



HARİTA DERGİSİ

Haziran 2003

Yıl : 70 Özel Sayı : 17

Yönetim Kurulu

Müh.Alb. Erol ERKAYA
Müh.Alb. A. İlker ARISOY
Müh.Alb. Hasan DURGUT
Müh.Alb. Zeki YILMAZ

Bilimsel Danışmanlar

Prof.Dr. Onur GÜRKAN (BÜ)
Prof.Dr. Hayrettin GÜRBÜZ (HÜ)
Prof.Dr. Yetkin GÜNGÖR (AÜ)
Prof..Dr. Ferruh YILDIZ (SÜ)
Doç.Dr. Ali DOĞANAKSOY(ODTÜ)
Doç.Dr.Yb. Muzaffer KAHVECİ (HGK)

Adres

Harita Genel Komutanlığı
Harita Dergisi Yönetim Kurulu Başkanlığı
Cebeci / 06100 ANKARA

Tel : (312) 5952120

Fax: (312) 3201495

email : haritadergisi@hgk.mil.tr

Hazırlayan

Harita Genel Komutanlığı
Jeodezi Dairesi Başkanlığı

Baskı

Harita Genel Komutanlığı Matbaası
ANKARA

ISSN 1300 – 5790

ANTALYA-II, BODRUM-II, ERDEK VE MENTEŞ MAREOGRAF İSTASYONLARINA AİT 1984-2002 YILLARI ARASI DENİZ SEVİYESİ VE JEODEZİK ÖLÇÜLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ANALYSIS OF SEA LEVEL AND GEODETIC
MEASUREMENTS OF ANTALYA-II, BODRUM II,
ERDEK AND MENTEŞ TIDE GAUGES IN THE
PERIOD OF 1984-2002

Yazarlar

Hasan YILDIZ
Coşkun DEMİR
Mehmet Ali GÜRDAL
O. Atilla AKABALI
E. Ömür DEMİRKOL
Mehmet Emin AYHAN
Yaşar TÜRKOĞLU

ÖNSÖZ

Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES)'nin amacı, Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı (TUDKA) düşey datumunu iyileştirmek ve Türkiye kıyılarında deniz seviyesi ve kıyı çizgisi değişimlerini izlemektir. Harita Genel Komutanlığınca 1984 yılında Erdek'te, 1985 yılında ise Antalya, Bodrum ve Menteş'de faaliyete geçirilen mareograf istasyonlarındaki şamandralı ve analog mareograf sistemleri yerine, 1998 yılından itibaren akustik prensiple çalışan sayısal ve otomatik mareograf sistemleri kurulmuştur.

Bu dört istasyonun 1999-2002 yılları arasındaki saatlik deniz seviyesi ölçüleri değerlendirilerek gel-git bileşenleri belirlenmiştir. Hesaplanan gel-git bileşenlerinden yararlanarak 1999 öncesine ait saatlik deniz seviyesi ölçülerinin zaman ve datum kayıklığı hataları giderilmiştir. Daha sonra, Erdek'te 1984-2002 yılları arasında, Antalya-II, Bodrum-II ve Menteş'de 1985-2002 yılları arasında saatlik deniz seviyesi ölçülerinden günlük ve aylık ortalama deniz seviyesi değerleri hesaplanmıştır. Aylık ortalama deniz seviyesi değerlerinin harmonik analizi ile ortalama deniz seviyesi ve zamana bağlı değişimleri belirlenmiştir. Mareograf istasyonlarında yapılan tekrarlı GPS ve duyarlı geometrik nivelman ölçülerinin ortalama deniz seviyesi ölçüleri ile birlikte değerlendirilmesi sonucu, bağıl deniz seviyesi değişimlerinin düşey yer kabuğu hareketlerinden kaynaklanıp kaynaklanmadığı araştırılmıştır.

Bu dört istasyona ek olarak, 2001 yılında Amasra (Bartın), 2002 yılında İğneada (Kırklareli) ve Trabzon, 2003 yılında Erdemli (İçel)'ye kurulan sayısal ve otomatik mareograf istasyonları ile TUDES'e dahil mareograf istasyonlarının sayısı sekize ulaşmıştır. TUDES'e yeni istasyonların eklenmesi için çalışmalar halen devam etmektedir.

Bu çalışma; deniz seviyesi değişimlerinin, sosyal, ekonomik ve çevre üzerindeki etkileri ile ilgili çalışmalara katkı sağlayacağı düşüncesiyle, ilgili kamu kurum ve kuruluşları, öğretim kurumları ve özel sektör ilgililerinin kullanımına sunulması amacıyla Harita Dergisi Özel Sayısı olarak yayımlanmıştır.

Bahtiyar TÜRKER
Tümgeneral
Harita Genel Komutanı

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No.
ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
1. GİRİŞ	1
2. DENİZ SEVİYESİ ÖLÇÜLERİNİN BİLİMSEL VE PRATİK UYGULAMALARI ...	5
a. Okyanus Akıntıları	5
b. Uzun Dönemli Deniz Seviyesi Değişimleri	5
c. Deniz Seviyesi Ölçülerinin Jeodezide Kullanımı	5
(1) Düşey Datum	5
(2) Düşey Yer Kabuğu Hareketleri	7
d. Mareograf İstasyonlarının Jeodezik Kontrolü	8
(1) Duyarlı Geometrik Nivelman	9
(2) GPS	10
(3) Mutlak Gravite	10
3. DENİZ SEVİYESİ DEĞİŞİMLERİNİN İRDELENMESİ	11
a. Deniz Seviyesi Değişimine Neden Olan Etkiler	11
(1) Meteorolojik Etkiler	11
(2) Oşinografik Etkiler	11
(3) Gelgit Etkileri	11
(4) İklim Değişmesi (Global Isınma)	12
(5) Düşey Yer Kabuğu Hareketleri	12
b. Ortalama Deniz Seviyesi ve Değişimlerinin Belirlenmesi	12
4. TÜRKİYE’DE DENİZ SEVİYESİ İZLEME ÇALIŞMALARI	14
a. 1927-1983 Dönemi (I. Dönem)	14
b. 1984-1998 Dönemi (II. Dönem)	16
c. 1998 Sonrası Dönem (III. Dönem): Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES)	18
5. DENİZ SEVİYESİ ÖLÇÜLERİNİN ÖN ANALİZİ VE KALİTE KONTROLÜNDE KULLANILAN YAZILIMLAR	26
a. SLPR2 Yazılımı	26

(1) Gelgit Analizi ve Kestirimi	27
(2) Kalite Kontrol	27
(3) Filtreleme	27
b. POL Gelgit Analizi Yazılımı	28
c. FIAMS Yazılımı	28
6. DENİZ SEVİYESİ ÖLÇÜLERİNİN ANALİZİ (1984-2002)	29
a. Saatlik Deniz Seviyesi Ölçülerinin Ön Analizi (Kalite Kontrolü)	29
b. SLPR2 Yazılımı ile Saatlik Deniz Seviyesi Ölçülerinin Değerlendirilmesi	30
c. Ortalama Deniz Seviyesi ve Doğrusal Deniz Seviyesi Değişimlerinin Belirlenmesi	33
(1) Harmonik Analiz Metodu	33
(2) Uzun Periyotlu Saatlik Deniz Seviyesi Ölçülerinin Analizi ile Ortalama Deniz	38
Seviyesinin Belirlenmesi	38
d. Maksimum ve Minimum Deniz Seviyesi Değişimleri	40
e. Mareograf İstasyonlarında Gelgit Tipleri	43
7. JEODEZİK ÖLÇÜLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ	45
a. Tekrarlı GPS Ölçülerinin Analizi	45
b. Tekrarlı Duyarlı Geometrik Nivelman Ölçülerinin Analizi	46
c. Tekrarlı GPS ve Duyarlı Geometrik Nivelman Ölçülerinin Birlikte Analizi	48
8. SONUÇ VE ÖNERİLER	50
KAYNAKLAR	52
EKLER	
EK-A: Sayısal ve Otomatik Mareograf İstasyonu Fotoğrafları	57
EK-B: Analog Mareograf İstasyonu Deniz Seviyesi Ölçme Sistemi	65
EK-C: Gelgit Analizi ile Elde Edilen ve Gelgit Kestirimi Programında Kullanılan	
Harmonik Katsayıları İçeren Dosyalar	66
Antalya-II Mareograf İstasyonu	66
Bodrum-II Mareograf İstasyonu	67
Erdek Mareograf İstasyonu	68
Menteş Mareograf İstasyonu	69
EK-D: Antalya-II, Bodrum-II, Erdek ve Mentеш Mareograf İstasyonları Aylık	
Ortalama Deniz Seviyesi Değerleri	70
EK-E: Maksimum, Minimum Deniz Seviyesi Değerlerine İlişkin Tablolar	72

ÖZET

Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES) halihazırda Ankara veri merkezi ve Akdeniz kıyılarında Antalya-II ve Erdemli, Ege denizi kıyılarında Bodrum-II ve Menteş, Marmara denizi kıyısında Erdek mareograf istasyonu ve Karadeniz kıyılarında ise Amasra, İğneada ve Trabzon-II mareograf istasyonlarından oluşmakta olup TUDES'in genişletilmesi çalışmaları devam etmektedir. TUDES kapsamında deniz seviyesi ile yardımcı meteorolojik parametreler sayısal ve yüksek doğrulukta elde edilmektedir. Veri merkezinde mareograf istasyonlarındaki verilerin aktarılması, kalite kontrol ve analiz işlemlerinden geçirilmesi faaliyetleri yürütülmektedir.

1998 yılı ve 1999 yılı başlarında Antalya-II, Bodrum-II, Erdek ve Menteş şamandıralı analog mareograf istasyonlarının, akustik prensiple çalışan modern teknoloji ürünü sayısal ve otomatik mareograf istasyonları ile modernize edilmesinden sonra, deniz seviyesi ölçüleri ve yardımcı meteorolojik parametreler sayısal formda ve yüksek kalitede elde edilmeye başlanmıştır. Analog deniz seviyesi ölçme sistemleri ile sayısal ve otomatik deniz seviyesi ölçme sistemleri arasındaki datum dönüşümleri I nci derece duyarlı geometrik nivelman ölçüleri ile yapılarak yeni sistemdeki (akustik deniz seviyesi ölçme aleti) ölçülerin datumu, eski sistemin (şamandıralı dinlendirme kuyulu analog deniz seviyesi ölçme sistemi) datumuna dönüştürülmüş ve böylece deniz seviyesi ölçülerinde veri devamlılığı sağlanmıştır. Sayısal ve otomatik mareograf istasyonlarında elde edilen yüksek kaliteli ve güvenilir deniz seviyesi ölçüleri, eski sistemle elde edilen deniz seviyesi ölçülerinin kalite kontrol işlemleri için gerekli olan gelgit kestirimlerinin yapılmasında kullanılmıştır. Dört mareograf istasyonunda sayısal ve otomatik mareograf sisteminden elde edilen yaklaşık bir yıl uzunluğunda yüksek doğruluklu ve kaliteli saatlik deniz seviyesi ölçüleri kullanılarak gelgit analizleri yapılmış ve her bir mareograf istasyonu için gelgit bileşenlerinin genlik ve faz açıları belirlenmiştir. Dört mareograf istasyonunda hesaplanan gelgit bileşenleri kullanılarak gelgit tipleri belirlenmiştir. Antalya-II, Bodrum-II ve Menteş mareograf istasyonlarında karışık tipte (temel olarak yarım günlük) ve Erdek mareograf istasyonunda ise karışık tipte (temel olarak günlük) gelgitin baskın olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Elde edilen gelgit bileşenleri temel alınıp, gelgit kestirimi ile diğer yıllar için saatlik deniz seviyesi değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra, Antalya-II, Bodrum-II ve Menteş mareograf istasyonlarında 18 yıllık (1985-2002) ve Erdek mareograf istasyonunda 19 yıllık (1984-2002) saatlik deniz seviyesi ölçüleri ile kestirilen saatlik deniz seviyesi değerleri karşılaştırılarak kalite kontrol işlemine tabi tutulmuş ve datum kayıklığı ile zaman hataları giderilmeye çalışılmıştır. Kalite kontrolden geçirilmiş saatlik deniz seviyesi ölçülerine 119 noktalı alçak frekans filtresi uygulanarak günlük ortalama deniz seviyesi değerleri ve günlük ortalama değerlerin basit aritmetik ortalaması alınarak aylık ortalama deniz seviyesi değerleri bulunmuştur.

Söz konusu dört mareograf istasyonuna ait aylık Ortalama Deniz Seviyesi (ODS) değerleri harmonik analiz yöntemiyle değerlendirilerek Ortalama Deniz Seviyesi ve ODS'nin bağlı doğrusal değişimleri hesaplanmıştır. Buna göre Antalya-II, Bodrum, Menteş ve Erdek mareograf istasyonlarında ODS'nin bağlı doğrusal değişimleri sırasıyla 8.7 ± 0.8 mm/yıl, 3.3 ± 1.1 mm/yıl, 6.8 ± 0.9 mm/yıl ve 9.6 ± 0.9 mm/yıl olarak bulunmuştur. Bodrum-II mareograf istasyonundaki ortalama deniz seviyesi değişimi global deniz seviyesi yükselişi tahminleri ile

oldukça uyumlu bulunurken, Antalya-II, Menteş ve Erdek mareograf istasyonlarında ise global tahminlerden oldukça yüksek ortalama deniz seviyesi yükseliş hızları belirlenmiştir.

Global deniz seviyesi yükseliş tahminlerinden daha büyük olan bu bağıl deniz seviyesi yükselişlerinin düşey yer kabuğu hareketlerinden kaynaklanıp kaynaklanmadığını araştırmak amacıyla, mareograf istasyonları lokal nivelman ağlarında bulunan Mareograf-GPS noktalarında 1992-2002 döneminde gerçekleştirilen tekrarlı GPS ve duyarlı geometrik nivelman ölçülerinin birlikte değerlendirilmesi ile Bodrum-II ve Menteş Mareograf-GPS noktalarında istatistiksel olarak anlamlı bir düşey hareket bulunmazken, Antalya-II ve Erdek mareograf asıl röperlerinin sırasıyla -5.3 ± 1.8 mm/yıl ve -8.4 ± 3.0 mm/yıl hızla çöktüğü tespit edilmiştir. Antalya-II ve Erdek mareograf istasyonlarındaki bağıl deniz seviyesi değişimlerinin belirgin olarak mareograf istasyonlarının bulunduğu karanın lokal yada bölgesel çökmesinden kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

Bodrum-II mareograf istasyonundaki ortalama deniz seviyesinin bağıl değişimi (3.3 ± 1.1 mm/yıl), global deniz seviyesi yükselişi tahminlerine oldukça yakın olup, aynı zamanda tekrarlı GPS ve duyarlı geometrik nivelman ölçülerinin birlikte değerlendirilmesi ile elde edilen asıl mareograf röperinde anlamlı bir mutlak düşey hareket olmadığı sonucu ile uyusmaktadır. 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.

Dört mareograf istasyonunda da Antalya-II ve Erdek mareograf istasyonlarında lokal yada bölgesel düşey yer kabuğu hareketlerinden kaynaklandığı değerlendirilse de, yerel (bağıl) 3-10 mm/yıl oranında bir ortalama deniz seviyesi yükselme trendi bulunmuştur. Yerel deniz seviyesi değişimlerinin yerleşim alanlarında verimli toprakların, yol vb. gibi mühendislik yapıların deniz suyu altında kalmasına sebep olabileceği değerlendirilmektedir. Bu sebeple tespit edilen bağıl seviyesi trendlerinin Türkiye kıyı alanları planlarında göz önünde bulundurulması önerilmektedir.

ABSTRACT

Turkish National Sea Level Monitoring System (TUSELS) at present has Ankara data center and tide gauge stations namely Antalya-II and Erdemli at Mediterranean coasts, Bodrum-II and Menteş at Aegean Sea coasts, Erdek at Sea of Marmara coast, Amasra, Trabzon-II and İğneada at Black Sea coasts and the works for the enlargement of TUSELS still continue. Under the frame of TUSELS, sea level measurements and ancillary meteorological parameters are collected in digital form with high accuracy. At the data center the activities of transferring, quality control and analysis of tide gauge data are carried out.

After the modernization of the analogous floating tide gauges at Antalya-II, Bodrum-II, Erdek and Menteş with state-of-the art digital and automatic tide gauges with acoustic type sea level sensors in 1998 and at the beginning of 1999, sea level measurements and ancillary meteorological parameters are begun to be collected in digital form with high accuracy. Datum connection between the analogous sea level measurement systems and the digital and automatic sea level measurement systems are performed by the first order precise leveling and the datum of the new system (acoustic sea level measurement device) are transformed to the old system's datum (analogous floating sea level measurement system with stilling well), thus data continuity of sea level measurements is made. The reliable sea level measurements of high quality collected by digital and automatic tide gauges are used for making tidal predictions required for quality control of the sea level data of analogous systems. For each tide gauge, tidal analyses are performed and amplitudes and phase angles of tidal constituents are determined using hourly sea level measurements of good quality collected by digital and automatic tide gauges. The tidal types are determined by using the tidal constituents obtained from tidal analysis. It is revealed that mixed type (mainly semi-diurnal) tides are dominant at Antalya-II, Bodrum-II and Menteş tide gauges while the mixed type (mainly diurnal) tides are dominant at Erdek tide gauge.

Based on the tidal constituents obtained, the hourly sea level values for the other years are calculated by tidal prediction. Then, hourly sea level values of 18 years (1985-2002) for Antalya-II, Bodrum-II and Menteş tide gauges and of 19 years (1984-2002) for Erdek tide gauge are quality controlled by comparing them with the predicted values and datum shifts and time errors are removed as much as possible. Daily values are computed by applying a 119-point low-pass filter to the hourly sea level values and monthly values are obtained from the daily values with a simple average.

Harmonic analysis is applied to the monthly sea level values of four tide gauges and mean sea levels (MSL) and relative changes of MSLs are calculated. From this, relative MSL changes at Antalya-II, Bodrum-II, Menteş and Erdek are found to be 8.7 ± 0.8 mm/yr, 3.3 ± 1.1 mm/yr, 6.8 ± 0.9 mm/yr and 9.6 ± 0.9 mm/yr respectively. While the relative mean sea level change at Bodrum-II is found to be in good agreement with the global sea level rise estimates, it is found to be much higher than the global sea level rise estimates at Antalya-II, Menteş and Erdek tide gauges.

In order to investigate whether these relative sea level rises higher than the global sea level rise estimates are caused from the vertical crustal movements or not, episodic GPS measurements carried out at Tide gauge-GPS benchmarks of the local levelling networks of tide gauges in the period of 1992-2002 and the precise leveling measurements are evaluated.

While no statistically significant vertical motion are detected at Bodrum-II and Menteş Tide gauge-GPS benchmarks, the primary tide gauge benchmarks of Antalya-II and Erdek tide gauges are found to be moving vertically down with rates of -5.3 ± 1.8 mm/yr and -8.4 ± 3.0 mm/yr respectively. It is evident that the relative sea level changes at Antalya-II and Erdek tide gauges are clearly caused from the local or regional subsidence of the crust where those tide gauges are located.

Relative MSL change at Bodrum-II (3.3 ± 1.1 mm/yr) which is close to the global sea level rise estimates is also consistent with the results obtained from episodic GPS and precise leveling measurements giving no significant absolute vertical motion at primary tide gauge benchmark. The relative MSL at Menteş tide gauge is found to be rising with a rate of 6.8 ± 0.9 mm/yr, but no significant vertical motion is detected by episodic GPS measurements.

At four tide gauges, 3-10 mm/yr local (relative) mean sea level rises are found, although, for Antalya-II and Erdek tide gauges it is considered to be caused from the local or regional downward vertical motion of the crust. It is thought that the relative mean sea level changes may cause the valuable agricultural lands and engineering constructions such as roads etc. to go under the sea. Therefore, it suggested that the relative mean sea level trends should be taken into account in the coastal area plans of Turkey.

1. GİRİŞ

Deniz seviyesi ölçüleri deniz ve yer bilimlerinde (hidroloji, oşinografi, jeofizik, jeodinamik, jeodezi vb.) kullanılan önemli bir veri olup, kullanım alanları ve açıklamaları Tablo-1’de özetlenmektedir /7,13/.

Deniz seviyesi ölçüleri yüzyılı aşkın bir süredir okyanus ve deniz kıyılarına kurulmuş mareograf istasyonlarında yapılmaktadır. Global deniz seviyesinin geçen yüzyılda 10-20 cm yükseldiği bilinmektedir /42/. Bu yüzyılda da deniz seviyesinin muhtemel yükselme olasılığı özellikle okyanus ve deniz kenarında yer alan alçak topografyaya sahip ülkelerde sosyal ve ekonomik zararlar açısından önemli bir problem oluşturmaktadır.

Deniz seviyesi ölçüleri jeodezide temel olarak iki alanda kullanılır. Birincisi, yükseklik sistemleri için gerekli olan düşey datum belirleme çalışmalarında; Deniz Yüzeyi Topoğrafyası (DYT) ile birlikte Ortalama Deniz Seviyesi’nin belirlenmesi, ikincisi ise mareograf istasyonları yakın alanlarındaki düşey yer kabuğu hareketlerinin belirlenmesidir. Günümüzde, ortalama deniz seviyelerinin ve karaların ikisinin de düşey yönde hareket ettikleri bilinmektedir. Karadaki sabit bir jeodezik noktaya göre yapılan deniz seviyesi ölçüleri, hem deniz seviyesindeki değişimleri, hem de karanın düşey hareketlerindeki değişimleri içermektedir. Gerçekte ölçülen deniz seviyesi, anlık deniz yüzeyi ile karadaki jeodezik nokta arasındaki bağıl düşey mesafedir. Düşey yer kabuğu hareketleri, uzun yıllardır mareograf istasyonlarında elde edilen deniz seviyesi değerlerini bozan önemli bir sinyal olarak bilinmektedir. Mareograf istasyonlarında, düşey yer kabuğu hareketlerinden bağımsız olarak ODS ve değişimlerini belirlemek amacıyla tekrarlı jeodezik ölçülerin yapılması gerekmektedir.

Duyarlı geometrik nivelman ölçüleri, deniz seviyesi ölçülerinin bağıl olarak ölçüldüğü mareograf istasyonu sıfır noktasının, mareograf istasyonu yakınında bulunan nivelman noktasına (asıl mareograf röperi) bağlanması ve istasyonun yakınında bulunan yerel nivelman ağının Ulusal Düşey Kontrol Ağına bağlantısında kullanılır. Tekrarlı duyarlı geometrik nivelman, mareograf istasyonu yakınından iç karaya doğru yaklaşık 2-3 km uzanacak şekilde 4-6 noktadan oluşan yerel nivelman ağında; bölgenin jeolojik ve tektonik yapısına göre genellikle bir veya iki yılda bir yapılır. Böylece asıl mareograf röperinin, yerel nivelman ağındaki diğer nivelman noktalarına göre yükseklik değişimleri ile mareograf istasyonu deniz seviyesi ölçme noktasının (sıfır noktasının) bağıl düşey değişimleri izlenir. Son onbeş yıldır Global Konumlama Sistemi (GPS), önemli gelişmeler kaydederek mareograf istasyonlarındaki jeodezik noktaların yer merkezli konumlarının global bir jeodezik referans sisteminde yüksek duyarlılıkta belirlenmesini sağlamıştır. Mutlak gravite ölçüleri de GPS’ten bağımsız olarak mareograf istasyonlarında bulunan jeodezik noktalardaki mutlak yükseklik değişimini kontrol ederek düşey yer kabuğu hareketlerinin belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Mareograf istasyonu yakınında tesis edilen GPS, Sabit GPS ve mutlak gravite noktaları mareograf yerel nivelman ağlarına dahil edilir ve bu noktalar ile asıl mareograf röperi ve diğer nivelman noktaları arasında tekrarlı duyarlı geometrik nivelman ölçüleri gerçekleştirilir.

Bu çalışmada, Türkiye’de deniz seviyesi ölçülerinin tarihsel gelişimi incelenmekte ve 1984-2002 yılları arasında Harita Genel Komutanlığınca (HGK) işletilen Antalya-II, Bodrum-II, Erdek ve Menteş mareograf istasyonlarında kaydedilen saatlik deniz seviyesi ölçülerinin

analizi ve mareograf istasyonlarında yapılan tekrarlı jeodezik ölçülerin değerlendirilmesi ile elde edilen sonuçlar verilmektedir.

Tablo-1: Deniz seviyesi ölçülerinin kullanım alanları

Kullanım Alanı	Açıklamalar
*Jeodezi	• 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 ve • Muhtemel deprem aktivitelerinin ortaya çıkarılmasında (deprem öncesi ve sonrası düşey aktivitenin belirlenmesi).
Oşinografi, İklim Bilimi, Meteoroloji, Jeofizik, Jeoloji	• Okyanus dolaşımı tahminleri için gerekli olan deniz yüzeyi eğiminin belirlenmesinde, • Fırtına modellerinin geçerliliğinin testinde, • Uydu altimetre ölçülerinin kalibrasyonu, • Jeolojik araştırmalar, buzul çağı sonrası izostatik hareketlerin belirlenmesi ve • İklim değişimi senaryolarında: - Global ısınmadan kaynaklanan okyanus seviyesi değişimlerinin belirlenmesinde, - Artan fırtına derecesi ve sıklığını belirlenmesi için deniz seviyesi ekstrem değerlerinin hesaplanmasında ve - Global su kütle dengesinin ölçümünde.
Su Kaynakları Yönetimi	• Tatlı su kaynaklarına tuzlu su karışımı ve sudaki kirlilik dağılımını ölçme modellerinde girdi olarak kullanılması.
Hidroloji ve Hidrografi	• İskandil ölçülerinin düzeltilmesi, • Batimetri haritaları için düşey datum belirleme, • Çökelti transfer yollarının belirlenmesi ve • Liman tasarımı.
Gemicilik ve Gemi Trafiği	• Deniz seyir ve seferi, • Deniz trafiğinin kontrolü ve trafik rehberliği ve • Gemi enkazlarının kontrolü.
İnsan ve Çevre Güvenliği ile Kıyı Alanlarını Koruma ve Selden Korunma	• Fırtına uyarı ve tahmini, • Koruma seti tasarımı, inşaatı ve bakımı için: - Maksimum, minimum deniz seviyesi tahminleri, - Kıyı çöküş hızları, - Uzun dönemli ortalama deniz seviyesi (gelgit seviyesi) değişimleri, - Kıyı çizgisinin belirlenmesi.

Harita Genel Komutanlığı 1983 yılında, Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden Türkiye kıyılarında mareograf istasyonu işletme sorumluluğunu yasal olarak devralmış ve 1984 yılından itibaren Antalya-II, Bodrum-II, Erdek ve Menteş'te dinlendirme kuyularına monte edilmiş şamandıralı analog mareograf istasyonları işletmeye başlamıştır. 2001 yılı Haziran ayında kurulan Amasra mareograf istasyonu, 2002 yılı Temmuz-Ağustos döneminde kurulan İğneada ve Trabzon mareograf istasyonları ve 2003 yılı Mayıs döneminde kurulan Erdemli mareograf istasyonunda yeterli ölçü bulunmadığı için bu çalışma kapsamına alınmamıştır.

1998 yılı ve 1999 yılı başlarında şamandıralı analog mareograf istasyonlarının akustik prensiple çalışan modern teknoloji ürünü sayısal ve otomatik mareograf istasyonları ile modernize edilmiştir. Böylece, deniz seviyesi ölçüleri ve yardımcı meteorolojik parametreler sayısal formda ve yüksek kalitede elde edilmeye başlanmıştır. Analog deniz seviyesi ölçme sistemleri ile sayısal ve otomatik deniz seviyesi ölçme sistemleri arasındaki datum dönüşümleri I nci derece duyarlı geometrik nivelman ölçüleri ile yapılarak, yeni sistemde (akustik deniz seviyesi ölçme aleti) toplanan deniz seviyesi ölçülerinin datumu, eski sistemin (şamandıralı dinlendirme kuyulu analog deniz seviyesi ölçme sistemi) datumuna dönüştürülmüş ve böylece deniz seviyesi ölçülerinde veri devamlılığı sağlanmıştır.

Eski sistemle elde edilen deniz seviyesi ölçülerinin kalite kontrol işlemleri için gerekli olan gelgit kestirimlerinin yapılmasında; sayısal ve otomatik mareograf istasyonlarında elde edilen yüksek kaliteli ve güvenilir deniz seviyesi ölçüleri kullanılmıştır. Dört mareograf istasyonunda (Antalya-II, Bodrum-II, Erdek ve Menteş) sayısal ve otomatik mareograf sisteminden elde edilen yaklaşık bir yıl uzunluğunda yüksek doğruluklu ve kaliteli saatlik deniz seviyesi ölçüleri kullanılarak gelgit analizleri yapılmış ve her bir mareograf istasyonu için gelgit bileşenlerinin genlik ve faz açıları belirlenmiştir. Elde edilen gelgit bileşenleri temel alınıp diğer yıllar için gelgit kestirimi yapılarak saatlik deniz seviyesi değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra, Antalya-II, Bodrum-II ve Menteş mareograf istasyonlarında 18 yıllık (1985-2002) ve Erdek mareograf istasyonunda 19 yıllık (1984-2002) saatlik deniz seviyesi ölçüleri, kestirilen saatlik deniz seviyesi değerleri ile karşılaştırılarak kalite kontrol işlemine tabi tutulmuş ve tespit edilen datum kayıklığı ve zaman hataları olabildiğince giderilmeye çalışılmıştır. Daha sonra ise, kalite kontrolden geçirilmiş saatlik deniz seviyesi ölçülerine 119 noktalı alçak frekans filtresi uygulanarak günlük ortalama deniz seviyesi değerleri ve günlük ortalama değerlerin basit aritmetik ortalaması alınarak aylık ortalama deniz seviyesi değerleri bulunmuştur. Analog mareograf istasyonlarından elde edilen saatlik deniz seviyesi ölçülerinin kalite kontrolü; verilerin çok miktarda zaman ve datum kayıklığı hataları içermesi sebebiyle, her aşamasında insan müdahalesi gerektirdiği için oldukça uzun bir zaman almıştır.

Söz konusu dört mareograf istasyonuna ait aylık ortalama deniz seviyesi değerleri harmonik analiz yöntemiyle değerlendirilerek Ortalama Deniz Seviyesi (ODS) ve ODS'nin bağlı doğrusal değişimleri hesaplanmıştır. Hesaplanan bağlı deniz seviyesi değişimlerinin düşey yer kabuğu hareketlerinden kaynaklanıp kaynaklanmadığını araştırmak amacıyla, mareograf istasyonları yerel nivelman ağlarında bulunan Mareograf-GPS noktalarında 1992-2002 döneminde gerçekleştirilen tekrarlı GPS ölçüleri değerlendirilerek bu noktalardaki elipsoid yüksekliklerinin zamana bağlı doğrusal değişimleri belirlenmiştir. Mareograf-GPS noktaları ile asıl mareograf röperleri arasındaki tekrarlı duyarlı geometrik nivelman ölçüleri de değerlendirilerek asıl mareograf röperlerinin Mareograf-GPS noktalarına göre zamana bağlı

doğrusal değişimleri belirlenmiş ve asıl mareograf röperlerindeki mutlak yükseklik değişimleri tespit edilmiştir.

İkinci bölümde, deniz seviyesi ölçülerinin bilimsel ve pratik uygulamaları hakkında bilgi verilmekte, mareograf istasyonlarını jeodezik olarak kontrol etme teknikleri açıklanmaktadır.

Üçüncü bölümde, mareograf istasyonlarında elde edilen deniz seviyesi değişimine neden olan etkiler ile bunların modellendirilmesi konuları irdelenmiştir.

Dördüncü bölümde, Türkiye'deki deniz seviyesi izleme çalışmaları; I. Dönem (1927-1983), II. Dönem (1984-1998) ve III. Dönem (1998 -) olmak üzere üç döneme ayrılmış ve her bir dönemde yapılan çalışmalar ile Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES)'nin oluşturulması anlatılmıştır.

Beşinci bölümde, deniz seviyesi ölçülerinin kalite kontrolünde dünyada yaygın olarak kullanılan üç adet yazılım, bu çalışmada kullanılan SLPR2 yazılımına ağırlık verilerek kısaca anlatılmıştır.

