

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**UZUN VADELİ SU TEMİNİNDE METEOROLOJİK
FAKTÖRLERİN SAPANCA GÖLÜ SU KALİTESİNE
ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Sümeyra DEMİR

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : HİDROLİK

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Emrah DOĞAN

Ocak 2012

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UZUN VADELİ SU TEMİNİNDE METEROLOJİK
FAKTÖRLERİN SAPANCA GÖLÜ SU KALİTESİNE
ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Sümeyra DEMİR

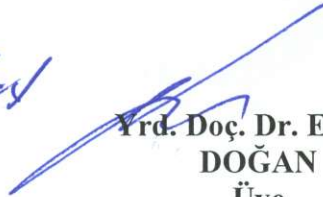
Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : HİDROLİK

Bu tez 06 / 01 / 2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.



Prof. Lütfi
SALTABAŞ
Jüri Başkanı



Yrd. Doç. Dr. Emrah
DOĞAN
Üye



Prof. Dr. Saim
ÖZDEMİR
Üye

TEŞEKKÜR

Tecrübe ve bilgileri ile çalışmalarımın her aşamasında bana yol gösteren ve destek olan saygıdeğer tez danışman hocam Yrd.Doç.Dr. Emrah DOĞAN ve çok kıymetli hocam Sayın Prof. Lütfi SALTABAŞ'a teşekkürlerimi arz ederim. Tez çalışmamda ayrıca bilgi ve desteklerinden dolayı Arş. Gör. Osman SÖNMEZ'e teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmalarım esnasında desteklerini esirgemeyen SASKİ Genel Müdürüm Yrd.Doç.Dr. Rüstem KELEŐ'e teşekkürü borç bilirim.

Bu çalışma süresince desteğini benden esirgemeyen eşim Yusuf DEMİR ve biricik oğlum A.Emin DEMİR'e teşekkür ederim.

Son olarak beni yetiőtirerek bu günlere getiren ve haklarını hiçbir şekilde ödeyemeyeceğim canım annem Hatice TAŐKESEN ve babam Abdullah TAŐKESEN'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ	xii
FOTOGRAFLAR LİSTESİ	xiii
ÖZET	xiv
SUMMARY	xv

BÖLÜM 1.

GİRİŞ	1
1.1. Literatür Çalışmaları	1

BÖLÜM 2.

ÇALIŞMA ALANI HAKKINDA GENEL BİLGİ	8
2.1. Doğal Coğrafya	8
2.2. Jeolojik Yapı	12
2.3. İklim	15
2.3.1. Sıcaklık	15
2.3.2. Yağış	16
2.3.3. Buharlaşma	17
2.4. Sosyo- Ekonomik Yapı, Arazi Kullanımı, Yerleşim ve Nüfus	19
2.5. Sapanca Gölü'nü Besleyen Dereler	25

BÖLÜM 3.

AKARSULARDA KİRLİLİK VE SU KALİTE STANDARTLARI	26
--	----

3.1. Akarsularda Kirlilik	26
3.2. Türkiye’de Su Kirliliğine Sebep Olan Etkenler.....	26
3.3. Su Kalitesi.....	27
3.4. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine Göre Akarsuların Sınıflandırılması	27

BÖLÜM 4.

SAPANCA GÖLÜ’NE DÖKÜLEN DERELERİN SU KALİTESİ TAYİNİNDE KULLANILACAK FİZİKSEL, KİMYASAL VE ORGANİK PARAMETRELER 29

4.1. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ).....	29
4.2. Biyolojik Oksijen İhtiyacı(BOİ)	29
4.3. Çözünmüş Oksijen.....	30
4.4. Debi.....	30
4.5. Sıcaklık	31
4.6. Ph	31
4.7. Amonyak (NH ₃).....	32
4.8. Nitrat(NO ₃)	32
4.9. Nitrit(NO ₂).....	32
4.10. Elektriksel İletkenlik (EC).....	33
4.11. Bulanıklık	33
4.12. Katı Maddeler	34
4.13. Fosfat (PO ₄)	34
4.14. Sülfat (SO ₄).....	35
4.15. Ağır Metaller	35
4.16. Balıkhane Deresine Ait Yıllık Su Kalite Değişimleri.....	36
4.17. Karaçay Deresine Ait Yıllık Su Kalite Değişimleri	41
4.18. Kurtköy Deresine Ait Yıllık Su Kalite Değişimleri	46
4.19. Mahmudiye Deresine Ait Yıllık Su Kalite Değişimleri	52
4.20. İstanbul Deresine Ait Yıllık Su Kalite Değişimleri.....	57
4.21. Keçi Deresine Ait Yıllık Su Kalite Değişimleri	62
4.22. Sarp Deresine Ait Yıllık Su Kalite Değişimleri	67
4.23. Maden Deresine Ait Yıllık Su Kalite Değişimleri.....	73

BÖLÜM 5.

SAPANCA GÖLÜNDEN FAYDALANMA	79
5.1. İçme ve Kullanma Suyu Temini	79
5.2. Ticari ve Endüstriyel Su Temini.....	79
5.3. Endüstriyel Su Kullanımı	79
5.4. Ticari Su Kullanımı	80
5.5. Sulama Suyu Kullanımı	80
5.6. Turistik ve Rekratif İstifade.....	81
5.7. Ulaşım.....	81

BÖLÜM 6.

KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE KÜRESEL ISINMA.....	83
6.1. Küresel Isınmanın Dünyadaki Etkileri	85
6.1.1. Küresel Isınmanın Yeryüzü Su Kaynakları Üzerindeki Etkileri	85
6.2. Küresel Isınmanın Ekolojik Faktörler Üzerinde Meydana Getirdiği Etkiler	87
6.2.1. İklim Değişikliği ve Yağışlar	87
6.2.2. İklim Değişikliği ve Buharlaştırma	88
6.2.3. İklim Değişikliği ve Toprak Nemi	90
6.2.4. İklim Değişikliği ve Yüzeysel Akış	90
6.2.5. İklim Değişikliği ve Kuraklık.....	91
6.2.6. İklim Değişikliği ve Sel Sıklığı	94
6.3. İklim Değişikliği ve Su Kalitesi	95
6.4. Suyun Sektörel Kullanım Alanları.....	97

BÖLÜM 7.

KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TÜRKİYE SU KAYNAKLARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ.....	100
---	-----

BÖLÜM 8.

METEOROLOJİK VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN METARYAL VE YÖNTEM	105
---	-----

8.1.Yapay Sinir Ağı'nın Temel Özellikleri	108
8.2. İşlem Elemanı	108
8.3. YSA'nın Planlanması	110
8.4. Eğitim ve Test.....	110
8.5. Regresyon Analizi	113

BÖLÜM 9.

METEOROLOJİK VERİLER KULLANILARAK GÖL KOTU TAHMİN MODELİ UYGULAMASI.....	118
9.1. Zaman Ötelemeli Göl Kotu Tahmin Modeli	124

BÖLÜM 10.

SONUÇ VE ÖNERİLER	130
KAYNAKLAR	134
ÖZGEÇMİŞ	139

SİMGELER VE KISALTMALAR

SASKİ	: Sakarya Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü
IPCC	: Intergovernmental Panel on ClimateChange
DSİ	: Devlet Su İşleri
YSA	: Yapay Sinir Ağları
İTÜ	: İstanbul Teknik Üniversitesi
SAU	: Sakarya Üniversitesi
SKKY	: Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
KOI	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
BOI	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı
ÇO	: Çözülmüş Oksijen
AKM	: Askıda Katı Madde
NH ₃	: Amonyak
NO ₃	: Nitrat
NO ₂	: Nitrit
EC	: Elektriksel İletkenlik
PO ₄	: Fosfat
SO ₄	: Sülfat
TÜPRAŞ	: Türkiye Petrol Rafinerileri A.Ş.
BMİDÇS	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
ATO	: Ankara Ticaret Odası
BM	: Birleşmiş Milletler
TUİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
YZ	: Yapay Zeka
OKH	: Ortalama Karesel Hata

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Sapanca Gölü Havzası Lokasyon Haritası.....	8
Şekil 2.2.	Sapanca Gölü Su Toplama Havzası, Gölle Bağlantılı Akarsular ve Yerleşim Merkezleri	10
Şekil 2.3.	Sapanca Gölü'nün Güneyindeki Kaynak ve Kuyu Lokasyonlarının Dağılımı	11
Şekil 2.4.	Sapanca Havzasının Jeolojisi.....	12
Şekil 2.5.	1997-2010 Sıcaklık Değerleri.....	16
Şekil 2.6.	1997-2010 Yağış Miktarı	17
Şekil 2.7.	1997-2010 Buharlaşma Miktarı.....	18
Şekil 2.8.	1997-2010 Sapanca Gölü'nü Besleyen Yan Dere Debileri.....	19
Şekil 2.9.	1997-2010 Sapanca Gölü Göl Seviyeleri	19
Şekil 2.10.	Sapanca Gölü Havzası Arazi Kullanım Haritası	21
Şekil 2.11.	Sapanca Gölü Havzası 1990 Yılı Landsat Uydu Görüntüsü	23
Şekil 2.12.	Sapanca Gölü Havzası 2005 Yılı Landsat Uydu Görüntüsü	23
Şekil 2.13.	1970-2009 Sapanca Havzası Nüfusu.....	25
Şekil 4.1.	1986-1999 Balıkhane Deresine Ait Yıllara Göre Ph Değişimi	36
Şekil 4.2.	1986-1999 Balıkhane Deresine Ait Yıllara Göre KOI Değişimi	37
Şekil 4.3.	1986-1999 Balıkhane Deresine Ait Yıllara Göre BOI Değişimi.....	37
Şekil 4.4.	1986-1999 Balıkhane Deresine Ait Yıllara Göre AKM Değişimi	38
Şekil 4.5.	1986-1999 Balıkhane Deresine Ait Yıllara Göre ÇO Değişimi.....	38
Şekil 4.6.	1986-1999 Balıkhane Deresine Ait Yıllara Göre NH ₃ -N Değişimi	39
Şekil 4.7.	1986-1999 Balıkhane Deresine Ait Yıllara Göre NO ₂ -N Değişimi	39
Şekil 4.8.	1986-1999 Balıkhane Deresine Ait Yıllara Göre NO ₃ -N Değişimi	40
Şekil 4.9.	1986-1997 Karaçay Deresine Ait Yıllara Göre Ph Değişimi	41
Şekil 4.10.	1986-1997 Karaçay Deresine Ait Yıllara Göre KOI Değişimi	42
Şekil 4.11.	1986-1997 Karaçay Deresine Ait Yıllara Göre BOI Değişimi.....	42

Şekil 4.12.	1986-1997 Karaçay Deresine Ait Yıllara Göre AKM Değişimi	43
Şekil 4.13.	1986-1997 Karaçay Deresine Ait Yıllara Göre ÇO Değişimi	43
Şekil 4.14.	1986-1997 Karaçay Deresine Ait Yıllara Göre NH ₃ -N Değişimi	44
Şekil 4.15.	1986-1997 Karaçay Deresine Ait Yıllara Göre NO ₂ -N Değişimi	44
Şekil 4.16.	1986-1997 Karaçay Deresine Ait Yıllara Göre NO ₃ -N Değişimi	45
Şekil 4.17.	1986-1998 Kurtköy Deresine Ait Yıllara Göre Ph Değişimi	47
Şekil 4.18.	1986-1998 Kurtköy Deresine Ait Yıllara Göre KOI Değişimi	47
Şekil 4.19.	1986-1998 Kurtköy Deresine Ait Yıllara Göre BOI Değişimi.....	48
Şekil 4.20.	1986-1998 Kurtköy Deresine Ait Yıllara Göre AKM Değişimi	48
Şekil 4.21.	1986-1998 Kurtköy Deresine Ait Yıllara Göre ÇO Değişimi.....	49
Şekil 4.22.	1986-1998 Kurtköy Deresine Ait Yıllara Göre NH ₃ -N Değişimi	49
Şekil 4.23.	1986-1998 Kurtköy Deresine Ait Yıllara Göre NO ₂ -N Değişimi	50
Şekil 4.24.	1986-1998 Kurtköy Deresine Ait Yıllara Göre NO ₃ -N Değişimi	50
Şekil 4.25.	1987-1999 Mahmudiye Deresine Ait Yıllara Göre Ph Değişimi	52
Şekil 4.26.	1987-1999 Mahmudiye Deresine Ait Yıllara Göre KOI Değişimi	53
Şekil 4.27.	1987-1999 Mahmudiye Deresine Ait Yıllara Göre BOI Değişimi.....	53
Şekil 4.28.	1987-1999 Mahmudiye Deresine Ait Yıllara Göre AKM Değişimi	54
Şekil 4.29.	1987-1999 Mahmudiye Deresine Ait Yıllara Göre ÇO Değişimi.....	54
Şekil 4.30.	1987-1999 Mahmudiye Deresine Ait Yıllara Göre NH ₃ -N Değişimi	55
Şekil 4.31.	1987-1999 Mahmudiye Deresine Ait Yıllara Göre NO ₂ -N Değişimi	55
Şekil 4.32.	1987-1999 Mahmudiye Deresine Ait Yıllara Göre NO ₃ -N Değişimi	56
Şekil 4.33.	1986-1999 İstanbul Deresine Ait Yıllara Göre Ph Değişimi.....	57
Şekil 4.34.	1986-1999 İstanbul Deresine Ait Yıllara Göre KOI Değişimi.....	58
Şekil 4.35.	1986-1999 İstanbul Deresine Ait Yıllara Göre BOI Değişimi	58
Şekil 4.36.	1986-1999 İstanbul Deresine Ait Yıllara Göre AKM Değişimi	59
Şekil 4.37.	1986-1999 İstanbul Deresine Ait Yıllara Göre ÇO Değişimi	59
Şekil 4.38.	1986-1999 İstanbul Deresine Ait Yıllara Göre NH ₃ -N Değişimi	60
Şekil 4.39.	1986-1999 İstanbul Deresine Ait Yıllara Göre NO ₂ -N Değişimi	60
Şekil 4.40.	1986-1999 İstanbul Deresine Ait Yıllara Göre NO ₃ -N Değişimi	61
Şekil 4.41.	1986-1999 Keçi Deresine Ait Yıllara Göre Ph Değişimi	62
Şekil 4.42.	1986-1999 Keçi Deresine Ait Yıllara Göre KOI Değişimi	63
Şekil 4.43.	1986-1999 Keçi Deresine Ait Yıllara Göre BOI Değişimi	63

Şekil 4.44.	1986-1999 Keçi Deresine Ait Yıllara Göre AKM Değişimi.....	64
Şekil 4.45.	1986-1999 Keçi Deresine Ait Yıllara Göre ÇO Değişimi.....	64
Şekil 4.46.	1986-1999 Keçi Deresine Ait Yıllara Göre NH ₃ -N Değişimi.....	65
Şekil 4.47.	1986-1999 Keçi Deresine Ait Yıllara Göre NO ₂ -N Değişimi.....	65
Şekil 4.48.	1986-1999 Keçi Deresine Ait Yıllara Göre NO ₃ -N Değişimi.....	66
Şekil 4.49.	1986-1999 Sarp Deresine Ait Yıllara Göre Ph Değişimi	68
Şekil 4.50.	1986-1999 Sarp Deresine Ait Yıllara Göre KOI Değişimi	68
Şekil 4.51.	1986-1999 Sarp Deresine Ait Yıllara Göre BOI Değişimi.....	69
Şekil 4.52.	1986-1999 Sarp Deresine Ait Yıllara Göre AKM Değişimi	69
Şekil 4.53.	1986-1999 Sarp Deresine Ait Yıllara Göre ÇO Değişimi.....	70
Şekil 4.54.	1986-1999 Sarp Deresine Ait Yıllara Göre NH ₃ -N Değişimi	70
Şekil 4.55.	1986-1999 Sarp Deresine Ait Yıllara Göre NO ₂ -N Değişimi	71
Şekil 4.56.	1986-1999 Sarp Deresine Ait Yıllara Göre NO ₃ -N Değişimi	71
Şekil 4.57.	1986-1999 Maden Deresine Ait Yıllara Göre Ph Değişimi	73
Şekil 4.58.	1986-1999 Maden Deresine Ait Yıllara Göre KOI Değişimi	74
Şekil 4.59.	1986-1999 Maden Deresine Ait Yıllara Göre BOI Değişimi	74
Şekil 4.60.	1986-1999 Maden Deresine Ait Yıllara Göre AKM Değişimi	75
Şekil 4.61.	1986-1999 Maden Deresine Ait Yıllara Göre ÇO Değişimi	75
Şekil 4.62.	1986-1999 Maden Deresine Ait Yıllara NH ₃ -N Değişimi	76
Şekil 4.63.	1986-1999 Maden Deresine Ait Yıllara NO ₂ -N Değişimi	76
Şekil 4.64.	1986-1999 Maden Deresine Ait Yıllara NO ₃ -N Değişimi	77
Şekil 6.1.	1971 - 2000 Yılları Arası Kuraklık Haritası.....	94
Şekil 6.2.	Türkiye’de Sektörlere Göre Su Kullanımı.....	97
Şekil 6.3.	Temiz ve Tatlı Su Kaynaklarının Sektörel Kullanımı (%).....	98
Şekil 6.4.	Dünya Ortalamasına Göre Kişi Başına Düşen Kullanılabilir Su Miktarı	99
Şekil 8.1.	YSA’ nın Genel Yapısı.....	106
Şekil 8.2.	Tek ve Çok Katmanlı YSA Modelleri.....	107
Şekil 8.3.	Bir İşlem Elemanı	109
Şekil 8.4.	Sigmoid Transfer Fonksiyonu	110
Şekil 8.5.	Genelleştirme Yeteneği Olmayan YSA Mimarisi	111
Şekil 8.6.	Genelleştirme Yeteneği Olan YSA Mimarisi.....	112

Şekil 8.7.	Eğitim ve Test Verilerine Göre Hatanın Dağılımı.....	113
Şekil 8.8.	Regresyon Doğrusu Gözlem Noktalarının Düşey Uzaklıklarının Karelerinin Toplamını En Küçük Yapacak Şekilde Geçirilmesi.....	115
Şekil 8.9.	Regresyon Denklemiyle Yapılan Tahminler İçin Belli Bir Güven Düzeyindeki Güven Bölgesi.....	117
Şekil 9.1.	Buharlaşma-Göl Kotu	119
Şekil 9.2.	Rölatif Nem-Göl Kotu	119
Şekil 9.3.	Rüzgar Hızı-Göl Kotu	120
Şekil 9.4.	Sıcaklık-Göl Kotu.....	120
Şekil 9.5.	Yağış- Göl kotu	121
Şekil 9.6.	Buharlaşma-Rölatif Nem-Göl Kotu.....	122
Şekil 9.7.	Buharlaşma-Rölatif Nem-Rüzgar Hızı- Göl Kotu.....	122
Şekil 9.8.	Buharlaşma-Rölatif Nem -Rüzgar Hızı- Göl Kotu.....	123
Şekil 9.9.	Meteorolojik Verilerin Kullanıldığı Senaryo 1'e Ait Saçılım Diyagramı	124
Şekil 9.10.	S1 İçin Ölçülen ve Tahmin Edilen Göl Kotu	125
Şekil 9.11.	Senaryo 1'e Ait Saçılım Diyagramı	126
Şekil 9.12.	S2 İçin Ölçülen ve Tahmin Edilen Göl Kotu	126
Şekil 9.13.	Senaryo 2'ye Ait Saçılım Diyagramı	127
Şekil 9.14.	S3 İçin Ölçülen ve Tahmin Edilen Göl Kotu	127
Şekil 9.15.	Senaryo 3'e Ait Saçılım Diyagramı	128
Şekil 9.16.	Model Kıyaslama.....	129

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	Sapanca Gölü Havzasında Ormanların Alan Bakımından Dağılımı....	9
Tablo 2.2.	Sapanca Gölü Havzasında Hâlihazır Arazi Kullanımı (km ²)	20
Tablo 2.3.	Sapanca Havzası Nüfus Verileri.....	24
Tablo 2.4.	Sapanca Gölü Yan Dereleri ve Uzunlukları	25
Tablo 5.1.	Sapanca Gölü'nden Su Çeken Resmi Tahsisli Kuruluşlar	80
Tablo 5.2.	Sapanca Gölü Havzası'nda Bulunan İçme Suyu Tesisleri	80
Tablo 6.1.	Yeryüzündeki Su Dağılımı	85
Tablo 6.2.	Dünyada Temiz ve Tatlı Su Kaynaklarının Sektörel Kullanımı (%) ...	98
Tablo 9.1.	Meteorolojik verilerin Göl Kotu Tahmin Sonuçları	118
Tablo 9.2.	Zaman Ötelemeli Model Senaryo ve Sonuçları.....	125

FOTOĞRAFLAR LİSTESİ

Foto 4.1.	Balıkhane Deresi'nden Bir Görünüm.....	36
Foto 4.2.	Kurtköy Deresi'nden Bir Görünüm.....	46
Foto 4.3.	Mahmudiye Deresi'nden Bir Görünüm.....	52
Foto 4.4.	İstanbul Deresi'nden Bir Görünüm	57
Foto 4.5.	Keçi Deresi'nden Bir Görünüm	62
Foto 4.6.	Sarp Deresi'nden Bir Görünüm.....	97
Foto 4.7.	Maden Deresi'nden bir Görünüm	73
Foto 7.1.	Tuz Gölü.....	100
Foto 7.2.	Büyükçekmece Gölü	101
Foto 7.3.	Beyşehir Gölü.....	101
Foto 7.4.	Yedi Göller	102
Foto 7.5.	Seyfe Gölü	102
Foto 7.6.	Meke Gölü	103
Foto 7.7.	Akşehir Gölü	103

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Sapanca Gölü, Yapay Sinir Ağı, Küresel Isınma, Göl Kotu, Yağış, Sıcaklık, Buharlaşma, Rölatif Nem, Rüzgar Hızı, Göl Kotu

Sakarya ili ve çevresi için içme suyu kaynağı olan Sapanca Gölü, endüstri suyu temini ve su ürünleri üretimi açısından da önemli bir su kaynağıdır.

Sapanca Gölü, ülkemizin nadir içme suyu kaynağı olarak kullanılan göllerinden birisidir. Ancak çevresindeki doğal güzellik ve İstanbul iline olan yakınlığı nedeniyle yoğun yapılaşmaya maruz kalmaktadır.

Küresel ısınma beraberinde iklim değişikliklerine yol açmaktadır. Bunun sonucu olarak dünyadaki su kaynaklarında ciddi sorunlar yaşanmaktadır. Bu çalışmada küresel iklim değişikliğinin dünyamız ve Türkiye'deki su kaynakları üzerindeki etkileri incelenmiş, Sapanca Gölü'nün bu değişimin neresinde olduğu vurgulanmıştır.

Bu çalışmada Sapanca Gölü'nün iklim faktörleri ve göl kotu seviyesinin değişimi arasında senaryolar kurulmuştur. İklim faktörleri Sakarya Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü'nden alınan günlük ortalama yağış, günlük ortalama buharlaşma, günlük ortalama rölatif nem, günlük ortalama sıcaklık, günlük ortalama rüzgar hızı verilerdir. Göl Kotu değerleri ise Devlet Su İşleri (DSİ, 32. Şube Müdürlüğü, SAKARYA) verilerinden alınmıştır. Bu veriler çeşitli senaryolar altında yapay sinir ağları (YSA)'na tabi tutularak elde edilen sonuçlar kıyaslanmış ve en iyi sonucu veren model belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada Sapanca Gölü'nü besleyen yan derelerin debi ve su kalite parametreleri incelenerek Sapanca Gölü'ne olan muhtemel etkileri araştırılmıştır.

Literatürde, Sapanca Gölü Göl kotunun tahmin edilmesiyle ilgili bir çalışmaya rastlanılmamış olup yapılan çalışma bu bakımdan da önem arz etmektedir.

THE EFFECTS OF THE METEOROLOGICAL FACTORS IN THE LONG TERM WATER SUPPLY TO THE WATER QUALITY OF LAKE SAPANCA

SUMMARY

KEYWORDS: Lake Sapanca, Artificial Neural Network, Global Warming, Lake Level, Raining, Temperature, Vaporing, Relative Humidity, Wind Speed.

Lake Sapanca, which is a water resource for Sakarya city and its surrounding, is also an important water resource for industrial water supply and mariculture.

Lake Sapanca is one of the lake, that is rarely used as drinking water resource of our country. Because of the natural beauty and closeness to the Istanbul, it subjects to intense structuring.

Global warming causes to the climate changes. As a result of there are serious problems in the water resources of the world. In this study, the effects of the global climate change in Turkey and in our world, was analysed. It was emphasised where the Lake Sapanca of this change is.

In this study scripts were built between factors of climate and changing lake level of Lake Sapanca. Factors of climate are data like daily average raining, daily average vaporing, daily average relative humidity, daily average temperature, daily average wind speed, which are taken from Sakarya management of meteorological station. The value of the lake level was taken from the data of the state hydraulic works (DSİ, 32. Branch Office, SAKARYA). These data were compared with the result that was obtained by subjecting to artificial neural network (ANN) under the various scripts and the best model was determined. However, in this study capacity and water quality parameters of the tributary river which nourishes the Lake Sapanca were analysed. The probable effects to the Lake Sapanca were searched.

In literature, Previously, there is not a study about estimating of the lake level of the Sapanca Lake and this study has importance for this purpose.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Yaşamın temel kaynağı olan suyun; insan kullanımı, tarımsal üretim, ekosistem içinde kullanımı, endüstriyel kullanım, ekonomik kalkınma, sosyal kalkınma, enerji üretimi, ulusal güvenlik gibi gerekli olduğu birçok sektör vardır. Suyun yeterli ve uygun kalitede olması, ekonomik ve sosyal kalkınma için de gereklidir. Ne yazık ki su kaynaklarının bilinçsiz kullanılışı ve doğal dengenin bozulması insanlığı yeni bir krize doğru hızla götürmektedir. Artık tüm dünyada bilim adamları su sıkıntısını tartışmaya açmıştır. Bu konuda dünyanın birçok ülkesinde su konferansları, toplantıları, seminerleri yapılmakta ve çözüm yolları araştırılmaktadır. Özellikle son 20 yıl içinde artan insan nüfusu ve bunun sonucu olarak artan su talebi, küresel bir su krizini gündeme getirmiştir. Bunun yanı sıra, hızla artan dünya nüfusu ve su talebiyle birlikte ekonomik, politik ve çevresel konulardaki mücadeleler ve çekişmeler çok daha yaygın ve ciddi boyutlara ulaşmıştır.

Sınırlı ancak yenilenebilir bir özelliğe sahip suyun sosyal, ekonomik ve ekolojik yaşam için önemi tartışılmazdır. Nüfusun hızlı artışı, kirlenme ve yanlış kullanım baskısı altında kalan ve dünyadaki dağılımı yere ve zamana göre değişen, insanlık tarihinde her zaman güç unsurlarının dengesini ve uygarlığın kalitesini belirlemede önemli yere sahip tatlı su kaynakları günümüzde dünyanın birçok bölgesinde daha da hayati ve stratejik bir doğal kaynak durumuna gelmiştir. Dünya nüfusundaki hızlı artış ve suya olan taleplerin çeşitlenerek artması, kirlenme ve iklim değişikliği bu yaşamsal öneme sahip kaynağı özellikle kıt bölgeler için stratejik bir konuma taşımıştır.

1.1 . Literatür Çalışmaları

Sapanca Gölü ilk kez 1965 yılında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nca TAMS adlı özel bir müşavir firmaya hazırlanmış olduğu "İstanbul-İzmit İçme Kullanma ve

Endüstri Suyu Temini Projesine Ait Rapor” çalışması ile araştırılmıştır. 1967-1971 yılları arasında DSİ, DAMOC adlı özel bir müşavir firmaya “İstanbul Bölgesi Su Temini ve Kanalizasyon Master Planı” hazırlattırılmıştır. 1976 yılında Ulaştırma Bakanlığı tarafında İTÜ İnşaat Fakültesine ulaşım ile ilgili ön fizibilite raporu yaptırılmıştır. Ancak yapılan çalışmalar gerçekleştirilmemiştir.

Öte yandan, son zamanlarda Üniversitelerce gölün kirlenmesi üzerine yapılmış bir çok münferit çalışmalar mevcut olup, DSİ tarafından gölün çeşitli noktalarına kurulan istasyonlar yardımıyla göle giren ve çıkan su miktarları tespit edilmekte ve bu sayede içme-kullanma suyu kaynağı olmasının yeterliliği araştırılmaktadır.

Gölde kalite ölçümleri 1979 yılında başlamış ancak çeşitli nedenlerle bir süre ara verilmiştir. Haziran 1980’de çalışmalara tekrar başlanmış, gölün çeşitli derinliklerinden örnekler alınıp fiziksel ve kimyasal parametrelerin ölçümü yapılmıştır (SAU Sapanca Gölü Ara Raporu, Temmuz 98).

Sapanca Gölü ve Havzası üzerinde literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Göl üzerinde yürütülen çalışmalar ağırlıklı olarak gölün hidrolojik, limnolojik ve kirlilik açısından karakterizasyonuna yönelik olmuştur. Havza içerisinde yer alan ve gölü besleyen ana derelerin su kalitesi ve kirlilik düzeyi üzerindeki çalışmalar ise oldukça sınırlıdır.

Sapanca Gölü üzerinde yürütülen ilk kapsamlı çalışma D.S.İ. tarafından 1984 yılında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada gölün kirlenme düzeyinin yüksek olmadığı, göl su kalitesinin ölçülen parametreler açısından içme-kullanma, endüstri suyu sağlanması ve su ürünleri üretimi amaçlarıyla kullanımına uygun olduğu ve gölün halen oligotrofik yapıya sahip olduğu saptanmıştır (DSİ,1984).

(Yiğit ve Müftügil, 1984) Sapanca Gölü’nün su kirliliğini ve besleyicilerin su kalitesi üzerindeki etkilerini ortaya koyan limnolojik çalışmada, göl suyunun içme ve çeşitli amaçlarla (sanayi, tarım gibi) kullanılabilecek nitelikte olduğunu saptamıştır.

(Tuğrul ve Morkoç, 1991) Sapanca Gölü'nün limnolojik özelliklerini inceledikleri çalışmalarında, göldeki fosfat derişiminin düşük olduğunu, termoklin tabakasının altında dinamik bir biyolojik sistemin gözlendiğini, Trofik State Indeks (TSI) değerlerinden gölün oligotrofik özellikte olduğunu ortaya koymuştur.

(Yalçın ve Sevinç, 1993) "Sapanca Gölü'ne Besi Maddesi Yüklenmesi ve gölün trofik durumu" isimli çalışmalarında, gölün N ve P miktarlarındaki değişim tayin edilmiştir.

Mezotrofik sınırına yaklaşan göl suyunun kirlenmesinin önlenmesi için alınması gereken tedbirleri saptamaya çalışmışlardır.

(Ertürk, 1994) Sapanca Gölü'nün dip çökellerinde yaptığı mineralojik ve jeokimyasal incelemede, sedimanların düşük toplam organik karbon içeriklerinin oligotrofik göllere özgü sınırlar içinde olduğunu, sedimanların tane boyları dağılımlarının ne şekilde değiştüğünü ortaya koymuş ve bir takım önlemlerin alınmasıyla, çevre nüfusunun göl suyundan içme ve kullanma amaçlı faydalanabileceğini saptamıştır.

(Esenli, 1995) Sapanca Gölü ve havzasının hidrojeokimyasal özelliklerini belirlemeye yönelik çalışmasında, göl ve dere sularındaki kirletici unsurları araştırılmış, dip çamurlarının mineralojisi-tane boyu dağılımı ile ağır metallerin konsantrasyonları arasındaki ilişkiler saptanmıştır.

(Velioğlu, 1998) Sapanca Gölü ve Havzası üzerinde yapılmış kirlilik araştırmalarının sonuçlarını değerlendirerek, Sapanca Gölünün durumunda herhangi bir iyileşme olmadığını ortaya koymuştur. Raporda ağırlıklı olarak Sapanca Gölünün ve havzasının korunması ile ilgili öneri paketi üzerinde durulmuş, pakette önerilen konular üzerine yeteri kadar gidilmediği ve belli konuların ele alınmasında geç kalındığı sonucuna varılmıştır.

(Tanık ve dig., 1998) Sapanca Gölü Havzasındaki kirletici kaynakları araştırmış, gölün biyolojik oksijen ihtiyacı, N, P, pestisit ve gübrelerin gölde dağılımı

incelemiştir. Gölün Avrupa Topluluğu standartlarına göre II. Sınıf kalitede olduğunu ve su kalitesindeki duyarlılığı sağlamak için uzun ve orta vadede kontroller yapılması gerektiğini ortaya koymuştur.

(Yalçın ve Sevinç, 2001) Sapanca Gölü'nün güneyinde bulunan TEM otoyolunun göle olan etkilerini araştırmıştır. Bu çalışmada 1991-1999 yılları arasında göl suyunda otoyol kaynaklı ağır metallerin (Pb, Fe ve Zn) derişimleri ve değışimleri incelenmiştir. Elde edile sonuçlar göldeki Zn seviyesinin sınır değerlerin altında olduğunu; Pb ve Fe konsantrasyonlarında artış gözlendiğini ve zaman zaman Pb ve Fe derişimlerinin sınır değerlerin üstüne çıktığını göstermektedir.

(Oktaş ve diğ.; 2002) Adapazarı ili'nin içme suyu kaynağı olan Sapanca Gölü su kalitesini incelemiş ve gölün kirlenme düzeyinin halen yüksek olmadığını ortaya koymuştur.

(Altuğ, 2006) Sapanca Gölü ve gölü besleyen derelerin bakteriyolojik kirlilik seviyelerini ve bakteriyolojik metabolik aktivitelerini belirlemeye yönelik çalışmalar yürütmüşlerdir. Bakteri örneği olarak total koliformların alt grubu olan Fekal koliformlar ve Fekal Koliformların en iyi örneği olan *Escherichia coli* seçilmiştir. Fekal koliform değerleri bakımından Sapanca Gölü'nün 4.sınıf su kalite özelliğine sahip olduğu görülmüştür.

(Duman ve diğ., 2006a) çalışmasında sezonsal olarak Sapanca Gölü'nün yüzey sedimanlarındaki ağır metal (Pb, Cr, Cu, Mn, Zn, Ni ve Cd) değışimlerini ortaya koymuştur. Bu çalışmada sedimanlardaki Pb, Cr, Cu, Mn ve Zn derişimlerinin zaman zaman sınır degerleri astığı; Ni ve Cd derişimlerinin ise sınır değerlerin altında olduğu ve sezonsal olarak ciddi bir farklılık göstermedikleri tespit edilmiştir.

(Duman ve diğ., 2006b) Sapanca Gölü'nde bulunan *Potamogeton lucens* adlı bitkinin yapısındaki ağır metal seviyelerini (Pb, Cr, Cu, Mn, Ni, Zn, ve Cd) araştırmıştır. Bulunan metal seviyeleri şu şekilde sıralanmıştır: Mn>Zn>Ni>Cu>Cr>Pb>Cd

(Gürbüz ve Gürer, 2008) Sapanca Gölü'ndeki sedimantasyon süreçleri üzerinde antropojenik etkileri araştırmıştır. Göl içindeki sediman taşınımının ve çökeliminin doğal faktörlere ek olarak dere yatakları üzerinde inşa edilen seddeler ve göl suyunu tahliye eden Çarksuyu regülatörü tarafından kontrol edildiği belirlenmiştir.

Gölün su kalitesi ve kirlilik seviyesinin tespitine yönelik yürütülen bu çalışmalar gölün su kalitesini etkileyebilecek tehditlerin halen var olduğunu ve bu unsurların sürekli izlenmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu tez kapsamında planlanan amaçlardan biri de gölü besleyen derelerin su kalitesi hakkındaki durumu güncellemektir.

Sapanca Gölü su seviyesi ile ilgili çalışmalara rastlanılmamıştır. Ancak Van Gölü su seviyesiyle ilgili çalışmaların yapıldığı görülmüştür.

(Baytaş, 1995) Van Gölü'ne giren yüzeysel sular, göl yüzeyine düşen yağış, göl yüzeyinden olan buharlaşma, yeraltı suyuna olan katkı ve kaçakların belirlendiği; su seviyesi analizi yapılarak yükselmenin nedenlerinin irdelendiği ve su seviyesinin neden olduğu zararların önlenmesine yönelik planların önerildiği bir çalışmada, seviyedeki artış fizikse nedenler ile açıklanmaya çalışılmıştır. Bölgedeki meteorolojik tespitlere göre yıllık toplam yağıştaki %39 artış, yıllık buharlaşmadaki %15'lik azalma, göl su seviyesinde 32 cm'lik yükselmeye neden olmaktadır. Van gölünün çıkış ayağının olmaması konumu ve suyunun özellikleri, göl su seviyesinin yükselmesine neden olmuştur. Bu nedenlerle seviye artışının seviye artışının zararlarını önlemeye yönelik tedbir alınmasına imkân vermemektedir.

(Kadioğlu ve diğ., 1996) Van Gölü havzasındaki iklim değişimlerinin göl üzerindeki etkisini oluşturdukları model yardımı ile su seviyesindeki yükselmeyi incelemişlerdir.

(Şen ve diğ., 1996) tarafından su seviyesindeki dalgalanmaların aylık simülasyonu ve Cluster Regresyon modelini kurmuşlardır.

(Kadıoğlu ve diğ., 2000) Van Gölüne ait aylık ortalama su seviyeleri için Otoregresif model kurulmuş ve farklı dönüş aralıkları için seviye tahmininde bulunmuşlardır.

Van Gölü su seviye artışının nedenlerinin tespitine yönelik yapılan çalışmada, bölgenin fiziksel koşulları, havzanın yapısı incelenmiş ve yıllık yüzeysel akış, göl yüzeyine düşen yağış ve buharlaşma değerlerinin tespiti yapılmaya çalışılmıştır. Yüzeysel akış miktarının tespiti için kullanılan ölçüm istasyonları Van Gölü'nden oldukça uzakta bulunmaktadır. Van Gölü'ne giden toplam suyun belirlenmesi için istasyonla Van Gölü arasında kalan havza alanı belirlenmiş, akarsuların toplam havza alanları bulunduktan sonra her yılki yüzeysel akışa karşılık gelen havza verimleri her akarsu için hesaplanmıştır. Ancak eldeki verilerin eksik olması nedeniyle akış miktarları regresyon analizi kullanılarak tamamlanmış, böylece göle giren yıllık yüzeysel akış bulunmuştur. Sonuç olarak yıllar bazında yüzeysel akış, buharlaşma değerleri tespit edilmiştir. Seviyenin artış gösterdiği yıllarda, özellikle 1966-1991 yılları arasındaki seviye değişimi ile buharlaşma değişiminin ters orantılı olduğu belirlenmiştir (Geçel, 1996).

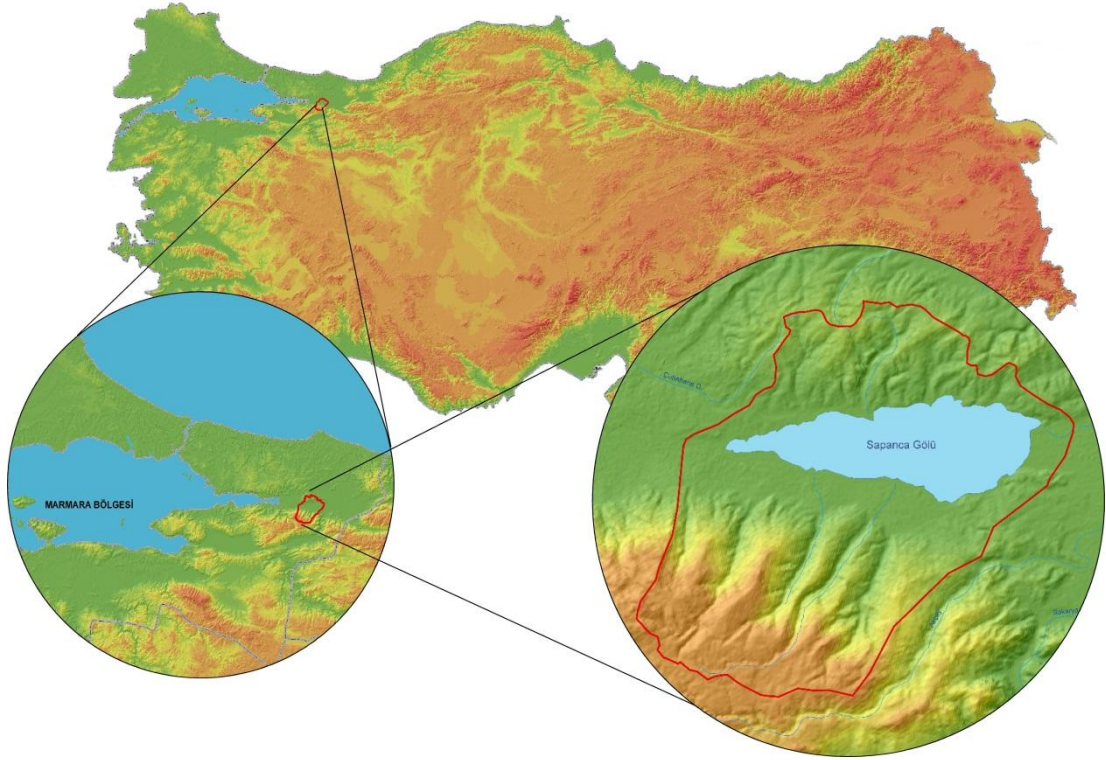
(Gençsoy, 1997) Van Gölü'ndeki su seviyesi değişimlerinin hidrometeorolojik parametrelerle ilişkisi üzerine yapılan çalışmada; Van Gölü etrafında bulunan istasyonlarda (Ahlat, Tatvan, Van, Erciş, Muradiye) ölçülmüş yağış, buharlaşma ve sıcaklık kayıtları toplanmış, ayrıca akış değerleri için Van Gölü'ne akan nehirler üzerinde istasyonlarda ölçülmüş akım değerleri incelenmiştir. Gölün ortalama yağış ve buharlaşma yükseklikleri Thiessen metodu ile hesaplanmıştır. Yüzeysel akış yüksekliği ile elde edilen değerler arasında seviye artışında etkin rol oynayan etkeninin tespitine çalışılmıştır. Çalışmadaki eksik veriler regresyon ve korelasyon analizi ile tamamlanmıştır. Elde edilen bulgulara göre; 1965-1975 yılları arasında göl su seviyesinin yükselmesinde etkin parametre olarak yüzeysel akışlar tespit edilmiştir. Göle giren yüzeysel akış yüksekliği değerleri arttığı zaman göl seviyesi de artmış, azaldığı zaman buharlaşmanın da etkisiyle göl su seviyesi azalmıştır. Bu durumda seviye değişimi üzerindeki en etkin parametre olarak akış yüksekliği bulunmuştur. Yağış yüksekliği de, genellikle göl su seviyesinin yükseldiği aylar olan Haziran, Temmuz aylarında azalma gösterdiği için seviyeyi akış ve buharlaşma yüksekliği kadar belirgin etkilememektedir. Akış yüksekliği değerleri ile seviye değerleri

arasında iki aylık bir faz farkı bulunmuştur. Bu sonuçlar da, göl seviyesini kontrol eden sadece yüzeysel akışın değil, gecikmeli olan yüzey altı ve yeraltı akışının da etkili olduğunu ortaya koymuştur.

Van Gölü'nün seviye değişimleri ile iklim verileri arasında bir ilişki bulunması amacı ile seviye değişimleri zaman serisi modelleri (Erol, 1996) tarafından kurulmuştur. İklim değişimleri ve seviye arasındaki ilişki korelasyon ve çoklu regresyon modelleriyle tespit edilmiş, Göl su toplama havzasının su bütçesinin belirlenmesi için Van Gölü'ne ve havzaya düşen yağışların akışa dönen miktarı hesaplanmış, böylece seviye değişimleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışma sonunda Van Gölü seviye yükselmelerinin gidiş eğilimi taşıdığı görülmüştür. Bazı yıllarda sapma görülmesine rağmen değişim artış eğilimindedir. Kurulan model tahminine göre ise yaklaşık 15 yıl boyunca mevcut seviye devam edecek ya da seviye etrafında dalgalanmalar olacaktır. 15 yıl sonrada bir sıçrama ile bu artışın devam edeceği öngörülmüştür. Çalışmada seviyenin devamlı bir artış yönünde olmasının iklimsel bağı kurulamamıştır. Ancak yükselmeye karşı arazilerin korunması gerektiği belirtilmiştir (Erol, 1996).

(Kadioğlu ve diğ., 2008) Van Gölü su seviyesi modellenmesi ve ekstrem seviyelerin tahminine yönelik çalışmada su denge bileşenleri (yağış-akış-buharlaştırma) ve su seviye kayıtları kullanılarak çoklu regresyon analizi yöntemi ile Van Gölü su seviye modellenmesi yapılmıştır. Oluşturulan regresyon modeli yardımıyla gelecekteki olası ekstrem yıllık su seviyeleri tahmin edilmeye çalışılmıştır.

BÖLÜM 2. ÇALIŞMA ALANI HAKKINDA GENEL BİLGİ



Şekil 2.1. Sapanca Gölü Havzası Lokasyon Haritası (Kaçmaz, 2010)

2.1. Doğal Coğrafya

Sapanca Gölü; İznik Gölü'ne paralel olarak uzanan ve İzmit Körfezi'nin devamı halinde Adapazarı'na kadar ulaşan tektonik bir çukurda bulunmaktadır. Göl, Kocaeli ve Sakarya illerinin sınırları içinde kalmaktadır. Gölün doğu ucu Sakarya Nehri'nden 5 km. batı ucu ise İzmit Körfezi'nden 20 km. uzaklıktadır. Göl havzasının büyük bir kısmını Sapanca Ovası kaplamaktadır. Sapanca Ovası, Sapanca Kasabası'ndan başlayıp, Sapanca Gölü kıyısını güneyden takip eden dar bir şerit halinde Derbent Kazasına kadar batı yönde uzanır. Ovanın eğimi, genellikle güneyden kuzeye doğru

olup, güneyde Kayınlı Dağları yer almaktadır. Güneyde yaklaşık yükseklik 100 metre, kuzeyde ise 30 metre dolayındadır. Ovanın güneyde yer alan Samanlı Dağı, Karadağ ve Keremali Dağları ova üzerinde 1800 – 4300 metreye kadar yükselir. Yamaçları dik olan bu dağlar Sakarya Nehri ve Mudurnu Çayı boğaları dışında geçilemez durumdadır. Sapanca Gölü güney yamaçlarında kıyıya yakın alçak kesimde orman alanı büyük çapta tahrip görmüş, yerini maki benzeri topluluklara bırakmıştır. Yükselti artışına bağlı olarak tahribatın oranı azalmakta, Samanlı Dağlarında ancak 600 metrenin üzerinde toplu veya grup halinde iyi nitelikli ormanlar görülmektedir. Göl yüzeyinden itibaren Keltepe'ye kadar olan alanda yükseltiye bağlı olarak kuşaklar halinde değişik orman toplulukları görülmektedir. 500 metre kadar olan yükseltide rastlanan çok zengin bitkisel örtü 1000 metreden sonra hızla azalmakta ve ancak sınırlı sayıda türlere rastlanmaktadır. Sapanca havzasındaki mevcut ormanların dağılımları aşağıdaki şekilde verilebilir:

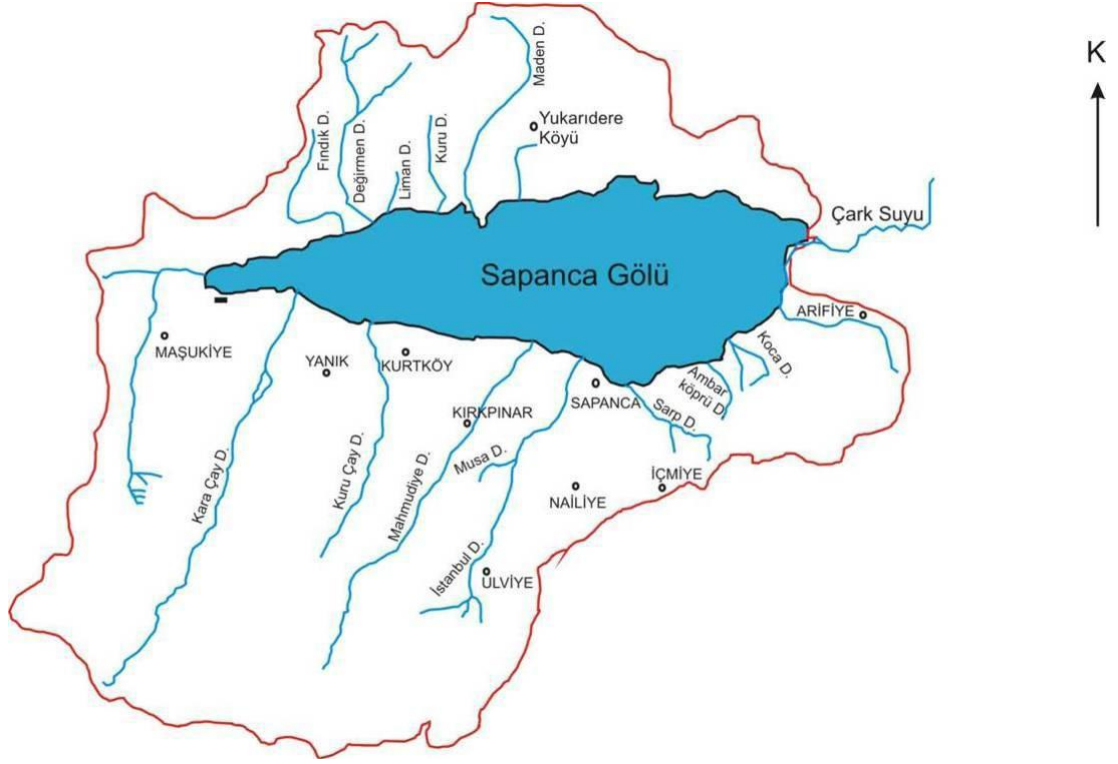
Tablo 2.1. Sapanca Gölü Havzasında Ormanların Alan Bakımından Dağılımı (Sapanca Gölü Su Bütçesi ve İşletme Kapasitesi Tayini Araştırma Projesi Ara Rapor, 1998)

Orman Türü	Alan (Hektar)	
Toplam ormanlık alan	13 973,30	ha
Verimli orman alanı	5 740,50	ha
Bozuk orman alanı	3 040,00	ha
Çok bozuk orman alanı	5 168,00	ha
Mera alanı	230,00	ha
Toplam havza alanı	26 203, 50	ha

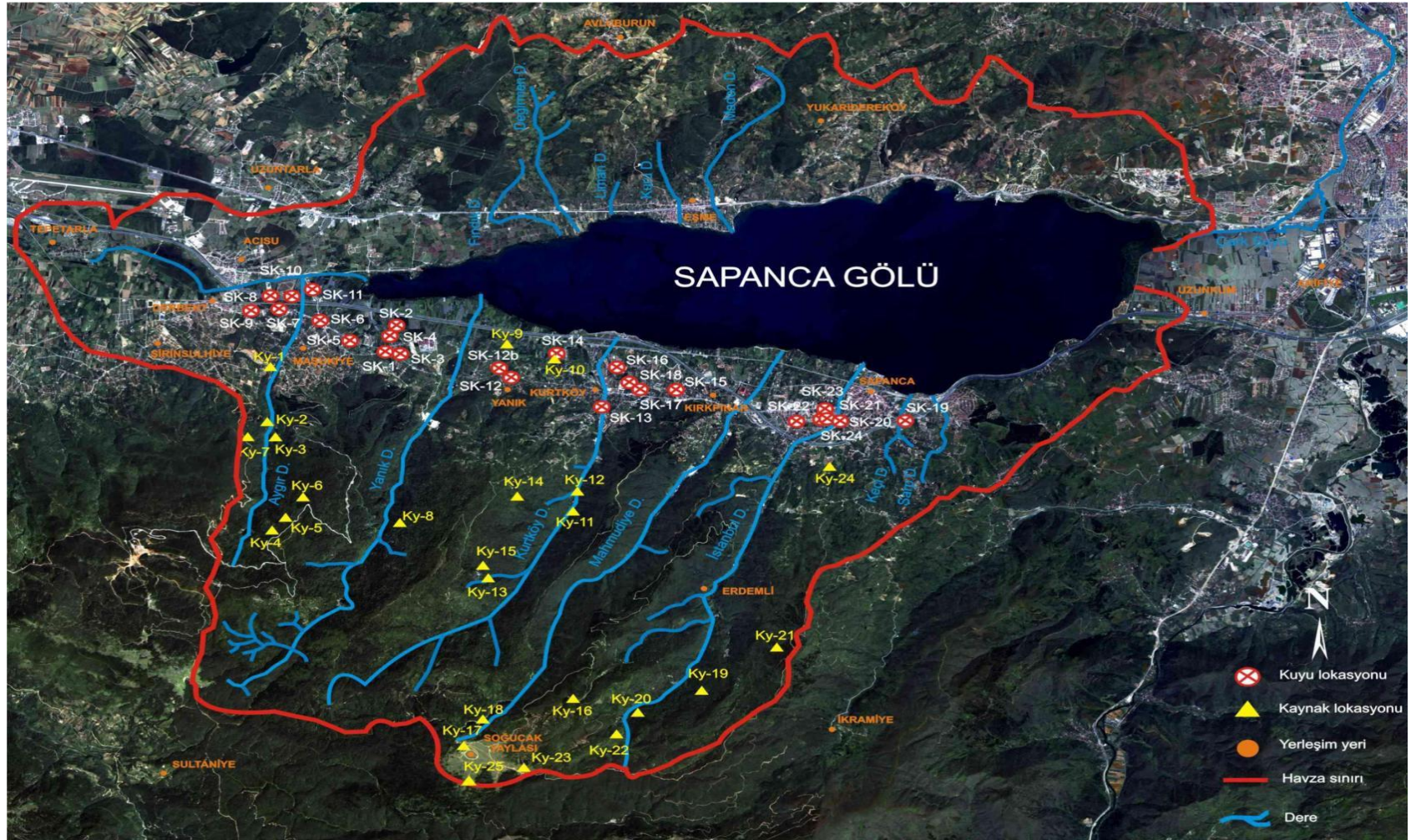
Bugünkü mevcut duruma göre Sapanca Gölü çevresinde orman özelliğini taşıyan pek az alan kalmıştır. Ormanların büyük kısmı gölün güneyinde uzanan Samanlı Dağlarının kuzey yamaçlarındadır. Gölün kuzey sahilinde Ankara-İstanbul karayolunun (E-5) kuzeyinde yer alanlar ise orman özelliğini büyük çapta yitirmiş, verimi düşük parçalı gruplar durumundadır.

