

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

139849

**ÖMERLİ HAVZASINDA KİRLENME EĞİLİMİ VE
FOSFOR MODELİ UYGULAMASI**

- 139849 -

Çevre Müh. Ebru AKKAYA

**F.B.E Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Prof. Dr. Ferruh ERTÜRK (Danışman)

Prof. Dr. Ahmet Demir

Doç. Dr. Atilla Akkoç

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ferruh ERTÜRK

İSTANBUL, 2003

**TE. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMENTASYON MERKEZİ**

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	iv
KISALTMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	xi
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Anlam ve Önemi	1
1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	2
1.3 Literatür Araştırması	3
1.3.1 Ömerli Havzası ile ilgili çalışmalar	3
1.3.2 Göl Modelleme ile ilgili çalışmalar	16
2. ÖMERLİ HAVZASI.....	21
2.1 Ömerli Havzasının Tanıtımı	22
2.1.1 Doğal coğrafya	22
2.1.2 Jeolojik yapı.....	23
2.1.3 Meteorolojik özellikler.....	25
2.1.4 Sosyal ve ekonomik yapı.....	26
2.1.5 Sanayi ve ticaret.....	29
2.1.6 Ömerli Baraj Gölü'nü besleyen dereler	30
3. ÖTROFİKASYON VE SU KALİTESİ	33
3.1 Ötrofikasyon	33
3.1.1 Göllerin trofik sınıflandırılması	33
3.1.2 Ötrofikasyon kontrolü	35
3.1.2.1 Ötrofikasyonun sebepleri	36
3.1.2.2 Fosforun ötrofikasyona etkisi	36
3.1.2.3 Ötrofikasyonun belirtileri	38
3.1.2.4 Ötrofikasyonun etkileri	39
3.2 Ömerli Rezervuarı'nın Su Kalitesi	40
3.2.1 Su Kalitesini Bozucu Unsurlar	41
3.2.2 Su Kalitesini Koruma ve İyileştirme.....	43
4. REZERVUARDA YAPILAN ÖLÇÜMLER VE SONUÇLARI.....	48

4.1	Deneysel Analiz Yöntemleri	50
4.2	Deneysel Bulguların Değerlendirilmesi	52
4.2.1	Aylara göre parametrelerdeki değişimlerin incelenmesi	52
4.2.2	İstasyonlara göre parametrelerdeki değişimlerin incelenmesi	72
4.2.3	Derinliklere göre parametrelerdeki değişimlerin incelenmesi	79
4.2.4	Gölü besleyen derelerde yapılan ölçümler	86
5.	FOSFOR MODELİ UYGULAMASI	91
5.1	Giriş	91
5.2	Göl Modelleme Yazılımı: STEPS	93
5.2.1	Matematiksel İfadeler	94
5.3	Modelin Çalıştırılması	99
5.4	Sonuçlar ve Tartışma	110
6.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	112
KAYNAKLAR		114
EKLER		117
Ek 1 Orto Fosfat ve Klorofil-a 'nın Birbirleriyle Zamana Bağlı İlişkileri		118
Ek 2 Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nin Havza ve Göllerle İlgili Bölümleri		121
Ek 3 Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (04.09.1988)		126
Ek 4 Farklı Durumlar İçin Modelin Çalıştırılması		128
ÖZGEÇMİŞ		131

SİMGE LİSTESİ

Pdet	Detritus içindeki fosfor [mg/l]
Phyt	Fitoplankton [mg/l]
PS	Çözünmüş fosfor [mg/l]
Psed	Sedimentteki fosfor [g/m ²]
Zoo	Zooplankton [mg/l]
LightLim	Işık eksikliğinden dolayı büyüme sınırı
Graz	Zooplanktonların beslenmesi [mg/l/gün]
PLim	Fosfor eksikliğinden dolayı büyüme sınırı
Alpha	Suyun ışık sönüm katsayısı [/m]
Beta	Fitoplanktonun ışık geçirme (bulundurma) katsayısı [/m]
D	Göl derinliği [m]
Decomp	Detritus bozunma oranı [/gün]
GrazMax	Maksimum beslenme oranı [/gün]
GZK	Zooplankton beslenmesi için limit fitoplankton konsantrasyonu [mg/l]
kl	Fitoplanktonun fosfor / biyokütle oranı
KL	Lightuptake (Işık bulundurma) Monod sabiti [kcal/m ² /gün]
KP	Fosfor uptake (fosfor bulundurma) Monod sabiti [mg/l]
KPhyt	Beslenme Monod sabiti [mg/l]
Light	Işık yoğunluğu [kcal/m ² /gün]
MortPhyt	Fitoplanktonun ölüm oranı [/gün]
MortZoo	Zooplanktonun ölüm oranı [/gün]
MyMax	Fitoplanktonun maksimum büyüme oranı [/gün]
PRel	Sedimentten gelen fosfor oranı [/gün]
PSi	Giriş suyundaki fosfor konsantrasyonu [mg/l]
Q	Hidrolik giriş / çıkış [m ³ /gün]
SedDet	Detritus sedimantasyon oranı [m/gün]
V	Göl hacmi [m ³]
Y	Zooplanktonun asimilasyon verimi
ZooK	Zooplanktonun taşıma kapasitesi [mg/l]

KISALTMA LİSTESİ

DSİ	Devlet Su İşleri
İSKİ	İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
TUBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu
MAM	Marmara Araştırma Merkezi
SKKY	Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
OECD	Ekonomik İşbirliği ve Gelişim Organizasyonu
ÖEJV	Ömerli Elmalı Ortak Girişimi Çevre Koruma Projesi



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Ömerli su havzasının IRS-LISS ve IRS-IC verileri ile karşılaştırılarak oluşturulmuş görüntüleri ile sınıflandırılmış sonuç görüntüleri a) 5 Temmuz 1996 b) 26 Temmuz 2000 (Coşkun vd., 2001 a).....	13
Şekil 1.2 Ömerli havzasının Temmuz 2000 tarihli IRS-LISS verileri ile oluşturulan, havza koruma bandları ve baraja boşalan dereleri gösteren dataların karşılaştırılarak oluşturulmuş sonuç görüntüsü (Coşkun vd., 2001 b).....	13
Şekil 1.3 Ömerli barajında farklı tarihli ve farklı uydu verileri ile oluşturulmuş, su kalitesinin çalışıldığı sonuç görüntüleri a) 11 Temmuz 1992 tarihli Landsat-5 TM uydu verileri, b) 5 Temmuz 1996 tarihli IRS-LISS uydu verileri, c) 26 Temmuz 2000 tarihli IRS-LISS uydu verileri (Coşkun vd., 2001 b).....	14
Şekil 1.4 Uzaktan algılama yöntemiyle elde edilmiş Mayıs 2001 tarihli Ömerli Gölü su kalitesi değişim görüntüleri a) Fosfor değişimi b) Klorofil değişimi (Tüfekçi vd., 2002).....	15
Şekil 2.1 İstanbul'da içme suyu amaçlı kullanılan göl ve barajlar	21
Şekil 2.2 Ömerli Havzasının topoğrafik yapısı (Suri, 2000)	24
Şekil 2.3 Ömerli Havzasının 1959-2002 yılları arasındaki aylık ve senelik ortalama yağış değişimi.....	26
Şekil 2.4. Ömerli Barajı ve Paşaköy biyolojik arıtma havzası	30
Şekil 2.5 Ömerli Havzasındaki derelerde su kalitesi (Suri, 2000).....	32
Şekil 3.1 Gölde fosfor döngüsü	37
Şekil 3.2 Göl ortamına ötrofikasyonun etkisi	38
Şekil 3.3 Ömerli Rezervuarlarında 1975-1982 yılları arasında Toplam Fosfor konsantrasyonu değişimi ve projeksiyonlar (İSKİ Sultanbeyli Projesi 2002).	41
Şekil 3.4 Paşaköy Atıksu Arıtma Tesisi farklı yıllardaki giriş-çıkış toplam fosfor ve debi değişimi.....	44
Şekil 4.1 Ömerli Gölü örnekleme noktaları (Tüfekçi vd., 2002).....	49
Şekil 4.2 A II model auto analyzer	50
Şekil 4.3 Spektrofotometre.....	50
Şekil 4.4 Mayıs ayı ölçüm grafikleri (15.05.2002) a) o-PO ₄ 'ün istasyonlara göre değişimi b) P-P'nin istasyonlara göre değişimi c) T-P'nin istasyonlara göre değişimi d) Klorofil-a'nın istasyonlara göre değişimi.....	61
Şekil 4.5 Haziran ayı ölçüm grafikleri (11.06.2002) a) o-PO ₄ 'ün istasyonlara göre değişimi b) P-P'nin istasyonlara göre değişimi c) T-P'nin istasyonlara göre değişimi d) Klorofil-a'nın istasyonlara göre değişimi.....	62
Şekil 4.6 Temmuz ayı ölçüm grafikleri (03.07.2002) a) o-PO ₄ 'ün istasyonlara göre değişimi b) P-P'nin istasyonlara göre değişimi c) T-P'nin istasyonlara göre değişimi d) Klorofil-a'nın istasyonlara göre değişimi.....	63
Şekil 4.7 Ağustos ayı ölçüm grafikleri (14.08.2002) a) o-PO ₄ 'ün istasyonlara göre değişimi b) P-P'nin istasyonlara göre değişimi c) T-P'nin istasyonlara göre değişimi d) Klorofil-a'nın istasyonlara göre değişimi.....	64
Şekil 4.8 Eylül ayı ölçüm grafikleri (19.09.2002) a) o-PO ₄ 'ün istasyonlara göre değişimi b) P-P'nin istasyonlara göre değişimi c) T-P'nin istasyonlara göre değişimi d) Klorofil-a'nın istasyonlara göre değişimi.....	65
Şekil 4.9 Ekim ayı ölçüm grafikleri (16.10.2002) a) o-PO ₄ 'ün istasyonlara göre değişimi b) P-P'nin istasyonlara göre değişimi c) T-P'nin istasyonlara göre değişimi d) Klorofil-a'nın istasyonlara göre değişimi.....	66
Şekil 4.10 Kasım ayı ölçüm grafikleri (13.11.2002) a) o-PO ₄ 'ün istasyonlara göre değişimi b) P-P'nin istasyonlara göre değişimi c) T-P'nin istasyonlara göre değişimi d) Klorofil-a'nın istasyonlara göre değişimi.....	67

Şekil 4.11 Aralık ayı ölçüm grafikleri (17.12.2002) a) o-PO_4 'ün istasyonlara göre değişimi b) P-P'nin istasyonlara göre değişimi c) T-P'nin istasyonlara göre değişimi d) Klorofil-a'nın istasyonlara göre değişimi.....	68
Şekil 4.12 Ocak ayı ölçüm grafikleri (08.01.2003) a) o-PO_4 'ün istasyonlara göre değişimi b) P-P'nin istasyonlara göre değişimi c) T-P'nin istasyonlara göre değişimi d) Klorofil-a'nın istasyonlara göre değişimi.....	69
Şekil 4.13 Şubat-Mart ölçüm grafikleri (06.03.2003) a) o-PO_4 'ün istasyonlara göre değişimi b) P-P'nin istasyonlara göre değişimi c) T-P'nin istasyonlara göre değişimi d) Klorofil-a'nın istasyonlara göre değişimi.....	70
Şekil 4.14 Nisan ayı ölçüm grafikleri (02.04.2003) a) o-PO_4 'ün istasyonlara göre değişimi b) P-P'nin istasyonlara göre değişimi c) T-P'nin istasyonlara göre değişimi d) Klorofil-a'nın istasyonlara göre değişimi.....	71
Şekil 4.15 İstasyon 1'deki senelik değişim a) o-PO_4 'ün değişimi b) P-P'nin değişimi c) T-P'nin değişimi d) Klorofil-a'nın değişimi.....	73
Şekil 4.16 İstasyon 2'deki senelik değişim a) o-PO_4 'ün değişimi b) P-P'nin değişimi c) T-P'nin değişimi d) Klorofil-a'nın değişimi.....	74
Şekil 4.17 İstasyon 3'deki senelik değişim a) o-PO_4 'ün değişimi b) T-P'nin değişimi c) Klorofil-a'nın değişimi.....	75
Şekil 4.18 İstasyon 4'deki senelik değişim a) o-PO_4 'ün değişimi b) T-P'nin değişimi c) Klorofil-a'nın değişimi.....	76
Şekil 4.19 İstasyon 5'deki senelik değişim a) o-PO_4 'ün değişimi b) P-P'nin değişimi c) T-P'nin değişimi d) Klorofil-a'nın değişimi.....	77
Şekil 4.20 İstasyon 6'daki senelik değişim a) o-PO_4 'ün değişimi b) T-P'nin değişimi c) Klorofil-a'nın değişimi.....	78
Şekil 4.21 o-PO_4 'ün senelik değişimi a) 0,5 m'deki değişim b) 5 m'deki değişim c) 10 m'deki değişim d) 20 m'deki değişim.....	82
Şekil 4.22 P-P'nin senelik değişimi a) 0,5 m'deki değişim b) 5 m'deki değişim c) 10 m'deki değişim d) 20 m'deki değişim.....	83
Şekil 4.23 T-P'nin senelik değişimi a) 0,5 m'deki değişim b) 5 m'deki değişim c) 10 m'deki değişim d) 20 m'deki değişim.....	84
Şekil 4.24 Klorofil-a'nın senelik değişimi a) 0,5 m'deki değişim b) 5 m'deki değişim c) 10 m'deki değişim d) 20 m'deki değişim.....	85
Şekil 4.25 Ömerli Baraj Gölünü besleyen dereler ve numune alma noktaları a) Balıca Deresi b) Kömürlük Dere c) Göçbeyli Deresi d) Topçaylılar Deresi	90
Şekil 5.1 Model tiplerinin akış diyagramları a) Model 1, b) Model 2, c) Model 3 d) Model 4.....	93
Şekil 5.2 Işık fonksiyonun değişimi.....	97
Şekil 5.3 P_{lim} 'in PS'ye göre değişimi ($KP = 0.2$).....	98
Şekil 5.4 Taşıma kapasitesi fonksiyonunu ($ZooK = 15$).....	99
Şekil 5.5 Ekim ayı değerlerine göre çözünmüş fosfor konsantrasyonunun değişimi	102
Şekil 5.6 Ömerli Gölünde orto fosfatın 1983-2003 yılları arasındaki değişimi	103
Şekil 5.7 Ekim ayı değerlerine göre detritustaki fosfor konsantrasyonunun değişimi	104
Şekil 5.8 Ekim ayı değerlerine göre fitoplankton konsantrasyonunun değişimi	104
Şekil 5.9 Şubat ayı değerlerine göre çözünmüş fosfor konsantrasyonunun değişimi.....	105
Şekil 5.10 Şubat ayı değerlerine göre detritustaki fosfor konsantrasyonunun değişimi	106
Şekil 5.11 Şubat ayı değerlerine göre fitoplankton konsantrasyonunun değişimi.....	106
Şekil 5.12 Nisan ayı değerlerine göre çözünmüş fosfor konsantrasyonunun 1 yıllık değişimi.....	107
Şekil 5.13 Nisan ayı değerlerine göre çözünmüş fosfor konsantrasyonunun 10 yıllık değişimi.....	108
Şekil 5.14 Nisan ayı değerlerine göre detritustaki fosfor konsantrasyonunun 1 yıllık değişimi.....	108
Şekil 5.15 Nisan ayı değerlerine göre detritustaki fosfor konsantrasyonunun 10 yıllık değişimi.....	109
Şekil 5.16 Nisan ayı değerlerine göre fitoplankton konsantrasyonunun 1 yıllık değişimi	109

Şekil 5.17 Nisan ayı değerlerine göre fitoplankton konsantrasyonunun 10 yıllık değişimi...	110
Şekil Ek 4.1 Ekim ayı değerlerine göre modelin çalıştırılması	128
Şekil Ek 4.2 Ekim ayı değerlerine göre maksimum derinlik için modeli çalıştırılması	129
Şekil Ek 4.3 Şubat ayı değerlerine göre modelin çalıştırılması.....	129
Şekil Ek 4.4 Nisan ayı değerlerine göre modelin bir yıllık çalıştırılması	130
Şekil Ek 4.5 Nisan ayı değerlerine göre modelin 10 yıllık çalıştırılması.....	130



ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 1.1 Yağış suyu örneklerindeki pH değerleri ile sülfat ve nitrat miktarları (Eruz, 1997).	4
Çizelge 1.2 Ömerli Havzasındaki TEM Otoyolundan gelen aylık toplam araç emisyonları	4
Çizelge 2.1 İstanbul için içme suyu amaçlı kullanılan göl ve barajlar.....	22
Çizelge 2.2 Ömerli barajının teknik özellikleri (Kürüm vd., 1989).....	23
Çizelge 2.3 Ömerli Havzasındaki yerleşim yerleri ve nüfus dağılımları (Ceyhan, 1999)	27
Çizelge 2.4 Ömerli bölgesinin kullanım alanları ve dağılımı.....	28
Çizelge 2.5 Ömerli Gölü koruma alanları içersindeki nüfus, yerleşim, sanayi dağılımları (Özdemir, 1997)	29
Çizelge 2.6 Ömerli Gölü çevresindeki koruma alanlarında arazi dağılımı	29
Çizelge 3.1 Ömerli baraj gölünün farklı tarihlerdeki sınıflandırma değerleri.....	40
Çizelge 3.2 Ömerli Rezervuarına 2012 yılı için yağmur suyu ile gelen tahmini kirletici deşarjları (ÖEJV,1993).....	42
Çizelge 3.3 1975-1992 yıllarında ve projeksiyon olarak Ömerli Rezervuarı'na gelen toplam nitrojen ve fosfor yükü	42
Çizelge 3.4 Sular havza dışına aktarıldığında, Ömerli rezervuarında tahmin edilen toplam nitrojen ve fosfor değerleri	43
Çizelge 4.1 Ömerli Baraj Gölündeki ölçüm ve örnekleme istasyonlarının koordinatları.....	48
Çizelge 4.2 Ölçüm ve analizi yapılan ilgili parametreler ve deney koşulları.....	50
Çizelge 4.3 Temmuz ayında (03.07.2002) Ömerli Baraj Gölüne karışan derelerde ölçümü yapılan su kalite parametreleri ve konsantrasyonları (Tüfekçi, vd. 2002)	87
Çizelge 4.4 Ekim ayında (17.10.2002) Ömerli Baraj Gölüne karışan derelerde ölçümü yapılan su kalite parametreleri ve konsantrasyonları (Tüfekçi, vd. 2002).....	87
Çizelge 4.5 Şubat ayında (18.02.2003) Ömerli Baraj Gölüne karışan derelerde ölçümü yapılan su kalite parametreleri ve konsantrasyonları (Tüfekçi, vd. 2003).....	88
Çizelge 4.6 Nisan ayında (03.04.2003) Ömerli Baraj Gölüne karışan derelerde ölçümü yapılan su kalite parametreleri ve konsantrasyonları (Tüfekçi, vd. 2003).....	88
Çizelge 5.1 Model tiplerinde kullanılan parametreler.....	94
Çizelge 5.2 Çeşitli su ortamlarına ait bazı özellikler (Kınacı, 2002).....	96
Çizelge 5.3 Modelde kullanılan parametrelerin değerleri	101
Çizelge Ek 3.1 Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri.....	126
Çizelge Ek 3.2 Göller, göletler, bataklıklar ve baraj haznelerinin ötrofikasyon kontrolü sınır değerleri (SKKY)	127
Çizelge Ek 3.3 Havza koruma mesafelerinde inşaat izin şartları	127

ÖNSÖZ

Çalışmalarım süresince bu teze emeği geçmiş olan aşağıdaki değerli sayın hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkürlerimi ayrı ayrı belirtmek istiyorum.

