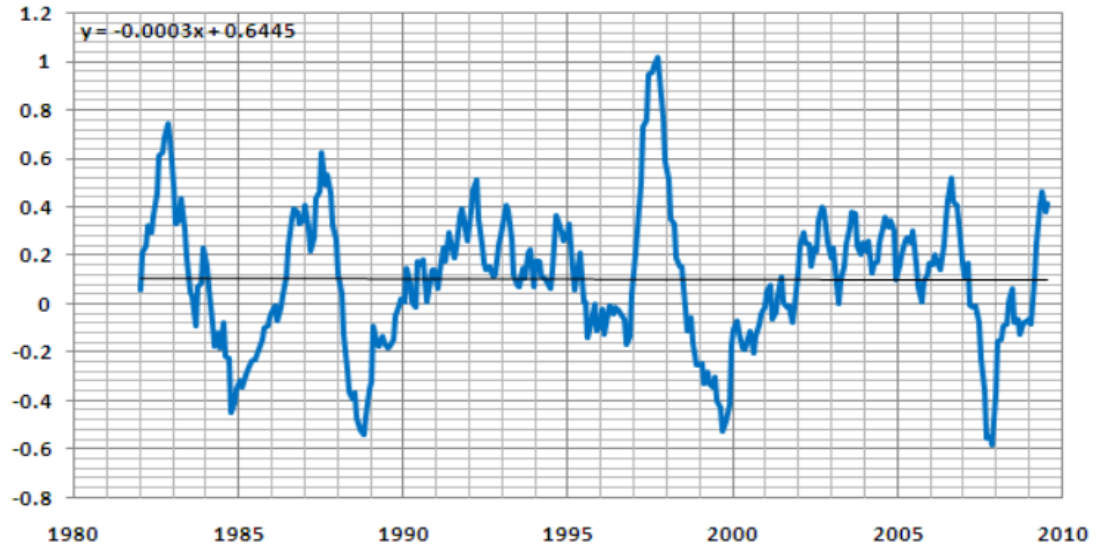
(2.10) eşitliği ile belirlenen test büyüklüğü (parametre/parametrenin standart sapması) serbestlik derecesi $f=n-u$ ve anlamlılık düzeyi %5 için t-dağılımının güven sınırı $t_{f,1-\alpha/2}$ ile karşılaştırılmaktadır.

$$\hat{t} = \frac{x}{m_k} \quad (2.10)$$

Belirlenen test büyüklüğü değerleri ($\alpha=0,05$) çizelge değerinden (standart normal dağılım) büyükse elde edilen sonuç anlamlı olmakta, değer küçük ise sonuç anlamsız olmaktadır. Anlamsız çıkan ölçülerde lineer bir hareket söz konusu değildir.

$t_y < t_{f,1-\alpha/2}$ ise sonuç anlamsız,

$t_y > t_{f,1-\alpha/2}$ ise sonuç anlamlıdır ve lineer bir hareket vardır.



Şekil 2.1: Yükselen ve alçalan trend grafikleri.

Trendin belirlenebilmesi için matematiksel bir fonksiyon ile ifade edilmesi gerekmektedir. Trendin hesabında farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar: Yarı Ortalamalar Hesabı, Hareketli Ortalamalar Hesabı ve En Küçük Kareler (EKK) yöntemidir.

Yarı ortalamalar hesabının trendin belirlenmesinde yetersiz kalması, hareketli ortalamalar hesabının ise yıllık serilerde uygulanabilirliği açısından yetersiz kalması sebebiyle çok kullanılan yöntemler değildir. Trend hesabında kullanılan en yaygın yöntem EKK yöntemidir.

Bir veri tablosunda en uygun değeri bulma analizine regresyon analizi denir. Regresyon analizinde en çok kullanılan yöntemlerden biri EKK yöntemidir. Bu yöntem ünlü matematikçi Gauss tarafından geliştirilmiştir.

EKK yöntemiyle yapılan regresyon analizinde, regresyonun istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını test edebilmek için modelde yer alan parametrelerin ayrı ayrı test edilmesi gerekmektedir. Parametrelerin test edilmiş olması modelin değişkenler arasındaki ilişkiyi yansıtan en iyi model olduğunu gösterdiği anlamına gelmez.

EKK yönteminin amacı; zaman ve sonuçlar arasındaki fonksiyonel ilişkiyi oluşturmaktır. EKK yönteminde trendi tanımlayacak fonksiyon tipi, zaman ve değerler üzerinde olayın grafiğinin çizilmesi ile seçilir. Elde edilen grafik sonucunda olayın uzun dönemlerde nasıl bir değişim gösterdiği yorumlanır ve eğrinin derecesi belirlenir. EKK yönteminde seride yer alan bütün değerler için ayrı ayrı trend bulunabilir. Bu da yöntemin avantajlarından biridir.

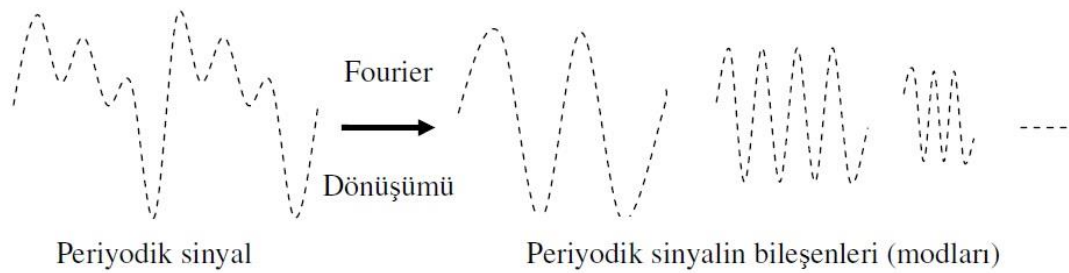
2.2 Periyodik Bileşen Analizi

Periyodik bileşen analizinin amacı, zaman serilerinde tekrarlanan değişimlerin düzenli olarak ifade edilmesini sağlamaktır. Dünyanın hareketinden dolayı meydana gelen periyodik bileşenler fourier yaklaşımı ile belirtilmektedir.

Periyodik salınımlar, periyodu bilinen ve bilinmeyen şeklinde alt kümeler ayrışmış olup; periyotların bilinmesi durumunda periyodik bileşenlerin zaman serileri ile giderilmesi daha kolay olmaktadır. Bunun yanı sıra periyotların bilinmemesi durumunda ise periyotların ayrıntılı olarak incelenebilmesi için spektral analiz yöntemi kullanılmakta olup bu yöntem zaman serisinin frekans bölgesindeki analizini ortaya koymaktadır. Diğer bir deyişle zaman bölgesinde zamanın farklı noktalarındaki gözlemler arasında ortaya çıkan ilişkiler, frekans bölgesinde periyodik hareketlerin belirlenmesi ile mümkündür. Bu zaman bölgesinden frekans bölgesine dönüşüm Hızlı Fourier Dönüşümü uygulanarak mümkün olmaktadır (Erdoğan, 2006).

2.2.1 Hızlı Fourier Dönüşümü

Fonksiyonlar, sinüs ve kosinüs olmak üzere iki farklı periyodik fonksiyondan oluşmaktadır. Joseph Fourier tarafından 19. yüzyılda bir periyodik fonksiyonun sınırsız sayıda karmaşık periyodik fonksiyonun toplamıyla ifade edilebileceği öne sürülmüştür. Fourier'ın bu fikirleri genelleştirilerek periyodik olmayan fonksiyonlarında bu şekilde ifade edilebileceği benimsenmiştir (Erdoğan, 2006). Bu periyodik olmayan fonksiyonların analizinde Fourier dönüşümü adı verilen dönüşüm kullanılmaktadır. Fourier dönüşümünün amacı; sürekli periyodik olmayan zaman alanı fonksiyonunun, frekans alanı fonksiyonuna dönüştürülmesidir. Şekil 2.2' de periyodik sinyalin frekans dönüşümü sonucunda oluşan sinüs bileşenleri gösterilmiştir (Bayazıt, 1996).



Şekil 2.2: Periyodik bir sinyalin Fourier Dönüşümü (Bayazıt, 1996).

Herhangi bir sinyal $x(t)$ şeklinde zamana bağlı bir fonksiyonu ifade edecek olursak fonksiyonun değişik karmaşık üstel fonksiyonlar şeklinde göstermek amacıyla bu fonksiyonun üstel fonksiyonlarla skaler olarak çarpılıp zaman aralığı boyunca toplanması gerekmektedir. Fourier ve Ters Fourier Dönüşümlerini sırasıyla ifade eden fonksiyonlar:

$$X_s(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \cdot e^{-2j\pi ft} dt \quad (2.11)$$

$$x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} X_s(f) \cdot e^{-2j\pi ft} df \quad (2.12)$$

bağıntılardaki t , zamanı; f frekansı ifade etmektedir. Burada $e^{-2j\pi ft}$ karmaşık ve periyodik üstel fonksiyonu ifade etmektedir. $X_s(f)$ ve $x(t)$ sinyalinin Fourier Dönüşümü'dür.

Fourier dönüşümünde fonksiyonların analizinde en çok kullanılan yöntem Hızlı Fourier Dönüşümüdür (HFD). HFD, Ayrık Fourier Dönüşümünün daha hızlı bir şekilde hesaplanabilmesi için geliştirilmiştir.

Ayrık Fourier Dönüşümünde kullanılan işlem sayısı azaltılarak HFD de işlem kolaylığı sağlanmıştır. HFD aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\begin{aligned} X_s(f) &= \sum_{t=0}^{N-1} x(t) \cdot e^{-j\frac{2\pi}{N}t} \\ x(t) &= \frac{1}{N} \sum_{f=0}^{N-1} X_s(f) \cdot e^{j\frac{2\pi}{N}t} \end{aligned} \quad (2.13)$$

bağıntılardaki t , zamanı, f ise frekansı, e karmaşık ve periyodik üstel fonksiyonu ifade etmekte ve $X_s(f)$ ise $x(t)$ değerlerin Fourier Dönüşümü' dür.

HFD' nin doğrudan hesaplanmasında her bir $X_s(f)$ değeri için N karmaşık çarpma ve $N-1$ karmaşık toplama işlemi kullanılmaktadır. Bu durumda N adet HFD değeri hesaplanırken, N^2 çarpma ve $N(N-1)$ toplama işlemi yapılmaktadır (Erdoğan, 2006).

HFD ilk kez ünlü matematikçi Gauss tarafından ortaya atılmış daha sonra birçok bilim adamı tarafından çeşitli algoritmalar geliştirilmiştir (Abbak, 2005). Bu geliştirilen algoritmalarından en çok kullanılanı Sande -Tukey algoritmasıdır.

Bir sinyalin frekans spektrumunun hesapsal yöntemlerle elde edilmesi için 2π ile periyodik olan ayrık-zamanlı frekansın bir periyodunun dikkate alınması yeterli olmaktadır. Ayrık zamanlı frekans spektrumunun 2π 'lik temel periyodunda N adet eşit aralıklı frekans değeri;

$$\omega = \frac{2\pi}{N} k \text{ dir ve } k = 0, 1, 2, 3, \dots, N-1 \text{ dir.}$$

“k” 2π ’lik temel frekans bandındaki ayırık frekans değerleridir. Fourier dönüşümü için N adet ayırık frekans değeri için hesaplanır , $k=0,1,2,3,\dots,N-1$, toplam N adet karmaşık Fourier dönüşüm değeri $X_s(f)$ elde edilmekte olup bir sinyalin frekans spektrumu için sinyalin genlik, faz ve güç spektrumları hızlı fourier dönüşümü sonucu elde edilen karmaşık sayılardan kolayca belirlenebilmektedir (Erdoğan, 2006).

2.2.2. Sinyallerin enerjisi ve gücü

Bir sinyalin enerjisi veya gücü, sinyalin hangi frekanslarda daha fazla yoğunlaştığının belirlenebilmesi için kullanılmaktadır. Zamanın bir fonksiyonu olan analog sinyal $y(t)$ integrali alınabilir bir fonksiyondur. Sinyalin enerjisini E ile gösterecek olursak:

$$E = \int_{-\infty}^{\infty} |y(t)|^2 dt \quad (2.14)$$

şeklinde ifade edilir. (2.13) eşitliğinin modül karesi spektrum $S(f)$ olarak adlandırılmakta ve $S(f)$;

$$S(f) = |X_s(f)|^2 \quad (2.15)$$

olarak ifade edilir. Burada $S(f)$, enerji spektral yoğunluğu, frekansın bir fonksiyonu olarak enerjinin dağılımını ifade eder. Eğer $y(t)$ sinyalinin $-\infty < n < \infty$ için ayırık bir $y_n = y(n\Delta t)$ serisi oluşturmak üzere Δt eşit aralıklarında örnekleme yapılsa, band-sınırlı bir süreçten örneklenen veriler için sürekli enerji spektral yoğunluğu eşitlik (2.15) ifadesi ile benzer olacaktır.

$$S'(f) = |X_s(f)|^2 \quad (2.16)$$

Eğer $n=0$ ’dan $n=N-1$ ’e kadar olan zaman serisi ele alınırsa, $m=0,1,\dots,N-1$ olmak üzere $f=m\Delta f$ frekanslarında örnekler alınıp HFD dönüşümü gerçekleştirebilmekte ve böylelikle ayırık enerji spektral yoğunluğu, $0 \leq m \leq N-1$ için;

$$S_m = |X_m|^2 \quad (2.17)$$

Ayrık S_m ve sürekli $S'(f)$ her ikisi de spektral kestirimleri olarak tanımlanmakta fakat, S_m ve $S'(f)$ $m=0,1,\dots,N-1$ için $f=m/N\Delta t$ ’de hesaplandığında benzer değerler vermemekte olup bunun sebebi sonlu veri kümesine bağlı ayırık spektrum, sonsuz veri kümesine bağlı sürekli spektrumun bozulmuş bir türüdür (Erdoğan, 2006).

2.2.3 Harmonik analiz

Periyodik hareketlerin sinüs ve kosinüs dalgalarının toplamı harmonik analiz yapılarak ifade edilmektedir. Bu analiz kullanılma sebebi frekansı bilinen bir zaman

serisindeki periyodik bileşenlerin ortaya çıkarılması ve bu bileşenlerin seriden giderilmesidir.

Trend bileşeni giderilmiş bir zaman serisi değerlerinden yararlanılarak, frekans değerleri ile sinyaldeki harmonik hareketlere ait katsayılar hesaplanır. Böylece serinin periyodik hareketinin genlik ve faz açıları belirlenir.

Harmonik fonksiyon:

$$Y_p = \bar{Y} + \sum_{i=1}^{qf} R_i \sin 2\pi f_i t + \varphi_i \quad (2.18)$$

eşitliği ile ifade edilir. Burada; $\bar{Y}$, Y_p 'lerin ortalaması; qf , frekans sayısı; $t:1, 2, \dots, N$; R_i , genlik ve φ_i , f_i frekansına ait faz açısını ifade etmektedir.

Harmonik fonksiyon eşitliği doğrusal olmadığı için dengeleme algoritması kullanılarak Taylor'a göre doğrusallaştırılması sonucu (2.19) eşitliği elde edilmektedir. Bu eşitlikteki bilinmeyen parametreler $\bar{Y}$, a_i ve b_i En Küçük Kareler Yöntemine göre hesaplanmakta ve böylece zaman serisinin bilinmeyen genlik ve faz açısı değerleri a ve b katsayılarından hesaplanabilmektedir.

$$Y_p = \bar{Y} + \sum_{i=1}^{qf} [a_i \sin(2\pi f_i t) + b_i \cos(2\pi f_i t)] \quad (2.19)$$

Ayrıca periyodik hareketin genliği (2.20) ve faz açısı (2.21);

$$R = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (2.20)$$

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{a}{b} \right) + \frac{\pi}{2} \quad (2.21)$$

Bu iki periyodik sinyal arasındaki faz farkı, iki adet periyodik sinyalden hangisinin daha önce, hangisinin daha sonra geldiğini gösteren parametredir. Ayrıca faz açısını belirlerken a ve b katsayılarının işaretlerinin dikkate alınması gerekmektedir.