Altıncı bölümde, saatlik deniz seviyesi ölçülerine uygulanan kalite kontrol işlemi ile günlük ve aylık ortalama deniz seviyesi değerlerinin elde edilmesi ve aylık ortalama deniz seviyesi değerleri kullanılarak ODS'ler ve zamana bağlı doğrusal değişimlerinin harmonik analiz yöntemi ile hesaplanması anlatılmıştır. Her yıl içindeki maksimum ve minimum saatlik deniz seviyesi değerleri ile yıl içindeki tüm saatlik deniz seviyesi ölçülerinin aritmetik ortalaması alınarak hesaplanan yıllık ortalama deniz seviyesi değerleri her bir mareograf istasyonu için ayrı tablo halinde hazırlanmıştır. Maksimum, minimum ve ortalama deniz seviyesi değerlerinin zamana bağlı doğrusal değişimleri belirlenmiştir. Ek olarak, bu bölümde 18.6 yıldan daha uzun saatlik deniz seviyesi ölçülerinin analizinde kullanılan bir program ile, 1985-1999 dönemi ODS ve gelgit bileşenlerinin genlik ve faz açıları tespit edilmiş ve bulunan değerler aylık ortalama deniz seviyesi değerlerinin en küçük karelerle dengelenmesiyle elde edilen ODS değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Yedinci bölümde, mareograf istasyonlarında yapılan tekrarlı jeodezik ölçülerin (GPS ve duyarlı geometrik nivelman) değerlendirilmesi ile düşey yer kabuğu hareketlerinin olup olmadığı belirlenmiş, bulunan sonuçlar ODS'lerdeki bağlı doğrusal değişimlerle karşılaştırmalı olarak irdelenerek bağlı deniz seviyesi değişimlerinin düşey yer kabuğu hareketlerinden kaynaklanıp kaynaklanmadığı araştırılmıştır.

Sekizinci bölümde ise sonuç ve öneriler verilmiştir.

2. DENİZ SEVİYESİ ÖLÇÜLERİNİN BİLİMSEL VE PRATİK UYGULAMALARI

Deniz seviyesi ölçüleri birçok bilimsel araştırma ve pratik uygulamada temel bilgi olarak kullanılır.

a. Okyanus Akıntıları

Deniz seviyesi değişimleri, dünyadaki artan fiziksel ve yapısal değişimler sebebiyle, global ısınmanın en önemli sonucu olarak düşünülür. Deniz seviyesi ölçüleri global ısınmanın derecesi hakkında bilgi verebilmesi açısından oldukça önemlidir. Bugün çeşitli araştırmalardan global deniz seviyesinin yükseldiği bilinmektedir. Ancak bunun ne kadarının global ısınmadan kaynaklandığı kesin olarak bilinmemektedir. Global deniz seviyesindeki hacimsel değişimler (deniz seviyesi sinyalinin iklimsel kısmı):

- karadaki buzulların erimesi sonucu okyanusa giden suyun hacminin artması ve
- okyanusların ısınması sonucu okyanus üst tabakasının genişmesi

olmak üzere iki bileşenden oluşur /48/.

Oşinograflar, meteorolojik faktörlerden kaynaklanan okyanus akıntılarının (yüzey dolaşımı) 3-boyutlu yapısını incelemek için, DYT ve deniz seviyesi ölçülerine ihtiyaç duymaktadır. Yüzey dolaşımının büyük bir kısmı, okyanus yüzeyinin basınç bileşeninin atmosferde rüzgarların hava basıncı bileşeni ile dengelenmesine benzer bir şekilde dengededir. Sonuç olarak, eğer ortalama DYT ve zamanla değişimi duyarlı olarak ölçülürse, ortalama yüzey dolaşımı ve zamana bağlı değişimi belirlenmiş olur. Okyanus yüzey dolaşımı belirlenmesi çalışmalarında duyarlı uydu altimetreleri ve mareograf istasyonlarından elde edilen deniz seviyesi ölçülerine ihtiyaç duyulmaktadır /28/.

b. Uzun Dönemli Deniz Seviyesi Değişimleri

Tüm dünyadaki uzun dönemli deniz seviyesi kayıtları, İngiltere’de bulunan Sürekli Ortalama Deniz Seviyesi Servisi (Permanent Service for Mean Sea Level-PSMSL) tarafından aylık ve yıllık ortalama deniz seviyeleri şeklinde depolanır. Hükümetler arası İklim Değişimi Örgütü (Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC) tarafından geçen yüzyılda global deniz seviyesinde yaklaşık 10-20 cm bir yükseliş olduğu belirtilmekte olup, bu yükselişin büyük bir kısmının global ısınmadan kaynaklandığı düşünülmekte ve global deniz seviyesinin 2100 yılında 40-60 cm yükseleceği tahmin edilmektedir /30,31,32/. Deniz seviyesindeki uzun dönemli değişimlerin belirlenmesi için, global olarak uygun dağılmış mareograf istasyonları ve birkaç cm doğruluğunda deniz yüzeyi yüksekliği verileri sağlayan uydu altimetre ölçülerine ihtiyaç duyulmaktadır.

c. Deniz Seviyesi Ölçülerinin Jeodezide Kullanımı

(1) Düşey Datum

Düşey datum, yeryüzündeki noktaların düşey koordinatlarının yani yüksekliklerinin tanımlanmasında kullanılan seçilmiş bir başlangıç yüzeyidir. Jeodezide düşey konum, yeryuvarının gravite alanının dayanak yüzeyi olarak düşünülen jeoid göre tanımlanır.

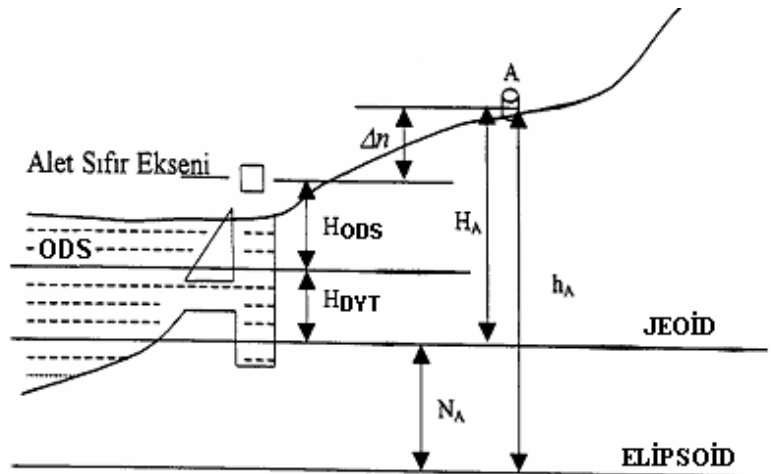
Yukarıdaki tanıma paralel olarak, sıfır yüzeyinin seçilen bir noktada saptanmasına düşey datum denir /22/.

Yeryüzünün %71'i denizlerle kaplıdır. Eğer hiçbir akıntı, dalga, tuzluluk, ısı ve yoğunluk farkı, gelgit ve meteorolojik etkiler olmasaydı ve durgun deniz yüzeyi karalar içinde de devam etseydi oluşan bu eşpotansiyelli yüzey jeoidi oluşturacaktı. Kısacası, sayılan bu bozucu etmenler sebebi ile ortalama deniz yüzeyi jeoidi ile çakışmamaktadır. Jeodezi'de düşey konum;

- Jeoid:** Ortometrik ve dinamik yükseklikler için referans yüzeyi,
- Quasi-Jeoid :** Normal yükseklikler için referans yüzeyi,
- Referans Elipsoidi:** Jeodezik (geometrik) yükseklikler için bir referans yüzeyi olmak üzere üç datum kullanılır

Referans elipsoidi (gerçek dünyanın matematiksel yaklaşımı), yüksekliklerle ilgili çeşitli jeodezik hesaplamalarda kullanılır. Jeodezik ölçüler gerçek dünyada yapılır, ancak elipsoid yüzeyine indirgenir. Hesaplamalar ve koordinat değerleri bu referans yüzeyinde ifade edilir /22/. Quasi-jeoid, jeoidle benzeyen ve genellikle jeoidden birkaç dm sapan bir yüzeydir /44/. Kuramsal kapalı bir yüzey olan jeoid, dünyanın gravite alanına ait yatay seviye yüzeylerinden biridir ve yeryüzünün asıl biçimi olarak alınır. Ortometrik yüksekliği sıfır olarak verilen jeoid üzerindeki bir noktadan nivelman ölçülerine başlanılamaz. Çünkü doğada böyle bir nokta bulunmaz /43/.

Kuramsal bir yüzey olan jeoidin belirlenmesindeki zorluk nedeniyle, bir mareograf istasyonunda kaydedilen uzun süreli deniz seviyesi değişimlerinin ortalaması alınarak elde edilen ODS, jeoidle çakıştığı varsayımıyla uzun yıllar yükseklik belirlemede düşey datum olarak kullanılmıştır. Ancak yapılan araştırmalar, jeoid ve ortalama deniz seviyesinin tam çakışmadığını, bu değişimin 1-2 metre büyüklüğüne ulaşabildiğini ortaya koymuştur /22/. Jeoid ile ODS arasında oluşan bu fark, Deniz Yüzü Topoğrafyası olarak adlandırılmaktadır. Şekil-1'de ODS ve DYT'nin bir röper noktasının jeoid yüksekliğinin belirlenmesinde nasıl kullanıldığı gösterilmektedir /1,10/.



Şekil-1: Düşey datum belirleme /1,10/.

Ortalama deniz seviyesinin zamana bağılı değişimi sonucunda, bu yüzeyi başlangıç seviyesi alan Düşey Kontrol Ağı noktalarının konumları değişmekte ve bu konudaki çalışmaların sonuçlarını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle, jeoidin düşey datum olarak kullanıldığı çalışmalarda; mareograf istasyonundaki en az iki Chandler periyodunda (18.6 yıl x 2) yapılan deniz seviyesi değişimi verilerinin analizi ile ODS belirlemenin yanı sıra, ODS ile jeoid arasındaki fark olan DYT'nin de doğru bir biçimde belirlenerek dikkate alınması gerekmektedir /10/.

Düşey datum bir röper noktasının ortometrik yüksekliğin belirlenmesi ile oluşturulur.

$$H_A = H_{ODS} + \Delta n + H_{DYT} \quad (1)$$

H_A : A röper noktasının ortometrik yüksekliği

Δn : Mareograf istasyonu alet sıfırı ile A röper noktası arasındaki yükseklik farkı

H_{ODS} : Mareograf istasyonu alet sıfırının Ortalama Deniz Seviyesi (ODS)'den olan yüksekliği

H_{DYT} : Deniz Yüzeyi Topografyası

Benzer şekilde, röper noktasına ait elipsoid yüksekliği (h_A) ve jeoid yüksekliğinin (N_A) bilinmesi durumunda aşağıdaki şekilde,

$$h_A = N_A + H_{ODS} + \Delta n + H_{DYT} \quad (2)$$

ve Deniz Yüzeyi Topografyası (H_{DYT}) da aşağıdaki gibi bulunabilir /1,10/.

$$H_{DYT} = h_A - (H_{ODS} + \Delta n + N_A) \quad (3)$$

(2) Düşey Yer Kabuğu Hareketleri

Mareograf istasyonları deniz yüzeyi ile karadaki sabit bir nokta arasındaki bağıl yükseklik farkını ölçmektedir. Karaların düşey yönde hareket ettikleri (çökme veya yükselme) bilindiğinden, mareograf istasyonunun üzerinde bulunduğu karanın ve yakınındaki alanın düşey hızı mutlak deniz seviyesi değişimlerini belirlemek için gereklidir. Jeodezik ölçüler olmadan, oşinografik ve iklimsel etkiler nedeniyle oluşan doğrusal deniz seviyesi değişimlerini kara hareketlerinden ayırmak mümkün değildir. Diğer taraftan doğrusal deniz seviyesi değişimleri, mareograf istasyonlarının üzerinde bulunduğu kara parçasındaki yerel düşey yer kabuğu hareketleri konusunda anlamlı bilgiler verir. Deniz seviyesi trendlerinden, depremler öncesi ve sonrasındaki plaka hızlarının belirlenmesinde yararlanılır /7/.

Deniz Seviyesi değişimlerinin ve düşey yer kabuğu hareketlerinin ayrılması, iklim değişiklikleri konusunda çalışan oşinografların ve plaka hareketleri konusunda çalışan jeofizikçilerin ilgisini çekmektedir. Tektonik alanlarda deniz seviyesi ölçüleri depremlerle ilgili yer kabuğu hareketleri konusunda bilgi içerebilir. Deniz seviyesi kayıtları aynı zamanda yer altı suyu ve petrol çıkarılmasından kaynaklanan çökmeler hakkında da bilgi içerebilir /2/. Genellikle mareograf istasyonu röper noktalarındaki düşey yer kabuğu hareketleri global deniz seviyesi yükselmesi büyüklüğünde olduğundan, deniz seviyesi ölçüleri düşey yer

kabuğu hızları ile düzeltilmelidir. /12/'de bağıl deniz seviyesi trendlerinin çoğunun kara hareketlerinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

Modern jeodezik yöntemlerdeki gelişmeler mareograf istasyonlarındaki düşey yer kabuğu hareketlerini doğrudan belirleme olanağı sağlamıştır. Bu yöntemlerle yerel röper noktalarına göre bağıl deniz seviyesi değişimlerini değil, mutlak deniz seviyesi değişimlerini belirlemek olanaklıdır /2/. Bu amaçla, mareograf istasyonu yakınındaki yerel nivelman ağlarında Sabit GPS, tekrarlı GPS ve duyarlı geometrik nivelman ölçüleri yapılır. Mutlak gravite ölçüleri de röper noktalarında mutlak yükseklik değişimini belirlemenin diğer bir yoludur.

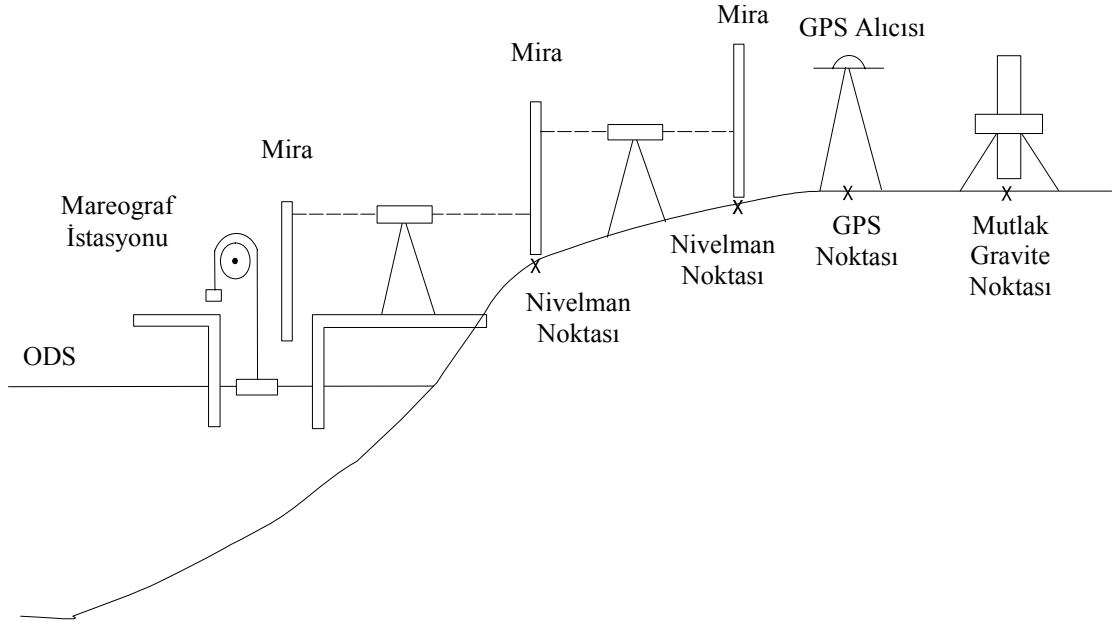
d. Mareograf İstasyonlarının Jeodezik Kontrolü

Düşey yer kabuğu hareketleri mareograf istasyonu deniz seviyesi ölçülerinde yer alan önemli sinyallerden birisidir. Modern jeodezik teknikler düşey yer kabuğu hareketlerini izlemeyi mümkün kılmıştır. Deniz seviyesi çalışmalarında jeodezik ölçülere aşağıdaki nedenlerle ihtiyaç duyulur /44,47/ :

- Mareograf istasyonu röper noktalarının koordinatlarını mutlak yer merkezci bir koordinat sisteminde belirlemek,
- Düşey yer kabuğu hareketlerini belirleyerek bunların etkisini uzun dönemli deniz seviyesi değişimlerinden çıkarmak,
- Ulusal ve kıtalararası düşey datumları birleştirerek bir dünya düşey datumu belirlemek,
- Uydu altimetre ölçülerinin kalibrasyonunu yapmak ve
- Mutlak okyanus akıntılarını belirlemektir.

Son yıllarda gelişen modern jeodezik teknikler; uydu jeodezisi (temel olarak GPS) ve mutlak gravitedir. Uydu jeodezisi ölçüleri, GPS röper noktasının yer merkezci bir koordinat sisteminde yerini belirlemek için kullanılır. GPS noktası mareograf istasyonu asıl röper noktasına (Tide Gauge Benchmark-TGBM) duyarlı geometrik nivelman ölçüleri ile bağlanmalıdır. Böylece, mareograf istasyonundaki ODS global yer merkezli bir referans sisteminde belirlenmiş olur (Şekil-2).

GPS, temel olarak, bir yerel nivelman noktasına göre bağıl deniz seviyesini değil, mutlak deniz seviyesi bilgisini sağlar. Böylece, mareograf istasyonunda elde edilen deniz seviyesi uydu altimetrelere ile aynı referans sisteminde tanımlanır ve altimetrik deniz seviyesi ölçüleri ile doğrudan karşılaştırılabilir /29/. Mareograf istasyonlarında yapılan tekrarlı GPS ölçüleri (örneğin yılda bir yada iki defa), düşey yer kabuğu hareketlerini ve bunun ortalama deniz seviyesi değişimleri üzerindeki etkileri dikkate alınarak, mutlak deniz seviyesi değişimlerinin belirlenebilmesini sağlar. Mareograf istasyonu yakınında mutlak gravite aleti kullanılarak gravite değişimlerini ölçmek, düşey yer kabuğu hareketlerini belirlemek için GPS'ten tamamen bağımsız diğer bir yöntemdir. Tablo-2'de mareograf istasyonu yakınında yapılan jeodezik ölçülerin gerektirdiği ölçü doğrulukları gösterilmektedir.



Şekil-2: Mareograf istasyonu konumunun jeodezik yöntemlerle belirlenmesi /29/.

Tablo-2: Mareograf istasyonlarında yapılan tekrarlı jeodezik ölçü doğrulukları /29/.

Jeodezik Ölçü Tipi	Uzaklık : Doğruluk
Yerel Nivelman Ağı	0 - 1 km : < 1 mm
Geniş Alan Nivelmanı	1 - 10 km : < 1 cm
Mareograf istasyonu yakınındaki noktalarda mutlak gravite	< 2 μ gal
Mareograf istasyonu yakınındaki noktalarda GPS	< 1 cm

(1) Duyarlı Geometrik Nivelman

Geometrik nivelman, mareograf istasyonlarındaki röper noktalarının yüksekliklerinin belirlenmesinde kullanılan duyarlı bir jeodezik yöntemidir. Birinci derece duyarlı geometrik nivelman birkaç km uzunluklarda 1-2 mm doğruluk sağlar. Bu nedenle, yıllık duyarlı geometrik nivelman ölçüleri asıl mareograf röper noktasının ve diğer mareograf röper noktalarının yerel nivelman noktalarına göre düşey yer değiştirmelerinin belirlenmesi için çok uygun bir yöntemdir. Ancak, duyarlı nivelman ölçüleri uzun mesafelerde kolimasyon hatası, mira ölçek hataları ve refraksiyon hataları gibi önemli sistematik hatalar içerdiğinden bu hataların uygun yöntemlerle duyarlı nivelman ölçülerinden giderilmesi gerekir.

Mareograf bağlantı ağı, mareograf istasyonu yakınında 4-6 noktalı asıl mareograf röperi ve en az iki adet Ulusal Düşey Kontrol Ağı nivelman noktasını içine alacak şekilde Ulusal Düşey Kontrol Ağı'na bağlantısı bulunan yerel jeodezik ağlardır. Bu ağlar aynı zamanda en az bir adet GPS noktası içermektedir. Mareograf bağlantı ağındaki tüm noktalar tekrarlı nivelman ölçülerine dahil edilmelidir. Nivelman ölçülerinin tekrarlanma sıklığı, mareograf istasyonunun bulunduğu yerin jeolojik yapısı göz önünde bulundurularak belirlenmelidir. Tektonik olarak aktif veya hareketli zeminlerdeki mareograf istasyonlarında duyarlı

geometrik nivelman ölçülerine daha sık gereksinim duyulur. Prensip olarak düzenli geniş alanda nivelman ölçüleri yapılması tercih edilse de, alan genişledikçe yapılan nivelman ölçülerinin doğruluğunun azaldığı göz önünde bulundurulmalıdır.

(2) GPS

GPS, son onbeş yıldır hızlı gelişmesi sonucu sağladığı doğruluk artışıyla, birçok bilim dalındaki araştırmalarda vazgeçilmez rol oynamaktadır. Günümüzde GPS ölçülerinin mareograf istasyonlarında kullanılmasında detaylı araştırmalar yapılmaktadır. Bir çok prensipte genel kanılar oluşturulmuş, ancak düşey bileşende 1 mm/yıl ve daha yüksek bir doğruluğu sağlama konusu, henüz üzerinde birçok bilim adamının çalıştığı önemli bir problemdir /29/.

GPS ölçülerine, mareograf istasyonu röper noktalarında meydana gelen düşey yer kabuğu hareketlerini belirleyip ortalama deniz seviyesi trendini bu değerle düzeltmek ve ortalama deniz seviyesindeki mutlak ya da iklimden kaynaklanan değişimleri belirlemek için ihtiyaç duyulur. Günümüzde GPS aletlerinin ucuzlaması ile birlikte mareograf istasyonlarındaki düşey yer kabuğu hareketlerinin sabit GPS istasyonları ile izlenmesi önerilmektedir /29/.

(3) Mutlak Gravite

Mutlak gravite ölçüleri mareograf istasyonu yakınında bulunan jeodezik noktadaki mutlak düşey yer kabuğu hareketlerinin GPS'ten bağımsız olarak belirlenmesi amacıyla yapılır. Mutlak gravite ölçmenin prensibi lazer uzunluk standardı ve rubidyum frekansı zaman standardı kullanılarak boşlukta serbest düşme yapan (düşme yada yükselme) kütlenin ivmesinin ölçülmesine dayanır. Bir noktadaki gravite değeri, test kütlesinin otomatik olarak tekrarlı düşmesi ve gelgit ile atmosferik basınç değişimleri için gerekli düzeltmeler getirilerek bulunur. Serbest havadaki gravite gradyenti dünya yüzeyinde 3 $\mu\text{gal}/\text{cm}$ dir. Uygulamada, yer kabuğu deformasyonu işi için, genellikle dünya yüzeyinin geniş bir alanı aynı anda deformasyona uğradığı kabul edilerek, ölçülen gravite değişimi 2 $\mu\text{gal}/\text{cm}$ büyüklüğündedir /29/.

Sonuç olarak, hem mutlak gravite hem de GPS ölçüleri eşit bir şekilde düşey yer kabuğu hareketleri için gerekli olan 1 cm doğruluğa yaklaşmaktadır (Tablo-2). GPS alıcıları ile karşılaştırıldığında mutlak gravimetri aletleri oldukça pahalı olduğundan, GPS ölçüleri mutlak gravite ölçülerine tercih edilmektedir.

3. DENİZ SEVİYESİ DEĞİŞİMLERİNİN İRDELENMESİ

Deniz seviyesinin genellikle durgun olmadığı, sürekli olarak dalgalı olduğu bilinir. Kısaca deniz seviyesi sürekli değişir. Bu değişime neden olan etkiler aşağıda incelenmektedir.

a. Deniz Seviyesi Değişimine Neden Olan Etkiler

(1) Meteorolojik Etkiler

Deniz seviyesini değiştiren meteorolojik etkenler; atmosferik basınç ve sıcaklıktaki değişimler ile rüzgarın etkileridir. Bu etkiler, deniz seviyesinde tekrarlı ve tekrarlı olmayan değişimlere sebep olur. Atmosfer basıncının yükselmesi deniz seviyesinde alçalmaya, azalması ise yükselmeye neden olur. Teorik olarak atmosfer basıncındaki bir mbar'lık bir değişim 180° 'lik faz farkı ile deniz seviyesinde yaklaşık 1 cm'lik bir değişime neden olur. Bu şekilde basınç değişiminin deniz seviyesi üzerindeki bozucu etkisi hesaplanıp giderilebilir. Bu bir mareograf istasyonundaki deniz seviye verileri ile mareograf istasyonunun yakınında yer alan bir meteoroloji istasyonundaki basınç verilerinin spektral analizinden ortaya çıkarılabilir /21/.

Hava sıcaklığının değişmesi enleme bağlıdır ve genellikle deniz yüzeyinin kutuplardan ekvatora doğru eğilmesine neden olur. Sığ kıyılarda karadan denize esen rüzgarlar deniz seviyesini alçaltır, denizden karaya esen rüzgarlar ise doğrudan suyu kıyıya doğru iter ve dolayısıyla deniz seviyesini yükseltir. Rüzgar dalgaları deniz seviyesinde cm mertebesinde metre mertebesine kadar değişimler yaratır. Bu etkinin periyotları kısa ve düzensiz olup aritmetik ortalama alınarak etkileri yok edilir. Fırtına dalgalarının süresi uzunsa, deniz seviyesinde küçük bir artış olabilir. Genellikle aylık ve yıllık ortalama alınırsa etkileri kaybolur. Fakat, sığ sularda fırtına dalgaları ile gelgitler arasında doğrusal olmayan etkileşim nedeniyle, her iki bozucu etmenin etkileri de değişir ve ortalama almakla yok olmayabilirler /21,39/.

(2) Oşinografik Etkiler

Oşinografi bilimi; deniz suyunun yoğunluğunun değişmesi ve okyanus akıntılarını inceler. Su kolonlarındaki sıcaklık değişiminin neden olduğu genleşme veya büzülme ile deniz suyu yoğunluğu değişir. Bu yoğunluk değişimi de deniz seviyesinin değişmesine sebep olur. Bu değişime sterik deniz seviye değişimi denir /21/.

(3) Gelgit Etkileri

Deniz seviyesini etkileyen en önemli bozucu etmen astronomik gelgit'tir. Ay ve güneş, kütleleri nedeniyle denizler üzerine bir çekim etkisi uygular. Bu etkiler kısa periyotlu (yarım günlük, günlük) ve uzun periyotlu (aylık, yıllık) olabilir. En uzun periyotlu olanlar Lunar Perigee (9.3 yıl) ve Nodal (18.6 yıl) gelgit etkileridir. Katı yer yuvarı gelgitlerinde olduğu gibi okyanus gelgitleri ve okyanus gelgitlerinin kıyılarda karaya uyguladığı bindirme etkilerinin kuramsal değerleri hesaplanabilmektedir. Gelgitler çok iyi bilinen bir tekrarlı sinyal olduğundan kolayca verilerden harmonik analizle çıkarılabilir. Saatlik verilerin ortalaması yüksek frekanslı gelgit'leri yok eder /21/. Gelgitlerle ilgili teorik bilgiler /15/ ve /39/'da ayrıntılı olarak bulunabilir.

(4) İklim Değişmesi (Global Isınma)

İklim değişikliği, atmosferdeki karbondioksit miktarının, sanayileşme sebebiyle dışarıya atılan karbondioksit gazından dolayı sürekli artmasıyla ilişkilidir. Yeryüzü güneşin yaydığı kısa dalga ışınlamalarının bir kesimini soğurur ve aldığı enerjinin bir kesimini yeniden atmosfere doğru uzun dalga ışınlamaları olarak yayar. Atmosferdeki su buharı ile karbondioksit; yeryüzünden gelen bu ışınlamaların bir kesimini emer ve bir kesimini yeniden yeryüzüne yayar, buna "sera etkisi" denir. Enerjinin atmosferle yeryüzü arasında dolaşımı sırasında atmosfer ve yeryüzü ısınır. Atmosferdeki karbondioksit miktarının sürekli artışı, atmosferdeki yıllık ortalama sıcaklığın artmasına ve dolayısıyla iklim değişikliğine neden olur. Yıllık ortalama sıcaklığın artması sonucu, güney ve kuzey kutbundaki buz tabakaları erir. Böylece ortalama global deniz seviyesi sürekli yükselir, yani denizlerin hacmi sürekli artar /19,20/.

(5) Düşey Yer Kabuğu Hareketleri

Deniz seviyesini değiştiren en önemli bozucu etmenlerden biri de, düşey yer kabuğu hareketleridir. Yer kabuğunun yerel ve bölgesel düşey hareketleri deniz seviyesinde önemli değişimlere neden olur. Deniz seviyesi karada bir röper noktasına göre ölçülür. Eğer kara, zaman içinde çökerse deniz seviyesi yükselir, tersine; kara zamanla yükselirse deniz seviyesi bağıl olarak alçalır. Düşey yer kabuğu hareketleri; plakaların sınırlarındaki tektonik hareketler, sedimantasyon, suyun veya petrolün çekilmesi nedeniyle çökme ve izostatik dengeye kavuşma (buzul çağı sonrası karanın yükselmesi) vb. nedenlere bağlı olarak meydana gelir. Bu hareketler deniz kıyılarında veya denize yakın bölgelerde ortaya çıktığı zaman, deniz seviye verilerini bozarak çok belirgin uzun dönemli eğilimler oluşturur.

b. Ortalama Deniz Seviyesi ve Değişimlerinin Belirlenmesi

Ortalama deniz seviyesi, zamana bağlı tüm değişimlerden ve düşey yer kabuğu hareketlerinden arınmış (ya da indirgenmiş) ve karada sabit bir noktaya göre belirlenmiş ortalama bir değer olarak tanımlanır. Deniz seviyesi ölçülerinin analizinden genellikle, uzun dönemli deniz seviyesi değişimlerinin belirlenmesi beklenir. Bu yüzden, genellikle saatlik ortalamalardan günlük, günlük ortalamalardan aylık ve aylık ortalamalardan elde edilen yıllık ortalamalar kullanılır. Böylece, periyodu bir yıldan daha az olan etkiler filtrelenmiş olur. Uzun dönemli deniz seviyesi değişimlerini yaratan bozucu etkiler;

- Uzun periyotlu gelgitler (en büyüğü 18.6 yıl),
- Düşey yer kabuğu hareketleri (buzul çağı sonrası yükselme ve tektonik hareketler),
- Global iklim değişmesinden kaynaklanan hacimsel artış (kutuplardaki buzulların erimesi ile suyun dağılımı ve okyanuslarda emilen ısı nedeniyle genleşme),
- İklimle bağlı okyanus dolaşımındaki değişimler ve
- Deniz dibi deformasyonları (tortulaşma, deniz yatağının kıvrılması, ırmakların getirdiği alüvyonlar vb.)

olarak sıralanabilir. Bunlardan iklim değişimi ile düşey yer kabuğu hareketleri en önemli iki etkidir.

İlk bakışta, verilerde bir trend olup olmadığı, aylık veya yıllık verilerin grafiklerinden anlaşılabilir. Uzun dönemli zamana bağlı değişimleri (trend vb.) belirlemek için genellikle, En Küçük Kareler Yöntemi (EKKY) ile regresyon doğrusu geçirilir veya genel bir polinom kullanılır. Ayrıca fonksiyonel modelin tamamlanması için modele uzun periyotlu gelgit bileşenleri ile atmosferik basınç ve rüzgar etkilerinin de katılması gerekir /39/. Genel olarak bir istasyondaki deniz seviyesi verilerin EKKY ile analizinde aşağıdaki model kullanılır.

$$X(t) = Z_o + \underbrace{\sum_{i=1}^n a_i t^i}_A + \underbrace{\sum_{j=1}^m b_j (P_j(t) - \text{ortalama } P_j)}_B + \underbrace{\sum_{k=1}^l c_k \cos(\omega_k t - \theta_k)}_C + v \quad (4)$$

Yukarıdaki eşitlikte ilk bölüm A, ikinci bölüm B, üçüncü bölüm ise C' dir. Burada,

A : zamana bağlı değişimler (trend, ivme vb.)

