

# DENİZ DÜZEYİNİN YOZYILLIK DEĞİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ

Serif HEKİMOĞLU

## ÖZET

Ortalama deniz düzeyinin iklim değişikliği ve düşey yerkabuğu hareketleri nedeniyle yüzyıllık (secular) olarak değiştiği ve özellikle iklim değişmesinden dolayı yılda 1-2 mm kadar yükseldiği ileri sürülmektedir. Karaya göre bu değişim 700'ü aşkın deniz düzeyölçer (mareograf) duraklarında sürekli gözlenmektedir.

Bu incelemede yeryüzündeki tüm deniz düzey verilerinin regresyon analizi ile belirgin olarak yüzyıllık eğilimin (trendin) varlığı istatistiksel testlerle ortaya konmuştur. Yüzyıllık eğilimler n. dereceden polinomlarla tanımlanıp belli başlı uzun peryotlu gel-git titreşimleri kurulan fonksiyonel modele katılmıştır. Ayrıca takvim zamanının aylara göre düzgün dağılmaması ile ilgili soruna bir çözüm getirilmiştir.

## ABSTRACT

The mean sea level changes secularly due to climatic changes and the vertical movement of earth's crust. Due to climatic changes it rises at a rate of about 1-2 mm per year. Situation of the sea level relative to the land is continuously recorded at about 700 tide gauge stations distributed worldwide.

In this study the secular changes in the sea level are investigated using statistical methods at all the tide gauge stations over the world. The secular changes in the sea level are modelled as a polynomial of order n and the long periodic constituents of tide are also considered in this functional model. Furthermore the problem of uneven distribution of calendar time in months is solved here.

## 1. GİRİŞ

Deniz düzeyi; iklim değişmesi, izostatik ve tektonik düşey yerkabuğu hareketleri, gel-git kuvvetleri, meteorolojik etmenler (basınç, sıcaklık ve

rüzgar), tuzluluk ve yoğunluğun değişmesi, akıntılar, ırmakların getirdiği artıklar vb. olaylar nedeniyle sürekli değişir. En önemlisi, deniz düzeyinin yüzyıllık değişim göstermesidir. Bu olgu iklim değişmesi ile düşey yerkabuğu hareketlerinden kaynaklanır. Ayrıca yerel hava basıncı ve rüzgar kuvveti de yüzyıllık değişim yaratabilmektedir (THOMPSON, bak. EOS 1985).

Deniz düzeyi değişimlerinin nedenleri, nasıl ölçüldüğü ve özellikle jeodezi ve jeodinamik bakımından önemi üzerinde ayrıntılı olarak başka bir yazıda bilgi verilmiştir (HEKİMOĞLU, 1987).

Global ortalama deniz düzeyinin, özellikle 20. yüzyılda, yılda yaklaşık 1-2 mm kadar yükseldiği ileri sürülmektedir (Report, 1984). Bu yükseliş geçen yüzyılda da bir çok deniz düzeyölçer durağında görülmüştür (GUTENBERG, 1941).

Deniz düzeyi değişimlerine ilk önce, İskandinavya'daki buzulçağı sonrası kara yükselmesi dolayısıyla ilgi duyulmuştur. Daha sonra tüm deniz düzeyi değişimlerinin düşey yerkabuğu hareketleri ile açıklanamayacağı ve ayrıca deniz suyu hacminde de artışlar olduğu anlaşılmıştır. Hacimsel (Eustatic) deniz düzeyi artışını ilk önce GUTENBERG (1941) araştırıp kestirmiştir. ROSSITER (1960, 1967) yalnızca Avrupa'daki durakları gözönüne almış ve ortalama deniz düzeyi değişimini belirlemek için kapsamlı bir yöntem geliştirmiştir. Daha sonra bir çok araştırmacı bu konu ile ilgilenmiştir (LISITZIN, 1974).

Hacimsel deniz düzeyi değişimlerinin iklim değişmesi ile doğrudan ilişkili olması, bu konuya duyulan ilgiyi artırdığından, konu üzerine yeni araştırmalar yapılmaktadır (EMERY, 1980, EMERY ve AUBREY, 1985, GORNITZ vd. 1982, Report 1984, NAKİBOĞLU ve HEKİMOĞLU, 1986).

Halen çalışır durumda olan deniz düzeyölçer duraklarının büyük bir bölümü Batı Avrupa, Kuzey Amerika ve Japonya kıyılarında bulunmaktadır. Dolayısıyla tüm yeryüzü kıyılarına düzgün olarak dağılmamışlardır. Bu durumu düzeltmek için hiçbir durak olmayan kıyılara yeni durak kurma çalışmaları uluslararası düzeyde başlatılmıştır (EOS, 1985).

Deniz düzeyi değişimleri, deniz bilimleri, jeofizik, jeodinamik ve jeodezi bilimleri arasında ortak bir ilgi alanı oluşturur. Bu konuda şu ortak sorunlardan söz edilebilir :

Global ortalama deniz düzeyindeki artış düşey yerkabuğu hareketleri sonucu oluşan deniz düzeyi değişimlerinden nasıl ayrılacaktır?

Bu artışın ne kadarı kutuplardaki buzların erimesinden, ne kadarı deniz üst tabakalarının genişlemesinden kaynaklanmaktadır?

Bu artışın kutuplardaki buzların erimesinden kaynaklanan kesimi, kütle hareketi sonucu olduğundan yeryuvarının dönmesini ve dolayısıyla günün uzunluğunu nasıl ve ne kadar etkileyecektir?

İlk bakışta verilerin belirgin bir eğilimi (trendi) olup olmadığı aylık verilerden elde edilen yıllık veya daha genel olarak kayan ortalamalardan çizilen şekillerden görülebilir. Genellikle yüzyıllık eğilimi belirlemek için En Küçük Kareler Yöntemi (EKKY) ile regresyon doğrusu geçirilir (EMERY, 1980, EMERY ve AUBREY, 1985, CORNITZ vd. 1982, ROSSITER, 1960) veyahut genel bir polinom kullanılır (ROSSITER, 1967, NAKİBOĞLU ve HEKİMOĞLU, 1986). Ayrıca fonksiyonel modelin tamamlanması için uzun periyotlu gel-git titreşimleri ve hava basıncı ile rüzgar kuvveti etkilerinin de katılması gerekir.

İklim değişmesinden kaynaklanan toplu ortalama deniz düzeyi değişimini belirlemek için çeşitli yöntemler ortaya konmuştur (GUTENBERG, 1941, BARNETT, 1983, EMERY, 1980, EMERY ve AUBREY, 1985, GORNITZ vd. 1982, NAKİBOĞLU ve HEKİMOĞLU, 1986). Bu konu başka bir yazımızda daha ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

Deniz düzey verilerinin bazı istenmeyen hatalarla yüklü olduğu bilinmektedir. Bazı duraklarda gözlemler aylık ortalamalara indirgenirken ayrı yöntemler kullanılmış, hem gece ve hem gündüz yapılması gereken gözlemler yalnızca gündüz yapılmış veya dayanak (referans) noktası yer değiştirmiş olabilir. Bazı duraklarda, komşu duraklarda gözlenmeyen birdenbire bir düşme ya da sıçrama görülebilir. Durak noktasının yüksekliği herhangi bir nedenle değişince, buna uygun olarak okumalar düzeltilmemiş olabilir (GUTENBERG, 1941). Dolayısıyla bazı duraklardaki verilerin doğruluğu ve güvenilirliği ile genel olarak verilerin standart olup olmadığı sorunu ortaya çıkar.

Bir durakta sürekli elde edilen jeofizik veriler genel olarak her saat başı sayısal olarak yazılır ve biriktirilir. Bunların içerdiği günlük, aylık, yıllık hatta daha uzun periyotlu titreşimlerden yüzyıllık eğilime kadar uzanan geniş bir frekans alanıyla ilgilenilir. Deniz düzey verileri genellikle aylık veya yıllık ortalamalara indirgenir. Böylece seçilen indirgeme uzunluğundan daha kısa periyotlu titreşimler süzölmüş olur.

Deniz düzey verileri PSMSL (The Permanent Service for Mean Sea Level)

tarafından toplanır, standartlaştırılarak biriktirilir. İstendiği zaman aylık ve yıllık ortalamalar olarak gönderilir.