Sapanca Gölü'nün doğu-batı doğrultusu 16 km., kuzey-güney doğrultusunda en geniş yeri 5 km.'dir ve yüzölçümü 40 km² dir. Batı tarafı biraz uzamış olsa da,

şekil olarak elipsi andırır. Sapanca Gölü ve su toplama havzası Şekil 2.2' de gösterilmektedir. (SASKİ Sapanca Gölü Havzası Çevre Yönetim ve Koruma Projesi, 2003)

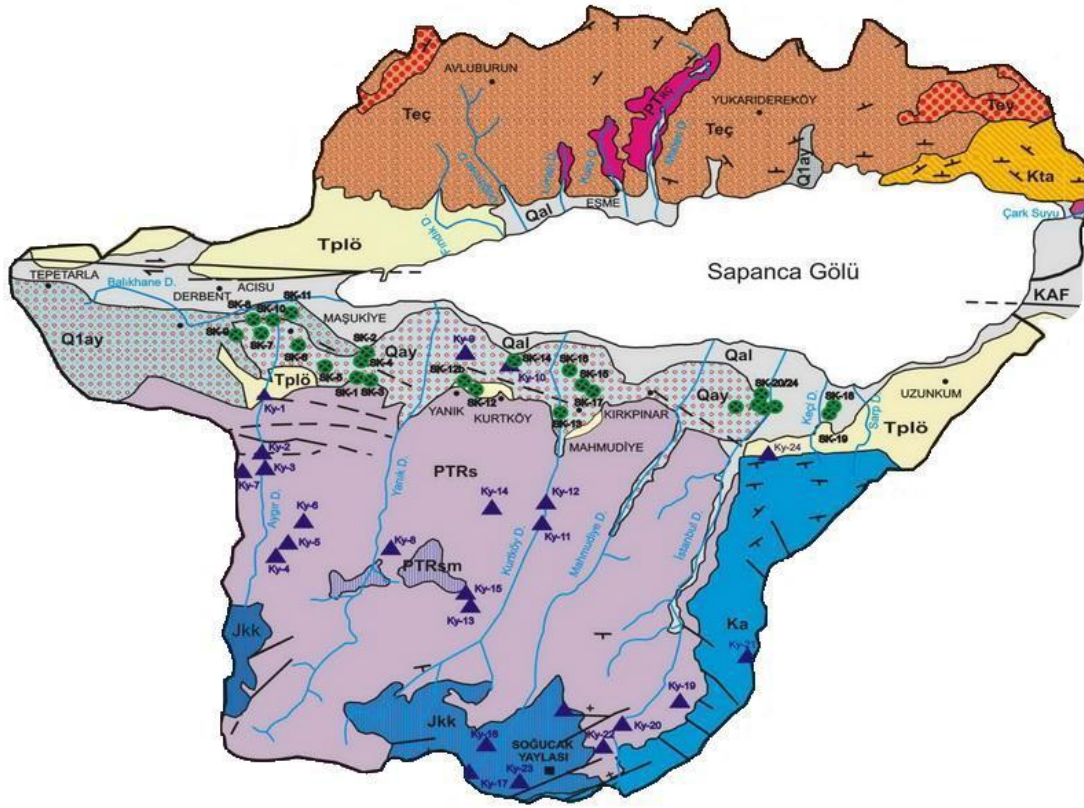


Şekil 2.2. Sapanca Gölü Su Toplama Havzası, Gölle Bağlantılı Akarsular ve Yerleşim Merkezleri (DSİ, 1984)



Şekil 2.3.Sapanca Gölü'nün güneyindeki kaynak ve kuyu lokasyonlarının dağılımı
 Tubitak, Sapanca Gölü'nün Öncelikli Kirlilik Kaynaklarına Özgü Kontrol Teknolojilerinin Araştırılıp Geliştirilerek Göl Havzası İçin Uyarlanması, 2010)

2.2. Jeolojik Yapı



AÇIKLAMALAR

Kuvaterner		Alüvyon
		Alüvyon yelpazesi
		Eski alüvyon yelpazesi
Pliyosen		Örencik formasyonu: Gevşek tutturulmuş konglomera, kumtaşı, kilaşı
Alt - Orta Eosen		Çaycuma Formasyonu: Kumtaşı, şeyl, konglomera
		Yığılca Formasyonu: Aglomera, tuf, andezit, bazalt, volkanojenik
Üst kampaniyen-Alt Eosen		Akveren formasyonu: Yarı pelajik kireçtaşı, şeyl, kalkarenit, kumtaşı, konglomera
Üst Kretase		Akçay Metamorfittleri: Metakumtaşı, metaçamurtaşı, şist vb.
Üst Jura Alt Kretase		Keltepe Mermerleri: Rekristalize kireçtaşı, mermer
Permiyen Triyas		Çakraz formasyonu: Çamurtaşı, kumtaşı, konglomera
		Sultaniye Metamorfittleri: Şist, fillat, kuvarsit, mermer
		Mermer üyesi: Mermer

İŞARETLER

	Tanımlanmamış Fay, yeri yaklaşık tanımlanmamış fay
	Olası Fay
	Dokanak yeri
	Düşey fay, yeri yaklaşık düşey fay
	Yeri yaklaşık doğrultu atımlı fay
	Sürüklenim, yaklaşık sürüklenim yeri
	Bindirme, yaklaşık bindirme yeri
	0-10 tabaka eğimi
	Havza sınırı
	Kaynak lokasyonları
	Kuyu lokasyonları
	Yerleşim merkezi
	Tepe noktası
	Sulu dere

Şekil 2.4. Sapanca Havzasının Jeolojisi (Timur ve Aksay, 2002)

Şekil 2.4 'de Sapanca havzasının jeolojisi haritası verilmiştir. Yapılan jeolojik araştırmalara göre Sapanca Gölü'nün jeolojik evrimi şu şekilde oluşmuştur.

Bölge, eski devirlerden başlayarak üst kretase sonu ve eosen boyunca aktif tektonik ve volkanik faaliyetlerle karşı karşıya kalmıştır. Bu faaliyetler sonucunda şimdiki İzmit Körfezi, Sapanca ve Adapazarı çukurluğunu da içine alacak şekilde Kuzey Anadolu Fay zonu oluşmuştur. Kuvaterner'de bölgesel tektonik hareketler devam ederken eski Sakarya Nehri ve diğer akarsular Adapazarı Gölü ve Sapanca Gölü boyunca İzmit Körfezine boşalmaktaydılar. Özellikle Sakarya Nehri ve diğer akarsuların taşımış oldukları alüvyon malzemeleri şimdiki Sapanca Gölü ile İzmit Körfezi arasında depolanmış ve zamanla bu ara dolarak İzmit Körfezi, Sapanca ve Adapazarı Gölünden ayrılmıştır. Bu zamanda devam eden bölgesel alçalma ve yükselme hareketlerinin de etkisi ile Sapanca ve Adapazarı çukurluğu Sakarya Nehri ve diğer akarsuların boşalmasını şimdiki Sakarya Nehri yatağının olduğu kısımlarda aşındırma yoluyla kuzeye yöneltmiş ve söz konusu akarsular Karadeniz yönüne akmaya başlamıştır. Oluşan yeni yatak koşullarında Sakarya ve diğer akarsular taşıdıkları alüvyon maddeleri Adapazarı çukurluğuna depolamış ve böylece Adapazarı çukurluğu dolarak Sapanca Gölünden ayrılmıştır. Bataklık durumundaki Adapazarı Ovası zamanla kuruyarak bugünkü durumuna gelmiştir.

Sapanca Gölü ve havzasındaki jeolojik formasyonlar şunlardır:

Paleozoik: Bu formasyonlar Sapanca Gölü drenaj alanının jeolojik bakımdan en eski birimlerini oluşturmakta ve göl drenaj alanının güney yamaçlarında yer almaktadır. Yanık, Kuruçay, Mahmudiye ve İstanbul Dereleri bu birimlerde kaynaklanmakta ve Sapanca Gölüne dökülmektedir. Ayrılmamış olan paleozoik birimlerinin başlıcalarını metamorfik şistler, mermer, gnays ve kuvarsitler oluşturmuştur.

Mesozoik: Göl drenaj alanı içinde mesozoik, gölün kuzeydoğu yamaçlarında üst kretase yaşlı plaket kireç taşları ve marnlar ile temsil edilmektedir. Kireç taşları oldukça ince tabakalı olup (milimetre kalınlığından birkaç santimetreye kadar) kıvrımlı ve kırıklı bir yapı gösterirler. Hâkim renk bej-gri olup, bölgesel olarak üst kretase yaşlı fliş özelliği gösterirler. Paleozoik yaşlı birimler üzerine

açısal uyumsuzlukla otururlar.

Senozoik: Bu formasyonlar tersier ve kuvaterner olmak üzere iki bölümde ele alınırlar. Tersiyer kendi içinde paleojen (eosen) ve neojen (pliosen) olarak incelenir.

Eosen: Drenaj alanı içinde fliş özelliği gösterir. Kum taşı - siltaşı - kil taşı sıralanması şeklindedir. Tabakalar ince-orta kalınlıktadır. Kıvrımlı yapı özellikleri gösterirler ve alttaki üst kretase ile uyumludurlar. Litolojide hakim renk sarımsı-kahve ve petrol yeşildir. Sapanca kuzey ve kuzeybatı yamaçlarını oluştururlar.

Neojen: Sapanca-havzasında pliosen'e ait birimler gevşek tutturulmuş konglemera-kum-kil ve silt ile bunların karışımlarından oluşmaktadır. Tabakalaşma yer yer belirgin olmayıp, bazı yerlerde çapraz tabakalaşma özellikleri gösterirler. Karasal oluşumlardır. Gölün güneydoğu ve kuzeybatısında göl seviyesine göre ilk yükselti kesimlerini oluştururlar.

Kuvaterner: Bölgedeki en genç çökellerdir. Drenaj alanının doğu ve batı düzlük kısımları ile güneydeki düzlükler, alüvyon ve alüvyon yelpazeleri, yamaç molozu ve teraslar şeklinde görülürler. Genellikle tutturulmamış kum, çakıl, kil, silt ve bunların karışımları şeklindedir.

Volkanik Kayaçlar: Göl drenaj alanının kuzey kısımlarında küçük mostra halinde bulunur. Büyük bir olasılıkla eosen ve sonrası görülen volkanizma ürünlerinden spilitik-dasit-andezit karakterdeki kayaçlardır. (DSİ,1984)

Faylar: Aktif Kuzey Anadolu Fay Zonu Sapanca'yı doğu-batı yönünde kesmekte olup, doğrultu atımlı fay özelliğini göstermektedir.

Şekil 2.3 'de havzanın güneyini jeolojik ve hidrojeolojik açıdan temsil edecek şekilde, bölgede homojen olarak dağılmış 25 kaynak noktası ve 25 kuyu noktası belirlenmiştir. Örnekleme yapılan noktaların koordinatları GPS ile UTM

cinsinden ölçülerek ArcGIS yazılımı ile sayısal uydu görüntüsü üzerine işlenmiştir (Tubitak, Sapanca Gölü'nün Öncelikli Kirlilik kaynaklarına Özgü kontrol Teknolojilerinin Araştırılıp Geliştirilerek Göl Havzası İçin Uyarlanması, 2010).

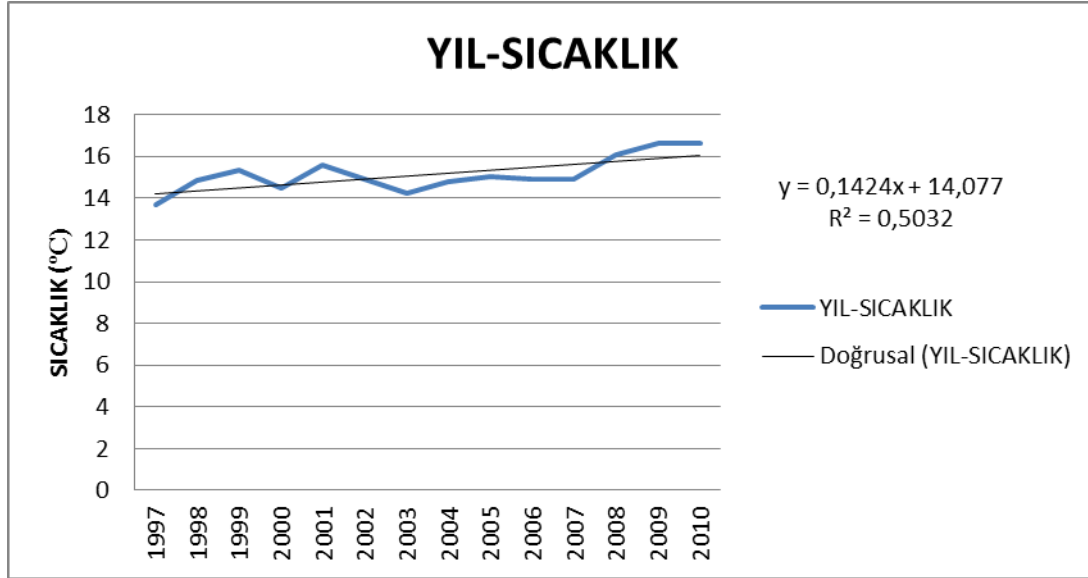
2.3. İklim

Sapanca havzası; çeşitli araştırmacıların da kaydettiği üzere, Akdeniz iklimi ile Karadeniz iklimi etkisi altında bulunan bir geçiş iklimi etkisindedir. Ayrıca havza geçici hava sistemlerinin etkisi altında bulunması nedeniyle Akdeniz ve Karadeniz iklimleri arasında bir geçiş niteliğinin yanı sıra karasal iklim özelliklerini de yansıtabilmektedir.

Havzada kış mevsiminin ılık ve fazla yağışlı olmasına karşın, yaz mevsimi Akdeniz ikliminde olduğu kadar sıcak ve kurak değildir. İklimin bu karakterini en iyi şekilde bitki örtüsü üzerinde görmek mümkündür, Akdeniz ikliminin bitkilerinden maki elemanları ile Karadeniz ikliminin öksin elemanları yan yana bulunurlar (Ceylan, 1990). Her ne kadar bir geçiş bölgesinde yer alsın da havzayı genel olarak nemli ve ılıman bir iklime sahip olarak değerlendirebiliriz.

2.3.1. Sıcaklık

Kış ve bahar ayları ılıman ve yağışlı geçerken, yaz mevsimi de genellikle sıcak ve kuraktır. Sapanca Gölü Havzası'nda yıllık ortalama sıcaklık 13,5°C civarındadır. Sapanca ve çevresinde en sıcak ay genellikle Temmuz, yılın en soğuk ayı ise Ocak'tır. Bağıl nem genel olarak %80-85 dolaylarında olmaktadır. Bağıl nemin en yüksek olduğu aylar Aralık ve Ocak aylarıdır. Haziran ve Temmuz aylarında bağıl nem düşük değerler göstermektedir. Ancak Sapanca Gölü Havzası'nda hiçbir ayda bağıl nem değerleri %50'nin altına düşmemektedir (Güler, 1999).



Şekil 2.5. 1997-2010 Sıcaklık Değerleri

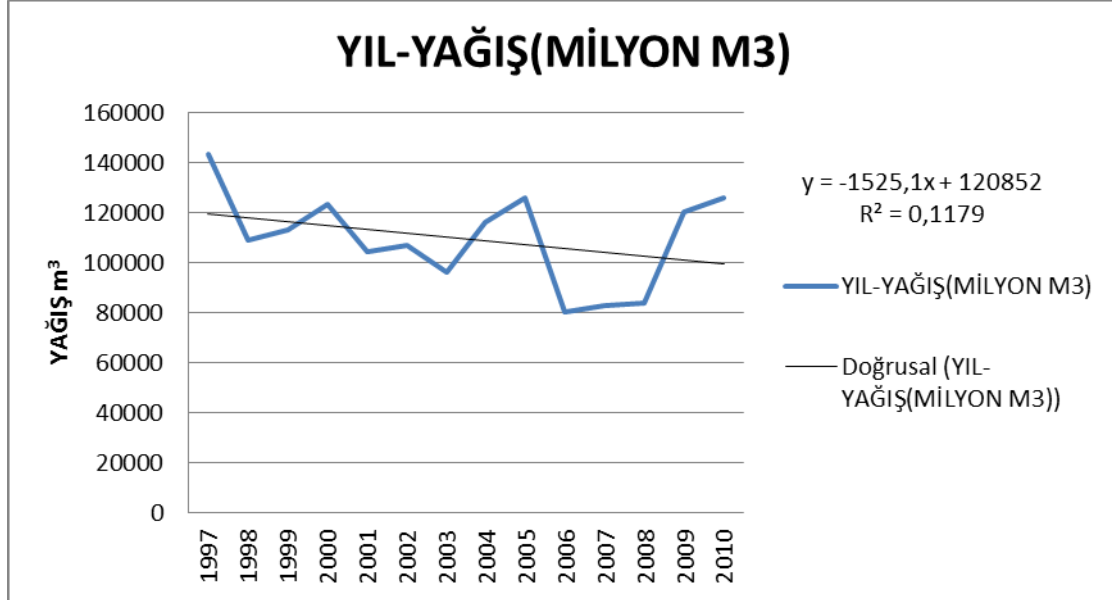
1997-2010 yılları arasında Sakarya Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü'nden alınan sıcaklık değerleri Şekil 2.5' de verilmiştir. Grafikten sıcaklıkların artış gösterdiği görülmektedir.

2.3.2. Yağış

Sapanca Gölü'nün en önemli beslenme kaynakları biri şüphesiz gerek direk gerekse dolaylı yollardan etki eden yağışlardır. Aynı zamanda havzanın çekicilik unsurlarından biri olan bitki örtüsü için de hayati öneme sahiptir. İzmit, Sapanca ve Adapazarı'nda yağış kış, ilkbahar ve sonbahar aylarında fazla olmakla beraber yaz aylarında da normale yakın bir seyir göstermektedir. Bu kesimde kuzeyden gelen hava kütlelerinin yaz mevsiminde orografik yağışlara sebep olması ile yaz kuraklığı hafiflemiş bulunur.

Mukayese istasyonları arasında yıllık yağış miktarı incelendiğinde bu istasyonlar arasında yağış bakımından büyük farklar bulunduğu görülmektedir. Sapanca'da 906,8 mm olan yıllık yağış miktarı, Gölcük'te 663,7 mm, İzmit'te ise 751,2 mm, Adapazarı'nda 783,3 mm' dir (Ceylan, 1990).

1997-2010 Yılları arasında Sakarya Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü'nden alınan yağış değerleri Şekil 2.6' da gösterilmiştir.



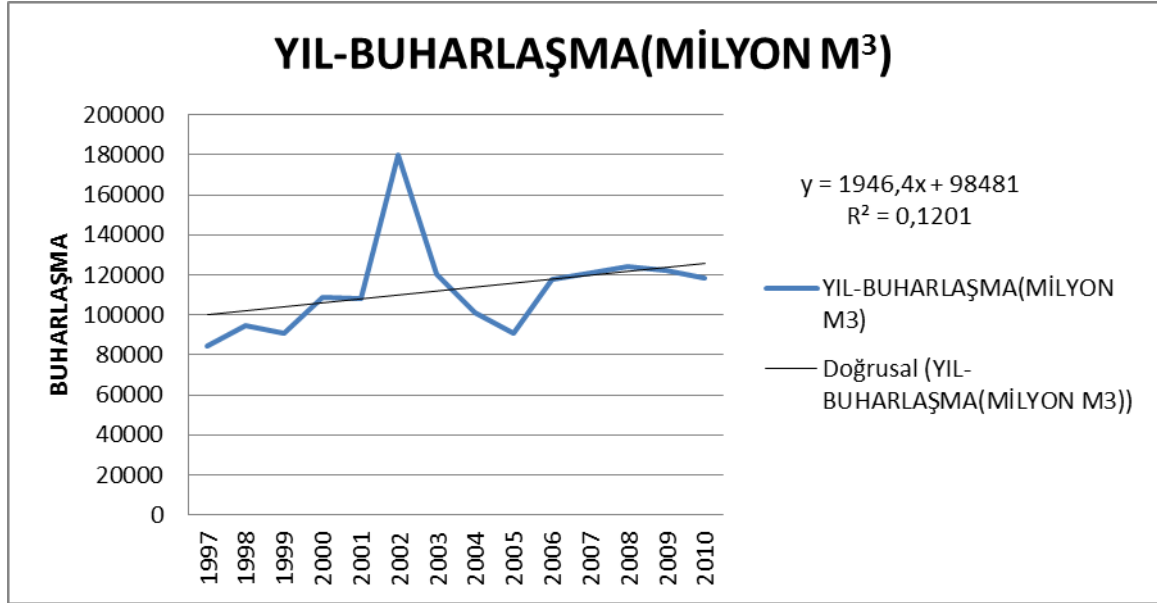
Şekil 2.6. 1997-2010 Yağış Miktarı

2006-2008 yılları arasında yağış miktarında azalma olduğu görülmektedir. Sapanca ve göl çevresinde kar yağışlarının önemi yok denecek kadar azdır. Kar yağışlı günlerin yıllık ortalaması yaklaşık 5 gündür. Aralık, Ocak, Şubat, Mart ve Nisan kar yağışlarının görüldüğü aylardır. Ancak genel olarak Ocak ve Şubat aylarında daha fazla kar yağışı olmuştur. Kar yağışı az olmakla birlikte yerde kalma süresi de oldukça kısadır (Ceylan, 1990).

2.3.3. Buharlaşma

Atmosferden yeryüzüne düşen yağışın önemli bir kısmı tutma, buharlaşma ve terleme yoluyla, akış haline geçmeden atmosfere geri döner. Atmosferde bulunan su buharından yağışlar meydana geldiği için düşen yağışların önemli bir bölümü, toprak ve bitkiden buharlaşarak tekrar atmosfere döner. Bu bakımdan buharlaşma miktarı, su kaynaklarının verimine önemli derecede etkili olmaktadır (Gökçe, 2005).

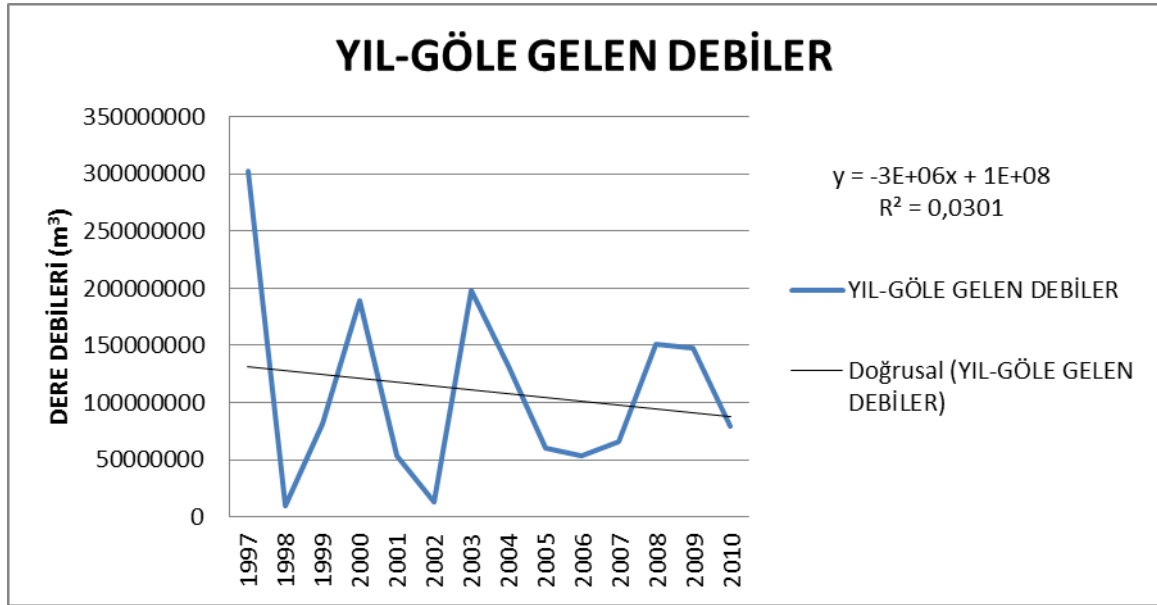
1997-2010 yılları arasında Sakarya Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü'nden alınan buharlaşma verileri Şekil 2.7' de verilmiştir.



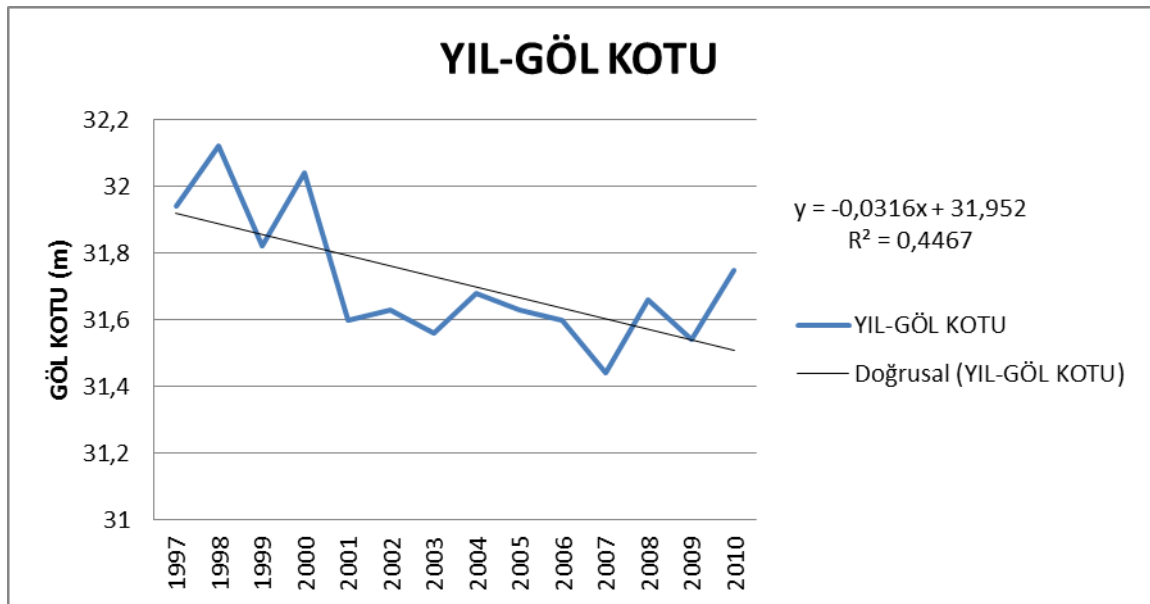
Şekil 2.7. 1997-2010 Buharlaşma Miktarı

Buharlaşmanın bu yıllar arasında artış gösterdiği görülmüştür. Meteorolojik özelliklerin yanında, coğrafi konum, deniz seviyesinden yükseklik, su kütlesinin büyüklüğü, yüzey alana yayılmış olan kirleticiler (yağ-gres vb.), tuzluluk ve dalga hareketleri buharlaşma miktarı üzerinde etkilidir.

Şekil 2.8' de Göle gelen debiler verilmiştir. Sapanca Gölü'nü besleyen yan dere debileri verileri kullanılarak oluşan debi değerlerinde azalma olduğu görülmüştür.



Şekil 2.8. 1997-2010 Sapanca Gölü'nü Besleyen Yan Dere Debileri



Şekil 2.9. 1997-2010 Sapanca Gölü Göl Seviyeleri

1997-2010 yılları arasında Göl Seviyesinde de düşüş olduğu görülmüştür.

2.4. Sosyo - Ekonomik Yapı, Arazi Kullanımı, Yerleşim ve Nüfus

Sapanca Gölünün çevresindeki başlıca yerleşim merkezleri kuzeyde Eşme ve Yenieşme, güneyde ise Yeniköy, Kurtköy, Kırkpınar, Mahmudiye, Sapanca,

Yüzevler, Uzunkum ve Arifiye'dir.

Bölgenin verimli topraklarında çok çeşitli tahıl, meyve ve sebze yetişmektedir. Burada uzun yıllardan beri elde edilen mısır, patates ve buğday arasında son yıllarda şeker pancar tarım alanında daha büyük bir yer işgal etmektedir.

Burada iklim, yılın on ayında bitkilerin büyümesine elverişli olup, bazen yılda iki kez ürün alınmaktadır. Bitkilerin büyüme süresi uzun ve iklim de yumuşak olduğundan ürünlerde çeşit bolluğu mümkün olabilmektedir.

Tablo 2.2. Sapanca Gölü Havzasında Hâlihazır Arazi Kullanımı(km²) (Sapanca Gölü Su Bütçesi ve İşletme Kapasitesinin Tayini, 1998)

Arazi Kullanım Kategorisi	Tüm Alan		Kara Kesimi
Çeşitli Alanlar	7	%2	%3
Kentleşen ve sanayileşen alan	25	%8	%9
Tarım ve otlak alanı	90	%29	%33
Orman ve fundalık alan	149	%48	%55
Göl alanı	40	%13	%0
Toplam alan	311	%100	%100



Şekil 2.10. Sapanca Gölü Havzası Arazi Kullanım Haritası (Kaçmaz, 2010)

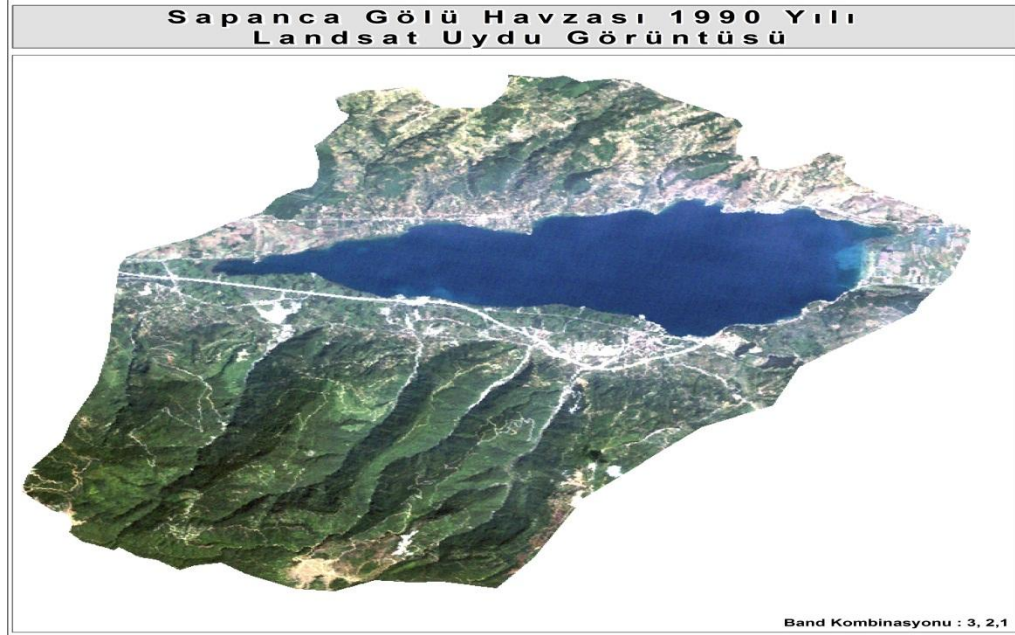
Sapanca Gölü su toplama havzasının %55 'i ormanlarla kaplı olup, bunun da yaklaşık olarak %20'si Bozuk orman (İmarı gereken orman) niteliğindedir. Havzanın yarıya yakın kısmı (%45) açık alan olarak nitelenen, hidrolojik amacın dışında çeşitli kullanımlara açılmış durumdadır. (Şekil 2.10.) Özellikle gölün yakın çevresindeki ormanlar yanlış kullanımlar sonucu büyük ölçüde tahrip edilmiştir. Ancak havzanın

beslenme alanları durumunda olan gölün kuzey ve güney bölgeleri morfolojik bakımdan bir farklılık gösterdiğinden, bu bölgeler arasında kullanım farklılığı da ortaya çıkmaktadır. Gölün kuzey bölgesinde geniş alanlarda ormanlar tahrip olmuş; yer yer gruplar halinde kalmış ormanlar da genel olarak bozuk bir yapıya dönüşmüştür. Gölün güneyindeki yamaçlar ise 400 m'ye kadar (Yer yer 600 m'de) kuzeydekine benzer bir görünüm içinde olmasına karşın, bu yamaçta özellikle 600 m 'nin üzerindeki yükseltilerde verimli olarak nitelenen ve gölün beslenmesine önemli boyutlarda katkıda bulunan ormanlar yer almaktadır (Sapanca Gölü Koruma Projesi). Ulaşım ağı hem arazi kullanım deseni içinde yer alması hem de güncel arazi kullanım deseninin oluşmasında önemli bir role sahip olması dolayısıyla ayrı bir önem taşımaktadır. Özellikle 1980 'li yılların sonlarına doğru yapımı biten TEM otoyolunun havzanın arazi kullanımını üzerinde belirgin bir şekilde tesir ettiği açıktır. Dolayısıyla havzanın ilk dikkati çeken özelliklerinden biri güçlü bir ulaşım ağına sahip olmasıdır (Kaçmaz, 2010).

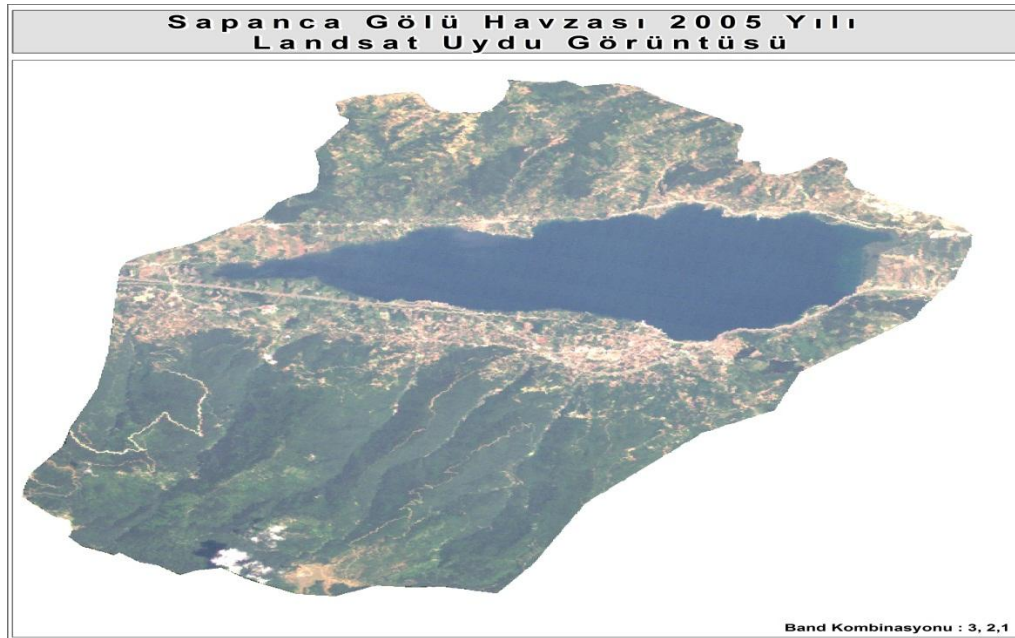
Otoyol yapılmadan önce güzergâhı ile ilgili çeşitli tartışmalar gerçekleştirilmiş olsa da özellikle gölün kuzeyinden mi yoksa güneyinden mi geçeceği tartışması asıl önemli konu olmuştur. Ancak kuzey kısmında yapılan jeoteknik etüt sonucu bu kesimin bir otoyol için çok elverişsiz olduğu sonucuna varılmış ve yol gölün güneyinden geçirilmiştir. Otoyol ve benzeri çevreyi etkileyen büyük boyutlu yapıların oluşması hem çevrenin oluşmasında yönlendirici bir etkene sahip ve hem de çevrenin yaşam tarzını tadil ve hatta tayin edecek ölçüde önemli unsurlardır (Sapanca 83 Sempozyumu, 1983). Nitekim öngörüldüğü ölçüde otoyolun havzanın güneyinden geçmesi ile birlikte havzanın arazi kullanım deseninde önemli ölçüde değişiklikler meydana gelmiştir. Her ne kadar yol Sapanca Gölü güney kesimlerinde meyve bahçelerinin ve oldukça dağınık yerleşmelerin varlığı dikkate alınarak demiryolu yakınından geçirilmiş olsa da günümüzde otoyolun dolaylı etkileri bu dikkatin bir öneminin kalmadığını göstermektedir (Kaçmaz, 2010).

Sapanca Gölü'nün ve havzanın güneyinden geçen TEM otoyolu (D100) havzanın doğusunda hemen göl kıyısından havza içerisine girer, Sapanca ilçe merkezinin güneyinden geçtikten sonra Kırkpınar'da yeniden gölün kıyısından ve göle paralel

bir şekilde Kurtköy, Yanık ve Maşukiye sınırlarını geçtikten sonra havzayı terk eder (Kaçmaz, 2010).



Şekil 2.11. Sapanca Gölü Havzası 1990 Yılı Landsat Uydu Görüntüsü (Kaçmaz, 2010)



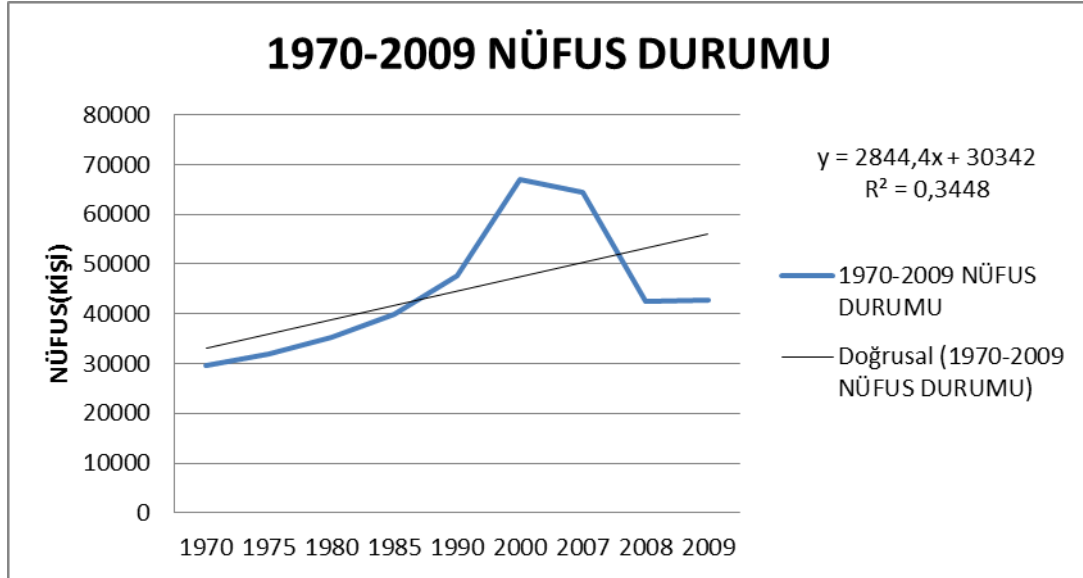
Şekil 2.12. Sapanca Gölü Havzası 2005 Yılı Landsat Uydu Görüntüsü (Kaçmaz, 2010)

Havza özellikle 1950 sonrasında ülkemizde gelişen sanayileşme ve şehirleşme faaliyetlerinin etkisi ile ve teknoloji ile ulaşımda meydana gelen gelişmeler neticesinde 1990'lı yılların başından itibaren büyük bir değişim ve dönüşüm içine girmiştir. Sapanca Gölü Havzası'nın önemi yalnızca sahip olduğu doğal güzellikler olmayıp yüz binlerce insanın içme suyu ihtiyacını karşıladığı da göz önüne alınmalıdır. Ancak havzanın geri döndürülmesi pek mümkün görülmeyen yanlış arazi kullanımı sonucunda gerek kirlilik gerekse kalite yönünden göl suyundan istifade edebilme imkânı günden güne azalmaktadır (Kaçmaz, 2010). Şekil 2.11 ve Şekil 2.12' den de görüldüğü üzere göl havzası etrafında yerleşim yoğun bir şekilde artmıştır.

Havza içinde yer alan yerleşimlerin en büyüğü Sapanca ilçesidir. Göl su toplama alanı içerisinde endüstriler de bulunmaktadır. Özellikle TEM otoyolunun açılışının ardından İstanbul metropolü ile bağlantının güçlenmesi yeni sanayi talepleri yaratmaktadır. Bu endüstriler yarattıkları işgücü potansiyeli açısından nüfus artışlarında, az da olsa etkili olabilmektedir.

Tablo 2.3. Sapanca Havzası Nüfus verileri (Tuik,2009)

YILLAR	1970-2009 YILLARI ARASI SAPANCA HAVZASI NÜFUSU
1970	29543
1975	31844
1980	35223
1985	40055
1990	47607
2000	66947
2007	64457
2008	42597
2009	42804



Şekil 2.13. 1970-2009 Sapanca Havzası Nüfusu

2.5. Sapanca Gölü'nü Besleyen Dereler

Drenaj sahası 311 km² olan Sapanca Gölü yaz aylarında tamamen kuruyan derelerle beslenmektedir. Bunlardan, Karanlık Dere, Mahmudiye Deresi, Kuruçay ve Muşmula Dereleri güney drenaj sahasında, Maden Deresi, Kurudere ve Eşme Deresi ise kuzey drenaj sahasında bulunmaktadır. Gölün beslenmesi esasen güney ve kuzeyindeki dik yamaçlardan olmaktadır (SAU sapanca gölü projesi, 1998). Göle giren akarsuların debileri çok düşük olup, bir kısmı yaz aylarında kurumaktadır. Yan derelerin doğduğu yerler ve uzunlukları aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 2.4. Sapanca Gölü Yan Dereleri ve Uzunlukları (DSİ, 1994)

YAN DERE	DOĞDUĞU YER	UZUNLUK (km)
Sarp Deresi	337m.-Tumba Tepesinin güneybatısı	3
Keçi Deresi	790m.-Bozca Tepesinin kuzeydoğusu	4,3
İstanbul Deresi	620m.-Nuri Osmaniye Alan Sırtı	12,8
Mahmudiye Deresi	1000m.-Kurugöller Tepesi	12,4
Kuruçay Deresi	1250m.-Narlı Tepesinin kuzeybatısı	11,8
Karaçay Deresi	1580m.-Kuzu Yaylası Tepesinin güneybatısı	14
Balıkhane Deresi	650m.-Geyikalan Tepesinin kuzeydoğusu	8,8
Maden Deresi	370m.-Kabaklı Tepesinin kuzeyi	5,2

BÖLÜM 3. AKARSULARDA KİRLİLİK VE SU KALİTE STANDARTLARI

3.1. Akarsularda Kirlilik

Akarsular çevre kirliliğinden birinci derecede etkilenen ekosistemlerdir. Evsel, endüstriyel ve tarımsal aktivitelerden kaynaklanan kirleticiler ilk olarak akarsulara karışmaktadır. İnsan nüfusunun az olduğu dönemlerde akarsulara karışan atık maddeler kısa bir mesafede seyreltip doğal yollardan parçalanabiliyordu. Ancak kalkınma ile beraber gelen aşırı nüfus artışı ve sanayileşme ile evsel ve endüstriyel atıklar da çoğalmış ve akarsular kendi kendini temizleyemez duruma gelmiştir.

Suların fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak kirlenmesi nedeniyle suyun kalitesinde ve özelliklerinde değişimler meydana gelmektedir. Bu değişimler suda yaşayan canlıları etkilemektedir. Bu nedenle su kirlenmesi sucul ekosistemlerin zarar görmesine ve suların sahip olduğu kendi kendini temizleme kapasitesinin yok olmasına neden olmaktadır.

3.2. Türkiye’de Su Kirliliğine Sebep Olan Etkenler

Ülkemizde su kirliliğine etki eden unsurlar; sanayileşme, kentleşme, nüfus artışı, zirai mücadele ilaçları ve kimyasal gübreler olarak gruplandırılabilir. Sanayinin çevre üzerindeki olumsuz etkisi diğer faktörlerden çok daha fazladır. Sanayi kuruluşlarının sıvı atıkları ile su kirliliğine ve dolaylı olarak da yine su kirliliğine bağlı, toprak ve bitki örtüsü üzerinde aşırı kirlenmelere neden olduğu ve doğa tahribine yol açtığı bilinmektedir. Ayrıca sanayileşme hareketleri ile kente göç olayı da başlamış ve bu durum yine hızlı ve düzensiz yapılaşmaya sebep olmaktadır.

Zirai mücadele için kullanılan ilaçlarda havadaki ilaç zerrecilerinin rüzgârla sulara taşınması veya pestisid üretimi yapan fabrika atıklarının durgun veya akarsulara

boşaltılması sonucunda su kaynaklarımız pestisitlerle kirlenmektedir. Diğer yandan, kimyasal gübrelerin bilinçsizce ve aşırı kullanımı da zaman içinde toprağı çoraklaştırmakta ve yine doğal çevrim ile gerek su kirlenmesi ve gerekse diğer etkileri ile olumsuzluklar yaratmaktadır.

3.3. Su Kalitesi

2872 sayılı Çevre Kanunu hükümlerine uygun olarak ‘Su Kirliliğı Kontrolü Yönetmeliğı’ (SKKY) 4 Eylül 1988 tarihinde 19919 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Su kirliliğı Kontrolü Yönetmeliğı yeraltı sularının üç, yüzey sularının dört sınıfa ayrılmasına yönelik esasları ortaya koymaktadır. Ayrıca su kalite planlamasını da sağlamaktadır. Nihai hedef; Su Kirliliğı Yönetiminde mevcut kanun, yönetmelik ve ilgili tebliğler ile ilgili Türk Standartlarının Avrupa Birliğı Müktesebatına uyumlu hale getirilmesi ve uygulamaya geçirilmesidir. Çevre ve Orman Bakanlığının merkezi ve taşra teşkilatları güçlendirilmelidir. Daha fazla koordinasyon gerektiğinden iç sular ve kıyı suları birbiriyle ilgili şekilde yönetilmelidir. Ayrıca yüksek kalitede yeraltı suyunun sadece yüksek kalitede kullanımlara açık olması için yeraltı ve yüzey suyu kaynak kullanımının koordinasyonu sağlanarak yüzey ve yeraltı suları birlikte yönetilmelidir. Avrupa Birliğı Mevzuatına uyumun sağlanması, ilgili kurum ve kuruluşların mevzuatında değışiklik gerektirmekte ve/veya yeni mevzuatın oluşturulmasını zorunlu kılmaktadır. Mevzuat uyumunun tamamlanması ise mevcut sistemlerin revizyonunu gerektirecek ve yeni yatırımların yapılmasını zorunlu kılacaktır (Aladağ, 2008).

3.4. Su Kirliliğı Kontrolü Yönetmeliğine Göre Akarsuların Sınıflandırılması

Sınıf1: Yüksek kaliteli su

Sınıf 2: Az kirlenmiş su

Sınıf 3: Kirli su

Sınıf 4: Çok kirli su

Yukarıda belirtilen kalite sınıflarına karşılık gelen suların, aşağıdaki su ihtiyaçları için uygun olduğı kabul edilir.

Sınıf I: Yüksek Kaliteli Su;

- a) Yalnız dezenfeksiyon ile içme suyu temini.
- b) Rekreatyonel amaçlar (yüzme gibi vücut teması gerektirenler dahil),
- c) Alabalık üretimi,
- d) Hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı,
- e) Diğer amaçlar.

Sınıf II:Az Kirlenmiş Su;

- a)İleri veya uygun bir arıtma ile içme suyu temini,
- b)Rekreatyonel amaçlar,
- c)Alabalık dışında balık üretimi,
- d)Teknik Usuller Tebliği'nde verilecek olan sulama suyu kalite sınırlarını sağlamak şartıyla sulama suyu olarak,
- e)Sınıf I dışındaki bütün kullanımlar.

Sınıf III. Kirlenmiş Su;

Gıda, tekstil gibi kaliteli su gerektiren endüstriler hariç olmak üzere uygun arıtmadan sonra endüstriyel su temininde kullanılır.

Sınıf IV: Çok Kirlenmiş Su;

Yukarıda I,II ve III sınıfları için verilen kalite parametreleri bakımından daha düşük kalitedeki yüzeysel suları ifade eder (Aladağ, 2008).

BÖLÜM 4. SAPANCA GÖLÜ'NE DÖKÜLEN DERELERİN SU KALİTESİ TAYİNİNDE KULLANILACAK FİZİKSEL, KİMYASAL VE ORGANİK PARAMETRELER

4.1. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

Su numunesindeki tüm organik maddelerin kuvvetli oksitleyicilerle asitli ortamda oksitlenmesi esasına dayanır. KOİ'nin en önemli üstünlüğü BOİ'ye göre çok kısa sürede (3 saat kadar sonra) tamamlanmasıdır.

Yüzeysel suların kirlenmemiş olanlarında KOİ, 20 mg/L veya daha az, evsel atık suda 400 mg/L veya daha fazla konsantrasyonlarda olması mümkündür. Endüstriyel atık suların KOİ si ise 100-100000 mg/L arasında olabilir. Numuneler su içerisinde organik maddeler kaçırmayacak şekilde kapalı cam şişelerde tutulmalıdır. Numune mümkünse hemen analiz edilmelidir. (Kirlenme olmaması için). Numune hemen analiz edilmeyecekse 4°C de 24 saat bekletilebilir. Bu süre aşılacaksa H₂SO₄ ilave edilerek bekletilebilir. Numuneler K₂CrO₇ ile okside edilerek ardından titrasyona geçilir.

4.2. Biyolojik Oksijen İhtiyacı(BOİ)

Bir su numunesinde bakterilerce biyolojik olarak parçalanabilen organik maddelerin oksijen ihtiyacını belirlemek üzere kullanılır. BOİ, karanlıkta ve belirli bir sıcaklıkta (20 °C) belirli zaman aralıklarında (genellikle 5 gün) numunelerin inkübasyonundan sonra tükettiği oksijen miktarının ölçüsüdür. Numunenin tamamen stabilizasyonu için geçen süre çok uzundur. Ancak standart değer olarak 5 gün kabul edilir.