B : meteorolojik ölçülerdeki (atmosferik basınç $P_1(t)$, hava sıcaklığı $P_2(t)$, vb.) değişimlerinin etkisi

C : uzun periyotlu gelgit bileşenleri

Z_o : başlangıç epogunda ortalama deniz seviyesi

v : stokastik kesim (gürültü)

t : zaman (ay veya yıl)

$X(t)$: aylık veya yıllık ortalama deniz seviyesi verileri

şeklinde tanımlanmaktadır. Basınç ve sıcaklık değişiminin etkisi /18/ tarafından

$$B = b_1 \delta P(t) + b_2 \delta T(t) \quad (5)$$

eşitliği ile modellendirilmiştir. Burada,

$$\delta P(t) = P(t) - (d_1 t + e_1) : \text{Basınç değişiminin etkisi}$$

$$\delta T(t) = T(t) - (d_2 t + e_2) : \text{Sıcaklık değişiminin etkisi}$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Bu modelde d_1 , d_2 ve e_1 , e_2 parametreleri basınç ve sıcaklık verilerinin regresyon analizi yapılarak belirlenir.

4.TÜRKİYE’DE DENİZ SEVİYESİ İZLEME ÇALIŞMALARI

Türkiye’de deniz seviyesi izleme çalışmaları; I. Dönem (1927-1983), II. Dönem (1984-1998) ve III. Dönem (1998 sonrası) olmak üzere üç dönem halinde incelenmektedir.

a. 1927-1983 Dönemi (I. Dönem)

Türkiye’de deniz seviyesi ölçme çalışmaları, ilk kez Fransa Ulusal Coğrafya Enstitüsü tarafından 1927 yılında İskenderun’a bir mareograf istasyonunun kurulması ile başlamıştır. Bu istasyonda 1927-1934 yılları arasında deniz seviyesi ölçüleri yapılmıştır. Harita Genel Komutanlığı (eski adı Harita Genel Müdürlüğü) tarafından Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı (TUDKA)’nın ölçülerine başlanılmadan önce düşey datumun belirlenmesinde kullanılmak üzere ortalama deniz seviyesi tespiti amacıyla 1935 yılında Antalya’da bir mareograf istasyonu kurulmuştur. Daha sonra 1936 yılında Karşıyaka/İzmir’de Harita Genel Komutanlığı’nca bir mareograf istasyonu daha tesis edilmiştir (Şekil-3).



Şekil-3: I. Dönem’de 1936-1977 yılları arasında faaliyette olan Karşıyaka mareograf istasyonu.

1937 yılında 3127 sayılı kanun gereğince söz konusu iki mareograf istasyonu Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’ne devredilmiş ve Türkiye kıyılarında mareograf istasyonu kurma ve işletme sorumluluğu bu kuruma verilmiştir. Devlet Meteoroloji İşleri

Genel Müdürlüğü'nce 1948 yılında Karadeniz Ereğlisi, 1952 yılında İskenderun, 1956 yılında Trabzon, 1961 yılında Samsun, 1967 yılında Bodrum ve son olarak 1979 yılında Gölcük olmak üzere toplam altı adet mareograf istasyonu kurulmuş ve işletilmiştir. İstasyonların çalışma tarihleri, istasyonlarında kullanılan deniz seviyesi ölçü cihazları, nivelman bağlantılarının mevcut olup olmadığı ve kayıtların türleri hakkındaki bilgiler Tablo-3'de verilmektedir /24/. Bu dönemde Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı tarafından işletilen sabit olmayan mareograf istasyonları olduğu bilinmektedir. Ancak, bu istasyonların ölçü süreleri bir yıldan daha az olup Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı'na bağlantıları mevcut değildir.

Tablo-3 : 1935-1983 Dönemi (I.Dönem) faaliyette olan sabit mareograf istasyonlarına ait çeşitli bilgiler.

	İstasyon Adı	Çalıştığı Dönem	Açıklamalar
1	ANTALYA-I	09.01.1935-30.05.1977	İstasyon tek kuyulu / Alet: Fevak S.A. Neuchetal Swiss / İstasyon tahrip / <u>Nivelman bağlantıları mevcut</u> / Kayıtlar, günlük-haftalık.
2	KARŞIYAKA	05.07.1936-13.12.1977	İstasyon iki kuyulu / Alet: R.Fuess / İstasyon tahrip / <u>Nivelman bağlantıları mevcut</u> / Kayıtlar, günlük-haftalık.
3	K.EREĞLİ	01.03.1948-28.03.1976	İstasyon iki kuyulu / Alet: R.Fuess / İstasyon tahrip / Nivelman bağlantısı yok / Kayıtlar, günlük.
4	İSKENDERUN	28.04.1952-31.12.1965	İstasyon üç kuyulu / Alet: R.Fuess / İstasyon tahrip / Nivelman bağlantısı yok / Kayıtlar, günlük-haftalık.
5	TRABZON	15.05.1956-24.11.1976	İstasyon tek kuyulu (pik boru) / Alet: R.Fuess / İstasyon tahrip / Nivelman bağlantısı yok / Kayıtlar, günlük.
6	SAMSUN	05.04.1961-28.11.1983	İstasyon iki kuyulu / Alet: R.Fuess / İstasyon tahrip / <u>Nivelman bağlantıları mevcut</u> / Kayıtlar, günlük-haftalık.
7	BODRUM-I	01.05.1967-31.12.1979	İstasyon iki kuyulu / Alet: R.Fuess / İstasyon tahrip / Nivelman bağlantısı yok / Kayıtlar, günlük-haftalık.
8	GÖLCÜK	1979-1983	İstasyon iki kuyulu / Alet: R.Fuess / İstasyon tahrip / Nivelman bağlantısı yok / Kayıtlar mevcut değil.

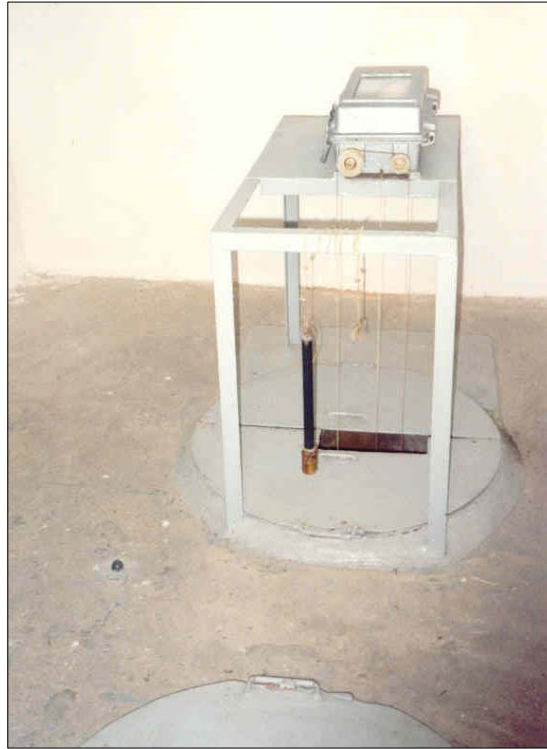
Tablo-3'de özet bilgi verilen bu istasyonlar artan deniz trafiği ve kirliliği sebebiyle büyük oranda tahrip olmuş ve sağlıklı değer üretme özelliğini yitirmiştir. 17 Mayıs 1983 tarihinde Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü ile yapılan protokol gereğince mareograf istasyonlarının kurma ve işletme sorumluluğu mevcut kayıtları ile birlikte yeniden Harita Genel Komutanlığı'na devredilmiştir /24/.

Harita Genel Komutanlığınca yapılan incelemeler neticesinde eski istasyonların tamamı iptal edilmiş ve bunların yerine Erdek mareograf istasyonu Şubat 1984'de, Antalya-II

mareograf istasyonu Ekim 1985’de, Bodrum-II ve Menteş mareograf istasyonları ise Kasım 1985’de faaliyete geçirilerek deniz seviyesi ölçülerine başlanmıştır. Antalya-I (1935-1977), Karşıyaka (1936-1977) ve Samsun (1961-1983) mareograf istasyonları aylık deniz seviyesi değerleri, ay içerisindeki maksimum ve minimum saatlik deniz seviyesi değerleri Türkçe ve İngilizce olarak bir kitapçıkla kullanıcılara sunulmuştur /24/.

b. 1984-1998 Dönemi (II. Dönem)

İkinci dönemdeki mareograf istasyonları iki kuyulu olup, yatık tipte grafik kayıt cihazları ile haftalık kayıt alınmıştır /16/ (Şekil-4).



Şekil-4: II. dönemde HGK tarafından işletilen Bodrum-II dinlendirme kuyulu ve şamandralı mareograf istasyonu.

Deniz seviyesi ölçülerine ek olarak her gün UT (Universal Time) 08:00’de istasyonlarda görevli mareograf operatörü erler tarafından hava sıcaklığı, deniz suyu sıcaklığı, atmosfer basıncı ölçülmüş ve datum kontrolü yapılmıştır. Mareograf istasyonlarındaki deniz seviyesi kayıtları ile birlikte diğer ölçüler her ayın sonunda düzenli olarak Harita Genel Komutanlığına gönderilmiştir. II. dönemde (1984-1998) işletilen mareograf istasyonlarının dağılımı Şekil-5’de, konum bilgileri ve şamandralı mareograf istasyonu deniz seviyesi ölçme aletinin geometrik değerleri Tablo-4’de verilmektedir.



Şekil-5 : II nci dönemde (1984-1998) işletilen sabit mareograf istasyonları.

Tablo-4 : II nci dönem mareograf istasyonları konum bilgileri ve geometrik değerleri.

İstasyon	Enlem	Boylam	ΔH (m)	Mareograf Datumu (m)
Antalya-II	36° 50'	30° 37'	0.8960 (MAR 85-1)	2.520
Bodrum-II	37° 02'	27° 25'	0.8967 (MAR 85-1)	3.475
Menteş	38° 26'	26° 43'	0.6851 (MAR 85-1)	3.442
Erdek	40° 23'	27° 51'	0.7721 (R-84)	3.363

Tablo-4'deki ΔH , alet sıfırı ile asıl mareograf röperi arasındaki yükseklik farkıdır. Mareograf datumu ise, alet sıfır seviyesinden itibaren en düşük deniz seviyesinin altında kalacak şekilde seçilen düşünsel bir yüzey olup her mareograf istasyonu için ayrı ayrı belirlenmiştir. Harita Genel Komutanlığında ikinci dönemde işletilen şamandıralı mareograf istasyonlarında deniz seviyesi değerleri her istasyonun kendi mareograf datumuna göre diyagramlar üzerine kaydedilmiştir. Mareograf datumunun kullanılmasındaki amaç deniz seviyesi ölçülerini denizin fiziksel hareketine paralel bir şekilde diyagram üzerine aktarmaktır. İstenildiğinde Tablo-4'de verilen değerleri kullanarak deniz seviyesi ölçüleri asıl mareograf röper noktasına göre hesaplanabilmektedir. Asıl mareograf röperlerinin denizden olan yüksekliğinin hesaplanması için aşağıdaki formül kullanılır.

$$H_R = M - \Delta H - DO \quad (6)$$

- H_R : Asıl mareograf röperinin denizden olan yüksekliği
 M : Mareograf Datumu
 ΔH : Alet sıfırı ile asıl mareograf röperi arasındaki yükseklik farkı
 DO : Ölçülen deniz seviyesi değerleri

Mareograf istasyonlarındaki saatlik deniz seviyesi değerleri 1995 yılına kadar, haftalık kayıtların elle sayısallaştırılması ile elde edilmiştir. Elle sayısallaştırmanın doğurduğu olumsuzlukları gidermek amacıyla 1996 yılından itibaren haftalık kayıtların bilgisayar destekli sayısallaştırılmasına başlanmıştır. Bugüne kadar II. dönem mareograf istasyonlarının tamamı ve I. dönem'den Antalya-I mareograf istasyonu 1935-1977 yılları arası kayıtları sayısallaştırılarak saatlik deniz seviyesi değerleri (saat başı merkezli) uygun enterpolasyon yöntemi ile hesaplanmıştır. Bu amaçla, Data General MV 4000 bilgisayarına bağlı Calcomp 9100 (DGMV 4000-C9100) ve Genius 1812D sayısallaştırıcısı kullanılmıştır. Sayısallaştırma işlemi tamamlanan mareograf istasyonlarında elde edilen saatlik deniz seviyesi değerleri çeşitli format dönüşüm programları ile Hawaii Üniversitesi'nden 1995 yılında temin edilen ve saatlik deniz seviyesi ölçülerinin kalite kontrolünün yapılmasında kullanılan SLPR2 (Sea Level Processing Center-2000) yazılımına /4/ girdi olacak şekilde hazırlanmıştır.

Mareograf istasyonu alet sıfırının düşey yöndeki yer değiştirmesinin belirlenmesi ve mareograf istasyonu röper noktalarındaki düşey hareketlerin saptanması amacıyla, her mareograf istasyonu yakınında asıl mareograf röperinden başlayan ve kara içine doğru 2-3 km uzanan TUDKA bağlantılı 4-6 noktalı yerel nivelman ağları oluşturulmuş ve bu ağlarda 1-3 yıllık aralıklarla I. derece duyarlı geometrik nivelman ölçüleri gerçekleştirilmiştir.

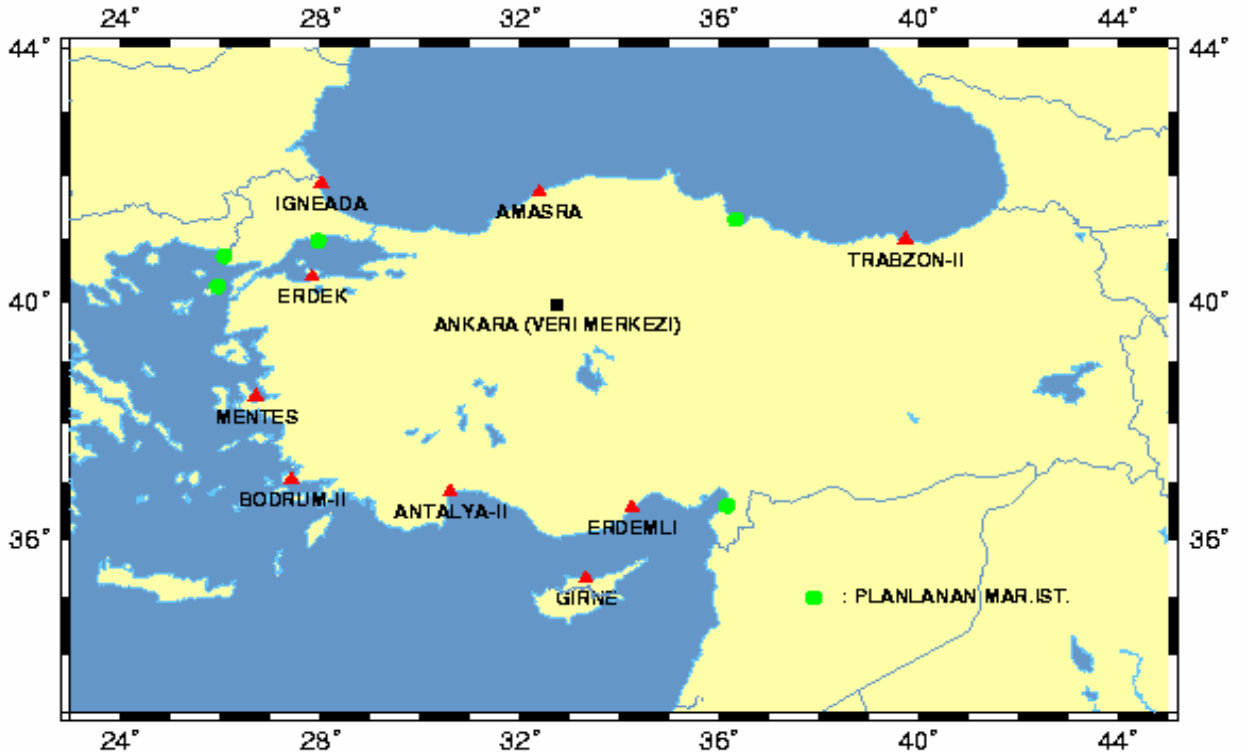
Diğer taraftan, Harita Genel Komutanlığı'nca düşey yer kabuğu hareketlerinin deniz seviyesi ölçüleri üzerindeki etkilerini gidermek ve mareograf istasyonlarındaki mutlak düşey yer kabuğu hareketlerini belirlemek amacıyla, mareograf bağlantı ağları içerisinde yer alan GPS noktalarında 1992-2002 döneminde tekrarlı GPS ölçüleri yapılmıştır. Ayrıca, 1996 yılında mareograf istasyonlarında I. periyot mutlak gravite ölçüleri gerçekleştirilmiş olup henüz II. periyot mutlak gravite ölçüsü yapılmamıştır. Mutlak gravite ölçüleri Alman Jeodezi ve Kartografya Dairesi ile ortak bir çalışma çerçevesinde yapılmış, ölçülerin değerlendirilmesi Alman Jeodezi ve Kartografya Dairesi'nde gerçekleştirilmiştir /45,46/.

c. 1998 Sonrası Dönem (III. Dönem): Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES)

1985-1998 döneminde analog mareograf istasyonlarının işletilmesinde data toplama ve değerlendirmenin çok uzun zaman gerektirdiği ve bu sistemin çok çeşitli hata kaynaklarına sebep olduğu tecrübe edilmiştir. Sık karşılaşılan hatalardan bazıları; mekanik saatlerin düzensiz çalışmasından kaynaklanan zaman hataları ve şamandra bağlantı iplerinin kopması ve yanlış bağlanmasından kaynaklanan datum kayıklıklarıdır. Bunun yanında; deniz seviyesi ölçülerini milimetrik diyagramlara kaydeden kalemin mürekkebinin bitmesi, kalemin zamanla işlevini yitirmesinden kaynaklanan hatalar, kayıt grafiklerinin yanlış yerleştirilmesi ve alet sıfır değerinin operatör tarafından yanlış bağlanmasından kaynaklanan datum hataları ile dinlendirme ve ölçü kuyularının kirlenmesi ve taşmasından kaynaklanan hatalar da tespit edilmiştir. Analog sistemlerin hata kaynaklarına ilişkin detaylı bilgi /26/'da verilmektedir.

Analog sistemlerden kaynaklanan hataları ortadan kaldırıp çok daha kaliteli deniz seviyesi ölçüleri elde etmek ve bunun yanı sıra deniz seviyesi değişimlerini etkileyen meteorolojik parametreleri de daha sağlıklı ve doğru ölçmek amacıyla, 1995 yılından itibaren eski teknoloji ürünü olan analog sistemlerin, sayısal ve otomatik mareograf istasyonu sistemleri ile modernizasyonu çalışmalarına hız verilmiştir. 1998 yılında iki istasyon için Bartex firmasının akustik prensiple çalışan ve kendi kendini kalibre edebilen deniz seviyesi ölçme aleti ve

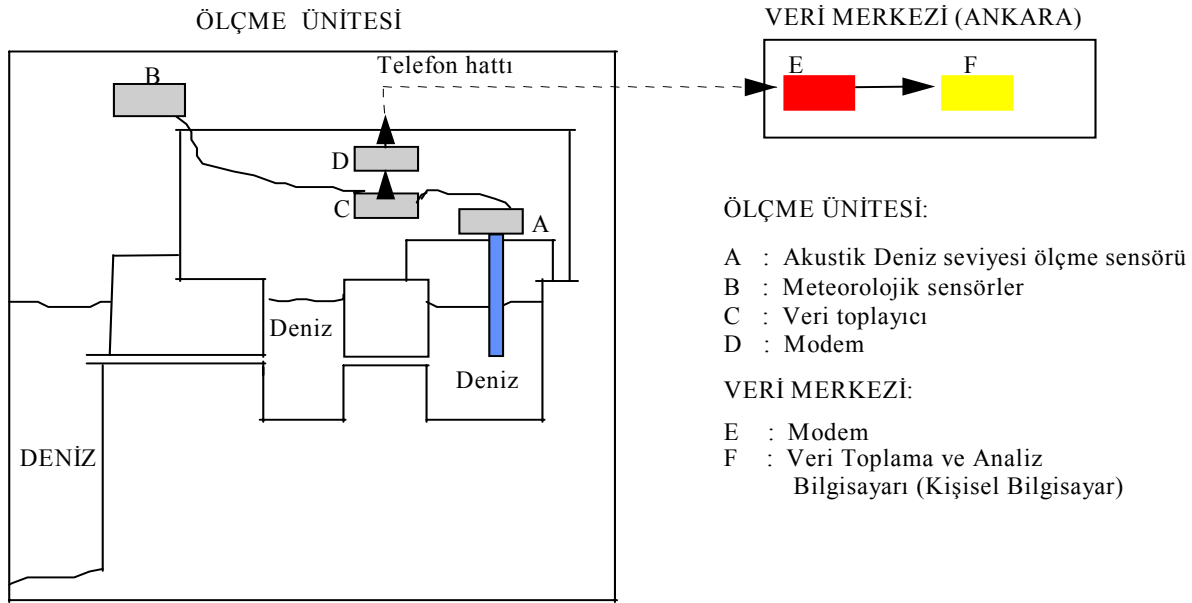
Campbell Scientific marka meteorolojik algılayıcılar birlikte satın alınmıştır. Bu sistemler Amerika Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA)'nın Ulusal Okyanus Servisi (NOS) Yeni Nesil Su Seviyesi Ölçme Sistemleri (NGWLMS) /29,36/ ve Avustralya Deniz Seviyesi İzleme Sistemleri (SeaFrame)'nde temel olarak kullanılmaktadır /29/. Bu iki sistem kuyu taşmasından dolayı işlevini yitirmiş durumda bulunan Antalya-II ve donanım arızası bulunan Bodrum-II mareograf istasyonlarına 1998 yılı Aralık ayında kurularak faaliyete geçirilmiştir. Daha sonra, 1999 yılı Nisan ayında Menteş ve Erdek mareograf istasyonları da aynı tip sayısal ve otomatik mareograf istasyonu ile modernize edilmiş ve Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES)'nin ilk bölümü hayata geçirilmiştir. Böylece dört mareograf istasyonu da modern teknoloji ürünü sayısal ve otomatik sistemlerle, /28/ ve /29/'da tanımlanan, Global Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (GLOSS) standartlarına ulaştırılmıştır. Eylül 2000 tarihinde Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti İçişleri ve İskan Bakanlığı Harita Dairesi tarafından Harita Genel Komutanlığı'nın teknik desteği ile Girne limanına Türkiye'deki sayısal ve otomatik mareograf istasyonlarıyla aynı tipte bir sayısal ve otomatik mareograf istasyonu kurulmuştur. 2001 Haziran ayında ise Orta Karadeniz bölgesinde bulunan Amasra/Bartın'da, 2002 Temmuz-Ağustos döneminde İğneada ve Trabzon'da ve 2003 Mayıs döneminde Erdemli/Mersin'de sayısal ve otomatik mareograf istasyonları kurulmuştur. Türkiye kıyılarında işletilen ve gelecekte kurulması planlanan mareograf istasyonlarının dağılımı Şekil-6'da verilmektedir.



Şekil-6: TUDES kapsamında işletilen mevcut ve kurulması planlanan sayısal ve otomatik mareograf istasyonları.

TUDES, şu anda Türkiye kıyılarına dağılmış sekiz adet sayısal ve otomatik mareograf istasyonu ile Harita Genel Komutanlığı Jeodezi Dairesinde bulunan bir adet veri merkezinden oluşmaktadır. Akdeniz kıyısında Antalya-II ve Erdemli, Ege denizi kıyılarında Bodrum-II ve

Menteş, Marmara denizi kıyısında Erdek mareograf istasyonu ve Karadeniz kıyılarında ise Amasra, İğneada ve Trabzon-II mareograf istasyonları bulunmaktadır. Veri merkezinde mareograf istasyonlarındaki verilerin toplanması, kalite kontrol ve analiz işlemlerinden geçirilmesi faaliyeti yürütülmektedir. TUDES'e bağlı mareograf istasyonlarında yapılan ölçümler ile veri merkezi ile bağlantı, grafik olarak Şekil-7'de verilmektedir. Ayrıca TUDES veri merkezinden Girne (Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti) mareograf istasyonuna da ulaşılmakta ve verileri toplanmaktadır.



Şekil-7: Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES)'nin genel çalışma yapısı.

TUDES'in ölçme ünitesini oluşturan sayısal ve otomatik mareograf istasyonları, güneş paneli ile sağlanan enerjiyle şarj olan bir batarya vasıtasıyla çalışmaktadır. Batarya yaklaşık on gün ölçme ünitesindeki bulunan alet ve donanımları çalıştırabilecek kapasitedir. Ölçme ünitesinde aynı anda 12 ayrı adet parametre ölçülebilmektedir. Halen TUDES kapsamındaki sayısal ve otomatik mareograf istasyonlarında; deniz seviyesi ile atmosferik basınç, hava sıcaklığı, hava nem, rüzgar hız ve rüzgar yön ölçen algılayıcılar bulunmaktadır.

Ölçme ünitesinde bulunan deniz seviyesi ölçme aleti (transducer) kullanıcı tarafından programlanan belli aralıklarla, yeri fabrika şartlarında belirlenmiş olan bir noktada ses dalgaları üretmekte ve bu sabit noktadan üretilen ses dalgalarını 13-mm çapındaki PVC ses tüpünün içinden anlık deniz yüzeyine doğru göndermektedir. Deniz yüzeyine gönderilen ses dalgası anlık deniz yüzeyine çarpıp ses dalgasının üretildiği (transducer) noktaya geri dönmektedir. Ses dalgasının gidiş-dönüşü arasında geçen süre kullanılarak alet ile anlık deniz yüzeyi arasındaki düşey mesafe hesaplanmaktadır. Ayrıca ses tüpünün ilk bölümü kalibrasyon tüpü olup bu tüp içinde alet ile arasındaki düşey mesafesi yüksek doğrulukla bilinen bir kalibrasyon referans noktası bulunmaktadır. Böylece, ses dalgasının ortam şartlarına göre hızı belirlenmekte ve bu durum ölçülen deniz seviyesinin doğruluğunu arttırmaktadır /3,29/.

Ses tüpünün alt kısmına biyolojik kirlenmeyi (yosunlaşma vb.) önlemek üzere en düşük su seviyesinde bile deniz suyu içerisinde kalacak şekilde bakır bir tüp takılıdır. Montajın

gerektirdiği şartlara göre bakır tüpün boyu ayarlanabilmekte ve montajın rahat yapılabilmesi için gerektiğinde kalibrasyon tüpü ile bakır tp arasına uzunluğu kullanıcı tarafından montaj şartlarına göre değişebilen uzatma tüpü monte edilmektedir. Deniz seviyesi ölçmesinde kullanılan düzenek 15 cm çapında koruyucu niteliği olan bir PVC boru içine monte edilmektedir. PVC boru; deniz seviyesi lme aleti, kalibrasyon tüpü ve uzatma tüpünü dış etkenlere karşı korumaktadır. Koruyucu PVC boru yerel etkilere geleneksel dinlendirme kuyulu ve şamandralı sistemlere nazaran daha çok açıktır ve analog sistemler kadar rüzgar dalgalanmalarını ve deniz ırpıntılarını mekanik olarak filtre edememektedir. Ancak 10 saniyede bir ölçü alındığı ve 15 dakikalık ortalamalar kullanıldığından rüzgar dalgalanmaları ve deniz ırpıntılarının etkileri giderilmektedir. şekil-8’de Trabzon-II sayısal ve otomatik mareograf istasyonunda bulunan deniz seviyesi lme aleti ve meteorolojik algılayıcılar görülmektedir. EK-A’da ise TUDES kapsamında işletilen Antalya-II, Bodrum-II, Erdek, Menteş, Amasra, İğneada, Trabzon-II ve Erdemli mareograf istasyonlarına ait fotoğraflar verilmektedir.

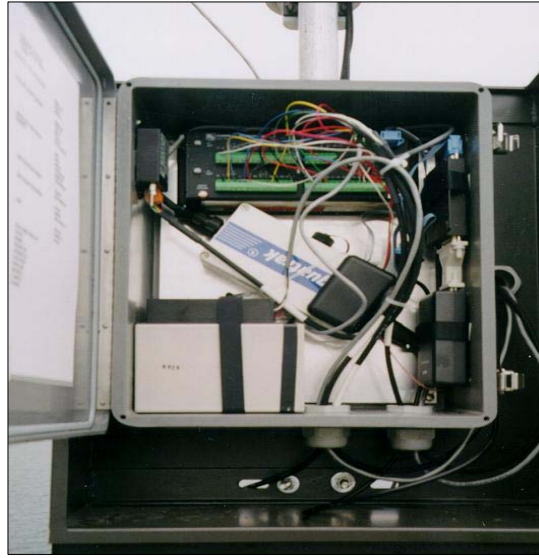


şekil-8: Trabzon-II sayısal ve otomatik mareograf istasyonundaki deniz seviyesi lme aleti.

Atmosferik basınç algılayıcısı, veri toplama kutusunun içine veri toplayıcının yanına hava ile teması olacak şekilde, hava sıcaklık ve hava nem algılayıcısı su seviyesinin yaklaşık 5 m yukarısında elik bir düzeneğe çift radyasyon koruyucu bir kabın içinde yerleştirilmiştir. Rüzgar yn ve hız algılayıcıları tek parça halinde deniz seviyesinin yaklaşık olarak 7 m yukarısına hava sıcaklığı ve nem algılayıcısı ile aynı düzeneğe monte edilmiştir. Meteorolojik algılayıcılara ilişkin lme doğruluğu ve lme aralığı bilgileri Tablo-5’de verilmektedir. şekil-9’da ise bir mareograf istasyonunda bulunan veri toplayıcı, modem, GSM modülü, atmosferik basınç algılayıcısı görülmektedir.

Tablo-5: TUDES'e bağılı mareograf istasyonlarında meteorolojik algılayıcılara ait ölçme doğrulukları ve ölçme aralıkları.

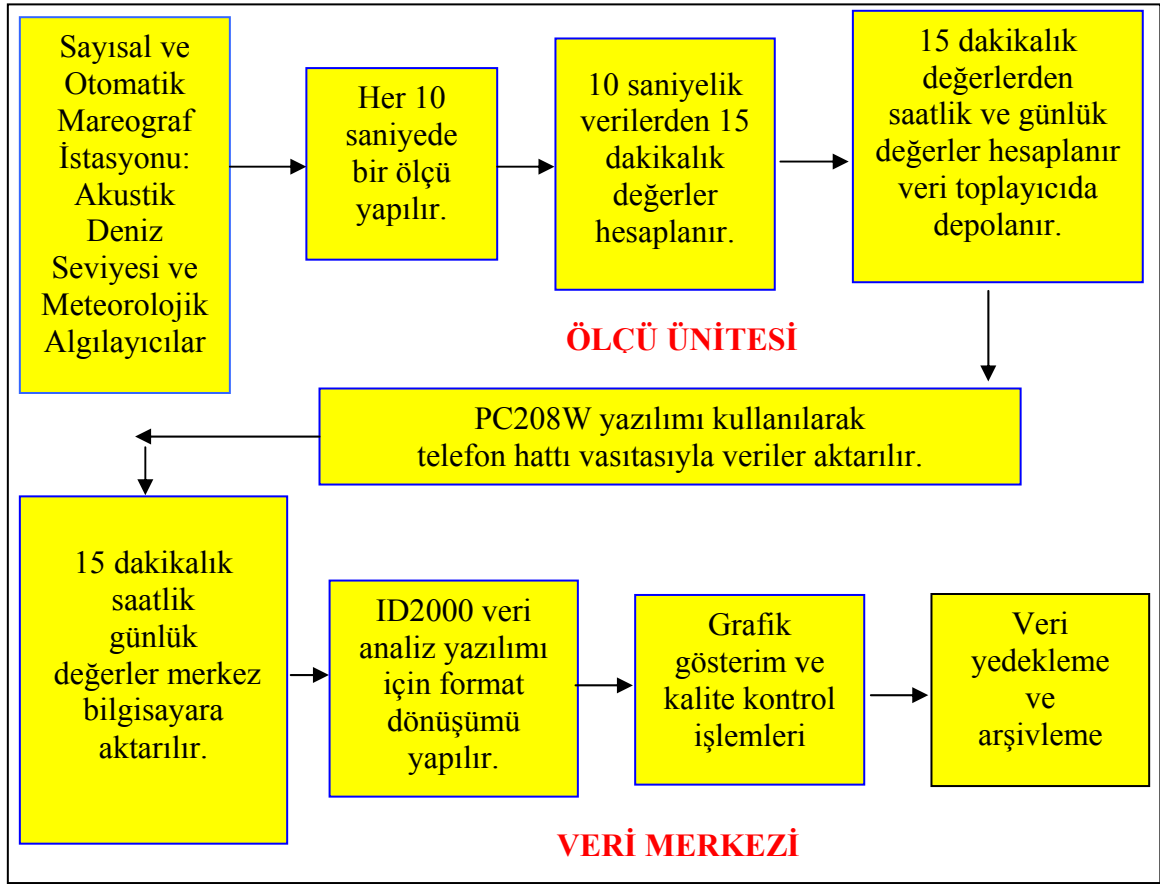
Meteorolojik algılayıcı	Ölçme doğruluğu	Ölçme aralığı
Atmosferik basınç	± 0.5 mbar	600-1060 mbar
Hava sıcaklığı	20 °C'de ± 0.2 °C	- 40 – 60 °C
Bağılı Nem (BN)	$\pm 2\%$ BN (0%-90%) $\pm 3\%$ BN (90%-100%)	0 % - 100 %
Rüzgar Hızı	± 0.12 m/sn	0-50 m/s
Rüzgar Yönü	$\pm 4^\circ$	0°-360°



Şekil-9: Mareograf istasyonundaki veri toplayıcı, modem, GSM modülü ve atmosferik basınç algılayıcısı.