Çalışmanın yönlendirilmesinde ve yürütülmesinde büyük katkıları olan kıymetli hocam, Prof. Dr. Ferruh Ertürk'e, gösterdiği yakın alaka ve desteği sebebiyle değerli hocam, Prof. Dr. Ahmet Demir'e, çalışmam süresince yardımlarını esirgemeyen sayın hocam, Doç Dr. Atilla Akkoyunlu'ya şükranlarımı arz ederim.

Bu çalışma kapsamında kullanılan verileri temin etmemi sağlayan TUBİTAK MAM Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü çalışanlarına, özellikle sayın Dr. Vildan Tüfekçi ve sayın Dr. Hüseyin Tüfekçi'ye teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam sırasında ilgi ve yardımlarıyla her zaman destek olan, Arş.Gör. Bestamin Özkaya'ya, Arş. Gör. Sinan Bilgili'ye özellikle teşekkür ederim. Ayrıca, Çevre Yüksek Mühendisi Abdullah Dalcı'ya, Uzman Uğur Kurt'a, değerli hocalarıma, oda arkadaşlarıma ve tüm araştırma görevlisi arkadaşlarıma içten teşekkürlerimi sunarım.

Her türlü destekleriyle arkamda olan, benden maddi manevi desteklerini esirgemeyen annem Emine Koca'ya, babam Efrail Koca'ya, kardeşlerim Esra, Eda ve Ece'ye ve eşim Ali Volkan Akkaya'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Çevre Müh. Ebru AKKAYA

ÖZET

Ömerli Rezervuarı su sağlama potansiyeli açısından İstanbul'un en önemli rezervuarıdır. Fakat hızlı kirlilik artışı, plansız ve illegal yapılaşma, uygun olmayan endüstrileşme ve rezervuar koruma bölgesinden geçen otoyollar ve yetersiz altyapıyla birlikte rezervuarın su kalitesinin mezotrofik seviyeden ötrofik seviyeye geçmesine neden olmaktadır. Uzun dönem rezervuarda su sağlamak acil çözüme ulaşmak için gelecekteki su kalitesini tahmin edebilen sürdürülebilir bir yönetim planı geliştirilmelidir. Daha gerçekçi sonuçlara ulaşmak için modelleme çalışması gereklidir. Bundan dolayı bu çalışmanın ana fikri rezervuarda ölçülen datalar yardımıyla rezervuarın şu andaki durumunu ve gelecekteki değişimlerini gösterebilecek bir fosfor model çalışması uygulanmıştır.

Bu çalışma altı bölümden meydana gelmiştir. Bu bölümlerden;

Birinci bölüm giriş bölümü olup, Ömerli Rezervuarının kirlenme eğilimi daha önceki çalışmalar dikkate alınarak kronolojik sırayla değerlendirilmiştir. Ayrıca göllerde yapılan modelleme çalışmaları ile ilgili literatür bilgilerine yer verilmiştir.

İkinci bölümde; çalışmanın yapıldığı Ömerli Rezervuarı hakkında genel bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde; ötrofikasyon ve su kalitesi ile ilgili genel bilgiler verilmiştir.

Dördüncü bölümde; modelleme ile ilgili Ömerli gölünde ve Ömerli gölünü besleyen derelerde yapılan ölçümler, tablolar ve grafikler şeklinde verilmiştir.

Beşinci bölümde; STEPS adlı fosfor modeli uygulaması yapılmış ve sonuçlar grafiklerle gösterilmiştir.

Sonuç bölümü olan altıncı bölümde, yapılan bu çalışma ile ilgili yorumlar yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Ömerli Baraj Rezervuarı, ötrofikasyon, fosfor modellemesi

ABSTRACT

Ömerli reservoir is the major reservoir of Istanbul in terms of water supply potential. However, rapid population increase, unplanned and illegal housing, irrelevant industries and motorways passing through the protection zones of the catchment area, together with insufficient infrastructure, cause the water quality of the reservoir to tend towards the eutrophic stage from the mesotrophic stage parallel to the land use profile. In order to achieve a long-term water supply from the reservoir and to arrive at sanitary solutions, the management plan that can estimate future water quality should be developed. For more realistic results, modeling study must be required. Therefore, the key idea of this thesis is to apply a phosphorus model structure to see the reservoir current and future variations, in light of the guidelines of measured data in the reservoir.

This study consists of six chapters.

The first chapter is an introduction. In this section, deterioration tendency of Ömerli Reservoir water has been evaluated as considering former studies in term of chronologic structure. Furthermore, former lake modeling studies have examined as literature study.

In the second chapter, general information about Ömerli Dam Reservoir has been given for determination lake structural characteristics.

In the third chapter, the information about water quality and eutrophication has been presented for finding current status this lake.

In the fourth chapter, results of the measurements performed in the reservoir are given in tables and graphical forms. In addition to this, these measurements have been used in modeling studies.

In the fifth chapter, benefiting from measurement data, a phosphor model named STEPS has been carried out and results have been showed as graphical form and some comment is done.

Finally, in the sixth chapter, the results of this study have been given in an order.

Keywords : Ömerli Dam Reservoir, eutrophication, phosphorus modelling.

1. GİRİŞ

Eski çağlardan beri su, bütün toplumların en önemli ihtiyacını oluşturmuş ve en önemli yerleşim yerleri hep su kenarlarına kurulmuştur. Bu nedenle su kirliliği bütün toplumların en eski problemlerinden biri olarak, geçmişte olduğu gibi günümüzde ve gelecekte de önemini koruyacaktır. Sanayileşme ve nüfus artışı bu problemin büyümesinde katkıda bulunmuş, endüstriden ve tarımsal etkinliklerden gelen atık sular doğrudan ya da dolaylı yollarla sulara karışarak kirlenmeye sebebiyet vermiş ve hatta toplum sağlığını tehdit eder boyutlara ulaşmıştır.

Dünya nüfusundaki artışa bağlı olarak içme, kullanma ve endüstri tesislerinin su ihtiyacı hızla artmaktadır. Yeryüzündeki doğal su kaynaklarının dağılımına bakıldığında, %97,137 tuzlu su, %0,612 toprak ve taban suyu, %0,09 tatlı su gölleri, %0,001 atmosfer olduğu görülmektedir. Kullanılabilir su kaynaklarının yaklaşık %3 gibi oldukça sınırlı olduğu bu değerlerden anlaşılmaktadır. Günümüzde ülkemizin 104 milyar m³'ü bulan yıllık kullanılabilir su potansiyeli, içme-kullanma, tarımsal sulama ve endüstri tesislerinin gereksinim duydukları yıllık yaklaşık 70 milyar m³ suyu karşılamakla birlikte, yukarı havzalardan başlamak üzere rezervuara kadar su kapasitesi ve depolama miktarını arttırmak amacıyla yeterli önlemler alınmazsa, yakın gelecekte önemli problemlerle karşılaşmamız olasıdır (Var, 1999).

Bugün 10 milyonluk nüfusu ile bir çok dünya ülkelerinden daha fazla insan barındıran İstanbul'a arıtma tesislerinden, arıtma işlemlerine tâbi tutulmuş günde 1,5 milyon m³ su verilmektedir. 2010 yılında yaklaşık 17 milyon nüfusa ulaşacağı tahmin edilen İstanbul'un günlük su ihtiyacı bu tarihte 4,5 milyon m³, senelik ise 1,645 milyar m³ olacaktır. İhtiyaç duyulan bu miktardaki suyun tamamına yakının yüzeysel su kaynaklarından sağlanacağı göz önüne alındığında su havzalarının önemi açıkça görülmektedir (Demir,1999).

1.1 Çalışmanın Anlam ve Önemi

Nüfus artışı, sanayileşme ve gübreli ziraatın gelişmesi, çevre ve özellikle su kaynakları üzerindeki zararlı tesirlerini artırmıştır. Su kirliliği sorununa ilişkin olarak 1980'li yıllardan bu yana İstanbul'daki su toplama havzaları arazi kullanımı bakımından incelendiğinde, İstanbul'da yaşanan su sorunu, temelde göçe bağlı olarak hızlı nüfus artışının etkisinde gelişen ve kontrol edilmeyen arazi kullanımındaki yanlış uygulamalardan kaynaklanmaktadır. Bu gelişmenin ekolojik anlamdaki başlıca sonucu, su kirlenmesi sorunun ortaya çıkmasıdır. Gerek meskun bölge ve sanayi tesislerinin kullanılmış suları, gerekse tarım sahalarının drenaj

suları fosfor, azot ve karbon gibi besi maddelerini yüzeysel sulara taşımaktadır. Kaynaklara giren bu besi maddeleri su ortamındaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik olaylara tesir ederek sistemin ekolojik yapısını değiştirmektedir.

Ülkemizde yüzeysel suların ve su kaynaklarının planlanması ve idaresi ile görevli kuruluşlarca, gerekli planlama ve düzenleme çalışmalarında uygun bir karara varılabilmesi için, bugünkü ve gelecekteki besi maddesi yüklerinin su kaynaklarında meydana getireceği tesirlerin daha önceden bilinmesi gerekir. Aksi takdirde telafisi mümkün olmayan hatalara sebep olacak karar ve uygulamalara gidilebilir. Yüzeysel sulara giren besi maddelerinin sebep olduğu zararlı tesirlerin giderilmesi için alınacak önlemler son derece pahalı olup tatbikleri de kolay değildir. Bu tür yanlış uygulamalara meydan vermemek için, karar mercilerince kullanılabilecek su yatağındaki çeşitli kirletici madde konsantrasyonlarını önceden hesaplamaya yarayan modellere ihtiyaç vardır (Karpuzcu, 1982).

Bu nedenlere bu çalışmada Ömerli Gölünde fosfor modeli uygulaması yapılmıştır. Ötrofikasyonu belirleyen dinamik değişkenleri temsil eden bu model ile geçmişteki verilerin incelenmesi, mevcut durumun değerlendirilmesi ve gelecekteki ihtiyaçların plan ve projelendirilmesi daha sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilebilir.

1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Çalışmanın esas amacı, içme suyu amaçlı kullanılan Ömerli Gölü'nün yaşlanma sürecinin hızlanmasına, bataklıklaşmasına ve kullanım imkanlarının kısıtlanmasına neden olan ötrofikasyon prosesindeki etken parametrelerden fosfor bileşiklerini ve klorofil konsantrasyonlarını su kalitesi için incelemek ve model uygulaması gerçekleştirmektir. Bu amaç çerçevesinde çalışmanın kapsamını;

- Geçmişte Ömerli Havzası ile ilgili yapılan çalışmaların kronolojik sırayla değerlendirilmesi, modelleme ile ilgili göllerde yapılmış çalışmaların değerlendirilmesi,
- Havzanın tanıtımı, çevresel özelliklerinin tanımlanması ve ötrofikasyon hakkında genel bilgiler,
- Mayıs 2002-Nisan 2003 tarihleri arasında yapılan havza ölçümleri ile su kalitesi için fosfor ve klorofil konsantrasyonlarının derinliklere ve istasyonlara göre değişimlerinin analizi,

- Ötrofikasyon sürecini önceden hesaplayarak gerekli tedbirlerin alınmasında önemli rol alabilecek fosfor ve klorofil konsantrasyonlarının model uygulaması oluşturmaktadır.

1.3 Literatür Araştırması

Bu bölümde Ömerli Havzası ile ilgili ve göllerde modelleme ile ilgili çalışmalara yer verilmiştir.

1.3.1 Ömerli Havzası ile ilgili çalışmalar

Ömerli Havzası'nın hava ve su kirliliğinin ekolojik değerlendirmesi;

1997'de İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi tarafından Ömerli Havzasında yapılan çalışmada açık alan yağışları ve üst topraktan (0-10 cm) alınan toprak örnekleri analiz edilmiştir. Ayrıca karşılaştırma sağlamak amacıyla kirletici kaynaklarının en düşük düzeyde olduğu Belgrad ormanından ve en yüksek olduğu Vefa'dan örnekleme alanları seçilmiştir. Yağış suyu örneklerindeki pH, nitrat ve sülfat değerleri Çizelge 1.1'de verilmiştir. Yapılan çalışmada 1 numaralı örnekler Vefa'dan, 2 numaralı örnekler Belgrad Ormanından, 3 numaralı örnekler ise Ömerli Havzasından alınmıştır. Yağış suyu örneklerinin pH değerleri hava kirliliğindeki değişime bağlı olarak emisyonun yüksek olduğu dönemde daha düşük bulunmuştur. Nitekim kirli hava döneminde (Kasım-Mart) belirlenen en düşük değerler genel olarak 5,0 pH'nın altında kalmaktadır. Bu dönemde pH zaman zaman 4,0'ın altına bile düşmüştür. Temiz hava döneminde ise en düşük pH değerleri 5,0'ın üzerinde olup, genel olarak 6,0 civarında bulunmuştur. Yağış örneklerinde belirlenen sülfat ve nitrat miktarları genel olarak pH değişimine uymaktadır. Toprak örneklerinde yapılan pH ve kükürt analizlerinde değişimler şu şekildedir; kent merkezinde (Vefa) balçık 5,4 pH, 67 ppm kükürt; Belgrad ormanında kumlu balçık, 5,1 pH, 50 ppm kükürt; Ömerli Havzasında balçık; 5,6 pH, 67 ppm kükürt bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, asit yağışların toprağın tampon özelliğinin devam etmesinden dolayı toprak özelliklerinde ekolojik bir değişim yaratmadığı görülmektedir. Ancak İstanbul toprağının kireç içermemesi nedeniyle, asit yağışların devam etmesi ve toprağın asit depolamaya devam etmesi durumunda yakın bir gelecekte toprak asit özellik kazanacaktır. Sonuç olarak Çizelge 1.1 'den de görüleceği üzere kent merkezi dışından alınan örneklerden Belgrad Ormanının ve Ömerli Havzasının hava kirliliğinden çok etkilenmediği görülmektedir (Eruz, 1997).

Çizelge 1.1 Yağış suyu örneklerindeki pH değerleri ile sülfat ve nitrat miktarları (Eruz, 1997).

Örnek no	Parametreler	Aralık 1994	Ocak 1995	Şubat 1995	Mart 1995	Nisan 1995	Haziran 1995	Temmuz 1995	Kasım 1995
1	pH (min-max)	4,0-4,8	3,8-4,6	4,6-5,2	4,0-6,2	5,7-6,7	6,2-6,5	6,4-7,2	3,8-6,0
	ortalama	4,2	4,2	4,9	4,9	6,4	6,5	6,7	4,5
1	SO ₄ (mg/l)	20,3	12,9	14,5	12,8	8,5	9,6	8,5	11,2
1	NO ₃ (mg/l)	6,6	5,0	4,9	2,4	3,7	2,3	2,2	5,0
2	pH (min-max)	4,1-5,2	4,3-5,4	4,8-5,4	5,0-6,5	6,0-6,8	6,4-7,0	6,5-7,5	4,8-5,2
	ortalama	4,4	4,7	5,0	5,4	6,4	6,7	7,0	5,0
2	SO ₄ (mg/l)	10,6	13,0	11,2	12,0	8,5	9,6	9,2	10,1
2	NO ₃ (mg/l)	2,5	3,0	2,0	1,5	1,5	1,1	1,6	1,0
3	pH (min-max)	4,1-5,4	4,3-5,4	4,7-5,2	5,1-6,5	6,2-7,0	6,5-6,8	6,6-7,0	4,8-5,2
	ortalama	4,4	4,7	5,0	5,3	6,6	6,6	6,8	5,0
3	SO ₄ (mg/l)	15,0	10,7	9,3	10,3	9,0	-	10,1	9,5
3	NO ₃ (mg/l)	3,0	2,2	2,0	1,0	1,0	-	0,8	1,0

Alp vd. 1993 'de yaptıkları çalışmada Ömerli Havzasındaki TEM Otoyolundan gelen aylık toplam araç emisyonları kg/gün olarak 9 ay boyunca ölçülmüştür (Çizelge 1.2). TEM Otoyolunun 10 km'si Ömerli Havzasından geçmektedir. Rezervuara atmosferle, 2300 ha'lık bir alandan 1,3 kg/gün fosfor, 16 kg/gün azotun taşınması olasıdır. Hafta içi pik saatlerde, Fatih Sultan Mehmet Köprüsünden yaklaşık 6500 araç geçtiği saptanmıştır (Suri 2000). Fatih köprüsünden geçen araçların %40'nun Ömerli havzasından geçtiği kabul edilmektedir (Özdemir, 1997). Bu durumda TEM Otoyolunun Ömerli Havzasını sürekli kirleten bir kaynak olduğu görülmektedir. İçme suyu havzalarından geçirilen otoyollar, sanayi alanlarının bu bölgelerde yerleşmelerini kuvvetlendirmekte, nüfus artışına ve barınma alanlarının gelişmesine neden olmaktadır.

