

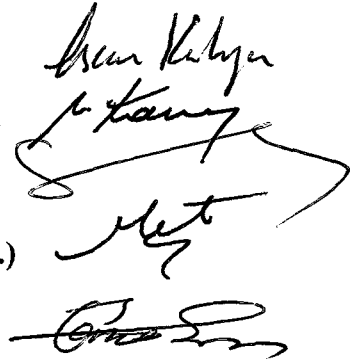
175825

**TÜRKİYE GÖL SEVİYELERİNİN
HİDROKLİMATOLOJİK ANALİZİ**

**DOKTORA TEZİ
Y. Müh. Taner Mustafa CENGİZ
(501982018)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 19 Temmuz 2004
Tezin Savunulduğu Tarih : 26 Temmuz 2005**

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Ercan KAHYA
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Mehmet KARACA
Prof.Dr. Sedat KAPDAŞLI
Prof.Dr. Mete Tayanç (M.Ü.)
Yrd.Doç.Dr. Ömer L. ŞEN



TEMMUZ 2005

ÖNSÖZ

Doktora tez çalışmamın ortaya çıkmasından, sonuçlanması ve yorumlanmasına kadar ki süreçte desteğini esirgemeyen kıymetli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ercan KAHYA'ya çok teşekkür ederim. Tez izleme jürisi üyesi olarak bana her zaman destek olan, beni teşvik eden ve cesaretlendiren aynı zamanda yorum, eleştiri ve tavsiyeleri ile değerli bilgi ve deneyimlerini benden esirgemeyen Prof. Dr. Mehmet KARACA'ya, gösterdikleri ufuklar için Prof. Dr. Sedat KAPDAŞLI'ya, Prof. Dr. Mete TAYANÇ'a ve Yrd. Doç. Dr. Ömer L. ŞEN'e teşekkür ederim. Doktora programı süresince, kendilerinden ders aldığım ve çok değerli bilgi ve deneyimlerini hiç bir zaman benden esirgemeyen İTÜ İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Anabilim Dalının tüm öğretim üyelerine, özellikle Prof. Dr. Mehmetçik BAYAZIT ile Prof. Dr. Zekai ŞEN'e, bana doktora yapma olanağını sağlayan ve tezi destekleyen İTÜ Rektörlüğü ve İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne büyük içtenlikle teşekkürlerimi sunmak istiyorum. Çalışmam sırasında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, dünya iyisi, güzel kardeşim rahmetli Dr. Murat KÜÇÜK'e şükranlarımı sunarım. Ayrıca, doktora süresince hiç bir desteğini esirgemeyen ve her zaman yanımda olan değerli Tanyel'e çok teşekkür ederim.

Taner Mustafa CENGİZ

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	iv
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖZET	xi
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Göl Su Seviyeleri Değişiminin Önemi	1
1.2. Konu İle İlgili Daha Önce Yapılmış Çalışmalar	4
1.3. Yapılan Çalışmanın Amacı, Önemi ve Kapsamı	10
2. ÇALIŞMADA KULLANILAN ANALİZ YÖNTEMLERİ	13
2.1. Homojenlik Analizi	14
2.1.1. Hidroklimatolojik zaman serilerinde homojenlik	14
2.1.2. Homojenlik testleri	18
2.1.2.1. Standard Normal Homojenlik testi (SNHT)	18
2.1.2.2. Buishand Rank testi	19
2.1.2.3. Pettitt testi	20
2.1.2.4. Von Neumann Oran testi	20
2.1.2.5. Kruskal-Wallis testi	21
2.1.2.6. Mann-Whitney testi	22
2.2. Harmonik Analiz	22
2.3. Eğilim Analizi	26
2.3.1. Kullanılan yöntem	28
2.4. Türkiye Göl Seviyelerinin Büyük Ölçekli Salınımlarla İlişkisinin Analizi	30
2.4.1. Kuzey Atlantik Salınımlarıyla ilişkiler	30
2.4.1.1. Kullanılan yöntem	30
2.4.2. Güney Salınımı ile ilişkiler	31
2.4.2.1. Veriler ve yöntem	34
2.4.2.1.1. Kullanılan istatistiksel yöntemler	39
2.4.2.1.1.1. F testi	39
2.4.2.1.1.2. t testi	40
2.4.2.1.1.3. Mann-Whitney U testi	40
2.5. Göl seviyesi Zaman Serilerinin Spektral Analizi	41

2.5.1. Zaman serileri	41
2.5.2. Zaman serilerinin spektral analizi	42
2.6. Göl seviyelerinin Dalgacık Dönüşümü ile Analizi	45
2.6.1. Global dalgacık spektrumu	49
3. ANALİZ SONUÇLARI	50
3.1. Homojenlik Analizi Test Sonuçları	50
3.1.1. Standard Normal Homojenlik testi	50
3.1.2. Buishand Rank testi	50
3.1.3. Pettitt testi	50
3.1.4. Von Neumann Oran testi	51
3.1.5. Kruskal-Wallis testi	51
3.1.6. Mann-Whitney testi	51
3.1.7. Homojenlik Analizi Araştırma sonuçları	51
3.1.7.1. Uluabat gölü	53
3.1.7.2. Aras Balık gölü	53
3.1.7.3. Manyas (Kuş) gölü	55
3.1.7.4. Kızılırmak Balık gölü	55
3.1.7.5. Sapanca gölü	56
3.1.7.6. Kovada gölü	56
3.2. Harmonik Analiz Sonuçları	57
3.3. Eğilim Analizi Sonuçları	61
3.4. Türkiye Göl seviyelerinin Büyük Ölçekli Salınımlarla İlişkilerinin Analizi	64
3.4.1. Kuzey Atlantik Salınımlarıyla ilişkiler	64
3.4.2. Türkiye Göl Seviyelerinin Güney Salınımlarıyla ilişkilerinin sonuçları	69
3.4.2.1. YSA uygulama sonuçları	69
3.4.2.2. Göl seviyelerinin El Nino ve La Nina olaylarına gösterdiği tepkiler	70
3.5. Göl Seviyeleri Zaman Serilerinin Spektral Analiz Sonuçları	76
3.6. Göl Seviyelerinin Dalgacık Dönüşümü ile Analizinin Sonuçları	85
3.6.1. 4 günlük ortalama göl seviyelerinin Dalgacık dönüşümü sonuçları	88
3.6.2. Aylık ortalama göl seviyelerinin Dalgacık dönüşümü sonuçları	93
3.6.3. Göl seviyeleri Global Spektrumunun NAO ile ilişkilerinin sonuçları	99
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	103
KAYNAKLAR	146
EKLER	155
ÖZGEÇMİŞ	175

KISALTMALAR

AKD	: Akdeniz Yağış Rejimi Bölgesi
AKDG	: Akdeniz Geçiş Yağış Rejimi Bölgesi
DSİ	: Devlet Su İşleri
EİEİ	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
GSS	: Göl su seviyesi
GSSA	: Göl su seviye anomalisi
KAKD	: Karasal Doğu Anadolu Yağış Rejim Bölgesi
KARD	: Karadeniz Yağış Rejim Bölgesi
KDAN	: Karasal Doğu Anadolu Yağış Rejimi Bölgesi
KİAN	: Karasal İç Anadolu Yağış Rejim Bölgesi
m	: Metre
MARG	: Marmara Geçiş Yağış Rejim Bölgesi
NAO	: Kuzey Atlantik Salınımı
NAOI	: Kuzey Atlantik Salınımı indeksi
OKH	: Ortalama karesel hata
OMH	: Ortalama mutlak hata (ortalama standart hata)
RYSA	: Radyal yapay sinir ağları
s.”...”	: Sayfa “...”
SNHT	: Standard Normal Homojenlik Testi
SO	: Güneyli salınım
ve diğ.	: ve diğerleri
YSA	: Yapay sinir ağları

TABLO LİSTESİ

		<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1	SNTT testinde %5 anlam düzeyinde krtik T_0 değerleri.....	19
Tablo 2.2	Buishand Sıra Testinin %5 anlam düzeyinde $R/\sqrt{n}$ kritik değerleri.....	19
Tablo 2.3	Pettitt Testi için %5 anlam düzeyinde kriitk X_E değerleri.....	20
Tablo 2.4	Von Neumann Oran Testinin % 5 anlam düzeyindeki kritik N değerleri.....	21
Tablo 3.1	Türkiye göl seviyeleri verileri homojenlik analizinin sonuçları.....	52
Tablo 3.2	Türkiye göl seviyelerinin birinci harmonik analizi sonuçları...	59
Tablo 3.3	Yıllık ortalama göl seviyelerine göre yapılan eğilim analizleri sonuçları.....	62
Tablo 3.4	Modellemede kullanılan YSA oluşum şablonu.....	69
Tablo 3.5	Akım değerleri için El Nino olaylarına tepki veren kararlı bölgelerde El Nino olaylarında gözlenen ve simüle edilen göl seviye değerleri.....	73
Tablo 3.6	Yağış değerleri için El Nino olaylarına tepki veren kararlı bölgelerde El Nino olaylarında gözlenen ve simüle edilen göl seviye değerleri.....	73
Tablo 3.7	Doğu Anadolu Bölgesinde La Nina olaylarında gözlenen ve simüle edilen göl seviyesi.....	74
Tablo 3.8	YSA modellerinin göl seviyesi tahminlerinin OKH ve korelasyon değerleri.....	74
Tablo 3.9	Göl seviyelerinin La Nina olayları tepkilerinin fark testlerinin sonuçları.....	75
Tablo 3.10	Göl seviyelerinin El Nino tepkilerinin fark testlerinin sonuçları.....	75
Tablo 3.11	Göl su seviyeleri, zaman serileri bileşenlerinin açıkladığı varyans yüzdeleri.....	76
Tablo 3.12	Uluabat göl su seviyeleri ve etkileşim içinde olduğu diğer iklim parametrelerin zaman serileri bileşenlerinin açıkladığı varyans yüzdeleri.....	80
Tablo 3.13	Aylık göl seviyelerine ait zaman serisi bileşenlerinin açıkladığı varyans yüzdeleri.....	85
Tablo 3.14	4 günlük göl seviyelerinin global spektrumlarının korelasyon katsayıları.....	89
Tablo 3.15	Aylık ortalama göl seviyeleri global spektrum serilerinin korelasyon katsayıları.....	94
Tablo 3.16	Aylık göl seviyeleri ve aylık NAOI global spektrumları korelasyon ilişkileri (1yıldan-10 yıl periyodikliklerle).....	102
Tablo 4.1	Zaman serisi bileşenlerinin açıkladığı varyans yüzdeleri.....	138

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1	: TOPEX/Poseidon yükseklik verilerini kullanılarak elde edilmiş göl seviyeleri anomalileri zaman serisi. Noktalılar ham veri, düz çizgi filtre edilmiş veriler (Hwang ve diğ., 2005)..... 8
Şekil 1.2	: Morlet dalgacıkları kullanılarak göl seviyeleri anomalileri dalgacık spektrası (Hwang ve diğ., 2005)..... 9
Şekil 2.1	: Analizlerde kullanılan göl seviye istasyonları..... 13
Şekil 2.2	: Zaman serisinin harmonik bileşenleri..... 23
Şekil 2.3	: Yağış değerleri için El Nino olaylarına tepki veren kararlı bölgeler..... 35
Şekil 2.4	: Akım değerleri için El Nino olaylarına tepki veren kararlı bölgeler..... 36
Şekil 2.5	: Akım ve yağış değerleri için La Nina olaylarına tepki veren kararlı bölgelerin kesişiminden oluşan bölgeler..... 37
Şekil 2.6	: Radyal tabanlı fonksiyon ağı..... 38
Şekil 3.1	: Homojen olduğu kabul edilen göl su seviyelerinin zaman serileri..... 54
Şekil 3.2	: Birinci harmoniklere göre Türkiye göllerinin maksimum seviyeye ulaşma ayları..... 58
Şekil 3.3	: Türkiye yağış rejimi bölgeleri, Türkeş (2003)'ten uyarlanmıştır. MARG: Marmara Geçiş, KARD: Karadeniz, KİAN: Karasal İç Anadolu, KDAN: Karasal Doğu Anadolu, AKDG: Akdeniz Geçiş, AKD: Akdeniz, KAKD: Karasal Doğu Anadolu Yağış Rejimi Bölgeleri..... 60
Şekil 3.4	: Göl seviye ve yağış verilerinin birinci harmonik faz açıları. Düz oklar göl seviyelerini, noktalı oklar yağış temsil etmektedir..... 60
Şekil 3.5	: Göl seviyelerinin maksimuma ulaştığı zaman ile yağışların maksimuma ulaştığı zaman arasındaki gecikme farkları..... 61
Şekil 3.6	: Türkiye göl seviyelerinin yıllık ortalama değerleri için artan ve azalan eğilimler..... 63
Şekil 3.7	: Türkiye göl seviye, akım, sıcaklık ve yağış eğilimleri... 64
Şekil 3.8	: Yıllık göl su seviyelerinin, maksimum negatif standart anomalileri..... 65
Şekil 3.9	: Yıllık göl su seviyeleri maksimum pozitif standart anomalileri..... 65
Şekil 3.10	: Kuvvetli negatif NAOI yıllarına karşılık gelen birleşik standart göl su seviyesi anomalileri..... 66
Şekil 3.11	: Kuvvetli pozitif NAOI yıllarına karşılık gelen birleşik standart göl su seviyesi anomalileri..... 66
Şekil 3.12	: NAO indisi ile bu dönemdeki kış sezonu göl su seviyeleri standart anomalileri korelasyon değerleri..... 67

Şekil 3.13	: NAO negatif dönem indisi ile bu dönemdeki kış sezonu göl su seviyeleri standart anomalileri korelasyon değerleri.....	68
Şekil 3.14	:NAO pozitif dönem indeksi ile bu dönemdeki kış sezonu göl su seviyeleri standart anomalileri korelasyon değerleri.....	68
Şekil 3.15	: Uluabat Gölü(1960-2002), La Nina yıllarında YSA tahminleri ile gözlenen göl seviyeleri.....	71
Şekil 3.16	: Uluabat gölü, aylık ortalama göl seviyeleri değerleri ile La Nina olayları simülasyonu saçılma diyagramı (1960-2002).....	71
Şekil 3.17:	: Uluabat gölü, aylık ortalama seviyelerin spektral değerleri.....	78
Şekil 3.18	: Uluabat gölü aylık ortalama seviyeleri trend ve periyodik bileşeni giderilmiş serinin spektral değerleri.....	79
Şekil 3.19	: Uluabat gölü aylık ortalama seviyelerinden trend, periyodik ve iç bağımlı bileşeni giderilmiş serinin spektral değerleri.....	79
Şekil 3.20	: Yıllık yağışların değişim katsayıları (Kadıoğlu ve diğ.,1997).....	80
Şekil 3.21	: 4 günlük ortalama göl seviyeleri zaman serisi (01/01/1961-06/06/1983). a) Sapanca b)Uluabat c)Beyşehir d)Van e)Tuz f)İznik göl seviyeleri.....	85
Şekil 3.22	: 4 Günlük Ortalama Göl Seviyeleri Zaman Serisi (01/01/1961-06/06/1983). a) Sapanca b)Uluabat c)Beyşehir d)Van e)Tuz f)İznik Göl Seviyeleri.....	87
Şekil 3.23	: Göl su seviyelerinin 4 günlük ortalamaların sürekli Dalgacık Spektrumları a) İznik gölü, b) Tuz gölü, c) Van gölü, d) Beyşehir gölü, e) Uluabat gölü, f) Sapanca gölü.....	90
Şekil 3.24	: 1Ocak1961-6Haziran1983 Yılları Arası Günlük Ortalama Göl Su Seviyelerinin Global Spektrumları.....	91
Şekil 3.25	: Aylık ortalama göl seviyelerinin sürekli dalgacık spektrumları a) İznik gölü, b) Tuz gölü, c) Van gölü, d) Beyşehir gölü, e) Uluabat gölü, f) Sapanca gölü.....	97
Şekil 3.26	: Şubat 1960-Eylül 2002 yılları arası aylık ortalama göl Seviyelerinin Global Dalgacık Spektrumları.....	98
Şekil 3.27	: Van gölü su seviyeleri ve güneş lekeleri sayısı arasındaki ilişki (Kempes ve diğ., 1978).....	99
Şekil 3.28	: Kış sezonu 4 aylık Göl Seviyeleri ve NAOI Değerlerinin Dalgacık Spektrumları. a) Uluabat b) Sapanca c) İznik d) Tuz e) Van Gölleri. NAOI Sürekli Çizgiyle, Göl Seviyeleri Üçgen Çizgiyle Gösterilmiştir.....	101
Şekil A.1	: Uluabat gölü aylık ortalama su seviyesi zaman serisi.....	155
Şekil A.2	: Uluabat gölü aylık ortalama su seviyesi zaman serisi ve eğilim bileşeni.....	155
Şekil A.3	: Uluabat gölü aylık ortalama göl seviyelerinin eğilim bileşeni çıkarılmış zaman serisi.....	156

Şekil A.4	: Uluabat gölü aylık ortalama seviyeleri zaman serisinden, eğilim ve periyodik bileşeni giderilmiş seri.....	157
Şekil A.5	: Uluabat gölü aylık ortalama seviyelerinden, eğilim, periyodik ve iç bağımlı bileşen çıkarıldıktan sonraki zaman seri.....	158
Şekil A.6	: Bursa yağış istasyonu orijinal zaman serisi spektral değerleri.....	158
Şekil A.7	: Bursa yağış istasyonu eğilim bileşeni giderilmiş serinin spektral değerleri.....	159
Şekil A.8	: Bursa yağış istasyonu eğilim ve periyodik bileşeni giderilmiş serinin spektral değerleri.....	159
Şekil A.9	: Bursa yağış istasyonu eğilim, periyodik ve iç bağımlı bileşeni giderilmiş serinin spektral değerleri.....	160
Şekil A.10	: Bursa aylık ortalama nem verileri orijinal serinin spektral değerleri.....	160
Şekil A.11	: Bursa aylık ortalama nem verileri eğilim bileşeni giderilmiş serinin spektral değerleri.....	161
Şekil A.12	: 12 Bursa aylık ortalama nem verileri eğilim ve periyodik bileşeni giderilmiş serinin spektral değerleri.....	161
Şekil A.13	: Bursa aylık ortalama nem verileri eğilim, periyodik ve iç bağımlı bileşenleri giderilmiş serinin spektral değerleri.....	162
Şekil A.14	: 302 nolu akım istasyonunun orijinal zaman serisinin spektral değerleri.....	162
Şekil A.15	: 302 nolu akım istasyonunun eğilim bileşeni giderilmiş zaman serisinin spektral değerleri.....	163
Şekil A.16	: 302 nolu akım istasyonunun eğilim ve periyodik bileşeni giderilmiş zaman serisinin spektral değerleri.....	163
Şekil A.17	: 302 nolu akım istasyonunun eğilim, periyodik ve iç bağımlı bileşeni giderilmiş zaman serisinin spektral değerleri.....	164
Şekil A.18	: Sapanca gölü aylık ortalama seviyeleri orijinal serinin spektral değerleri.....	164
Şekil A.19	: Sapanca gölü aylık ortalama seviyeleri eğilim bileşeni çıkarılmış serinin spektral değerleri.....	165
Şekil A.20	: Sapanca gölü aylık ortalama seviyeleri eğilim ve periyodik bileşeni çıkarılmış serinin spektral değerleri.....	165
Şekil A.21	: Sapanca gölü aylık ortalama seviyeleri eğilim, periyodik ve iç bağımlı bileşeni çıkarılmış serinin spektral değerleri.....	166
Şekil A.22	: Manyas gölü aylık ortalama seviyeleri orijinal serisi spektral değerleri.....	166
Şekil A.23	: Manyas gölü aylık ortalama seviyeleri, eğilim bileşeni giderilmiş serinin spektral değerleri.....	167
Şekil A.24	: Manyas gölü aylık ortalama seviye, eğilim ve periyodik bileşeni giderilmiş serinin spektral değerleri.....	167
Şekil A.25	: Manyas gölü aylık ortalama seviyeleri eğilim, periyodik ve iç bağımlı bileşen giderildikten sonra spektral değerleri.....	168

Şekil A.26	: Kovada gölü aylık ortalama seviyelerin orijinal spektral değerleri.....	168
Şekil A.27	: Kovada gölü aylık ortalama seviyeleri eğilim bileşeni giderilmiş serinin spektral değerleri.....	169
Şekil A.28	: Kovada gölü aylık ortalama seviyeleri eğilim ve periyodik bileşenleri giderilmiş serinin spektral değerleri.....	169
Şekil A.29	: Kovada gölü aylık ortalama seviyeleri eğilim periyodik ve iç bağımlı bileşenleri giderilmiş serinin spektral değerleri.....	170
Şekil A.30	: Aras Balık göl seviyeleri zaman serisinin spektral değerleri.....	170
Şekil A.31	: Aras Balık gölü aylık ortalama seviyelerinin eğilimi giderilmiş serinin spektral değerleri.....	171
Şekil A.32	: Aras Balık gölü aylık ortalama seviyeler, eğilim ve periyodik bileşenin çıkarıldığı serinin spektral değerleri.....	171
Şekil A.33	: Aras Balık gölü aylık ortalama seviyelerden eğilim, periyodik ve iç bağımlı bileşen çıkarıldıktan sonra spektral değerleri.....	172
Şekil A.34	: K. Balık aylık ortalama seviyeleri orijinal serinin spektral değerleri.....	172
Şekil A.35	: K. Balık aylık ortalama seviyelerinin eğilim bileşeni giderilmiş serinin spektral değerleri.....	173
Şekil A.36	: K. Balık aylık ortalama seviyelerinin eğilim ve periyodik bileşenleri giderilmiş serinin spektral değerleri.....	173
Şekil A.37	: K. Balık aylık ortalama seviyelerinin eğilim, periyodik ve iç bağımlı bileşenleri giderilmiş serinin spektral değerleri.....	174

SEMBOL LİSTESİ

B_i	: İç bağımlı bileşen
ε	: Hata terimi
R^2	: Korelasyon katsayısının karesi
T_i	: Eğilim bileşeni
V_k	: Otokovaryans spektral yoğunluk fonksiyonu
ε_i	: Kalıntı bileşeni
ϕ	: AR Modelindeki katsayı
R^2	: Korelasyon katsayısının karesi
r_{YX}	: Y ve X değerleri arasındaki korelasyon
Var	: Herhangi bir argumanın varyansı
X_{max}	: Maksimum değer
X_{min}	: Minimum değer
X_m	: Ortalama değer
S_X	: Standart sapma
C_{vX}	: Değişim katsayısı
r	: Korelasyon katsayısı
ρ	: Otokorelasyon değeri
$\psi(\eta)$	: Dalgacık fonksiyonu
W	: Sürekli dalgacık dönüşümü
$NAOI$	: Kuzey Atlantik Salınımı indeksi
Bk_{nz}	: Bakınız
OKH	: Ortalama karesel hata

TÜRKİYE GÖL SEVİYELERİNİN HİDROKLİMATOLOJİK ANALİZİ

ÖZET

Göl seviyeleri değişimlerinin doğal davranışını açıklayabilmek için, genel olarak su kaynakları ve hidroklimatolojik araştırma alanlarında stasyonere olmayan serilerin analizi kullanılır. Hidroklimatolojik değişkenler iklim değişikliğinin önemli belirtilerindendir. Bu değişkenlerin irdelenmesiyle, hidroloji ile iklim arasındaki ilişkileri anlamamıza yardımcı olabilirler. Göl su seviyelerini etkileyen başlıca sebepler, iklim değişiklikleri meteorolojik ve hidrolojik özellikler, atmosferdeki sera etkisi ve tektonik değişimlerdir. Göl su seviyeleri çok alçaldığında veya çok yükseldiğinde göl çevrelerinde büyük ekonomik kayıplara, hatta bazen tekrar düzeltilmesi mümkün olmayan doğa değişimlerine sebep olabilirler.

Bu çalışmada Türkiye’de göl seviyelerinin hidroklimatolojik davranışının tipik resminin çizilmesi amaçlanmıştır. Bu maksatla; Türkiye göl seviyeleri iklim parametreleri ile ilişkilendirilmeye, Türkiye göl seviyelerinde iklim değişikliğinin izlerini aramaya, göl seviyelerinin mevsimsel değişkenliğinin coğrafik ölçeğinin saptanmasına, Türkiye genelinde göl rejimi hakkında fikir sahibi olmaya, Büyük Ölçekli Atmosferik dolaşımın etkilerini (NAO ve SO olayları) Türkiye göl seviyelerinde incelenmesine, göl seviyeleri zaman serilerinin bileşenlerine ayırıp, frekans ortamında incelenmesi, Türkiye göl seviyeleri periyodik karakteristik yapısının ortaya konmasına çalışılmıştır.

Bu çalışma dört bölümden oluşmuştur. Girişte çalışma amacı ve daha önce yapılmış literatür çalışmaları verilmiştir. İkinci bölümde, yukarıda açıklanan amaçlara ulaşmak için altı adet analizle yaklaşılmaya çalışılmıştır. Üçüncü bölümde uygulanan bu altı yöntemin sonuçları verilmiştir. Son bölüm olan 4. bölümde elde edilen analiz sonuçları bir bütün olarak toplanıp değerlendirilmiştir.

Türkiye göl seviyelerinin kapsamlı bir homojenlik analizi ilk olarak bu çalışmada yapılmıştır. İlk olarak Türkiye’de ölçümü yapılan 25 adet istasyona ait yıllık ortalama göl seviye verileri, altı farklı istatistiksel testlerle homojenlik bakımından incelenmiştir. Son yıllarda kullanılan, serideki homojenliğin bozulabileceği ilk, orta ve uç bölümlerde hassas bir şekilde yakalayabilen dört test ve iki de klasik yöntemlerle olmak üzere, altı farklı test ile incelenmiştir. Yapılan altı testten en az yarısını geçen göl seviyeleri ‘kullanılabilir’ yani homojen kabul edilmiştir. Diğerleri ise ‘şüpheli’ bulunarak homojen olmadığı sonucuna varılmıştır.

Harmonik analiz ile göl seviyelerinin mevsimsel değişkenliğinin coğrafik ölçeği saptanmıştır. Yıllık devinim sonuçları her gözlem istasyonu için ayrı ayrı vektörel olarak Türkiye haritasında gösterilmiştir. Ayrıca göle direk etkide bulunabilen yağış değişkeni, göle yakın istasyon verileri kullanılarak yağışlarında birinci harmonikleri hesaplanıp göl seviyeleri ile ilişkilendirilmiştir. Göl seviyelerinin birinci harmonikleri, toplam varyansın % 90 dan fazlasını temsil ettikleri saptanmıştır.

Türkiye göl su seviyelerinde eğilim bileşeni bulunup bulunmadığının araştırması yapılmıştır. EİEİ ve DSİ tarafından ölçülen, yıllık ortalama göl seviyeleri parametrik olmayan Mann-Kendal istatistik trend testi uygulanmıştır. gözlenen göl seviyelerinde anlamlı trendler bulunup bulunmadığı belirlenmiştir. Türkiye'nin kuzey ve doğusunda istatistiksel anlamlı artan eğilimler bulunmuştur. İç Anadolu'da ve Güney'de bulunan bölgelerde istatistiksel anlamlı azalan eğilimler tespit edilmiştir. Göl seviyelerinde bulunan eğilimler, daha önce yapılan akım, yağış ve sıcaklık değişkenlerinin eğilimleriyle çok uyumlu bulunmuştur.

Kuzey Atlantik Salınımı (NAO) ve Güneyli Salınım'ın (SO) Türkiye göl seviyelerinin salınımlarına etkileri incelenmiştir. Hem yıllık hem de kış sezonu göl seviyeleri NAO ile ilişkili bulunmuştur. Kış sezonunda NAOI ile göl seviyeleri arasında özellikle Kuzey Batı bölgelerimizde bulunan göller anlamlı ters ilişkili bulunmuştur. SO'nun ekstrem fazları olan El Nino ve La Nina olaylarının göl seviyelerine etkileri, daha önce yağış ve akım değişkenleri için saptanmış kararlı bölgelerde, simülasyon çalışmasıyla irdelenmiştir. Bu iki ekstrem fazın göl seviyelerine etkileri bulunmuştur. Ancak bu etkiler istatistiksel olarak anlamlı olmadığı sonucuna varılmıştır.

Göl seviyelerinin zaman serileri bileşenleri, eğilim, periyodik ve iç bağımlı bileşenleri için analiz edilmiştir. Bulunan anlamlı bileşenlere olası fiziksel açıklamalar getirilmiştir. Genel olarak Türkiye göl seviyeleri aylık zaman serilerinde hakim bileşen periyodik bileşen olarak bulunmuştur. Göl seviyeleri zaman serilerinden, eğilim, periyodik ve iç bağımlı bileşenler teker teker çıkarılarak, spektral analizi yapılmıştır. Otokorelasyon fonksiyonunun Fourier dönüşümü olan otokovaryans yoğunluk spektrumlarından yararlanılan spektral analizde, hidrolojik sürecin değerleri oluşum sırası yerine tekrerrün bir fonksiyonu olarak irdelenmiştir.

Frekans-genlik-zaman ortamında göl seviyeleri 'Dalgacık dönüşüm' ile analiz edilerek, göl su seviyeleri sürekli dalgacık dönüşümü ve global spektrumları hesaplanmıştır. Uygulama, Türkiye'nin coğrafik olarak değişik bölgelerine yayılmış altı büyük göl seviyesinde yapılmıştır. Bu altı göl seviyesinin günlük ve aylık ortalama serilerine dalgacık dönüşümü uygulanmıştır. Sürekli dalgacık dönüşümünün global spektrumları, analiz edilen bölgenin iklimsel karakteristiğini net olarak açıkladığı belirlenmiş olup ayrıca göl seviyelerinin periyodik yapı karakterleri açığa çıkarılmıştır. Ayrıca farklı iklim bölgelerinde, aynı periyodik yapıya sahip göller tespit edilmiştir.

Son olarak, Kuzey Atlantik Salınımı indeksi (NAOI) ile seçilen beş göl su seviyesi, dalgacık dönüşümü ile analiz edilmiştir. Göl su seviyelerinin global dalgacık spektrumları ile NAOI arasında anlamlı ilişkiler tespit edilmiştir. Özellikle göl seviyeleri ve NAOI'nin 1 yıldan 10 yıla kadarki ölçek seviyesindeki periyodik yapıları arasında çok yüksek ilişkiler bulunmuştur.

HYDROCLIMATOLOGICAL ANALYSIS OF TURKISH LAKE-LEVELS

SUMMARY

The factors which affect the lake-levels can be considered as follows; climate change, meteorological and hydrological features, the green house effect of the gases in the atmosphere and tectonic change of the earth. Basis objective this thesis, a rough picture of lake-levels hydroclimatology in Turkey is desired to be depicted. Another objective of this study is to examine seasonal variation of the lake-levels. Lake-levels fluctuations are important in the planning and structures and management and land using. It is important that to what extend the changes in the climate affect the lake water levels and during the future studies dealing with the lakes; concerning use of water, and while projecting water structures it is important to know how the water levels change in accordance with time. In order to explain natural attitude of lake-levels variation, analyzing nonstationary series is generally used in water resources and hydro climatic research areas. Hydro-climatic variables are important indicators of climatic change. These variables tend to reflect climatic change and can help in understanding the relations between hydrology and climate. It is important that to what extend the changes in the climate affect the lake-levels and during the future studies dealing with the lakes; concerning use of water, and while projecting water structures it is important to know how the water level changes in accordance with time. It will be of great use to know the tendency of changes in the lake-levels in Turkey for both current and future studies.

The thesis has four chapters. After an introduction, an extensive literature review is presented including the history and summary of the previous studies. In Chapter 2 different analysis techniques are given. These analysis results are given in Chapter 3. Finally, conclusion and recommendation of the study are given.

Turkish lake-levels dataset are statistically tested with respect to homogeneity. Six homogeneity tests are applied to evaluate the annual mean series. The results of the different tests are condensed into two classes: 'useful' and 'suspect'.

25 lake-levels records and nearby place precipitation records, scattered all over Turkey, are studied with first harmonic analysis revealing the lake-levels regime and climatological patterns of Turkey. It is observed that the first harmonics lake-levels represent more than 90% of the total variance.

Existence of trend in annual mean of Turkish lake-levels has been investigated. Trend analysis has been carried out using the non-parametric Mann-Kendall test. Statistically significant decreases were found in central and southern parts of Turkey. Significant increase trends were found northern and eastern parts of Turkey. These results are in agreement with those of precipitation and streamflows and temperatures trends studies in Turkey.

Turkish lake-levels were analyzed in association with both the Southern Oscillation (SO) and the North Atlantic Oscillation (NAO). Relationship between the North Atlantic Oscillation indices and seasonal lake-levels at the 25 stations of Turkey, and

the influences of extreme NAO index (NAOI) episodes and longer time-scale variations in the NAO on the lake-level in Turkey were investigated. The influences of the extreme phase of Southern Oscillation on Turkey's lake-levels pattern have been examined.

Time series of Turkish lake-levels are analyzed for trends, periodicities and autoregressive components. Series of lake-levels for possible physical causes are given for those components found to be significant. Many time series of Turkish lake-level beginning of month levels contain trends and large periodic components and large autoregressive components and small random components. In analysis of lake-level variation in time-scale domain, main goal is analyzing of lake-levels variation in time-scale (period) domain by continuous wavelet transform and global spectrums of it. For application, six lakes of Turkey located at different geographical locations were selected. Daily and monthly lake-levels of selected locations were analyzed by wavelet transform. Especially, the global spectrums of the continuous wavelet transform clearly explained climatic characterization of the analyzed region. It was founded that some interesting correlations between global spectrums of the lake-levels from different climatic regions were founded. Some periodic structures of the levels from different climatic regions were corresponded with each other.

The last in Chapter 2 investigated the relationships between the variability of the selected lake-levels of Turkey and the variability of the NAOI, and of the spatial and seasonal lake-levels changes associated with the NAO index in time-scale domain. Lake-levels series and NAO index were analyzed by wavelet transform. The global wavelet spectrum or energy spectrum of periodicities of lake-levels and the NAOI anomalies are mostly defined by a significant correlation. The other result was that periodic structures of the lake-levels related with NAO are from 1-year scale to 10 years scale levels.

1. GİRİŞ

1.1 Göl Su Seviyeleri Değişiminin Önemi

Etrafı her yandan karalarla çevrili, derin veya sığ, geniş veya durgun su örtüsüne göl denir. Göllerin büyüklükleri, derinlikleri, kimyasal özellikleri ve oluşumları farklı farklıdır. Bir gölün rejimi; gölle bağlantılı akarsu, yağış, buharlaşma, yeraltı suyu ve sızmaya bağlıdır. Göl su seviyesi mevsimlere göre değişir. Suları tatlı, tuzlu veya acı olabilir. Dışarıya akışı yoksa içinde biriken maden tuzları çevrenin jeolojik özelliğine göre suyu acı (sodali) veya tuzlu yapar. Eğer gölün suları bir ayakla (göl suyunun fazlasını başka bir yere akıtan çay) dışarı akıyorsa, maden tuzları birikmeyeceği için tatlı olur. Karstik bölgelerde bazen göl ayağı gözükmeyebilir. Fakat böyle göllerin suları göl ayağı tabanda olduğu için tatlıdır. Yeryüzünde göllerin şekli, büyüklüğü ve derinliği bulunduğu yerin yapısına bağlıdır. Beslenmeleri ise yağışlar, kendilerine dökülen akarsular veya yer altı kaynakları vasıtasıyla olur.

Göller oluşumlarına göre sınıflandırıldığında altı çeşit göl oluşumu vardır (Cografya, 2004). Bunlar;

1. Tektonik Göller: Yer kabuğu hareketleri ile oluşan çukurlukları dolduran sulardır. En fazla Doğu Afrika'da görülür. Yurdumuzda ise Tuz, Manyas, Uluabat, İznik, Sapanca, Akşehir, Beyşehir, Burdur, Eber, Hazar, Ilgın gölleri sayılabilir.
2. Karstik Göller: Karstik bölgelerdeki çukurlukları dolduran durgun sulardır. Ör: Kovada, Salda, Suğla, Kestel, Avlan, gölleri.
3. Buzul Gölleri: Yurdumuza bazı yüksek dağların üst kısmında görülür (Cilo, Sat, Ağrı, Tendürek, Süphan, Kaçkar, Uludağ, Erciyes, Bolkar, Aladağlar, Bey dağları gibi). Dünya üzerinde en fazla Kuzeybatı Avrupa'da görülür. Ayrıca Kanada'nın güneyi ile A.B.D'nin kuzeyindeki göller buna örnektir.
4. Volkanik Göller: Yurdumuzda Nemrut, Meke Tuzlası (Konya-Karapınar), Gölçük (Isparta), Acıgöl (Konya) gölleri buna örnektir.

5. Doğal Set Gölleri

- Heyelan Set Gölü: Tortum, Sera, Abant, Yedi Göller.
- Alüvyon Set Gölü: Marmara, Bafa, Köyceğiz, Eymir, Mogan gölleri.
- Kıyı Set (Lagün): B. ve K. Çekmece Terkos, Akyatan, Balıklı, Simenlik gölleri.
- Volkanik Set: Van, Erçek, Nazik, Balık, Çıldır gölleri.
- Buzul (Moren set) Set : En fazla K. Batı Avrupa'da görülür.

6. Yapay Set : Baraj gölleri buna örnektir.

Genel olarak göl su seviyeleri değişimlerine iklimsel nedenler sebep olmaktadır. Yağış, akarsu, yüzey ve yer altı sularının beslemesi ile göl seviyeleri yükselir. Buharlaşma, yeraltına sızma, sulama ve içme suyu olarak gölden su kullanımı göl seviyelerinde alçalmaya neden olmaktadır.

Türkiye göller bakımından zengin bir ülke olarak düşünülebilir. Türkiye'nin yüzölçümünün %11 kadarını göller ve bataklıklar kaplar. Bunların boyutları, bir içdeniz kadar geniş Van gölünden küçük su birikintilerine kadar değişir. Göllerimizin en büyüğü ve en derini Van gölüdür. Alan bakımından sırayla onu Tuz, Beyşehir, Eğridir, Akşehir ve İznik gölleri izler. Ayrıca ülkemizde birçok doğal gölden daha geniş alan kaplayan yapay göller yapılmıştır (Atatürk Baraj gölü). Su, insan ve canlıların en fazla ihtiyaç duydukları bir doğal kaynaktır. Sınırlı olan su kaynaklarının önemi gün geçtikçe artmaktadır. İnsan nüfusunun artması, endüstrileşme sonucunda çevre ve su kaynaklarının kirlenmesi, iklim değişiklikleri sebepleriyle su kaynaklarında azalmalar gözlenmektedir. Su kaynaklarının planlanmasında bölgenin iklim ve özellikle yağış durumlarının bilinmesi gerekir. Bir bölgenin iklimi o bölgenin çeşitli yerlerine yerleştirilmiş olan meteoroloji ve hidroloji istasyonları vasıtasıyla; yağış, sıcaklık, nemlilik, buharlaşma, giren akım, çıkan akım, göl su seviyesi, vb. temel hidrometeorolojik değişkenlerin zamana göre ölçümünün yapılması ile mümkün olabilir. Doğada birbirleri ile ilişkili hidrolojik, meteorolojik ve jeolojik özellikler tabiat olaylarında etkin rol oynarlar. Doğada olayların zamana bağlı olmasının yanında, etkiyen parametrelerin çok ve birbiriyle ilişkili olması, doğa olaylarının izahını güçleştirmektedir.

Hidrolojik değişkenlerin zaman serileri saklı bilgiler içermektedir ve bu bilgilere erişmek kolay değildir. Hidrolojik seriler zamansal incelendiğinde bize genişçe bir

ufukta değerlendirme fırsatı vermezler. Onlar, çok daha fazla gayret gösterilerek değişik bakış açılarıyla değerlendirilmeye ihtiyaç duyarlar. Hidroklimatolojik değişkenler, iklim değişiminin çok önemli göstergeleridir. Bu değişkenler iklim değişimini yansıtmaya eğilimlidirler, iklim ve hidroloji arasındaki ilişkileri anlamamıza yardımcı olurlar (Von Storch ve Navarra, 1995). Göl seviyeleri değişimi iklim değişikliğini yansıtacağı için bu konuda önemli işaretlerinden birisi olarak kabul edilebilir.

Göl su seviyeleri hidrolojik, meteorolojik ve antropojenik şartların etkisi altındadır. Hidrometeorolojik büyüklükler, doğrudan doğruya ölçülerek elde edilen ve daha sonra bu veriler işlenerek, işlenmiş büyüklükler olarak çeşitli çalışmalarda kullanılırlar. Göl su seviyesinin yükselmesi, parasal ve doğa tahribatı sebepleriyle zararlı olabilmektedir. Beslenme ile ilgili olarak kıyı bölgelerinde tarım üretimi özellikle etkilenecek sahalardır. Göl su seviyesinde yükselme, kıyı erozyonuna neden olabildiği gibi, özellikle yerleşim yerleri su seviyesinin yükselmesinden etkilenecektir. Bu durum çok ciddi kıyı tahribatlarına sebep olabilmektedir. Göl su seviyeleri, çok alçaldığında veya yükseldiğinde göl çevrelerinde büyük ekonomik kayıplara hatta bazen tekrar düzelmesi mümkün olmayan doğa değişimlerine neden olabilirler. İklim elemanlarındaki değişimler, göl su seviyelerinde değişme olarak yansıma yaparlar. Genelde göllerdeki su seviye salınımları; yağış, akış ve buharlaşma gibi klimatolojik faktörlerin karmaşık etkileşimine gölün bir tepki göstermesinin bir sonucu olarak ortaya çıkar (Cohen, 1986). Göllerin beslenmesi üç şekilde olur: Birincisi doğrudan göllerin üzerine düşen yağış, ikincisi yüzeysel akış ile göle ulaşan yağış, üçüncüsü de sızma ile yeraltına geçen yağışın yer altı akışı ile. Yağışın artması ve karların erimesi ile birlikte çok miktarda akışın oluşumundan dolayı ilkbahar ve yaz aylarında göllerde su seviyesinin artar, sonbahar ve kış aylarında ise göl su seviyesi azalır (Brinkman, 1983). Bunun nedenini yağışın azalmasına ve buharlaşmanın yüksek olmasına bağlamaktadır. Buharlaşmanın kış aylarında yükselmesinin nedeni ise su ile hava arasındaki basınç farkının, yılın bu aylarında büyük olmasındandır. Bu aylarda su sıcaklığı yüksektir ve karada giderek artan bir soğuma vardır. Sonbahar ve kış ayları süresince göl, karadan daha sıcaktır. Bu yüzden göl üzerindeki atmosferdeki karalılık azalır, bulutluluk ve yağış artar. Yaz ve ilkbahar aylarında göller, karadan daha soğuk olduğu sürede göl üzerindeki atmosferik karalılık artar, bulutluluk ve yağış azalır (Changnon ve Jones, 1972).

Brunk (1959) Michigan ve Huron göl seviyeleri ile yağış arasında açık bir gecikme farkı ve hesaplanabilir bir ilişki olduğunu tespit etmiştir. Çoklu lineer regresyon ve korelasyon yöntemleri ile göl seviyelerinin yağışları 3 aydan 2 yıla kadar uzanan bir gecikme ile cevap verdiğini fiziksel bir sebep bularak iddia etmiştir. Bu durumu, havzadaki kara yüzeyinin büyük bir kısmının kum ve çakıl ile kaplı olmasıyla yağışın göle ve akış yataklarına süzülürken toprağın yağışı absorbladığını ve buharlaşmadan koruduğunu böylelikle akışın bir sonraki yıla kadar gecikebileceği ile açıklamıştır.

Göl seviye kayıtlarının analizi, geçmiş ve gelecekteki göllerin karakteristiği ile bölgenin iklimi hakkında önemli bilgi verebilir. Bu nedenle göl seviye ölçümleri ve ölçüm kayıtları, su kaynaklarının planlanması, projelendirilmesi ve idaresi açısından önem arz ederler.

1.2 Konu ile İlgili Daha Önce Yapılmış Çalışmalar

Günümüzde bir çok çalışma sera etkisi iklim değişmelerinin topluma ve doğaya etkileri üzerine yapılmaktadır. Hoog 1995 yılı çalışmasında Fransa'nın Upper Loire havzasında havza karakteristiklerine bağlı olarak, debi üzerine iklim değişimi etkisini araştırmıştır. Debi üzerinde yağışın etkileri, sıcaklık etkisinden daha fazla olduğunu yaptığı analizle göstermiştir. Radinow (1994) göllerde kritik seviyelerin, genellikle yağışların ortalamalarının üstünde olduğu ıslak periyotlarda veya ortalamanın altında olduğu çok kurak periyotlarda oluştuğunu göstermiştir.

Jones (1995), iklim değişiminin farkına varılmasıyla, dünyanın bir çok bölgesinde su kaynaklarında gözlenen artmayı bir tehdit olarak almakta, muhtemelen iklim değişimiyle ekstrem olayların frekanslarında, şebeke kaynaklarının yıllık ortalama ve iklim değerlerinde kademeli değişimler gözleneceğini ileri sürmüştür.

Mccabe ve Hay (1995), Gunnson Nehri havzasında, potansiyel iklim değişiminin etkileri üzerine yaptığı çalışmada, sıcaklık ve yağışın zaman serileriyle analizlerini yaparak, akış üzerinde yağış değişimleri etkisinin sıcaklık değişimleri etkisinden çok olduğunu tespit etti. Yağış değişimlerinin anlamlı etkilerinin bütün sezon boyunca olurken sıcaklık değişimlerinin akış dağılımlarını geçici olarak yıldan yıla etkilediğini iddia etmiştir.

Kadıoğlu ve diğ., (1999) Türkiye üzerindeki 200 yağış istasyonu verileriyle bir ülke yağış paterni oluşturmaya çalışmışlar, analiz sonucunda sadece 1. ve 2.

harmoniklerin Türkiye yağışlarını değişiminin %90'ından fazlasını açıklamaya yeterli olduğunu gösterdiler.

Göllerin su seviyelerinin dalgalanması, iklim değişimlerinin global ölçekten bölgesel ölçeğe ilişkilendirilir. Su yüzeyi dalgalanmaları göl üzerindeki ve göl havzasındaki buharlaşma ve yağış değişimlerini yansıtır.

Kite (1989) çalışmasında, iklim karakteristiklerini ortaya çıkarmak için çeşitli zaman serilerini; akım, göl seviyesi ve yağış dahil olmak üzere analiz etmiştir. Herhangi bir iklim değişikliğinin etkilerini tespit etmek için göl su seviyelerinin ve nehir akımlarının zaman serilerini analiz eden Kite iklim değişimini bu seriyi oluşturan bileşenleri tek tek inceleyerek iklim değişikliğine neden olabilecek izler aramasına karşı bir netice elde edememiştir.

Bir diğer çalışmada Kite (1982), Victoria ve Superior göl seviyelerini, spektral bileşenlerine ayırarak analiz etmiştir. Aynı gölün iki farklı ölçüm verilerini dikkate alarak bu iki verilerin farkını alarak göl seviyelerinin spektral bileşenlerini kullanarak bir kabuk hareketi, göl seviyeleri arasındaki yükseklik farkından dolayı bir hareket, tespit etmiştir.

Diğer bir çalışmada, Güney Tropikal Andes'de, iklim anomalilerinin dolaşım mekanizmalarını, Titicaca gölü su seviyesi ölçümlerinde, yüzey analizinde ve üst hava bölümleri kapsamında değerlendirmiştir (Hastenrath ve diğ., 2004). Farklı bir çalışmada da, Ölü Deniz (Lut gölü) su seviye kayıtlarını türetilip, gölün matematiksel modelini kurulmuştur (Asmar ve Ergenzinger, 2002).

Göller, sürekli olarak hidroklimatolojik şartlardan, insan etkisinden ve tektonik hareketlerden etkilenirler. Bir su kolonunun yükseklik değişmesini doğuran sebepler şunlardır; sıcaklık veya bileşiminin değişmelerinden dolayı su kolonunun hacminin değişmesiyle, yüzey basıncının değişmesiyle, suyun dolaşım süreciyle, rüzgar yönlendirmesiyle (yüzey eğimiyle), gel-git olayları sayılabilir. Kite (1989), Meteorolojik gözlem verilerinin, çevre ve lokal etkilerin değişmesinden, mesala şehirleşme gibi, etkilenecek kalitesinin her zaman düşebileceğini diğer taraftan göl seviyeleri ile nehir akımlarının bu sebeplerden daha az ancak insan aktivitelerinden direk olarak etkilendiğini tespit etmiştir. Çeşitli zaman serilerini, akım yağış ve göl seviyelerini, analiz ederek iklim karakteristiklerini araştırmıştır.

Göl seviyeleri yıllık dalgalanmalarına dikkatlice bakıldığında, tüm jeofizik işlemler genellikle dikkate alınmadığından, genlikleri 10 santimetreden küçük oldukları ve göl seviyeleri zaman serilerinde sadece biraz arttıkları görülür. İlaveten, homojen örnek farzedilen göl seviyeleri ortalama yükseklik değerleri alındığında, bütün göllerin bu lokal işlemlerinin çoğu ortalaması, sıfıra yakın olmaktadır. Göl seviyelerinin karışık yapılarından dolayı analizler için etkili tekniklere ihtiyaç duyarlar. Duragan olmayan serilerin analizleri için dalgacık dönüşümü metodu ideal bir araçtır. Son birkaç yılda su kaynaklarında dalgacık dönüşümü tekniğinin kullanılmasında adeta bir patlama yaşanmaktadır. Dalgacık dönüşümlerinde ilk çalışmalardan birini su kaynaklarında yapan Kumar (Kumar ve diğ., 1993) çalışmasında, yağış kayıtlarını ilk defa , çok çözücü tekniği kullanarak, ayırtmış ve bileşenlerini analiz etmiştir.

Doğu Afrika'nın 2.ci büyük gölü Tanganyika ve Rukwa göllerinin son 200 yıllık tarihsel ve kayıtsal göl seviye verileri ile yağış verileri arasındaki ilişkilerin incelendiği çalışma Nicholson tarafından yapılmıştır. Son iki yüzyılda tarihsel veriler ile kayıtlı veriler arasında fazla farklılık bulunmadığı saptanan çalışmada bu iki göl arasında da oldukça paralel eğilimler bulunmuş olup bu eğilimlerin genel olarak havzada oluşan yağmur ile açıklamış olmalarına rağmen sonuç olarak göl seviyeleri ile yağmur arasındaki ilişkilerin karmaşıklığı tespit edilmiştir (Nicholson S., 1999).

İklim değişiminin göl seviyeleri üzerine etkilerini araştıran Qin, Çin'de iç kesimlerde bulunan Qinghai gölünü çalışmıştır (Qin ve diğ., 1998). Bir havza modeli ile göl termik modelini birleştirerek Qinghai gölü su bütçesini simüle etmiştir. Böylelikle Çin'in kuzey doğusunda bulunan iç göllerin iklim değişimi etkisinin potansiyel etkilerini araştırmıştır. Bu model iç göller veya yarı çorak dağlık bölgelerde iklim değişimi etkisini oldukça uygulanabilirliği tespit edilmiştir. Sensitivity analizi ile yağışın değişiminin, akışın değişiminin sıcaklık ve bulutsuzluktan daha çok olacağı tespit edilirken göl seviyesinin sıcaklık ve yağış değişimi ile aynı derece etkileneceği çalışılan bölgede saptanmıştır. Atmosferdeki CO₂ miktarının iki kata ulaşacağına şimdikinden daha sıcak ve yağışlı şartların oluşacağı tespit edileceği tahmin edilmiştir. Böylelikle toplam buharlaşma ve akışın artacağı tahmin edilmektedir. Ancak göl seviyelerinde, artan yağışın etkisinin yükselen sıcaklıklarla karşılanacağı için, belirsizlik (kararsız) olacağı beklenmektedir.

Yaklaşık olarak 250 yıldan beri göl seviyeleri dalgalanmaları, iklim değişimlerine bir karşılık vermesini tespit etmek amacıyla incelenmektedir (Halley, 1715; Street-Perrot ve Harrison,1985).

Göl seviyelerindeki dalgalanma yalnızca belirli iklim değişkenleri arasındaki farklılıktan dolayı meydana gelmez, aynı zamanda göl seviyeleri hidrolojik denge kontrolüdür. Kapalı göllerdeki sürdürebilir su dengesi için gerekli parametrelerin değişimini tahmin edebilmek su ve enerji denge modelleri kullanılmaktadır (Harrison, 1988; Harrison ve diğ., 1993).

Kapalı göllerdeki su seviyelerinde dalgalanma, bölgesel ve kıtasal ortalama yıllık su bütçesindeki değişkenler ayrıntılı detayları ile birlikte özellikle yağış ile buharlaşma denge değişimlerine çok duyarlılık göstermektedir (Smith ve diğ., 1983).

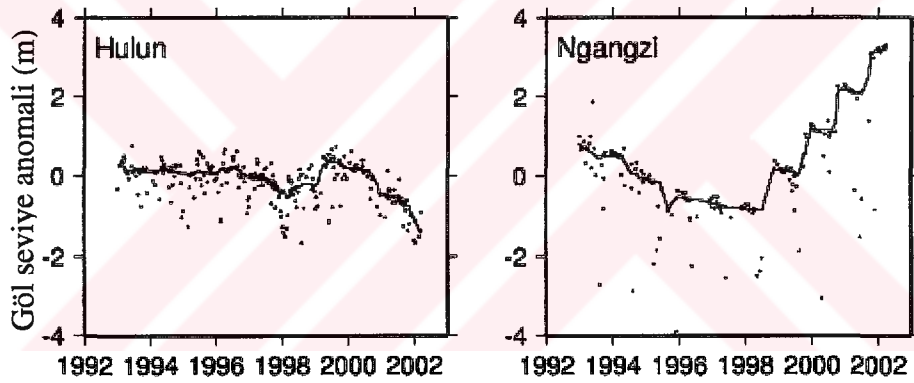
Göl seviye verileri genişçe bir şekilde paleo-iklim araştırmalarında kullanılmıştır, böylece kullanılabilir iklim modelleri için önemli kaynaklar sağlanmıştır. Örnek olarak göl seviyelerinin haritalanması ve sentezleri gösterilebilir (Street ve diğ., 1976; Yu ve diğ., 1995).

Kuzey Amerika'da Great Lakes bölgesinde, göl-kar yağışı etkileşiminin hidroklimatolojik olarak değerlendirildiği çalışmada (Ellis ve diğ., 2004), yağış, sıcaklık ve kar yağışı değişkenlerinin eğilim ve frekanslarını analiz ederek incelemiştir. Özellikle geçen yüzyılda oransal olarak şaşırtıcı olarak ifade edilen kar yağışındaki artış çeşitli araştırmacılar tarafından da tespit edilmiştir. Erie ve Ontario göllerinin kış (aralık-ocak-şubat ayları), yağışlarının hidroklimatik basit analizlerle, kar yağışının arttığı anlamlı periyotlar için; yağışlardaki değişimin kar yağışlarında daha fazla iken yağmurlarda daha az, kış yağışlarında azalma, özellikle lokal kar yağışlarında artma, 'kar yağışı/kar suyu dengesi' oranında artma tespit edilmiştir. Great Lakes Bölgesinde göl-kar yağışı etkilerinin kış aylarında hidroklimatik değişimi doğruluğu bu çalışmada kabul edilse de son yüzyıl süresince ölçeksel olarak göl etkili kar yağışı artışı saptanmamıştır. Ancak yağmurdan ziyade kar yağışındaki artış toplam yağışta küçük oranda değişime sebep olmuştur. Bölgedeki abartılan kar yağışının yağmurdaki az değişmeden geldiği tespit edilmiştir.

Dalgacık dönüşümü ile ilgili birçok çalışma yapılmış olmasına rağmen göl seviyeleri değişimi analizlerinde dalgacık dönüşümü ile sınırlı sayıda çalışma vardır. Morlet dalgacığı ile yaptığı dalgacık dönüşümü analizinde, Tanganyika gölünün rüzgarın

neden olduğu termoklinal salınımlara inceleyen (Naithani ve diğ., 2003), termoklinal salınımların derinlerde gözlenmiş zaman serileri verilerini kullanarak, termoklinal salınımların periyodikliğini değerlendirmiştir.

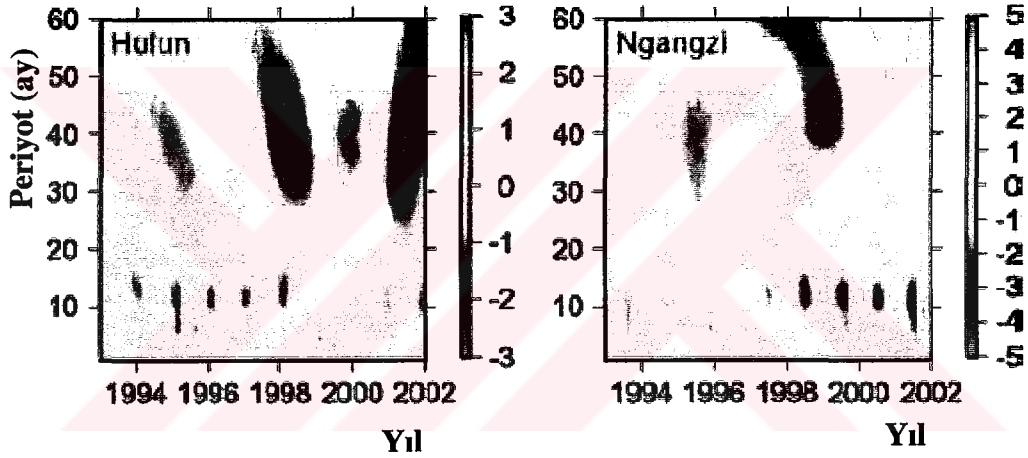
Golitsyn ve diğ., (2002) çalışmasında, Ladoga ve Onega göllerinin hidrolojik rejimleri ve göl seviyeleri değişimlerini uzun bir gözlem verisi kullanarak, dalgacık dönüşümü tekniği ile analiz etmiştir. Ladoga su seviyelerinin 1859’dan 1995’e kadar ki zamanda, daha önce söylenen değişimi, spektral yapılarında tespit etmiştir. TOPEX/Poseidon, deniz suyu yüksekliğini ölçmek için dizayn edilen bir uydu sistemidir. Bu sistem verileri, Amerika Birleşik Devletleri, Afrika ve Güney Afrika’nın iç göllerinde ilgili çalışmalarda kullanılmaktadır. Hwang ve diğ., (2005) 10 yıllık TOPEX/Poseidon yükseklik verilerini kullanarak Çin’de bulunan 6 gölün seviye değişimlerini dalgacık dönüşümü tekniğini kullanarak ENSO ile ilişkilendirmiştir. Bu göllerden ikisinin göl seviyeleri anomalileri zaman serisi Şekil 1.1’de gösterilmiştir.



Şekil 1.1 : TOPEX/Poseidon Yükseklik Verilerini Kullanılarak Elde Edilmiş Göl Seviyeleri Anomalileri Zaman Serisi. Noktalılar Ham Veri, Düz Çizgi Filtre Edilmiş Veriler (Hwang ve diğ., 2005’den uyarlanmıştır).

Özellikle Huron ve Ngangzi göllerinin su seviyeleri, yağışlarla çok korelasyon ilişkili çıkmıştır ve bu hem göl seviyeleri hem de yağışlar 1997-1998 El nino olaylarına tepki vermişlerdir. Göl seviyeleri dalgacık spektrumlarında yıllık ve yıllar arası değişimlerinde iklimselliğin hassas izlerini yakalanmıştır. Özellikle 1997-1998 El Nino olaylarının yansımalarını aşikar biçimde tespit etmiştir (1997/98 döneminde El Nino nedeniyle Asya-Pasifik bölgesinde alışılmamış bir kuraklık hüküm sürmüştü). Göl seviyelerinin dalgacık spektrumlarında değişik zaman ölçeklerinde periyodik yapı gösterilmiştir. Bazı göllerde iklim değişmesinden çokça etkilendiği saptanmıştır. Şekil 1.2’de Morlet dalgacığı ile hesap edilen göl seviyelerinin dalgacık

katsayıları gösterilmiştir. Şekillerin sağ tarafındaki ölçek skalası korelasyon ilişkilerinin azlığını veya çokluğuna işaret etmektedir. Hulun göl seviyeleri değişimlerinde; 6 aylık, 1 yıllık ve yıllar arası bileşenler bulunmuştur. 6 aylık bileşenler çoğunu yıl hep zayıf karakterlidir. 1999 ve 2000 yıllarındaki bir yıllık periyodiklik zayıftır. Mevsimsel olarak kış aylarında zayıf, yaz aylarında kuvvetli korelasyonlar vardır. Yıllar arasında 1995-1996, 1997-1998 ve 2001 de zayıf, 1996 ve 2000 yıllarında yüksek enerjiler bulunmaktadır. Yıllar arasında kabaca 2-3 yıl periyodik karakterin baskın olduğu ifade edilebilir. Ngangzi göl seviyelerinde bir yıllık ve yıllar arası değişimlerin izleri aşikar biçimde Şekil 1.2’de gözlenmiştir. Altı aylık değişim mevcut olmasına rağmen belirgin olmayışına sebep yaz ve kış musonları gösterilmiştir. Yıllık bileşen kışın kuvvetli yazın zayıf olduğu gözlenmektedir. Yıllar arası salınım periyotları görülmemektedir.



Şekil 1.2 : Morlet Dalgacıkları Kullanılarak Göl Seviyeleri Anomalileri Dalgacık Spektrası (Hwang ve diğ., 2005).

Kuzey Atlantik Salınımı (NAO) ve Güneyli Salınımın (SO) etkisi çok sayıda çalışmada Akdeniz havzası ve Türkiye iklimsel parametreler üzerinde yapılmıştır (Türkeş, 1998; Cullen and DeMenocal, 2000; Kahya ve Karabörk 2001; Cullen ve diğ., 2002; Türkeş ve Erilat, 2003; Polonskii ve diğ., 2004; Karabörk ve diğ., 2005). Bu araştırmacılar yarımadanın çoğunda, doğuda bulunan bazı istasyonlar hariç, NAO kış indeksinin etkisi altında olduğunu tespit etmişlerdir.

Türkiye’deki çeşitli hidroklimatolojik değişkenlerin NAOI ile ilişkisini inceleyen Karabörk ve diğ. (2005) çalışmasında, aralıklı çapraz korelasyon analizi ile Türkiye yağış, akım, minimum ve maksimum sıcaklık motiflerinde NAOI ile anlamlı negatif ilişkiler tespit etmişlerdir.

Türkeş ve Erlat (2003) çalışmalarında, Türkiye yağış serileri ve NAO indeksinin yıllar arası değişkenliğinde negative ilişkiler bulmuşlardır. Negatif ilişkiler özellikle kışın kuvvetli, sonbaharda orta seviyede, ilkbaharda ise oldukça zayıf olurken yazın herhangi bir ilişki tespit edilememiştir. Anlamlı korelasyon katsayıları kışın 61 istasyonda bulunurken sonbaharda 23 istasyonda ilkbaharda ise sadece 8 istasyonda tespit edilmiştir.

Hurrell ve Van Loon (1997) çalışmasında NAO ve SO olaylarını analiz etmiş. Son zamanlardaki, 1980 yılların başından beri onlu yıllarda, Kuzey batı Atlantik'teki soğuma ile Avrupa ve Avrupa üzerinden Avrasya üzerindeki ısınma direk olarak Kuzey Atlantik Salınımı ile ilişkilendirilmiştir. Aynı dönemlerde, Kuzey Amerika ve Pasifik havzası üzerindeki sıcaklık anomalileri, tropikal zorlama ile ENSO olaylarının sonucu olduğu ileri sürmüşlerdir. NAO deniz seviye basınç indeksinin 130 kış sezonunun (1964-1995) güç spektrumunu analiz ederek bu dönem zarfında yıllar arasında 2-3 yıl ve on yıllık dönemde 6-10 periyodik bantlarda en etkili (enerjisinin en fazla) olduğunu tespit etmiştir.

1.3. Yapılan Çalışmanın Amacı, Önemi ve Kapsamı

Son yıllarda iklim, bir sistem olarak birçok farklı bilim dalının ortak çalışmaları ile güncelliğini korumakta günümüzde de birçok bilimsel araştırmada irdelenerek çeşitli yaklaşımlar yapılmaktadır. İklim değişimi sorunu, nedenleri ve sonuçlarıyla araştırmacıların giderek artan ilgisini çekmektedir.