PSMSL tarafından gönderilen veriler takvim zamanına göre düzenlenmiştir. Takvim zamanı, bazı ayların 30, bazılarının 31 ve Şubat ayının 28 (her dört yılda bir 29) gün çekmesi nedeniyle aylara göre düzgün dağılmaz. Bu durumun bazı hatalara yol açtığı ileri sürülmektedir (CARTWRIGHT, 1983).

Geleneksel jeodezide jeoide en yakın gerçekleştirilebilir bir yüzey olan ortalama deniz yüzeyi zaman içinde durağan varsayılmıştır. Bir deniz düzeyölçer durağında elde edilen bir yılı aşkın verilerin ortalaması 1. derece nivelman ağları için sıfır yüksekliği olarak alınır (TORGE, 1975, VANICEK ve KRAKIWSKY, 1982). Ortalama deniz düzeyinin yüzyıllık bir eğilim göstermesi, bu varsayımın geçersizliğini, dolayısıyla jeoid tanımının ve düşey datumun yeniden gözden geçirilmesi, yani, zaman boyutunun da gözönüne alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada, PSMSL'den alınmış olan yaklaşık 700 kadar deniz düzeyölçer durağındaki veriler kullanılarak, her duraktaki verilerin belirgin bir yüzyıllık eğilim gösterip göstermedikleri, hiçbir ön eleme yapılmadan istatistiksel test yöntemleriyle incelenmiştir. Yüzyıllık eğilim, fonksiyonel modelde n. dereceden bir polinomla tanımlanmış, ayrıca belli başlı uzun periyotlu gel-git titreşimleri de gözönüne alınmıştır. Ortaya çıkan yüzyıllık eğilimlerin özellikleri incelenmiş ve ayrıca takvim zamanının aylara göre düzgün dağılmaması sorununa bir çözüm getirilmiştir.

## 2. DÜZGÜN DAĞILMIŞ BİR ZAMAN DİZGESİ

Bu incelemede PSMSL'den getirilen aylık ortalama değerler kullanılmıştır. CARTWRIGHT (1983) tarafından ileri sürülen takvim zamanının aylara göre düzgün dağılmaması sorunu, söz konusu zamandan düzgün dağılmış bir  $t'$  zaman dizgesine geçilerek çözülmüştür. Takvim zamanındaki bir yıl, bilindiği gibi 365, dörde bölünebilen yıllarda ise 366 ortalama güneş gününden oluşur.

Buna karşılık bir julian yılı 365,25 ortalama güneş günüdür (MUELLER, 1977). Bu julian yılı 12 eşit parçaya bölünerek aylara göre eşaralıklı düzgün dağılmış yeni bir zaman dizgesi elde edilebilir. Bu da  $t$  ile gösterilsin. Böylece  $t$  zaman dizgesindeki bir ay 30,4375 (=365,25/12) gün etmesine karşılık  $t'$  zaman dizgesinde ise aya göre 31, 30, 28 veya dört yılda bir 29 gün

eder (Şekil-1). Dörde bölünebilen yıllar artık yıl sayılır ve bu yıllarda Şubat 29 çeker. Ayrıca 1900 yılı da artık yıl sayılır (MUELLER, 1977). t zaman dizgesi, t' zaman dizgesi ile 4 yılda bir (0,25 x 4=1 gün) yani artık yıllarda, daha genel olarak 1461 (=365,25 x 4) günde bir çakışır.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	t
30,4	30,4	30,4								30,4	30,4	.....
31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	t'
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ocak	Şubat	Mart	Nisan	...							Aralık	

Yıl : 1961

Şekil-1 : Takvim Zamanı (t') İle Düzgün Dağılmış Zaman (t).

Bu özellikten yararlanarak iki zaman dizgesi arasında dönüşüm yapılabilir. Veriler aylık ortalama değerler olarak t' zaman dizgesinde bulunur. Bunları kullanmak asıl olduğundan bu aylık ortalamaların t zaman dizgesindeki karşılıkları şu formülle bulunabilir :

$$t_{i.ay} = t_{(i-1).ay} + \frac{t'_{i.ay} - t'_{(i-1).ay} \text{ (Takvim ayının gün sayısı)}}{30,4375}$$

$$\begin{cases} i = 1, 2, 3, \dots \\ t_{0.ay}, t'_{0.ay} = 0 \end{cases}$$

Buna göre örneğin 1961 yılı Ocak ayı başlangıç alınırsa t' ile t zaman dizgeleri şöyle olur :

$$\begin{aligned} t' = 1 \text{ (.ay) iken} \quad t_1 &= 0 + 31/30,4375 = 1,018 \ 48 \text{ (.ay)} \\ t' = 2 \quad " \quad t_2 &= t_1 + 28/30,4375 = 1,938 \ 40 \quad " \\ t' = 3 \quad " \quad t_3 &= t_2 + 31/30,4375 = 2,956 \ 88 \quad " \\ \dots & \quad \dots \end{aligned}$$

Bu çalışmada daha çok yüzyıllık eğilimlerle ilgilenildiği için takvim zaman dizgesindeki bu düzensizliklerin istenilen sonuçları önemlice değiştirmedeği, dolayısıyla gözardı edilebileceği yapılan hesaplamalardan görülmüştür.

### 3. DENİZ DÜZEYİNİN YOZYILLIK DEĞİŞİMLERİ

Deniz düzeyinin giriş bölümünde sayılan birçok nedenden dolayı değiştiği bilinmektedir. En önemlisi, deniz düzeyi değişimlerinin yüzyıllık bir eğilim göstermesidir. Bu olgu, jeofizik, jeodinamik, deniz bilimleri ve jeodezi bakımından büyük önem taşır. Deniz düzeyinin yüzyıllık eğilimi genel olarak, iklim değişmesi ile düşey yerkabuğu hareketlerine bağlanır.

İklim değişmesi, büyük ölçüde hızlı sanayileşmeden kaynaklandığı ileri sürülen atmosferdeki karbondioksit ve diğer gazların miktarlarının sürekli artmasıyla doğrudan ilişkilidir. Bu gazların "sera etkisi" nden dolayı atmosfer giderek ısınır. Böylece karbondioksit oranının sürekli büyümesi, yıllık ortalama sıcaklığın artmasına dolayısıyla iklim değişikliğine yol açar. Bunun sonucu olarak deniz yüzey tabakalarının genişmesi ve daha da önemlisi güney ve kuzey kutuplarındaki buz tabakalarının erimesi nedeniyle toplu ortalama deniz düzeyi sürekli yükselir, yani deniz hacmi sürekli büyür.

Diğer yandan düşey yerkabuğu hareketleri deyince, tektonik hareketler ve izostatik dengeye kavuşma hareketleri anlaşılır. Bu hareketler yerel veya bölgesel özellikte olabilir. Bunlar ortaya çıktıkları deniz kıyılarında veya denize yakın bölgelerdeki deniz düzey verilerini bozarak çok belirgin yüzyıllık eğilimler oluştururlar. İzostatik dengeye kavuşma, diğer bir deyişle buzul çağı sonrası karaların yükselmesi hareketi şöyle açıklanır. Jeolojik bulgulara göre zamanımızdan yaklaşık 18 bin yıl önce İskandinavya ve çevresi, Kuzey Kanada özellikle Hudson Körfezi ve çevresi buzlarla kaplıymış. Yerkabuğu fazladan gelen bu yük karşısında yavaş yavaş çökmüş. Binlerce metre kalınlığındaki bu buzlar, yaklaşık 11 bin yıl karanın üstünde kaldıktan sonra zamanımızdan yaklaşık 7 bin yıl önce tam olarak erimiş. Dolayısıyla bu ek buz yükü kalktıktan sonra çöken kara parçasının eski duruma dönmesi, yani izostatik dengeye kavuşabilmesi gerekmektedir. Yeryuvarının manto bölümü viskoelastik olduğundan bu kara parçası yavaş yavaş yükselmeye başlamış ve bu olay günümüzde de hala sürmektedir. Örneğin bu yükselme Kanada'nın kuzeyinde Hudson Körfezinde yılda yaklaşık 15 mm, İskandinavya ve Finlandiya'da 10 mm ye kadar ulaşır (EOS, 1985). Bu tür düşey yerkabuğu hareketleri denizin hacminde herhangi bir artışa neden olmaz, yalnızca bir miktar suyun denizlerde yeniden dağılımına yol açar (LAMBECK ve NAKİBOĞLU, 1984).