Çizelge 1.2 Ömerli Havzasındaki TEM Otoyolundan gelen aylık toplam araç emisyonları

Aylar	Benzinli Araçlar					Dizel Araçlar				
	CO	HC	NO _x	SO _x	Pb	CO	HC	NO _x	SO _x	Pb
Kasım	5350	600	995	17	10,0	240	160	850	145	97
Aralık	5270	590	980	16	9,8	215	142	760	129	86
Ocak	4940	550	920	15	9,2	175	115	610	104	69
Şubat	3945	440	735	12	7,4	200	133	705	120	80
Mart	4720	530	880	15	8,8	265	177	945	161	107
Nisan	4625	515	860	14	8,6	220	147	785	134	89
Mayıs	5240	585	975	16	9,8	290	192	1020	174	116
Haziran	5195	580	970	16	9,7	295	196	1045	179	119
Temmuz	6440	720	1200	19	12,0	330	220	1170	200	133

Havzanın su kalitesi ile ilgili daha önce yapılan çalışmalar tarih sırasına göre aşağıda belirtilmiştir;

- DAMOC Raporu; Günümüzde geliştirilen projelerin temelini dünya sağlık örgütü (WHO) öncülüğünde kısa adı DAMOC olan bir konsorsiyuma yaptırılan fizibilite raporu oluşturmaktadır. 1964-1968 yılları arasında Riva deresinde yapılan analiz sonucunda düşük oranda bakteriyel kirlilik bulunmuştur (Suri, 2000).
- 1987 G.W.E COWI Consult Raporu; Havzanın güneyindeki Tepeören ve Balçık civarındaki derelerde kirlilik belirtileri görülmüştür (Suri, 2000).
- 1989 DSİ Kirlilik Araştırma Raporu; Ozandere, Göçbeylidere, Ömerli barajının su alma yapısı, su arıtma tesisinden çıkan su ve Esenceli Köyü açısından alınan örneklerle göre 1981-1988 yılları arasında analiz yapılmış ve buna göre fiziksel ve inorganik parametrelerin standartların üzerinde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca derelerde insan ve hayvan atıklarına bağlı biyolojik kirlilik ortaya çıkmıştır. Bu tarihteki çalışmada baraj gölünün fosfor yükü açısından kritik değerleri yaklaştığı ve kirlilik açısından mezotrofik göller arasında yer aldığı tespit edilmiştir (Kürüm, 1989).
- 1990 DSİ Kirlilik Araştırma Raporu; Havzanın %90'nının izlenebildiği analizler sonucu, gölü besleyen akarsuların bakteriyolojik açıdan kirli olduğu tespit edilmiştir. Ömerli Baraj Gölünün hangi sınıf göl olduğunun saptanması amacıyla yapılan üretkenlik düzeyi saptama çalışmasında göle gelen toplam azot ve fosfor yükleri hesaplanmış ve kritik fosfor yükünün hesaplanmasında Vollenweider yöntemi kullanılmıştır. Rezervuar azot-fosfor yükünün fazlalığından dolayı OECD'nin yaptığı sınıflandırmaya göre ötrofik göller sınırına çok yaklaşmıştır.
- 1993 ÖEJV Raporu; Bu çalışma ile Elmalı ve Ömerli Rezervuarlarının su kalitesinin içme suyu olarak kullanılabilir halden çıkmasının önlenmesi ve mevcut durumun iyileştirilmesine yönelik alternatif çözümler getirilmiştir. Ömerli ve Elmalı havzaları içindeki kentleşmenin hızlı ve kontrolsüz şekilde sürmesi halinde her iki rezervuarda önemli oranda kirleneceği, su arıtma maliyetinin artacağı, çamur üretiminin fazlalaşacağı ve en sonunda su temini amacıyla kullanılan bu rezervuarların terkinin dahi gündeme gelebileceği tespit edilmiştir. Rezervuarlar içindeki su kalitesi atıksuların sebep olduğu kirlenmeden dolayı zaten etkilenmiş durumdadır ve mevcut ötrofik koşullar 10-15 sene içinde gelişmiştir. Ömerli ve Elmalı Çevre Koruma Projesi Fizibilite Çalışması Raporu'nda (1993) Ömerli havzasındaki yerleşimlerden ortaya

çıkan ve toplanan atık suyun çevresel etkisini azaltmak maksadıyla gelişmiş tip atık su arıtma tesisi önerilmiştir. Bu tesisin Paşaköy civarına inşa edilmesi planlanmıştır. Tesisten çıkan arıtılmış atık su, tüneller vasıtasıyla Riva Deresi yolu ile havzanın dışına deşarj edilecektir. Tesisten çıkan atık su İSKİ standartlarının gerektirdiği azot ve fosfor giderimi de dahil tam biyolojik arıtma işleminden geçmiş olacaktır (Ö.E.J.V., 1993). Önerilen bu tedbirlerin büyük bir kısmı 1994'ten günümüze kadar tamamlanmış ve öncelikle su kalitesinin kötüye gidişi durdurularak, rezervuarlardaki su kalitelerinde iyileşmeler sağlanmıştır.

- 1994 Çevre Bakanlığı-İTÜ Acil Eylem Planı; DSI'nin 1981-1991 ve İSKİ'nin 1990-1992 yıllarındaki ölçümleri değerlendirildiğinde, rezervuarı besleyen başlıca derelerden SKKY'ne göre havzanın kuzey ve doğusunda kalan 4 dere ve güneydeki derelerden biri 1. sınıf, güneydeki diğer dere 3. sınıf, batıdaki dere ise 4. sınıf su kalitesindedir. Rezervuradaki su kalitesi SKKY'ne göre 3. ve 4. sınıfa girmektedir. Buna göre baraj gölünün su kalitesi, normal arıtma ile içme suyu olarak kullanılabilir bir yapıdadır. Ancak besi maddesi yükü bakımından ötrofik yapıda olup ağır metaller açısından bakıldığında bakır, nikel, kurşun ve kadmiyum miktarlarının istenenden fazla olduğu ve sınırı zorladığı görülmektedir (Pala, 1994). Ayrıca İSKİ tarafından 1994-2001 yılları arasında Ömerli Havza Koruma Projesi çerçevesinde pek çok yatırımlar gerçekleştirilmiştir. Bu yatırımlar, Batı Sultanbeyli-Samandra Atıksu Ana Toplayıcıları, Doğu Sultanbeyli Atıksu Toplayıcıları Terfi Hattı ve Terfi Merkezi, Doğu Sultanbeyli Atıksu Toplayıcıları, Terfi Hattı ve Terfi Merkezi ve Paşaköy İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisidir.
- 2002 Sultanbeyli Belediyesi İmar Planının Ömerli Havzası-Su Kalitesi Üzerine Etkisinin İncelenmesi Projesi; Havzalarda yaşanan gerek yaptırımcı ve gerekse yatırımcı arasındaki her türlü çatışma ve olumsuzlukları, ayrıca mevcut durumu da göz önüne alarak hazırlanmış bulunan bu imar planının uygulanması, bölgedeki kaçak yapılaşma baskısını kontrol altına alarak, havzada koruma-kullanma dengesini sağlayacak bir yapılaşma ortaya çıkaracaktır. Mevcut plansız ve kontrolü zor durumun devam etmesi ile mukayese edildiğinde, imar planı uygulamasının çevresel etkilerinin olumlu olduğu, Ömerli Rezervuarı su kalitesine ise olumsuz etkisinin bulunmayacağı sonuç ve kanaatine ulaşılmaktadır. 1993 senesinde Ömerli Rezervuarı havzasının tamamının ele alındığı ÖEJV çalışmasında, projeye konu olan Sultanbeyli Belediyesi de yer almış olup; daha sonraları rezervuardaki su kalitesinin korunması için İSKİ

tarafından alınacak tedbirler ve gerçekleştirilecek altyapı ve arıtma tesisleri ihtiyacının belirlenmesinde bu raporda verilen alternatifler esas alınmıştır. İSKİ Genel Müdürlüğü tarafından 1994-2001 seneleri arasında inşa edilen atıksu kollektörleri ve Paşaköy Arıtma Tesisleri sistem ve kapasite olarak bu raporda yer alan alternatiflerden en uygunları seçilerek gerçekleştirilmiştir. Bu sebeple, “Ömerli ve Elmalı Çevre Koruma Projesi Fizibilite Çalışması” nda yer alan projeksiyonlar, bu raporda konu olan Sultanbeyli Belediyesi Uygulama İmar Planı ile getirilen yüklerin örtüşmesi açısından önem arz etmektedir. Bölgede toplam atık su miktarı ile kıyaslandığı zaman endüstriyel atıksu miktarının toplam içindeki payı %3’den daha azdır. Arıtma tesislerinin projelendirilmesinde ileride çıkacak endüstriyel atıksuyun, toplam yüke olan oranının çok düşük olmaya devam edeceği ve bu miktarın evsel atıksu yükü içine dahil edileceği kabul edilmiştir.

- 2003 TÜBİTAK MAM Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Enstitüsü 502 75 02 No’lu Rapor; Mayıs 2002-Nisan 2003 sürecinde Ömerli Baraj Gölü ve göle karışan bazı derelerde kirletici konsantrasyonları ve bunların zaman bağlı değişimleri analiz edilmiştir. Sonuçlara bağlı olarak Ömerli Baraj Gölünün, toplam azot ve toplam fosfor parametreleri bakımından SKKY’ne göre ötrofikasyonu kontrol sınır değerlerinin çok üstünde olduğu tespit edilmiştir. Derelerde yapılan analizler sonucunda da su kalite parametrelerinin bazılarının sınır değerlerde veya altında bulunduğu ve çoğunlukla I-III. sınıf su kalite kriterleri özelliğinde olduğu saptanmış olup derelerin toksik olmadığı toksisite testlerinden anlaşılmıştır. Göl sedimentinde yapılan organik karbon analiz sonuçlarına göre, karasal girdilere bağlı olarak sedimanda organik madde birikiminin olduğu ve deşarjların karışım noktalarında yüksek sedimantasyon hızına ulaştığı saptanmıştır. Toplam fitoplankton bakımından en üretken ayların, Mayıs, Eylül ve Kasım olduğu anlaşılmıştır. Bu çalışmalarda elde edilen sonuçlara göre, Ömerli Baraj Gölündeki kirliliğin besin elementi yüküne bağlı olarak evsel atık suların kaynaklandığı tespit edilmiştir. Özellikle deşarjlardan gelen kirlilik gölün su kalitesinde önemli etkiye sahip olmuştur. Genel olarak su kalitesini açıklamak amacıyla aşağıda bazı parametrelerden bahsedilmiştir;

Sıcaklık; Yaz mevsimini temsil eden aylarda, su sıcaklığının yüzeyde maksimum değerlere ulaştığı ve yüzey-5 m arasında 20-28 ° C arasında sıcaklık değerleri taşıyan termoklin tabakası olduğu saptanmıştır. Bu tabakadan sonra su sıcaklığı 5-15 m arası hızla azalarak 8-10 ° C arasında sabit değerlere ulaşmıştır. Kış mevsimini temsil eden aylara göre 5-9 ° C aralığında

değişim gösteren baraj gölünün çok iyi bir karışım gösterdiği dolayısıyla alt ve üst sular arasında sıcaklık farklılaşması olmaksızın sıcaklıkların eşit değerlerde olduğu ve yaz aylarında belirginleşen termoklin tabakasının kırıldığı tespit edilmiştir.

İletkenlik; İletkenlik değerleri, mevsim şartlarına bağlı olarak su sıcaklığına paralel bir değişim göstermiştir. Maksimum iletkenlik değerleri yaz aylarında, yerleşim yerlerine yakın istasyonlarda, minimum iletkenlik değerleri ise kış aylarında yerleşim yerlerinden uzak istasyonlarda ölçülmüştür. Buna göre en yüksek değer Temmuz 2002'de 3. istasyonda 350 μ S/cm, en düşük iletkenlik değeri ise Şubat-Mart 2003 ölçüm zamanında 6. istasyonda 170 μ S/cm olarak ölçülmüştür.

Seki Diski Derinliği; Işık geçirgenliğinin bir fonksiyonu olan seki diski derinliği, ölçüm süresi boyunca en düşük değeri, Şubat-Mart 2003'de 6. istasyonda 0,6 m olarak, en yüksek değer ise Mayıs 2002'de 5. istasyonda 3,4 m olarak ölçülmüştür. Bütün istasyonlara ait ortalama seki diski derinliği 1,9 m olarak hesaplanmıştır. Seki disk derinliği, istasyonlara, mevsime ve birincil üretime bağlı olarak değişim gösterir.

Askıda Katı Madde; Askıda katı madde miktarının istasyonlara ve zamana bağlı dağılımında, 4., 5. ve 6. istasyonlarda düşük, 1., 2. ve 3. istasyonlarda daha yüksek askıda katı madde konsantrasyonu saptanmıştır. 3. istasyonda, Paşaköy arıtma tesisinden gelen sular, yüzeysel sular ve bu ölçüm noktasının diğer istasyonlara oranla daha sık oluşuna bağlı olarak sedimandan partikül salınımı nedeniyle askıda katı madde seviyesi artmıştır. Maksimum AKM konsantrasyonları 3. istasyonda Ağustos ve Kasım aylarında ortalama 30-40 mg/l olarak ölçülmüş olup, minimum konsantrasyonlar 0-5 mg/l arasında 4, 5 ve 6. istasyonlarda ölçülmüştür. Su alma yapısının yakınındaki istasyon olan 2. istasyonda genel olarak 3-8 mg/l arasında bir değişim vardır, ilk 3 istasyona bakıldığında Ömerli Baraj gölünün SKKY'ne göre ötrofikasyon kontrol sınır değerlerini aştığı görülmektedir.

Toplam Çözünmüş Madde; Toplam çözünmüş madde konsantrasyonu açısından değerlendirme yapıldığında, 3. istasyonda yaklaşık 330 mg/l olarak ölçülen ortalama konsantrasyonlar diğer istasyonlarla kıyaslandığında daha fazladır. Diğer istasyonlarda maksimum 220 mg/l seviyesinde toplam çözünmüş madde konsantrasyonu SKKY'ne göre sınır değerlerin altındadır (Ek 3).

pH; Ömerli Baraj gölünde ölçümü yapılan parametrelerden pH konsantrasyonlarının kirlenmemiş doğal sulardaki seviyelerden (6,5-8,5) farklılıklar saptanmıştır. Ölçüm zamanının tamamında tüm istasyonlarda pH aralığının oldukça geniş değerlerde olduğu anlaşılmıştır.

Yüzey suyunda yaklaşık 7,5-10,5 arasındaki pH derinlik artışıyla birlikte farklı değişimler (7,5-8,5) göstermiştir.

Çözünmüş Oksijen; Kış mevsimini temsil eden aylarda karışıma bağlı pozitif bir etki olarak göl suyunun yüzeyden dibine kadar oldukça doygun çözünmüş oksijen konsantrasyonuna sahip olduğu, derinlik farkı olmaksızın yaklaşık 16 mg/l seviyesine ulaştığı tespit edilmiştir. Kışın doygun oksijenli şartlara kıyasla yazın, daha durgun ve sıcak atmosfer koşulları çözünmüş oksijen bütçesinde azalmalara neden olmuştur. Yüzey suyundaki oksijen 5. ve 10. metrelerde hızla azalarak (0-2 mg/l), alt sularda tükenmiş olup biyolojik yaşamı sınırlayıcı özellik taşımıştır. SKKY’nde I. Sınıf sular için verilen 8 mg/l değeri verilmekle birlikte bu değer Ömerli Gölü için kıyaslama imkanı vermediği anlaşılmaktadır. Çünkü sürekli değişen bir su dinamiği ve biyolojik faaliyet söz konusudur.

Amonyak; Amonyak konsantrasyonu 1., 2. ve 3. istasyonlarda yüksek konsantrasyonlarda ve kararsız bir profil oluştururken, diğer istasyonlarda daha düşük konsantrasyonlarda olup daha kararlı bir profil oluşturmuştur. Bu değişim sene içerisinde 0,028-3 mg/l aralığındadır. Tüm yıl boyunca en yüksek amonyak konsantrasyonunun 3. istasyonda ölçülmüş olup, nedeni olarak Paşaköy arıtma tesisi deşarj sularının bu noktayı etkilediği dolayısıyla yüksek miktarda amonyum azotu içerdiği anlaşılmaktadır. SKKY’nde belirtilen içme suyu temini amacı ile kullanılacak olan yüzeysel sularda amonyum azotu konsantrasyonunun 0,2-1 mg/l arasında olması istenmektedir. Ancak ilk üç istasyonda zaman zaman bu değerlerin dışına çıktığı kaydedilmiştir.

Nitrit+Nitrat Azotu; Özellikle üretim zamanlarına denk gelen aylarda fitoplanktonun kullanımından dolayı ilk 5 m’de düşük değerler gözlenmiştir. Yüzeyde 0,005-1,5 mg/l seviyesinde bulunan nitrit+nitrat azotu konsantrasyonu, dip sulara inildikçe 2,5 mg/l seviyelerinde bulunmuştur. Ömerli gölünde ölçülen nitrat azotu konsantrasyonu I. Sınıf su kalite sınır değerinin altında bulunmuştur (SKKY, Ek 3).

Toplam Azot; Yüzeyde daha düşük olan konsantrasyonların şartlara bağlı olarak 5 metreden sonra artış gösterdiği tespit edilmiştir. İlk 5 metreyi içeren yüzey suyunda toplam azot miktarının 0,5-6,5 mg/l, hızlı bir değişimin izlendiği 10 metreden sonraki derinliklerde 1,5-8 mg/l arasında olduğu saptanmıştır. Gölde yıl boyunca ölçülen değerler, SKKY göller, göletler, bataklıklar ve baraj haznelerinin ötrofikasyonu kontrol sınır değerleri (SKKY, Ek 3) ile karşılaştırıldığında gerek doğal koruma alanı ve rekreasyon, gerekse çeşitli kullanımlar için verilen sınır değerlerin çok üstünde olduğu görülmektedir.