Sayısal ve otomatik mareograf istasyonlarında deniz seviyesi ve yardımcı meteorolojik parametreler için ölçü aralığı 10 saniyedir. Veri toplayıcılarda 10 saniyede bir yapılan ölçülerin ortalaması ile elde edilen 15 dakikalık veriler depolanmaktadır. Daha sonra, 15 dakikalık deniz seviyesi ve meteorolojik ölçülerden saatlik deniz seviyesi değerleri, saatlik değerlerinin aritmetik ortalaması ile de günlük ortalama değerler hesaplanarak veri toplayıcıya otomatik olarak kaydedilmektedir.

Ölçme ünitesinde bulunan veri toplayıcıların hafızası ikiye bölünmüş olup birinci bölümde 15 dakikalık deniz seviyesi ve meteorolojik parametreler depolanmakta, diğer bölümde ise saatlik ve günlük ortalama veriler depolanmaktadır. Veri toplayıcılar 15 dakikalık değerleri yaklaşık 20 gün, saatlik ve günlük değerleri ise, yaklaşık 50 gün depolayabilmektedir. Hafızanın bu şekilde ikiye bölünmesi ile telefon hatlarında herhangi bir arıza durumunda, verilerin tamamen kaybını engellemek amaçlanmıştır. TUDES kapsamında işletilen sayısal ve otomatik mareograf istasyonlarındaki veri akışı Şekil-10'da verilmektedir.



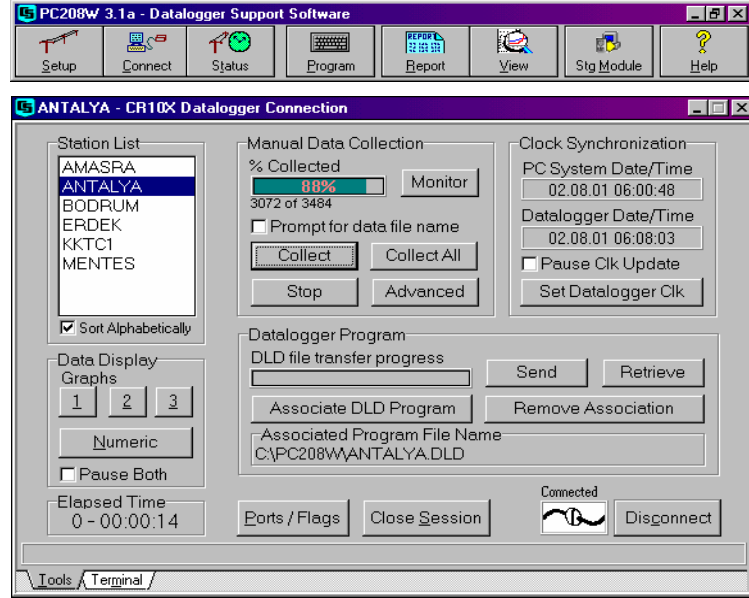
Şekil-10: TUDES kapsamında işletilen sayısal ve otomatik mareograf istasyonlarında veri akış diyagramı.

Veri toplayıcılarda depolanan veriler; PC208W veri toplayıcı destek yazılımı kullanılarak haftada bir veya iki defa telefon hatları vasıtasıyla Ankara'daki veri merkezine aktarılmaktadır. PC208W yazılımı, sayısal ve otomatik mareograf istasyonlarındaki parametreleri düzenleyen programların istasyonlara yüklenmesinde ve toplanan verilerin veri merkezine aktarılmasında kullanılan bir yazılımdır /6/. PC208W yazılımı anlık veri izleme olanağı da sağlar. Şekil-11'de PC208W yazılımı ile veri aktarma işlemlerinin yapıldığı ara yüz verilmektedir. Bu ara yüzde bağlantı yapılacak istasyon seçilir ve bağlantı gerçekleştirilir. Herhangi bir istasyona bağlandıktan sonra istasyondaki verileri sayısal ve grafik olarak izlemek mümkündür. Şekil-12'de Antalya sayısal ve otomatik mareograf istasyonuna bağlantı yapıldığında izlenen anlık deniz seviyesi ve meteorolojik parametre değerleri sayısal olarak görülmektedir. Gözlenen anlık verileri grafiksel olarak izlemek olanaklıdır (Şekil-13). Grafik olarak anlık değişimleri izlenmesi istenen parametreler kullanıcı tarafından belirlenebilmektedir.

Veri merkezinde toplanan veriler ID2000 data analiz yazılımı kullanılarak düzenli olarak kalite kontrol işlemine tabi tutulmaktadır /5/. ID2000 yazılımı ile sayısal ve otomatik mareograf istasyonlarındaki deniz seviyesi aleti ve meteorolojik parametreleri ölçen algılayıcıların çalışıp çalışmadıkları ve doğru değer üretip üretmediklerinin kontrolü yapılmaktadır (Şekil-14). Algılayıcı arızaları, algılayıcıların ürettiği değerlerin önceki yılın

değerleri ve yakın istasyonların değerleri ile karşılaştırılarak ve ölçülen değer yıl içindeki maksimum ve minimum değerleri de dikkate alınarak tespit edilir.

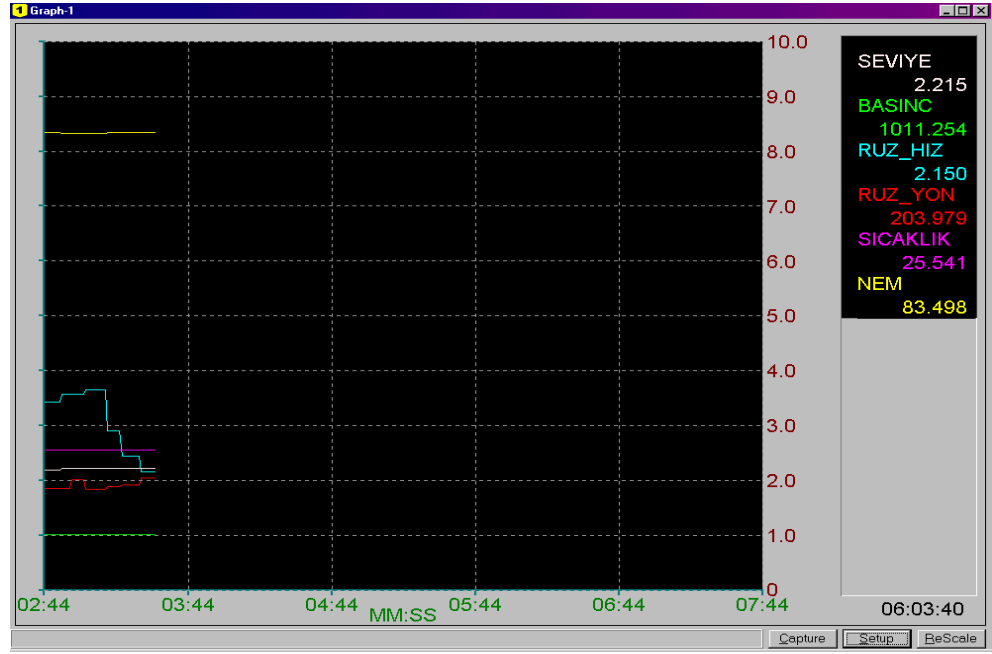
Sayısal ve otomatik mareograf istasyonları, veri toplama ve analiz konusundaki hız, doğruluk ve sonuçların sunulmasında eski şamandıralı ve dinlendirme kuyulu sistemlere büyük üstünlük sağlamıştır. Ayrıca, sayısal ve otomatik mareograf istasyonlarından elde edilen yüksek doğruluklu ve güvenilir deniz seviyesi ölçüleri; eski deniz seviyesi ölçüleri ile aynı datuma getirilerek, eski ölçülerde bulunan saatlik deniz seviyesi ölçülerinin zaman ve datum hatalarının giderilmesinde kullanılmaktadır.



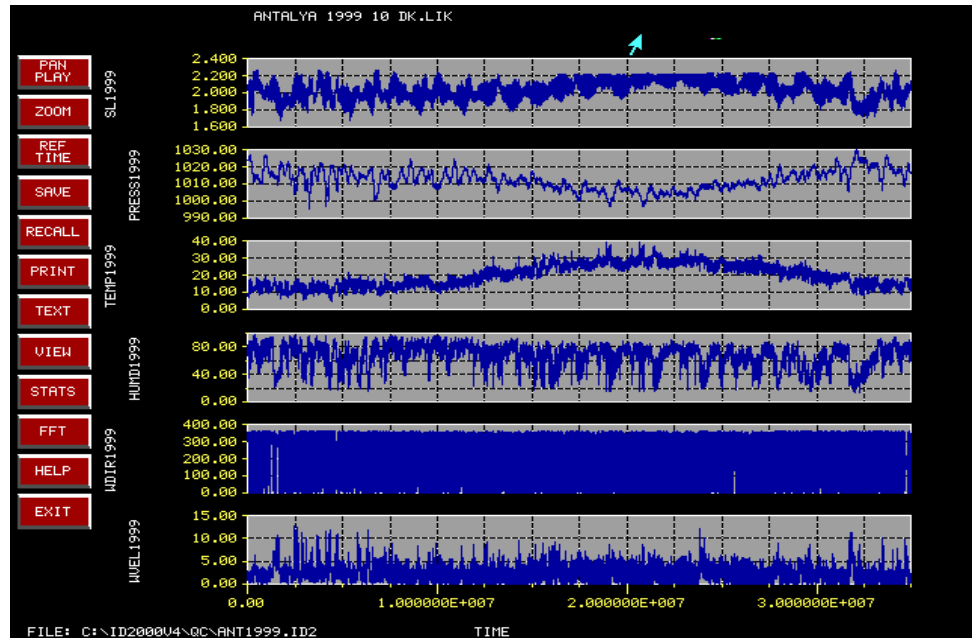
Şekil-11: PC208W yazılımı bağlantı menüsü.

Measurement	Value
SEVIYE	2.1650
ANTALYA_	0.00000
Inloc_3	0.00000
BASINC	1006.0
RUZ_HIZ	0.62500
RUZ_YON	69.998
SICAKLIK	27.070
NEM	76.931
BATARYA	13.076
Inloc_10	0.00000

Şekil-12: PC208W yazılımı ile anlık deniz seviyesi ve meteorolojik ölçülerdeki değişimlerin sayısal olarak izlenmesi.



Şekil-13: PC208W yazılımı ile anlık deniz seviyesi ve meteorolojik parametrelerin değişimlerinin grafik olarak izlenmesi.



Şekil-14 : ID2000 yazılımı ile deniz seviyesi aleti ve meteorolojik algılayıcıların topladığı verilerin grafiksel olarak kalite kontrolü.

5. DENİZ SEVİYESİ ÖLÇÜLERİNİN ÖN ANALİZİ VE KALİTE KONTROLÜNDE KULLANILAN YAZILIMLAR

Deniz seviyesi ölçülerinin ön analiz aşamasında, verilerin bilimsel geçerliliğinin kontrolü bir deniz seviyesi ölçüleri değerlendirme yazılımı kullanılarak yapılır. Bir deniz seviyesi ölçülerini değerlendirme (ön-analiz veya kalite kontrol) yazılımından üç önemli unsur beklenir :

- Deniz seviyesi ölçülerini belirli bir referans noktasına bağlayabilme (mareograf röperleri).
- Grafik destek kapasitesi ile zaman ve datum kayıklığı hatalarını tespit edebilme ve düzeltebilme.
- Kısa boşlukların doldurulması.

Dünya genelinde bir çok kuruluş ihtiyaçlarına göre değişik formatlardaki deniz seviyesi ölçülerinin bilimsel geçerliliğini kontrol etmek üzere kendi yazılımlarını geliştirmiştir. Bununla birlikte dünyada yaygın olarak kullanılan üç adet deniz seviyesi veri değerlendirme yazılımı mevcuttur:

- SLPRC
- TASK
- FIAMS

Bu çalışmaya konu olan deniz seviyesi ölçülerinin değerlendirilmesinde, SLPRC yazılımının 2000 yılı sonrası ölçülerinin değerlendirilmesi için yeniden düzenlenmiş versiyonu olan SLPR2 yazılımı kullanılmıştır. SLPR2 yazılımı bu bölümde ve altıncı bölümde daha detaylı anlatılmış olup, diğer iki yazılım hakkında genel açıklayıcı bilgiler verilmiştir. Bu yazılımların sağlanması ile ilgili gerekli bilgi PSMSL'nin web sitesinden sağlanabilir (Permanent Service For Mean Sea Level) (www.pol.ac.uk/psmsl).

a. SLPR2 Yazılımı

Hawaii Üniversitesi Tropik Okyanus Global Atmosfer Programı (TOGA-The Tropical Ocean Global Atmosphere Program) Deniz Seviyesi Merkezi (TSLC-Sea Level Center) (Honolulu, USA) ve Amerikan Ulusal Okyanus Veri Merkezi (NODC-US National Oceanographic Data Center) işbirliği ile kişisel bilgisayarlarda (PC) DOS işletim sistemi altında çalışan SLPRC deniz seviyesi ölçülerini değerlendirme yazılımı hazırlanmıştır. Bu program interaktif olup

- Gelgit analizi ve kestirimi
- Kalite kontrol
- Filtreleme

olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır /4/.

(1) Gelgit Analizi ve Kestirimi

Yazılımın bu kısmında, belirlenen bir zaman aralığına ait (tercihen bir yıl ile 13 ay uzunluğunda) iyi kalitede (zaman ve datum kayıklığı hataları içermeyen) saatlik deniz seviyesi ölçüleri gelgit analizine tabi tutulur. Gelgit analizinde, değerlendirilen zaman periyoduna ilişkin hazırlanan veriler, fonksiyonel modeli bir Fourier serisi olan en küçük kareler dengelemesi ile modellendirilir ve serinin harmonik katsayıları (bileşenleri) hesaplanır. Analize konu olan periyod 366 gün uzunluğunda olduğunda, 68 adet harmonik bileşen ve bu bileşenlere ilişkin frekans, genlik ve başlangıç zamanına göre bir faz açısı hesaplanır. Her mareograf istasyonunda deniz seviyesi değişimleri üzerindeki gelgit rejimi farklı olduğundan, her istasyon için ayrı bir gelgit analizi yapılması gerekir. Bu analiz her istasyon için bir kez yapıldıktan sonra, istenen herhangi bir yılın saatlik değerlerinin kestirimi amacı ile kullanılabilir. Gelgit analizinde kullanılacak verilerde, datum kayıklığı ve zaman hatalarının olmaması gereklidir. Bunun için, analizden önce değerlendirilecek veriler, söz konusu hatalardan /4/ tarafından önerildiği şekilde arındırılır. Bununla birlikte, harmonik bileşenlerin seküler değişimlerinin izlenmesi ve her bir yılın saatlik deniz seviyesi ölçüleri kullanılarak ortalama deniz seviyesi değeri ve zamanla değişiminin bulunması gibi değişik amaçlarla her yıl için gelgit analizi yapılabilir. Gelgit analizi, **TIDEANL** programı ile gelgit kestirimi ise **TIDEPRD** programı ile yapılmaktadır /4/.

(2) Kalite Kontrol

Kalite kontrol işlemi saatlik deniz seviyesi ölçülerinin bilimsel değerliliğini denetlemek için yapılır. Bu aşamada üç konu üzerinde önemle durulur: datum kontrolü, zaman kontrolü ve ölçü yapılamayan zaman aralıklarının doldurulması. Bir mareograf istasyonuna ilişkin ham verilerdeki hataları tespit etmek amacı ile değerlendirilen yıla ilişkin ölçü, kestirim ve fark (ölçü-kestirim) değerleri, **SLPR2** yazılımı içerisindeki çizim programı ile çizdirilir. Bunlardan ham veri ve fark grafikleri kullanılarak verilerdeki zaman ve datum kayıklığı hataları belirlenir. Ölçü ve kestirim fark değerleri **RESIDM** programı ile hesaplatılmaktadır. Saatlik ham, kestirim ve fark değerleri, **HOURLYR** programı ile çizdirilmektedir. Ham verinin istenen zaman miktarınca kaydırılması **TSALL** programı ile datum kayıklıklarının hesaplanması ise **REFLEV** programı ile yapılmaktadır. Datum kayıklıklarının giderilmesi için ise **SLPR2** formatındaki saatlik deniz seviyesi ölçüleri aylara bölünür ve datum düzeltmeleri ay bazında getirilir. Datum düzeltmeleri **COREF** programı kullanılarak yapılır. Ham veri dosyasındaki 24 saatten kısa olan boşlukların **GAPCOU** programı ile hesaplatılır. Ham veri dosyasındaki 24 saatten kısa olan boşlukların doldurulması ise gelgit kestirimi yöntemi ile **GAPFALL** programı kullanılarak yapılır /4/.

(3) Filtreleme

Deniz seviyesi günlük ortalama değerleri, **SLPR2** yazılımı kullanılarak iki aşamalı filtreleme işlemi ile bulunur. İlk aşamada, kalite kontrol işleminden geçmiş saatlik ortalama değerlerden günlük ve yarım günlük gelgit etkileri çıkarılır, ikinci aşamada ise, diğer yüksek frekanslı etkilerin çıkarılması için UT:1200 ye merkezli 119 noktalı konvolüsyon filtresi uygulanır. Burada günlük verinin Nyquist frekansı 48 saat olup, genliğin ancak % 5' i kadar yan etkide bulunarak yanal etkinin (aliasing) minimum olması sağlanmakta, böylece esas gelgit bileşenlerinin periyodları % 0.1' den daha küçük bir tepkimede (response) bulunması sağlanmaktadır. Deniz seviyesi aylık ortalama değerleri, günlük ortalamaların

hesaplanmasından sonra, ay içerisindeki günlük ortalamaların basit aritmetik ortalamalarının alınması ile bulunmaktadır. Ancak bundan önce kalite kontrol işlemi tamamlanan saatlik deniz seviyesi ölçüleri içinde 24 saatten az olan boşlukların doldurulması gereklidir. **SLPR2** yazılımı bu boşlukları doldurmak için kestirilen gelgit metodunu kullanır. Bu metod yıllık olarak düzenlenen saatlik deniz seviyesi ölçüleri ve kestirilen değerleri içeren iki ayrı dosya gerektirir. Kestirim ve ölçü dosyalarının farkı alınarak fark dosyaları elde edilir ve fark dosyasında bulunan boşluğun uç noktaları arasında lineer enterpolasyon yapılır ve lineer enterpolasyon değerleri boşlukların kestirim değerlerine eklenerek boşluklar doldurulur. Enterpolasyon işlemi saatlik deniz seviyesi ölçülerinden bulunan günlük ortalama deniz seviyesi ölçülerinin tamlığı ve güvenilirliği açısından gereklidir/4/. Ay içerisinde yedi ve daha fazla sayıda günlük ortalama değeri eksikse aylık ortalama değerler hesaplanmamaktadır. Ay içerisinde eksik günlük ortalama değeri yedi (7) den az ise o aya ilişkin aylık ortalama değeri mevcut günlük ortalama değerlerin basit aritmetik ortalamasını almak suretiyle hesaplanmaktadır. Deniz seviyesi günlük ve aylık ortalama değerleri sırasıyla, **PDALL** ve **PMALL** programları ile çizdirilmektedir.

b. POL Gelgit Analizi Yazılımı

POL Gelgit Analizi Yazılımı (The Tidal Analysis Software Kit (POL Task)) İngiltere Ulusal Çevre Araştırma Konseyi (UK's National Environmental Research Council-NERC)'nin bir ünitesi olan Proudman Oşinografi Laboratuvarı (Proudman Oceanographic Laboratory-POL) tarafından geliştirilmiştir /41/. **TASK** yazılımında ayrı ayrı programlar ile data kontrol, filtreleme, analiz ve kestirim yapılır. Ekran çizim imkanı analizden önce gözlem dosyasında çizdirilerek veri hatalarının görülmesine olanak sağlamaktadır. Kontrol dosyaları programlar çalışırken klavyeden giriş yapılmasını minimuma indirerek operatör hatalarını azaltır /41/.

c. FIAMS Yazılımı

Flinders Atmosferik ve Deniz Bilimleri Enstitüsü (Flinders Institute for Atmospheric and Marine Sciences-(**FIAMS**)) DOS işletim sisteminde çalışan kişisel bilgisayarlarda deniz seviyesi analizi için zaman serileri analiz yazılımı hazırlamıştır. Bu yazılımda manuel veri girişi yapılabilir. Program veri dosyalarını yeniden formatlayabilme ve zaman dilimi ve katsayıların birimini değiştirme imkanına sahiptir. Diğer özellikleri, her bir veri dosyasının ortalama, maksimum ve minimumunun hesaplanmasıdır. Bu yazılım ilk önce POL tarafından geliştirilen gelgit analizi (TIRA) ve gelgit kestirimi (ELSIE) programlarının geliştirilmiş şeklindeki programları kullanmaktadır. Bu yazılımda temel analiz programlarına girdi ve çıktı sağlayan interaktif "batch" dosyaları kullanılmaktadır. Saatlik gelgit kestirimleri veya yüksek ve alçak su seviyesi kestirimleri yapılabilir. Fark değerlerinin istatistikleri hesaplanır, histogramları çizdirilir. Bu yazılımda ayrıca, zaman serilerinin spektral analizinden elde edilen sonuçlar hesaplanır ve çizdirilir. Bu yazılım, giriş verisinin kestirilen veri ile karşılaştırılmasına dayanan kalite kontrol işleminin temelini oluşturan çizim programlarını içerir. Ayrıca boşlukları Fourier dönüşümünde bir Cosine-Lanczos filtresi kullanarak dolduran bir program bu yazılımda mevcuttur /27/.

6. DENİZ SEVİYESİ ÖLÇÜLERİNİN ANALİZİ (1984-2002)

a. Saatlik Deniz Seviyesi Ölçülerinin Ön Analizi (Kalite Kontrolü)

Analog şamandıralı deniz seviyesi ölçme sistemi ile elde edilen deniz seviyesi ölçüleri ölçme sistemi ve operatörden kaynaklanan hatalardan dolayı büyük oranda zaman ve datum kayıklıkları içermektedir. Deniz seviyesi ölçüleri güvenilir bir bilimsel analizde kullanılmadan önce mutlaka kalite kontrol işlemine tabi tutulmalı, yani zaman ve datum kayıklığı hatalarından arındırılmalıdır /17/. Hatalardan tam olarak arındırılmamış saatlik verilerden türetilen bilgiler kuşkuludur. Ortalama deniz seviyesinin gerek jeodezik amaçlı düşey datum belirleme çalışmalarında, gerekse deniz seviyesindeki doğrusal değişimlerin belirlenmesi ve düşey yer kabuğu hareketlerinin araştırılması çalışmalarında kullanılması için kalite kontrolden geçirilmiş deniz seviyesi ölçülerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Saatlik deniz seviyesi değerleri; 1995 yılına kadar diyagramların manuel sayısallaştırılması ile elde edilmiş, ortalama sapma gibi yaklaşık yöntemler uygulanarak hatalardan arındırılmaya çalışılmış ve aritmetik ortalama ile günlük, aylık ve yıllık deniz seviyesi değerleri hesaplanmıştır. 1995 yılından itibaren bir kalite kontrol yazılımı ile analog mareograf istasyonlarında elde edilen saatlik deniz seviyesi ölçülerinin; donanım ve operatörlerden kaynaklanan zaman ve datum hatalarından arındırılması ve ölçülerdeki yüksek frekanslı etkileri alçak geçirici filtreleme yöntemiyle gidererek günlük ve aylık ortalama deniz seviyesi değerlerinin hesaplanması öngörülmüştür.

Diyagramlarının manuel sayısallaştırılması esnasında personel tarafından yapılabilecek hataların önüne geçmek, sayısallaştırma hızını artırmak ve sayısallaştırılan değerlerin kolayca bilgisayar ortamına aktarılması amaçları göz önünde tutularak, diyagramlar mevcut sayısallaştırma sistemleri ile yeniden sayısallaştırılmıştır. Bu amaçla MV 4000 sistemine bağlı olarak çalıştırılan Calcomp 9100 sayısallaştırıcısı kullanılarak 1985 yılı öncesine ait diyagramların sayısallaştırılması yapılmıştır. Genius 1218D sayısallaştırıcısı ile bu çalışmaya konu olan verilerin büyük bir kısmını teşkil eden 1984-1998 dönemi analog mareograf istasyonlarına ait diyagramların sayısallaştırılması gerçekleştirilmiştir. Genius sayısallaştırma aleti, bilgisayar üzerinde kurulu AutoCad 13 yazılımı ile koordineli olarak çalıştırılmaktadır. AutoCad yazılımı ile sayısallaştırılan deniz seviyesi değerleri, DXF (Digital Exchange Format) formatında elde edilmekte olup önce amaca uygun olarak Calcomp 9100 formatına, sonra HGK tarafından değerlendirme amaçları ile daha önce kullanılmakta olan HGK klasik formatına ve son olarak SLPR2 formatına dönüştürülmüştür.

Sayısal ve otomatik mareograf istasyonlarında toplanan veriler data aktarma ve toplama yazılımı PC208W ile haftada bir veya iki defa mareograf istasyonlarında bulunan veri toplayıcılardan telefon hattı vasıtasıyla veri merkezine aktarılır. Toplanan veriler her bir istasyon için iki ayrı dosyada saklanır. 15 dk lık veriler istasyonadı.dat (ANTALYA.DAT) dosyasında saklanır. Saatlik değerler ile günlük ortalamalar istasyonadı2.dat (ANTALYA2.DAT) dosyasında saklanır.

b. SLPR2 Yazılımı ile Saatlik Deniz Seviyesi Ölçülerinin Değerlendirilmesi

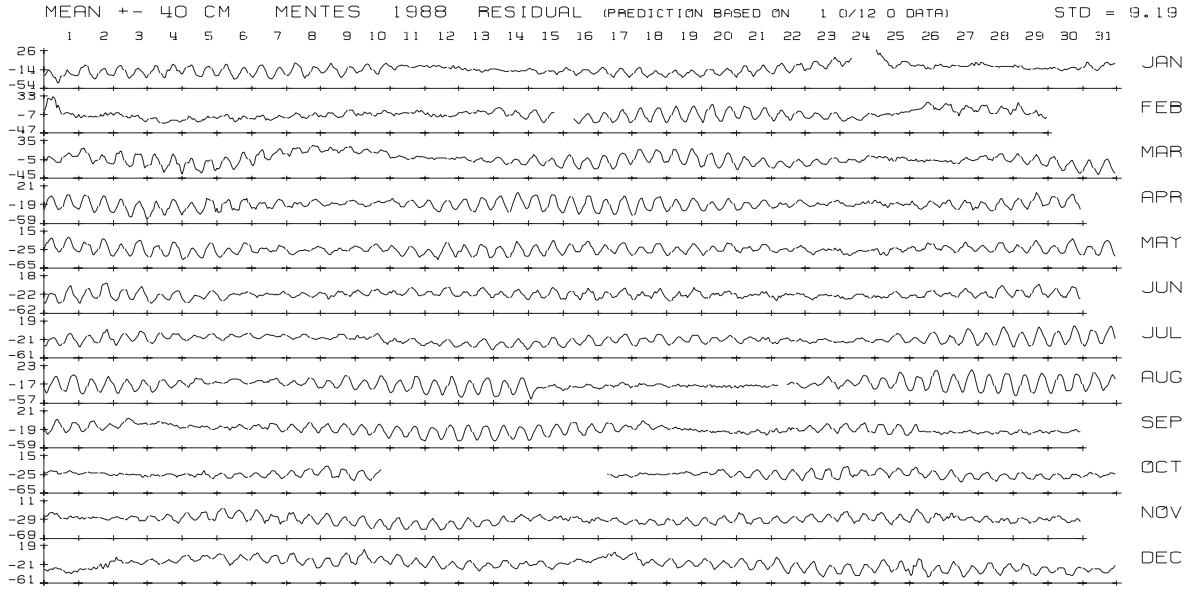
Saatlik deniz seviyesi ölçülerinin değerlendirilmesinde /4/ tarafından hazırlanan SLPR2 yazılımı kullanılmıştır. Bu değerlendirmede izlenen strateji SLPR2 yazılımının 5.1 bölümünde verilen üç temel bileşene paralel olarak gerçekleştirilmiştir (Gelgit analizi ve Kestirim, Kalite kontrol ve Filtreleme).

Gelgit analizi için sayısal sistemde elde edilen saatlik deniz seviyesi değerleri, analog mareograf istasyonlarının ölçme datumuna dönüştürülerek kullanılmıştır. Analog mareograf istasyonları deniz seviyesi ölçme sistemi ile ilgili genel açıklamalar EK-B'de verilmektedir. Gelgit analizi, Antalya-II ve Bodrum-II mareograf istasyonları için 1998-1999 yılı verileri; Menteş ve Erdek mareograf istasyonları için 2000 yılı saatlik deniz seviyesi değerleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Gelgit analizi ile elde edilen ve gelgit kestiriminde kullanılan harmonik katsayıları içeren dosyalar Antalya-II, Bodrum-II, Menteş ve Erdek mareograf istasyonları için EK-C'de verilmektedir.

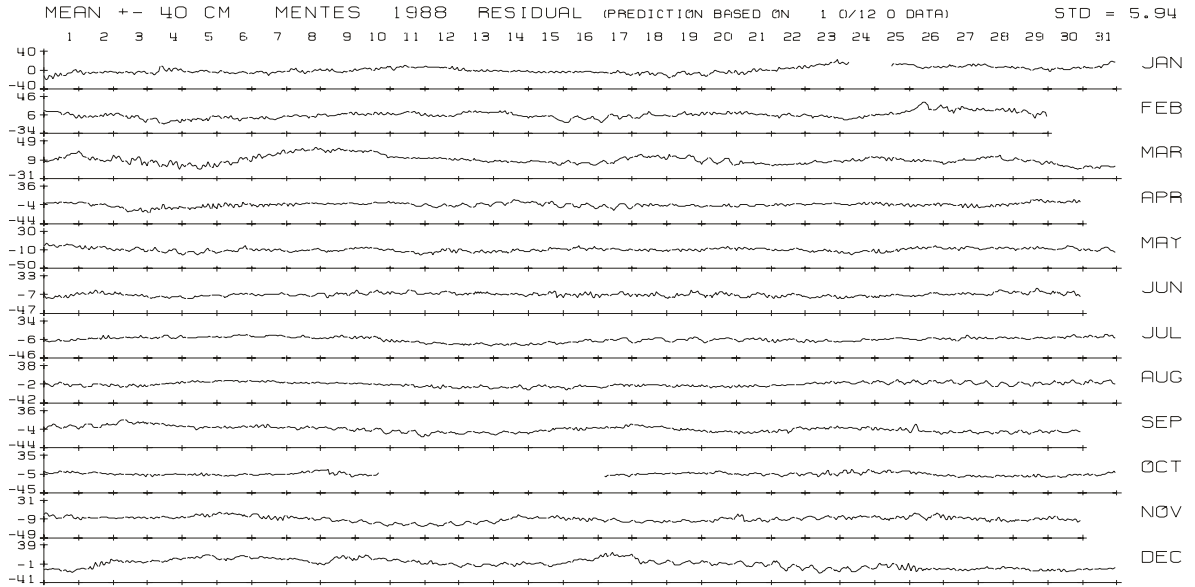
Her istasyon için hesaplanan harmonik katsayılar kullanılarak analog sistemlerin çalıştığı 1984-1998 döneminde her yıl için saatlik ölçüler kestirilmiştir. Ölçülen ve kestirilen saatlik deniz seviyesi değerleri farkları (ölçü-kestirim) çizdirilerek ölçü değerleri ile karşılaştırılmış ve ölçülerde bulunan zaman ve datum kayıklıkları olabildiğince düzeltilmiştir. Örnek olarak, Menteş mareograf istasyonu 1988 yılı ham saatlik deniz seviyesi ölçüleri (zaman ve datum hataları düzeltilmemiş) ile kestirim değerleri farkları Şekil-15'de, zaman ve datum hatalarından arındırılmış (kalite kontrolden geçirilmiş) saatlik deniz seviyesi ölçüleri ile kestirim değerleri farkları ise Şekil-16'da verilmektedir. Şekil-15'de görülen sinüs eğrilerine benzeyen dalgalanmalar ham saatlik deniz seviyesi ölçülerinde bulunan zaman kayıklığı hatalarından kaynaklanmaktadır. Zaman hatalarının giderilmesinden sonra fark dosyalarında yumuşak dalgalanmaların görülmesi beklenir. Saatlik deniz seviyesi ölçülerinde standart sapma 9.2 cm iken zaman ve datum kayıklığı hatalarından arındırılmış fark değerlerinde (ölçü-kestirim) standart sapma 5.9 cm olarak bulunmuştur (Şekil-16).