Kirlenmemiş sularda BOİ değeri 2 mg/l veya daha az olmasına rağmen kirlenmiş sularda bu değer 10 mg/L veya daha üstü olabilir. Tasfiye edilmemiş evsel atık suda

300 mg/L ve daha fazla iken artırılmış evsel atık sularda bu değer 20-100 mg/L arasında değişir. Endüstriyel atık sularda ise endüstrinin tipine bağlı olarak bu değerler değişir. BOİ ölçümü için alınan su numuneleri herhangi bir koruyucu içermemelidir. Numunenin muhafazası +4°C'de olmalı, numuneler mümkünse hemen analiz edilmelidir.

4.3. Çözünmüş Oksijen

Sularda oksijen miktarı, sıcaklık, su gövdesinin yüzey alanı, tuzluluk, atmosfer basıncı, alg ve bitkilerin fotosentetik faaliyetleriyle değişir. Oksijenin çözünürlüğü sıcaklık ile azalırken, tuzluluk ve basınçla artar. Kirlenmiş sularda çözünmüş oksijen seviyesi daha da düşmektedir. Çözünmüş oksijen aylık, hatta 24 saatlik aralıklarla sıcaklık ve biyolojik olaylara (fotosentez ve solunum) bağlı olarak değişim gösterir. Biyolojik solunum çözünmüş oksijeni düşürür. Çözünmüş oksijen seviyesi suyun organik madde ile kirlenme derecesine, organik maddenin bozulma seviyesine ve suyun kendi kendini tasfiye etme durumunu gösterdiği için önemlidir.

Çözünmüş oksijen değeri BOİ için de önem taşır. Oksijen kazanımı ile kaybı arasında denge eşitse suda biyolojik denge vardır.(biyotik sular) çözünmüş oksijen tayininde titrasyon (Winkler Metodu) ve membran elektrot metodu kullanılır.

4.4. Debi

Belli bir zaman diliminde akan suyun hacmidir. Nehirde genellikle m^3/sn olarak belirlenir. Su ortamında bulunan kirleticilerin miktarı, debi ve kirleticilerin konsantrasyonunun çarpımı ile belirlenir. Debideki artış, erozyonla gelen askıda maddelerin konsantrasyonunu da arttırır. İz elementleri ve organik maddelerin konsantrasyonu ise debi ile birlikte azalır.

Debi ölçümü, numunelerin alındığı zamanlarda ve tercihen numunelerin alındığı yerden yapılmalıdır. Akarsular üzerinde debi ve seviye ölçmek için özel istasyonlar kurulur. Debi ile seviye arasında bir ilişki vardır. Bu ilişkiyi gösteren eğriye anahtar eğrisi denir. Bir kere bu eğri çıkarıldıktan sonra seviye ölçülerek debi değeri

bulunabilir. Türkiye’de bu ölçümler EİEİ (Elektrik İşleri Etüt İdaresi) ve DSİ (Devlet Su İşleri) tarafından yapılmaktadır.

4.5. Sıcaklık

Yüzey sularının sıcaklığı, coğrafi konum, yükseklik, mevsim, günün değişik saatleri, akarsu debisi, derinlik ve kirletici kaynaklardan karışan atık özelliklerine bağlı olarak değişir. Yeraltı sularının sıcaklıkları genellikle yüzey sularına göre daha düşüktür.

Su ortamındaki fiziksel, biyolojik ve kimyasal süreçler sıcaklığın etkisi altındadır. Örneğin, su sıcaklığının yükselmesi oksijenin suda çözünürlüğünü azaltırken balıkların oksijen gereksinimini yükseltir. Yüksek sıcaklık birçok kimyasal bileşiğin çözünürlüğünü artırarak kirleticilerin sudaki canlı yaşamı üzerindeki etkilerini çoğaltır.

Sularda yapılan sıcaklık ölçümleri su kimyası ile ilgili bazı hesaplamalarda kullanılır. Suların sıcaklığı, kapsamı geniş olan bir parametredir ve standart sıcaklık önermek güçtür.

4.6. Ph

pH sudaki hidrojen iyonu konsantrasyonu ölçüsüdür ve sudaki asit ve bazlar arasındaki dengeyi gösterir. Doğal yeraltı sularının pH’ı 6.0–8.5 arasında değişir, fakat termal sularda düşük pH değerleri de görülebilir. Kirlenmemiş suların pH’ı 6.5–8.5 arasındadır.

Asidik sular bazik sulara göre daha az yaygındır. Asidik maden işletmeleri sularının drenajı ve nötrleştirilmemiş endüstriyel atıksular, suların pH’ını düşürür.

Demir bakterilerinin üremesi pH’a bağlıdır ve bu bakteriler pH 5,5 – 8,2 arasında ürerler. Demir bakterilerinin çok hızlı üremesi “ kırmızı su” oluşumuna yol açar. Kükürt kirliliğine uğramış sularda “ çürük yumurta” kokusu oluşturan hidrojen sülfür gazının oluşumu pH 7.0’ nin altında ise termodinamik olarak hızlanır.

Suların renk yoğunluğu pH'ın yükselmesi ile artar. Arıtma işlemlerindeki çöktürme ve yüzdürme işlemlerinin verimliliği pH'a bağlıdır. Bundan dolayı arıtma işlemlerinde pH ayarlaması yapılır. Su ortamlarının korunması için pH'ı 6.5 – 9.0 aralığında olmalıdır.

4.7. Amonyak (NH₃)

Amonyak doğal sularda genellikle amonyum azotu (NH₄) halinde bulunur ki buna serbest veya tuz halindeki amonyak denir. Sularda amonyak kimyasal ve fiziksel olaylar veya mikroorganizma faaliyetleri sonucunda oluşur. Kimyasal ve fiziksel olaylar sonucunda oluşan amonyağın sağlığa zararı yoktur. Ancak mikroorganizma faaliyetleri sonucunda oluşan amonyak organik madde kaynaklı olma ihtimali bakımından tehlikelidir. 0.5 ppm'den büyük değerlerde amonyak kirliliğin belirtisidir.

4.8. Nitrat (NO₃)

Azotlu organik bileşikleri son yükseltgenme ürünleridir. Kuyu sularında nitrat genelde daha fazla bulunur. Özellikle bebeklerde blue-baby denilen hastalığa neden olur. Vücudu morarmaya başlayan bebeklerde bu hastalık ölüme dahi neden olabilir. Nitratlar suya topraktan geçmiş olabilir. Fakat amonyak ve nitritten kaynaklıysa tedbir alınmalıdır. Çünkü nitritlerin mevcudiyeti suda kirlenmeyi ifade eder. Nitritler yüksek miktarda organik madde ile bulunursa daha büyük bir kirlenme söz konusudur. Amonyak da bazı bakteri türlerinin çoğalmasına sebep olur ki bunlar suya kötü koku verirler. Bu azot türleri alıcı ortama aşırı miktarlarda verildiklerinde organizmalar tarafından kullanılırlar. Bu alıcı ortam içerisinde ötrafikasyona (alg patlaması sonucu oksijen azlığı) sebep olur.

4.9. Nitrit (NO₂)

İçme suyunda kesinlikle istenmez. Güneş ışığı ve bazı bakteriler nitratları nitrite dönüştürür. Nitrit, temiz sularda bulunmaz veya eser düzeyde bulunmaktadır. Nitrit kararsız bir bileşik olduğu için sürekli ortamda bulunması genellikle evsel ve

endüstriyel atıkların bir göstergesidir. Azot bileşiklerinden nitrit, sucul canlılar için toksit olduğundan dolayı doğal sularda bulunması sakıncalıdır.

4.10. Elektriksel İletkenlik (EC)

Elektriksel iletkenlik (kondüktivite),suyun elektrik akımını iletebilme özelliğinin sayısal olarak ifadesidir. Su analiz sonuçları verilirken mikrosiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$) cinsinden 25 °C sıcaklıktaki değeri hesaplanarak belirtilir.

Suların elektriksel iletkenliği, iyonların sudaki toplam derişimine ve sıcaklığa bağlıdır. Sıcaklık artışı ile suların elektriksel iletkenlikleri de artar. Sudaki iyonların derişimi arttıkça elektriksel iletkenlik de artar, dolayısıyla elektriksel iletkenlik ölçümleri sudaki toplam iyon derişimi hakkında iyi bir göstergedir.

Doğal haldeki yüzey sularının elektriksel iletkenliği 50 – 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişir.

Yeraltı sularının elektriksel iletkenliği yüzey sularına oranla daha geniş aralıkta değişir. Yeraltı sularının iletkenliği bazı bölgelerde deniz suyunun yaklaşık iletkenliği olan 50000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ' ye ulaşabilmektedir. Sanayideki kirliliğın yüksek olduğu dere ve akarsularda 4500- 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ civarlarında okunabilmekte buna bağlı olarak da tuzluluk ve diğer kimyasal parametrelerde dolayısıyla KOİ değerinde artış göstermektedir.

Atık suların iletkenliği, atık suları üreten kaynağın özelliklerine bağlıdır. Bazı endüstriyel atık sularda 10000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ' nin üzerinde iletkenlik değerleri gözlenmektedir.

4.11. Bulanıklık

Bulanıklık sularda asılı (süspanse) halde bulunan maddelerin miktarını belirten bir ölçüdür. Bulanıklığı oluşturan asılı maddeler doğal erozyon, sellenme, alg patlaması ve atıkların sulara boşaltılması gibi nedenlerle sularda toplanır.

Asılı maddelerin derişimi ve tane boyu ölçülen bulanıklık değerlerinde önemli değişikliklere neden olmaktadır. Yüksek bulanıklık su altı bitkilerinde ve alglerde fotosentezi azaltır; bu da bitki büyümesini yavaşlatarak balık üretimini önler. Bulanıklık sediman taşınması ve ya alg patlaması (göllerde) belirtisi olup bununla birlikte AKM değerlerinde yükselme görülmesi gereklidir.

Taşkın, sel gibi durumlarda yağmurlardan sonra yada çeşitli kaçak deşarjlarda ölçülmesi önemlidir (Aladağ, 2008).

4.12. Katı Maddeler

Doğal ve atık sularındaki katı ve yarı katı maddeler toplam katıları oluşturur. Toplam katılar, çözünmüş (filtreden geçen) ve askıdaki (AKM) katılar(filtrede tutulanlar) şeklinde iki ana gruba ayrılır.

Sulardaki toplam çözünmüş katılar doğal kaynaklardan, evsel ve endüstriyel atıksulardan ve tarımsal alanlardan kaynaklanır. Endüstriyel kullanımlar için toplam çözünmüş katı miktarı 1000 mg/L'den az olan sular genelde yeterlidir. Bununla birlikte limit değerler endüstri cinsine göre farklılıklar gösterir (Aladağ, 2008).

4.13. Fosfat (PO₄)

Sularda fosfor çeşitli fosfat türleri şeklinde bulunur. Fosfor, magmatik kayalarda oldukça yaygın olarak bulunan bir elementtir. Sedimentler içinde de oldukça yaygın olarak bulunmasına rağmen, doğal sulardaki derişimi 1 mg/L'nin çok altındadır.

Fosfatlar sentetik gübrelerde, temizliği kolaylaştırıcı madde olarak deterjanlarda, kabuklanma ve korozyonu önleyici olarak arıtılmış içme ve kullanma sularında kullanılır.

Yüzey ve yer altı sularındaki fosfat,

-Kayaçlardan ve topraktan,

-Bozunan bitkisel ve hayvansal atıklardan,

- Evsel ve endüstriyel atıklardan,
- Arıtma tesisi atıksularından,
- Katı atık deponi alanlarından,
- Tarımda kullanılan gübrelerden,
- Sulamadan dönen atık sulardan kaynaklanır.

Aşırı miktardaki fosfor içeren arıtılmamış atıksular ve sulamadan dönen sular yüzeysel sulara verildiğinde ötrofikasyona neden olmakta, algler aşırı miktarda üreyerek "alg patlaması" oluşturmaktadır.

4.14. Sülfat (SO₄)

Sülfür mineralleri suyla temas ederek bozdukları zaman oksitlenerek sülfat iyonları oluşur ve bu iyonlar suya geçer.

Doğal sulardaki sülfatın başlıca kaynakları;

- Magmatik kayaçlar
- Deri, selüloz, tekstil, sülfirik asit, metalürji endüstrisi atıksuları,
- Asit yağmuru ve kükürt içeren maden sahalarının drenaj sularıda yüzey ve yeraltı sularındaki sülfat miktarını arttıran kaynaklardır.

Yerleşim bölgelerinde evsel atıksuların yüzeysel sulara boşaltılması veya çeşitli yollarla yeraltı suyuna sızması, bu sulardaki sülfat derişimini yükseltir.

Yüzey sularında sülfat derişimi birkaç mg/L ile binlerce mg/L arasında değişebilir.

4.15. Ağır Metaller

Doğal sularda başlıca iyonlar (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, HCO⁻, SO₂⁻, Cl⁻) olup suyun içerdiği çözünmüş maddelerin % 90'ını oluştururlar. Doğal sular, bu majör iyonlar dışında eser düzeyde Ağır metaller içerir.

Demir dışındaki diğer ağır metaller sularda genellikle 1 mg/L'den düşük derişimlerde bulunurlar. Doğal sulara evsel ve endüstriyel atık sular ve madencilik faaliyetleri atıkları aracılığıyla bazen önemli miktarda ağır metaller katılır.

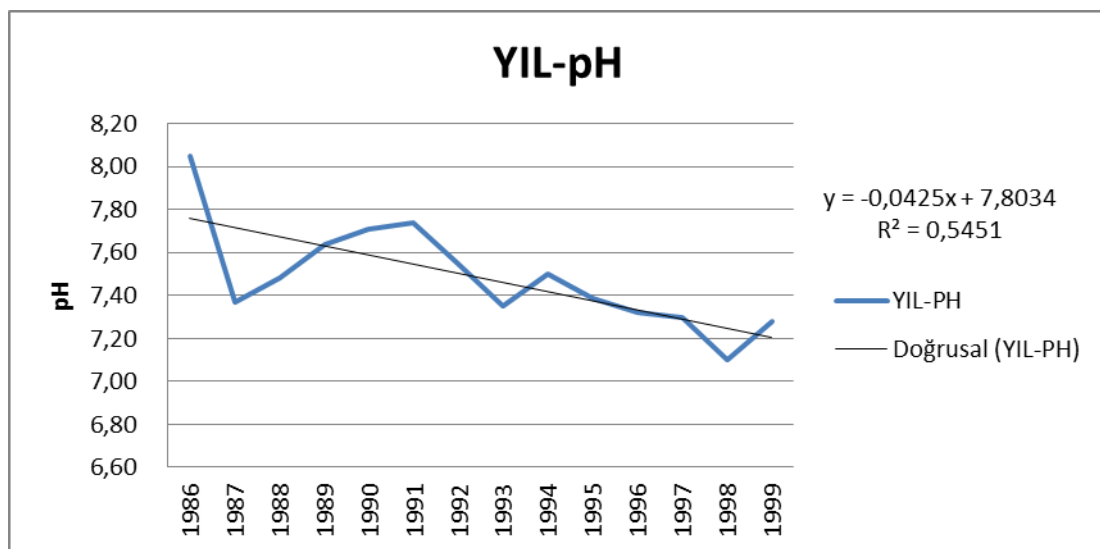
Madencilik faaliyetleri ortaya çıkan katı atıkların yıkanması sonucu sulara Fe, Cu, Pb, Cr, Zn, Mn gibi metaller karışır.

Ağır metallerin bazıları, mikroorganizmalar, bitkiler, hayvanlar ve insanlar açısından toksik özelliklere sahiptir (Aladağ, 2008).

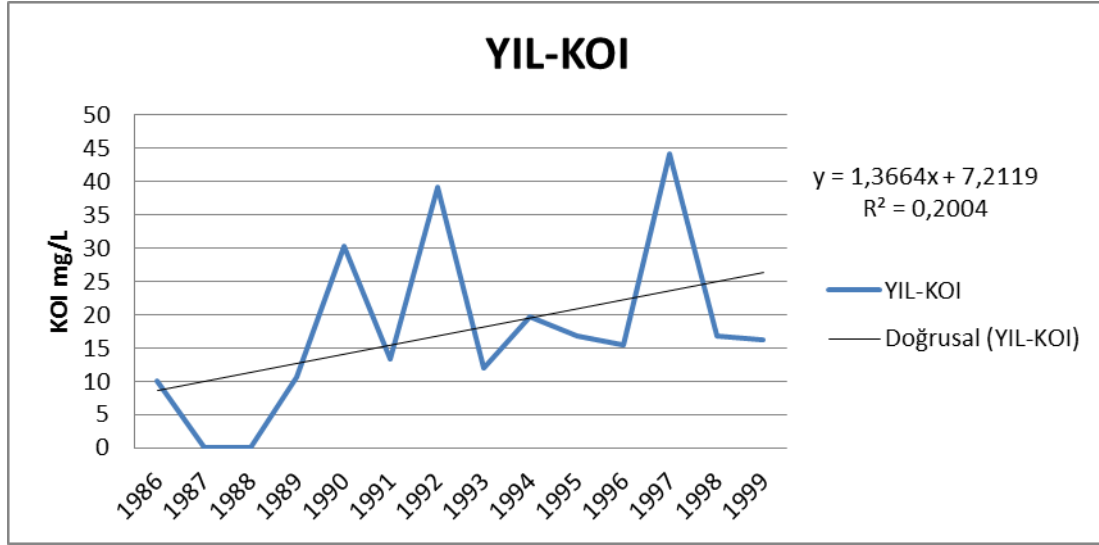
4.16. Balıkhane Deresine Ait Yıllık Su Kalite Değişimleri



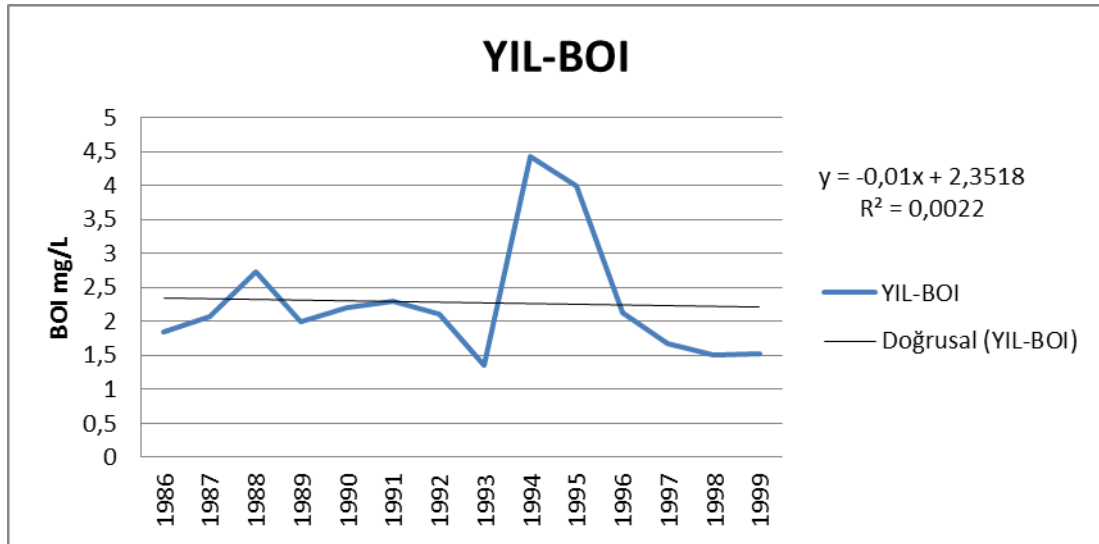
Foto 4.1. Balıkhane Deresinden bir görünüm



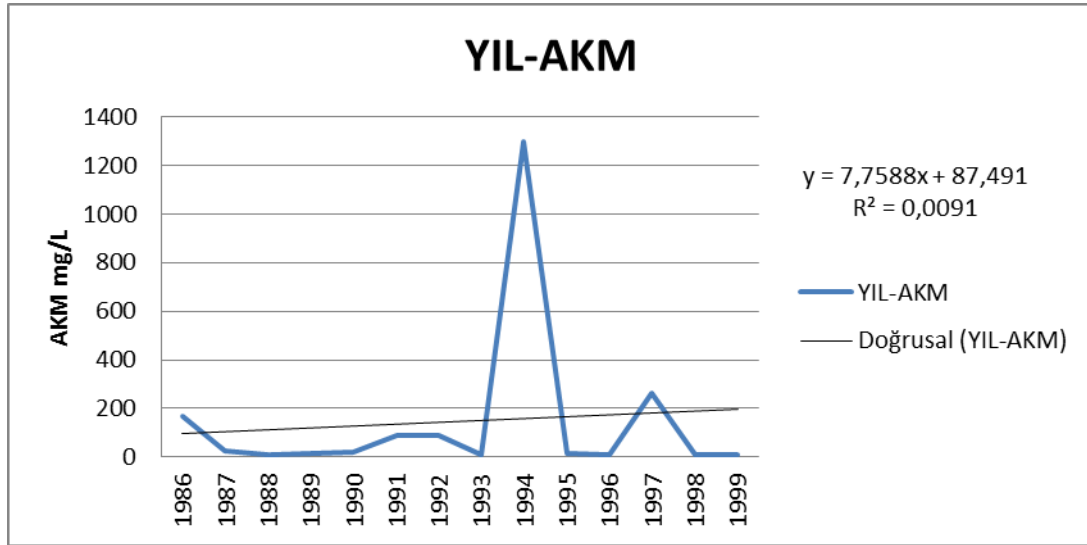
Şekil 4.1. 1986-1999 Balıkhane Deresine Ait Yıllara göre pH Değişimi



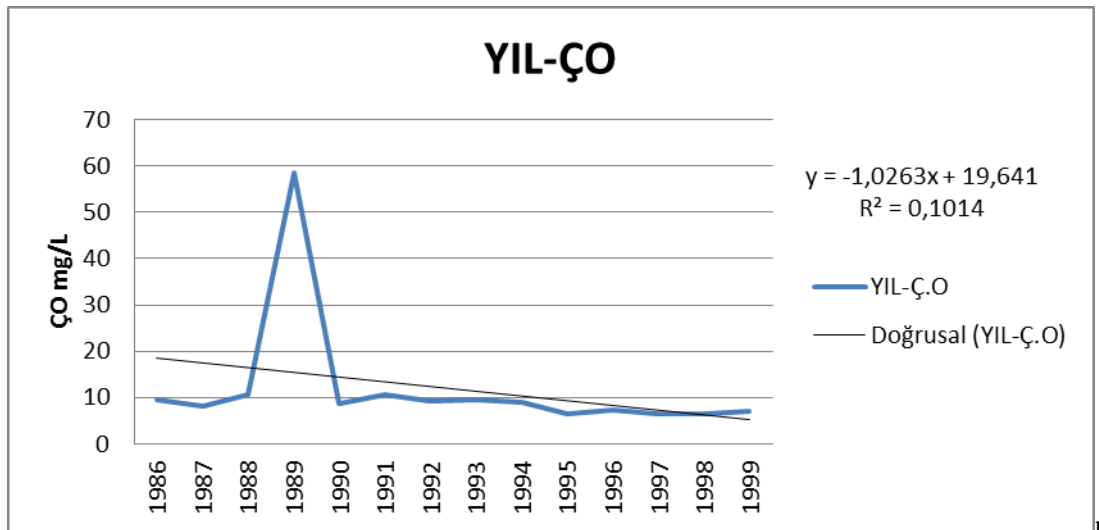
Şekil 4.2. 1986-1999 Balıkhane Deresine Ait Yıllara Göre KOI Değişimi



Şekil 4.3. 1986-1999 Balıkhane Deresine Ait Yıllara Göre BOI Değişimi

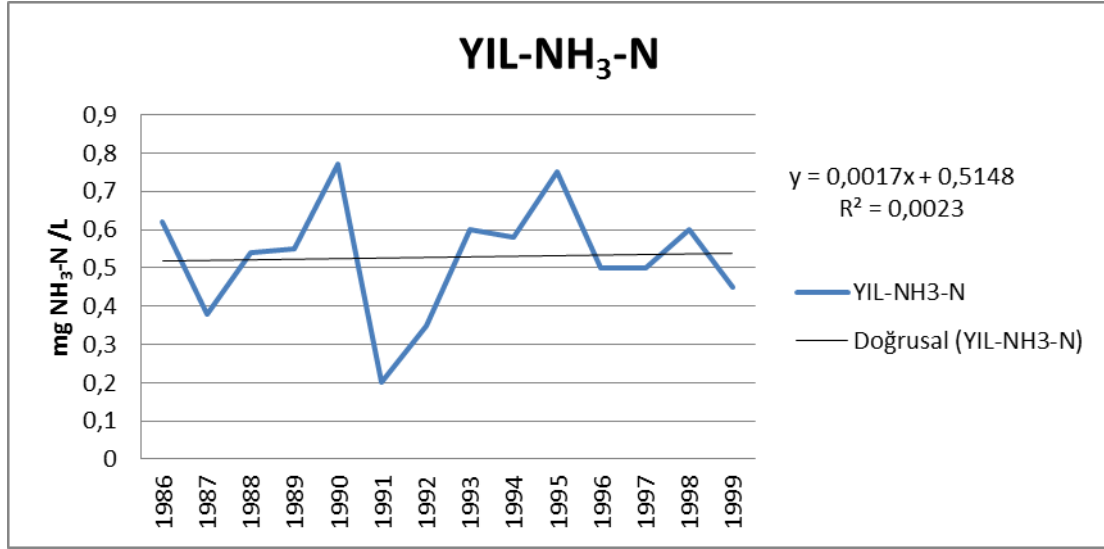


Şekil 4.4. 1986-1999 Balıkhane Deresine Ait Yıllara Göre AKM Değişimi

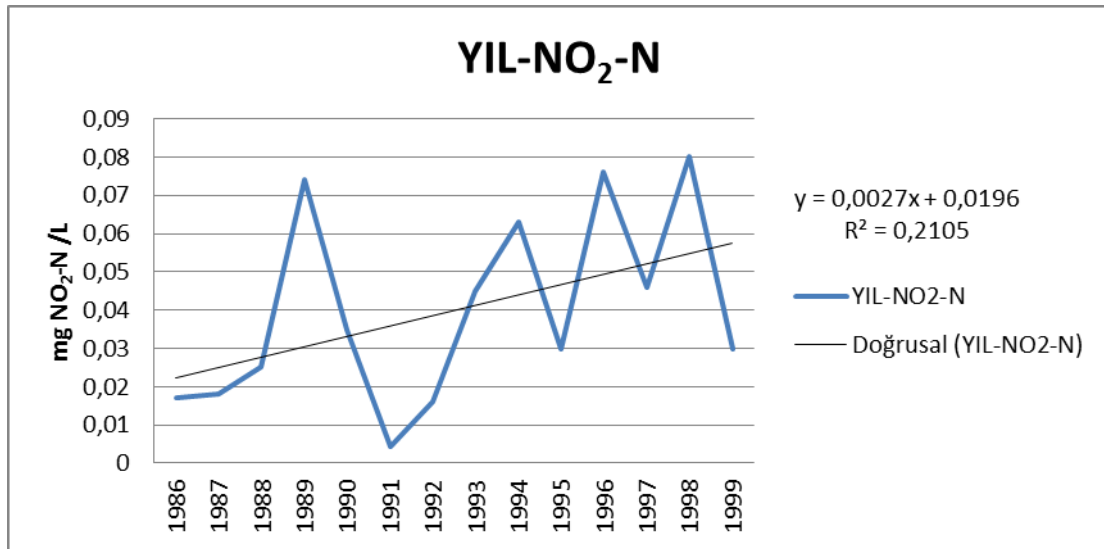


a Göre AKM Değişimi

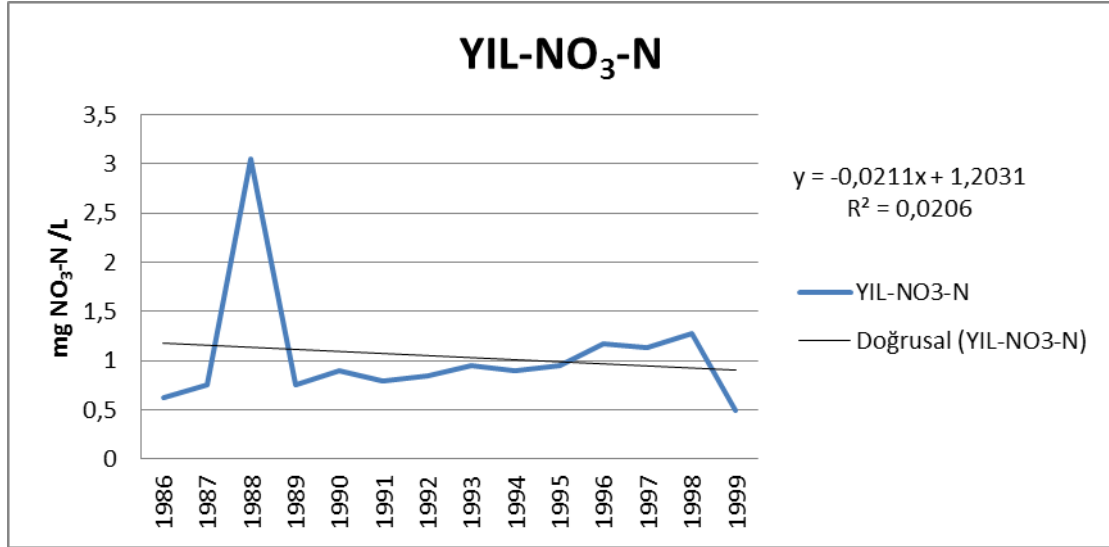
Şekil 4.5. 1986-1999 Balıkhane Deresine Ait Yıllara Göre ÇO Değişimi



Şekil 4.6. 1986-1999 Balıkhane Deresine Ait Yıllara Göre NH₃-N Değişimi



Şekil 4.7. 1986-1999 Balıkhane Deresine Ait Yıllara Göre NO₂-N Değişimi



Şekil 4.8. 1986-1999 Balıkhane Deresine Ait Yıllara Göre NO₃-N Değişimi

1986-1999 yılları arasında Balıkhane Deresinde yapılan su kalite değerlendirmeleri neticesinde pH değerinin ortalama 7,48 olduğu saptanmıştır. Bu değer Su Kirliliği Kontrol Yönetmeli (S.K.K.Y)'ne göre uygun aralıktadır. Bu değer S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.Sınıf (Yüksek kaliteli su) olduğunu göstermektedir.

1986-1999 yılları arasında Balıkhane Deresinde yapılan su kalite değerlendirmeleri neticesinde KOI değerinin ortalama 17,46 mg/L olduğu saptanmıştır. Bu değer S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.Sınıf (Yüksek kaliteli su) olduğunu göstermektedir.

1986-1999 yılları arasında Balıkhane Deresinde yapılan su kalite değerlendirmeleri neticesinde BOI değerinin ortalama 2,28 mg/L olduğu saptanmıştır. Bu değer S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.Sınıf (Yüksek kaliteli su) olduğunu göstermektedir.

AKM değerinin ortalama 145,68 mg/L olduğu saptanmıştır. 1994 yılında pik değere ulaştığı görülmüştür.

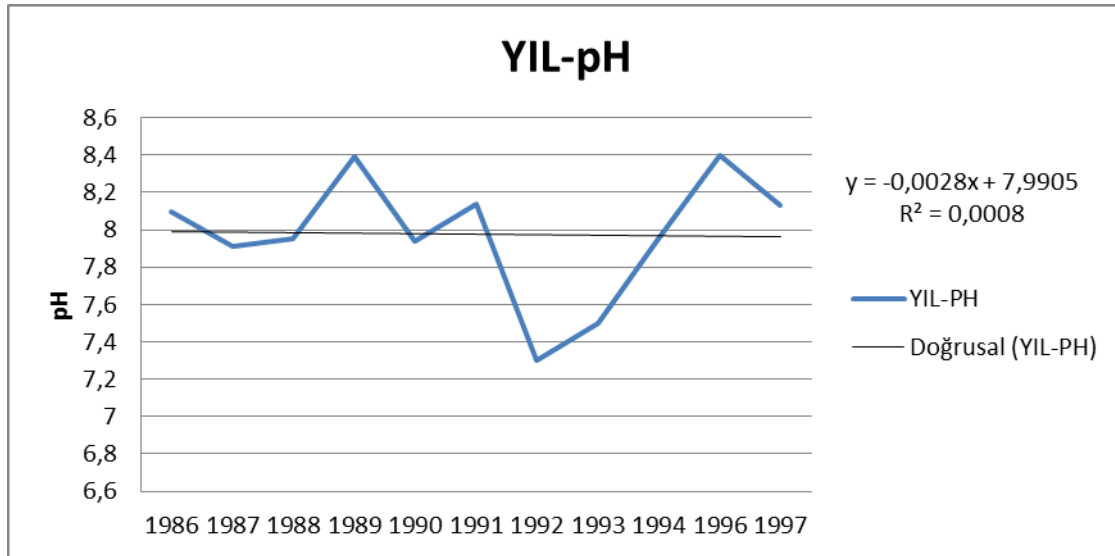
Ç.O. değerinin ortalama 11,94 mg O₂/L olduğu saptanmıştır. S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.Sınıf su olduğunu göstermektedir.

$\text{NH}_3\text{-N}$ değerinin ortalama $0,53 \text{ mg NH}_4^+\text{-N/L}$ olduğu saptanmıştır. S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.ve II.sınıf kalite su arasında olduğunu gösterir.

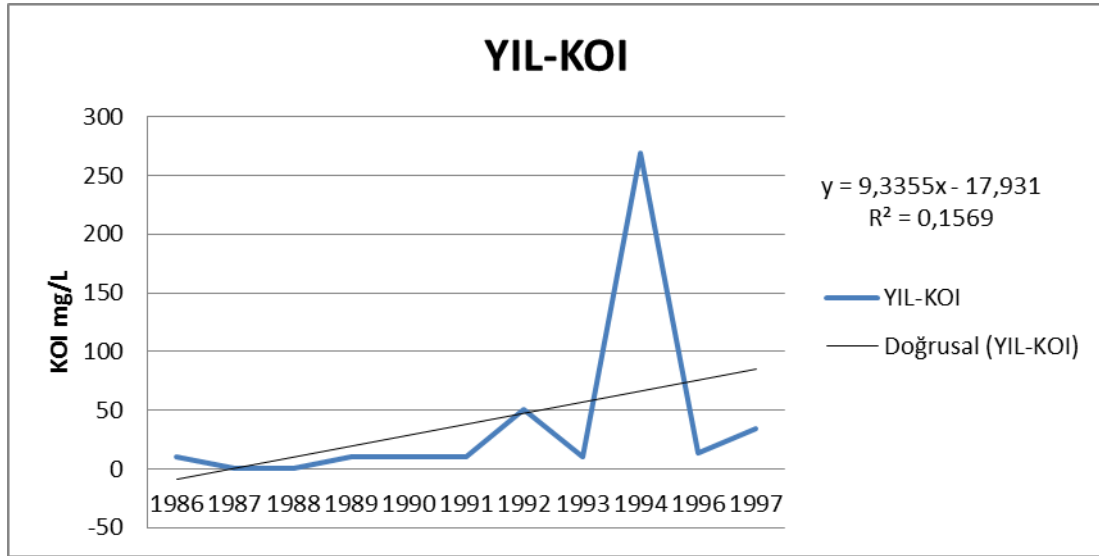
$\text{NO}_2\text{-N}$ değerinin ortalama $0,04 \text{ mg NO}_2^-\text{-N/L}$ olduğu saptanmıştır. S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin III.sınıf kalite su arasında olduğunu gösterir. Suyun kirlendiğinin göstergesidir. Azot bileşiklerinden nitrit, sucul canlılar için toksik olduğundan dolayı doğal sularda bulunması sakıncalıdır.

$\text{NO}_3\text{-N}$ değerinin ortalama $1,05 \text{ mg NO}_3^-\text{-N/L}$ olduğu saptanmıştır. S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.sınıf kalite su olduğunu gösterir.

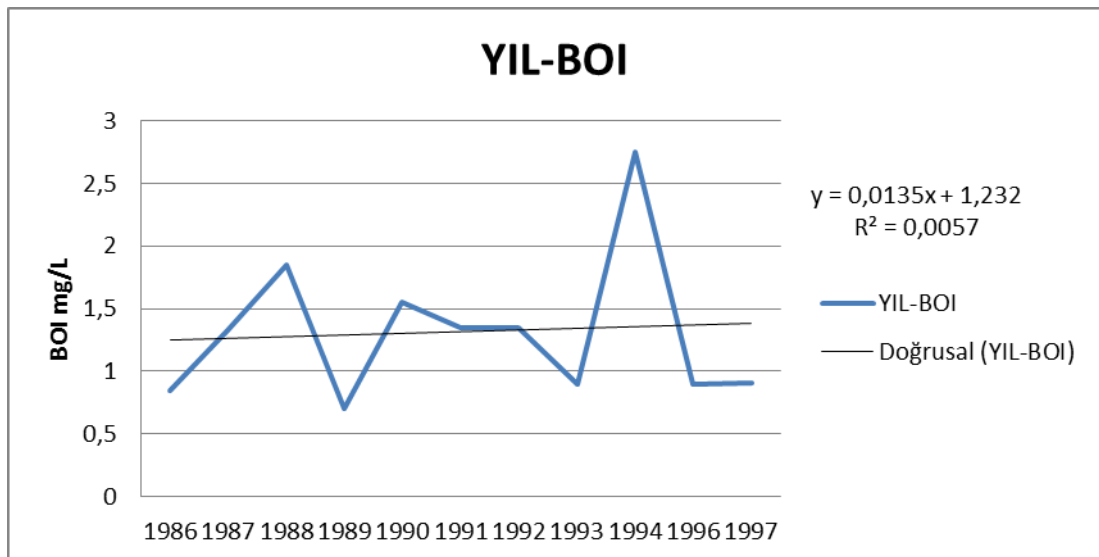
4.17. Karaçay Deresine Ait Yıllık Su Kalite Değişimleri



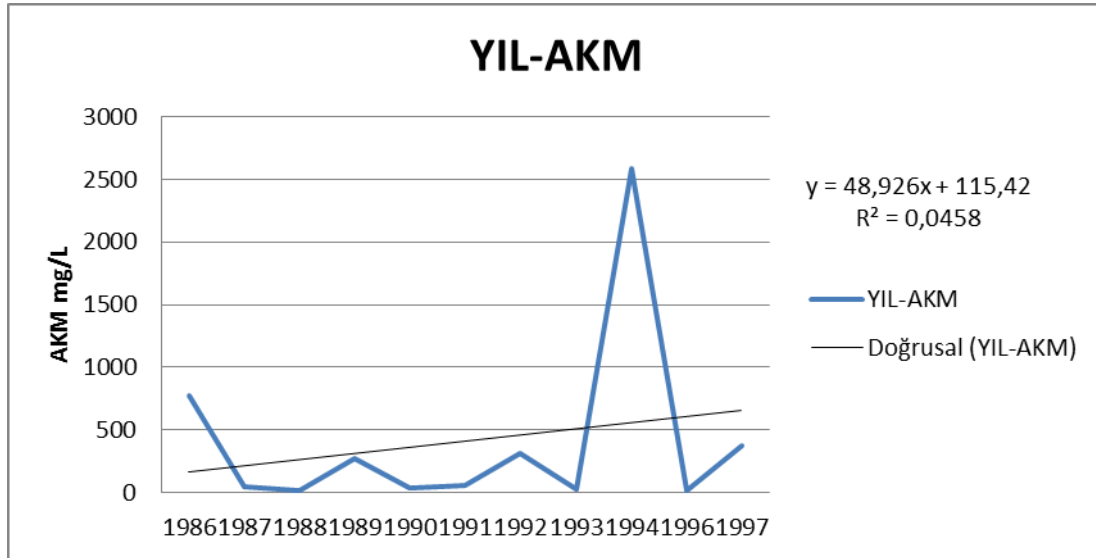
Şekil 4.9. 1986-1997 Karaçay Deresine Ait Yıllara Göre pH Değişimi



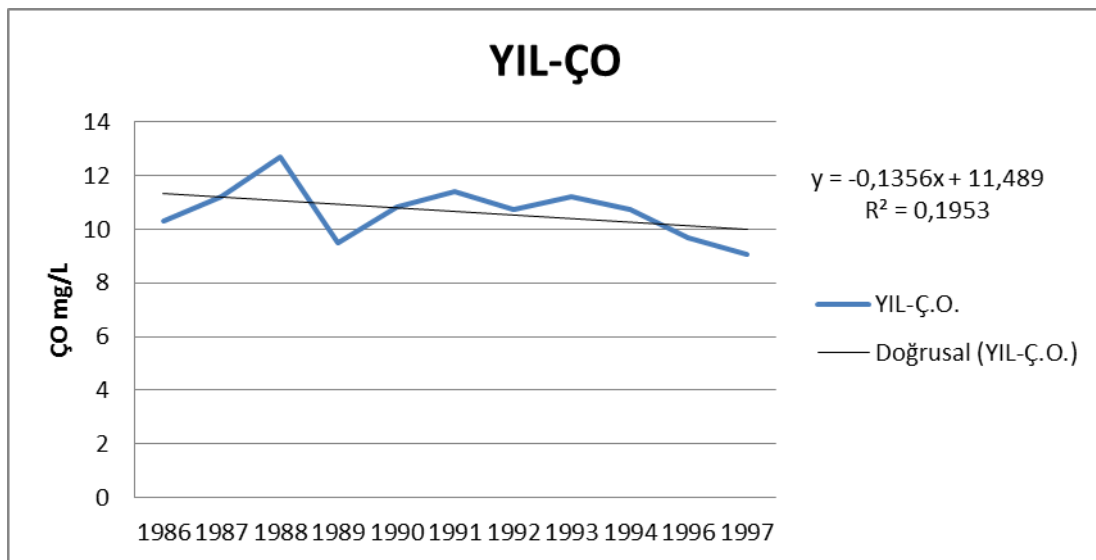
Şekil 4.10. 1986-1997 Karaçay Deresine Ait Yıllara Göre KOI Değişimi



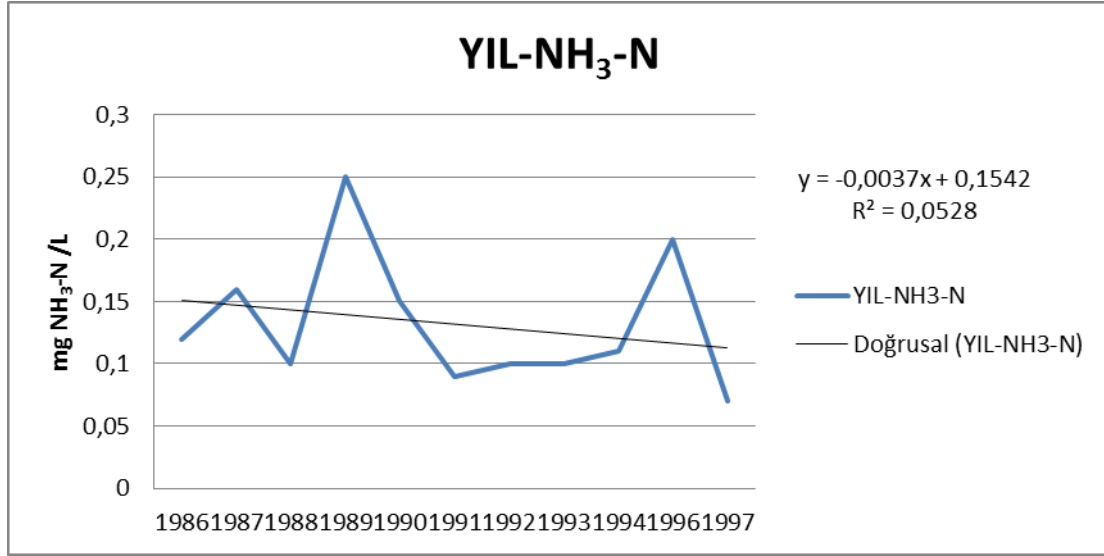
Şekil 4.11. 1986-1997 Karaçay Deresine Ait Yıllara Göre BOI Değişimi



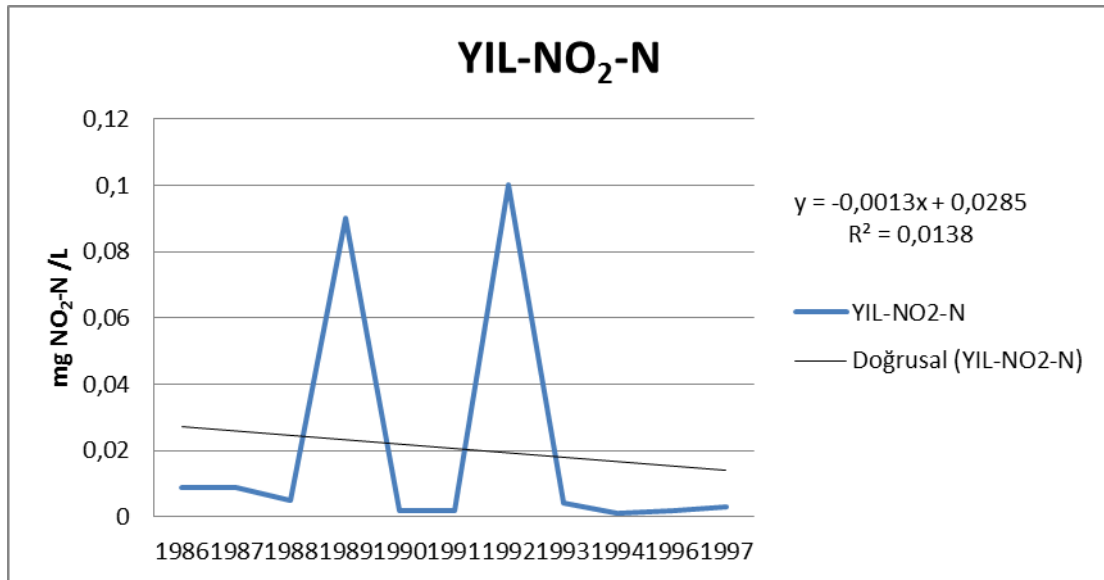
Şekil 4.12. 1986-1997 Karaçay Deresine Ait Yıllara Göre AKM Değişimi



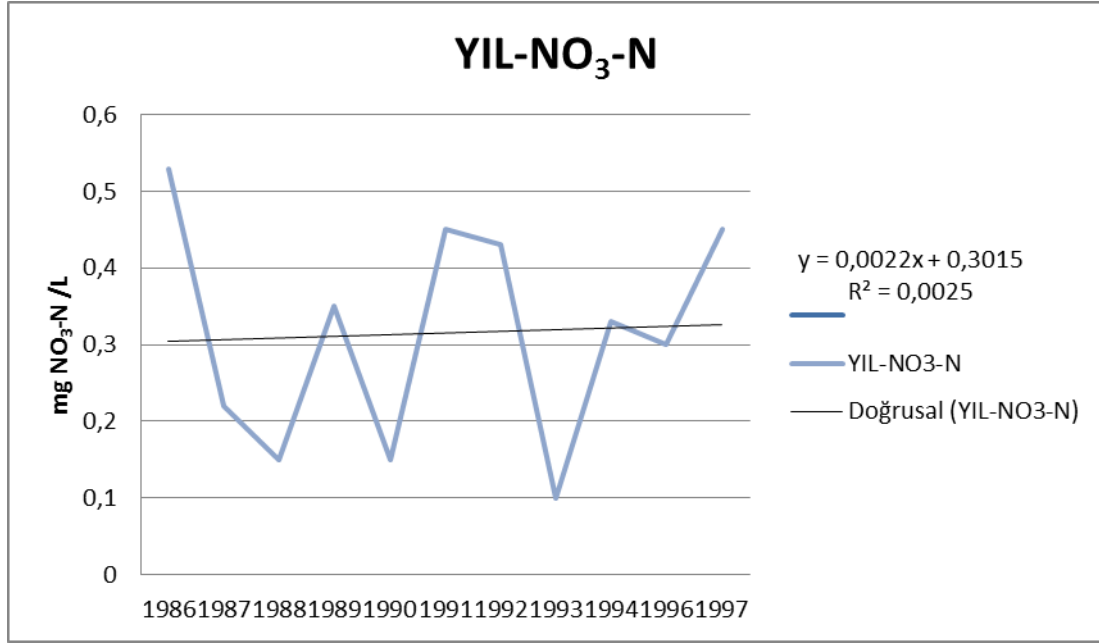
Şekil 4.13. 1986-1997 Karaçay Deresine Ait Yıllara Göre ÇO Değişimi



Şekil 4.14. 1986-1997 Karaçay Deresine Ait Yıllara Göre NH₃-N Değişimi



Şekil 4.15. 1986-1997 Karaçay Deresine Ait Yıllara Göre NO₂-N Değişimi



Şekil 4.16. 1986-1997 Karaçay Deresine Ait Yıllara Göre NO₃-N Değişimi

1986-1997 yılları arasında Karaçay Deresinde yapılan su kalite değerlendirmeleri neticesinde pH değerinin ortalama 7,97 olduğu saptanmıştır. Bu değer Su Kirliliği Kontrol Yönetmeli (S.K.K.Y)'ne göre uygun aralıktadır. Bu değer S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.Sınıf (Yüksek kaliteli su) olduğunu göstermektedir.

1986-1997 yılları arasında Karaçay Deresinde yapılan su kalite değerlendirmeleri neticesinde KOI değerinin ortalama 38,08 mg/L olduğu saptanmıştır. Bu değer S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.Sınıf ve II.Sınıf Kalite su arasında olduğunu göstermektedir.

1986-1999 yılları arasında Balıkhane Deresinde yapılan su kalite değerlendirmeleri neticesinde BOI değerinin ortalama 1,31 mg/L olduğu saptanmıştır. Bu değer S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.Sınıf (Yüksek kaliteli su) olduğunu göstermektedir.

AKM değerinin ortalama 408,97 mg/L olduğu saptanmıştır. 1994 yılında pik değere ulaştığı görülmüştür.

ÇO değerinin ortalama 10,68 mg O₂/L olduğu saptanmıştır. S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.Sınıf su olduğunu göstermektedir.

NH₃-N değerinin ortalama 0,13 mg NH₄⁺-N/L olduğu saptanmıştır. S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I. kalite su olduğunu gösterir.

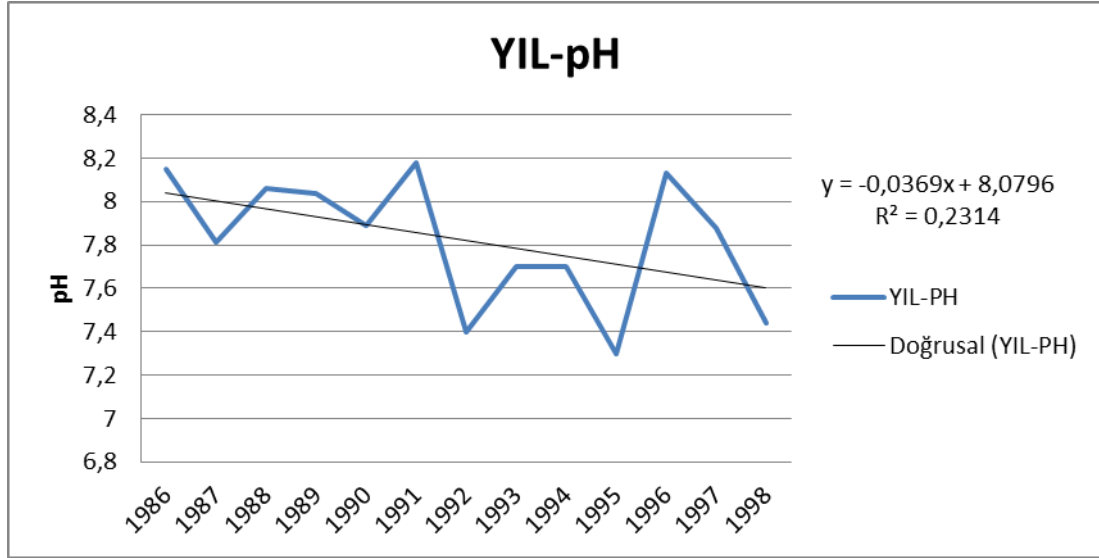
NO₂-N değerinin ortalama 0,02mg NO₂⁻-N/L olduğu saptanmıştır. S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin III.sınıf kalite su arasında olduğunu gösterir. Derenin kirlendiğinin bir göstergesidir.