Toplam Fosfat; Örnekleme periyodu boyunca ölçülen toplam fosfat değerleri 3. istasyon dışında birbirinden çok farklılık göstermemiştir. Gölde yıl boyunca ölçülen değerler SKKY, ötrofikasyon kontrol değerleri ile kıyaslandığında, çeşitli kullanımlar için verilen sınır değerlerinin üstünde, bazen de sınırdaki olduğu tespit edilmiştir. Ancak SKKY kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre ise II. Sınıf su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir. (Ayrıntılı bilgi için bakınız; Bölüm 4)

Partikül Fosfat; 3 farklı noktada ölçümü yapılan partikül fosfatın en düşük değerleri, Mayıs 2002, Ocak ve Nisan 2003'de 0,001-0,01mg/l olarak bulunurken, en yüksek değerler yüzeyde Haziran, Temmuz ve Kasım 2002'de 0,025-0,04 mg/l alt sularda ise 0,07-0,09 mg/l arasında ölçülmüştür. (Ayrıntılı bilgi için bakınız; Bölüm 4)

Orto-Fosfat; doğal su ortamlarında fosforun çoğunlukla inorganik formu olan orto-fosfat önemlidir. Göller içersinde başlıca fosfor girişleri nehir akıntıları ve çökelmelerdir. Ayrıca evsel ve endüstriyel atıkların göllere taşınması, yağmur, tarımsal drenaj suları, sel ve erozyon gibi doğal afetlerle de göle fosfor girişi olmaktadır. Bir yıllık izleme çalışması sonucunda orto fosfat değişimi 0,004-0,5 mg/l aralığında değişmektedir. Özellikle ilk üç istasyonda ve derin kesimlerde daha yüksek konsantrasyonlar tespit edilmiştir. (Bakınız; Bölüm 4)

Silikat; Doğal su ortamlarında silikat genellikle yüzeysel sulardan veya karalardan aşınmayla yada kabuklu canlıların kabuklarının ayrışıp ortama tekrar dönmesinden kaynaklanmaktadır. Silikat konsantrasyonu göl suyunda derin kısımlarda maksimum 3-6 mg/l ile yüzeyde minimum 0,048-0,084 mg/l arasında tespit edilmiştir.

Toplam Organik Karbon; Toplam organik karbonun derinliğe ve zaman bağlı değişimi incelendiğinde konsantrasyonların 1,5-6 mg/l arasında değiştiği görülmektedir. ortalama değer 3,5 mg/l civarında olup, maksimum değer Ekim 2002'de yüzeyde 5,8 mg/l olarak ölçülmüştür. Ömerli gölündeki organik karbon miktarı SKKY'ne göre I. Ve II. Sınıf su kalite kriterleri arasına girmektedir.

Klorofil-a; Su ortamlarında biyolojik verimlilik, klorofil-a'nın ölçülmesi ile gerçekleştirilmektedir. Klorofil-a'nın zamana ve istasyonlara bağlı değişiminden 4. Bölümde bahsedilmiştir. En yüksek klorofil-a konsantrasyonu Haziran 2002'de 1. istasyonda yüzeyde 41,3 mg/m³ olarak ölçülmüş olup, bu tarihte örnekleme esnasında göl yüzeyinde üretime bağlı olarak gözle görülebilir bir renk değişimi izlenmiştir. Mayıs 2002-Nisan 2003 döneminde yapılan çalışmada klorofil-a ölçümlerine bağlı olarak fitoplanktondaki maksimum gelişme Mayıs ayında 1. istasyonda 104176 adet/l olarak tespit edilmiştir. Genel olarak

Ömerli baraj gölünde ötrofik fitoplankton türlerinin baskın olduğu tespit edilmiştir. Özellikle en fazla ihtiyaç duyulan besin tuzlarında N ve P formlarının yüksek konsantrasyonlarda bulunması yaz aylarında ötrofik türlerin aşırı artışına neden olmuştur. Fitoplankton ihtiyacına göre en az miktardaki besin elementi onun büyüme oranını sınırlayacaktır. Zaman zaman göldeki alg türüne bağlı olarak farklı derinliklerde, farklı besin elementleri sınırlayıcı olmuştur. Aralık 2002-Nisan 2003 periyodu boyunca N/P oranı 8,6-54,5 arasında olduğu görülmüştür. N/P oranlarına göre birinci element olarak P'un sınırlayıcı element olduğu biyodeneylemlerle doğrulanmıştır.

SKKY'ne göre değerlendirme yapıldığında genel olarak toplam koliform açısından göl suyunun II. sınıf su kalite kriterinde olduğu tespit edilmiştir. Fekal koliform açısından değerlendirme yapıldığında, SKKY'ne göre gölün III. sınıf, zaman zaman ise IV. sınıf su kalitesinde olduğu görülmüştür.

- Burada Ömerli Gölünde uzaktan algılama ile ilgili yapılmış çalışmadan bahsedilecektir; Uzaktan algılama, cisimlere belirli bir uzaklıktan, temas etmeksizin yapılan ölçümler yardımıyla cisimler hakkında bilgi edinme bilimi olarak tanımlanabilir. Fiziksel çevre, yansıttığı ve saçtığı elektromanyetik enerji ile öz bilgilerini yaymaktadır. Uzaktan algılamada yayılan bu elektromanyetik enerji farklılıklarının, görüntü işleme teknikleri ile sınıflandırılması ve yorumlanması ile cisimler birbirinden ayırt edilebilmektedir. Temiz ve berrak nitelikteki su kütlesi ile, içersinde muhtelif kirleticiler ihtiva eden su kütlesi doğal olarak aynı yansıtma özelliklerini göstermemektedir. Çünkü kirletici unsurlar ışığın su içersinde yoluna devam etmesini engelleyerek kirletici unsurun yapısına bağlı olarak farklı yansımasına veya yutulmasına neden olmaktadır. Bu sayısal görüntülerin görüntü işleme sistemlerinde görüntü zenginleştirme ve sınıflandırma teknikleri ile işlenmesi sonucunda yeryüzünün %70'ini kapsayan ve yaşamın temel taşı olan sulardaki; sirkülasyon, kirlilik, su havzalarının izlenmesi, sel, taşkın, ayın çekim etkisi, atmosferik basınç gibi olayları bölgesel ve global olarak inceleme olanağı doğmuştur. Bu farklılıktan yola çıkarak, su kalitesinin yorumlanması alanında uzaktan algılama uygulanabilmektedir. Bu teknik, su kalitesinin yer gerçekliği ölçümleri ile, belirli dalga boylarındaki yansıması veya saçılması arasında ilişki kurmak için yapılan deneysel kalibrasyonu içerir (Altunkaynak vd., 2001). Uydulardan elektromanyetik olarak farklı dalga uzunluğu aralıklarında algılanan yeryüzü, sayısal görüntülere dönüştürülebilmektedir. Suyun içindeki kirletici unsurlar ve suyun ışığı geçirme,

yansıtma, saçma ve yutma özellikleri ile uydu verilerinin ışığın farklı dalga uzunluğu aralığında algılama yapan kanalları göz önüne alınarak incelenen sularda uygulanan uygun görüntü işleme ve sınıflandırma yöntemleri ile farklı tarihlerdeki uydu verileri ile dinamik bir değişim içinde olan sular hidrodinamik yapı ve kirleticiler ile ilişkilendirilerek zamana bağlı değişimler belirlenebilmektedir. Günümüzde uydu verilerinin sağladığı imkanlarla, su havzalarındaki yapılaşmayı ve suların kirliliğini hızlı ve doğru bir şekilde izlemek mümkündür. Özetle farklı tarihlerdeki sayısal uydu verilerinin, Görüntü İşleme Sistemi'nde yersel verilere dayalı olarak işlenmesi CBS ile kombinasyonu ve sınıflandırılması sonucu Ömerli Barajı su kalitesi ve su havzasındaki değişimin izlenmesi çalışmanın esasını oluşturmaktadır. 5 Temmuz 1996 ve 26 Temmuz 2000 tarihli görüntü verileri karşılaştırılarak oluşturulmuş görüntüler ile benzerlik yöntemi uygulanarak elde edilen sonuç görüntülerinin zamana bağlı yerleşim analiz sonuçları yerleşim alanlardaki artış ve orman alanlarındaki azalış Şekil 1.1'de görülmektedir. Bu sınıflandırma için rastgele seçilen 50 noktanın bilgisayara verilmesi sonucu genel sınıflandırma doğruluğu sırasıyla %85 ve %78 olarak hesaplanmıştır. Burada atanan renkler kırmızı: yerleşim, ekru (kırık beyaz): boş alan, koyu yeşil ve fıstık yeşili: yeşil alanlar, siyah: yol, mavi: suya karşılık gelmektedir. Ömerli havzasının Temmuz 2000 tarihli IRS-LISS verileri ile oluşturulan, havza koruma bandları ve baraja boşalan dereleri gösteren dataların karşılaştırılarak oluşturulmuş sonuç görüntüsü Şekil 1.2'de verilmiştir. Ömerli Barajında farklı tarihli ve farklı uydu verileri ile oluşturulmuş, su kalitesinin çalışıldığı görüntüler Şekil 1.3'de görülmektedir. Görüntü yorumlandığında; Ömerli gölüne boşalan tüm derelerin bulunduğu noktalar çok kirli suya karşılık gelen kırmızı, yine kirli fakat farklı kalitede suya karşılık gelen sarı, turuncu, pembe ve bordo renklerin bulunduğu yerler arazi çalışmaları ve yersel verilerle incelendiğinde zamana bağlı değişim uydu verileri ile izlenebilmektedir. İSKİ tarafından Paşaköy arıtma tesisinin 27 Aralık 1998 yılında çalışmaya başlamasının sonucu, Sarıgazi, Samandıra, Sultanbeyli, Alemdağ Yenidoğan ve Sultançiftliği yerleşim bölgelerinde oluşan ve Ömerli Barajına dökülen suları arıtarak baraja vermesi sonucu 1992 ve 1996 yıllarında kirliliğe karşılık gelen renklerle izlenen bölgelerde, 2000 tarihli sınıflandırılmış görüntüde, temiz suya karşılık gelen mavi renkler yer almaktadır. Uzun derenin Paşaköy arıtma tesisine bağlanarak kontrol altına alınması gerekliliği görüntülerden de anlaşılmaktadır (Coşkun vd., 2001 b). Şekil 1.4'de ise uzaktan algılama yöntemiyle elde edilmiş Mayıs 2001 tarihli Ömerli Gölü toplam fosfor ve klorofil değişim görüntüleri verilmiştir. Şekilden de görülebileceği gibi, özellikle toplam fosfor ve klorofil konsantrasyon değerleri Paşaköy Arıtma Tesisi deşarj noktası ve uzun dere civarında yüksektir.

a)

b)

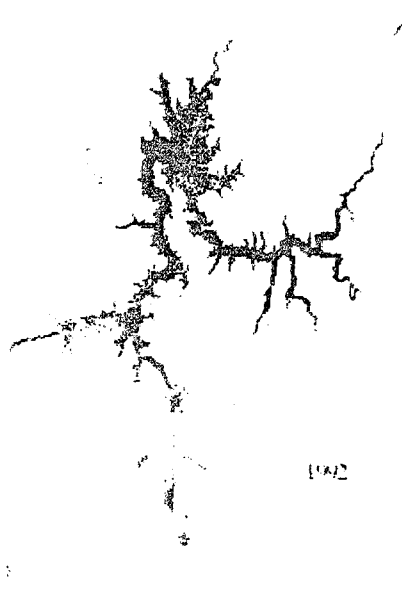


Şekil 1.1 Ömerli su havzasının IRS-LISS ve IRS-IC verileri ile karşılaştırılarak oluşturulmuş görüntüleri ile sınıflandırılmış sonuç görüntüleri a) 5 Temmuz 1996 b) 26 Temmuz 2000 (Coşkun vd., 2001 a)

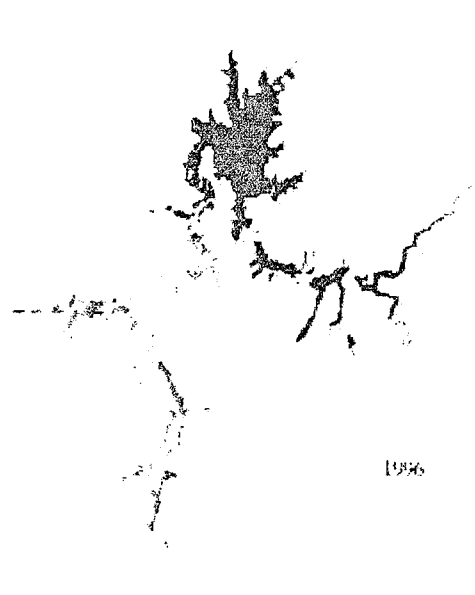


Şekil 1.2 Ömerli havzasının Temmuz 2000 tarihli IRS-LISS verileri ile oluşturulan, havza koruma bantları ve baraja boşalan dereleri gösteren dataların karşılaştırılarak oluşturulmuş sonuç görüntüsü (Coşkun vd., 2001 b)

a)



b)

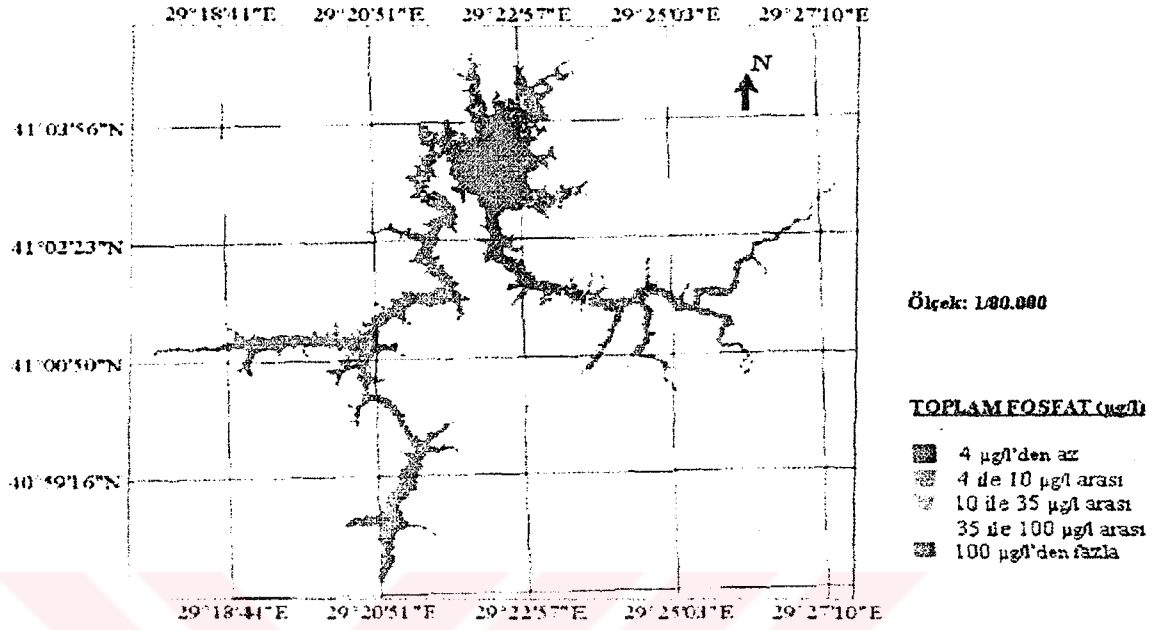


c)

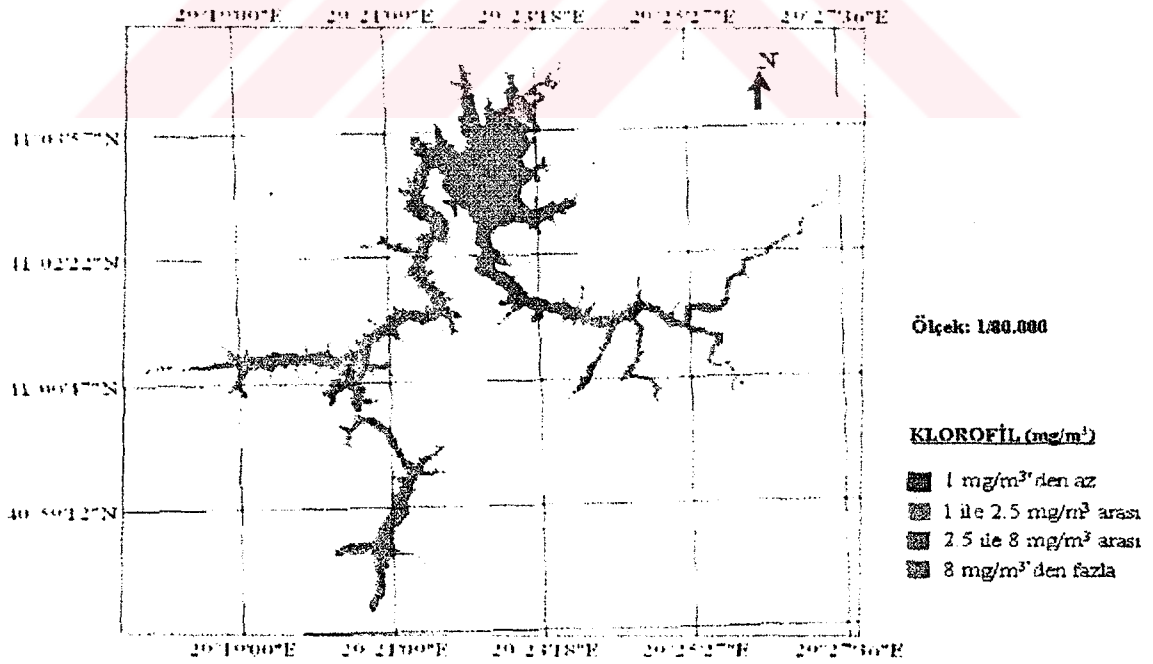


Şekil 1.3 Ömerli barajında farklı tarihli ve farklı uydu verileri ile oluşturulmuş, su kalitesinin çalışıldığı sonuç görüntüleri a) 11 Temmuz 1992 tarihli Landsat-5 TM uydu verileri, b) 5 Temmuz 1996 tarihli IRS-LISS uydu verileri, c) 26 Temmuz 2000 tarihli IRS-LISS uydu verileri (Coşkun vd., 2001 b)

a)



b)



Şekil 1.4 Uzaktan algılama yöntemiyle elde edilmiş Mayıs 2001 tarihli Ömerli Gölü su kalitesi değişim görüntüleri a) Fosfor değişimi b) Klorofil değişimi (Tüfekçi vd.,2002)

- 1994, 1997 ve 2002 yıllarında su kalitesi ile ilgili yapılmış çalışmalar “Ömerli Rezervuarının su kalitesi” bölümünde değerlendirilmiştir.