Saatlik ham deniz seviyesi ölçülerindeki zaman ve datum kayıklıklarının giderilmesinden sonra günlük ve aylık ortalama deniz seviyesi değerleri elde edilmiştir. Günlük ve aylık ortalama değerler, SLPR2 yazılımında bulunan çizim alt programları kullanılarak çizdirilmiştir. Örnek olarak Menteş mareograf istasyonu 1985-2002 dönemi günlük ve aylık ortalama deniz seviyesi değerleri sırasıyla Şekil-17 ve Şekil-18'de verilmektedir. Eğer bir ayda yedi ve daha az günlük ortalama değer eksikse o aya ilişkin aylık ortalama değeri hesaplanmış, aksi durumda hesaplanmamış ve boşluk anlamına gelen 9999 değeri yazılmıştır.

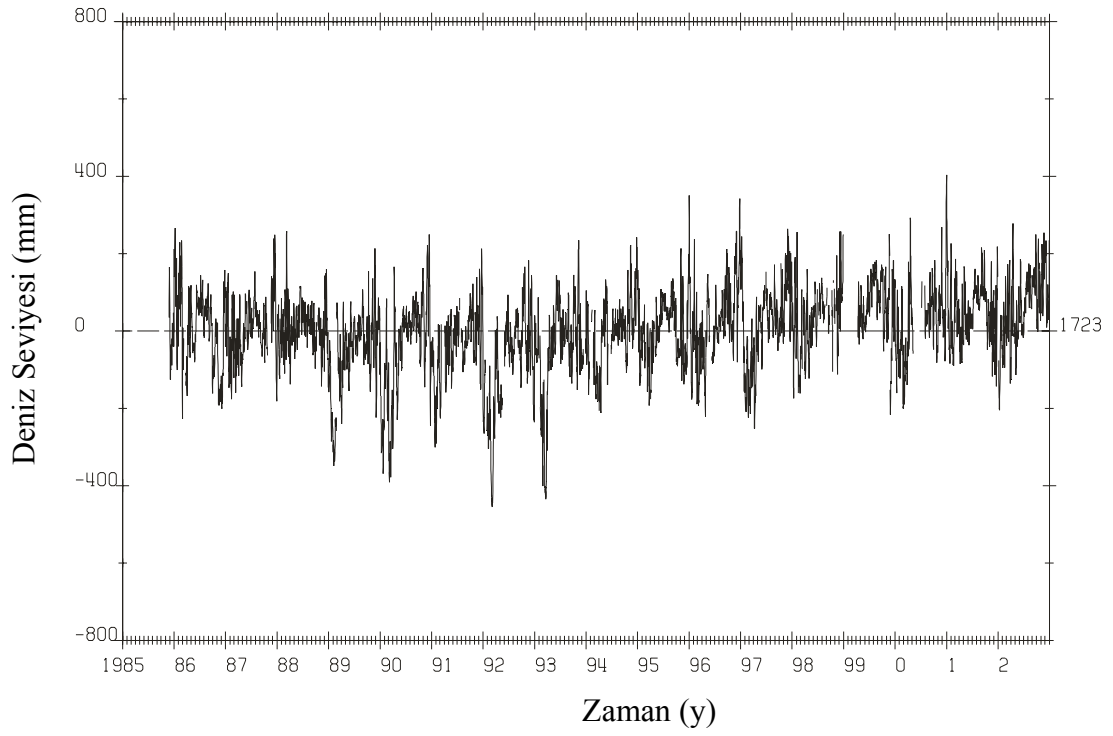
Antalya-II, Bodrum-II ve Menteş mareograf istasyonları için 1985-2002, Erdek mareograf istasyonu için 1984-2002 dönemine ait saatlik deniz seviyesi ölçülerinin ön-analiz (kalite kontrol) işlemi tamamlandıktan sonra günlük ve aylık ortalama değerler belirlenmiştir. Söz konusu dört mareograf istasyonlarında elde edilen aylık ortalama değerler EK-D'de verilmektedir.



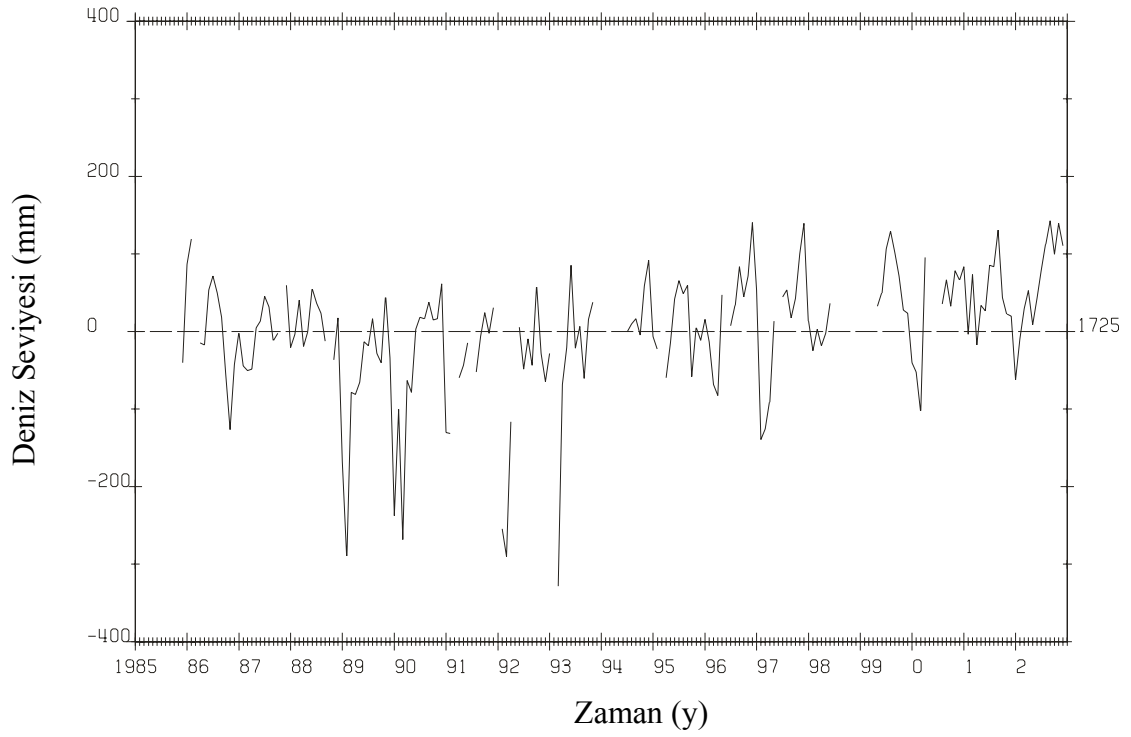
Şekil-15: Mentes mareograf istasyonu 1988 yılına ait ham saatlik deniz seviyesi ölçülerinin (zaman ve datum hataları düzeltilmemiş) kestirilmiş ölçülerden olan farkları.



Şekil-16: Mentes mareograf istasyonu 1998 yılı saatlik deniz seviyesi ölçülerinin (zaman ve datum kayıklığı hatalarından arındırılmış) kestirilmiş ölçülerden farkları.



Şekil-17: Menteş mareograf istasyonunda 1985-2002 döneminde elde edilen günlük ortalama deniz seviyesi değerleri.



Şekil-18: Menteş mareograf istasyonu 1985-2002 döneminde elde edilen aylık ortalama deniz seviyesi değerleri.

c. Ortalama Deniz Seviyesi ve Doğrusal Deniz Seviyesi Değişimlerinin Belirlenmesi

(1) Harmonik Analiz Metodu

Ortalama deniz seviyesindeki bağıl doğrusal değişimler; yerel (yerel kara çökmesi vb.) yada bölgesel yer kabuğu hareketleri, meteorolojik parametrelerdeki (atmosferik basınç, sıcaklık ve rüzgar etkileri) doğrusal değişimler, okyanus akıntıları ve deniz suyu yoğunluğundaki doğrusal değişimler ile global deniz seviyesi yükseliş trendinin birleşiminden oluşmaktadır. Deniz seviyesi değişimine neden olan meteorolojik ve oşinografik parametreler tüm ölçü periyodunda mevcut olmadığından harmonik analiz modeline dahil edilmemiştir. Meteorolojik ve oşinografik parametreler uzun periyotlu bir trend içeriyorsa ortalama deniz seviyesindeki doğrusal değişimin doğruluğunu ve büyüklüğünü etkileyecektir.

Kalite kontrolden geçirilmiş ve bilimsel olarak güvenilir aylık ortalama deniz seviyesi ölçüleri kullanılarak, tekrarlı gelgit bileşenleri ve doğrusal bir trend modellenerek en küçük karelerle dengeleme yöntemi (Harmonik Analiz) uygulanmıştır. Bu analiz her mareograf istasyonu için ayrı ayrı yapılmıştır. Harmonik analizde kullanılan aylık ortalama deniz seviyesi değerleri Antalya-II, Bodrum-II ve Menteş mareograf istasyonları için 1985-2002, Erdek mareograf istasyonu için ise 1984-2002 dönemine aittir. Harmonik analizde,

$$h_i = Z_o + at_i + \sum_{j=1}^N A_j \cos(\omega_j t_i - \theta_j) \quad (7)$$

eşitliği ile verilen matematiksel model kullanılmıştır. Burada,

- h_i : t_i nci aya ilişkin ortalama deniz seviyesi değeri
- t_i : başlangıç epoğundan itibaren geçen ay sayısı ($i=1,2,...,M$)
- Z_o : başlangıç epoğunda ortalama deniz seviyesi
- a : aylık doğrusal trend (mm/ay)
- A_j : j inci gelgit bileşeninin genliği
- ω_j : j inci gelgit bileşeninin frekansı
- θ_j : j inci gelgit bileşeninin faz açısı
- N : modelde kullanılan anlamlı gelgit bileşenlerinin toplam sayısı
- M : toplam aylık ortalama değeri sayısıdır.

Harmonik analizde /14/ tarafından verilen ve 18.6 yıldan daha uzun saatlik deniz seviyesi ölçülerinin analizinde kullanılan gel-git bileşenlerinden; periyodu 1 aydan daha büyük ve 18 yıldan daha küçük olan gelgit bileşenleri seçilmiştir. 1/saat şeklinde olan orijinal frekanslar önce gün, yıl ve ay biriminde periyoda dönüştürülmüş ve daha sonra da aylık ortalama deniz seviyesi değerlerinin analizinde kullanılmak üzere frekans (1/ay) cinsine dönüştürülmüştür (Tablo-6).

Tablo-6: Aylık harmonik analizde temel alınan frekanslar.

Sıra No	Periyot (Yıl)	Periyot (Ay)	Frekans (1/Ay)
1	9.304822	111.6579	0.00895593
2	3.573844	42.88613	0.02331756
3	1.127133	13.52559	0.0739339
4	1.056759	12.68111	0.07885747
5	1.000062	12.00075	0.08332814
6	0.9490609	11.38873	0.0878061
7	0.5813143	6.975771	0.1433533
8	0.5637056	6.764468	0.1478313
9	0.5299258	6.359109	0.1572547
10	0.4999874	5.999848	0.1666709
11	0.4869056	5.842867	0.1711489
12	0.4744909	5.693892	0.1756268
13	0.3333347	4.000016	0.249999
14	0.3274691	3.929629	0.254477
15	0.2499992	2.99999	0.3333344
16	0.09589697	1.150764	0.8689882
17	0.09540533	1.144864	0.8734662
18	0.08970161	1.076419	0.929006
19	0.089272	1.071264	0.9334768
20	0.08796206	1.055545	0.9473782
21	0.08750594	1.050071	0.9523163
22	0.08709639	1.045157	0.9567943
23	0.08669066	1.040288	0.9612723

Aylık ortalama deniz seviyesi ölçüleri ile birlikte frekanslar bilinen olarak alınmış ve ortalama deniz seviyesi, aylık deniz seviyesi trendi ve gelgit bileşeni katsayıları bilinmeyen alınarak EKKY ile hesaplanmıştır /37/. Uyuşumsuz aylık ortalama değerleri tespit edebilmek için $1-\alpha = 0.90$ istatistiksel güven düzeyinde Pope test yöntemi /38/ uygulanmıştır.

Antalya-II ve Erdek mareograf istasyonları aylık deniz seviyesi ölçülerinde uyuşumsuz ölçü olmadığı tespit edilmiştir. Bodrum mareograf istasyonu 1992 yılı Ocak ve Mart ayları ile 1997 yılı Şubat ayı, Menteş mareograf istasyonu 1993 yılı Mart ayı ortalama deniz seviyesi değerleri uyuşumsuz olarak tespit edilmiştir. Uyuşumsuz ölçüler ayıklandıktan sonra dengeleme işlemi tekrar edilmiştir. Dengelemeden sonra tüm bilinmeyenler, $1-\alpha = 0.90$ istatistiksel güven düzeyinde anlamlılık testine (t-testi) tabi tutulmuştur /35/. Bu testte eğer bir gelgit bileşeninin iki katsayısı da anlamsız bulunmuşsa ilgili bileşenin aylık deniz seviyesi ölçülerinin modellenmesinde anlamsız olduğu sonucuna varılarak frekans listesinden atılmıştır. Eğer gelgit bileşeni katsayılarından birisi anlamlı diğeri anlamsız bulunmuşsa o gelgit bileşeni anlamlı ve aylık deniz seviyesi ölçülerinin modellenmesinde etkili olarak kabul edilmiş ve modelde bırakılmıştır. Bu işlem modelde anlamlı gel-git bileşenleri kalıncaya kadar iteratif olarak uygulanmıştır. Antalya-II, Bodrum-II, Menteş ve Erdek mareograf istasyonlarında elde edilen aylık ortalama değerlerinin harmonik analizinde anlamlı olarak bulunan ve kullanılan gelgit bileşenleri ile genlikleri sırasıyla Tablo 7-10'da verilmektedir.

Tablo-7 : Antalya-II mareograf istasyonu aylık verilerinin analizinde anlamlı olarak bulunan gelgit bileşenleri.

Sıra No	Frekans (1/ay)	Periyot (Ay)	Genlik (mm)
1	0.00896	111.65786	17.57
2	0.02332	42.88613	16.06
3	0.07393	13.5256	15.54
4	0.07886	12.68111	14.88
5	0.08333	12.00075	82.81
6	0.08781	11.38873	12.31
7	0.16667	5.99985	28.41
8	0.17563	5.69389	12.90
9	0.25	4.00002	14.97
10	0.92901	1.07642	14.48
11	0.94738	1.05554	11.69
12	0.95232	1.05007	9.15
13	0.96127	1.04029	12.13

Tablo-8: Bodrum-II mareograf istasyonu aylık verilerinin analizinde anlamlı olarak bulunan gelgit bileşenleri.

Sıra No	Frekans (1/ay)	Periyot (Ay)	Genlik (mm)
1	0.00896	111.65786	20.74
2	0.02332	42.88613	40.70
3	0.08333	12.00075	36.36
4	0.08781	11.38873	18.64
5	0.15725	6.35911	13.61
6	0.16667	5.99985	28.35
7	0.17115	5.84287	14.32
8	0.86899	1.15076	11.42
9	0.92901	1.07642	48.33
10	0.93348	1.07126	17.26
11	0.94738	1.05554	35.19
12	0.95679	1.04516	21.97
13	0.96127	1.04029	12.09

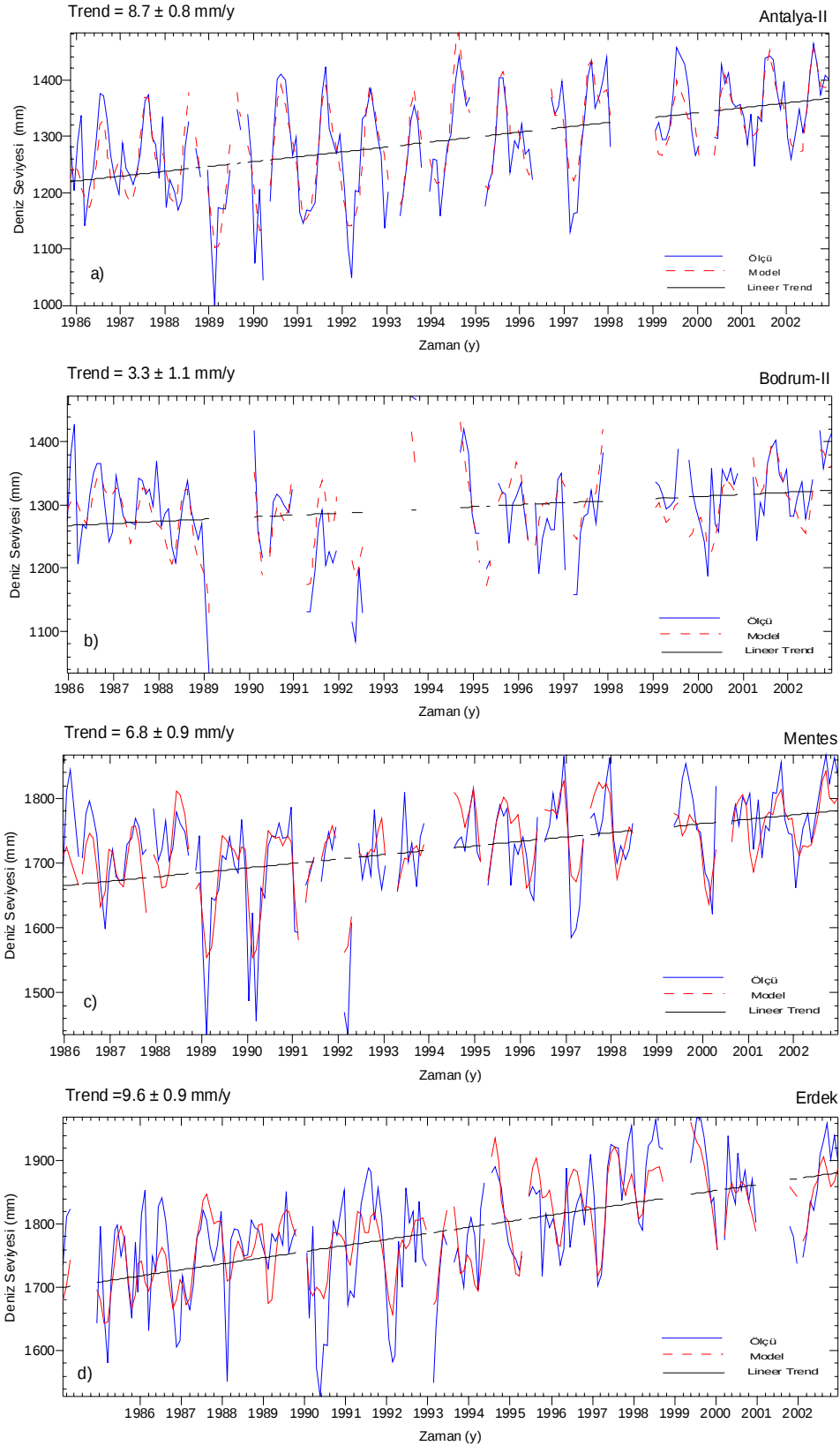
Tablo-9 : Menteş mareograf istasyonu aylık verilerinin analizinde anlamlı olarak bulunan gelgit bileşenleri.

Sıra No	Frekans (1/ay)	Periyot (Ay)	Genlik (mm)
1	0.00896	111.65786	23.32
2	0.02332	42.88613	9.98
3	0.07393	13.5256	19.52
4	0.07886	12.68111	16.68
5	0.08333	12.00075	44.47
6	0.15725	6.35911	9.68
7	0.16667	5.99985	23.11
8	0.17115	5.84287	17.41
9	0.17563	5.69389	18.09
10	0.25	4.00002	10.32
11	0.33333	2.99999	9.40
12	0.86899	1.15076	10.11
13	0.87347	1.14486	7.84
14	0.92901	1.07642	24.14
15	0.94738	1.05554	13.28
16	0.96127	1.04029	13.16

Tablo-10 : Erdek mareograf istasyonu aylık verilerinin analizinde anlamlı olarak bulunan gelgit bileşenleri.

Sıra No	Frekans (1/ay)	Periyot (Ay)	Genlik (mm)
1	0.00896	111.65786	21.55
2	0.02332	42.88613	12.56
3	0.08333	12.00075	46.80
4	0.08781	11.38873	20.94
5	0.14335	6.97577	9.32
6	0.14783	6.76447	12.32
7	0.15725	6.35911	8.96
8	0.16667	5.99985	15.51
9	0.17563	5.69389	14.30
10	0.25	4.00002	14.07
11	0.87347	1.14486	11.14
12	0.92901	1.07642	16.21
13	0.94738	1.05554	11.09
14	0.95232	1.05007	24.57
15	0.95679	1.04516	16.04

Harmonik analiz sonucunda, Antalya-II’de 8.7 ± 0.8 mm/yıl, Bodrum-II’de 3.3 ± 1.1 mm/yıl, Menteş’te 6.8 ± 0.9 mm/yıl ve Erdek’te 9.6 ± 0.9 mm/yıl ortalama deniz seviyesi (ODS) değişimi belirlenmiştir (Tablo-11). Sonuçlar ayrıca grafiksel olarak Şekil-19’da gösterilmektedir.



Şekil-19: Mareograf istasyonlarında ortalama deniz seviyesi değişimleri a)Antalya-II (1985-2002) b) Bodrum-II (1985-2002) c) Menteş (1985-2002) d) Erdek (1984-2002). (Mavi sürekli çizgi ölçülen aylık deniz seviyesi değerlerini, kesikli kırmızı çizgi modellenmiş deniz seviyesi değerlerini, siyah çizgi ise deniz seviyesindeki trendi göstermektedir.)

Tablo-11: Ortalama deniz seviyesindeki doğrusal değişimler

Mareograf İstasyonu	Başlangıç Zamanı		Bitiş Zamanı		Aylık ODS Ölçü Sayısı	Mareograf Datumuna Göre Ortalama Deniz Seviyesi Değerleri (mm)	Aylık Trend (mm/ay)	Yıllık Trend (mm/yıl)
	Yıl	Ay	Yıl	Ay				
Antalya-II	1985	11	2002	12	176	1219.1 ± 7.1 (Epok: 1985.875)	0.72 ± 0.07	8.7 ± 0.8
Bodrum-II	1985	12	2002	12	144	1267.5 ± 11.1 (Epok: 1985.958)	0.27 ± 0.09	3.3 ± 1.1
Menteş	1985	12	2002	12	176	1665.1 ± 8.6 (Epok: 1985.958)	0.57 ± 0.08	6.8 ± 0.9
Erdek	1984	2	2002	12	199	1700.2 ± 9.3 (Epok: 1984.125)	0.77 ± 0.09	9.6 ± 0.9

Mareograf istasyonlarında hesaplanan ortalama deniz seviyesi değişimleri; 1-2 mm/yıl büyüklüğündeki global deniz seviyesi değişimleri tahminlerinden /11/ daha yüksek olarak belirlenmiş olup, bu durum mareograf istasyonlarındaki ortalama deniz seviyesinin istasyonların bulundukları karaya göre önemli bir oranda yükseldiğini ortaya koymaktadır.

(2) Uzun Periyotlu Saatlik Deniz Seviyesi Ölçülerinin Analizi ile Ortalama Deniz Seviyesinin Belirlenmesi

18.6 yıldan daha uzun saatlik deniz seviyesi ölçülerini kullanarak uzun zaman serilerinin harmonik gelgit analizinde kullanılan bir program hazırlanmıştır /14/. Bu programda 529 adet frekansları bilinen (periyodu 1 saatten büyük) gelgit bileşeni bilinen olarak alınmaktadır. Programa yıllık saatlik deniz seviyesi ölçüleri birleştirilerek tek bir dosya halinde girdi olarak verilmekte ve sonuçta ODS ve 529 adet gelgit bileşeninin genlik ve faz açıları elde edilmektedir. Programda bir trend bileşeni olmadığı için ölçülerdeki trend tespit edilememektedir. Bu nedenle bulunan ODS değeri verilen zaman serisinin ortasındaki zamana karşılık gelmektedir. Ancak program yüzyıl geçişini kabul etmediği için aylık değerlerin harmonik analizi ile elde edilen sonuçları kontrol etmek amacıyla 1984-1999 dönemi için uygulanmıştır. Tablo-12’de saatlik deniz seviyesi değerlerinin analizi ile belirlenen Ortalama Deniz Seviyesi Değerleri aylık harmonik analizden belirlenen ODS’lerle karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo-12 : Uzun Periyotlu Saatlik Deniz Seviyesi Ölçülerinin Analizi ve Aylık Ortalamaların Harmonik Analiz ile aynı epoka getirildikten sonra bulunan ODS'lerin karşılaştırılması.

İstasyon Adı	Uzun Periyotlu Saatlik Deniz Seviyesi Ölçülerinin Analizi ile ODS II	Harmonik Analiz (Aylık Ortalamalar) ile ODS I	II-I FARK
Antalya-II	129.51 ± 0.03 cm (1985-1999) Epok (1992.914)	128.01 ± 0.36 cm (1985-2002) Epok (1992.914)	1.50 cm
Bodrum-II	129.72 ± 0.04 cm (1985-1999) Epok (1992.953)	129.05 ± 0.54 cm (1985-2002) Epok (1992.953)	0.67 cm
Menteş	172.36 ± 0.04 cm (1985-1999) Epok (1992.953)	171.30 ± 0.43 cm (1985-2002) Epok (1992.953)	1.06 cm
Erdek	179.06 ± 0.03 cm (1984-1999) Epok (1992.049)	177.65 ± 0.45 cm (1984-2002) Epok (1992.049)	1.41 cm

Tablo-12’de her iki hesaplama arasındaki farkların homojen çıkması dikkat çekicidir. Dört mareograf istasyonunda da veri uzunluğunun 18.6 yıldan daha az olması ve 18.6 yıldan daha uzun periyotlu saatlik deniz seviyesi ölçülerinin analizinde kullanılan söz konusu programda 18.6 yıllık gelgit bileşenin dengelemeye bilinen olarak alınmasının bu farkı doğuran nedenlerden biri olabileceği değerlendirilmektedir. Ancak ODS’lerin her iki yöntem ile birbirine yakın olarak belirlenmesi aylık ortalamalar kullanılarak yapılan harmonik analizin doğruluğunu teyit etmektedir.

Saatlik deniz seviyesi değerlerinin analizi sonucunda bulunan gelgit bileşenlerinin genlikleri dört mareograf istasyonu için toplu olarak Tablo-13’de verilmektedir.

Tablo-13: Antalya-II, Bodrum-II ve Menteş mareograf istasyonları 15 yıllık (1985-1999) Erdek mareograf istasyonu 16 yıllık (1984-1999) saatlik deniz seviyesi ölçülerinin analizi ile elde edilen periyodu 1 aydan büyük olan gelgit bileşenleri genlikleri.

Sıra No	Period (Ay)	ANTALYA-II Genlik (cm)	BODRUM-II Genlik (cm)	MENTEŞ Genlik (cm)	ERDEK Genlik (cm)
1	111.6579	0.7425	2.1124	0.8124	2.9675
2	42.88613	2.2811	2.6623	1.6067	1.7392
3	13.52559	0.8744	0.2904	1.4214	0.573
4	12.68111	1.9454	1.9573	2.9889	1.1404
5	12.00075	8.1932	4.4851	4.4817	4.3615
6	11.38873	1.1673	1.4085	1.0074	1.8024
7	6.975771	0.2826	0.5466	0.646	0.4121
8	6.764468	0.7524	1.4637	1.7078	1.8721
9	6.359109	0.2956	1.5309	1.9124	1.3403
10	5.999848	2.9039	0.4031	3.6091	1.9786
11	5.842867	0.9285	1.8142	0.7494	0.1713
12	5.693892	1.5366	1.8875	0.9396	1.0661
13	4.000016	1.6704	1.4737	1.6132	1.5008
14	3.929629	0.1439	0.2183	0.8746	0.4406
15	2.99999	0.0977	0.113	0.548	0.6442
16	1.150764	0.2511	0.1993	0.0498	0.1463
17	1.144864	0.3337	0.6239	0.4908	0.5164
18	1.076419	0.3121	0.5575	0.3001	0.1384
19	1.071264	0.6142	1.0713	0.7242	0.5402
20	1.055545	0.0301	0.839	0.4085	0.2023
21	1.050071	0.7527	0.7105	0.7045	0.4284
22	1.045157	0.2932	0.2221	0.4766	0.498
23	1.040288	0.0887	0.2075	0.0718	0.3027

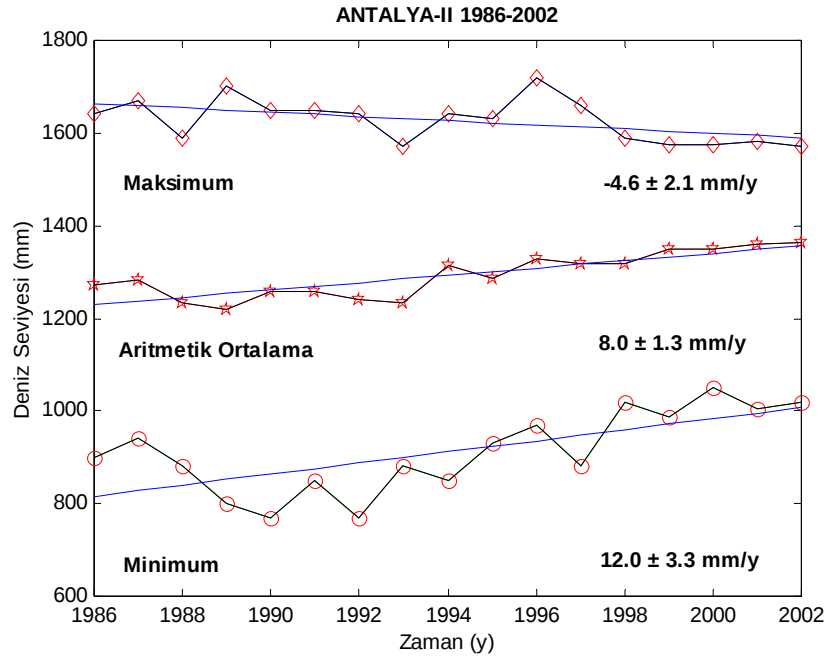
d. Maksimum ve Minimum Deniz Seviyesi Değişimleri

Kalite kontrol işlemi tamamlanmış saatlik deniz seviyesi ölçüleri kullanılarak Antalya-II, Bodrum-II ve Menteş mareograf istasyonları için 1985-2002 dönemi, Erdek mareograf istasyonu için ise 1984-2002 dönemine ait, her yıl içindeki maksimum ve minimum saatlik deniz seviyesi değerleri, maksimum-minimum değişme aralıkları ve yıl içindeki saatlik deniz seviyesi ölçülerinin aritmetik ortalaması alınarak elde edilen yıllık ortalama değerler her mareograf istasyonu için ayrı bir tablo halinde EK-E’de verilmektedir. Antalya-II, Bodrum-II ve Menteş mareograf istasyonları için 1985, Erdek mareograf istasyonu için 1984 yıllarında kısa süreli ölçü yapıldığı için söz konusu yıllar değerlendirme dışı tutularak maksimum, minimum ve yıllık ortalama deniz seviyesi değerleri doğrusal regresyon analizine tabi tutulmuş olup sonuçları Tablo-14’de verilmektedir. Maksimum, minimum ve yıllık ortalama deniz seviyesi değerlerinden doğrusal regresyon modeline göre uyuşumsuz olanları tespit edebilmek için $1-\alpha=0.90$ istatistiksel güven düzeyinde Pope test yöntemi /38/ uygulanmıştır. Antalya-II, Erdek ve Menteş mareograf istasyonları maksimum, minimum ve yıllık ortalama

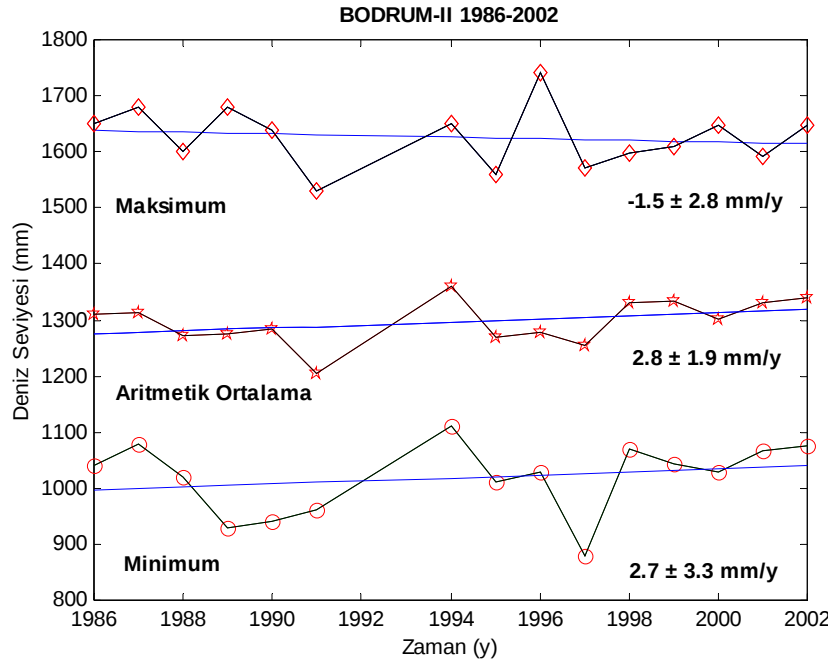
deniz seviyesi değerlerinde uyumsuz değer bulunmazken, Bodrum-II mareograf istasyonu 1992 ve 1993 yılları maksimum, minimum ve yıllık ortalama deniz seviyesi değerleri uyumsuz olarak tespit edilerek ölçü kümesinden atılmış ve dengeleme işlemi tekrar edilmiştir. Dengeleme ile hesaplanan maksimum, minimum ve yıllık ortalama deniz seviyesi trend değerleri $1-\alpha = 0.90$ istatistiksel güven düzeyinde anlamlılık testine (t-testi) tabi tutulmuştur /35/. Bodrum-II mareograf istasyonunda maksimum ve minimum deniz seviyesi trend değerleri istatistiksel olarak anlamsız bulunurken, Bodrum-II mareograf istasyonu yıllık ortalama deniz seviyesi trend değeri ile, Antalya-II, Erdek ve Menteş mareograf istasyonlarının maksimum, minimum ve yıllık ortalama deniz seviyesi trend değerleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Tablo-14). Doğrusal regresyon analizi neticesinde elde edilen trend değerleri grafiksel olarak Antalya-II, Bodrum-II, Menteş ve Erdek mareograf istasyonları için sırasıyla Şekil 20-23’de verilmektedir.