Deniz düzeyi değişimlerini yaratan etmenlerden bazıları periyodik bir yapı gösterir. Ay ve güneşin kütle çekim etkisinden kaynaklanan gel-git etkisi,

sıcaklık ve basıncın aynı zamanda yüksek dağlarda ve kutuplardaki kar ve buzların erimesinin mevsimden mevsime değişmesi, deniz düzeyinde periyodik sayılabilecek değişimlere neden olur.

#### 4. YOZYILLIK EĞİLİMLERİN GRAFİK OLARAK SAPTANMASI

İlk bakışta deniz düzeyi verilerinin aylık ortalamaları, belirgin bir eğilimin varlığını araştırmak için uygun değildir. Fakat yıllık ortalamalar veya aylık ortalamalardan kayan ortalama yöntemiyle bulunan ortalamalar çok daha uygundur. Zaten yıllık ortalamalar kayan ortalamaların özel bir halidir. Kayan ortalama basit olarak (Oppenheim 1983 : 414) ;

$$y(n) = \frac{1}{N+M+1} \sum_{k=-N}^M x(n-k)$$

ve genel ağırlıklı ortalama (Cartwright 1983 : 640) ;

$$y(n) = \sum_{k=-N}^N w(n)x(n-k)$$

ve

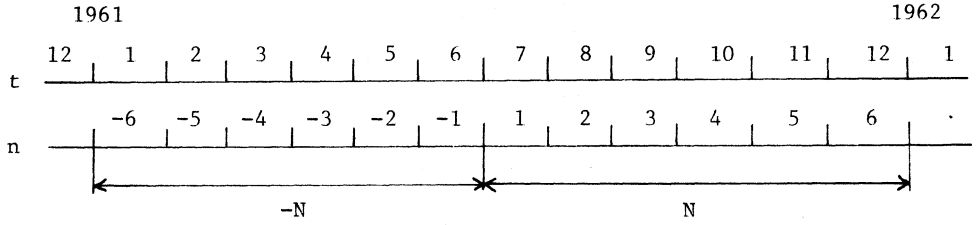
$$w(n) = \left\{ \begin{array}{ll} \frac{1}{2} (1 + \cos ( \frac{\pi \cdot n}{N} ) ), & -N \leq n \leq N \\ 0 & \text{bu aralık} \\ & \text{dışında} \end{array} \right\} \quad \begin{array}{l} \text{Hanning} \\ \text{penceresi} \end{array}$$

ile tanımlanır. Burada  $w(n)$  pencere fonksiyonu,  $x(n)$  veriler,  $y(n)$  ise kayan ortalamalardır.

CARTWRIGHT (1983), pencere fonksiyonunu, deniz düzey verilerine uygulamak bakımından şu biçimde önerir ;

$$w(n) = \frac{1}{2N} (1 + \cos (n - \frac{1}{2}) \frac{\pi}{N} ), \quad n = -N, \dots, 1, \dots, N$$

Burada  $2N$ , pencere fonksiyonunun periyodu,  $n - \frac{1}{2} = t - t_0$  ve  $t$  düzgün dağılmış zaman eksenini,  $t_0$  ise başlangıç zamanıdır. Örneğin yıllık kayan ortalama bulunmak istenirse, bir yılda 12 ay olduğundan ve ortadaki bir aya göre tam olarak ikiye bölmek olanaksız olduğundan 6. ayın bitimi ve 7. ayın başı başlangıç olarak seçilir, yani bu yeni  $n$  zaman ekseninde sıfır yoktur ve  $t_0 = 6,5$  alınır, (Şekil-2).



Şekil-2 : Kayan Ortalama.

Yıllık veya kayan ortalama almak suretiyle kısa dalga boylu periyodik hareketler ve ayrıca gürültü (noise) büyük ölçüde süzülür ve eğer varsa çok uzun dalga boylu (yüzyıllık) hareketler arta kalır. Pencere fonksiyonu kullanılarak ağırlıklı ortalama alındığında, yarısı baştan, diğer yarısı sondan olmak üzere, toplam pencere fonksiyonunun kapladığı zaman parçası kadarlık veri kullanılmadan kalır. Örneğin pencere fonksiyonunun kapladığı zaman (pencere fonksiyonunun periyodu) 48 ay ise, baştan 24 ve sondan 24 aylık veri kullanılamaz. Dolayısıyla bu kayan ortalama yöntemi ancak uzun süreli veri dizilerine uygulanabilir. Örneğin Şekil-3'te kayan ortalama almak suretiyle San Francisco deniz düzey verilerinin içerdiği yüzyıllık değişim basit yıllık ortalamaya göre çok daha belirgin olarak görülmektedir.

Bu incelemede PSMSL'den hazır olarak alınan yıllık ortalama değerler çizim için yeterli görülmüştür. Bu amaçla tüm dünyadaki deniz düzeyölçer duraklarından, veri uzunluğu 50 yıldan büyük 31 duraktaki yıllık verilerin grafikleri çizilmiş olup bunlardan üçü Şekil-4'te verilmiştir.

Bu grafikler incelenirse, durakların büyük bir çoğunluğunda yüzyıllık eğilimler gözlenebilir. Bunlar duraktan durağa değişen özellik gösterir. Genellikle zaman içinde eğim değiştirirler, düzgün doğrusal bir değişim göstermezler. Özellikle giderek eğilimlerin eğimleri dikleşir. Bazı duraklarda ise belirgin bir eğilim görülmez.

Çok belirgin bir biçimde, İskandinavya ve Finlandiya kıyılarında bulunan durakların verileri, yönü aşağıya doğru olan yüzyıllık eğilimler gösterir. Bu durum, bu bölgedeki yoğun bir izostatik dengeye kavuşma, yani kara yükselmesi hareketi ile açıklanır. Benzer olarak tektonik hareketlerin yoğun olduğu Japonya'daki durakların bazılarındaki genel eğilim aşağıya doğru, bazılarında ise yukarıya doğrudur.

Fakat genellikle, düşey yerkaşu hareketlerinin gözlenmediği ya da



beklenmediği bölgelerdeki uzun verili durak grafiklerine bakılırsa bazılarındaki yüzyıllık eğilimlerin yaklaşık 1900, bazılarındaki ise yaklaşık 1930 yılından itibaren eğim değiştirdiği, yani yukarıya doğru giderek dikleştiği görülür.

Genellikle yüzyıllık eğilimler türdeş olmayıp zaman içinde eğim değiştirirler. Özellikle yerel ve bölgesel düşey yer kabuğu hareketleri belirgin olarak verileri bozar.

## 5. YÜZYILLIK EĞİLİMLERİN ANALİTİK OLARAK BELİRLENMESİ

Deniz düzey verileri genel zaman sinyali özelliklerini gösterir. Peryodik ve stokastik yapıların yanısıra genel bir eğilimi de içerir. Bu incelemede asıl olarak genel eğilimle ilgilenildiğinden diğer yapıların üzerinde ayrıntılı olarak durulmamıştır.

PSMSL'den gelen veriler aylık ortalama değerler olduğundan zaten periyodu bir aydan küçük titreşimler elelenmiş olur. Genellikle deniz düzey verilerinin analitik incelemesi yapılırken eğilimin yanısıra gel-git titreşimleri ile atmosferik etmenler (hava basıncı ve sıcaklığı ile rüzgar kuvveti) kurulan fonksiyonel modele katılır. İlgili parametreler, En Küçük Kareler Yöntemi'ne göre belirlenir. Eğilim ve gel-git titreşimleri dışındaki etmenler, yerel veya en fazla bölgesel bir özellik gösterdiklerinden ve ayrıca her durumda atmosferik verileri gerektirdiklerinden, bu incelemede fonksiyonel modele alınmamıştır. Fakat bunların gözönüne alınması durumunda EKKY'ne göre elde edilen birim ağırlığın varyansı, dolayısıyla bulunacak katsayıların varyanslarının küçüleceği açıktır.

Fonksiyonel modelde yer verilen, periyodu bir aydan daha büyük belli başlı gel-git titreşimleri Çizelge-1'de gösterilmiştir.