Bu çalışmanın temel amacı Türkiye göl seviyelerinin hidroklimatolojik resminin, olabildiğince geniş bir yelpazede, çizilmesidir. Bunun için çeşitli çözümleme yöntemleri kullanılarak resmi olabildiğince geniş bir perspektif ile ortaya çıkarmaya çalışılmıştır. Yapılan analizlerle; Göl seviyelerinin mevsimsel değişkenliğinin coğrafi ölçeğinin saptanması, Türkiye genelinde göl rejimleri hakkında bir fikir sahibi olmak, Göl seviyesi ve hidroklimatolojik parametrelerinin eğilimlerinin ilişkilendirilmesi, Büyük-Ölçekli Atmosferik dolaşımın etkilerini (NAO ve SO) Türkiye göl seviyelerinde incelenmesi, göl seviyeleri ve gölle ilişkisi olan iklimsel parametrelerin zaman serilerinin bileşenlerine ayrılıp, spektral yapısını ortaya konması, Türkiye göl seviyeleri periyodik karakteristik yapısının Dalgacık Dönüşümü analizi ile bir başka açıdan incelenmesi yapılmıştır.

Türkiye göl seviyelerinin iklimsel parametrelerle ilişkilendirilmesi gelecekte ilgili projelerin hazırlanmasında ve özellikle göl seviye modellemesinde önemli bir katkı da bulunabileceği düşünülmektedir. Bu amaçlarla göl su seviyeleri ile hidroklimatolojik değişkenlerin zaman serileri frekans, zaman, periyot ortamlarında analiz edilerek göl seviyeleri incelenmiştir.

Yapılan bu çalışmanın orjinalliğine vurgu yapılmak istenirse; Türkiye’de göl su seviyesi verileri için ilk defa kapsamlı homojenlik analizi yapılması, Homojenlik testlerinde Türkiye’de uygulaması ilk defa yapılan dört yöntemden yararlanılmıştır. Türkiye göl seviyelerinin frekans ortamına ek olarak zaman ortamında ele alınması, göl seviyeleri ve ilgili diğer iklimsel verilerine spektral analizle ayrıştırılarak incelenmesi, Türkiye göl Su Seviyelerinin periyodik karakteristikleri ile Kuzey Atlantik Salınımının periyodik karakteristiğinin ilişkilendirilmesi, göl seviyelerinin eğilimlerinin belirlenmesi ve diğer iklimsel parametrelerle ilişkilendirilmesi, Güneyli Salınımın Türkiye göl su seviyeleri üzerindeki etkilerini yapay sinir ağıları modellemesi ile simüle edilmesi sayılabilir.

Türkiye’nin iklim değişiminin göl seviyelerini hangi eğilimde etkilediği ve gelecekte gölle ilgili çalışmalarda, su kullanımında, yerleşim ve su yapılarının projelendirilmesinde göl su seviyelerinin zamanla nasıl değiştiğini bilmek açısından önemlidir. Büyük ölçekli atmosferik dolaşımın Türkiye’de bulunan göllerin su seviyelerine ne şekilde etki yaptığı, gelecekte yapılacak su seviye tahminleri açısından önemli olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmada Türkiye gölleri su seviyelerinin hidroklimatolojik analizi yapılarak iklim değişikliğinin izlerinin olup olmadığı ve büyük ölçekli atmosferik dolaşımın Türkiye göl seviyeleri paternlerinde sinyallerinin varlığı araştırmak amaçlanmıştır. Ayrıca yıllık çevrim ve stokastik modellerin saptanması ve bunların bölgesel değişiminin yorumlanması hedeflenmiştir. Yapılacak bu çalışmalar ilgili su kaynakları çalışmalarına katkıda bulacağı düşünülmektedir.

Literatür araştırmasında ortaya çıktığı gibi, Türkiye’de göllerin su seviyelerinin çok kapsamlı analiz çalışması henüz yapılmamıştır. Bu çalışma ile bu eksikliğin tamamlanması amaçlanmıştır. Ülkemizin maddi değerler harcayıp emekler vererek gerçekleştirmiş olduğu su yapılarının işletilmesinde, gerçekleştirecek olduğu olduğu projelerde şehirleşme ve diğer sosyo ekonomik programların planlanmasında

Türkiye’de iklim değışimlerinin kaçınılmaz etkilerinin şimdiden göz önüne alınmasında bu çalışma yarar sağlayacaktır. İklim değışiminin farkına varılmasıyla dünyanın bir çok bölgesinde su kaynakları, ölçülebilir bir artma tehdidi ile giderek baskı altına girmektedir. Bu bilinmezlik muhtemel ekstrem olayların frekanslarında değışim oluşturacak maddi riskler artacaktır. Göl su seviyesi değışimini ispat etmek için, göllere ilişkin aylık ortalama verileri kullanarak zaman serilerinde istatistiksel analiz bir çok araştırmalar yapılmaktadır.



2. ÇALIŞMADA KULLANILAN ANALİZ YÖNTEMLERİ

Bu çalışmada dağılım yönünden tüm Türkiye'yi temsil edebilecek ve göl su seviyeleri 30 yıla yakın ölçüm süresi olan istasyonlar seçilmiştir. Tüm Türkiye'yi temsil edebilmek için 25 rasat istasyonu seçilmiştir. Bunlar; Akşehir, Çavuşlu, Eber, Kovada, Azaplı, Ceyhan Gölbaşı, Kızılırmak Balık, Aras Balık, Bafa, Timraş Obruğu, Haçlı, Ladik, Gölhisar, Efteni, Burdur Senir, Uzungöl, İznik, Eğirdir, Manyas, Konya Obruk, Tuz, Beyşehir, Sapanca, Uluabat ve Van gölleridir. Ülkemizde ölçülen göl su seviyelerinin tarihçeleri hakkında, ilgili ölçüm yapan kuruluşlara kişisel başvurularak bu bilgilere ulaşıma gayretlerine rağmen, maalesef bu konuda yeterli ve güvenilir verilere ulaşılamamıştır. Özellikle göllerden su çekilmelerin tam bir muamma olduğu öğrenilmiştir. EİEİ ve DSİ Müdürlüğü tarafından işletilen 25 rasat istasyonunun, günlük ortalama ve aylık ortalama göl seviyeleri verisi bu çalışmada kullanılmıştır. Analizlerde kullanılan Şekil 2.1' de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 : Analizlerde Kullanılan Göl Seviye İstasyonları.

2.1 Homojenlik Analizi

Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) ve Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından işletilen göl su seviye gözlem istasyonlarından alınan aylık ortalama göl su seviye verileri kullanılmıştır. Hidroklimatik zaman serilerinde iklimsel değişimin varlığını araştırmak için ihtiyaç duyulan minimum zaman aralığı, Dünya Meteoroloji Örgütü (World Meteorological Organization; WMO, 1988) tarafından da iklimsel analizlerde kullanılması tavsiye edilen en kısa süre, 30 yıldır. Bu 30 yıllık süreye bilim adamları 'normaller' diyerek 30 yıldaki farklılıkları zaman serilerinde analiz etmektedirler. Son yıllarda bu 30 yıllık verilerin normal dağılım eğrisine çok uyum sağladığı ifade edilmektedir. Kabul edilen bu süre, ortalama istatistik tanımlar yapabilmek için durağan ve durağan olmayan yersel periyotta iklimsel zaman serilerinde yeterli uzunlukta kabul edilir. Yalnız bu kabul havzaya insan etkisinin kuvvetli olduğu şartlarda geçerli değildir (Kite, 1989).

Türkiye'de göl su seviyesi verileri için homojenlik analizi çalışması yapılan literatür araştırmasında henüz yapılmamış olduğu tespit edilmiştir. Yalnızca Türkiye'deki 45 doğal göl su seviyelerinin uzun olmayan rasat sürelerinde homojenliği sadece görsel olarak incelemiştir (Özçelik ve Benzedem, 2004). Böylelikle konunun önemi açığa çıkarak üzerinde çalışılması gereği duyulmuştur.

2.1.1 Hidroklimatolojik zaman serilerinde homojenlik

Hidrolojik çalışmalarda verilerin homojen olması şartı aranır. Homojenlik şartı, gözlenmiş bütün verilerin aynı toplumdaki geldiğinin garantisidir (Haan, 1977). Örneğin bir akım istasyonunun; yerinin hiç değişmediği, havzasında şehirleşme olmadığı, ana akarsuya veya akarsuya dökülen dallarda herhangi bir yapı yapılmadığı veya müdahale yapılmadığı anlaşılır. Ayrıca gelecekteki hidrolojik tahmin çalışmalarında, kullanılan verinin homojenlik şartını sağlamasının gerekli olduğu gibi gelecekte tahmin yapılacak yerde de homojenlik şartlarının korunması sağlanmalıdır (bir akım istasyonu için, tahmini yapılacak sürede; akıma müdahale yapılmayacak, havzaya yeni yapılar yapılmayacak, toprak kullanımı değişmeyecek, vb.).

İklim ve iklimle ilgili bilimsel çalışmalarda temel koşullardan olan homojenlik, tarif olarak bir veri setindeki değişimin sadece hava ve iklimin değişmesinden meydana gelebilecek değişikliklerden ise bu veri seti homojendir denir (Conrad ve Pollak, 1950).

İklimsel ve hava değişimden olmayan insan, yapı, çevresel, vb., kaynaklı müdahaleden etkilenerek gözlenmiş sayısal değerlerde iklimsel değişikliklerin yansıma sinyallerini yakalamak imkansız hale gelmektedir.

Göl su seviyelerinde görülen homojenlik bozulmalarına gölden içme ve sulama vb. amaçlarla su çekilmesi, göle dışarıdan yapılan çeşitli deşarjlar, gölü besleyen derelere yapılan müdahaleler, eşel kotunda yapılan değişmeler, ölçümde yapılabilen sistematik hatalar sayılabilir. Göl su seviyelerinin doğal karakteristiklerini belirleyebilmek için seviye veri setindeki tutarsızlıkları ve homojenlik bozulmalarını tespit edip, bu unsurların gelecekte de aynı nitelikte olmayacağı düşünülerek, veri setinden ayıklanması gerekmektedir (Yevjevich, 1972).

Hidrolojik araştırmalarda kullanılacak verilerin homojen olması çok önemlidir. Herhangi bir heterojenlik bulunması halinde bunun düzeltilmesi veya hiç kullanılmaması gereklidir. Her hangi bir heterojenlik varsa bu yapılacak analiz karakterinde değişmeye neden olur. Homojenliği bozan genel nedenler arasında, istasyon yerinin değiştirilmesi, baraj gibi su yapıların yapılması, havzadaki değişmeler, şehirleşme, ormansızlaştırma, akım kanalındaki değişimler, deprem sonrakı değişmeler, gölü besleyen veya beslenen kaynaklardaki doğal olmayan müdahaleler, vb. sayılabilir (McCuen, 2003).

Hidroklimatolojik çalışmalarda kullanılan çeşitli parametreler çoğu kez homojenlik yönünden incelenirler ancak birçok veri tamamen homojen değildir. Homojenlik çeşitli testlerle kritize edilmektedir. Buna rağmen birçok araştırmacı kaba hesaplara rastgele değişkende %10' dan daha az değişimi tolere etmekte ve veriyi homojen kabul etmektedir (Lins, 1985; şen, 2002). Aslında homojenliği araştırılacak verinin özelliğini dikkate alarak çeşitli testler uygulandıktan sonra verinin geçmişteki fiziksel durumlarını dikkate alarak karara ulaşılmalıdır.

Bir rastgele değişkenin zaman serisine bakıldığında görsel olarak homojenlik yorumu yapılabilmektedir. Bu tür yorumlar arasında göze ilk çarpan husus zaman serisinin ortalamasında zamanla bir değişimin olup olmadığının incelenmesidir. Eğer yatay eksen değişkeni boyunca ortalama önemli değişmeler yoksa böyle sabit parametrelı değişkenlere homojen olan değişkenler denir. Buradaki homojenlik aritmetik ortalama bazında söz konusudur. Homojen zaman serilerinin fiziksel anlamı o hidroklimatolojik değişkenin ortaya çıkmasındaki dış etkenlerin kararlı

(atmosfer olaylarının tamamen dengeli değişimler göstermesi) kalmasıdır. Bir rastgele değişkenin homojen olması için istatistik parametrelerinin zamanla değişmemesi gerekir. O halde, homojenlik sınaması zaman serisinden elde edilen değişik alt grupların zaman serilerinin birbirinden farklı olup olmadığının araştırılmasıdır. Homojen olmayışın (heterojen) çeşitli nedenleri vardır. Bunlar insan faktörü (antropojenik) olup olmamasına göre iki ana başlıkta toplana bilinir. İnsan faaliyetlerin sonunda, ölçülen meteoroloji değişkenlerinde bazı etkilerin ortaya çıkması durumunda, bunların mutlaka belirlenerek yorumlandıktan sonra ölçümlerden giderilmesi gerekir. Geri kalan seride yine homojenlik var ise, bunların sebepleri doğada ortaya çıkan bazı etkilerden oluştuğu sonucuna varılmalıdır (Şen, 2002). Verilerin istatistiksel olarak işlenmesine başlamadan önce bu gibi heterojenlikler belirlenerek ölçmelerden çıkarılması ve seri homojen hale getirildikten sonra istatistiksel araştırılmasının yapılması gereklidir. Aksi Takdirde bulunan istatistik parametreler olayın fizikini yansıtmaz ve yapılan yorum ve uygulamalar da hatalı olur.

İklim verilerinde atmosfer hakkında büyük miktarda bilgiler bulunabilir. Ne yazık ki çoğu uzun dönem iklimsel zaman serileri iklimsel olmayan faktörlerden etkilenmektedir, böylelikle gerçek iklim değişimini içeren zaman serisini göstermemektedirler. Bu faktörlerden birkaçı; yapılan ölçüm aletlerinde değişmeler, gözlem yapan insanlardaki ve kullanılan hesap yöntemlerindeki değişmeler, istasyon çevresinde olan değişimler, her türlü doğal olmayan etkiler, vb. (Jones ve Hulme, 1996; Karl ve Williams, 1987). Yapılan bazı değişiklikler belirgin bir şekilde düzensizliklere neden olurken, bazıları da özellikle istasyon civarındaki değişmeler verilere yavaş yavaş temeyyül eder ve iklimle ilgili çalışmalarda yanlış yorumlara bizi götürebilir. Bütün bu nedenlerle homojenlik önemlidir ve verilerde heterojenlik varsa kaldırılmalı veya verilere bizi yanlışlığa düşürmeyecek sınırlamalar getirilmelidir (Thomas ve diğ., 1998).

Genelde verilere göreceli (rölatif) homojenlik testlerin uygulanması tavsiye edilir (Peterson ve diğ., 1998). Eğer iki komşu istasyon verileri arasında anlamlı ilişki varsa göreceli homojenlik testleri, tek istasyon verisini test eden mutlak testlerden daha güçlü olacağı düşünülür. Böylelikle homojen olmayanlar kolayca gerçek iklim değişimlerinden ayırt edilebilirler. Rölatif testlerde veri süresince aynı zamanda olan gözlenmiş değişimler dikkate alınmazlar. Gerçi çoğu zaman ölçüm yapılan

istasyonların birbirine yakın bir çalışma ağı içinde bulunmadığından rölatif testler kullanmak uygun olmaz. Bu nedenle homojenlik analizinde mutlak testleri kullanmakla sınırlı kalınır, veri süresince gözlenen rutin değişimleri de dikkate alarak değerlendirme yapılabilir (Wijngaard ve diğ., 2003).

Mutlak homojenlik testlerinden Standard Homojenlik Testi (SNHT) (Alexandersson, 1986), Buishhand sıra testi (Buishhand, 1982), Pettitt Testi (Pettitt, 1979) ve Von Neumann oran testi (Von Neumann, 1941) zaman serilerinde homojenlikten ayrılmanın tespiti için seçilmiş dört yöntemdir. Tüm bu testlerde H_0 hipotezi Y test değişkeninin Y_i yıllık değerlerinin bağımsız ve aynı dağılıma sahip olduğunu iddia ederken karşıt hipotez H_1 ise SNTH, Buishhand Oran testi ve Pettitt Testlerinde ise bir sıçrama (kırıklık) olduğunu hükmeder. Bu üç olası sıçramanın yıl olarak yerini tespit etme yeteneğine sahiptir. Von Neumann oran testinde ise H_1 hipotezi seri rastgele dağılmıştır iddiasındadır, bu testte spesifik bir yerleşme yoktur kırık yıl hakkında da bilgi vermeyen bir testtir. SNTH Testinde sıçramaları (kırılmaları) zaman serisinin başlangıç ve son kısımlarında ortaya çıkarırken Pettitt Test ve Buishhand Sıra Testlerinde zaman serisinin ortasında kırılmaları tespit etmede hassastırlar. SNTH ve Buishhand Oran testlerinde verilerin normal dağılıma sahip olduğu farz edilirken Pettitt Testinde verilerin sırası önem kazandığından, dağılımla ilgili kabul yoktur. Ayrıca Pettitt Testi aykırı değere daha az hassasiyet göstermektedir (Wijngaard ve diğ., 2003). Van Neumann Oran testinde (Van Neuman, 1941) spesifik yerleşim yeri tespit etmemekte birlikte diğer üç testin tamamlayıcısı gibi düşünülebilir. Bu testin hassaslığı verinin doğal yapısındaki homojenliğin ayrılığının tespitindedir oysa diğer üç test sıçramaya hassasiyet göstererek homojenlikten ayrılmayı incelemektedir (Buishhand, 1981, 1982). Avrupa İklim Değerlendirme Projesinde günlük yağış verilerinin homojenlik analizi son 100 yıllık veriler uygulanmıştır. Çalışmada dört ayrı test homojenlik Testi (SNHT) , Buishhand sıra testi , Pettitt Testi ve Von Neumann oran testi uygulanmış, homojenlik üç farklı sınıfta değerlendirilmiş ki birinci sınıfta sıfır hipotezi testlerde hiç veya bir kez red, ikinci sınıfta sıfır hipotezi iki testte red, üçüncü sınıfta ise üç veya dört testte de red edilen sınıflardır. Birinci sınıfa kullanılabilir, ikinci sınıfa şüpheli ve üçüncü gruba da kuşkulu veri denmiştir. Analiz neticesinde 100 yıllık verilerde sıcaklıkta %94, yağışta da %25 şüpheli ve kuşkulu homojenlik bulunduğu tespit edilmiştir (Wijngaard ve diğ., 2003).

2.1.2 Homojenlik testleri

Bu çalışmada istasyon bazında, yıllık ortalama göl su seviye zaman serileri için altı farklı homojenlik test yöntemi kullanılmıştır ki bunların özellikle dördü şu ana değin henüz ülkemizde herhangi bir iklimsel ve hidrolojik verilerde kullanılmamış metotlardır. Bunlar; Standard Normal Homojenlik testi (Alexandersson, 1986), Buishand Rank Testi (Buishand, 1982), Pettitt Test (Pettitt, 1979) ve Von Neumann Oran Testi (Von Neumann, 1941) dir. Ayrıca ülkemizde oldukça kullanılan Kruskal-Walis testi ve Mann-Whitney U testi de değerlendirmeye alınmıştır.

2.1.2.1 Standard Normal Homojenlik testi (SNHT)

Testi yapılacak verilerin normal dağılıma uyduğu kabul edilen bir testtir. Zaman serisi verilerinden homojenliği bozan veriyi bir pik kırılma ile bulan testte sıfır hipotezi şartı Y değişkeninin testi yapılacak Y_i yıllık değerlerinin bağımsız ve benzer yayılım gösterdiği kabulüdür. Karşıt hipotez de ortalamadan bir kırılma olduğudur. Bu test homojenliği veri setinin başı ve son kısımda yakalamada karakteristik bir özellik göstermektedir. Bu test homojenliğin bozulduğu zamanı bulma yeteneğine sahiptir (Winjgaard ve diğ., 2003).

Alexandersson (1986) $T(k)$ istatistiği son $n-k$ yıllarla kayıt verilerin k ilk yılının ortalamasıyla kıyaslayarak;

$$T(k) = k \bar{z}_1^2 + (n-k) \bar{z}_2^2, \quad k=1,2,\dots,n \quad (2.1)$$

burada

$$\bar{z}_1 = \frac{1}{k} \sum (Y_i - \bar{Y}) / s \quad (2.2)$$

$$\bar{z}_2 = \frac{1}{n-k} \sum (Y_i - \bar{Y}) / s \quad (2.3)$$

Eğer K yılda bir kırılma varsa ve $k=K$ yılı yakınlarında $T(k)$ maximuma yaklaşır. $T(k)$ bu testin sonucunu grafik olarak gösterir. Test istatistiği şöyle açıklanır:

$$T_0 = \max_{1 \leq k \leq n} T(k) \quad (2.4)$$

Bu test için kritik değerler Tablo 2.1.de verilmiştir. Eğer T_0 değeri kritik değeri aşmazsa H_0 hipotezi kabul yani homojen kabul edilir.

Tablo 2.1 : SNTT Testinde %5 Anlam Düzeyinde Kritik T_0 Değerleri.

n	20	30	40	50	70	100
%5	6,95	7,65	8,10	8,45	8,80	9,15

2.1.2.2 Buishand Rank testi

Zaman serisi verilerinden homojenliği bozan veriyi bir pik kırılma ile bulan testte sıfır hipotezi şartı, Y değişkeninin testi yapılacak Y_i yıllık değerlerinin bağımsız ve benzer yayılım gösterdiği kabulüdür. Verilerin normal dağılıma uyduğu kabul edilir. Alternatif hipotez de ortalamadan bir girişimle kırılma adımı olduğudur.

Bu testte kısmi düzeltme tutarı şöyle tariflenir. Bu testte homojenliği test edilen zaman serisinin ortasında kırılmaya hassaslık göstererek homojenliği bozan verileri yakalamaktadır (Winjgaard ve diğ., 2003).

$$S_0^* = 0 \text{ ve } S_k^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y}) \quad k=1, \dots, n \quad (2.5)$$

Seri homojen olduğunda S_k^* sıfır civarında dalgalanır zira Y_i değerlerin sistematik sapmaları ortalama etrafında görünmezler. Eğer K yılında bir kırılma görülürse S_k^* $k=K$ yılı yakınında maximum veya minumuma ulaşır. (S_k^*/s) bu test sonucunda grafik olarak gösterilir. Anlamlı değişme, 'düzeltme seri yeni' R ölçeğiyle test edilebilir.

$$R = (\max_{0 \leq k \leq n} S_k^* - (\min_{0 \leq k \leq n} S_k^*)) / s \quad (2.6)$$

Buishand (1982) kritik $R/\sqrt{n}$ değerleri Tablo 2.2 de verilmiştir. Eğer $R/\sqrt{n}$ değeri, kritik değeri aşılmaz ise H_0 hipotezi kabul yani homojen kabul edilir.

Tablo 2.2 : Buishand Sıra Testinin %5 Anlam Düzeyinde $R/\sqrt{n}$ Kritik Değerleri.

n	20	30	40	50	70	100
%5	1,43	1,50	1,53	1,55	1,59	1,62

2.1.2.3 Pettitt testi

Bu test verilerin rankı ile ilgilidir, verilenin dağılımlarıyla ilgili değildir. Zaman serisi Y değişkeninin testi yapılacak Y_i yıllık değerlerinin bağımsız ve benzer yayılım gösterdiği kabulü ile sıfır hipotezi ve alternatif hipotez olarak ortalamalardan bir farklı sıçrama adımı görülmesidir. Bu testin aykırı değerlere karşı pek hassasiyeti yoktur (Winjgaard ve diğ., 2003).

Bu test bir parametrik olmayan sıra testidir. Sıralar (rank) $Y_1, \dots, Y_n$ serisinin rankları $r_1, \dots, r_n$ olmak üzere istatistiği şöyle hesaplanırlar,

$$X_k = 2 \sum_{i=1}^k r_i - k(n+1) \quad k=1, \dots, n \quad (2.7)$$

Bu testin sonucu X_k grafik olarak gösterilir. E yılında bir kırılma olursa istatistik $k=E$ yılı yakınında maximum veya minimumdur.

$$X_E = \max_{1 \leq k \leq n} |X_k| \quad (2.8)$$

Anlamlı seviye Pettitt (Pettitt, 1979) tarafından verilmiş olup kritik X_E değerleri Tablo 2.3 de verilmiştir. X_E değeri Tablo 2.3 teki değerleri aşmaz ise H_0 hipotezi kabul yani homojen kabul edilir.

Tablo 2.3 : Pettitt Testi için %5 Anlam Düzeyinde Kritik X_E Değerleri.

n	20	30	40	50	70	100
%5	57	107	167	235	393	677

2.1.2.4 Von Neumann Oran testi

Sıfır hipotezi bu testte Y değişkeninin testi yapılacak Y_i yıllık değerlerinin bağımsız ve benzer yayılım gösterdiği kabulüdür. Karşı hipotez ise ele alınan zaman serisinin rastgele dağılıma sahip olduğudur. Bu test homojenliğin bozulduğu spesifik bir yer tespiti yapmaz yani homogenliği bozan yılı hakkında bize bilgi vermez (Winjgaard ve diğ., 2003).

Von Neumann Oran testinde N , ard arda yıldan yıla varyansın değişiminin ortalama karesel oranını açıklamak üzere;

$$N = \frac{\sum_{i=1}^{a-1} (Y_i - Y_{i+1})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (2.9)$$

verilir. Tablo 2.4 de kritik N değerleri verilmiştir. Hesap edilen N değeri, kritik N değerini aşarsa ise H_0 hipotezi kabul yani homojen kabul edilir.

Tablo 2.4 : Von Neumann Oran Testinin %5 Anlam Düzeyindeki Kritik N Değerleri

n	20	30	40	50	70	100
%5	1,30	1,42	1,49	1,54	1,61	1,67

2.1.2.5 Kruskal-Wallis testi

Kruskal-Wallis H testi olarak da söylenen Kruskal Wallis testi, alt örnek küme sayısı $k > 2$ olması halinde Wilcoxon sıra testinin genel şeklidir. H_0 hipotezi k adet bağımsız örneklerin hepsinin aynı topluluktan geldiğini test etmede kullanılır. Bu yöntemde en az 3 alt küme seçilerek işleme başlanır. Bütün kümlerdeki veriler bir araya getirilerek, küçükten büyüğe sıraya dizilerek tek bir dizi elde edilir. Sıralanmış dizilere 1’den başlayarak mertebeler verilir, eşit verilerin olması halinde mertebenin aritmetik ortalaması alınır. Sonra her kümenin elemanları ve mertebeleri ayrılarak toplam mertebeleri hesap edilir. N toplam gözlem sayısını, R_i her bir kümedeki gözlem değerlerinin sıra sayılarının (mertebelerinin) toplamını ifade etmekte ve H istatistik değeri şöyle hesaplanmaktadır;

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{N_i} - 3(N+1) \quad (2.10)$$

Her bir alt kümedeki veri sayısı $n_j > 5$ olması halinde H istatistiği k-1 serbestlik dereceli ki-kare dağılımına iyi uymaktadır. Bu nedenle teste ki-kare sınaması uygulanır, böylece H istatistiği χ^2 değeriyle karşılaştırılabilmektedir. Eğer $H < \chi^2_{\alpha, k-1}$ ise alt kümelerin hepsinin aynı topluluktan geldiğini savunan sıfır hipotezi kabul edilir. Eğer $H > \chi^2_{\alpha, k-1}$ ise verilerde homojenlik bulunmadığı kararı verilir (Walpole, 1982).

2.1.2.6 Mann-Whitney testi

Mann-Whitney U testi (Mann ve Whitney, 1947) t testine alternatif bir parametrik olmayan testdir. Havzada olabilecek değişimleri tespit etmede kullanılan ve seçilen iki alt küme verilerinin aynı topluluktan gelip gelmediğini belirleyen bir testdir. Parametrik testlerin kullanımında karşılaşılan güçlükler ve küçük örneklerde Mann-Whitney U testi uygulanabilmektedir (McCuen, 2003).

Mann-Whitney U testinde H_0 hipotezi iki serinin aynı topluluktan geldiğini, H_1 hipotezi iki seri iki farklı topluluktan geldiği iddiasındadır. Eldeki A ve B kümesi n_a ve n_b elemanlara sahiptir. U değeri U_a ve U_b olmak üzere şu şekilde hesap edilir.

$$U_z = n_a n_b + 0,5 n_b (n_b + 1) - S_b \quad (2.11)$$

$$U_b = n_a n_b + 0,5 n_a (n_a + 1) - S_a \quad (2.12)$$

S_a ve S_b , A ve B birleşik grubun sıralanmış değerlerinin toplamlarıdır. S_a , A grubunun birleşik gruptaki sıraların toplamı, S_b ise B grubunun birleşik gruptaki sıraların toplamıdır. Test istatistiği Z ise ;

$$Z = \frac{U - 0,5 n_a n_b}{(n_a n_b (n_a + n_b + 1) / 12)^{0,5}} \quad (2.13)$$

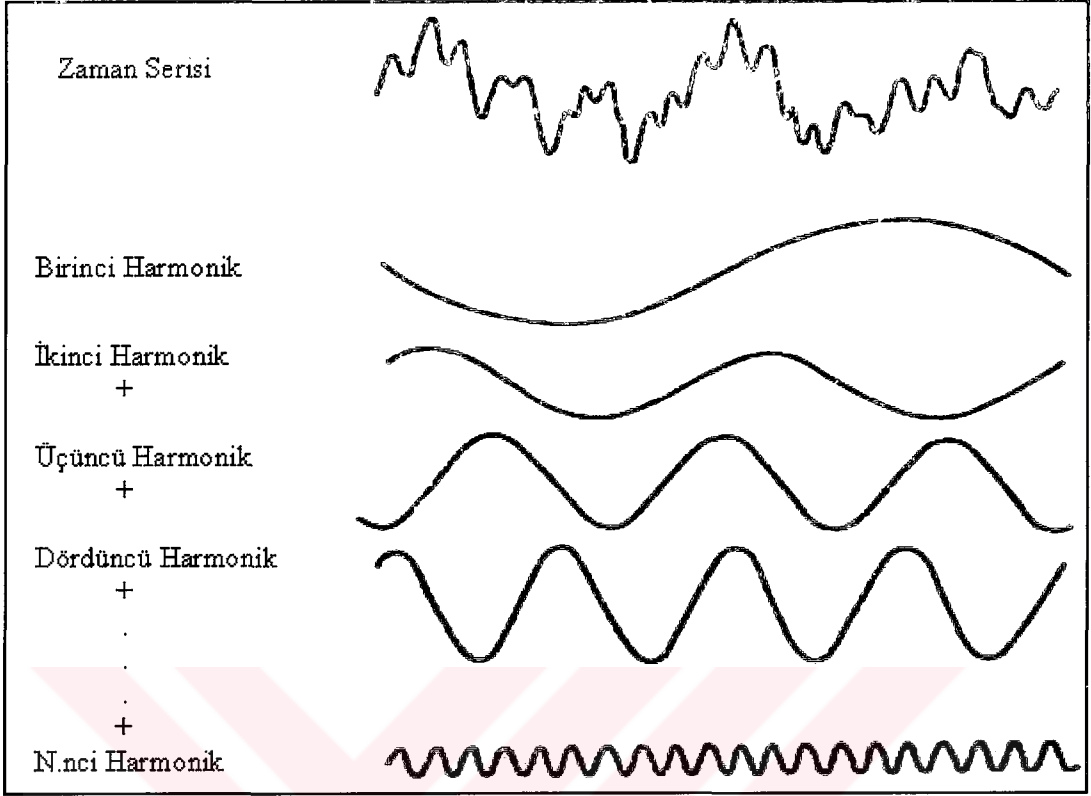
Hesaplanan Z değeri ile kritik Z_α değeri Standard normal dağılım tablosundan α anlam düzeyi (genellikle 0,05) seçilerek karşılaştırılır. Eğer $Z > Z_{\alpha/2}$ veya $Z < -Z_{\alpha/2}$ ise H_0 hipotezi red aksi halde kabul edilir.

2.2. Harmonik Analiz

Bu analizde amaç göl su seviyelerinde mevsimsel değişkenliğin coğrafik ölçeğinin saptanması ve Türkiye genelinde göl rejimi hakkında bir fikir sahibi olmaktır. Türkiye göl seviyelerinin harmonik analizi yapılarak yıllık döngüleri (annual cycle) tespit edilmiştir. Ayrıca göl seviyelerini doğrudan ve dolaylı etkileyen yağış verilerinin de harmonik analizi yapılarak sonuçları göl seviyeleri ile ilişkilendirilmiştir.

Periyodik salınımlar düzgün sinüs ve kosinüs dalgalarının toplamı olarak ifade edilebilir. 12 aylık göl seviye kompozitlerin, tek bir maksimuma ve bir tek

minimumuna sahip oldukları kabul edilerek, salınımını temsil eden birinci harmonik eğrileri geçirilmiştir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 : Zaman Serisinin Harmonik Bileşenleri.

Harmonik analiz hidroklimatolojik parametrelerin bir yıllık motiflerini ortaya çıkarmada yararlı bir yöntemdir. Bu parametrelerin birinci harmonikleri büyük ölçekli etkileri gösterirken, yüksek dereceden harmonikler küçük salınımları etkisini gösterirler. İlk üç harmonik, gözlenmiş bir veri serisinin fiziksel etkenlerini güvenilir olarak temsil eder (Scott ve Shulman, 1979). Dördüncü, beşinci ve altıncı harmonikler toplam varyansın çok küçük bir kısmı olduğundan önemli değildir.

Hidroklimatolojik değişkenlerin zamanla değişiklik göstermesi dünyanın hem kendi eksenini hem de güneşin etrafında dönmesi sonucu olmaktadır. Saat, gün, hafta, ay ve mevsim de görülen değişiklik rastgele hidroklimatolojik değişkenlere yansıma yaparak onları doğrudan ve dolaylı olarak etkide bulunarak ölçüm değerlerinde farklılıklara sebep olmaktadır. En belirgin değişimi hava sıcaklığında hissedilir. Gündüz saatlerinde sıcak, gece saatlerinde serin değerler alan hava sıcaklığı dünyanın kendi eksenini etrafında dönmesinin gösterdiği seyirle ilgilidir. Gün içinde meydana gelen bu farklılıklar peş peşe gelerek günlük bazda bir zaman serisi oluştururlar. Bu günlük seriler birbirleriyle çok benzer salınımlar gösterirler işte

böylelikle günlük periyodik salınımları bu şekilde ifade edebilirsiniz. Buna benzer salınımlar bir yıldan daha kısa zaman süreli veri serilerinin de gözlemlenir. Bu benzer salınımlar saatlikten, güne, aya ve yıllık periyotlara kadar bir yelpaze oluştururlar. Hidroklimatolojik değişkenlerde zamanla değişen periyodikler dikkate alınarak incelenirler, aslında bu tür salınımlar değişkelerin zaman serisinde saklı durmaktadır. Saklı olan bu salınımlar çeşitli yöntemlerle belirlenebilir. Böylelikle geçmişte olduğu gibi gelecek zamanda da bu tür uzaysal etkiler benzer olarak kendilerini göstermesi muhtemel olacaktır. Son yıllarda hepimizi ilgilendirmeye başlayan iklim değişikliği, atmosferin çeşitli gazların özellikle karbondioksitin çok üretilmesinden dolayı, insan etkisini de doğal etkilerle birlikte düşünmemiz gereğini ortaya çıkarmıştır. Zamanla atmosferdeki doğal akımlar, kütle ve enerji miktarlarında değişimler olmaktadır. Atmosfere yapılan kirletici salgılarda astronomik olaylar gibi kendini tekrarlayacak şekilde salınımlar değil de zamanla artan veya eksilen miktarlarda belirginlik sergilerler. Bu tür insan faaliyetleri sonunda ortaya çıkan, belirgin artış veya azalışlara, meteoroloji kaynaklarında iklim değişmesi istatistik biliminde ise sistematik artış veya azalış yani gidiş, genel eğilim adı verilir (Şen, 2002).

Genelde klimatolojik zaman serilerinde uzun periyotlu harmonikler büyük ölçekli atmosferik dolaşımın etkisini gösterirken, kısa periyotlu harmonikler ise lokal olayların etkisini işaret eder (Kirkya ve Hameed, 1989).

Yıllık devinim için hesaplanan harmonik analiz sonuçları her istasyon için vektörel olarak gösterilir. Bu gösterim (harmonik kadran), objektif ve kompakt grafik bir yöntemdir. Aynı periyotta faz açısını (phase angle) ve genliği (amplitude) aynı zamanda (simultaneously) karşılaştırmak için kullanılır (Conrad ve Pollak, 1950). Harmonik vektörlerin yönü, birinci harmoniğin maksimuma ulaştığı zamanı (faz açısını), büyüklüğü ise birinci harmonik eğrisinin ortalamadan olan maksimum sapmasını (genliği) gösterir.

Harmonik analiz metodu ile rastgele değişkenin periyodikliğinin faz açısı ve genliğinin büyüklüğü belirlenebilir. Birinci harmonik aşağıdaki gibi hesap edilebilir. Herhangi bir X_t zaman serisini temsil eden Fourier serisi, aşağıdaki gibi açılabilir (Salas ve diğ., 1980):

$$X_{\tau} = \bar{X} + \sum_{j=1}^h [A_j \cos(2\pi j \tau / \omega) + B_j \sin(2\pi j \tau / \omega)] , \quad \tau=1,2,\dots,\omega \quad (2.14)$$

Yukarıdaki simgeler 12 aylık kompozitler için şu şekilde açıklanabilir;

X_{τ} : Her bir istasyona ait 12 aylık kompozitin elemanları,

τ : Kompozit eleman indisi ($\tau=1,\dots,12$),

$\bar{X}$: X_{τ} serisinin ortalaması

A_j ve B_j Fourier katsayıları

J : Harmonik numarası

h : Toplam harmonik sayısı

Toplam harmonik sayısı (h) ise w 'nın çift ya da tek olmasına bağlı olarak sırasıyla $\omega/2$ ya da $(\omega-1)/2$ şeklinde hesaplanır. 12 aylık ω kompozitler için $w=12$ olduğundan $h=12$ olur. $\bar{X}$ ortalaması ile A_j ve B_j katsayıları aşağıda verilen denklemlerle hesaplanırlar:

$$\bar{X} = \frac{1}{\omega} \sum_{\tau=1}^{\omega} x_{\tau} \quad (2.15)$$

$$A_j = \frac{2}{\omega} \sum_{\tau=1}^{\omega} X_{\tau} \cos(2\pi j \tau / \omega) \quad j=1,2,\dots,h \quad (2.16)$$

$$B_j = \frac{2}{\omega} \sum_{\tau=1}^{\omega} X_{\tau} \sin(2\pi j \tau / \omega) \quad j=1,2,\dots,h \quad (2.17)$$

Herhangi bir harmoniğin genliği olan C_j değeri (ortalamadan olan maksimum sapma)

$$C_j = \sqrt{A_j^2 + B_j^2} \quad (2.18)$$

Şeklinde hesaplanır. Herhangi bir harmoniğin maksimuma ulaştığı anı ifade eden t_j ise ay cinsinden

$$t_j = \frac{\omega}{2\pi j} \arctan \left[\frac{B_j}{A_j} \right] \quad (2.19)$$

şeklinde hesaplanır. $C_j^2/2$ değerleri ise her bir harmoniğin serinin varyansına yaptığı katkıyı ifade eder.

2.3 Eğilim Analizi

Günümüzde pek çok çalışma, iklim değişimlerinin topluma ve doğaya etkileri üzerine yapılmaktadır. Hidrolojik çevrim son derece karışık, üst dereceden non lineer bir sistemdir. İklim elemanlarındaki değişimler göl su seviyelerinde değişme olarak yansıma yaparlar. Genelde göllerdeki su seviye salınımları yağış, akış ve buharlaşma gibi klimatolojik faktörlerin karmaşık etkileşmesine gölün bir tepki göstermesinin bir sonucu olarak ortaya çıkar (Cohen, 1986). Göl su seviyelerine etkiyen başlıca sebepler, iklim değişiklikleri, meteorolojik ve hidrolojik özellikler, atmosferdeki sera etkisi, tektonik değişimler olarak düşünülebilir. İklim değişikliği sonucu beklenen en önemli olgu, sıcaklık, yağış, evapotranspirasyon, akış, göl su seviyesi gibi temel iklimsel ve hidrolojik değişkenlerdeki muhtemel değişimlerdir.

Literatür çalışmalarında dünyada pek çok eğilim çalışmaları özellikle iklim değişiminin belirlenmesi için yapılmaktadır. Herhangi bir hidroklimatolojik veri serisi, istatistiksel olarak anlamlı eğilimlerinin olup olmadığı parametrik ve parametrik olmayan yaklaşımlar yapılarak incelenir. Parametrik testlerde temel kabul hidroklimatolojik zaman serisinin normal dağılıma uyması iken parametrik olmayan testlerde bu şart aranmamaktadır. Yine verilerdeki eksikliği, mevsimselliği ve belirli bir miktardan daha az verileri parametrik olmayan metod iyi bir şekilde tolere edebilip rahatlıkla kullanılabilen bir yöntemdir (Van Belle ve Huges 1984, Kalaycı ve Kahya, 1998). Tüm bu sebeplerden dolayı parametrik olmayan testlerin kullanımı, bilim araştırmacıları tarafından önerilmektedir (Hirsch ve diğ., 1982, Van Belle ve Huges, 1984). Türkiye için yapılan eğilim analizleri çoğunlukla sıcaklık ve yağış değişkenlerinde yoğunlaşmıştır. Ülkemizdeki çalışmalardan Karaca ve diğ., (1995) İstanbul şehrinin kentsel ısı adası yoğunluğunda artan eğilim olduğunu tesbit ederken Tayanç ve diğ., (1997) yurdumuzun kuzeyinde ortalama sıcaklıklarda anlamlı azalan eğilimler bulurken, şehirleşmenin büyüdüğü bölgelerde ortalama sıcaklıklarda artma eğilimi olduğunu göstermiştir. Türkeş ve diğ., (1995) bölgesel ortalama sıcaklık serilerinin eğilim analizini çalışarak iklimin Doğu Anadolu'da ısınma, Marmara ve Akdeniz bölgelerinde ise soğuma eğilimini tesbit etmiştir. Yine Türkeş (1996), alan ortalamalı yıllık yağış ve kış serileri analizinde daha çok Karadeniz ve Akdeniz

bölgeleri olmak üzere Türkiye Geneliinde bir miktar azalma eğilimi olduğunu göstermiştir. Kadioğlu (1997), Türkiye’deki sıcaklık eğilimlerini incelemiş yıllık sıcaklıklarda önemsiz eğilim artışları bulurken yurdumuzda uzun süreli eğilimlerin varlığının bulunduğuna karar vermek için Türkiye’deki yüzey hava sıcaklığı verilerinin yetersiz olduğuna dikkat çekmiştir.

Genel olarak istatistiksel anlamlı eğilim tespiti için parametrik ve parametrik olmayan (non parametrik) metodlar kullanılmaktadır. Parametrik olmayan metotlar parametrik metotlardan daha esnektir. Zaman serilerinin karakteristikleri kolayca bu metotla ele alınıp incelenir bilinir (Van Belle ve Huges, 1984). Son yıllarda yaygın olarak eğilim tespit çalışmalarında parametrik olmayan istatistiksel testler kullanılmaktadır. Verilerde eksik değerlerle, kısıtlı verilerden (belirli miktardan az sayıda veri) etkilenmeyen parametrik olmayan Mann Kendall Test istatistiği verilerin içsel bağımlılığı göz önüne alınarak bu çalışmada kullanıldı. Parametrik olmayan yöntemler 1980 li yılların ilk yarısında önerilmiştir (Hirsch ve diğ, 1982).

20 yüzyılın başından günümüze dünyanın pek çok yerinde göl seviyelerinde ölçümler yapılmakta, ölçülen göl su seviyelerinde alçalmalar ve yükselmeler gözlenmektedir. Göllerin su seviyeleri çok alçaldığında veya yükseldiğinde göl çevrelerinde büyük ekonomik kayıplara hatta bazen tekrar düzelmesi mümkün olmayan doğa değişimlerine neden olurlar. İşte bu ekonomik ve çevre sorunları sebebiyle dünya üzerinde bilimsel araştırmalar yapılmaktadır. İklim elemanlarındaki değişimler göl su seviyelerinde değişme olarak yansıma yaparlar. Göl su seviyeleri hidrolojik, meteorolojik ve antropojenik durumlardan etkilenirler. Göl seviyelerinde değişim eğilimlerinin incelenmesi şimdiki ve ilerideki gölle ilgili çalışmalarda yararlı olacağı düşünülmektedir.

Herhangi bir bölgede iklim değişiminin göl seviyelerini nasıl etkilediğini ve gelecekte ilgili çalışmalarda, su kullanımında, yerleşim ve su yapılarının projelendirilmesinde göl su seviyelerinin zamanla nasıl değiştiği bilgisi önemlidir. Yapılan bu çalışmada yurdumuzda bulunan göl su seviyelerinin eğilimini görmek şu an ve gelecekteki çalışmalara ışık tutabileceği düşünülmektedir. Bu konuda analizler yapılarak, Türkiye için göl seviye paterni (motifi) yayınlanabilir. Bu çalışmanın sonuçları, yağış rejim bölgeleri etkisi düşünülerek değerlendirilmiştir.

Bu çalışma Türkiye göl seviyelerinin değişkenliğini araştırmak için yapıldı. Bunun için önce parametrik olmayan eğilim testi, çalışılan 25 göl istasyon verilerine uygulandı. Bu çalışmanın amacı ülkemizin göl su seviyelerinin, değişkenliğini incelemek ve motifini tespit etmektir. Son yıllarda eğilim araştırmalarında kullanılan ve verilerin dağılımından bağımsız olan Mann-Kendall testi %5 anlamlılık düzeyi hassasiyetinde uygulanmıştır.

2.3.1 Kullanılan yöntem

Değişik iklim bölgeleri üzerinde yayılmış, 25 göl rasat istasyonun yıllık ortalama göl seviye verileri kullanılmıştır. Çalışmada Mann-Kendall testi kullanılmıştır. Bu test sıcaklık, akım, yağış, su kalitesi gibi hidroklimatolojik veri serilerinde eğilimlerin belirlenmesinde geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır (Zhang ve diğ., 2001). Mann-Kendall (Mann 1945, Kendall 1975) eğilim analizi eksik verilerin varlığına müsamaha edebilen ve verilerin belirli bir dağılıma uyma zorunluluğunu aramayan bir teknik içerdiğinden kullanışlı bir yöntemdir (Yu ve diğ., 1993).

Mann-Kendall test istatistiği, verilerin dağılımından bağımsız (parametrik olmayan) olup hesaplanması aşağıdaki prosedür ile yapılır.

(T) zamana göre dizilmiş, (X) gözlem değerleri olmak üzere,

$T_1, T_2, \dots, T_n$

$X_1, X_2, \dots, X_n$

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{Sgn}(X_j - X_k) \quad (2.20)$$

burada, X_j ve X_k art arda gelen verilerdir; n veri setinin uzunluğudur. ve

$$\text{Sgn}(X_j - X_k) = +1 \quad ; \text{ eğer } (X_j - X_k) > 0$$

$$\text{Sgn}(X_j - X_k) = 0 \quad ; \text{ eğer } (X_j - X_k) = 0$$

$$\text{Sgn}(X_j - X_k) = -1 \quad ; \text{ eğer } (X_j - X_k) < 0 \quad (2.21)$$

test istatistiğinin varyansı şöyledir;

$$\text{Var}(S) = n(n-1)(2n+5)/18 \quad (2.22)$$

Denklem 1 deki test istatistiği S , $n \leq 10$ olmak üzere teorik olasılık dağılımı normal dağılım için oldukça uygundur (Hirsch ve diğ., 1982). Böylelikle Z standart normal değişken değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanarak kritik z değeri ile karşılaştırılır:

$$Z = \frac{S - 1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} ; \text{eğer } S > 0$$

$$Z = \frac{S - 1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} ; \text{eğer } S = 0$$

$$Z = \frac{S - 1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} ; \text{eğer } S < 0 \quad (2.23)$$

Z için seçilen bir α anlamlılık düzeyinde ($\alpha=0.01$, gibi) iki yanlı test uygulanır. H_0 hipotezine göre zamandan bağımsız ve benzer dağılmış rasgele değişkenlerdir. H_1 hipotezine göre ise ($k \neq j$) olmak üzere tüm ($k, j \leq n$) için seride X_k ve X_j değerlerinin dağılımı benzer değildir, yani seride lineer bir eğilim bulunmaktadır. Eğer $|z| \geq z_{\alpha/2}$ ise H_0 hipotezi red olunur. Burada $F_{N(z\alpha/2)} = 1 - \alpha/2$, F_N standart normal dağılım fonksiyonudur. Hesaplanan S değeri pozitif ise artan bir eğilimin, negatif ise azalan bir eğilimin olduğuna kararı verilir.

Verilerde serisel bağımlılık (otokorelasyon) olması eğilim tespitini zorlaştırmaktadır. Özellikle pozitif serisel bağımlı bir veri seti ile yapılan Mann-Kendall testi sonucunda yanlış yönde daha büyük trend sonucu (Z) meydana gelmektedir (Von Storch ve Navara, 1995). Veri setindeki serisel bağımlılığı kaldırmak için çeşitli yaklaşımlar önerilmiştir. Çalışmalar sonucu 'pre-whiten' ve 'prune' yöntemleriyle serisel bağımlılık yeterli anlamlı düzeyde azaltılmaktadır. Bu çalışmada pre-whiten yöntemiyle serisel bağımlılık azaltılmıştır. Pre-whiten yaklaşımı şöyledir;

$$Y_{pT} = Y_{T+1} - \rho Y_T \quad (2.24)$$

Burada Y_{pT} yeni pre-whiten yapılmış, T zaman aralığında serisel korelasyon kaldırılmış yeni gözlem değeridir. ρ serisel bağımlılık katsayısıdır.

2.4 Türkiye göl seviyelerinin Büyük Ölçekli Salınımlarla İlişkilerinin Analizi

2.4.1 Kuzey Atlantik Salınımlarıyla ilişkiler

Bu analiz, Kuzey Atlantik Salınımının Türkiye göl seviyeleri üzerinde alansal ve zamansal ilişkilerini ortaya çıkarmak için yapılmıştır.

Kuzey Atlantik Salınımı (NAO), yarımküresel ölçekli hava olaylarına etki eden ve geniş ölçekli salınım yapan fiziksel bir olaydır. NAO, Azorlar bölgesi üzerinde yerleşik dinamik yüksek basınç ile Grönland ve İzlanda üzerinde egemen orta enlem alçak basıncı arasındaki büyük ölçekli atmosferik basınç dalgalanmalarıdır. NAO'nun davranışlarını ve ekstrem dönemleriyle bağlantılı bölgesel iklim anomalilerini değerlendirmek amacıyla NAO indisi (NAOI) geliştirilmiştir. NAOI indisi, Azor Adaları'nda ve İzlanda'da ölçülen deniz seviyesi basınçları arasındaki farka dayanarak düzenlenmektedir. NAO iki farklı fazda davranış sergilemektedir, birinci NAO pozitif dönemi ikincisi de NAO negatif dönemidir. Pozitif NAO döneminde, salınımlar cephesel basınçlarda azalmayla, Akdeniz Havzası ile Türkiye'yi kuru ve soğuk olarak etkilemektedir. Negatif NAO döneminde ise salınımlar cephesel alçak basınçlarda artmayla Akdeniz Havzası ile Türkiye ıslak ve ılık etkilemektedir.

Bugün standardize edilmiş (anomali) hidrolojik ve meteorolojik parametre değerleri bir çok çalışmada anomaliler veya geliştirilen indis değerleri ile özellikle kuraklık saptanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Krauss, 1977; Nicholson ve Pala, 1993; Jones ve Hulme, 1996; Türkeş, 1996).

2.4.1.1 Kullanılan yöntem

Çalışmada standardize edilmiş yıllık ve sezonluk göl su seviyesi anomalisi dizilerinden yararlanılmıştır. Türkiye göl su seviyelerini standardize edilmiş değerleri, göl su verilerinin yıllık ortalama ve kış sezonu (Aralık-Ocak-Şubat ayları) değerleri kullanılarak standardize göl su seviyesi (GSS) elde edilmiştir. Standart GSSA aşağıdaki basit eşitlikle hesaplanmıştır.

$$GSS = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma} \quad (2.25)$$

Burada, X_i istasyonun herhangi bir yılına ait yıllık ya da sezonluk göl su seviyesi, $\bar{X}$ uzun süreli ortalama göl su seviyesi ve σ uzun süreli göl su seviyesinin standart sapmayı göstermektedir.

Kuzey Atlantik Salınımı ile göl su seviyeleri arasındaki ilişkiler araştırılırken Hurrell tarafından 1964-1995 dönemine göre hazırlanan ve CGD (Climate and Global Dynamics Division) tarafından 2002 yılını kapsayacak şekilde güncelleştirilmiş indisler esas alınmıştır. Bu indislerin kış sezonuna ait olanları Azar Adaları-Stykkisholmur (İzlanda) istasyonları arasındaki basınç farkı değerleri normalize edilerek hesaplanmıştır.

Türkiye göl su seviyeleri standardize edilmiş değerleri ile NAOI değişebilirliği arasındaki olduğu düşünülen ilişkilerin ölçütünü saptayabilmek için, Pearson korelasyon ilişki katsayısı r kullanılmıştır. İlişki katsayılarının istatistiksel anlamlılığı %5 anlam düzeyinde student t testi ile kontrol edilmiştir. Türkiye göl su seviyeleri ile Kuzey Atlantik Salınımı arasındaki ilişkiyi belirlemek için 25 istasyonun 1950-2002 dönemindeki yıllık ve kış sezonu göl su seviyeleri ile NAOI yıllık ve NAOI'nin negatif ve pozitif dönemleri karşılaştırılmıştır. Türkiye göl su seviyelerinin ekstrem Kuzey Atlantik Salınımı İndisi evrelerinde, göllerin verdiği tepkileri daha yansız belirlemek amacıyla, her gölün kış sezonu verilerinin kuvvetli negatif NAOI evresine (≤ -1) ve kuvvetli pozitif NAOI evresine ($\geq +1$) karşılık gelen kompozit (birleşik) göl su standardize değerleri bulunmuştur.

2.4.1 Güney Salınımı ile ilişkiler

İklimin tarihsel değişimine kabaca bakıldığında meydana gelen değişiklikler rasgele görünebilirler. Ancak tarihsel veriler üzerinde yapılan titiz analizlerde değişimlerin önemli sebeplerinden birinin her birkaç yılda benzer sırada ve formda tropikal Pasifik'te tekrarlanan bir atmosfer-okyanus etkileşimi sonucu olduğu iddia edilebilir. Sir Gilbert Walker uzun süren araştırmaları sonucunda, normal şartlarda Güneydoğu Pasifik üzerinde kararlı yüksek basınç bölgesi varken Güneybatı Pasifik üzerinde kararlı bir alçak basınç bölgesi bulunmakta olduğunu ve bu basınç çifti karşılıklı olarak salınımlar yaparak, birinde basınç düşerken diğesinde arttığını tespit etmiştir. Bu bölgedeki basınç değişimleri 'Güney Salınımı (SO)' olarak adlandırılmaktadır ve yıllar arası iklimsel değişimlerin en dikkate değer sinyalıdır (Rasmusson, 1985; Sun ve Furbish, 1997). Güney Salınımının sayısal temsili, Doğu ve Batı Pasifik arasındaki

deniz seviyesi atmosfer basınçları farklarından hesaplanıp standardize edilen Güney Salınımı İndeksi (Southern Oscillation Index; SOI) ile yapılmaktadır.

Normal şartlar altında, Güneyli Salınım İndisi pozitif değerlere sahiptir. Bu şartlarda Pasifik Okyanusunun doğu tarafında okyanusun derinliklerinden yüzeye doğru soğuk su akımı oluşmaktadır. Yüzeye çıkan soğuk sular ticaret rüzgarlarıyla batıya doğru ısınarak hareket ederler. Alizeler atmosferdeki basınç farkları dolayısıyla doğudan batıya doğru eserler, batıya doğru sıcaklığı artan okyanus sularının üstünde ilerleyen hava da ısınır ve nemi artar. Batı Pasifik'te yükselerek nemini yağmur olarak bırakır. Yükselen hava troposferin üst seviyelerine ulaşırken bu sefer doğuya doğru eserek bir döngü oluşturur (Walker Dolanımı). Güney Salınımı normal konumunda iken Walker Dolanımı da normal işleyişini sürdürür ve sıcak su havuzunun üzerindeki sıcak ve nemli hava Güneydoğu Asya ve Endonazya'ya şiddetli yağmurların yağmasına yol açar.

Ekstrem negatif SOI döneminde, Pasifik Okyanusu'nun batısında atmosferik basınç artmaktayken Pasifik Okyanusu'nun doğusunda atmosferik basınç düşmektedir. Bu basınç farklılığı sebebiyle ticaret rüzgarları zayıflamakta hatta tersine doğuya esmektedir. Batıdaki sıcak deniz suyu doğuya doğru ilerleyerek Pasifiğin doğusunda şiddetli yağışlar meydana getirmektedir. Hal böyle iken bazı yıllarda Peru ve Ekvator'daki deniz suyu her zamanki sıcaklığından daha fazla ısınır ve bu durum uzun sürer. Normalde soğuk ve güneyden kuzeye doğru akan suyun belli yıllarda akış yönü değişmekte ve ısınmaktadır. Yılbaşı zamanlarında gerçekleşerek bölgedeki balık miktarını önemli ölçüde azaltan bu olaya El Nino (erkek çocuğu) adı verilmiştir (Rasmusson, 1985). Normal şartlar altında pozitif olan SOI değerlerinin negatif değerlere düştüğü zamanlarda Doğu Pasifik'teki atmosfer basıncı düşer ve doğulu alizeler zayıflar ya da batıdan eserler. Tropik Pasifik'teki büyük sıcak su havuzu Peru ve Güney Ekvator kıyılarını yalayarak doğuya doğru uzanır. İşte bu bir El Nino olayının işaretidir (Kahya ve Dracup, 1993). El Nino dönemlerinde bölgede şiddetli yağışlar olmaktadır. Karasal alanda normal şartlarda tarım yapılamayan bölgelerde tarım yapılabilir. Denizde ise normalden çok çok az miktarda balık avlanabilmektedir. Özetle El Nino dönemlerinde, normal dönemlerden farklı olarak karadaki ve denizdeki ekolojik, fiziksel, ekonomik dengeler tersine dönmektedir. El Nino olayları genellikle 4 yılda bir ve tipik olarak 2 senelik bir ömürde görülmektedir. El Nino'lar benzer özellikler göstererek gelişmesine karşın

zamanlama, şiddet ve süre olarak farklılıklar gösterirler yani ardışık iki El nino olayı tıpa tıp aynı desen (patern) göstermemektedir.

Güney Salınımı'nın soğuk fazını teşkil eden ve ekstrem yüksek (pozitif) SOI değerlerine karşılık gelen olaylara La Nina dönemi denmektedir. La Nina dönemlerinde Doğu Pasifik'teki basınç yükselirken Avustalya ve Endonazya'daki basınç düşer, böylelikle doğudan batıya esen alizelerin şiddeti artar. Batıya doğru giderek ısınan deniz suyu Pasifiğin batısında yağışlara sebebiyet verir. El Nino olaylarını genellikle La Nina olayları takip eder. La Nina olaylarının global iklimde daha az değişikliğe sebep olduğundan literatürde El Nino olayları derinlemesine araştırılırken La Nina olayları daha az incelenmektedir.

El Nino olayları Güneydoğu Pasifik'teki anormal derecede düşük basınçlara (düşük SOI değerlerine) karşılık gelir ve bu durum Güney Salınımı'nın sıcak fazı (Peru kıyılarındaki sıcak su akıntılarına atıfen) olarak da isimlendirilmektedir. Güney Salınımı'nın ekstrem fazları dünyanın her bölgesini aynı şekilde etkilememektedir. Bölgelere göre değişebildiği gibi El Nino ya da La Nina olayları bir bölgede ıslak sezonlara sebep olurken diğer bölgede kurak sezonlara sebep olabilmektedir. Yine yapılan araştırmalarda, bir bölgede El Nino ya da La Nina olaylarından etkileniyorsa bu iki olayın bölge üzerindeki etkisi birbirinin tam tersi olduğu tespit edilmiştir (Kladiş ve Diaz, 1989).

Güney Salınımı'nın iklim üzerinde etkisi sıcaklık, yağış, akım, vb hidrometeorolojik parametrelerle global ve bölgesel ölçekli çalışmalarla literatürde yer almıştır (Ropelelewski ve Halpert 1986; Kladiş ve Diaz, 1989; Kahya ve Dracup, 1993 ve 1994; Dracup ve Kahya, 1994; Eltahir, 1996 vb.). Güney Salınımı'nın ekstrem fazları ile dünyanın değişik bölgelerindeki yoğun yağış veya kuraklıkların ilişkileri, El Nino veya La Nina olayları sırasında oluşması beklenen akımın, yağışın tahminine yönelik çalışmalar literatürde mevcuttur. Yine dünyanın farklı bölgelerinde normal yağış değerleri ile El Nino ilişkili yağışların medyan değerleri arasında farkları tespit edilmiştir (Ropelelewski ve Halpert 1996). Piechota (1997), SOI faydalanarak El Nino dönemlerinde oluşabilecek iklim ve akım şartlarını önceden tahmin edebilecek yaklaşım oluşturmuştur. Yine Piechota ve diğ., (1998) Doğu Avusturalya'daki nehirlerin El Nino şartlarında oluşacak sezonluk akımları tahmini için SOI ve SST (tropikal Pasifik deniz yüzeyi suyu sıcaklığı) endekslerini kullanan model geliştirmiştir. Eltahir (1996), El Nino'nun iki indikatörü SOI ve SST endeksini

kullanarak Nil Nehri'nin yıllık ortalama akımını lineere bir modelleme kullanarak El Nino ile Nil Nehri akımı arasındaki ilişkiyi belirlemiştir. Ropelewski ve Halpert (1996), Güney Salınımı'nın ekstrem fazlarından yağış olarak etkilenen dünyanın 19 farklı bölgesini tespit etmişlerdir ki bunları normal yağışların medyan değerlerinin El Nino ve La Nina ilişkili yağışların medyan değerlerinden tespit ettiği farklarla açıklamışlardır. Kahya ve Dracup (1993), Amerika Birleşik Devletleri'nde binden fazla akarsuda akım verilerinin El Nino olayları ile ilişkisini harmonik analiz ile inceleyerek dört kararlı El Nino bölgesi tespit etmiş, bu bölgelerin El Nino olaylarına tepkisinin bazı bölgelerde ıslak bazı bölgeler için de kurak olduğunu belirlemiştir. Kahya ve Dracup (1994), El Nino olayları ile Amerika Birleşik Devletlerinin güneybatısında bulunan akarsuların ilişkisini incelemiş ve El Nino olaylarından ıslak olarak etkilendiğini tespit etmiştir. Silverman ve Dracup (2000) Amerika Birleşik Devletlerinin Kaliforniya Havzasının 7 iklim bölgesinde yapay sinir ağı modeli ile 1951-1999 yıllarında yağış ve ENSO değerleri kullanarak geleceğe dönük tahmin yapmıştır.

Ülkemizde El Nino ve La Nina olaylarını yağışlar ve nehir akımları üzerinde etkilerini Karabörk (2000) doktora tezinde incelemiş, El Nino olayları süresince hem yağış hem de akım için Türkiye'nin doğu ve batı bölgelerinde ıslak sezonlar tespit etmiştir. Batı Anadolu bölgesinde El Nino olaylarına yağışlar; Nisan(0)-Temmuz(0) döneminde ıslak, Doğu Anadolu Bölgesinde ise Şubat(0)- Haziran(0) döneminde ıslak tepki vermektedir. Akımların El Nino olaylarına verdiği tepkiler; Kuzey Batı Anadolu Bölgesinde Nisan(0)-Ekim(0) döneminde ıslak, Orta ve Doğu Anadolu Bölgesine de Nisan(0)- Kasım(0) döneminde ıslak tepki verdiğini göstermiştir. La Nina olayları için Orta Doğu ve Doğu Anadolu bölgelerinde kararlılık gösteren kurak sezonlar belirlemiştir.