(2.19) eşitliğinde bilinmeyen parametrelerin En Küçük Karelere Yöntemine göre hesaplanmasında A katsayılar ve x^T bilinmeyenler matrisleri, $w=2\pi f$ alınarak;

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \sin(w_1 t_1) & \cos(w_1 t_1) & \sin(w_2 t_1) & \cos(w_2 t_1) & \dots & \sin(w_i t_1) & \cos(w_i t_1) \\ 1 & \sin(w_1 t_2) & \cos(w_1 t_2) & \sin(w_2 t_2) & \cos(w_2 t_2) & \dots & \sin(w_i t_2) & \cos(w_i t_2) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & \sin(w_1 t_N) & \cos(w_1 t_N) & \sin(w_2 t_N) & \cos(w_2 t_N) & \dots & \sin(w_i t_N) & \cos(w_i t_N) \end{bmatrix} \quad (2.22)$$

$$x^T = [\bar{Y}, a_1 b_1, a_2 b_2, \dots, a_i b_i] \quad (2.23)$$

şeklinde ifade edilir. (2.5) eşitliği kullanılarak bilinmeyen parametreler (x) hesaplanmaktadır.

(2.8) ve (2.10) eşitlikleri kullanılarak parametrelerin anlamlı olup olmadıkları test edilmekte ve anlamlı katsayılara (ikisinden birisinin anlamlı olması yeterli) ait frekanslar fonksiyona dahil edilmektedir (Erdoğan, 2006).

3. DENİZ SEVİYESİNDE MEYDANA GELEN DEĞİŞİMLER

Deniz seviyesinde meydana gelen değişimlerin tespiti için çok eski zamanlardan beri çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar sonucunda deniz seviyesinde meydana gelen değişimlerin güneş ve ayın hareketine bağlı olduğu ortaya atılmıştır. Ancak 19. yüzyılda yapılan çalışmalarda deniz seviyesindeki değişimlerde deniz yüzeyinin değişmediği, karaların düşey hareketinden kaynaklandığı ortaya atılmıştır (Abbak, 2005).

Karalarda meydana gelen yer değişimleri, yeryüzünde oluşan iç ve dış kuvvetlerin etkisi ile oluşmaktadır. Bu değişimler depremler ve tektonik hareketlerden dolayı meydana gelmektedir.

Deniz seviyesindeki değişimler; günlük, haftalık, aylık gibi kısa zamanlarda basınç, sıcaklık, rüzgar, tsunami ve medcezir (gelgit) etkisiyle meydana gelirken; yıllık ve mevsimsel gibi uzun dönemli zamanlarda, büyük iklim olayları, buzul erimeleri ve küresel hareketlerin etkisiyle meydana gelir (Doğan ve Alpar, 1994). Deniz seviyesinde meydana gelen değişimlerin sebepleri özet olarak Şekil 3.3’ de gösterilmiştir.

Modern deniz seviyesini belirleme çalışmaları, özellikle sığ sulardaki deniz taşımacılığını kolaylaştırmak, kıyı erozyonunu önlemek, deniz sınırlarını belirlemek, kıyıda ve denizde bulunan yapıları tasarlamak, deniz seviyesinin değişimine neden olan çevresel etkileri (nem, basınç, sıcaklık, rüzgar) belirlemek amacıyla yapılmaktadır. Türkiye’de deniz seviyesi izleme çalışmaları, TUDES kapsamında işletilen 20 mareograf istasyonunda gerçekleştirilmektedir.

3.1 Atmosferik Basınç ve Rüzgar Etkisi

Atmosferik basıncın artması ile deniz seviyesinde alçalmalar meydana gelmektedir. Deniz seviyesinde meydana gelen bu etki “ters barometre etkisi” diye adlandırılmaktadır. Atmosferik basınç etkisi yani ters barometrik etki aşağıdaki formülle ifade edilir:

$$\eta = \frac{p_0 - p}{\rho_g} \quad (3.1)$$

Formülde η deniz seviyesindeki değişimi, p_0 ortalama basıncı, p deniz seviyesindeki atmosferik basıncı, ρ deniz suyu yoğunluğunu, g ise graviteyi ifade etmektedir (Sezen, 2006).

Deniz seviyesindeki değişime rüzgarın etkisi, rüzgarın esme yönüne, kuvvetine ve kıyının şekline bağlıdır. Karadan denize ve denizden karaya esen rüzgar deniz seviyesini değiştirir. Rüzgarların oluşturduğu dalgalar deniz seviyesinde cm mertebesinde m mertebesine kadar değişimler meydana getirir (Simav, 2007).

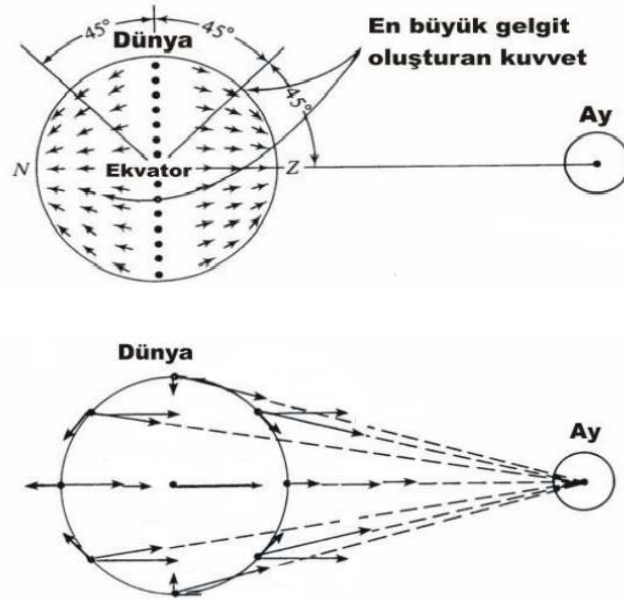
3.2 Gelgit (Medcezir) Etkisi

Deniz seviyesinde meydana gelen en önemli değişimin nedenidir. Medcezir etkisi, Ay'ın ve Güneş'in çekim kuvveti nedeniyle deniz seviyesinde meydana gelen alçalış ve yükseliş hareketidir (Şekil 3.1). Ay'ın ve Güneş'in hareketleri ile denizin üzerinde bir çekim etkisi oluşur. Bu etkiler kısa ya da uzun periyotlu olabilir. Denizlerde meydana gelen gelgitin büyüklüğü her zaman aynı değildir. Bunun sebepleri:

- Ay'ın Güneş'e göre değişen evreleri,
- Ay'ın ve Güneş'in denklinasyonu,
- Ay'ın ve Güneş'in kendi yörüngelerindeki konumları,
- Ay'ın ve Güneş'in dünyaya olan uzaklığı (Simav, 2007).

Gelgit verilerinin incelenmesi ve araştırılmasına gelgit analizi denir. Gelgit analizi yapılan ilk çalışmalarda astronomik olaylardan kaynaklanan gelgit nicelik yönünden elde edilmiştir. Ancak gelişen teknolojiyle yapılan araştırmalarda gelgit analizinde nitelik bilgilerine de ulaşılmıştır (Abbak, 2005).

Medcezire sebep olan kuvvetler gravite ve graviteye karşı olan merkezkaç kuvvetidir. Dünya ile Ay arasında olan çekim kuvveti Dünya ile Ay arasındaki mesafeden dolayı Dünya'nın Ay'a bakan tarafında meydana gelir. Bu çekimle Dünya üzerindeki sular Ay'a doğru hareket etmektedir (Sezen, 2006).



Şekil 3.1: Ay'ın ve Dünya'nın hareketinden kaynaklanan gelgit etkisi.

3.2.1 Gelgit tipleri

Yarım günlük, karışık ve günlük olmak üzere üç gelgit tipi bulunmaktadır. Yarım günlük gelgit tipinde, gelgit gününde aynı yüksekliğe sahip iki yüksek, iki de düşük gelgit meydana gelir. Karışık gelgit tipi ise yarım günlük gelgit tipine benzerdir. Fakat iki yüksek ve iki düşük gelgitin kendi aralarında yükseklik farkları bulunmaktadır. Bu sebeple oluşan iki yüksek gelgitten büyük olana daha yüksek gelgit, küçük olana ise yüksek gelgit denilmektedir. Aynı şekilde, iki düşük gelgitten küçük olana daha düşük gelgit, büyük olan ise düşük gelgit olarak denilmektedir. Günlük gelgit tipinde ise, bir gelgit günü için bir yüksek bir de düşük gelgit meydana gelmektedir (Yıldız vd., 2003).

Bir mareograf istasyonundaki gelgit tipleri ortaya çıkarmak için ana gelgit periyotları kullanılır. Gelgit bileşenleri harmonik analiz yöntemi kullanılarak elde edilmektedir. Harmonik analiz yöntemi 2. bölümde ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

Bir mareograf istasyonundaki gelgit sinyalinin belirlenmesi için Çizelge 3.1' de verilen temel gelgit bileşenleri kullanılmaktadır.

Çizelge 3.1: Temel gelgit bileşenleri.

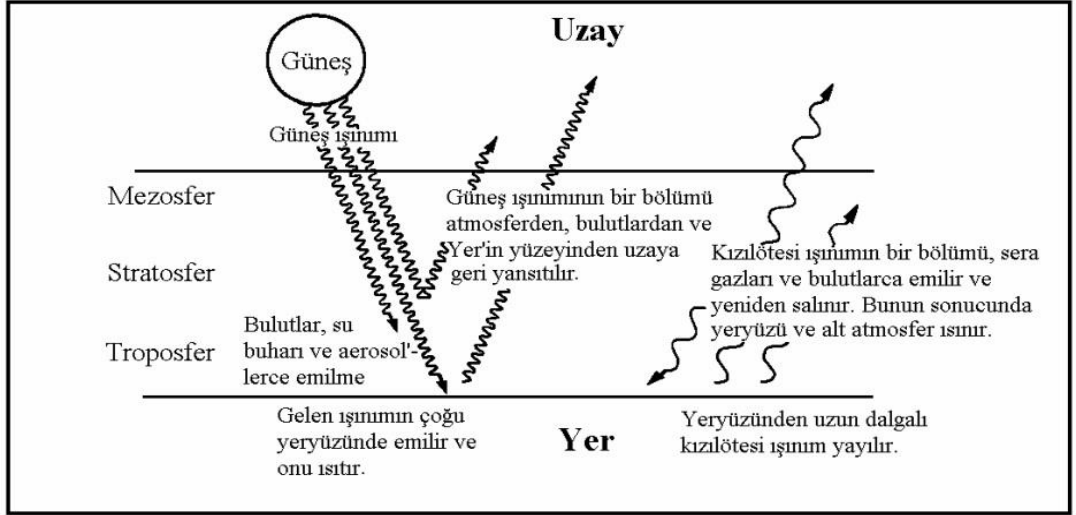
Bileşen Tipi	Temel Gel-Git Bileşeni	Tanım	Frekans (f) (1/saat)	Periyot T= 1/f (saat)
Yarım Günlük Temel Gelgit Bileşenleri	M2	Temel Ay	0.0805	12.42
	S2	Temel Güneş	0.0833	12.00
	N2	Ay büyük eliptiki	0.0789	12.66
	K2	Ay Güneş ortak	0.0835	11.97
Günlük Temel Gelgit Bileşenleri	K1	Ay Güneş ortak	0.0417	23.93
	O1	Temel Ay günü	0.0387	25.82
	P1	Temel Güneş günü	0.0415	24.07
	Q1	Ay büyük eliptiki	0.0372	26.87
Uzun Dönem Temel Gelgit Bileşenleri	MF	Ay iki haftası	0.0031	327.90
	MM	Güneş ayı	0.0015	661.30
	SAA	Yarı Güneş yılı	0.0002	4383.00

Çizelge 3.1’ de verilen Temel gelgit bileşenlerinden M2 ve O1 Ay’dan kaynaklanan bileşen, S2 ve P1 Güneş’ ten kaynaklanan bileşen, N2 ve Q1 Ay’dan kaynaklanan daha uzun periyotlu bileşen, K2 ve K1 Ay ve Güneş’ ten kaynaklanan bileşendir. Ayrıca MF, MM ve SAA bileşenleri uzun dönemli temel gelgit bileşenleridir.

3.3 İklim Değişikliğinin ve Sıcaklığın Etkisi

Atmosferdeki karbondioksit miktarı hava kirliliğine bağlı olarak artar. Atmosferde bulunan metan, ozon gibi gazların ısıyı tutma etkisi vardır. Bu gazlar insanlar sayesinde atmosfere katılmaktadır. Karbondioksit ve bu diğer gazlardaki artış atmosferin ısısının yükselmesine sebep olur. Bu durum günümüzde küresel ısınma olarak adlandırılır.

İklim değişikliği atmosferdeki karbondioksit gazının artmasına bağlı olarak oluşur. Atmosferdeki karbondioksitin artması, atmosferdeki yıllık ortalama sıcaklığın artmasına ve buna bağlı olarak iklim değişikliğine yani küresel ısınmaya sebep olur. Küresel ısınmanın nasıl gerçekleştiği Şekil 3.2’ de gösterilmektedir. Atmosferdeki yıllık ortalama sıcaklığın artması sonucunda kuzey ve güney kutbunda bulunan buz tabakaları erimeye başlar ve deniz seviyesi yükselerek denizlerin hacmi artar (Simav, 2007).



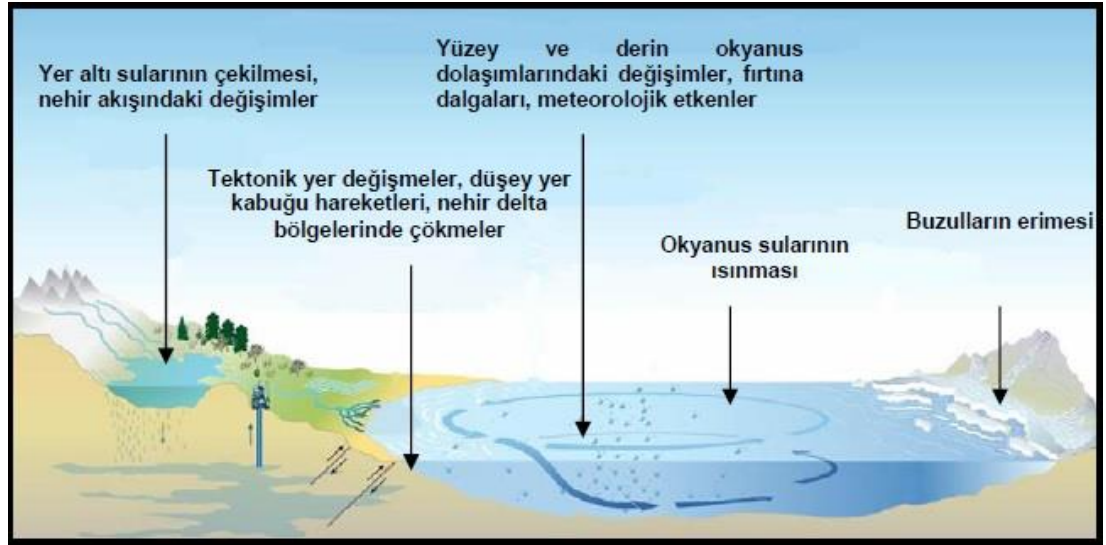
Şekil 3.2: Küresel ısınmanın şematik gösterimi (WHO,1996).

3.4 Yer Kabuğu Hareketleri

Avrupa, Asya ve Afrika plakaları arasında bulunan Türkiye genç oluşumlu bir ülke olmasından dolayı devamlı yer kabuğu hareketlerinin etkisi altındadır. Bu nedenle Türkiye’de deniz seviyesinde meydana gelen değişimlerin nedenlerinden biri de yer kabuğu hareketleridir.