Eğilim, fonksiyonel modelde n. dereceden bir polinomla, uzun periyotlu gel-git titreşimleri de kosinus fonksiyonu ile gösterilmiş ve gel-git titreşimlerinin yalnızca frekansları biliniyor kabul edilmiştir. Eş aralıklı zaman t, aylık ortalama deniz düzey verileri x(t), polinom katsayıları a<sub>i</sub>, titreşimlerin hesaplanacak genlikleri b<sub>i</sub>, fazları φ<sub>i</sub>, frekansları w<sub>i</sub>, yaklaşık gürültü artık kesim ile gösterilirse kurulmuş olan fonksiyonel model şöyle yazılabilir :

$$x(t) = \sum_{i=0}^n a_i t^i + \sum_{i=1}^m b_i \cos(w_i t + \phi_i) + \text{artık kesim} \quad (5-1)$$

eğilim                      gel-git titreşimleri

No	Simge	F R E K A N S		PERYOT yıl
		O/ay	O/yıl	
1	NODE	1,612	19,344	18,610
2		3,224	38,688	9,305
3		8,394	100,728	3,574
4	SA	29,999	359,988	1,000
5		53,220	638,640	0,564
6	SSA	60,001	720,012	0,500 (6 ay)
7	STA	90,000	1080,000	0,333 (4 ay)
8		120,000	1440,000	0,250 (3 ay)

Çizelge-1 : Uzun Peryotlu Başlıca Gel-Git Titreşimleri.

Bu modelde yer alan gel-git titreşimlerinin sayısı ( $m < 8$ ) duraktan durağa değişir. Çünkü uzun periyotlu bir gel-git titreşiminin bir durak verileri için kurulmuş olan fonksiyonel modelde yer alabilmesi için, periyodunun ( $=T$  ay veya yıl) veri uzunluğundan ( $=N$  ay veya yıl) daha küçük veya en az eşit olması gerektiği açıktır, yani

$$T \leq N$$

Örneğin bir durakta 10 yıllık veri bulunsun. Bu durumda Çizelge-1'de 1. sıradada bulunan titreşim, periyodu veri uzunluğundan büyük yani  $T > N$  olduğundan kurulmuş olan modelde yer almaz.

Bu kurulan fonksiyonel modele göre dünyada bulunan tüm duraklarda EKKY ile bilinmeyen katsayılar ve standart sapmaları hesaplanmıştır.

Eğilim modeli olarak  $n$ . dereceden bir polinom seçmek, sayısal hesaplamalarda bazı güçlükler çıkarır.  $t$ 'nin artan kuvvetleri büyük sayılar çıktığından, oluşturulan katsayılar matrisinin tersinin alınması zorlaşmış, yani katsayılar matrisi kötü kondisyonlu çıkmıştır. Bu yüzden polinom derecesini en çok 2 veya 3 hatta özellikle veri uzunluğu diğerlerine göre daha kısa olan bazı duraklarda en çok 1 almak olanaklı olmuştur.

## 6. YÜZYILLIK EĞİLİMİN İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE SAPTANMASI

Bu incelemede deniz düzeyi verilerinin içerdiği yüzyıllık eğilimler regresyon analizi yapılarak saptanmıştır. Regresyon analizinde regresyon fonksiyonu, derecesi bilinmeyen bir polinom olduğu varsayılır (HOEL, 1968:757). Bu durumda asıl sorun polinomun derecesinin saptanmasıdır.

Uygulamada polinomun derecesi arttırıldığında EKKY'ne göre kurulan normal

denklem matrisinin kondisyonu bozulur ve matris giderek tekilliğe varır (MONTGOMERY ve PECK, 1982:182, DRAPER ve SMITH, 1981:258). Bu yüzden polinomun derecesi oldukça düşük tutulur ve genellikle uygulamada 5'i aşmadığı kabul edilir (HOEL, 1968:757).

Polinomun derecesi genellikle uygulamada şöyle saptanır :

- ya, başlangıçta en düşük olarak seçilip giderek her defasında bir arttırılır,
- ya da ilk önce, kabul edilebilir en yüksek dereceden seçilip giderek her defasında bir azaltılır

(ANDERSON, 1962, KOCH, 1987, MONTGOMERY ve PECK, 1982, YOUNGER, 1979). Bu aşamalarda herbir dereceden fonksiyonel model F-testi ile ya da söz konusu modelin katsayıları t-testi ile istatistiksel olarak doğrulanılır.

Bu çalışmada polinomun derecesinin saptanması sırasında sözü edilen yollardan birincisi, yani derecenin en düşükten yukarıya doğru arttırılması uygulanmış ve herbir derece her iki test yöntemiyle doğrulanmıştır. Bunun yanısıra herbir deniz düzeyölçer verileri için geçerli olmak üzere, "eğilim ve gel-git titreşimleri" nden oluşan (5-1) fonksiyonel modeli EKKY ile hesaplamada temel alınmıştır. Polinomun her derecesi için ayrı bir (5-1) fonksiyonel modeli oluşturulmuş ve bu bir aşama olarak adlandırılmıştır. Aşamalar ardışık olarak uygulanmıştır.

t-testi uygulamasında bir fonksiyonel modele daha doğrusu bir polinoma ait herhangi bir katsayı anlamlı değilse o ilgili fonksiyonel model geçersiz olarak yorumlanmıştır. Herhangi bir aşamanın tüm katsayıları anlamlı ise polinomun derecesi bir artırılmış ve aynı işlemler yinelenmiştir.

F-testi uygulamasında herbir aşamada hesaplanmış olan birim ağırlığın deneysel varyansı, bir önceki aşamanın deneysel varyansı ile karşılaştırılır:

$$F_{0,1, (n-k)} = \frac{\delta_{j-1}^2 - \delta_j^2}{(s_o)_j^2}, \quad j \geq 1$$

Burada

$$\delta_j^2 = (s_o)_j^2 (n-k) = \sum prr,$$

ve j polinomun derecesi, yani aşama durumu, p ağırlık, ( n-k ) serbestlik

derecesi demektir. Burada ( n veri sayısını, k bilinmeyen sayısını gösterir). Doğal olarak (j-1)'in en küçük değeri sıfır olabilir (Hayes, 1970:51).

Herhangi bir aşamada eğilim modeli F-testi ile anlamlı kabul ediliyorsa polinomun derecesi bir artırılarak aynı işlemler bir kez daha yinelenmiş, anlamlı kabul edilmiyorsa eğilim modeli olarak bir alt dereceden polinom kabul edilmiştir.

## 7. DEĞERLENDİRME

Yeryüzü kıyılarında düzensiz yayılmış yaklaşık 700 duraktan 639'u incelemeye alınmış, veri uzunluğu 5 yıldan daha küçük olan ve açık olarak kaba hatalı olduğu görülen duraklar ise inceleme dışı bırakılmıştır. Verilerdeki kesiklikler incelemede EKKY uygulandığından bir sorun yaratmamıştır.

Doğrusal eğilim, incelemeye alınmış olan 639 durağın % 58'inde, hem % 95 ve hem de % 99 istatistiksel güvenle F- ve t- testleri ile, % 6'sında yalnızca % 95 güvenle F- ve t- testleriyle, % 6'sında % 95 güvenle yalnızca t- testi ile doğrulanmıştır. Geriye kalan 194 durakta (yaklaşık % 30) ise doğrusal bir eğilim belirgin olarak ortaya konamamıştır. Kısaca, durakların yaklaşık % 70'inde istatistiksel test yöntemleriyle doğrusal bir eğilimin varlığı saptanmıştır.

Bu sayısal sonuçlar, polinomun derecesini belirlerken F- veya t- testlerinin ikisinden birini uygulamanın yeterli olduğunu göstermiştir.

Belirgin bir doğrusal eğilim veren duraklardaki verilere bu kez, polinomun derecesi bir artırılmış durumdaki fonksiyonel model uygulanmış ve sonuçta, bu duraklardan 161'inde (yani tüm durakların % 25'i), ikinci dereceden bir eğilimin varlığı, % 95 güvenle F- ve t- testleriyle ortaya çıkarılmıştır.

Doğrusal eğilim modelini hiçbir biçimde doğrulamayan 194 duraktan 56'ında, yalnızca ikinci dereceden bir polinom biçiminde belirgin bir eğilimin varlığı, % 95 güvenle F- ve t- testleriyle gösterilmiştir.

Kısaca tüm durakların % 46'sındaki verilerde doğrusal bir eğilim, % 25'indeki verilerde hem doğrusal hem de ikinci dereceden bir eğilim ve % 8'indeki verilerde ise yalnızca ikinci dereceden bir eğilim saptanmıştır.