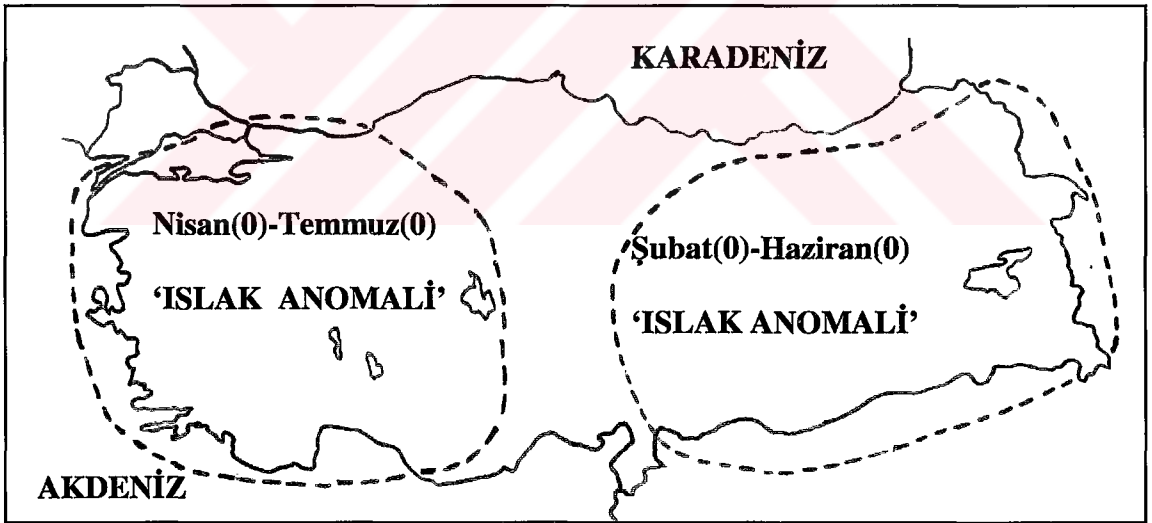
2.4.2.1 Veriler ve yöntem

Eldeki göl su seviyeleri kayıtlarının kapsadığı 1959-2002 yılları arasında 1965, 1969, 1972, 1976, 1982, 1986, 1991 ve 1997 yıllarında olmak üzere toplam 8 adet El Nino olayı meydana gelmiştir. Yine bu süre içinde 1964, 1970, 1971, 1973, 1975, 1988 ve 1995 yıllarında 7 adet La Nina olayı olmuştur. Çalışmada kullanılan El Nino yılları; Ropelewski ve Jones, (1987), Piechota ve Dracup (1996), Trentberth (1997) tarafından kabul edilmektedir. El Nino yıllarının belirlenmesinde SOI değerlerinin en

az 5 ay boyunca kendi dağılımlarının en düşük %25'lik diliminde kalması kriteri kullanılmaktadır (Ropelewski ve Jones, 1987).

Karabörk (2000) çalışmasında Batı Anadolu (BA) bölgesinin El Nino yıllarında Nisan(0)-Temmuz(0) sezonunda pozitif yağış anomalileri (ıslak) tespit ederken Doğu Anadolu (DA) bölgesinin ise Şubat(0)-Haziran(0) sezonu pozitif yağış anomalileri gösterdiğini ortaya koymuştur. Sınırlar Şekil 2.3'de gösterilmiştir. Bu gösterimdeki "0" El Nino yılına işaret etmektedir.

Karabörk (2001) akım değerlerinin El Nino olaylarına tepki veren iki bölge tespit etmiş olup bu bölgeler ve tepki sezonları; Kuzey Batı Anadolu (KBA) bölgesi Nisan(0)- Ekim(0) sezonu, Orta Doğu Anadolu (ODA) bölgesi de Nisan(0)- Kasım(0) sezonudur. Şekil 2.4'de El Nino olaylarından etkilenen bölgeleri göstermektedir. Buna göre Türkiye'nin kuzey batısında Nisan(0)- Ekim(0) sezonu boyunca El Nino yıllarında pozitif akım anomalisi gösteren bir bölge bulunmaktadır. Yine El Nino olayları ile ilişkili olarak Nisan(0)- Kasım(0) sezonu boyunca pozitif akım anomalisi gösteren bir başka bölge de Türkiye'nin orta ve doğusunda yer almaktadır.

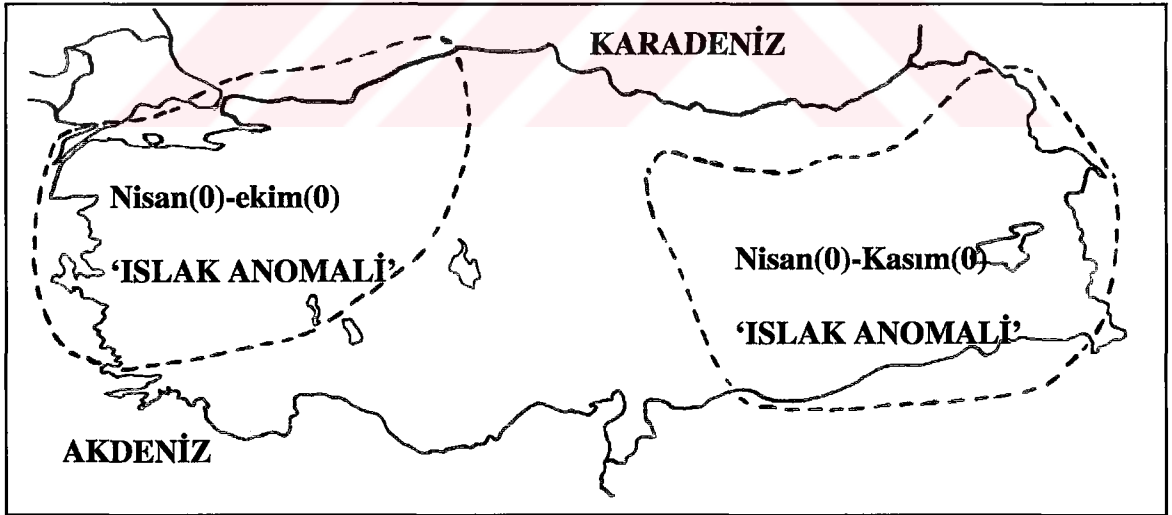


Şekil 2.3 : Yağış Değerleri İçin El Nino Olaylarına Tepki Veren Kararlı Bölgeler (Karabörk, 2000'den uyarlanmıştır).

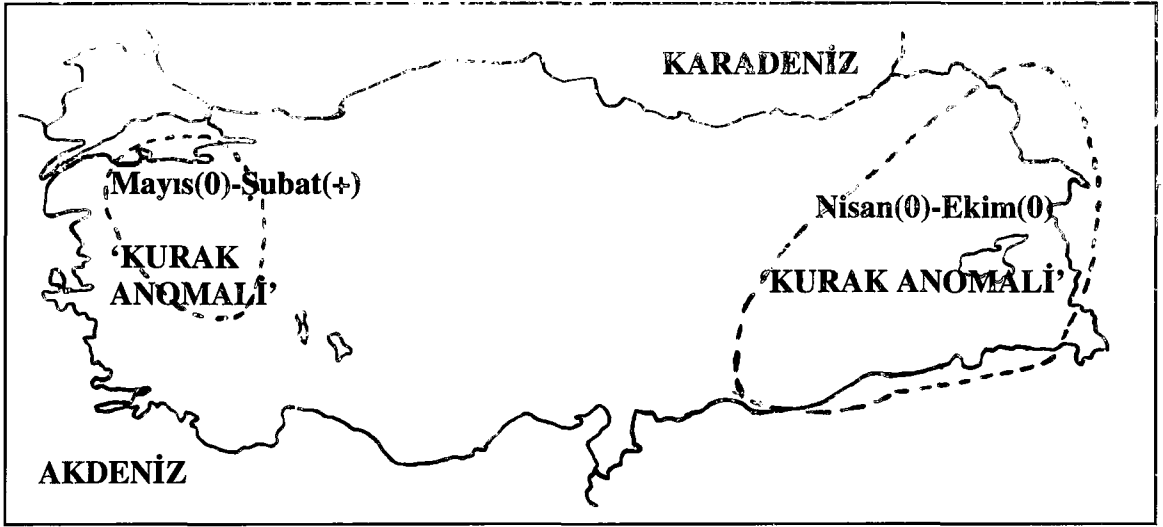
Akım ve yağış değerleri için La Nina olaylarına tepki veren kurak anomaliler, Doğu Anadolu (DA) bölgesinde Nisan(0)-Ekim(0), Orta Doğu Anadolu (ODA) bölgesinde Mayıs(0)-Şubat(0) sezonlarında tespit edilmiştir (Karabörk, 2000). Akım ve yağış değerleri için La Nina olaylarına tepki veren bölgelerin kesişimi dikkate alınarak bu bölgelerdeki göl seviyeleri tepkileri incelenmiştir (Şekil 2.5).

El Nino olaylarının göl su seviyelerine etkisi, yapay zeka modellerinin bir uygulaması olan radyal tabanlı yapay sinir ağı (YSA) metodu ile simülasyon çalışması yapılarak eğer El Nino olayları olmasaydı göl seviyelerinde anlamlı farklar tespit edilebilecek miydi sorusuna cevap aranmıştır. Göl su seviyeleri veri setinde bulunan El Nino yıllarına ait orijinal veriler çıkartılıp, yerlerine dolduran verilerin elde edilmesinde radyal tabanlı yapay sinir ağı metodu kullanılmıştır.

YSA, yapay sinir hücrelerinin birbirleri ile çeşitli şekillerde bağlanmasından oluşur ve genellikle katmanlar şeklinde düzenlenir. Donanım olarak bilgisayarlarda yazılım olarak gerçekleştirilebilir. YSA, bir öğrenme sürecinden sonra bilgiyi toplama, hücreler arasındaki bağlantı aralıklarıyla bilgiyi saklama ve genelleme yeteneğine sahip paralel dağılmış bir işlemcidir. Öğrenme süreci, arzu edilen amaca ulaşmak için YSA ağırlıklarının yenilenmesinin sağlayan öğrenme algoritmalarını ihtiva eder. Lineer olmayan sistem davranışının modellenmesindeki başarısından dolayı, yapay sinir ağlarının hidroloji, meteoroloji ve daha bir çok konuda konularında uygulamaları son yıllarda oldukça artmıştır. Yapay sinir ağı, insan beyninin çalışma sistemine benzer olarak geliştirilmeye çalışılan, beynin yaptığı temel işlemleri belirli bir yazılımla gerçekleştirmeyi amaçlayan bir mantıksal programlama tekniğidir.



Şekil 2.4 : Akım Değerleri İçin El Nino Olaylarına Tepki Veren Kararlı Bölgeler (Karabörk, 2000'den uyarlanmıştır).



Şekil 2.5 : Akım ve Yağış Değerleri için La Nina Olaylarına Tepki Veren Kararlı Bölgelerin Kesişiminden Oluşan Bölgeler (Karabörk, 2000'den uyarlanmıştır)

Bilgisayar ortamında, beynin yaptığı işlemleri kısmen yapan, karar veren, sonuç çıkaran, yetersiz veri durumunda var olan mevcut bilgiden yola çıkarak sonuca ulaşan, sürekli veri girişini kabul eden, öğrenen, hatırlayan bir algoritma yapay sinir ağları (YSA) olarak adlandırılmaktadır (Keskin ve Terzi, 2001).

Yapay sinir hücreleri, YSA'nın çalışmasına esas teşkil eden en küçük bilgi işleme birimidir. Bir yapay hücre modeli girdiler, ağırlıklar, birleştirme fonksiyonu, aktivasyon (etkinleştirme) fonksiyonu ve çıktılar olmak üzere 5 bileşenden oluşur. Girdiler, dış ortamdan hücreye giren bilgilerdir. Bilgiler, bağlantılar üzerindeki ağırlıklar üzerinden hücreye girer ve ağırlıklar ilgili girişin hücre üzerindeki etkisini belirler. Birleştirme fonksiyonu, bir hücreye gelen net girdiyi hesaplayan bir fonksiyondur ve genellikle net girdi, girişlerin ağırlıkla çarpımlarının toplamıdır. Aktivasyon fonksiyonu ise birleştirme fonksiyonundan elde edilen net girdiyi bir işlemde geçirerek hücre çıktısını belirleyen ve genellikle doğrusal olmayan bir fonksiyondur. Hücre modellerinde, net girdiyi +1 değerli polarma girişi ya da azaltan -1 değerli eşik girişi bulunabilir ve bu giriş de sabit değerli bir giriş olarak girdi vektörü (x_0) katsayı ise (genellikle b ile gösterilir) ağırlık vektörü (W_0) içerisine alınabilir.

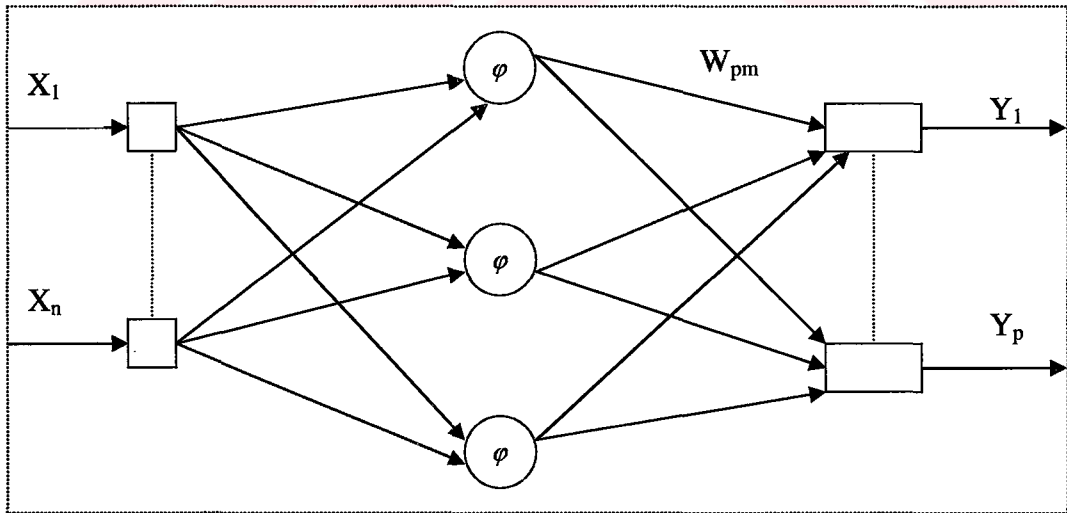
Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları (RTYSA), YSA literatüründe ilk olarak Broomhead ve Lowe (1988) ile girmiştir. RTYSA modeli biyolojik nöronlarda gözlenen yerel tepkilerden esinlenerek geliştirilmiştir. Bu tip nöronlar sinir sisteminin bir çok yerinde bulunabilir, örneğin, belli bir yöndeki şekillere odaklı görme korteksindeki hücreler yada görme alanında küçük bir bölgedeki diğer görsel

özellikler (Poggio ve Girosi, 1990). Radyal tabanlı fonksiyon ağı tasarımı çok boyutlu uzayda eğri uydurma yaklaşımıdır yani RTYSA'nın eğitimi çok boyutlu uzayda eğitim verilerine en uygun bir yüzeyi bulma amacı temellidir. Genelleme olarak RTYSA, test verilerini interpolate etmek amacıyla, eğitim sürecinde bulunan çok boyutlu yüzeyin kullanılmasıdır.

RTYSA yapısında giriş, orta ve çıkış katmanlarından oluşur, giriş katmanından orta katmana dönüşüm radyal tabanlı aktivasyon fonksiyonları ile doğrusal olmayan sabit bir dönüşümdür (Şekil 2.6). Orta katmandan çıkış katmanına ise uyarlamalı ve doğrusal bir dönüşüm gerçekleştirilir. RTYSA'nın eğitimi, İleri Beslemeli Geriye Yayılım Ağları (Back Propagation Networks [BPN]) 'nın eğitiminden daha az bir zaman gerektirir (Demuth ve Beale, 2000).

Eğri uydurma teorisi, herhangi bir çok değişkenli ve sürekli $f(x)$ fonksiyonunu yaklaştırma ya da interpolate etme problemi ile ilgilidir. İnterpolasyon problemi, $k= 1,2,3,\dots,N$ için x_k : veri noktası ve d_k : gerçek değerler olmak üzere $F(x_k)=d_k$ interpolasyon koşulunu sağlayan $F(x_k)$ fonksiyonun bulunması olarak tanımlanır. Radyal tabanlı fonksiyonlarla doğrusal $F(x_k)$ denklem aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$F(x) = \sum_{k=1}^N W_k \varphi_k(|x - x_k|) \quad (2.26)$$



Şekil 2.6 : Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağı (Batıtrakya, 2004'den uyarlanmıştır).

RTYSA'da uyarlanabilecek serbest parametreler; merkez vektörleri, radyal fonksiyonların genişliği ve çıkış katman ağırlıklarıdır. Çıkış katmanı doğrusal olduğundan ağırlıklar, eğim düşme ya da doğrusal en iyileme yöntemleri ile kolayca bulunabilir. Merkezler, girişler arasından rastgele ve sabit olarak seçilebilmekle birlikte RTYSA'nın performansını iyileştirmek amacıyla merkez vektörlerinin ve genişliğinin uyarlanması için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir (Batıtrakya, 2004) .

Bu yerel nöronlar girdi uzayının küçük bir aralığı ile sınırlı tepki verebilmektedir. RTYSA yaklaşımının teorik temeli çok değişkenli fonksiyonların enterpolasyon alanında yatmaktadır. $X^S \in R^S$ olan bir $(x^S, y^S)_{S=1}^N$ kümesinin enterpolasyonunun amacı, F 'in lineer uzayının bir fonksiyon olduğu bütün $s=1,2,3,\dots,N$ için $F(x^S)=y^S$ olan bir $F: R^d \rightarrow R$ fonksiyonunu bulmaktır. RTYSA yaklaşımında enterpolasyon fonksiyonu F , taban fonksiyonlarının bir lineer fonksiyonudur.

RTYSA test aşamasında karşılaştırma kriteri olarak belirlilik katsayısı R^2 ile birlikte denklem (9.1) de verilen ortalama kare hatası (OKH) esas alınmıştır. Formülde N kullanılan veri sayısıdır.

$$OKH = \frac{\sum_{i=1}^N (Y_{i_{Gözlenen}} - Y_{i_{Tahmin}})^2}{N} \quad (2.27)$$

El Nino yıllarında gözlenen göl su seviyeleri ile YSA simülasyonu ile üretilen değerler arasında istatistik fark testleri yapılmıştır. Testler hem El Nino yılları tümüyle göz önüne alınarak hem yağış ve akım parametrelerinin bölge sinyal sezonları göz önüne alınarak iki farklı zaman dilimi için yapılmıştır.

2.4.2.1.1 Kullanılan istatistiksel yöntemler

2.4.2.1.1.1 F testi

İki örneğin varyansları açısından aynı topluma ait olup olmadıklarının tespiti için kullanılmıştır. Parametrik bir yaklaşım olan F istatistiği aşağıdaki formülle belirlenir:

$$F = \frac{s_x^2}{s_y^2} \quad (2.28)$$

$S_1^2 > S_2^2$ olmak üzere, burada s^2 varyans dır. Bu istatistiğin dağılımı payının serbestlik derecesi $n-1$, paydasının serbestlik derecesi $m-1$ olan F (Fisher) dağılımıdır. Hesaplanan F değeri seçilen anlamlılık düzeyinde tablodan okunan kritik değerden büyükse iki örneğin varyanslarının toplum değerlerinin aynı olduğu hipotezi red edilir. Burada F testi için %5 önem seviyesi baz alınmıştır.

2.4.2.1.1.2 t testi

İki örneğin ortalamaları açısından aynı toplumdandır olup olmadıklarının test edilmesinde kullanılan bir parametrik testtir. Bu teste sıfır hipotezi iki serinin ortalaması aynı, karşı hipotezde iki ortalama birbirinden farklı şekilde düşünülür.

$$t = \frac{X_{1(ortalama)} - X_{2(ortalama)}}{S_p \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]^{0,5}} \quad (2.29)$$

$$S_p^2 = \frac{(n-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \quad (2.30)$$

burada S_1^2 ve S_2^2 1.ci ve 2.ci serinin varyans değerleridir. Test istatistiği iki serinin populasyon varyanslarının birbirine eşit kabulü yapılır ancak bu bilinmez (McCuen, 2003). İstatistiğin örnekleme dağılımı serbestlik derecesi n_1+n_2-2 olan t dağılımıdır. Hesaplanan t istatistiğinin kritik t değerinden büyük olması durumunda ortalamaların farklı olduğu sonucuna varılır. Bu t testinde %5 önem seviyesinde değerlendirilmiştir.

2.4.2.1.1.3 Mann-Whitney U testi

Mann-Whitney U testi iki örneğin aynı popülasyona aitliğini sınamak için kullanılan parametrik olmayan testtir. Normal dağılmamış toplumlar için t Testine oranla daha uygundur. Testin uygulama detayları birinci bölümde homojenlik analizinde verilmiştir. Test yüzde beş anlam düzeyinde değerlendirilmiştir.

2.5 Göl seviyesi zaman serilerinin Spektral Analizi

2.5.1 Zaman serileri

Rastgele bir değişkenin aldığı değerlerin zaman içinde belli aralıklarla izlenmesi halinde bir zaman serisi elde edilir. Ardış zamanlardaki X_i ve X_{i+1} değerleri arasında istatistik anlamda bir bağımlılık bulunması halinde X_i bir stokastik süreç oluşturur. Bir gölün su seviye değişimleri stokastik sürece örnek olarak gösterilebilir. Bir zaman serisinde ardışık anlardaki değerlerin arasındaki iç bağımlılık otokorelasyon katsayıları ile ölçülebilir (Bayazıt, 1996). Aralarındaki zaman serisi aralığı $k\Delta t$ olan iki andaki X_i ve X_{i+k} , değerleri iki farklı rastgele değişken gibi düşünülürse bunların arasındaki korelasyon katsayısı;

$$\rho_k = \frac{\text{cov}(X_i, X_{i+k})}{\sigma_x^2} \quad (2.31)$$

bu ifade k aralıklı otokorelasyon katsayısı olarak adlandırılır. Bu katsayı eldeki n elemanlı örnekten aşağıdaki denklemden tahmin edilir:

$$r_k = \frac{\sum_{i=1}^{n-k} (X_i - \bar{X})(X_{i+k} - \bar{X})}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad k=1,2,\dots \quad (2.32)$$

Genel olarak zaman serilerini iki temel bileşene ayırmak mümkündür (Kottegoda, 1980). Bu bileşenler;

1. Deterministik Bileşen

2. Stokastik Bileşen

Deterministik süreci meydana getiren değişkenin oluşumunda olasılık kanunlarının değil de matematiksel bir bağıntının var olduğu kabul edilmektedir (Bulu, 1976). Deterministik bileşen, periyodik ve periyodik olmayan iki grupta sınıflanabilir. Periyodik olmayan grupta, en çok rastlanan eğilim (trend) bileşeni ile sınıflanır. Hidroklimatolojik süreçlerde eğilim, doğal etkiler ve insan etkisiyle ortaya çıkmaktadır. Periyodik olan grupta ise rastgele değişken, sabit değer aralıklarında

tekrarlanma görülmesidir. Periyodiklik ise dünyanın periyodik hareketler etmesinden kaynaklanmaktadır.

Stokastik bileşenin içinde düzenli olmayan salınımlar ve rastgelelik etkileri görülmektedir. Bu etkiler kesin bir şekilde ifadesi elde edilememekte, dolayısıyla stokastik bileşenin incelenmesi olasılık biliminden yararlanılarak yapılabilmektedir. Burada verilerde homojenliğe dikkat edilmelidir.

Bir zaman serisindeki i-inci bileşen verinin genel olarak bileşenleri salınımlar şeklinde;periyodiklik (P_i), artış ve azalış şeklinde eğilim (T_i) varsa sıçrama (S_i), iç bağımlı bileşen (B) ve rastgele (bağımsız) bileşen kısımlarından oluşmaktadır. Genel olarak zaman serisi bileşenleri şu şekilde ifade olunabilir:

$$X_i = P_i + T_i + B_i + \varepsilon_i \quad (2.33)$$

Eğilim (trend) bileşeni, eğilim süreci parametrelerinin (ortalama, standart sapma) zaman içinde giderek artmasını veya azalmasını gösterirken, sıçrama ise ani bir artma yada azalma olarak ifade olunur. Hidrolojik süreçlerde eğilim ve sıçrama doğal etkiler (orman yangını, toprak kayması), ya da insan etkisiyle homojenliğin bozulması (ağaçlandırma, baraj inşası) sonucunda ortaya çıkabilir. Süreçte bir eğilimin bulunmasının anlaşılması üzerine bu trend bir polinomla ifade edilerek, zaman serisinden çıkarılarak süreçten uzaklaştırılmış olur.

Periyodik bileşen, sürecin parametrelerinin belli bir T periyodu ile değişimleri halinde bir periyodik bileşeni bulunduğu kabul edilir. Bu durumda parametreleri Fourier Serisi açılımları ile ifade edilebilir (Bayazıt,1996). İç bağımlı değişken , zaman serisinin X_i değerinin, bundan önceki zamanlarda X_{i-1} , X_{i-2} , $X_{i-3}, \dots$ değerleriyle, istatistik anlamda bağımlılığını gösterir.

Rastgele (bağımsız) bileşen; eğilim, sıçrama, periyodik bileşen ve iç bağımlı bileşen çıkarıldıktan sonra geriye kalandır.

2.5.2 Zaman Serilerinin Spektral Analizi

Göl seviyesi ve iklim parametreleri zaman serileri, eğilim, periyodik bileşen, iç bağımlı bileşen ve kalıntı bileşenleri için analiz edilerek, anlamlı bulunan bileşenlere olası fiziksel açıklamalar getirilmeye çalışılmıştır. Otokorelasyon fonksiyonunun Fourier dönüşümü olan otokovaryans yoğunluk spektrumlarından yararlanılan

spektral analizde, hidrolojik sürecin değerleri oluşun sırası yerine tekerrürün bir fonksiyonu olarak incelenebilmekte. Elde edilen spektrum periyodik yapı hakkında bize bilgiler vermektedir.

Bilim çevrelerinde çok miktarda iklim değişiminin etki ve sonuçlarını inceleyen çalışmalar yapıldı. Bunlardan birkaçı: Meinel ve Bach, (1984); Cohen (1986), Marchand ve diğ., (1988) sayılabilir. Uzun zaman sürecinde güneşin soğumasından ötürü iklim değişiminin olmasından kaçınmak mümkün olmadığını birçok makalede belirtilmekte beraber atmosferdeki sera etkisinin etkilerinde iklim değişimi üzerinde farklı etkiler göstereceği yapılan çalışmalarda ifade edilmektedir. Bunların iklimik zaman serilerinde bulunduklarını delilleriyle ortaya çıkarılma çalışmaları hızla sürdürölmektedir.

Türkiye göl su seviyeleri zaman serisi bileşenlerini spektral analiz tekniğiyle incelenecek, adım adım bileşenlerini tespit etmeye sonra da bunları seriden çıkarıp kalan bileşenleri incelemeye tabii tutulacaktır. Tüm bunları adım adım sıralanırsa;

1. Veri seçimi
 2. Spektral analiz no.1
 3. Lineer eğilimi belirleme ve çıkarma
 4. Spektral analiz no.2
 5. Periyodik bileşeni tespit etme ve çıkarma
 6. Spektral analiz no.3
 7. İçbağımlı bileşenin tespiti ve uzaklaştırılması
 8. Spektral analiz no.4
 9. Kalıntıların analizi
- çalışmaları şeklinde yapılacaktır.

Trend bileşeninin tespiti ve giderilmesi için polinomal regresyon kullanılabilir.

$$T_t = a_0 + a_1t + a_2t^2 + \dots + a_pt^p \quad (2.34)$$

Burada T_t trendi, $a_0, a_1, \dots, a_p$ sabitleri, t de yıl ve aya karşılık gelen kısımdır. En uygun polinom, birbirini izleyen eden iki polinom arasında kalıntıların karelerinin toplamının karşılaştırma temelinde anlamlılık testi ile belirlenir.

Periyodik bileşen tespiti Fourier serisi açılımıyla yapılabilmektedir.

$$X_t = A_0 + \sum_{k=1}^{N/2} [A_k \cos(2\pi kt / N) + B_k \sin(2\pi kt / N)] \quad (2.35)$$

Formülde $t=1, 2, \dots, N$. A_k ve B_k k.ncı harmonik aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$A_k = (2/N) \sum_{t=1}^N X_t \cos(2\pi kt / N) \quad (2.36)$$

$$B_k = (2/N) \sum_{t=1}^N X_t \sin(2\pi kt / N) \quad (2.37)$$

Burada $k=0, 1, 2, \dots, N/2$. Eğer X_t zaman serisinin varyansı S^2 ise k.ncı harmoniğin açıkladığı varyans;

$$C_k^2 / 2S^2 = (A_k^2 + B_k^2) / 2S^2 \quad (2.38)$$

olmaktadır.

İç bağımlı bileşen otoregresif (Markov) modeli ile hesaplanabilir.

$$B_t = \sum_{j=0}^k \Phi_j B_{t-j} + \varepsilon_t \quad (2.39)$$

Formülde $\Phi, j=0, 1, \dots, k$ sabitlerdir. ε , bağımsız rastgele değişken olup ortalaması sıfır, varyansı σ_ε^2 dir. Pratik uygulamada görülmüş ki AR(1) veya AR(2) modeli yeterli yaklaşımı sağlamaktadır.

Spektral analiz, zaman serisinin bileşenlerini göstermede ve bileşenler teker teker kaldırıldıktan sonra bu bileşenleri tekrar inceleme kullanılırlar. Bağımlılığı frekans uzayında incelemek için varyans yoğunluk fonksiyonu kullanılır. Spektrum, süreçlerde periyodik bileşenler bulunması halinde bu periyodlara karşı gelen frekanslarda büyük değerler alacağından periyodik bileşenleri ortaya çıkarmakta yararlı olmaktadır (Bayazıt, 1981).

Spektral yoğunluk fonksiyonu, otokovaryans değerlerinden tahmin yapılabilir (Jenkins, 1961).

$$C_k = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^{N-k} (z_t - \bar{z})(z_{t+k} - \bar{z}) \quad k=0,1,2,\dots,K \quad (2.40)$$

$$V_k = \frac{1}{m} [C_0 + 2 \sum_{j=1}^{m-1} C_k \cos(kj\pi / m) + C_m \cos(k\pi)] \quad (2.41)$$

Formülde $C_k = E(X_t X_{t-j})$, $j=0,1,\dots,m$ otokovaryans katsayısıdır. V_k Spektra yoğunluk fonksiyonu olup Hamming'in yumuşatma fonksiyonu kullanılmıştır (Jenkins, 1961). Spektra yoğunluk fonksiyonunun güven limitleri şöyledir,

$$CL_\alpha(N,k) = x^2_{100-\alpha}(\Gamma) / \Gamma \quad (2.42)$$

$$CL'_\alpha(N,k) = x^2_\alpha(\Gamma) / \Gamma \quad (2.43)$$

Formülde $\Gamma = 2N/k$, serbestlik derecesi olup, N zaman serisindeki eleman sayısı k da otokovaryans fonksiyonunun adım aralığıdır. α , gerekli görülen güven seviyesi, $x^2_\alpha(\Gamma)$ kıkare dağılımının Γ serbestlik derecesindeki değeridir. CL ve CL' ortalama spektrum ile çarpılarak tüm seri için güven seviyesi bulunabilir (Kite, 1989).

2.6 Göl seviyelerinin Dalgacık Dönüşümü ile Analizi.

Zaman serileri spektral analizi frekans-genlik boyutunda yapılmıştır. Bir önceki aşamadaki analize alternatif olarak, frekans-genlik-zaman ortamında göl seviyeleri 'Dalgacık dönüşümü' ile analiz edilmiştir.

Dalgacık dönüşümlerinin, sürekli dalgacık dönüşümü, ayrık dalgacık dönüşümü ve başka türleri de mevcuttur. Bu çalışmada, sürekli dalgacık dönüşümü türü kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü tekniği henüz birkaç on yıllık geçmişi varken, çok geniş bir alanda kullanılmaya başlanmıştır. Bunlardan bir kaç; haberleşme, tıp, yer bilimleri, mühendislik, finans alanları sayılabilir.

Dalgacık dönüşümü, verileri farklı periyottaki bileşenlerine ayıran bir araçtır ve böylece her bir bileşen ile kendi ölçek değerine uygun bir çözünürlükte çalışılabilir (Daubechies, 1990). Dalgacıklar, veriyi farklı frekans bileşenlerine ayıran ve sonra kendi ölçekleriyle eşleştirilmiş bir çözünürlüğe sahip bileşenler üzerinde çalışan matematiksel fonksiyonlardır. İşaretin (sinyalin) süreksizliklere ve keskin sivri uçlara sahip olduğu fiziksel durumları incelemede, geleneksel Fourier metotları üzerine

avantajlara sahiptir. Dalgacık dönüşümü, fonksiyonları, operatörleri veya veriyi farklı frekanstaki bileşenlerine ayıran ve ayrı ayrı her bileşen üzerinde çalışmaya izin veren bir araçtır. Dalgacıkların arkasındaki temel fikir, ölçeğe göre analiz etmektir. Dönüşüm, diziler veya fonksiyonlar arasında birbirinin diğerine göre haritalanmasını sağlayan matematiksel işlemdir. Dönüşüm yapılarak bir fonksiyonun orijinal değerlerinden elde edilemeyen ilave ve gizli bilgilere ulaşılabilir. Dönüşüm işlemindeki temel amaç karmaşık fonksiyonların basit temel yapıları ile temsil edilmeleridir. Bir karmaşık fonksiyon, sabit değerli ağırlık katsayısı ile temel bir taban fonksiyonu çarpılıp entegre edilerek temsil edilebilir (Küçük, 2004). Fourier dönüşümü bir işaretin (zaman serisinin) spektral bileşenleri hakkında bilgi verirken herhangi bir zaman bilgisi içermemektedir. Dolayısıyla herhangi bir anda meydana gelen özel olayları gözlemlemek mümkün olmamaktadır. Daha sonra geliştirilen Kısa Süreli Fourier Dönüşümlerinde (KSFD) işaret sabit genişlikte pencere fonksiyonu ile çarpılması elde edilir. Ancak işaretin hızla değişen yüksek frekanslı değişimlerin zaman uzayında tam olarak bölgelendiremez. Bu sorun sabit genişlikteki pencereler yerine, işarettaki yavaş değişimleri (büyük periyot) yakalamak üzere geniş pencere fonksiyonları ve hızlı değişimlerin (küçük periyot) olduğu yerlerde ise dar pencere fonksiyonlarının kullanımı düşünülmüş böylelikle dalgacık dönüşümü ortaya çıkmıştır.

Son 10 yıldan beri hidroklimatoloji alanında da kullanımına başlanan dalgacık dönüşümü, bu alanda oldukça yeni uygulamalara vasıta olmaktadır. Hidroklimatolojik olayların birçok parametre ile ilişkileri, daha ayrıntılı olarak dalgacık dönüşümü tekniğiyle incelenebilmektedir. Dalgacık dönüşümü tekniği, eski birçok yöntemle elde edilemeyecek bilgilere bizi ulaştırarak iklimsel karakteristikleri anlamamızda ve yorumlamamıza yardımcı olabilecek yararlı bir tekniktir. Bu konuda ilk uygulama, yağış verilerinin analizinde yapılmıştır (Kumar ve Foufoula-Georgiou, 1993). Yağış verileri bileşenlerine ayrılarak her bir bileşen analiz edilmiş, bu bileşenleri uydu görüntüleri ile ilişkilendirilerek yağış için analizler yapılmıştır. El Nino Güney salınımındaki (ENSO) deniz suyu sıcaklık (SST) ve Güney Salınım indeksi (SOI) deniz seviyesi basınç değerlerini (SLP) (1871-1996 yılları), dalgacık dönüşümü ile inceleyen Torenco ve Compo (1997), on yıllar arasındaki değişimlerde kuvvetli ve düşük varyansa sahip değişimleri zamansal olarak tespit etmiştir. Çalışma sonucunda uzun dönemli SST, SLP ve SOI değerlerinin 1920-1960 yılları arasında

düşük varyansa sahip bir değişim tespit edilmiştir. Soca ve Kumar, günlük akım verilerini Amerika Birleşik Devletleri'nin 197 farklı akarsuda dalgacık analizi ile incelemiştir. Bileşenlerinin enerji seviyelerine göre akarsuları 29 farklı havzada 3 farklı modda sınıflamıştır (Soca ve Kumar, 2000). Sınıflamada akımın değişkenliği ile ilgili 3 ayrı mod (uzun dönem modu, kısa dönem modu ve çok kısa dönem ölçek modu) kullanılmıştır. Sınıflaması yapılan bölgelerde akım özellikleri, bölgenin fiziksel karakteristikleri yardımıyla açıklamaya çalışmışlardır. Fransa'nın iki ayrı bölgesinde, Pyrenees dağları ve Larzac platosundaki karstik yapıya sahip bölgelerde yağış ve akış ilişkisini, Morlet dalgacığını kullanarak sürekli dalgacık dönüşümü ile inceleyen Labat (Labat ve diğ., 2000), çalışmasında karstik bölgede yağış ve akım parametrelerinin zamansal değişimini çeşitli periyodik bileşenlerinde paralellikleri ve farklılıkları ortaya koydu. Yağış ve akış değişkenleri için yaptığı dalgacık dönüşümlerinin sonucunda bulduğu katsayıları birbirleriyle çarparak ortak etkilerini açığa çıkarmaya çalıştı ki buna çapraz dalgacık spektrumu denmektedir. Çapraz spektrum işlemi iki ayrı dönüşümün bir iç çarpımı işleminden geçirilmesidir (Küçük, 2004).

Dalgacık algoritmaları, veriyi farklı ölçek veya çözünürlüklerde işler. Eğer geniş bir pencereden bir işarete bakarsak, büyük özellikleri fark ederiz. Benzer şekilde, küçük bir pencereden bir işarete bakarsak, küçük özellikleri fark ederiz. Dalgacıkları ilginç ve aynı zamanda yararlı kılan bu özelliktir. Fourier'in fonksiyonları sinüs ve kosinüsün bir lineer kombinasyonu olarak temsil etmesi, hem diferansiyel denklemlerin analitik ve sayısal çözümlerinde hem de haberleşme işaretlerinin analizi ve düzeltilmesinde yaygın olarak kullanılmıştır. Fourier ve dalgacık analizi arasında çok güçlü bağlar vardır (Graps, 1995). Fourier dönüşümünün faydası, zaman tanım kümesindeki bir işaretin frekans içeriğini analiz etme kabiliyetinde yatar. Dönüşüm, ilk olarak tanım kümesi zaman olan bir fonksiyonu, tanım kümesi frekans olan bir fonksiyona çevirmek suretiyle çalışır. O zaman sinyalin frekans içeriği incelenebilir. Çünkü dönüştürülen fonksiyonun Fourier katsayıları, her frekans değerinde sinüs ve kosinüs fonksiyonlarının her birinin katkısını temsil eder. Ters Fourier dönüşümü de, verinin frekans tanım kümesinden zaman tanım kümesine dönüştürülmesini gerçekleştirir (Aytaç, 2004).

Dalgacık dönüşümlerinin bir avantajı pencerelerin değişebilir olmasıdır. İşaret (sinyal) süreksizliklerini ayırmak için, bazı çok kısa baz fonksiyonlarına sahip olmak

istenir. Bunu gerçekleştirmenin bir yolu kısa yüksek-frekans baz fonksiyonları ve uzun düşük-frekans baz fonksiyonlarına sahip olmaktır. Dalgacık dönüşümlerinin, sadece sinüs ve kosinüs fonksiyonlarını kullanan Fourier dönüşümü gibi tek bir baz fonksiyonları kümesine sahip değildir. Onun yerine, dalgacık dönüşümleri sonsuz sayıda mümkün baz fonksiyonları kümesine sahiptir. Buncdan dolayı dalgacık analizi, Fourier analizi gibi diğer zaman-frekans metotları tarafından saklı bırakılan bilgiye doğrudan doğruya erişim sağlar.

Sürekli dalgacık dönüşümü (SDD) işlemi aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$W(\tau, s) = \frac{1}{\sqrt{|s|}} \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \varphi^* \left(\frac{t - \tau}{s} \right) dt \quad (2.44)$$

$$\varphi(\tau, s) = C = \frac{1}{\sqrt{s}} \psi \left(\frac{t - \tau}{s} \right) \quad (2.45)$$

Burada sürekli dalgacık dönüşümü, τ (öteleme) ve s (ölçek) parametrelerinin bir fonksiyonudur. $x(t)$, analiz edilecek işarettir. $\varphi(t)$, dönüşüm fonksiyonudur ve ana dalgacık fonksiyonu olarak adlandırılır. Dönüşümde farklı genişliğe sahip alt pencere fonksiyonları ana dalgacıktan ölçekleme yoluyla türetilir. Pencere, işaret üzerinde gezdirilir. Dalgacık fonksiyonunun işaretle ötelenerek çarpımı ile dalgacık dönüşümü katsayıları (C) elde edilir. Bu katsayılar, dalgacık fonksiyonu ile işaret arasındaki benzerliği ortaya koyarlar, eğer ilişkileri yüksek ise C katsayısı yüksek değerler alır. Bu halde dalgacık fonksiyonunun içerdiği frekans bilgisinin işaretle bulunduğu anlamı taşır. Bu da işaretle o frekans değerine ait spektral bileşenini ortaya çıkarır. Ölçek parametresi (s) 1/ frekans olarak tanımlanır. Ölçek değeri küçük ise yüksek frekanslardaki işarettaki detaylar elde edilir. Ölçek değeri büyük ise düşük frekanslardaki işaret hakkında bilgi elde edilir.

Sürekli dalgacık dönüşümü elde edilirken farklı ölçekler kullanılarak işaret üzerinde tüm zaman boyunca çarpılır. Böylelikle, işaretle tüm zaman boyunca farklı ölçeklerdeki spektral bileşenler aranır. Farklı ölçeklerdeki dalgacık fonksiyonlarının tüm zaman boyunca işaretle çarpımı sonucunda elde edilen katsayılar, boyutu ‘zaman $\times$ ölçek’ kadar olan bir matris oluşturur. Bu matris ise zaman-ölçek eksenlerinde bir görüntü oluşturur. Oluşan görüntü, işarettaki farklı ölçek değerlerindeki spektral bileşenlerin ne zaman başlayıp ne zaman bittiği bilgisinin yanında spektral bileşenin

işaret ile olan ilişkisinin kuvvetini de verir. Dolayısıyla bu görüntü ölçek zaman-genlik ekseninden oluşmuş 3 boyutlu bir görünümdür (Küçük, 2004). Bu dönüşüm ile doğal olaylarının çeşitli parametreleri, zaman serisindeki etkileri değişik ölçeklerde incelenerek fiziki anlamlarının açıklanmasına yardımcı olabilir.

Dalgacık dönüşümlerinde kullanılan ana dalgacıklar simetrik, ortanormal, ortagonal olan ve olmayan veya biortogonal özelliklere sahip olabilirler (Misiti ve diğ., 1997). Bu çalışmada ortogonal olmayan gerçek ve sanal kısımlara sahip karmaşık bir fonksiyon olan Morlet dalgacığı kullanılmıştır.

2.6.1 Global Dalgacık Spektrumu

Dönüşümle elde edilen değerlerin zaman eksenini boyunca toplanması sonucu global dalgacık spektrumu elde edilir. Belirli bir periyot için zamansal olarak ortalanmış dalgacık spektrumu, aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$\overline{W_n}^2(s) = \frac{1}{n_a} \sum_{n=n_1}^{n_2} |W_n(s)|^2 \quad (2.46)$$

Burada W_n dalgacık dönüşümünü, s ise ölçek değerini ifade ederler. İndeks sayısını ifade eden n ise rasgele şekilde atanmış n_1 ve n_2 noktalarının ortasıdır, n_a ise n_2 ile n_1 arasında ortalanmış noktaların sayısıdır ($n_a = n_2 - n_1 + 1$). Böylelikle tüm zaman aralıkları boyunca aynı işlem tekrar edilerek, belirli bir pencere uzunluğuna bağlı olarak düzleştirilmiş dalgacık çizimi elde edilir (Küçük, 2004). Eğer tüm zaman eksenini boyunca elde edilen spektrumların ortalamaları alınırsa sonuç itibarıyla global dalgacık spektrumu elde edilmiş olur. Global spektrum aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\overline{W}^2(s) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} |W_N(s)|^2 \quad (2.47)$$

3. ANALİZ SONUÇLARI

3.1 Homojenlik Analizi Test Sonuçları

Bu çalışmada yapılan homojenlik testlerinin çokluğu, değişik bakış açılarıyla göl seviyelerinin değişimine sebep olarak sadece dış etkenlerin kararlı kalmasının düşünülmesidir. Farklı bir deyişle, göl seviyeleri verilerinin aynı toplumdan gelip gelmediğinin araştırılmasıdır. Türkiye Göl Su Seviyelerinin Homojenlik Analizi, birbirinden farklı altı test metodu ile %5 anlam düzeyinde yapılmış olup sonuçlar ayrı ayrı değerlendirilip özetleri Tablo 3.1’de verilmiştir.

3.1.1 Standard Normal Homojenlik testi

Bu çalışmada göl su seviyeleri, yıllık zaman serileri için test metodu kullanılmıştır ki bunlar şu ana değin henüz ülkemizde iklimsel ve hidrolojik verilerde kullanımı olmayan metottur. Yapılan test sonucunda %5 anlam düzeyinde homojen olduğu tespit edilen dört göl seviye verileri bulunmuştur. Bunlar; Kovada, Efteni, Aras Balık ve Uluabat gölleri su seviyeleri verileridir. Toplu sonuçlar Tablo 3.1’de verilmiştir.

3.1.2 Buishand Rank testi

%5 anlam düzeyinde yapılan Buishand Rank testi sonucunda toplam sekiz göl seviyesi verilerinin homojen bulunurken 17 göl seviyesi verilerinin ise homojen olmadığı tespit olunmuştur. Homojenliğe sahip göl seviye verileri; Kovada, Karadeniz Balık, Aras Balık, Manyas, Uzungöl, Sapanca, Uluabat ve İznik göllerine aittir. Toplu sonuçlar Tablo 3.1’de verilmiştir.

3.1.3 Pettitt testi

Bu test bir parametrik olmayan sıra testidir. Pettitt Testi %5 anlam düzeyinde yapılmıştır. Analiz sonucunda sonuçlarında beş göl seviye verisi homojenlik testinden geçerken, yirmi göl seviye verisi homojenlik testinden geçememiştir.

Homojen olan göl seviyeleri; Kovada, Kızılırmak Balık, Aras Balık, Manyas ve Uluabat göllerine aittir. Toplu sonuçlar Tablo 3.1’de verilmiştir.

3.1.4 Von Neumann Oran testi

Von Neumann Oran Testi sonucunda, %5 anlam düzeyinde sadece Aras Balık Gölü homojen çıkarken diğer 24 gölün homojen olmadığı tespit edilmiştir. Bu test verilerde sıçramayı değil de verinin doğal yapısındaki homojenliği araştıran bir testtir. Bu sonuç bize verilerin homojenliğini detaylı bir şekilde sorgulamamızı ve verilere şüphe ile bakmamız gerektiğini ortaya koymuştur. Toplu sonuçlar Tablo 3.1’de verilmiştir.

3.1.5 Kruskal-Wallis testi

Kruskal-Wallis Testi, veriler üç gruba ayrılıp %5 anlam düzeyinde kıyaslanarak test edildi. Ondört göl seviyesi testten geçerek homojen olduklarına karar verildi. Bu teste göre homojen olan göl seviye verileri; Akşehir, Çavuşlu, Eber, Kovada, Azaplı, Ceyhan Gölbaşı, Kızılırmak Balık, Aras Balık, Bafa, Manyas, Konya Obruk, Tuz, Sapanca ve Uluabat göllerine aittir. Toplu sonuçlar Tablo 3.1’de verilmiştir.

3.1.6 Mann-Whitney testi

%5 anlam düzeyinde on beş göl seviye verisi homojen, dokuz göl seviye verisinin homojen olmadığı tespit edilmiştir. Homojen olan göl seviye verileri; Haçlı, Çavuşlu, Eber, Ladik, Kovada, Gölhisar, Azaplı, Ceyhan Gölbaşı, Kızılırmak Balık Gölü, Aras Balık, Manyas, Konya Obruk, Tuz, Sapanca ve Uluabat göllerine aittir. Toplu sonuçlar Tablo 3.1’de verilmiştir.

3.1.7 Homojenlik Analizi Araştırma sonuçları

Literatür çalışmalarında, yapılan tüm testlerden %75 ve üstü oranında H_0 hipotezi kabul edilen veri seti ‘kullanılabilir’ daha aşağısı ise ‘şüpheli’ olarak dikkate alındığı görülmüştür. İncelenen toplam 25 farklı istasyon göl su seviyeleri, her bir istasyonun homojenlik testi altı ayrı yaklaşım ile yapılarak, bir istasyonun homojen olduğu hususundaki karar, en az altı testin üçünün homojenliği işaret etmesi durumunda verilmiştir.

Tablo 3.1 : Türkiye Göl Seviyeleri Verileri, Homojenlik Analizinin Sonuçları.

Sıra no	İstasyon Adı	Rasat Dönemi (yıl)	Standard Normal Homojenlik Testi	Buishand Sıra Testi	Pettitt Testi	Von Neumann Oran Testi	Kruskal Wallis Testi	Mann-Whitney U Testi
1	Timraş Obruğu	1965-1994 (30)	Red	Red	Red	Red	Red	Red
2	Haçlı Gölü	1968-1993 (26)	Red	Red	Red	Red	Red	Kabul
3	Akşehir Gölü	1964-1993 (30)	Red	Red	Red	Red	Kabul	Red
4	Çavuşlu Gölü	1964-1995 (32)	Red	Red	Red	Red	Kabul	Kabul
5	Eber Gölü	1964-1995 (32)	Red	Red	Red	Red	Kabul	Kabul
6	Ladik Gölü	1964-1995 (32)	Red	Red	Red	Red	Red	Kabul
7	Kovada Gölü	1964-1995 (32)	Kabul	Kabul	Kabul	Red	Kabul	Kabul
8	Göhlisar Gölü	1971-1995 (25)	Red	Red	Red	Red	Red	Kabul
9	Azaplı Gölü	1969-1995 (27)	Red	Red	Red	Red	Kabul	Kabul
10	Ceyhan Gölbaşı	1969-1994 (26)	Red	Red	Red	Red	Kabul	Kabul
11	Efteni Gölü	1967-1991 (25)	Kabul	Red	Red	Red	Red	Red
12	Kızılırmak Balık	1967-1993 (27)	Red	Kabul	Kabul	Red	Kabul	Kabul
13	Aras Balık Gölü	1967-1991 (25)	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul
14	Bafa Gölü	1967-1995 (29)	Red	Red	Red	Red	Kabul	Red
15	Burdur Senir	1969-1996 (28)	Red	Red	Red	Red	Red	Red
16	Manyas Gölü	1969-1996 (28)	Red	Kabul	Kabul	Red	Kabul	Kabul
17	Uzungöl	1979-1992 (14)	Red	Kabul	Red	Red	Red	Red
18	Konya Obruk	1967-1988 (22)	Red	Red	Red	Red	Kabul	Kabul
19	Van Gölü	1959-2002 (43)	Red	Red	Red	Red	Red	Red
20	Tuz Gölü	1959-2002 (43)	Red	Red	Red	Red	Kabul	Kabul
21	Eğirdir Gölü	1959-2002 (43)	Red	Red	Red	Red	Red	Red
22	Beyşehir Gölü	1959-2002 (43)	Red	Red	Red	Red	Red	Red
23	Sapanca Gölü	1959-2002 (43)	Red	Kabul	Red	Red	Kabul	Kabul
24	Uluabat Gölü	1959-2002 (43)	Kabul	Kabul	Kabul	Red	Kabul	Kabul
25	İznik Gölü	1959-2002 (43)	Red	Kabul	Red	Red	Red	Red

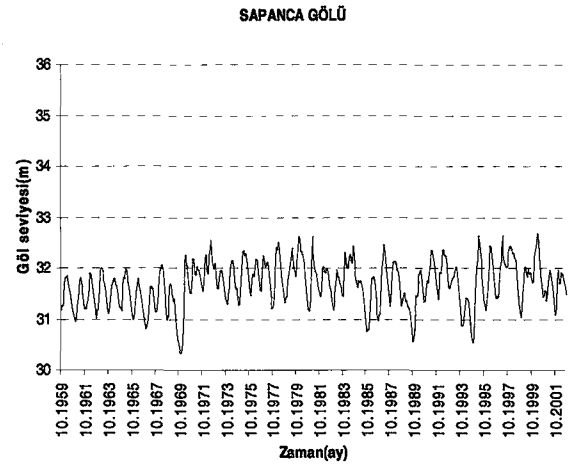
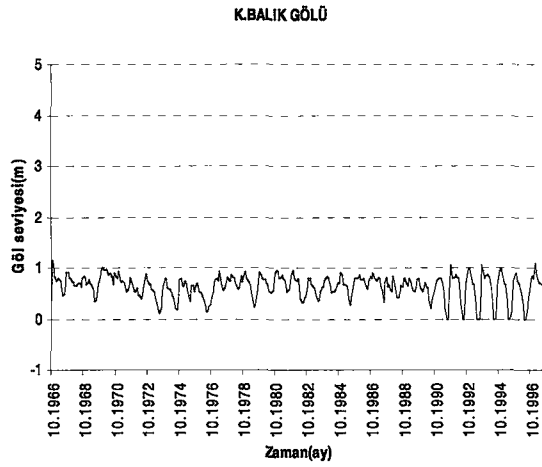
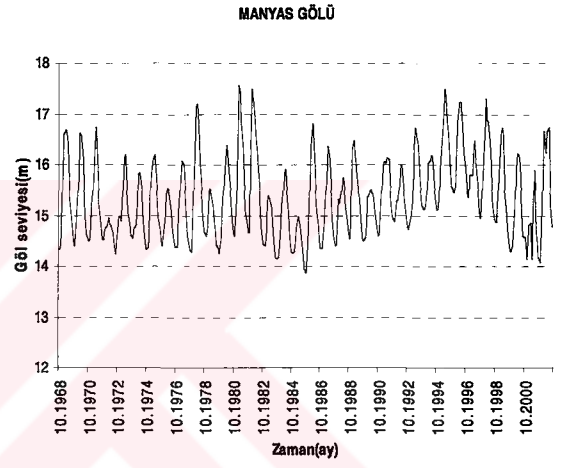
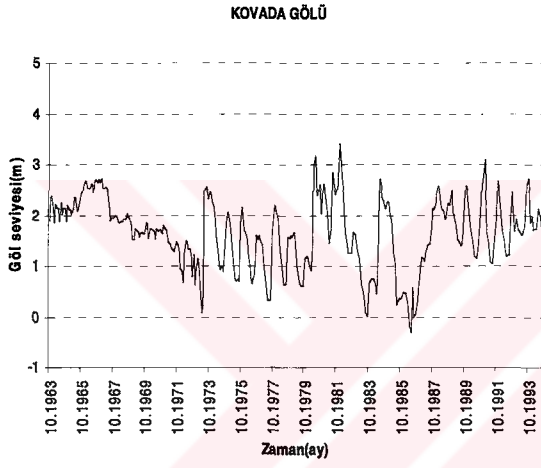
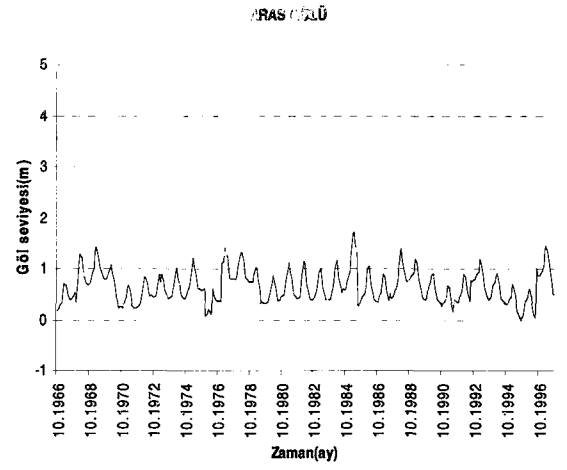
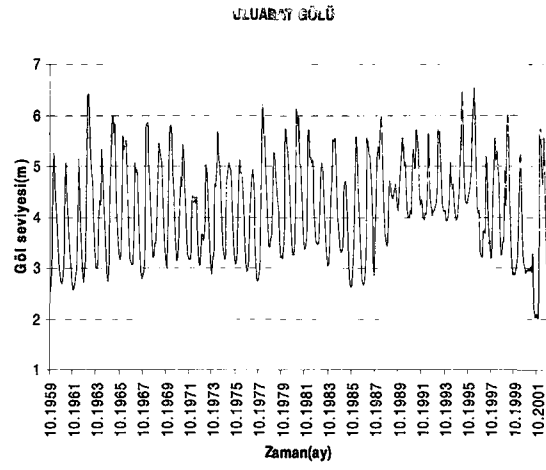
Homojenliği kabul edilen 6 göl su seviyesi verileri şunlardır: Uluabat gölü, Aras Balık gölü, Kovada gölü, Manyas gölü, Karadeniz Balık gölü ve Sapanca gölü. Bu göl su seviyelerine ilişkin zaman serileri Şekil 3.1’de gösterilmiştir.

3.1.7.1 Uluabat gölü

Uluabat Gölü, Bursa ili sınırları içerisinde ve Bursa'ya 25 km mesafededir. Su seviyesi yıllara ve mevsimlere göre değişmekle beraber Uluabat Gölü, normal su seviyesinde 160 km² yüzey alanına sahip sıg bir tatlı su gölüdür. Gölü besleyen en önemli su kaynağı Mustafakemalpaşa Çayıdır. Göl, batısındaki Uluabat deresiyle Susurluk Çayına ve bu çay vasıtasıyla da Marmara denizine bosalmaktadır. Uluslararası önemine rağmen göl ekosistemi aşırı avlanma, kıyı gelişimlerinde meydana gelen arazi islahları (son 25 yılda 2000 ha) ve tarımsal, endüstriyel ve evsel atık deşarjlarının neden olduğu ötrofikasyon tehdidi altındadır. Bu tehditler; havzada orman tahribi, yanlış tarım uygulamaları ve maden ocakları atıkları ile gölün dolması, endüstriyel ve evsel atık deşarjları ve tarım kaynaklı kimyasallar sayılabilir. (<http://env.erciyes.edu.tr/Uluabat/>)

3.1.7.2 Aras Balık gölü

Balık gölü Ağrı ili Ağrı Merkez- Doğubeyazıt ilçesi sınırlarında ve 3400 ha yüzölçümüne sahiptir. 2241 metre ile Türkiye’nin en yüksek rakımlı gölüdür. Çevresinde bulunan dağlardan gelen dereler, kıyısındaki pınarlar ve yeraltı suları ile beslenmektedir. Göl tatlı su karakteri taşımaktadır. Gölün çıkış ayağı ise Balık gölü Deresidir. Bu dere Balık Gölünden çıktıktan sonra Doğubeyazıt Sazlıklarına ulaşmaktadır. Göl kışın donmakta ve yaklaşık beş ay don kalmaktadır. Gölün güney kesiminde yer yer sazlıklar yer almaktadır. Göl içme ve kullanma suyu kaynağı olarak kullanılmaktadır. Bu amaçla gölden yılda 80 hm³ su alınmaktadır. Göl ve çevresi günübirlik dinlenme ve rekreatif amaçlı kullanıma hizmet vermektedir. İçme ve kullanma suyu kaynağı olarak koruma statüsüne sahiptir. Göl çevresinde bulunan dinlenme tesisleri ve yerleşim birimleri gölde evsel kirlilik yaratmaktadırlar. (Çevreorman, 2004).



Şekil 3.1 : Homojen Olduğu Kabul Edilen Göl Su Seviyelerinin Zaman Serileri.

3.1.7.3 Manyas (Kuş) gölü

Marmara Denizinin güneyinde, İnegöl Ovası ile Gönen Ovası arasında kalan çöküntü çukurları dizisi içinde oluşan iki gölden biridir. Diğer göl olan Ulubat'tan alçak bir eşikle ayrılmaktadır. Gölün barındırdığı kuş varlığı ve ekolojik değerleri yönünden taşıdığı önemi ve ünü ülke sınırlarını aşmıştır. Göl suları tatlıdır. Sığ bir göldür. En derin yeri 4 metre civarında olup, ortalama derinliği 1-2 metredir. Koloidal kil ihtiva ettiği için suyu devamlı bulanıktır. İlkbaharda göl suları yükselir ve kıyıları kaplar. Yaz aylarında ise geri çekilir. Gölün beslenimi; güneyden gelen Kocaçay ve kuzeyden gelen Sığırcı Deresi ve göl alanına düşen yağışlarla olmaktadır. Boşalımı ise; buharlaşma, sulama amacıyla çekilen sular ve güneydoğudan çıkan (Kara dere) göl ayağının Susurluk çayına taşıdığı sularla gerçekleşmektedir. Yaz aylarında suların çekildiği yerlerin bir kısmında sebze tarımı yapılmakta, bir kısmı ise çok çeşitli ve gür bitki örtüsü ile kaplanmaktadır. Sığırcı Deresinin oluşturduğu Delta (64 hektar) 27.7.1959 tarihinde Milli Park, gölün tamamını içerisine alan 25.000 hektarlık saha ise 1977 yılında Su Kuşları Koruma ve Üretim Sahası ilan edilmiştir (Çevreorman, 2004).

3.1.7.4 Kızılırmak Balık gölü

Kızılırmak nehrinin taşıdığı alüvyonların oluşturduğu ülkemizdeki en büyük deltalardan birisi Kızılırmak deltasıdır. İdari olarak Samsun ilinin Engiz, Bafra ve Alaçam ilçeleri sınırları içerisinde yer almaktadır. Delta ovası, denizden güneye doğru basamaklar halinde yükselmektedir. Deltanın gerisinde, Kızılırmak nehrinin her iki kenarında yay şeklinde uzanan ve yükseklikleri 600-800 metreye varan Kuzey Anadolu Dağlarının ilk sırasını oluşturan platolar, daha geride ise 1000-1500 metre yüksekliğindeki dağlar yer almaktadır. Kızılırmak deltası, doğal özellikleri büyük ölçüde korunabilmiş, ülkemizin Karadeniz kıyısındaki tek sulak alanıdır. Delta'da, altısı doğu, birisi ise batı yakasında olmak üzere yedi adet göl bulunmaktadır. Deltanın batısında yer alan Karaboğaz gölünün çevresindeki sazlık ve bataklık alanlarla birlikte toplam alanı 1.400 hektardır. Deltanın doğusunda yer alan göller ise Balık gölü, Uzun göl, Çerneke gölü, Liman gölü, Gıcı gölü ve Tatlı göldür. Denizle bağlantısı olan Balık Gölü'nde denizden su girişinin olduğu dönemlerde tuzluluk artmaktadır. Tamamı sığ olan göllerin en derin yeri su seviyesinin yüksek olduğu dönemlerde dahi 3 metreyi geçmez. Ortalama derinlik 1.5 metre civarındadır.

İlkbaharda suların yükselmesiyle geniş alanlar su altında kalmakta, delta'nın doğu ölümlündeki göllerin tamamına yakını birleşmekte ve tek bir gölü andırmaktadır. Deltadaki karakteristik oluşumlardan biride göllerle deniz arasındaki kumullardır. 200-300 metrelik şeritler halinde kıyı boyunca uzanan kumulların yükseklikleri 7-8 metredir. Kızılırmak deltası, tarımsal potansiyel bakımından Türkiye'nin en zengin ovalarından birisidir. Deltada buğday, mısır, pirinç, ayçiçeği, şeker pancarı ve tütün yetiştiriciliği yapılmaktadır. Sulama imkanlarının artmasıyla birlikte sebze yetiştiriciliği de artmıştır. 1994 yılında deltanın doğu bölümünde yer alan sulak alanların tamamı Kültür Bakanlığınca Doğal Sit Alanı ilan edilerek koruma altına alınmıştır. 1996 yılında Bayındırlık ve İskan Bakanlığı ve Çevre Bakanlığının işbirliğiyle deltadaki tüm doğal alanları kapsayacak şekilde hazırlanan çevre düzeni planında, sulak alan ekosistemi ve sistemle ilişkili habitatlar dikkate alınarak, mutlak koruma, ekolojik etkilenme ve tampon bölgeler belirlenmiş; her bir bölge için koruma ve kullanım esaslarını düzenleyen özel plan kararlar geliştirilmiştir (Çevreorman, 2004).

3.1.7.5 Sapanca gölü

Adapazarı, İzmit ve Sapanca ilçeleri arasında bulunan Sapanca gölü 4700 ha yüzölçümüne sahiptir. Sakarya nehrinin taşıdığı sedimanlar, eskiden Marmara denizine bağlı olan gölü denizden ayırmıştır. Göl tatlı su gölü olan Sapanca gölü 1994 yılında Sit alanı ilan edilmiştir. Göl tamamıyla tarım alanları, meyve bahçeleri ve büyük kavaklıklarla çevrilmiştir. Göl suları Adapazarı Belediyesi tarafından içme ve kullanma suyu amaçlı kullanılmaktadır. Su toplama havzasında sayıları hızla artan endüstri tesisleri, yerleşim birimleri ve tarım alanlarından kaynaklanan kirlilik nedeniyle göl büyük tehdit altındadır (Çevreorman, 2004).