1.3.2 Göl Modelleme ile ilgili çalışmalar

- Carpenter vd.,nin yaptıkları çalışmada, irreversible göller; yalnızca fosfor girişinin azaltılmasıyla eski haline dönmesi mümkün olmayan göller olarak tanımlanmıştır. Prensipde belki diğer karışan maddelerin kontrolüyle ötrifikasyonun kontrolü sağlanabilir, ancak bu garantili bir çözüm yolu değildir. Ötrifikasyon genellikle fosfor girişinin artmasıyla hızlanır, bu girişler daha çok tarımsal alanlardan ve evsel atıklardan kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada ekonomik kullanımlar için model geliştirilmiş, ve maksimum faydalı kullanım alternatif politikası üzerinde durulmuştur. Göl yönetiminde hedef, maksimum ekonomik fayda sağlamak ise P girişleri düşük seviyelere indirilmelidir. Göle fosfor girişinin azaltılması, göldeki fosfor seviyesini hemen etkilemez, etkiyi geciktirebilir ancak fosfor girişinin azaltılmasından birkaç yıl sonra etkisini gösterebilir (Carpenter, vd., 1999).
- Bu makalede sığ ötrofik göllerdeki farklı fosfor formlarının mevsimsel değişimleri incelenmiştir. Göllerde fitoplankton büyüme seviyesi çözünmüş inorganik nütrientlere bağlıdır. Fitoplankton büyümesini sınırlayıcı en kritik nütrient, fosfordur. Genellikle sadece orto fosfat fitoplanktonlar tarafından kullanılır. Fitoplanktonların gelişiminde nütrientlerin yanı sıra, ışık, sıcaklık, pH’da önemli rol oynar. Çözünmüş reaktif fosfor ile fitoplankton biyokütlesi arasında kuvvetli bir ilişki vardır. Sene boyunca çözünmüş reaktif fosfor konsantrasyonunun sınırlı olmaması, fitoplanktonlar için orto fosfatın yeterli miktarda olduğu anlamına gelir (Selig, vd., 2002).
- Shagawa gölüne 1973 yılına kadar 80 yıl boyunca direkt olarak evsel atıksu deşarjı yapılmış, be nedenle yıllık ortalama TP konsantrasyonları 0,03-0,06 mg/l seviyelerine çıkmış. Atıksu arıtma tesisinin devreye alınmasıyla toplam fosfor yüklemesi % 80 oranında azalmış, fakat düzelme beklenenden az olmuş (arıtma tesisi kullanımından 5 yıl sonra yaklaşık ortalama değer 0,03 mg/l ölçülmüş), gerekçe olarak sedimentte biriken TP düşünülmüş. Bu çalışmada sediment- su etkileşiminin önemini hesaplamak için 3 alternatif kütle-denge modeli geliştirilmiştir. Modelin performansını ayarlamak için son zamanlarda yapılan ölçümler kullanılmıştır. Sonuç olarak dışardan yüklemenin azaltılmasından 20 yıldan fazla bir sürenin, fosforun sedimenti geri beslemesinin göldeki toplam fosfor dinamiğinde önemli bir etki yapabilmesi için

gerekli olduğu sonucu çıkarılmıştır. Göllerdeki toplam fosfor konsantrasyonları yağmur, rüzgar ve hava koşulları nedeniyle yıldan yıla farklılıklar gösterecektir (Seo vd., 1999).

- Bu çalışmada klorofil-a konsantrasyonu değerini önceden söyleyebilmek için 3 model kıyaslaması yapılmıştır; ampirik arazi kullanım modeli, ampirik fosfor yükleme modeli ve iki adımlı fosfor yükleme modeli. 37 gölde yapılan araştırmaya göre toplam nitrojen ve toplam fosfat oranları hesaplanmış, ortalama olarak 29:1 bulunmuş, buradan algal biyokütle için sınırlı elementin fosfor olduğu sonucu çıkarılmıştır. Yapılan model uygulamaları sonucunda en doğru klorofil konsantrasyonunu veren modelin ampirik arazi kullanım modeli olduğu, diğer model uygulamalarının uygun sonuçlar vermediği anlaşılmıştır. Burada arazi kullanım kategorileri olarak; orman, tarım, ve şehir alanları belirlenmiştir. Üç modeldeki morfometrik değişkenler klorofil ile negatif ilişki içersindedir sonucu çıkmıştır; göl derinliği azaldıkça ve karışım oranı yükseldikçe, klorofil-a konsantrasyonu artmaktadır. İnsan nüfusu ve klorofil doğru orantılı, orman arazileri ile klorofil ters orantılıdır (Meeuwing, vd., 1996).
- Kore’de Teachung Rezervuarında, Asya musonunun klorofil-a ve toplam fosforun ilişkilerini nasıl etkilediğini araştırılmıştır. Sonuç olarak mevsimsel muson dolaylı olarak, fitoplanktonun nütrientlere tepkisini etkiler ve gelişen ötrofikasyon modellerde, bölgesel deneylerde, bu çeşit mevsimsel numuneler dikkate alınmalıdır. Göllerle ilgili yapılan araştırmalarda ve yönetimde, fitoplankton biyokütlesinin yerine yaygın olarak klorofil-a ölçümleri kullanılır. Klorofilin ortalama konsantrasyonu genel olarak, ötrofikasyon derecesiyle orantılıdır. Asya bölgelerindeki göllerde, musonun esas değişim, varyasyon kaynağı olduğu sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak bu rezervuarın ekosisteminde klorofil ve toplam fosfor ilişkisini etkileyen anahtar faktör, musonun mevsimsel bileşenleridir (An, vd., 2002).
- Florida’daki derin ve ötrofik bir göl olan, Okeechobee gölünde yapılan çalışmada, planktonik klorofil ve ışık kapasitesi aralarındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Birçok gölde seki derinliği ile klorofil-a konsantrasyonu ters orantılıdır. Bu çalışmada Chl-a/fitoplankton arasında, 1:100 oranı kabul edilmiştir. Nütrient sınırlaması ile ilgili yapılan çalışmalarda, dip çamurundaki fitoplankton yaz ayı dışındaki zamanlarda nütrient kapasitesiyle kıyaslanamaz sonucu çıkarılmıştır (Philips vd., 1995).

- 1997'de Keban Baraj Rezervuarında yapılan bu çalışmada ötrofikasyon kontrol stratejileri değerlendirmesi yapılmıştır. Fosfor kontrolünün etkinliği için çeşitli alternatifler karşılaştırılmış matematiksel model teknikleri kullanılmış. Çalışmalar sonucunda Keban Baraj Rezervuarının farklı kısımlarının, farklı trofik özellik gösterdiği sonucu çıkarılmış. Özellikle bazı dere giriş noktaları ve fabrika yakınlarında fosfor konsantrasyonları arasında büyük farklılıklar gözlenmiştir. Bu nedenle bu çalışmada, özellikle Murat (%84.7) ve Uluova (%14.2) nehirlerin giriş noktalarında modelleme çalışması yapılmıştır. Modelleme için farklı senaryolarla çeşitli iyileştirme alternatifleri denenmiştir. Göl alanı üzerinde 15 örnekleme noktası belirlenmiş ve yüzeyden ve derinden olmak üzere bu noktalardan aylık olarak çeşitli numuneler alınıp çeşitli analizler yapılmış. 3 boyutlu su kalitesi modeli ve iki boyutlu hidrodinamik model uygulanmıştır. Ötrofikasyonu azaltmak için çeşitli öneriler getirilmiş; yoğun fosfor girişine neden olan, Murat nehri etrafında fosfor kontrolü, Elazığ atıksularının kontrollü bir şekilde arıtılması, Murat nehrine ön-baraj yapılması gibi alternatif çözüm önerileri getirilmiş. Bu alternatiflerin uygulanması durumunda Keban Baraj Rezervuarının nasıl tepki vereceği çeşitli senaryolarla modelleme yapılarak değerlendirilmiş. Birinci durumun uygulanması durumunda, su kalitesinde önemli oranda bir iyileşme olabileceği, Elazığ atıksularının arıtılması durumunda ise çok fazla bir değişim görülemeyeceği sonucuna varılmış. Üçüncü alternatif olan Murat nehri üzerine bir ön baraj kurulması, fosfor kirliliğini büyük oranda azaltacağı sonucunu getirmiş. Bu son alternatif şuan için DSİ tarafından planlanmaktadır (Soyupak, vd., 1997).
- Ankara Mogan gölünde, yapısal olarak fosforun sınırlayıcı nütrient olduğu bir dinamik ötrofikasyon modeli uygulanmıştır. Modelde, Mart 1997- Mart 1998 yılları arasında ölçülen veriler kullanılmış, ötrofikasyonu sınırlayıcı element olarak fosfor kabul edilmiş ve STELLA yazılım programı uygulanmıştır. Ayrıca uygulanan model başka yıllardaki verilerle kıyaslanarak doğrulanmıştır. Model fitoplankton ve su altı bitkileri arasındaki ilişkiyi açıklamada çok iyi bir performans göstermiş. Birçok parametre kapsayan modeli geliştirmedeki model kalibrasyonunun oldukça zor bir çalışma olduğu belirtilmiştir. Özellikle parametre tahmini, modellemenin en zayıf noktasıdır, adaptasyonlarda ve değiştirmelerde çeşitli düzenlemeler yapılması gerekmektedir. Bir modelde n adet parametre varsa, her zaman adımında en iyi kombinasyonu bulmak için en az n^3 defa kombinasyon test edilmelidir. Göldeki yıllık ortalama toplam fosfor

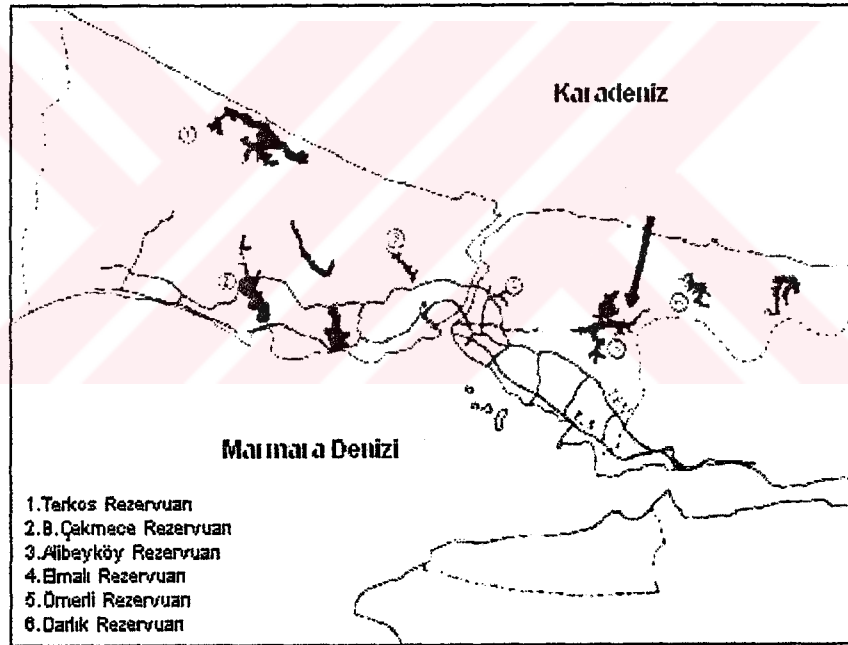
konsantrasyonu (0,064 mg/l), göle girişi olan noktalardaki toplam fosfor konsantrasyonundan (0,363 mg/l) oldukça düşüktür. Buna gerekçe olarak su altı bitkilerinin nütrientleri tüketmesi, gölün fosfor giderme kapasitesi olarak söylenebilir. Bu çalışmada Michaelis-Menten's ifadeleri kullanılmış, fitoplanktonların çözünmüş reaktif fosforu kullandıkları kabulü yapılmıştır. Model çalıştırıldıktan sonra, model sonuçlarının deney sonuçlarından biraz yüksek olduğu ancak bunun kabul edilebilir değerler olduğu belirtilmiştir. Model sonucu ve deney sonuçları kıyaslandığında fitoplanktondaki fosfor konsantrasyonlarını ve çözünmüş reaktif fosfor konsantrasyonlarını açıklamada yetersiz kalmıştır, bunun nedeninin, giriş fosfor konsantrasyonları ve debilerindeki yanlışlıklardan ve veri eksikliğinden kaynaklanabileceği sonucu çıkarılmıştır. Ancak toplam fosfor, fitoplankton ve zooplankton değişimlerini açıklamada başarılı olmuştur (Zhang, vd., 2003).

- Gölden gelen fosfor yüklemesine bağlı, göl trofik seviyesine bağlı model tanımlamaları, iki genel tipten oluşur; birçok gölden elde edilmiş istatistiksel data'lara bağlı ampirik modeller, teorik dinamik modeller. Daha önceleri yapılmış model çalışmalarında göldeki fosfor konsantrasyonunun daha çok, fosfor giriş konsantrasyonuna ve su bekleme süresine bağlı olduğu sonucu çıkarılmıştır. Göldeki maksimum klorofil seviyelerini açıklamada, fosfor ve klorofil ilişkilerini incelemek yeterli olabilmektedir, fakat gerçek klorofil konsantrasyonlarının büyük varyasyonlarını incelemek için zooplankton, grazing, nütrientler, algdeki klorofil içeriği gibi bilgilere ihtiyaç vardır. Dinamik teorik modeller, ampirik modellere göre daha doğru sonuçlar vermektedir. Ancak her iki modelde ötrofikasyon araştırmalarında potansiyel olarak etkilidir. Ancak her iki model de potansiyel olarak ötrofikasyon araştırmalarında ve yönetiminde etkilidir. Nütrient yükleme modeli orijinal olarak Vollenweider tarafından 1968'de ileri sürülmüş daha sonra ise kendisi tarafından 1975,1976 yıllarında geliştirilmiştir. Vollenwieder'in geliştirdiği bu kavram daha sonra ötrofikasyon araştırmalarına ve göl yönetiminde temel olmuş ve büyük bir etki oluşturmuştur. En güvenilir ampirik ötrofikasyon modellerinden biri Vollenwieder ve çalışma arkadaşları tarafından (OECD, 1982) geliştirilmiştir. Chapra (1980), fosfor yüklemelerinden gölün trofik karakteristiğini belirleyebilecek birçok model geliştirmiştir. Bunlardan en önemlileri, P bütçe modelleri ve P/klorofil modelleridir. P/klorofil modellerinde; göllerdeki klorofil ve fosfor oranı, fitoplanktondaki fosfor ve klorofil içeriğine bağlı olarak değişir. Fosfor

konsantrasyonu, klorofil-a konsantrasyonunu sınırlar. Ayrıca fitoplanktonun klorofil içeriği nütrient miktarına, ışığa ve sıcaklığa bağlı olarak değişim gösterir. Genel olarak fitoplanktondaki klorofil-a konsantrasyonu oranının % 0,5-2 olduğu kabul edilir. Fosfor-klorofil arasındaki ilişkilerle ilgili yapılan çalışmalarda farklılıklar vardır, bu da çalışmaların farklı zamanlarda yapılmasından kaynaklanmaktadır. Ancak çalışmaların çoğunda yaz ayı ortalama klorofil değerleri alınmıştır. Bu çalışmada çoğunlukla, klorofil-a/toplam fosfor modelleri incelenmiş, fakat karşılaştırma sonucunda fosfor ve klorofil arasında değişken ve kararsız bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır. Dinamik fosfor modelleri, kütle dengesi modellerine kıyasla daha karmaşıktır. Tüm modellerde olduğu gibi, fosfor modelleri gerçeğin basitleştirilmiş hali olmalıdır. Bu çalışmada farklı model uygulamaları kıyaslanmış, buna göre İsviçre’de ki Alpnachersee ve Greifensee gölleri ile, USA’daki Washington gölünde ölçülen fosfor konsantrasyonlarını tahmin edebilecek üç model uygulaması yapılmış ve sonuçlar kıyaslanmıştır; Alpnachersee ve Washington gölleri için sonuçlar uyumlu bulunmuştur. Greifensee gölü için OECD modeliyle P konsantrasyonu 100 $\mu\text{g/l}$, Vollenweider modeli ile, 160 $\mu\text{g/l}$, EAWAG modeli ile 400 $\mu\text{g/l}$ bulunmuştur. Ölçülen fosfor konsantrasyonu ise yaklaşık olarak 350 $\mu\text{g/l}$ ’dir. Bu durumda model sonuçları arasında büyük farklılıklar vardır, bu durumun sedimentten fosfor salınımından kaynaklandığı tahmini yapılmıştır. Bu çalışmada, modelin modifikasyonlarının gölün spesifik karakterlerine göre yapılması gerekliliği sonucu çıkarılmıştır (Ahlgren, vd., 1988).

2. ÖMERLİ HAVZASI

İstanbul, 1997’de yapılan son sayımdaki nüfusu resmi olarak 10 milyon, tahmin edilen ise 12 milyon üzerinde olan Asya ve Avrupa’yı birbirine bağlayan dünyadaki en kalabalık metropol şehirlerden biridir. Türkiye’nin her yerinden yılda yaklaşık 400.000 gibi yüksek bir seviyede göç almaktadır. Türkiye’de bulunan ev sayısının 1/6’sını ve endüstrinin de yaklaşık yarısını içinde barındırmaktadır. Yıllık nüfus artış oranı % 4.6’dır ve bu oran ülke genel ortalamasının iki katı kadardır. 1998’de İstanbul için günlük su ihtiyacı yaklaşık 2.5 milyon m³ ‘tür. Bu ihtiyacı karşılayan en önemli baraj ve göller Şekil 2.1’de gösterilmiştir (Tanık, 2000). Çizelge 2.1’de diğer su kaynakları ile birlikte ortalama verimleri verilmiştir. Bu kaynaklar şehir için hayati öneme sahiptir. Buna karşın su kalitesini kabul edilebilecek bir sevide tutabilmek ve devamlılığını sağlayabilmek de bir o kadar da zordur. Nüfusun artışıyla kaynakların ve rezervuarların kirlenmeden korunmaları gerekir.



Şekil 2.1 İstanbul’da içme suyu amaçlı kullanılan göl ve barajlar

Ömerli rezervuarı, İstanbul için en büyük su kaynaklarından biridir ve şehrin su ihtiyacının yaklaşık %35’ini karşılamaktadır. Şehrin su ihtiyacının %15’ini temin eden Darlık Barajı ile birleşmesiyle bu oran %50’ye çıkmaktadır. Ömerli Barajı İstanbul’un Anadolu yakasına su verdiği gibi deniz altı hattı ile hem Avrupa yakasına, hem de İstanbul dışında yer alan Gebze, Darıca ve Çayırova yerleşim birimleri ile Gebze Organize Sanayi Bölgesi’ne su vermektedir.