Bu istatistiksel inceleme göstermektedir ki, deniz düzeyi verileri zaman

içinde türdeş bir yüzyıllık eğilim göstermezler.

Deniz düzeyi değişimlerini doğuran etmenler çok çeşitli olduğundan verilerin özellikleri de çok karmaşıktır. Verilerin uzun süreli ve güvenli olarak elde edilmesi, durakların düzenli bakımı, korunması da ayrıca önemli bir etken olarak görünmektedir.

Ele alınan 639 durağa ilişkin inceleme sonuçlarına yakından bakılırsa, verileri uzun olan durakların, doğrusal eğilim katsayıları ve standart sapmaları, verileri daha kısa süreli olanlara göre oldukça küçük çıkmaktadır. Kısaca veri uzunluğu ne kadar büyükse inceleme sonuçlarının güvenilirliği o derece artmaktadır. Çok yer kaplamaları nedeniyle 639 durağa ilişkin sonuçların tümü değil, bunlardan ancak bazıları Çizelge-2'de sergilenmiştir. Şekil-5'te bir eksen veri uzunluğu, diğer eksen mm olarak yıllık artış miktarı (eğilimin eğim değeri) alınıp tüm durakların değerleri gösterilmiştir. Veri uzunluğu ekseninin altındaki eksi değerler genellikle düşey yerkabuğu hareketleri ile açıklanmaktadır. Veri uzunluğu ekseninin üst yanındaki değerlerde şöyle bir düzenlilik görülür; Veri uzunluğu arttıkça yıllık artış miktarı giderek azalıp durağan bir sınıra yaklaşmaktadır.

## 8. TARTIŞMA

Bu incelemede kullanılan fonksiyonel modelde atmosfer basıncı ile rüzgar etkisine yer verilmemiştir. THOMPSON (EOS, 1985) yerel atmosfer basıncı ile rüzgar kuvvetinin, deniz düzeyini yüzyıllık değişime sokacak kadar etkili olduğunu bildirmesine karşın, ROSSITER (1967) hava basıncının deniz düzeyinin yüzyıllık değişimi üzerine belirgin bir katkısının bulunmadığını belirtmiştir. Bu bakımdan bu sözü geçen bozucu etmenler, yüzyıllık değişime neden olsalar bile bunların etkisinin diğer etmenlere göre daha az olduğu genel olarak yerel veya ençok bölgesel özellik gösterdiği söylenebilir. Kurulan fonksiyonel modelde atmosfer basıncı ile rüzgar kuvveti etkilerinin de gözönüne alınması durumunda, doğal olarak EKKY'ne göre bulunan birim ağırlığın varyansını, dolayısıyla katsayıların standart sapmalarını küçülteceği, fonksiyonel modelin daha mükemmelleşeceği açıktır. Böylesi bir yaklaşım, her durakta veya yakınında elde edilmiş hava basıncı, rüzgar kuvveti, vb. atmosferik etmenlerle ilgili verileri de gerektirecektir.

Atmosfer koşullarının mevsimden mevsime değişmesi, kendinden kaynaklanan bozucu etmenlerin periyodik bir yapı göstermesine neden olur. Bu tür periyodik

bozucu etmenlerin polinomla tanımlanan yüzyıllık eğilimin katsayıları üzerindeki etkilerini benzer olarak ortaya koymak için şöyle bir deneme yapılmıştır. Tüm veriler, bu kez de gel-git titreşimleri gözönüne alınmadan, fonksiyonel modelde yalnızca yüzyıllık eğilimin (1. derece polinom) yer aldığı yeni bir hesaplama yapılmıştır. Buna göre, doğrusal regresyon eğim katsayısının 30 yıldan daha uzun süreli verisi olan duraklarda belirgin olarak değişmediği, 30 yıldan daha kısa süreli verilerde ise belirgin olarak değiştiği belirlenmiştir. Buna dayanarak, özellikle uzunluğu 30 yıldan büyük verilerde atmosfer basıncı ve rüzgar kuvveti etkilerinin, hatta gel-git titreşimlerinin, fonksiyonel modelde yer almasının yüzyıllık eğilimi belirlemede etkisiz kalacağı söylenebilir.

Uzunluğu özellikle 30 yıldan küçük olan verilerden doğru sonuç almak için, fonksiyonel modelde gel-git titreşimlerinin yanı sıra atmosfer basıncı ve rüzgar kuvveti etkilerine de yer verilmesi gerekir. Eğer atmosferik bozucu etmenlerin periyodik olmayan bileşenleri olsa bile, bunları yüzyıllık eğilimin katsayılarından ayırmak zaten olanaksız olurdu. Fakat atmosferik bozucu etmenlerin periyodik bileşenlerinin (uzun periyotlu), özellikle kısa süreli (< 30 yıl) veriler için fonksiyonel modelde yer almaması, yüzyıllık eğilimin katsayılarını olumsuz olarak etkileyecektir.

Yüzyıllık eğilimlerin bazılarının doğrusal değişmediğini ilk ROSSITER (1967) göstermiş olmasına karşılık hem yıllık ortalama verileri kullanmış ve hem de yalnızca Avrupa kıyılarındaki durakları gözönüne almıştır.

Şekil-5 yakından incelenirse, jeodezide sıfır yüksekliğinin, bir deniz düzeyölçer durağının bir iki yıllık verilerinin ortalaması olarak alınmasının doğru olmadığı açıkça görülmektedir. Öyleyse sıfır yüksekliği güvenilir bir biçimde nasıl bir duraktan alınmalıdır? Bu soruya sözü geçen şekilden yararlanarak şöyle yanıt verilebilir: Sıfır yüksekliği, en azından 30 yıllık bir veri uzunluğu olan, sürekli çalışan ve düşey yerkaşu hareketlerinin beklenmediği bir deniz düzeyölçer durağından alınmalıdır.

## 9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tüm yeryüzü deniz kıyılarında çalışır durumda 639 deniz düzeyölçer durağından elde edilmiş verilerin yaklaşık % 70'inde yüzyıllık belirgin bir eğilim saptanmıştır. Fonksiyonel modelde genel eğilim, n. dereceden bir polinomla tanımlanmış ve uzun periyotlu başlıca gel-git titreşimleri gözönüne alınmıştır.

Yüzyıllık eğilimler, yıllık ortalama grafiklerinin çizilmesiyle biçimsel olarak ve aynı zamanda EKKY'ne göre regresyon polinomu geçirilip sayısal olarak ortaya konmuştur. Yüzyıllık eğilimin her durakta doğrulanmadığı ve eğimlerinin düzgün değişmediği gözlenmiştir. Özellikle 50 yılı aşkın verisi olan bazı duraklarda yaklaşık 1900 yılından ve bazılarında ise yaklaşık 1930 yılından itibaren eğilimin daha dikleştiği görülmüştür. Kısaca, tüm duraklar zaman içinde ayrı davranmalarına karşın genellikle yüzyıllık bir eğilimin varlığı gözlenmiştir.

Düşey yerkabuğu hareketleri, aynı bölgede yer alan durak verilerini şiddetli olarak bozarlar. İzostatik dengeye kavuşma hareketi verilerde azalan, tektonik hareketler ise hem artan ve hem de azalan belirgin bir eğilimin oluşmasına neden olurlar.

Bu çalışmada tüm duraklardaki veriler hiçbir ön elemenden geçirilmeden topluca incelemeye alınmış ve ayrıca aylık ortalama değerlerin, düzgün dağılmamış takvim zamanında hesaplanmış olması sorunu, düzgün dağılmış bir zaman dizgesine geçilerek çözülmüştür.

Belirgin düşey yerkabuğu hareketlerinin beklenmediği duraklardaki yüzyıllık eğilimlerin eğimlerine bakılırsa, özellikle 40 yılı aşkın verileri olan duraklardaki eğimler  $\pm 4$  mm/yıl arasında değişmesine karşın, 30 yıldan daha kısa verileri olan duraklardaki eğimler bu tutarın 2-5 katına varan değerler arasında değişir. Bu yüzden kısa süreli verilere güvenmek pek olanaklı değildir.