3.1.7.6 Kovada gölü

Eğirdir Gölü'nün güneyinde, kuzey-güney doğrultusunda yer alan tektonik bir göldür. Kovada Gölü etrafını çevreleyen ormanlar ve doğal yapısının güzelliği ile önem kazanmış ve 1970 yılında Milli Park olarak ayrılmıştır. Kovada Gölü, Eğirdir Gölü'nden gelen bir kanalla beslenir ve fazla sular gölden alınarak Kovada Hidroelektrik santrallerine gönderilirdi. Kovada Gölü'ne kanalla giren su bir by-pass kanalı ile alınarak doğrudan hidroelektrik santraline verilmiştir. Bu sebeple göle su girdisi azalınca göl seviyesi düşmüştür. Ayrıca gölün güney kısmındaki taban

düdenlerinden de çok su kaçakları vardır. Su kaçıran düdenler 1978 - 1980 yıllarında D.S.İ. ve Milli Parklar İdaresi ile müştereken kapatılmıştır. Buna rağmen ana su girişi devre dışı kaldığından su seviyesi düşmüş, dolayısıyla gölün güzelliği kaybolmuştur. Gölün kuzey ucunda, kanal giriş yeri çevresinde az miktarda saz ve kındıra türlerine rastlanmaktadır. Gölde Sazan, Sudak ve Sıraz balıkları ile Kerevit yaşamaktadır (Isparta Çevreorman, 2004).

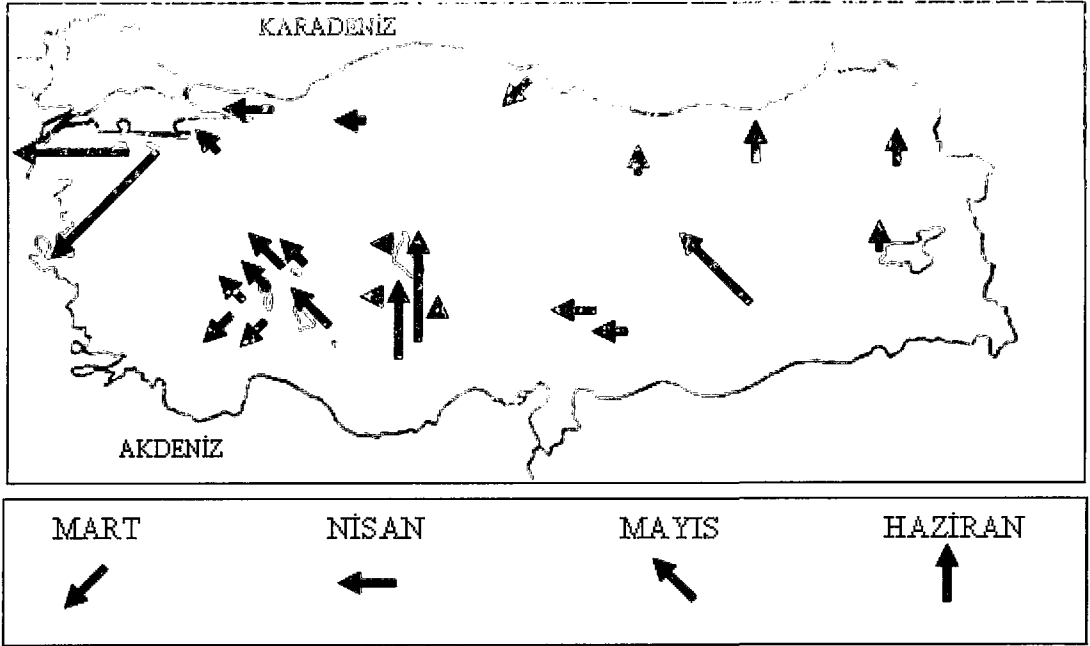
3.2 Harmonik Analiz Sonuçları

Bu analizde amaç, göl su seviyelerinde mevsimsel değişkenliğin coğrafik ölçeğinin saptanması ve Türkiye genelinde göl rejimi hakkında bir fikir sahibi olmaktır. Ayrıca göle doğrudan ve dolaylı katkısı bulunan yağışlarında 12 aylık göl seviye kompozitlerinin, tek bir maksimuma ve bir tek minimuma sahip oldukları kabul edilerek, salınımını temsil eden birinci harmonik eğrileri geçirilmiştir.

Yıllık devinim (annual cycle) için hesaplanan harmonik analiz sonuçları her istasyon için vektörel olarak Şekil 3.2’de gösterilmiştir. Bu gösterim (harmonik kadrın) objektif ve kompakt) grafik bir metottur. Aynı periyotta faz açısını ve genliği aynı zamanda karşılaştırmak için kullanılır (Conrad ve Pollak, 1950).

Harmonik vektörlerin yönü birinci harmoniğin maksimuma ulaştığı zamanı (faz açısını), büyüklüğü ise birinci harmonik eğrisinin ortalamadan olan maksimum sapmasını (genliği) gösterir. Aylık göl seviyelerinin yıllık devinimin (annual cycle) mevsimsel incelenmesi, birinci harmonik için verilere uygulanması sonucu elde edilen genlik ve faz açıları Tablo 3.2’de, Türkiye yağış rejimi bölgeleri (Türkeş ve Erlat, 2003) ile ilişkilendirilerek Şekil 3.3’te verilmiştir.

Genel olarak Türkiye göllerinde maksimum seviyeler ilkbahar mevsiminde meydana gelmektedir. İlkbaharda maksimum göl seviyeleri kuzeybatı ve güneybatı bölgelerinde gözlenirken, yaz sezonunda pik göl seviyeleri doğu bölgelerimizde oluşmaktadır.



Şekil 3.2 : Birinci Harmoniklere göre Türkiye Göllerinin Maksimum Seviyeye Ulaşma Ayları.

Birinci harmoniklerin açıkladığı varyans yüzdelерinin yüksek olması, göllerin tipik depolama davranışlarından olduğu söylenebilir. Bu yüzden diğer hidrolojik parametrelerde erişilemeyecek kadar yüksek varyans yüzdelерine birinci harmonikte ulaşılabilir. Birinci harmoniğe göre, en büyük genliğe sahip göl seviyesi Uluabat'ta 1.03 m. bulunurken, en düşük genliğe sahip göl seviyesi Tuz'da 0.14 m. tespit edilmiştir.

Gölü besleyen yağış parametresinin, göle en büyük etkiyi yapacağı düşünülerek yağış verilerinin 12 aylık bileşiklerine birinci harmonik eğrisi geçirilmiştir (Şekil 3.4). Birinci harmonik hesaplamalar sonucuna göre, maksimum yağışların meydana geldiği aylar; Ocak, Şubat Mart ve Nisan ayları olarak bulunmuştur. Yağışlar, sahil şeridine yakın bölgelerde miktar olarak en çok Ocak ayında görülürken, iç kesimlere doğru Şubat, Mart ve Nisan aylarında en büyük değerlere ulaşmaktadır. Doğu bölgelerimizde Nisan ayında yağış en büyük genliğine ulaşmaktadır. Güney sahillerine yakın yerlerde, yağışın maksimuma ulaşması geç sonbahar, erken kış mevsiminde olması, denizin siklonik hareketleriyle paralellikler gösterdiği söylenebilir. Anadolunun merkeze yakın yerlerinde yağışın maksimuma ulaştığı ayların Mart civarında olması ve göl seviyesi ile yağışın gecikme farkının sadece bir ay olması dikkat çekicidir. Özellikle Tuz ve civarındaki göllerin, yağışı hemen

bünyesine katmaları yer zeminin az geçirgen olması ve bitki örtüsünün fakir olması özelliklerinden kaynaklandığı söylenebilir.

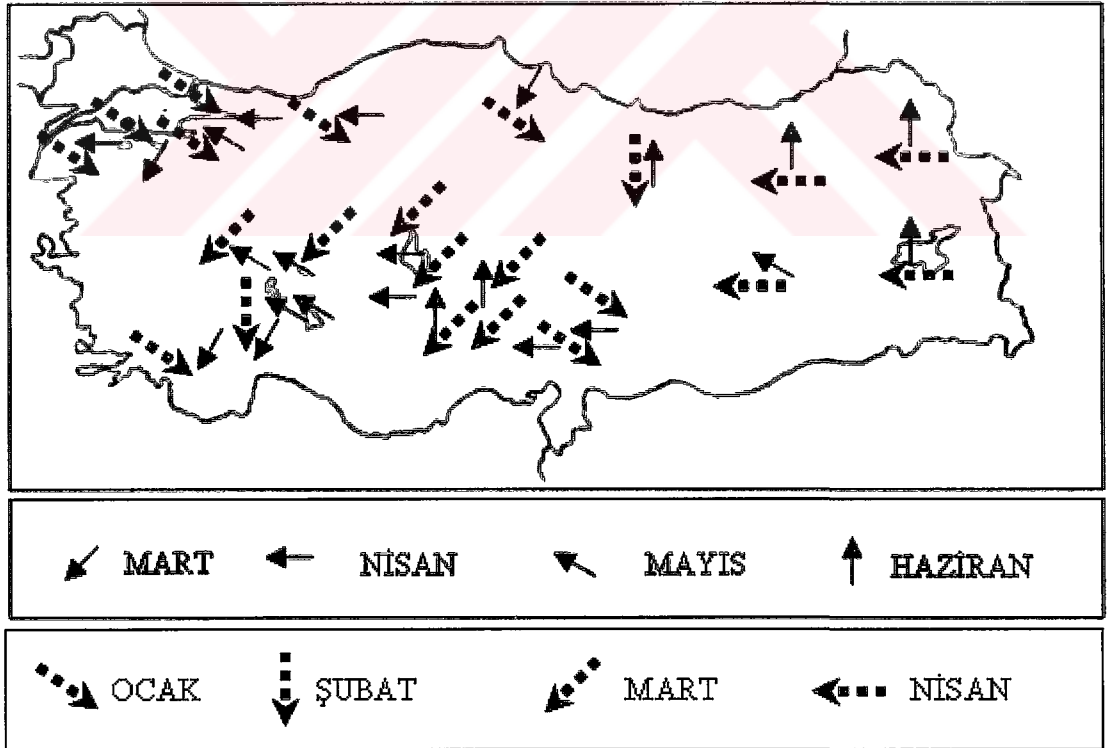
Tablo 3.2 : Türkiye Göl Seviyelerinin Birinci Harmonik Sonuçları.

Yağış Rejimi Bölgesi	Göl Adı	Faz Açısı(ay)	Genliği(cm)	(%)Varyansa Katkı
Karadeniz Bölgesi	Sapanca	Nisan	35.00	98
	Efteni	Nisan	21.78	93
	Balık	Mart	17.87	92
	Uzungöl	Haziran	28.70	71
Marmara Geçiş Bölgesi	Uluabat	Mart	103.00	99
	İznik	Mayıs	22.00	99
Akdeniz Bölgesi	Manyas	Mayıs	79.00	99
	Göhlisar	Nisan	28.32	98
	Gölbaşı	Mayıs	30.20	99
	Azaplı	Nisan	24.35	97
	Bafa	Mayıs	15	88
Akdeniz Geçiş Bölgesi	Burdur	Mayıs	21.00	84
	Eğridir	Mayıs	27.00	97
	Kovada	Mart	24.64	94
	Beyşehir	Mayıs	37.00	99
İç Anadolu Bölgesi	Eber	Mayıs	33.04	98
	Akşehir	Mayıs	24.17	96
	Tuz	Nisan	14.00	96
	Obruk	Haziran	15.94	98
	Timraş	Haziran	54.00	86
	Çavuşcu	Mayıs	93.96	97
	Ladik	Haziran	70.31	93
Doğu Anadolu Bölgesi	Haçlı	Mayıs	80.20	86
	Aras Balık	Haziran	26.21	91
	Van	Haziran	22.00	94

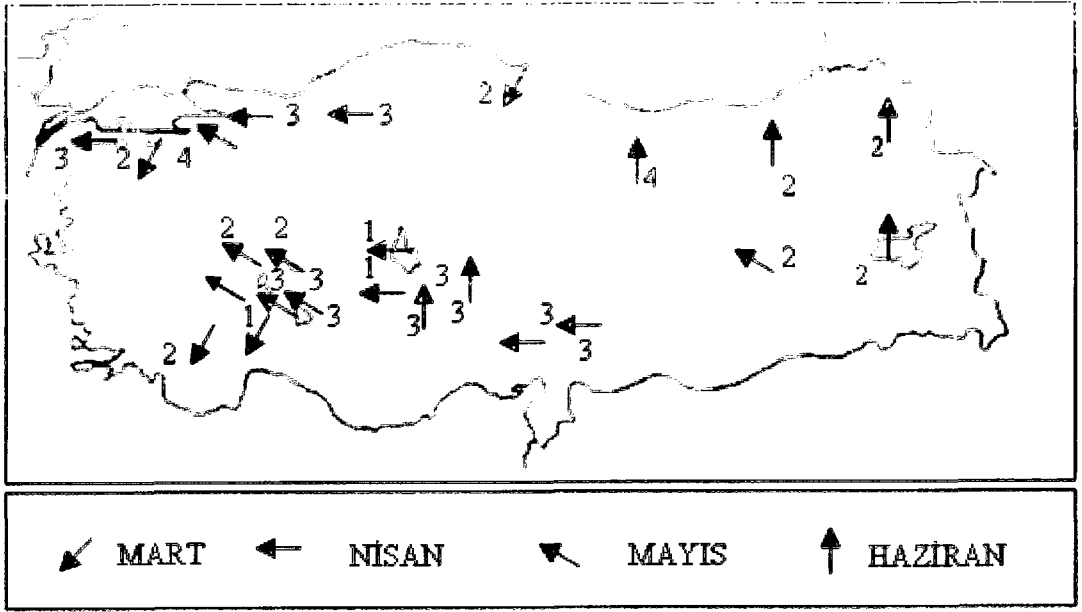
Aylık göl seviyeleri ile yağışın maksimuma ulaştığı zamanlar arasındaki farklar Şekil 3.5’ de gösterilmiştir. Göl seviyelerinin maksimuma ulaştığı zaman ile yağışın maksimuma ulaştığı zaman arasındaki fark (gecikme süresi) Türkiye’nin değişik coğrafyasında farklılıklar göstermekte, 1 aydan 4 aya kadar değişebilmektedir. İç Anadolu’da bu fark çok az olarak bulunmuştur, sadece 1 aylık faz farkı vardır. Genel olarak kıyıya yakın kesimlerde gecikme farkı, iç kesimlerden daha az değişken olmaktadır.



Şekil 3.3 : Türkiye Yağış Rejimi Bölgeleri, Türkeş ve Erlat (2003)’ten uyarlanmıştır. MARG: Marmara Geçiş, KARD: Karadeniz, KIAN: Karasal İç Anadolu, KDAN: Karasal Doğu Anadolu, AKDG: Akdeniz Geçiş, AKD: Akdeniz, KAKD: Karasal Doğu Anadolu Bölgeleri.



Şekil 3.4 : Göl Seviye ve Yağış Verilerinin Birinci Harmonik Faz Açıları. Düz Oklar Göl Seviyelerini, Noktalı Oklar Yağışı Temsil Etmektedir.



Şekil 3.5 : Göl Seviyelerinin Maksimuma Ulaştığı Zaman ile Yağışların Maksimuma Ulaştığı Zaman Arasındaki Gecikme Farkları.

3.3 Eğilim Analizi Sonuçları

Seçilen 25 istasyondaki göl seviyesi verisinden 20 tanesinin, $\alpha=5\%$ anlamlılık düzeyinde yüksek iç bağımlılık (otokorelasyon) değerlerine sahip oldukları görülmüştür. Bu göl seviyeleri; İznik, Tuz, Bafa, Beyşehir, Uzungöl, Egridir, Van, Eber, Akşehir, Ladik, Timraş Obruğu, Çavuşcu, Azaplı, Gölbaşı, Haçlı, Gölhisar, Efteni, Obruk, Sapanca ve Burdur göllerine aittir. Bulunan içsel bağımlılık, trend testlerinde bulunacak sonuçları hatalı yönde etkilemektedir. Zaman serilerinde bulunan bu içsel bağımlılığı azaltmaya yönelik, çeşitli yaklaşımlar tavsiye edilmiştir. Bu çalışmada, pre-whiten işlemi ile içsel bağımlılık etkisi yok edilmeye çalışılmıştır.

Eğilim Analizi, 25 tane göl seviye ölçüm istasyonu yıllık ortalama göl seviyeleri için yapılmıştır. 25 istasyondaki göl seviyeleri için yapılan eğilim analizinde 9 istasyonun göl seviyelerinde eğilim bulunmuştur. Gözlenen eğilimlerin, yaklaşık yarısı azalma yönündedir. Ülkenin, kuzey doğusu artan eğilim gösterirken güney batısı azalan eğilimdedir.

Yıllık ortalama göl seviyeleri için Mann-Kendall test analizi sonuçları, toplu halde Türkeş (1996) tarafından saptanan Türkiye Yağış Rejimi Bölgeleri ile düzenlenerek Tablo 3.3’de gösterilmiştir. Testlerin tümünde, $\alpha=0.05$ anlamlılık düzeyinde z (standart normal değişken) değerinden büyük olması durumunda trendin olduğu

sonucuna varılmıştır. Test istatistiğinin mutlak değeri, $z=1.96$ değerinden büyükse istatistiksel olarak anlamlıdır ve bir eğilimin olduğunu ifade etmektedir.

Türkiye göl seviyelerinin yıllık ortalama değerleri için artan ve azalan eğilimler Şekil 3.6’de gösterilmiştir. Azalan göl seviyeleri eğilimleri beş gölde tespit edilmiş olup bunlar Türkiye’nin Güneybatı ve Orta-Batı bölgelerinde görülür ki bunlar Türkeş (1996) tarafından tanımlanan Akdeniz ve İç Anadolu yağış rejimi bölgelerindedir. Artan göl seviyeleri eğilimleri, dört gölde bulunmuş olup bunlar ülkenin kuzey ve doğu kısımlarında oluşurken yağış rejim bölgesinde bu göller, Karadeniz ve Doğu Anadolu yağış rejimi bölgelerindedir.

Tablo 3.3 : Yıllık Ortalama Göl Seviyelerine Göre Yapılan Eğilim Analizleri Sonuçları.

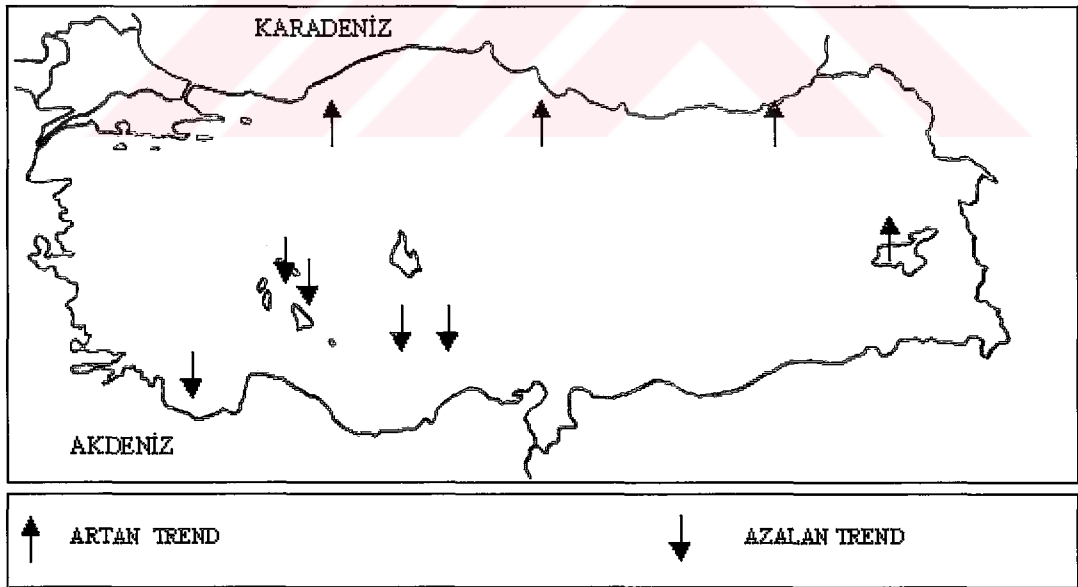
Yağış Rejim Bölgesi	Göl Adı	Eğilim Yönü
Karadeniz Bölgesi	Sapanca	Eğilim yok
	Efteni	Artan
	Balık	Eğilim yok
	Uzungöl	Artan
Marmara Geçiş Bölgesi	Uluabat	Eğilim yok
	İznik	Eğilim yok
Akdeniz Bölgesi	Bafa	Eğilim yok
	Manyas	Eğilim yok
	Göhlisar	Azalan
	Gölbaşı	Eğilim yok
	Azaplı	Eğilim yok
Akdeniz Geçiş Bölgesi	Burdur	Eğilim yok
	Eğridir	Eğilim yok
	Kovada	Eğilim yok
	Beyşehir	Eğilim yok
İç Anadolu Bölgesi	Eber	Azalan
	Akşehir	Azalan
	Tuz	Eğilim yok
	Obruk	Azalan
	Timraş O.	Azalan
	Çavuşçu	Eğilim yok
	Ladik	Artan
Doğu Anadolu Bölgesi	Haçlı	Eğilim yok
	Aras Balık	Eğilim yok
	Van	Artan

Göl seviyelerinin eğilim analizinde bulunan sonuçlar, diğer hidroklimatolojik parametrelerin (yağış, akım, sıcaklık) eğilimleri ile kıyaslanarak genel bir sonuç çıkarımı yapılabilir.

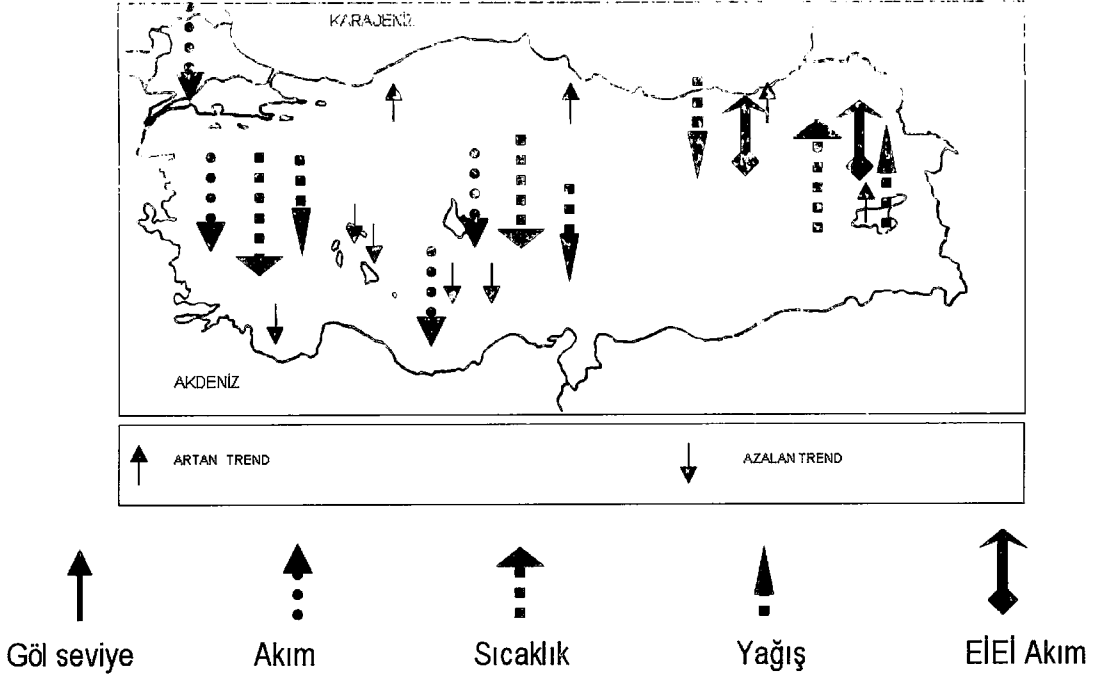
1929-1993 tarihlerinde ölçülmüş, 55-60 yıllık ortalama yağış verilerinde zamanla bir değişim olup olmadığı araştırma yapan Partal (Partal, 2002), ülke bazında yağış eğilimlerinin uzaysal dağılımında, genelde Türkiye'nin batı ve güneybatısında önemli bir azalma ve yine Doğu Karadeniz bölgesinde de azalma trendleri tespit etmiştir (Şekil 3.7).

2001 yılından geri doğru en az 25 yıllık verileri kullanarak, akarsularımızda son 25-65 yıllık dönemde gözlenen akımların, eğilim analizini yapan Bayazıt (Bayazıt ve diğ., 2002), Türkiye'nin Trakya, Batı, Güney ve Orta bölgelerinde anlamlı azalan eğilim tespit etmiştir. Ayrıca EİE tarafından yapılan çalışmada bu bölgelere ek olarak, Güneydoğu Anadolu'daki ortalama akımlarda azalma bulurken Kuzey ve Doğu Anadolu bölgelerinde artış eğilimi saptamışlardır (Şekil 3.7).

Türkeş ve diğ (1995) 1930-1992 yıllarını kapsayan süreçte, sıcaklık verileri ile yaptığı çalışma sonucunda, Türkiye'de genel bir azalma (soğuma) eğilimi olduğunu ileri sürerken Doğu Anadolu da hafif bir artış eğilimi (ısınma) bulmuştur (Şekil 3.7).



Şekil 3.6 : Türkiye Göl Seviyelerinin Yıllık Ortalama Değerleri için Artan ve Azalan Eğilimler.



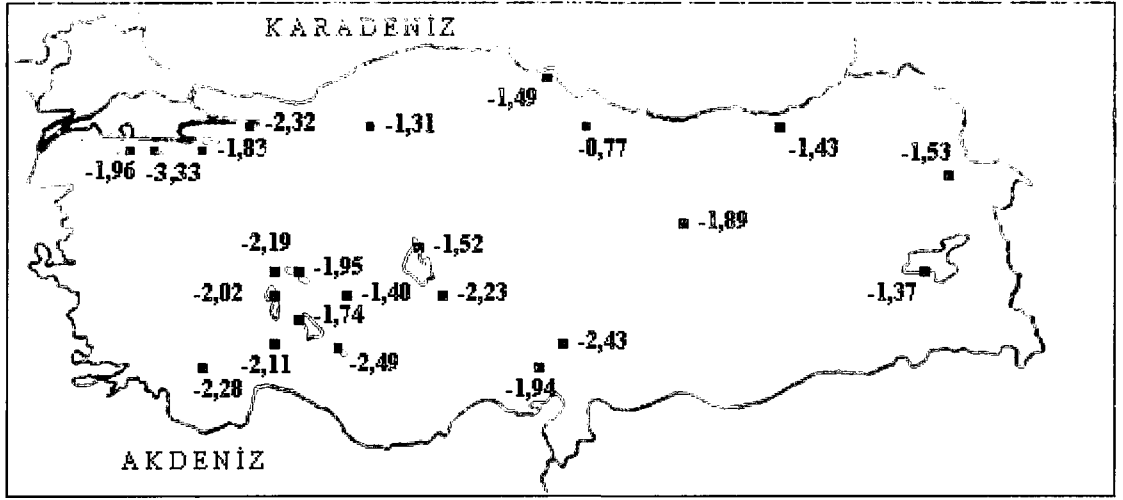
Şekil 3.7 : Türkiye Göl Seviye, Akım, Sıcaklık ve Yağış Eğilimleri.

3.4 Türkiye Göl seviyelerinin Büyük Ölçekli Salınımlarla İlişkilerinin Analizi

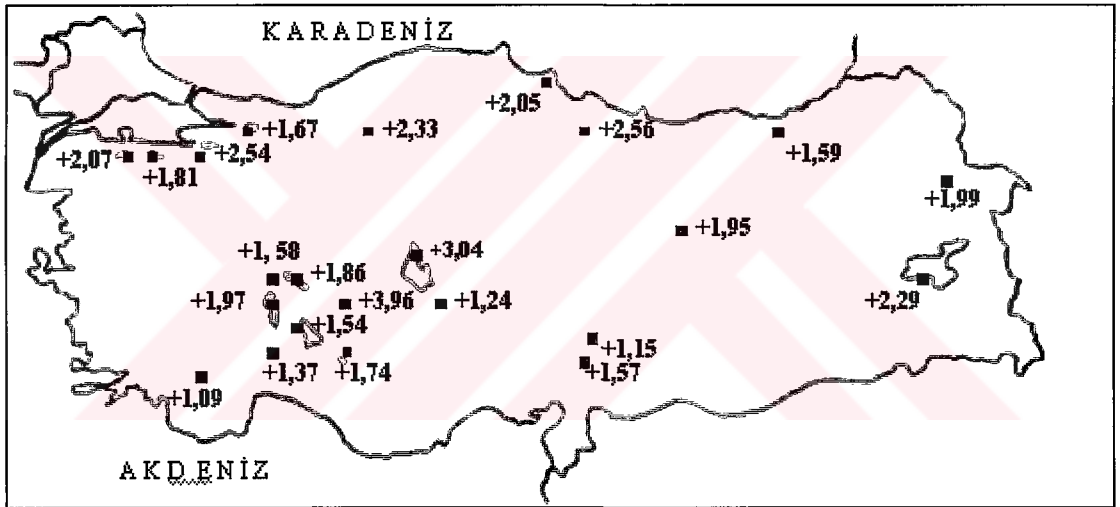
3.4.1 Kuzey Atlantik Salınımlarıyla ilişkiler

Türkiye göl seviyeleri anomalileri ile Kuzey Atlantik Salınımı arasındaki ilişkileri belirlemek üzere yıllık ve kış yağış dizilerinden yararlanılmıştır. Göl seviye anomalilerinin belirlenmesinde 'normalize göl seviye indisi'nden yararlanılmıştır. Sonuçlar, Türkeş tarafından belirlenen yağış rejim bölgeleriyle ilişkilendirilmiştir.

Türkiye gölleri, yıllık ortalama göl su seviyeleri standart anomalileri incelendiğinde, genel olarak pozitif değerlerin hakim olduğu görülebilir. Şekil 3.8 ve Şekil 3.9'da ülkemizin yıllık göl seviyeleri anomalileri gösterilmiştir. Bunlara göre maksimum pozitif standart anomali +3,96 değeri Çavuşçu Gölü su seviyelerinde, maksimum negatif standart anomali -3,33 değeri ile Uluabat Göl seviyelerinde bulunmuştur Bölgesel olarak maksimum pozitif anomaliler Karasal Doğu Anadolu, Karadeniz, Marmara Geçiş ve Karasal İç Anadolu (yağış rejimi) bölgelerinde gözlenmektedir. Minimum negatif standart anomaliler ise özellikle Akdeniz Geçiş Bölgesi başta olmak üzere Akdeniz Bölgesinde tespit olunmuştur.



Şekil 3.8 : Yıllık Göl Su Seviyelerinin, Maksimum Negatif Standart Anomalileri.

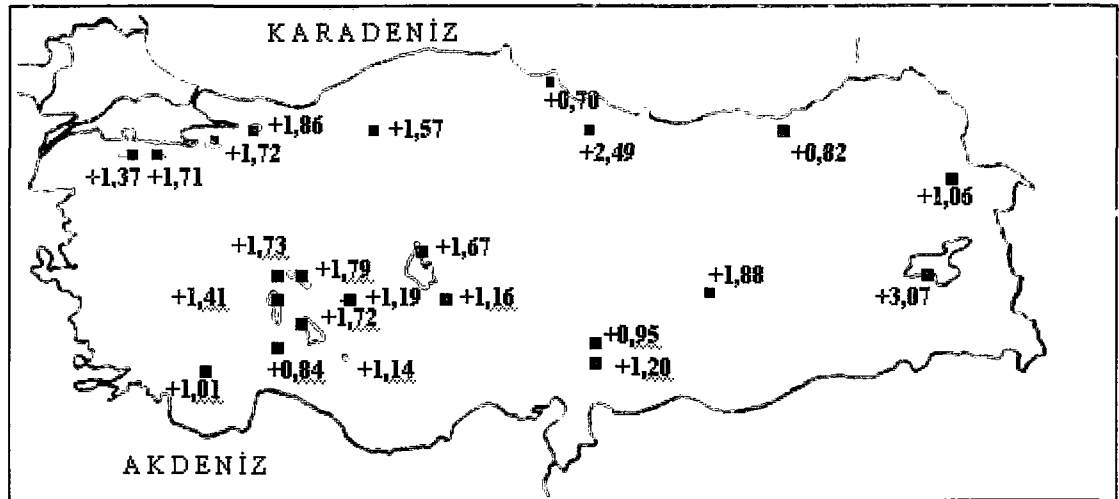


Şekil 3.9 : Yıllık Göl Su Seviyelerinin, Maksimum Pozitif Standart Anomalileri.

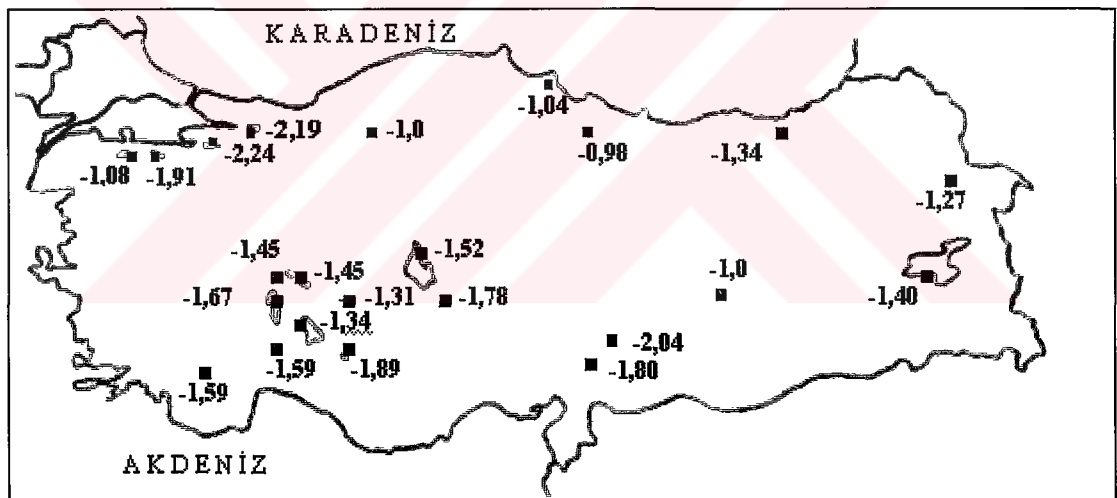
Kuvvetli negatif NAOI yıllarına karşılık gelen birleşik standart göl su seviyesi anomalileri tüm Türkiye üzerinde pozitif anomali deseni oluşturmaktadır (Şekil 3.10). Özellikle Marmara Geçiş, Akdeniz Geçiş ve Karasal iç Anadolu (yağış rejimi) bölgelerinde kuvvetli pozitif anomaliler görülmüştür. Karadeniz Bölgesi'nde ise zayıf pozitif anomaliler bulunmuştur.

Kuvvetli pozitif NAOI yıllarına karşılık gelen birleşik standart göl su seviyesi anomalileri negatif anomali deseni oluşturmaktadır (Şekil 3.11). Özellikle Marmara

Geçiş, Akdeniz, Akdeniz Geçiş ve Karasal Doğu Anadolu Bölgesinde zayıf pozitif anomaliler görülmüştür.



Şekil 3.10 : Kuvvetli Negatif NAOI Yıllarına Karşılık Gelen Birleşik Standart Göl Su Seviyesi Anomalileri.



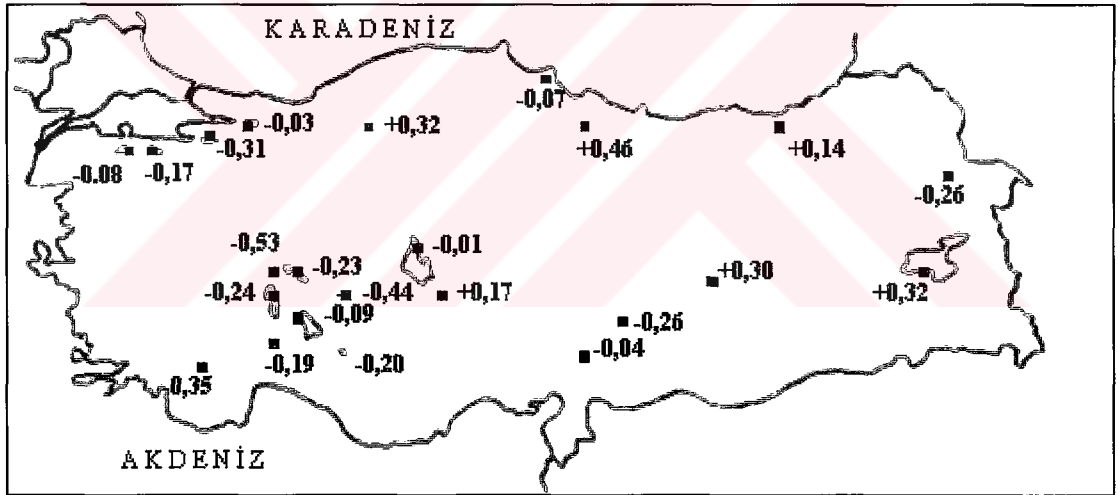
Şekil 3.11 : Kuvvetli Pozitif NAOI Yıllarına Karşılık Gelen Birleşik Standart Göl Su Seviyesi Anomalileri.

Kuzey Atlantik Salınımı kış sezonu indeksi ile kış sezonu göl su seviyeleri standart anomalileri arasındaki korelasyon ilişkileri %5 anlam düzeyinde İzmit, Eber ve Eğirdir (%10 anlam düzeyi) göllerinde negatif ilişki, Ladik ve Van göllerinde ise anlamlı pozitif ilişki olarak bulunmuştur. İstatistiksel olarak anlamsız ilişkiler çoğunlukla Marmara Geçiş, Akdeniz, Karasal İç Anadolu ve Karadeniz bölümlerinde

görlür. Negatif ilişkiler Türkiye'nin batı iç bölümlerinde daha çok iken, pozitif ilişkiler doğu bölümlerinde görölmektedir (Şekil 3.12).

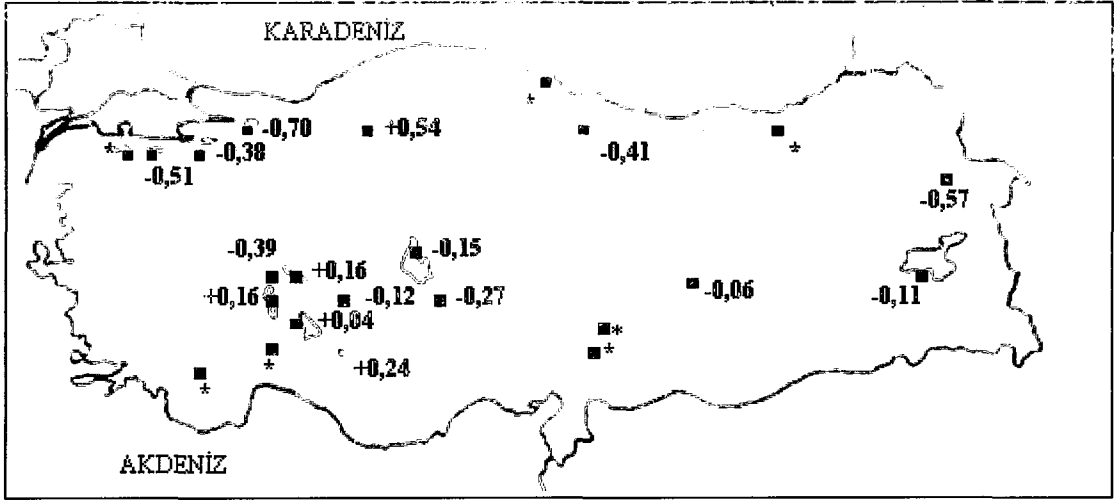
Kış ayları standart göl su seviyeleri anomalileri ile NAO negatif dönem indisi arasında yapılan korelasyon sonuçları; Sapanca ve Uluabat göl seviyelerinde anlamlı negatif ilişki saptanmıştır. Bölgesel olarak Türkiye'nin hemen hemen her yerinde istatistiksel anlamı olmayan negatif korelasyon katsayıları tespit edilmiştir (Şekil 3.13).

NAO pozitif dönem indisi ile kış ayları göl su seviyeleri arasında hesap edilen korelasyon ilişkileri, Eber, Çavuşçu, Gölhisar ve Ladik göllerinde %5 anlam düzeyinde anlamlı bulunmuştur (Şekil 3.14.). Eber , Çavuşçu ve Gölhisar göllerinde anlamlı negatif ilişki saptanırken, Ladik Gölü'nde anlamlı pozitif ilişkiye rastlanmıştır. Bölgesel olarak; Marmara Geçiş, Akdeniz, Akdeniz Geçiş ve Karasal İç Anadolu'da negatif ilişkiler, Karadeniz ve Karasal Doğu Anadolu bölgelerinde pozitif korelasyon katsayıları görölmüştür.

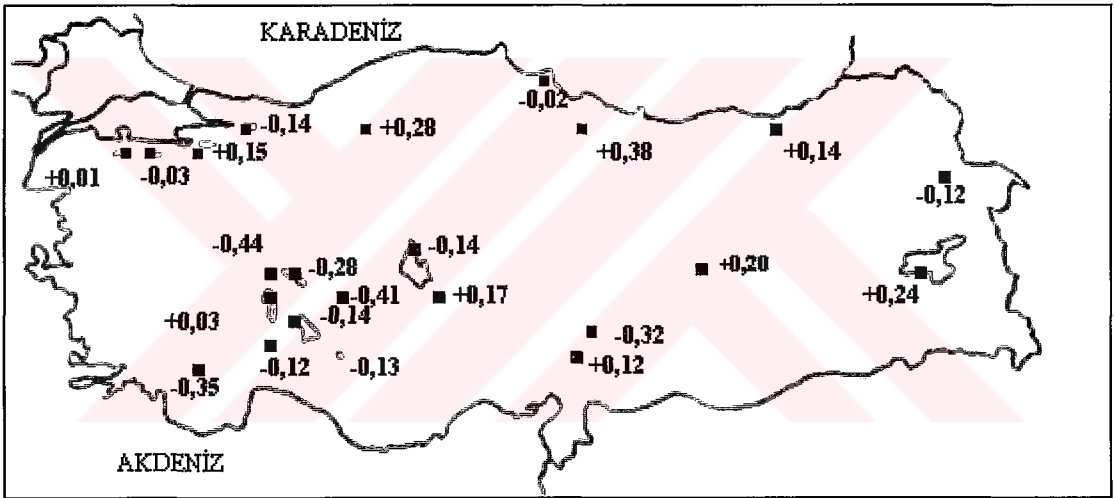


Şekil 3.12 : NAO İndisi ile Bu Dönemdeki Kış Sezonu Göl Su Seviyeleri Standart Anomalileri Korelasyon Değerleri.

Türkiye göl su seviyeleri ile NAO indisleri arasında yapılan ilişki analizleri sonuçları, yıllık ve kış sezonu göl seviyeleri dizilerinin özellikle batı bölgelerimizde ısrarlı bir negatif bir ilişki bulunduğunu ortaya koymuştur. Göl seviye istasyonlarının pek çoğu NAOI dönemleri arasında belirgin bir zıt anomali deseni göstermiştir.



Şekil 3.13 : NAO Negatif Dönem İndisi ile Bu dönemdeki Kış Sezonu Göl Su Seviyeleri Standart Anomalileri Korelasyon Değerleri.



Şekil 3.14 : NAO Pozitif Dönem İndeksi ile Bu Dönemdeki Kış Sezonu Göl Su Seviyeleri Standart Anomalileri Korelasyon Değerleri.

Kuvvetli negatif dönemde, yıllık ve kış sezonu göl seviyelerinde bir artma, kuvvetli pozitif NAOI döneminde ise, yıllık ve kış sezonu göl seviyelerinde bir azalma eğilimi gösterdiği bulunmuştur. Türkiye yağışlarındaki NAO sinyalleri, bölgesel farklılıklar göstermektedir (Türkeş ve Erilat, 2003). Türkiye akımlarındaki NAO sinyallerinde (Karabörk ve diğ., 2002) de bölgesel farklılıklar tespit edildiği üzere, NAO etkisi ülkemize bölgesel olarak etkisi farklı farklı olmaktadır. Bu farklılık göl seviyelerinde daha da belirgin olduğu bulunmuştur. Göl seviyelerinin değişme koşullarının, yağış ve akıma göre çok daha dolaylı etkilerden meydana geldiği

düşünülürse bu sonucun beklenebileceği düşünülebilir. Bu çalışma ile elde edilen sonuçlar Kuzey Atlantik Salınımı'nın Türkiye uzanımları ile daha önce ortaya konulan sonuçları doğrulamaktadır.

3.4.2 Türkiye Göl Seviyelerinin Güney Salınımlarıyla ilişkilerinin sonuçları

2.4.2.1 YSA uygulama sonuçları

El-Nino ve La Nina olaylarının etkisini görebilmek için, radyal tabanlı yapay sinir ağıları metodu kullanılarak, simülasyonlar yapılmıştır. Göl su seviye verileri setlerinden El Nino yıllarına ait ayların orijinal verileri çıkarılıp, yerlerine hesap edilen değerlerin elde edilmesinde YSA modellemesinden yararlanılmıştır.

Girdi verisi olarak, önceki iki yılın o ayına ait aylık ortalama göl seviyeleri değerleri ile o ayın ortalama göl seviye değerleri alınmıştır. Her ayın ortalama değeri hesaplanırken El- Nino görünmeyen yıllar dikkate alınmıştır. Örnek olarak, El Nino görülen 1997 yılının ocak ayı ortalama göl seviyesi tahmini ($Y_{i,t}$) için, girdi olarak 1996 ve 1995 yılına ait ocak ayları göl su seviye değerleri ($X_{i,t-1}$ ve $X_{i,t-2}$) ile veri setinde bulunan tüm ocak aylarının ortalama göl seviye değerleri ($\bar{X}_i$) kullanılmıştır. Burada i indeksi “ay”, t indeksi ise “yıl” zaman periyotlarını işaret etmektedir. YSA şablonu, aşağıdaki Tablo 3.4’de gösterilmiştir. Modellemede yayılma parametreleri, 0,15 ile 0,40 arasında uygun olan değerler seçilmiştir.

Tablo 3.4 : Modellemede Kullanılan YSA Oluşum Şablonu.

Girdi tabakası verileri	Yayılma parametresi	Çıktı tabakası verisi	Eğitim süresi	Test süresi
$X_{i,t-1}, X_{i,t-2}, \bar{X}_i$	$S=0,15-0,40$	$Y_{i,t}$	Veri setinde El-Nino görünmeyen yıllara ait aylık göl seviyeleri	El-Nino görünen yıllara ait aylık göl seviyeleri

La Nina olayları için YSA şablonunda, ortalama göl seviyesi tahmini çıktı değeri $Y_{i,t}$, bir yıl evvelki yılın o ayı girdi değeri olarak $X_{i,t-1}$ ve La Nina olayları görülmeyen aylardaki ortalamalar olarak $\bar{X}_i$ değerleri kullanılmıştır.

İlk olarak tropikal Pasifik kökenli El Nino ve La Nina yılları için, yapay sinir ağları kullanılarak hesaplanan aylık göl su seviye değerleri ve aynı aylara ait gözlenen göl su seviye değerleri kullanılarak her iki veri grubu için yıllık ortalama göl su seviyesi belirlenmiştir.

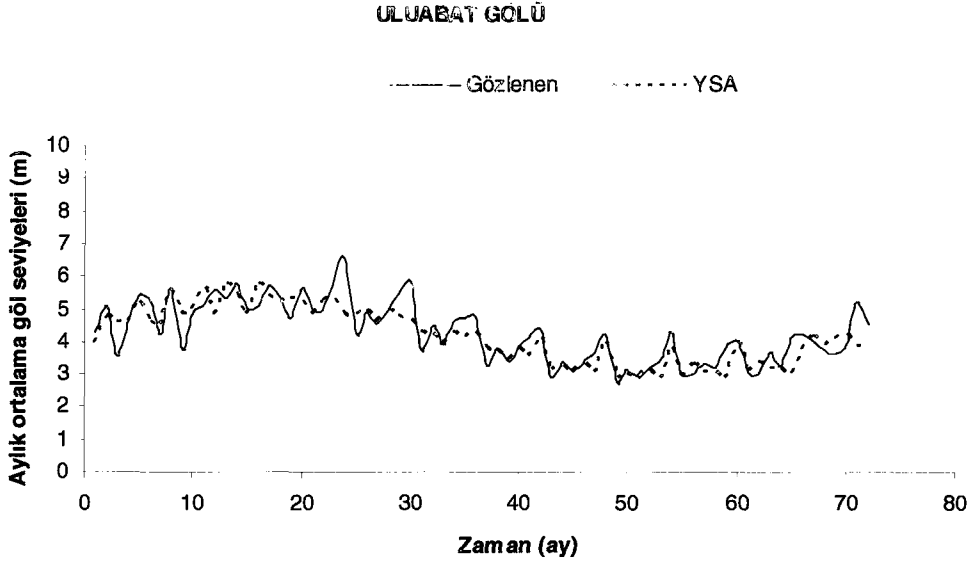
Karabörk (2000) tarafından tespit olunmuş akım ve yağış değerleri için El Nino olaylarına tepki veren bölgelerdeki istasyonların konumları ve sinyal sezonları (tepki veren mevsimleri) dikkate alınarak, aynı şekilde YSA simülasyon sonuçları ve gözlenen değerler için göl su seviyeleri hesaplanmıştır. YSA simülasyon sonuçları ve gözlenen değerler için göl su seviyeleri hesaplanmıştır. Modellerin tahmin sonuçları, ortalama karesel hata (OKH) ve korelasyon katsayısı kriterlerine göre karşılaştırılmıştır.

3.4.2.2 Göl seviyelerinin El Nino ve La Nina olaylarına gösterdiği tepkiler

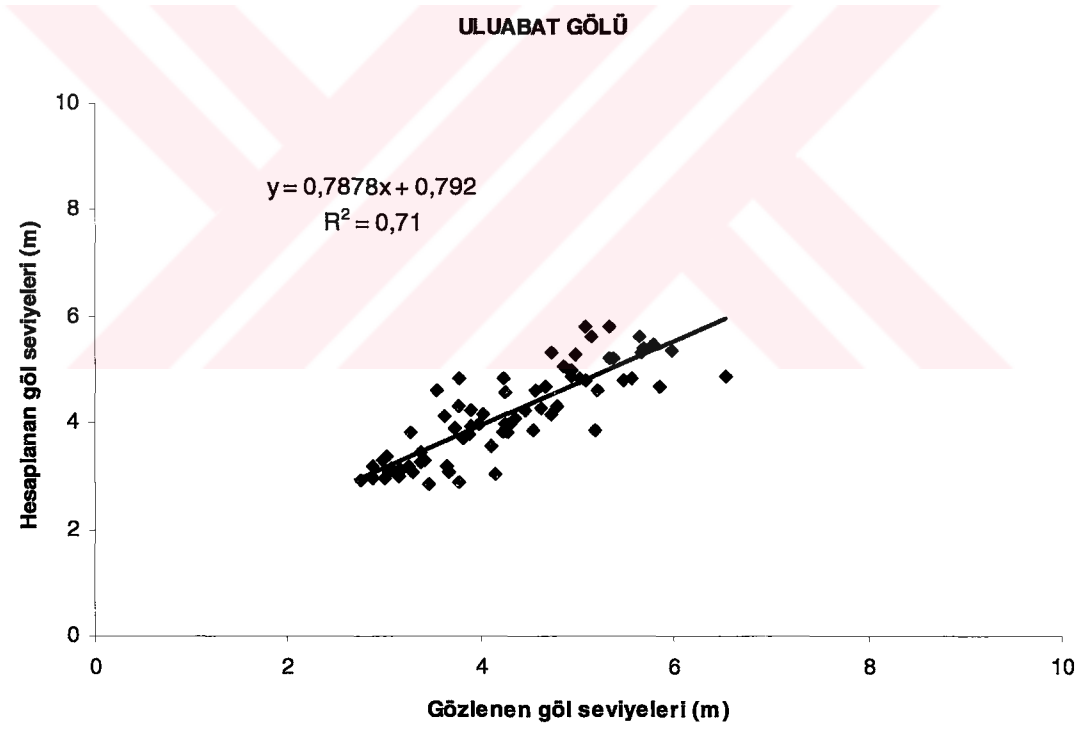
Yapılan çalışmalara örnek olarak, Uluabat gölü 1960-2002 yılları aylık ortalama göl su seviye gözlem değerleri ile La Nina yılları için YSA simülasyonu ile hesaplanan aylık ortalama göl seviyeleri ve saçılma diyagramları Şekil 3.15 ve Şekil 3.16'da gösterilmiştir.

Saçılma diyagramları, YSA'nın test aşamasındaki elde edilen tahminler ile gözlenen gerçek değerler grafik olarak karşılaştırılmıştır. Özellikle saçılma diyagramlarındaki doğru denklemleri ve R^2 değerlerinden performansları görülebilmektedir.

Türkiye'yi temsil edebilecek farklı bölgelerde bulunan ve homojenlik testlerinden geçen, Uluabat, Sapanca ve Aras göllerinin seviye verileri, Güneyli Salınım ile ilişkilendirilmeye çalışılmıştır. Türkiye'nin batı ve doğu bölgelerinde, yağış ve akım parametrelerinde sinyali yakalanan El Nino ve La Nina olaylarının etkisi yukarıda adı geçen 3 göl seviyelerinde araştırılmıştır.



Şekil 3.15 : Uluabat Gölü (1960-2002), La Nina Yıllarında YSA Tahminleri ile Gözlenen Göl Seviyeleri.



Şekil 3.16 : Uluabat Gölü, Aylık Ortalama Göl Seviyeleri Değerleri ile La Nina Olayları Simülasyonu Saçılma Diyagramı (1960-2002).

Akım değerleri için El Nino olaylarına tepki veren kararlı bölgelerde, El Nino olaylarında gözlenen ve simüle edilen göl seviye değerleri Tablo 3.5’de gösterilmiştir. Akımda tespit edildiği gibi, beklenen sonuç YSA ile modelleme

sonucu bulunan göl seviyelerinde ‘azalış’ Uluabat ve Sapanca göllerinde bulunmuştur. Aras gölünde ise beklenen azalışa rastlanamamıştır. Bir başka ifade ile, eğer El Nino olayı olmasaydı göl seviyelerinde artış gözlenmeyecekti. Buradan Uluabat ve Sapanca göl seviyelerinde El Nino olayının sinyalleri yakalandığı söyleyebiliriz.

Yağış değerleri için El Nino olaylarına tepki veren kararlı bölgelerde El Nino olaylarında gözlenen ve simüle edilen göl seviye değerleri Tablo 3.6’da verilmiştir. Yine Uluabat ve Sapanca göl seviyelerinde beklenen azalışlar bulunurken, Aras gölünde tepki bulunamamıştır. Yağışa değerlerine tepki veren kararlı bölgelerden Uluabat ve Sapanca göl seviyelerinde, El Nino olayının sinyalleri tespit edilmiştir.

Doğu Anadolu Bölgesinde La Nina olaylarına tepki veren kararlı bölgelerde yapılan göl seviyesi simülasyonunda, Aras göl seviyelerinde artış gözlenmiştir Tablo 3.7. Bulunan bu artış, eğer La Nina olayları olmasaydı, göl seviyelerinde La Ninalı yıllarda göl seviyelerinde artış olacak mı? sorusuna beklediğimiz cevaptır. Yapılan hesaplamalar sonucu hem yıllık hem de sezonluk dönemlerde La Nina sinyali göl su seviyelerinde tespit edilmiştir. Kısaca La Nina olaylarının, Aras göl seviyesini etkilediği söylenebilir.

Yapılan hesaplamalar sonucu hem yıllık hem de sezonluk dönemlerde La Nina sinyali göl su seviyelerinde tespit edilmiştir.

Yapılan tüm simülasyon çalışmalarının, saçılma diyagramları YSA’nın test aşamasındaki elde edilen tahminler ile gözlenen gerçek değerler grafik olarak karşılaştırılmıştır. Özellikle saçılma diyagramlarındaki doğru denklemleri ve R^2 değerlerinden performansları Tablo 3.8’de gösterilmiştir.

El Nino ve La Nina olayları yıllarında gözlenen göl su seviyeleri ile YSA simülasyonu ile üretilen göl seviye değerleri arasında istatistik fark testleri yapılmıştır. Testler hem El Nino ve La Nina yılları tümüyle göz önüne alınarak hem de akım ve yağış sinyal sezonlarının bölgeselliği göz önüne alınarak iki farklı zaman dilimi için yapılmıştır.

Tablo 3.5 : Akım Değerleri için El Nino Olaylarına Tepki Veren Kararlı Bölgelerde El Nino Olaylarında Gözlenen ve Simüle Edilen Göl Seviye Değerleri.

İstasyon	12 Aylık seviye ortalamalarının toplamı		Nisan(0)-Ekim(0) sezonu ortalamalarının toplamı		Nisan(0)-Kasım(0) sezonu ortalamalarının toplamı	
			Akım sinyal sezonunda (Islak Anomali)		Akım sinyal sezonunda (Islak Anomali)	
	Gözlenen göl seviye (m)	YSA sonucu(m)	Gözlenen göl seviye (m)	YSA sonucu (m)	Gözlenen göl seviye m)	YSA sonucu (m)
Aras (1968-1998)	374.80	385.049	-	-	422.013	425.814
Sapanca (1961-2002)	253.6878	253.201	253.9049	253.1607	-	-
Uluabat (1960-2002)	33.7388	33.1623	32.2120	31.9133	-	-

Tablo 3.6 : Yağış Değerleri için El Nino Olaylarına Tepki Veren Kararlı Bölgelerde El Nino Olaylarında Gözlenen ve Simüle Edilen Göl Seviye Değerleri.

İstasyon	12 Aylık seviye ortalamalarının toplamı		Nisan(0)-Temmuz(0) ortalamalarının toplamı		Şubat(0)-Haziran(0) ortalamalarının toplamı	
			Yağış sinyal sezonunda (Islak Anomali)		Yağış sinyal sezonunda (Islak Anomali)	
	Gözlenen göl seviye (m)	YSA sonucu(m)	Gözlenen göl seviye (m)	YSA sonucu (m)	Gözlenen göl seviye (m)	YSA sonucu (m)
Aras (1968-1998)	374.80	385.049	-	-	433.98	448.51
Sapanca (1961-2002)	253.6878	253.2007	255.622	254.9134	-	-
Uluabat (1961-2002)	33.7388	33.1623	36.4153	33.7061	-	-

Tablo 3.7 : Doğu Anadolu Bölgesinde La Nina olaylarında gözlenen ve simüle edilen göl seviyesi.

İstasyon	12 Aylık seviye ortalamalarının toplamı		Mayıs(0)-Şubat(+) sezonu ortalamalarının toplamı		Nisan(0)-Ekim(0) sezonu ortalamalarının toplamı	
			Akım sinyal sezonunda (Kurak Anomali)		Yağış sinyal sezonunda (Kurak Anomali)	
	Gözlenen göl seviye (m)	YSA sonucu(m)	Gözlenen göl seviye (m)	YSA sonucu (m)	Gözlenen göl seviye (m)	YSA sonucu (m)
Aras	326.0148	332.0531	301.28	304.38	379.930	380.480

Tablo 3.8 : YSA Modelleri Göl Seviyesi Tahminlerinin OKH ve Korelasyon Değerleri.

İstasyon		OKH (m ²)	R ²
Uluabat (El Nino)	1960-2002	0.59	0.35
Uluabat (La Nina)	1960-2002	0,26	0.71
Sapanca (El Nino)	1960-2002	0.13	0.34
Sapanca (El Nino)	1973-2002	0.22	0.28
Aras (El Nino)	1968-1998	677	0.49
Aras (La Nina)	1968-1998	352	0.52

İlk olarak F testi ile, iki örneğin varyansları açısından aynı popülasyonlara ait olup olmadıkları %5 anlam düzeyinde tespit edilmiştir. Yukarıda sözü edilen iki veri kümelerinin varyanslar açısından aynı popülasyondan olup olmadığı belirlenmiştir. Parametrik bir test olan t Testi ile iki örneğin ortalamaları açısından aynı toplumdan gelip gelmedikleri yine %5 anlam düzeyinde test edilmiştir. Böylelikle ortalamalar arasında istatistik anlamlı bir fark olup olmadığı araştırılmış olmaktadır. Son olarak non parametrik bir test olan Mann-Whitney U testi ile iki örneğin aynı toplumdan gelip gelmediği yine %5 anlam düzeyinde test edilmişlerdir. La Nina olayları için simüle edilen göl seviye değerleri ile gözlenen göl seviye değerleri arasındaki istatistik test sonuçları Tablo 3.9’da verilmiştir. Gözlenen göl seviyeleri ve El Nino olayları için simüle edilen seviyeler arasındaki istatistik test sonuçları Tablo 3.10’de özetlenmiştir.

Tablo 3.9 : Göl Seviyeleri La Nina Olayları Tepkilerinin Fark Testlerinin Sonuçları.

İstasyon	Gözlem yılları	Sezon	F Değeri	Fark Önemli mi?	t Değeri	Fark Önemli mi?	Mann-Whitney U Değeri	Fark Önemli mi?
Aras	(1968-1998)	Yıllık ortalama	9.9	Evet	0.56	Hayır	1.92	Hayır
		Yağış ve akım sinyal Sezonu	27.1	Evet	1.16	Hayır	0.32	Hayır
Uluabat	(1961-2002)	Yıllık ortalama	12,2	Evet	0.59	Hayır	0.32	Hayır
		Yağış ve akım sinyal Sezonu	2,01	Hayır	0.68	Hayır	0.80	Hayır

Tablo 3.10 : Göl Seviyeleri El Nino Tepkilerinin Fark Testlerinin Sonuçları.

İstasyon	Gözlem yılları	Sezon	F Değeri	Fark Önemli mi?	t Değeri	Fark Önemli mi?	Mann-Whitney U Değeri	Fark Önemli mi?
Sapanca	(1961-2002)	Yıllık ortalama	10.86	Evet	0.52	Hayır	1.16	Hayır
		Yağış sinyal sezonu	7.5	Evet	0.58	Hayır	1.05	Hayır
		Akım sinyal sezonu	13.21	Evet	0.63	Hayır	0.84	Hayır
Uluabat	(1961-2002)	Yıllık ortalama	5.18	Evet	0.45	Hayır	0.11	Hayır
		Yağış sinyal sezonu	3.59	Hayır	0.46	Hayır	0.32	Hayır
		Akım sinyal sezonu	3.06	Hayır	0.21	Hayır	0.33	Hayır
Aras	(1968-1998)	Yıllık ortalama	11.16	Evet	0.18	Hayır	0.32	Hayır
		Yağış sinyal sezonu	13.55	Evet	0.22	Hayır	0.22	Hayır
		Akım sinyal sezonu	8.27	Evet	0.05	Hayır	0.05	Hayır

Hem El Nino hem de La Nina olaylarının göl seviyelerinde tepkileri beklenen rejimde ıslak yada kurak olarak gözlenmektedir ancak istatistik testlerde anlamlı çıkmamaktadırlar.

3.5 Göl Seviyeleri Zaman Serilerinin Spektral Analiz Sonuçları.

Otokorelasyon fonksiyonunun Fourier dönüşümü olan otokovaryans yoğunluk spektrumundan yararlanılan bu analizde, göl seviyeleri oluşum sırası yerine tekterürün fonksiyonu olarak incelenmekte (Öziş, 1973), elde edilen spektrumlar özellikle periyodiklik olayları tespit etme esasına dayanmaktadır.

Türkiye aylık ortalama göl su seviyelerinin otokovaryans yoğunluk fonksiyonları, Geoff Kite tarafından yazılan, kendisi tarafından elektronik posta ile tarafıma verilen, program kullanılarak yapılmıştır. Her bir grafik spektral yoğunluğun düzeltilmiş değerlerini; orijinal zaman serisi, eğilim bileşeni giderilmiş zaman serisi, periyodik bileşeni giderilmiş zaman serisi ve iç bağımlı bileşeni giderilmiş zaman serisi serisi halinde göstermektedir.

Türkiye aylık ortalama göl su seviye verileri zaman serisi bileşenlerinin açıkladığı varyans yüzdeleri hesap edilmiş sonuçları Tablo 3.11’de gösterilmiştir. Göl seviyelerinde hakim bileşen, 1 yıllık periyodik bileşen olarak bulunmuştur. 12 aylık periyodik bileşeni, iç bağımlı bileşen takip etmektedir. Rastgele bileşenin açıkladığı varyans, eğilim bileşeninden fazla tespit edilmiştir.

Tablo 3.11 : Göl Su Seviyesi Zaman Serisi Bileşenlerinin Açıkladığı Varyans Yüzdeleri.