Yer kabuğu hareketleri deniz seviyesini değiştiren en önemli etkenlerden biridir. Mareograf istasyonlarında bir röper noktasından deniz seviyesi ölçülür. Karanın yükselmesiyle deniz seviyesi düşer, kara alçalırsa deniz seviyesi artar.

Deniz seviyesinde meydana gelen değişimlerin sebeplerinin şematik olarak gösterimi özet olarak Şekil 3.3’de gösterilmiştir.



Şekil 3.3: Deniz seviyesinde meydana gelen değişimlerin sebeplerinin şematik olarak gösterimi (Simav, 2007).

4. DENİZ SEVİYESİ İZLEME SİSTEMLERİ

Deniz seviyesi ölçüleri yüzyılı aşkın bir süredir okyanus ve deniz kıyılarına kurulmuş mareograf istasyonlarında yersel tekniklerle çeşitli deniz seviyesi ölçü sistemleri kullanılarak yapılmakta ve deniz seviyesi değişimlerinin araştırılmasında genellikle mareograf istasyonlarından elde edilen deniz seviyesi verileri kullanılmaktadır (Douglas 1995, Simav 2007). Bununla birlikte yapay uyduların gelişmesine paralel olarak 1970'lerden sonra uydu altimetresi deniz seviyesi ile ilgili araştırmalarda kullanılmaya başlanmıştır. Uydu altimetre tekniği, yer merkezli bir referans sisteminde deniz yüzeyinin uzaydan global olarak sık ve hassas bir şekilde ölçülmesi esasına dayanan; deniz yüzeyi, okyanus akıntıları, okyanus yüzeyindeki rüzgârların ve dalgaların gözlenmesi için kullanılan global bir tekniktir (Fu ve Cazenava 2001, Simav 2007).

4.1 Mareograf Sistemleri

Belirli noktalardaki deniz seviyesinin ölçülmesini sağlayan ve deniz seviyesindeki değişiklikleri belirli zaman aralıklarında otomatik olarak kaydeden cihazlara mareograf denir. 20. yüzyılın başlarında şamandıralı mareograf ve basınçlı mareograf olmak üzere iki çeşit mareograf cihazı kullanılmaya başlanmıştır. Ancak günümüzde bu sistemler geliştirilmiş ve çeşitli mareograf cihazları kullanılmaya başlanmıştır. Örneğin; yüzeyde basınçların ölçülmesine, ses dalgalarının ya da radar sinyallerinin havada kalma süresinin ölçülmesi esasına dayanan sistemler kullanılmaktadır.

Mareograf istasyonları yersel deniz seviyesi ölçümleri ve birçok mühendislik ve bilimsel çalışmalarda kullanılmaktadır. Mareograf istasyonlarının bazı önemli kullanım alanları şunlardır:

- Hidrografik ölçmeler ve sığ sularda güvenli seyir haritalarının oluşturulmasını sağlamak (URL-3, Simav vd. 2011),
- Kıyı ve denizlerde bulunan yapıların tasarımına katkıda bulunmak (NRC 1987, Sorensen 2006, Simav vd. 2011),
- Denizlerimizin sınırlarını belirlemek (Vanicek 1994, Simav vd. 2011),

- Düşey referans sistemini oluşturmaktır (Vanicek 1991, Demir 2005, Simav vd. 2011),
- Oşinografik modelleme ve simülasyon çalışmaları (Tsimplis vd. 1995, Lefevre vd. 2002, Simav vd. 2011),
- İklim değişimleri ve etkilerinin araştırılması (IPCC 2007, Simav vd. 2011),
- Altimetrik gözlemlerin kalibrasyonu (Mitchum 1994, 1998, 2000, Simav vd. 2011),
- Erken uyarı sistemlerini geliştirmek (URL-4, Merrifield vd. 2005, Simav vd. 2011).

4.1.1 Şamandıralı mareograf sistemleri

Şamandıralı mareograf; dalgaların hareketlerinden korunmak amacıyla denizle bağlantısı bulunan bir kuyuya yerleştirilmiş olan şamandıralardan oluşmuştur. Şamandıralı mareografların çalışma prensibi, şamandıralarda meydana gelen hareketlerin tel ve makaralar yardımıyla kayıt cihazına iletilmesi ve bu kayıt cihazının da hassas olarak ayarlanmış bir saat ile birlikte çalışması ilkesine dayanmaktadır (Sezen, 2006).

4.1.2 Basıncı mareograf sistemleri

Basıncı mareografin çalışma prensibi ise denizin dibine yerleştirilmiş bir hava deposu üzerindeki su sütununun değişmesinden doğan basınç değişimlerinin kaydedilmesine dayanmaktadır. Hava deposundaki kayıt cihazı ya yere yerleştirilir veya basıncı alınmış, su geçirmez bir sandığa konulmaktadır (Sezen, 2006).

4.1.3 Akustik mareograf sistemleri

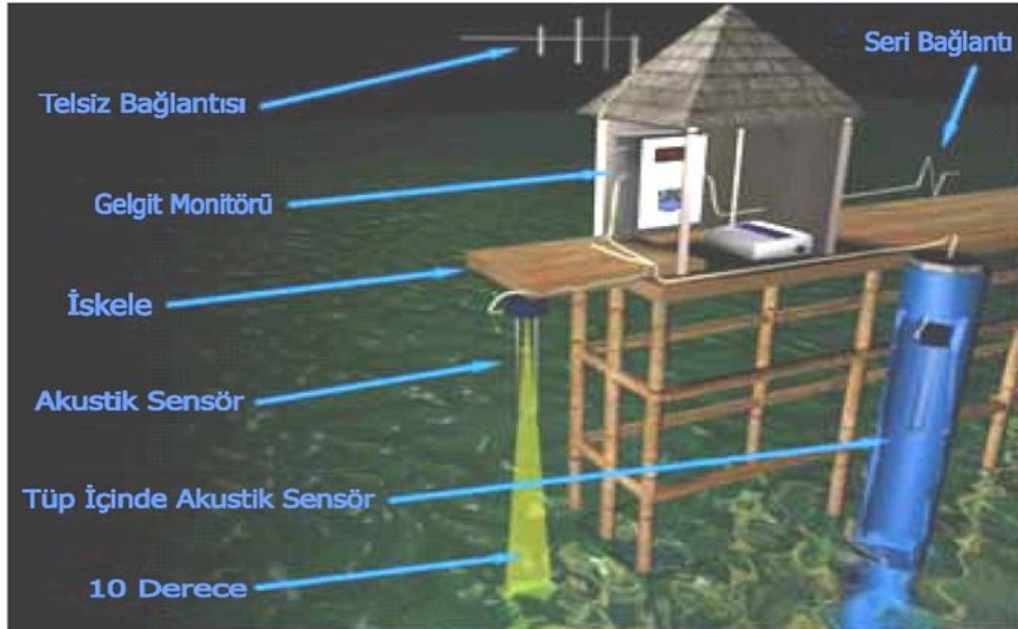
Akustik mareograf sistemlerinin çalışma prensibi, hava ve deniz ara yüzeyinden dikey yönde gelen sinyalin hareket sürelerinin ölçülmesi esasına dayanır. Akustik mareograf istasyonlarının güvenilir bir şekilde çalışmasını sağlamak amacıyla akustik sinyaller belirli bir dereceye kadar dikey olarak yerleştirilmiş bir tüpte ya da kuyuda bulunmaktadır. Tüplü ve tüpsüz olmak üzere iki farklı akustik mareograf kullanılmaktadır.

Tüplü akustik mareograf istasyonlarında iki sistem kullanılmaktadır. Birincisi, ABD’ de NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) dairesine bağlı NOS (National Ocean Service) servisi tarafından 1990’ların başından itibaren kullanılmaya başlanan Next Generation Water Level Measurement System (NGWLM) (Gelecek Nesil Su Seviyesi Ölçme Sistemi) ve Avustralya ve Pasifik

Okyanusu ada ülkelerinde kullanılan Sea Level Fine Resolution Acoustic Measuring Equipment (SEAFRAME) sistemidir (Sezen, 2006).

Tüplü akustik mareograflarda kullanılan ses tüpü bir kalibrasyon referans noktasına sahiptir. Gönderilen ses dalgaları bu referans noktalarından yansıma zamanı ölçülür. Böylece kalibrasyon tüpündeki sesin hızı ölçülür. Bu bilgiler sayesinde akustik sensör ile deniz seviyesi arasındaki mesafe hesaplanmış olur (Sezen, 2006).

Tüpsüz akustik mareograf sistemi; Güney Afrika'da ve 1992 tarihinden itibaren İspanya liman işletmeleri için kurulan 14 istasyonda bulunmaktadır. Akustik sensör deniz yüzeyi üstünde, deniz yüzeyine olan mesafesi yüksek gelgit döneminde 2 m'den az, alçak gelgit döneminde ise 9 m'den fazla olmayacak şekilde yerleştirilmektedir. Tüplü ve tüpsüz akustik sensörlü mareograf istasyonu kurulum şeması Şekil 4.1' de gösterilmiştir.



Şekil 4.1: Tüplü ve tüpsüz akustik sensörlü mareograf istasyonu kurulum şeması (Sezen, 2006).

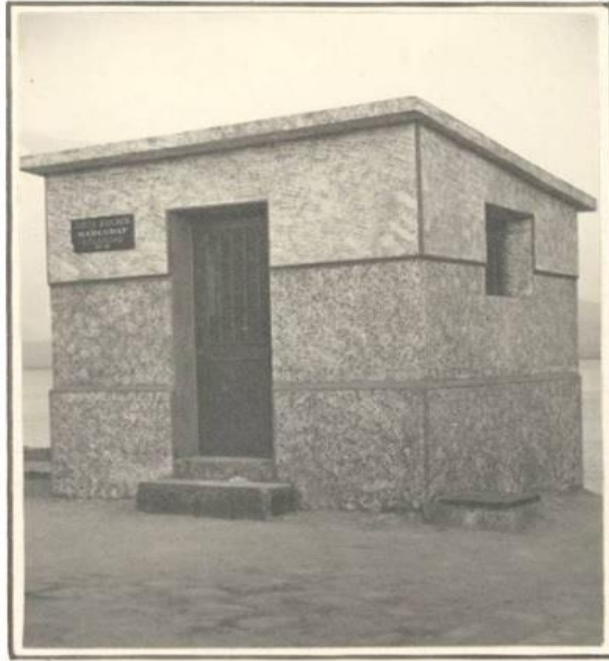
Deniz yüzeyine gönderilen ve oradan yansıyarak akustik sensöre geri dönen ses dalgasının sıcaklığa bağlı hız değişimini tespit etmek amacıyla, akustik sensörden 0.75 m uzaklıkta sabit bir noktaya yerleştirilmiş bar reflektöre akustik sensör tarafından yüksek frekanslı ses dalgaları gönderilir ve bu yöntemle her bir deniz seviyesi ölçümü yaklaşık 36 saniye sürer ve yüksek frekanslı dalgaları filtrelemek için bir ortalama bir değer hesaplanır (Sezen, 2006).

4.1.4 Radarlı mareograf sistemleri

Sistem ilk olarak nehir seviyelerini izlemek için tasarlanmıştır. Radarlı mareograf sisteminin çalışma prensibi; açık havadan suya bırakılan sensör titreşimi iletir ve dönen titreşimi algılar, böylece uçuş zamanı ve mesafenin belirlenmesi esasına dayanır (Sezen, 2006).

4.2 Türkiye’deki Deniz Seviyesi Belirleme Çalışmaları ve TUDES

Türkiye’de yükseklik sistemlerinin oluşturulması amacıyla başlatılan çalışmalar Harita Genel Komutanlığı bünyesinde oluşturulan Nivelman Şubesinin 1935 yılında kurulmasıyla başlamıştır. Yine ilk mareograf istasyonu Antalya’da 1935 yılında kurulmuş bir yıl sonra 1936 da İzmir-Karşıyaka’da bir mareograf istasyonu daha kurulmuştur (Şekil 4.2). Bununla beraber Türkiye’de Düşey Kontrol (Nivelman) Ağı ile ilgili çalışmalar Antalya- Dinar arasında 1935-1936 yıllarında ilk nivelman ölçüleri gerçekleştirilerek başlamıştır.

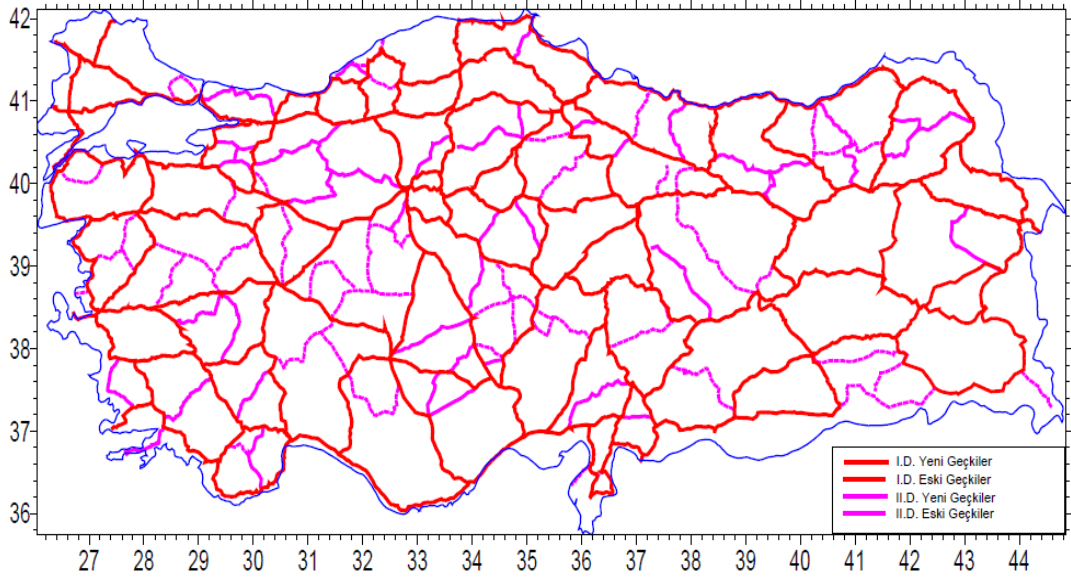


Şekil 4.2: İzmir-Karşıyaka’da kurulan mareograf istasyonu.

Kurulan bu iki mareograf istasyonu 1937 yılında Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’ne devredilmiştir. Sonraki aşamalarda Türkiye’de mareograf istasyonu kurma ve işletme çalışmalarını bu kurum yürütmüştür. Daha sonra 1948 yılında Karadeniz Ereğlisi, 1952 yılında İskenderun, 1956 yılında Trabzon, 1961 yılında Samsun, 1967 yılında Bodrum ve en son 1979 yılında Gölcük olmak üzere toplam altı adet mareograf istasyonu Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğüne kurulmuş ve işletilmiştir (Sezen, 2006).

1983 yılına kadar toplam 8 istasyon bulunmaktadır ancak bu istasyonlar deniz kirliliği ve trafiği sebebiyle tahrip olmuş ve yıpranmıştır. Elde edilen verilerin güvenilirlikleri zamanla azalmıştır. 1983 yılında yeniden bir protokol imzalanarak mareograf istasyonlarını kurma ve işletme yetkisi Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden Harita Genel Komutanlığına devredilmiştir. Eski istasyonlar tahrip olduğu için yerine yeni istasyonlar kurularak ölçümler yapılmıştır (HGK, 1991).