Çizelge 2.1 İstanbul için içme suyu amaçlı kullanılan göl ve barajlar

Su Kaynakları		Ortalama Verim (milyon m ³ /yıl)
Avrupa Yakası	Terkos Gölü	142
	Alibey Barajı	36
	B.ÇekmeceBarajı	100
	Çeşitli	9
	Ömerli (Mevcut Boğaz Geçişi)	90
	Istranca I	44
	Ara Toplam	421
Asya Yakası	Ömerli Barajı (220-90)	130
	Elmalı Barajı	15
	Darlık Barajı	97
	Çeşitli	35
	Ara Toplam	277
TOPLAM		698 hm³/yıl

Ömerli Havzası alanında, on yılı aşkın süredir meydana gelen plansız gelişmelerin sayı ve boyutlarında hızlı artışlar görülmektedir. Yerleşim alanlarının birçoğunda altyapı mevcut değildir ve atıksu uzaklaştırma amacıyla havzalardaki pek çok dereden faydalanılmaktadır. Bu durum derelerin pek çoğunda kirlenme meydana getirmekte ve Ömerli-Elmalı rezervuarlarındaki kirlilik düzeyinde artış görülmektedir. Ömerli-Elmalı Ortak Girişimi (ÖEJV, 1993) tarafından yürütülen çalışmada, havza alanı içinde 1992 yılı nüfusunun 419 000 kişi olduğu ve mevcut kentsel alan içinde 2012 yılında nüfusun, doyumluk seviyesi olan 1 340 000 kişiye ulaşacağı tahmin edilmiştir. Tahmin edilen nüfus 1992 yılı nüfusunun 3 katından ve 1975 yılındaki değerinin 50 katından daha fazladır. 1985-1990 yılları arasındaki 5 yıllık dönemde, sadece Sultanbeyli nüfusu % 2000'den daha fazla artış göstermiştir. Nüfustaki bu büyümeye ilave olarak, her iki havza alanı içinde kalan fabrika ve ticarethane sayılarında da artış olmuştur. Ömerli havzasında yaklaşık 400 ve Elmalı havzasında, IMES Sanayi Kuruluşları da dahil 163 fabrika olduğu tespit edilmiştir (ÖEJV, 1993).

Günümüzdeki nüfusu ile ÖEJV tarafından tahmin edilen 1 340 000 (2012 yılında) kişilik nüfus karşılaştırıldığında, kısa ve uzun dönemli önlemler alınmadığı takdirde rezervuarın yakın gelecekte sağlık riskleri ile birlikte ötrofikasyon tehdidi altında kalacağı görülmektedir.

2.1 Ömerli Havzasının Tanıtımı

2.1.1 Doğal coğrafya

Ömerli barajının üzerinde yer aldığı Riva deresi, 859 km²'lik drenaj alanıyla Anadolu

yakasında İstanbul'a en yakın olan ve Karadeniz'e açılan en büyük havzaya sahiptir ve büyüklük itibarıyla çok büyük havzalar sınıfına girer. Ömerli Havzası 29 11'- 29 40' doğu boylamları ve 41 07'- 40 51' kuzey enlemleri arasında yer alır. Çizelge 2.2'de teknik özellikleri verilen Ömerli Barajı havzasını kuzeyde Karadeniz, batıda İstanbul Boğazı, güneyde Marmara Denizi'nin doğal olarak sınırladığı Kocaeli yarım adasında bulunan yaklaşık 621 km²'lik bir alanı kaplamaktadır ve bu alana 21 km²'lik baraj gölünün yüzey alanı dahildir. Baraj ile drenaj havzası sonuna kadar yaklaşık 33 km'lik uzaklık vardır (Bölen vd., 1997).

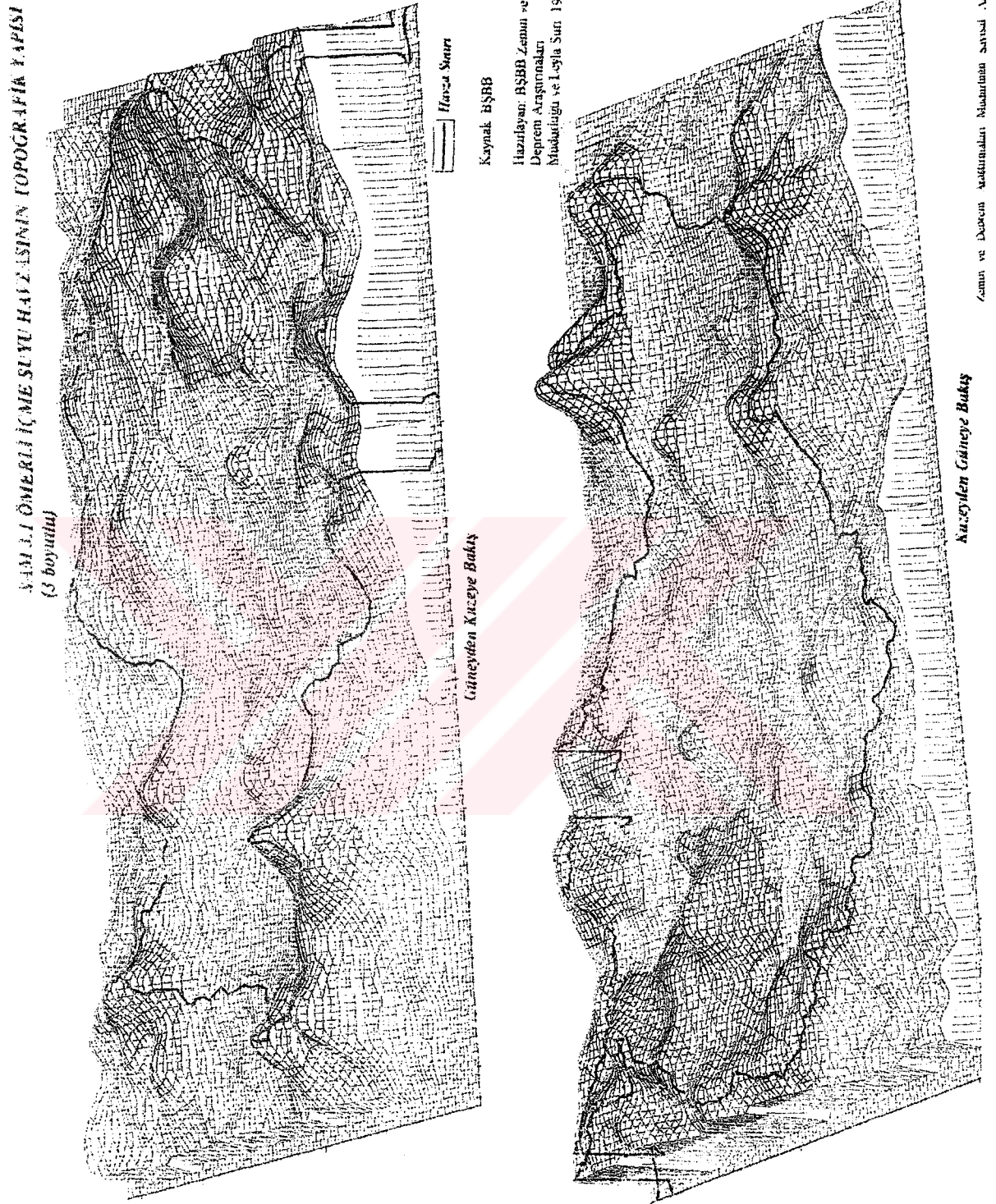
Çizelge 2.2 Ömerli barajının teknik özellikleri (Kürüm vd., 1989)

Hidrolojik Veriler	Yağış Alanı	621 km ²
	Yıllık Ortalama Yağış	800 mm
	Tahmin Edilen Yıllık Akım	194 x 10 ⁶ m ³
	Gözlenmiş En Küçük Akım	0.000
	Gözlenmiş En Büyük Akım	348 m ³ /sn
	Ortalama Akım	5.127 m ³ /sn
Baraj Gölü Verileri	Minimum İşletme Kotu Altında Kalan Hacim	122 x 10 ⁶ m ³
	En Düşük İşletme Kotu	46.00
	Aktif Hacim	235 x 10 ⁶ m ³
	En Yüksek İşletme Kotu	62.00 m
	En Büyük Hacim	357 x 10 ⁶ m ³
	En Yüksek Feyezan Kotu	63.50 m
	En Yüksek Feyezan Kotundaki Hacim	388 x 10 ⁶ m ³
Dolusavak İle İlgili Veriler	Tipi	Kapaksız, Serbest Akışlı
	Kret Genişliği	50.0m
	Kret Kotu	62.0 m
	Proje Dizayn Debisi	2280 m ³ /sn

Bölgenin topoğrafyası, erozyon-birikim dönüşümleri sonucu oluşan genellikle hafif kıvrımlar şeklinde ve seyrekte olsa görülen orta büyüklükteki birikim tepeleri olarak görülmektedir. Baraj yerinin yakınlarındaki yamaçların basık üst kısımlarının kotları genellikle 80 m civarındadır. Büyük bir olasılıkla Riva deresi ve kollarının, dere yatakları bu üst yüzeylerin aşınması ile oluşmuşlardır (Şekil 2.2).

2.1.2 Jeolojik yapı

Havza esas olarak griden koyu griye değişen, çimentolaşmış, çok ince daneli kumtaşı, kumlu silt taşı ve kil taşından oluşmuştur. Barajın yapıldığı yerin yakınlarında oluşan teras birikintilerinin ve baraj gölünün olduğu vadinin en belirgin özelliği ince kum ve killi kumlardan oluşan alüvyon birikintilerden oluşmasıdır. Havza toprakları erozyona duyarlıdır.



Şekil 2.2 Ömerli Havzasının topoğrafik yapısı (Suri, 2000)

%15'den daha fazla açık alana sahip alanlarda özellikle tarım alanlarında üst toprağın kayba uğradığı saptanmıştır. Havzadaki dik yamaçlı bölgelerin ve bu bölgelerdeki erozyon nedeniyle oluşan aşınmanın getirdiği birikintiler baraj gölünün aktif hacmi üzerinde etkili olmaktadır. Aynı zamanda açık alanlarda toprağın infiltrasyon kapasitesine bağlı olarak depolanan su miktarı da düşmektedir. Bu bakımlardan havza topraklarının uygun türlerden oluşan ormanla kaplı olması ve bu ormanların hidrolojik amaçlı işletilmesi gerekmektedir. Tüm havzada mevcut orman alanının yaklaşık %28'i bozuk orman olup erozyonu arttırmaktadır.

Vadi tabanı kalın bir siltli ve kumlu çakıl şeklinde teras birikintileri ile kaplıdır ve baraj yöresinde bu tabaka 12 m kalınlığına ulaşmaktadır. Bölgesel olarak aşınmış kireç taşları dışında palezoik kayalar geçirimsizdir. Havzanın yaklaşık olarak üçte biri kireçtaşından oluşmaktadır.

Devonien formasyonlar arasında sadece kireçtaşı geçirgen karakterdedir. Kireçtaşlarının azda olsa karstik bir yapıda olmalarına karşın, DSİ jeologlarınca yapılan araştırmalarda yer altı boşlukları arasında bir ilişki bulunmamıştır. Havza esas olarak geçirimsiz kabul edilebilir (Kürüm, 1989).

2.1.3 Meteorolojik özellikler

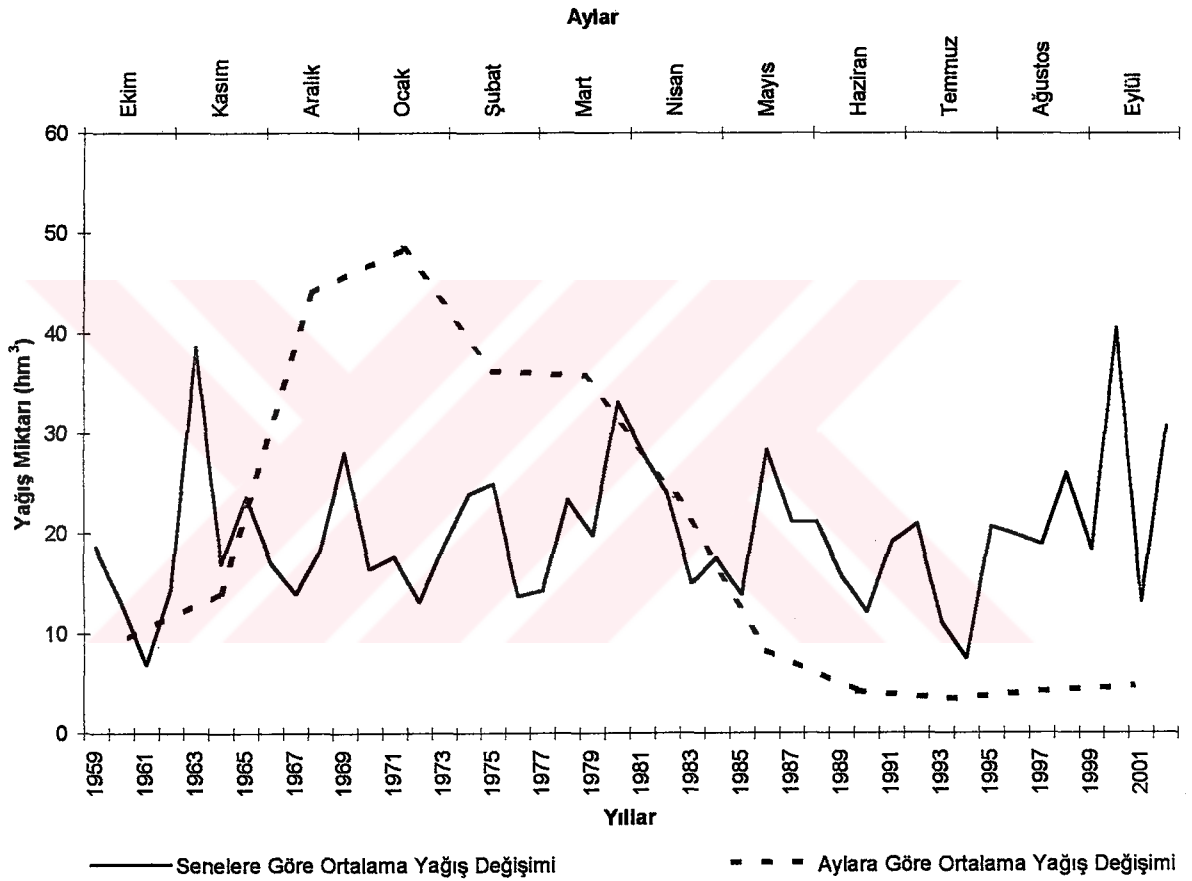
Riva nehri havzası Marmara ikliminin etkisi altındadır. Havzanın Karadeniz'e yakın oluşu yaz aylarının kurak ve sıcak geçmesini engellemektedir. En yağışlı devre kış mevsimi olmakla birlikte sonbahar mevsimi de yağışlı geçmektedir. Yağışların bu iki mevsimde yoğunlaşmasının nedeni bölgenin Balkanlar'dan ve Karadeniz'den gelen cephesel yağışların etkisi altında oluşudur. Rüzgar ikinci derecede ise Güney-Batı yönünde esmektedir. Bölgedeki hakim rüzgar yönü Kuzey-Doğu yönündedir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ait Ömerli'deki gözlem istasyonundan elde edilen 1952-1970 yılları arasında yapılan 18 yıllık gözlem sonuçlarına göre en sıcak aylar 21.6 °C ile Temmuz ve Ağustos ayları, en soğuk ay ise 3.9 °C ile Ocak ayıdır. Yıllık ortalama sıcaklık ise 13.2 °C dir.

Yine Ömerli Barajı su toplama havzası içindeki DSİ Genel Müdürlüğüne ait 02014 No'lu Kargılı meteoroloji gözlem istasyonunda elde edilen 1975-1981 yıllarına ait gözlemlere göre yıllık ortalama yağış 800 mm olarak saptanmış olup 1993 'de COWI Consult vd. tarafından yapılmış bir çalışmada yıllık ortalama yağışın 880 mm olduğu ve bu değerinin hemen hemen buharlaşmaya eşit olduğu saptanmıştır. Bu nedenle de yaz aylarında derelerin çoğu kurur.

(Kürüm, 1989; Suri, 2000). Otuzlu yıllardan beri yapılan yağış ölçümlerinin değerlendirilmesi sonucunda bu yağış miktarının %19-20'si Mart-Mayıs ayları arasında, %10-12'si Haziran-Ağustos ayları arasında, %29-33'ü Eylül-Kasım ayları arasında, %36-41'i Aralık-Şubat ayları arasında düştüğü görülmüştür (Pala, 1994).

Şekil 2.3'de DSI'den alınmış 621 km²'lik Ömerli Baraj Havzasının akım değerlerine göre hazırlanan, 1959-2002 yılları arasındaki senelik ortalama yağış miktarları ve tüm bu seneler boyunca aylık ortalama yağış değişimleri görülmektedir.



Şekil 2.3 Ömerli Havzasının 1959-2002 yılları arasındaki aylık ve senelik ortalama yağış değişimi

2.1.4 Sosyal ve ekonomik yapı

Metropolitan alan içinde kalan havzalar, yoğun yerleşim alanlarındaki hava kirliliği, gürültü, arsa ve bina fiyatlarının yüksekliği, insan yaşamını zorlaştıran birçok faktöre karşılık tercih edilen cazibe merkezi konumundadır. Çünkü; havası temizdir, orman su gibi doğal güzelliği bulunan kaynaklara yakındır, kentin yoğun nüfus ve yerleşiminden uzaktır ve yapılaşmada bürokratik engel yoktur. Havzayı çekici kılan bu özelliklere, yasa ve yönetim karmaşası

eklendiğinde, yerleşim alanlarının hızla artması kaçınılmazdır.

Riva Nehri havzası idari açıdan İstanbul ve Kocaeli il sınırları içinde kalmaktadır. Bölgede İstanbul'un Beykoz, Kartal, Üsküdar ve Şile ilçelerine bağlı toplam 15 köy, Kocaeli'nin Gebze İlçesine bağlı olarak da 6 köy yerleşim yeri bulunmaktadır.

1985 yılı nüfus sayımına göre söz konusu yerleşim yerinde yaşayan toplam nüfus 32.048'dir. Ancak, Samandıra köyünden ve Ömerli Barajının güney tarafından geçen İstanbul-İzmit yeni otoyolu, yöredeki nüfus hareketlerini şiddetle etkileyerek hızlı bir şekilde artırmıştır. Örneğin Sultanbeyli adı verilen yörede denetimsiz bir şekilde şehirleşme gerçekleşmiş ve hâlâ sürmektedir. Bu süreç içinde yörede yeni yerleşim yerleri kurulmuştur. Çizelge 2.3'de bölgedeki nüfusun artış miktarının ne kadar hızlı bir şekilde artmakta olduğu ve 2030 yılına kadar nüfus dağılımı tahminleri görülmektedir.