Göl	Lineer Trend Bileşeni, (%)	Periyodik Bileşen, (%)	İç Bağımlı Bileşen, (%)	Rasgele Bileşeni, (%)
Kovada	0	33.2	55.2	11.60
Aras	1.2	65	26.5	7.2
Sapanca	5.6	62.5	24.2	7.7
Uluabat	3.5	71	15.5	9.9
K. Balık	1.5	60.1	21.4	17
Manyas	3.1	66.5	24.5	5.9

Uluabat gölü aylık ortalama göl seviyeleri verilerinin zaman serisi Ekler Bölümünde Şekil A.1’de gösterilmiştir. Bu orijinal zaman serisinin spektral analizi, Şekil 3.17’de gösterildiği gibi düşük frekans bileşenlerinde anlamlı spektrumlar göstermektedir.

Anlamlı bir bileşen 0.083 döngü/ay (bir yıllık periyod) aşık bir biçimde gözlenebilmektedir. Uluabat gölü aylık ortalama su seviyeleri zaman serisine ait yapılan spektral analiz sonuçları Şekil; 3.17, 3.18, 3.19 ve 3.20’de gösterilmiştir.

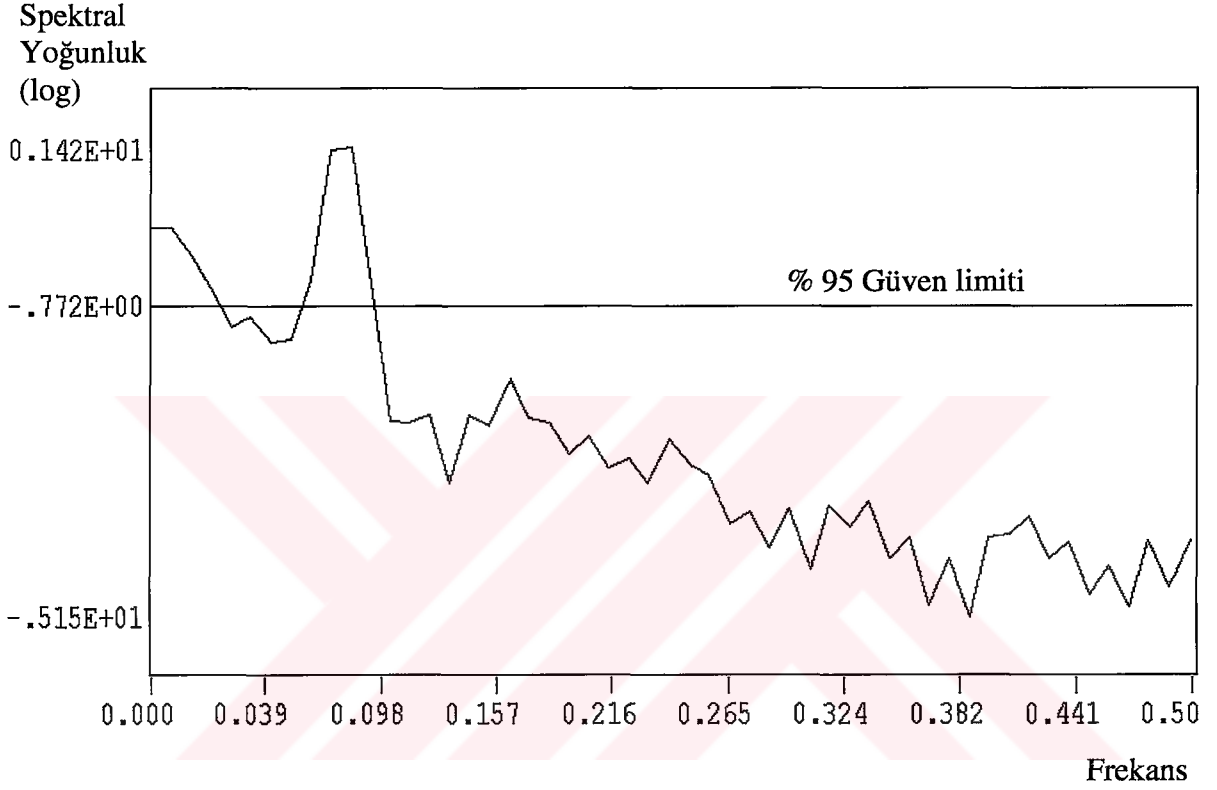
Tablo 3.11’ de Uluabat gölüne ait hesap edilen zaman serisi bileşenlerin açıkladığı varyans yüzdeleri verilmiştir. Şekillerde her bir grafik, spektral yoğunluğun düzeltilmiş tahmin değerlerini grafik olarak; orijinal zaman serisi, eğilim bileşeni kaldırıldıktan sonraki seri, periyodik bileşen giderildikten sonraki seri ve iç bağımlı bileşen giderildikten sonraki seri olarak göstermektedir. Uluabat gölü orijinal zaman serisi, aylık ortalama göl su seviyeleri için yapılan spektral çalışmanın sonucunu, otokovaryans yoğunluk fonksiyonları grafik olarak ve zaman serisi bileşenlerinin açıkladığı varyans yüzdeleri değerlerini birlikte incelenildiğinde daha anlamlı yorumlanabilir. Şekil 3.17’de Uluabat gölünün 1960-2002 yılları arasında zayıf bir eğilim içerdiği (düşük frekanslarda eğrinin aşağı doğru ani dalması eğilimin büyüklüğünü ifade eder) görülmektedir, güçlü bir periyodik bileşenin olduğu (pik değeri $f=0,083$ çevrim/ay frekansına yani yılda 1 çevrime karşılık geldiği) görülmekte, yine düşük frekanslarda olmak üzere iç bağımlı bileşenin olduğu (grafikte görülen iç bükümlük iç bağımlılığı işaret eder) görülmektedir.

Uluabat göl seviyelerinin tespit edilen eğilim Ekler Bölümünde Şekil A.2’de, eğilim bileşeni çıkarılmış zaman serisi de Ekler Bölümünde Şekil A.3’de gösterilmiştir. Eğilim bileşeni giderilmiş göl seviyelerinin spektral yoğunluk fonksiyonu Şekil 3.18’de gösterilmiştir. Eğilim bileşeni giderilmiş serinin spektral yoğunluğu, orijinal serinin spektral yoğunluğundan aşık değişiklik grafiğin sol kısmındaki düşük frekanslardaki pik spektra değerlerindeki azalmalardır.

Eğilim bileşeni giderilmiş Uluabat göl seviyesinin periyodik bileşeni de giderildikten sonraki zaman serisi Ekler Bölümünde Şekil A.4’de gösterilmiştir. Periyodik ve eğilim giderilmiş serinin spektral yoğunluğu Şekil 3.19’da gösterilmiştir. Yıllık devinim (annual cycle) ortadan kalmış durumda gözükmektedir. Düşük frekanslarda görülen iç bükümlük halin daha netleşmesi meydana gelmiş yani düşük frekanslarda sadece iç bağımlı bileşen etkisi gözlenmektedir. Yüksek frekanslarda ya da başka bir söylemle kısa dalga boylarında olası periyodiklikler kalmış görülmektedir.

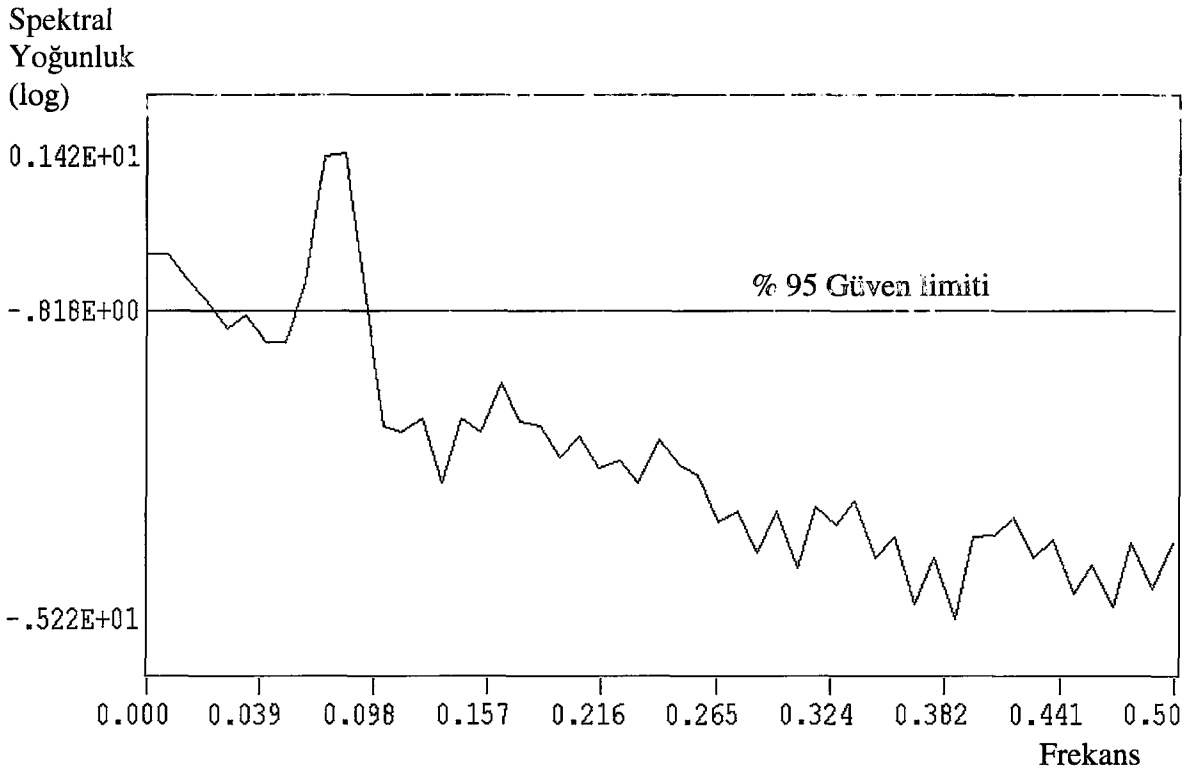
Uluabat gölü orijinal zaman serisinden eğilim, periyodik ve iç bağımlı bileşen çıkarıldıktan sonra kalan seri Ekler Bölümünde Şekil A.5’de gösterilmiştir. Şekil

3.20’de ise eğilim bileşeni, periyodik bileşen ve iç bağımlı bileşen çıkarıldıktan sonraki spektral yoğunluk fonksiyonu gösterilmiştir yani sadece kalıntıların spektral yoğunluğu görülmektedir. Anlamlı spektrumların kalmadığı (çok çok az kaldığı), spektrumların düzleştiği görülürken, anlamlı açıklanmamış kalıntı varyansının kalmadığı görülmektedir.

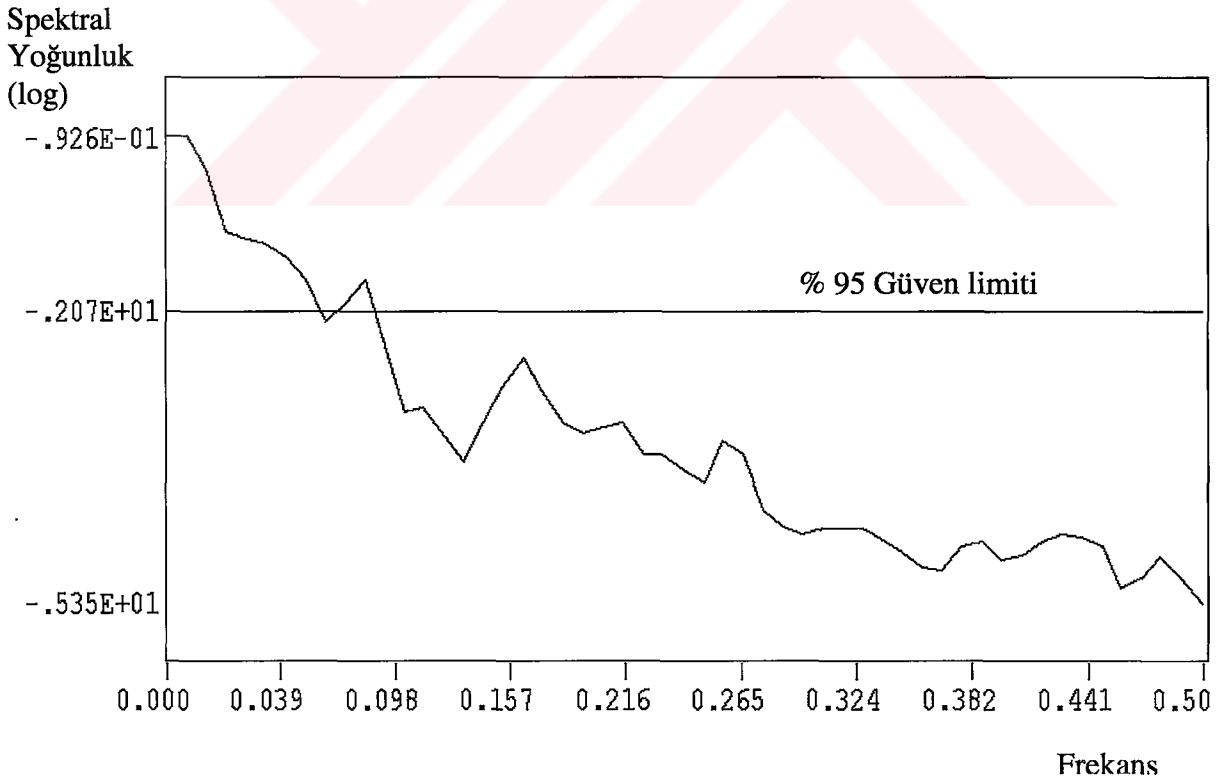


Şekil 3.17 : Uluabat Gölü, Aylık Ortalama Seviyelerin Spektral Değerleri.

Uluabat gölü zaman serisinin her bir bileşeninin açıkladığı varyans yüzdeleri ile göl seviyelerinin spektrum yoğunluk fonksiyon şekilleri birbirlerini doğrular etkileşim içerisinde uyumlu bulunmuştur. Uluabat gölünde iklimin oldukça düzenli bir rejimde olduğu ve sadece yılda 1 pik oluşturduğu, eğilimden daha çok gölden çekilen veya beslenen su miktarında çok daha değişim olduğu söylenebilir.

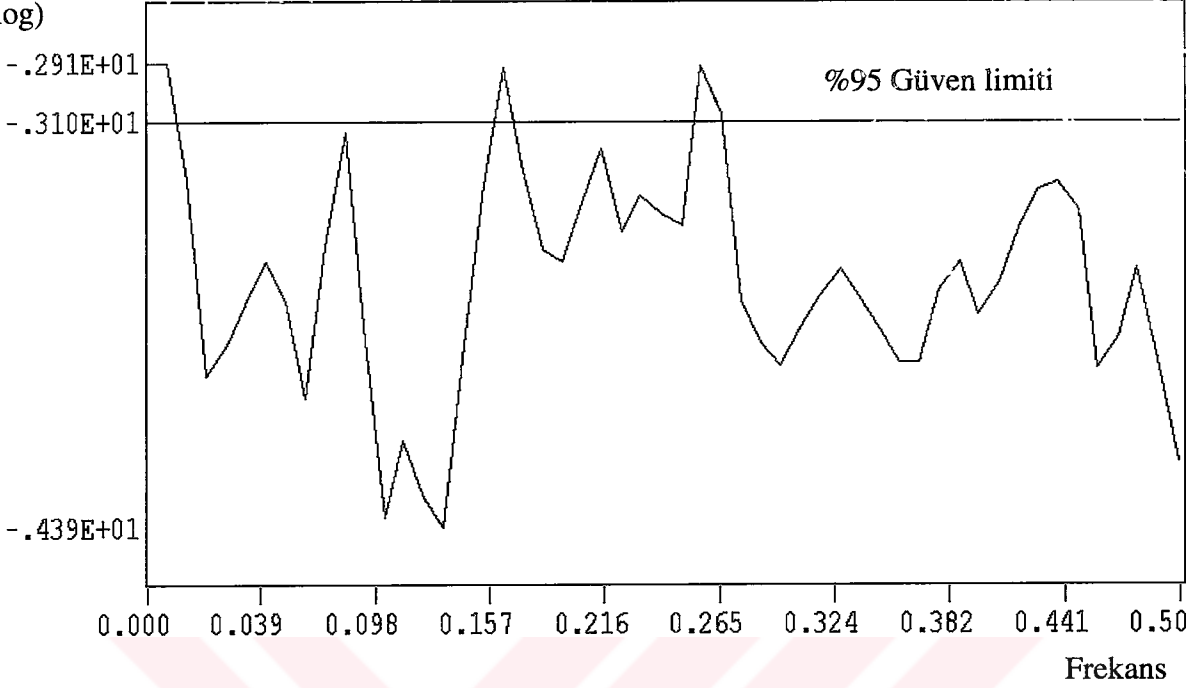


3.18 : Uluabat Gölü Aylık Ortalama Seviyeleri Eğilim Bileşeni Giderilmiş Serinin Spektal Değerleri.



Şekil 3.19 : Uluabat Gölü Aylık Ortalama Seviyeleri Eğilim ve Periyodik Bileşeni Giderilmiş Serinin Spektal Değerleri.

Spektral
Yoğunluk
(log)



Şekil 3.20 : Uluabat Gölü Aylık Ortalama Seviyelerinden Eğilim, Periyodik ve İç Bağımlı Bileşeni Giderilmiş Serinin Spektal Değerleri.

Uluabat gölünü etkileşim içinde bulunan yağış, nem ve akım parametreleri de spektral analize tabii tutularak göl seviyeleri ile irdelenmiştir. Bunun için Uluabat gölünü besleyen EİEİ 302 nolu M. Kemalpaşa Çayı Döllük akım istasyonu, Bursa ili yağış verileri ile nem verilerinin, 1960-2002 yılları aylık değerleri verileri kullanılmıştır. Uluabat göl seviyeleri ile etkileşim içindeki bu iklimsel parametrelerin zaman serilerinin açıkladığı varyans yüzdeleri hesaplanmış ve Tablo 3.12’ de verilmiştir.

Tablo 3.12 : Uluabat Göl Su Seviyeleri ve Etkileşim İçinde Olduğu Diğer İklim Parametrelerin Zaman Serileri Bileşenlerinin Açıkladığı Varyans Yüzdeleri.

Göl	Lineer Trend Bileşeni, (%)	Periyodik Bileşen, (%)	İç Bağımlı Bileşen, (%)	Rastgele Bileşeni, (%)
Nem	11,7	60,1	5,8	22,4
Akım	4,2	68,2	12,9	14,7
Yağış	0	46,5	0	53,70
Sıcaklık	0	95,2	0	4,8
Göl seviye	3,5	71	15,5	9,9

Bursa yağışları zaman serisi analizinde, eğilim bileşen ve iç bağımlı bileşenlerin açıkladığı varyans yüzdeleri bulunamazken, en önemli bileşen, %53.70 rastgele bileşen olarak bulunmuştur. Kalan bileşen %46.5 ile 12 aylık periyodik bileşendir. Yağışların rastgeleliğin tipik özelliği Bursa yağışlarında da ortaya çıkmıştır.

Bursa yağış verilerinin spektral analizi Ekler Bölümünde Şekil ; A.6, A7, A8 ve A9'da gösterilmiştir. Bursa yağış istasyonu orijinal zaman serisi spektral değerleri Ekler Bölümünde Şekil A.6'da gösterilmiş olup, şekilde anlamlı pik yağışlar, 1 yıllık ve 6 aylık periyodu olan yağışlar olup diğerlerinden oldukça büyük ve yaygın olarak görülmektedir. İkinci aşamada, eğilim bileşeni giderilmiş serinin spektrumlarında değişiklik yoktur çünkü eğilim bileşeni bulunmamaktadır. Sonraki aşamada 12 aylık periyodiklik giderilmiştir, spektrumlarda da bir yıllık periyodik bileşen kalmamış, sadece anlamlı 6 aylık periyodiklik vardır. Son olarak iç bağımlılığın da kaldırılmasıyla, anlamlı olarak sadece 6 aylık periyodik bileşen kalmıştır.

Bursa aylık ortalama nem verileri, zaman serisi analizinde bileşenlerin açıkladığı varyans yüzdeleri; %11.7 eğilim, %60.1 periyodik, %5.8 iç bağımlı bileşen ve %22.4 kalıntı oranında bulunmuştur. Bursa aylık ortalama nem verilerinin Spektral analiz sonuçları Ekler Bölümünde Şekil; A10, A11, A12 ve A13'de gösterilmiştir. Otokovaryans yoğunluk fonksiyonlarının grafiklerinde 1 yıllık ve 6 aylık döngünün baskın olduğu görülmektedir.

Uluabat gölünü besleyen, M. Kemalpaşa Çayı aylık ortalama akım verilerinin yapılan zaman serisi analizinde, zaman serisi bileşenlerinin açıkladığı varyans yüzdeleri; %4.2 eğilim, %68.2 periyodik, %12.9 iç bağımlı, %14.7 kalıntı olarak tespit edilmiştir. Yıllık bir döngü (annual cycle) en baskın zaman serisi bileşeni çıkmıştır. Yapılan spektral analiz bu izlenimi destekler yönde sonuçlar vermiştir Ekler bölümü Şekil; A14, A15, A16 , A17'de spektral analiz sonuçları adım adım verilmiştir. Akımda 1 yıllık pik ısrarlı bir biçimde kendisini tüm spektra adımlarında göstermektedir.

Uluabat göl seviyelerine etkisi olduğu düşünülen nem parametresinde, en etkin bileşen periyodiklik bileşen olurken ikinci sırada olan rastgelelik iklimin mevsimsel değişkenliğinin çok olmasından olduğu söylenebilir. Yağışın açıkladığı en büyük varyans bileşeni olan kalıntı (%54) yağışların dağılımının düzensizliğinden dolayısıyla mevsimlerin farklılığından kaynaklandı düşünülebilir. Akımda açıklanan

varyans yüzdesinin %68'i bir yıllık döngü oluşturmaktadır. Açıklanmamış varyans yüzdenin %14.7 olması yağışın dolaysız akışından ziyade taban akışı yani yüzeysel akışla yüzeyaltı akışının gecikmeli (akarsuya uzun bir zaman sonra ulaşan) kısmından olduğu yorumu yapılabilir.

Nem ve yağışta rastgelelik yüzdesinin çok olması akıma geçerken önemli oranda azalmış göl seviyelerinde en az orana ulaşmıştır. Dikkat edilirse yağıştaki rastgelelik %53.70 iken akımda azalarak %14.7'e göl seviyesinde daha da azalarak %9.9 düşmüştür. Buradan da Uluabat göllünün nem, yağış ve akım parametrelerini kendi bünyesinde depolama ve hafıza etkisiyle daha düzenli bir iç yapıya kavuşturan sistem olarak görevi yaptığı söylenebilir. Göle giren ve çıkan su miktarlarındaki değişimlerinde kalıntı bileşenine etki edeceğini vurgulamak yerinde olacaktır. Yine özellikle akım ve nispeten yağışta baskın bileşen olarak bulunan periyodiklik göl su seviyelerinde daha da yoğun halde en önemli bileşen olarak tespit edilmiştir.

Sapanca gölü zaman serisi çeşitli bileşenlerinin açıklanabilir yüzde oranları Tablo 3.11'de listelenmiştir. 1960-2002 döneminde Sapanca gölü aylık ortalama seviyelerinde en anlamlı bileşen periyodik bileşendir. Periyodiklik toplam varyansın %62.5'ini açıklamaktadır. Diğer önemli bileşen ise %24.2 ile iç bağımlı bileşendir. Daha sonra %7.7 ile kalıntı bileşeni gelmektedir. Analiz sonuçları Sapanca gölünün düzenli bir iklim rejiminde bulunduğu, gölün su dengesine belli oranda sahip olduğu, eğilimden fazla çeşitli kaynaklardan gölü besleme veya çekilmenin baskın karakterde olduğu sonucu çıkarılabilir. Sapanca gölü orijinal zaman serisi verileriyle yapılan spektral analizde Ekler Bölümünde Şekil A.18'de görüldüğü gibi en baştaki düşük frekanslı bileşenlerde ve 12 aylık bileşende (1 yıllık periyoda sahip) anlamlılık vardır. Zayıf bir eğilim, güçlü bir periyodiklik, orta seviyede iç bağımlılık etkisi göstermektedir. Eğilim bileşeni giderilmiş zaman serisinin spektral analizi Ekler Bölümünde Şekil A.19'da çizilmiş olup orijinal zaman serisinden tek farkı düşük frekanslı spektra değerlerinde azalma olarak saptanmıştır. Periyodikliği giderilmiş serinin spektra analiz sonucu Ekler Bölümünde Şekil A.20'de gösterilmiştir. Buna göre 1 yıllık periyoda sahip döngü tamamen kaybolmuş gözükürken çok düşük frekanslara sahip spektraların varlığını sürdürmektedir. Son olarak yapılan iç bağımlı bileşenin giderilmesi sonucunda özellikle düşük frekanslarda düz bir spektrum değerleri Ekler Bölümünde Şekil A.21'de görülmektedir buna göre, açıklanmamış anlamlı varyans değeri kalmamış denilebilir.

Yapılan diğerk Türkiye g l su seviyelerinin zaman serisi analizlerinde benzer dağılım varyansları tespit edilmiştir. Manyas gölü, K. Balık gölü, Aras gölü birbirlerine çok benzer dağılımlara sahiptir şöyle ki bu üç gölde en baskın bileşen %60'dan fazla periyodiklik bulunurken, ikinci büyük bileşen %20'den büyük i  bağımlılıktır.

Manyas g l seviyelerinin spektral analizi Ekler Bölümünde  ekil A.22,  ekil A.23,  ekil A.24 ve  ekil A.25 gösterilmiştir. Manyas g l seviyelerinde en baskın zaman serisi bileşeni bir yıllık periyodik bileşendir (%66.5). Diğerk etkili bileşen i bağımlı bileşen (%24.5) bulunurken, rasgele bileşen (%5.9) ve eğılim bileşeni (%3.1) olarak bulunmuştur.

Kovada gölü spektral analiz sonuçları Ekler Bölümünde  ekil A.26,  ekil A.27,  ekil A.28 ve  ekil A.29' da gösterilmiştir. G l seviyeleri zaman serisinde en etkin %55.2 ile i bağımlı bileşen bulunurken diğerk önemli bileşen %33.2 ile periyodik bileşendir. Zaman serilerinde eğılim bileşenine rastlanmaz iken sadece %11.6 kalıntı bileşeni tespit edilmiştir.

Aras gölü spektral analiz sonuçları Ekler Bölümünde  ekil A.30,  ekil A.31,  ekil A.32, ve  ekil A.33 ile gösterilmiştir. Tüm homojenlik testlerinden başarı ile geçen tek g l m z olan Aras gölünde hakim bileşen %65 ile periyodik bileşendir. Bunu %26.5 ile i bağımlı bileşen, %7.2 ile kalıntı bileşeni ve %1.2 ile eğılim bileşeni izlemektedir.

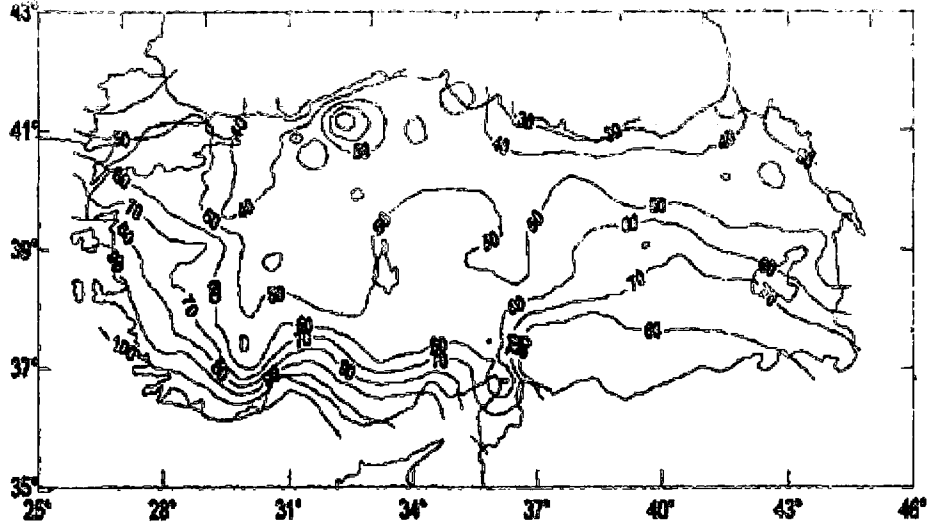
Kızılırmak Balık gölü spektral analiz sonuçları Ekler Bölümünde  ekil A.34,  ekil A.35,  ekil A.36, ve  ekil A.37'de gösterilmiştir. Kızılırmak Balık gölü zaman serisinde baskın bileşen %60.1 ile periyodik bileşendir. I  bağımlı bileşen %21.4, Rasgele bileşen %17 ve eğılim bileşeni %1.5 olarak tespit edilmiştir.

G l su seviyelerinde bulunduğumuz büyük orandaki i  bağımlı bileşenler, g l su seviyeleri zaman serilerinin doğasında olan bir özelliktir. G l su seviyeleri özellikle büyük göller hafıza (memory) etki denilen daha evvelki zaman dilimden etkilenen diğerk bir deyişle bir önceki seviyeden büyük oranda etkilenen yapıya sahiptirler. Yine g l su seviyeleri burada hesaplanan göllerde olduğı gibi anlamlı periyodiklere ( ok a 12 aylık döngülere) sahiptir. Yine yapılan çalışmalarda bulunan büyük oranlı kalıntı bileşenine rastlanan göllerde çok çeşitli ve sert iklimin g l su seviyesinde büyük değı melere sebep olduğı tespit olunmuştur (Kite, 1982).

Göl su seviyelerinin zaman serisi bileşenleri, Türkiye yıllık yağışlarının değişim katsayılarının haritası (Kadioğlu ve diğ., 1999) ile değerlendirilirse, yağış değişimlerinin az olduğu Karadeniz Bölgesi, Doğu Marmara Bölgesi ve Kuzey Doğu Anadolu Bölgesinde periyodik bileşen büyük yüzdeler almaktadır (Şekil 3.20). Kızılırmak Balık gölünde %60.1, İznik gölünde %44.70, Aras gölünde %65 periyodik bileşen (1 yıllık bileşen) tespit edilmiştir. Yağış değişimin çok olduğu Doğu Anadolu ve Göller bölgesinde periyodik bileşen küçük yüzdelere sahiptir. Van gölünde %13, Beyşehir gölünde %12.60 periyodik bileşen (1 yıllık bileşen) tespit edilmiştir. Daha düzenli yağış rejimi ile göl su seviyelerinde periyodiklik artarken, düzensiz yağış rejimlerinde periyodik bileşen azalmakta olduğu söylenebilir. Ayrıca yağışlar ile yağışlardan belirli bir gecikme ile göle ulaşan geçen kısmı arasında zaman farkı çok olduğunda da periyodik bileşende azalma, rastgele bileşende de artma olarak sonuç verdiği ifade edilebilir. Buna örnek Van ve Beyşehir gölleri verilebilir, Van gölünde yağış için yapılan harmonik analiz sonucunda Nisan ayı olmaktadır, göl su seviyelerinde ise kar erimelerinin geç olmasından dolayı Haziran ayında maksimum seviyeye ulaşmaktadır bu çok farklı gecikme aralığı periyodikliği azaltırken rasgeleliği artırmaktadır. Beyşehir gölünde yağış Mart ayında, göl seviye de haziran ayında pike ulaşmakta ve periyodik bileşen azalırken kalıntı bileşeni artmaktadır. Tuz göl seviyelerinde ise yağış ile göl seviyesinin maksimuma ulaşması arasındaki zaman 1 ayken, periyodik bileşen en baskın bileşendir.

Türkiye göl su seviyeleri yapılan bu çalışmalarda genel olarak şu sonuçlara varılabilir. Düzenli iklim rejimine sahip yerlerde ‘periyodiklik’ ön planda iken, düzenli beslenen göllerde ‘iç bağımlılık’, düzensiz beslenen (müdahalelere uğrayan) veya çekilen göllerde ‘rasgelelik’, göllerin doğal yada insan etkisiyle değişiminde ‘eğilim’ faktörünün öne çıktığı iddia edilebilir.

Homojenlik testlerinden geçmeyen, ancak coğrafi konumları ve büyüklükleri ile önem arz eden, İznik, Tuz, Van ve Beyşehir göl su seviyeleri zaman serisi analizleri sonucunda, açıklanan varyans yüzdeleri Tablo 3.13’te verilmiştir. Büyük sıçrama bileşenlerine sahip Van ve Beyşehir göl seviyelerinde eğilim hakim bileşenken, iç bağımlı bileşenin yüksek değerleri göl seviyelerinin hafıza etkisinin her koşulda kendisini hissettirmektedir.



Şekil 3.21 : Yıllık Yağışların Değişim Katsayıları (Kadioğlu ve diğ., 1999).

Tablo 3.13 Aylık Göl Seviyelerine Ait Zaman Serisi Bileşenlerinin Açıkladığı Varyans Yüzdeleri.

Göl	Linear Trend Bileşeni, (%)	Periyodik Bileşen, (%)	İç Bağımlı Bileşen, (%)	Rastgele Bileşeni, (%)
İZNİK	19.50	44.70	34.50	1.30
TUZ	1.10	54.90	25.60	18.40
VAN	51.90	13.00	34.20	0.90
BEYŞEHİR	48.00	12.60	33.20	6.20

3.6 Göl Seviyelerinin Dalgacık Dönüşümü ile Analizinin Sonuçları

Zaman serileri spektral analizi frekans-genlik boyutunda yapılmıştı. Bu bölümde, bir önceki aşamadaki analize alternatif olarak, frekans-genlik-zaman ortamında göl seviyeleri ‘Dalgacık Dönüşümü’ ile analiz edilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşümü ile çok net olarak hangi periyodik bileşen, hangi zaman süresince etkilendiği görsel olarak kolayca tespit edilebilir. Bu dalgacık dönüşümünün ana avantajlarından birisidir. Sürekli dalgacık dönüşümü yapılan zaman serisinin global spektrumu da çizilmiştir. Böylece göl su seviye serisinin fiziki karakteri ortaya konmuştur.

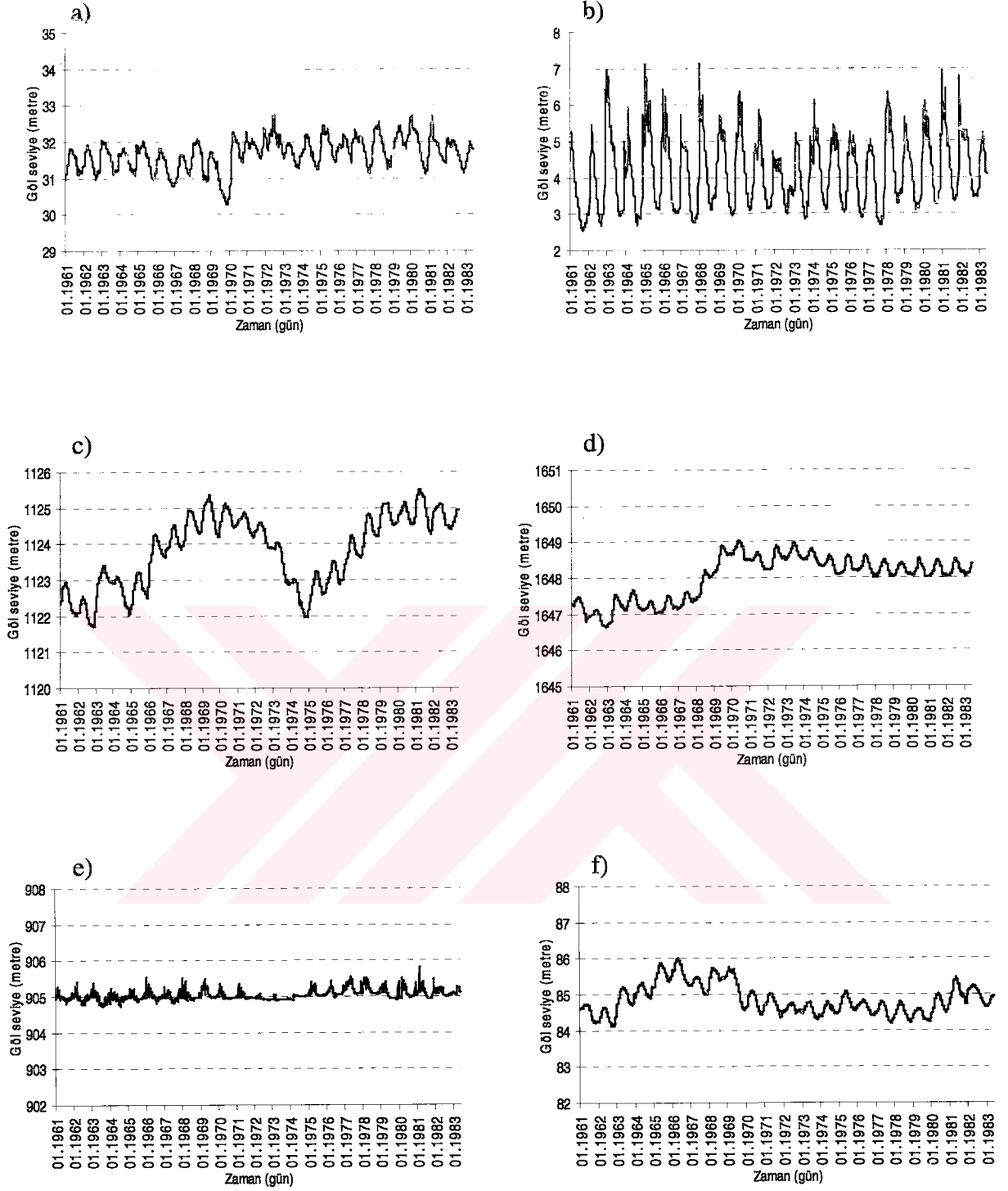
Dalgacık dönüşümü analizi R bilgisayar yazılımının ‘Rwave modülü’ kullanılarak gerçekleştirilmiştir (R-project, 2004). Bu modül hem istatistiksel hesap hem de grafiksel görüntü yapabilmektedir. Göl seviyeleri zaman serisine sürekli dalgacık dönüşümü uygulanması ile zaman serisinin içinde bulunan olayların değişimlerinin

zamana bağılı olarak incelenmesi mümkün olmaktadır. Analizde baz fonksiyonu olarak Morlet dalgacık fonksiyonu kullanılmıştır. Morlet dalgacığı aşağıdaki şekilde tanımlanır (Liu, 2000; Panizzo ve diğ. 2002).

$$\psi_0(t) = \pi^{-1/4} \left(e^{-iat} - e^{-a^2/2} \right) e^{-t^2/2} \quad (3.1)$$

Ülke ölçeğinde, coğrafi dağılım dikkate alınarak göl seviye değişimlerine açıklık getirmek için, Türkiye göllerinden 6 tanesine uygulama yapılmıştır. Seçimi yapılan bu 6 göl, Türkiye değişik yerlerde bulunan çeşitli karakterdeki göl seviyelerini incelemek için ülkemizi temsil edebilecek uygun yerleşime sahiptir. Dalgacık dönüşümü iki farklı veri kümesiyle yapılmıştır. Birinci küme, 01/01/1961 yılından 06/06/1983 yılına kadar günlük göl seviyelerinin 4 günlük ortalaması alınarak İznik, Tuz , Van, Beyşehir, Uluabat ve Sapanca gölleri için yapılmıştır. Bu göllere ait 4 günlük ortalama zaman serileri Şekil 3.22’de gösterilmiştir. Elde edilen zaman-ölçek-genlik uzayındaki görüntü, yarı logaritmik olarak Şekil 3.23’de görülmektedir. Bu şekilde yatay eksen zamanı göstermektedir. Düşey eksen ise period veya ölçek değerini logaritmik olarak göstermektedir. Bu ekseninde okunan değerler sürekli dalgacık dönüşümü görüntüsü içerisinde var olan bir değişime ait periyodu ifade etmektedir. Toplam veri sayısı 8192 gün olup çalışmada 4 günlük ortalamalar alınarak veri sayısı 2048’e düşülmüştür. Veri sayısı 2048 düşünülerek dalgacık dönüşümü 11 ölçek seviyesinde yapılmıştır. Ölçek seviyesi sayısı, ölçek değişkeni için 2 üssü sayısı olarak, böylelikle örnek sayısı $2^{11}=2048$, dalgacık dönüşümü tanımlanabilir.

İkinci küme, 1960 Şubat ayından 2002 Eylül ayına kadar olan sürede aylık ortalama göl seviye veri seti kullanılarak sürekli dalgacık dönüşümü yapılmıştır. Aylık ölçek sayısı 9 olarak alınıp $2^9=512$ veri kullanılmıştır. Bu kümede yine, İznik, Tuz, Van, Beyşehir, Uluabat ve Sapanca göllerinin aylık ortalama göl seviyeleri kullanılmıştır. Homojenlik analizinde, İznik, Tuz, Van ve Beyşehir göl seviyeleri homojen çıkmamıştı. Yapılan çok sayıda sürekli dalgacık dönüşümleri sonunda, zaman serisinin homojen olmayan kısmı önemli periyodik bileşenler üzerinde bozucu bir etkisi görülmemiştir. Bu homojen olmayan kısımlar zaman ekseninde geçici bazı enerji artışlarına neden olmuşsa da tüm zaman serisinin hakim periyotlarını fazlaca



Şekil 3.22 : 4 Günlük Ortalama Göl Seviyeleri Zaman Serisi (01/01/1961-06/06/1983). a) Sapanca b)Uluabat c)Beyşehir d)Van e)Tuz f)İznik Göl Seviyeleri

etkilemediği tespit edilmiştir. Homojen olmayan İznik, Tuz, Van ve Beyşehir göl seviyeleri, bu nedenlerden dolayı çalışmada kullanılmıştır.

3.6.1 4 günlük ortalama göl seviyelerinin Dalgacık dönüşümü sonuçları

4 günlük ortalama göl seviyeleri ile yapılan Dalgacık dönüşümü sonucunda hayli ilginç sonuçlar bulunmuştur. Göl seviyelerinin 4 günlük ortalama değerleriyle yapılan sürekli dalgacık dönüşümleri ile hesap edilen global dalgacık spektrumları Şekil 3.23 ve Şekil 3.24’de gösterilmiştir. Ayrıca hesaplanan global spektrumların birbirleriyle korelasyon katsayıları Tablo 3.14’ de özetlenmiştir.

Şekil 3.23’de yatay eksen ölçülmüş periyodların zamanını göstermekte, düşey eksen ise zaman serisinin periyodik yapısını logaritmik ölçekte göstermektedir. Düşey eksenin toplam uzunluğu 8192 gün veya 273 aydır. Denklem 3.1’de dalgacık katsayılarının yüksek varyansları (ya da enerjileri) Şekil 3.23’de açık renklerle gösterilmektedir. Sürekli dalgacık dönüşümü spektrumunda 273 aylık ölçek (Şekil en üstündeki yere paralel olan) ihmal edilmektedir zira bir veri kaydı uzunluğu (kendisi olmakta) ve kenar eşik etkisi sebeplerinden dolayı dikkate alınmamaktadır.

Günlük göl seviyesi verileriyle yapılan sürekli dalgacık dönüşümü sonucu, en baskın periyodik karakteristik yapı, 1 yıl periyodik bileşen olup bütün göllerde gözlenmiştir (Şekil 3.23). Diğer bir anlatımla göl seviyelerinin yükselmesi bir yıldan öteki yıla kadar periyodikliğe sahiptir. Sürekli spektrumlardan Uluabat ve Tuz gölleri göz önüne alındığında bu göl seviyelerinin periyodik yapıları arasında pek çok benzerlik dikkati çekmektedir. Şekil 3.22’de, zaman serilerinde Tuz Gölünde 1971 ve 1975 yılları arasında gözlenen kuru sezon bazı küçük değişikliklerle Uluabat gölünde de gözlenmektedir. Yine aynı zamanlarda Sapanca göl seviyelerinde bir sıçrama gözlenmektedir. Bu üç olay, göl seviyelerinin sürekli dönüşüm şekillerinde net olarak gözlenmektedir (Şekil 3.23-b, e, f). Bu zaman süreci boyunca Tuz, Uluabat ve Sapanca göllerinin bir yıllık periyodik bileşeninde söz konusu açıklanmamış kuru sezondan dolayı kesiklikler olduğu aşıkardır (Şekil 3.23.’de b,e,f). Sürekli dalgacık spektrumlarında, bir yıllık periyodik bileşen Tuz, Uluabat ve Sapanca göllerinde baskın karakterde olduğu ve bu olayların, diğer periyodik olaydan daha fazla etkilendiği gözükmektedir. Bir yıldan daha küçük periyodik olaylar göl seviyelerinde mevsimsel değişmeyi gösterirken, yıllar arası veya on yıllı olaylar bölgenin uzun dönem iklimsel karakteristikleri ile ilişkilendirilir. Şekil 3.24’ de gösterilen göl

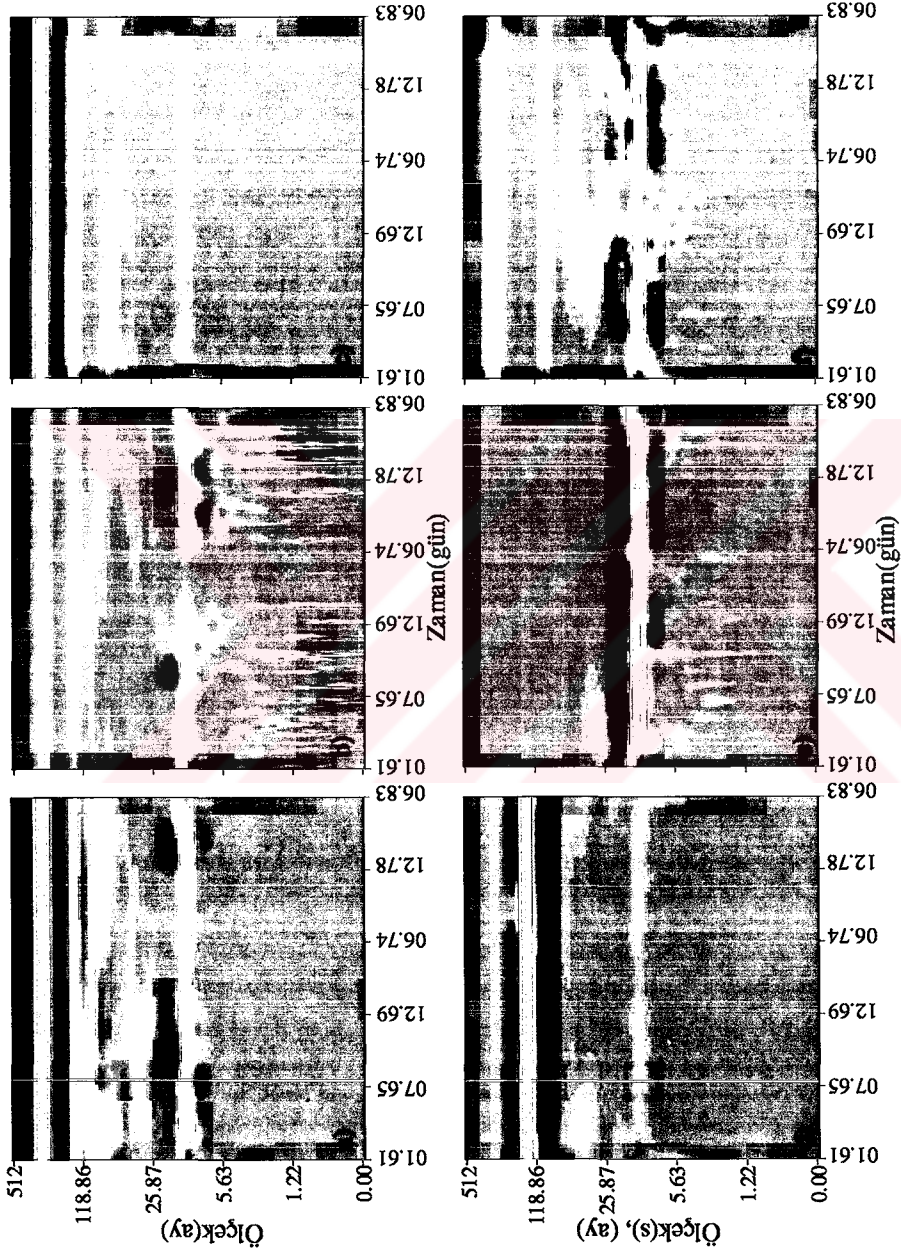
seviyelerinin global spektrumlar dikkate alındığında, periyodik olayların 1 yıl ve daha uzun süreli olduğu görülebilir. Spektrumlar; 12 ay (1 yıllık), 48 ay (4 yıllık), 90 ay (8,5 yıllık) ve 136 ay (11 yıllık) periyodik olaylara sahiptir. Periyodik olayların enerjileri ya da büyüklükleri gölden göle değişiklik göstermektedir.

Tablo 3.14 : 4 günlük göl seviyelerinin global spektrumlarının korelasyon katsayıları

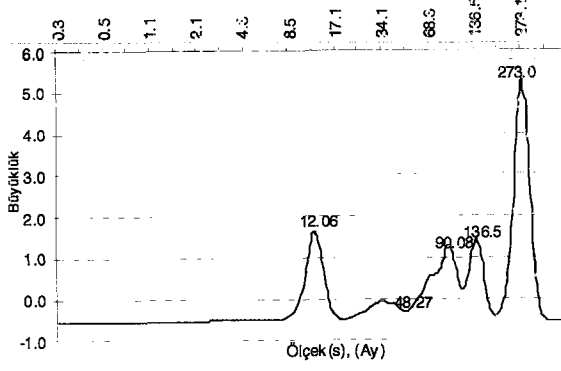
	İZNİK	TUZ	VAN	BEYŞEHİR	ULUABAT	SAPANCA
İZNİK	1					
TUZ	0.72	1				
VAN	0.69	0.43	1			
BEYŞEHİR	0.55	0.27	0.90	1		
ULUABAT	0.57	0.95	0.21	0.00	1	
SAPANCA	0.58	0.88	0.18	-0.04	0.95	1

*Koyulaştırılmış değerler % 5 anlam düzeyinde anlamlıdır.

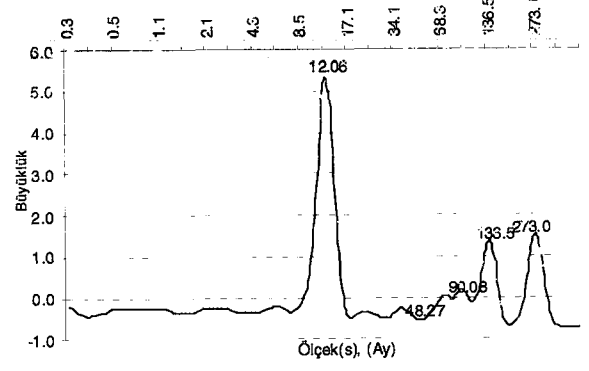
Dalgacık dönüşümleri ile periyodik olayları, göl bölgelerinin iklim şartları ile ilişkilendirmek amaçlanmıştır. Göl seviyelerinin 12 aylık hakim periyodik bileşenlere sahip olduğu ve veri kayıt süresince sürekli olarak meydana geldiği tespit edilmiştir. Yalnız Tuz, Sapanca ve özellikle Uluabat gölleri bu özellikleri göstermemektedir. Van gölü 1 yıllık periyodik olaylardan başka 11 yıllık periyodik olaylara sahiptir. Bu 11 yıllık periyodiklik bileşen, Kempes çalışması ile uyum içinde çıkmış olup, göl su seviyelerinin 11 yıllık periyoda sahip güneş lekeleri sayısı ile paralel artışlar göstermektedir (Kempes ve diğ., (1978)). Tuz, Uluabat ve Sapanca göl seviyelerinin 1 yıllık periyodların enerjisi diğer göl seviyelerinden çok yüksektir. Aslında bu göllerde beklenen tipik karakteristiktir. Çalışması yapılan diğer göllerde 1 yıllık periyodiklik farklı enerjilerde görülmektedir. Van ve Beyşehir göllerinin global spektrumlarında 1 yıllık periyodik bileşen en küçük enerjilere sahiptir. Bir yıllık periyodik olaylar Tuz, Uluabat ve Sapanca göl seviyelerinde çok baskın karakterde olduğu dalgacık analizi sonucu Şekil 3.23 ve Şekil 3.24’de tespit edilmiştir. Tuz gölü 11 yıllık periyodik olaylara da sahip bir göl olup global spektrumunda da açık bir şekilde görülmektedir. Sapanca gölü de Tuz gölüne benzer periyodikliğe sahip bir göldür ancak sadece 48 aylık periyodiklik gözükmemektedir.



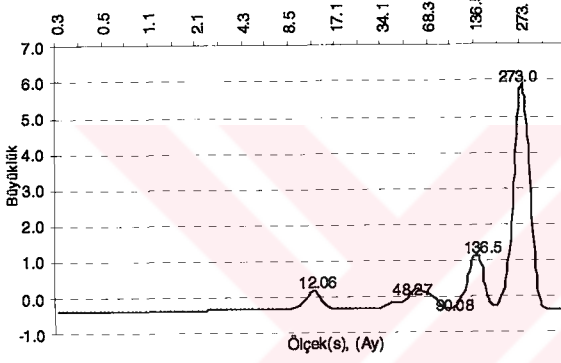
Şekil 3.23 : Göl Su Seviyelerinin 4 Günlük Ortalamaların Sürekli Dalgacık Spektrumları a) İznik Gölü, b) Tuz Gölü, c) Van Gölü, d) Beyşehir Gölü, e) Uluabat Gölü, f) Sapanca Gölü.



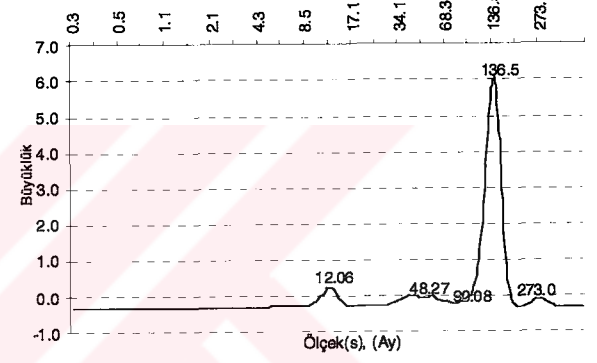
a) Iznik Gölü Günlük



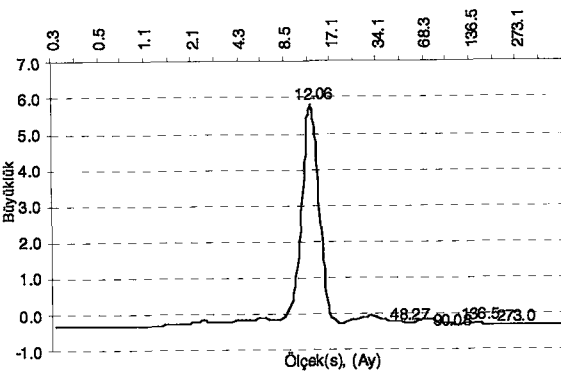
b) Tuz Gölü Günlük



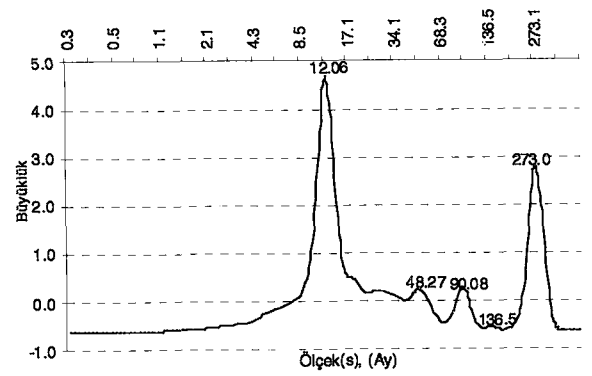
c) Van Gölü



d) Beyşehir Gölü



e) Uluabat Gölü



f) Sapanca Gölü

Şekil 3.24 : 1Ocak1961-6Haziran1983 Yılları Arası Günlük Ortalama Göl Su Seviyelerinin Global Spektrumları.

Göl seviyelerinin dalgacık dönüşümü tekniğiyle elde edilen global spektrumlarda, Şekil 3.24’de görülebileceği gibi, Tuz ve Uluabat gölü periyodik olaylarda hayli benzerliklere sahip olduğu aşıkardır. 136 ay (yaklaşık 11 yıllık) periyodik olaylar Tuz gölünde varken Uluabat gölünde yoktur. Tuz ve Uluabat göl seviyelerinin global spektrumları arasında, korelasyon katsayısı 0,91 olarak yüksek ilişkili bulunmuştur. Ancak bu iki göl seviyelerinin zaman serileri birbirlerinden bir hayli farklı iken global dalgacık spektrumları birbirine çok benzemektir. Tuz ve Uluabat gölleri iki farklı iklim bölgesinde bulunmaktadır. Ancak yapılan iklimsel sınıflama sıcaklık ve yağış değerleri için yapılmıştır ve Marmara coğrafi bölgesi değişik iklim karakteristiklerine sahiptir. Marmara bölgesindeki bu karışıklık bölgede yapılan çalışmalarda özellikle eşleme yaparken zorluklara sebep olmaktadır. Örneğin Uluabat ve İznik gölleri aynı bölgede bulunmasına rağmen global spektrumları zayıf korelasyon ilişkisine sahiptir.

Kapalı havza göllerinde su seviye dalgalanmalarına ana etkiler; drenaj havzasının jeomorfolojik yapısı, gölün kendisinin büyüklüğü ve şekli, hidrolojik elementler (yüzey akışı ve göle doğru nehir akımı), göl bölgesini kapsayan iklimsel elementler (özellikle yağış, sıcaklık, buharlaşma ve sıcaklık) ile katkıda bulunurlar.

Marmara bölgesinde yerleşimi bulunan İznik, Uluabat ve Sapanca göllerinin seviye değişimleri, göl havzalarının fiziksel farklılıklarından etkilenirler. Bu üç gölün aynı coğrafi bölgede yerleşimi olmasına rağmen herbirinin farklı su havzasına sahip olması ilginçtir. Göl seviyeleri Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından ölçülmüş olup, İznik gölü Marmara havzasında, Uluabat gölü Susurluk Havzasında, Sapanca ise Sakarya havzasında bulunmaktadır. Sapanca, İznik ve Uluabat göl seviyelerinin periyodik yapıları birbirine benzer karakterde olması beklenmesine rağmen, bu göllere ait global spektrumlarda Sapanca ile Uluabat kuvvetli ilişkili bulunurken, Sapanca ve İznik zayıf ilişkili bulunmuştur. İznik gölünün batı kısmına 1963 yılında küçük bir baraj kurulmuştur. Bu barajdan dolayı su seviyeleri 1970 yılına kadar yükselmiştir.

Uluabat gölü Marmara bölgesinde bulunmasına rağmen İznik gölüne göre farklı karakteristiklere sahiptir. Uluabat gölü havzası karstik formasyona sahiptir. Islak sezon süresince Uluabat ve Susurluk nehirleriyle Marmara Denzine su başalımı sağlanır. Kuru sezonda ise Uluabat nehri gölü beslemektedir. Uluabat gölünün bu özelliği göl seviyelerinin büyük varyans değerinde de tespit edilebilir.

Öte yandan Sapanca gölü Marmara Bölgesinde şehirleşme etkisi altında kalmıştır. Büyük bir sanayileşme bölgesinin yakınında olmasından ötürü geç de olsa yasal otorite tarafından Sapanca gölünün flora ve fauna korunma altına alınmıştır. Ayrıca sel kontrol amaçlı bazı yapılar da göl bölgesine inşa edilmiştir. Halen bu şehirleşme problemi gölü etkileyen ana problem olarak geçerliliğini sürdürmektedir.

Beyşehir gölü Akdeniz ile İç Anadolu geçiş iklimi arasında yerleşimi bulunduğu için değişik iklim şartlarına sahiptir. Beyşehir gölünde bir çok adalar mevcut olup 1993 yılından itibaren koruma altına alınıp Ulusal Park ilan edilmiştir. Beyşehir ve Eğridir göllerinin zaman serilerinde bir çok düzensizlikler bulunmaktadır. Bu birbirine yakın iki gölün su seviyeleri zaman içinde, zaman serilerinden görüleceği gibi, benzer tepkiler göstermektedirler. Devlet su işleri 1999 raporuna göre Beyşehir gölü 1965 yılından 1969 kadar su seviyeleri yükselmiştir. Bu yükselme 1969'a kadar sürmüş olup bu tarihten sonra DSİ tarafından yapılan büyük bir boşaltım kanalı ile su tahliye edilmeye başlanmıştır. 1974 yılında bu su boşaltım kanalı Tuz gölü kadar uzatılmıştır. 1981 yılındaki sel olayı diğer bir yükselmeye sebep olmuş, su seviyeleri 1981 yılından sonra azalmaya başlamıştır. Tuz oranı %32.4 olan Tuz gölü Türkiye'nin temel tuz kaynağıdır. Tuz gölü su seviyeleri zaman serisi varyans değeri çok küçüktür. Göl su seviyelerinin global spektrumları arasında zayıf ilişkiler, Uluabat ile Van ve Uluabat ile Beyşehir göl seviyeleri arasında bunmuştur.

3.6.2 Aylık ortalama göl seviyelerinin Dalgacık dönüşümü sonuçları

Aylık ortalama göl seviyeleri kullanılarak daha uzun periyodik olayları incelemeyi amaçlanan bu bölümde 1960 Şubat tarihinden 2002 Eylül tarihine kadar olan süreye ait 512 aylık ortalama göl seviyeleri verileri kullanılmıştır. Göl su seviyelerinin dalgacık dönüşümüne, 4 günlük ortalama değerlerinden farklı bir bakış açısıyla bakmak amacıyla, aylık ortalama göl seviyelerinin sürekli dalgacık dönüşümleri yapılmıştır. Sürekli dalgacık dönüşümü ve global dalgacık dönüşümü Şekil 3.25 ve Şekil 3.26'da gösterilmiştir.

Sürekli dalgacık dönüşüm sonunda, beklendiği gibi temel periyodiklik, bir yıllık periyodik olduğu Şekil 3.25'de görülmektedir. Bir yıllık periyodiklik, tüm göl seviyelerinin spektrumlarında ve ölçüm süresi boyunca bulunmaktadır. Tuz gölünde 1 yıllık periyodik bileşen sadece 1972 yılından 1975 yılına kadar kesiklikliğe uğramaktadır zira bu dönem kuraktır (Şekil 3.25-b). Bu kuraklık bir aylık periyodik

olaylardan 32 aylık periyodik olaylara kadar etkili olmaktadır. Bu sürekli spektrumda (Şekil 3.25-b) belirlenebilmektedir. Oniki aylık periyodik bileşenden başka 256 aylık (yaklaşık 21 yıl) periyodik bileşen tüm kayıt süresince Tuz gölü spektrumu hariç bütün göl seviyelerinin spektrumlarında görülmektedir. İznik, Van, Beyşehir ve Uluabat göl 1970'li yılların başlarında ve 1980'li yılların sonlarında kesintiye uğramaktadır. Beyşehir gölünün sürekli spektrumlarında (Şekil 3.25-d), 1967 ile 1986 yılları arasında hayli yüksek büyüklükte 169 aylık periyodik olaylar görülmektedir. İznik, Tuz ve Sapanca göllerinde (Şekil 3.25-a, b, f) sürekli bir biçimde 104 aylık periyodik olaylarla birlikte yakınlarındaki (80 ila-110 aylık periyodik olaylar) görülmektedir. İznik, Beyşehir, Uluabat ve Sapanca göl seviyeleri 32 aylık olaylar da mevcut olsa da ölçüm süresinde (Şekil 3.25-a,d,e,f) sürekliliği olmamakta ve farklı zamanlarda kesintiye uğramaktadır.

4 günlük ortalama göl seviyelerini kullanılarak bulunan sürekli dalgacık dönüşümlerinden elde edilen global spektrumlarında (Şekil 3.24) görüldüğü gibi, aylık ortalama göl verilerinden elde edilen global spektrumlarda (Şekil 3.26) da baskın periyodik karakter 12 aylık olarak tespit edilmiştir. Aylık ortalama göl seviyelerinin bulunan diğer periyodik bileşenleri 104 aylık (9 yıl), 169 aylık (14 yıl) ve 256 aylık (21 yıl) olarak bulunmuştur (Şekil 3.26). 4 günlük ortalamalarla hesaplanan global spektrumlarda 169 aylık ve 256 aylık olaylar görülmemektedir bunun nedeni eşik etkisi ve ölçüm zamanını etkisidir. Diğer periyodik olaylarda ise 4 günlük ve aylık ortalama göl seviyelerinin global dalgacık spektrumları uyum içinde bulunmuştur. Tuz, Sapanca ve Uluabat göllerinin 1 yıllık periyodikliğinin enerjisi, aylık ortalama göl seviyeleri ile hesaplanan global spektrumlarda 4 günlük göl seviyeleriyle hesaplanan spektrumlardan hayli daha fazladır. Van gölünde tespit edilen en baskın periyodik olayın 256 aylık (yaklaşık 21 yıl) olması ve 1 yıllık periyodikliğin zayıflığı ilgi çekicidir. Van gölü su seviyelerini, güneş lekeleri ile 11 yıllık periyodlarda yükseldiği daha önceki çalışmalarda tespit edilmiştir. Ancak bilim adamları güneşle ilgili olaylarının periyodunun 21 yıla kadar uzadığını idda etmişlerdir. Van gölü global spektrumunda 169 aylık (14 yıl) ve 256 aylık (21 yıl) periyodik olaylar güneşle ilgili olaylarla ilişkili olduğu söylenebilir.