Ölçmelere devam edilerek nivelman hatları oluşturulmuş bunlar deniz kıyısına yakın alanlara ulaştırılmış ve mareograf istasyonlarına bağlanmıştır (Şekil 4.3). 1952 yılının sonlarına kadar Antalya, İskenderun mareograf istasyonları başlangıç olarak alınarak yükseklikler belirlenmiştir. 1952 yılından sonra deniz kıyısındaki mareograf istasyonlarından belirlenen yüksekliklerin ortalaması alınarak yeni bir başlangıç noktası oluşturulmuş (Normal Rakım Noktası: NRN) ve yükseklikler bu başlangıç noktası esas alınarak belirlenmeye başlanmıştır. 1971 yılına kadar çeşitli ölçümler gerçekleştirilerek Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı (TUDKA92) oluşturulmuştur. TUDKA92' de uyuşumsuz çıkan hatların düzeltilmesiyle, aynı başlangıca (Antalya Mareograf İstasyonu) göre TUDKA99 oluşturulmuştur (Simav vd., 2011).



Şekil 4.3: Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı-1999 (TUDKA-99).

4.2.1 Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES)

TUDES, Türkiye kıyılarındaki uzun dönemli deniz seviyesindeki değişimleri izlemek, TUDKA (Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı) datumunu iyileştirmek ve yükseklik bilgilerinin doğruluklarını ve güvenilirliklerini arttırmak amacıyla, Harita Genel Komutanlığı, Jeodezi Dairesi Başkanlığı tarafından kurulan veri merkezidir.

TUDES kapsamında yapılan yükseklik ölçmeleri Akdeniz, Ege, Marmara, Karadeniz ve Gökçeada ile KKTC kıyılarında bulunan 20 adet mareograf istasyonlarında gerçekleştirilmektedir. Akdeniz kıyılarında, Erdemli, Taşucu, İskenderun, Bozyazı, Antalya II; Ege Denizi kıyılarında, Menteş, Gökçeada, Aksaz ve Bodrum II; Marmara Denizi kıyılarında, İstanbul, Yalova, Erdek, Marmara Ereğlisi; Karadeniz kıyılarında, Trabzon II, Amasra, Sinop, Şile, İğne Ada mareograf istasyonları ile KKTC’ de Gazimağusa ve Girne mareograf istasyonları bulunmaktadır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4: Türkiye’deki mareograf istasyonlarının dağılımı haritası.

Türkiye kıyılarında bulunan mareograf istasyonları, deniz seviyesi ve değişimine etki eden meteorolojik parametreleri otomatik ve sayısal olarak kaydeder. Veriler her otuz saniyede bir ve on beş dakikalık periyotlar halinde kaydedilmektedir.

TUDES istasyonlarında elde edilen verilerle:

- TUDKA için bir referans yüzey belirleme çalışmaları yapılmakta,
- Türkiye için jeoid modeli oluşturulmakta,
- Aynı denize ait deniz yüzeyi eğimleri belirlenmekte,
- Denizler arası yükseklik farkları belirlenmektedir.

Mareograf istasyonlarında düşey yer kabuğu hareketlerine bağlı olarak ortalama deniz seviyesi değişimleri belirlenir. Mareograf istasyonlarında Türkiye’de pek çok çalışma yapılmaktadır. Bunlardan biri Harita Genel Komutanlığı Jeodezi Daire Başkanlığı tarafından hazırlanan Antalya II, Bodrum II, Erdek ve Menteş mareograf istasyonlarına ait 1984-2002 yılları arası deniz seviyesi ve jeodezik ölçülerin değerlendirilmesi çalışması verilebilir.

Bu çalışmada Türkiye’deki deniz seviyesi ölçümlerinin tarihsel gelişimi incelenmiş ve 1984-2002 yılları arasında Harita Genel Komutanlığınca işletilen Antalya II,

Bodrum II, Erdek ve Menteş mareograf istasyonlarında zaman ve datum hatalarından arındırılarak güvenilir ölçüler elde edilmiştir. Kaydedilen saatlik deniz seviyesi ölçmeleri jeodezik ölçümler yapılarak değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar gösterilmiştir.

Ayrıca mareograf istasyonların yenileştirme ve iyileştirme çalışmaları Harita Genel Komutanlığı tarafından yapılmaktadır. Bu çalışmalara örnek olarak İskenderun mareograf istasyonunda sabit GNSS entegreli radar sensörlü deniz seviyesi ölçüm sisteminin kurulum çalışmaları verilebilir. Bu sistem 17-20 Eylül 2014 tarihleri arasında tamamlanmış ve İskenderun'da 2004 yılından bu yana faaliyette olan mevcut akustik sensörlü istasyona ait alan içerisine tesis edilmiştir ve 20 Eylül 2014 tarihi itibarıyla de faaliyete geçirilmiştir. Sistemin çalışma prensibi; her iki istasyonun belirli bir süre birlikte çalıştırılıp, radar sensörlü yeni istasyona ait verilerin doğruluğunun test edilmesi ve radar sensörlü istasyona ait teknik analizlerin tamamlanarak akustik sensörlü istasyonun görevine son verilmesidir Şekil (4.5). Sistemin en önemli özellikleri:

- Deniz seviyesi ölçme sistemi daha uzun ömürlü olması ve sistemin bakımının daha kolay ve ucuz hale gelmesidir. Bunun sebebi; radar sistemi deniz suyuna temas etmediği için akustik sistemlerdeki gibi deniz suyunun sebep olduğu yosunlaşma ve oksitlenmeden etkilenmemesidir.
- Deniz seviyesi ölçülerindeki düşey yer kabuğu hareketlerinin kesintisiz olarak izlenmesi ve düşey yer kabuğu hareketlerinin daha hassas belirlenmesidir. Bunun sebebi ise sisteme GNSS (Global Navigation Satellite Systems) alıcısı doğrudan entegre edilmesidir.
- Sistemde veri haberleşmesi için yeni nesil 3G GPRS modem kullanılması ve bu sayede mareograf istasyondan merkeze veri aktarım hızının artırılmasıdır. Ayrıca sistemde büyük güneş paneli ve yüksek kapasiteli akü kullanılmıştır. Böylece sistemden sürekli veri aktarımı sağlanmıştır.



Şekil 4.5: GNSS entegreli radar sensörlü İskenderun mareograf istasyonu.

5. UYGULAMA

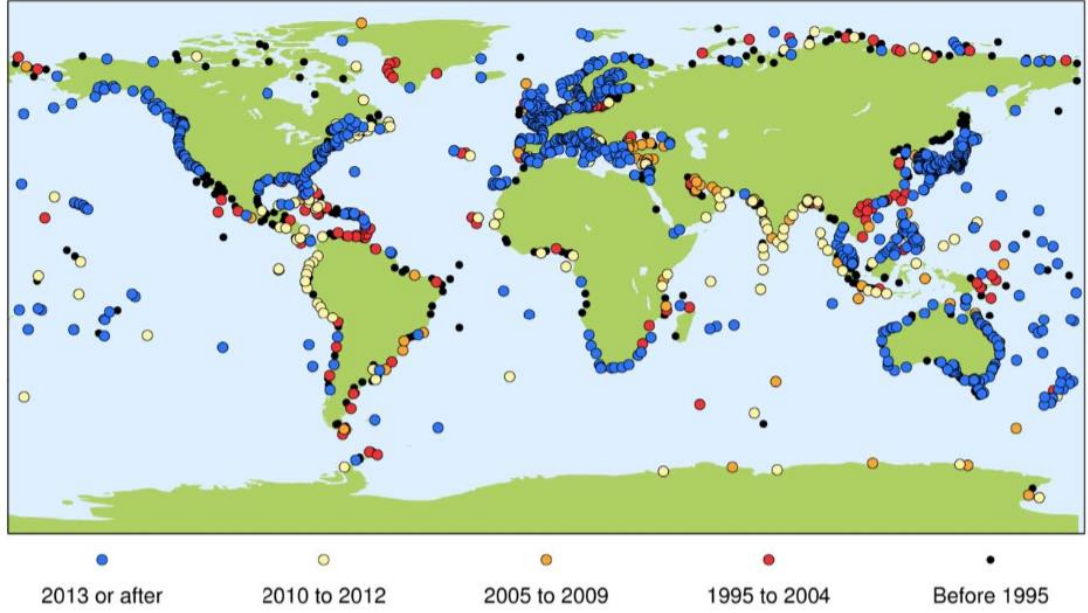
Bu çalışmada, TUDES ağına ait 10 adet mareograf istasyonunun uzun dönemli mutlak deniz seviyesi değişimleri zaman serileri analizi ile araştırılmıştır. Analizler MATLAB programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Mareograf istasyonları; Akdeniz kıyısında, Erdemli (ERD), İskenderun (ISKE II) ve Antalya II (ANT II); Ege Denizi kıyısında, Menteş (MENTES) ve Bodrum II (BOD II); Marmara Denizi kıyısında, Erdek (ERDEK) ve Marmara Ereğlisi (MAR EREGLISI); Karadeniz kıyısında, Trabzon II (TRAB II), Amasra (AMASRA) ve İğne Ada (IGNEADA)'dır. Mareograf istasyonlarının uzun dönemli aylık ortalama deniz seviyesi değerleri kullanılmıştır. İstasyonlara ait veriler Sürekli Ortalama Deniz Seviyesi Servisi (Permanent Service for Mean Sea Level- PSMSL)'den alınmıştır. Bu veriler kullanılarak, istasyonlara ait lineer ve periyodik hareketlerin olup olmadığına, zaman serileri analizi ile karar verilmiştir.

5.1 Sürekli Ortalama Deniz Seviyesi Servisi (Permanent Service for Mean Sea Level- PSMSL)

Sürekli Ortalama Deniz Seviyesi Servisi (PSMSL), uluslararası alanda bilinen, mareograf istasyonlarından uzun süreli deniz seviyesi değişimi bilgi kayıtlarını tutan deniz seviyesi veri bankasıdır. Aynı zamanda deniz seviyesi ile ilgili çalışma yapan topluluklara hizmet sağlayan bir servistir. Veriler ve bilgiler PSMSL web sitesi aracılığıyla ücretsiz olarak verilmektedir. 1933 de kurulan PSMSL, deniz seviyesi verilerin toplanması, yayınlanması, analizi ve yorumlanmasından sorumludur. Aynı zamanda, İngiltere Doğal Çevre Araştırma Konseyi tarafından sağlanan maddi destek ile Liverpool'da Ulusal Oşinografi Merkezi (NOC) çatısı altında çalışmalarını sürdürmektedir (Rickards, 2015).

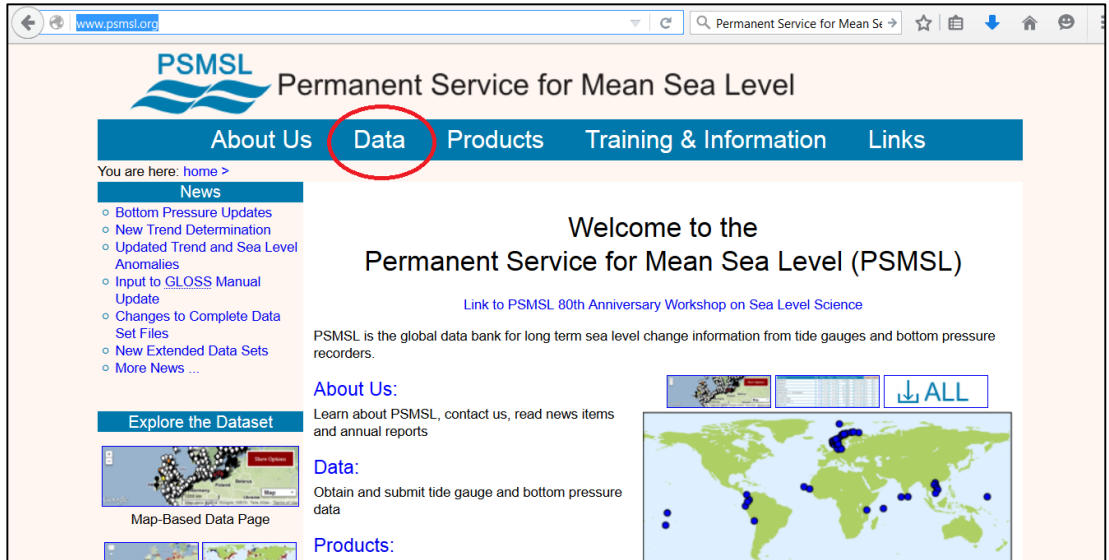
PSMSL, Uluslararası Jeodezi Birliği (IAG)'ne uzun dönemli deniz seviyesi değişimleri ile ilgili veri sağlayan ana veri merkezinden biridir. Aynı zamanda Global Jeodezik Gözlem Sistemi (GGOS) ile bağlantısı bulunmaktadır (Rickards, 2015). PSMSL'ye veri gönderen mareograf istasyonlarının yıllara göre dağılımı

Şekil 5.1’de verilmektedir. 2013 yılına kadar aktif olarak veri gönderen 777 adet istasyon bulunmaktadır (Rickards, 2015).



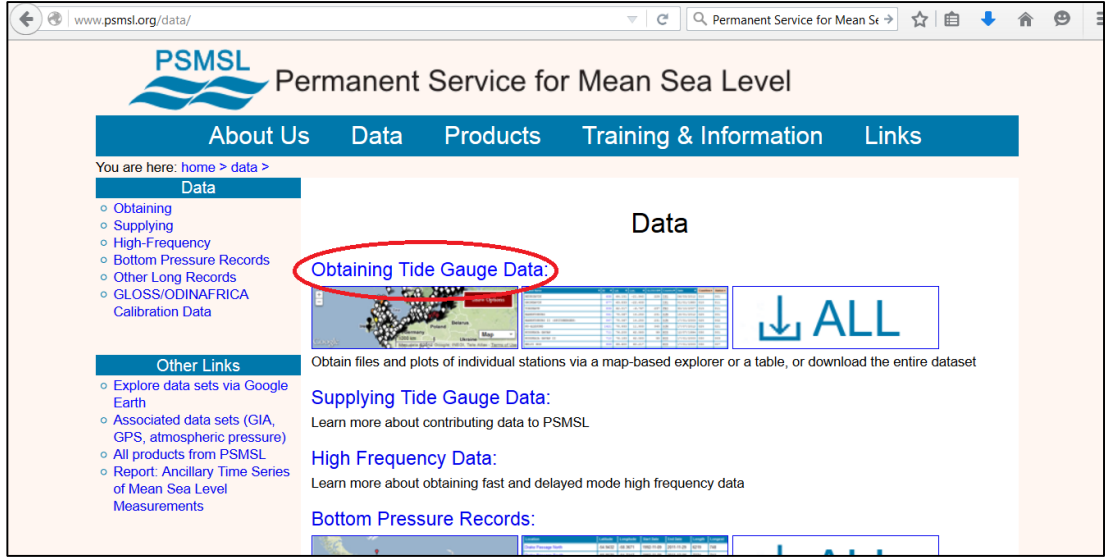
Şekil 5.1: Yıllara göre PSMSL’ye veri gönderen istasyonların dağılımı (Rickards, 2015).

PSMSL internet sitesinden veri indirmek için öncelikle <http://www.psmsl.org/> adresine giriş yapılır (Şekil 5.2).



Şekil 5.2: PSMSL internet sitesi (URL-2).