Aynı bölgede birbirine komşu duraklardaki veriler yeterince uzun süreli olmalarına karşın, inceleme sonuçlarının birbiriyle uyuşmaması, hatta birbirine aykırı (ters işaretli) olması, durak verilerinin güvenilirliği ile yerel düşey kabuk hareketlerinin etkinliği veya atmosfer basıncı ile rüzgar kuvvetinin yerel yüzyıllık eğilim yaratabilecekleri sorunlarını ortaya koymaktadır.

Klasik jeodezide ortalama deniz düzeyinin zamanla değişmediği varsayılmıştır. Bu araştırma bu geleneksel yaklaşımın doğru olmadığını açıkça göstermiştir. Sıfır düzeyinin en az 30 yıldır sürekli çalışan, düşey yerkabuğu hareketlerinin beklenmediği duraklardan alınması gerekir.

Ülkemizde halen jeodezik amaçlı, uluslararası standartta 4 deniz düzeyölçer durağı (Antalya, Bodrum, Menteş (İzmir), Erdek) 1985 yılındanberi Harita Genel Komutanlığı tarafından işletilmektedir. Bu tür durakların Karadeniz kıyılarında da kurulması önerilir.

Durak Adı	Enlem	Boylam	Veri Uzun. (Yıl)	$a_1$ (*) (mm/yıl)	$s_{a_1}$ (*) (mm/yıl)
BARENTSBURG	78 4 N	15 14 E	32	-0.73	0.36
VARDO	70 20 N	31 6 E	19	-1.66	2.52
VADSO	70 4 N	29 45 E	5	20.63	5.52
BERLEVAC	70 51 N	29 6 E	5	19.73	6.00
HAMMERFEST	70 40 N	23 40 E	19	7.44	3.12
MOSJOEN	65 51 N	13 12 E	9	0.41	4.20
HEIMSJO	63 26 N	9 7 E	38	-2.37	0.36
OSLO	59 54 N	10 45 E	52	-4.09	0.24
GOTEBORG-KLIPPAN	57 43 N	11 57 E	81	-1.39	0.12
KLAGSHAMN	55 31 N	12 54 E	53	0.16	0.24
YSTAD	55 25 N	13 49 E	95	0.59	0.12
RATAN	64 0 N	20 55 E	90	-8.04	0.24
OULU/ULEABORG	65 2 N	25 26 E	89	-6.11	0.24
LYPYRTTI	60 36 N	21 14 E	78	-5.02	0.24
UTO	59 47 N	21 22 E	71	-2.62	0.24
PRIMORSK	60 21 N	28 37 E	19	-11.56	3.72
VILSANDI	58 23 N	21 49 E	11	4.72	4.68
LIEPAJA	56 32 N	20 59 E	63	1.06	0.24
KOBENHAVN	55 41 N	12 36 E	81	0.23	0.12
HORNBAEK	56 6 N	12 28 E	72	-0.09	0.12
HIRTSHALS	57 36 N	9 57 E	78	-0.41	0.12
INVERGORDON	57 41 N	4 10 W	13	-2.93	1.32
ABERDEEN II	57 9 N	2 5 W	104	0.59	0.12
NORTH SHIELDS	55 0 N	1 27 W	83	2.05	0.12
BREST	48 23 N	4 30 W	153	0.88	0.04
VIGO	42 19 N	8 44 W	21	7.27	1.20
CASCAIS	38 41 N	9 25 W	95	1.26	0.06
TARIFA	36 0 N	5 36 W	7	21.73	5.04
MARSEILLE	43 18 N	5 21 E	77	1.68	0.12
GENOVA	44 24 N	8 54 E	79	1.25	0.12
NAPOLI (MANDRA CCIO)	40 52 N	14 16 E	27	2.60	0.48
ANCONA	43 55 N	13 29 E	7	-13.69	6.96
CEUTA	35 54 N	5 19 W	21	-1.38	0.72
PORT NOLLOTH	29 15 N	16 52 E	22	1.08	0.24
HERMANUS	34 26 S	19 14 E	7	7.42	2.16
EAST LONDON	33 0 S	27 54 E	7	-0.26	3.12
ADEN	12 47 N	44 59 E	66	3.40	0.05
KANDLA	23 0 N	70 14 E	14	24.05	1.08
BOMBAY (APOLLO BANDAR)	18 55 N	72 50 E	86	1.29	0.12
COCHIN (WILLINGDON IS.)	9 58 N	76 16 E	39	2.15	0.24
MADRAS	13 6 N	80 18 E	30	0.52	0.24
GANGRA	21 57 N	88 1 E	5	-6.97	9.96
MACAU	22 12 N	113 33 E	31	0.67	0.36
XIAMEN	24 27 N	118 4 E	27	12.88	0.72
YOSU	34 45 N	127 46 E	13	-3.40	0.96
YUZHNO KURILSK	44 1 N	145 52 E	33	4.88	0.36
KUSHIRO	42 58 N	144 23 E	23	10.91	0.36

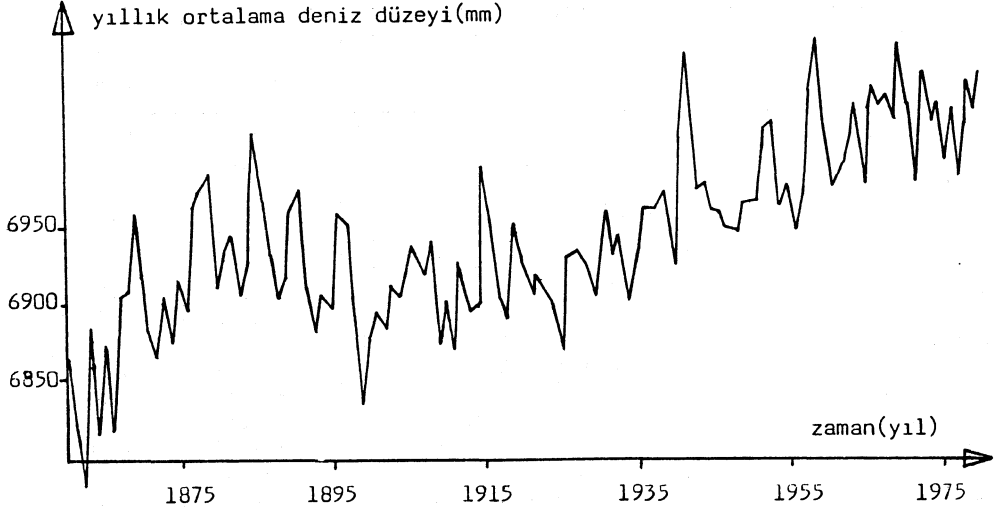
Çizelge-2 : Deniz düzeyinin bazı deniz düzeyölçer duraklarındaki yıllık ortalama artış miktarları.

(\*)  $a_1$  yıllık artış,  $s_{a_1}$  yıllık artışın deneysel standart sapması.