Aylık serilerin global spektrumlarının birbirleriyle ilişkisi korelasyon matrisi ile Tablo 3.15'de gösterilmiştir. Uluabat ve Tuz gölleri, 4 günlüklerde olduğu gibi, aylıklarda da yüksek ilişkisini korumuştur. Van ile Tuz gölleri arasındaki ilişki

pozitif 0,43 ten negatif 0,12 ye azalmıştır. Van ile Beyşehir göllerinin global spektrumlarındaki ilişki 0,90 değerinden 0,44 değerine düşmüştür. Diğer göller arasındaki korelasyon katsayılarında anlamlı değişiklikler olmamıştır.

Tablo 3.15 : Aylık Ortalama Göl Seviyeleri Global Spektrum Serilerinin Korelasyon Katsayıları.

	İZNİK	TUZ	VAN	BEYŞEHİR	ULUABAT	SAPANCA
İZNİK	1					
TUZ	0.52	1				
VAN	0.35	-0.12	1			
BEYŞEHİR	0.68	0.11	0.44	1		
ULUABAT	0.49	0.98	-0.05	0.13	1	
SAPANCA	0.50	0.88	0.10	0.05	0.90	1

*koyulaştırılmış değerler %5 anlam düzeyinde anlamlıdır.

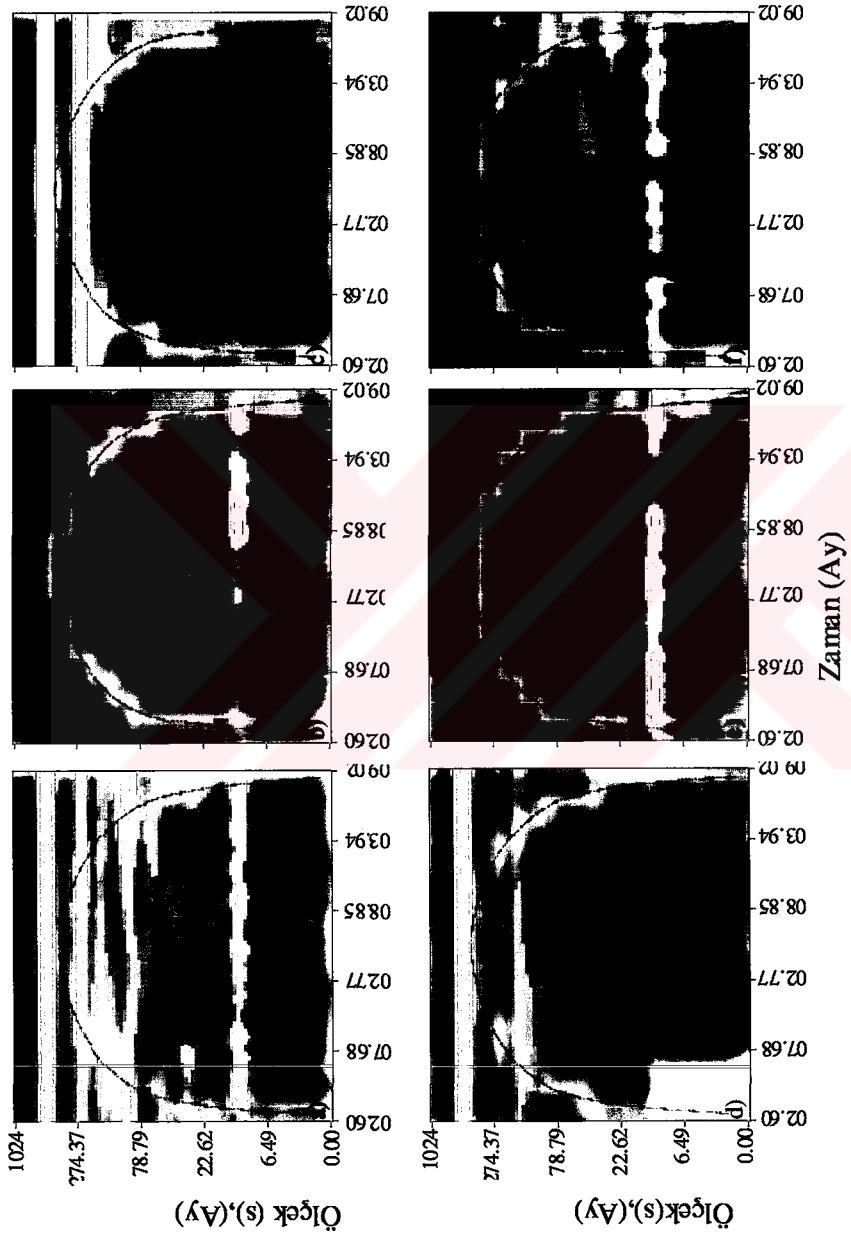
Van gölü iklimsel bir geçiş bölgesindeki yerleşiminden ve Türkiye'nin en büyük alana sahip gölü olduğu için çok değişik iklim şartları altındadır. Van gölü, su seviyeleri sürekli olarak yükselme problemi etkisi altındadır. Van gölü kapalı bir havzaya sahip olup doğal yada suni herhangi bir çıkışı yoktur. Ayrıca suyunun yüksek derecede sodalı olması göl sularının içme ve sulama suyu olarak kullanılmasını önlemektedir. Güneş etkinliğinde meydana gelen değişimler, yere yakın uzay durumumuz ve manyetosfer-iyonosfer-termosfer sisteminde var olan çok değişken, dinamik koşulları etkilemektedir. Güneş etkinliği dendiğinde etkinliğin süresi çeşitlilik gösterebilir. Bu çeşitlilik saniye, dakika ve saat gibi çok küçük zaman ölçeklerinde gerçekleşen güneş patlamaları, koronal kütle atımları, aylar boyunca sürebilen etkin bölgelerin evrimi ve yıllar sürebilen 11 veya 22 yıllık çevrimler gibi geniş bir yelpaze içinde olabilir Güneş üzerinde görülen en ilgi çekici olaylardan biri de güneş lekeleridir. Güneş lekeleri güneş yüzeyi üzerinde yoğunlaşan magnetik alanlardır. Siyah bölgeler olarak görülen bu lekeler geçici olaylardır. Orta büyüklükte bir güneş lekesi aşağı yukarı dünya kadar büyüktür. 300 yıl süresince güneş lekelerinin sayısı ortalama 11 yıllık dönemler halinde düzenli olarak artmış ve azalmıştır. En son güneş aktivitesi maksimumu 1989, minimumu da 1996 yılında gerçekleşmiştir (Ataç ve Özgüç, 2002).

Ülkemizde Van gölü üzerinde yapılan çalışmada göl su seviyesinin güneşteki leke sayıları ile birlikte paralel hareket ettiğini ileri sürmüştür. Güneş lekelerinin göl su

seviyesini etkileyeceğini düşünen araştırmacılar yaptıkları çeşitli çalışmalarda bu iki değişkenin uyum içinde olduklarını göstermiştir. Normal yıllarda göl seviyesi ile güneş lekeleri sayısı birbirleriyle çok uyum içerisindedirler ve bu iki değişkenin periyodu 11 yıl gidiş eğrisi ile uyum içerisindedir. Ancak güneş leke sayısında başlayan aktiviteyi göl seviyesi yaklaşık 1 yıl gecikmeyle izlemektedir, Şekil 3.27. Güneş lekesindeki aktivite hava şartlarını bozmakta ve bunun sonucunda daha çok bulutlu ortam dolayısıyla daha fazla yağışı getirmekte, ortam daha nemli olduğundan da buharlaşma oranı azalmaktadır. Böylelikle göl su seviyeleri yükselmektedir (Kempes ve diğ., 1978). Yapılan istatistik çalışmalar sonucunda güneş leke çevrimine ait ortalama periyot 11 yıl olarak tespit edilmiştir. Birbirini takip eden maksimumlar arasındaki uzaklık ise 7 ila 17 yıl arasında değişmektedir. (Güneş Fiziği, 2004).

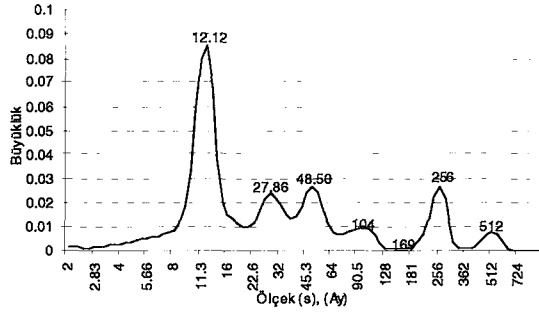
Aylık ortalama göl seviye verileri kullanılarak hesaplanan sürekli dalgacık dönüşümü ile Van gölünde tespit edilen 21,3 yıllık ve 14 yıllık periyodik olaylar Güneş etkinliği ile uyumaktadır. Zira güneş etkinliği 11 ila 22 yıl arasındaki geniş bir yelpazede çevrimlerden oluşabilmektedir. Yine 4 günlük ortalamalarla yapılan analizde de 11 yıllık periyodik bileşen baskın karakterde olduğundan güneş aktivitesini destekler bir sonuç olarak söylenebilir.

Van gölü su seviyeleri dalgalanmaları tamamıyla, hidrolojik çevrimin doğal etkisi ve iklim değişimlerinin drenaj havzasına tesiri sonucu olarak olduğu bir çok araştırmacı tarafından açıklanmıştır. Van gölü seviyeleri üzerinde bir çok çalışma yapılmasına rağmen bir çok gizli noktalar henüz açıklanamamıştır.

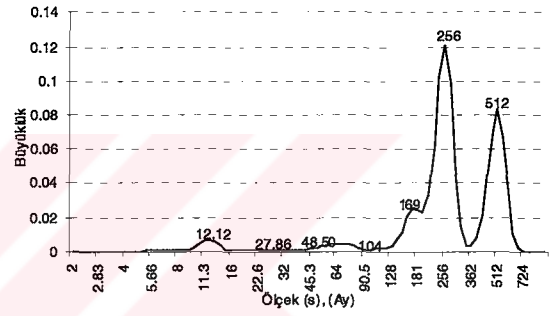
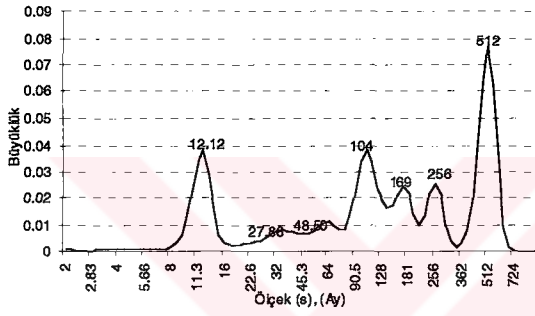
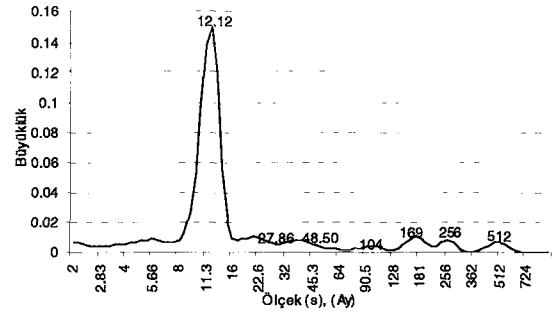


Şekil 3.25 : Aylık Ortalama Göl Seviyelerinin Sürekli Dalgacık Spektrumları a) İznik Gölü, b) Tuz Gölü, c) Van Gölü, d) Beyşehir Gölü, e) Uluabat Gölü, f) Sapanca Gölü.

a) Sapanca Gölü

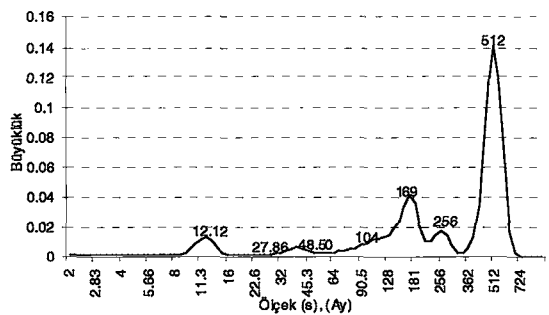
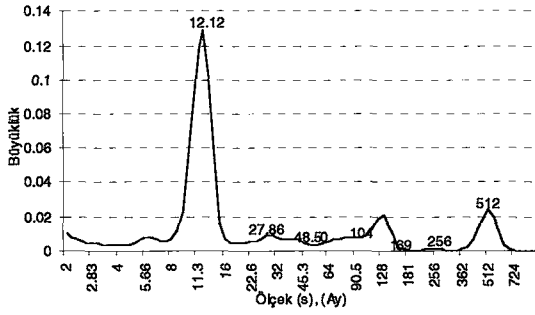


b) Uluabat Gölü



c) İznik Gölü

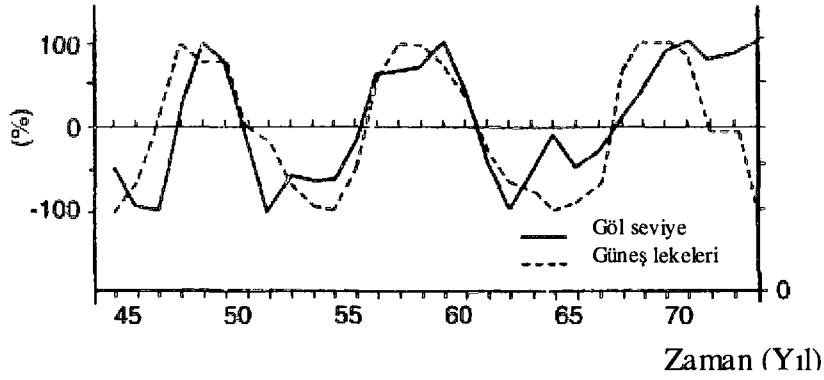
d) Van Gölü



e) Tuz Gölü

f) Beyşehir Gölü

Şekil 3.26 : Şubat 1960-Eylül 2002 Yılları Arası Aylık Ortalama Göl Seviyelerinin Global Dalgacık Spektrumları.



Şekil 3.27 : Van Gölü Su Seviyeleri ve Güneş Lekeleri Sayısı Arasındaki İlişki (Kempes ve diğ., 1978'den uyarlanmıştır).

3.6.3 Göl seviyeleri Global Spektrumunun NAO ile ilişkilerinin sonuçları

Kuzey Atlantik Salınımının Türkiye göl seviyelerine etkilerinin periyodik yelpazede analizi yapılarak, göl seviyeleri ile NAOI'nin periyodik yapı karakterlerini ortaya çıkarılıp aralarında olabilecek ilişkileri incelenmesi bu bölümde amaçlanmıştır.

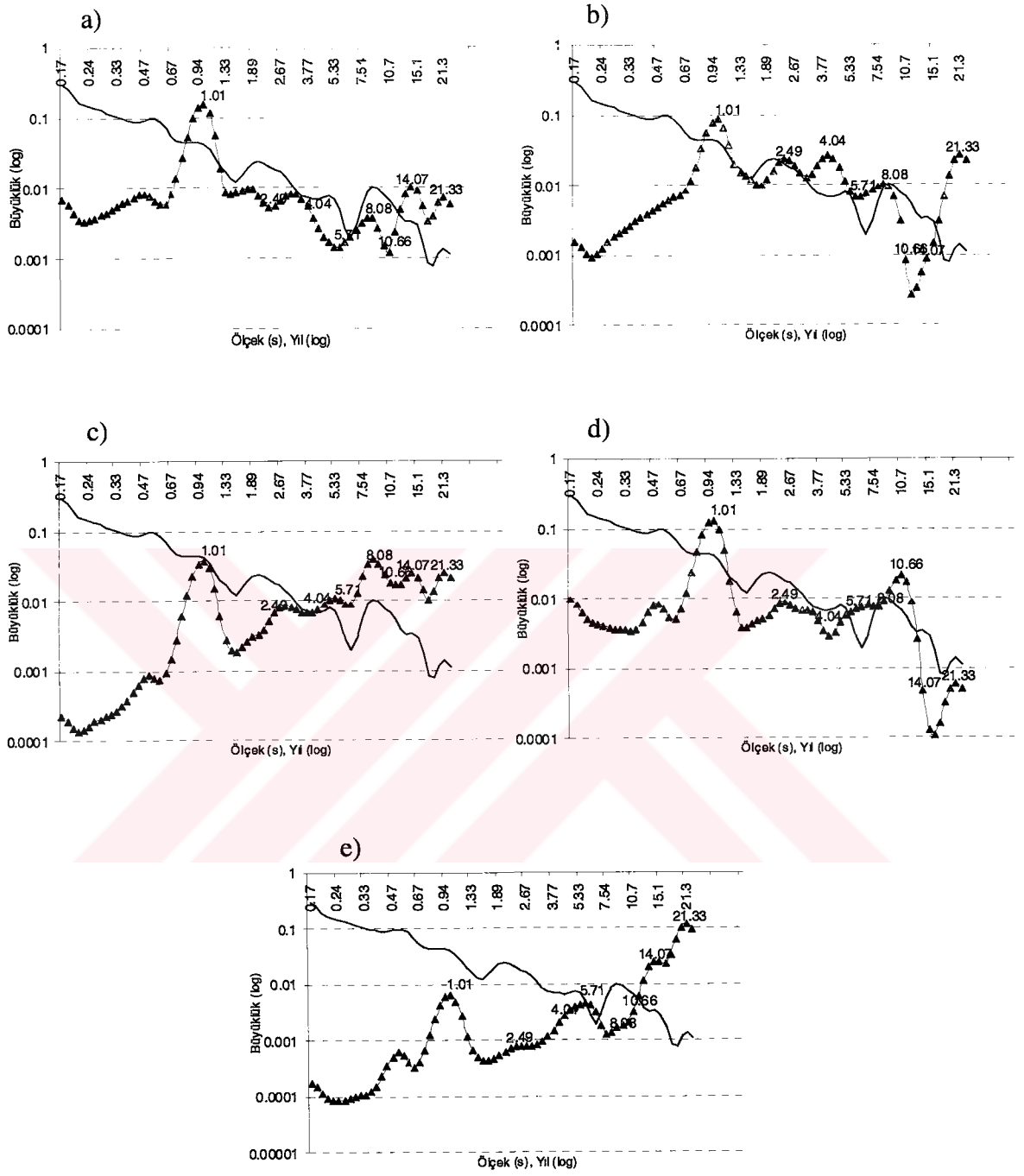
Daha önce yapılan çalışmalarda, NAO ile hidroklimatolojik değişkenler arasında kuvvetli ilişkiler özellikle kış sezonunda yapılan korelasyon analizleri sonucunda açığa çıkmıştır. Göl su seviyeleri ve NAOI kış sezonu (Aralık-Ocak-Şubat-Mart), dört aylık ortalama verilerinin (43 yıllık), dalgacık dönüşümü sonunda çıkan global spektrumlarında çok anlamlı ilişkiler bulunmamıştır. Alternatif olarak kış ayları göl seviyeleri ve kış ayları NAOI verilerini (Aralık-Ocak-Şubat-Mart ayları), bu dört aylık ayrı ayrı değerleri kullanmak düşünülmüştür. Böylelikle bu bölümde kış sezonunun bütün ayları düşünülerek NAO'nun göl seviyelerine etkisi, tüm aylar (4 ay) dikkate alınarak, bu iki serinin periyodik yapıları tespit edilip incelenmiştir. Ülke ölçeğinde göl seviyeleri değişimlerini NAO ile ilişkilendirebilmek için, Türkiye'nin değişik coğrafi bölgelerinde bulunan 5 göle ait su seviyeleri seçilmiştir. Bu göller; İznik, Uluabat, Sapanca, Tuz, ve Van gölleridir. Bu çalışmada aynı zaman diliminde, 1960 Şubat ayından 2002 Eylül ayına kadar, 170 aylık göl seviye ve 170 aylık NAOI verileri uygulamada kullanılmıştır.

Kış sezonu 4 aylık göl seviyeleri ile 4 aylık NAOI verilerinin global spektrumları, Uluabat, Sapanca, İznik, Tuz ve Van göl seviyeleri için, Şekil 3.28'de gösterilmiştir. Şekillerde hem yatay hem de düşey eksen logaritmik olarak ölçeklendirilmiştir. Göl

seviyeleri ile NAOI'nin global spektrumlarına dikkatli bakılırsa, 1 yıla kadar ki periyodikliği göz önüne alınmaz ise, NAOI ile Uluabat, Tuz ve Sapanca göl seviyelerinin, azalan eğim yönünde de birlikte uyum içinde salınım yaptıkları görülebilir. Yine 1 yıldan sonraki periyodik yapıda görüleceği üzere, artan eğilimle salınan İznik ve Van göl seviyeleri, azalan yöndeki NAOI ile negatif ilişki içindedir.

Şekil 3.28' de gösterilen, 4 aylık göl seviyeleri ve NAOI global spektrumlarında, bazı kısımlarda bu iki verinin spektrumları çok uyum içindeyken bazı kısımlarda negatif ilişkili olduğu görülmektedir. Bu hal, göl seviyeleri ile NAOI'nin global spektrumlarının 1 yıllık ölçekten 10 yıllık ölçek seviyesine kadarki bölümünde, NAOI etkisinin göl seviyelerine etkisinin çok fazla olduğunu düşündürmüştür. Bu 1 yıldan 10 yıla kadarki ölçekte, göl seviyeleri ile NAOI arasındaki global spektrum değerlerinin basit korelasyon analizleri yapılmıştır. Korelasyon sonuçları Tablo 3.16'da gösterilmiştir. Göl seviyeleri ile NAOI global spektrumları birbirleriyle oldukça uyumluyken sadece Van gölünde NAO ya zıt yönde ilişki tespit edilmiştir. Kış sezonu ayları göl seviyeleri ile kış sezonu ayları NAOI değerlerinin periyodik yapılarının benzerliği, yapılan korelasyon katsayı değerlerinde de oldukça anlamlı değerlerde çıkmıştır. 1 yıldan 10 yıl periyodik yapıları arasındaki korelasyonlar Uluabat, Sapanca ve Tuz göllerin üçünde de 0.73 çıkmıştır. İznik gölünde 0,03 bulunurken, Van gölünde -0.40 bulunmuştur. Bir yıldan on yıla kadarki göl seviyelerinin global spektrumlarında, Uluabat ve Tuz göl su seviyeleri 0,97 korelasyon katsayılı çıkmıştır. Bu oran oldukça yüksektir ve burada da bu iki göl seviyelerinin aynı periyodik yapı karakterli olduğunu saptanmıştır. Ayrıca Uluabat ile Sapanca göl seviyeleri arasındaki ilişki 0,88 bulunurken, Sapanca ile Tuz göl seviyeleri arasında 0,83 korelasyon ilişkisi bulunmuştur. Sapanca göl seviyelerinin kendisine çok yakın olan Uluabat ile 0,40 ve İznik göl seviyeleri ile de 0,26 ilişkisi olması İznik göl seviyelerinin bölge içinde farklı periyodik yapı karakterine sahip olduğu bir kez daha tespit edilmiştir.

Aylık NAOI ve aylık ortalama göl su seviyelerinin dalgacık dönüşümü sonucu hesaplanan global spektrumlarının bir yıldan on yıla ki süredeki periyodik yapılarının korelasyon sonuçları, bize Uluabat, Sapanca ve Tuz göl seviyelerinin Kuzey Atlantik Salınımından oldukça etkilendiği ortaya konulmuştur.



Şekil 3.28 : Kış sezonu 4 aylık Göl Seviyeleri ve NAOI Değerlerinin Dalgacık Spektrumları. a) Uluabat b) Sapanca c) İznik d) Tuz e) Van Gölleri. NAOI Sürekli Çizgiyle, Göl Seviyeleri Üçgen Çizgiyle Gösterilmiştir.

Tablo 3.16 : Kış sezonu 4 aylık Göl Seviyeleri ve NAOİ Global Spektrumları Korelasyon İlişkileri (1 yıldan-10 yıla kadar periyodik yapıları ile).

	NAOI	ULUABAT	SAPANCA	İZNİK	TUZ	VAN
NAOI	1					
ULUABAT	0.73	1				
SAPANCA	0.73	0.88	1			
İZNİK	0.03	0.40	0.26	1		
TUZ	0.73	0.97	0.83	0.45	1	
VAN	-0.40	-0.07	0.06	0.28	-0.17	1

*koyulaştırılmış değerler % 5 anlam düzeyinde anlamlıdır.

Sonuçlar Türkiye göl seviyelerinin salınımlarında, ana atmosferik gücün NAO olduğu konumsal ve zamansal olarak etki yaptığı gösterilmiştir. Özellikle Marmara ve İç Anadolu bölgelerinde bulunan göl seviyelerinin değişimine sebep olan temel atmosferik olayın NAO olduğu, yıllık ve 10 yıllar arası periyodlarla etkili olduğu ortaya çıkarılmıştır. Zaman ölçeğinde görüldüğü üzere NAOİ ana periyodik yapısının göl seviyeleri ile uyuşumu 10 yıllık periyoddan daha küçük olduğunu işaret etmektedir. Geçmişteki açıklanamayan Van gölü seviyeleri su değişimlerinde saptanan 10 yıldan daha büyük periyodik olaylar NAO'dan farklı iklimsel etkilerden meydana geldiğini söylenebilir. Sonuç olarak Kuzey Atlantik Salınımından Tuz, Uluabat ve Sapanca gölleri özellikle etkilenmektedir. Göl seviyelerinin sürekli dalgacık dönüşümü ile ortaya konulan periyodik yapısı, zaman içindeki değişimiyle NAO deniz seviyesi basıncı ile karşılaştırıldığında, NAO'nun negatif döneminde ıslak ve NAO'nun pozitif döneminde de kurak ilişki kurulabilir. Sonuç itibarıyla Türkiye göl seviyelerinin periyod-zaman ölçeğindeki analiziyle, net olarak NAO'dan etkilendiği ortaya konulmuştur.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Göl seviyelerindeki salınımların, sadece hava ve iklimin değişmesi sebebiyle meydana geldiği düşünülerek yapılan homojenlik analizi sonucunda, sadece 6 göl su seviyesi verilerinin homojen olduğuna (veri setinin aynı toplumdan geldiği) karar verilmiştir. Yapılan altı farklı homojenlik testinden, en az üçünde testi geçen verilerin homojen oldukları sonucuna varılmıştır. Bu göl seviyeleri; Uluabat, Aras Balık, Kovada, Manyas, Karadeniz Balık, Sapanca göllerine aittir. Tüm testlerde anlam seviyesi %5 alınmıştır. Uygulanan altı testin hepsinden başarı ile geçen tek göl seviyesi Aras Balık gölüdür. Üzerinde çalışılan 25 göl seviyesinin sadece 6 tanesinin homojen olarak kabul edilmesi, üzerinde düşülmesi gereken bir problem olduğunu ortaya çıkarmaktadır.

Ülkemizdeki göllere yapılan her türlü müdahalelerin, yetkili mercilerin izni dahilinde kayıt altına alınarak kontrollü olarak yapılması sağlanmalıdır. Türkiye’de göller üzerinde hidrometeorolojik değişkenlerin ölçümleri henüz yapılmamaktadır. Göl seviyesine doğrudan ve bütünüyle etkide bulunmalarından dolayı, hidrometeorolojik parametrelerin yetkili kurumlar tarafından göl üzerinde de ölçülmesi gerekmektedir.

Dalgacık dönüşümü analizlerinde, homojen olmayan veri setlerinin de kullanılması düşünülmüş, yapılan çeşitli denemelerde (yurt dışındaki çok uzun verili göl seviye verilerinde, Superior gölünün 100 yıllık verilerinin 75 yıllık homojen ve 75 yıllık homojen olmayan verileriyle) zaman serisinin homojen olmayan kısımları, özellikle ani sıçramaların, önemli periyodik bileşenler üzerinde bozucu bir etkisi görülmemiştir. Bu homojen olmayan kısımlar, sürekli dalgacık spektrumlarının zaman ekseninde geçici bazı enerji artışlarına neden olmuşsa da tüm zaman serisinin hakim periyotlarını fazlaca etkilemediği tespit edilmiştir. Dalgacık dönüşümünde kullanılan homojen olmayan göl seviyeleri Van, Tuz, İznik ve Beyşehir istasyon verileridir. Böylelikle dalgacık dönüşümünün homojen olmayan göl seviye zaman serileri için de kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Türkiye göl seviyelerinin mevsimsel değişkenliğinin coğrafi ölçeğini saptamak ve göl rejimleri hakkında fikir sahibi olmak için yapılan harmonik analizi sonucunda, birinci harmoniklerin açıkladığı varyans yüzdeleri oldukça yüksek çıkmıştır. Açıklanan varyans yüzdelerinin, en düşüğü Uzungöl seviyelerinde %71, en yüksek %99 ile Uluabat ve Manyas göl seviyelerinde tespit edilmiştir. Birinci harmoniklerin açıkladığı varyans yüzdelerinin yüksek olması, göllerin tipik depolama davranışlarından dolayı olduğu söylenebilir. Bu yüzden diğer hidrolojik parametrelerde erişilemeyecek kadar yüksek varyans yüzdelerine birinci harmonikte ulaşılabilir.

Ayrıca yapılan spektral ve dalgacık dönüşümü analizinde baskın periyodik yapının, bir yıllık döngü olduğu tespit edilmiş olup bundan dolayı göl seviyelerinin birinci harmoniği yüksek varyans açıklamaktadır. Uluabat göl seviyeleri zaman serisi bileşenlerinin açıkladığı 12 aylık periyodik bileşen, spektral analiz sonucunda % 71 olarak bulunmuştu. Birinci harmoniğe göre, en büyük genliğe sahip göl seviyesi Uluabat'ta 1.03 m. bulunurken, en düşük genliğe sahip göl seviyesi Tuz gölünde 0.14 m. tespit edilmiştir. Uluabat gölünün karstik yapısı, göl çevresinin tipolojik yapısının çok az değişken olması ve yağışın düzenli mevsimsel yapısından dolayı göl seviyesinin birinci harmoniğine göre genliği büyük olmaktadır.

12 aylık göl seviye kompozitlerin, tek bir maksimuma ve bir tek minimuma sahip oldukları kabul edilerek, salınımlarını temsil eden birinci harmonik eğrileri geçirilmiştir. Birinci harmoniğe göre, genel olarak Türkiye göllerinde maksimum seviyeler ilkbahar mevsiminde meydana gelmektedir. İlkbaharda maksimum göl seviyeleri kuzeybatı ve güneybatı bölgelerinde gözlenirken, yaz sezonunda pik göl seviyeleri doğu bölgelerimizde ve İç Anadolu'daki obruk göllerinde oluşmaktadır.

Göllere yakın istasyonlara ait yağış verileriyle yapılan, birinci harmonik sonuçlarına göre, maksimum yağışların meydana geldiği aylar; Ocak, Şubat Mart ve Nisan ayları olarak bulunmuştur. Yağışlar, sahil şeridinde yakın bölgelerde miktar olarak en çok Ocak ayında görülürken, iç kesimlere doğru Şubat, Mart ve Nisan aylarında en büyük değerlere ulaşmaktadır. Doğu bölgelerimizde Nisan ayında yağış en büyük genliğine ulaşmaktadır. Güney sahillerine yakın yerlerde, yağışın maksimuma ulaşması geç sonbahar ve erken kış mevsiminde olması, denizin siklonik hareketleriyle paralellikler gösterdiği görülmektedir. Anadolu'nun merkeze yakın yerlerinde yağışın maksimuma ulaştığı ayların Mart civarında olması ve göl seviyesi

ile yağışın gecikme farkının sadece bir ay olması dikkat çekicidir. Özellikle Tuz ve civarındaki göllerin, yağışı hemen bünyesine katmaları yer zeminin az geçirgen olması ve bitki örtüsünün fakir olması özelliklerinden kaynaklandığı söylenebilir.

Türkiye göl seviyelerinin eğilim analizi, 25 tane göl seviye istasyonuna ait yıllık ortalama göl seviyeleri için %5 anlamlılık düzeyinde yapılmıştır. Verilerin kısıtlı ve eksik değerlere sahip olmasından etkilenmeyen Mann-Kendall test istatistiği, verilerin içsel bağımlılığı göz önüne alınarak, 'pre-whitening' yöntemi ile serisel bağımlılık yeterli anlamlılık düzeyinde azaltılıp bu çalışmada kullanılmıştır. 25 istasyondaki göl seviyeleri için yapılan eğilim analizinde 9 istasyonun göl seviyelerinde istatistiksel anlamlı eğilim bulunmuştur. Diğer 16 göl seviyesinde ise istatistik olarak anlamlı eğilimler görülmemiştir. Gözlenen eğilimlerin, yaklaşık yarısı azalma yönündedir. Ülkenin, kuzey doğusu artan eğilim gösterirken güney batısı azalan eğilimdedir. Artan eğilimler; Efteni, Uzungöl, Van, Ladik göl seviyelerinde bulunmuştur. Azalan eğilimler; K. Obruk, T. Obruk, Akşehir, Eber, Gölhisar göl seviyelerinde tespit edilmiştir.

Partal (2002) tez çalışmasında Türkiye genelinde yağış verilerine (1929-1993 arası yıllık ortalama yağış verilerine) eğilim analizi uygulamış, bölgesel olarak önemli azalma olduğunu ortaya koymuştur. Türkiye genelinde özellikle batı, güney ve kuzeybatı bölümlerinde yağışlarda azalma eğilimi tespit etmiştir. Kahya ve Kalaycı (2004), 1964-1994 yılları arasında aylık akımlara parametrik olmayan testler uygulamış ve Türkiye'nin batısındaki havzalarda %5 anlamlılık düzeyinde azalan eğilimler saptamıştır. Diğer bir çalışmada, 2001 yılından geriye doğru en az 25 yıllık verileri kullanarak, akarsularımızda son 25-65 yıllık dönemde gözlenen akımların, eğilim analizini yapan Bayazıt (Bayazıt ve diğ., 2002), Türkiye'nin Trakya, Batı, Güney ve Orta bölgelerinde anlamlı azalan bir eğilim tespit etmiştir. Ayrıca EİE tarafından yapılan çalışmada bu bölgelere ek olarak, Güneydoğu Anadolu'daki ortalama akımlarda azalma bulurken Kuzey ve Doğu Anadolu bölgelerinde artış eğilimi saptamışlardır. Türkeş ve diğ, (1995) 1930-1992 sürecinde sıcaklık verilerinin eğilim analizini yapmış, özellikle Marmara ve Akdeniz bölgeleri olmak üzere genel bir azalma eğilimi tespit ederken sadece Doğu Anadolu'da hafif bir artış eğilimi saptamışlardır.

Türkiye genelinde yapılan; göl seviye, yağış, akım, sıcaklık eğilimleri birbirleriyle tam bir uyum içinde örtüşmekte, birbirlerini tamamlayıcı niteliktedir. Yapılan bu

farklı hidroklimatolojik parametrelerin aynı bölgelerde aynı yönde eğilimler göstermesi, bir iklim değişikliğinin varlığına işaret ettiği kabul edilip, derinlemesine çalışma yapılmasını düşündürmektedir.

Türkiye göl su seviyeleri ile NAO indisleri arasında yapılan ilişki analizleri sonuçları, yıllık ve kış sezonu göl seviyeleri dizilerinin NAO ile özellikle batı bölgelerimizde ısrarlı bir negatif ilişki bulunduğunu ortaya koymuştur. Göl seviye istasyonlarının pek çoğu NAOI dönemleri arasında belirgin bir zıt anomali deseni göstermiştir. Kuvvetli negatif dönemde, yıllık ve kış sezonu göl seviyelerinde bir artma, kuvvetli pozitif NAOI döneminde ise, yıllık ve kış sezonu göl seviyelerinde bir azalma deseni olduğu bulunmuştur. Kış ayları standart göl su seviyeleri anomalileri ile NAO negatif dönem indisi arasında yapılan korelasyon sonuçları; Sapanca(-0.70) ve Uluabat (-0.51) göl seviyelerinde anlamlı negatif ilişki saptanmıştır. Bölgesel olarak Türkiye'nin hemen hemen her yerinde istatistiksel anlamı olmayan negatif korelasyon katsayıları tespit edilmiştir. NAO pozitif dönem indisi ile kış ayları göl su seviyeleri arasında hesap edilen korelasyon ilişkileri, Eber (-0.44), Çavuşçu (-0.41) ve Gölhisar (-0.35) göllerinde %5 anlam düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Bölgesel olarak; Marmara Geçiş, Akdeniz, Akdeniz Geçiş ve Karasal İç Anadolu yağış rejimi bölgelerinde negatif ilişkiler, Karadeniz ve Karasal Doğu Anadolu yağış rejimi bölgelerinde pozitif korelasyon katsayıları tespit edilmiştir.

Türkiye Göl seviyelerinin Kuzey Atlantik Salınımı'na tespit edilen tepkileri daha önce ortaya konulan yağış ve akım değişkenleri ile yapılan sonuçlarla uyumlu bulunmuştur. Türkiye yağışları (Türkeş ve Erlat, 2003) ve akımlarındaki (Karabörk ve diğ., 2002) NAO etkileri, ülkemizde bölgesel farklılıklar gösterdiği tespit edilmişti. Bu farklılık göl seviyelerinde daha da belirgin olarak bulunmuştur. Göl seviyelerinin salınım koşullarının, yağış ve akıma göre çok daha dolaylı etkilerden meydana geldiği düşünülürse bu sonucun beklenebileceği düşünülebilir. Bu çalışma ile elde edilen sonuçlar Kuzey Atlantik Salınımı'nın Türkiye uzanımları ile daha önce ortaya konulan sonuçları doğrulamaktadır. Bu ilişkilerin istatistiksel olarak az anlamlı sonuçlar vermesi verilerin fazla uzun örnek olmayışından ve göl su tarihçelerindeki değişimlerin tam olarak tespit edilemeyişinden dolayı olduğunu düşündürmektedir.

Pasifik Okyanusu kökenli El Nino ve La Nina olaylarının ülkemiz göl su seviyelerine etkisi, yapay zeka modellemelerinin bir uygulaması olan radyal tabanlı yapay sinir ağları metodu ile simülasyon çalışması yapılarak, eğer El Nino ya da La Nina olayları olmasaydı göl seviyelerinde anlamlı farklar tespit edilebilecek miydi sorusuna cevaplar aranmıştır. Göl su seviyeleri veri setinde bulunan El Nino ya da La Nina yıllarına ait orijinal veriler çıkartılıp, yerlerine dolduran verilerin elde edilmesinde radyal tabanlı yapay sinir ağları metodu kullanılmıştır. Güney Salınımı'nın iki ekstrem fazının etkileri ülkemizde bulunan göl seviyelerinde de hissedildiğini gösteren bulgular elde edilmiştir. Hem El Nino hem de La Nina olaylarının göl seviyelerinde tepkileri beklenen rejimde ıslak yada kurak olarak tespit edilmiştir. Özellikle ülkemizin batı bölgesinde bulunan Sapanca ve Uluabat göl seviyeleri hem akım hem de yağışlar için daha evvelden tespit edilmiş sezonlarda El Nino'ya 'ıslak' tepki vermektedirler. La Nina olayları göl seviyelerimizi beklediğimiz şekilde 'kurak' olarak etkilemektedir. Ancak bulunan sonuçlar, yapılan istatistik testlerinde anlamlı bulunamamıştır. İstatistiksel olarak anlamlı olmasa da SO'nun göl seviyelerimize etkisi vardır.

Türkiye aylık ortalama göl su seviyeleri zaman serisi bileşenlerinin açıkladığı varyans yüzdeleri hesap edilmiş sonuçları aşağıdaki Tablo 4.1'de özetlenmiştir. Göl seviyelerinde hakim bileşen, 1 yıllık periyodik bileşen olarak Aras, Sapanca, Uluabat, K. Balık, Manyas, İznik ve Tuz göl seviyelerinde bulunmuştur. 12 aylık periyodik bileşeni, iç bağımlı bileşen takip etmektedir. İç bağımlılığı en yüksek göl seviyesi %55.2 ile Kovada gölünde bulunmuştur. Homojen göl seviyelerinde rastgele bileşenin açıkladığı varyans, eğilim bileşeninden fazla tespit edilmiştir. Homojen olmayan göl seviyelerinde gözlenen sıçramalardan dolayı, Van ve Beyşehir göllerinde eğilim bileşenleri en baskın bileşen olarak bulunmuştur.

Göl seviyelerinin otokorelasyon fonksiyonunun Fourier dönüşümü olan otokovaryans yoğunluk spektrumundan yararlanılan spektral analizde, göl seviyeleri oluşum sırası yerine tekkerürün fonksiyonu olarak incelenmiştir. Göl seviyeleri zaman serilerinin spektral analiz sonucunda, özellikle düşük frekanslarda (büyük periyotlarda) anlamlı spektrumların bulunduğu gözlenmiştir. Bu düşük frekanslarda (büyük periyotlarda) periyodik ve iç bağımlı bileşenler daha etkin tespit edilmiştir. Göl su seviyeleri özellikle büyük göller hafıza etki denilen daha evvelki zaman dilimden etkilenen diğer bir deyişle bir önceki seviyeden büyük oranda etkilenen

yapıya sahiptirler. Göl su seviyeleri zaman serilerinde saptanan büyük orandaki iç bağımlı bileşenler, göl su seviyeleri zaman serilerinin doğasında olan, depolama özelliğinden dolayı meydana geldiği düşünülmektedir.

Tablo 4.1 : Göl Seviyesi Zaman Serisi Bileşenlerinin Açıkladığı Varyans Yüzdeleri

Göl Seviyesi İstasyonu	Lineer Eğilim Bileşeni, (%)	Periyodik Bileşen, (%)	İç Bağımlı Bileşen, (%)	Rastgele Bileşeni, (%)
KOVADA	0	33.20	55.2	11.6
ARAS	1.20	65.00	26.5	7.2
SAPANCA	5.60	62.5	24.2	7.7
ULUABAT	3.50	71.0	15.5	9.9
K. BALIK	1.50	60.1	21.4	17.0
MANYAS	3.10	66.5	24.5	5.9
İZNİK	19.50	44.7	34.5	1.3
TUZ	1.10	54.9	25.6	18.4
VAN	51.90	13.00	34.2	0.9
BEYŞEHİR	48.00	12.60	33.2	6.2

Türkiye göl su seviyeleri zaman serilerinin spektral analizinde, anlamlı periyodiklerin 1 yıl ve daha uzun döngülere sahiptir olduğu bulunmuştur. Hakim periyodik bileşen bir yıllık iken bundan daha büyük periyodiklikler tam olarak saptanamamaktadır. Fourier dönüşümünün mahzurlu taraflarından biri de bulunan anlamlı periyodikliklerin ne zaman başlayıp ne zaman bittiğinin bilinmemesidir. Bu nedenle oluşan periyodik yapıların zamansal değişimlerine spektral analizde erişilememiştir.

Türkiye göl su seviyelerinin yapılan spektral analizi sonucunda genel olarak şu sonuçlara varılmıştır. Düzenli iklim rejimine sahip yerlerdeki göl seviyelerinde ‘periyodiklik’ ön planda iken, düzenli beslenen göl seviyelerinde ‘iç bağımlılık’, müdahalelere uğrayan (düzensiz beslenen veya çekilen) göllerde ‘rasgelelik’, göllerin doğal yada insan etkisiyle değişiminde de ‘eğilim’ faktörünün öne çıktığı tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışmada bulunan büyük oranlı kalıntı bileşenine rastlanan göl seviyelerinde, gölün beslenmesinin düzensiz veya göle insan etkisinin fazla olduğu sonucu çıkarılmıştır.

Gölü besleyen, yağış, akış, yeraltı suyu, kar erimeleri arasında gecikme farkı az olduğunda, göl seviyesi zaman serisinde periyodik bileşen büyük oranlara sahip olurken, beslenmeler arasındaki zamansal farkların çok olması ise periyodikliği bozucu etkide olduğu saptanmıştır.

Tuz gölü su seviyeleri, birinci harmonik sonuçlarında oldukça büyük varyans değerine %96 sahip olması, gölün düzenli bir beslenme rejimine sahip olduğunu ifade etmektedir. Tuz gölü havzasının kıraç yapısı, yağış: çok çabuk göle ulaştırmaktadır. Tuz gölünde, yağış ve göl seviye verileri ile hesaplanan birinci harmonikler arasında bir aylık gecikme farkı bulunmuştur. Tüm bu sebepler göl seviyesinde baskın bir yıllık periyodik bileşen (%55) oluşturmuştur.

Göl seviyeleri zaman serisini oluşturan bileşenlerin (eğilim bileşeni, periyodik bileşen, iç bağımlı bileşen ve rasgele bileşen) açıkladığı varyans yüzdelerinin frekans spektrumlarını göl seviyelerinin sürekli ve global spektrumlarla karşılaştırmak anlamlı olabilir. Göl seviyelerinin global spektrumlarında, Sapanca, Tuz ve İznik göl seviyelerinin bir yıllık periyodik bileşenlerinin büyüklüğünün Van ve Beyşehir göl seviyelerinden çok daha büyük değerde olduğu tespit edilmiştir. Göl seviyelerinde anlamlı bir yıllık periyodik bileşen, o bölgenin farklı dört mevsime sahip olduğunun delilidir. Kar erimelerin gecikmesi, Van ve Beyşehir göllerinde sırasıyla Haziran ve Mayıs ayında göl su seviyelerini maksimum seviyeye çıkarmaktadır. Bu iki göl seviyelerinin geç bahar ve yaz başında en pik seviyeye ulaşmasından dolayı, bu gecikme farklı sezon yapısını etkilemektedir. Göl havzalarının fiziksel karakteristikleri göl seviyeleri üzerinde çok önemli rol oynamaktadır. Göl seviyelerinin global spektrumlarındaki benzerliklere sebep olarak göllerin rakımlarının benzerliği, havzanın fiziksel karakteristikleri gösterilebilir. Göl seviyeleri buharlaşma, yerleşim şartları, zemin tipi, rezervuar kapasitesi, doğal olmayan etkiler, vb., etkilendikleri için analizlerde bu tip dolaylı faktörleri de düşünmek ve işin içine katmak gerekmektedir.

Van ve Beyşehir göllerindeki anlamlı eğilim bileşenleri diğer göllerden hayli fazladır. Van ve Beyşehir göllerindeki büyük lineer eğilimlerin fiziksel açıklaması yapılamamaktadır. Bu göllerin zaman serilerinden görüleceği gibi yavaş yavaş yükselen bir yapıda değildir.

İç bağımlı bileşenlerin bir yıldan daha büyük periyodik olaylarla oldukça uyumlu olduğu global spektrum ve varyans yüzdeleri ile karşılaştırıldığında görülmektedir. Özellikle İznik, Van, Beyşehir, ve Sapanca göllerinde bu ilişkiler yüksek iken Tuz ve Uluabat göllerinde daha azdır. Tuz ve Uluabat göl seviyelerinde büyük ölçekli olayların yokluğu, bu göllere ait sürekli ve global spektrumlarda görülmektedir. Tuz

ve Uluabat göllerinin zaman serilerinin spektral değerlerinde 4 ve 6 aylık periyotlarda iç bağımlı bileşenin önemli olduğu saptanmıştır.

Göl su seviyeleri ve atmosferik salınımlar, doğal yapılarındaki karmaşıklıktan dolayı analizlerinin yapılabilmesi için güçlü istatistik yöntemlere (araçlara) ihtiyaç duyarlar. Dalgacık dönüşümü tekniği işte bu kompleks yapıdaki olayları analiz etmemizde yardımcı olduğu bu çalışma sonucu tespit edilmiştir. Hem göl su seviyelerinin hemde NAO'nın periyodik yapılarının zamanla değişimleri dalgacık dönüşümü ile ortaya çıkartılmıştır.

Türkiye göl su verilerinin dalgacık dönüşümü iki farklı veri seti kullanılarak yapılmıştır. Birincisinde 4 günlük göl su seviyelerinin ortalaması alınarak oluşturulan veri seti ile günlük göl seviyelerinin dalgacık analizi yapılmıştır. Günlük göl seviyelerinin 4 günlük ortalaması alınarak oluşturulan bu veri seti 01/01/1961 yılından 06/06/1983 yılına kadar İznik, Tuz, Van, Beyşehir Uluabat ve Sapanca göllerinden oluşturulmuştur. İkincisinde ise 512 aylık ortalama göl su seviyelerinin Şubat 1960 yılından Eylül 2002 yılına kadarki, İznik, Tuz, Van, Beyşehir Uluabat ve Sapanca göl su verileri kullanılarak dalgacık dönüşümü yapılmıştır.

Göl seviyelerinin 4 günlük ortalama verileri ile sürekli ve global spektrumları dalgacık dönüşümü ile hesaplanmıştır. Kullanılan bu veri setiyle 136 aya (11 yıl) kadarki periyodik olaylar tespit edilmiştir. Hakim periyodik yapı bir yıllık bileşen olarak; Uluabat, İznik, Sapanca, Tuz göllerinde saptanmıştır. Beyşehir ve Van göl seviyelerinde 136 ay en baskın periyodik bileşendir. 4 günlük ortalama verilerin kullanılmasına rağmen küçük ölçekli periyodiklikler (bir yıldan daha küçük periyodik olaylar) sürekli ve global spektrumlarda net bir şekilde tespit edilememiştir.

512 aylık (42 yıl) ortalama göl seviyeleri veri setini kullanarak yapılan sürekli ve global dalgacık spektrumlarında ise büyük ölçekli olaylar baskın olarak saptanmıştır. Van gölünde hakim periyodiklik 256 ay (21 yıl), Beyşehir gölünde ise 169 ay (14 yıl) tespit olunmuştur. Sapanca, Uluabat, İznik ve Tuz göl seviyelerinde baskın periyodiklik 12 aylık bileşen bulunmuştur. Aylık göl seviyelerinin global dalgacık spektrumlarının birbirleri arasındaki korelasyon katsayılarında, 4 günlüklere göre azalmaların olduğu görülmüştür. Tuz-Van, İznik-Tuz, İznik-Van, İznik-Uluabat, İznik-Sapanca, Tuz-Beyşehir, Van-Uluabat, Van-Sapanca ve Van-Beyşehir göl

sevilerinin global spektrumları arasındaki korelasyon katsayılarında azalmalar meydana gelmiştir. Bunların nedeni, göl seviyelerinin uzun dönemdeki periyodik davranışının daha kısa dönemlere göre olan farklılığındandır. Yani göl seviyelerinin uzun dönem olayların etkisinden dolayı periyodik yapısının daha değişik ortaya çıkmasıdır. Tersine uzun dönem verileri kullanılarak elde edilen global dalgacık spektrumlarının, kısa süreli global dalgacık spektrumlarına göre bazılarında ise artmalar saptanmıştır. Bunlar; Uluabat-Tuz, Sapanca-Beyşehir ve Uluabat-Beyşehir gölleridir.

Bir bölgenin iklimsel karakteristikleri, hidroklimatolojik değişkenlerin, akım, sıcaklık, yağış gibi, mevsimsel değişimleri ile uyum içindedir. Yağış ve akım değişkenlerini de göz önüne alarak göl seviyelerinin dalgacık dönüşümü ile iklim karakterlerinin yıllar arasındaki periyodik yapısı ortaya çıkarılmıştır. Dalgacık dönüşümü uygulanan akım ve yağış serileri bize aylık veya sezonluk kullanılabilir bilgiler vermemiştir. Diğer yandan bir bölgenin uzun dönem periyodik olaylarını, göl seviyelerini kullanarak dalgacık dönüşümü ile kolay bir şekilde tespit edebileceğini saptanmıştır. Göl su seviyelerinin dalgacık spektrumları, iklim karakteristiklerinin yıllar arası periyodikliğini iklim parametrelerinden akım ve yağıştan kesin bir biçimde çok daha iyi açıklamaktadır.

Göl su seviyelerinin Dalgacık dönüşümleri sonunda genel olarak ana periyodik bileşen 1 yıllık periyodik bileşen olarak bulunmuştur. Yani genel olarak göl su seviyelerimiz yılda bir kez büyük yükselme yaşıyor. Bir yıllık periyodik bileşen genel olarak sürekli dalgacık spektrumlarında sürekli bir biçimde görülmektedir. Bazı istisna yıllar hariç olmak üzere tümünde temel periyodiklik bir yıl bulunmuştur. Dalgacık dönüşümü kullanılarak göl seviyelerinin periyodik olaylarının başlama ve bitiş tarihleri tespit edilmiştir. Bir yıllık periyodikliğin yanında bazı periyodik olaylar ilgi çekici olarak 104, 136, 256 aylık olarak sürekli bir biçimde sürekli dalgacık dönüşümünde meydana gelmektedir. Buradan şu anlaşılmaktadır, göl su seviyeleri 104, 136 ve 256 aylarda da bir büyük yükselmelere tabi olmaktadır. Büyük ve baskın periyodik bileşenler Van, Beyşehir ve kısmen İznik göllerinde saptanmıştır. Bazı uzun dönem periyodik olaylar astronomik olaylardan dolayı olmaktadır. Van gölündeki Güneş lekesi olayları gibi. Dalgacık dönüşümüyle bir yıldan kısa süreli periyodiklikler kolay bir şekilde bulunamamıştır. Ülkemizde bulunan göl su seviyeleri (genel olarak tüm göllerde) uzun dönem periyodik olaylardan

etkilenmektedir, diğer bir deyişle göl seviyelerinin tepkileri uzun periyodikler şeklindedir denebilir.

Dalgacık dönüşümü sonunda farklı iklim şartlarında bulunan göl su seviyelerin uzun dönem periyodik karakter yapıları birbirlerine oldukça benzerliklerin gösterdiği saptanmıştır. Uluabat ve Tuz göl seviyelerinin global dalgacık dönüşümleri arasındaki korelasyon katsayısı 0.98 bulunmuştur. Bu iki göl farklı bölge ve iklim koşullarına rağmen periyodik yapıları hemen hemen aynıdır. Oysa aynı coğrafik bölgede olmalarına karşın birbirinden oldukça farklı periyodik yapıya sahip göllerde tespit edilmiştir. Örneğin Sapanca, Uluabat ve İznik gölleri birbirlerine çok yakın yerleşimler yerlerinde bulunmalarına rağmen global dalgacık spektrumlarının korelasyon katsayıları Uluabat-Sapanca 0.90, İznik-Sapanca 0.64 ve İznik-Sapanca 0.24 olarak bulunmuştur. Yapılan diğer analizlerde de tespit edildiği üzere, İznik göl seviyelerinin tam olarak açıklanamayan bir davranışı vardır.

Öte yandan, göl havzasının fiziksel karakteristikleri göl seviyelerine en önemli rol oynayan etkenlerden birisidir. Göl seviyelerinin global spektrumların benzerliğine sebep olarak göllerin rakımları ve göl havzasının fiziksel karakteristikleri gösterilebilir. Göl seviyeleri, buharlaşma, yerleşim yerleri, toprak tipi, rezervuar kapasitesi, doğal olmayan etkiler, vb., etkilendiği için göl seviyeleri ile ilgili diğer çalışmalarda bu parametreler dikkate alınarak çalışmalar yapılmalıdır.

Türkiye göl su seviyeleri Kuzey Atlantik Salınımına, negatif tepki verdiği daha önceki çalışmalarda Türkiye yağış ve akım verilerinin sezonsal ve yıllık serileri ile NAOI verileri arasında yıllar arasındaki negatif ilişkiler bulunmuştu (yaz sezonu hariç). NAO anomalilerine Türkiye yağışları ve akımları yılda yıla değişimleriyle yanıt vermektedir. Ayrıca negatif ilişkiler özellikle kış sezonunda güçlü, sonbaharda daha az güçlü, ilkbahar sezonunda zayıf olarak seyretmektedir. Yaz sezonunda ise hemen hemen ilişki bulunamamıştır. Yine bu tez çalışmasında Türkiye göl seviye verileriyle Kuzey Atlantik Salınımı arasında, yıllar arası ve sezonlar veri serileri arasında anlamlı negatif ilişkiler tespit edilmiştir. Göl seviyelerini etkileyen hidroklimatolojik parametrelerin çoğu gölü doğrudan değilde dolaylı bir şekilde etkilemelerinden dolayı göl seviyelerindeki tepkileri diğerlerinden az olmaktadır.

Dalgacık dönüşümü ile NAO'nın Türkiye göl su seviyeleri salınımlarının konumsal ve zamansal değişimine neden olan temel atmosferik etkide bulunduğu saptanmıştır.

Özellikle Marmara ve İç Anadolu bölgelerimizdeki yerleşim bulunan göllerin su seviyelerinin, Marmara'da Uluabat ve Sapanca gölleri İç Anadolu' da Tuz gölü, yıllarasa ve onlu yıllarda zamansal ve konumsal değişimlerine temel etkinin NAO olduğu tespit edilmiştir.

Kış sezonu (Aralık-Ocak-Şubat-Mart ayları) göl seviyeleri ve kış sezonu NAOI'nin Dalgacık Dönüşümü ile elde edilen global spektrumlarında temel periyodikliğin 10 yıllık olaylardan az olduğu tespit edilmiştir. Bu periyodik yapının süreleri dikkate alınarak (10 yıldan az periyodikliklerle) NAOI'nun periyodik yapılarıyla, Uluabat, Sapanca ve Tuz göllerinin periyodik yapıları birbirleriyle çok uyumlu olduğu saptanmıştır. 1 yıllık ölçekten 10 yıllık ölçek seviyesine kadarki göl seviye ile NAOI global spektrumlar arasında korelasyon katsayıları Uluabat, Sapanca ve Tuz göllerinde 0.73 bulunmuştur. Van göl seviyelerinin global spektrumlarında ise -0.40 tespit edilmiştir. İznik gölü seviyelerinin de benzer periyodik desen göstermesi beklenmesine rağmen farklılığının, İznik gölüne yapılan insan etkisinin göl seviyesinin periyodik yapısını etkilediğinden dolayı olduğunu düşündürmektedir. Tuz ve Uluabat göl seviyelerinin 1 ila 10 yıl arasındaki periyodik yapıları arasındaki ilişki 0.97 gibi oldukça yüksek bulunmuştur. Bu periyod diliminde Uluabat ile Sapanca arasındaki periyodik ilişki 0.88 dir.

Dalgacık dönüşümü ile zaman-periyot analizlerine göre uzun dönem periyodik olaylar NAO'nun değişik iklimlere etkisinin aşıkâr belirtisidir. Doğu Bölgemizde bulunan Van göl seviyelerinde kısmen NAO etkisi saptanmıştır. Van gölü seviyelerinde açıklanmamış olayları düşünerek, Van gölü seviyelerinin periyodik karakter yapısı genel olarak 10 yıldan daha fazla olduğu global spektrumunda aşıkâr olarak görülmüştür. Genel olarak Uluabat, Sapanca ve Tuz göllerinin NAO'dan çokça etkilendiği sonucu çıkarılmıştır.

Göl seviyelerinin periyodik olayların zaman aralığı ile NAO deniz seviye basınç indeksi ile karşılaştırıldığında, ıslak periyotların negatif NAO dönemi ile ve kurak periyotların pozitif NAO dönemi ile ilişkili olduğu kolaylıkla fark edilmektedir. NAOI'nun ekstrem negatif olduğu yıllarda, göl seviyelerinin sürekli dalgacık spektrumlarında büyük enerji yoğunlaşmaları tespit edilmiştir. Kuvvetli pozitif NAOI yıllarında ise göl su seviyelerinin sürekli dalgacık spektrumlarında enerji azalmaları veya süreksizlikler saptanmıştır. Göl seviyelerinin sürekli dalgacık spektrumlarında, periyodik olayların zaman aralıkları NAO deniz seviyesi basınç

indeksi ile karşılaştırıldığında enerji fazlalığına (ıstak periyodlarda ya da yükselen göl seviyelerinde) negatif NAO ve enerji azlığına (kurak periyodlarda ya da azalan göl seviyelerinde) pozitif NAO karşılık geldiği ifade edilebilir.

Göl seviyelerinin zaman serilerinde büyük sıçramalar, düzensizlikler ve non-stasyonier karakter periyodik yapıyı etkileyen temel etkilerden biridir. Özellikle Van gölü seviyelerindeki sıçramalar gölün periyodik yapısını etkilemiştir. Bu etkileşimler, NAO'nın göl seviyelerine etkisi, zaman-ölçek analizinde açık bir şekilde görülmektedir. Kısmen İznik göl seviyelerinin periyodik yapıları da bu faktörlerden etkilenmektedir. Bununla birlikte Türkiye göl seviyelerinin zaman-periyot analizlerinde NAO'nun etkisi net bir şekilde tespit edilmiştir.

Bu çalışmanın gelecekteki göl seviyeleri ile hidrolojik değişkenler veya iklim indeksleri arasında ilişkiler incelenirken zaman-ölçek alanında göl seviyelerinin ana periyodik karakter yapısının aydınlatıcı olabileceği düşünülmektedir.

Daha önceki çalışmalar, NAOI ile hidroklimatolojik değişkenler arasında yapılan anomali ilişkileri ve korelasyon ilişkilerinin incelenmesi şeklinde yapılmakta idi. İlk defa bu çalışmada NAOI ile göl su seviyelerinin periyodik yapı karakterlerinin ilişkilendirilmesi şeklinde yapılmıştır. Çok çarpıcı olarak göl seviyeleri ile NAOI arasındaki periyodik yapı karakterlerindeki uyum, kış sezonunun 4 ayını (Aralık-Ocak-Şubat-Mart ayları) kullanarak hesap edilen periyodik yapının kış sezonu ortalamalarını kullanarak yapılan periyodik yapıdan çok daha fazla bulunmuştur. Bu sonuçtaki hassasiyet bize, Aralık-Ocak-Şubat-Mart aylarındaki göl seviyelerindeki yükselmelerin veya azalmaların NAO'dan kaynaklandığı ifade etmektedir.

Göl seviyelerinde tespit edilen ve anlamlı bulunan periyodik olaylar ayrık dalgacık dönüşümü ile sayısal değerleri hesap edilip göl seviye modelleme çalışmalarında, özellikle yapay zeka tekniklerinde, bu değerleri de değişken olarak ilavesiyle modelleme yapılması çok daha gerçekçi ve başarılı sonuçlar almamızı sağlayacağı düşünülmektedir.

Spektral analiz ve dalgacık dönüşümleri sonucunda ülkemiz göl seviyelerinin hakim periyodik yapı karakterinin bir yıllık periyodik bileşen olduğu bulunmuştur. Batı bölgelerimizde bir yıllık periyodik olaylar baskın iken iç ve doğu bölgelerinde 11 ve 21 yıllık periyodik olaylar daha baskın bulunmuştur. Sapanca, Uluabat ve Tuz göl

seviyelerinde hakim periyodik yapı 12 aylık iken Van ve Beyşehir göl su seviyelerinde hakim periyodik yapı 11 ve 21 yıl olarak tespit edilmiştir.

Yapılan çalışma sonucu Türkiye’de bulunan göllerin tek bir otoriteden yönetim ve kontrol ünitesi ile ihtiyacı olan yasal gücünün de verilerek sorumlu tutulmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Zira gölleri bir canlı organizmalar olarak düşünüp gerekli özenin gösterilmesi, çok geç kalınmış olması nedeniyle her türlü korumanın alınması, gereklidir.

Göl su seviyeleri için, dalgacık dönüşümü tekniği kullanımının çok yararlı olabileceği yapılan çalışma ile ortaya konulmuştur. Bu tezde sunulan analizlerin, gelecekteki göl seviyeleriyle ilgili çalışmalarda daha da kapsamlı olacak şekilde geliştirilmesi ve dalgacık dönüşümünün nicel yapısı istatistiksel anlamlılığı testlerle geliştirilip daha da ilerletilmesi ümit edilmektedir.