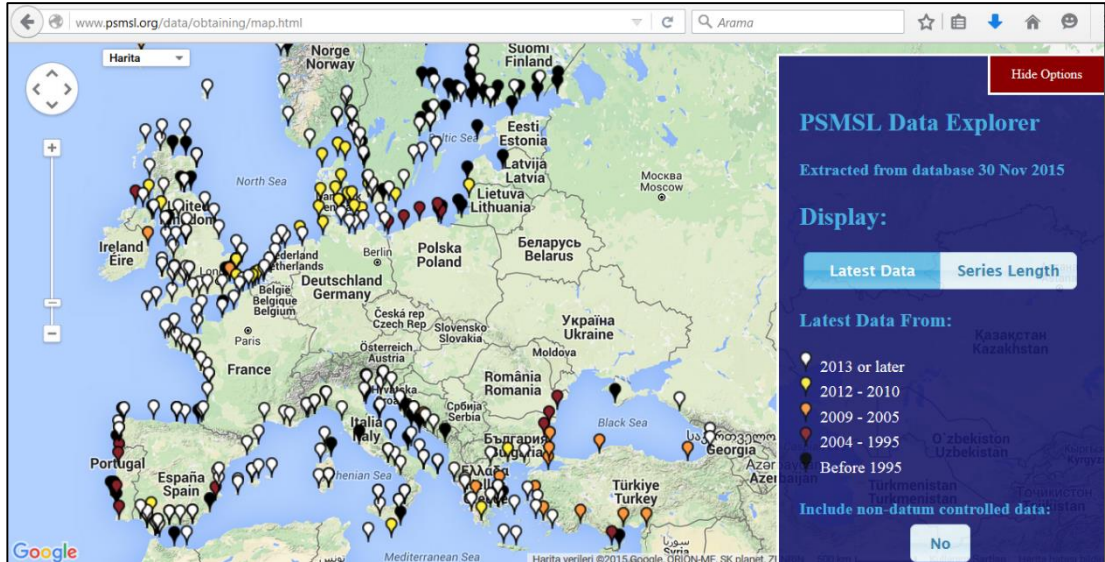
İstenilen mareograf istasyonunun verisini indirmek için “Data (veri)” menüsüne girilir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3: PSMSL Data menüsü (URL-2).

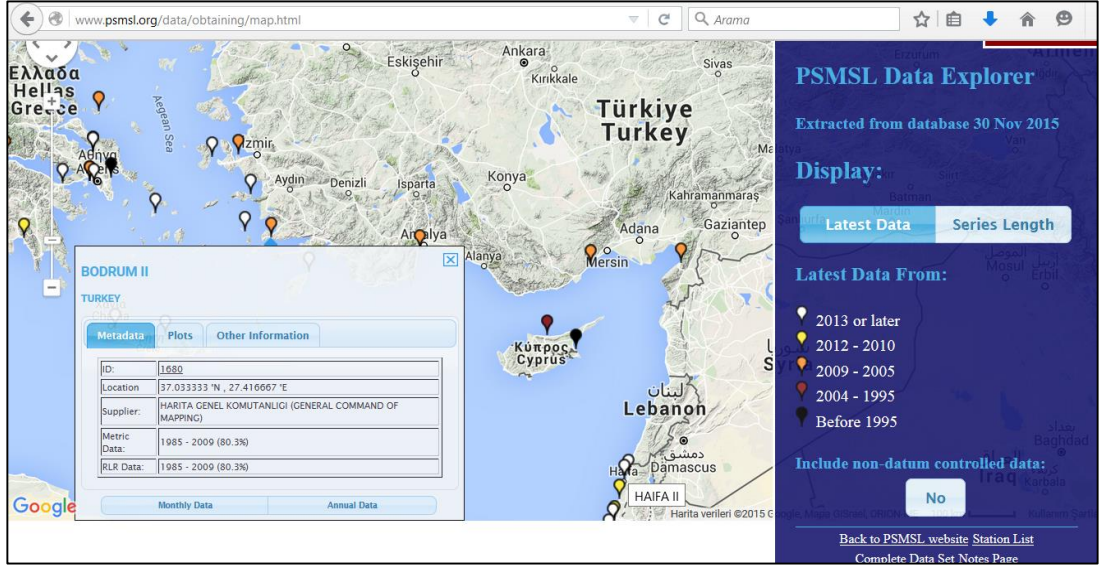
Gelen menü içerisinde mareograf istasyonu verilerini üç farklı şekilde kaydetmek mümkün olmaktadır. Mareograf istasyonlarından veri elde etme (Obtaining Tide Gauge Data) menüsü altındaki harita görüntüsü, tablo ve ALL butonu ile kaydetme seçenekleri bulunmaktadır.

İlk olarak, harita görüntüsü kullanılarak veri kaydetme seçeneği kullanıldığında gelen ekranda mareograf istasyonlarının Google Earth üzerindeki yerlerini gösteren bir harita gelmektedir (Şekil 5.4). Harita üzerindeki istasyonların renklerine göre hangi yıla kadar veri kaydı olduğunu gösteren bir lejant da bulunmaktadır.



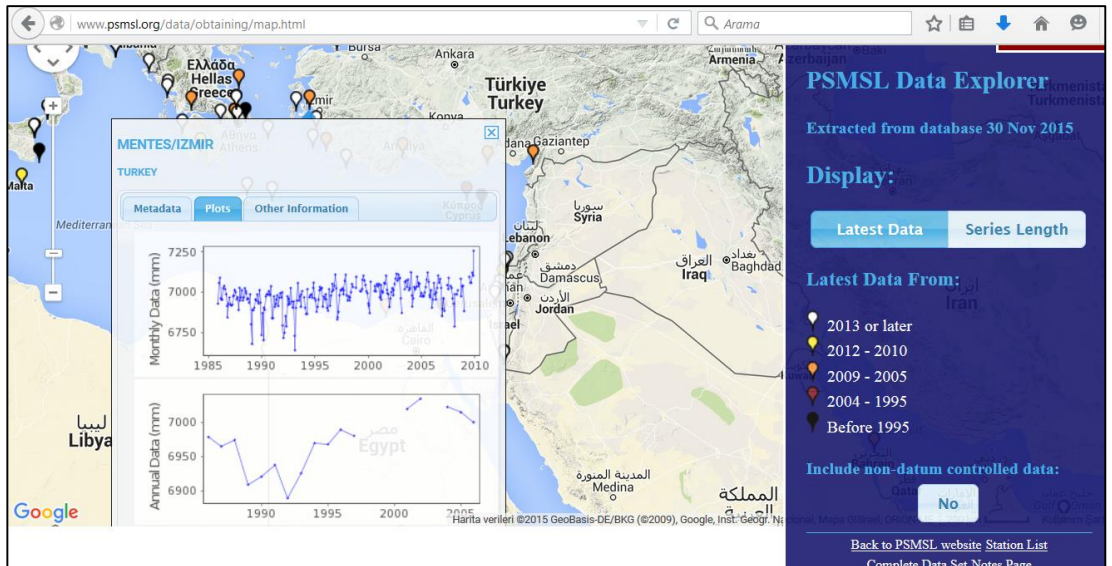
Şekil 5.4: Mareograf istasyonlarının Google Earth üzerindeki yerlerini gösteren ekran görüntüsü (URL-2).

Verisi kaydedilmek ya da hakkında bilgi alınmak istenen mareograf istasyonu üzerindeki yer imgesi butonu seçildiğinde, o istasyonla ilgili aylık ve yıllık deniz seviyesi değişim verileri, veriyi gönderen kurum adı, istasyondan hangi yıllar arasında veri alındığı, konumu, istasyon numarasını gösteren bir bilgi ekranı gelmektedir (Şekil 5.5). Aylık veri (Monthly Data) ve yıllık veri (Annual Data) butonu seçildiğinde istenen veriler kaydedilebilmektedir.



Şekil 5.5: Mareograf istasyonunun bilgilerini gösteren ekran görüntüsü (URL-2).

Bu menü altındaki Plots (çizimler) imgesi seçildiğinde, istasyonlardan alınan verilerin zaman serileri grafiklerini görmek de mümkündür (Şekil 5.6).



Şekil 5.6: Mareograf istasyonunun zaman serileri grafikleri (URL-2).

Veri kaydetmede ikinci seçenek olan, tablo görüntüsü seçildiğinde istasyonlarının isimlerini, konum bilgilerini, istasyon numarasını, veri göndermeye başladığı tarih ve

bulunduğu ülkenin kısa adı vb. bilgilerin hepsinin bir arada bulunduğu bir bilgi ekranı (Şekil 5.7) gelmektedir.

You are here: [home](#) > [data](#) > [obtaining](#) >

Data

- Obtaining
- Supplying
- High-Frequency
- Bottom Pressure Records
- Other Long Records
- GLOSS/ODINAFRICA Calibration Data

Extracted from Database
30 Nov 2015

Other Links

Obtaining Tide Gauge Data

To obtain individual records, click on the appropriate Station ID in the table below and go to the Data section of the next page. The [PSMML help file](#) is available to

- Describe the terminology used
- Explain the differences between the Metric and RLR data sets

More information on the data files and plots found in the links to the individual station pages below is available in a [notes page](#). The listing is in coastline/station code order (essentially west to east around the world) from which RLR data and information can be obtained. We have created a separate page that lists stations with only [Metric data](#).

If you use data from the PSMML, please note our [referencing recommendation](#).

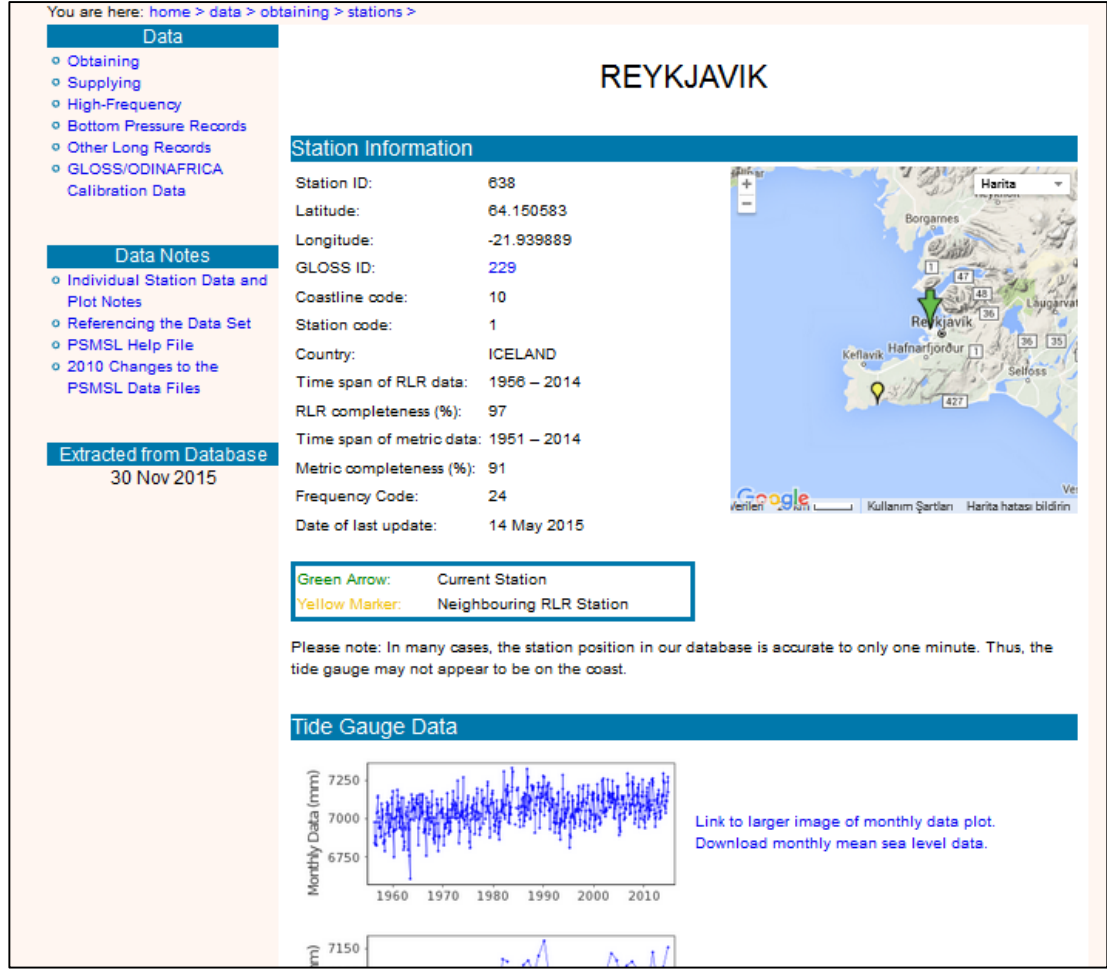
Table Notes: If javascript is enabled, click on the headers of the columns below to sort them. A second click on the same column reverses the sort direction. To select more than one column, click the first header then hold down the SHIFT key while clicking on the second and subsequent headers.

The dates listed below refer to the last update of the station record in our database. A date of 01/01/80 indicates that the station record has not been updated since our initial switch to the current database system (ca. 1987).

Station Name	ID	Lat.	Lon.	GLOSS ID	Country	Date	Coastline	Station
REYKJAVIK	638	64.151	-21.940	229	ISL	14/05/2015	010	001
GRINDAVIK	877	63.833	-22.433		ISL	01/01/1980	010	011
TORSHAVN	839	62.017	-6.767	237	FRO	30/10/2007	015	011
BARENTSBURG	541	78.067	14.250	231	SJM	14/10/2015	025	001
BARENTSBURG II (SPITSBERGEN)	547	78.067	14.250	231	SJM	17/01/2003	025	002
NY-ALESUND	1421	78.929	11.938	345	SJM	10/11/2015	025	021
RUSSKAYA GAVAN	711	76.200	62.583	99	RUS	12/07/1984	030	001

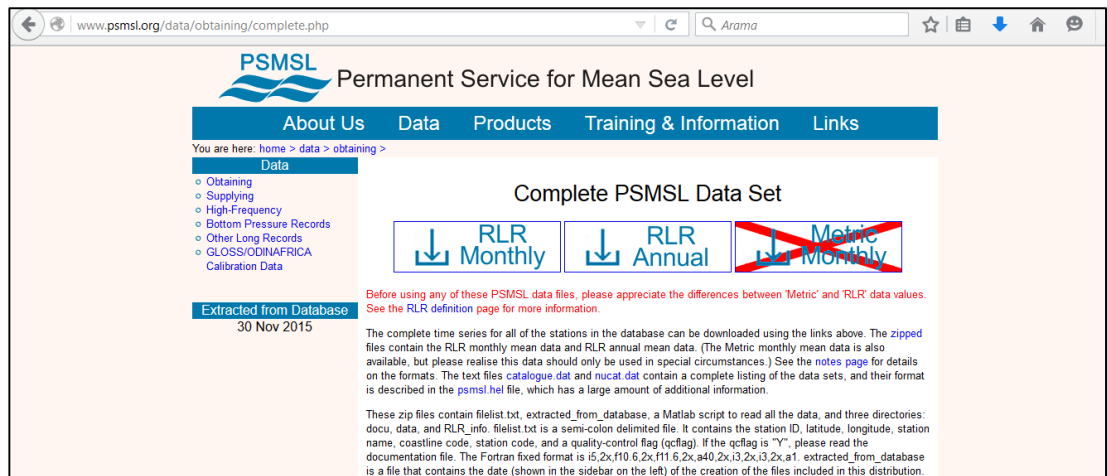
Şekil 5.7: Mareograf istasyonlarına ait bilgilerin bulunduğu bilgi ekranı (URL-2).

Gelen bilgi ekranı üzerinde, istasyon numarası (ID) butonu seçildiğinde ilgili istasyonun bilgi sayfasına ulaşılır (Şekil 5.8). Bu bilgi sayfasında istasyona ait aylık ve yıllık deniz seviyesi değişim verileri, istasyondan hangi yıllar arasında veri alındığı, konumu ve haritası, istasyon numarası, ülke adı vb. bilgiler bulunmaktadır. Aylık ve yıllık veri indirme bağlantısı seçildiğinde o istasyona ait veriler kaydedilebilmektedir.



Şekil 5.8: İstenilen mareograf istasyonuna ait bilgi sayfası (URL-2).

Son veri kaydetme seçeneği olan “ALL” butonu seçildiğinde Şekil 5.9’daki ekran görüntüsü elde edilmektedir. Burada aylık ve yıllık bütün istasyonlara ait veriler ZİP formatında tek bir dosya olarak kaydedilebilmektedir.