Çizelge 2.3 Ömerli Havzasındaki yerleşim yerleri ve nüfus dağılımları (Ceyhan, 1999)

Yerleşim Yerleri	Yıllar								
	1975	1980	1985	1990	1997	1999*	2010*	2020*	2030*
Sarıgazi	1300	2775	3701	22125	53000	56228	77832	104600	140575
Sultançiftliği	925	2035	3777	9747	23615	25053	34679	46606	62635
Yenidoğan	272	492	834	4798	20850	22120	30619	41419	55301
Samandıra	4974	4779	5317	19524	52000	55167	76364	102627	137922
Sultanbeyli	1804	2431	3741	82298	162000	171866	237903	319722	429680
Alemdağ	3056	4044	5433	6684	9067	9619	11115	17894	24048
B.Bakkalköy				3134	3854	4089	5660	7607	10223
Paşaköy	585	720	869	1827	5067	5376	7442	10001	13441
Emirli	305	311	435	688	364	386	534	718	945
Kurnaköy	387	442	543	718	909	964	1334	1793	2410
Esenceli			126	163	201	213	295	397	534
Kortdoğmuş	346	405	440	587	650	690	955	1283	1724
Tepeören	548	620	1147	928	1439	1527	2114	2841	3818
Balıca	456	558	759	199	437	464	642	863	1160
Göçbeyli				565	3061	3247	4495	6041	8119
Akfırat				1257	2662	2824	3909	5253	7060
Balçık			724	1102	1355	1438	1991	2676	3596
Ovacık			318	390	480	509	705	948	1274
Mollafenari			655	684	841	892	1235	1660	2231
Cumaköy			791	972	1195	1268	1755	2359	3170
Kandilli			362	426	524	556	770	1035	1391
Kömürlük			207	208	256	272	377	507	681
Kervansaray			261	282	347	368	509	684	919
Bıçkıdere			251	215	264	280	388	521	700
Oruçoğlu			319	341	419	445	616	828	1111
Şile			1038	1046	25625	27186	37625	50565	67909
TOPLAM	14958	19612	32048	160908	370482	393047	544063	731448	914668

*Nüfus artışı iller bankası yönetmeliğine göre yapılmıştır.

Hızlı yerleşim ve nüfus artışı batıda Emirli, Kurnaköy ve bilhassa Paşaköy, doğuda

Kurtdoğan ve şimdilik vasat bir büyüme görülen Esenceli'dir. Esas şehirleşme halen Dudullu-Sultanbeyli-Sultançiftliği üçgeni içinde kalan alanda olmaktadır.

1970-1990 yılları arasında Ömerli Havzasındaki orman alanları, havzanın %14'ü oranında azalırken, açık alanlar aynı oranda artmıştır. Ormanın yerini açık alanların aldığı değişim süreci son yıllarda önceki yıllara oranla daha hızlı artmış ve artmaya devam etmektedir. Dudullu ve Sarıgazi'nin kuzeyindeki ormanlık ve askeri bölgeler genişlemeyi sınırlamaktadır. Yenidoğan'ın doğusu açık tarım arazisi olup, Paşaköy mevkiine doğru ve onun çevresinde büyümeye müsaittir. Havzada orman, Sultanbeyli'nin büyümesine bir sınır teşkil etmektedir (İSKİ Sultanbeyli Projesi 2002).

Ömerli Baraj Gölü su ürünleri açısından, DSİ tarafından yörede kurulmuş bulunan balıkçılık kooperatiflerine gölün ihale edilmesi şeklinde değerlendirilmektedir. Yörenin esas ekonomik aktivitesini ormancılık, tarım ve hayvancılık oluşturmaktadır. Diğer taraftan hızlı kentleşme ile birlikte atölyeler veya küçük imalathaneler şeklinde bile olsa sanayileşme olgusunun gittikçe önem kazanacağı beklenmelidir.

Çizelge 2.4 Ömerli bölgesinin kullanım alanları ve dağılımı (Kürüm vd., 1989)

Arazi kullanımı	Alan (km ²)	Dağılım (%)
Orman ve fundalıklar	320	51
Tarımsal alan	219	35
Yerleşim ve endüstriyel alan	59	9.5
Rezarvuvar alanı	23	4.5
Toplam	621	100

Çizelge 2.4'de görüldüğü gibi arazinin %35'i tarım, %51'i orman ve fundalık, %9.5'i yerleşim alanı ve endüstriyel alan olarak kullanılmaktadır. Türkiye'de kalan en büyük fundalık doğal yaşam ortamı Ömerli'dedir. Havzanın güney yarısındaki açık fundalık alanlar (10300 dönüm) özellikle önemlidir. Kısa çalılık alanlar olan fundalıklar dünyanın en sınırlı ve en nadir doğal yaşam alanı olarak kabul edilir, zengin biyolojik çeşitliliği ile havza suyunun kalitesine katkıda bulunurlar (Yalçın, 2001). Yerleşim yeri ve endüstri aktiviteleri yüzdesi küçük olmasına karşın nüfus yoğunluğu yüksektir (Ceyhan, 1999). Arazinin kullanıma paralel olarak trofik açıdan su kalitesi mesotrofik seviyeden ötrofik seviyeye doğru bir eğilim içindedir.

Bu alanlarla ilgili olarak güncel önemli problemler plansız ve kaçak yapılaşma, uygun olmayan endüstriler ve koruma bölgelerinden otoyolların geçiyor olmasıdır. Burada 26

yerleşim alanı bulunmaktadır. Bunlardan %65 uzun mesafeli koruma alanı içinde, %15'i orta mesafeli koruma alanı içinde, %12'si kısa mesafeli koruma alanı içinde ve % 8'i mutlak koruma alanı içinde bulunmaktadır. Rezarvuvar alanının ekolojisi ve su kalitesinin bozulması açısından mutlak koruma alanı ve kısa mesafeli koruma alanı içindeki yerleşim yerlerinin büyük önemi vardır. Çizelge 2.5'de Ömerli Gölü koruma alanları içersindeki nüfus, yerleşim, sanayi dağılımları görülmektedir.

Çizelge 2.5 Ömerli Gölü koruma alanları içersindeki nüfus, yerleşim, sanayi dağılımları (Özdemir, 1997)

Toplam alan km ²	Göl alanı km ²	Koruma kuşağı	Alan km ²	% Alan	1990 nüfusu	% Nüfus	% Yerleşim	Sanayi tesisi dağılımı (Göl)	Sanayi tesisi dağılımı (Dere)
621	23	Mutlak	40	7	1438	1	8	3	156
		Kısa	55	9	2345	2	12	5	133
		Orta	63	10	963	1	15	10	-
		Uzak	440	74	145964	96	65	226	-
		Toplam	598	100	150910	100	100	244	289

Çizelge 2.6'da baraj gölünün mutlak, kısa ve orta mesafeli koruma alanları içinde kalan arazinin tarım ve orman alanlarına dağılımı görülmektedir. Yöredeki yerleşim ve sanayileşme olgularının durdurulmaması halinde bu dağılımın bozulacağı açıktır.

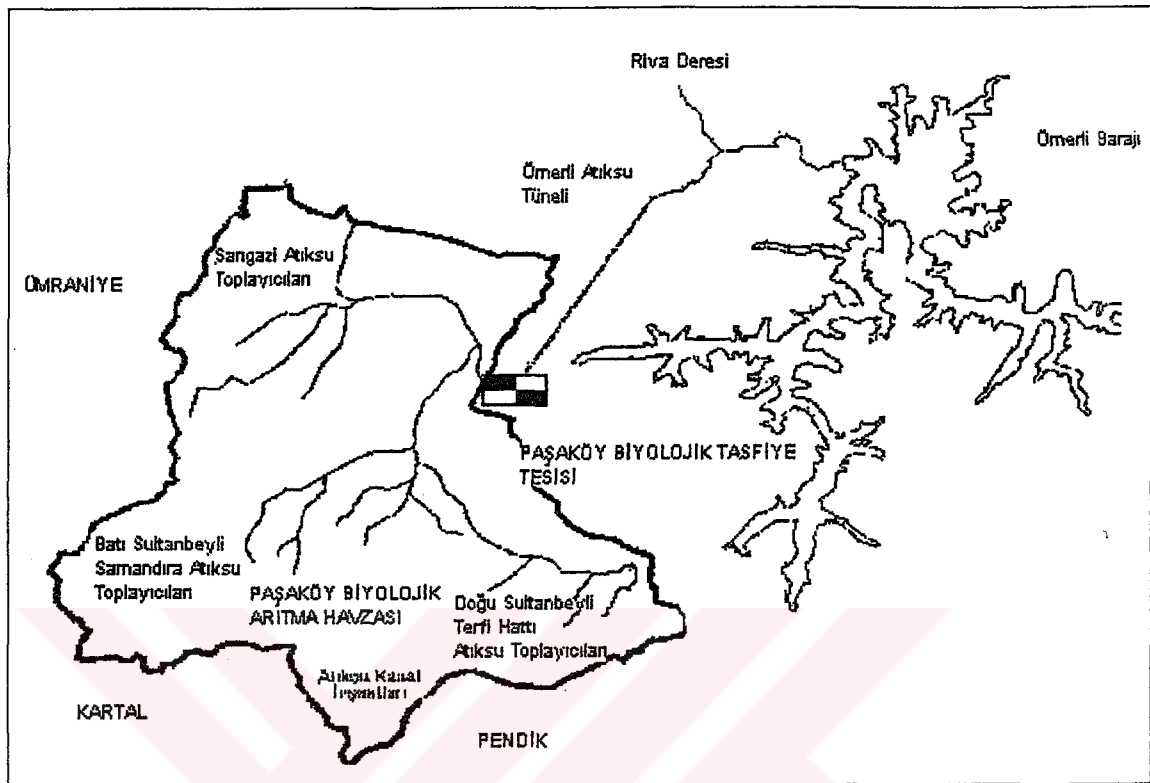
Çizelge 2.6 Ömerli Gölü çevresindeki koruma alanlarında arazi dağılımı

Koruma Alanı	Arazi Dağılımı		
	Tarım Arazisi (Hektar)	Orman Arazisi (Hektar)	Toplam(Hektar)
Mutlak Koruma Alanı (0-300 m)	1034	3408	4442
Kısa Mesafeli Koruma Alanı (300-700 m)	1286	3493	4779
Orta Mesafeli Koruma Alanı (1000-2000 m)	1420	4730	6150
Genel Toplam	3740	11631	15371

2.1.5 Sanayi ve ticaret

Ömerli havzasının zamanla nüfusuyla birlikte, sanayi tesislerinde ve imalathanelerinde de büyük artışlar görülmüştür. Tarım ve hayvancılığın yanı sıra alçı, beton, cam, çeşitli metal endüstrileri, süt ve süt endüstrileri, tahıl üretimi, orman ürünleri endüstrisi, tekstil, deterjan, sentetik ürünler ve plastik işleme endüstrileri, inorganik kimyasal maddeler endüstrisi gibi bir

çok farklı alanda çeşitli sanayiler faaliyet göstermektedir. Bu faaliyetler Paşaköy civarında yoğunlaşmıştır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Ömerli Barajı ve Paşaköy biyolojik arıtma havzası

Havzanın dağlık bölgelerinde taş ocakları, sığır otlakları, çiftlikler ve dinlenme tesisleri dikkat çekerken, yerleşik alanlarda petrol istasyonları, atık vermeyen küçük atölyeler ile orta ve küçük ölçekli esnafın ağırlıkta olduğu görülmektedir. Ayrıca havzanın çeşitli yerleşim yerlerinde faaliyet gösteren farklı dallarda imalathaneler mevcuttur. Hızlı kentleşme ile birlikte sanayileşme de hızla artmaktadır. Sanayi tesislerinin en büyük grubu metal sanayi (60 adet), ikinci büyük grubu tavuk ve besi çiftlikleri ve bunlara ait sanayi tesisleri (58 adet), üçüncü grubu ise ağaç ve orman ürünlerine yönelik sanayi tesisleri (32 adet) ile plastik ve kimya sanayi tesisleri (39 adet) oluşturmaktadır (Bölen vd., 1997).

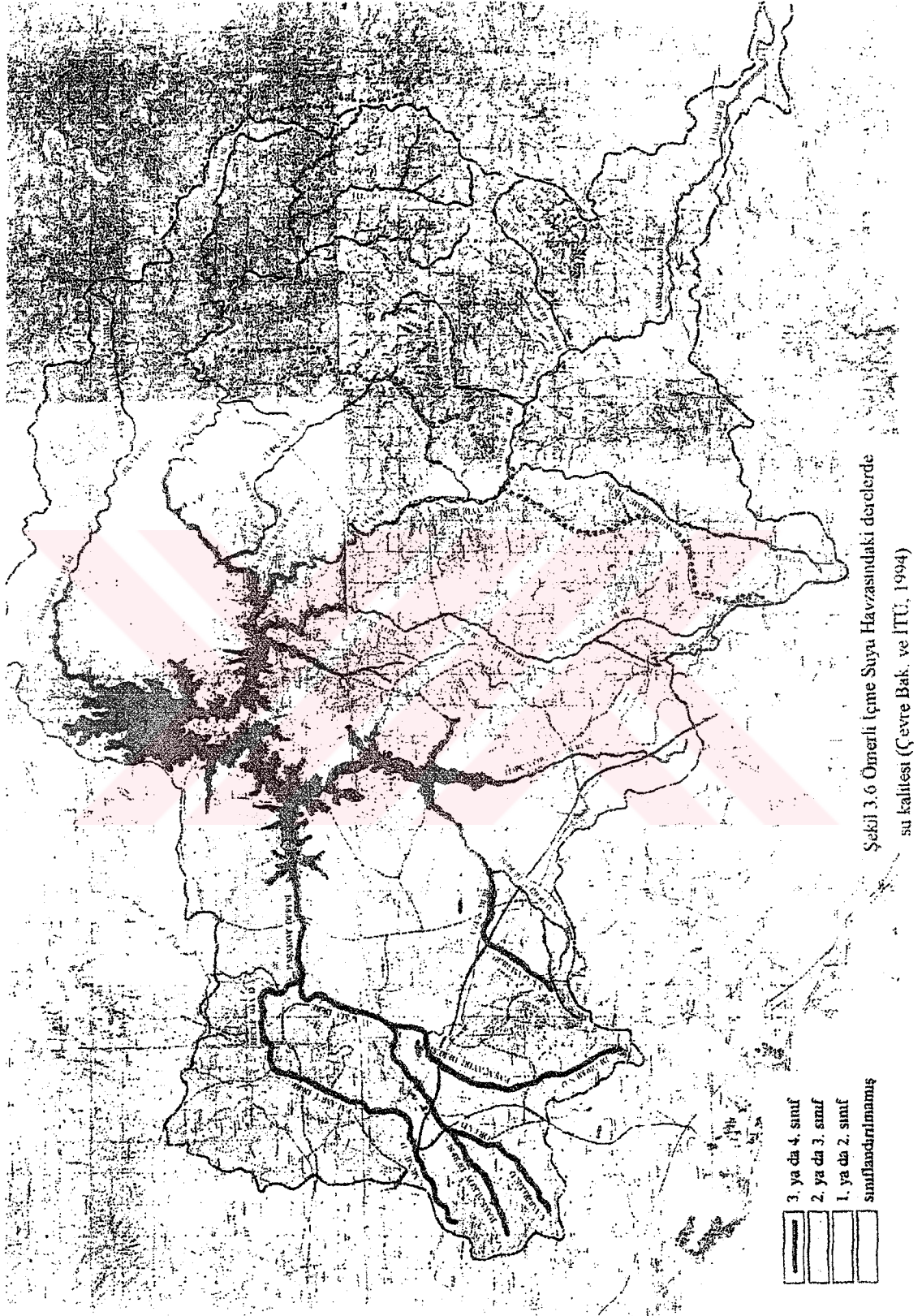
2.1.6 Ömerli Baraj Gölü'nü besleyen dereler

Ömerli Baraj Rezervuarının beslenmesi genelde yağışa bağlı olarak derelerdeki yüzeysel akıştan sağlanmaktadır. Havzayı çevreleyen paleozoik temele ait kayalar genelde geçirimsiz olukları için, bu düzeylerden önemli miktarda yeraltı suyu beslenmesi beklenmez (Bölen vd., 1997).

Ömerli Barajını besleyen iki ana su kaynağı Göçbeyli ve Ozan dereler olmakla birlikte

Kömürlük dere, Bıçkı dere, Muslu Yatak deresi, Sarıkız deresi, Ozan dere, Büyük dere, Söğüt geçidi dere, Karadere ve kolları, Sazak dere, Zubcan dere ve Kahvecioğlu deresi kolu, Göçbeyli dere, Kadiçayır dere, Eskideğirmen dere, Balçık dere, Kocagöl dere, Doğan dere, Değirmen dere, Kuzguncuk dere, Yayla dere, Cangoca dere, Cambaz alacağı dere, Horoz dere, Suçikan dere, Yongalı dere kolları, Köydere, Değirmen dere, Patlıcangölü dere, Uzun dere, Naldöken dere, Paşaköy deresi, Ayazma (Samandıra) dere, Paşaçayırı deresi, Değirmen dere, Bakkalköy dere ve Palamut dereleri ve dereleri besleyen bu dere kolları da debileri çok yüksek olmasa da gölü besleyen dereler arasında sayılabilir (Ceyhan, 1999). Derelerde yapılan analizler, evsel nitelikli atıksuların doğrudan veya dolaylı yollarla derelere ve dereler kanalıyla rezervuara ulaştığını doğrulamaktadır. Şekil 2.5’de Ömerli Gölünü besleyen derelerin su kalitelerine göre görünüşü verilmiştir.

Ömerli Barajının kurulduğu 1970’li yıllardan buyana özellikle, Sultanbeyli, Samandıra gibi yerleşim yerlerinde yoğun bir nüfus artışı olmuştur, buna paralel olarak endüstrileşme dolayısıyla evsel ve endüstriyel atık artışı söz konusu olmuştur. Ancak yeterli altyapının olmaması, evsel atıkların yukarıda adı geçen derelerle göle ulaştığı ve göl suyu kalitesini bozduğu ve bu bozunmanın zamanla bir artış içinde olduğu görülmektedir.



Şekil 2.5 Ömerli Havzasındaki derelerde su kalitesi (Suri, 2000)

3. ÖTROFİKASYON VE SU KALİTESİ

Oligotrofi ve ötrofi kavramları ilk defa Naumann tarafından 1919'da ortaya atılmıştır. Naumann'a göre ötrofikasyon, sudaki besi maddesi konsantrasyonunun artmasıdır (Kavurt, 1993). Vollenweider ise bilhassa göl sularının besi maddeleri ile zenginleşmesi sonucu aşırı bitki büyümesi ve su içindeki metabolizmaların etkilenmesi sebebi ile su kalitesinin bozulması olarak tanımlar (OECD,1982).