Tablo-14 : Maksimum, minimum ve yıllık ortalama deniz seviyesi trend değerleri.

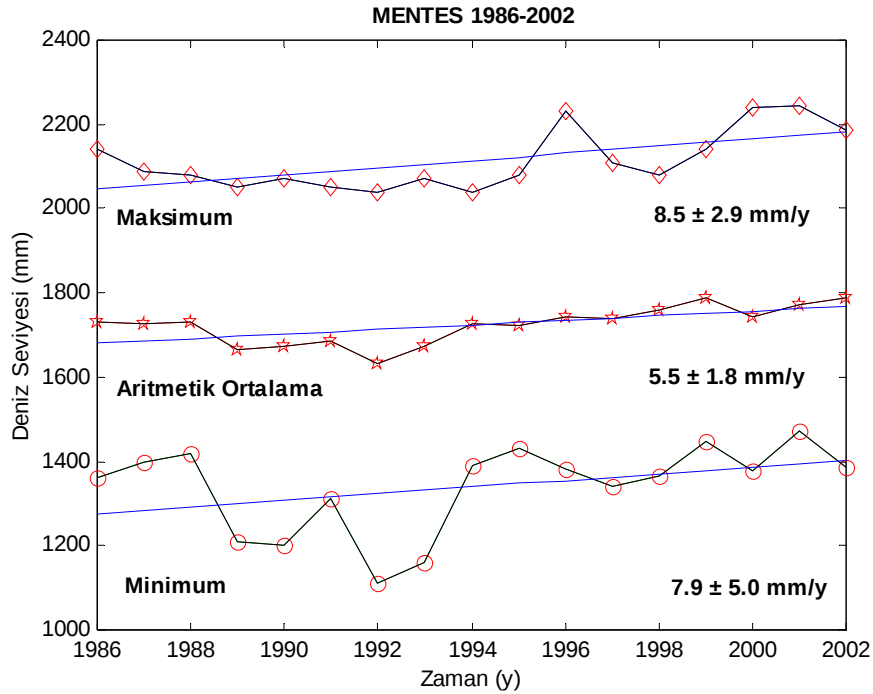
İstasyon Adı	Dönem	Maksimum Deniz Seviyesi Trendi (mm/yıl)	Minimum Deniz Seviyesi Trendi (mm/yıl)	Yıllık Ortalama Deniz Seviyesi Trendi (mm/yıl)
ANTALYA-II	1986-2002	-4.6 ± 2.1	12.0 ± 3.3	8.0 ± 1.3
BODRUM-II	1986-2002	-1.5 ± 2.8	2.7 ± 3.3	2.8 ± 1.9
MENTEŞ	1986-2002	8.5 ± 2.9	7.9 ± 5.0	5.5 ± 1.8
ERDEK	1985-2002	11.2 ± 3.3	11.4 ± 2.9	9.1 ± 1.7



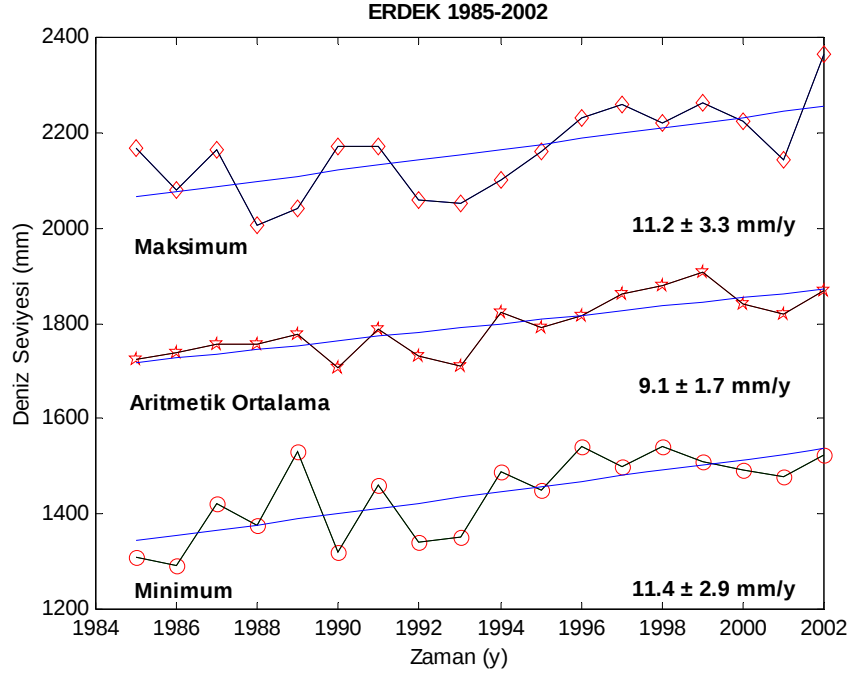
Şekil-20 : Antalya-II 1986-2002 dönemi maksimum, minimum ve ortalama deniz seviyesi değişimleri.



Şekil-21: Bodrum-II 1986-2002 dönemi maksimum, minimum ve ortalama deniz seviyesi değişimleri.



Şekil-22: Menteş 1986-2002 dönemi maksimum, minimum ve ortalama deniz seviyesi değişimleri.



Şekil-23: Erdek 1985-2002 dönemi maksimum, minimum ve ortalama deniz seviyesi değişimleri.

Maksimum, minimum ve ortalama deniz seviyesi değişimleri irdelendiğinde, harmonik analizle bulunan deniz seviyesi trendlerine paralel sonuçlar verdiği görülmektedir. Ancak, Antalya-II mareograf istasyonu maksimum deniz seviyelerindeki azalma eğilimi iklim bilimleri açısından dikkate alınması gereken bir sonuç olarak değerlendirilmektedir.

e. Mareograf İstasyonlarında Gelgit Tipleri

Ana gelgit periyotları bir mareograf istasyonundaki gelgit tipini ortaya çıkarmak için önemlidir:

(1) Ay'dan kaynaklanan gelgitler:

- M_2 (yarım günlük) 1/2 ay günü = 12 saat 25 dakika
- O_1 (günlük) 1 ay günü = 24 saat 50 dakika

(2) Güneş'ten kaynaklanan gelgitler:

- S_2 (yarım günlük) 1/2 güneş günü = 12 saat
- K_1 (günlük) 1 güneş günü = 24 saat

Bu gelgit bileşenleri harmonik analiz yöntemi kullanılarak ölçülen saatlik deniz seviyesi değerlerinden elde edilebilir ve bu bileşenlere ilişkin faz açıları ve genlik değerleri bulunabilir. Bir yıllık saatlik deniz seviyesi değerleri kestirimle bulunacaksa, çoğu zaman M_2 , S_2 , K_1 ve O_1 bileşenlerini dikkate almak yeterli olur. Günlük ve yarım günlük gelgit bileşenlerinin önemi bir Form Faktör'ü ile ifade edilir /39/. Form faktörü F gelgit tiplerini sınıflandırmak için kullanılır ve aşağıdaki formülle ifade edilir:

$$F = \frac{(K_1 + O_1)}{(M_2 + S_2)} \quad (8)$$

Burada kullanılan semboller gelgit bileşenlerinin genliklerini temsil etmektedir. Form faktörü dört kategoriye ayrılır (Tablo-15). Mareograf istasyonları için yapılan gelgit analiz sonucunda bulunan gelgit bileşeni genlikleri Tablo-16’da, belirlenen gelgit tipleri ise Tablo-17’de verilmektedir.

Tablo-15 : Gelgit tiplerinin sınıflandırılması.

F Değeri	Kategori
0 – 0.25	Yarım Günlük
0.25 - 1.5	Karışık, Daha çok yarım günlük tipte
1.5 – 3	Karışık, Daha çok günlük tipte
> 3	Günlük

Tablo-16 : Gelgit tipinin belirlenmesinde kullanılan gelgit bileşenlerinin genlik değerleri

Mareograf İstasyonu	Hesaplamalarda Kullanılan Deniz Seviyesi Ölçü Periyodu	K₁ (cm)	O₁ (cm)	M₂ (cm)	S₂ (cm)
Antalya-II	10.12.1998-31.12.1999	2.15	1.28	6.97	4.27
Bodrum-II	10.12.1998-31.12.1999	2.15	1.11	3.96	2.66
Menteş	01.01.2000-31.12.2000	2.54	1.30	5.77	4.04
Erdek	01.01.2000-26.12.2000	1.21	0.84	0.48	0.29

Tablo-17 : Mareograf istasyonlarındaki gelgit tipleri.

Mareograf İstasyonu	Form Faktörü (F)	Gelgit Tipi
Antalya-II	0.3052	Karışık, Daha çok yarım günlük
Bodrum-II	0.4924	Karışık, Daha çok yarım günlük
Menteş	0.3914	Karışık, Daha çok yarım günlük
Erdek	2.6623	Karışık, Daha çok günlük

7. JEODEZİK ÖLÇÜLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

a. Tekrarlı GPS Ölçülerinin Analizi

Mareograf istasyonlarının bulunduğu kara parçalarındaki düşey yer kabuğu hareketlerinden bağımsız olarak, mutlak deniz seviyesi değişimlerini belirlemek için tekrarlı jeodezik ölçülerin kullanılması önerilmektedir /2,8,29,44/.

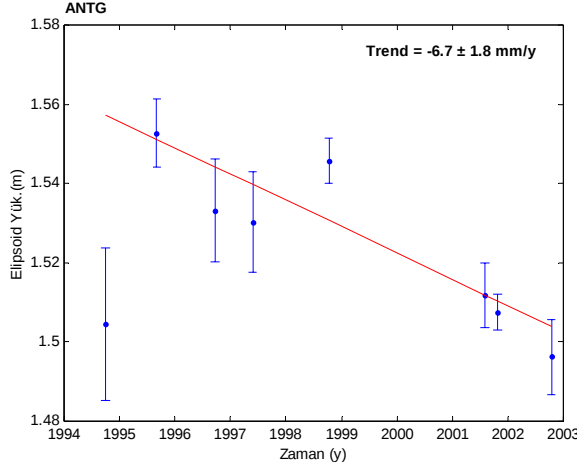
Mareograf istasyonlarındaki düşey yer kabuğu hareketlerini belirlemek ve deniz seviyesi ölçülerinden bu etkileri çıkarmak üzere Antalya-II, Bodrum-II, Erdek ve Menteş mareograf istasyonlarında, 1992-2002 döneminde çeşitli zamanlarda GPS kampanyaları düzenlenmiş olup yıllara göre GPS kampanya ölçüleri Tablo-18’de verilmektedir.

Tablo-18: Mareograf istasyonlarında gerçekleştirilen GPS kampanyaları. (Ölçü yapılan yıl “x” işareti ile gösterilmiştir, x(2) ise Antalya Mareograf-GPS noktasında 2001 yılında iki defa GPS ölçüsü yapıldığını göstermektedir.)

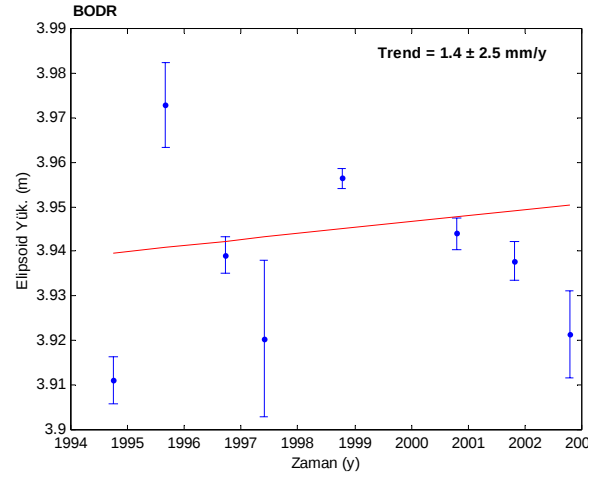
Mareograf-GPS /yıl	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	2000	2001	2002
Antalya-II(ANTG)	-	-	x	x	x	x	x	-	x(2)	x
Bodrum-II (BODR)	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x
Erdek (ERDK)	-	-	-	x	-	x	-	-	x	-
Menteş (MENT)	x	x	x	x	-	x	-	-	x	x

GPS kampanyaları Uluslararası Jeodinamik Servisinin (IGS) ürünleri kullanılarak ve EUREF alt-komisyonu tarafından önerilen stratejileri izlenerek Bernese yazılımı V.4.0 (Rothacher ve Mervart, 1996) ile değerlendirilmiştir /33,34/. Gevşek zorlamalı çözümler ITRF96’da GLOBK yazılımı /23/ ile birleştirilmiştir. Birleştirmede, seçilen IGS noktalarının (ANKR, ONSA, MATE, WTZR, GRAZ) ITRF96 sisteminde koordinat ve hızları için 1 mm zorlama uygulanmıştır. Yapılan birleştirme sonucunda Mareograf-GPS noktalarında her ölçü epöğunda elde edilen elipsoid yükseklik değerlerindeki doğrusal değişimler regresyon analizi ile EKKY kullanılarak hesaplanmıştır.

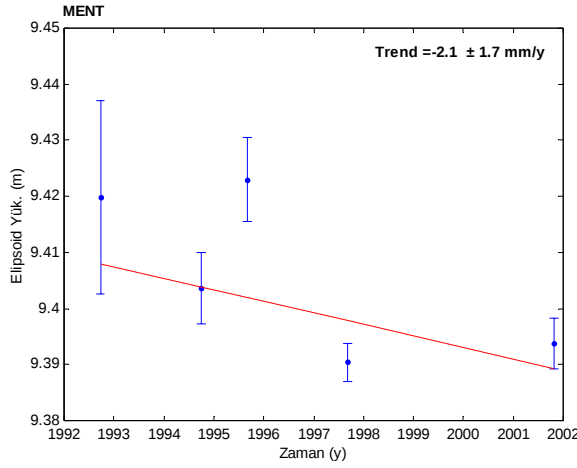
Mareograf-GPS elipsoid yüksekliklerinden doğrusal regresyon modeline göre uyumsuz olanları tespit edebilmek için $1-\alpha = 0.90$ istatistiksel güven düzeyinde Pope test yöntemi /38/ uygulanmıştır. Antalya-II, Bodrum-II ve Erdek Mareograf-GPS noktaları elipsoid yükseklik değerlerinde uyumsuz değer bulunmazken, Menteş Mareograf GPS noktasının 1993 yılı elipsoid yüksekliği uyumsuz olarak tespit edilerek ölçü kümesinden atılmış ve dengeleme işlemi tekrar edilmiştir. Dengeleme ile hesaplanan trend değerleri $1-\alpha=0.90$ istatistiksel güven düzeyinde anlamlılık testine (t-testi) tabi tutulmuştur /35/. Bodrum-II ve Menteş Mareograf-GPS noktalarında hesaplanan 1.4 ± 2.5 mm/yıl (Şekil 24-b) ve -2.1 ± 1.7 mm/yıl (Şekil 24-c) değerindeki elipsoid yükseklik değişimleri istatistiksel olarak anlamsız bulunurken, Antalya-II (Şekil 24-a) ve Erdek (Şekil 24-d) Mareograf-GPS noktaları elipsoid yüksekliklerinin ise -6.7 ± 1.8 mm/yıl ve -8.4 ± 3.0 mm/yıl hızla değiştiği tespit edilmiştir.



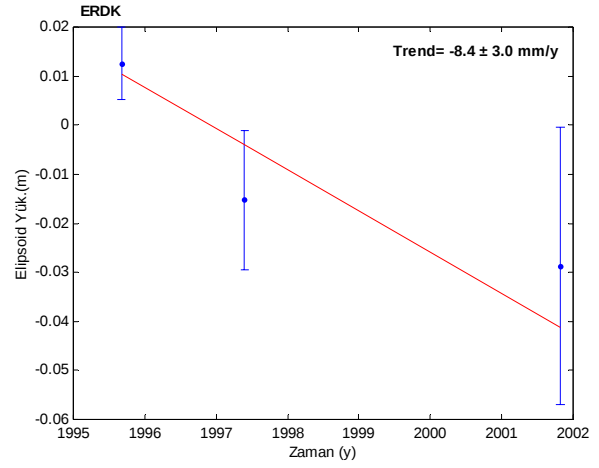
a)



b)



c)



d)

Şekil-24: Mareograf-GPS noktalarında elipsoid yüksekliği değişimi a) Antalya-II (ANTG) b) Bodrum-II (BODR) c) Menteş (MENT) d) Erdek (ERDK) mareograf istasyonları.

b. Tekrarlı Duyarlı Geometrik Nivelman Ölçülerinin Analizi

Tekrarlı GPS ölçüleri mareograf istasyonu yakınında ölçü yapılan GPS noktalarındaki mutlak yükseklik değişimlerini vermektedir. Ancak mareograf istasyonundaki mutlak düşey değişimi belirlemek için Mareograf-GPS noktası ile mareograf istasyonun 1-5 m. yakınında bulunan asıl mareograf iç röperi arasındaki bağıl yükseklik farkı ve bu farkın zamana bağlı değişiminin bilinmesi gerekmektedir. Mareograf istasyonlarında deniz seviyesi ölçüleri karadaki asıl mareograf röperine göre yapılmaktadır. Bu nedenle asıl mareograf röperinin mutlak yükseklik değişimi; tekrarlı GPS ve duyarlı geometrik nivelman ölçülerinin birlikte analizi ile belirlenerek, aylık deniz seviyesi ölçülerinin harmonik analizi ile elde edilen bağıl deniz seviyesi değişimleri ile karşılaştırılmış ve bağıl deniz seviyesi değişimlerinin düşey yer kabuğu hareketlerinden kaynaklanıp kaynaklanmadığı araştırılmıştır.

Harita Genel Komutanlığı tarafından mareograf istasyonlarındaki düşey yer kabuğu hareketlerini belirlemek, deniz seviyesi ölçme sistemlerinin karadaki röper noktasına olan datum bağlantısını sağlamak amacıyla 4-6 noktalı yerel nivelman ağı oluşturulmuştur.

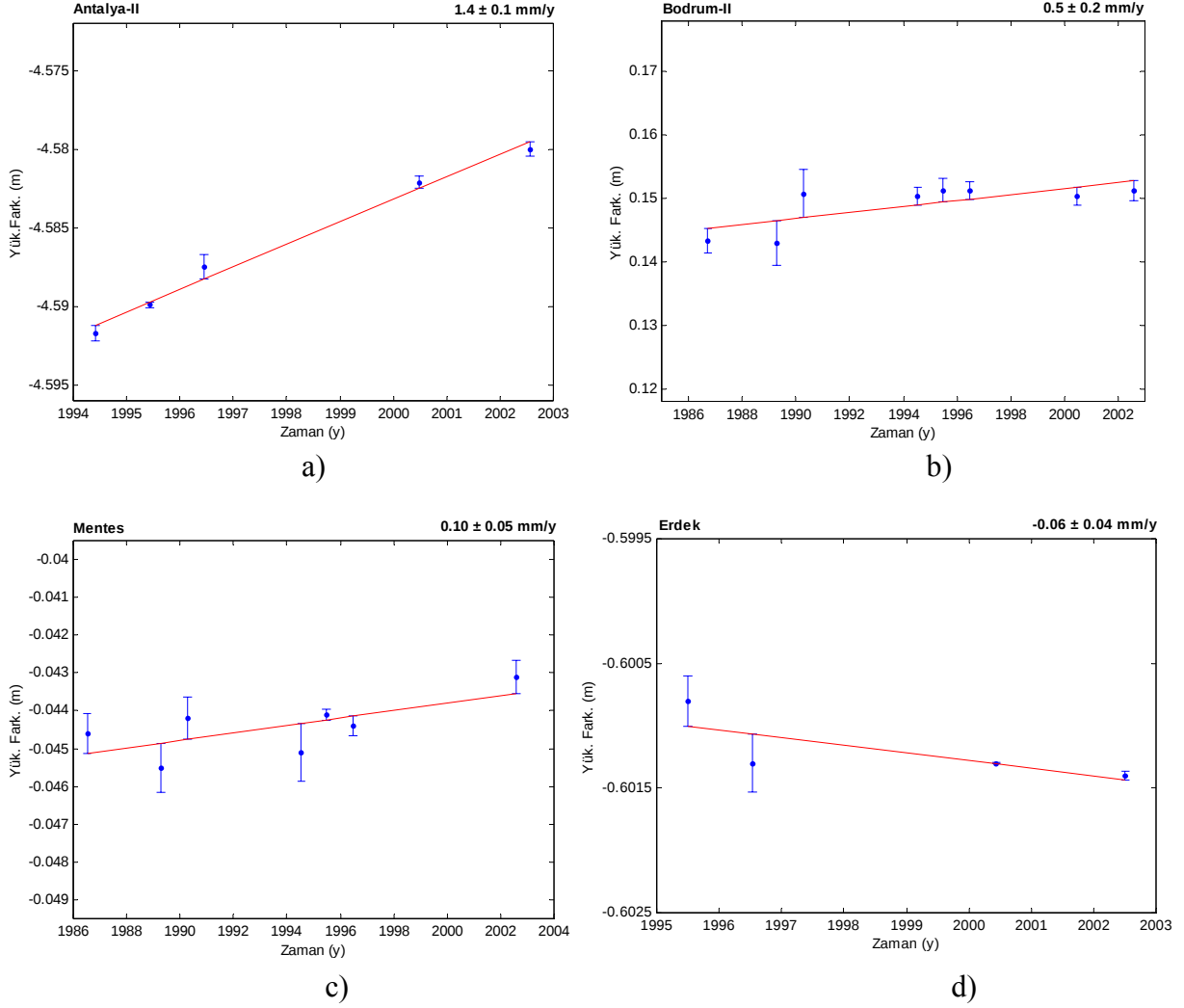
Yerel Nivelman Ağları TUDKA'ya bağlantılı olarak en yakın en az iki TUDKA noktası ve Mareograf-GPS noktalarını da içerecek şekilde deniz kıyısından karaya doğru oluşturulmuştur. Tekrarlı duyarlı geometrik nivelman ölçüleri, asıl mareograf röperinin diğer nivelman noktaları ve Mareograf-GPS noktasına göre bağlı düşey yer değiştirmelerinin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır.

Mareograf istasyonlarının kurulmasından günümüze kadar 1-3 yıl aralıklarla mareograf istasyonu bağlantı ağlarında I inci derece duyarlı geometrik nivelman ölçüleri yapılmıştır. Bugüne kadar Antalya-II, Erdek, Bodrum-II ve Menteş mareograf istasyonu yerel nivelman ağlarında yapılan I inci derece duyarlı geometrik nivelman ölçü zamanları Tablo-19'da verilmektedir.

Tablo-19: Mareograf İstasyonları Yerel Nivelman Ağlarında Mareograf-GPS ve Mareograf iç röperleri arasında yapılan I nci derece duyarlı geometrik nivelman ölçü zamanları.

Ölçü Yılı	Antalya-II	Erdek	Bodrum-II	Menteş
1986	-	-	18/09/1986	10/07/1986
1989	-	-	08/04/1989	11/04/1989
1990	-	-	13/04/1990	15/04/1990
1994	27-29/05/1994	-	18/07/1994	21/07/1994
1995	10/06/1995	01-03/07/1995	27/06/1995	27/06/1995
1996	12/06/1996	11/07/1996	17/06/1996	01/07/1996
2000	26-29/06/2000	1106/2000	21/06/2000	-
2002	25/07/2002	06/07/2002	29/07/2002	06-08/08/2002

Asıl mareograf röperlerinin, Mareograf-GPS noktalarına göre tekrarlı olarak ölçülen yükseklik farklarındaki zamana bağlı doğrusal değişimleri regresyon analizi ile EKKY kullanılarak hesaplanmıştır. Tekrarlı yükseklik farklarından doğrusal regresyon modeline göre uyuşumsuz olanları tespit edebilmek için $1-\alpha = 0.90$ istatistiksel güven düzeyinde Pope test yöntemi /38/ uygulanmıştır. Antalya-II, Bodrum-II, Menteş ve Erdek mareograf istasyonlarında asıl mareograf röperlerinin Mareograf-GPS noktalarına göre yükseklik farklarından herhangi bir uyuşumsuz değer tespit edilmemiştir. Regresyon analizi ile hesaplanan trend değerleri $1-\alpha = 0.90$ istatistiksel güven düzeyinde anlamlılık testine (t-testi) tabi tutulmuştur /35/. Erdek mareograf asıl röperinin ERDK Mareograf-GPS noktasına göre -0.06 ± 0.04 mm/yıl olarak hesaplanan yükseklik değişimi (Şekil 25-d) istatistiksel olarak anlamsız bulunurken, Antalya-II (Şekil 25-a), Bodrum-II (Şekil 25-b) ve Menteş (Şekil 25-c) mareograf asıl röperlerinin Mareograf-GPS noktalarına (ANTG, BODR ve MENT) göre sırasıyla 1.4 ± 0.1 mm/yıl, 0.5 ± 0.2 mm/yıl ve 0.1 ± 0.05 mm/yıl hızla yükseldiği tespit edilmiştir.



Şekil-25: Asıl mareograf röperlerinin Mareograf-GPS noktalarına göre yükseklik değişimi
a) Antalya-II b) Bodrum-II c) Menteş d) Erdek mareograf istasyonları.

c. Tekrarlı GPS ve Duyarlı Geometrik Nivelman Ölçülerinin Birlikte Analizi

Mareograf-GPS noktalarında 1992-2002 döneminde gerçekleştirilen tekrarlı GPS ölçülerinin değerlendirilmesi ile Bodrum-II ve Menteş Mareograf-GPS noktalarında istatistiksel olarak anlamlı bir düşey hareket bulunmamıştır. Bodrum mareograf asıl röperinin BODR GPS noktasına göre $0.5 \pm 0.2 \text{ mm/yıl}$, Menteş asıl mareograf röperinin ise MENT GPS noktasına göre $0.1 \pm 0.05 \text{ mm/yıl}$ hızla yükseldiği belirlenmiştir. Ancak bu istasyonlardaki Mareograf-GPS noktalarının anlamlı bir düşey hareketi olmadığı için asıl mareograf röperlerinin de anlamlı bir mutlak düşey hareketi olmadığı değerlendirilmektedir. Bodrum-II mareograf istasyonundaki ortalama deniz seviyesinin bağıl değişimi ($3.3 \pm 1.1 \text{ mm/yıl}$), global deniz seviyesi yükselişi tahminlerine oldukça yakın olup, aynı zamanda asıl mareograf röperinde anlamlı bir mutlak düşey hareket olmadığı sonucu ile uyushmaktadır.

Menteş mareograf istasyonundaki ortalama deniz seviyesinin bağıl değişimi ($6.8 \pm 0.9 \text{ mm/yıl}$) global deniz seviyesi yükselişi tahminlerinden oldukça fazladır. Ancak, Menteş

mareograf istasyonu asıl mareograf röperinde istatistiksel olarak anlamlı bir düşey hareket bulunmadığı için, bu yüksek orandaki bağıl deniz seviyesi yükselmesinin nedeni mevcut jeodezik ölçülerle açıklanamamaktadır.

Antalya-II mareograf asıl röperinin ANTG GPS noktasına göre 1.4 ± 0.1 mm/yıl hızla yükselmesi, ANTG GPS noktasının -6.7 ± 1.8 mm/yıl hızla mutlak olarak çöküşü ile birleştirildiğinde, Antalya-II mareograf asıl röperinin -5.3 ± 1.8 mm/yıl hızla çöktüğü tespit edilmiştir. Erdek mareograf asıl röperinin ERDK GPS noktasına göre anlamlı bir düşey hareketi (-0.06 ± 0.04 mm/yıl) olmadığı için, Erdek mareograf asıl röperinin ERDK GPS noktası ile aynı hızla yani -8.4 ± 3.0 mm/yıl hızla çöktüğü tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlarla, Antalya-II ve Erdek mareograf istasyonlarındaki bağıl deniz seviyesi değişimlerinin belirgin olarak mareograf istasyonlarının bulunduğu karanın yerel yada bölgesel çökmesinden kaynaklandığı değerlendirilmektedir. /9/'da daha ayrıntılı bir şekilde Erdek mareograf istasyonu ve çevresindeki düşey yer kabuğu hareketleri incelenmiştir. Erdek mareograf istasyonu ve yakın bölgesindeki düşey yer kabuğu hareketlerini izlemek için Haziran-2002 tarihinde Erdek mareograf istasyonuna yaklaşık 5.2 km uzaklıkta bir Sabit GPS istasyonu kurulmuştur. Bu istasyondaki Sabit GPS ölçülerinin Erdek mareograf istasyonu çevresindeki düşey yer kabuğu hareketlerinin belirlenmesi ile Marmara Denizi ve Kuzey Anadolu Fay hattındaki depremselliğin ortaya çıkarılması çalışmalarına önemli katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir. Ayrıca, Marmara Denizinde deniz seviyesi ve düşey yer kabuğu hareketlerini belirlemek amacıyla Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği (TUJJB) desteğiyle bir proje oluşturulmuştur. Bu projenin Marmara denizindeki deniz seviyesi ve düşey yer kabuğu hareketleri ve nedenleri ile ilgili daha ayrıntılı bir bilgi sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Antalya-II mareograf istasyonundaki düşey yer kabuğu hareketlerini daha hassas bir şekilde izlemek amacıyla, Avrupa Deniz Seviyesi Servisi (European Sea Level Service, ESEAS) faaliyetleri çerçevesinde mareograf istasyonu yakınına 2003 yılı içerisinde bir adet Sabit GPS istasyonu kurulması planlanmıştır. Ek olarak, Türkiye Sabit GPS İstasyonları Ağı (TUSAGA)'nın genişletilmesi sürecinde yakın gelecekte Bodrum-II ve Menteş mareograf istasyonları yakınına da birer adet Sabit GPS istasyonu kurulması planlanmaktadır.