Şekil 5.9: ALL butonu seçildiğinde gelen ekran görüntüsü (URL-2).

5.2 Çalışmada Kullanılan Mareograf İstasyonları ve Verilere İlişkin Bilgiler

Zaman serileri analizi için kullanılan istasyonlara ait istasyon adı, istasyonun kısa adı, enlem, boylam ve verilerin zaman aralığı ile ilgili bilgiler Çizelge 5.1’ de verilmiş olup, bu istasyonların konum bilgileri de Şekil 5.10’ da verilmiştir. Bu istasyonlara ait veriler, ayrıntıları bir önceki bölümde verilen, PSMSL (URL-2, 2015) web adresinden elde edilmiştir.

Çizelge 5.1: Mareograf İstasyonları ve verilere ait bilgiler.

İSTASYON ADI	KISA ADI	ENLEM (°)	BOYLAM (°)	VERİLERİN ZAMAN ARALIĞI (Yıl)
Trabzon II	TRAB II	41.0°	39.7°	2002-2009
İğne Ada	IGNEADA	49.9°	28.0°	2002-2009
Amasra	AMASRA	41.4°	32.2°	2001-2009
Marmara Ereğlisi	MAR EREGLISI	40.9°	27.9°	2004-2009
Erdek	ERDEK	40.4°	27.9°	1984-2009
Menteş/İzmir	MENTES	38.4°	26.7°	1985-2009
Bodrum II	BOD II	37.0°	27.4°	1985-2009
Antalya II	ANT II	36.8°	30.6°	1985-2009
İskenderun II	ISKE II	36.6°	36.2°	2005-2009
Erdemli	ERD	36.6°	34.3°	2003-2009

Çizelge 5.1’ de verilerin zaman aralığı, TRAB II ve IGNEADA istasyonunda 84 ay, AMASRA istasyonunda 96 ay, MAR EREGLISI istasyonunda 60 ay, ERDEK istasyonunda 300 ay, MENTES, BOD II ve ANT II istasyonlarında 288 ay, ISKE II istasyonunda 48 ay ve son olarak ERD istasyonunda 72 aydır.



Şekil 5.10: Mareograf istasyonlarının konumlarını gösteren Google Earth görüntüsü (URL-5).

5.3 Trend Bileşeni Analizi

Trend Bileşeni Analizi ile Akdeniz, Ege, Marmara, Karadeniz kıyılarında bulunan Trabzon II, İğneada, Amasra, Marmara Ereğlisi, Erdek, Menteş, Bodrum II, Antalya II, İskenderun II ve Erdemli mareograf istasyonlarındaki uzun dönemli ortalama deniz seviyesi lineer değişimleri araştırılmıştır. Bu istasyonlardaki lineer değişimlerin parametreleri olan a ve b parametreleri ile bu parametrelerin standart sapmaları En Küçük Kareler (EKK) Yöntemi kullanılarak (2.5) ve (2.6) eşitlikleri ile hesaplanmıştır. Hesaplanan parametrelerin anlamlı olup olmadıkları (2.9) eşitliği ile belirlenen test büyüklüğünün (parametre/parametrenin standart sapması), serbestlik derecesi $f=n-u$ ve anlamlılık düzeyi $\alpha=0.05$ için t-dağılımının güven sınırı $t_{f,1-\alpha/2}$ ile karşılaştırılması sonucu belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlar Çizelge 5.2' de verilmiş olup TRAB II, IGNEADA, AMASRA, MAR EREGLISI ve ERD mareograf istasyonlarındaki ortalama deniz seviyesi değişimleri, zaman serilerinin $\alpha=0,05$ yanılma olasılığı ile lineer bir trend bileşeni içermediği, ancak ERDEK, MENTES, BOD II, ANT II ve ISKE II mareograf istasyonlarındaki ortalama deniz seviyesindeki değişimlerin lineer bir trend bileşeni içerdiği tespit edilmiştir.

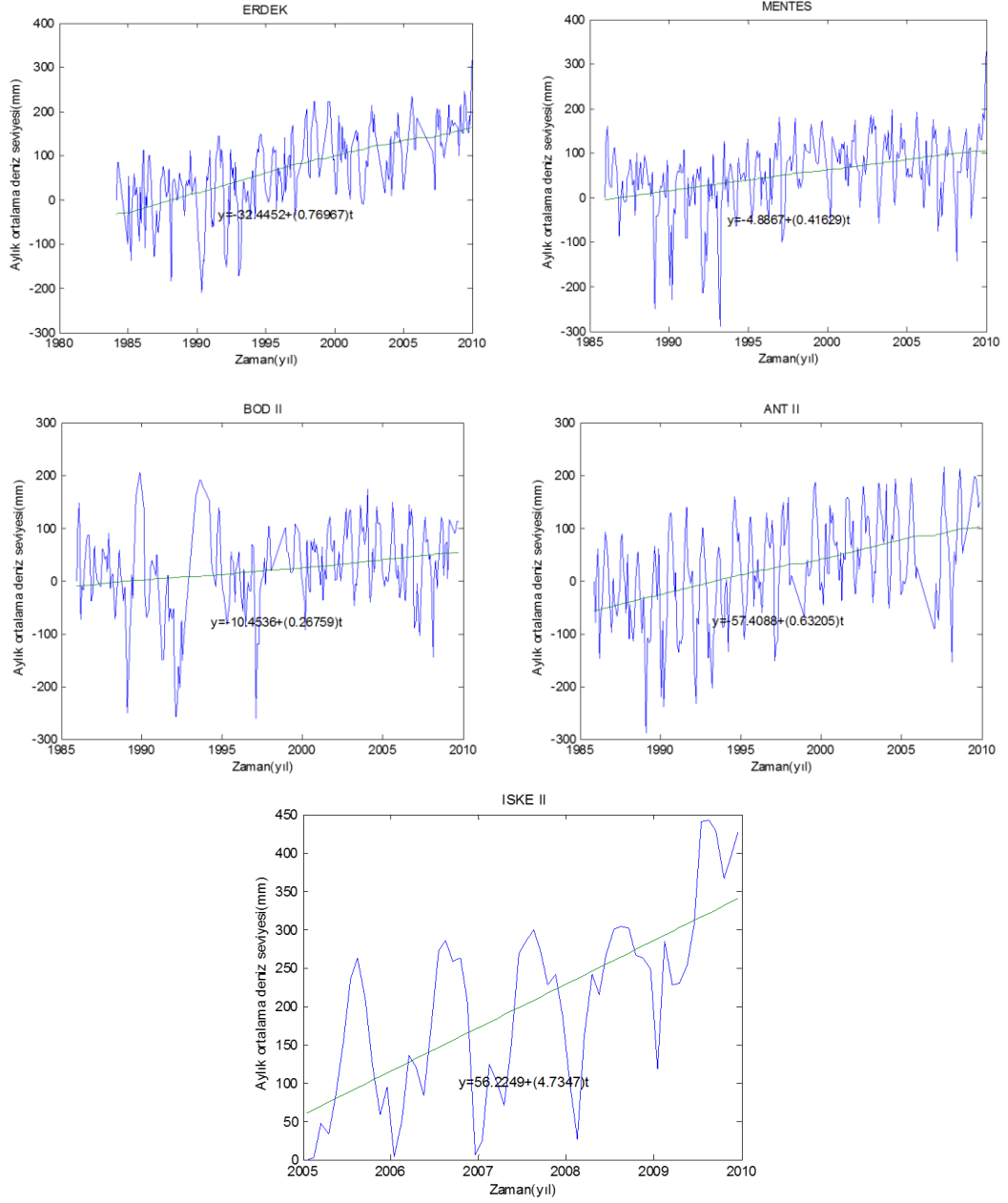
Çizelge 5.2' deki b katsayı değerleri aylık ortalama deniz seviyesinde meydana gelen değişimleri göstermektedir. b katsayı değerinin (+) olması, lineer hareketin artan bir hareket olduğunu, (-) olması ise lineer hareketin azalan bir hareket olduğu gösterir.

Çizelge 5.2' de anlamlı lineer değişim gösteren bütün istasyonların su seviyesinde artan yönde lineer bir değişim olduğu belirlenmiş olup, ERDEK istasyonunun artan lineer değişim değeri 9.2364 mm/yıl, MENTES istasyonunun lineer değişim değeri 4.9956 mm/yıl, BOD II istasyonunun lineer değişim değeri 3.2112 mm/yıl, ANT II istasyonunun lineer değişim değeri 7.5840 mm/yıl ve son olarak ISKE II istasyonunun lineer değişim değeri 56.8164 mm/yıl' dır.

Çizelge 5.2' de istatistiksel olarak $\alpha=0,05$ yanılma olasılığı ile anlamlı lineer değişim gösteren ERDEK, MENTES, BOD II, ANT II ve ISKE II mareograf istasyonlarının zaman serisi ve serinin içerdiği lineer trend bileşeni grafikleri Şekil 5.11 de gösterilmiştir.

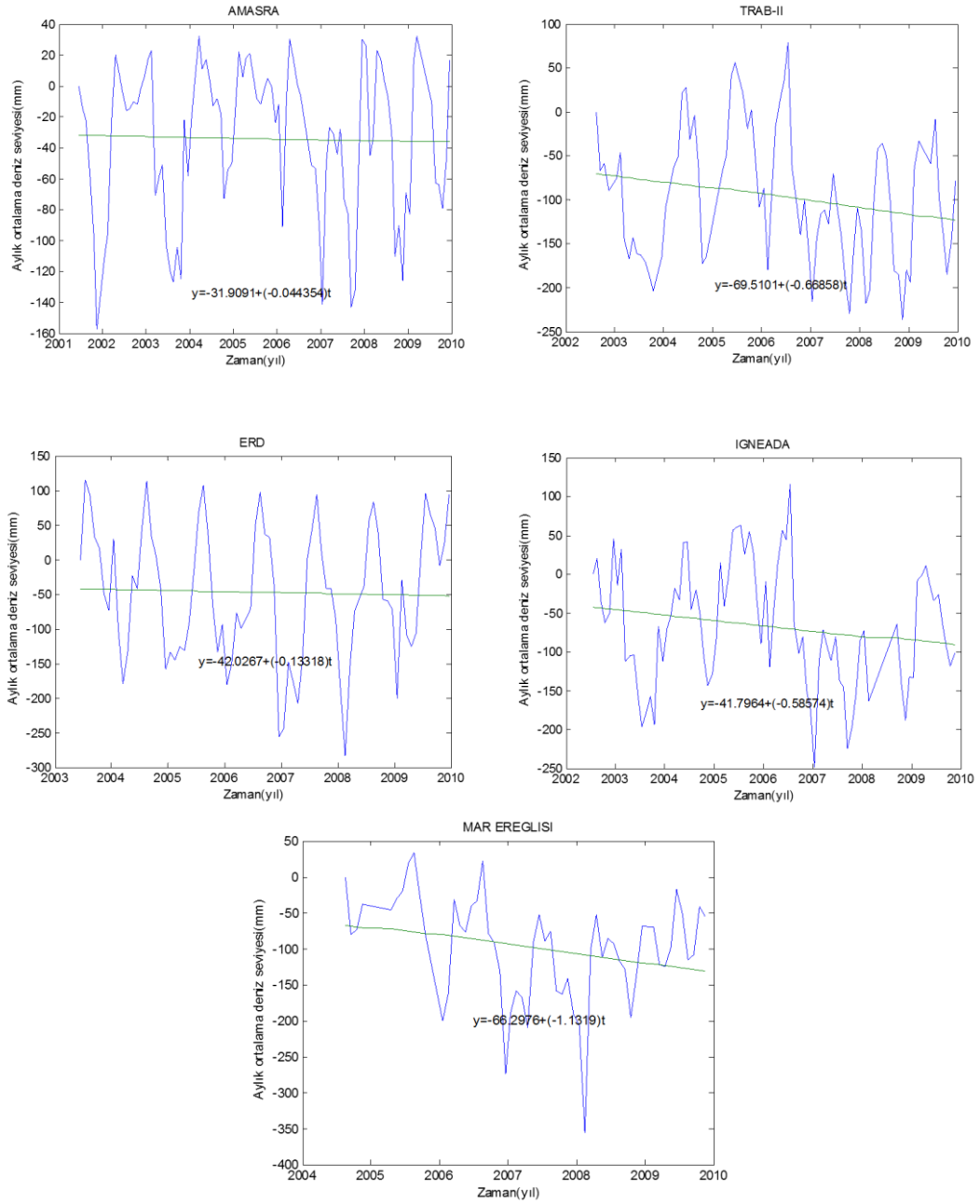
Çizelge 5.2: Mareograf istasyonlarında zaman serileri ile trend bileşeni analizi sonuçları.

İstasyon Adı	Trendin Lineer Modeli $y=a+bt$	Parametrelerin standart sapmaları $S_a; S_b$	Test Büyüklüğü ($a/S_a; b/S_b$)	t Dağılımı Tablo Değeri	Sonuç	Lineer Değişim mm/yıl
TRAB II	$y=-69.5101+(-0.6686)t$	16.9352;0.3633	4.1045;1.8405	1,99	anlamsız	
IGNEADA	$y=-41.7964+(-0.5857)t$	17.0362;0.3523	2.4534;1.6625	1,98	anlamsız	
AMASRA	$y=-31.9091+(-0.0444)t$	9.8859;0.1752	3.2277;0.2532	1.98	anlamsız	
MAR EREĞLİSİ	$y=-66.2976+(-1.1319)t$	19.1407;0.5741	3.4637;1.9717	2.00	anlamsız	
ERDEK	$y=-32.4452+(0.7697)t$	8.9878;0.0606	3.6099;12.6940	1.97	anlamlı	9.23
MENTEŞ	$y=-4.8867+(0.4163)t$	9.3349;0.0606	0.5235;6.8680	1.97	anlamlı	4.99
BOD II	$y=-10.4536+(0.2676)t$	10.1803;0.0729	1.0268;3.6688	1.97	anlamlı	3.21
ANT II	$y=-57.4088+(0.6320)t$	10.5319;0.0716	5.4510;8.8267	1.97	anlamlı	7.58
ISKE II	$y=56.2249+(4.7347)t$	22.4434;0.6399	2.5052;7.3992	2.00	anlamlı	56.81
ERD	$y=-42.0267+(-0.1332)t$	22.5868;0.5032	1.8607;0.2647	1.99	anlamsız	



Şekil 5.11: Mareograf istasyonlarının zaman serisi ve istatistiksel olarak anlamlı lineer trend bileşenleri.

Çizelge 5.2’ de ise istatistiksel olarak $\alpha=0,05$ yanılma olasılığı lineer değişimleri anlamsız çıkan TRAB II, AMASRA, IGNEADA, MAR EREGLISI ve ERD mareograf istasyonlarının zaman serisi ve serinin içerdiği lineer trend bileşeni grafikleri de Şekil 5.12 de verilmiştir.



Şekil 5.12: Mareograf istasyonlarının zaman serisi ve istatistiksel olarak anlamsız lineer trend bileşenleri.