KAYNAKLAR

- Alexanderson, H.**, 1986. A Homogeneity test applied to precipitation data. *Journal Climatology*, **6**, 661-675.
- Asmar, B.N. and P. Ergenzinger**, 2002. Prediction of the Dead Sea dynamic behaviour with the Dead Sea- Red Sea Canal. *Advances in Water Resources*, **25**, 783-791.
- Ata, T. ve z, A.**, 2002. Gne evrimi ıkı kolunda gne etkinliği indekslerinin dnemli değiimleri. *XII. Ulusal Astronomi Toplantısı*. Antalya, 2-6 Eylül.
- Ayta, U.**, 2004. Dalgacıklar Teorisi, *İ.T. Bitirme devi*, İ.T.. Matematik Blm. İstanbul.
- Batıtrakya**, 2004. <http://batitrakya.dostweb.com/yapaysiniraglari/>
- Bayazıt, M., Cıgızoğlu, H.K. and nz, B.**, 2002. Türkiye Akarsularında Trend Analizi, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, **420-421-422**, 4-6.
- Bayazıt, M.**, 1981. Hidrolojide İstatistik Yöntemler, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, Gmşsuyu, İstanbul.
- Bayazıt, M.**, 1996. İnaat Mhendisliğinde Olasılık Yöntemleri, İ.T.. İnaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Brinkmann, W.A.R.**, 1983. Association between net basin supplies to Lake Superior and supplies to the lower Great Lakes region. *Journal Climate*, **3**, 167-177.
- Broomhead, D.S. and Lowe D.**, 1988. Multivariable functional interpolation and adaptive networks. *Complex System*, **2**, 321-323.
- Brunk, I.W.**, 1959. Precipitation and the Levels of Lake Michagan-Hurron. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, **64**, 1591-1595.
- Buishand, TA.**, 1981. The analysis of homogeneity of long term rainfall records in the Netherlands. KNMI Scientific Report WR 81-7, De Bilt, The Netherlands.

- Buishand, T.A.**, 1982. Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. *Journal of Hydrology*, **58**, 11-27.
- Bulu, A.**, 1976. Günlük Debilerin Stokastik Yapısı Dikkate Alınarak Taşkın Tekerrür Analizleri. *Doktora Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Changnon, S.A. and D.M. Jones**, 1972. Review of the influences of the Great Lakes on water. *Resources Research*, **8**, 360-371.
- Coğrafya**, 2004. <http://www.cografya.dostweb.com/>
- Cohen, S.J.** 1986. Impacts of CO₂ induced climatic change on water resources in the Great Lakes basin. *Climatic change*, **8**, 135-154.
- Conrad, V. and Pollak, L.W.**, 1950. Methods in Climatology. Harvard University Press, Cambridge.
- Cullen, H.M., deMenocal**, 2000. P.B. North Atlantic Influence on Turkish Climate and Water Supply, *International Journal Climatology*, **20**, 853-863.
- Cullen, H.,A. Kaplan, P.A. Arkin, P.B. DeMenocal**, 2002. Impact of the North Atlantic Oscillation on Middle Eastern climate and streamflow. *Climatic Change*, **55**, 315-338.
- Çevreorman**, 2004. <http://www.cevreorman.gov.tr/>
- Daubechies, I.**, 1990. The wavelet transform, time-frequency localization and signal analysis. *IEEE Transactions on Information Theory*, **36**, 961-1005.
- Demuth, H. and Beale, M.**, 2000. Neural Network Toolbox For Use With Matlab User's Guide Version 4, MA.
- Ellis, Andrew W., Johnson, Jennifer J.** 2004. Hydroclimatic Analysis of Snowfall Trends Associated with the North American Great Lakes *Journal of Hydrometeorology*, **5**, 471-486.
- Eltahir, E.A.B.**, 1996. El Nino and the natural variability in flow of the Nile river. *Water Resources Research*, **32**, 131-137.
- Golitsyn, G.S., Efimova L.K., Mokhow I.I., Rumyantsev, Somova N.G., Khon V. Ch.**, 2002. Ladoga and Onega Hydrological Regimes and Their Variations. *Water Resources*, **29**, 168-173.
- Graps, A.** 1995. An introduction to wavelets, IEEE Computational Sciences and Engineering.
- Güneş Fiziği**, 2004. <http://www.istanbul.edu.tr/fen/astronomy/egitim/gunesfizigi>

- Haan, C.T.**, 1977. Statistical Methods in Hydrology, Iowa State Press, Ames. Iowa.
- Harrison, S.P.**, 1988. Lake-level records from Canada and the eastern U.S.A., Lundqua Report. Malmö.
- Harrison, S., Prentice, I.C. and Guiot, J.**, 1993. Climatic controls on Holocene lake-level changes in Europe. *Climate Dynamics* **8**, 189-200.
- Hastenraht, S., Polzin D. and Francou B.**, 2004. Circulation variability reflected in ice core and lake records of the Southern Tropical Andes, *Climatic Change*, **64**, 2004, 361-375.
- Hirsch, R.M., Slack, J. R. and Smith, R.A.**, 1982. Techniques of trend analysis for monthly water quality data . *Water Resources Research*, **187**, 107-121.
- Hoog De, Bvan der Watteren**, 1995. The effects of climate variability on discharge as dependt on cathment characteristics in Upper Loire Basin France *Hydrological Sciences Journal*, **40**, 633-646.
- Hurrell, J.W. and H. Van Loon**, 1997. Decadal variations in climate associated with the North Atlantic oscillation, *Climatic Change*, **36**, 301-326.
- Hwang, C., Peng, M., Ning, J., Luo, J. and Sui C.-H.** 2005. Lake level variations in China from TPOEX/Poseidon altimetry: data quality assessment and links to precipitation and ENSO. *Geophysical Journal International*, **161**, 1-11.
- Isparta Çevreorman**, 2004. <http://www.ispartacevreorman.gov.tr/>
- Jenkins, G.M.**, 1961. General considerations in the analysis of spectra. *Technometrics*, **3**, 133-166.
- Jones, P.D and Hulme, EM.**, 1996. Calculating regional climatic time series for temperature and precipitation:Methods and illustrations. *International Journal of Climatology*, **16**, 361-377.
- Jones, P.D.**, 1995. Maximum and minimum temperature trends in Ireland, Italy, Thailand, Turkey and Bangladesh. *Atmospheric Research*, **37**, 67-78.
- Kadioğlu, M., Öztürk N., Erdun, H. and Şen Z.**, 1999. On the precipitation climatology of Turkey by harmonic analysis, *International Journal of Climatology*, **19**, 1717-1728.
- Kadioğlu, M.**, 1997. Trends in surface ait temperature data over Turkey, *International Journal of Engineering and Enviromental Science*, **19**, 335-341.

- Kahya, E. and Dracup, J.A., 1993.** US streamflows patterns in relation to the El Nino/South Oscillation. *Water Resources Research*, **29**, 2491-2503.
- Kahya, E. and Dracup, J.A., 1994.** The influences of Type 1 El Nino and La Nina events on streamflows in the Pacific southwest of the United States. *Journal of Climate*, **7**, 965-976.
- Kahya, E. and Karabörk, M. Ç. 2001.** The Analysis of El Nino and La Nina Signals in Stream Flows of Turkey, *International Journal of Climatology*, **21**, 1231-1250.
- Kalaycı, S. ve Kahya, E., 1998.** Susurluk Havzası Nehirlerinde su kalitesi Trendlerinin Belirlenmesi, *Turkish Journal of Engineering and Environmental Science*, **22**, 503-514.
- Kahya, E. and Kalaycı S., 2004.** Non-parametric tests Trend analysis of streamflow in Turkey. *Journal of Hydrology*, **289**, 128-144
- Karabörk, M. Ç., 2000.** El Nino ve La Nina olaylarının Türkiye’deki nehir akımları ve yağış değerleri üzerindeki etkileri, *Doktora Tezi*, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Karabörk, M. Ç., Kahya, E and Karaca, M., 2001.** The Analysis of El Nino and La Nina Signals in streamflows of Turkey. *International Journal of Climatology*, **21**, 1231-1250.
- Karabörk, M. Ç., Kahya, E and Karaca, M., 2005.** The influences of the Southern and North Atlantic Oscillations on climatic surface variables in Turkey. *Hydrological Processes*, **19**, 1185-1192.
- Karabörk, M. Ç., Kahya, E. and Karaca, M., 2002.** Kuzey Atlantik Salınımı ve Türkiye Üzerine Olası Etkileri, *Klimatoloji Çalıştay 2002*, İzmir. 11-13 Nisan.
- Karaca M., Anteplioglu, Ü. and Karsan, H., 1995.** Detection of urban heat island in Istanbul, Turkey, *Il Nuova Cimento*, **18**, 49-55.
- Karl, T.R., C.W. Williams, Jr., 1987.** An approach to adjusting climatological time series for discontinuous inhomogeneities, *Journal Climate Applied Meteorology*, **26**, 1744-1763.
- Kempes, S., Khoo, F. and Gürleyik, Y., 1978.** Hydrography of Lake Van and its drainage area. In Degen, M., Kurtman, X. The Geology of Lake Van.. *The Mineral Research and Exploration Institute of Turkey*, Report no.169, 30-45.

- Kendall, M.G.**, 1975. Rank Correlation Measures. Charles Griffin, London.
- Keskin, M.E ve Terzi, Ö.**, 2001. Yapay Sinir ağıları metodu ile buharlaşma miktarının belirlenmesi, *Mühendislikte Modern Yöntemler Sempozyumu*, İTÜ, İstanbul, 22-24 Haziran.
- Kirkyla, K.I. and Hameed, S.**, 1989. Harmonic analysis of the seasonal cycle in precipitation over the Unites States: A comparison between observations and general circulation model. *Journal of Climate*, **2**, 1463-1475.
- Kite, G.**, 1982. Analysis of Lake Victoria levels, *Hydrological Sciences*, **27**, 99-110.
- Kite, G.**, 1989. Use of time series analysis to detect climatic change, *Journal of Hydrology*, **111**, 259-279.
- Kladis, G.N. and Diaz, H.F.**, 1989. Global climate anomalies associated with extrem in the Southern Oscillation. *Journal Climate*, **2**, 1069-1090.
- Kottegoda, N. T.**, 1980. Stochastic Water Resources Technology, Macmillan, New York, New York.
- Krauss, E. B.** 1977. Subtropical droughts and cross-equatorial transports, *Monthly Weather Review*, **105**, 1009-1018.
- Kumar, P., Foufoula-Georgiou, E.**, 1993. A multicomponent decomposition of spatial rainfall fields 1. Segregation of large- and small-scale features using wavelet transforms. *Water Resources Research*, **29**, 2515-2532.
- Küçük, M.**, 2004. Dalgacık dönüşümü tekniği kullanılarak akım serilerinin modellenmesi. *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Labat, D., Ababou, R. and Mangin, A.**, 2000. Rainfall-runoff relations for karstic springs. Part II: continuous wavelet and discrete orthogonal multiresolution analyses. *Journal of Hydrology*, **238**, 149-178.
- Lins, H.F.**, 1985. Streamflow variability in the United States: 1931-78, *Journal of Climate an Applied Meteorology*, **24**, 463-471.
- Liu, P.C.**, 2000. Wave grouping characteristics in nearshore Great Lakes. *Ocean Engineering*, **27**, 1221-1230.
- Mann, H.B.**, 1945. Non-parametric test against trend, *Econometric*, **13**, 245-259.
- Mann, H.B. and Whitney, D.R.**, 1947. On a Test of Whether One of Two Random Variables is Stochastically Larger than the Other, *The Annals of Mathematical Statistics*, **18**, 50-60.

- Marchand, D., Sanderson, M., Howe, D. and Albaugh, C.,** 1988. Climatic change and Greath Lake levels-The impact on shipping. *Climatic Change*, **12**, 107-137.
- McCuen, R.H.,** 2003. Modeling Hydrologic Change Statistical Methods. Lewis Publisher, Boca Raton, Florida.
- McCabe, G.J. and L.E. Hay.,** 1995. Hydrologic effects of hypothetical climate changes on water resources in the East River basin, Colorado. *Hydrological Sciences Journal*, **40**, 303-318.
- Meinl, H. and Bach W.,** 1984. Socioeconomic impacts of climate change due to a doubling of atmospheric CO₂ content. Rep. To Comm. of Eur. Communities, Contract CLI-063-D, Brussels.
- Misiti, M., Misiti, Y., Oppenheim, G. and Poggi, J.,** 1997. Wavelet Toolbox User's Guide. The MathWorks, Inc.
- Naithani, J., Deleersnijder, Plisnier P.D.,** 2003. Analysis of wind-Induced Thermocline Oscillations of Lake Tanganyika, *Fluid Mechanics* **3**, 23-39.
- Nicholson, S.,** 1999. Historical and modern fluctuations of Lakes Tanganyika and Rukira and their relationship to rainfall variability. *Climate Change*, **41**, 33-71.
- Nicholson, SE. and Palao I.M.,** 1993. A re-evaluation of rainfall variability in the Sahel, *International Journal of Climatology*, **13**, 371-389.
- Özçelik, C. ve Benzeden, E.,** 2004. Göl Seviyelerinin Matematik Modelleri, s. 75-82 *4. Ulusal Hidroloji Kongresi, İ.T.Ü. İstanbul. 22-24 Haziran.*
- Öziş, Ü.,** 1973. Hidrolojik Süreçlerin incelenmesi, *Ege Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Fakülte Dergisi*, **1**, 101-120.
- Poggio, T. and Girosi F.,** 1990. Networks for approximation and learning. *Proceedings of the IEEE*, **78**, 1481-1497.
- Panizzo, A., Bellotti and P. De Girolamo,** 2002. Application of wavelet transform analysis to landslide generated waves. *Coastal Engineering*, **44**, 321-338.
- Partal, T.,** 2002. Türkiye Yağış Verilerinin Trend Analizi. *Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.*
- Peterson, TC., Easterling DR., Karl TR, Groisman P. Nicholls N., Plummer N., Torok S., Auer I., Böhm R., Gulev D., Vincent L., Heino R.,**

- Tuomenvirta H., Mestre O., Szentimrey T., Salinger J., Forland E.J., Hanssen-Bauer I., Alexandersson H., Jones P. and Parker D.,** 1998. Homogeneity adjustments of in situ atmospheric climate data: a review. *International Journal of Climatology*, **18**, 1493-1517.
- Pettitt A.N.,** 1979. A non-parametric approach to the change-point detection. *Applied Statistics*, **28**, 126-135.
- Piechota, T.C.,** 1997. Long-Range Seasonal Streamflow Forecasting and the El Nino-Southern Oscillation, UCLA.
- Piechota, T.C., Chiew, F. H. S. and Dracup, J. A., McMahon, T. A.,** 1998. Seasonal streamflow forecasting in the eastern Australia and the El Nino-Southern Oscillation. *Water Resources Research*, **34**, 3035-3044.
- Piechota, T.C. and Dracup, J.A.,** 1996. Drought and regional hydrologic variation in the United States: Associations with the El Nino-Southern Oscillation, *Water Resources Research*, **32**, 1359-1373.
- Piechota, T.C. and J.A. Dracup,** 1999. Long Range Streamflow Forecasting Using El Niño-Southern Oscillation Indicators. *Journal of Hydrologic Engineering*, **4**, 144-151.
- Piechota, T.C., Dracup, J. A. and Fovell, R.G.,** 1997. Western US streamflow and atmospheric circulation patterns during El Nino-Southern Oscillation. *Journal of Hydrology*, **201**, 249-271.
- Polonskii, A.B. and Basharin, D.V.,** 2004. North Atlantic Oscillation: Description, Mechanisms, and Influence on the Eurasian Climate, *Physical Oceanography*, **14**, 96-113.
- Qin B., Qun Huang.** 1998. Evaluation of the Climatic Change Impacts on the Inland Lake - A Case Study of Lake Qinghai, China. *Climatic Change*, **39**, 695-714.
- Radinow, S.N.,** 1994. Association Between Winter Precipitation and Water Level Fluctuations In The Great Lakes and Atmospheric Circulation Paterns. *Journal of Climate*, **7**, 1693-1771.
- Rasmusson, E.M.,** 1985. El Nino and variations in climate. *American Scientist*, **73**, 168-177.
- Ropelelewski, C. F. and Halpert, M. S.,** 1996. Quantifying Southern Oscillation-precipitation relationships, *Journal of Climate*, **9**, 1043-1059.

- Ropelelewski, C. F. and Halpert, M. S.,** 1986. North American precipitation and temparture paterns associated with the El Nino/South Oscillation. *Monthly Weather Review*, **114**, 2352-2362.
- Ropelewski, C.F. and P.D. Jones,** 1987. An extension of the Tahiti-Darwin Sout hern Oscillation Index, *Monthly Weather. Review*, **115**, 2161-2165.
- R-Project,** 2004. <http://www.r-project.org>
- Saco, P. and Kumar, P.,** 2000. Coherent modes in multiscale variability of streamflow over the United States. *Water Resources Research*, **36**, 1049-1067.
- Salas, J D., J. W. Delleur, V. Yevjevich and W.L. Lane,** 1980. Applied Modeling of Hydrologic Time Series. Water Resource Publications, Littleton, Colarado.
- Scott, C.M. and Shulman, M.D.,** 1979. An areal and temporal analysis of precipitation in the United States, *Journal Applied Meteorology*, **18**, 627-633.
- Silverman, D. and J. A. Dracup.** 2000. Artificial neural networks and long-range precipitation prediction in California. *Journal Applied Meteorology*, **39**, 57-66.
- Smith, G.I. and Street-Perrot, F.A.,** 1983. Pluvial Lakes of the Western United States, University of Minnesota Press.
- Street-Perrot, A. and Harrison, S.,** 1985. Lake levels and climate reconstruction. In Hecht, A.D., Paleoclimatic Analysis and Modeling. Newyork.
- Sun, H. and Furbish, D.J.,** 1997. Annual precipitation and river discharges in Florida in response to El Nino-and La Nina-sea surface temperature anomalies. *Journal of Hydrology*, **199**, 74-87.
- Şen, Z.,** 2002. İstatistik Veri İşleme Yöntemleri (Hidroloji ve Meteoroloji), Su Vakfı Yayınları. İstanbul.
- Tayanç, M. Karaca, M. and O. Yenigün,** 1997. Annual and seasonal air temperature trend patterns of climate change and urbanization effects in relation to air pollutants in Turkey. *Journal of Geophysical Research*, **102**, 1909-1919.
- Thomas, D.R., Hughes E. and Zumbo, B.D.,** 1998. On variable importance in lineer regression. *Social Indicators Research*, **45**, 213-285.
- Trenberth, K.E.,** 1997. The defination of the El Nino Bulletin of the American.

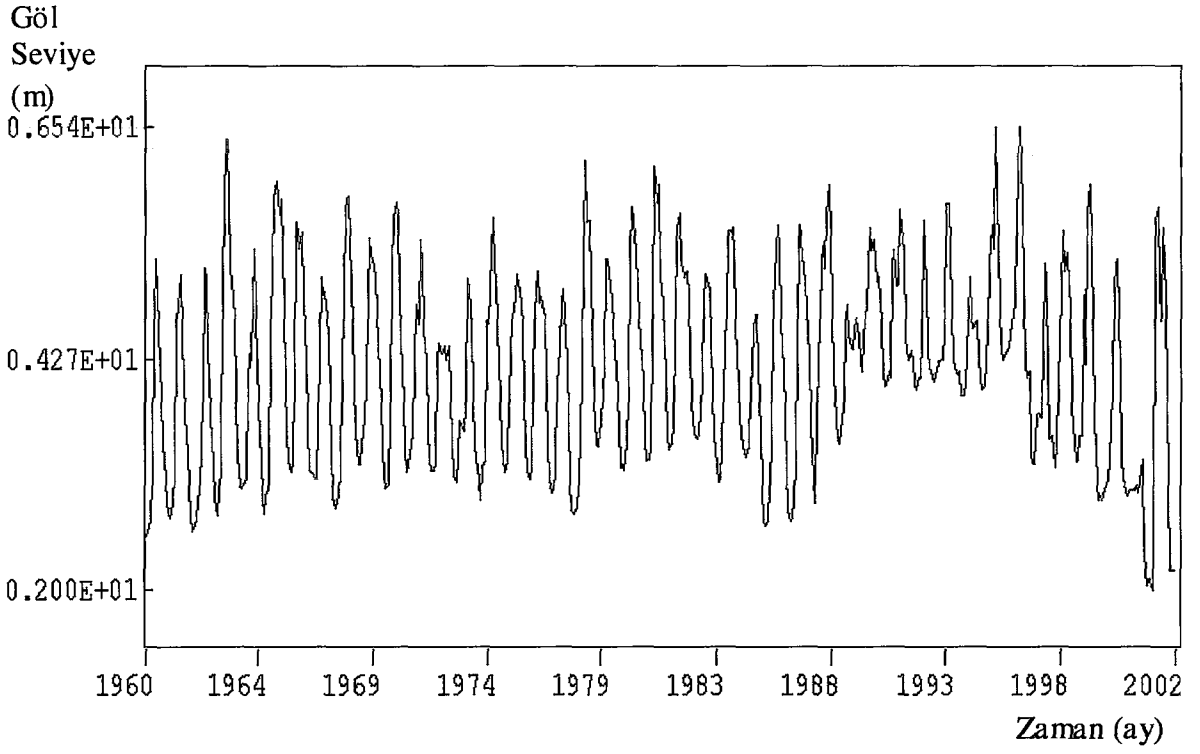
Meteorological Society, **78**, 2771-2777.

- Türkeş, M.**, 1996. Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey. *International Journal of Climatology*, **16**, 1057-1076.
- Türkeş, M.**, 1998. Influence of geopotential heights, cyclone frequency and Southern Oscillation on rainfall variations in Turkey. *International Journal of Climatology*, **18**, 649-680.
- Türkeş, M. and Erlat, E.**, 2003. Precipitation changes and variability in Turkey linked to the North Atlantic Oscillation during the period 1930-2000. *International Journal of Climatology*, **23**, 1771-1796.
- Türkeş, M., Sümer, U. M. and Kılıç, G.** 1995. Variations and trends in annual mean air temperatures in Turkey with respect to climatic variability. *International Journal of Climatology*, **15**, 557-569.
- Van Belle, G. and Hughes, J.P.**, 1984. Nonparametric tests for trend in water quality, *Water Resources Research*, **20**, 127-136.
- Von Neumann, J.**, 1941. Distribution of the ratio of the mean square successive difference to the variance. *Annals of Mathematical Statistics*, **13**, 367-395.
- Von Storch, H. and Navarra, A.**, 1995. Analysis of Climate Variability Springer, New York.
- Walpole, R.E.**, 1982. Introduction to Statistics. 4.th Ed. MacMillan Publishing Co. Newyork.
- Wijngaard, J.B., Klein Tank, A. M. G. and Können, G.P.**, 2003. Homogeneity of 20th Century European Daily Temperature and Precipitation series. *International Journal of Climatology*, **23**, 679-692.
- Yevjevich, V.**, 1972. Stochastic Processes in Hydrology, Water Resources Publication, Fort Collins.
- Yu, Y.S., Zou, S. and Whittemore, D.**, 1993. Non parametric trend analysis of water quality data of rivers in Kansas. *Journal of Hydrology*, **150**, 61-80.
- Zhang, X., Harvey, K.D., Hogg, W.D. and Yuzyk, T.R.**, 2001. Trends in Canadian Streamflow, *Water Resources Research*, **37**, 987-998.

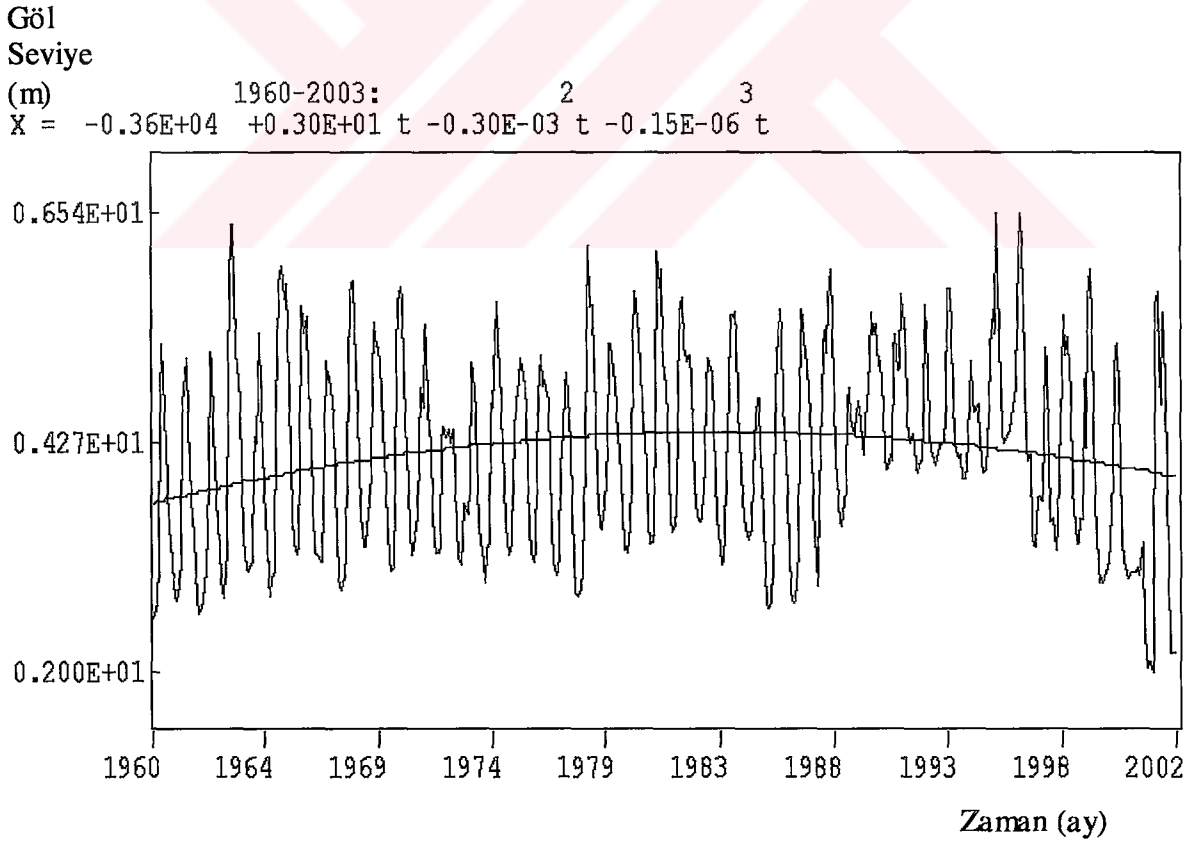
EKLER

EK A: SPEKTRAL ANALİZ SONUÇLARI



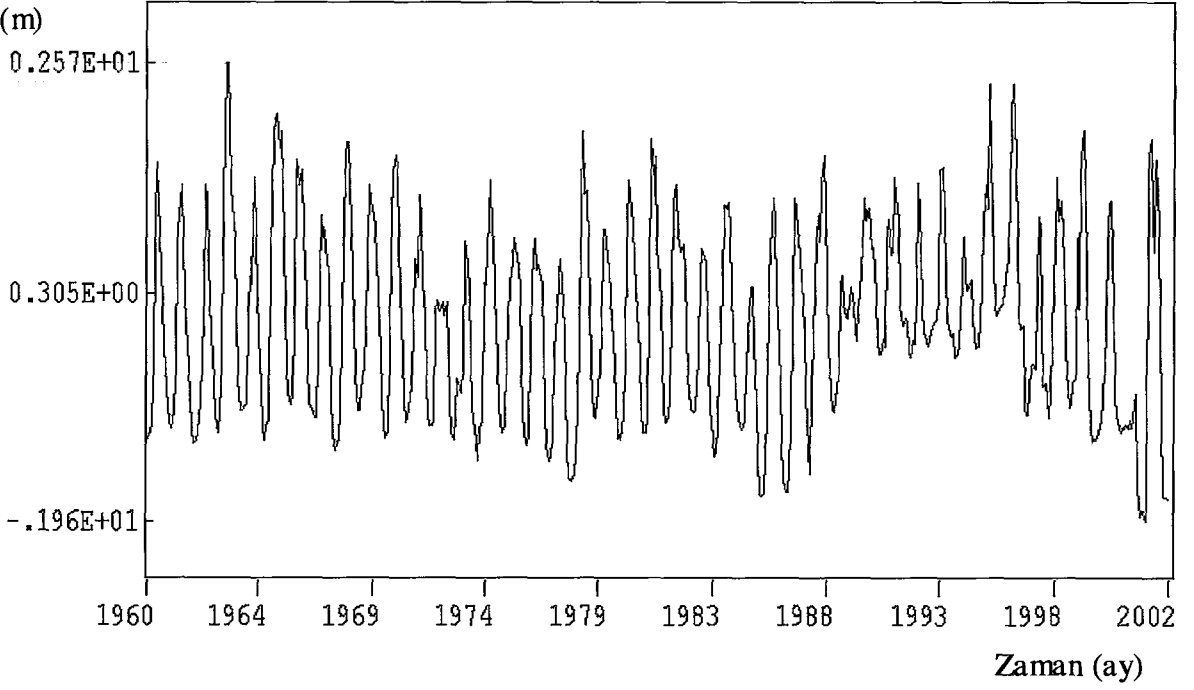


Şekil A.1 : Uluabat Gölü Aylık Ortalama Su Seviyesi Zaman Serisi.



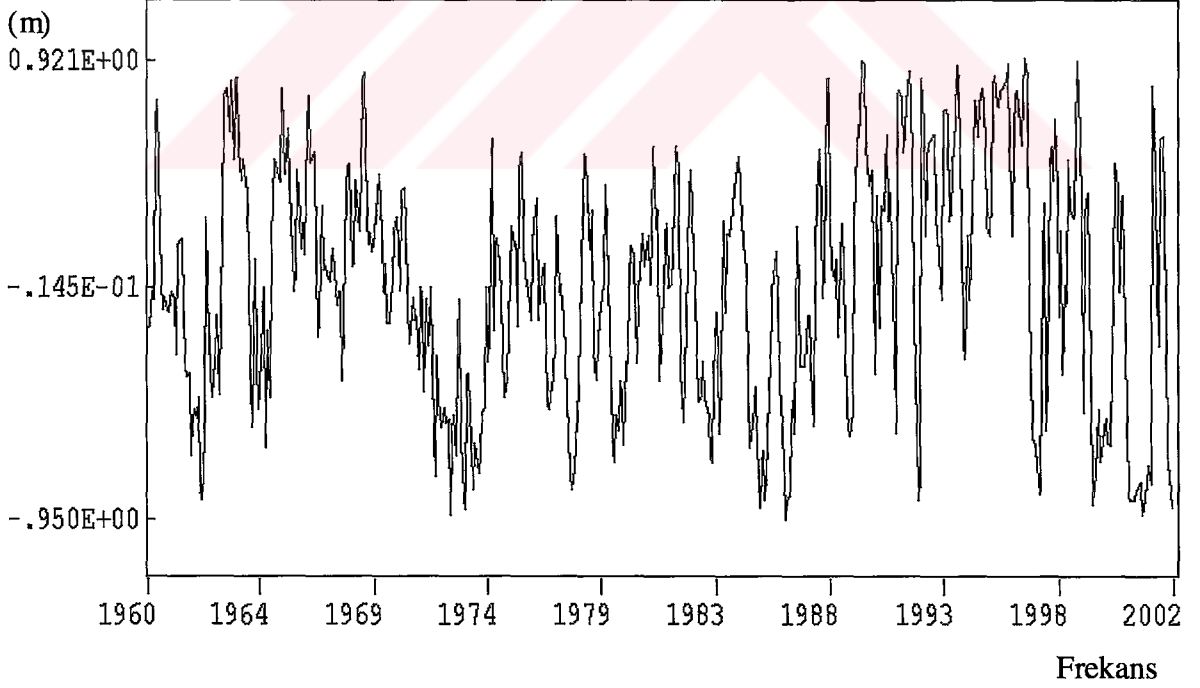
Şekil A.2 : Uluabat Gölü Aylık Ortalama Su Seviyesi Zaman Serisi ve Eğilim Bileşeni.

Göl
Seviye
(m)



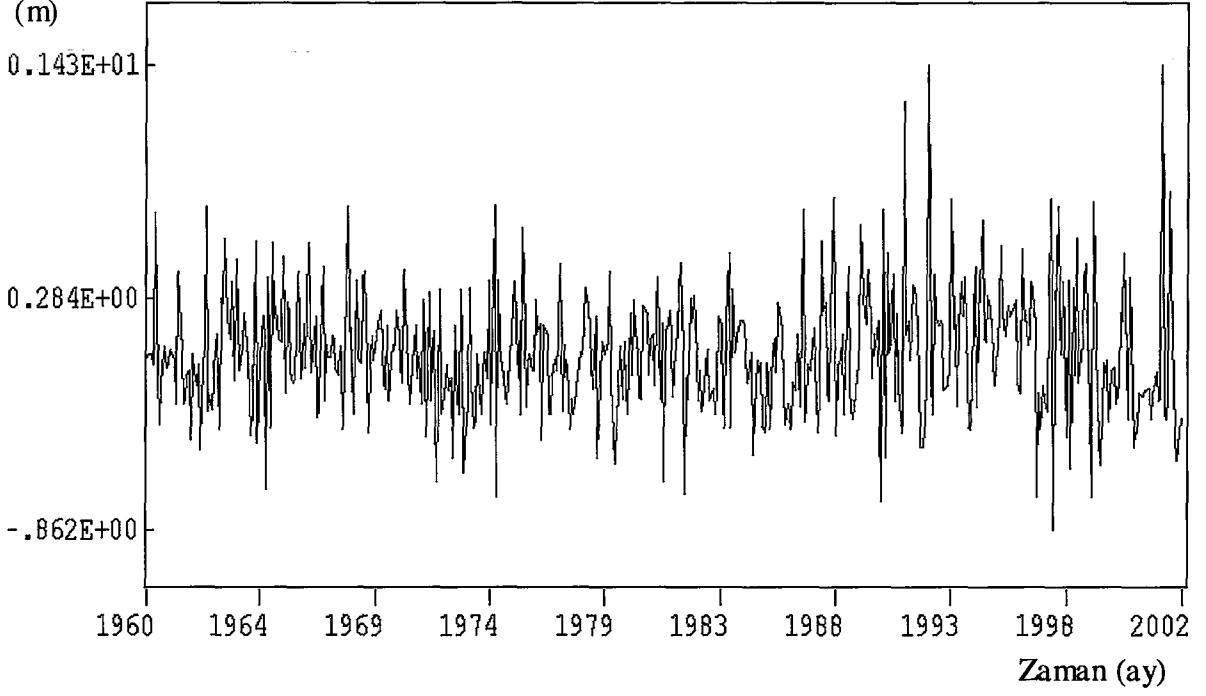
Şekil A.3 : Uluabat Gölü Aylık Ortalama Göl Seviyelerinin Eğilim Bileşeni Çıkarılmış Zaman Serisi.

Göl
Seviye
(m)



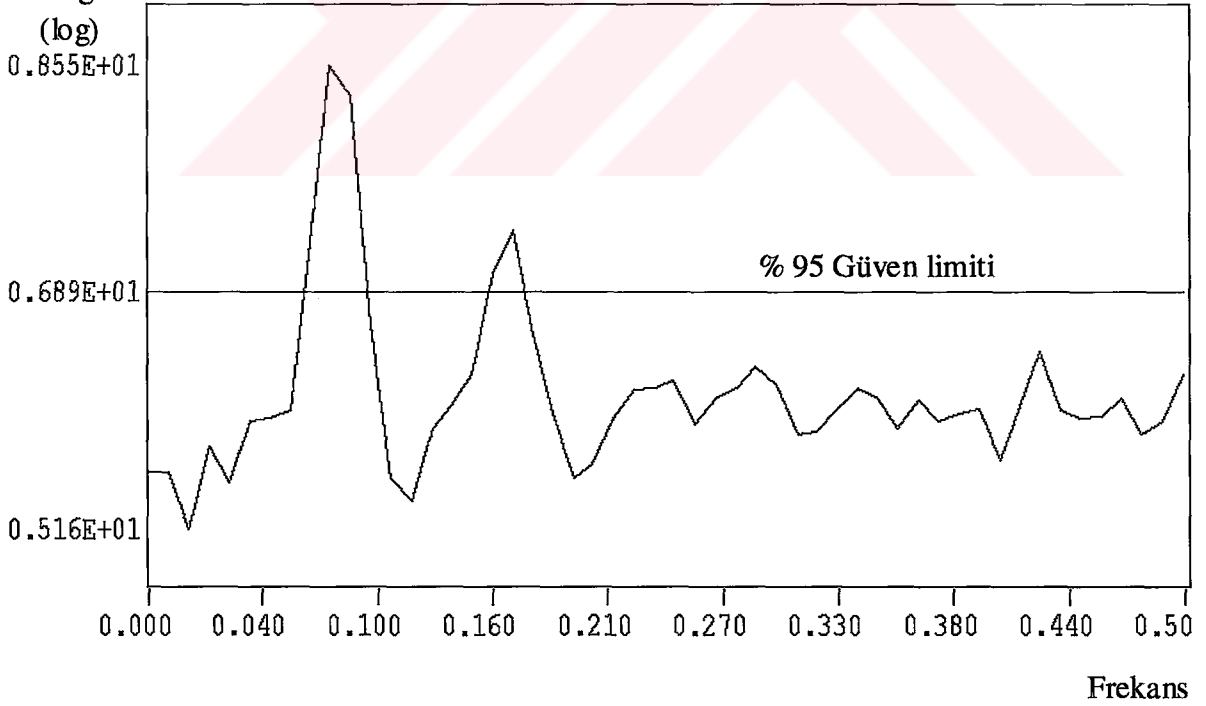
Şekil A.4 : Uluabat Gölü Aylık Ortalama Seviyeleri Zaman Serisinden, Eğilim ve Periyodik Bileşeni Giderilmiş Seri.

Göl
Seviye
(m)

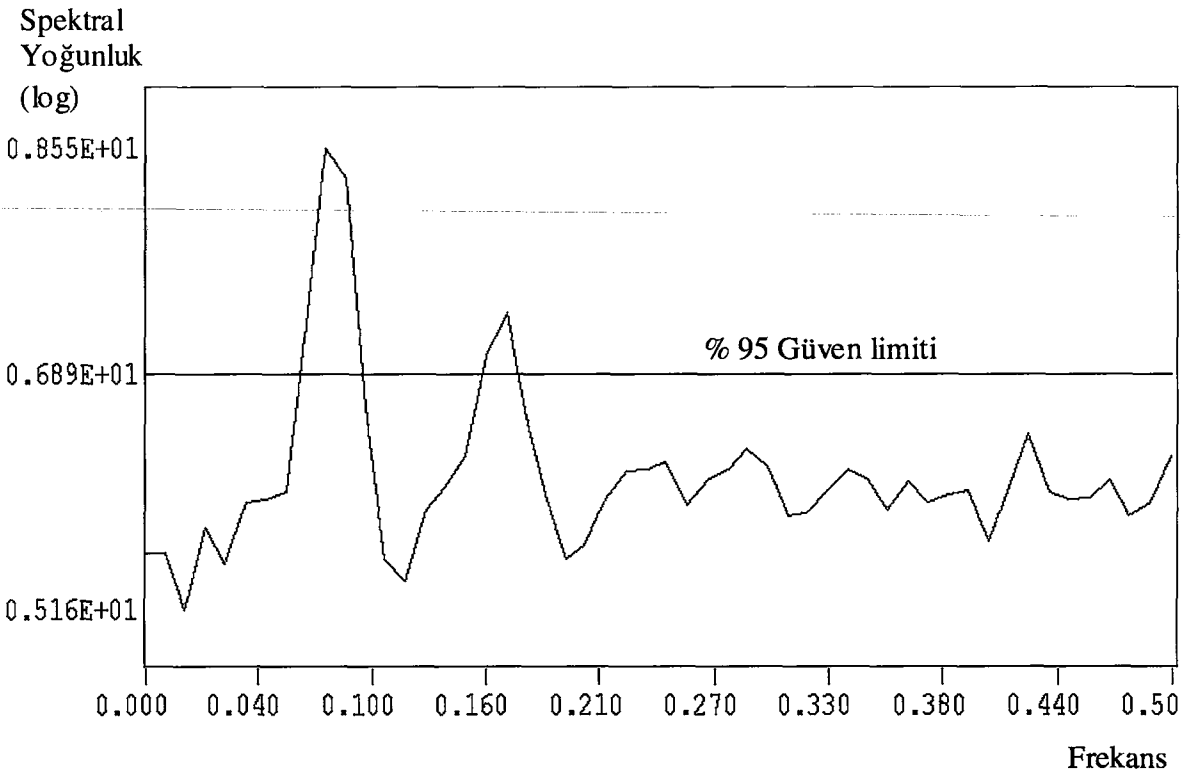


Şekil A.5 : Uluabat Gölü Aylık Ortalama Seviyelerinden, Eğilim, Periyodik ve İç Bağımlı Bileşen Çıkarıldıktan Sonraki Zaman Serisi.

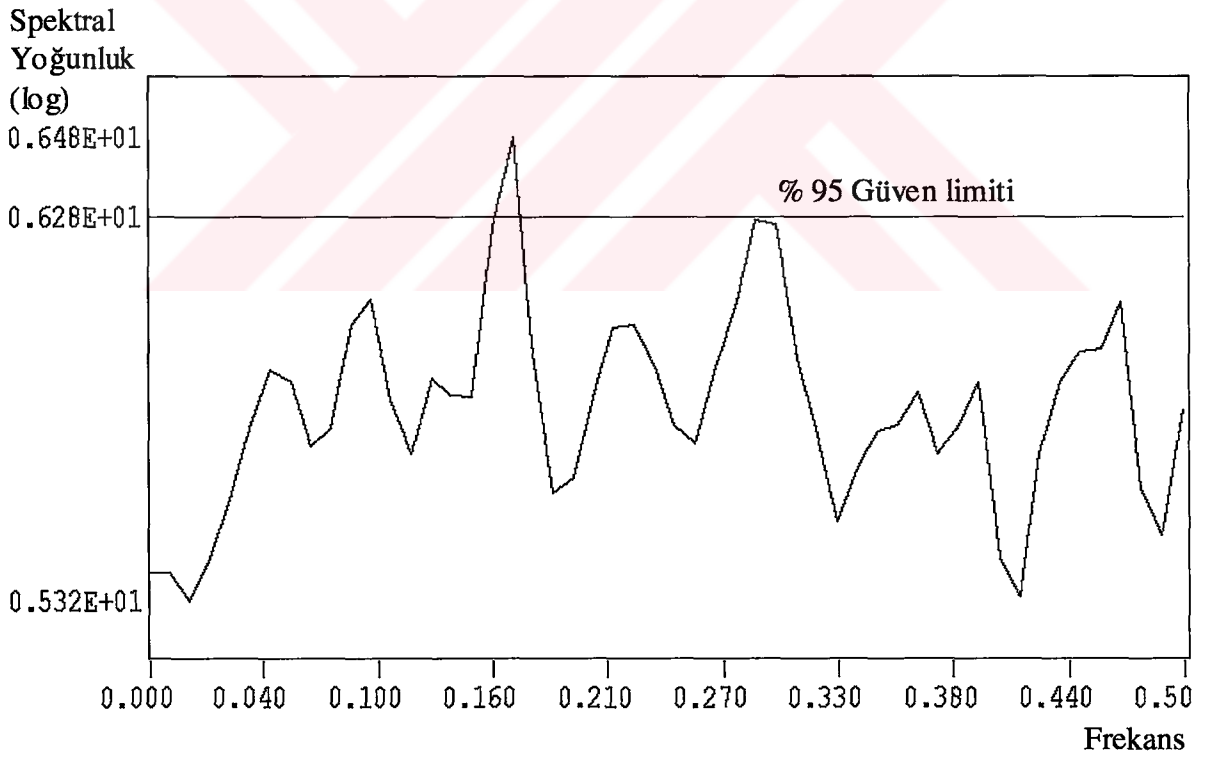
Spektral
Yoğunluk
(log)



Şekil A.6 : Bursa Yağış İstasyonu Orijinal Zaman Serisi Spektral Değerleri.

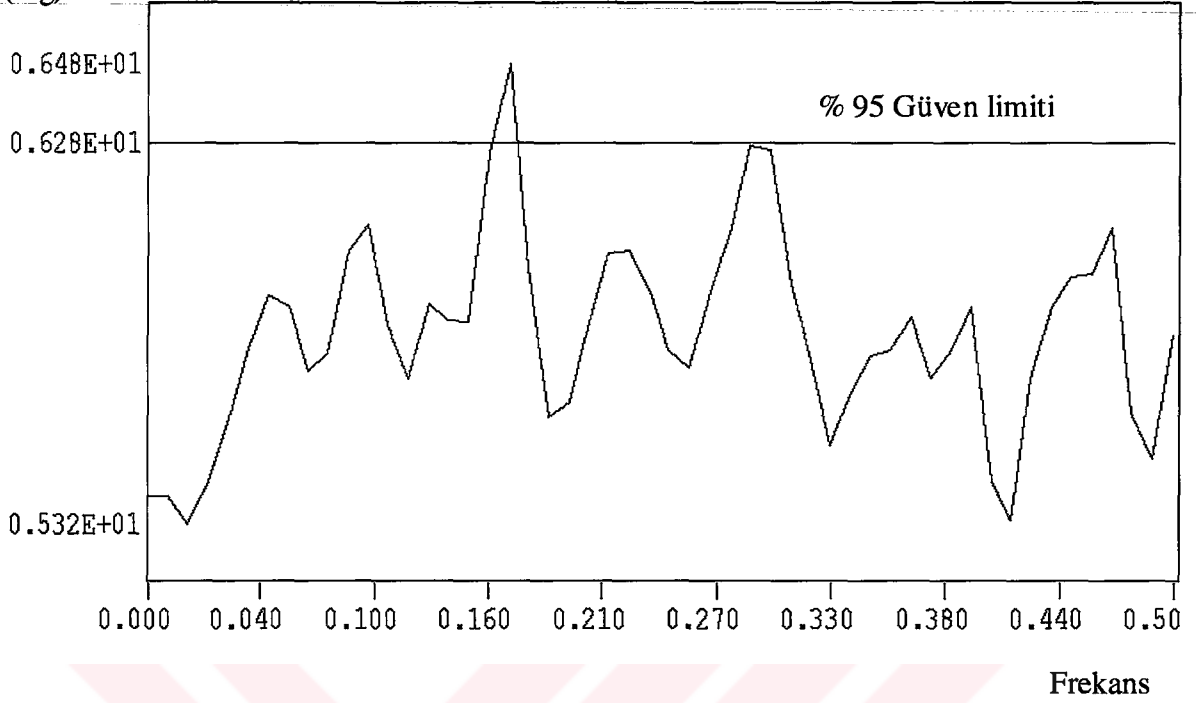


Şekil A.7 : Bursa Yağış İstasyonu Eğilim Bileşeni Giderilmiş Serinin Spektral Değerleri.



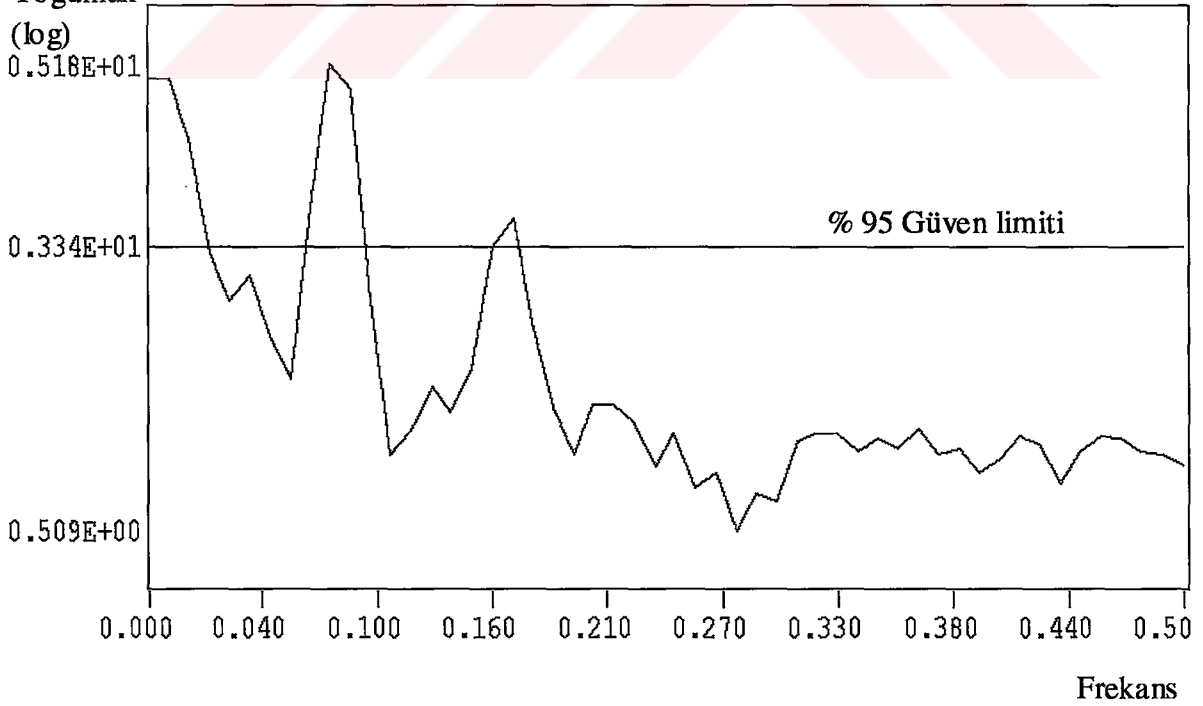
Şekil A.8 : Bursa Yağış İstasyonu Eğilim ve Periyodik Bileşeni Giderilmiş Serinin Spektral Değerleri.

Spektral
Yoğunluk
(log)

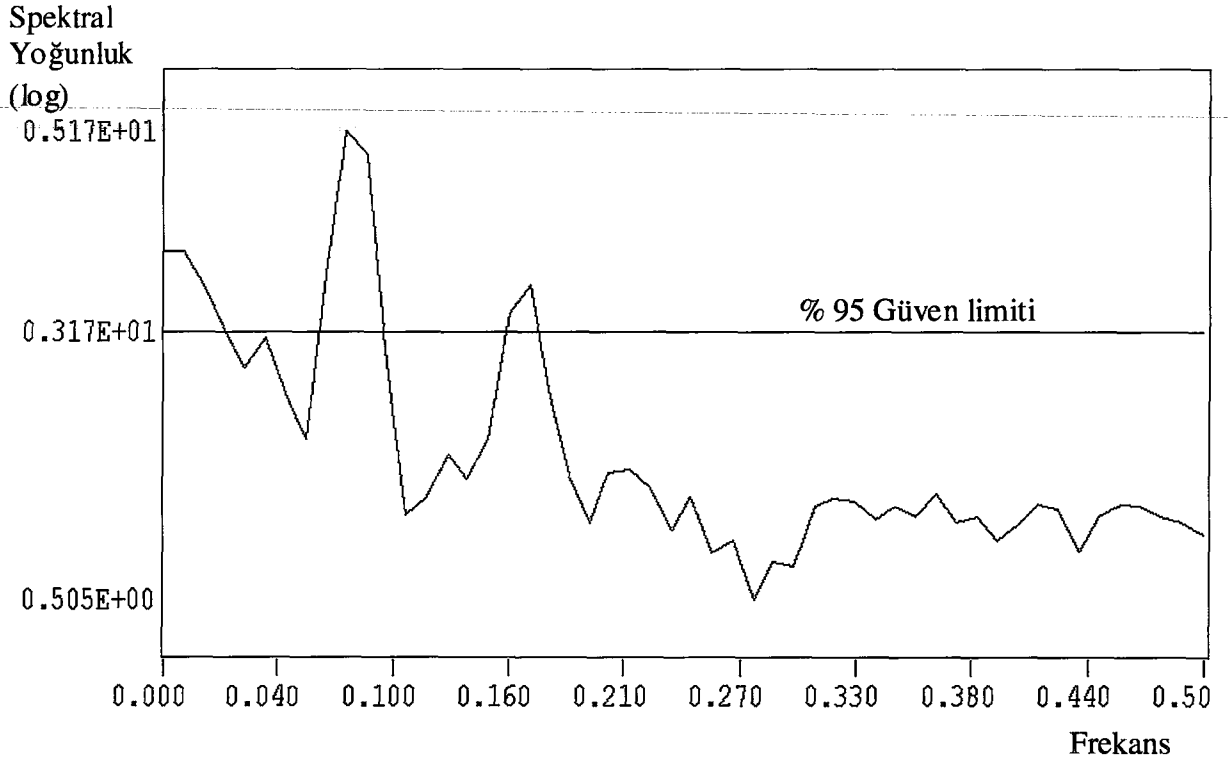


Şekil A.9 : Bursa Yağış İstasyonu Eğilim, Periyodik ve İç Bağımlı Bileşeni Giderilmiş Serinin Spektral Değerleri.

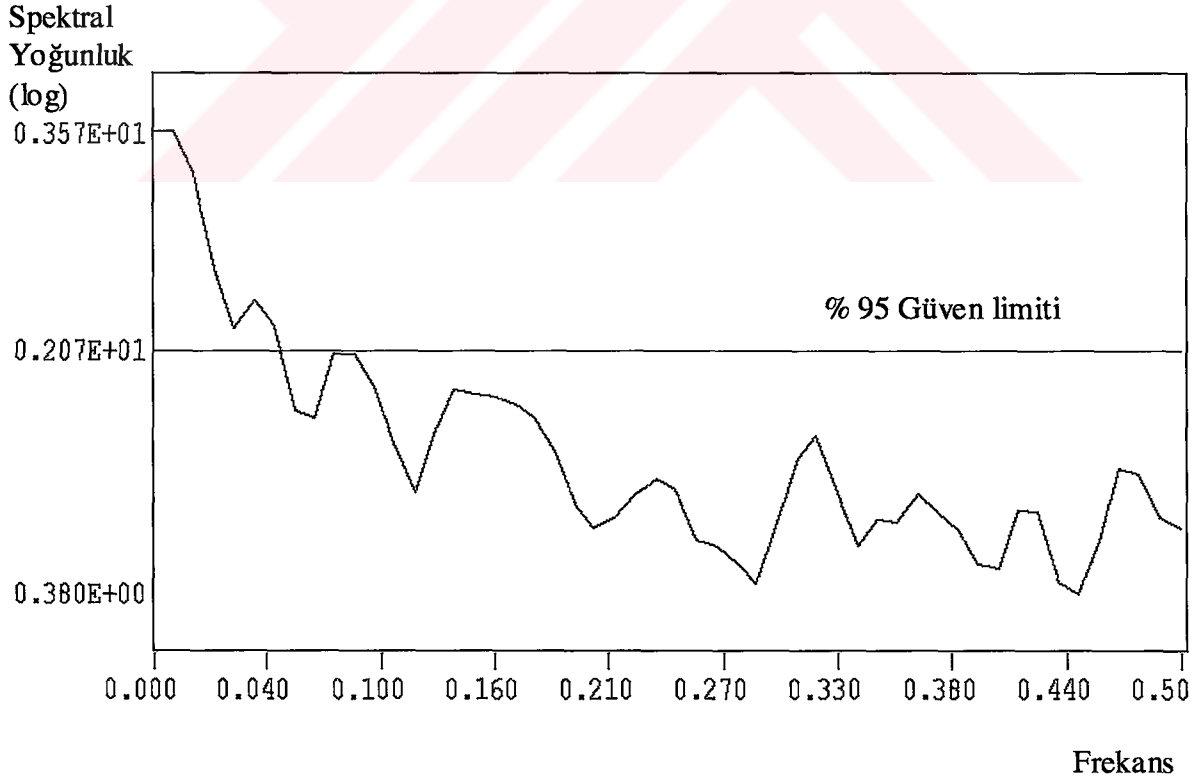
Spektral
Yoğunluk
(log)



Şekil A.10 : Bursa Aylık Ortalama Nem Verileri Orijinal serinin spektral değerleri.

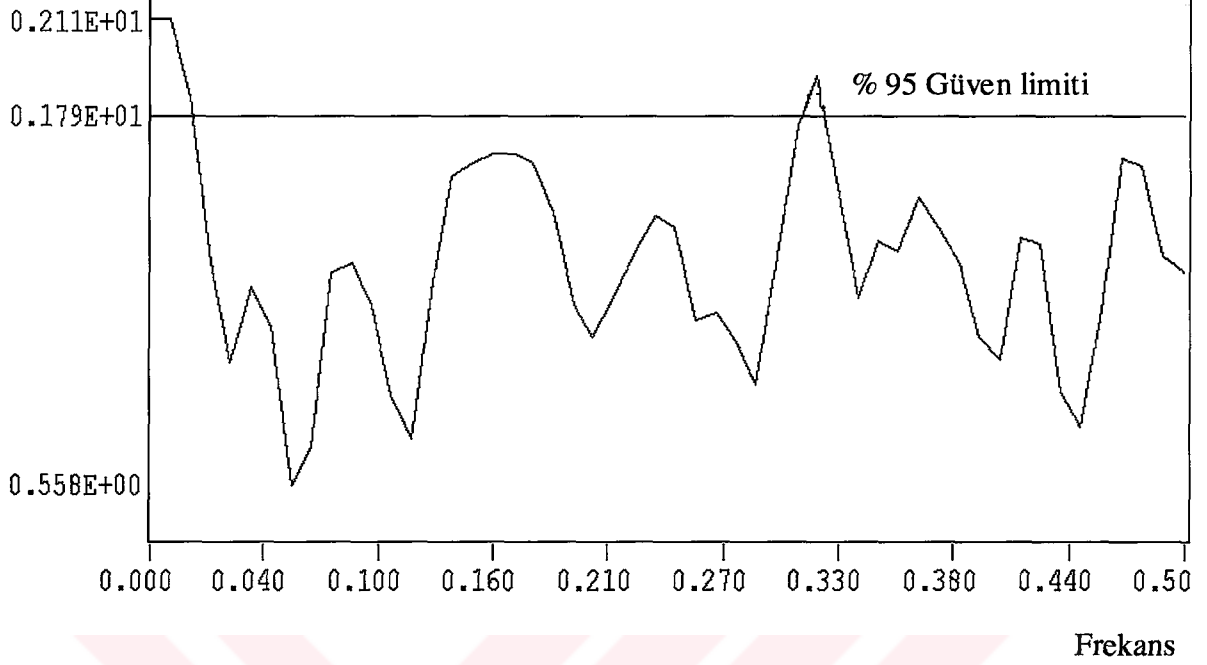


Şekil A.11 : Bursa Aylık Ortalama Nem Verileri Eğilim Bileşeni Giderilmiş Serinin Spektral Değerleri.

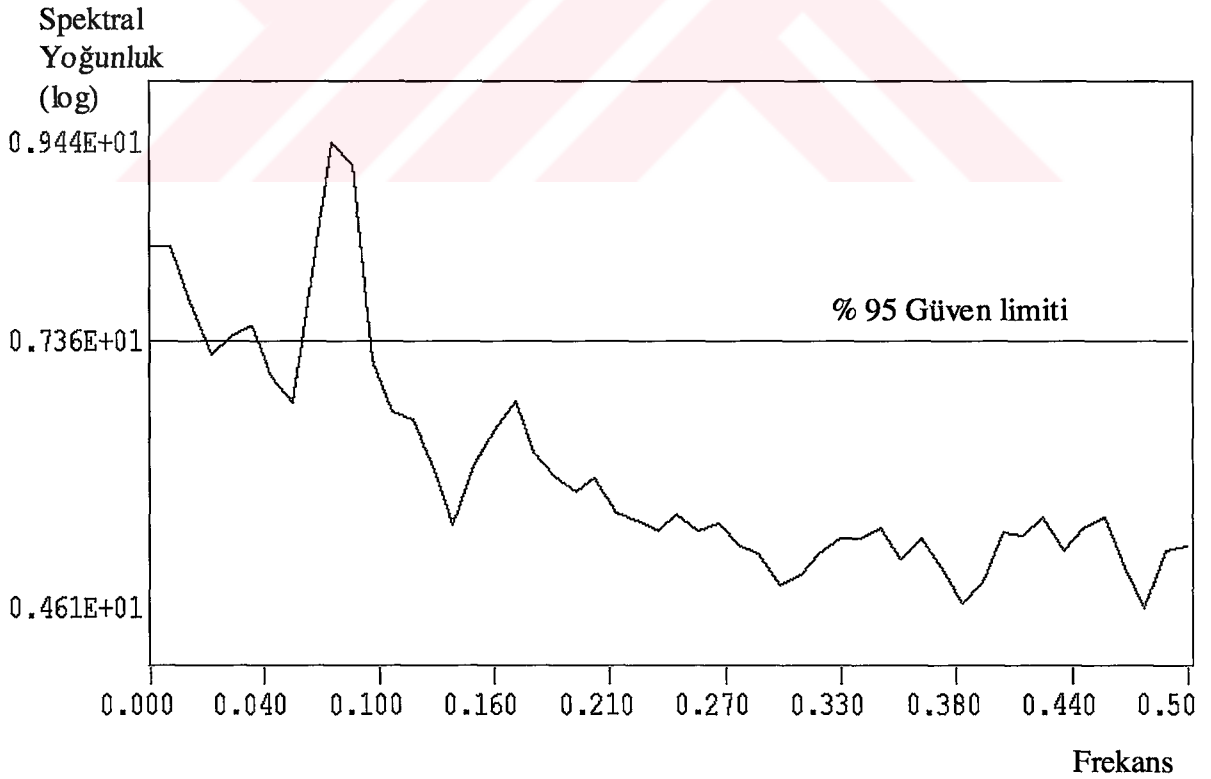


Şekil A.12 : Bursa Aylık Ortalama Nem Verileri Eğilim ve Periyodik Bileşeni Giderilmiş Serinin Spektral Değerleri.

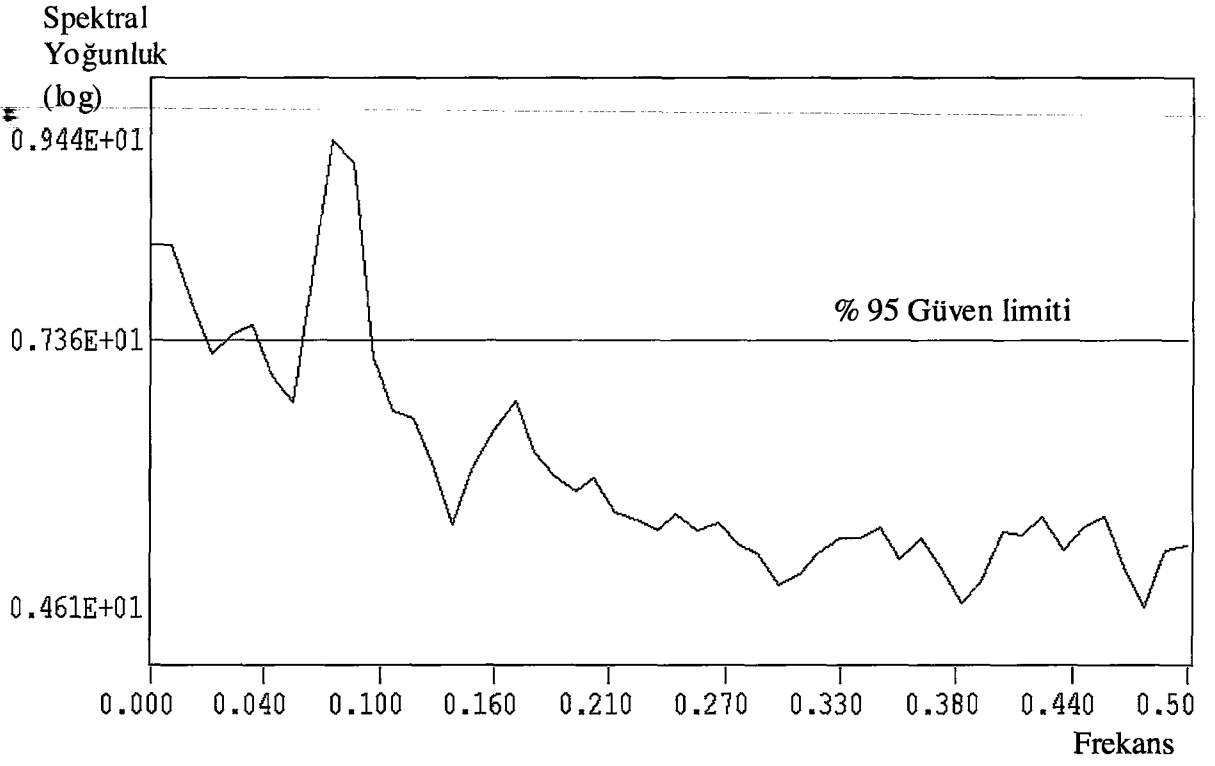
Spektral
Yoğunluk
(log)



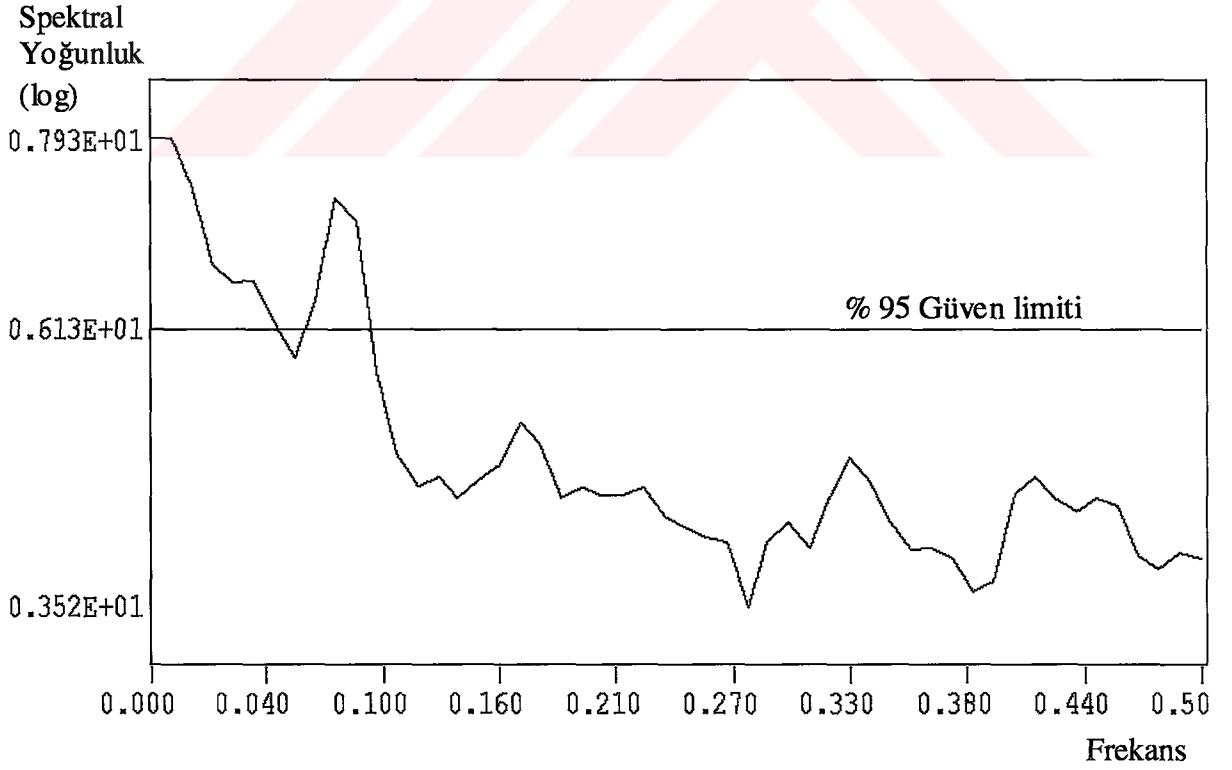
Şekil A.13 : Bursa Aylık Ortalama Nem Verileri Eğilim, Periyodik ve İç Bağımlı Bileşenleri Giderilmiş Serinin Spektral Değerleri.