Ayrıca, düşey yer kabuğu hareketlerinin GPS'ten bağımsız olarak belirlenmesi amacıyla 1996 yılında mareograf istasyonları yakınında 1 nci periyot mutlak gravite ölçüleri Alman Jeodezi ve Kartografya Dairesi ile ortak bir çalışma çerçevesinde yapılmış, ölçülerin değerlendirilmesi Alman Jeodezi ve Kartografya Dairesi'nde gerçekleştirilmiştir /46,47/. Henüz 2 nci periyot mutlak gravite ölçüsü yapılmamıştır.

Önümüzdeki dönemde, yerel nivelman ağlarında yapılan tüm tekrarlı geometrik nivelman ölçüleri topluca değerlendirilerek, mareograf istasyonunun Mareograf-GPS noktalarına ek olarak ağdaki diğer nivelman noktalarına göre bağıl değişiminin belirlenmesi planlanmıştır. Böylece asıl mareograf röperinin yerel nivelman ağındaki daha geniş bir alandaki diğer nivelman noktalarına göre değişimi belirlenecek ve olası düşey kara hareketlerinin yerel mi bölgesel mi olduğu daha ayrıntılı bir şekilde irdelenebilecektir.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Türkiye’de tarihsel süreç içerisinde deniz seviyesi ile ilgili yapılan çalışmalar ve TUDES’nin işleyisi anlatılmıştır. TUDES kapsamındaki, Antalya-II, Bodrum-II ve Menteş mareograf istasyonları 1985-2002 ve Erdek mareograf istasyonu 1984-2002 yılı saatlik deniz seviyesi ölçüleri ön-analiz (kalite kontrol) işlemine tabi tutulmuş ve söz konusu döneme ait saatlik deniz seviyesi değerleri zaman ve datum hatalarından arındırılarak güvenilir ölçüler elde edilmiştir. Bu amaçla sayısal ve otomatik mareograf istasyonlarından elde edilen saatlik deniz seviyesi değerleri gelgit analizinde kullanılmış ve elde edilen harmonik katsayılarla geçmişe yönelik kestirim yapılarak, deniz seviyesi ölçü değerlerinin kalite kontrolü yapılmıştır. Dört mareograf istasyonunda gelgit tipleri belirlenmiş, Antalya-II, Bodrum-II ve Menteş mareograf istasyonlarında karışık tipte (temel olarak yarım günlük) ve Erdek mareograf istasyonunda ise karışık tipte (temel olarak günlük) gelgitin baskın olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Saatlik ortalamalardan 119 noktalı alçak frekans filtresi kullanılarak günlük ortalamalar elde edilmiştir. Daha sonra günlük ortalamaların basit aritmetik ortalaması ile aylık ortalamalar elde edilmiştir. Aylık ortalama deniz seviyesi ölçüleri harmonik analiz metodu ile EKKY uygulanarak dört mareograf istasyonunda ODS ve zamana bağlı değişimleri tespit edilmiştir. Kullanılan aylık deniz seviyesi ölçülerinin periyodu çok uzun (< 20 yıl) olmamakla birlikte dört mareograf istasyonunda da ortalama deniz seviyelerinde belirgin bir yükselme trendi görülmektedir. Bodrum-II mareograf istasyonundaki ortalama deniz seviyesi değişimi global deniz seviyesi yükselişi tahminleri ile oldukça uyumlu olarak tespit edilirken, Antalya-II, Menteş ve Erdek mareograf istasyonlarında ise global tahminlerden oldukça yüksek ortalama deniz seviyesi yükseliş hızları belirlenmiştir.

Mareograf-GPS noktalarında 1992-2002 döneminde gerçekleştirilen tekrarlı GPS ve duyarlı geometrik nivelman ölçülerinin birlikte değerlendirilmesi ile Bodrum-II ve Menteş Mareograf-GPS noktalarında istatistiksel olarak anlamlı bir düşey hareket bulunamazken, Antalya ve Erdek mareograf asıl röperlerinin sırasıyla -5.3 ± 1.8 mm/yıl ve -8.4 ± 3.0 mm/yıl hızla çöktüğü tespit edilmiştir. Antalya-II ve Erdek mareograf istasyonlarındaki bağıl deniz seviyesi değişimlerinin belirgin olarak mareograf istasyonlarının bulunduğu karanın yerel yada bölgesel çökmesinden kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

Tekrarlı GPS ve duyarlı geometrik nivelman ölçülerinin birlikte değerlendirilmesi ile Erdek ve Antalya-II’de bağıl deniz seviyesi değişimleri ile uyumlu kara çökmeleri ortaya çıkarılmıştır. Bunun, plakaların tektonik hareketlerinden mi yoksa yer altı suyunun çekilmesi veya mareograf istasyonlarının bulunduğu karanın jeolojik yapısından kaynaklanan yerel nedenlerden mi kaynaklandığının belirlenmesinin, daha geniş bir bölgede tekrarlı GPS ve duyarlı geometrik nivelman ile Sabit GPS ölçülerinin gerçekleştirilmesi ve mareograf istasyonu çevresinin jeolojik yapısının araştırılması ile mümkün olabileceği değerlendirilmektedir.

Bodrum-II mareograf istasyonundaki ortalama deniz seviyesinin bağıl değişimi (3.3 ± 1.1 mm/yıl), global deniz seviyesi yükselişi tahminlerine oldukça yakın olup, aynı zamanda tekrarlı GPS ve duyarlı geometrik nivelman ölçülerinin birlikte değerlendirilmesi ile elde edilen asıl mareograf röperinde anlamlı bir mutlak düşey hareket olmadığı sonucu ile uyushmaktadır.

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. Tekrarlı GPS ölçülerinin standart değerlendirilmesi ile düşey yer kabuğu hareketinin küçük olması durumunda istenilen doğruluğun elde edilemeyebileceği bu nedenle, mareograf istasyonlarında yapılan tekrarlı GPS ölçülerinin okyanus yüklenmesi, atmosferik basınç yüklenmesi vb. etkiler de dikkate alınarak /25/'de tanımlanan modellere uygun stratejilerle yeniden proses edilmesinin faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

Bu çalışmada, meteorolojik ve oşinografik parametreler halihazırda mevcut olmadığından harmonik analiz modeline dahil edilmemiş olup bu parametreler uzun periyotlu bir trend içeriyorsa ortalama deniz seviyesindeki değişimin doğruluğunu ve büyüklüğünü etkileyecektir. Bu sebeple düşey datum belirleme ve ortalama deniz seviyesindeki doğrusal değişimin belirlenmesi çalışmalarında meteorolojik ve oşinografik parametrelerin dikkate alınmasının faydalı olacağı değerlendirilmektedir. Bu nedenle, Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden bu değerler Antalya, Bodrum, Bandırma ve İzmir istasyonları için temin edilip, modele dahil edilmesiyle dört mareograf istasyonunda ODS'ler belirlenmelidir. Bu ODS'ler karşılaştırılarak Türkiye kıyılarında DYT'den kaynaklandığı bilinen deniz seviyesi eğimi irdelenmeli ve Akdeniz-Karadeniz ortalama deniz seviyeleri arasındaki fark daha doğru olarak belirlenmelidir.

Türkiye kıyılarında temin edilen uydu altimetre ölçüleri kullanılarak dört mareograf istasyonunda da DYT belirlenmeli ve ODS+DYT jeoidleri ile düşey datum belirlenmeli ve Türkiye mutlak jeoidi (TG-99A)'nin testinde kullanılmalıdır. Tüm yüksekliklerin aynı datuma bağlı olarak elde edilmesi amacıyla Anadolu, Trakya ve Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti (K.K.T.C.)'nin düşey datumları birleştirilmelidir. Tek mareograf istasyonunda (Antalya-I) datumu belirlenen Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı'nda Antalya'dan uzaklaştıkça nokta yüksekliklerinde ne kadar hata biriktiği denetlenmelidir.

Dört mareograf istasyonunda da Antalya-II ve Erdek mareograf istasyonlarında yerel yada bölgesel düşey yer kabuğu hareketlerinden kaynaklandığı değerlendirilse de, yerel (bağıl) 3-10 mm/yıl oranında bir deniz seviyesi yükselme trendi bulunmuştur. Yerel deniz seviyesi değişimlerinin yerleşim alanlarında verimli toprakların, yol vb. gibi mühendislik yapıların deniz suyu altında kalmasına sebep olabileceği değerlendirilmektedir. Bu sebeple tespit edilen bağıl seviyesi trendlerinin Türkiye kıyı alanları planlarında göz önünde bulundurulması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- /1/ Ayhan,M.E.,Hekimoğlu, Ş.,Demir,C., Şanlı, D.U., Kahveci, M. : Secular Variation of Mean Sea Level and Vertical Crustal Motion Using Tide Gauge and GPS data, First Turkish International Symposium on Deformations, 5-9 September, İstanbul, 1994.
- /2/ Baker, T.F. : Absolute Sea Level Measurements, Climate Change and Vertical Crustal Movements, Global and Planetary Change, (8), pp: 149-159, 1993.
- /3/ Bartex, Inc. : User's guide 4100 Series Aquatrak, Annapolis, MD, USA, 1995.
- /4/ Caldwell, P. : Sea Level Data Processing Software on IBM PC Compatible Microcomputers. Version 3.0 (Year 2000 Compliant) National Oceanographic Data Center and University of Hawaii Sea Level Center, Honolulu, Hawaii, 1998.
- /5/ Campbell Scientific, Inc. : ID2000 Instruction Manual, Logan, Utah, USA, 1995.
- /6/ Campbell Scientific, Inc. : PC208W Datalogger Support Software Instruction Manual, Logan, Utah, USA, 1997.
- /7/ Carrera,G.,Vanicek, P. : The Use of Sea Level Tide Gauge Observations in Geodesy, Lighthouse Edition No: 31, pp: 13-16, 1985.
- /8/ Carter,W.E,Aubrey, D.G.,Baker, T.,Boucher,C., Le Provost,C., Pugh, D., Peltier,W.,Zumberge, M.Rapp, R., Schutz,B.,Emery,K., Enfield,D. : Geodetic Fixing of Tide Gauge Bench Marks, in Woods Hole Oceanographic Institution, Technical Report, WHOI-89-31- 1989.
- /9/ Demir, C., Yıldız, H. : Erdek Mareograf İstasyonu ve Çevresinde Deniz Seviyesi ve Jeodezik Ölçüler Kullanılarak Düşey Yer Kabuğu Hareketlerinin Araştırılması, Harita Dergisi, 127, Sayfa: 9-18, 2002.
- /10/ Demirkol, Ö. : Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı Datum Probleminin Çözümüne Yönelik Kara ve Deniz Gravite Ölçülerine Dayalı Jeoid Belirleme, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 1999.

- /11/ Douglas, B.C. : Global Sea Level Rise: A Redetermination, Surveys in Geophysics 18: 279-292, 1997.
- /12/ Emery, K.O., Aubrey, D.G. : Sea Levels, Land Levels and Tide Gauges, Springer, Newyork, 273 pp, 1991.
- /13/ ESEAS (European Sea Level Service) : Description of scientific/technological objectives and work plan, Part B, First draft of proposal for support for Research Infrastructure from European Union, 2001.
- /14/ Foreman, M.G.G., Neufeld, E.T. : Harmonic Tidal Analyses of Long Time Series, International Hydrographic Review, Monaco LXVIII(1), pp: 85-109, 1991.
- /15/ Godin, G. : The Analysis of Tides, University of Toronto Press, Toronto and Buffalo, 264 pp, 1972.
- /16/ Grdal, M.A. : Deniz Seviyesi lmeleri ve Harita Genel Komutanlığınca İşletilen Mareograf İstasyonları, Harita Dergisi, No: 119, pp: 1-14, 1998.
- /17/ Graff, J., Karunaratne, A. : Accurate Reduction of Sea Level Records, Int.Hyd. Review, LVII (2), 1980.
- /18/ Hannah, J. : Analysis of Mean Sea Level Data From New Zealand for the Period 1899-1988, Journal of Geophysical Research, 95 (B8), 12,399-12,405, 1990.
- /19/ Hekimoğlu, ř. : Deniz Yüzeyi Yükseliyor mu?, Harita Dergisi Sayı: 103, Sayfa: 53-58, Ankara, 1989.
- /20/ Hekimoğlu, ř. : Deniz Yüzeyinin Yüzyıllık Değişimlerinin Belirlenmesi, Harita Dergisi Sayı: 104, Sayfa: 17-38, Ankara, 1990.
- /21/ Hekimoğlu, ř., şanlı, U. : Düşey Datum Belirlemede Sorunlar ve Aşamalı Yaklaşım, TUJJB Genel Kurulu Bildiri Kitabı, Sayfa 21-46, Ankara, 1993.
- /22/ Hekimoğlu, ř., Ayhan, M.E., Demir, C. şanlı, D.U, Kahveci, M. : Türkiye Ulusal Datum Belirleme Projesi Yıldız Üniversitesi Araştırma Fonu. İnaaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü. Yayın No. 16, İstanbul, 1996.

- /23/ Herring, T.A. : GAMIT/GLOBK Kalman Filter VLBI and GPS Analysis Program, Version 4.1. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 1997.
- /24/ HGK : Türkiye’de 1935-1983 Yılları Arasında Faaliyette Bulunan Mareograf İstasyonları Hakkında Özet Bilgiler ve Antalya, Karşıyaka/İzmir, Samsun, Mareograf İstasyonlarına Ait Saatlik Deniz Seviyesi Aylık Ortalamaları, Harita Genel Komutanlığı, Yayın No:6, 28 sayfa, Ankara, 1991.
- /25/ IERS : Annual Report 2000. Edited by Wolfgang R. Dick and Bernd Richter. International Earth Rotation Service, Central Bureau. Frankfurt am Main: Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie, 2001. 152 p., ISBN 3-89888-862-2.
- /26/ IOC : Manual on Sea-Level Measurement and Interpretation Volume I-Basic Procedures, UNESCO, IOC, Paris, 14(2), 1985.
- /27/ IOC : Manual on Sea-Level Measurement and Interpretation Volume II-Emerging Technologies, UNESCO, IOC, Paris, 14(2), 1994.
- /28/ IOC : Global Sea Level Observing System (GLOSS) Implementation Plan-1997 No.50. UNESCO, 1997.
- /29/ IOC : Manual On Sea Level Measurement And Interpretation: Reappraisals and Recommendations as of the Year 2000, Manual and Guides UNESCO, IOC, Paris 14(3), 57 pp, 2000.
- /30/ IPCC : Scientific assessment of climate change, Cambridge University Press, 1990.
- /31/ IPCC : Climate Change 1995: the science of climate change, Cambridge University Press, 1995.
- /32/ IPCC : Climate Change 2001: the science of climate change, Cambridge University Press, 2001.

- /33/ Kahveci,M., A.Türkezer : Processing Results of the Turkey Subnetwork of the EUVN97 GPS Campaign, EUVN Technical Report, 1999.
- /34/ Kılıçoğlu, A. : Marmara Bölgesinde 1992-1994-1996 yıllarında yapılan GPS ölçülerinin Değerlendirilmesi ve Birleştirilmesi. Hrt.Gn.K.lığı İç Rapor. No:JEOf-98-2, 1998.
- /35/ Koch, K.R. : Parameter Estimation and Hypothesis Testing in Linear Models, Springer-Verlag, New york, 1987.
- /36/ Martin, D.M.,
Chapin J.L.,
Maul G.A. : State-of-the Art Sea Level and Meteorological Monitoring Systems in the Intra-Americas Sea, Marine Geodesy, vol: 19, pp: 105-114, Taylor & Francis, 1996.
- /37/ Nakiboğlu M., Demir C. : Dengeleme Hesabı Cilt I, Harita Genel Komutanlığı, Harita Yüksek Teknik Okulu Komutanlığı, Ankara, 2002.
- /38/ Pope, Allen J. : The Statistics of Residuals and The Detection of Outliers, NOAA. Technical Report, NOS65, NGS1, 1976.
- /39/ Pugh, D.T. : Tides, Surges and Mean Sea Level, John Wiley and Sons Ltd. Wiley, Chichester, 472 pp, 1987.
- /40/ Rothacher, M.,
Mervart, L. : Bernese GPS Software Version 4.0 AIUB, Berne, 1996.
- /41/ TASK : POL/PSMSL Tidal Analysis Software Kit (TASK Package). Permanent Service for Mean Sea Level. Proudman Oceanographic Laboratory, Bidston Observatory, Birkenhead, Merseyside L43 7RA, United Kingdom, 1996.
- /42/ Tolkatchev, A. : Global Sea Level Observing System (GLOSS), Marine Geodesy, Special Issue : Sea level Measurements and Interpretation, 19(2), pp: 21-62, 1996.
- /43/ Vanicek, P. : Vertical datum and NAVD88, Surveying and Land Information Systems, 51(2), pp: 83-86, 1991

- /44/ Xu, P.L. : Monitoring Sea Level Rise Delft University of Technology Reports of the Faculty of the Geodetic Engineering, 90.1, 1990.
- /45/ Wilmes, H., Kılıçoğlu, A. : Final Report of the Absolute Gravity Campaign 1996 in Turkey. Internal Report (not published), Department of Geodesy, General Command of Mapping, Ankara, Turkey, 1997.
- /46/ Wilmes, H., Folk, R., Lothommer, A., Lang, O., Kressman, A., Kılıçoğlu, A. : Absolute Gravity Campaign in Turkey 1996- First Results, Second Turkish-German Joint Geodetic Days, 27-29 May, Berlin, pp: 51-58, 1997.
- /47/ Woodworth, P.L. : Introduction to the Workshop on Methods for Monitoring Sea Level: GPS and Tide Gauge Benchmark Monitoring, GPS Altimeter Calibration, in Neilan, R, Von Scoy P.A., Woodworth, P.L., Proceedings IGS-PSMSL Workshop on Methods for Monitoring Sea Level, Pasadena, California, pp: 3-10, 1997.
- /48/ Zerbini, S., Plag, H.P., Baker, T., Becker, M., Biiliris, H., Beat, B., Kahle, H.G., Marson, I., Pezzoli, L., Richter, B., Romagnoli, C., Sztobryn, M., Tomasi, P., Tsimplis, M., Veis, G., Verrone, G. : Sea level in the Mediterranean: a first step towards separating crustal movements and absolute sea level variations, Global and Planetary Change, vol: 14 , pp: 1-48, 1996.

1. ANTALYA-II SAYISAL VE OTOMATİK MAREOGRAF İSTASYONU



2. BODRUM-II SAYISAL VE OTOMATİK MAREOGRAF İSTASYONU



3. ERDEK SAYISAL VE OTOMATİK MAREOGRAF İSTASYONU



4. MENTEŞ SAYISAL VE OTOMATİK MAREOGRAF İSTASYONU



5. AMASRA SAYISAL VE OTOMATİK MAREOGRAF İSTASYONU



6. İĞNEADA SAYISAL VE OTOMATİK MAREOGRAF İSTASYONU



7. TRABZON-II SAYISAL VE OTOMATİK MAREOGRAF İSTASYONU



8. ERDEMLİ SAYISAL VE OTOMATİK MAREOGRAF İSTASYONU



ANALOG MAREOGRAF İSTASYONLARI DENİZ SEVİYESİ ÖLÇME SİSTEMİ

İÇ RÖPERİN DENİZDEN OLAN YÜKSEKLİĞİ (HR)

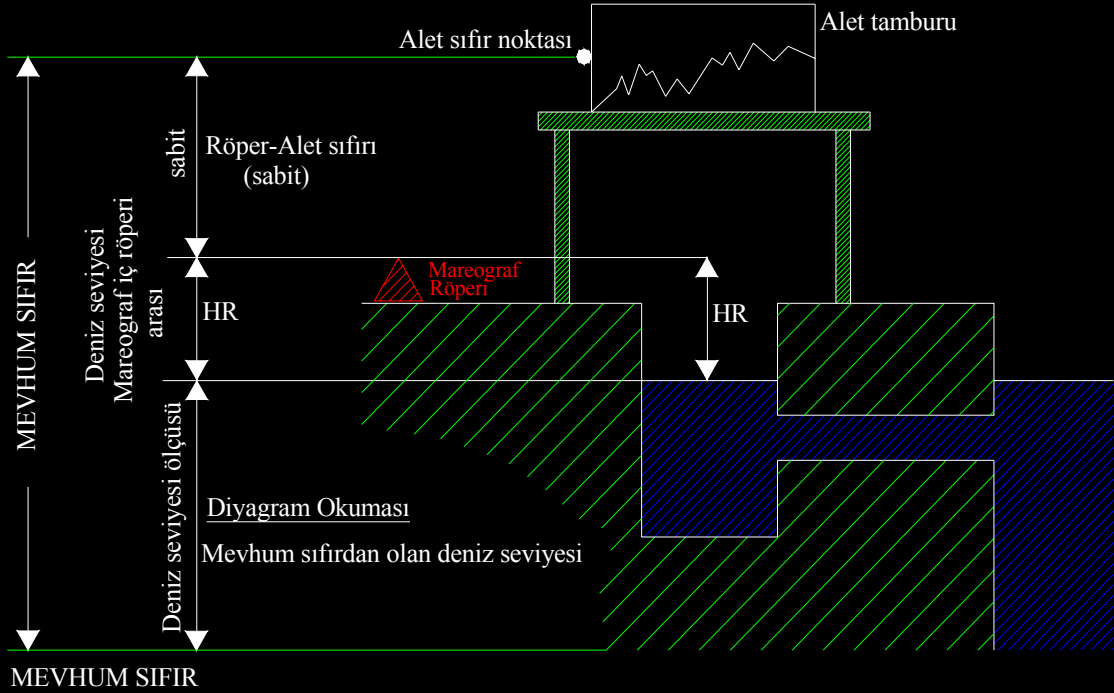
$HR = (\text{Mevhum Sıfır}) - (\text{Diyagram Okuması}) - (\text{Röper-Alet Sıfırı})$
eşitliği ile hesaplanır.

Buna Göre Mevhum Sıfır

$$\text{Mevhum Sıfır} = HR + (\text{Diyagram Okuması}) + (\text{Röper-Alet Sıfırı})$$

genel eşitliği ile belirlenir.

Bu geometrik bağlantı genel olarak aşağıdaki gibi gösterilir.



GELGİT ANALİZİ İLE ELDE EDİLEN VE GELGİT KESTİRİMİ PROGRAMINDA KULLANILAN HARMONİK KATSAYILARI İÇEREN DOSYALAR

1. ANTALYA-II MAREOGRAF İSTASYONU

ANTALYA Units in CM
 STATION 00 TIME ZONE = 0, LATITUDE = 3650, LONGITUDE = 3037
 NUMBER OF VALID DATA = 9079 AVERAGE =135.21 STANDARD DEVIATION = 11.11
 THEORETICAL RMS = 6.83 MATRIX CONDITION = .77
 ANALYSIS OF HOURLY TIDAL HEIGHTS STN 700 15H 10/12/98 TO 24H 31/12/99
 NO.OBS.= 9274 NO.PTS.ANAL.= 9274 MIDPT=19H 21/ 6/99 SEPARATION =1.00

NO	NAME	FREQUENCY	STN	M-Y/ M-Y	AL	GL	A	GNWCH
1	Z0	.00000000	700	1298/1299	135.6623	.00	135.6623	.00
2	SA	.00011407	700	1298/1299	7.7391	224.31	7.7391	57.70
3	SSA	.00022816	700	1298/1299	4.0244	272.94	4.0244	93.86
4	MSM	.00130978	700	1298/1299	.8087	29.94	.8087	321.30
5	MM	.00151215	700	1298/1299	1.2916	326.95	1.2916	202.79
6	MSF	.00282193	700	1298/1299	.5916	353.21	.5916	160.40
7	MF	.00305009	700	1298/1299	.5850	216.12	.5850	204.25
8	ALP1	.03439657	700	1298/1299	.0302	207.72	.0269	242.84
9	ZQ1	.03570635	700	1298/1299	.0862	204.47	.0775	170.37
10	SIG1	.03590872	700	1298/1299	.1054	192.57	.0933	104.03
11	Q1	.03721850	700	1298/1299	.1296	223.81	.1151	66.11
12	RHO1	.03742087	700	1298/1299	.0444	124.10	.0406	274.44
13	O1	.03873065	700	1298/1299	1.2796	263.53	1.1225	342.09
14	TAU1	.03895881	700	1298/1299	.1361	159.70	.1543	244.35
15	BET1	.04004043	700	1298/1299	.1149	286.10	.0981	114.05
16	NO1	.04026859	700	1298/1299	.0565	299.42	.0462	358.12
17	CHI1	.04047097	700	1298/1299	.0533	282.20	.0470	257.66
18	PI1	.04143851	700	1298/1299	.3168	249.72	.3186	311.17
19	P1	.04155259	700	1298/1299	.5960	304.07	.6012	199.15
20	S1	.04166667	700	1298/1299	.4214	296.72	.3041	344.94
21	K1	.04178075	700	1298/1299	2.1486	282.09	1.9862	184.54
22	PSI1	.04189482	700	1298/1299	.2548	41.76	.2513	131.39
23	PHI1	.04200891	700	1298/1299	.2481	85.11	.2466	161.72
24	THE1	.04309053	700	1298/1299	.0334	115.95	.0306	312.78
25	J1	.04329290	700	1298/1299	.1426	285.25	.1319	68.75
26	SO1	.04460268	700	1298/1299	.0880	239.99	.0771	311.35
27	OO1	.04483084	700	1298/1299	.1803	292.99	.1111	219.44
28	UPS1	.04634299	700	1298/1299	.0886	296.34	.0565	92.24
29	OQ2	.07597494	700	1298/1299	.0545	242.00	.0638	234.86
30	EPS2	.07617731	700	1298/1299	.1125	328.32	.1204	267.72
31	2N2	.07748710	700	1298/1299	.1238	259.35	.1371	129.16
32	MU2	.07768947	700	1298/1299	.0720	227.95	.0747	44.55
33	N2	.07899925	700	1298/1299	1.1841	241.77	1.2192	350.37
34	NU2	.07920162	700	1298/1299	.2582	239.42	.2651	292.26
35	H1	.08039733	700	1298/1299	.4346	14.05	.4566	345.92
36	M2	.08051140	700	1298/1299	6.9679	240.97	7.1584	225.31
37	H2	.08062547	700	1298/1299	.6478	285.26	.6579	102.32
38	MKS2	.08073957	700	1298/1299	.4377	305.94	.3665	124.56
39	LDA2	.08182118	700	1298/1299	.2796	238.39	.2887	334.30
40	L2	.08202355	700	1298/1299	.2831	240.41	.3083	290.07
41	T2	.08321926	700	1298/1299	.5984	232.59	.5984	189.20
42	S2	.08333334	700	1298/1299	4.2677	256.52	4.2613	46.43
43	R2	.08344740	700	1298/1299	.2745	126.89	.3401	284.55
44	K2	.08356149	700	1298/1299	1.3682	264.99	1.1169	249.19
45	MSN2	.08484548	700	1298/1299	.1288	87.36	.1360	113.00
46	ETA2	.08507364	700	1298/1299	.0846	279.54	.0694	150.98
47	MO3	.11924210	700	1298/1299	.1837	11.28	.1656	74.17
48	M3	.12076710	700	1298/1299	.2221	10.00	.2312	346.39
49	SO3	.12206400	700	1298/1299	.1719	335.63	.1505	204.09
50	MK3	.12229210	700	1298/1299	.1346	38.48	.1278	285.27
51	SK3	.12511410	700	1298/1299	.1208	344.10	.1115	36.46
52	MN4	.15951060	700	1298/1299	.1185	288.08	.1253	21.01
53	M4	.16102280	700	1298/1299	.2778	303.47	.2932	272.14
54	SN4	.16233260	700	1298/1299	.1054	328.49	.1084	227.01
55	MS4	.16384470	700	1298/1299	.3010	325.47	.3088	99.72
56	MK4	.16407290	700	1298/1299	.1889	251.80	.1584	220.34
57	S4	.16666670	700	1298/1299	.0773	347.22	.0771	287.04
58	SK4	.16689480	700	1298/1299	.0509	287.15	.0415	61.25
59	2MK5	.20280360	700	1298/1299	.0148	87.65	.0145	318.78
60	2SK5	.20844740	700	1298/1299	.0098	25.52	.0090	227.80
61	2MN6	.24002200	700	1298/1299	.0247	191.88	.0269	269.15
62	M6	.24153420	700	1298/1299	.0419	161.45	.0454	114.46
63	2MS6	.24435610	700	1298/1299	.0709	192.98	.0748	311.56
64	2MK6	.24458430	700	1298/1299	.0664	192.97	.0572	145.84
65	2SM6	.24717810	700	1298/1299	.0442	204.14	.0453	128.30
66	MSK6	.24740620	700	1298/1299	.0474	198.20	.0397	316.64
67	3MK7	.28331490	700	1298/1299	.0167	298.10	.0168	153.56
68	M8	.32204560	700	1298/1299	.0155	326.77	.0172	264.11

2. BODRUM-II MAREOGRAF İSTASYONU

BODRUM Units in CM
 STATION 01 TIME ZONE = 0, LATITUDE = 37 2, LONGITUDE = 2725
 NUMBER OF VALID DATA = 8415 AVERAGE =133.62 STANDARD DEVIATION = 8.63
 THEORETICAL RMS = 6.64 MATRIX CONDITION = .40
 ANALYSIS OF HOURLY TIDAL HEIGHTS STN 701 14H 10/12/98 TO 24H 31/12/99
 NO.OBS.= 9275 NO.PTS.ANAL.= 9275 MIDPT=19H 21/ 6/99 SEPARATION =1.00

NO	NAME	FREQUENCY	STN	M-Y/ M-Y	AL	GL	A	GNWCH
1	Z0	.00000000	701	1298/1299	134.5754	.00	134.5754	.00
2	SA	.00011407	701	1298/1299	5.0580	247.58	5.0580	80.97
3	SSA	.00022816	701	1298/1299	3.8962	293.46	3.8962	114.38
4	MSM	.00130978	701	1298/1299	.9630	12.62	.9630	303.99
5	MM	.00151215	701	1298/1299	.9994	327.32	.9994	203.15
6	MSF	.00282193	701	1298/1299	1.4474	5.38	1.4474	172.58
7	MF	.00305009	701	1298/1299	.3625	241.74	.3625	229.86
8	ALP1	.03439657	701	1298/1299	.0242	31.52	.0216	66.63
9	2Q1	.03570635	701	1298/1299	.0089	67.19	.0080	33.07
10	STG1	.03590872	701	1298/1299	.0430	212.69	.0381	124.15
11	Q1	.03721850	701	1298/1299	.1206	254.50	.1071	96.79
12	RHO1	.03742087	701	1298/1299	.0394	62.08	.0360	212.42
13	O1	.03873065	701	1298/1299	1.1063	280.23	.9704	358.78
14	TAU1	.03895881	701	1298/1299	.0648	256.55	.0735	341.20
15	BET1	.04004043	701	1298/1299	.0195	3.56	.0167	191.51
16	NO1	.04026859	701	1298/1299	.1220	292.50	.0997	351.34
17	CHI1	.04047097	701	1298/1299	.0696	320.66	.0614	296.11
18	PI1	.04143851	701	1298/1299	.1456	311.66	.1465	13.11
19	P1	.04155259	701	1298/1299	.8242	309.90	.8314	204.98
20	S1	.04166667	701	1298/1299	.3954	129.10	.2854	177.32
21	K1	.04178075	701	1298/1299	2.1479	307.77	1.9855	210.23
22	PSI1	.04189482	701	1298/1299	.0638	234.74	.0629	324.37
23	PHI1	.04200891	701	1298/1299	.0819	346.83	.0814	63.45
24	THE1	.04309053	701	1298/1299	.0973	314.13	.0893	150.97
25	J1	.04329290	701	1298/1299	.1653	280.49	.1529	64.01
26	SO1	.04460268	701	1298/1299	.1075	300.23	.0941	11.59
27	OO1	.04483084	701	1298/1299	.2113	290.86	.1302	217.32
28	UPS1	.04634299	701	1298/1299	.1343	292.80	.0857	88.70
29	OQ2	.07597494	701	1298/1299	.0344	322.28	.0403	315.13
30	EPS2	.07617731	701	1298/1299	.0689	354.62	.0737	294.02
31	2N2	.07748710	701	1298/1299	.0535	280.02	.0593	149.82
32	MU2	.07768947	701	1298/1299	.1034	271.59	.1074	88.18
33	N2	.07899925	701	1298/1299	.7103	268.48	.7314	17.08
34	HU2	.07920162	701	1298/1299	.1511	275.73	.1551	328.57
35	H1	.08039733	701	1298/1299	.1223	212.47	.1285	184.34
36	M2	.08051140	701	1298/1299	3.9588	265.92	4.0670	250.26
37	H2	.08062547	701	1298/1299	.0321	229.67	.0326	46.73
38	MKS2	.08073957	701	1298/1299	.0910	185.63	.0762	4.25
39	LDA2	.08182118	701	1298/1299	.0729	259.43	.0752	355.35
40	L2	.08202355	701	1298/1299	.1089	257.65	.1186	307.31
41	T2	.08321926	701	1298/1299	.1260	333.28	.1260	289.89
42	S2	.08333334	701	1298/1299	2.6617	281.61	2.6577	71.52
43	R2	.08344740	701	1298/1299	.0771	344.69	.0955	142.35
44	K2	.08356149	701	1298/1299	.7213	273.15	.5888	257.35
45	MSN2	.08484548	701	1298/1299	.0070	114.23	.0073	139.88
46	ETA2	.08507364	701	1298/1299	.0649	295.47	.0533	166.93
47	MO3	.11924210	701	1298/1299	.0528	81.73	.0476	144.62
48	M3	.12076710	701	1298/1299	.1148	35.78	.1195	12.17
49	SO3	.12206400	701	1298/1299	.0164	167.49	.0143	35.95
50	MK3	.12229210	701	1298/1299	.0353	312.48	.0335	199.27
51	SK3	.12511410	701	1298/1299	.0625	305.76	.0577	358.13
52	MN4	.15951060	701	1298/1299	.0190	70.09	.0200	163.03
53	M4	.16102280	701	1298/1299	.0265	117.48	.0280	86.16
54	SN4	.16233260	701	1298/1299	.0119	134.26	.0123	32.77
55	MS4	.16384470	701	1298/1299	.0297	156.86	.0305	291.10
56	MK4	.16407290	701	1298/1299	.0179	160.33	.0150	128.87
57	S4	.16666670	701	1298/1299	.0105	100.83	.0104	40.65
58	SK4	.16689480	701	1298/1299	.0237	227.92	.0193	2.03
59	2MK5	.20280360	701	1298/1299	.0092	159.50	.0090	30.63
60	2SK5	.20844740	701	1298/1299	.0177	112.82	.0163	315.09
61	2MN6	.24002200	701	1298/1299	.0119	91.47	.0129	168.74
62	M6	.24153420	701	1298/1299	.0155	108.42	.0168	61.43
63	2MS6	.24435610	701	1298/1299	.0255	217.09	.0268	335.67
64	2MK6	.24458430	701	1298/1299	.0175	344.57	.0151	297.44
65	2SM6	.24717810	701	1298/1299	.0148	96.75	.0152	20.90
66	MSK6	.24740620	701	1298/1299	.0179	139.00	.0150	257.44
67	3MK7	.28331490	701	1298/1299	.0150	98.40	.0151	313.86
68	M8	.32204560	701	1298/1299	.0105	299.36	.0117	236.71