NO₃-N değerinin ortalama 0,31 mg NO₃⁻-N/L olduğu saptanmıştır. S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.sınıf kalite su olduğunu gösterir.

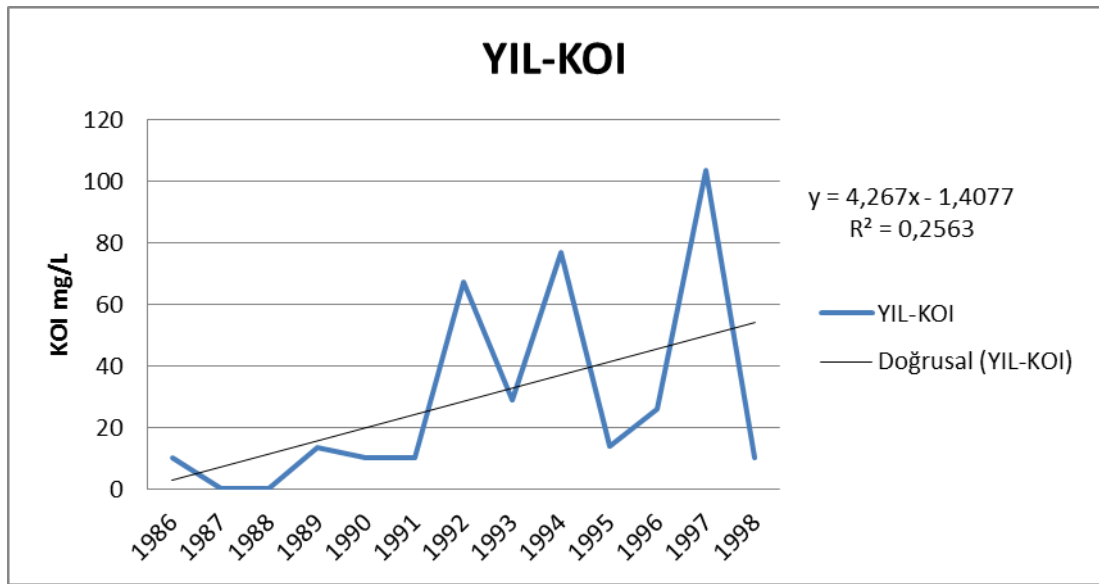
4.18. Kurtköy Deresine Ait Yıllık Su Kalite Değişimleri



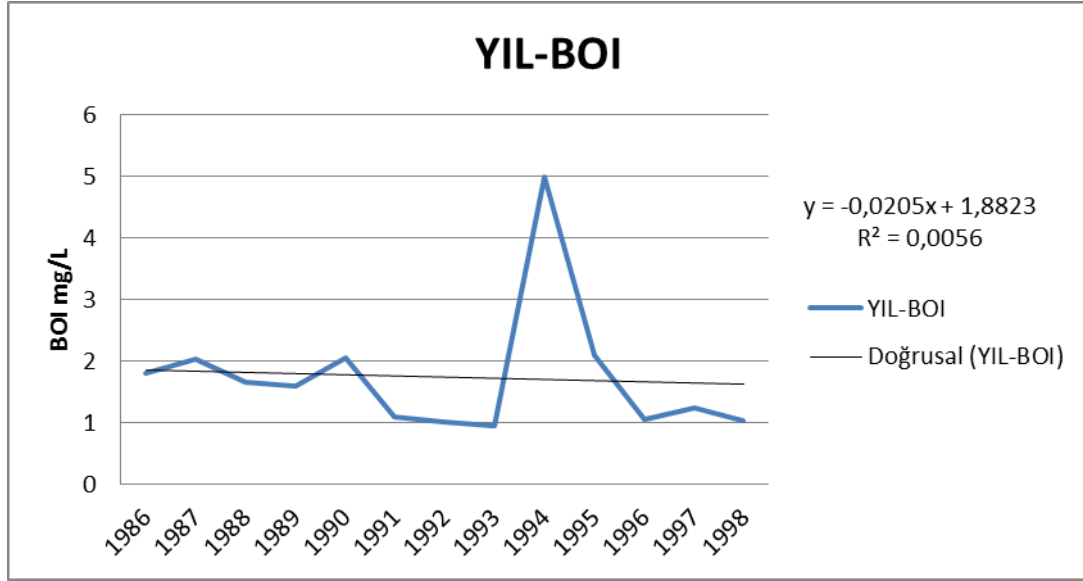
Foto 4.2. Kurtköy Deresi'nden bir görünüm



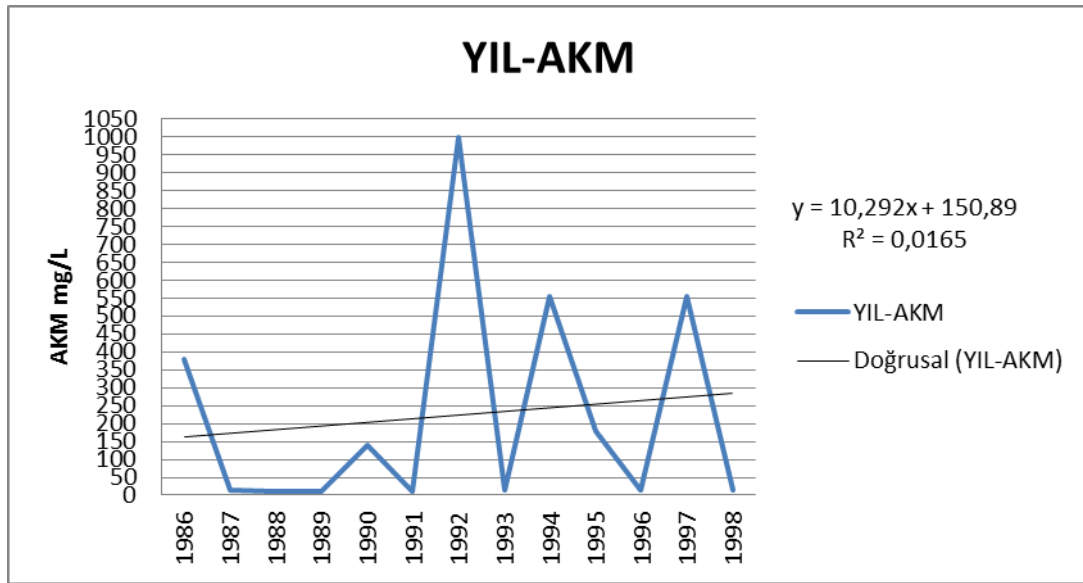
Şekil 4.17. 1986-1998 Kurtköy Deresine Ait Yıllara Göre pH Değişimi



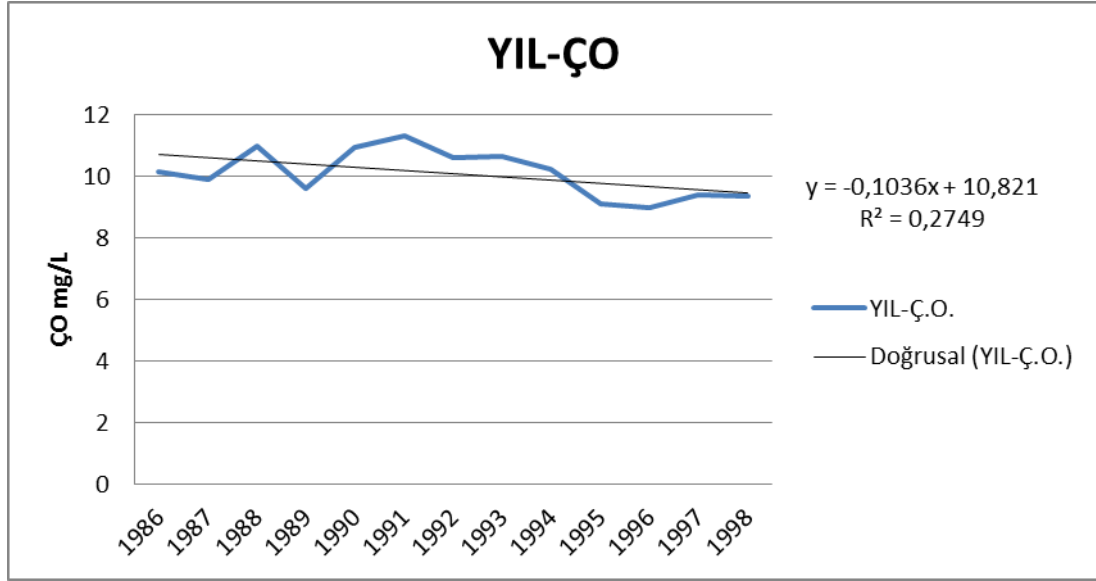
Şekil 4.18. 1986-1998 Kurtköy Deresine Ait Yıllara Göre KOI Değişimi



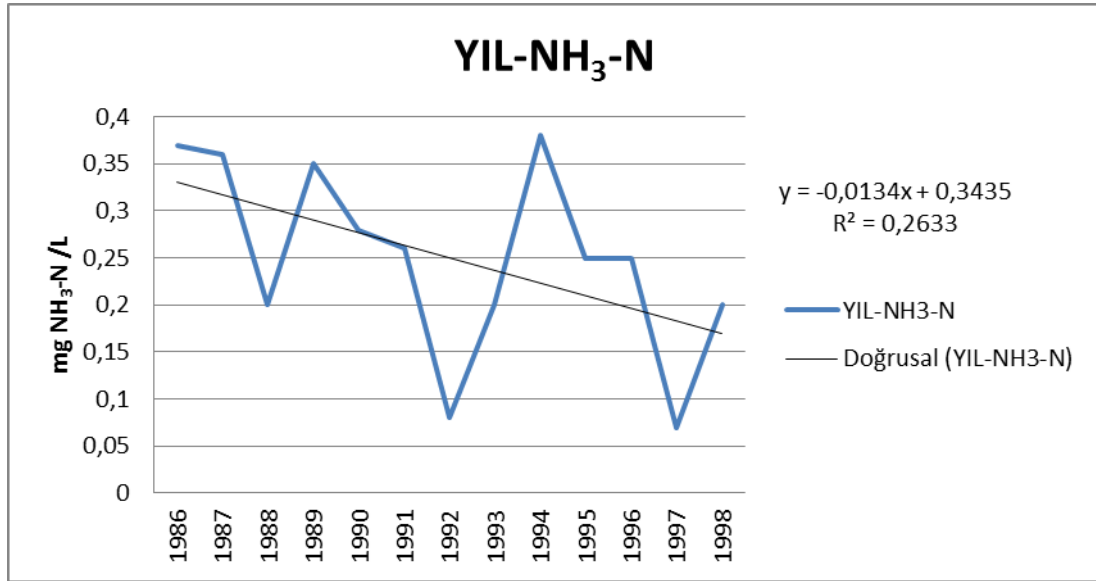
Şekil 4.19. 1986-1998 Kurtköy Deresine Ait Yıllara Göre BOI Değişimi



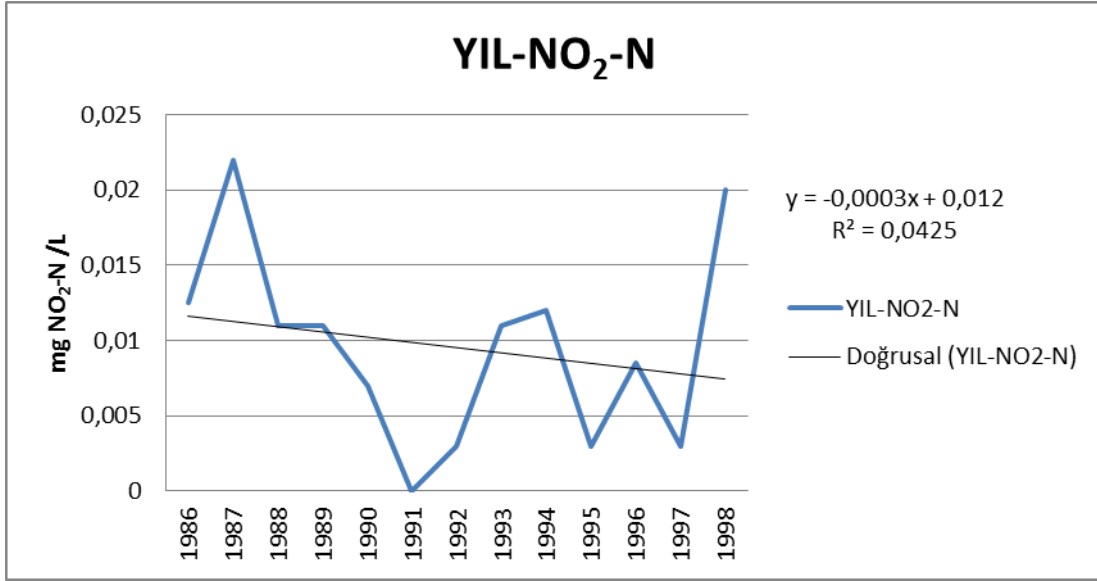
Şekil 4.20. 1986-1998 Kurtköy Deresine Ait Yıllara Göre AKM Değişimi



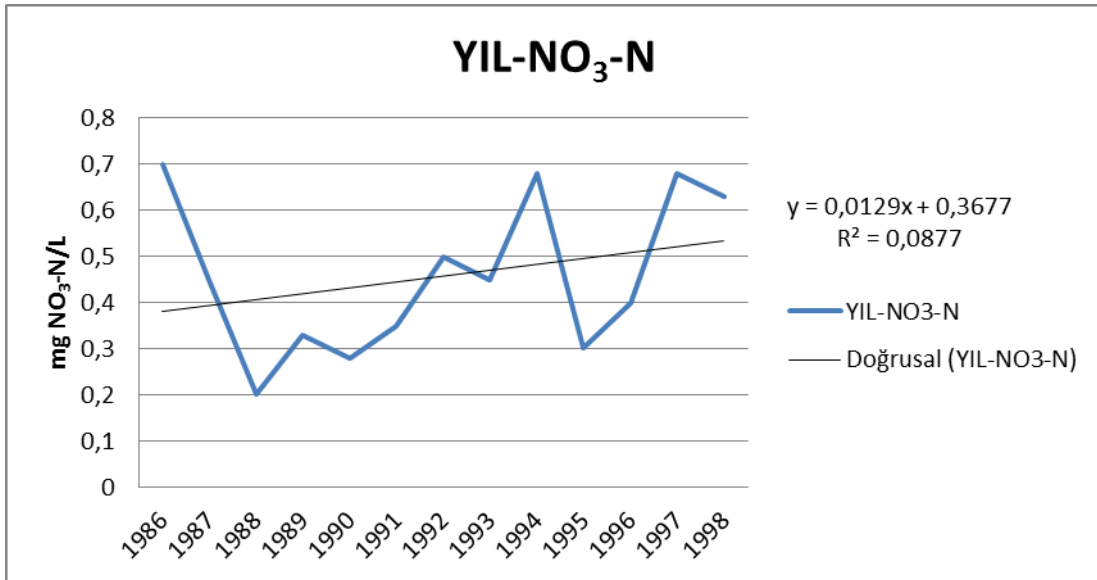
Şekil 4.21. 1986-1998 Kurtköy Deresine Ait Yıllara Göre ÇO Değişimi



Şekil 4.22. 1986-1998 Kurtköy Deresine Ait Yıllara Göre NH₃-N Değişimi



Şekil 4.23. 1986-1998 Kurtköy Deresine Ait Yıllara Göre NO₂-N Değişimi



Şekil 4.24. 1986-1998 Kurtköy Deresine Ait Yıllara Göre NO₃-N Değişimi

1986-1998 yılları arasında Kurtköy Deresinde yapılan su kalite değerlendirmeleri neticesinde pH değerinin ortalama 7,82 olduğu saptanmıştır. Bu değer Su Kirliliği Kontrol Yönetmeli (S.K.K.Y)'ne göre uygun aralıktadır. Bu değer S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.Sınıf (Yüksek kaliteli su) olduğunu göstermektedir.

KOI değerinin ortalama 28,46 mg/L olduğu saptanmıştır. Bu değer S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin II.Sınıf Kalite su olduğunu göstermektedir.

BOI değerinin ortalama 1,74 mg/L olduğu saptanmıştır. Bu değer S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.Sınıf(Yüksek kaliteli su) olduğunu göstermektedir.

AKM değerinin ortalama 222,93 mg/L olduğu saptanmıştır. Askıda Katı Madde miktarının İçmesuyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik kapsamında 25 mg/l SS standardını aştığı görülmektedir.

O değerinin ortalama 10,09 mg O₂/L olduğu saptanmıştır. S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.Sınıf Su olduğunu göstermektedir.

NH₃-N değerinin ortalama 0,25 mg NH₄⁺-N/L olduğu saptanmıştır. S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I. kalite su arasında olduğunu gösterir.

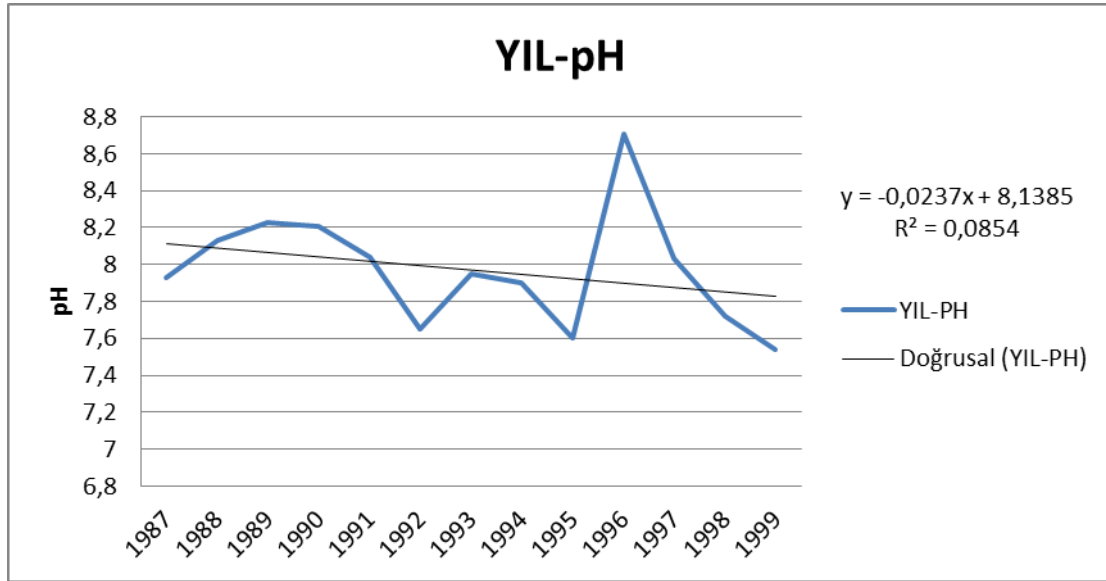
NO₂-N değerinin ortalama 0,009 mg NO₂⁻-N/L olduğu saptanmıştır. S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.sınıf kalite su arasında olduğunu gösterir.

NO₃-N değerinin ortalama 0,45 mg NO₃⁻-N/L olduğu saptanmıştır. S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.sınıf kalite su olduğunu gösterir.

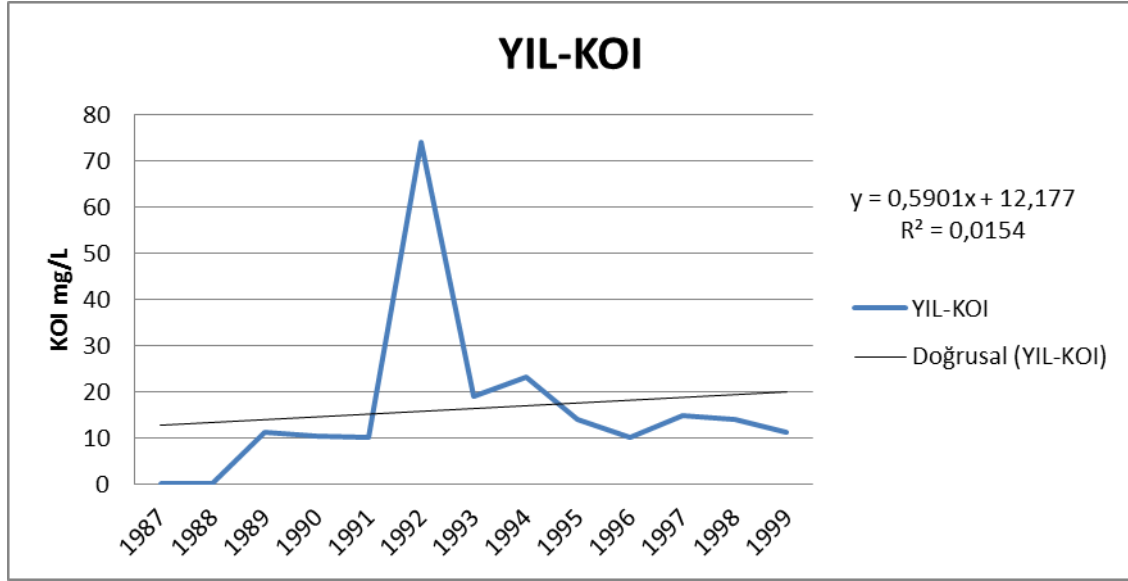
4.19. Mahmudiye Deresine Ait Yıllık Su Kalite Değişimleri



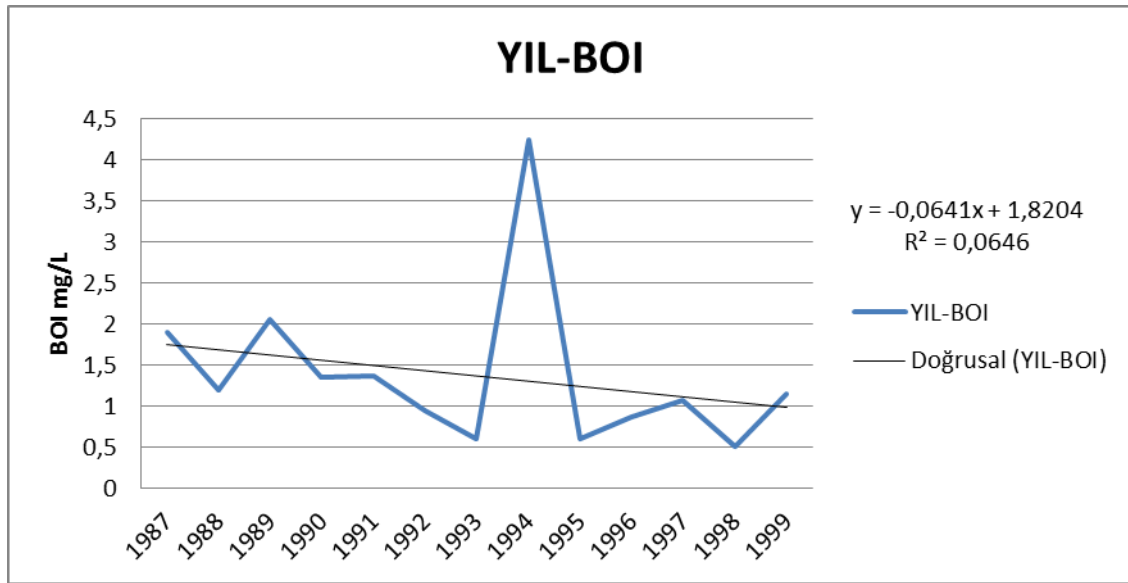
Foto 4.3. Mahmudiye Deresi'nden bir görünüm



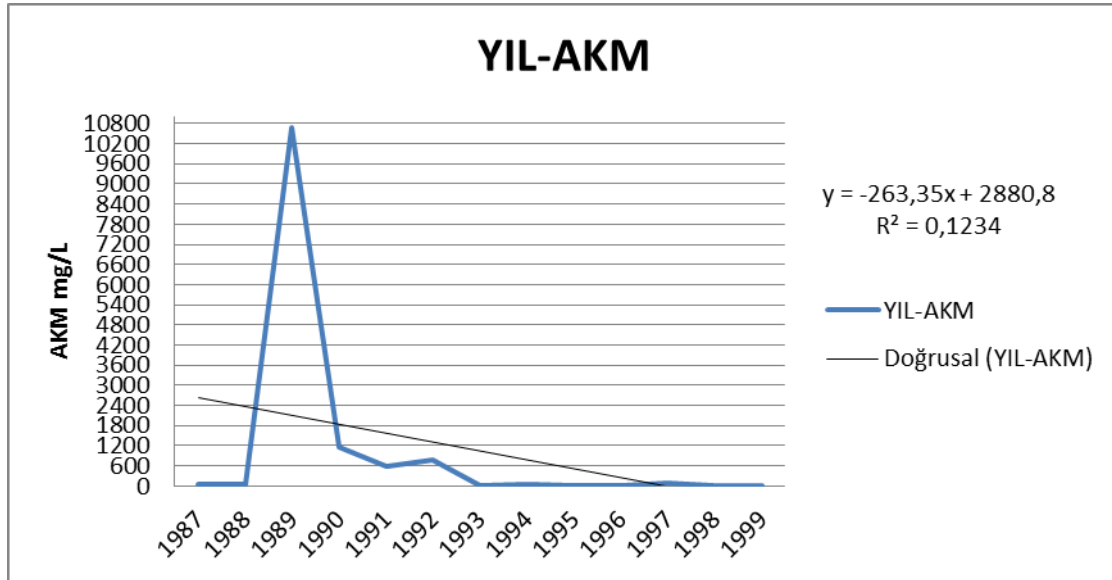
Şekil 4.25. 1987-1999 Mahmudiye Deresine Ait Yıllara Göre pH Değişimi



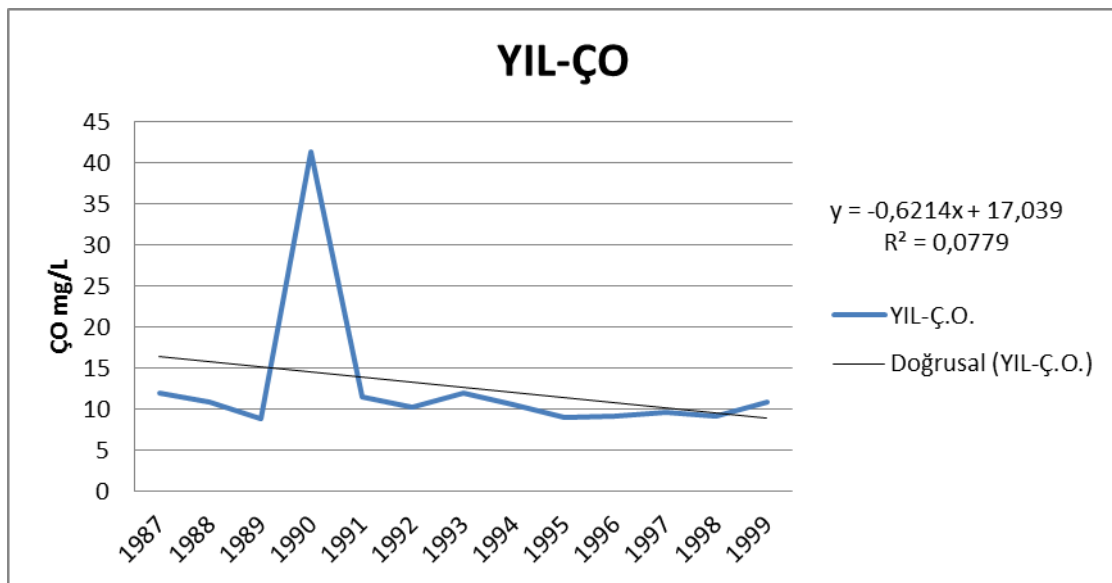
Şekil 4.26. 1987-1999 Mahmudiye Deresine Ait Yıllara Göre KOI Değişimi



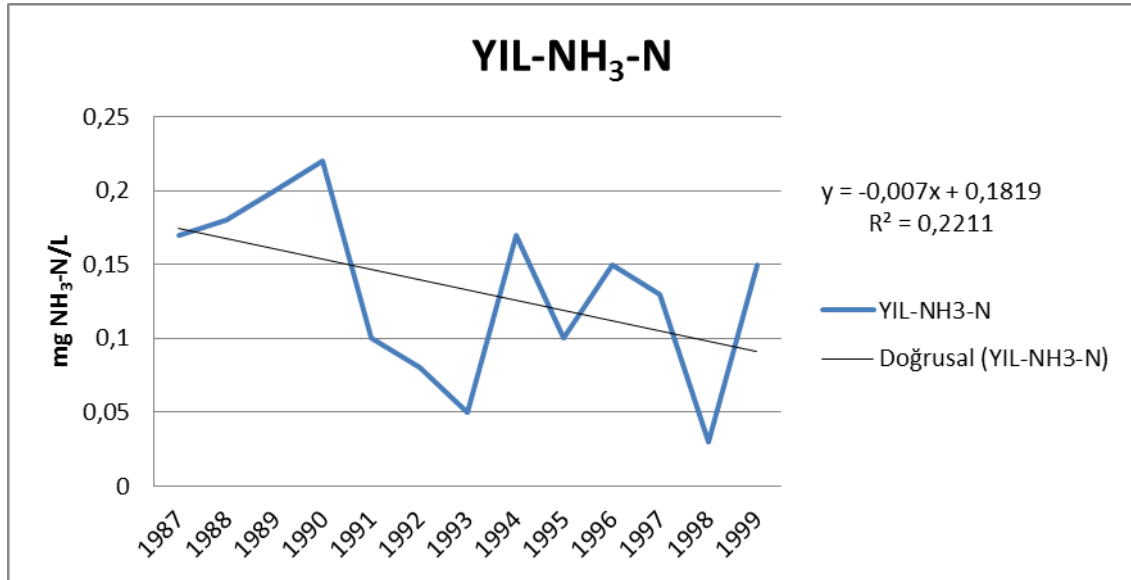
Şekil 4.27. 1987-1999 Mahmudiye Deresine Ait Yıllara Göre BOI Değişimi



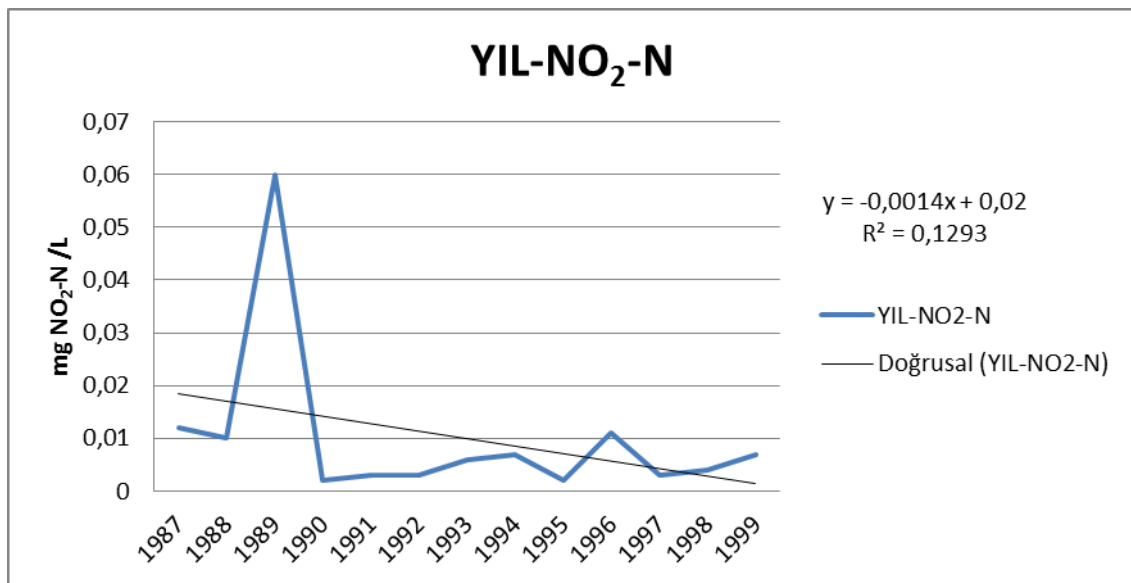
Şekil 4.28.1987-1999 Mahmudiye Deresine Ait Yıllara Göre AKM Değişimi



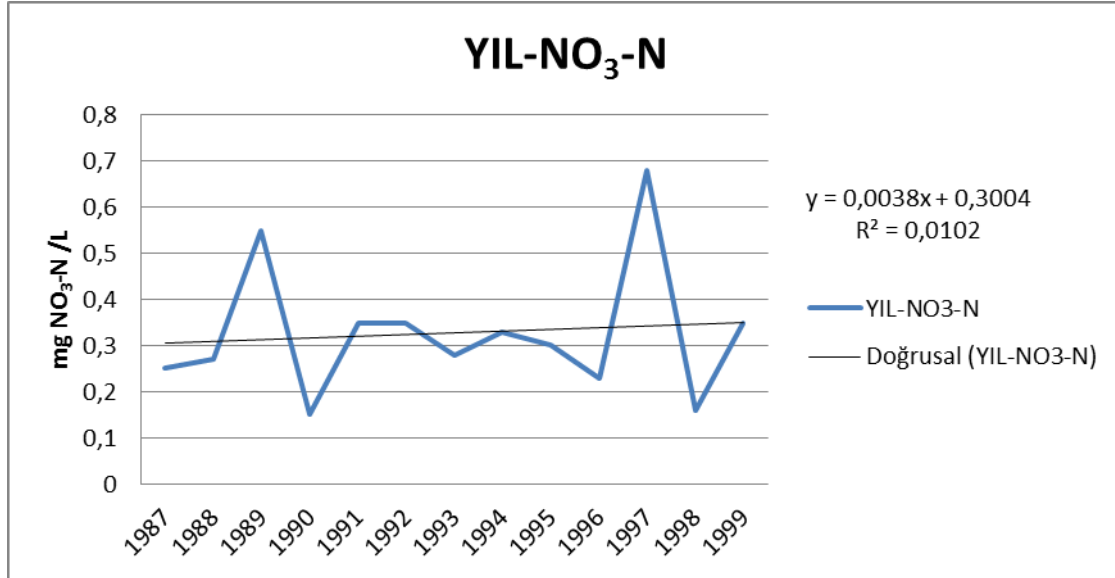
Şekil 4.29. 1987-1999 Mahmudiye Deresine Ait Yıllara Göre ÇO Değişimi



Şekil 4.30. 1987-1999 Mahmudiye Deresine Ait Yıllara Göre NH₃-N Değişimi



Şekil 4.31. 1987-1999 Mahmudiye Deresine Ait Yıllara Göre NO₂-N Değişimi



Şekil 4.32.1987-1999 Mahmudiye Deresine Ait Yıllara Göre NO₃-N Değişimi

1987-1999 yılları arasında Mahmudiye Deresinde yapılan su kalite değerlendirmeleri neticesinde pH değerinin ortalama 7,97 olduğu saptanmıştır. Bu değer Su Kirliliği Kontrol Yönetmeli (S.K.K.Y)'ne göre uygun aralıktadır. Bu değer S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.Sınıf (Yüksek kaliteli su) olduğunu göstermektedir.

KOI değerinin ortalama 16,31 mg/L olduğu saptanmıştır. Bu değer S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.Sınıf Kalite su olduğunu göstermektedir.

BOI değerinin ortalama 1,37 mg/L olduğu saptanmıştır. Bu değer S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.Sınıf(Yüksek kaliteli su) olduğunu göstermektedir.

AKM değerinin ortalama 1037 mg/L olduğu saptanmıştır. Askıda Katı Madde miktarının İçmesuyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik kapsamında 25 mg/l SS standardını aştığı görülmektedir.

ÇO değerinin ortalama 12,69 mg O₂/L olduğu saptanmıştır. S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.Sınıf Su olduğunu göstermektedir.

NH₃-N değerinin ortalama 0,13 mg NH₄⁺-N/L olduğu saptanmıştır. S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I. kalite su arasında olduğunu gösterir.

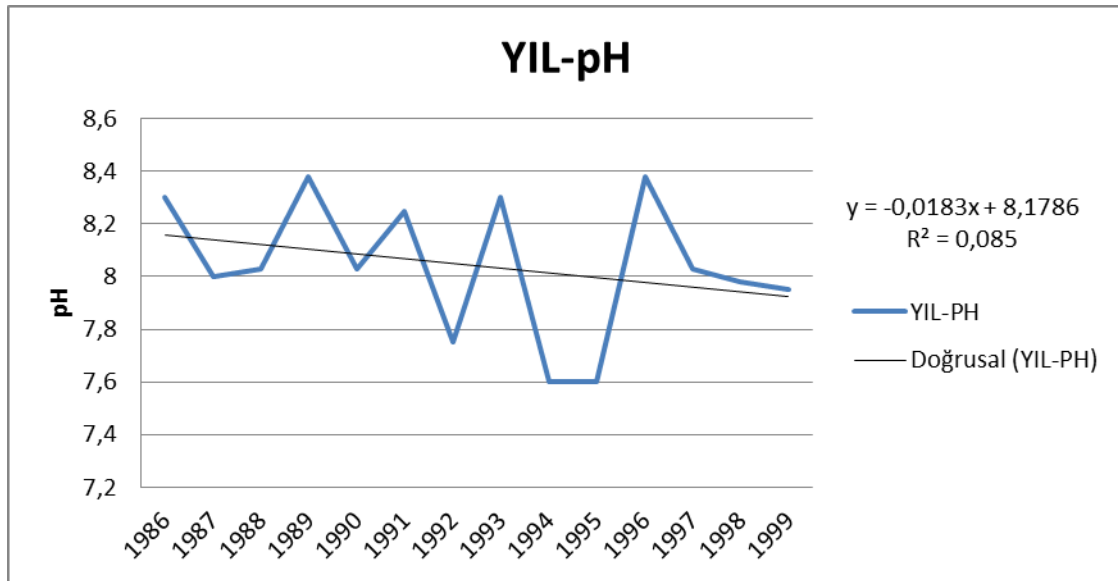
NO₂-N değerinin ortalama 0,01 mg NO₂⁻-N/L olduğu saptanmıştır. S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin II.sınıf kalite su arasında olduğunu gösterir.

NO₃-N değerinin ortalama 0,33 mg NO₃⁻-N/L olduğu saptanmıştır. S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.sınıf kalite su olduğunu gösterir.

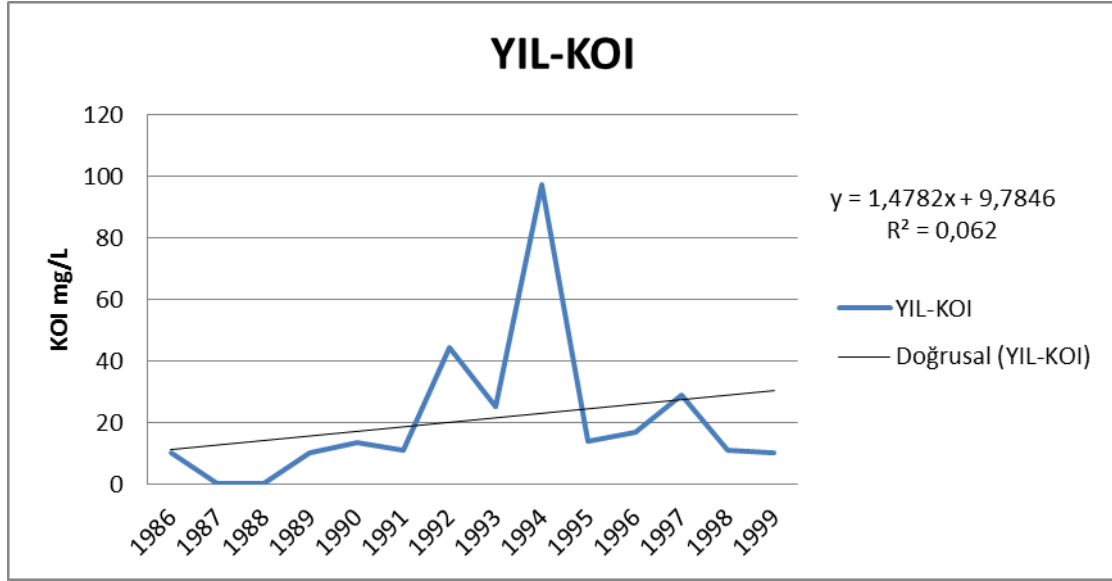
4.20. İstanbul Deresine Ait Yıllık Su Kalite Değişimleri



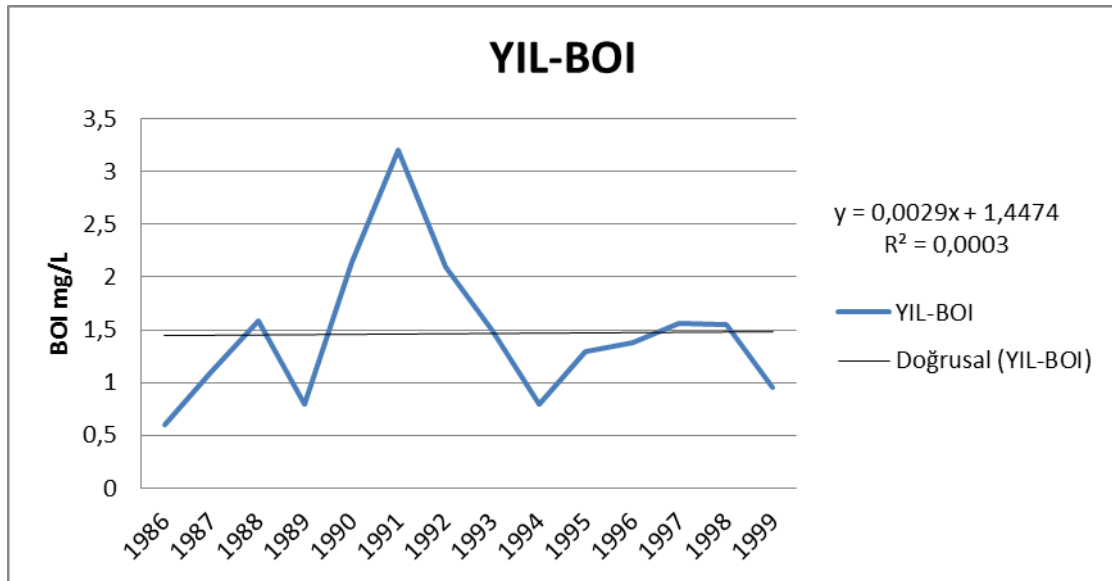
Foto 4. 4. İstanbul Deresi'nden bir görünüm



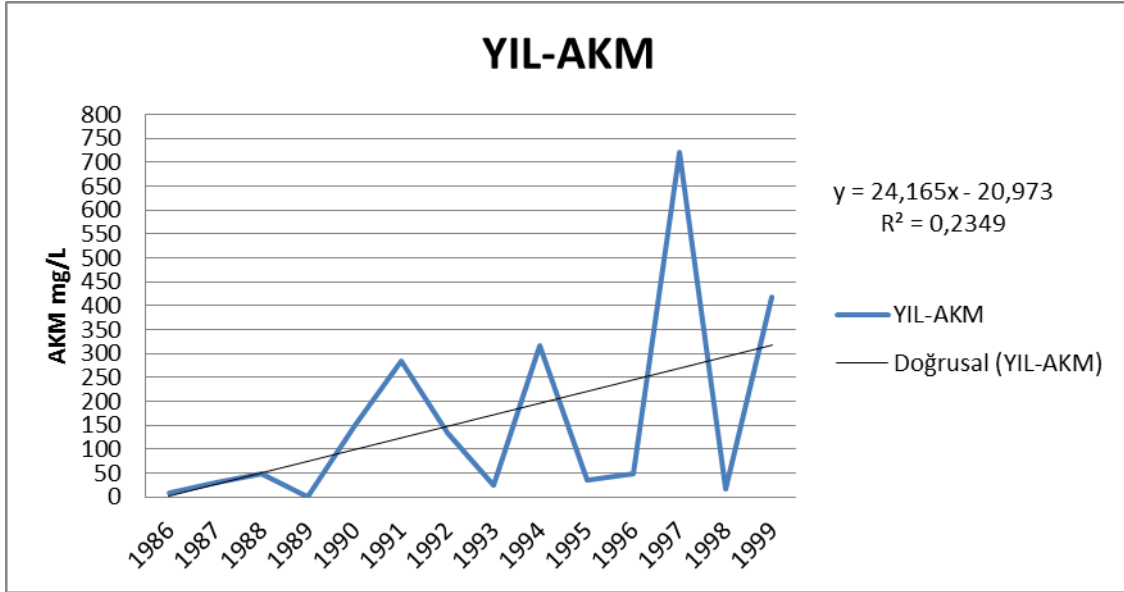
Şekil 4.33.1986-1999 İstanbul Deresine Ait Yıllara Göre pH Değişimi



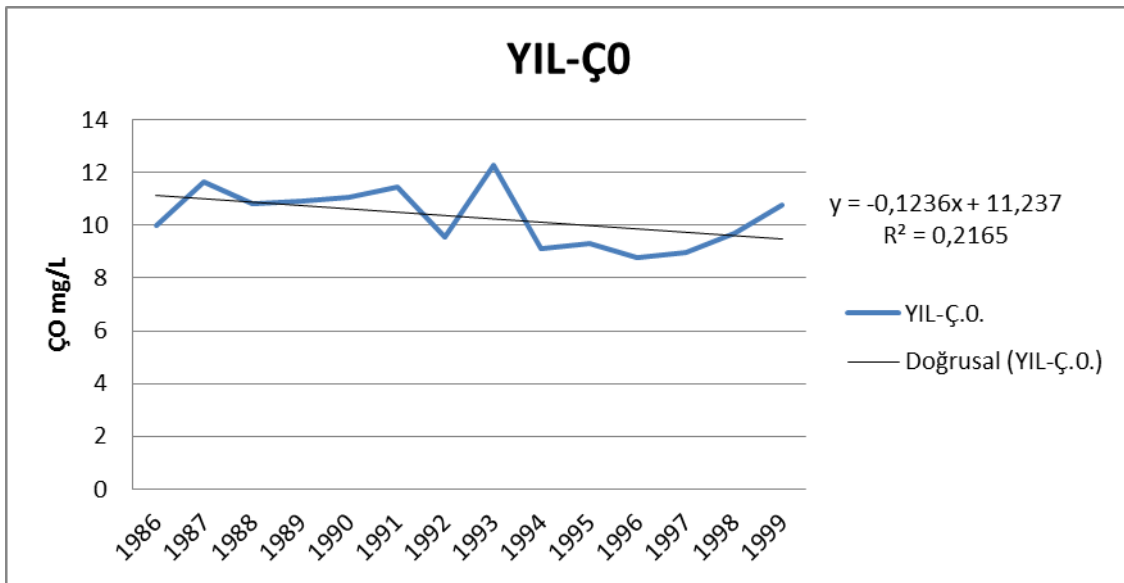
Şekil 4.34. 1986-1999 İstanbul Deresine Ait Yıllara Göre KOI Değişimi



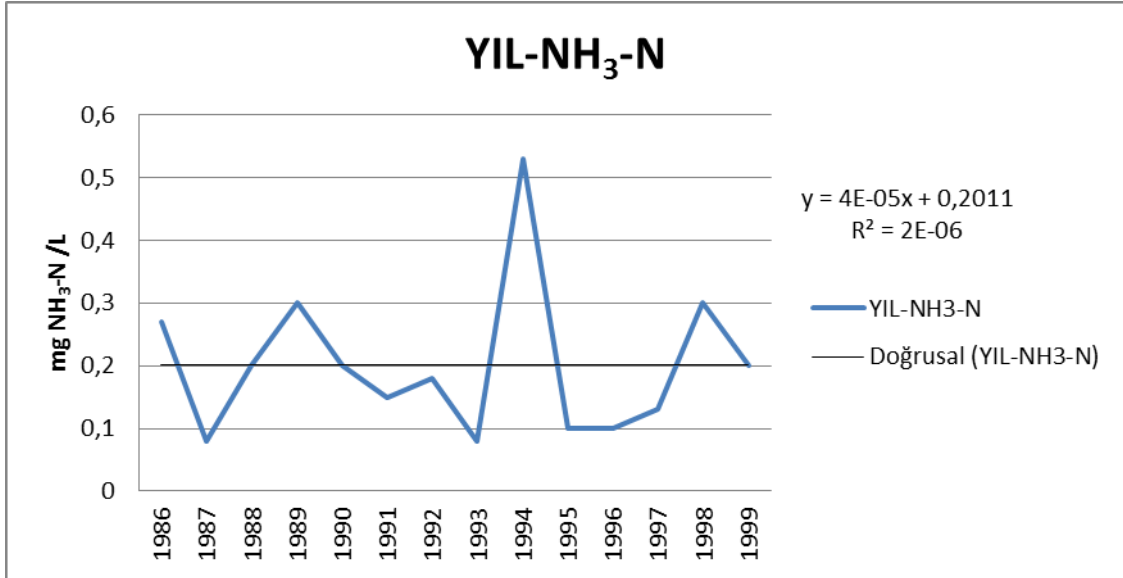
Şekil 4.35. 1986-1999 İstanbul Deresine Ait Yıllara Göre BOI Değişimi



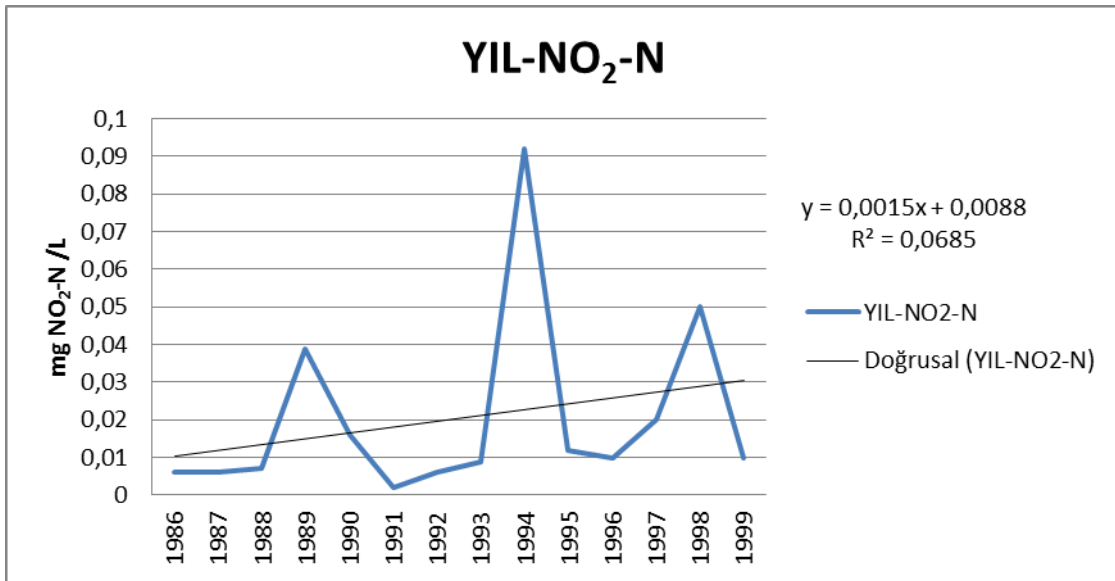
Şekil 4.36. 1986-1999 İstanbul Deresine Ait Yıllara Göre AKM Değişimi



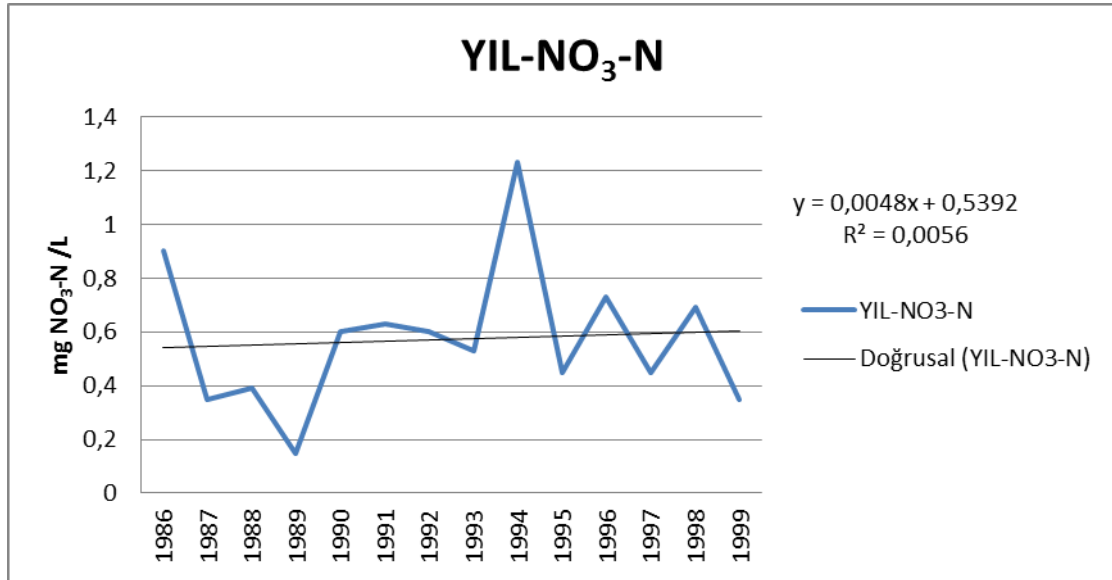
Şekil 4.37. 1986-1999 İstanbul Deresine Ait Yıllara Göre ÇO Değişimi



Şekil 4.38. 1986-1999 İstanbul Deresine Ait Yıllara Göre NH₃-N Değişimi



Şekil 4.39. 1986-1999 İstanbul Deresine Ait Yıllara Göre NO₂-N Değişimi



Şekil 4.40. 1986-1999 İstanbul Deresine Ait Yıllara Göre NO₃-N Değişimi

1986-1999 yılları arasında İstanbul Deresinde yapılan su kalite değerlendirmeleri neticesinde pH değerinin ortalama 8,04 olduğu saptanmıştır. Bu değer Su Kirliliği Kontrol Yönetmeli (S.K.K.Y)'ne göre uygun aralıktadır. Bu değer S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.Sınıf(Yüksek kaliteli su) olduğunu göstermektedir.