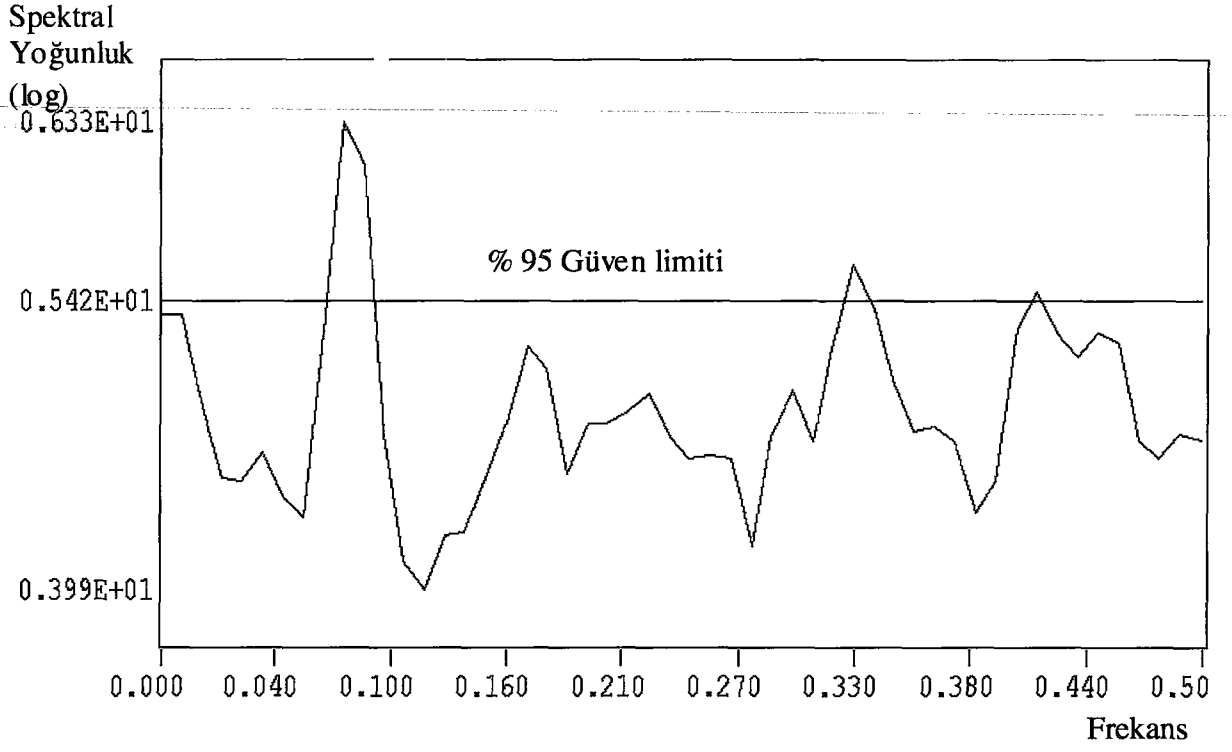
Şekil A.14 : 302 No'lu Akım İstasyonunun Orijinal Zaman Serisinin Spektral Değerleri.



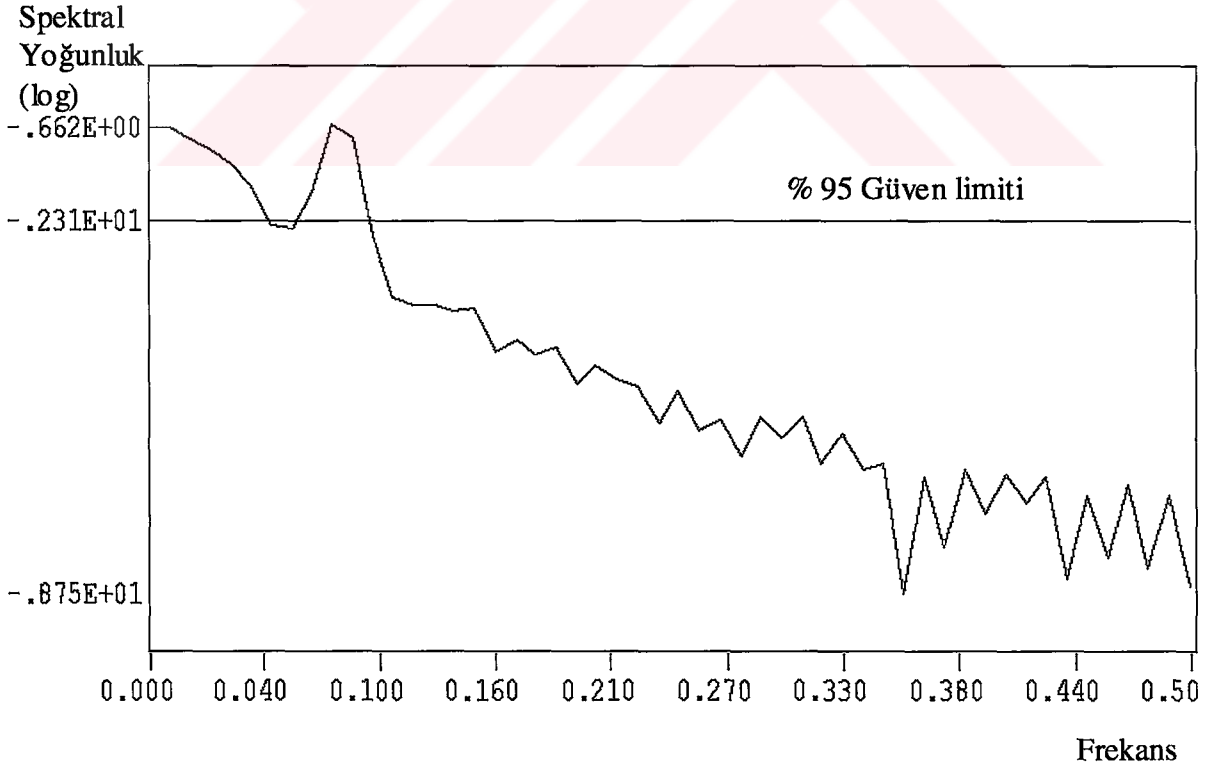
Şekil A.15 : 302 No'lu Akım İstasyonunun Eğilim Bileşeni Giderilmiş Zaman Serisinin Spektral Değerleri.



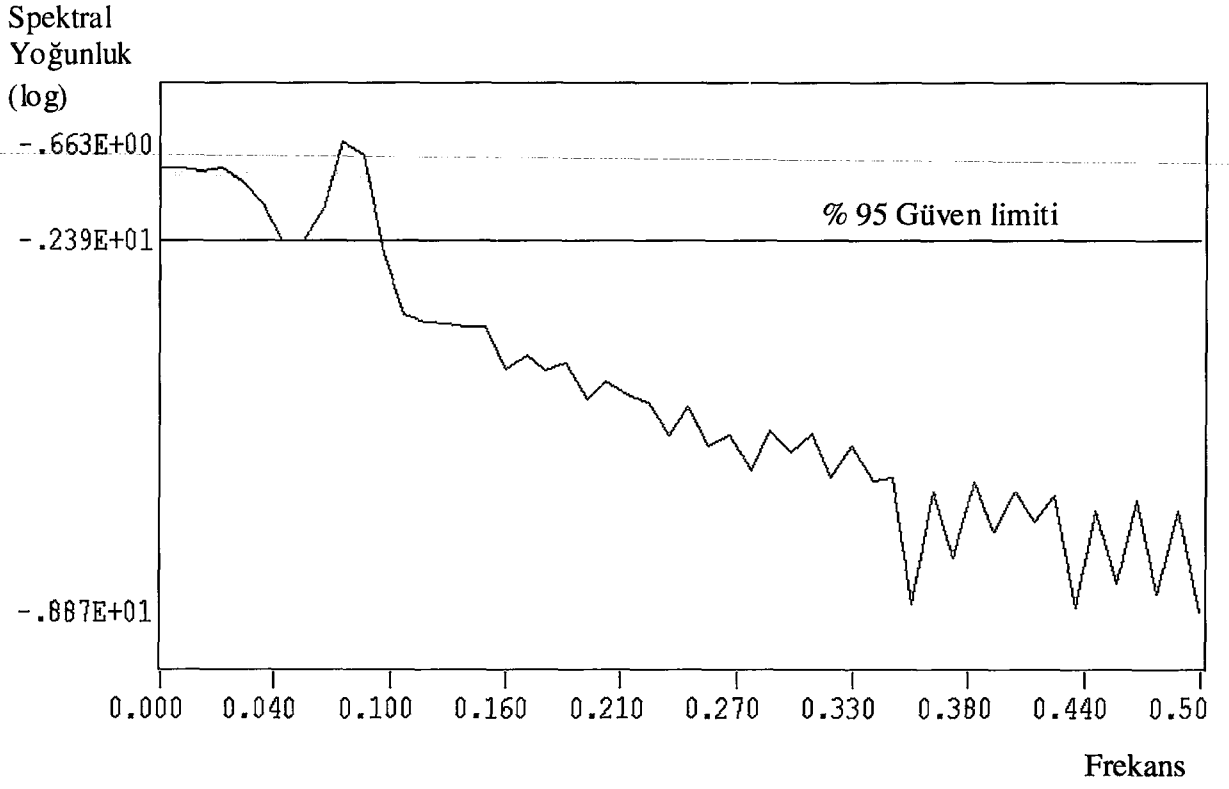
Şekil A.16 : 302 No'lu Akım İstasyonunun Eğilim ve Periyodik Bileşeni Giderilmiş Zaman Serisinin Spektral Değerleri.



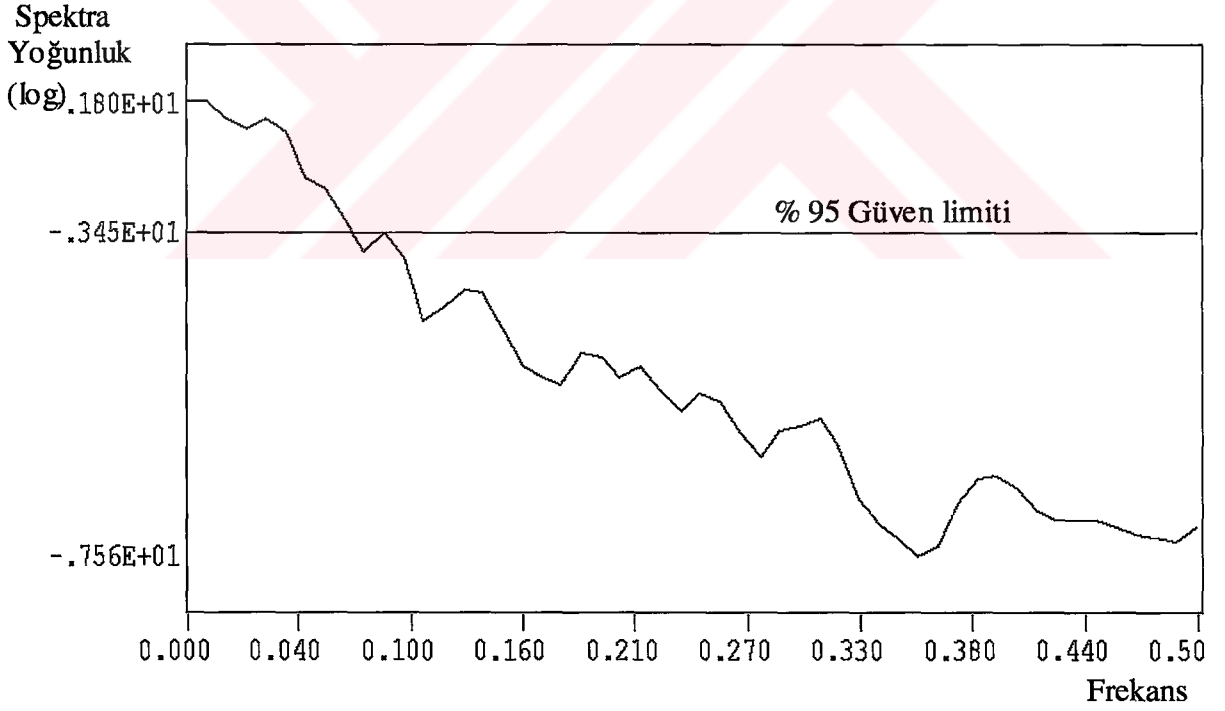
Şekil A.17 : 302 No'lu Akım İstasyonunun Eğilim, Periyodik ve İç Bağımlı Bileşeni Giderilmiş Zaman Serisinin Spektral Değerleri.



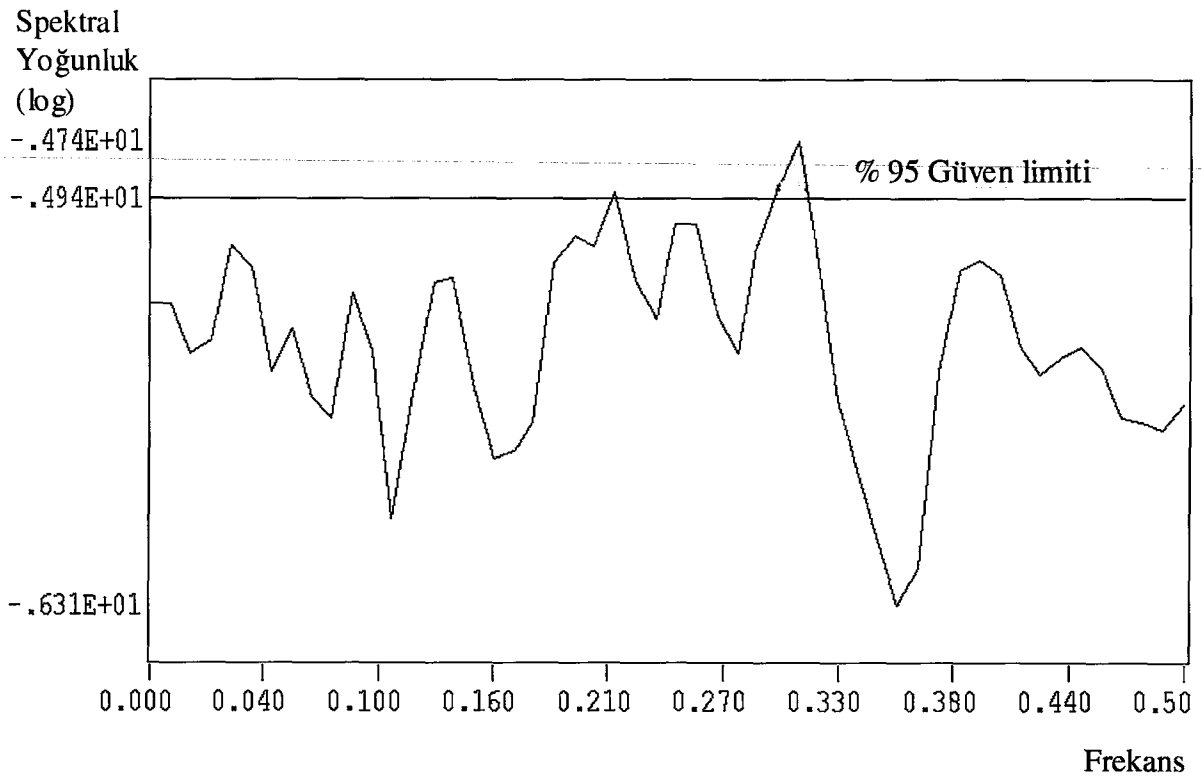
Şekil A.18 : Sapanca Gölü Aylık Ortalama Seviyeleri Orijinal Serinin Spektral Değerleri.



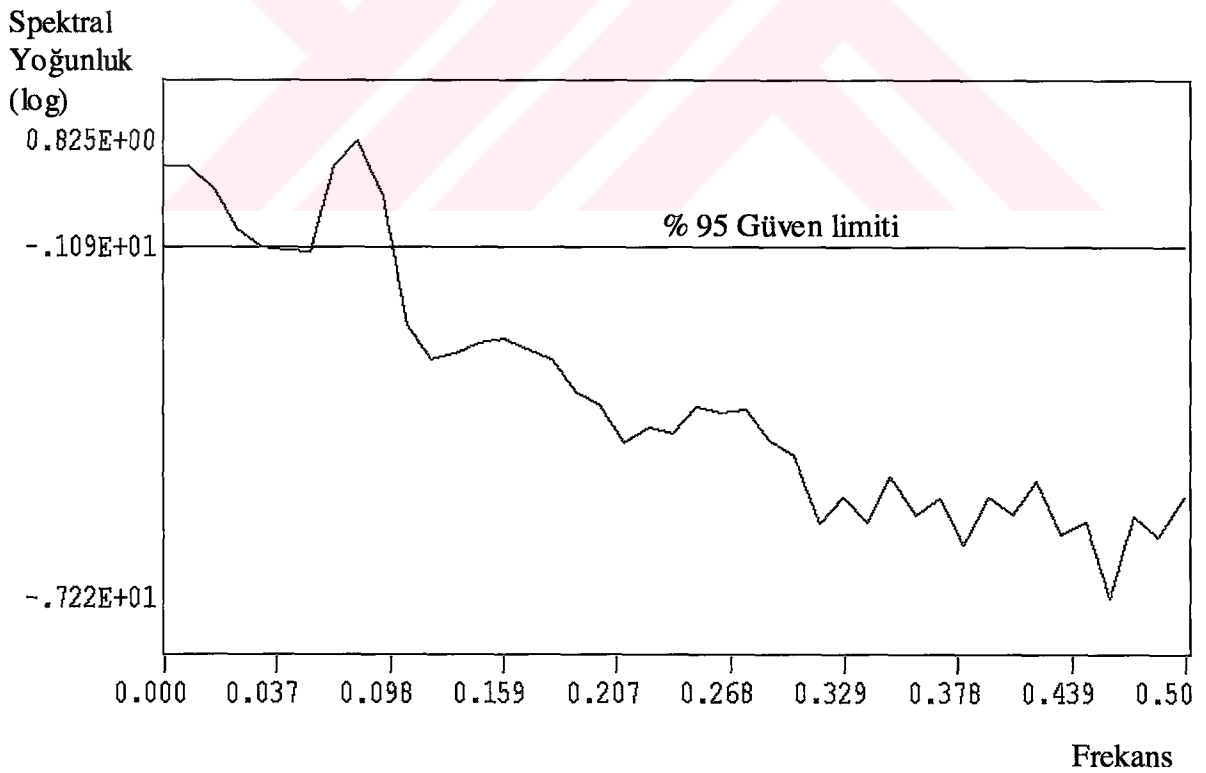
Şekil A.19 : Sapanca Gölü Aylık Ortalama Seviyeleri Eğilim Bileşeni Çıkarılmış Serinin Spektral Değerleri.



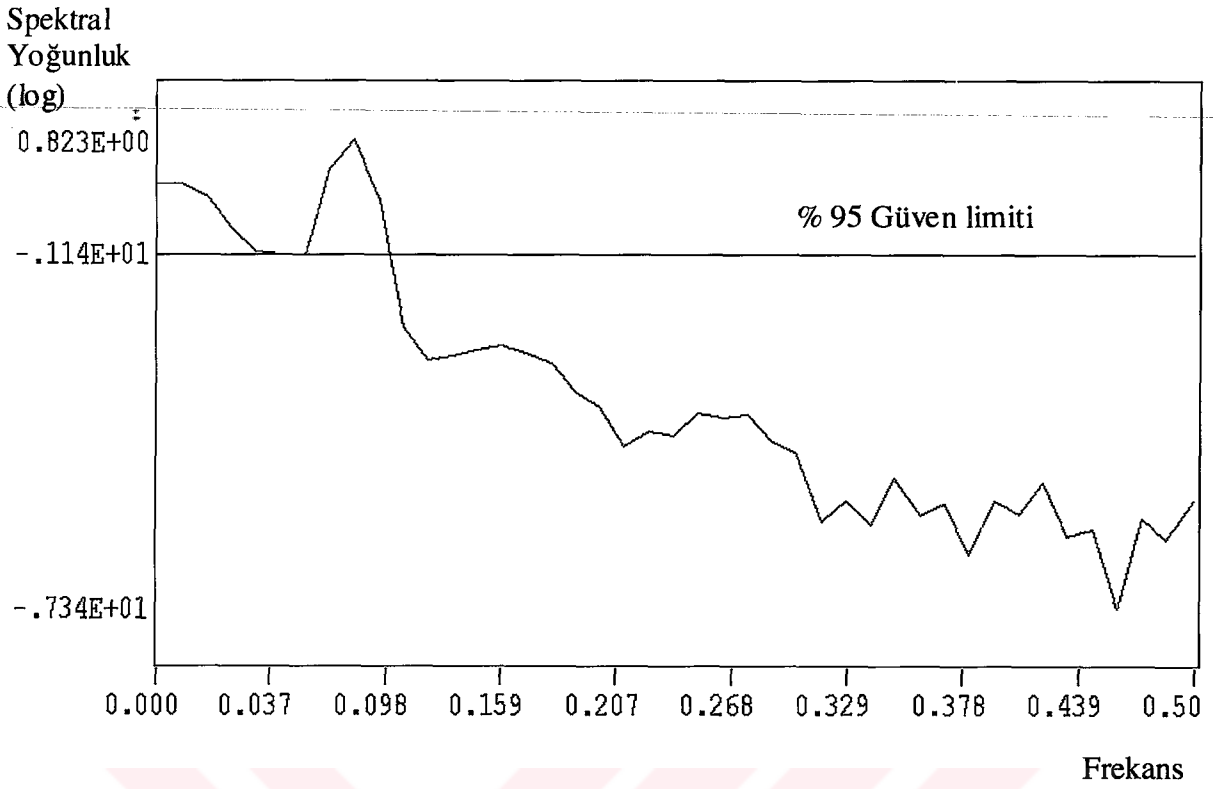
Şekil A.20 : Sapanca Gölü Aylık Ortalama Seviyeleri Eğilim ve Periyodik Bileşeni Çıkarılmış Serinin Spektral Değerleri.



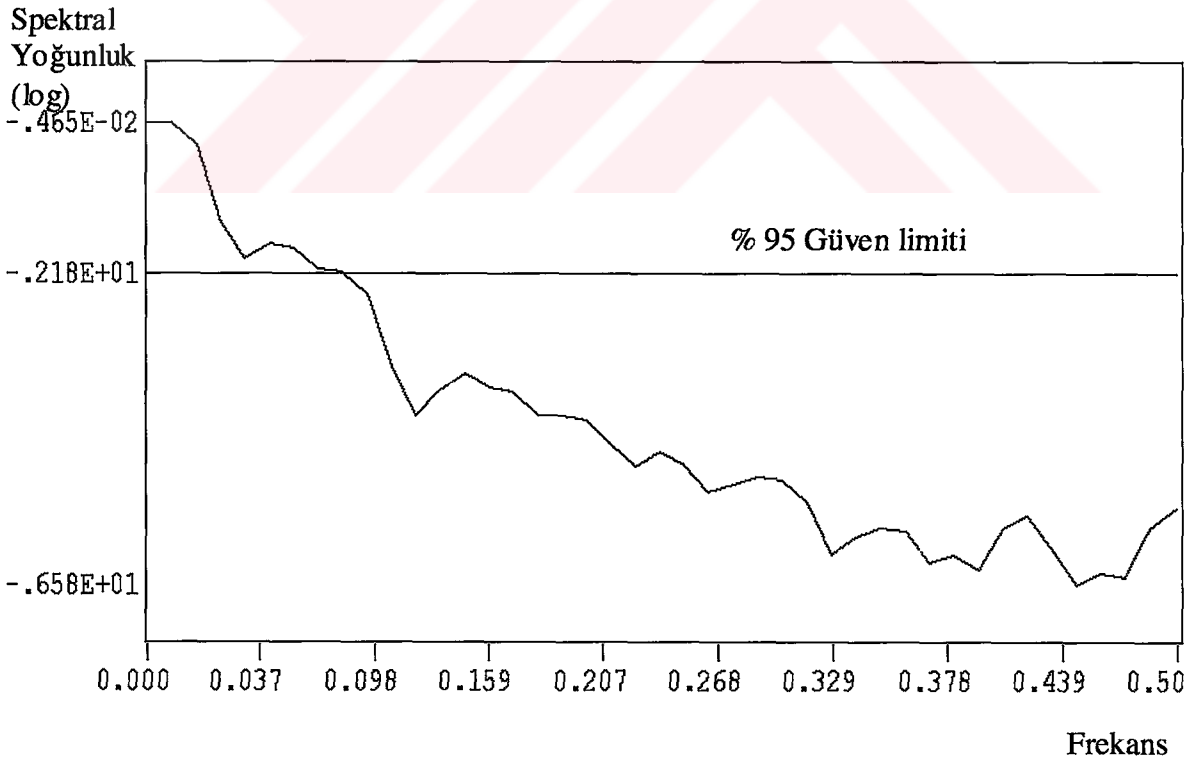
Şekil A.21 : Sapanca Gölü Aylık Ortalama Seviyeleri Eğilim, Periyodik ve İç Bağımlı Bileşeni Çıkarılmış Serinin Spektral Değerleri.



Şekil A.22 : Manyas Gölü Aylık Ortalama Seviyeleri Orijinal Serisi Spektral Değerleri.



Şekil A.23 : Manyas Gölü Aylık Ortalama Seviyeleri, Eğilim Bileşeni Giderilmiş Serinin Spektral Değerleri.

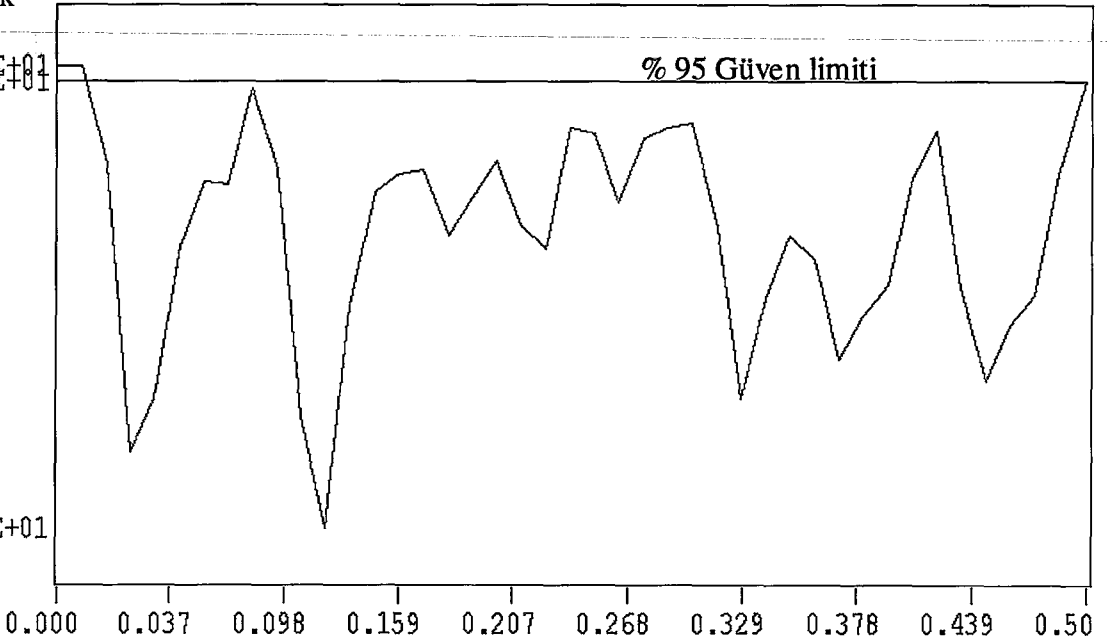


Şekil A.24 : Manyas Gölü Aylık Ortalama Seviye, Eğilim ve Periyodik Bileşeni Giderilmiş Serinin Spektral Değerleri.

Spektral
Yoğunluk
(log)

$3.397E+01$

$-.543E+01$



Frekans

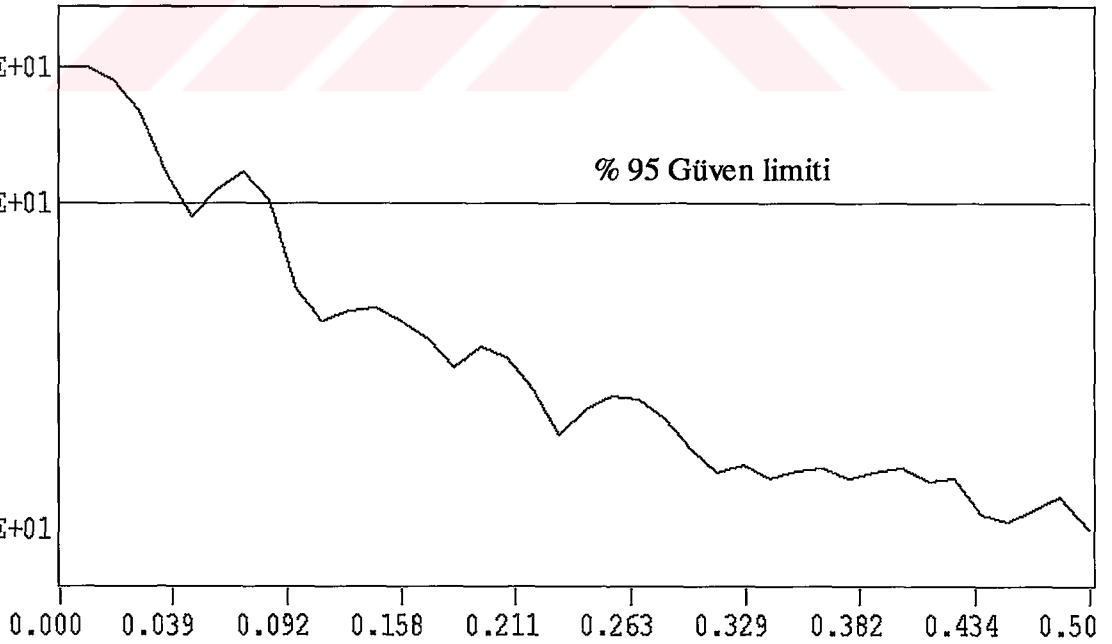
Şekil A.25 : Manyas Gölü Aylık Ortalama Seviyeleri Eğilim, Periyodik ve İç Bağımlı Bileşen Giderildikten Sonra Spektral Değerleri.

Spektra
Yoğunluk
(log)

$0.982E+01$

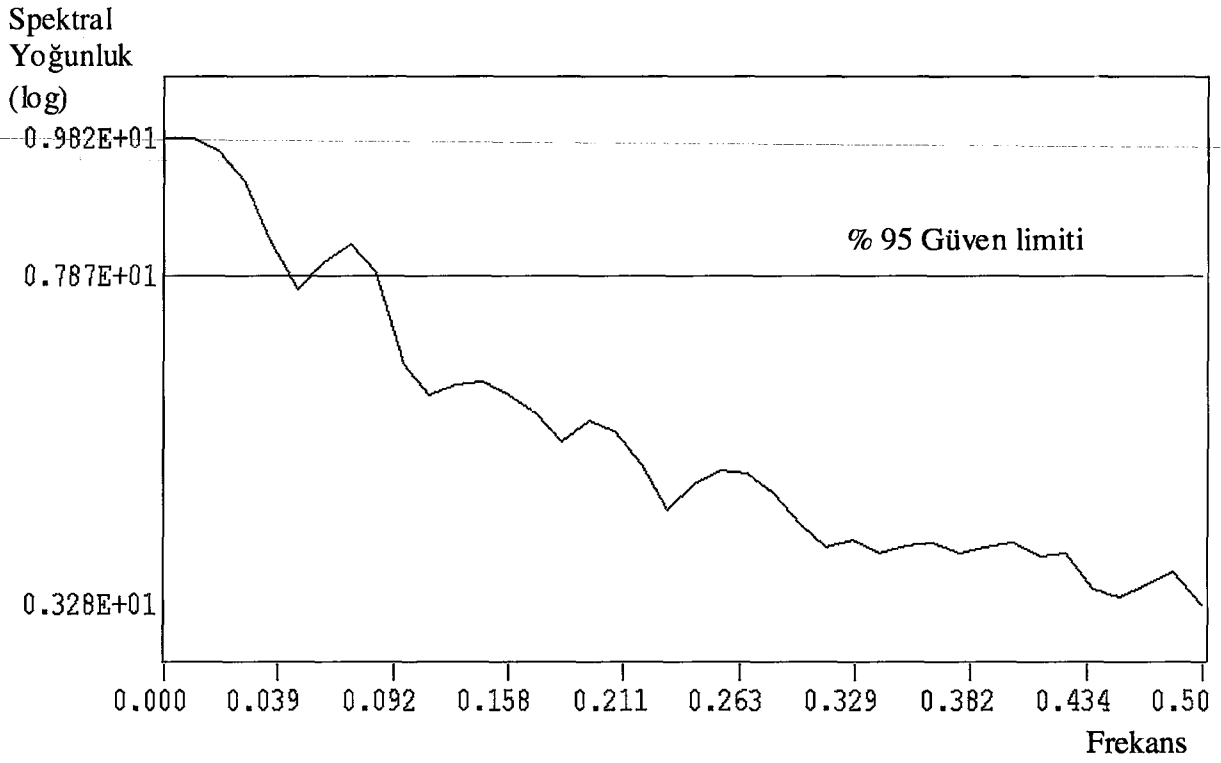
$0.787E+01$

$0.328E+01$

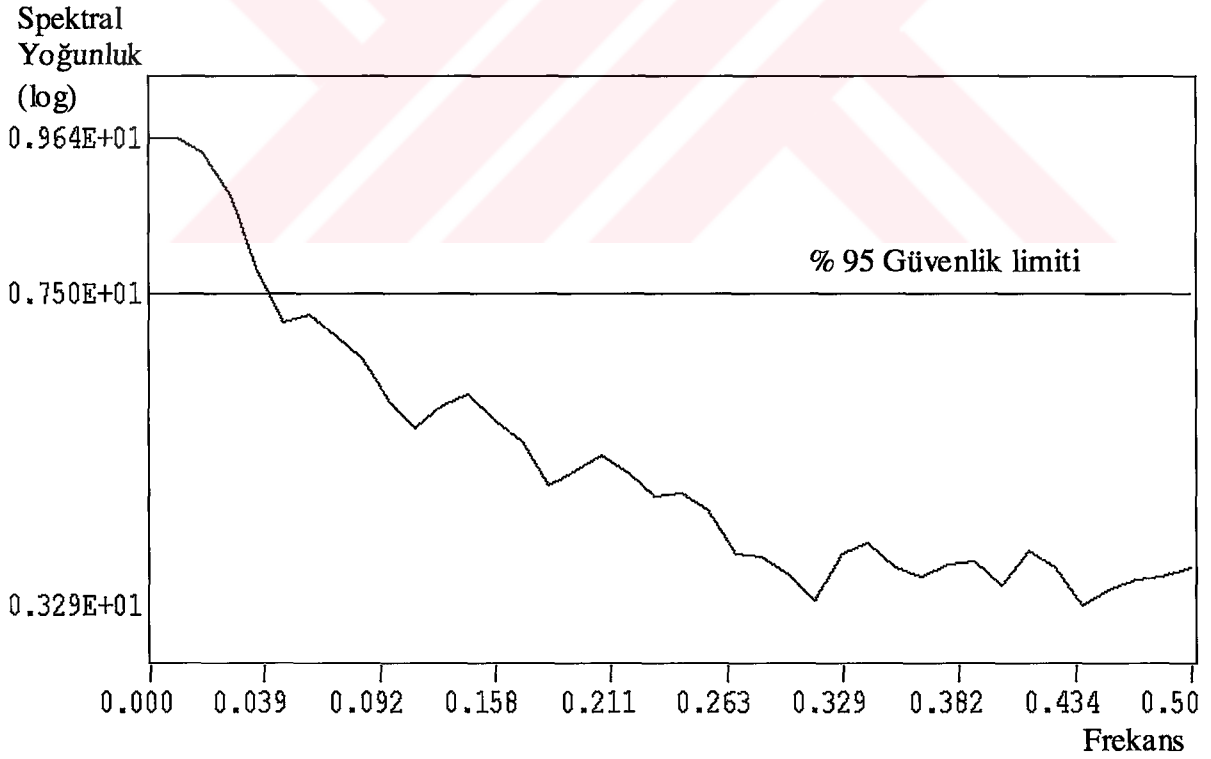


Frekans

Şekil A.26 : Kovada Gölü Aylık Ortalama Seviyelerin Orijinal Spektral Değerleri.

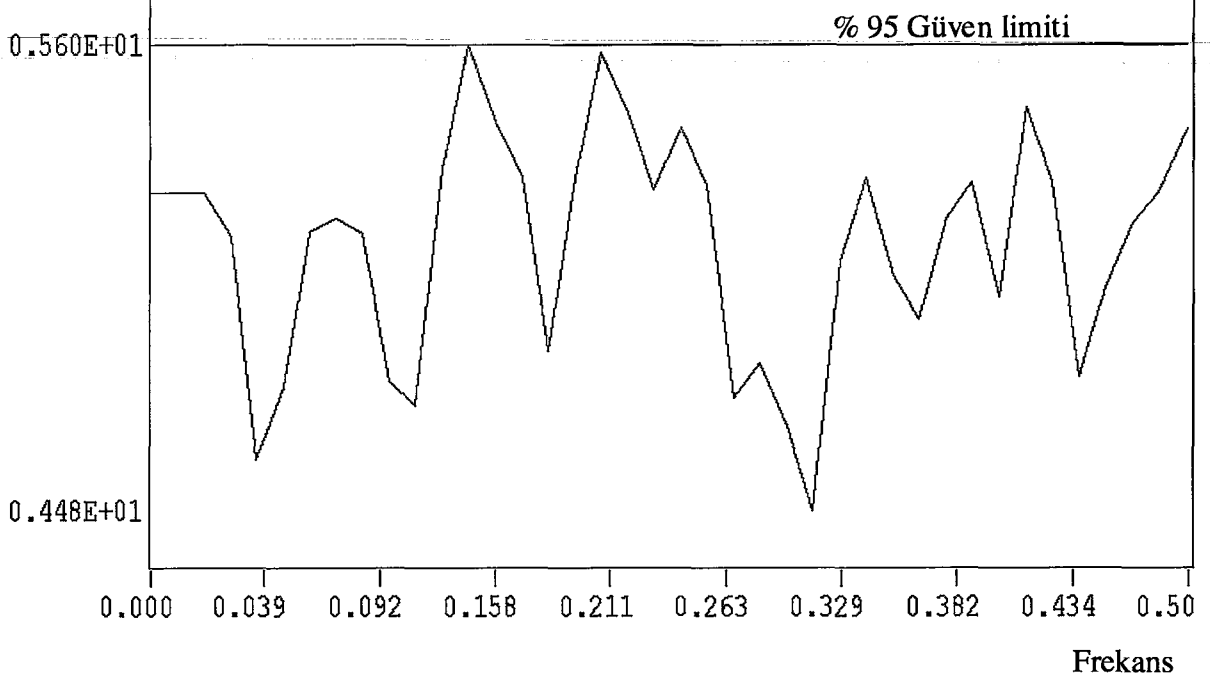


Şekil A.27 : Kovada Gölü Aylık Ortalama Seviyeleri Eğilim Bileşeni Giderilmiş Serinin Spektral Değerleri.



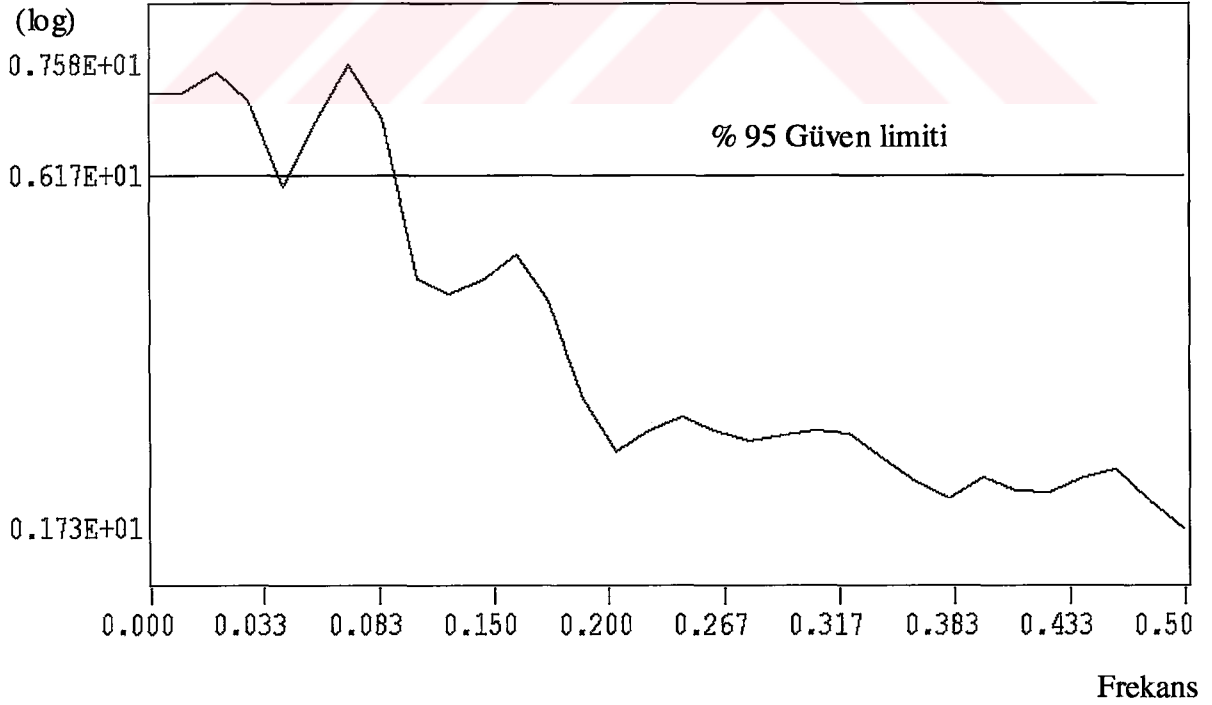
Şekil A.28 : Kovada Gölü Aylık Ortalama Seviyeleri Eğilim ve Periyodik Bileşenleri Giderilmiş Serinin Spektral Değerleri.

Spektra
Yoğunluk
(log)

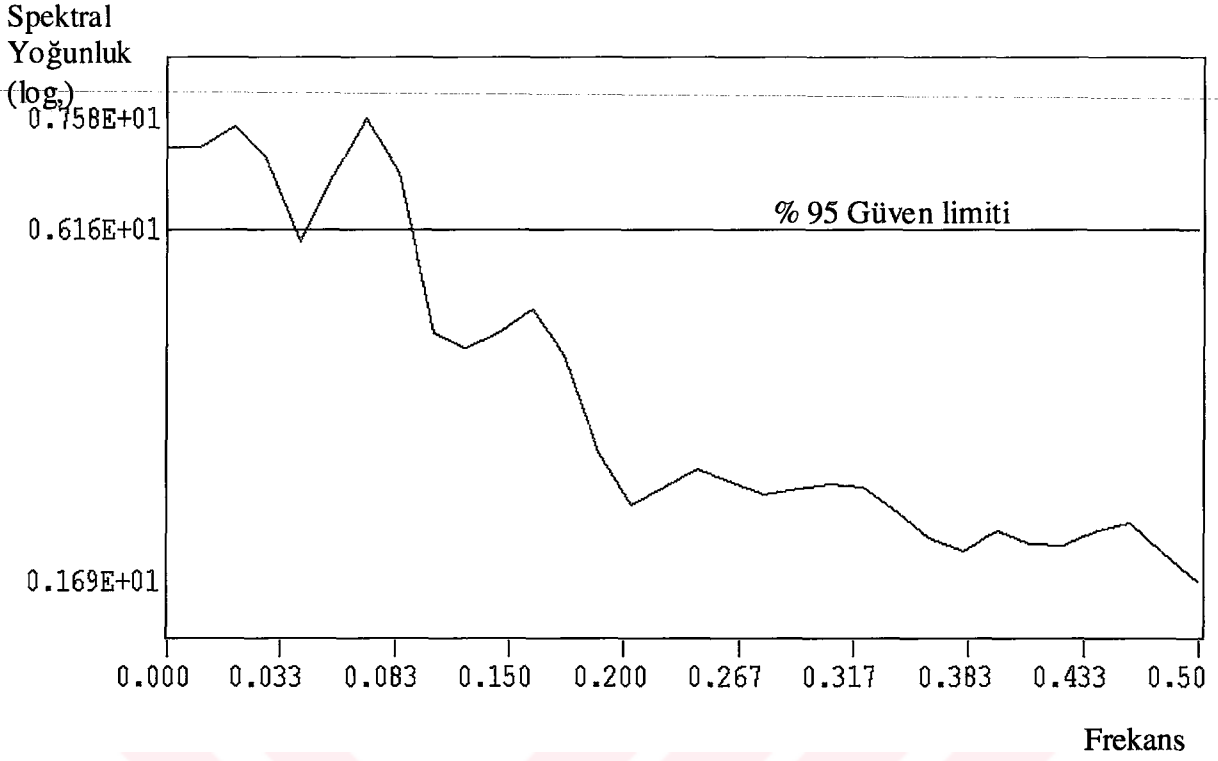


Şekil A.29 : Kovada Gölü Aylık Ortalama Seviyeleri Eğilim Periyodik ve İç Bağımlı Bileşenleri Giderilmiş Serinin Spektral Değerleri.

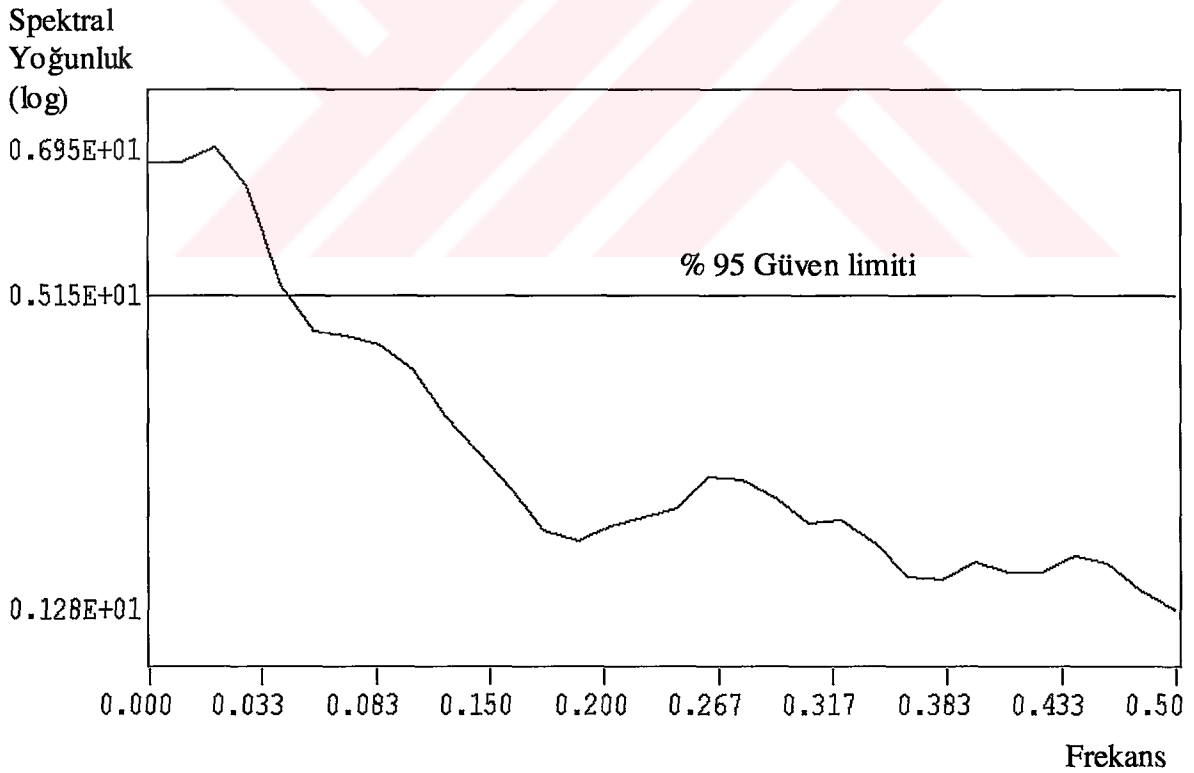
Spektral
Yoğunluk
(log)



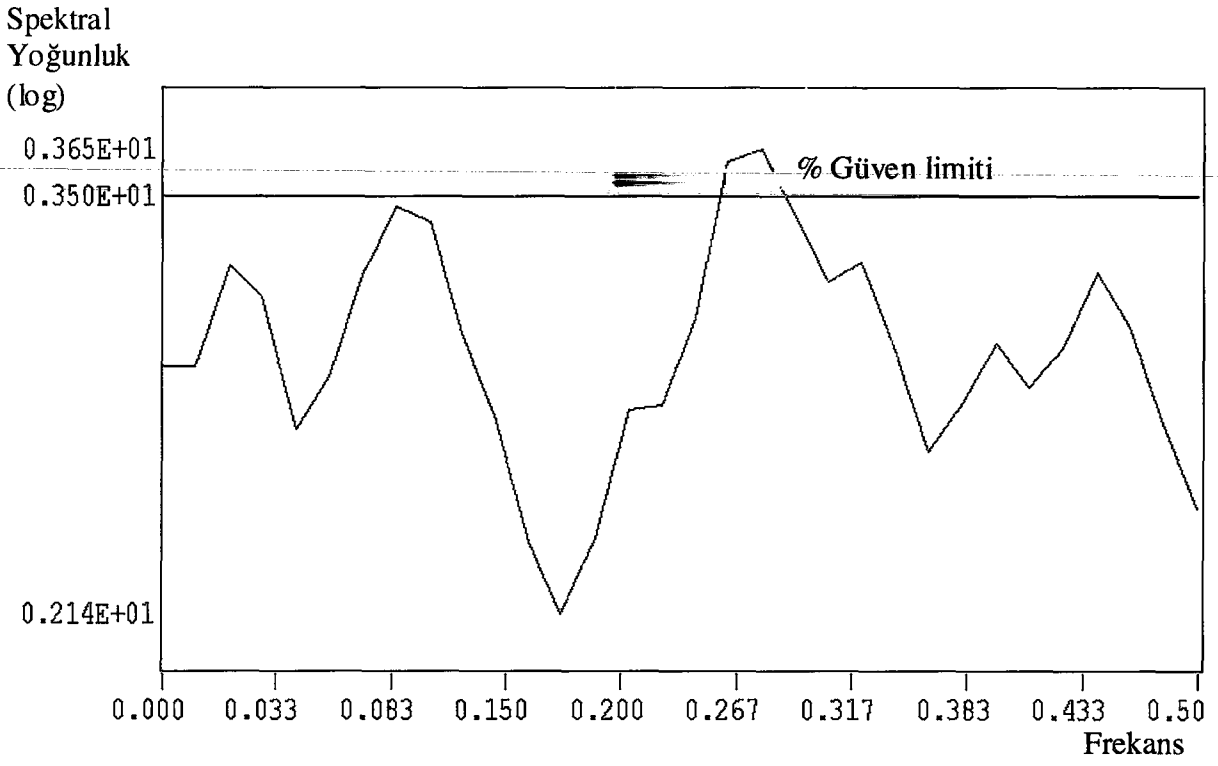
Şekil A.30 : Aras Balık Göl Seviyeleri Zaman Serisinin Spektral Değerleri.



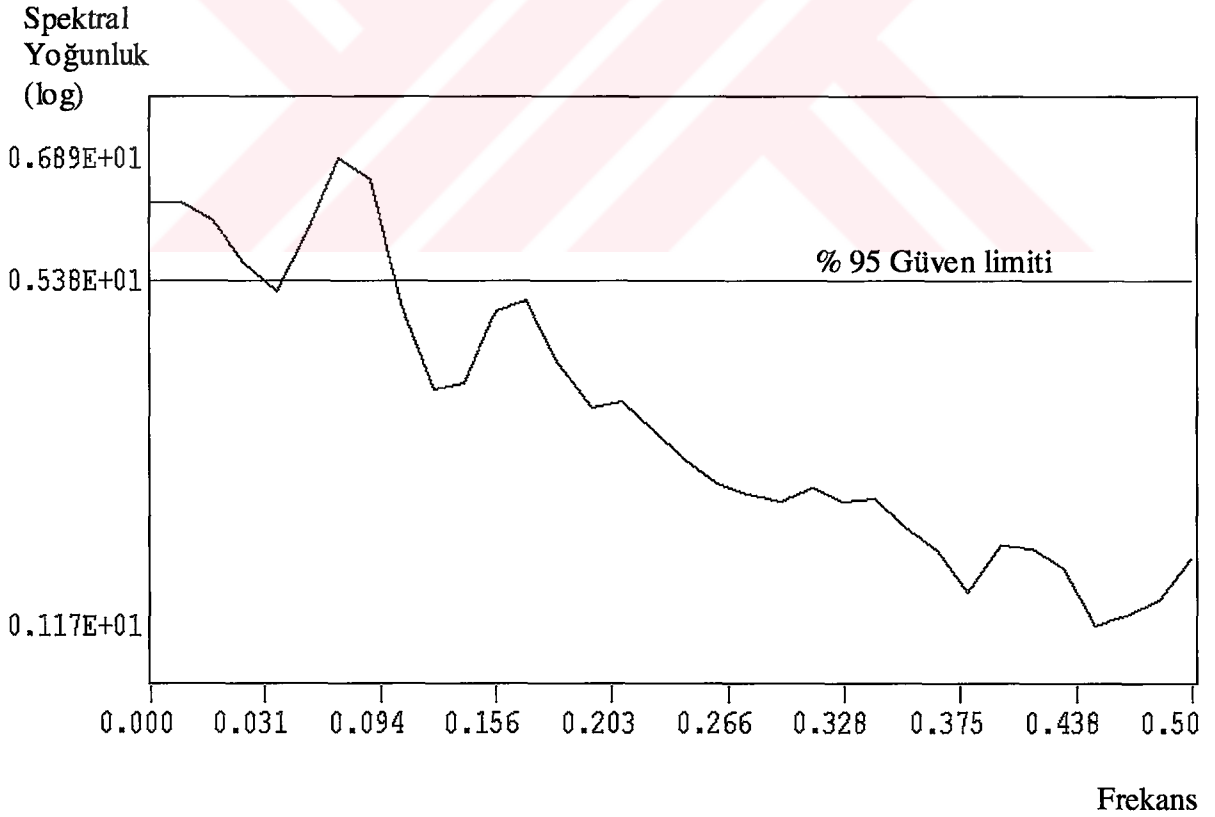
Şekil A.31 : Aras Balık Gölü Aylık Ortalama Seviyelerinin Eğilimi Giderilmiş Serinin Spektral Değerleri.



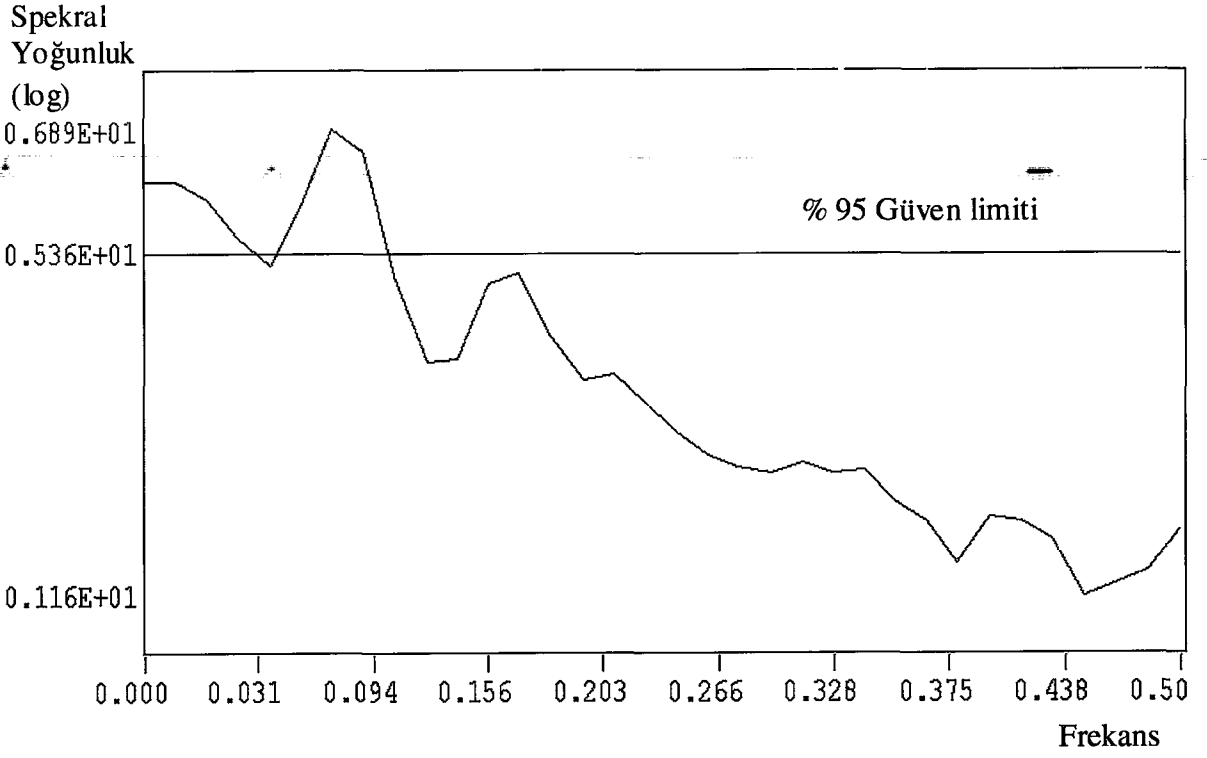
Şekil A.32 : Aras Balık Gölü Aylık Ortalama Seviyeler, Eğilim ve Periyodik Bileşenin Çıkarıldığı Serinin Spektral Değerleri.



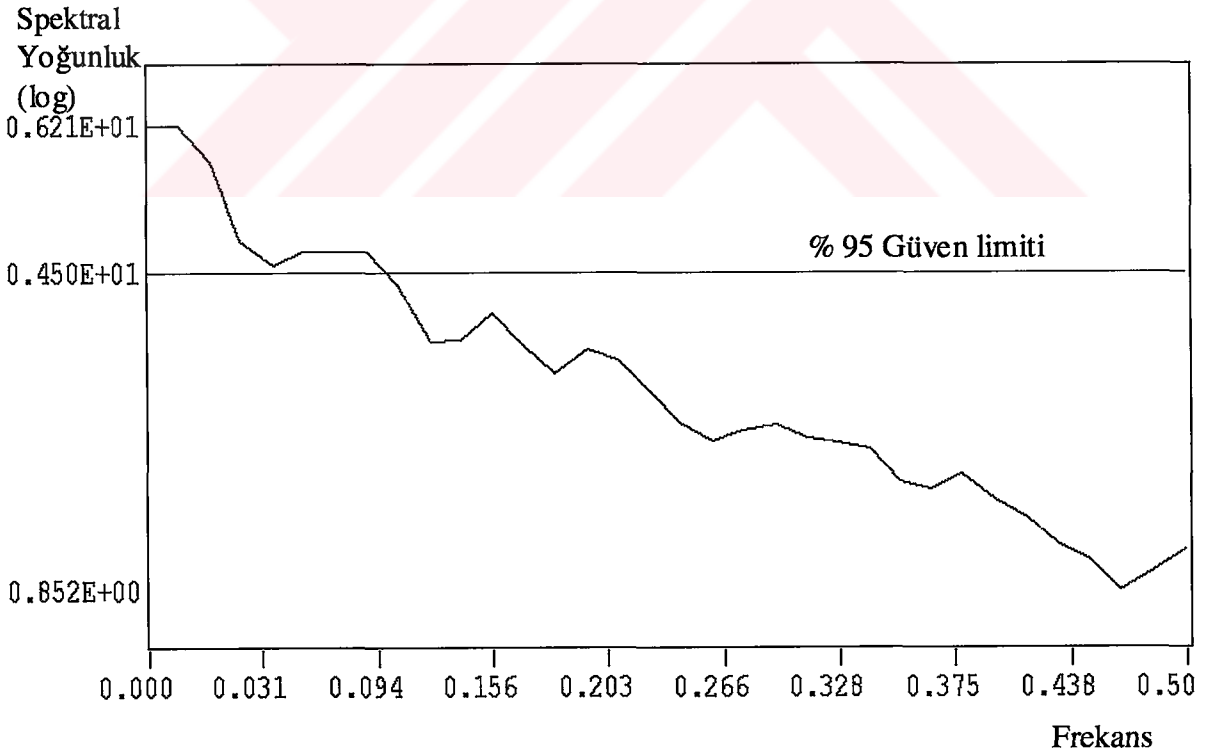
Şekil A.33 : Aras Balık Gölü Aylık Ortalama Seviyelerden Eğilim, Periyodik ve İç Bağımlı Bileşen Çıkarıldıktan Sonra Spektral Değerleri.



Şekil A.34 : K. Balık Aylık Ortalama Seviyeleri Orijinal Serinin Spektral Değerleri.



Şekil A.35 : K. Balık Aylık Ortalama Seviyelerinin Eğilim Bileşeni Giderilmiş Serinin Spektral Değerleri.



Şekil A.36 : K. Balık Aylık Ortalama Seviyelerinin Eğilim ve Periyodik Bileşenleri Giderilmiş Serinin Spektral Değerleri.

Spektral
Yoğunluk
(log)

0.388E+01

0.359E+01

% 95 Güven limiti

0.222E+01

0.000

0.031

0.094

0.156

0.203

0.266

0.328

0.375

0.438

0.50

Frekans

Şekil A.37 : K. Balık Aylık Ortalama Seviyelerinin Eğilim, Periyodik ve İç bağımlı Bileşenleri Giderilmiş Serinin Spektral Değerleri.

ÖZGEÇMİŞ

Tatvan'da doğan Taner Mustafa Cengiz, ilk öğrenimine Antakya Harbiye'de başlayıp Malatya'da, orta öğrenimine Ankara'da başlayıp İstanbul Burhan Felek Lisesi'nde tamamlamıştır. Yıldız Üniversitesi İnşaat Mühendisliği lisans ve Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Su Anabilim dalında Yüksek lisans programlarından mezun olmuştur. Askerlik görevini, Kütahya ve İzmir'de Hava Kuvvetlerinde yerine getirmiştir. İstanbul'da bulunan çeşitli inşaat firmalarında şantiye ve büro mühendislik hizmetlerinde çalışmış olan yazar daha sonra Trakya Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi, Hidrolik Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak çalışmıştır.