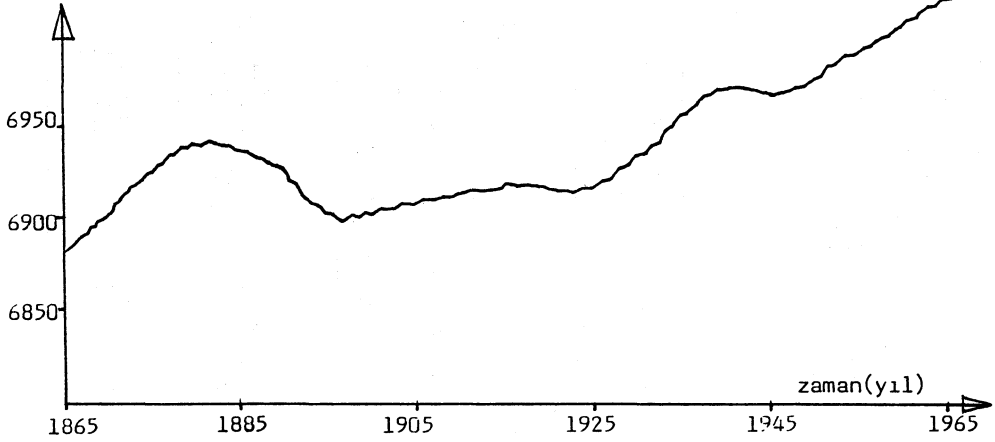


Durak Adı	Enlem	Boylam	Veri Uzun. (Yıl)	$a_1$ (mm/yıl)	$s_{a_1}$ (mm/yıl)
HAKODATE II	41 46 N	140 43 E	16	-6.08	0.84
OFUNATO II	39 1 N	141 46 E	7	26.05	5.40
ABURATSUBO	35 9 N	139 37 E	50	4.83	0.24
KOZU SIMA	34 12 N	139 8 E	16	16.64	2.40
OKADA	34 47 N	139 24 E	15	4.77	0.84
SHIRAHAMA	33 41 N	135 23 E	14	-19.59	8.04
OSAKA	34 39 N	135 26 E	15	17.01	1.08
KURE I	33 20 N	133 15 E	9	-12.82	2.04
HOSOJIMA	32 26 N	131 40 E	50	-0.05	0.12
MISUMI	32 37 N	130 27 E	23	-1.11	0.48
KUCHINOTSU	32 36 N	130 12 E	5	-12.59	4.56
IZUHARA	34 12 N	129 18 E	30	-8.54	0.36
ISHIGAKI	24 20 N	124 9 E	5	-15.21	4.80
MIKUNI	36 15 N	136 9 E	14	-1.09	0.96
MANILA	14 35 N	120 58 E	67	4.01	0.12
WEIPA	12 41 S	141 53 E	8	15.78	3.96
CAIRNS	16 56 S	145 47 E	20	-10.20	2.40
NEWCASTLE III	32 55 S	151 48 E	58	2.41	0.12
SYDNEY, FORT DENISON	33 51 S	151 14 E	86	0.66	0.12
EDITH BURG	35 5 S	137 45 E	7	10.42	4.56
HONOLULU	21 19 N	157 52 W	76	1.50	0.12
DUTCH HARBOR	53 54 N	166 32 W	16	-20.49	9.72
UNALASKA	53 53 N	166 32 W	21	-26.32	7.32
KETCHIKAN	55 20 N	131 38 W	57	-0.12	0.24
VICTORIA	48 25 N	123 22 W	69	0.59	0.12
SEATTLE	47 36 N	122 20 W	81	1.88	0.12
PORT TOWNSEND	48 7 N	122 45 W	8	-2.23	3.00
ASTORIA (TONGUE POINT)	46 13 N	123 46 W	55	-0.54	0.24
SAN FRANCISCO	37 48 N	122 28 W	127	1.17	0.04
LOS ANGELES	33 43 N	118 16 W	57	0.40	0.12
ALAMITOS BAY ENTRANCE	33 45 N	118 7 W	13	8.93	0.84
SAN CLEMENTE ISLAND	33 0 N	118 33 W	6	-14.02	3.60
SAN DIEGO (QUARANTINE)	32 43 N	117 10 W	74	0.07	0.12
TOPOLOBAMPO	25 36 N	109 3 W	9	-7.49	1.80
SALINA CRUZ	16 10 N	95 12 W	27	1.07	0.48
BALBOA	8 58 N	79 34 W	62	1.55	0.12
GALVESTON I	29 17 N	94 47 W	17	12.00	1.32
GALVESTON II	29 19 N	94 48 W	71	6.29	0.12
PENSACOLA	30 24 N	87 13 W	58	2.36	0.12
DAYTONA BEACH	29 14 N	81 0 W	25	-1.17	2.04
DAYTONA BEACH SHORES	29 9 N	80 58 W	12	17.24	14.40
BALTIMORE	39 16 N	76 35 W	78	3.21	0.12
ATLANTIC CITY	39 21 N	74 25 W	63	4.08	0.12
CHAMPLAIN	46 26 N	72 24 W	13	49.26	7.56
BAIE COMEAU	49 14 N	68 8 W	7	-15.47	2.40

Çizelge-2 : (Devam)



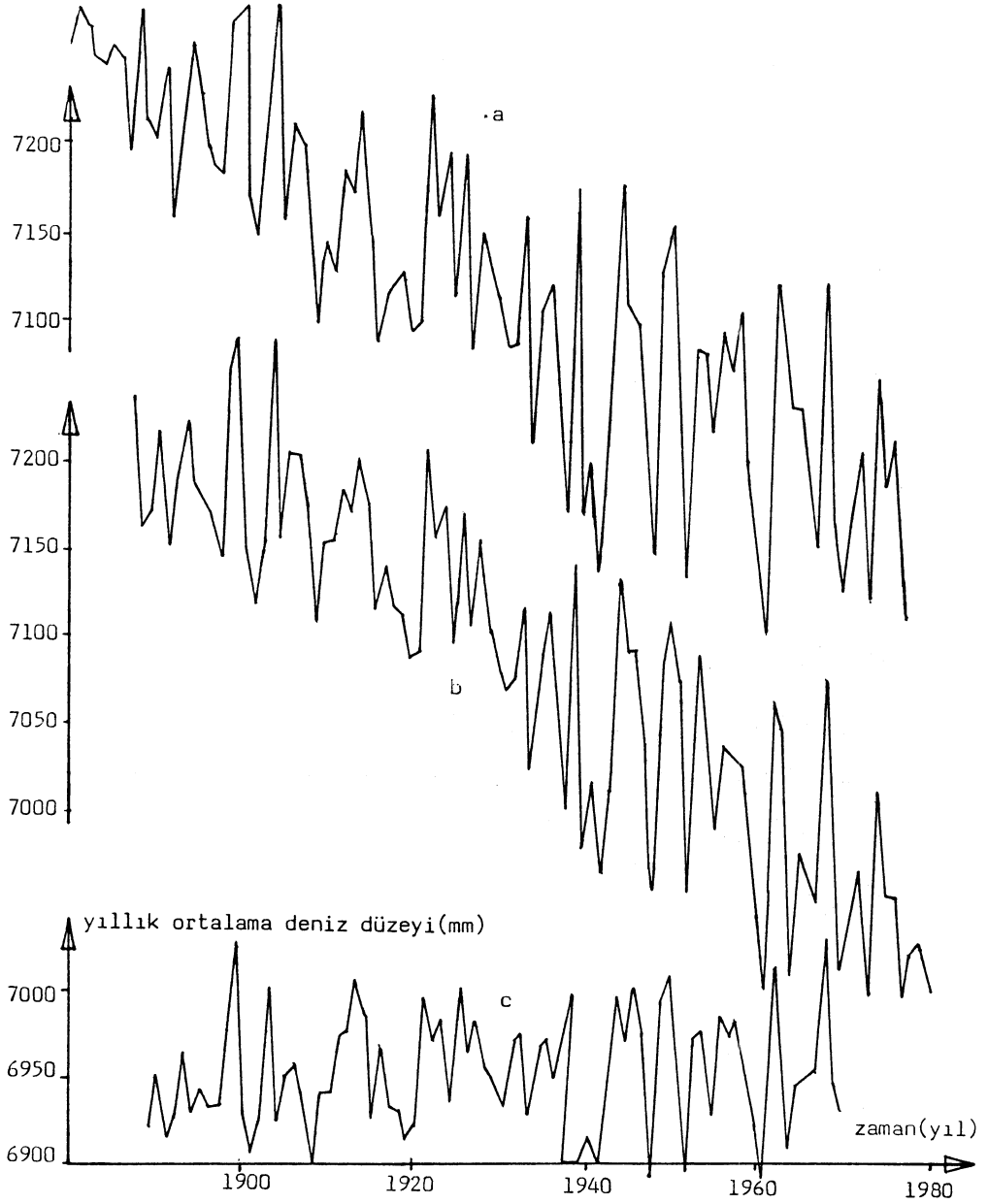
(a)



(b)