KOI değerinin ortalama 20,87 mg/L olduğu saptanmıştır. Bu değer S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.Sınıf Kalite su olduğunu göstermektedir.

BOI değerinin ortalama 1,47 mg/L olduğu saptanmıştır. Bu değer S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.Sınıf(Yüksek kaliteli su) olduğunu göstermektedir.

AKM değerinin ortalama 160,3 mg/L olduğu saptanmıştır. Askıda Katı Madde miktarının İçmesuyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik kapsamında 25 mg/l SS standardını aştığı görülmektedir.

ÇO değerinin ortalama 10,31 mg O₂/L olduğu saptanmıştır. S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.Sınıf Su olduğunu göstermektedir.

NH₃-N değerinin ortalama 0,2 mg NH₄⁺-N/L olduğu saptanmıştır. S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I. kalite su arasında olduğunu gösterir.

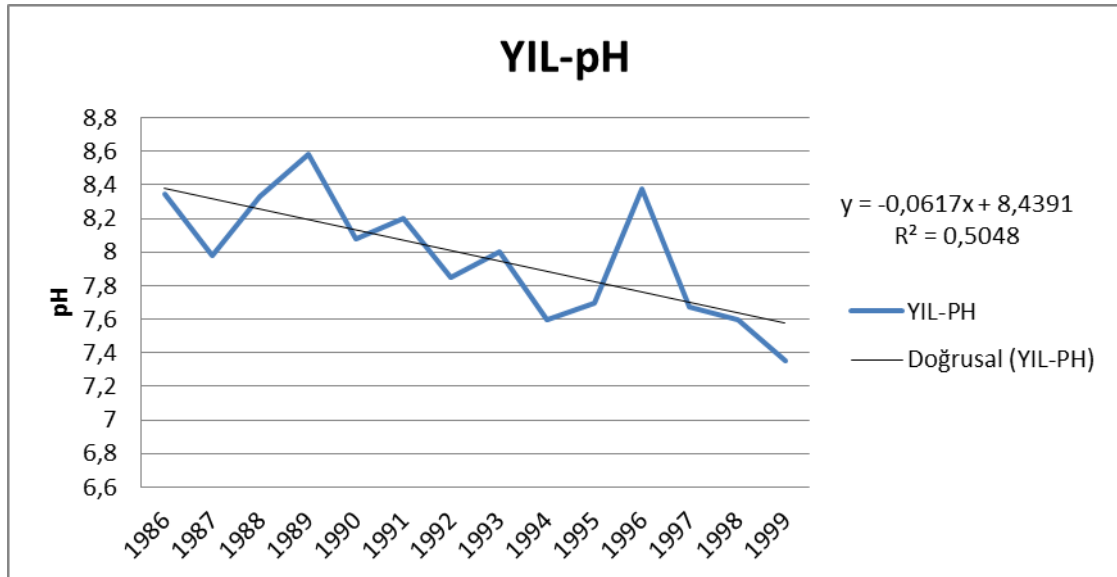
NO₂-N değerinin ortalama 0,02 mg NO₂⁻-N/L olduğu saptanmıştır. S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin II.sınıf kalite su arasında olduğunu gösterir.

NO₃-N değerinin ortalama 0,57 mg NO₃⁻-N/L olduğu saptanmıştır. S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.sınıf kalite su olduğunu gösterir.

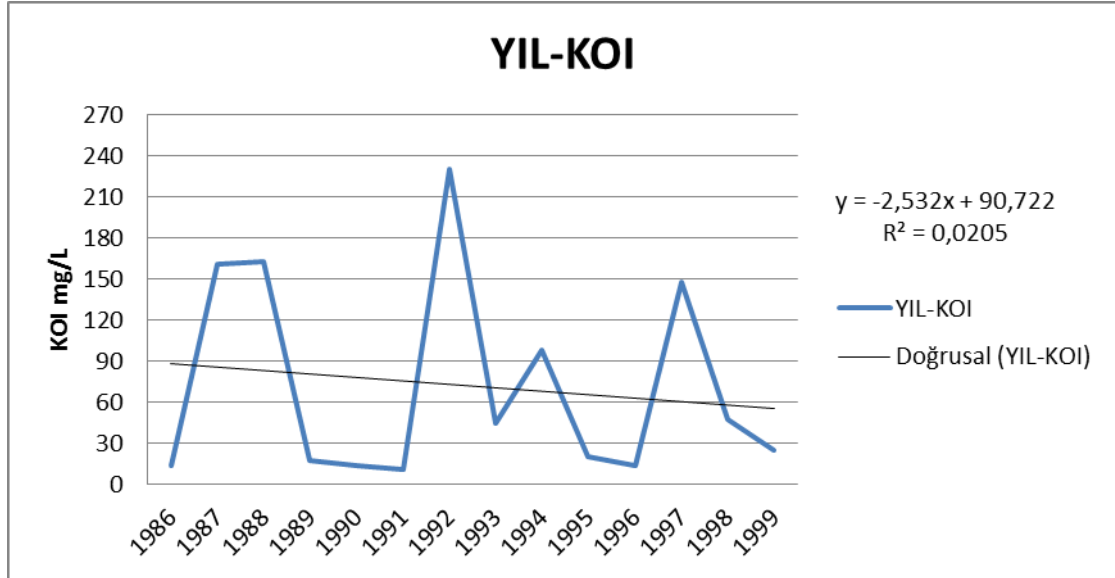
4.21. Keçi Deresine Ait Yıllık Su Kalite Değişimleri



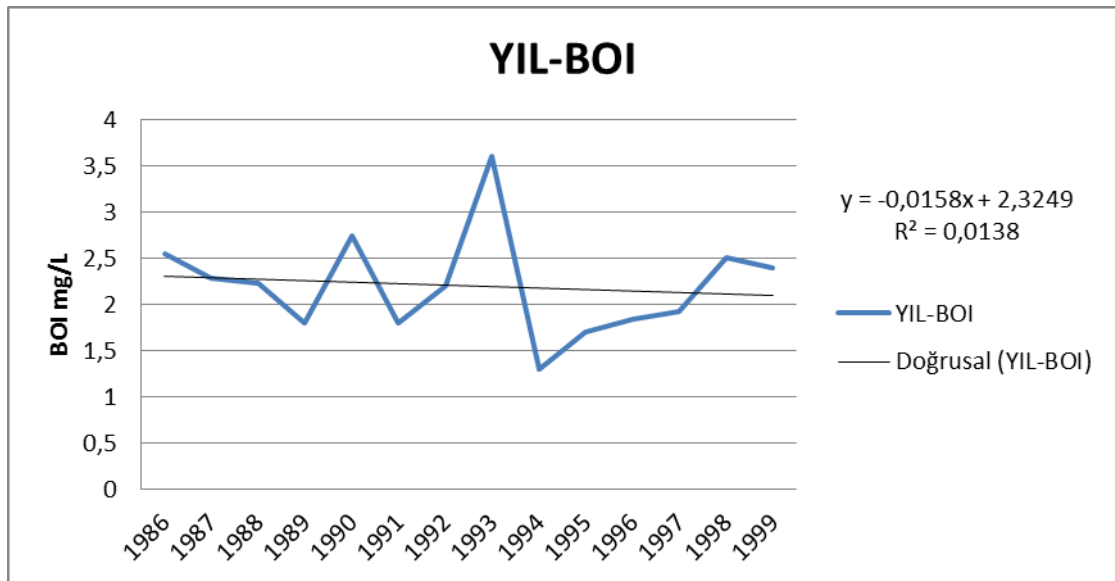
Foto 4. 5. Keçi Deresi'nden bir görünüm



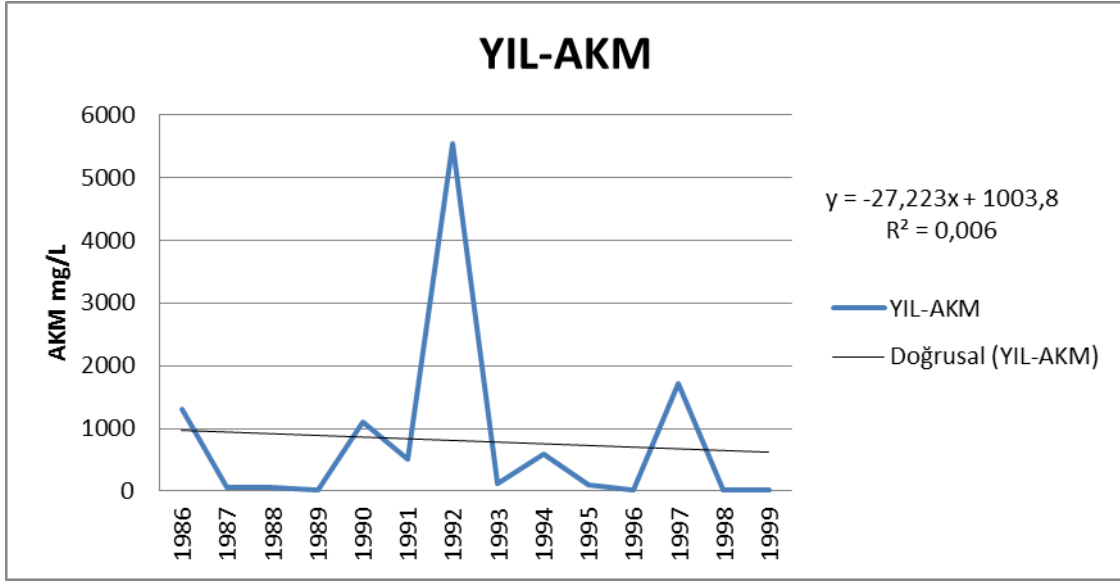
şekil 4.41. 1986-1999 Keçi Deresine Ait Yıllara Göre pH Değişimi



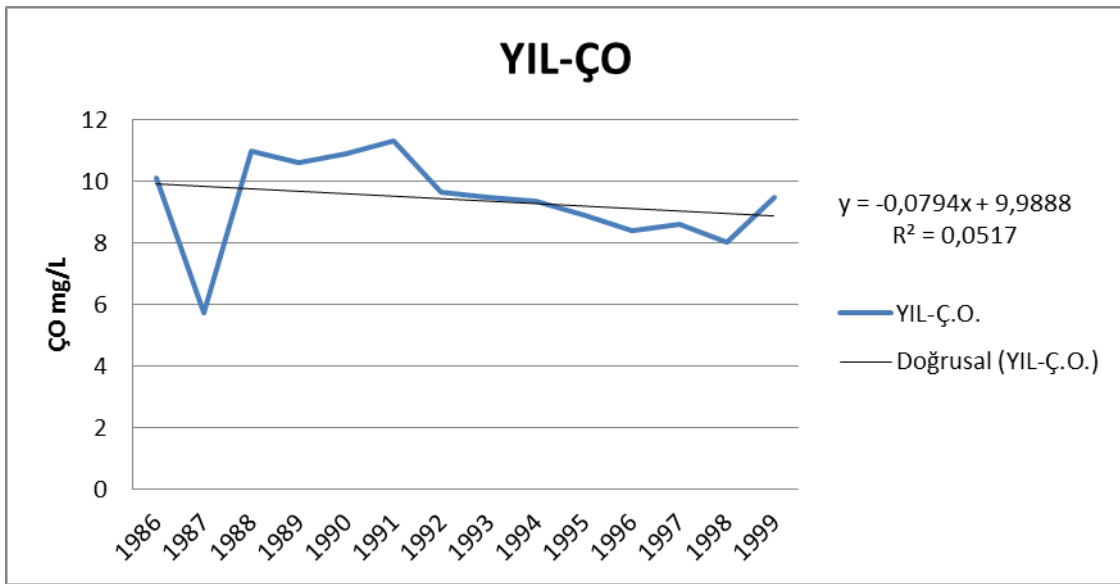
Şekil 4.42. 1986-1999 Keçi Deresine Ait Yıllara Göre KOI Değişimi



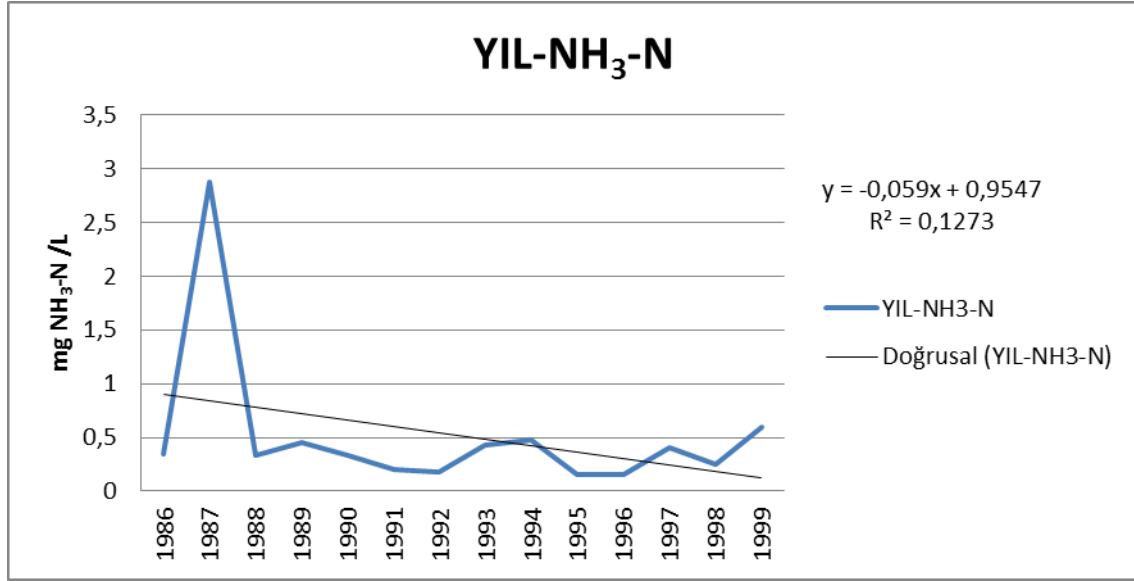
Şekil 4.43. 1986-1999 Keçi Deresine Ait Yıllara Göre BOI Değişimi



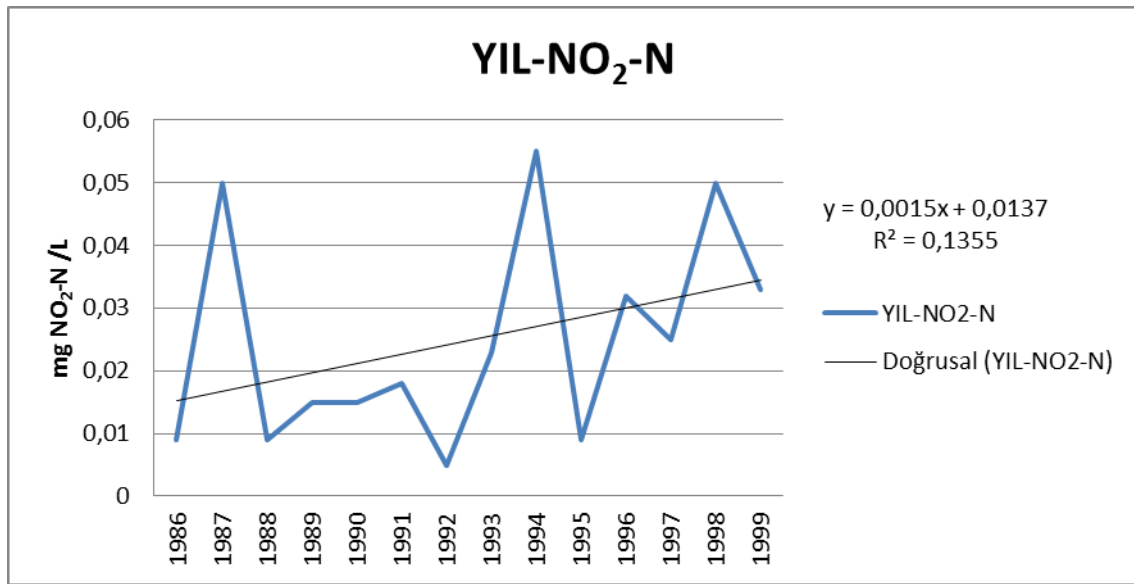
Şekil 4.44. 1986-1999 Keçi Deresine Ait Yıllara Göre AKM Değişimi



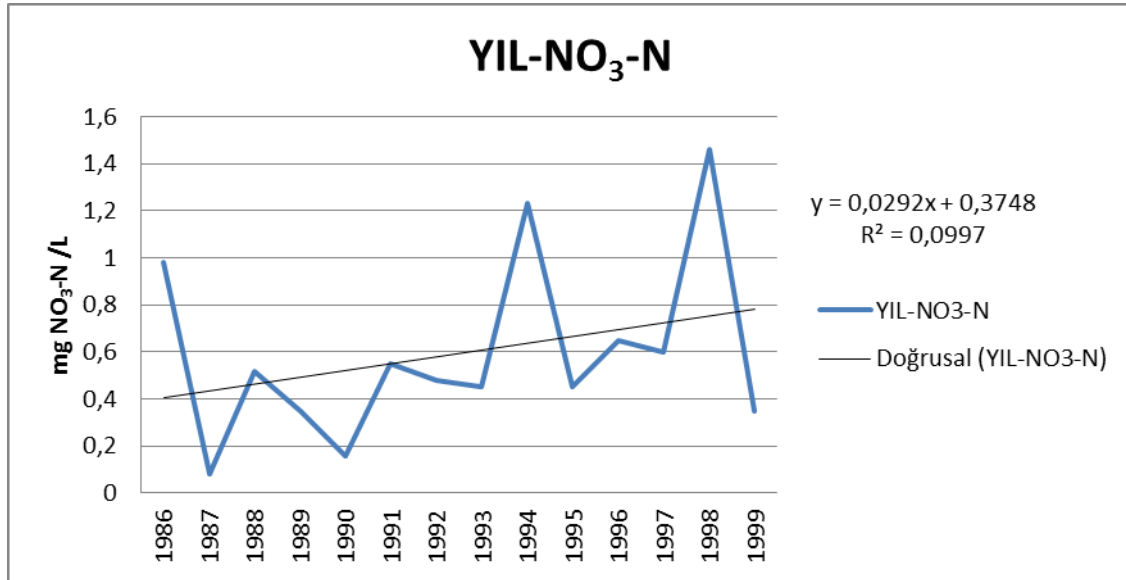
Şekil 4.45. 1986-1999 Keçi Deresine Ait Yıllara Göre ÇO Değişimi



Şekil 4.46. 1986-1999 Keçi Deresine Ait Yıllara Göre NH₃-N Değişimi



Şekil 4.47. 1986-1999 Keçi Deresine Ait Yıllara Göre NO₂-N Değişimi



Şekil 4.48. 1986-1999 Keçi Deresine Ait Yıllara Göre NO₃-N Değişimi

1986-1999 yılları arasında Keçi Deresinde yapılan su kalite değerlendirmeleri neticesinde pH değerinin ortalama 7,98 olduğu saptanmıştır. Bu değer Su Kirliliği Kontrol Yönetmeli (S.K.K.Y)'ne göre uygun aralıktadır. Bu değer S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.Sınıf(Yüksek kaliteli su) olduğunu göstermektedir.

KOI değerinin ortalama 71,73 mg/L olduğu saptanmıştır. Bu değer S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin VI.Sınıf Kalite su olduğunu göstermektedir. Derede kirlenmenin olduğunu görülmektedir.

BOI değerinin ortalama 2,21 mg/L olduğu saptanmıştır. Bu değer S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.Sınıf(Yüksek kaliteli su) olduğunu göstermektedir.

AKM değerinin ortalama 799 mg/L olduğu saptanmıştır. Askıda Katı Madde miktarının İçmesuyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik kapsamında 25 mg/L SS standardını aştığı görülmektedir.

Ç.O. değerinin ortalama 9,39mg O₂/L olduğu saptanmıştır. S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.Sınıf Su olduğunu göstermektedir.

NH₃-N değerinin ortalama 0,51 mg NH₄⁺-N/L olduğu saptanmıştır. S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin II. kalite su arasında olduğunu gösterir.

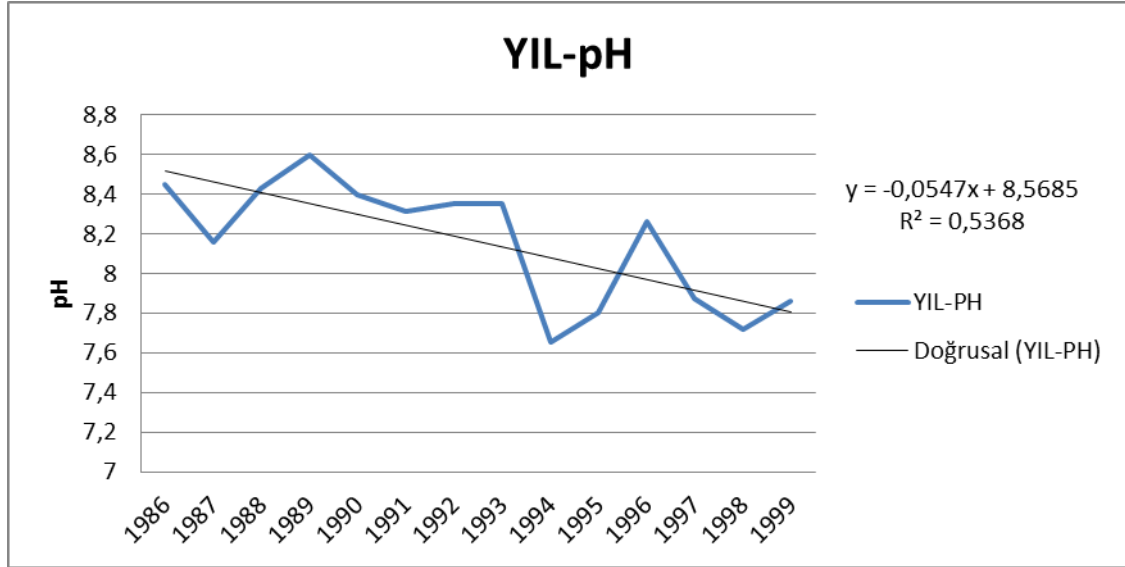
NO₂-N değerinin ortalama 0,02 mg NO₂⁻-N/L olduğu saptanmıştır. S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin III.sınıf kalite su arasında olduğunu gösterir. Suyun kirliliğinin bir göstergesidir.

NO₃-N değerinin ortalama 0,59 mg NO₃⁻-N/L olduğu saptanmıştır. S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.sınıf kalite su olduğunu gösterir.

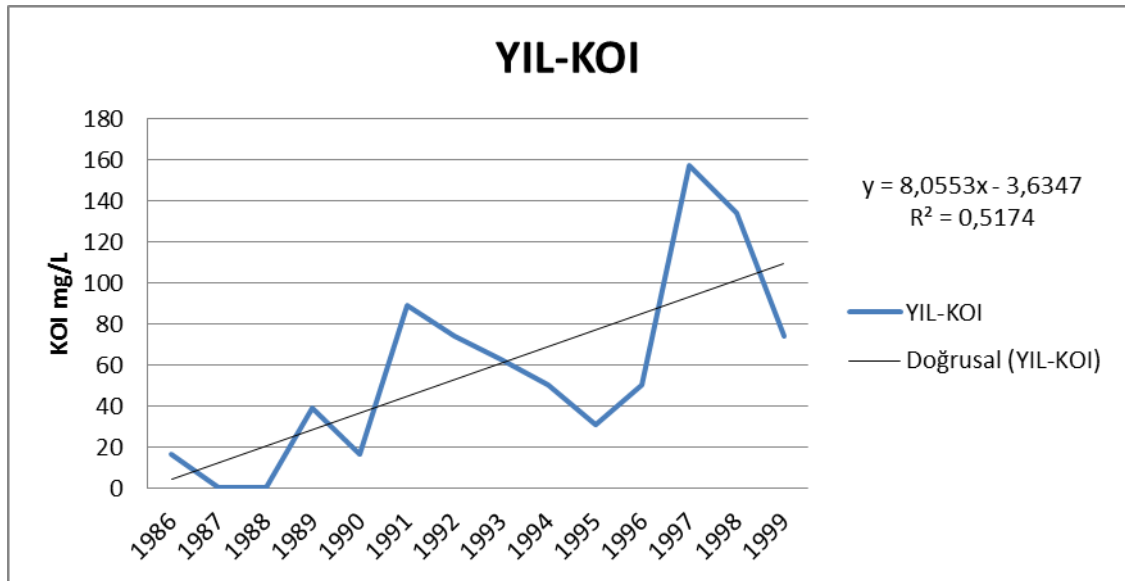
4.22. Sarp Deresine Ait Yıllık Su Kalite Değişimleri



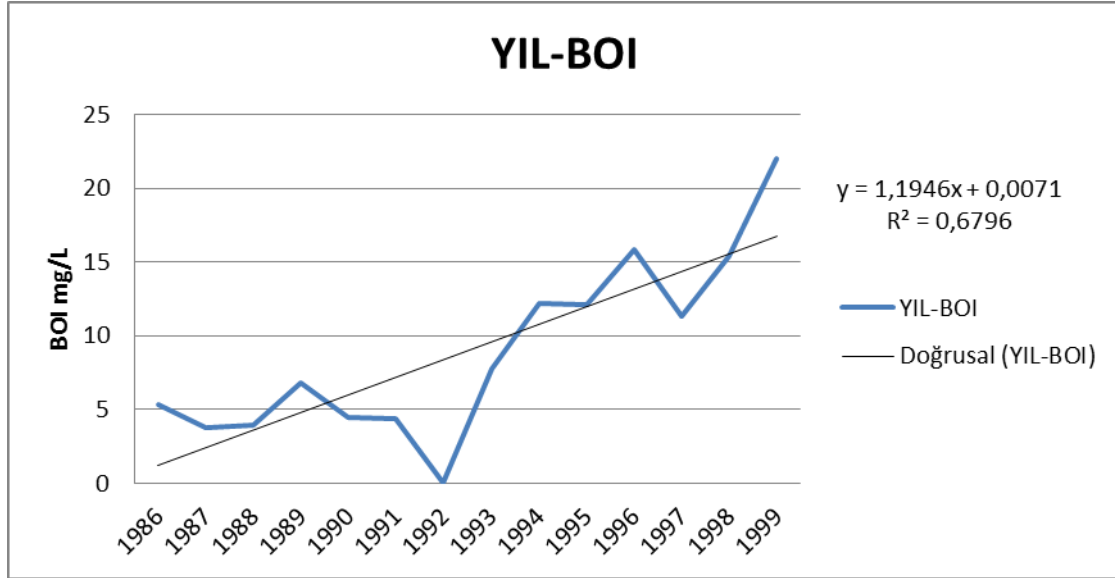
Foto 4.6. Sarp Deresine ait bir görünüm



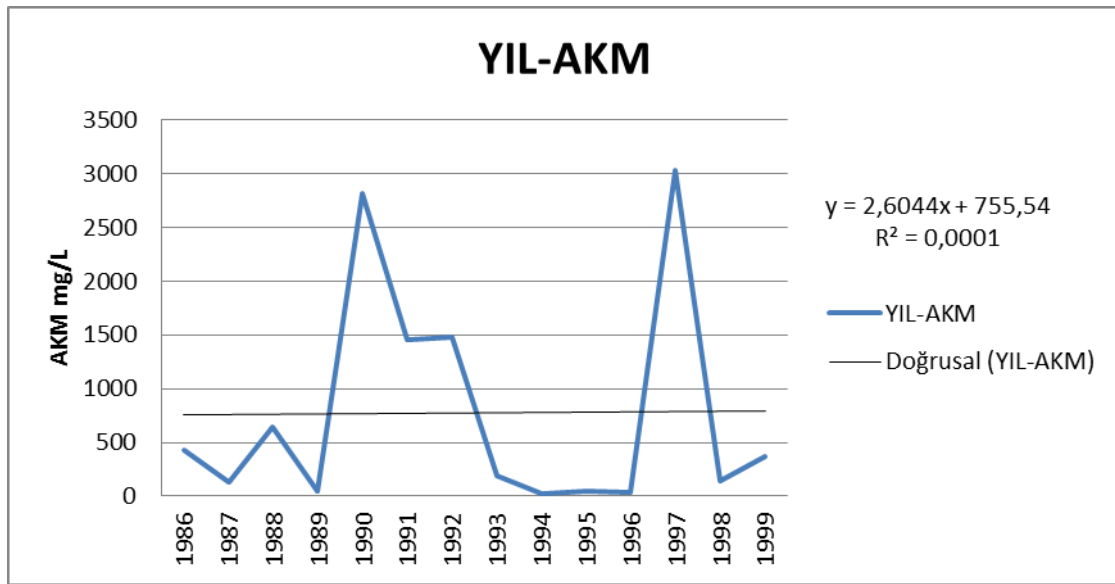
Şekil 4.49. 1986-1999 Sarp Deresine Ait Yıllara Göre pH Değişimi



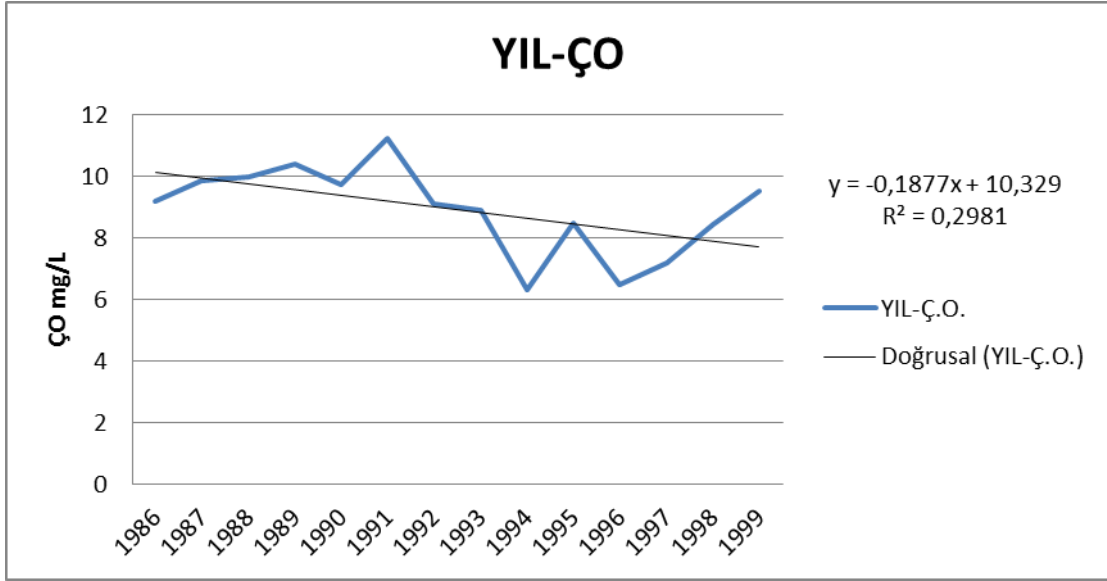
Şekil 4.50. 1986-1999 Sarp Deresine Ait Yıllara Göre KOI Değişimi



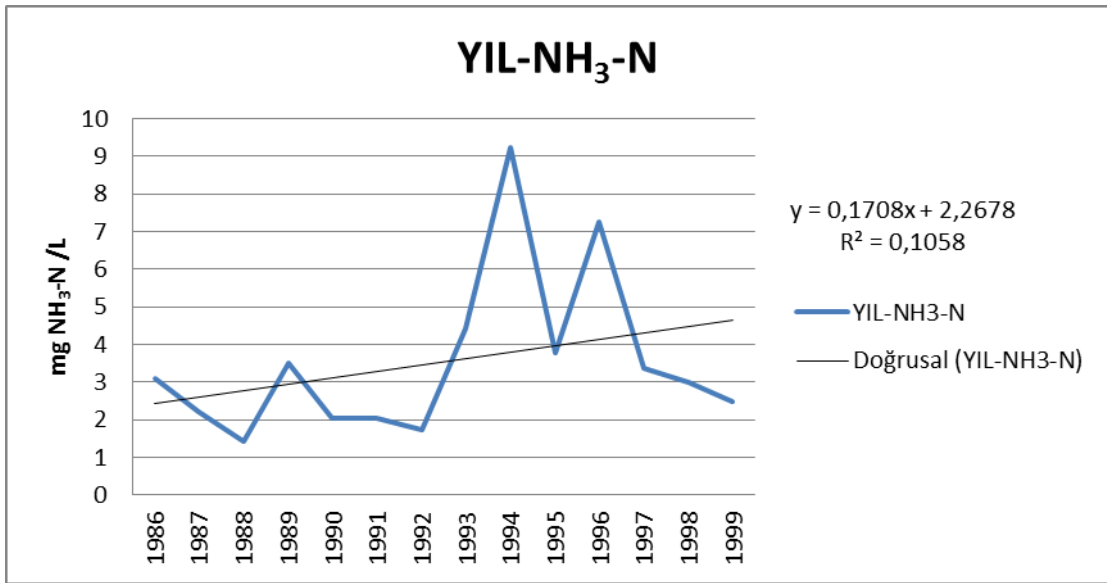
Şekil 4.51. 1986-1999 Sarp Deresine Ait Yıllara Göre BOI Değişimi



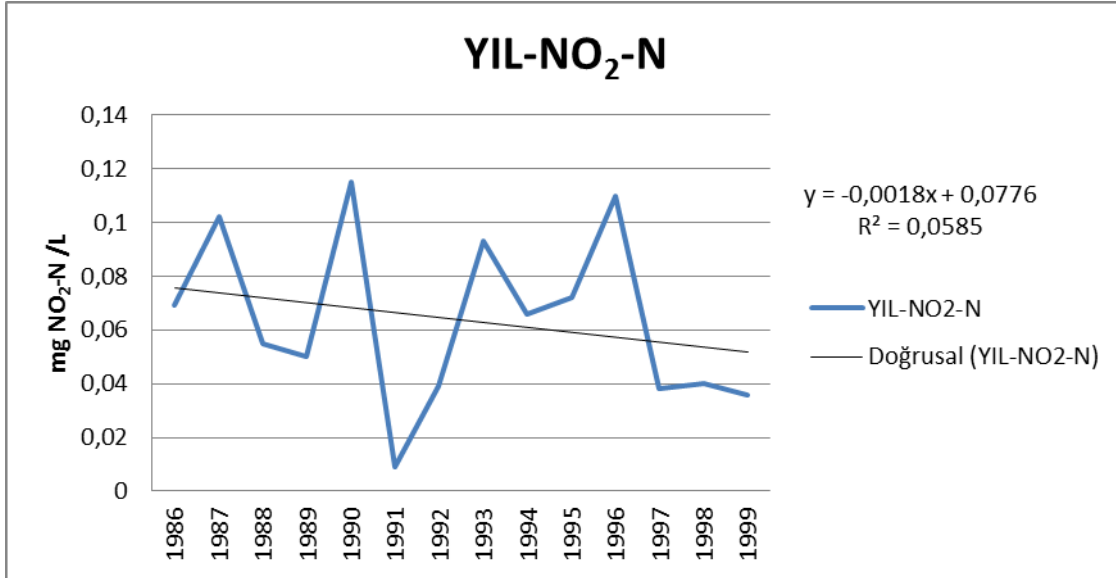
Şekil 4.52. 1986-1999 Sarp Deresine Ait Yıllara Göre AKM Değişimi



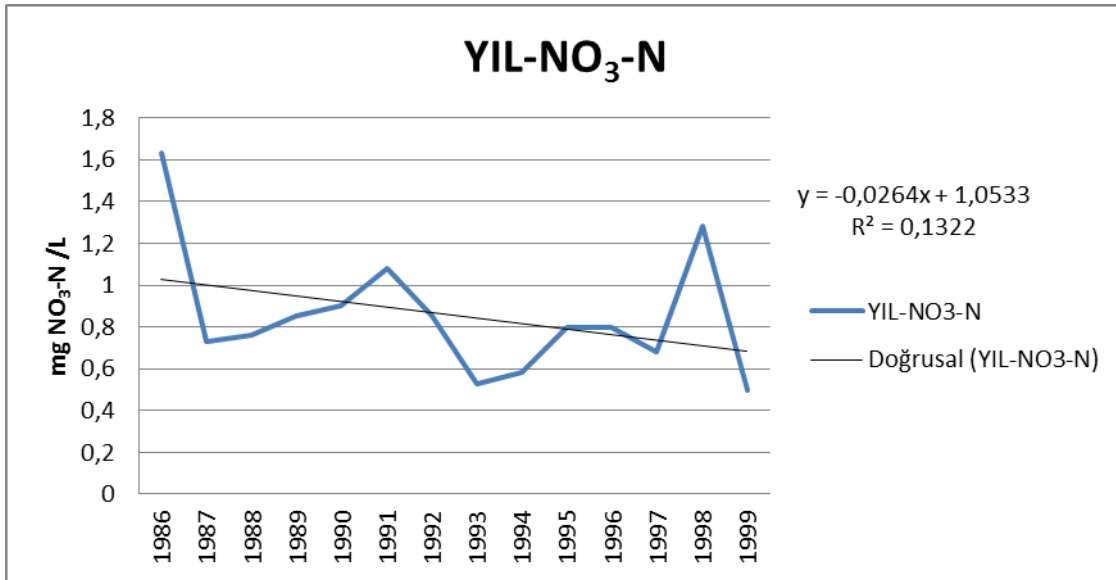
Şekil 4.53.1986-1999 Sarp Deresine Ait Yıllara Göre ÇO Değişimi



Şekil 4.54. 1986-1999 Sarp Deresine Ait Yıllara Göre NH₃-N Değişimi



Şekil 4.55.1986-1999 Sarp Deresine Ait Yıllara Göre NO₂-N Değişimi



Şekil 4.56.1986-1999 Sarp Deresine Ait Yıllara Göre NO₃-N Değişimi

1986-1999 yılları arasında Sarp Deresinde yapılan su kalite değerlendirmeleri neticesinde pH değerinin ortalama 8,16 olduğu saptanmıştır. Bu değer Su Kirliliği Kontrol Yönetmeli (S.K.K.Y)'ne göre uygun aralıktadır. Bu değer S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.Sınıf(Yüksek kaliteli su) olduğunu göstermektedir.

KOI değerinin ortalama 56,78 mg/L olduğu saptanmıştır. Bu değer S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin III.Sınıf Kalite su olduğunu göstermektedir. Derede evsel ve endüstriyel kirlenmenin olduğundan bahsedebiliriz.

BOI değerinin ortalama 8,97 mg/L olduğu saptanmıştır. Bu değer S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin II.Sınıf(Yüksek kaliteli su) olduğunu göstermektedir.

AKM değerinin ortalama 775 mg/L olduğu saptanmıştır. Askıda Katı Madde miktarının İçmesuyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik kapsamında 25 mg/l SS standardını aştığı görülmektedir.

.O. değerinin ortalama 8,92 mg O₂/L olduğu saptanmıştır. S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.Sınıf ile II.sınıf su arasında olduğunu göstermektedir.

NH₃-N değerinin ortalama 3,55 mg NH₄⁺-N/L olduğu saptanmıştır. S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin IV. kalite su arasında olduğunu gösterir.

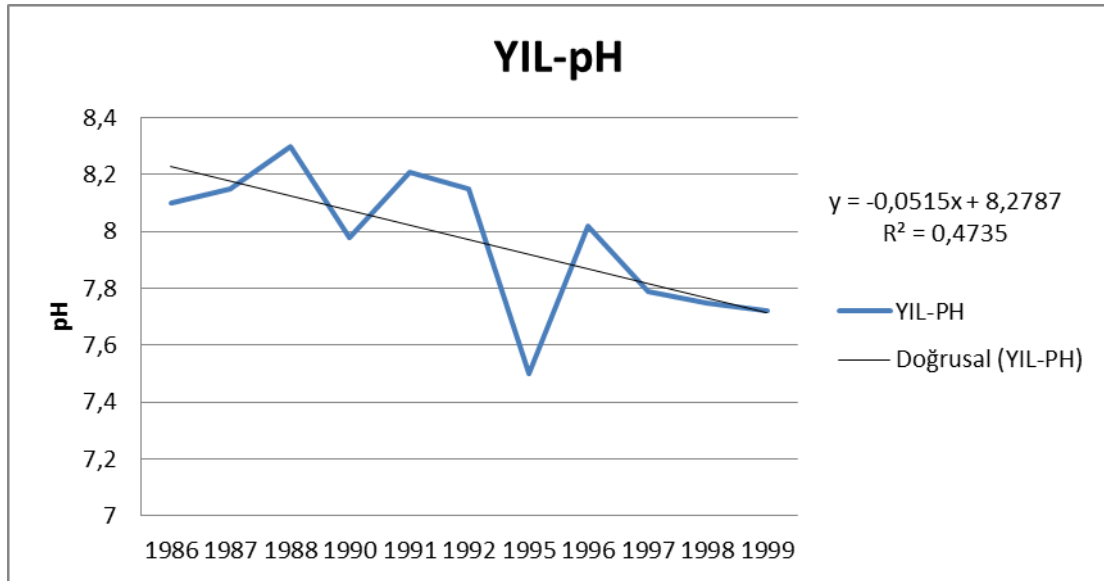
NO₂-N değerinin ortalama 0,06 mg NO₂⁻-N/L olduğu saptanmıştır. S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin III .sınıf kalite su ile VI. Sınıf su arasında olduğunu gösterir. Azot bileşiklerinden nitrit sucul canlılar için toksit olduğu için gölü besleyen derede bulunması sakıncalıdır.

NO₃-N değerinin ortalama 0,86 mg NO₃⁻-N/L olduğu saptanmıştır. S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.sınıf kalite su olduğunu gösterir.

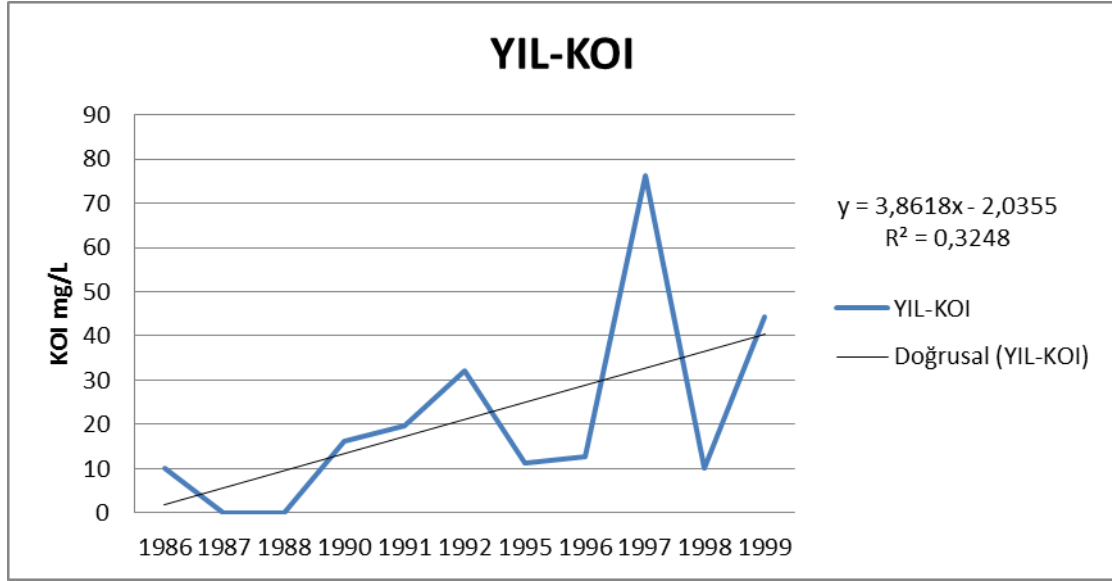
4.23. Maden Deresine Ait Yıllık Su Kalite Değişimleri



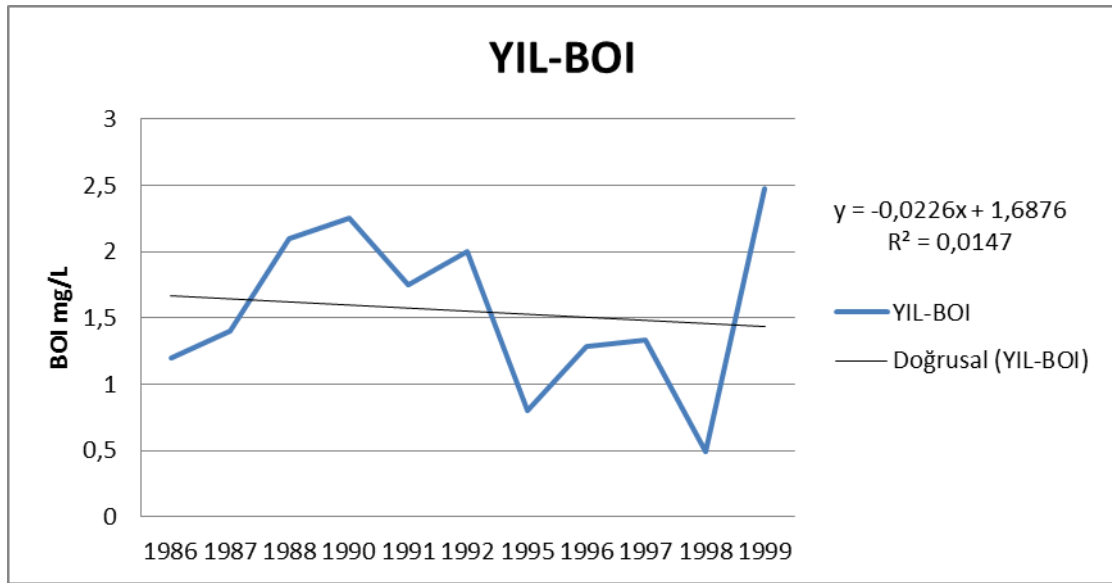
Foto7. Maden Deresi'nden bir Görünüm



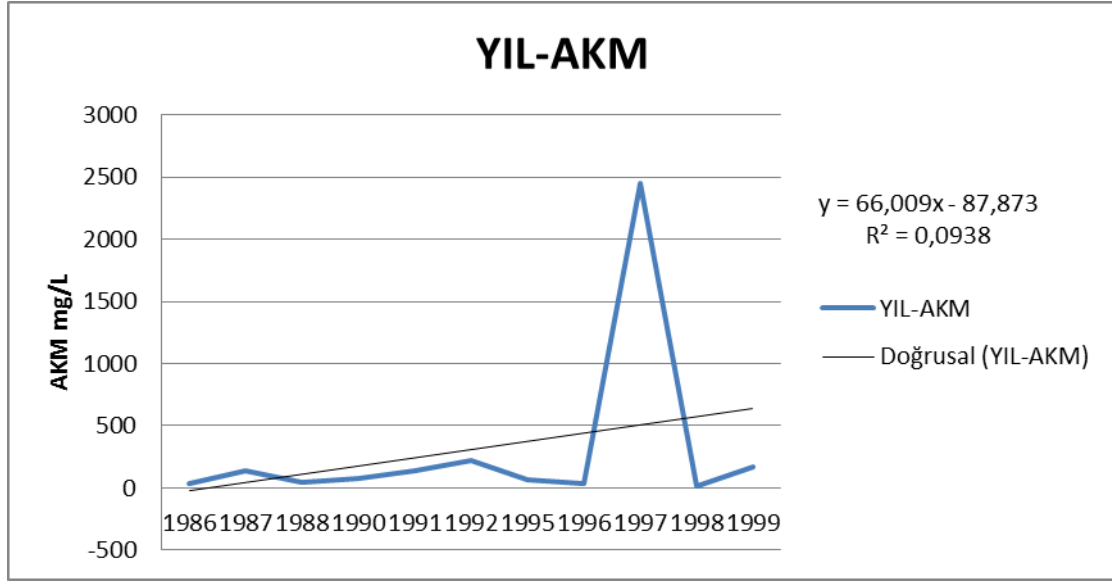
Şekil 4.57. 1986-1999 Maden Deresine Ait Yıllara Göre pH Değişimi



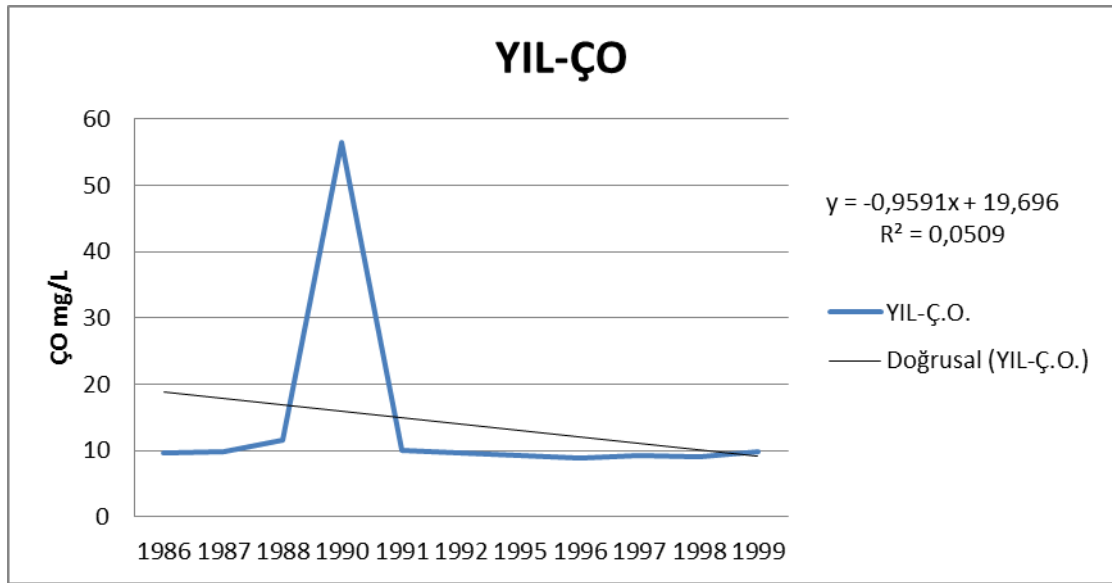
Şekil 4.58. 1986-1999 Maden Deresine Ait Yıllara Göre KOI Değişimi



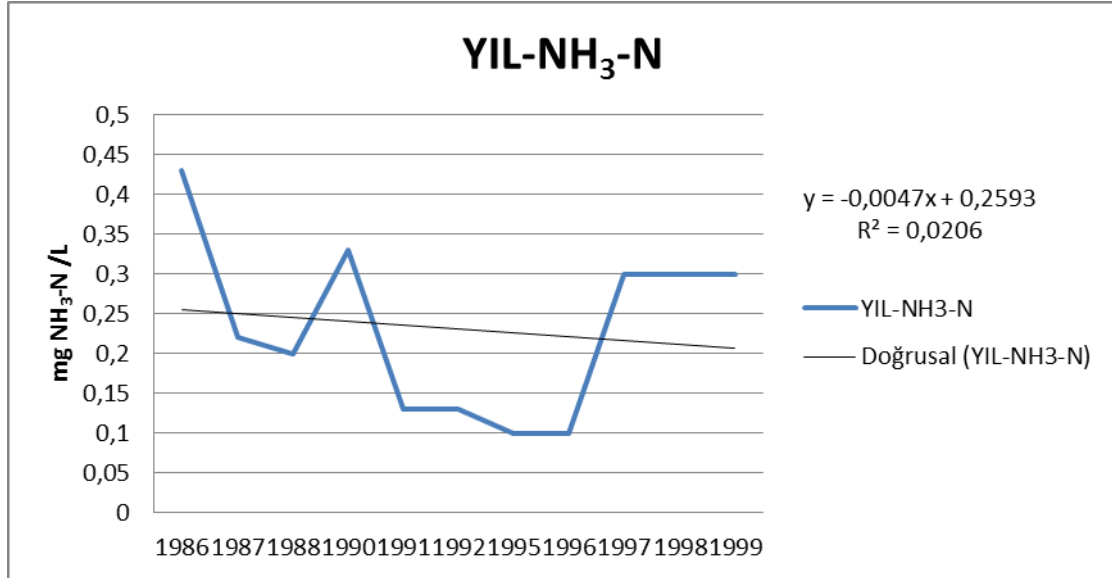
Şekil 4.59. 1986-1999 Maden Deresine Ait Yıllara Göre BOI Değişimi



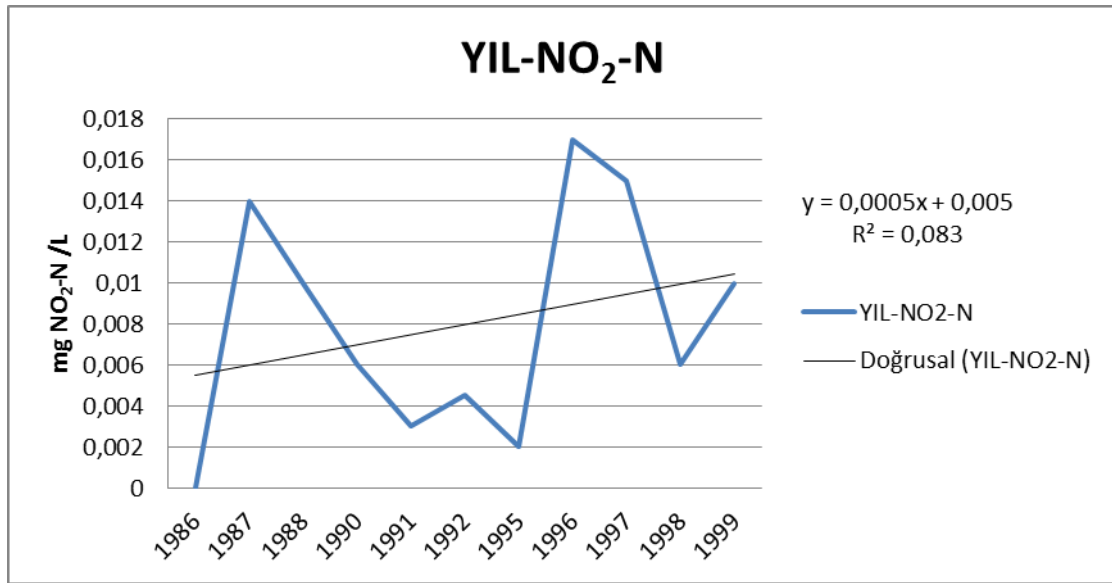
Şekil 4.60. 1986-1999 Maden Deresine Ait Yıllara Göre AKM Değişimi



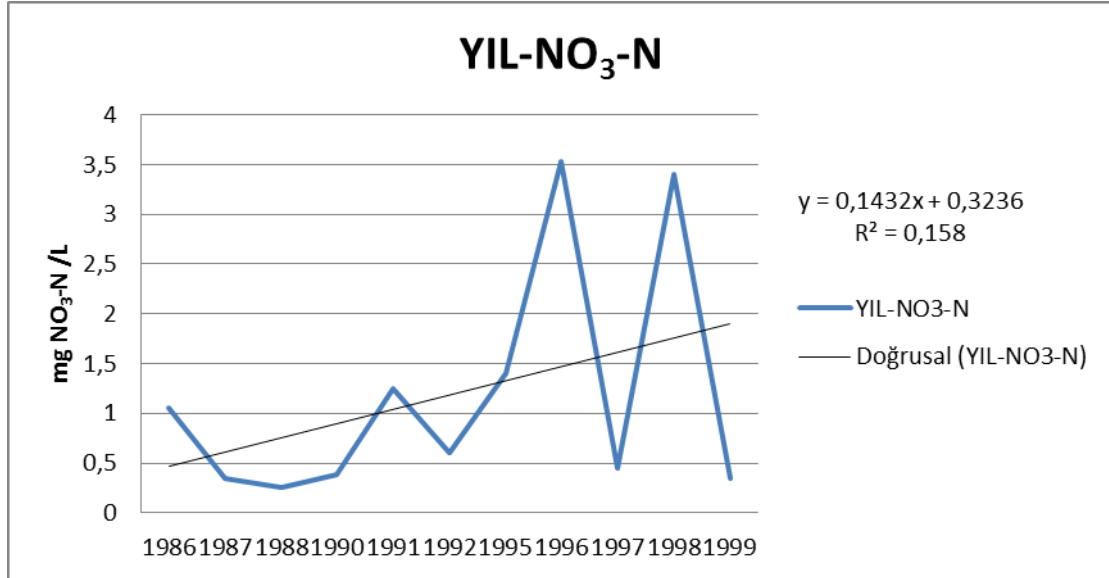
Şekil 4.61. 1986-1999 Maden Deresine Ait Yıllara Göre ÇO Değişimi



Şekil 4.62.1986-1999 Maden Deresine Ait Yıllara Göre NH₃-N Değişimi



Şekil 4.63.1986-1999 Maden Deresine Ait Yıllara Göre NO₂-N Değişimi



Şekil 4.64. 1986-1999 Maden Deresine Ait Yıllara Göre NO₃-N Değişimi

1986-1999 yılları arasında Sarp Deresinde yapılan su kalite değerlendirmeleri neticesinde pH değerinin ortalama 7,97 olduğu saptanmıştır. Bu değer Su Kirliliği Kontrol Yönetmeli (S.K.K.Y)'ne göre uygun aralıktadır. Bu değer S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.Sınıf (Yüksek kaliteli su) olduğunu göstermektedir.