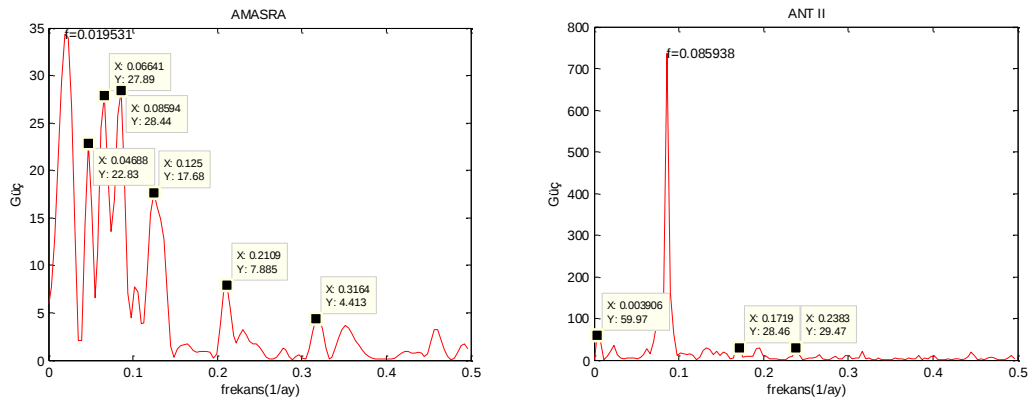
Bu çalışmada elde edilen ve Çizelge 5.2’ de verilen mareograf istasyonlarına ait yıllık artan lineer değişimlerin, bu istasyonlarda Sezen’in (2006) ve Yıldız vd.’nin (2003)’de yapılan çalışmalarındaki sonuçları ile uyumlu olduğu görülmektedir. Çünkü Sezen’in (2006), Antalya-II mareograf istasyonuna ait 1985-2005 döneminde yaklaşık 21 yıllık aylık deniz seviyesi ölçülerinin değerlendirilmesi çalışmasında, aylık deniz seviyesi ölçülerinin lineer trendini 4.4 ± 0.7 mm/yıl olarak elde etmiştir. Ayrıca, Yıldız vd.’nin (2003) yaptığı Antalya-II, Bodrum-II, Erdek ve Menteş Mareograf İstasyonlarına ait 1984-2002 Yılları Arası Deniz Seviyesi ve Jeodezik

Ölçülerin Değerlendirilmesi çalışmasında ise Bodrum-II mareograf istasyonundaki ortalama deniz seviyesinin bağıl değişimi 3.3 ± 1.1 mm/yıl olarak hesaplanmış ve global deniz seviyesi yükselişinde bir artış olduğu saptanmıştır. Yine aynı çalışmada Menteş mareograf istasyonu ortalama deniz seviyesinin 6.8 ± 0.9 mm/yıl bir hızla yükseldiği belirlenmiş ancak tekrarlı GPS ölçüleri ile anlamlı bir düşey hareket belirlenmemiştir. Ayrıca Antalya-II ve Erdek mareograf istasyonlarında yerel (bağıl) 3-10 mm/yıl oranında bir deniz seviyesi yükselme trendi tespit edilmiştir.

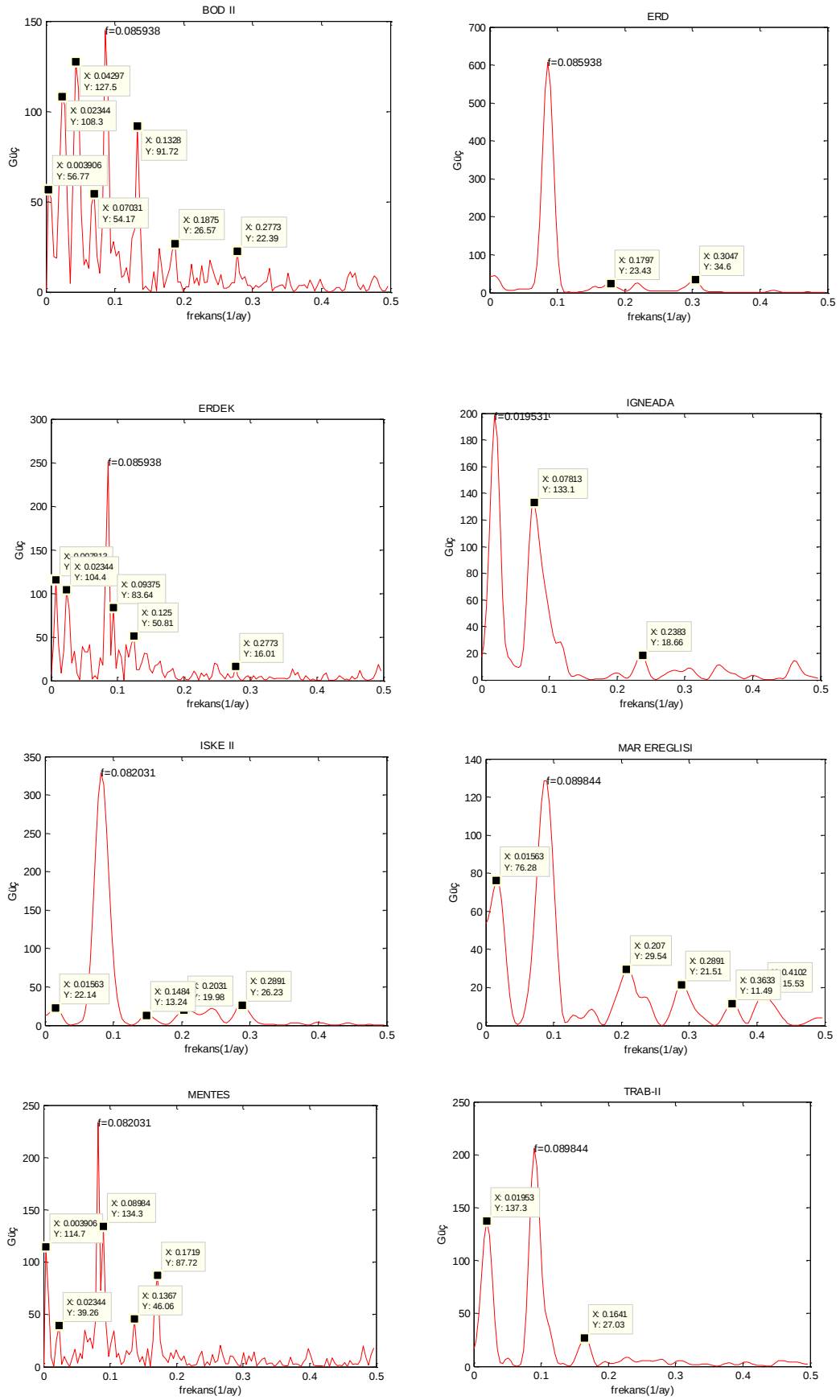
5.4 Periyodik Bileşen Analizi

Mareograf istasyonlarında zaman serilerindeki trend bileşeni giderildikten sonra, seride var olan uzun zamanlı periyodik bileşenler belirlenmiştir. Zaman serilerindeki periyodik bileşenlerin belirlenebilmesi için ölçülerdeki frekansların bilinmesi gerekmektedir. Frekanslar bilinmediğinden öncelikle zaman bölgesinde tanımlanan ölçülerin frekans bölgesine dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu dönüşüm, HFD eşitliği (2.13) kullanılarak yapılmıştır.

Mareograf istasyonlarında zaman serilerine uygulanan HFD sonucu, istasyonlara ait güç-frekans ilişkisini gösteren şekilleri aşağıda verilmiştir. Şekil 5.13’de istasyonlara ait zaman serilerindeki bütün frekans değerleri görülmektedir. İstasyonlardaki periyodik hareketlerin frekans aralığı 0-0.5 (1/ay)’ dır. Şekil 5.13’ de AMASRA, BOD II, ERDEK, ISKE II, MAR EREGLISI ve MENTES istasyonları frekans sayısının (periyodik hareketlerin) ANT II, ERD, IGNEADA ve TRAB II istasyonlarına göre daha fazla sayıda olduğu görülmektedir.



Şekil 5.13: Mareograf istasyonlarının güç-frekans değişimleri.



Şekil 5.13 (Devam): Mareograf istasyonlarının güç-frekans değişimleri.

Hızlı Fourier Dönüşümü ile belirlenen frekanslar eşitlik (2.18)'de yerine konularak zaman serilerindeki anlamlı periyodik hareketler, periyodik hareketlere ait katsayılar En Küçük Kareler Yöntemine göre hesaplanmıştır.

Şekil 5.13'de AMASRA, BOD II, ERDEK, ISKE II, MAR EREGLISI ve MENTES istasyonlarına ait serilerde çok sayıda periyodik hareketler olduğu daha öncede ifade edilmişti. Bu periyodik hareketlerin kaç tanesinin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadıkları trend bileşen analizi parametre testine benzer şekilde test edilmiştir. Hesaplanan frekanslar (2.18) eşitliğinde yerine konularak, periyodik hareketlerin a_i ve b_i parametreleri ve bu parametrelerin kovaryans matrisleri EKK yöntemi ile kestirilmiştir. Kestirilen bu parametreler %95 güven düzeyinde f serbestlik derecesine bağlı t-dağılımının $t_{f,1-0.05/2}$ güven sınırına (örneğin TRAB II istasyonu için $f=78$ için, $t_{f,1-0.05/2} = 1,99$) göre "0" beklenen değerlerinden sapmalarının anlamlı olup olmadıkları test edilmiştir. Hesaplanan test büyüklüklerinin (TRAB II istasyonu için, $t_{f,1-0.05/2}=1,99$) güven sınırından büyük olması durumunda parametrelere ait frekanslar istatistik olarak anlamlı kabul edilmiştir. Test büyüklüklerinin güven sınırından küçük olması durumunda ise parametrelere ait frekansların istatistik olarak anlamsız olduğu sonucuna varılmıştır. Bu anlamsız frekanslar (2.18) eşitliğinden çıkartılmış ve bu işlem anlamlı frekanslar tespit edilene kadar tekrarlanmıştır.

Analiz sonucu istasyonlara ait aylık ortalama deniz seviyesindeki anlamlı ve anlamsız frekanslar ve periyodik hareketler Çizelge 5.3'de verilmiştir.

Çizelge 5.3: Mareograf istasyonlarında zaman serileri ile periyodik bileşen analizi sonuçları.

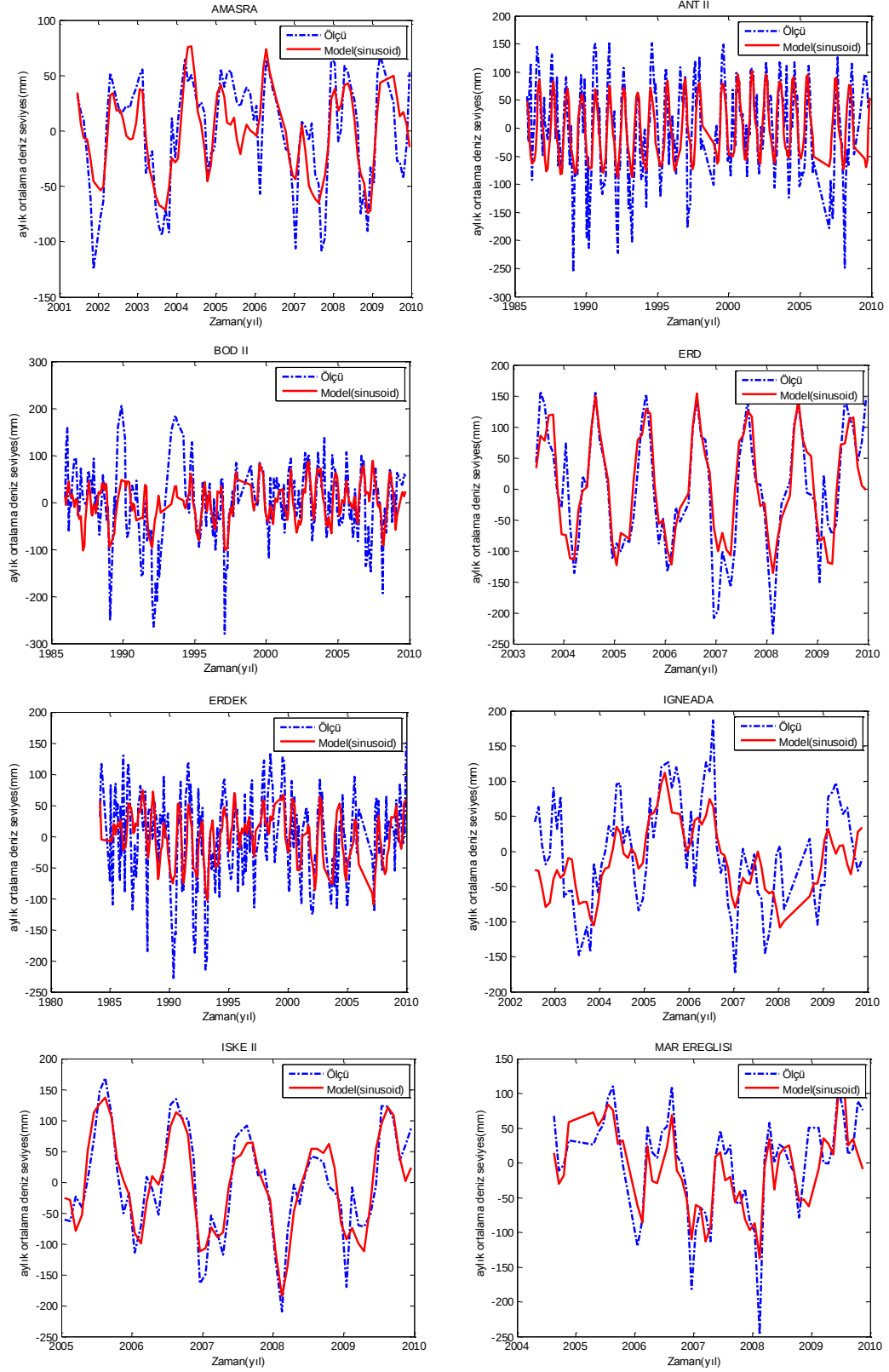
İstasyon Adı	Frekans Aralığı (1/ay)	Frekans (1/ay)	Periyot (ay) (1/f)	Açıklama
TRAB II	0 - 0.5	$f_1=0.0195$ $f_2=0.0898$ $f_3=0.1641$	$T_1=51.28$ $T_2=11.14$ $T_3=6.09$	Anlamlı Anlamlı Anlamsız
MENTES	0 - 0.5	$f_1=0.0039$ $f_2=0.0234$ $f_3=0.0820$ $f_4=0.0898$ $f_5=0.1367$ $f_6=0.1719$	$T_1=256.41$ $T_2=42.74$ $T_3=12.20$ $T_4=11.14$ $T_5=7.32$ $T_6=5.82$	Anlamsız Anlamlı Anlamlı Anlamsız Anlamsız Anlamlı
BOD II	0 - 0.5	$f_1=0.0039$ $f_2=0.0234$ $f_3=0.0429$ $f_4=0.0703$ $f_5=0.0859$ $f_6=0.1328$ $f_7=0.1875$ $f_8=0.2773$	$T_1=256.41$ $T_2=42.74$ $T_3=23.31$ $T_4=14.22$ $T_5=11.64$ $T_6=7.53$ $T_7=5.33$ $T_8=3.61$	Anlamsız Anlamlı Anlamlı Anlamsız Anlamlı Anlamsız Anlamsız Anlamlı

Çizelge 5.3 (devam): Mareograf istasyonlarında zaman serileri ile periyodik bileşen analizi sonuçları.