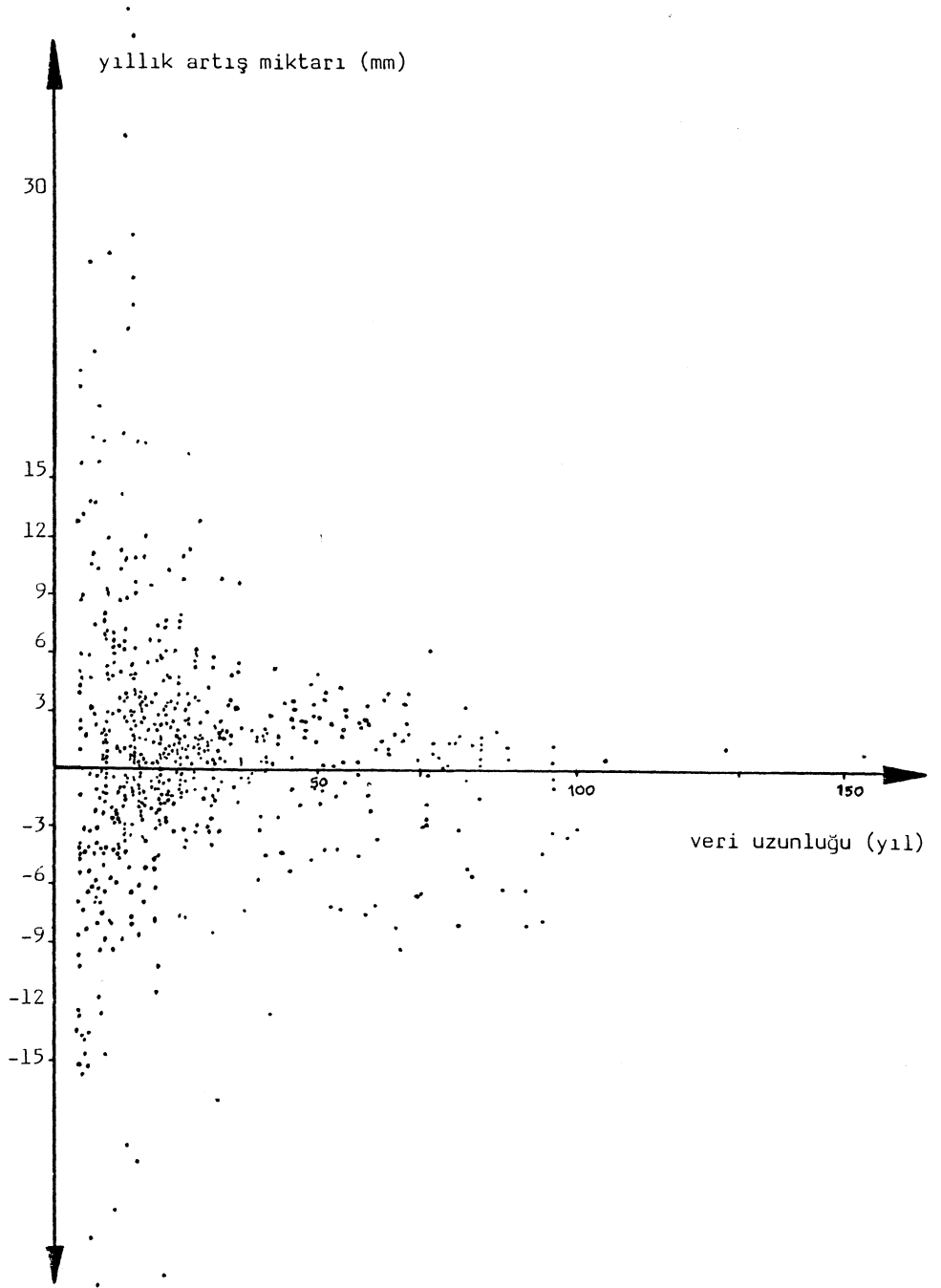
Şekil-3: (a) San Francisco durağındaki yıllık ortalama deniz düzeyi değişimleri

(b) Bu duraktaki aylık ortalama deniz düzeyi değerlerinden Hanning pencere fonksiyonu (peryot = 120 ay) ile bulunmuş yıllık kayan ortalama deniz düzeyi değişimleri



Şekil-4: Avrupa'da çeşitli duraklardaki yıllık ortalama deniz düzeyi değişimleri

- (a) HELSİNKİ . Finlandiya :  $\phi = 60^{\circ} 09' N$ ,  $\lambda = 24^{\circ} 58' E$   
 (b) LANDSORT , İsveç :  $\phi = 58^{\circ} 45' N$ ,  $\lambda = 17^{\circ} 52' E$   
 (c) KOBENHAVN , Danimarka :  $\phi = 55^{\circ} 41' N$ ,  $\lambda = 12^{\circ} 36' E$



Şekil-5: Doğrusal eğilimlerin eğimlerinin (yıllık artış miktarlarının) veri uzunluğuna göre dağılımı

K A Y N A K L A R

- /1/ ANDERSON, T.W. (1962) : The choice of the degree of a polynomial regression as a multible decision problem. Ann.Math.Stat., 33, 255-265
- /2/ BARNETT, T.P. (1983) : Recent changes in sea level and their possible causes. Climatic Change, 5:15-38
- /3/ CARTWRIGHT, D.E. (1983) : On the smoothing of climatological time series with application to sea level at Newlyn. Geophys. J.R. 75 (3): 639-658
- /4/ DRAPER, N.R., SMITH,H.(1981) : Applied Regression Analysis  
John Wiley and Sons, New York
- /5/ EMERY, K.O. (1980) : Relative sea levels from tide gauge records. Nat.Acad.Sci.Pro. 77, 6968-6972
- /6/ EMERY,K.O.,AUBREY D.G.(1985) : Glacial rebound and relative sea levels in Europe from tide gauge records. Tectonophysics. 120: 239-255
- /7/ EOS, November 5 (1985) : Changes in relative mean sea level  
Transactions, American Geophys. Union
- /8/ GORNITZ,V.,LEBEDEF,S. (1982) : Global sea level trend in the past  
HANSEN, J. century. Science, 215: 1611-1614
- /9/ GUTENBERG, B. (1941) : Changes in sea level, post glacial uplift, and mobility of the earth's interior. Bull.Geol.Soc.Am.52: 721-772
- /10/ HAYES, J.G. (1970) : Curve Fitting by Polynomials  
The Athlone Press, London
- /11/ HEKİMOÇLU, Ş. (1987) : Ortalama Deniz Düzeyi Değişimleri ve Jeodezideki Yeri. Prof.Burhan Tansug Fotogrametri ve Jeodezi Sempozyumu, Yıldız-İstanbul, 8-9 Ekim 1987, 331-341
- /12/ HOEL, P.G. (1968) : On Testing for the Degree of a polynomial  
Tectonometrics, Vol.10, No:4,: P. 757-767
- /13/ KOCH, K.R. (1987) : Parameterschätzung und Hypothesentests  
Dümmlers Verlag, Bonn
- /14/ LAMBECK, K. , (1984) : Recent sea level changes due to crustal  
NAKİBOĞLU, S.M. rebound. Geophys.Res.Lett.Vol.II. NO:10, October
- /15/ LISITZIN, E. (1974) : Sea Level Changes. Elsevier

- /16/ MONTGOMERY, D.C. , (1982) : Introduction to Linear Regression  
PECK, E.A. Analysis. John Wiley and Sons. New York
- /17/ MUELLER, I.I. (1977) : Spherical and Practical Astronomy  
F.Ungar Publ. Co., New York
- /18/ NAKİBOĞLU, M.S. , (1986) : Contemporary vertical crustal motion  
HEKİMOĞLU, Ş. in Fennoscandia and Canada. Presented  
at AGU Spring Meeting, Baltimore,  
Washington, May 19-23
- /19/ OPPENHEIM, A.V. , (1983) : Signals and Systems  
WILLSKY, A.S. , YOUNG, I.T. Prentice-Hall Intern., London
- /20/ REPORT (1984) : Glaciers, ice sheets, and sea level:  
Effect of a CO<sub>2</sub> - Induced climatic  
change Report of a Workshop, Held in  
Seattle, Washington, September 13-15
- /21/ ROSSITER, J.R. (1962) : Long term variations in sea level. In:  
M.N.Hill (Editor). The Sea: Ideas and  
observations on progress in the study  
of the seas. Interscience. New York, 1:  
590-610
- /22/ ROSSITER, J.R. (1967) : An analysis of annual sea level varia-  
tions in european waters. Geophys. J.  
Royal Astron. Soc.12 : 259-299
- /23/ TORGE, W. (1975) : Geodasie. W. de Gruyter
- /24/ VANICEK, P. , (1982) : Geodesy : The Concepts  
KRAKIWSKY, E.J. North-Holland Publishing Company
- /25/ YOUNGER, M.S. (1979) : Hanbook for Linear Regression  
Duxburg Press, North Scituate, Ma.

*TEŞEKKÜR : Kanada Calgary Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeodezi Bölümü  
Öğretim Üyesi Sayın Prof.Dr. M.S. NAKİBOĞLU'na bu çalışmanın oluş-  
masındaki değerli yardım ve katkılarından dolayı teşekkür ederim.*