KOI değerinin ortalama 21,13 mg/L olduğu saptanmıştır. Bu değer S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.Sınıf Kalite su olduğunu göstermektedir.

BOI değerinin ortalama 1,55 mg/L olduğu saptanmıştır. Bu değer S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.Sınıf(Yüksek kaliteli su) olduğunu göstermiştir.

AKM değerinin ortalama 308 mg/L olduğu saptanmıştır. Askıda Katı Madde miktarının İçmesuyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik kapsamında 25 mg/l SS standardı aştığını göstermiştir.

Ç.O. değerinin ortalama 13,94 mg O₂/L olduğu saptanmıştır. S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.Sınıf Su olduğunu göstermiştir.

NH₃-N değerinin ortalama 0,23 mg NH₄⁺-N/L olduğu saptanmıştır. S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I. Sınıf su olduğunu göstermiştir.

NO₂-N değerinin ortalama 0,007 mg NO₂⁻-N/L olduğu saptanmıştır. S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.sınıf kalite su ile II. Sınıf kalite su arasında olduğunu göstermiştir.

NO₃-N değerinin 1,18 mg NO₃⁻-N/L olduğu saptanmıştır. S.K.K.Y Tablo 1'e göre derenin I.sınıf kalite su olduğunu gösterir. Bu durum; Nitrat Azotu yönünden kirlenmenin olmadığını göstermiştir.

BÖLÜM 5. SAPANCA GÖLÜNDEN FAYDALANMA

5.1. İçme ve Kullanma Suyu Temini

1967 yılına kadar Adapazarı, Serdivan ve Erenler Belediyeleri içme ve kullanma sularını Çark deresinden temin ediyorlardı. Ancak Çark deresinin son zamanlarda kirlenmesinden dolayı adı geçen belediyeler içme sularını Sapanca Gölünden temin etmektedirler. Bununla birlikte Sapanca Gölü gelecekte civar yerleşim ve endüstriyel bölgelerinin de su ihtiyacını karşılayacak bir potansiyel kaynak özelliğine sahiptir.

5.2. Ticari ve Endüstriyel Su Temini

Sapanca Gölü başta endüstriyel faaliyetler olmak üzere bir çok küçük işletmelerin de su ihtiyacını karşılamaktadır. Aynı zamanda gölü besleyen kaynak suları da ticari olarak özel şirketler tarafından değerlendirilmektedir.

5.3. Endüstriyel Su Kullanımı

Sapanca Gölünden su alan en önemli endüstriyel kuruluşlar olarak İzmit SEKA Tesisleri ile birleşen TÜPRAŞ Yarımca Tesisleri gösterilebilir. Bu tesislerin dışında direkt olarak İstanbul Seğman ve Ticaret A.Ş., Onduline Yapı Malzemeleri A.Ş., Motit Duvar Kağıtları Üretimi ve Pazarlama A.Ş. su ihtiyacını gölden karşılamaktadır. Sapanca Gölünün çıkışı olan Çark deresinde de muhtelif boya sanayileri, süt fabrikaları, Goodyear lastik fabrikası, Yem fabrikaları, Tüvasaş Vagon fabrikası, Adapazarı Belediye Mezbahanesi ve Deri fabrikaları su almaktadır. Ancak Çark deresinin kirlenmesinden dolayı bu kuruluşlar direkt olarak su almamaktadırlar.

Tablo 5.1. Sapanca Gölü'nden Su Çeken Resmi Tahsisli Kuruluşlar (DSİ,2002)

SASKİ	67,32 Milyon m ³
ISU	30 Milyon m ³
TÜPRAŞ	29,16 Milyon m ³

5.4. Ticari Su Kullanımı

Sapanca Göl havzasında olup gölün önemli bir su girdisi olan kaynak suları özel sektör tarafından kiralanarak işletilmektedirler. Kaynak sularını işletmekte olan önemli kuruluşlar olarak Mahmudiye Kaynak Suları, Kristal Suları İşletmeleri gösterilebilir. Bununla birlikte gölü besleyen derelerde tatlı su balığı yetiştirme faaliyetleri yapılmaktadır.

Tablo 5.2. Sapanca Gölü Havzası'nda Bulunan İçme Suyu Tesisleri (Macit, 2010)

No:	Firma Adı	Resmi Debi (lt/sn)	Mevkii
1	Ataman İnşaat	2.00	Yazılıgürgen
2	Kaynak Suları A.Ş.	6.00	Kiraztepe-Narlıtepe
3	Canpınar Su A.Ş.	2.00	Soğucak Yaylası
4	Efem Su A.Ş.	5.60	Soğucak Yaylası
5	Kalinda Su	0.62	Soğucak Yaylası
6	Nestle Waters A.Ş.	3.00	İncebel
7	Mahmudiye Su A.Ş.	10.00	Soğucak Yaylası
8	Baytaş A.Ş.	1.50	Soğucak Yaylası
9	Asyakon A.Ş.	0.75	Soğucak Yaylası
10	Kistal Su	2.00	Soğucak Yaylası
11	Koçbey A.Ş.	2.50	Doğansivritepe
	Toplam	35.98	

Bunların dışında;

12-Amaksu,13- Larasu,14- Lido ve 15-Oskar su fabrikaları da vardır.

5.5. Sulama Suyu Kullanımı

Sapanca Gölünün çevresinde bulunan yerleşim bölgelerinde halk genellikle tarım ile uğraşmakta olup göl civarındaki arazilerini gölden pompajla sulamaktadırlar.

Böylelikle Sapanca Gölü, bölgenin sosyo-ekonomik yapısını olumlu yönde etkilemekte olup ülke ekonomisine fayda sağlamaktadır.

5.6. Turistik ve Rekratif İstifade

Sapanca Gölü özellikle yaz aylarında Adapazarı ve civar halkı için büyük bir mesire yeridir. Nemli iklimi dolayısı ile yazın oldukça bunaltıcı bir sığağa maruz kalan Adapazarı ve çevresi, en yakın eğlenme ve yüzme yeri olarak Sapanca Gölü sahilini seçmektedir.

Bilhassa yaz aylarında Sapanca Gölünde kayak gezintileri, yüzme ve diğer su sporları yapılmakta, balık avlanmaktadır. Sahilde bu maksatlar için bazı tesisler kurulmuştur. Göl kenarlarının sığ oluşu göle her taraftan girişi kolaylaştırmakta, 16 km uzunluğu ve 6 km genişliği, yelken ve sandal gezintileri ile benzeri her türlü su sporuna elverişli bulunmaktadır. Etrafındaki irili ufaklı dağlar, iklim, tabii güzellik bakımından gölü ve civarını rekreasyon maksatları için daha elverişli bir hale sokmaktadır.

Gölde turistik faaliyetin icra edilebilmesi, onun kirlenmeden muhafaza edilmesine bağlıdır. Zamanımızda göl kenarına çok yakın olarak kurulmuş yerleşim birimlerinin, kullanılmış sularını göle deşarj etmeleri gölü tehdit itmektedir. Gölün kirlenmeye oranla büyük hacimde oluşu, bölgenin bol yağmur alışı, kirlenmenin boyutlarını göstermemektedir.

5.7. Ulaşım

Sapanca Gölünde halihazırda önemli bir ulaşım yapılmamaktadır. Fakat ulaşım imkanları çok eskiden beri araştırılmaktadır. Sakarya Nehrinin bir kanalla Sapanca Gölü üzerinden İzmit Körfezine bağlanması, XVI. Yüzyılın başlarından beri düşünülen bir projedir. Osmanlı padişahlarından Sultan Süleyman devrinde, Mimar Koca Sinan bu projenin gerçekleştirilmesi için teşebbüs etmiş, fakat bu proje savaşlar yüzünden geri kalmıştır. Tersanenin kereste ihtiyacının aşağı Sakarya ve Sapanca havzasındaki büyük ormanlardan elde edilmesini, hatta gemilerin mahallinde

yapılmasını ve İstanbul'un tahıl, odun ve kereste ihtiyacının kolayca teminini sağlayacak böyle bir kanalın açılmasına XVI., XVII., XVIII., asırlarda dört defa yeniden teşebbüs edilmiş, ölçümler, hazırlıklar, yapılmış fakat çeşitli sebeplerle netice alınamamıştır.

Zamanımızda da bu tip çalışmalar yapılmıştır. 1976 yılında Ulaştırma Bakanlığı, İstanbul Teknik Üniversitesi Su Yapıları Kürsüsüne bir proje hazırlatmış, fakat uygulamaya geçilememiştir. Şayet bu kanal bağlantısı gerçekleştirilirse, Yeni Mahalle (Karasu) İzmit Körfezi yolu 90 km'ye inecektir. Halen İzmit Körfezi, İstanbul Boğazı, Karasu denizyolu uzunluğu 255 km olduğuna göre, bu yeni yolla nakliye mesafesi 165 km kısalmaktadır (SAÜ Sapanca Gölü Ara Rapor, 1998).

BÖLÜM 6. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE KÜRESEL ISINMA

Atmosferin sera etkisinin varlığı kadar dengesi de oldukça önemlidir. Bu sistemin dengesini, atmosferde bulunan ve sera gazı olarak adlandırılan gazların konsantrasyonları oluşturmaktadır. (Balkız, 2001) 'ın verdiği örneğe göre, sera gazı konsantrasyonları düşük olan Mars gezegeninde ortalama küresel sıcaklık değeri - 180 °C, tam tersi durumda özellikle karbondioksit oranı yüksek olan Venüs gezegeninde ise ortalama küresel sıcaklık değeri 4 600 °C'yi bulmaktadır. Sanayi devriminin başlaması ile birlikte fosil yakıt kullanım temeline dayanan sanayileşme süreci ve arazi kullanımındaki değişiklikler gibi insan etkileri sonucunda, atmosferde bulunan başta karbondioksit olmak üzere sera gazı konsantrasyonları artmaktadır. Artan sera gazı konsantrasyonları nedeniyle uzaya yansımaları gerekli olan ışınların önemli bir kısmı Dünya'da tutulmaktadır. Böylece oldukça hassas bir dengeye sahip olan iklim, değişmekte ve küresel iklim değişikliği sorunu oluşmaktadır.

Küresel düzeyde Dünya ortalama sıcaklığının artışı ile oluşan küresel ısınma, küresel iklim değişikliği sorununun sonuçlarından sadece bir tanesini oluşturmakta ancak, deniz seviyelerinin yükselmesi, kar ve buzulların erimesi, hastalıkların yayılması, kuraklık, temiz su kıtlığı, bitki ve hayvanların yaşam alanlarının tahrip olması hatta yok olması gibi daha birçok sorunun da kaynağını oluşturmaktadır. Ayrıca küresel iklim sisteminde hızlı ve şiddetli değişimlerin sosyo-ekonomik etkilerinin olması da kaçınılmazdır; su sorunu, tarım ve orman ürünlerinde azalış, su kaynaklarının azalması sonucu enerji darboğazının yaşanması, turizm ve rekreasyon imkanlarının sınırlanması sonucu pek çok sektörün olumsuz etkilenmesi, sahil kenarlarındaki yerleşim alanlarının risk altında olması, göçlerin artarak sosyal ve ekonomik zorluklara sebep olması, insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle sağlık maliyetlerinin artması, az gelişmiş ülkelerin sorunlarla başa çıkacak kaynaklara sahip olmaması nedeniyle krizlerin yaşanması iklim değişikliğinin sosyo-ekonomik ve politik önemini ortaya koymaktadır (Küçükkilavuz, 2009).

Karmaşık bir iklim yapısına sahip olan Türkiye, iklim değişikliğinin olumsuz etkileri açısından “risk grubundaki ülkeler” arasında yer almaktadır (ATO, 2005). Coğrafi özelliklerinden dolayı Türkiye'nin farklı bölgeleri iklim değişikliğinden farklı biçimde ve değişik boyutlarda etkilenecektir. Türler, iklimdeki değişikliğe ve bozulan iklimsel rejimlere farklı düzeyde ve farklı biçimde tepki vereceğinden birçok ekosistemin yapısı, üretkenliği ve coğrafi dağılışı değişecektir.

Türkiye için geliştirilmiş iklim modellerine göre beklenen en önemli sorun su sorunudur. Üç yanı denizlerle çevrili ülkemizde çok sayıda alt iklim tipleri oluşmuş, böylece sebze, meyve ve tarım ürünlerinde biyolojik çeşitlilik gözlenmiştir. Su kaynaklarının azalması sonucu enerji sıkıntısı ortaya çıkmış, kıyı kesimlerden iç kısımlara nüfus hareketleri meydana gelmiş ve son yıllarda kuraklığa bağlı olarak ormanlarda ağaç kurumaları ve zararlı böcek salgınları ortaya çıkmıştır.

İstatistiksel ve klimatolojik açıdan değerlendirildiğinde Türkiye’de önemli iklimsel değişimler gözlenmektedir. Yıllık, kış ve ilkbahar ortalama sıcaklıkları özellikle Türkiye'nin güney bölgelerinde artma eğilimi göstermesine karşın, yaz ve özellikle sonbahar ortalama sıcaklıkları kuzeyde ve karasal iç bölgelerde azalmaktadır.

Türkiye’de 1941 - 2003 dönemine ait ortalama sıcaklık verileri istatistiksel ve klimatolojik açıdan incelendiğinde Türkiye'nin pek çok kentinde özellikle ilkbahar ve yaz mevsiminin gece en düşük sıcaklıklarının artış eğiliminde olduğu gözlenmiştir. Yağışlardaki önemli azalma eğilimleri ve kuraklık olayları ise kış mevsiminde daha belirgin olarak ortaya çıkmıştır. 1970 - 1990 dönemini kapsayan 20 yıllık veriler incelendiğinde kurak koşullardan en fazla Ege, Akdeniz, Marmara ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinin etkilendiği gözlenmiştir. Bu dönemde oluşan uzun süreli ortalamanın çok altındaki yağış koşullarına bağlı meteorolojik kuraklıklar sonucu, Türkiye’de başta enerji sektörü olmak üzere tarım ve su kaynakları olumsuz etkilenmiştir. Akdeniz, Ege ve Marmara Denizinde 1980’den sonraki deniz seviyesi değerlerindeki ortalama değişimler incelendiğinde ise yaklaşık 3-10 mm/yıl oranında deniz seviyesinde yükselme trendi gözlenmiştir (IPCC, 1992).

6.1. Küresel Isınmanın Dünyadaki Etkileri

6.1.1. Küresel Isınmanın Yeryüzü Su Kaynakları Üzerindeki Etkileri

Yeryüzünü saran ve okyanuslarda, denizlerde, akarsularda, yeraltında ve atmosferdeki su buharının tamamına hidrosfer (su küre) denir. Bilinen tüm sıvılar içerisinde su en yüksek yüzey gerilimine sahiptir. Bu özelliği yağmur damlalarının oluşmasında önem taşır. Buharlaştırma ısısı en yüksek olan sıvı yine sudur. Yüksek özgül ısıyla birlikte bu özellikler, suyun yeryüzünde iklim farklılıklarının oluşmasında belirleyici unsur olmuştur. Aşağıda Tablo 6.1’de yeryüzündeki su dağılımı gösterilmektedir.

Tablo 6.1. Yeryüzündeki Su Dağılımı (Küçükılavuz, 2009)

Suyun Bulunduğu Ortam	Hacim (km ³)	Oran (%)
Atmosferde bulunan su	13×10^3	
Denizlerde bulunan su	$1\ 350\ 400 \times 10^3$	97
Karalarda bulunan su;	$1,7 \times 10^3$	
Akarsularda	125×10^3	
Tatlı su gölleri	105×10^3	
Tuzlu iç denizlerde ve göllerde	150×10^3	
Toprak nemliliği	50×10^3	
Canlıların su içeriği	$7\ 000 \times 10^3$	
Yeraltı suyu	$26\ 000 \times 10^3$	
Kutuplarda ve buzullarda donmuş halde bulunan su		
Karalardaki suyun toplamı	$33\ 431,7 \times 10^3$	3
Yerküresindeki suyun toplamı	$1383831,7 \times 10^3$	100

Yukarıdaki tablodaki değerlere göre dünyada bulunan suyun tüm insanlığın ihtiyaçlarını karşılayacak kadar çok olduğu düşünülebilir. Ancak bu suların % 97’si denizlerdeki tuzlu sular olup insanların ihtiyaçlarını karşılayabilecek niteliklere sahip değildir. Karalardaki su toplam suyun % 3’ünü oluşturmaktadır. Fakat bunun yalnız % 10’u kadar kullanılabilir tatlı su sınıfına girmektedir. Bu da yeryüzündeki toplam su potansiyelinin % 0.3’ü kadar yani $5\ 500\ \text{km}^3$ ’tür. Bu değer tüm akarsuların yıllık

37 000 km³'lük debisi ile kıyaslandığında % 15 gibi önemli bir değer çıkmaktadır. Bu sonuç gelecekte artacak olan su ihtiyacının karşılanmasında giderek daha büyük sorunlar yaratacağını ortaya koymaktadır. Yeryüzündeki tatlı suyun hepsini de kullanmak elbette imkânsız olmaktadır. Tatlı suları kendi içerisinde de şöyle sınıflandırmak mümkündür:

Tatlı Sular

% 79' u buzullar	(tüm suların % 2,39)
% 20' si yeraltı suları	(tüm suların % 0,6)
% 1' i de ulaşılabilir sular	(tüm suların % 0,03)

Ulaşılabilir Sular

% 52'si göller	(tüm suların % 0.015)
% 38'i yeryüzündeki nem	(tüm suların % 0.010)
% 8'i atmosferdeki su buharı	(tüm suların % 0.002)
% 1'i canlıların organizmalarındaki sular	(tüm suların % 0.0003)
% 1'i nehirler ve kaynaklar	(tüm suların % 0.0003)

Kullanılabilecek kaynaklar da, bu miktarın bir bölümünü oluşturur. Kullanılabilecek su kaynaklarının, yeryüzünde dağılımı gözleendiğinde, dengesiz bir tablo ile karşı karşıya kalınmaktadır. Su kaynaklarının yeryüzünde dağılımı (BM verilerine göre) şöyledir:

<u>Kıtalar</u>	<u>Nüfus (%)</u>	<u>Su Kaynağı(%)</u>
Kuzey Amerika	8	15
Güney Amerika	6	26
Avrupa	13	8
Afrika	13	11
Asya	60	36
Avustralya ve Adalar	1	5

Su kaynakları yönünden zengin görülen bölümlerde de kirlenme hızla artmakta ve kullanılabilecek su potansiyeli azalmaktadır.

6.2. Küresel Isınmanın Ekolojik Faktörler Üzerinde Meydana Getirdiği Etkiler

Küresel ısınmayla meydana gelen iklim değişikliklerinin su kaynaklarına etkilerini aşağıdaki alt başlıklarla açıklamak mümkündür.

6.2.1. İklim Değişikliği ve Yağışlar

Yağışlar, mekân ve zaman içinde, su dengesindeki değişkenliğin belli başlı kaynağıdır. Meydana gelen değişimler, hidroloji ve su kaynakları için çok önemli sonuçlar doğurabilir.

Belli bir su havzasında zaman içinde meydana gelen hidrolojik değişkenlik, günlük, mevsimsel, yıllık ve on yıllık zaman zarfları içinde yağışlarda baş gösteren değişkenlik tarafından etkilenmektedir. Sel sıklığı, yıllar arasında (yıldan yıla) yağışlarda gözlenen değişkenlikle kısa vadeli yağış miktarlarında meydana gelen değişimler (sağanak yağış gibi) tarafından etkilenmektedir. Düşük veya kuraklık düzeyinde olan yüzey akışlarının sıklığı, en çok yağışların mevsimsel dağılımında meydana gelen değişimler, yıldan yıla değişkenlik ve uzun kuraklık dönemleri tarafından etkilenmektedir.

Yakın zamana kadar çok az sayıda iklim modeli tarafından temsil edilen yıllık değişkenlikte mümkün değişimleri yansıtan tahminler yayınlanmıştır. Bunlar hem mevcut kısa dönem ölçümleri, hem de iklim modellerinin kesin olarak iklim değişkenliğinin, gözlenen eğilimlerini üretmediği kanaatini ortaya koymaktadır.

Son zamanlarda meydana gelen bilimsel gelişmeler bazı küresel iklim modelleri, El Niño gibi etkenleri gittikçe artan üretme yeteneklerini içermektedir (Meehl ve Washington, 1996).

Yıllık değişkenlikte ortaya çıkan değişimlerin değerlendirilmesinin artık mümkün olabileceğine işaret edilmektedir. Küresel ısınmanın sonucu olarak gerçekleşen mevsimsel ve yıllık yağış toplamlarının nispi değişkenliğinde bir artış görülmektedir (Hulme ve Jenkins, 1998).

Sağanak yağış sıklığında meydana gelebilecek değişmelerin çoğunlukla kaba alansal çözünürlüğü yüzünden küresel iklim modellerinden çıkarılması oldukça zordur. Ancak, sağanak yağış sıklığının genel olarak küresel ısınma ile birlikte artacağına dair işaretler mevcuttur (Henessy ve diğerleri, 1997; Mc Guffie ve diğerleri, 1999). Bu beyanata duyulan güven, küresel iklim modellerine duyulan güvene bağlıdır. Daha genel bir şekilde anlatmak gerekirse, genel dolaşım modellerini yağış tahminlerindeki belirsizlik, büyük ölçüde onun hidrolojik sistemler ile su kaynaklarının üzerindeki etkisinin değerlendirilmesinde mevcut olan belirsizliği tayin eder.

Artan sıcaklıklar, yağışların daha küçük bir bölümü kar şeklinde olacağı anlamına gelebilir. Şu sıralarda kar yağışının marjinal olduğu bölgelerde kar artık yağmayabilir ve bunun hidrolojik rejimler için çok önemli sonuçları mutlaka olacaktır. Bu tahminler, yağış büyüklüğünde meydana gelebilecek mümkün değişmelerden daha az belirsizdir.

6.2.2. İklim Değişikliği ve Buharlaşma

Kara yüzeyinden gerçekleşen buharlaşma, açık su yüzeylerinden, topraktan, sıg zemin suyundan, bitki örtüsünde depolanan sulardan, bitkilerde meydana gelen terlemeden de meydana gelmektedir. Kara yüzeyinden buharlaşma oranı, her şeyden önce meteorolojik unsurlara bağlıdır. Bitki örtüsü ve toprak özellikleri ise olayda aracılık yaparak mevcut su miktarı tarafından kısıtlanmaktadır. İklim değişimi henüz net olarak anlaşılmayan ortak bir şekilde bütün bu faktörleri etkileme potansiyeline sahiptir. İyice sulanmış bir kara yüzeyinin, buharlaşmanın (potansiyel buharlaşma) üzerindeki belli başlı meteorolojik etki unsurları şunlardır.

- a) Mevcut enerji miktarı net radyasyon ile karakterize edilmektedir,
- b) Havanın nem içeriği (nem, su buharı içeriği ve hava sıcaklığının bir işlevidir) ve yüzeyin üzerinden hava hareket oranı rüzgâr hızının bir işlevidir. Artan sıcaklık, havanın su tutma kapasitesini arttırdığı için genellikle artan potansiyel buharlaşma ile sonuçlanmaktadır. Başka meteorolojik etkilerden meydana gelen değişmeler, sıcaklıktaki artışı abartabilir veya dengeleyebilir. Artmış su buhar içeriği ve daha

düşük net radyasyonun daha düşük buharlaşma talepleriyle sonuçlanması mümkündür. Ancak, farklı meteorolojik modellerin nispi önemi, coğrafik olarak değişmektedir.

Örneğin, kuraklık bölgelerinde potansiyel buharlaşma enerji tarafından güdümlenmekte, atmosferik nem içeriği tarafından kısıtlanmaktadır ve bu yüzden de nem oranında meydana gelen değişimler nispeten önemsizdir. Nemli bölgelerde, atmosferin nem içeriği buharlaşmanın önemli bir kısıtlayıcısıdır. Bu yüzden nem oranında meydana gelen değişimler buharlaşma oranını önemli derecede etkilemektedir.

Buharlaşma süreci etkisinin, temel olarak alınan iklime değişik etkilerin nispi önemine ve değişimin miktarına bağlı olduğu gösterilmiştir. Potansiyel buharlaşmadaki artışların, büyük ölçüde daha yüksek sıcaklığın sonucu olan buhar basıncı açığı sonucunda meydana gelen artışlara bağlı olduğu öğrenilmiştir.

Bitki örtüsü, çeşitleri ve özellikleri buharlaşma olayında çok önemli rol oynamaktadır. Yağışın azalması büyük ölçüde bitki örtüsünün türüne de bağlıdır. Farklı bitki örtüsü türleri, farklı terleme oranlarına sahiptir. Bununla beraber, farklı bitki örtüsü çeşitleri, bitki üzerindeki havada farklı türbülanslar ortaya çıkarır ve türbülans arttıkça buharlaşma da artar. Su havzasındaki bitki örtüsünde meydana gelen bir değişiklik - dolaysız veya iklim değişiminin sonucunda dolaylı olarak - bu yüzden su havzasındaki su dengesini etkileyebilmektedir.

Bitkilerin, gözenek (stoma) yoluyla gerçekleşen terlemesi, atmosferdeki nem ve türbülans enerji tarafından güdümlenmesine karşın bitkiler de terleme olayını bir yere kadar görülmektedir. Özellikle suyun kısıtlayıcı bir rol oynadığı durumlarda, pek çok bitkide gözenek iletkenliği, yaprağa yakın olan buhar basınç açığı düştükçe artmaktadır. Sıcaklık yükselirse veya kökler için daha az su mevcutsa sonuç olarak terleme azalır. Gözenek iletkenliğindeki kısa vadeli değişimler üzerine, atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonlarının etkisi de eklenmektedir. Azalan karbondioksit konsantrasyonları ve karbon bitkilerde gözenek iletkenliğini azaltır. Bitkilerin su kullanımı verimliliği bu yüzden önemli derecede artabilir (Morison ve Hein, 1987).

Bunun sonucu olarak, terlemede bir azalma da mevcuttur. Ancak, daha yüksek karbondioksit konsantrasyonları, bitkide meydana gelen daha yüksek bir büyüme hızına bağlıdır. Bitkiler daha yüksek karbondioksit konsantrasyonlarına kendisini ayarlayabilmektedir.

6.2.3. İklim Değişikliği ve Toprak Nemi

Toprakta depolanan nem, tarım için hayati önem taşıyıp, asıl buharlaşma oranının yeraltı suyu beslenmesi yüzeysel akış suyu üretilmesi üzerinde de etkisi vardır. İklim değişmesinin toprak nemi üzerinde gözlenen yerel etkileri sadece iklim değişimi oranıyla değil, aynı zamanda toprak özellikleriyle de değişir.

Toprağın su tutma kapasitesi, toprak nem açıklığında mümkün değişimleri de etkileyecektir. Kapasite düşük olunca iklim değişmesine karşı hassasiyeti yüksek olur. İklim değişmesi de toprak karakteristiğini, belki su çekmişliği veya çatlama özellikleri vasıtasıyla etkileyebilir; bu olgular ise toprağın nem depolama özelliklerini teşhir edebilmektedir.

Pek çok toprak türünün sızma kapasitesi ve su tutma kapasitesi, don olayının sıklığı ve yoğunluğu tarafından etkilenmektedir. (Kömüşçü ve diğerleri, 1998) iklim değişmesinin Güneydoğu Anadolu'daki toprak nem mevcudiyeti için doğabilecek olasılıklı sonuçları irdeleyip, yaz aylarında önemli düşüşler de tespit etmiş bulunmaktadırlar.

6.2.4. İklim Değişikliği ve Yüzeysel Akış

İklim değişmesinin etkileri hakkında yapılmış hidrolojik çalışmaların büyük çoğunluğu, yüzeysel akış üzerindeki potansiyel değişmelerde odaklanmıştır. “Nehir akışı” ile “yüzeysel akış” arasındaki fark, bazen oldukça bulanık olabilir. Genel olarak “nehir akışı” terimi, bir nehir yatağında akan su için (genellikle belli bir noktanın yanından kaydettiği akış oranı, yani m^3 ile ifade edilir. Yüzeysel akış ise buharlaşmayan yağış miktarıdır ve bu genellikle su havzası boyunca bulunan su derinliği olarak ifade edilmektedir. Bu iki tarif arasında kurulabilen basit bir bağ şu

şekilde ifade edilebilir. Yüzeysel akış, nehir akışı ile su havzası alanına bölümü olarak tanımlanabilir. Ancak, kuraklık bölgelerinde bu geçerli olmayabilir, çünkü su havzasının bir kısmında ortaya çıkan yüzeysel akış, bir nehir yatağına ulaşır, dere akışı olmadan önce toprak altına sızabilir. Kısa süreler boyunca bir su toplama havzası çıkışından akan suya genellikle “nehir akışı” denir.

İklim değişikliği tesiri ile pek çok aşırı hidrolojik olay, seller ve kuraklıklar dâhil, meydana gelmiş ve bu yüzden hidrolojik verilerde ortaya çıkan riskli eğilimler üzerinde de çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir. Yılda yıla ortaya çıkan akış değişimlerinin sıcaklıktaki değişimlerden ziyade, yağışlardaki değişimlere bağlı olduğu anlaşılmıştır (Krasovskaia, 1995; Risbey ve Entekhabi, 1996).

Pek çok su toplama havzasında toprak kullanımı ve başka alanlarda meydana gelen değişimler devam etmektedir ve bunların etkileri, iklim eğilimlerinden daha güçlü olabilmektedir. Bazı su havzalarında, insan tarafından yapılan veya insanın etkisiyle meydana gelen değişimler iklim değişkenliğinin etkilerini gizlemektedir. Bir eğilim tanımlansa bile, söz konusu havzada süren başka değişiklikler yüzünden onu küresel ısınmaya yüklemek zor olabilir. Genel olarak, veri (özellikle pek çok gelişmekte olan ülkelerde) ve tutarlı bir veri işleme yöntemi eksikliği son yıllarda hidrolojik davranışlarda ortaya çıkan eğilim modellerinin anlaşılmasına sebep olur.

6.2.5. İklim Değişikliği ve Kuraklık

"Yağışların, kaydedilen normal seviyelerinin önemli ölçüde altına düşmesi sonucu, arazi ve su kaynaklarının olumsuz etkilenmesine ve hidrolojik dengenin bozulmasına sebep olan doğal olay (BMÇMS,1997(Birleşmiş Milletler Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi. Haziran 1992 tarihinde Rio de Jenerio' da düzenlenen BM Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda alınan kararlar çerçevesinde kurulan Hükümetler arası Müzakere Komitesince “Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi” hazırlanmış ve 17 Haziran 1994 tarihinde kabul edilmiştir. Türkiye 1998 yılında resmen taraf olmuştur.) olarak tanımlanan kuraklık, insanlık tarihi kadar eski bir kavramdır. Özellikle geçtiğimiz 20. yüzyılda varlığını önemli derecelerde hissettiren küresel ısınma ve iklim değişikliği olgusu ile daha da karmaşık bir hal almıştır.

Atmosferdeki ısınma eğilimi, karşımıza daha fazla buharlaşma ve daha sonrasında da kuraklık dâhil düzensiz yağışları çıkarmaktadır. Kuraklık, başta tarım olmak üzere bütün sektörleri ve yaşayanları etkilemektedir. Çünkü bitkiler için yıl içinde toplam yağın toplam yağıştan çok, büyüme ve gelişme dönemlerinde bitki kök bölgesinde var olması gereken su çok daha önemlidir. Bu bakımdan bitkilerin ekim, çıkış ve gelişme döneminde ihtiyaç duydukları suyun toprakta bulunamaması, tarımsal kuraklık olarak algılanmakta ve adlandırılmaktadır. Bu kapsamda, önümüzdeki yıllarda Türkiye ve dünyanın pek çok ülkesi çok ciddi bir gıda krizi ile karşı karşıyadır. BM yetkili makamları tarafından yakın bir gelecekte gıda krizi baş gösterecek ülkeler arasında, Türkiye de gösterilmektedir.

Kuraklık elbette sadece tarımsal kuraklık değildir. İklim ve meteoroloji bilgileri kuraklığı; meteorolojik kuraklık, hidrolojik kuraklık, tarımsal kuraklık ve sosyo - ekonomik kuraklık olmak üzere sınıflandırmaktadırlar.

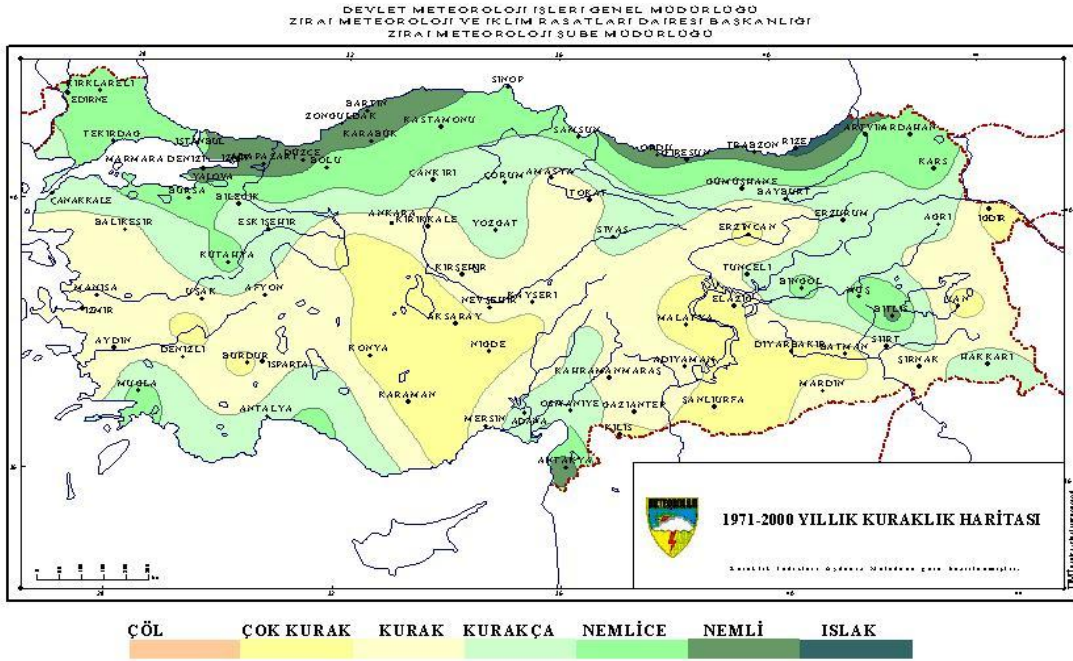
Meteorolojik kuraklık; yağış, nem ve sıcaklık gibi iklim verilerinin en yüksek, en düşük ve ortalama değerlerine göre yorumlar yapılarak belirlenir ve kuraklık süresi ve kuraklık derecesi temelinde tanımlanır. Belirli bir zaman periyoduna ait normallerden (genellikle en az 30 yıllık) meydana gelen sapma olarak değerlendirilir. Bu tanımlamalar genellikle bölgeseldir ve tahminen bölgesel klimatolojinin tam olarak anlaşılması temeline oturur. Normal olarak meteorolojik ölçümler kuraklığı ifade etmede başta gelen göstergelerdir. Devam eden bir meteorolojik kuraklık olayı hızlı bir şekilde kuvvetlenebilir veya aniden sona erebilir. Kuraklık periyotları genellikle, belirlenen eşik değerlerinin altında yağışlı olan günlerin sayısı olarak tanımlanmıştır.

Hidrolojik kuraklık; uzun süre devam eden yağış eksikliği neticesinde ortaya çıkan yeryüzü ve yeraltı sularındaki azalma ve eksiklikleri ifade eder. Nehir akım ölçümleri ve göl, rezervuar, yeraltı su seviyesi ölçümleri ile takip edilebilir. Yağmur eksikliği ile akarsu, dere ve rezervuarlardaki su eksikliği arasında bir zaman aralığı olduğundan dolayı hidrolojik ölçümler kuraklığın ilk göstergelerinden değildir. Meteorolojik kuraklık sona erdikten uzun süre sonra dahi hidrolojik kuraklık varlığını sürdürebilir.

Tarımsal kuraklık; bitkinin kök bölgesinde, büyüyüp gelişmesi için yeterli nem bulunmaması durumu olarak ifade edilir. Büyüme periyodu boyunca, belirli bir bitkinin suya ihtiyaç duyduğu belirli bir kritik dönemde yeterli toprak nemi olmadığı zaman tarımsal kuraklık meydana gelir. Tarımsal kuraklık meteorolojik kuraklıktan sonra ve hidrolojik kuraklıktan önce ortaya çıkan tipik bir durumdur. Tarımsal kuraklık, toprağın derinlikleri doymuş halde olsa bile ürün verimlerini ciddi oranda düşürebilir. Yüksek sıcaklıklar, düşük nispi nem ve kurutucu rüzgârlar yağış azlığının etkilerinin katlanmasına sebep olur.

Burada ifade edilen bu üç kuraklığın birlikte yaşanması sonucunda, bazı ekonomik malların arz ve talebine etki söz konusu olur. Bu durumda, su yetersizliği insanları ve onların yaşamını çok yakından etkilediğinde de sosyo - ekonomik kuraklık ortaya çıkmaktadır.

Maalesef bir süredir Türkiye’de meteorolojik kuraklık, hidrolojik kuraklık ve tarımsal kuraklık birlikte yaşanmaktadır. Türkiye’de kuraklığa etki eden belli başlı faktörler arasında atmosferik koşullar, fiziki coğrafya faktörleri ve iklim koşulları yer almaktadır. Elbette ki her türlü kuraklık için önceden tedbirler almak söz konusudur. Her türlü kuraklık için alınacak tedbirlerin başında, daha kuraklık gelmeden önce, gerek kentlerde, gerekse kırsal kesimde; gerek tarımda gerekse diğer sektörlerde, gerek sulama suyu olarak ve gerekse kullanma suyu olarak su tasarrufu yapmak ve su israfından şiddetle kaçmak gelmektedir.



Şekil 6.1. 1971 - 2000 Yılları Arası Kuraklık Haritası, Kaynak: www.dmi.gov.tr (Erişim Tarihi: 01.03.2009).

6.2.6. İklim Değişikliği ve Sel Sıklığı

Sel sıklığında meydana gelen değişimler, sık sık iklim değişmesinden kaynaklanan potansiyel bir etki olarak gösterilmesine rağmen, 1990'lı yılların ilk döneminden sonra çok az çalışma (Nash ve Gleick, 1993; Jeton ve diğerleri, 1996) özel bir şekilde yüksek akışlarda gerçekleşebilecek değişimleri incelemiştir. Bu eksiklik, sel olaylarını tetikleyen sağanak/uzun yağışlarda (veya kar erimesinde) ortaya çıkan değişimler için geçerli senaryoların tanımlanmasında yaşanan zorlukları yansıtmaktadır. Günümüzde küresel iklim modelleri, doğru ve titiz bir şekilde kısa süren, yüksek yoğunlukta yerel sağanak yağışlarının simülasyonunu yapamamaktadır.

Ancak, birkaç çalışma, çoğunlukla aylık yağışlarda gerçekleşen değişimlerin, “sele sebep olan” yağışlar için de geçerli olabileceğini varsayarak, sel sıklığında meydana gelebilecek mümkün değişimleri değerlendirme teşebbüsünde bulunmuştur. Bununla beraber bazı çalışmalar, yağış yoğunluğunda meydana gelen değişimlerin ilave etkilerini de değerlendirmişlerdir. Örneğin (Reynard ve diğerleri,1998) ilk olarak

bütün yağış miktarlarının aynı oranda değiştiğini ve sonra da yalnız sağanak yağışın arttığını varsayarak, Thames ve Severn nehir havzalarında farklı dönüş dönemi sellerin büyüklüğünde meydana gelen değişimleri değerlendirmişlerdir.

6.3. İklim Değişikliği ve Su Kalitesi

Nehirler, akiferler ve göllerdeki su, atmosferik girdiler, jeolojik şartlar ve iklime bağlı olarak pek çok erimiş maddeyi içermektedir. Bu malzemeler, suyun kimyasal özelliklerini belirlemektedir. Suyun biyolojik özellikleri ise, alıcı ortamda bulunan flora ve fauna tarafından tayin edilmektedir. Suyun sıcaklığı, tortu yükü ve rengi önemli fiziksel özelliklerini meydana getirmektedir. “Su kalitesi”, kimyasal, fiziksel ve biyolojik özelliklerin işlevidir. “Kalite” kelimesi, belli bir standartla bağıntılı olan bir niteliği içerdiği için değer yüklü bir terimdir. Suyun farklı kullanım amaçları, farklı standartları taşımaktadır. Kirlenme ise, genel bir şekilde suyun (yani onun kalitesinin) kimyasal, fiziki veya biyolojik karakteristiklerinde meydana gelen bir düşüş olarak tanımlanabilmektedir. Bu düşüş, suyun belli bir kullanımını veya söz konusu suyun içinde bulunan ekosistemleri etkileyecek niteliktedir. Suyu kirleten belli başlı maddelerin arasında;

- a) Alıcı ortamlardaki oksijeni azaltan organik maddeler,
- b) Göller ve denizin sahil bölgelerinde alglerin fazla çoğalmasına yol açan besin maddeleri.

Bu olay, ötrifikasyon olarak bilinmektedir. Bunun sonucu olarak, zehirli olabilecek ve çürüdükleri zaman büyük miktarda oksijen tüketen alg menevişleri ortaya çıkmaktadır,

- c) Toksik (zehirli) ağır metaller ve organik bileşimler. Su kirlenmesinin derecesi, kirleten maddelerin yoğunluğu alıcı ortamların asimilasyon kapasiteleri tarafından tayin edilmektedir. Bu nehir akışının fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine bağlıdır. Ancak bütün kirleticiler, bakterilerle ayrışabilen maddeler değildir.

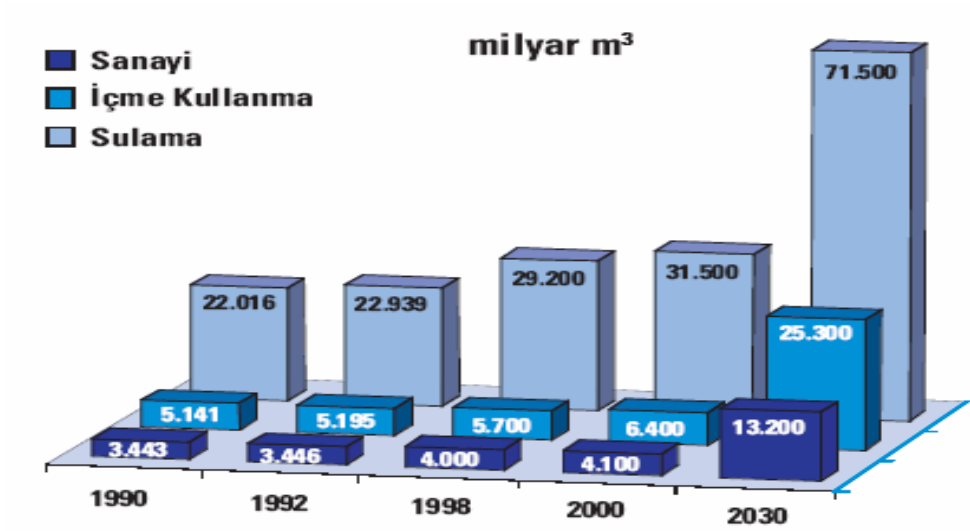
Nehir suyunun kimyasal niteliği, nehirlere yüklenen kimyasalların, su sıcaklığının ve akış hacminin işlevidir. Bu yük, havzanın jeolojik ve arazi kullanım özelliklerine ve havzada meydana gelen insan faaliyetlerine bağlıdır. Tarım, sanayi ve umumi su kullanımının sonucu olarak, “kirletici” maddelerin girdisi de mevcuttur.

Tarımsal “girdiler”, iklim değişimi tarafından en çok etkilenen unsurdur. Değişen iklim, tarımsal uygulamaları değiştirebilmektedir. Değişen iklim, toprakta meydana gelen kimyasal süreçleri de hava tesiriyle kimyasal bozulma dâhil etkileyebilir (White ve Blum, 1995). Suyun kimyasal yükü, onun nehir yatağına ulaşmasına bağlıdır. Örneğin nitratlar sık sık uzun kuraklık dönemlerinin ardından meydana gelen sağanak yağışlarca nehirlere alınıp götürölmektedir.

Nehir suyunun sıcaklığı, sadece atmosferik sıcaklığa değil, aynı zamanda rüzgâr ve güneş radyasyonuna da bağlıdır (Orlob ve diğerleri, 1996). Nehir suyunun sıcaklığı, hava sıcaklığına göre az bir farkla daha az artmaktadır (Pilgrim ve diğerleri, 1998). En az artışlar, büyük miktarda zemin suyu katkısı olan havzalarda meydana gelmektedir. Biyolojik ve kimyasal süreçler büyük ölçüde su sıcaklığına bağlıdır. Yalnız daha yüksek sıcaklıklar ise, bazı kimyasal türlerin konsantrasyonunda bir artış, bazılarında bir azalma ile sonuçlanacaktır. Daha sıcak suda erimiş oksijen konsantrasyonları daha düşük olup, bu artan sıcaklık, çürüdükleri zaman oksijeni tüketen alg menevişlerinin çoğalmasını da teşvik etmektedir.

Dünya nüfusundaki hızlı artış ve suya olan taleplerin çeşitlenerek artması, kirlenme ve iklim değişikliği bu yaşamsal öneme sahip kaynağı özellikle kıt bölgeler için stratejik bir konuma taşımıştır.

- Su kaynağı tarım ve endüstri için bir üretim girdisidir.
- Su kaynağı aynı zamanda bir enerji kaynağıdır.