3. ERDEK MAREOGRAF İSTASYONU

ERDEK Units in CM
 STATION 03 TIME ZONE = 0, LATITUDE = 4023, LONGITUDE = 2751
 NUMBER OF VALID DATA = 8476 AVERAGE =184.25 STANDARD DEVIATION = 9.12
 THEORETICAL RMS = 8.79 MATRIX CONDITION = .80
 ANALYSIS OF HOURLY TIDAL HEIGHTS STN 703 1H 1/ 1/ 0 TO 1H 26/12/ 0
 NO.OBS.= 8641 NO.PTS.ANAL.= 8641 MIDPT= 1H 29/ 6/ 0 SEPARATION =1.00

NO	NAME	FREQUENCY	STN	M-Y/	M-Y	AL	GL	A	GNWCH
1	Z0	.00000000	703	1 0/12	0184.1691	.00		184.1691	.00
2	SSA	.00022816	703	1 0/12	0 2.4589	73.13		2.4589	238.27
3	MSM	.00130978	703	1 0/12	0 1.0198	280.49		1.0198	307.96
4	MM	.00151215	703	1 0/12	0 .4527	143.01		.4527	182.34
5	MSF	.00282193	703	1 0/12	0 1.4069	323.76		1.4069	30.56
6	MF	.00305009	703	1 0/12	0 1.5360	240.25		1.5360	112.19
7	ALP1	.03439657	703	1 0/12	0 .0136	89.01		.0130	78.43
8	2Q1	.03570635	703	1 0/12	0 .0461	280.88		.0446	297.23
9	SIG1	.03590872	703	1 0/12	0 .0457	157.05		.0435	185.15
10	Q1	.03721850	703	1 0/12	0 .0913	67.45		.0869	123.11
11	RHO1	.03742087	703	1 0/12	0 .0709	119.64		.0701	185.19
12	O1	.03873065	703	1 0/12	0 .8387	70.27		.7906	165.13
13	TAU1	.03895881	703	1 0/12	0 .0483	295.51		.0515	16.26
14	BET1	.04004043	703	1 0/12	0 .1666	176.47		.1541	116.81
15	NO1	.04026859	703	1 0/12	0 .2195	127.16		.1009	255.51
16	CHI1	.04047097	703	1 0/12	0 .1131	254.30		.1068	38.04
17	P1	.04155259	703	1 0/12	0 .4914	110.02		.4943	283.04
18	K1	.04178075	703	1 0/12	0 1.2140	107.86		1.1680	273.96
19	PHI1	.04200891	703	1 0/12	0 .0557	235.64		.0555	195.59
20	THE1	.04309053	703	1 0/12	0 .1094	115.97		.1037	315.45
21	J1	.04329290	703	1 0/12	0 .0581	107.80		.0585	317.20
22	SO1	.04460268	703	1 0/12	0 .1205	222.82		.1135	97.84
23	OO1	.04483084	703	1 0/12	0 .2316	171.79		.1497	236.62
24	UPS1	.04634299	703	1 0/12	0 .1925	331.63		.1455	77.83
25	OQ2	.07597494	703	1 0/12	0 .0257	225.64		.0306	14.49
26	EPS2	.07617731	703	1 0/12	0 .0354	267.27		.0382	66.30
27	2N2	.07748710	703	1 0/12	0 .0575	52.30		.0643	239.07
28	MU2	.07768947	703	1 0/12	0 .0541	165.12		.0559	3.45
29	N2	.07899925	703	1 0/12	0 .0763	187.57		.0772	53.46
30	NU2	.07920162	703	1 0/12	0 .0197	335.13		.0201	212.96
31	M2	.08051140	703	1 0/12	0 .4775	209.10		.4855	114.22
32	MKS2	.08073957	703	1 0/12	0 .0552	222.41		.0499	309.35
33	LDA2	.08182118	703	1 0/12	0 .0183	33.17		.0186	146.11
34	L2	.08202355	703	1 0/12	0 .0362	222.12		.0446	345.90
35	S2	.08333334	703	1 0/12	0 .2902	231.12		.2900	201.00
36	K2	.08356149	703	1 0/12	0 .2020	262.08		.1798	53.78
37	MSN2	.08484548	703	1 0/12	0 .0464	350.12		.0477	359.24
38	ETA2	.08507364	703	1 0/12	0 .0469	270.89		.0460	110.11
39	MO3	.11924210	703	1 0/12	0 .0321	312.59		.0307	312.58
40	M3	.12076710	703	1 0/12	0 .0217	106.48		.0223	144.11
41	SO3	.12206400	703	1 0/12	0 .0352	259.83		.0331	324.58
42	MK3	.12229210	703	1 0/12	0 .0331	307.86		.0324	19.09
43	SK3	.12511410	703	1 0/12	0 .0359	318.52		.0345	94.51
44	MN4	.15951060	703	1 0/12	0 .0120	151.24		.0123	282.26
45	M4	.16102280	703	1 0/12	0 .0050	258.94		.0052	69.19
46	SN4	.16233260	703	1 0/12	0 .0228	228.07		.0231	63.84
47	MS4	.16384470	703	1 0/12	0 .0219	76.35		.0222	311.37
48	MK4	.16407290	703	1 0/12	0 .0261	40.14		.0236	96.97
49	S4	.16666670	703	1 0/12	0 .0253	337.68		.0252	277.45
50	SK4	.16689480	703	1 0/12	0 .0184	301.34		.0164	62.93
51	2MK5	.20280360	703	1 0/12	0 .0469	46.73		.0466	23.08
52	2SK5	.20844740	703	1 0/12	0 .0056	329.99		.0054	75.86
53	2MN6	.24002200	703	1 0/12	0 .0354	344.90		.0370	21.04
54	M6	.24153420	703	1 0/12	0 .0504	89.28		.0530	164.65
55	2MS6	.24435610	703	1 0/12	0 .0186	219.95		.0192	.09
56	2MK6	.24458430	703	1 0/12	0 .0364	220.94		.0335	182.89
57	2SM6	.24717810	703	1 0/12	0 .0182	178.38		.0185	23.28
58	MSK6	.24740620	703	1 0/12	0 .0427	351.82		.0386	18.53
59	3MK7	.28331490	703	1 0/12	0 .0116	140.49		.0117	21.96
60	M8	.32204560	703	1 0/12	0 .0403	33.00		.0431	13.50

4. MENTEŞ MAREOGRAF İSTASYONU

MENTES Units in CM
 STATION 02 TIME ZONE = 0, LATITUDE = 3826, LONGITUDE = 2643
 NUMBER OF VALID DATA = 6964 AVERAGE =174.41 STANDARD DEVIATION = 11.34
 THEORETICAL RMS = 8.33 MATRIX CONDITION = .02
 ANALYSIS OF HOURLY TIDAL HEIGHTS STN 702 1H 1/ 1/ 0 TO 24H 31/12/ 0
 NO.OBS.= 8784 NO.PTS.ANAL.= 8784 MIDPT= 0H 2/ 7/ 0 SEPARATION =1.00

NO	NAME	FREQUENCY	STN	M-Y/	M-Y	AL	GL	A	GNWCH
1	Z0	.00000000	702	1	0/12	0176.5429	.00	176.5429	.00
2	SA	.00011407	702	1	0/12	0	6.6378	203.84	6.6378 26.44
3	SSA	.00022816	702	1	0/12	0	5.4804	140.20	5.4804 299.51
4	MSM	.00130978	702	1	0/12	0	3.2532	254.62	3.2532 248.62
5	MM	.00151215	702	1	0/12	0	1.4574	193.49	1.4574 194.17
6	MSF	.00282193	702	1	0/12	0	1.2909	26.74	1.2909 21.42
7	MF	.00305009	702	1	0/12	0	1.1050	232.94	1.1050 26.93
8	ALP1	.03439657	702	1	0/12	0	.1336	354.89	.1272 185.07
9	2Q1	.03570635	702	1	0/12	0	.1743	74.06	.1679 257.75
10	SIG1	.03590872	702	1	0/12	0	.2681	350.28	.2554 180.52
11	Q1	.03721850	702	1	0/12	0	.2535	282.62	.2410 106.96
12	RHO1	.03742087	702	1	0/12	0	.1689	264.86	.1674 93.89
13	O1	.03873065	702	1	0/12	0	1.3044	301.48	1.2305 126.38
14	TAU1	.03895881	702	1	0/12	0	.0606	129.31	.0648 294.30
15	BET1	.04004043	702	1	0/12	0	.2247	182.98	.2080 179.88
16	NO1	.04026859	702	1	0/12	0	.3247	33.46	.1554 212.15
17	CHI1	.04047097	702	1	0/12	0	.1212	354.03	.1146 183.34
18	PI1	.04143851	702	1	0/12	0	.0711	143.99	.0713 152.14
19	P1	.04155259	702	1	0/12	0	1.0177	318.55	1.0236 149.47
20	S1	.04166667	702	1	0/12	0	.1867	170.74	.1337 143.37
21	K1	.04178075	702	1	0/12	0	2.5401	319.76	2.4448 137.95
22	PSI1	.04189482	702	1	0/12	0	.3023	56.96	.2999 50.20
23	PHI1	.04200891	702	1	0/12	0	.2618	54.90	.2606 21.08
24	THE1	.04309053	702	1	0/12	0	.0708	27.51	.0673 205.61
25	J1	.04329290	702	1	0/12	0	.0599	320.07	.0600 142.90
26	SO1	.04460268	702	1	0/12	0	.1637	38.83	.1543 213.82
27	OO1	.04483084	702	1	0/12	0	.3199	299.82	.2078 298.66
28	UPS1	.04634299	702	1	0/12	0	.0660	76.44	.0498 78.08
29	OQ2	.07597494	702	1	0/12	0	.0934	86.22	.1104 93.14
30	EPS2	.07617731	702	1	0/12	0	.1736	63.56	.1870 75.51
31	2N2	.07748710	702	1	0/12	0	.1865	27.46	.2078 33.67
32	MU2	.07768947	702	1	0/12	0	.1078	83.02	.1113 95.62
33	N2	.07899925	702	1	0/12	0	.9930	50.29	1.0048 56.95
34	NU2	.07920162	702	1	0/12	0	.1453	63.26	.1481 76.69
35	H1	.08039733	702	1	0/12	0	.2769	141.06	.2920 144.85
36	M2	.08051140	702	1	0/12	0	5.7708	38.61	5.8664 45.87
37	H2	.08062547	702	1	0/12	0	.1715	170.21	.1731 359.25
38	MKS2	.08073957	702	1	0/12	0	.0540	1.17	.0488 184.42
39	LDA2	.08182118	702	1	0/12	0	.0581	338.87	.0592 160.46
40	L2	.08202355	702	1	0/12	0	.1464	75.24	.1803 262.39
41	T2	.08321926	702	1	0/12	0	.3434	62.60	.3434 240.00
42	S2	.08333334	702	1	0/12	0	4.0390	61.12	4.0355 61.01
43	R2	.08344740	702	1	0/12	0	.1118	57.95	.1380 54.75
44	K2	.08356149	702	1	0/12	0	1.2741	57.09	1.1352 232.98
45	MSN2	.08484548	702	1	0/12	0	.0326	229.91	.0335 230.39
46	ETA2	.08507364	702	1	0/12	0	.0751	108.97	.0734 293.69
47	MO3	.11924210	702	1	0/12	0	.0476	279.79	.0457 111.94
48	M3	.12076710	702	1	0/12	0	.0889	237.45	.0911 68.29
49	SO3	.12206400	702	1	0/12	0	.0322	59.14	.0304 243.92
50	MK3	.12229210	702	1	0/12	0	.0395	3.84	.0387 189.29
51	SK3	.12511410	702	1	0/12	0	.0244	77.10	.0235 255.18
52	MN4	.15951060	702	1	0/12	0	.0478	66.97	.0492 80.89
53	M4	.16102280	702	1	0/12	0	.0265	3.14	.0274 17.65
54	SN4	.16233260	702	1	0/12	0	.0234	161.56	.0237 168.11
55	MS4	.16384470	702	1	0/12	0	.0206	145.29	.0209 152.44
56	MK4	.16407290	702	1	0/12	0	.0211	200.31	.0191 23.46
57	S4	.16666670	702	1	0/12	0	.0816	222.87	.0815 222.65
58	SK4	.16689480	702	1	0/12	0	.0101	131.35	.0090 307.13
59	2MK5	.20280360	702	1	0/12	0	.0049	334.20	.0049 166.90
60	2SK5	.20844740	702	1	0/12	0	.0292	246.11	.0281 64.07
61	2MN6	.24002200	702	1	0/12	0	.0453	237.63	.0473 258.80
62	M6	.24153420	702	1	0/12	0	.0983	39.21	.1032 60.98
63	2MS6	.24435610	702	1	0/12	0	.2005	55.53	.2070 69.93
64	2MK6	.24458430	702	1	0/12	0	.0525	328.07	.0484 158.47
65	2SM6	.24717810	702	1	0/12	0	.0625	77.94	.0634 84.97
66	MSK6	.24740620	702	1	0/12	0	.0323	134.62	.0292 317.65
67	3MK7	.28331490	702	1	0/12	0	.0175	132.96	.0177 332.92
68	M8	.32204560	702	1	0/12	0	.0495	321.01	.0529 350.03

**ANTALYA-II, BODRUM-II, ERDEK VE MENTEŞ MAREOGRAF
İSTASYONLARI AYLIK ORTALAMA DENİZ SEVİYESİ DEĞERLERİ**

**1. ANTALYA-II MAREOGRAF İSTASYONU AYLIK ORTALAMA DENİZ
SEVİYESİ DEĞERLERİ**

AY YIL	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
1985	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	1283	1204
1986	1290	1337	1141	1208	1236	1300	1376	1372	1329	1265	1230	1198
1987	1288	1243	1231	1215	1236	1267	1362	1374	1298	1285	1225	1334
1988	1174	1223	1202	1170	1186	1281	1326	9999	1279	1228	9999	1240
1989	1113	998	1173	1171	1171	1241	9999	1348	1311	9999	1339	1266
1990	1075	1206	1045	9999	1184	1304	1402	1411	1399	1327	1266	1298
1991	1164	1146	1169	1166	1181	1279	1375	1423	1314	1291	1271	1302
1992	1203	1102	1049	1204	1201	1331	1340	1384	1344	1298	1266	1136
1993	1202	9999	9999	1159	1204	1256	1325	1353	1327	1245	9999	1201
1994	1259	1258	1158	1222	1283	1302	1400	1443	1396	1353	1370	9999
1995	9999	9999	1176	1217	1236	1301	1403	1404	1349	1235	1291	1279
1996	1322	1267	1277	1223	9999	9999	9999	9999	1369	1340	1352	1398
1997	1329	1130	1162	1165	1272	1331	1406	1433	1349	1374	1401	1441
1998	1281	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999
1999	1308	1323	1293	1294	1313	1371	1457	9999	1428	1389	1308	1266
2000	1282	9999	9999	9999	1299	1297	1427	1393	1413	1360	1351	1357
2001	1334	1286	1338	1246	1334	1327	1438	1442	1435	1379	1347	1397
2002	1298	1259	1306	1347	1306	1342	1412	1463	1427	1373	1408	1402

**2. BODRUM-II MAREOGRAF İSTASYONU AYLIK ORTALAMA DENİZ SEVİYESİ
DEĞERLERİ**

AY YIL	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
1985	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	1274
1986	1381	1428	1207	1268	1263	1317	1351	1366	1366	1307	1242	1257
1987	1346	1313	1282	1273	1272	1269	1343	1339	1317	1326	1297	1370
1988	1266	1286	1295	1234	1208	1256	1302	1338	1293	1267	1245	1270
1989	1146	1035	9999	9999	9999	1242	9999	9999	9999	9999	9999	9999
1990	9999	1419	1259	1216	9999	1225	1305	1318	1311	1299	1289	1325
1991	9999	9999	9999	1132	1132	1195	1267	1292	1204	1227	1208	1228
1992	1092	9999	959	1116	1084	1201	1129	9999	9999	9999	9999	9999
1993	9999	9999	9999	9999	1442	9999	9999	1472	1466	9999	9999	9999
1994	9999	9999	9999	1382	9999	9999	9999	9999	1384	1420	1381	1287
1995	1256	1255	9999	1198	1212	9999	1335	1321	1317	1240	1301	1313
1996	1335	1286	1246	9999	1303	1192	1248	1278	1262	1261	1340	1350
1997	1197	1022	1158	1158	1257	1283	1287	1323	1271	1328	1383	9999
1998	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999
1999	1336	1331	1315	1294	1298	1308	1389	9999	9999	1371	1321	1294
2000	1266	1242	1188	1358	1270	1258	1357	1338	1359	1333	1350	9999
2001	9999	9999	1344	1243	1304	1284	1365	1389	1402	1348	1337	1356
2002	1282	1282	1312	1336	1279	1305	1341	9999	1418	1358	1401	1415

3. MENTEŞ MAREOGRAF İSTASYONU AYLIK ORTALAMA DENİZ SEVİYESİ DEĞERLERİ

AY YIL	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
1985	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	1684
1986	1811	1844	9999	1710	1707	1778	1796	1774	1743	1669	1598	1682
1987	1722	1680	1674	1676	1729	1738	1770	1756	1713	1722	9999	1784
1988	1704	1721	1765	1705	1724	1779	1761	1748	1712	9999	1688	1742
1989	1557	1435	1646	1643	1659	1711	1706	1741	1696	1684	1768	1690
1990	1487	1624	1456	1661	1646	1727	1743	1741	1762	1739	1741	1786
1991	1594	1593	9999	1665	1681	1710	9999	1672	1718	1749	1722	1755
1992	9999	1470	1434	1608	9999	1730	1676	1715	1681	1782	1696	1660
1993	1696	9999	1396	1656	1704	1810	1703	1731	1664	1740	1762	9999
1994	9999	9999	1620	9999	1772	9999	1724	1734	1741	1720	1783	1816
1995	1718	1702	9999	1665	1710	1766	1790	1773	1784	1666	1729	1713
1996	1740	1711	1656	1642	1772	9999	1732	1758	1808	1769	1796	1865
1997	1778	1585	1599	1633	1738	9999	1769	1778	1742	1767	1825	1864
1998	1738	1700	1727	1706	1722	1761	9999	9999	9999	9999	9999	1850
1999	9999	9999	9999	9999	1757	1774	1831	1854	1826	1796	1752	1748
2000	1684	1672	1622	1820	9999	9999	9999	1760	1791	1757	1803	1791
2001	1808	1721	1798	1707	1758	1751	1810	1808	1855	1768	1747	1744
2002	1662	1715	1754	1777	1733	1767	1803	1837	1867	1824	1864	1835

4. ERDEK MAREOGRAF İSTASYONU AYLIK ORTALAMA DENİZ SEVİYESİ DEĞERLERİ

AY YIL	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
1984	9999	1735	1813	1824	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	1644
1985	1796	1660	1580	1719	1790	1798	1749	1779	1705	1652	1772	1692
1986	1816	1854	1631	1750	1726	1828	1842	1807	1748	1678	1607	1616
1987	1719	1685	1666	1704	1778	1793	1822	1807	1764	1742	1768	1821
1988	1738	1551	1776	1792	1790	1771	1750	1752	1807	1794	1790	1767
1989	1748	1729	1785	1774	1787	1768	1852	1756	1777	1792	9999	9999
1990	1756	1652	1796	1573	1527	1610	1609	1716	1805	1782	1821	1853
1991	1674	1694	1685	1755	1831	1861	1889	1883	1806	1857	1810	1719
1992	1618	1582	1593	1774	1701	1857	1803	1820	1739	1836	1746	1734
1993	9999	1550	1635	1726	1784	1768	9999	1740	1762	1735	1701	1783
1994	1810	1783	1696	1825	1865	9999	1881	1890	1872	1859	1809	1770
1995	1754	1746	1727	1750	9999	1843	1860	1847	1853	1719	1816	1795
1996	1808	1780	1736	1761	1889	1764	1808	1834	1849	1798	1846	1911
1997	1843	1702	1721	1799	1889	1926	1922	1920	1837	1889	1929	1955
1998	1853	1802	1790	1892	1925	1932	1966	1922	1918	9999	1791	9999
1999	9999	9999	9999	9999	1896	1925	1968	1969	1938	1890	1833	1841
2000	1760	9999	1776	1940	1853	1831	1912	1854	1885	1836	1872	1803
2001	9999	1760	9999	9999	9999	9999	1900	9999	9999	1797	1780	1738
2002	9999	1747	1783	1835	1822	1858	1909	1931	1960	1902	1940	1901

NOT: Birimler mm dir. 9999 lu değerler ilgili ayda donanım arızası sebebiyle ölçü olmadığı anlamına gelmektedir.

MAKSİMUM, MİNİMUM DENİZ SEVİYESİ DEĞERLERİNE İLİŞKİN TABLOLAR

1. ANTALYA-II MAREOGRAF İSTASYONU 1985-2002 SAATLİK DENİZ SEVİYESİ İSTATİSTİKLERİ

YIL	MAKS (mm)	MIN (mm)	MAKS- MIN FARK (mm)	ARİTMETİK ORTALAMA DEĞER (mm)	MAKS. ZAMAN			MİN. ZAMAN			YIL İÇİNDE MEVCUT SAATLİK ÖLÇÜ SAYISI	YIL İÇİNDE OLMASI GEREKEN ÖLÇÜ SAYISI
					Saat	Gün	Ay	Saat	Gün	Ay		
1985	1590	1020	570	1241	6	9	Kasım	1	9	Aralık	1501	8760
1986	1640	900	740	1273	21	9	Şubat	3	26	Mart	8718	8760
1987	1670	940	730	1281	21	21	Aralık	3	13	Şubat	8664	8760
1988	1590	880	710	1235	19	31	Ocak	3	19	Ocak	8448	8784
1989	1700	800	900	1219	21	28	Kasım	4	8	Şubat	8039	8760
1990	1650	770	880	1257	20	3	Aralık	2	9	Mart	8452	8760
1991	1650	850	800	1257	21	7	Aralık	2	28	Ocak	8760	8760
1992	1640	770	870	1239	17	21	Kasım	4	6	Mart	8688	8784
1993	1570	880	690	1233	8	31	Ağustos	3	23	Mart	7572	8760
1994	1640	850	790	1314	18	14	Kasım	14	26	Mart	8324	8760
1995	1630	930	700	1287	19	20	Kasım	1	28	Mart	7602	8760
1996	1720	970	750	1327	21	26	Aralık	3	21	Ocak	6720	8784
1997	1660	880	780	1317	21	15	Aralık	17	12	Nisan	8760	8760
1998	1590	1020	570	1318	19	7	Şubat	3	14	Ocak	1627	8760
1999	1575	986	589	1349	21	3	Ocak	15	4	Mart	8583	8760
2000	1574	1051	523	1349	20	11	Aralık	3	7	Şubat	7488	8784
2001	1582	1003	579	1359	5	3	Ocak	2	8	Nisan	8739	8760
2002	1572	1018	554	1362	1	9	Aralık	3	28	Şubat	8760	8760

2. BODRUM-II MAREOGRAF İSTASYONU 1985-2002 SAATLİK DENİZ SEVİYESİ İSTATİSTİKLERİ

YIL	MAKS. (mm)	MIN. (mm)	MAKS- MIN FARK (mm)	ARİTMETİK ORTALAMA DEĞER (mm)	MAKS. ZAMAN			MİN. ZAMAN			YIL İÇİNDE MEVCUT SAATLİK ÖLÇÜ SAYISI	YIL İÇİNDE OLMASI GEREKEN ÖLÇÜ SAYISI
					Saat	Gün	Ay	Saat	Gün	Ay		
1985	1540	1140	400	1292	22	29	Kasım	10	6	Aralık	877	8760
1986	1650	1040	610	1311	23	9	Şubat	19	1	Mart	8760	8760
1987	1680	1080	600	1312	21	20	Aralık	6	10	Kasım	8734	8760
1988	1600	1020	580	1271	21	31	Ocak	15	3	Nisan	8498	8784
1989	1680	930	750	1275	22	28	Kasım	6	9	Şubat	4489	8760
1990	1640	940	700	1285	1	14	Şubat	1	6	Mayıs	7851	8760
1991	1530	960	570	1204	21	7	Aralık	14	13	Nisan	7369	8760
1992	1340	710	630	1100	9	8	Ekim	4	5	Mart	5498	8784
1993	1620	1250	370	1455	20	15	Ekim	16	6	Mayıs	3157	8760
1994	1650	1110	540	1359	24	25	Ekim	5	20	Aralık	5119	8760
1995	1560	1010	550	1270	3	30	Aralık	4	2	Mart	7842	8760
1996	1740	1030	710	1277	20	3	Ocak	4	21	Ocak	8262	8784
1997	1570	880	690	1254	22	1	Aralık	4	9	Şubat	8410	8760
1998	1597	1070	527	1330	24	23	Aralık	4	13	Ocak	1072	8760
1999	1608	1042	566	1333	22	23	Kasım	9	29	Kasım	7910	8760
2000	1648	1029	619	1301	10	19	Nisan	2	2	Mart	7979	8784
2001	1593	1066	527	1332	21	27	Aralık	3	8	Nisan	7893	8760
2002	1648	1075	573	1341	10	16	Nisan	17	29	Mart	8510	8760

3. ERDEK MAREOGRAF İSTASYONU 1984-2002 SAATLİK DENİZ SEVİYESİ İSTATİSTİKLERİ

YIL	MAKS (mm)	MIN (mm)	MAKS- MIN FARK (mm)	ARİTMETİK ORTALAMA DEĞER (mm)	MAKS. ZAMAN			MİN. ZAMAN			YIL İÇİNDE MEVCUT SAATLİK ÖLÇÜ SAYISI	YIL İÇİNDE OLMASI GEREKEN ÖLÇÜ SAYISI
					Saat	Gün	Ay	Saat	Gün	Ay		
1984	2128	1490	638	1783	6	21	Kasım	9	26	Şubat	4724	8784
1985	2167	1309	858	1724	5	13	Şubat	20	25	Şubat	8714	8760
1986	2080	1290	790	1740	9	23	Şubat	22	8	Aralık	8653	8760
1987	2163	1423	740	1757	8	12	Ocak	12	25	Ocak	8613	8760
1988	2006	1376	630	1757	8	2	Mart	17	24	Şubat	8730	8784
1989	2040	1530	510	1778	3	6	Ekim	2	12	Ekim	7716	8760
1990	2170	1320	850	1708	5	1	Aralık	16	11	Nisan	8693	8760
1991	2170	1460	710	1789	24	15	Şubat	24	25	Ocak	8758	8760
1992	2060	1340	720	1733	1	7	Aralık	17	10	Mart	8777	8784
1993	2050	1350	700	1711	9	28	Aralık	15	12	Şubat	8345	8760
1994	2100	1490	610	1824	5	27	Ağustos	15	10	Mart	8498	8760
1995	2160	1450	710	1791	2	19	Kasım	2	14	Mart	8537	8760
1996	2230	1540	690	1815	6	25	Aralık	9	5	Ekim	8754	8784
1997	2260	1500	760	1861	6	4	Aralık	12	26	Ocak	8706	8760
1998	2220	1540	680	1879	14	4	Temmuz	20	18	Şubat	7041	8760
1999	2263	1509	754	1908	1	21	Aralık	4	30	Kasım	6118	8760
2000	2223	1492	731	1842	17	5	Nisan	17	28	Şubat	8476	8784
2001	2144	1477	667	1821	23	26	Şubat	13	12	Şubat	5851	8760
2002	2366	1524	842	1867	23	12	Ağustos	4	16	Şubat	8312	8760

4. MENTEŞ MAREOGRAF İSTASYONU 1985-2002 SAATLİK DENİZ SEVİYESİ İSTATİSTİKLERİ

YIL	MAKS. (mm)	MIN. (mm)	MAKS- MIN FARK (mm)	ARİTMETİK ORTALAMA DEĞER (mm)	MAKS. ZAMAN			MİN. ZAMAN			YIL İÇİNDE MEVCUT SAATLİK ÖLÇÜ SAYISI	YIL İÇİNDE OLMASI GEREKEN ÖLÇÜ SAYISI
					Saat	Gün	Ay	Saat	Gün	Ay		
1985	2040	1500	540	1703	1	29	Kasım	10	15	Aralık	882	8760
1986	2140	1360	780	1732	1	10	Şubat	22	1	Mart	8425	8760
1987	2090	1400	690	1726	4	11	Aralık	8	15	Mart	8162	8760
1988	2080	1420	660	1731	16	9	Mart	22	3	Nisan	8599	8784
1989	2050	1210	840	1664	24	25	Kasım	8	7	Şubat	8592	8760
1990	2070	1200	870	1675	23	14	Aralık	6	8	Mart	8742	8760
1991	2050	1310	740	1687	15	22	Aralık	10	3	Şubat	7773	8760
1992	2040	1110	930	1633	24	23	Ekim	21	7	Mart	8269	8784
1993	2070	1160	910	1675	23	9	Kasım	7	22	Mart	8059	8760
1994	2040	1390	650	1725	23	12	Kasım	23	15	Nisan	7388	8760
1995	2080	1430	650	1722	13	5	Kasım	20	3	Nisan	8476	8760
1996	2230	1380	850	1745	4	26	Aralık	20	7	Mart	8467	8784
1997	2110	1340	770	1737	3	2	Aralık	22	10	Nisan	8533	8760
1998	2080	1367	713	1758	23	29	Aralık	8	12	Ocak	7198	8760
1999	2141	1449	692	1790	15	23	Kasım	13	29	Kasım	6246	8760
2000	2240	1376	864	1744	3	30	Aralık	8	7	Mart	6982	8784
2001	2245	1474	771	1773	4	1	Ocak	8	25	Ocak	8716	8760
2002	2185	1387	798	1787	4	16	Nisan	6	11	Ocak	8699	8760