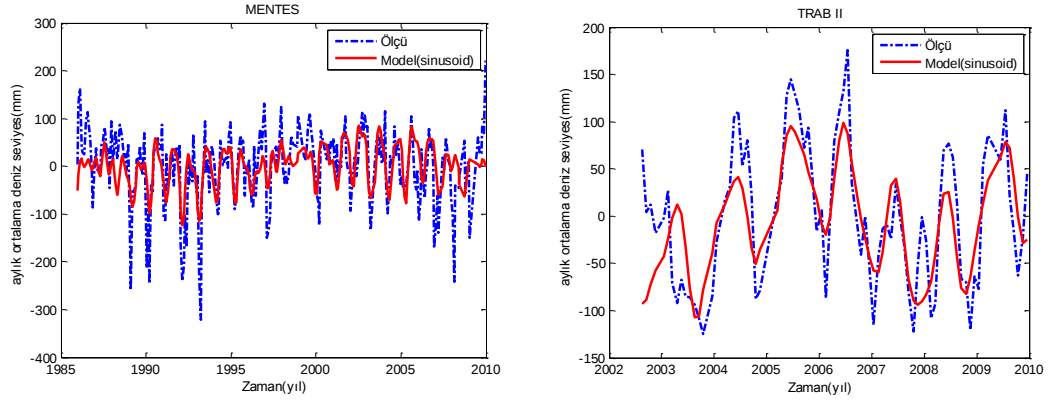
ERDEK	0 - 0.5	$f_1=0.0078$ $f_2=0.0234$ $f_3=0.0859$ $f_4=0.0937$ $f_5=0.1250$ $f_6=0.2773$	$T_1=128.21$ $T_2=42.74$ $T_3=11.64$ $T_4=10.67$ $T_5=8.00$ $T_6=3.61$	Anlamlı Anlamlı Anlamlı Anlamsız Anlamlı Anlamsız
ISKE II	0 - 0.5	$f_1=0.0156$ $f_2=0.0820$ $f_3=0.1484$ $f_4=0.2031$ $f_5=0.2891$	$T_1=64.10$ $T_2=12.19$ $T_3=6.74$ $T_4=4.92$ $T_5=3.45$	Anlamlı Anlamlı Anlamsız Anlamsız Anlamlı
ANT II	0 - 0.5	$f_1=0.0039$ $f_2=0.0859$ $f_3=0.1719$ $f_4=0.2383$	$T_1=256.41$ $T_2=11.64$ $T_3=5.82$ $T_4=4.19$	Anlamsız Anlamlı Anlamsız Anlamsız
MAR EREGLISI	0 - 0.5	$f_1=0.0156$ $f_2=0.0898$ $f_3=0.2070$ $f_4=0.2891$ $f_5=0.3633$ $f_6=0.4102$	$T_1=64.10$ $T_2=11.14$ $T_3=4.83$ $T_4=3.45$ $T_5=2.75$ $T_6=2.44$	Anlamlı Anlamlı Anlamlı Anlamsız Anlamlı Anlamsız
IGNEADA	0 - 0.5	$f_1=0.0195$ $f_2=0.0781$ $f_3=0.2383$	$T_1=51.28$ $T_2=12.80$ $T_3=4.19$	Anlamsız Anlamsız Anlamsız
ERD	0 - 0.5	$f_1=0.0859$ $f_2=0.1797$ $f_3=0.3047$	$T_1=11.64$ $T_2=5.56$ $T_3=3.28$	Anlamlı Anlamsız Anlamlı
AMASRA	0 - 0.5	$f_1=0.0195$ $f_2=0.0458$ $f_3=0.0664$ $f_4=0.0859$ $f_5=0.1250$ $f_6=0.2109$ $f_7=0.3164$	$T_1=51.28$ $T_2=21.83$ $T_3=15.06$ $T_4=11.64$ $T_5=8.00$ $T_6=4.74$ $T_7=3.16$	Anlamlı Anlamsız Anlamlı Anlamlı Anlamlı Anlamlı Anlamsız

Bu çalışmada elde edilen ve Çizelge 5.3’ de verilen Mareograf istasyonlarında zaman serileri ile periyodik bileşen analizi sonuçlarına göre bu istasyonlarda, Yıldız vd.’ nin (2003) yaptığı Antalya-II (0.08781 1/ay), Bodrum-II (0.08781 1/ay), Erdek(0.08781 1/ay) ve Menteş (0.02332 1/ay) Mareograf İstasyonlarına ait 1984-2002 Yılları Arası Deniz Seviyesi ve Jeodezik Ölçülerin Değerlendirilmesi çalışmasındaki frekans değerleri ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Ayrıca, hesaplanan (periyodik bileşen) ve ölçülen hareketlerinin grafikleri Şekil 5.14’ de gösterilmiştir. Grafiklerde, istasyonların modellerden hesaplanan hareketlerinin ölçülen hareketleri yansıttığı görülmektedir.



Şekil 5.14: Mareograf istasyonlarının ölçülen ve hesaplanan zaman serileri.



Şekil 5.14 (Devam): Mareograf istasyonlarının ölçülen ve hesaplanan zaman serileri.

Bu çalışmada elde edilen anlamlı periyodik hareketlerin gelgit bileşenleri, çalışmanın 3. Bölümünde açıklanan ve Çizelge 3.1’ de gösterilen, sadece SAA yani yarı güneş yılı olan uzun dönemli temel gelgit bileşenlerini yansıtmaktadır. Çünkü bu çalışmada kullanılan verilerin aylık ortalama deniz seviyesi verileri olmasıdır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada TRAB II, IGNEADA, AMASRA, MAR EREGLISI, ERDEK, MENTES, BOD II, ANT II, ISKE II ve ERD mareograf istasyonlarındaki aylık ortalama deniz seviyesi verileri kullanılarak, uzun dönemli mutlak deniz seviyesi değişimleri zaman serileri analizi ile araştırılmıştır.

Çalışmada ilk olarak Trend Bileşeni Analizi ile uzun dönemli ortalama deniz seviyesi lineer değişimleri araştırılmıştır. EKK yöntemi kullanılarak verilere ait parametreler MATLAB uygulaması kullanılarak hesaplanmış, parametrelerin anlamlı olup olmadıkları %95 güven aralığında t dağılım tablosu kullanılarak karar verilmiştir (URL-6). Elde edilen sonuçlar neticesinde TRAB II, IGNEADA, AMASRA, MAR EREGLISI ve ERD mareograf istasyonlarındaki ortalama deniz seviyesi değişimlerinin lineer bir trend bileşeni içermediği tespit edilmiştir. Ayrıca bu istasyonlarda lineer hareketin azalan yönde bir hareket olduğu belirlenmiştir.

ERDEK, MENTES, BOD II, ANT II ve ISKE II mareograf istasyonları için yapılan analiz sonuçlarına göre ortalama deniz seviyesindeki değişimlerin lineer bir trend bileşeni içerdiği tespit edilmiştir ve bu istasyonlardaki lineer hareketin artan yönde bir hareket olduğu belirlenmiştir. Artan yönde değişim gösteren istasyonların lineer değişim değerleri; ERDEK istasyonu için 9.24 mm/yıl, MENTES istasyonu için 5.00 mm/yıl, BOD II istasyonu için 3.21 mm/yıl, ANT II istasyonu için 7.58 mm/yıl ve ISKE II istasyonu için 56.82 mm/yıl olarak tespit edilmiştir.

Zaman serilerinde Trend Bileşeni Analizi ile mareograf istasyonlarındaki trend bileşeni giderildikten sonra periyodik bileşen analizi yapılarak serideki uzun zamanlı periyodik bileşenler belirlenmiştir. Periyodik bileşenlerin belirlenebilmesi amacıyla ilk olarak HFD ile mareograf istasyonuna ait frekanslar hesaplanmıştır.

Frekanslar hesaplandıktan sonra istasyonlara ait güç- frekans grafikleri MATLAB uygulaması kullanılarak hesaplanmış ve grafikler oluşturulmuştur (URL-6). Hesaplanan değerler incelendiğinde AMASRA, BOD II, ERDEK, ISKE II, MAR EREGLISI ve MENTES istasyonlarındaki periyodik hareketlerin, ANT II, ERD,

IGNEADA ve TRAB II istasyonlarına göre daha fazla sayıda olduğu tespit edilmiştir.

Periyodik hareketler tespit edildikten sonra yine t dağılım tablosu kullanılarak istasyonlardaki frekansların anlamlı olup olmadığı kontrol edilmiş ve anlamsız çıkan değerler işlemiden çıkartılarak sonuç anlamlı çıkana kadar işleme devam edilmiştir.

TRAB II mareograf istasyonu aylık verilerinin analizinde anlamlı olarak bulunan frekans değerleri 0.0195 1/ay ve 0.0898 1/ay'dır. MENTES mareograf istasyonu aylık verilerinin analizinde anlamlı olarak bulunan frekans değerleri 0.0234 1/ay, 0.0820 1/ay ve 0.1719 1/ay; BOD II mareograf istasyonu aylık verilerinin analizinde anlamlı olarak bulunan frekans değerleri 0.0234 1/ay, 0.0429 1/ay, 0.0859 1/ay ve 0.2773 1/ay; AMASRA mareograf istasyonu aylık verilerinin analizinde anlamlı olarak bulunan frekans değerleri 0.0195 1/ay, 0.06641 /ay, 0.0859 1/ay, 0.1250 1/ay ve 0.2109 1/ay; ERDEK mareograf istasyonu aylık verilerinin analizinde anlamlı olarak bulunan frekans değerleri 0.0078 1/ay, 0.0234 1/ay, 0.0859 1/ay ve 0.1250 1/ay; ISKE II mareograf istasyonu aylık verilerinin analizinde anlamlı olarak bulunan frekans değerleri 0.0156 1/ay, 0.0820 1/ay ve 0.2891 1/ay; ANT II mareograf istasyonu aylık verilerinin analizinde anlamlı olarak bulunan frekans değeri 0.0859 1/ay; MAR EREGLISI mareograf istasyonu aylık verilerinin analizinde anlamlı olarak bulunan frekans değerleri 0.0156 1/ay, 0.0898 1/ay, 0.2070 1/ay ve 0.3633 1/ay; ERD mareograf istasyonu aylık verilerinin analizinde anlamlı olarak bulunan frekans değerleri 0.0859 1/ay ve 0.3047 1/ay'dır.

Son olarak mareograf istasyonlarında Periyodik Bileşen Analizi kullanılarak hesaplanan değerler ile ölçülen değerler modellenerek hesaplanan hareketlerinin ölçülen hareketleri yansıttığı tespit edilmiştir.

Sonuç olarak mareograf istasyonlarında meydana gelen ODS' deki değişimler yerel şartlardan yani basınç, rüzgâr, sıcaklık, gelgit gibi doğa olaylarından oldukça etkilenmektedir. Ayrıca özellikle mareograf istasyonlarındaki meydana gelebilecek olası düşey yer kabuğu hareketleri mareograf istasyonlarından alınan verileri önemli ölçüde etkilemektedir.

7. KAYNAKLAR

- Abbak, R. A., 2005. Deniz düzeyi gözlemlerinin en küçük karelerle spektral analizi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Bayazıt, M., 1996. İnşaat mühendisliğinde olasılık yöntemleri, İTÜ, İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Demir, C., 2005. Düşey datumun belirlenmesi ve uygulamada kullanımı, TUJK 2005 Yılı Bilimsel Toplantısı "Jeoid ve Düşey Datum Çalıştayı", Trabzon, 22 - 24 Eylül, 78-83.
- Doğan, E. ve Alpar, B., 1994. Deniz ve göllerde derinlik ölçme sistem ve yöntemleri, İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul.
- Douglas, B. C., 1995. Global sea level change: Determination and interpretation, reviews of geophysics, 33, 1425-1432.
- Erdoğan, H., 2006. Mühendislik yapılarındaki dinamik davranışların jeodezik ölçmelerle belirlenmesi, Doktora Tezi, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Fu, L. L. ve Cazenava, A., 2001. Satellite altimetry and earth sciences: A handbook of techniques and applications, Academic Press, USA.
- Harita Genel Komutanlığı, 1991. Türkiye’de 1935-1983 yılları arasında faaliyette bulunan mareograf istasyonları hakkında özet bilgiler ve Antalya, Karşıyaka/İzmir, Samsun mareograf istasyonlarına ait saatlik deniz seviyesi aylık ortalamaları, yayın no: 6, Ankara.
- IPCC, 2007. The physical science basis. contribution of working group i to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Lefevre, F., Lyard, F. H., Provost Le, C., ve Schrama, E. J. O., 2002. FES99: A global tide finite element solution assimilating tide gauge and altimetric information, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 19, 1345–1356.
- Merrifield, M. A., Firing, Y. L., Aarup, T., Agricole, W., Brundrit, G., Chang Seng, D., Farre, R., Kilonsky, B., Knight, W., Kong, L., Magori, C., Manurung, P., McCreery, C., Mitchell, W., Pillay, S., Schindele, F., Shillington, F., Testut, L., Wijeratne, E. M. S., Caldwell, P., Jardin, J., Nakahara, S., Porter, F. Y. ve Turetsky, N., 2005. Tide gauge observations of the Indian Ocean tsunami, December 26, 2004, Geophysical Research Letters, 32, L09603.
- Mitchum, G. T., 1994. Comprasion of TOPEX sea surface heights and tide gauge sea levels, Journal of Geophysical Research, 99,541-553.

- Mitchum, G. T., 1998. Monitoring the stability of satellite altimeters with tide gauges, *J. Atmospheric and Oceanic Technology*, 15, 721-730.
- Mitchum, G. T., 2000. An improved calibration of satellite altimetric heights using tide gauge sea levels with adjustment for land motion, *Marine Geodesy*, 23, 145-166.
- NRC, 1987. Responding to changes in sea level: Engineering implications, committee on engineering implications of changes in relative mean sea level, Marine Board, National Research Council, National Academy Press, Washington, DC, 160.
- Rickards L. J., 2015. Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL), Report of the IAG, Liverpool.
- Sezen, E., 2006. Antalya-I (1935-1977) ve Antalya-II (1985-2005) mareograf istasyonlarında deniz seviyesi değişimlerinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Simav, M., 2007. Doğu Akdeniz’de uydu altimetre verileri ile deniz seviyesi değişimlerinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Simav, M., Türkezer, A., Sezen, E., Akyol, S., İnam, M., Cingöz, A., Lenk, O. ve Kılıçoğlu, A., 2011. Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Ağı Veri Kalite Kontrol ve Yönetim Sistemi, *Harita Dergisi*, 145, 15, 28.
- Sorensen, R. M., 2006. Basic Coastal Engineering, 3rd. Edition, Springer.
- Tsimplis, M. N., Proctor, R., Flather, R. A., 1995, A two-dimensional tidal model for the Mediterranean Sea, *Journal of Geophysical Research*, 100, 223-239.
- Vanicek, P., 1991. Vertical datum and NAVD88, *Surveying and Land Information System*, 51, No.2, 83-86.
- Vanicek, P., 1994. On the global vertical datum and its role in maritime boundary demarcation; Proceedings of international symposium INSMAP 94, Hannover, Germany, September 19-23, 243-250.
- WHO, 1996. Climate change and human health, An Assessment Prepared by a Task Group on behalf of the World Health Organization, the World Meteorological Organization and the United Nations Environment Programme, Geneva.
- Yıldız, H., 2005. Mareograf ve sabit GPS verileri ile uzun dönemli mutlak deniz seviyesi değişimlerinin araştırılması, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yıldız, H., Demir, C., Gürdal, M. A., Akabalı, O. A., Demirkol, E. Ö., Ayhan, M. E. ve Türkoğlu, Y., 2003, Antalya-II, Bodrum-II, Erdek ve Menteş Mareograf İstasyonlarına ait 1984-2002 yılları arası deniz seviyesi ve jeodezik ölçülerin değerlendirilmesi, *Harita Dergisi*, 17,1,72.
- URL-1 < <http://www.pol.ac.uk> > , Alındığı Tarih: 10.11.2015
- URL-2 < <http://www.psmsl.org/data/obtaining/> > , Alındığı Tarih: 10.11.2015
- URL-3< <http://www.iho-ohi.net/english/committeeswg/> > , Alındığı Tarih: 07.12.2015

URL-4< <http://www.ioc-tsunami.org>>, Alındığı Tarih: 07.12.2015

URL-5< <http://www.google.com/earth/>> Alındığı Tarih: 10.11.2015

URL-6< <http://www.mathworks.com/index.html>> Alındığı tarih: 05.10.2015

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Aslıgül ÇAKICI

Doğum Tarihi ve Yeri: 1989 Elazığ

E-posta adresi : asligulcakici@gmail.com

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans : Aksaray Üniversitesi 2013

Yüksek Lisans :

Doktora :

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

Elazığ Belediyesi Harita Mühendisi