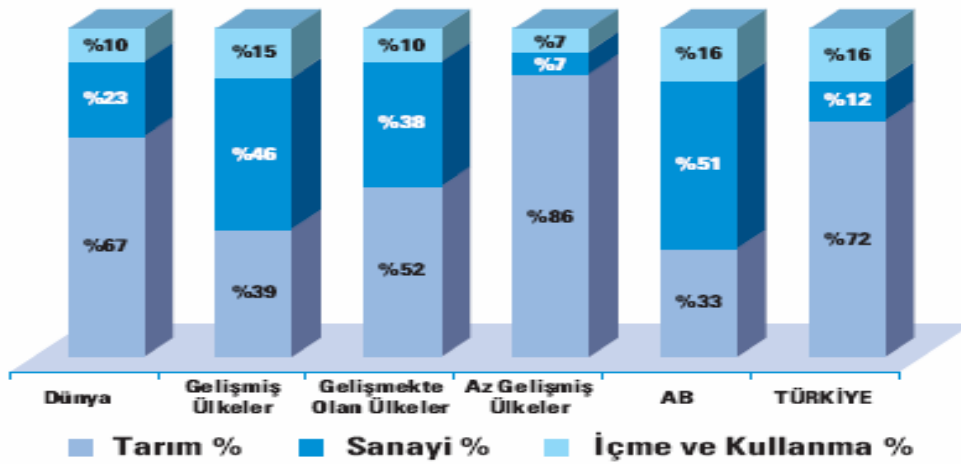


Şekil 6.2. Türkiye’de Sektörlere Göre Su Kullanımı, Kaynak: TÜİK

TÜİK tahminlerine göre 2030 yılına kadar ülkemiz nüfusunun 100 milyona ulaşması durumunda, kişi başına düşecek teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir su miktarı 1 000 m³'e düşecektir. 2005 yılı itibariyle sulama sektöründe 31 milyar m³, içme suyu sektöründe 7,1 milyar m³, sanayide 4,9 milyar m³ olmak üzere toplam 43 milyar m³ su tüketildiği hesaplanmıştır. Bu durum mevcut su potansiyelimiz olan 112 milyar m³'ün ancak % 38'ini geliştirebildiğimizi göstermektedir. 2030 yılına kadar su potansiyelimizin tümünün yukarıda Şekil 6.2’de verilen oranlar ölçüsünde geliştirilmesi planlanmaktadır.

6.4. Suyun Sektörel Kullanım Alanları

Tüketim şekli ve amacı bakımından birbirinden farklı üç ana su kullanım alanı bulunmaktadır. Bunlar; tarım, sanayi ile kent ve kırsal alan (içme ve kullanma suyu) kesimleridir.

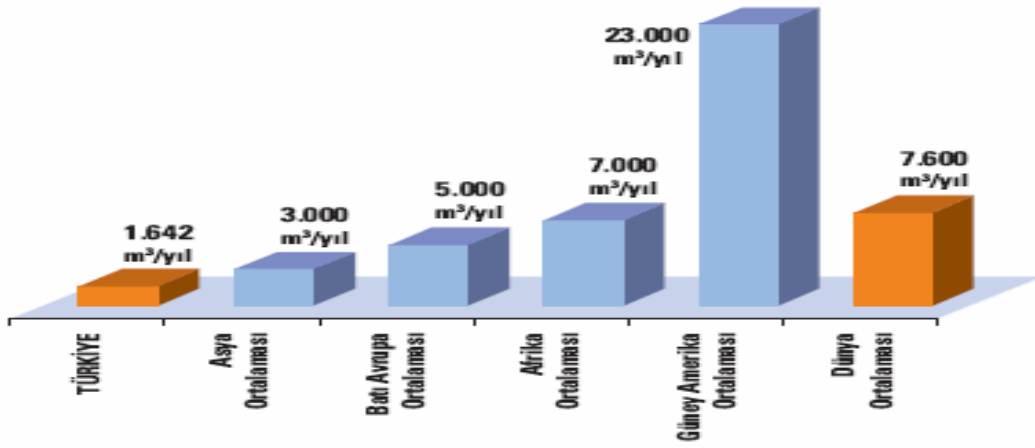


Şekil 6.3. Temiz ve Tatlı Su Kaynaklarının Sektörel Kullanımı (%), Kaynak: (Dursun 1999, Anonymous 2003, S. Yılmaz 2003, ÇOB 2005)

Dünyadaki toplam temiz ve tatlı su kaynakları, çeşitli kaynaklara göre değişse de, yaklaşık % 67 - 70'i tarım sektöründe sulama, % 22 - 23'ü sanayi ve % 8 - 10'u kentsel ve kırsal alanlarda (içme ve kullanma suyu) kullanılmaktadır. Avrupa'da sektörler itibariyle su kullanımı % 33 sulama, % 51 sanayi, % 16 içme ve kullanma amaçlıdır. Türkiye'de kullanılabilir su potansiyelinin % 72 - 75'i tarımsal sulamada, % 10 - 12'si sanayide, % 15 - 16'sı da evsel amaçlı olarak içme ve kullanmada tüketilmektedir (Şekil 6.3.) (Tablo 6.2).

Tablo 6.2. Dünyada Temiz ve Tatlı Su Kaynaklarının Sektörel Kullanımı (%)

SEKTÖR	Dünya (%)	Gelişmiş Ülkeler (%)	Gelişmekte Olan Ülkeler (%)	Az Gelişmiş Ülkeler (%)	Avrupa (%)	Türkiye (%)
Tarım	67-70	39	52	86	33	72 - 75
Sanayi	22- 23	46	38	7	51	10 - 12
İçme ve Kullanma	8- 10	15	10	7	16	15 - 16



Şekil 6.4. Dünya Ortalamasına Göre Kişi Başına Düşen Kullanılabilir Su Miktarı, Kaynak : (Yılmaz, 2004)

Dünya ortalamasına göre kişi başına düşen kullanılabilir ve yenilebilir su miktarı Şekil 6.4’de verilmiştir. Bu şekilden anlaşılacağı üzere Türkiye’nin kişi başına düşen su miktarının oldukça düşük olduğu görülmektedir.

BÖLÜM 7. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TÜRKİYE SU KAYNAKLARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

TUZ GÖLÜ



Foto 7.1. Tuz Gölü

Tuz Gölü, son 40 yılda kuraklık yüzünden yarı yarıya küçülmüş, 260 bin hektar olan sulak alanı 130 bin hektara çekilmiştir. Yağışların yetersizliği ve kontrolsüz su kullanımı nedeniyle yeryüzü ve yeraltı beslenme kaynaklarını kaybeden göl, çölleşme tehdidi altındadır. Şu an gölü besleyen neredeyse sadece atık sulardır. Doğal su kaynaklarını yitiren göl, Konya'nın tüm kanalizasyon atıklarının akıtılmasıyla kirlenmiş ve kendini yenileyemez hale gelmiştir. Kirlenme durmazsa Tuz Gölü yakında tarih olma durumu ile karşı karşıyadır (Küçükkılavuz, 2009).

BÜYÜKÇEKMECE GÖLÜ



Foto7.2. Büyükçekmece Gölü

Büyükçekmece Gölü'nün suyu 400 m. çekilmiş; 6.5 m. olan su seviyesi, 2 m.'ye kadar düşmüştür. Göl öylesine çekilmiştir ki, büyük bölümünü ot bürümüş, balıklar çamurda kalmıştır. Baraj dolu olduğu zaman sular altında kalan Büyükçekmece Viyadüğü'nün ayakları da ortaya çıkmıştır. İstanbul'un önemli içme suyu kaynaklarından biri olan göl kuraklık tehdidi altındadır.

BEYŞEHİR GÖLÜ



Foto 7.3. Beyşehir Gölü

Türkiye'nin üçüncü büyük gölü olmasının yanı sıra en büyük tatlı su gölü de olan Beyşehir Gölü kuraklık ve bilinçsiz sulama nedeniyle giderek küçülmüştür. Gölün yüz ölçümü 651 km²'den 500 km²'ye, göldeki su seviyesi 18 m.'den 7 m.'ye düşmüş,

göl kıyısında 500 m.'lik balçık oluşmuştur. Su seviyesi düşen gölün kıyı kesimleri bataklık haline gelmiştir. Bu hızla devam ederse gölün birkaç yıl sonra tamamen bataklığa dönüşeceği değerlendirilmektedir.

YEDİ GÖLLER



Foto7.4.Yedi Göller

Yedigöller havzası 2 019 hektar büyüklüğünde; yüzeysel ve yeraltı akışları ile birbirlerine bağlı, güneyden kuzeye 7 heyelan gölünden oluşmaktadır. Yedigöller 1965 yılından beri milli park olarak koruma altında olup, 550 hektarlık bir alana yayılmaktadır. Ne yazık ki bu göller de kuraklık tehdidi altındadır.

SEYFE GÖLÜ



Foto7.5. Seyfe Gölü

Birinci derece doğal sit alanı olan Seyfe Gölü kurumuş durumdadır. Göl alanı, su düzeyine bağlı olarak 1 500 hektar ile 7 000 hektar arasında değişmektedir. Ortalama alanı 3 400 hektar, azami su derinliği ise 165 cm.'dir. Fakat Seyfe Gölü aşırı sıcaklar ve sulama amaçlı kuyular açılması nedeniyle kurumuştur.

MEKE GÖLÜ



Foto 7.6. Meke Gölü

“Dünyanın nazar boncuğu” olarak bilinen Meke Gölü’nün suları, bölge yeterli yağış alamadığı için çekilmiştir. 5 milyon yıl önce oluşan doğa harikası göl yok olmak üzeredir. Daha önce 12 m. derinliğe ulaşan Meke Gölü, artık sadece çamurdan ibarettir. Tek umut, ekilen ağaçların yağmur getirmesidir.

AKŞEHİR GÖLÜ



Foto 7.7. Akşehir Gölü

Akşehir Gölü’nün su seviyesi ve göl alanı, yıllara ve mevsimlere göre büyük değişiklikler göstermektedir. 1961 - 1991 periyodunda en düşük su seviyesi Kasım

1963'de tespit edilmiştir. Buna göre su kodu 955 m, göl alanı 25 500 hektar ve su hacmi 460 milyon m³ olmuştur. En yüksek su seviyesi ise Mayıs 1970'de tespit edilmiş, bu seviyedeki su kodu 960 m., göl alanı 39 bin hektar ve su hacmi 2.1 milyar m³ olmuştur. Ancak son dönemlerde bu göl de kuraklık tehdidi etkisinde kalmıştır.

BÖLÜM 8. METEOROLOJİK VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN METARYAL VE YÖNTEM

Bu bölüm, Sapanca Gölü'ne ait meteorolojik verilerin tahmininde kullanılan Yapay Sinir Ağları (YSA) tekniğinin temel prensiplerini içermektedir. YSA kavramı anlatılmış ve YSA'nın temel özellikleri verilerek genel tanımı yapılmıştır. Sinir ağı topolojisi, işlem elemanın mimarisi ve YSA'yı oluşturan elemanların özelliklerine değinilmiştir. YSA uygulamalarının oluşturma adımları olan; tasarım, öğrenme ve test aşamaları açıklanmıştır.

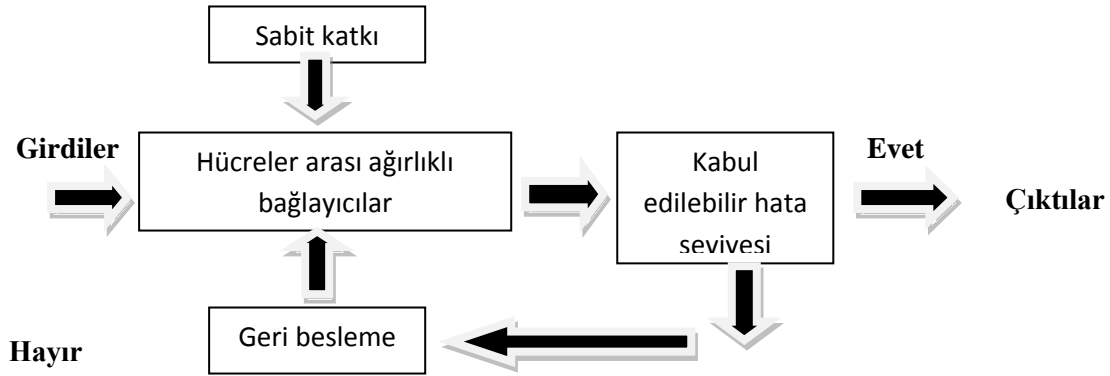
YSA birçok bilim alanında uygulandığı gibi hidrolik ve hidroloji bilim dallarında da iyi sonuç vermektedir. Su kaynakları sistemleri lineer olmayan ve pek çok parametreye sahip kompleks ilişkilerden oluşur. Bu tür problemler YSA kullanılarak etkili bir şekilde çözülebilir.

YSA, Yapay Zekâ (YZ) biliminin bir alt dalıdır ve insan beyninin varsayılan çalışma prensibini kendine model edinmiş yapay sistemlerdir. YSA öğrenme kabiliyeti, adaptasyonu, az bilgi ile çalışabilme özelliği, hızlı çalışması ve tanımlama kolaylığı ile modern bilimin en popüler konularının başında gelmektedir. YSA' lar, öğrenme yoluyla bilgi ve tecrübenin artırılması ve öğrenilenlerden faydalanarak sonuç üretilmesi prensibiyle işlemektedir (Şen, 2004).

Beyin çalışma sisteminden esinlenerek ortaya atılan paralel işlemler modelleme sistemi olarak geliştirilmiştir. YSA' nın en önemli özelliklerinden birisi başlangıçta olay veya verilerle ilgili bir takım kabulleri gerektirmemesidir. YSA uygulamaları için paralel işlemlere meydan verebilecek en azından biri girdi, diğeri çıktı ve gerekirse de bir diğeri de ara saklı olacak biçimde üç tabakanın hücrelerle beraber tesis edilmesi gerekir.

Sinir sisteminin modellenmesi için ortaya çıkan (YSA)'lar paralel çalışma ve öğrenebilme yetenekleri bakımından biyolojik sinir sisteminin özelliğini göstermektedir. Diğer özelliklerin yanında paralel çalışmasından dolayı bilgileri hızlı bir şekilde işleyebilmesi ve donanımın kolayca gerçekleştirilebilir olması YSA' yı başka yöntemlere göre daha cazip kılmaktadır. YSA da bilgilerin işlenmesi paralel olarak gerçekleştiğinden taşınan bilgiler birbirinden bağımsızdır. Ayrıca aynı tabakadaki bağıntılar arasında zaman bağımlılığı olmadığından tamamı ile eş zamanlı çalışabilmekte dolayısı ile bilgi akışı hızı artmaktadır.

Şekil 8.1' de verilen YSA'nın yapısı gösterilmiştir. Burada ilk hesaplamalarda elde edilen çıktılar beklenen çıktılar ile kıyaslandıktan sonra birbirlerine kabul edilebilir hata sınırları içinde bir yaklaşıklık gösterdiği zaman YSA'nın eğitilmesine son verilir.



Şekil 8.1 YSA'nın Genel Yapısı

Şebeke bağlantı ağırlıkları sabit katkısı çıktı verileri ile YSA çıktıları arasındaki hata miktarlarına göre geri besleme yolu ile eğitilerek değiştirilir. Her eğitimin bir öncekini daha da iyileştirecek biçimde ardışık yenilemeli olarak yapılması bu tür ardışık iyileştirme işlemine bazen “anlık” veya “yenilenen” eğitim adı verilir (Şen, 2004).

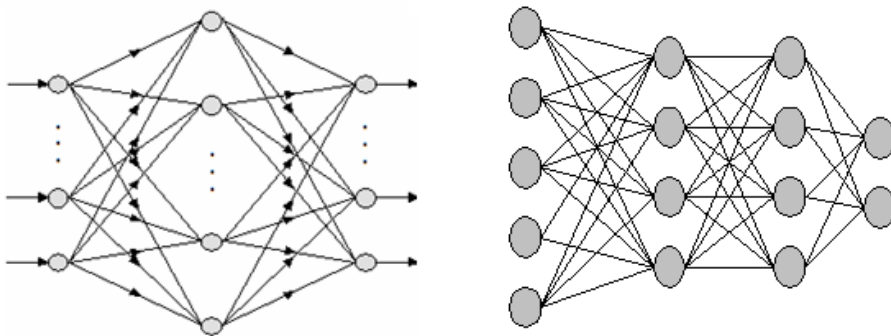
Giriş katmanından alınan girişler, giriş katmanı ve gizli katman arasında bulunan bağlantı ağırlıkları ile çarpılıp gizli katmana iletilmektedir. Gizli katmandaki sinirlere gelen girişler toplanarak aynı şekilde gizli katman ile çıkış katmanı arasındaki

bağlantı ağırlıkları ile çarpılarak çıkış katmanına iletilir. Çıkış katmanındaki sinirler de kendisine gelen bu girişleri toplayarak buna uygun bir çıkış üretirler (Elmas, 2003).

YSA hesaplamaları arasında biri ileriye doğru girdileri çıktılar haline dönüştürmek diğeri de hataların azaltılması için ağırlıkları geriye doğru yenilemek olmak üzere iki aşama vardır. Bir YSA modelinin geleceğe ait güvenilir tahminlerde kullanılabilmesi için değişik açılardan sınanması gereklidir (Şen, 2004).

YSA'da algıladığı bilgileri hatalar yaparak eğitim yolu ile öğrenirler. Eğitimden başarı ile geçtikten sonra YSA'lar artık algıladığı yeni bilgileri sınyarak kabul veya reddine karar verirler. YSA'lar ile desenler tanıma bilmekte tarafsız sınıflamalar yapılabilmekte ve hatta bilgilerin biraz eksik olması durumunda bile genelleştirmeler yapılarak tam sonuca ulaşabilmektedir (Şen, 2004).

YSA'larda bilgi işlemede ard arda gelen en azından üç tabaka bulunmaktadır. Bunlar dış ortamdan bilgileri algılama tabakası ki buna giriş tabakası adı verilir. Bilgileri işleme tabakası ki bu ortada bulunur ve nihayet bilgileri YSA ortamından insanın anlayacağı şekilde dışarıya veren çıkış tabakasıdır (Şen, 2004).



Şekil 8.2. Tek ve Çok Katmanlı YSA Modelleri

8.1. Yapay Sinir Ağı'nın Temel Özellikleri

Örneklerden öğrenme: YSA'ya, öğrenilmesi beklenen girdi ve çıktı ilişkilerinin örnekleri verilir. YSA bu örnekleri kullanarak genellemeler yapar.

Biçim tanıma ve sınıflandırma: YSA'ya örnekler girdi olarak verilir. YSA, oluşturulan girdi/çıkıtı eşleşmeleri ile bilgiyi depoladığı yerdeki yayılı belgeleri kullanarak, karşılık gelen çıkıtıyı üretir.

Eksik bilgileri tamamlama: Ağa eksik bilgiye sahip bir örnek verildiğinde, örnekteki kayıp olan veriyi belleğinde bulunan örnekteki bilgilerle bağdaştırarak eksik örnekteki kayıp bilgiye karşılık gelen örnekteki bilgiyi bulabilir.

Kendi kendine adapte olma: Bazı YSA modelleri, kendi kendine öğrenme yeteneğine sahiptir. Ortamda değişiklikler olduğunda, bu tür ağlar yeni duruma kendilerini adapte edebilir.

Hatalara tolerans gösterme: Bazı işlem elemanlarının ağdan çıkarılması veya işlem elemanın olmaması durumunda yapay sinir ağının sonuç vermemesi gibi bir durum söz konusu değildir. Bilgiler, bütün ağ boyunca yayılı olduğundan birtakım bilgilerin kayıp oluşu ağın performansının kısmen başarısız olmasına sebep olacaktır. Bu özellik ile hesaplamada ufak bir eksikliğin kötü sonuçlara yol açabileceği kritik problemlerde çok faydalıdır.

Eksik bilgilerle çalışabilme: Bulanık veya eksik bilgiler ağa sunulduğu zaman, yayılı bellek bilinen girdi için en uygun çıkıtıyı seçer. El yazısı tanıma, bu özelliğe güzel bir örnektir (Küyük, 2005)

8.2. İşlem Elemanı

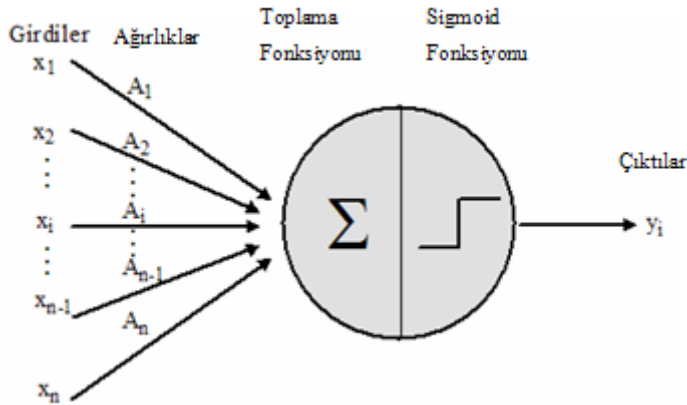
Genel bir sinir ağı modeli, işlem elemanları ile karakterize edilir. Bir işlem elemanı; girdiler, ağırlıklar, birleşme fonksiyonu, transfer fonksiyonu ve çıkıtı olmak üzere,

beş ana öğeden oluşur. İşlem elemanının birden fazla girdisi olabilirken, sadece bir tane çıktısı olabilir (Şekil 8.3).

Girdiler, ağ dışı veya diğer işlem elemanlarından gelen bilgilerdir. İşlem elemanı bazı durumlarda geri besleme ile kendi kendine girdi oluşturabilir.

Ağırlıklar, girdi değerlerinin işlem elemanı üzerindeki etkisini kontrol ederler. Yapay sinir ağının bilgisinin depolandığı birimlerdir. Değişken değerler alabilen ağırlıklar, öğrenme esnasında ağırlık, girdi ve çıktı arasındaki optimum ilişkiyi yakalayabilmek için sürekli olarak değişirler. Bir başka deyişle, ağırlıklar öğrenme esnasında optimize edilirler. Ağ dışından gelen bilgiler son ağırlık değerlerin göre işlenir ve son şeklini alırlar.

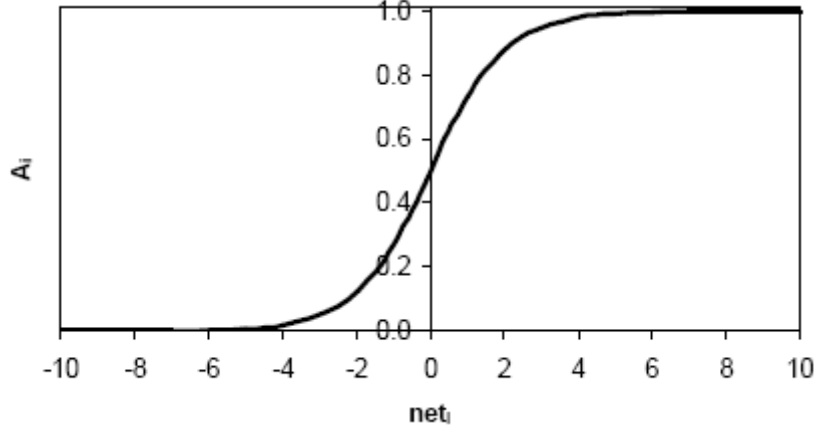
Birleşme (toplama) fonksiyonu, işlem elemanından gelen bilgileri birleştirir. En çok kullanılan birleşme fonksiyonları maksimum, minimum, çoğunluk, çarpım, toplam ve kümülatif toplam fonksiyonlarıdır. Bunlardan en yaygın olanı, ağırlıklı girdileri toplayan "toplam fonksiyonu" dur.



Şekil 8.3. Bir İşlem Elemanı

Transfer veya aktivasyon fonksiyonu, birleştirme fonksiyonun sonucunu değerlendirir. Birleştirme fonksiyonlarında olduğu gibi, bir çok transfer fonksiyonu vardır. En yaygın olarak kullanılanlar, sigmoid fonksiyonu (Şekil 8.4), doğrusal olan

fonksiyon ve step fonksiyondur. Birleştirme ve transfer fonksiyonları problemin yapısına göre tercih edilir (Çağlar, 2001).



Şekil 8.4. Sigmoid Transfer Fonksiyonu

Çıktılar son olarak, transfer fonksiyonunun sonuçlarını bağlantılı olduğu işlem elemanına veya ağ dışı kaynaklara iletir.

8.3. YSA' nın Planlanması

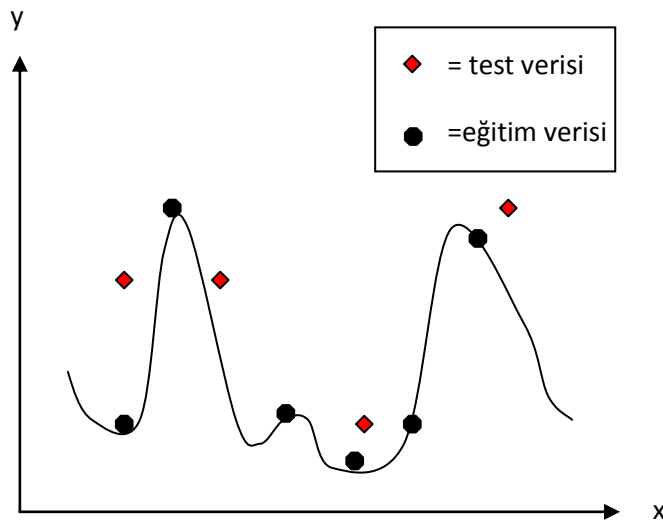
Bu adımda ise YSA mimarisinin belirlenmesi ve eğitim algoritmasının seçimi yapılmaktadır. Gizli tabakadaki nöron sayısı, ağın performansını önemli ölçüde etkilemektedir. Gizli tabakada çok az veya çok fazla nöron olması sistemin performansını zayıflatır. Eğer çok az nöron varsa sistem yeterince eğitilmemiş olacaktır. Eğer çok fazla nöron varsa aşırı eğitimden dolayı sistem olayı öğrenmekten ziyade verileri ezberleme yoluna gidecektir. (Sönmez, 2010)

8.4. Eğitim ve test

Problemdeki toplam veriler eğitim ve test grupları olmak üzere ikiye ayrılır. Eğitimin amacı problemin YSA tarafından algılanmasıdır. Performans fonksiyonları vasıtasıyla ağırlıklarda yapılacak ayarlamalar sayesinde YSA'nın ürettiği sonuçlar tolerans limitlerine ulaşması hedeflenir. Bu işlem kısaca eğitim olarak adlandırılabilir. YSA mimarisin o problem için yeterli düzeyde tahmin yapabilmesi için eğitim safhasında kullanılacak veri sayısı yeterli miktarda olmalıdır. Eğitim

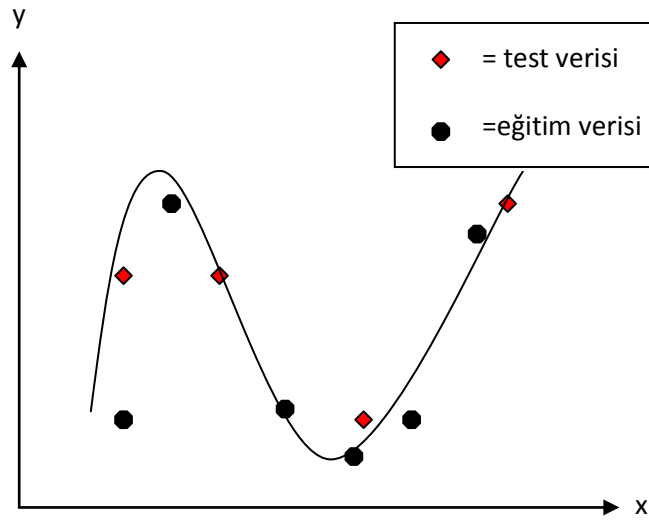
işlemi sona erdikten sonra ağın test edilme işlemine sıra gelir. Test için ayrılan veri grubunun girdi parametreleri, eğitim yoluyla oluşturulan YSA modeline verildiğinde, YSA çıktı değerleri üretir. Yine daha önce bahsedilen performans fonksiyonları kullanılarak YSA' nın etkinliği tespit edilmiş olur.

Ağın eğitiminin başlangıcında ağırlıklar ağ tarafından belirlenir. Eğitim esnasında, hatalara bağlı olarak ağırlıklar güncellenir. Bu düzenleme hata düzeyini belirlenen değere indiren ağırlık matrisi bulununcaya kadar devam eder. Fakat burada eğitimin fazla yapılması olumsuz sonuçlar doğurabilir. Bu durum sonucu elde edilen modeldeki ağırlık değerleri eğitime çok bağlı kaldığından genelleştirme yeteneği azalır. Eğitim veri grubundaki olası hatalı değerler sistem tarafından mutlak doğruymuş gibi algılanacağından eğitimin kalitesi düşük olacaktır. Şekil 8.6' da aşırı öğrenme diye adlandırılan durum gösterilmektedir. Bu şekilde YSA modelinde eğitim verilerinde hemen hemen hiç hata vermezken, test grubunda ise ezberlemeden dolayı çok büyük hatalar vermektedir. (Doğan, 2008)



Şekil 8.5. Genelleştirme Yeteneği Olmayan YSA Mimarisi

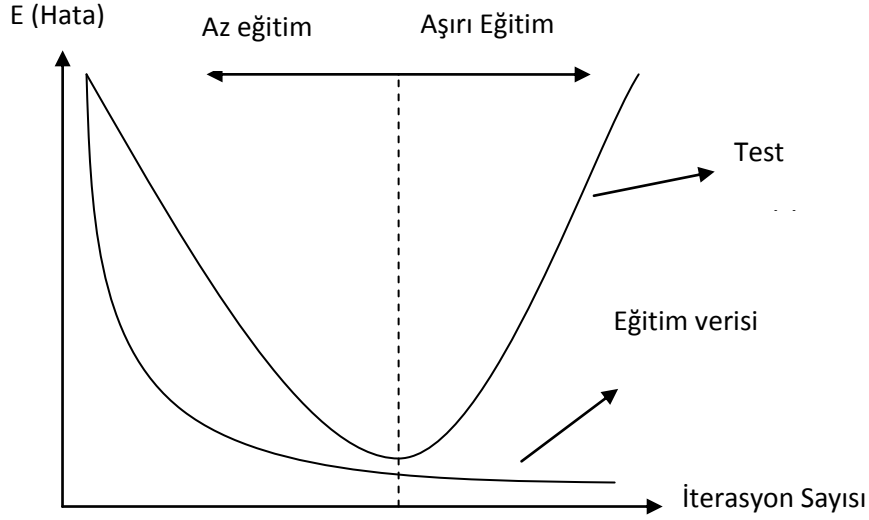
Bu durumdan kaçınmak için eğitim safhası aşırı eğitim (ezberleme) olmadan durdurulmalıdır. Şekil 8.6'de ise uygun bir YSA mimarisi verilmiştir. Eğitim grubundaki hata değerleri Şekil 8.5'e göre daha büyük gözükse de asıl hedef olan test grubunun performansı diğer duruma göre son derece yüksektir. Eğilim çizgisinden de görüldüğü gibi YSA modelinin uygunluğu anlaşılmıştır.



Şekil 8.6. Genelleştirme Yeteneği Olan YSA Mimarisi

Sonuç olarak YSA ile oluşturulmuş modelin eğitim ve test gruplarındaki hata değerlerinin benzer olması o modelin iyi tasarlanmış uygun bir model olabileceği söylenebilir. Şekil 8.7.'de de eğitim ve test değerlerinin hataların iterasyon sayısına göre değişimi verilmiştir. Öncelikle eğitim ve test verilerinin hata değerleri birlikte düşer.

Optimum eğitim düzeyine ulaşıldıktan sonra, eğitim grubunun hataları düşmeye devam ederken test grubunun hataları artmaya başlar. Bu durum aşırı eğitimin ya da ezberlemenin başladığının göstergesidir. O anda iyi bir YSA modelinin elde edilmesi için eğitimin durdurulması gerekir (Doğan ve Işık, 2005). Eğer eldeki veri sayısı çok az ise diğer bir kontrol mekanizması olarak OKH değerlerinin artık daha fazla önemli ölçüde değişmezse eğitimin durdurulması aşırı eğitimi engelleyebilir.



Şekil 8.7. Eğitim ve Test Verilerine Göre Hatanın Dağılımı

8.5. Regresyon Analizi

Mühendislik problemlerinin çoğunda iki ya da daha çok sayıda rasgele değişkenin aynı gözlem sırasında aldıkları değerlerin birbirinden bağımsız olmadığını, dolayısıyla bu değişkenler arasında istatistiksel bir ilişki bulunduğunu görürüz. İki değişken arasında bir ilişki bulunabileceği gibi, iki değişkenin başka bir değişkeni birlikte etkilemeleri de mümkündür.

Ancak söz konusu ilişkiler deterministik (fonksiyonel) nitelikte değildir. Yine de değişkenler arasındaki fonksiyonel olmayan bağıntının varlığının ortaya çıkarılması ve biçiminin belirlenmesi uygulamada büyük önem taşır. Bu bağıntıyı kullanarak bir değişkenin alacağı değeri diğer değişkenlerin bilinen değerlerine bağlı olarak belirlemek mümkün olur. Bu sonuç söz konusu değişkenin alacağı gerçek değeri tam ve kesin olarak vermemekle birlikte bu değere yakın istatistiksel en iyi tahmin olur. Tahmin edilen değerlerin gerçek değerlerden olan farklarının (hata) da belli bir olasılıkla hangi sınırlar içinde kalacağı söylenebilir. Bu tipten bir bağıntıyı gösteren matematik ifadeye regresyon denklemi denir. Regresyon analizinin amacı göz önüne alınan değişkenler arasında anlamlı bir ilişki bulunup bulunmadığını belirlemek, böyle bir ilişki varsa bu ilişkiyi ifade eden regresyon denklemini elde etmek ve bu

denklemleri kullanarak yapılacak tahminlerin güven aralıklarını hesaplamaktır. (Bayazit , Oğuz, 1994)

Regresyon analizine başlarken aralarında bir ilişki aranacak olan iki (ya da daha fazla sayıda) değişkenin hangileri olduğuna karar vermek, sonra da bu değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren denklemin biçimi için bir kabul yapmak gerekir. Buna göre regresyon analizi şu şekilde sınıflandırılabilir:

Basit doğrusal regresyon analizi: En çok kullanılan bu en basit analizde iki değişken arasında doğrusal bir ilişki bulunduğu kabul edilir.

Çok değişkenli doğrusal regresyon analizi: İki'den daha fazla sayıda değişken arasında doğrusal bir ilişki bulunduğu kabul edilir.

Doğrusal olmayan (nonlinear) regresyon analizi: Burada iki ya da daha fazla sayıda değişken arasında doğrusal olmayan ve biçimi önceden seçilen bir denklemle ifade edilen bir ilişkinin varlığı kabul edilir.

Basit doğrusal regresyon analizi; Y'nin X'e göre regresyon doğrusunun denklemi olan:

$$y = a + bx \quad (8.1)$$

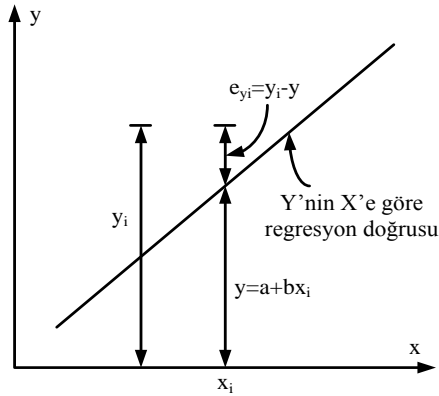
ifadesindeki a ve b regresyon katsayılarını hesaplamak için gözlenmiş (x_i, y_i) noktalarının regresyon doğrusuna düşey (y doğrultusundaki) uzaklıklarının (e_{yi}) karelerinin toplamı minimum yapılır (Şekil 8.8):

$$\min \sum_{i=1}^N e_{yi}^2 = \sum_{i=1}^N (y_i - a - bx_i)^2 \quad (8.2)$$

e_{yi}^2 için (8.2) bağıntısındaki ifadeyi kullanarak a ve b katsayılarının diferansiyel denklemleri çözülürse regresyon katsayıları için şu ifadelere varılır:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} = \frac{s_Y}{s_X} \times r_{X,Y} \quad (8.3)$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (8.4)$$



Şekil 8.8. Regresyon Doğrusu Gözlem Noktalarının Düşey Uzaklıklarının Karelerinin Toplamını En Küçük Yapacak Şekilde Geçirilmesi

Elde edilen doğru denkleminin katsayılarının (8.3) bağıntısı ile verilen ifadeler olduğu görülmektedir. Buna göre gözlenen noktaların regresyon doğrusuna düşey uzaklıklarının toplamını minimum yapacak şekilde geçirilen doğru aynı zamanda X in verilen bir değeri için Y nin beklenen değerini veren regresyon doğrusu olmaktadır. Bu uzaklıkların X'in her değerinde aynı olduğu kabul edilen varyansı için de şu ifade elde edilir.

$$s_{ey}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N e_{yi}^2}{N-2} = \frac{N-1}{N-2} \times (1 - r_{X,Y}^2) \times s_y^2 \cong (1 - r_{X,Y}^2) \times s_y^2 \quad (8.5)$$

Bağıntı (8.5)'ten görüldüğü gibi Y bağımlı değişkeninin varyansı olan s_y^2 , regresyon doğrusu geçirildikten sonra gözlem noktalarının bu doğrunun çevresindeki dağılımında azalarak $(1 - r_{X,Y}^2) \times s_y^2$ değerine inmektedir. Buna göre $r_{X,Y}^2$ (determinasyon katsayısı), Y'nin varyansının regresyon doğrusu ile açıklanabilen

yüzdesini gösterir. $r_{X,Y}$ korelasyon katsayısı 1'e ne kadar yakınsa açıklanabilen varyans yüzdesi o kadar büyük olur ve Y için regresyon doğrusunu kullanarak yapılacak tahminlerdeki hata da o kadar azalmış olur. Bağntı (8.5) ile hesaplanan s_{ey}^2 ise Y değişkeninde X in dışındaki diğer etkenlerden kaynaklanan değişime bağlı olan varyansı göstermektedir.

Verilen bir $X = x_0$ değeri için regresyon denklemiyle hesaplanan değer Y'nin beklenen değeri olduğu gösterilmişti. Verilen bir x_0 değeri için regresyon denklemi ile tahmin edilen Y'nin varyansı:

$$Var \hat{Y} = s_{ey}^2 \times \left[\frac{N+1}{N} + \frac{(x_0 - \bar{x})^2}{N \times s_x^2} \right] \quad (8.6)$$

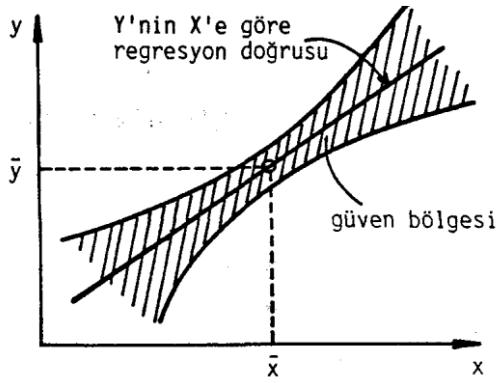
Varyansın kareköküne ise Y'nin tahminindeki standart hata denir. Standard hatanın s_{ey}^2 ile arttığı görülmektedir, buna göre korelasyon katsayısının azalması ile standart hata artar. Standard hata N ile ters orantılıdır.

Belli bir güven düzeyinde Y için yapılacak tahminlerin güven bölgesi Şekil 8.9'da şematik olarak gösterildiği üzere x değerinden uzaklaştıkça genişler. Bu nedenle regresyon denklemi ile bağımsız değişkenin ortalamadan çok uzak (çok büyük veya çok küçük) değerlerine karşı gelen bağımlı değişken değerlerini tahmin etmek güvenilir sonuç vermez. Regresyon denklemini ancak X in gözlenmiş değerlerinin değişim bölgesi içinde kullanmak uygun olur.

Çok değişkenli doğrusal regresyon analizi; bağımlı bir değişkene karşı iki veya daha fazla bağımsız değişken varsa ve bunlar arasındaki ilişki doğrusal ise;

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_p X_{pi} + \epsilon_i \quad (8.7)$$

şeklinde gösterilebilir. Bu modele “çoklu doğrusal regresyon” adı verilir.



Şekil 8.9. Regresyon Denklemiyle Yapılan Tahminler İçin Belli Bir Güven Düzeyindeki Güven Bölgesi (Bayazıt, Oğuz, 1994)

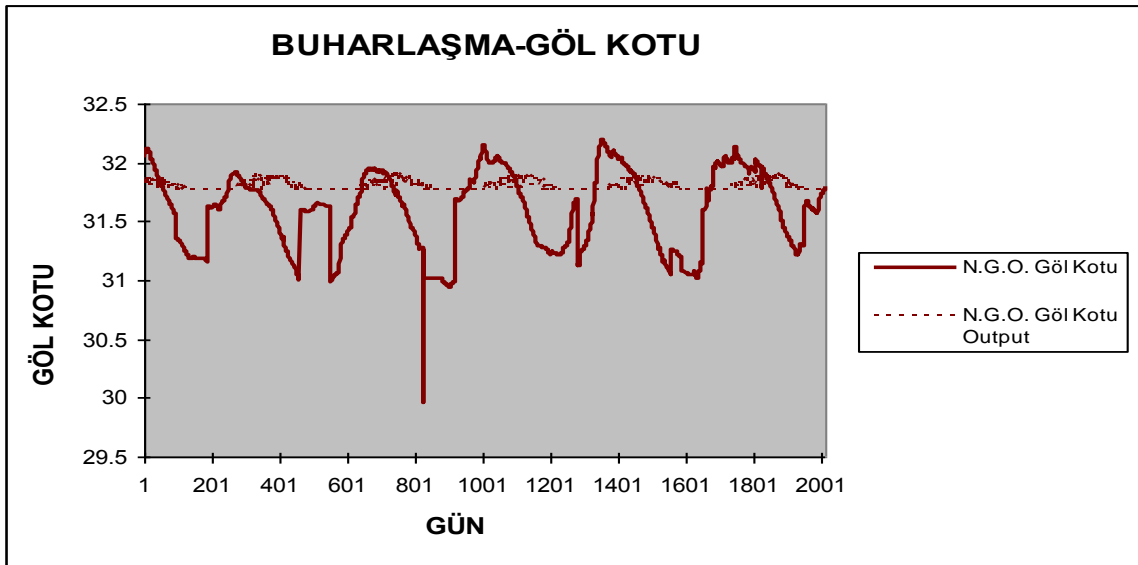
BÖLÜM 9. METEOROLOJİK VERİLER KULLANILARAK GÖL KOTU TAHMİN MODELİ UYGULAMASI

Modele girdi olarak, meteorolojik değişkenler ayrı ayrı verilmiş ve her bir değişkenin göl kotu ile arasındaki fonksiyonel ilişki araştırılmıştır. Elde edilen model sonuçlarına göre farklı kombinasyonlar denenerek en iyi sonucun elde edilmesine çalışılmıştır. Girdi parametreleri ve model sonuçları Tablo 9.1’ de verilmiştir.

Tablo 9.1. Meteorolojik verilerin Göl Kotu Tahmin Sonuçları

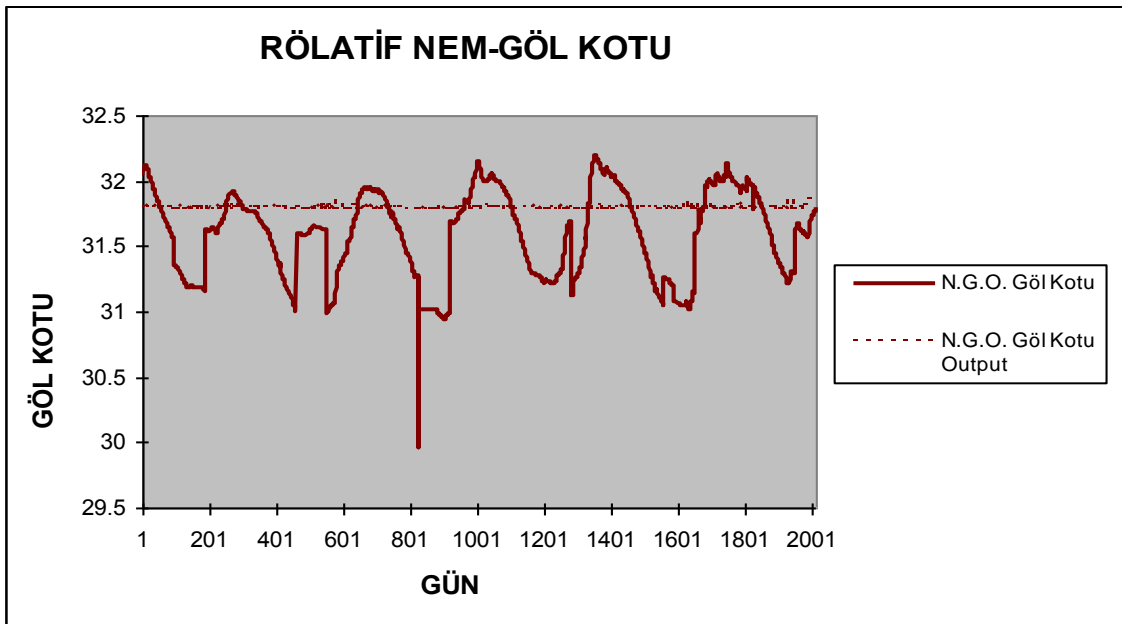
SENARYO	GİRDİ	ÇIKTI	R ²
S1	BUHARLAŞMA	GÖL KOTU	0,05
S2	RÖLATİF NEM	GÖL KOTU	0,0056
S3	RÜZGÂR HIZI	GÖL KOTU	0,0049
S4	SICAKLIK	GÖL KOTU	0,0053
S5	YAĞIŞ	GÖL KOTU	0,0036
S6	BUHARLAŞMA- RÖLATİF NEM	GÖL KOTU	0,054
S7	BUHARLAŞMA- RÖLATİF NEM – RÜZGAR HIZI	GÖL KOTU	0,04
S8	BUHARLAŞMA- RÖLATİF NEM- RÜZGAR HIZI- SICAKLIK-YAĞIŞ	GÖL KOTU	0,084

Ölçülen göl kotu ve tahmin edilen göl kotunun karşılaştırılması Şekil 9.1-9.8 gösterilmiştir.



Şekil 9.1. Buharlaşma-Göl Kotu

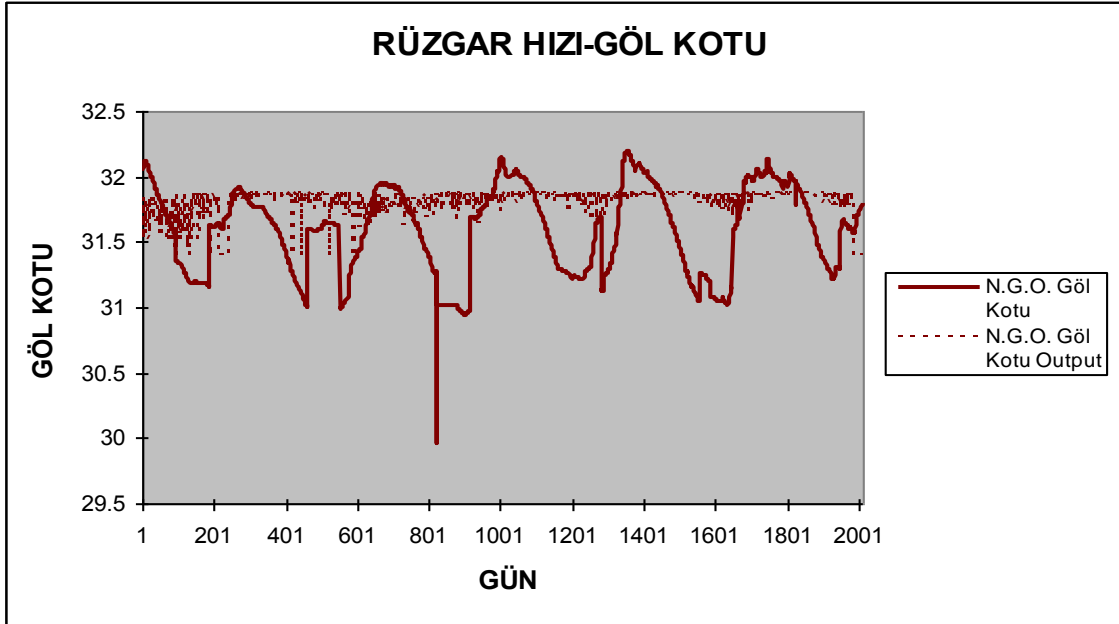
Günlük ortalama buharlaşma verilerinin girdi verisi olarak kullanıldığı Senaryo 1' e ait tahmin edilen göl kotu ve ölçülen göl kotu karşılaştırıldığında, buharlaşmanın tek başına göl kotunun tahmininde etkili olmadığı elde edilen 0.05 değerindeki determinasyon katsayısından anlaşılmaktadır.



Şekil 9.2. Rölatif Nem-Göl Kotu

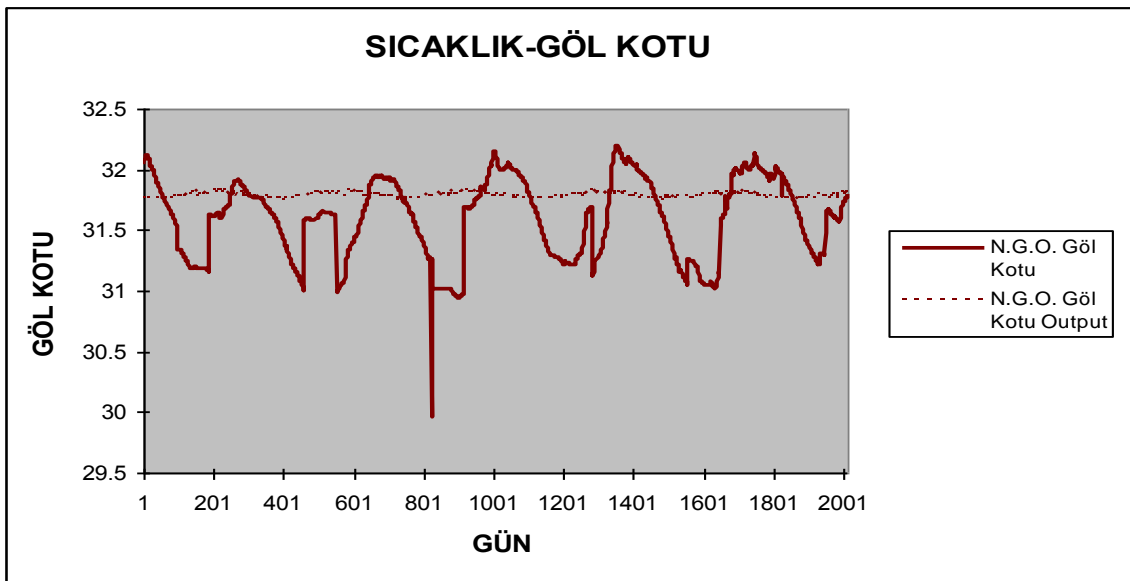
Günlük ortalama rölatif nem verilerinin girdi verisi olarak kullanıldığı Senaryo 2' ye ait tahmin edilen göl kotu ve ölçülen göl kotu karşılaştırıldığında, rölatif nemin tek

başına göl kotunun tahmininde etkili olmadığı elde edilen 0.006 değerindeki determinasyon katsayısından anlaşılmaktadır.



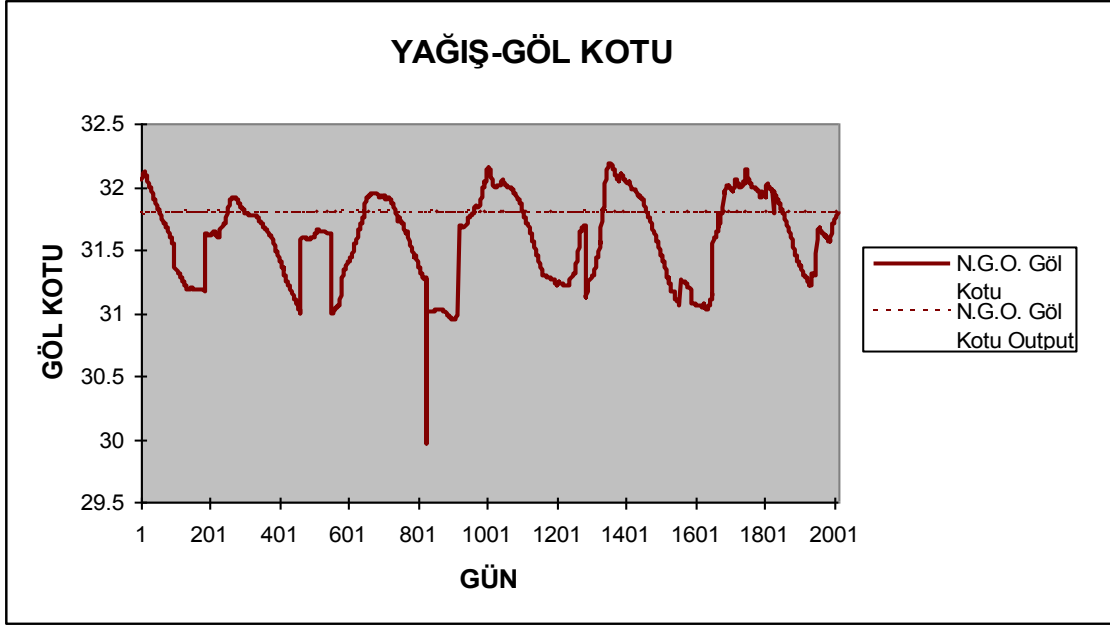
Şekil 9.3. Rüzgar Hızı-Göl Kotu

Günlük ortalama rüzgar hızı verilerinin girdi verisi olarak kullanıldığı Senaryo 3' e ait tahmin edilen göl kotu ve ölçülen göl kotunun dağılımını karşılaştırıldığı grafikten, rüzgar hızının tek başına göl kotunun tahmininde etkili olmadığı elde edilen 0.005 değerindeki determinasyon katsayısından anlaşılmaktadır.



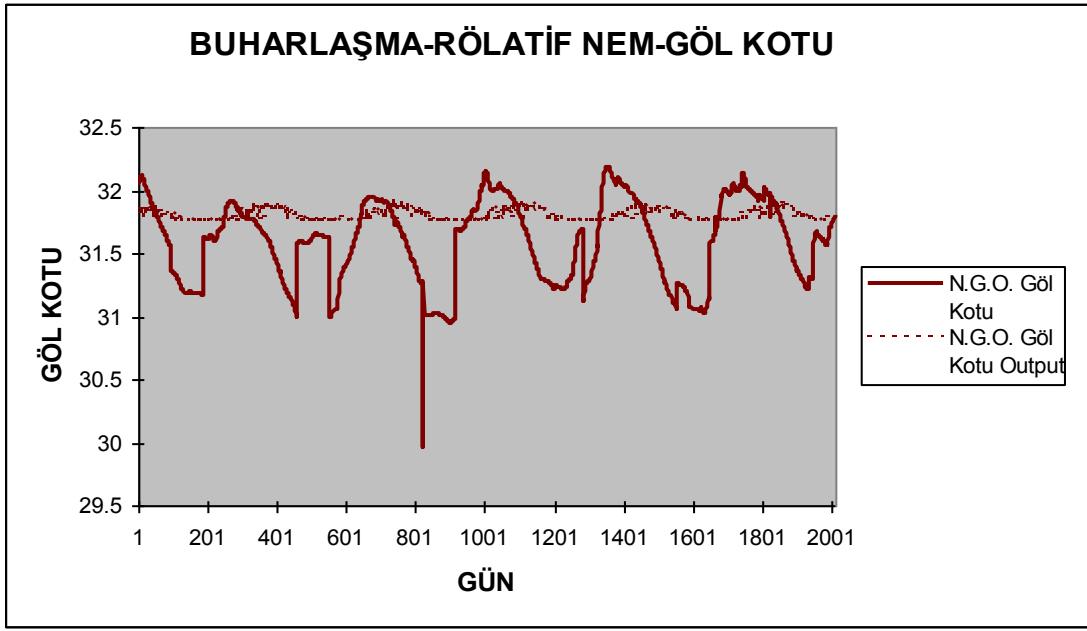
Şekil 9.4. Sıcaklık-Göl Kotu

Günlük ortalama sıcaklık verilerinin girdi verisi olarak kullanıldığı Senaryo 4' e ait tahmin edilen göl kotu ve ölçülen göl kotunun dağılımını karşılaştırıldığı grafikten, sıcaklığın tek başına göl kotunun tahmininde etkili olmadığı elde edilen 0.0053 değerindeki determinasyon katsayısından anlaşılmaktadır.



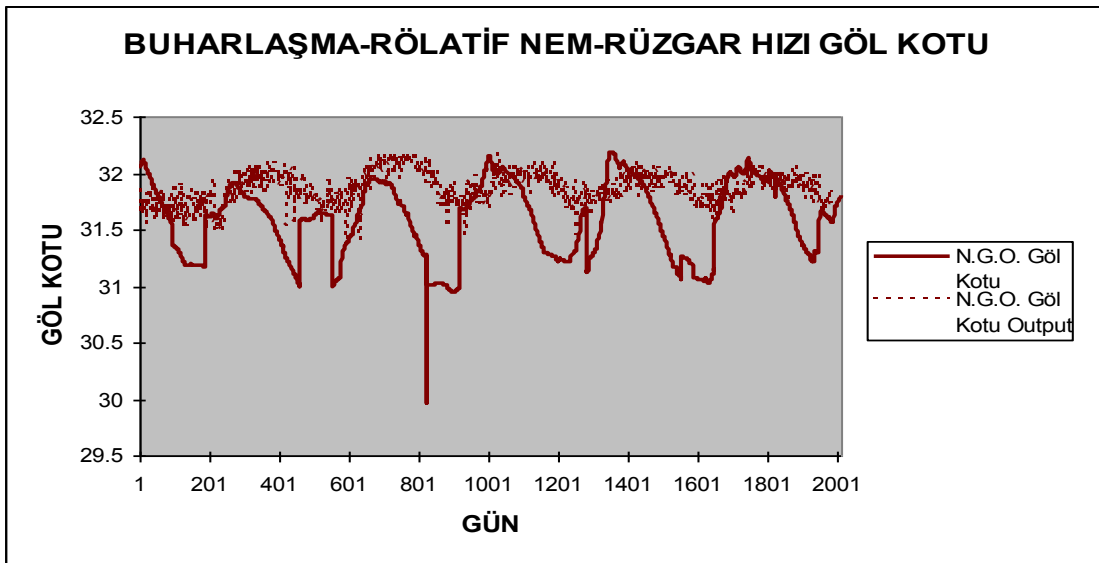
Şekil 9. 5. Yağış- Göl kotu

Günlük ortalama yağış verilerinin girdi verisi olarak kullanıldığı Senaryo 5' e ait tahmin edilen göl kotu ve ölçülen göl kotunun dağılımını karşılaştırıldığı grafikten, rüzgar hızının tek başına göl kotunun tahmininde etkili olmadığı elde edilen 0.004 değerindeki determinasyon katsayısından anlaşılmaktadır.



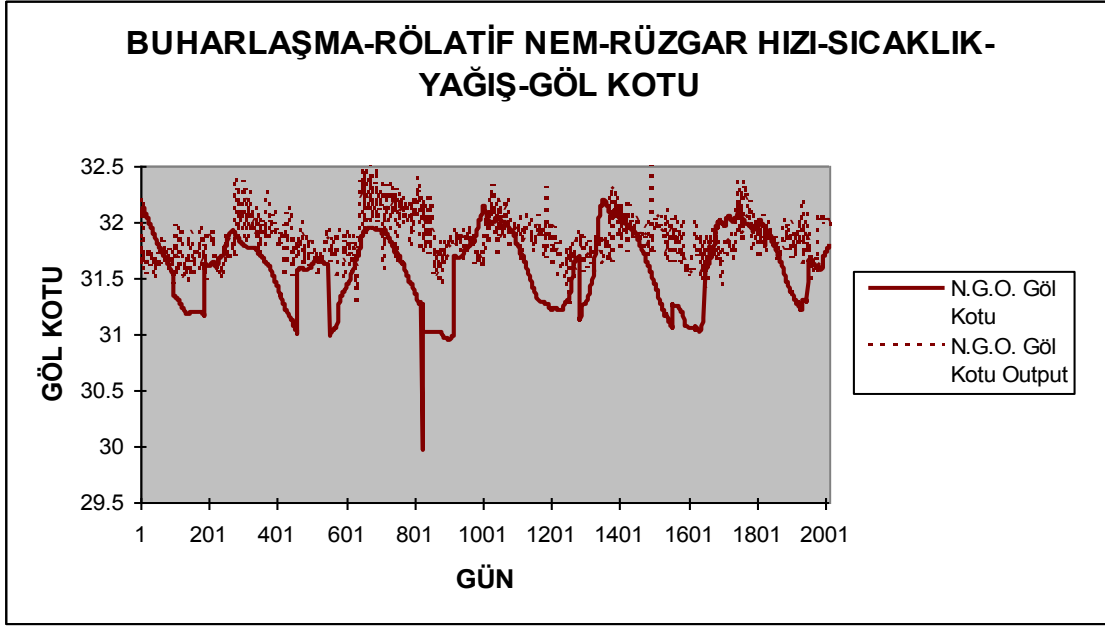
Şekil 9.6. Buharlaşma-Rölatif Nem-Göl Kotu

Günlük ortalama buharlaşma ve günlük ortalama rölatif nem verilerinin girdi verisi olarak kullanıldığı Senaryo 6' ya ait tahmin edilen göl kotu ve ölçülen göl kotunun dağılımını karşılaştırıldığı grafikten, buharlaşma ve rölatif nem verilerinin göl kotunun tahmininde etkili olmadığı elde edilen 0.054 değerindeki determinasyon katsayısından anlaşılmaktadır.



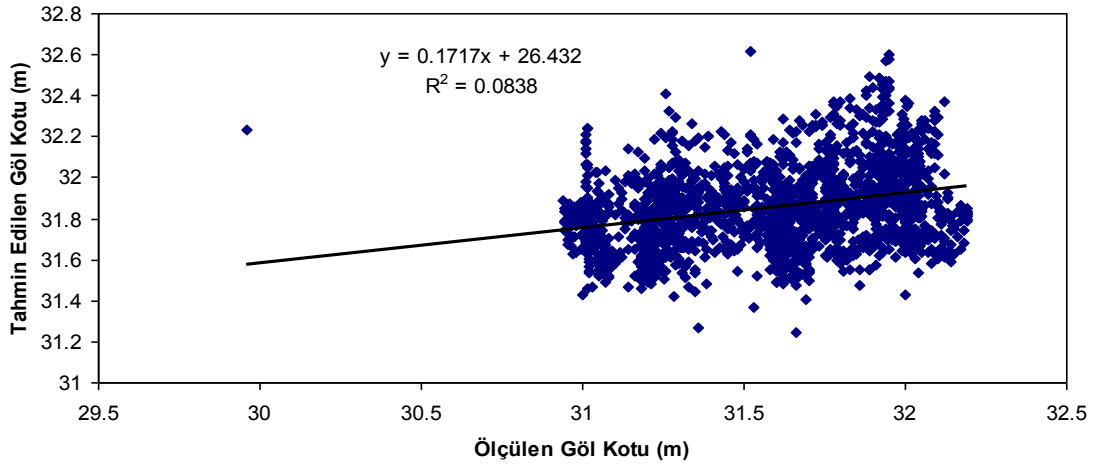
Şekil 9.7. Buharlaşma-Rölatif Nem-Rüzgar Hızı- Göl Kotu

Günlük ortalama buharlaşma, günlük ortalama rölatif nem ve günlük ortalama rüzgar hızı verilerinin girdi verisi olarak kullanıldığı Senaryo 7' ya ait tahmin edilen göl kotu ve ölçülen göl kotunun dağılımını karşılaştırıldığı grafikten, GO buharlaşma, GO rölatif nem ve GO rüzgar hızı verilerinin göl kotunun tahmininde etkili olmadığı elde edilen 0.04 değerindeki determinasyon katsayısından anlaşılmaktadır.



Şekil 9. 8. Buharlaşma-Rölatif Nem -Rüzgar Hızı- Göl Kotu

Günlük ortalama buharlaşma, Günlük ortalama rölatif nem, Günlük ortalama rüzgar hızı, Günlük ortalama sıcaklık ve Günlük ortalama yağış verilerinin girdi verisi olarak kullanıldığı Senaryo 8' e ait tahmin edilen göl kotu ve ölçülen göl kotunun dağılımını karşılaştırıldığı grafikten, buharlaşma, rölatif nem, rüzgar hızı, sıcaklık ve yağış verilerinin göl kotunun tahmininde etkili olmadığı elde edilen 0.084 değerindeki determinasyon katsayısından anlaşılmaktadır.



Şekil 9.9. Meteorolojik Verilerin Kullanıldığı Senaryo 1'e Ait Saçılım Diyagramı

Meteorolojik veriler kullanılarak göl kotu tahmininde elde edilen determinasyon katsayıları 1 e yakınsamadığından tahmin edilen göl kotlarının gerçek göl kotu verilerini temsil etmediği görülmüştür. Bunun nedenin, meteorolojik verilerin elde edilmiş şeklidir. Ölçüm istasyonlarının göl havzasından uzak olması, bu nedenle buharlaşma, sıcaklık, yağış ve rüzgâr hızı gibi verilerin şehir merkezinde ölçülmesi göl havzasını temsil etmemektedir. Bunun yanı sıra, gölden çekilen su miktarları verilerinin sağlıklı olarak raporlanmamış olması, gölden sızan su miktarı verilerinin ölçülmemiş olması nedeniyle meteorolojik veriler kullanılarak yapılan analizlerde elde edilen sonuçlar sağlıklı sonuçlar vermemektedir.

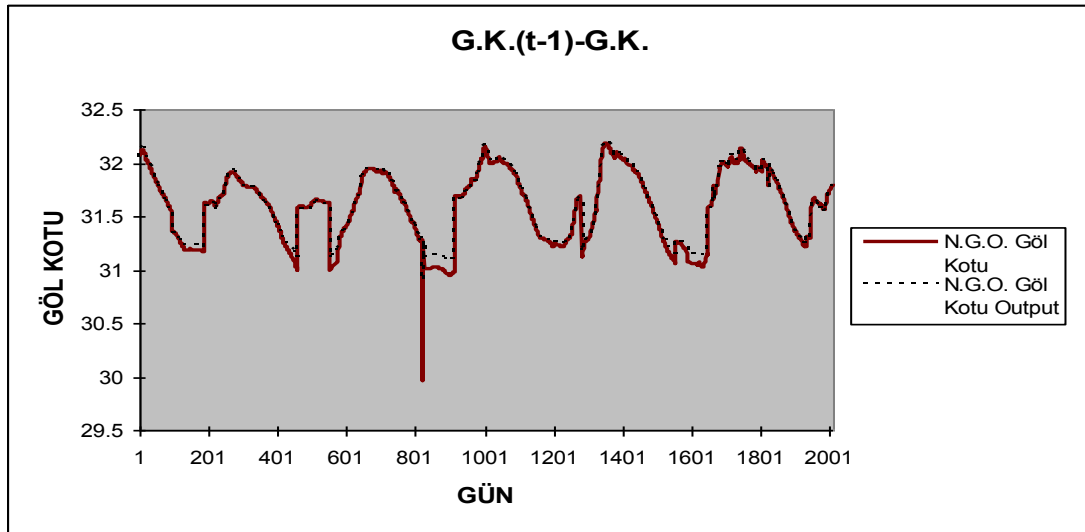
9.1. Zaman Ötelemeli Göl Kotu Tahmin Modeli

Daha önce meteorolojik verilerle kurulmuş modeller, göl kotunun tahmin edilmesinde iyi sonuç vermediği için göl kotu zaman ötelemesi yapılarak bulunmaya çalışılmıştır. Bu amaçla model girdi parametresi olarak göl kotunun 1,2 ve 3 (GK_{t-3} , GK_{t-2} , GK_{t-1}) geriye ötelenmiş hali girdi parametresi, o anki göl kotu (GK_t) ise çıktı parametresi olarak modele dahil edilmiştir. Buna göre Tablo 9.2'deki senaryolar için model sonuçları araştırılmıştır.

Tablo 9.2. Zaman Ötelemeli Model Senaryo ve Sonuçları

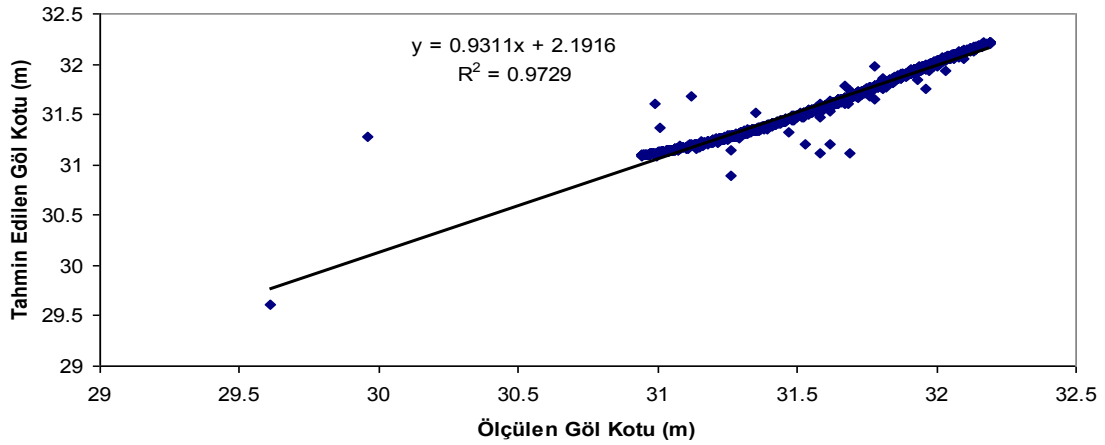
SENARYO	GİRDİ	ÇIKTI	R ²
S1	G.K.(t-1)	G.K.	0,9729
S2	G.K.(t-1), G.K.(t-2)	G.K.	0,9731
S3	G.K.(t-1), G.K.(t-2), G.K.(t-3)	G.K.	0,9738

Tablodaki sonuçların elde edilmiş olduğu senaryolara ait ölçülmüş ve tahmin edilmiş göl kotu seviyeleri şekil 9.10-9.15 arasında gösterilmiştir.



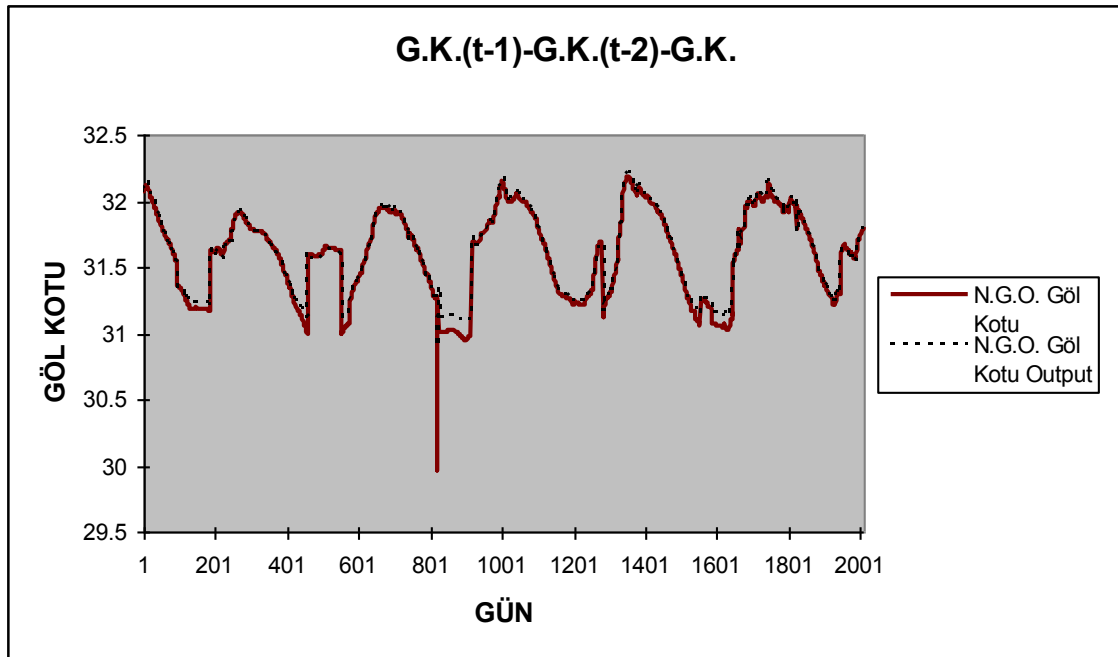
Şekil 9.10. S1 İçin Ölçülen Ve Tahmin Edilen Göl Kotu

Zaman ötelemesi yapılarak göl kotu tahmininde, bir gün öncesine ötelenmiş göl kotu verisinin girdi parametresi, göl kotunun ise çıktı parametresi olduğu senaryo 1 e ait ölçülmüş ve tahmin edilmiş göl kotlarının dağılımının yer aldığı grafik Şekil 9.10' da verilmiştir. Buna göre; ölçülen ve tahmin edilen verilerin minimum noktalar dışında uyum içerisinde olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 9.11. Senaryo 1'e Ait Saçılım Diyagramı

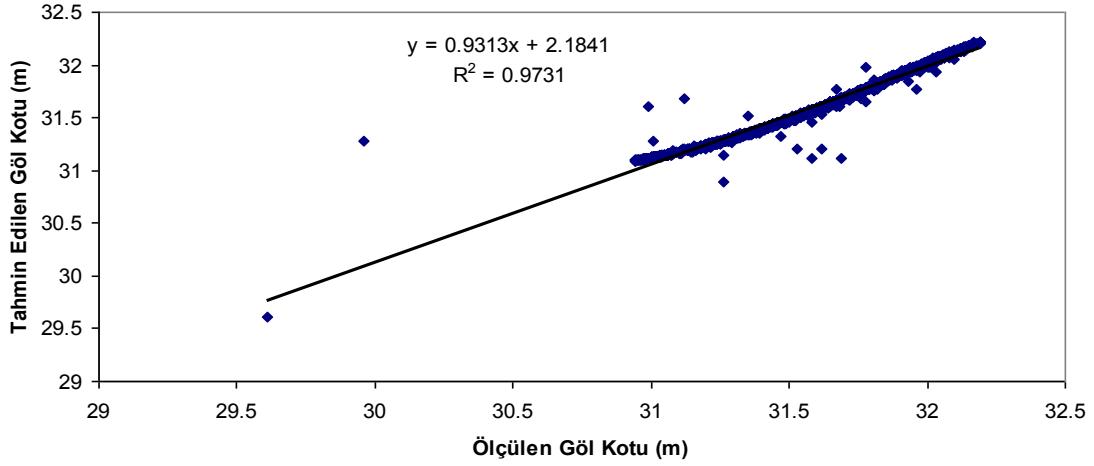
Şekil 9.11' deki saçılım diyagramından da anlaşılacağı üzere 0,9729 değerindeki determinasyon sayısı ile 1 e yakınsadığından model iyi sonuç vermiştir.



Şekil 9.12. S2 İçin Ölçülen Ve Tahmin Edilen Göl Kotu

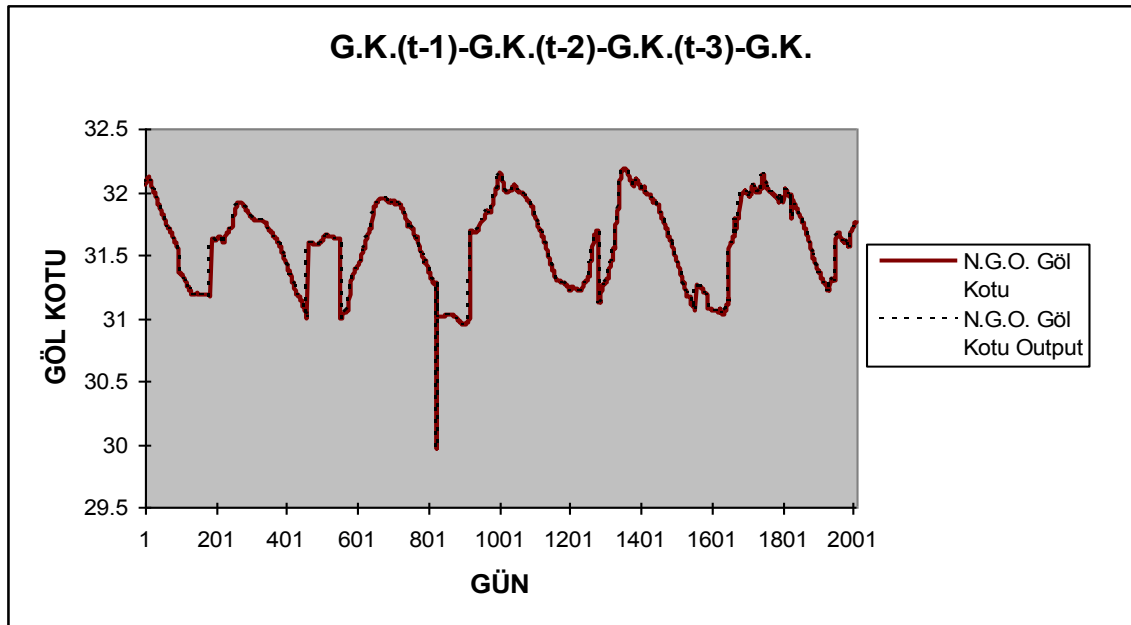
Zaman ötelemesi yapılarak göl kotu tahmininde, iki gün öncesine kadar ötelenmiş göl kotu verisinin girdi parametresi, göl kotunun ise çıktı parametresi olduğu senaryo 2 ye ait ölçülmüş ve tahmin edilmiş göl kotlarının dağılımının yer aldığı grafik şekil

9.12' de verilmiştir. Buna göre; ölçülen ve tahmin edilen verilerin minimum noktalar dışında senaryo 1 e göre daha uyumlu olduğu gözlenmiştir.



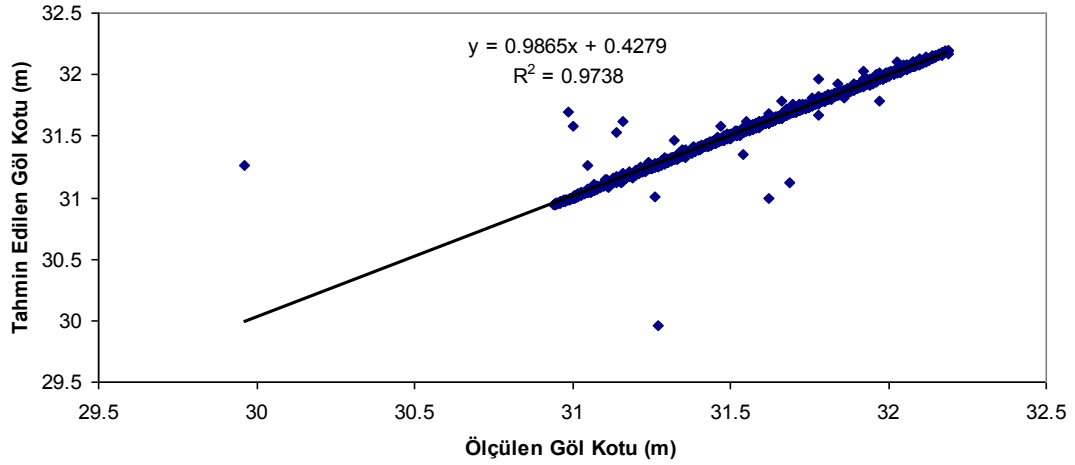
Şekil 9.13. Senaryo 2'ye Ait Saçılım Diyagramı

Şekil 9.13'deki saçılım diyagramından da anlaşılacağı üzere 0,9731 değerindeki determinasyon sayısı ile 1 e yakınsadığından kurulmuş modelin doğruya yakın sonuçlar verdiği söylenebilir



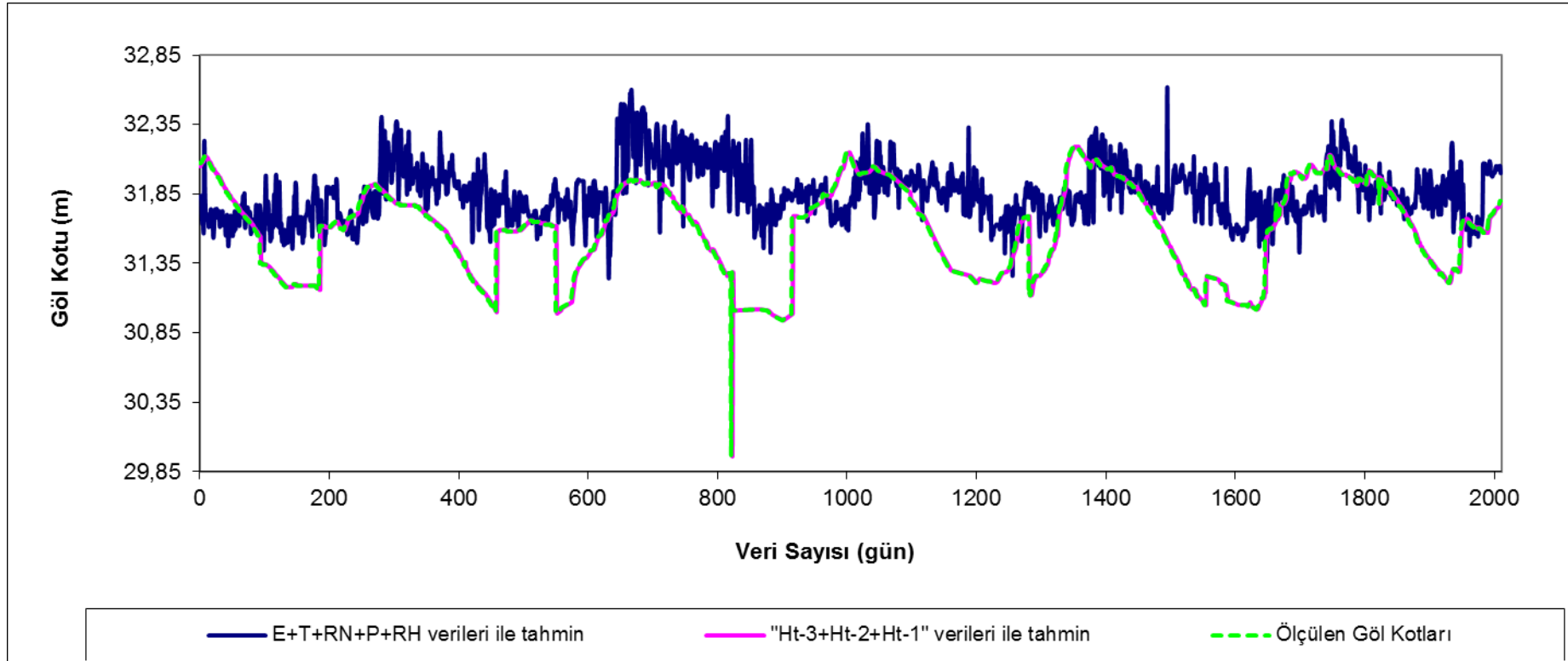
Şekil 9.14. S3 İçin Ölçülen Ve Tahmin Edilen Göl Kotu

Zaman ötelemesi yapılarak göl kotu tahmininde, üç gün öncesine kadar ötelenmiş göl kotu verisinin girdi parametresi, göl kotunun ise çıktı parametresi olduğu senaryo 3 e ait ölçülmüş ve tahmin edilmiş göl kotlarının dağılımının yer aldığı grafik, şekil 9.14' de görülmüştür. Buna göre; ölçülen ve tahmin edilen verilerin minimum noktalarda da uyum içerisinde olduğu senaryo 1 ve 2 ye göre daha iyi sonuç verdiği gözlenmiştir.



Şekil 9.15. Senaryo 3'e Ait Saçılım Diyagramı

Şekil 9.15'deki saçılım diyagramından da anlaşılacağı üzere 0,9738 değerindeki determinasyon sayısı ile 1 e yakınsadığından, kurulmuş diğer modellere göre doğruya daha yakın sonuçlar verdiği söylenebilir.



Şekil 9.16. Model Kıyaslama

Meteorolojik veriler ile kurulmuş model, göl kotunun üç gün öncesine kadar ötelendiği senaryo 3 sonucu elde edilmiş göl kotları ile ölçülmüş göl kotu verilerinin bir arada verildiği şekil 9.16'dan da anlaşılacağı üzere Senaryo 3 ün en iyi sonucu veren model olduğu ve bu model sayesinde göl kotunun 3 gün öncesinden tahmin edilebilmesinde faydalı olabileceği düşünülmüştür.

BÖLÜM 10. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Doğu Marmara'da bulunan Sapanca Gölü'ne ait göl kotu verilerinin elde edilmesi amacıyla Sakarya ili Meteoroloji İstasyon Müdürlüğüne ait 17069 Nolu Meteoroloji Gözlem istasyonuna ait 1997-2010 yılları arasındaki günlük ortalama buharlaşma, günlük ortalama sıcaklık, günlük ortalama rölatif nem, günlük ortalama rüzgar hızı, günlük ortalama yağış verileri kullanılmıştır. Göl kotu verisi ise aynı tarihler arasında DSİ'ye ait göl gözlem istasyonundan elde edilmiştir.

Çalışmada, meteorolojik ve geriye ötelenmiş göl kotu verileri kullanılarak Sapanca Gölü'nün günlük göl seviyeleri YSA modeli ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada meteorolojik verilerin kullanıldığı tahmin modelinde günlük ortalama buharlaşma, günlük ortalama yağış, günlük ortalama rölatif nem, günlük ortalama rüzgar hızı, günlük ortalama sıcaklık verileri ayrı ayrı ve beraber olmak üzere ayrı senaryolarda girdi olarak kullanılmıştır. Göl kotunun zaman olarak geriye ötelendiği modelde ise göl kotu verisi 3 gün geriye ötelenerek ($G.K_{(t-1)}$, $G.K_{(t-2)}$, $G.K_{(t-3)}$) göl kotları tahmin edilmiştir. YSA modeli ile göl kotunun tahmin edilmesi ve tahmin edilen verilerin sağlıklı olduğunun kontrolü amacıyla birçok analiz yapılmıştır. İlk önce, her bir parametre analize tek tek dahil edilmiş, en iyi sonucu veren parametreler birlikte tekrar girdi parametresi olarak kullanılarak çeşitli senaryolar ile korelasyon ve hata katsayıları tespit edilmiştir. Böylece çok sayıda değişik girdi senaryosu kurularak göl kotu tahmini elde edilmiştir. Bu çalışmada toplam 5112 veri kullanılmıştır. Bu verilerin 3100 tanesi eğitim, 2012 tanesi ise test amaçlı kullanılmıştır. Genelleştirilmiş geri beslemeli yapay sinir ağları yöntemi kullanılmıştır. Transfer fonksiyonu olarak sigmoid akson, öğrenme algoritması olarak Conjugate Gradient kullanılmıştır.

Meteorolojik veriler kullanılarak elde edilen determinasyon katsayılarının tahmin yapmada yetersiz kaldığı gözlenmiştir. Bunun nedeninin Meteoroloji Gözlem

İstasyonunun göl havzasından uzak bir mesafede olması ve şehir merkezinde bulunması nedeniyle havza özelliklerini temsil etmediği söylenebilir. Ayrıca göle giren ve gölden çekilen su miktarının sağlıklı bir şekilde ölçülememiş olması ve bu verilerin olmayışı da göl kotunun tahmin edilmesini zorlaştırdığı söylenebilir. Bunun yanı sıra yeraltından göle sızan su miktarının da tespit edilememiş olması kurulan bu modelin doğru sonuç vermediğini göstermektedir, bu sebeple zaman ötelemesi ile göl kotu tahminine çalışılmış, zaman ötelemesiyle kurulan modelin daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

1997-2010 yılları arasındaki yıllık buharlaşma miktarlarına bakıldığında buharlaşma miktarının arttığı görülmüştür. Aynı yıllar arasında özellikle 2006-2008 yılları arasında yıllık yağış miktarları düşmüş daha sonra artış göstermiştir. Yağışın azalması bitki türlerine de bağlı olabilir. Farklı bitki türlerinde farklı terleme olabilir. Yağış dönemleri, miktar ve türlerinin değişmesiyle artan sıcaklık, daha çok buharlaşmaya ve buna bağlı olarak da daha çok bulut oluşmasına yol açacaktır. Sapanca Gölü'nü besleyen dereler kuruma sorunuyla karşı karşıya gelmiştir. Sapanca Gölü göl seviyesi de bu yıllar arasında düşüş göstermiştir. Gölden fazla su çekilmesi de su seviyesinde azalma meydana getirmiştir. Endüstriyel amaçlı Sapanca Gölü'nden su kullanımı artmış bu da gölün seviyesinde zaman zaman tehlikeli düşüşler meydana getirmiştir. Bu durum göl suyu kalitesini de olumsuz yönde etkilemiştir. Meteorolojik veriler incelendiğinde sıcaklıklar artış göstermiştir. Yüksek sıcaklık artışlarında gölde buharlaşma artarak, toprak kuruyabilir. Bunun sonucunda bölgesel olarak iklim değişebilir, tarımsal ürünler ve ormanlar zarar görebilir. Karasal kısımlarda ise toprak suyunu kaybederek kuraklaşıp, tarımsal ürün verimi azalabilir, ormanların alanı daralarak, hidrolojik enerji üretimi düşebilir.

Sapanca Gölü Havzası ekolojik yönden ve içme suyu havzası olması sebebiyle bölge için hayati öneme sahiptir. Havzada birçok kirletici unsur vardır. Sanayi tesislerinden oluşan atıklar mutlaka uzaklaştırılmalı, tarım arazileri kontrol altına alınmalıdır. Zirai mücadelede kimyasal mücadele yerine biyolojik mücadele benimsetilmelidir. Göle gelen süprüntü malzemeler için bentler oluşturulmalı kontrolleri ve temizlikleri yapılmalıdır. Göle akan derelerden gelen kirlenme kontrol altına alınmalıdır. Ormansızlaşma sonucu erozyon problemi mevcuttur. Bu konuda daha bilinçli bir

toplum oluşturulmalı, kaçak yapılaşmanın önüne geçilmelidir. Yan dereler üzerinde alabalık üretim çiftlikleri mevcuttur, bu çiftliklerden de dere kirliliği oluşmaktadır ayrıca Sapanca Gölü'nü besleyen dereler civarındaki kontrolsüz yapılaşma ve yerleşimlerden ileri gelebilecek kirlenmeler de söz konusudur.

Bu çalışmada ayrıca sapanca gölünü besleyen yan derelerin 1986-1999 yılları arasındaki su kalite ölçümleri incelenerek derelerdeki kirlilik gözlenmiştir. Zaman zaman derelerde kirlenme gözlenmiştir. Kirlenme ise, genel bir şekilde suyun (yani onun kalitesinin) kimyasal, fiziki veya biyolojik karakteristiklerinde meydana gelen bir düşüş olarak tanımlanabilmektedir. Bu düşüş, suyun belli bir kullanımını veya söz konusu suyun içinde bulunan ekosistemleri etkileyecek niteliktedir. Dere suyunu kirlüten belli başlı maddelerin arasında;

Oksijeni azaltan organik maddeler, toksik ağır metaller ve organik bileşikler olabilmektedir. Nehir suyunun kimyasal niteliği, nehirlere yüklenen kimyasalların, su sıcaklığının ve akış hacminin işlevidir. Bu yük, havzanın jeolojik ve arazi kullanım özelliklerine ve havzada meydana gelen insan faaliyetlerine bağlıdır. Tarım, sanayi ve umumi su kullanımının sonucu olarak, "kirletici" maddelerin girdisi de mevcuttur. Tarımsal "girdiler", iklim değişimi tarafından en çok etkilenen unsurdur. Değişen iklim, tarımsal uygulamaları değiştirebilmektedir. Değişen iklim, toprakta meydana gelen kimyasal süreçleri de hava tesiriyle kimyasal bozulmayla etkileyebilir. Suyun kimyasal yükü, onun nehir yatağına ulaşmasına bağlıdır. Örneğin nitratlar sık sık uzun kuraklık dönemlerinin ardından meydana gelen sağanak yağışlarca nehirlere alınıp götürülmektedir.

Sapanca gölü' nü besleyen derelerin su kalite değerlerine düzenli olarak bakılmalı ve kirliliğin saptanması durumunda hemen müdahale edilerek dere temizliklerinin yapılması sağlanmalıdır. Soruna hemen müdahale edilmelidir.

Ayrıca bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ışığında şu anki mevcut meteoroloji istasyon müdürlüğünün Sapanca havzasını iyi temsil etmediği anlaşılmaktadır bu nedenle Sapanca Gölü yakınında bir gözlem istasyonunun kurulması verilerin daha sağlıklı değerlendirilmesinde faydalı olacaktır.

Sonuç olarak bu bilgiler ışığında şunları söyleyebiliriz; Sapanca Gölü'nü besleyen su kaynaklarının korunmasına dikkat edilerek Gölden çekilen her türlü su kaynaklarının debilerinin kontrol altına alınması sağlanmalıdır. Ayrıca iklim değişikliği karşısında takınılacak gerçekçi tavrılardan biri değişen iklim koşulları altında yaşamayı öğrenerek su, hava ve toprak kullanımını bilinçli bir halde kullanarak, mevcut hava, toprak ve su ortamını bozmadan, kirletmeden kullanmayı öğrenmek ve gelecek nesillere daha az kirlenmiş kaynakları emanet etmek olmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] ALADAĞ, C.E. , Sapanca Gölü'ne Dökülen Derelerin Su Kalitesinin Araştırılması, SAÜ İnşaat Mühendisliği, Bitirme Çalışması, Mayıs 2008
- [2] ALTUĞ, G. , YARDIMCI, C.H. , OKGERMAN, H., S.A., Level Of Bacterial Metabolic Activity, Indicator(Coliform, Escherichia Coli) and Pathojen Bacteria in the Sapanca Lake, Turkey, 2006
- [3] ANKARA TİCARET ODASI, Küresel Isınma Kıskaçında Türkiye Raporu, Ankara, 2005
- [4] BAYTAŞ, K., Van Gölü Hidrolojisine Genel Bir Bakış ve Van Gölü Su Seviyelerii DSİ Etüt-Plan Dairesi Başkanlığı Şube Müdürlüğü, Ankara, 1995
- [5] BATUR, E., KADIOĞLU, M., ÖZKAYA, M., ŞABAN, M., AKIN, İ., KAYA, Y., Van Gölü Su Seviye Modellemesi ve Ekstrem Seviyelerin Tahmini, Van Gölü Hidrolojisi ve Kirliliği Konferansı, 21-22, Van, Ağustos, 2008
- [6] BALKIZ, Ö., Isınan Dünyada Yaşam, Bilim ve Teknik Dergisi, İstanbul, Eylül, 2001
- [7] BAYAZIT, M., OĞUZ, B., Mühendisler İçin İstatistik, Birsen Yayınevi, Cağaloğlu, İstanbul, 1994
- [8] CEYLAN, M.A., Sapanca Gölü'nün Hidrolojik Etüdü, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 1990
- [9] ÇAĞLAR, N., Yapay Sinir Ağları ile Binaların Dinamik Analizi, Doktora Tezi, Sakarya, 2001
- [10] DEVLET SU İŞLERİ, 1984
- [11] DUMAN, F., AKSOY, A., DEMİRSEZEN, D., Seasonal Variability of Heavy Metal Surface Sediment of Lake Sapanca, Turkey, 2006a

- [12] DUMAN, F., OBALI, O.,DEMİRSEZEN,D., Seasonal Changes of Metal Accumulation and Distribution in Shining Pandweed, 2006b
- [13] DOĞAN, E., Akarsularda Taşınan Toplam Katı Madde Miktarının Yapay Zeka Metotları ile Tahmin Edilmesi, Doktora Tezi, Sakarya, 2008
- [14] DOĞAN,E., IŞIK, S., Sapanca Gölü Günlük Buharlaşma Miktarının Radyal Temelli Yapay Sinir Ağı Modeli Kullanılarak Tahmin Edilmesi, Kocaeli, 2005
- [15] ERTÜRK, O., Sapanca Gölü'nün Jeolojisi, Dip Sedimanlarının Minerolojik ve Jeokimyasal İncelenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1994
- [16] ESENLİ, V., Sapanca Gölü ve Havzasının Hidrokimyası ile Dip Sedimanlarının Minerolojik ve Jeokimyasal İncelenmesi, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü ,İstanbul, 1995
- [17] EROL, F.,Van Gölü Seviye Değişimlerine Matematik Model Yaklaşımı, Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, 1996
- [18] ELMAS, Ç., Yapay Sinir Ağları, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2003
- [19] GEÇEL, S., Van Gölü Su Seviyesindeki Değişimlerin İncelenmesi, Bitirme Tezi,İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul,1996
- [20] GENÇSOY, İ., Van Gölü'ndeki Su Seviye Değişimlerinin Hidrometeorolojik Parametrelerle İlişkisi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1997
- [21] GÜRBÜZ, A., GÜRER, Ö., Anthropogenic Affect on Lake Sedimentation Processia Case Study From Lake Sapanca, Turkey, 2008
- [22] GÖKÇE, H., Sapanca Gölü'nde Buharlaşmanın Modellenmesi, SAÜ İnşaat Mühendisliği, Bitirme Ödevi, Aralık 2005
- [23] GÜLER, M., Sapanca Gölü ve Çevresindeki Doğal Kaynakların Kullanımı, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul,1999
- [24] HENNESSY, R.J., GREGORY, J.M., MITCHELL, J.F.B., Changes in Daily Precipitation Under Enhanced Greenhouse Conditions, 1997
- [25] HULME, M., JENKINS,G., Climate Change Scenarios For The United Kingdom, 1998
- [26] INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), The Supplemantary Report to the IPCC Scientific Assessment, Newyork, Cambridge University Pres,1992

- [27] KAÇMAZ, M., Sapanca Gölü Havzasında Arazi Kullanımı ve Mekânsal Değişim, İstanbul üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya ABD, Doktora Tezi, İstanbul, 2010
- [28] KADIOĞLU, M., ŞEN, Z., BATUR, E., Cluster Regression Model and Level Fluctuations Features of Van Lake, 1999
- [29] KADIOĞLU, M., ŞEN, Z., BATUR, E., Stochastic Modeling Of The Van Lake Monthly Level Fluctuations In Turkey, Theoretical and Applied Climatology, İstanbul, 2000
- [30] KÖMÜŞÇÜ, A.U., ERKAN, A., OZ, S., Possible Impacts of Climate Change On Soil Moisture Availability In The Southeast Anatolia Development Project Region, 1998
- [31] KRASOVSKAIA, I., Quantification Of The Stability Of River Flow Regimes Hydrological Sciences Journal, 40, 587-598, 1995
- [32] KÜÇÜKKILAVUZ, E., Küresel Isınmanın Su Kaynakları Üzerine Etkileri: Türkiye Örneği, Harran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2009
- [33] KÜYÜK, H.S., Yapay Sınır Ağları ile Kesme Donatısız Betonarme Kirişlerin Analizi, YTÜ, İstanbul, 2005
- [34] MACİT, K.A., Sapanca Gölü'nün Mikrobiyolojik ve Kimyasal Kirlilik Düzeylerinin Saptanması, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2010
- [35] Mc GUFFIE, K., HENDERSON, A., Sellers, HOLBROOK, N., KOTHAVALA, Z., BALACHOVA, O., HOEKSTRA, J., Assessing Simulations Of Daily Temperature and Precipitation Variability With Global Climate Models For Present and Enhanced Greenhouse Climates, 1999
- [36] MEEHL, G.A., WASHINGTON, W.M., El Nino-Like Climate Change In a Model With Increased Atmospheric CO₂ Concentrations, 1996
- [37] METEOROLOJİ İSTASYON MÜDÜRLÜĞÜ, SAKARYA, 2011
- [38] MORİSON, S.R., HEIN, F.J., Sedimentology Of The Whic Chamel Gravels, Klondike Areai Yukon Territory, 1987
- [39] NASH, L.L., GLEICK, P.H., The Colorado River Basin And Climatic Change, The Sensitivity Of Streamflow And Water Supply To Variations In Temperature And Precipitation, Washington, 1993

- [40] ORLOB, G.T., MEYER, G.K., SOMLYODY, L., JURAK, D., SZESZTAY, K., Impact Of Climate Change On Water Quality, In Water Resources Management In The Face Of Climatic, Hydrologic Uncertainties, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Nether Lands, 1996
- [41] OKTAŞ, Ş., İYİGÜN, E., GÜRBÜZ, B., KOÇBUG, Z., Sapanca Havzasında 1986 Ve 1999 Yılı Su Kalite Değerlendirmeleri, TC Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, 2002
- [42] PILGRIM, J.M., FANG, X., STEFAN, H.G., Stream Temperature Correlations With Air Temperatures In Minnesota, Implications For Climate Warming, 1998
- [43] REYNARD, N.S., PRUDHOMME, C. AND CROOKS, S.M., The Potential Impacts Of Climate Change On The Flood Characteristics Of A Large Catchment In The UK., In Proceedings Of The Second International Conference On Climate And Water, Espoo, Finland, August, 1998
- [44] RISBY, J.S. and ENTEKHAB, D., Observed Sacramento Basin Streamflow Response To Precipitation And Temperature Changes And Its Relevance To Climate Impact Studies, Journal Of Hydrology, 184,209-223,1996
- [45] SAÜ, Sapanca Gölü Ara Raporu, Temmuz 1998
- [46] Sapanca Gölü Su Bütçesi Ve İşletme Kapasitesi Tayini Araştırma Projesi Ara Raporu, 1998
- [47] Sapanca gölü havzası çevre yönetim ve koruma projesi, SASKİ,2003
- [48] SÖNMEZ, O., Akım Ölçümü Yapılamayan Derelerde Debi Süreklilik Çizgisinin Belirlenmesi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Haziran 2010
- [49] ŞEN,Z., Yapay Sınır Ağı İlkeleri, Su Vakfı, İstanbul, 2004
- [50] TANIK, A., BAYKAL, B., GÖNENÇ,E.,ÖKTEM, Y., Effect And Control Of Pollution In Catchments Area Of Lake Sapanca, Turkey, 1998
- [51] TUĞRUL, S., MORKOÇ,E., Sapanca Gölü'nün Limnolojik Özellikleri, 1991
- [52] TÜBİTAK, Kamu Kurumları Araştırma ve Geliştirme Projelerini Destekleme Programı, Proje Sonuç Raporu, Sapanca Gölü'nün Öncelikli Kirlilik Kaynaklarına Özgü Kontrol Teknolojilerinin Araştırılıp Geliştirilerek Göl Havzası İçin Uyarlanması, 2010
- [53] VELİOĞLU, M., Sapanca Gölü İle İlgili Kirlilik Araştırmaları ve Koruma İle İlgili Öneriler, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü ,2-18, 106-109, Sakarya 1998

- [54] YALÇIN, N., SEVİNÇ, V., Sapanca Gölü'ne Besi Maddesi Yükleme ve Gölün Trofik Durumu, 1993
- [55] YALÇIN, N., SEVİNÇ, V., Heavy Metal Content Of Lake Sapanca, 2001
- [56] WHITE, A.F., BLUM, A.E., Effects Of Climate On Chemical Weathering In Watersheds, 1995

ÖZGEÇMİŞ

1982 doğumlu olan Sümeyra DEMİR, ilkokulu Bilecik, lise öğrenimini Sakarya'da tamamlamıştır. 2003 yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünde üniversite hayatına başlamış, 2004 yılında İnşaat Mühendisliğini Çift Anadal Programı ile okumaya hak kazanmıştır. 2007 yılında her iki bölümden de mezun olmuştur. 2008 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başlamıştır.

2007 yılından itibaren Sakarya Büyükşehir Belediyesi SASKİ Genel Müdürlüğü'nde Çevre Mühendisi olarak çalışmaya devam etmektedir. Evli ve bir çocuk annesidir.