3.1 Ötrofikasyon

Ötrofikasyon neticesinde su temini, dinlenme (rekreasyon), estetik v.s. maksatları için göl suları arzu edilmeyen bir karakter kazanır. Göl bir defa ötrofik hale geldikten sonra, nokta kaynaklardan besi maddesi girişi azaltılsa dahi, bu durum uzun zaman devam eder.

Özellikle göllerde doğal yaşlanma olarak da tanımlanan ötrofikasyon, doğal ötrofikasyon ve suni ötrofikasyon olarak ikiye ayrılır. Doğal ötrofikasyon insan faaliyetlerinden (evsel ve endüstriyel atıksuların su kaynağına boşaltılması gibi) etkilenmemiş, yağmursuyu, kullanılmayan arazilerden gelen yüzeysel sular, kayaların aşınması gibi nedenlerle zamanla oluşan ötrofikasyondur. Suni ötrofikasyon ise insan faaliyetleriyle gölün doğal yapısının bozulması ve yaşlanma sürecinin hızlandırılması olarak tanımlanabilir.

Ötrofik bir gölü besleyen kaynaklar, ekseriya, göle dökülen atık sular ile suni gübrelerin kullanıldığı arazilerden gelen yağış sularıdır. Limnolojide (göl hidrolojisi), göller biyolojik üretkenliklerine, beslenme seviyelerine göre sınıflara ayrılır.

3.1.1 Göllerin trofik sınıflandırılması

Göl kirlenmesinin en belirgin göstergelerinden biri, göle gelen azot, fosfor, karbon ve silika bileşikleri gibi göldeki alglerin gelişiminde etkili olan besleyici maddelerin aşırı düzeylere ulaşarak aşırı beslenme (Eutrophication) durumunun gözlenmesidir. Alglerin aşırı miktarda artarak gölde bataklıklaşmaya neden olabilmesi ancak yukarıda adı geçen ana besleyici maddelerin belirli bir oran içinde göl suyunda bulunmasına bağlıdır. Besleyici maddelerin belirli bir oran içinde olmaması, diğer bir anlatımla herhangi bir besleyici maddenin az miktarda bulunması durumunda bu madde alglerin gelişimini sınırlayan bir etki oluşturmaktadır.

Genellikle göllerde doğal olarak silika ve karbon bileşikleri bol miktarda bulunduğundan, esas olarak fosfor ve azot bileşikleri aşırı beslenme olgusunu kontrol eden parametreler

olmaktadır. Yapılan araştırmalar özellikle ılıman iklim kuşağında yer alan göllerde fosfor ve inorganik azotun sınırlayıcı besleyici olduğunu göstermiştir (Kürüm, 1989).

Göllerde bulunan canlının türü ve miktarı gölün üretkenlik düzeyinin ve aynı zamanda da gln kirlilik düzeyinin bir göstergesidir. Bu nedenle gllerin üretkenlik düzeylerine göre yapılan sınıflandırmaları, su kalitesi açısından da gl hakkında fikir vermektedir. Göller retkenlik düzeylerine göre beş gruba ayrılırlar;

Oligotrofik Göller (Az Besinli Göller)

Kalite açısından temiz göllerdir. Göldeki canlı tür sayısı fazla ancak her türdeki canlı sayısı azdır. Jeolojik olarak genç olan bu göller genel olarak derindir ve derin kısım büyük ve soğuktur. Her derinlikte ve her mevsimde gölde yeterince oksijen bulunur. Ancak bu tür göller gittikçe azalmaktadır. Bunların tipik misalleri, suları soğuk ve berrak olup içinde pek az bitki ve balık yetişen dağ glleridir. Pınarlarla beslenen kırsal tabanlı göller de bu sınıfa girer.

Mezotrofik Göller (Orta Derecede Besinli Göller)

Su kalitesinin artık bozulmaya başladığı bu göllerde organik madde ve alg birikimi az beslenmiş gllere oranla daha fazladır. Bitki ve canlı türü ve sayısı oldukça fazladır.

Ötrofik Göller (Aşırı Besinli Göller)

Yunanca iyi besleyen, besince zengin anlamına gelen bu tip göller çok verimlidir. Kalite açısından kirlenmiş olarak kabul edilen bu göller jeolojik olarak eski, yaşlı göllerdir. Oldukça sığ yapıya sahiptirler. Aşırı miktarda organik maddeye sahip olduklarından üretkenlik düzeyleri çok yüksek olup, sık sık alg patlaması olayı ile karşılaşırlar. Gölün derin kısmı olan hypolimnion bölümü çok küçüktür veya yoktur. Derin kısımlarında çözünmüş oksijen miktarı çok düşüktür. Hatta çoğu kez bu kısımlarda hiç oksijen bulunmadığı için havasız (anaerobic) bozunma söz konusudur. Canlı sayısı yüksek olmasına karşın canlı türü sayısı bakımından fakirdirler. Ölen canlı ve alglerin dibe çökmesi sonucunda zaten sığ olan gl derinliği gittikçe daha da azalır ve gl çevresinde gittikçe artan bitki ağı gölü tamamen bataklaştırarak zamanla tümüyle yok olmasına neden olur.

Gölde aşırı beslenme sonucu ortaya çıkan bataklaşma olgusu beraberinde, sık sık alg patlamalarının oluşması, gl dibinde birikintilerin artması, göldeki canlı türlerinin azalması, çevrede oluşan bitkiler nedeniyle gölün turizm ve rekreasyon açısından değerini yitirmesi, içme suyu kaynağı olarak kullanıldığında tat ve koku sorunlarının ortaya çıkması, hatta zehirli

salgılar veren bazı özel tür alglerin oluşması gibi bir çok ciddi ve çözümü çok zor sorunları da doğurur.

Dystrofik Göller (Kötü Besinli Göller)

Normal ekolojik özellik gösteremeyen bu göllerde üretim ve tüketim dengesi tamamen bozulmuştur. Asidik bir yapıya sahip olan ve koyu kahverengi bir renge sahip bu göllerde ancak bazı özel canlı türleri yaşamlarını sürdürebilmektedir. Gölde biriken maddeler ve gölün gittikçe bataklıklaşması zamanla gölü tamamen yok eder ve yerini bitki ve orman örtüsü ile kaplı bir alana bırakır.

Miksotrofik Göller (Kötü Besinli Fakat Üretici)

Hümkik madde bakımından zengin olan fakat buna rağmen üretici olan göllerdir. Besi maddeleri ve askıda organik maddeler bakımından çok zengindirler.

OECD programında ise; ultra-oligotrofik, oligotrofik, mezotrofik, ötrofik ve hipertrofik olarak beş sınıf göl tanımlanmıştır. Bunlardan;

Ultra-oligotrofik Göller: Oligotrofik göllerden daha az üretkenliğe sahip olan göller,

Hipertrofik Göller: Ötrofik göllerden daha çok üretkenliğe sahip olan göller olarak tanımlanmıştır (OECD, 1982).

Özellikle derin ve büyük göllerde mevsimlere bağlı olarak bir tabakalaşma görülür. Yaz aylarında ışınların dik gelmesinden dolayı yüzey suları daha çok ısınır. Göl sularının üst kısımlarında orta derinliklere kıyasla sıcak yaz aylarında fazla ısınan bir bölge oluşur. Buna “Epilimnion bölgesi” adı verilir. Hafif bir rüzgarın etkisiyle üst bölgenin karışması ve orta bölgenin hareketlenmesinden dolayı yüzey tabakasında bir su sirkülasyonu görülür. Suyun üst tabakası ile alt tabakaları arasında sıcaklık farkları belirgin hale gelir. Yüzeyden derine inildikçe yavaş yavaş azalan sıcaklık belli bir derinlikten sonra çok hızlı bir şekilde düşüş gösterir. Bu bölgeye “Mesolimnion bölgesi” denir. Sıcaklığın normal seyretmeyip aniden sapma göstermesi Termoklin veya sıcaklık atlama olarak adlandırılır. Bu tabakadan sonra sıcaklık düşüşü tekrar yavaş bir azalmayla devam ederek dip sularda +4 °C’ye ulaşır ve değişim göstermeyerek sabitleşir. Bu bölgeye “Hipolimnion” denir.

3.1.2 Ötrofikasyon kontrolü

Ötrofikasyon göllerde doğal bir süreçtir. Ancak insan faaliyetleri bu süreci hızlandırmakta ve

su kaynağının kullanım süresini kısaltmaktadır. Bu nedenle ötrofikasyon göllerde özellikle içme suyu amaçlı kullanılan su kütlelerinde dikkate alınması gereken önemli bir sorundur. Ötrofikasyon göllerde doğal bir süreçtir. Ancak insan faaliyetleri bu süreci hızlandırmakta ve su kaynağının kullanım süresini kısaltmaktadır. Bu nedenle ötrofikasyon göllerde özellikle içme suyu amaçlı kullanılan su kütlelerinde dikkate alınması gereken önemli bir sorundur.

Ötrofikasyon ile ilgili başlıca üç çeşit kontrol alanı mevcuttur (Muslu, 2001);

1. Giriş kontrolü
2. Sistem kinetiğini değiştirerek kontrol
3. Akış yolu üzerinde yapılan iyileştirmeler (yapılan tasfiyenin ve atıksu akımının kontrolü)

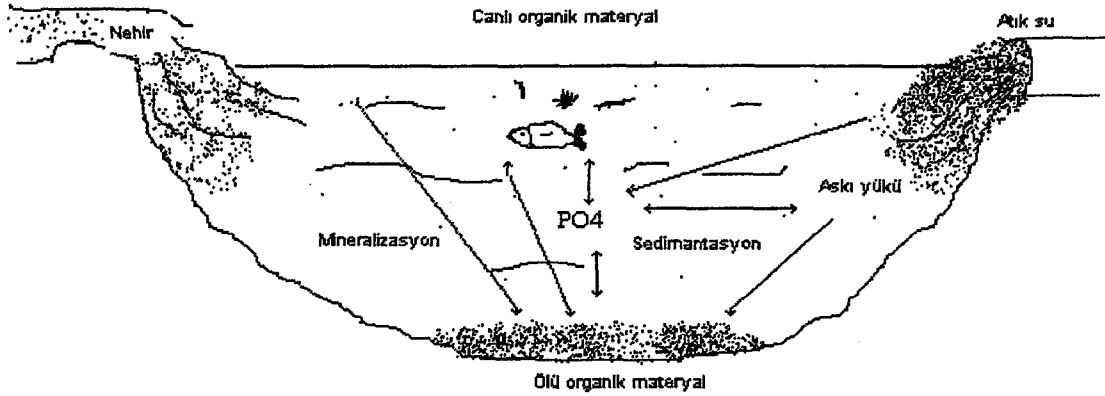
Bu maddelerle ilgili detaylı bilgi, su kalitesini koruma ve iyileştirme bölümünde verilmiştir.

3.1.2.1 Ötrofikasyonun sebepleri

Baraj ve göl havzası oluşturulmadan önce, ön çalışmalardan kaynaklanan eksiklikler, havza zemininin yeterince temiz olmaması, gelecekte muhtemel olan tehlikelerin tespit edilmemesi, havza alanındaki düzensiz yapılaşma ve bu alanda mevcut alt yapının olmaması, atıkların göle deşarj edilmesi, tarım alanlarından gelen yüzeysel akışlar, gölün su kaynağının azalması, aşırı yağışlardan göl tabanının çamurla dolması, hava kirliliğinin artması gibi sebepler ötrofikasyona neden olur. Özellikle azot ve fosfor konsantrasyonundaki aşırı artış ötrofikasyonun başlıca nedenidir diyebiliriz.

3.1.2.2 Fosforun ötrofikasyona etkisi

Doğal sular ve atıksularda fosfor genellikle fosfatlar halinde bulunur. Bunlar orto fosfatlar, kondanse fosfatlar (piro, meta ve diğer poli fosfatlar) ve organik bağlı fosfatlardır. Bu fosfat formları çeşitli kaynaklardan gelmektedir. Şekil 3.1’de genel olarak göllerdeki fosfor döngüsü gösterilmiştir. Küçük miktarlardaki bağlı fosfatlar su kaynaklarına arıtma proseslerinden gelir.

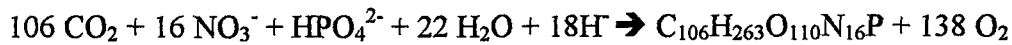


Şekil 3.1 Gölde fosfor döngüsü

Bu bileşiklerin büyük miktarları, temizlik malzemelerinin bünyesinde bulunan temel madde olarak, çamaşırhanelerden veya diğer temizleme işlemlerinden su kaynaklarına verilir. Ekim yapılan zirai alanlarda orto fosfatlar gübre olarak verilir. Yağmur drenajları ile ve sulamadan dönen sularla bu orto fosfat bileşikleri, zirai alanlardan yüzeysel sulara taşınırlar.

Fosfor organizmaların büyümesi için gerekli temel elementlerden birisi olup, su ortamında birincil üretkenliği kısıtlayıcı bir nütrienttir. Fosforun büyümeyi kısıtlayıcı nütrient olması nedeniyle ham veya artırılmış atıksuların, zirai drenajların veya bazı endüstriyel atıksuların su ortamlarına deşarjı, fotosentetik, akuatik mikro ve makro organizmaların istenmeyen miktarlarda gelişmelerine yol açar. Fosfatlar aynı zamanda biyolojik çamurlarda ve sedimentlerinde hem çökelmiş organik formlarda, hem de organik bileşiklerin içeriğinde bulunabilir. Dolayısıyla göle fosfor girişinin azaltılması, göldeki fosfor seviyesini hemen etkilemez, etkiyi geciktirebilir ancak fosfor girişinin azaltılmasından birkaç yıl sonra etkisini gösterebilir (Carpenter, vd., 1999).

Fosforun ve diğer elementlerin alg protoplazmasındaki oluşumu şöyledir (Chapra, 1992);



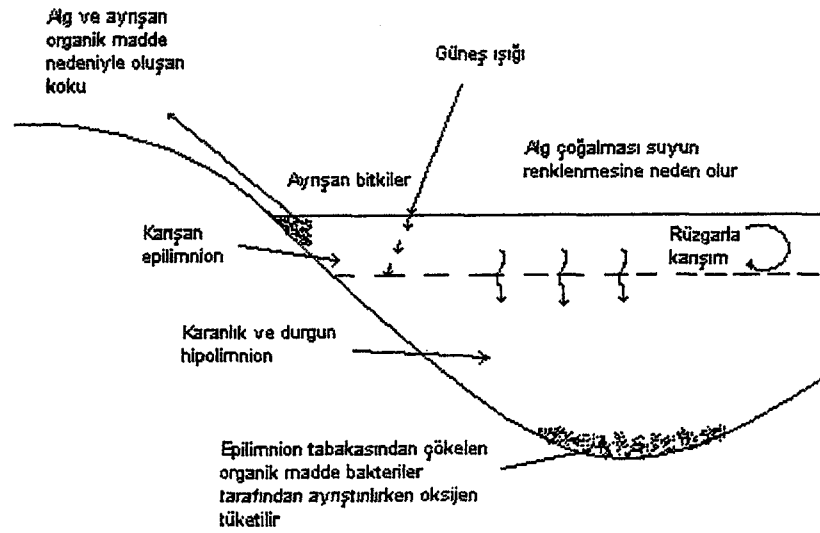
Basit bir stokiometrik analiz kullanılarak azotun fosfora oranı ağırlık olarak, $\text{N/P} = (16 \times 14) / (1 \times 31) = 7,2$ bulunur. Eğer bu oran yediden büyük ise sınırlayıcı element fosfordur. Alg hücreleri için stokiometrik oran $\text{C:N:P} = 106:16:1$ 'dir. Yeterince ışık ve sıcaklık olduğu zaman 1 mol fosfor ve 16 mol azot ve 106 mol karbon alg büyümesi için

optimum miktar olarak gereklidir. Ancak daha öncede belirtildiği gibi ötrofikasyon kontrolünde fitoplankton için esas sınırlayıcı elementin, yaygın olarak fosfor olduğu kabulü yapılır (Chapra, 1992).

3.1.2.3 Ötrofikasyonun belirtileri

Bir su kütlesinin ötrofikasyonu, insanlar tarafından aşırı alg büyümesi gözlenerek ve dolayısıyla kullanımının uygunsuz hale gelmesi sonucu belirlenebilir (Şekil 3.2). Genellikle bir su kütlesinin ötrofikasyonu aşağıdaki olaylarla gözlenir;

- Sudaki besi maddesi konsantrasyonunda fark edilebilir seviyelerde artış,
- Su organizmaları ve bitki kütlesinde artma, ancak tür sayısında azalma,
- Bazı türlerin kaybolarak ekonomik değeri olmayan yeni türlerin ortaya çıkması,
- Organizma türlerinin azalması,
- Su yüzeyinin sık sık alg patlaması neticesinde mikroskobik bitkiler ile kaplanması,
- Suyun berraklığının ve ışık geçirgenliğinin azalması, koku ve rengin artması,
- Sıcaklık tabakalaşmasının mevcut olduğu su yataklarında alt tabakada çözünmüş oksijen konsantrasyonunun azalması,
- Su yatağının dolmaya başlayarak derinliğinin azalması.



Şekil 3.2 Göl ortamına ötrofikasyonun etkisi

3.1.2.4 Ötrofikasyonun etkileri

İnsanlar Üzerindeki Etkileri : Ötrofik hale gelmiş bir gölde insanların yüzmesi veya bu göl suyunu içmesi ile bağırsak bozuklukları, solunum bozuklukları ve deri hastalıkları vb. şekillerde insanların üzerine direkt olarak ötrofikasyonun zararlı etkileri meydana gelir. Ayrıca ortaya çıkan parazitler alerjik hastalıklara, kanser ve ülsera sebep olabilirler.

Ekonomik Etkileri : Bu tip göllerden içme suyu temin ediliyorsa, özellikle algler içme suyu filtrelerinde tıkanmalara sebep olur, su tasfiyesi zorlaşır, sudaki azot ve fosforu azaltmak için maliyette artar, dolayısıyla tasfiye edilen suyun birim fiyatı artar. Aynı zamanda suyun tadını bozar ve renk, koku gibi istenmeyen durumlar meydana gelir. Endüstrilerde soğutma suyu olarak kullanılıyorsa sistemde algler birikerek tesisin ömrünü azaltır. Tarıma dayalı endüstrilerde istenilen su kalitesi sağlanamaz.

Hayvanlar Üzerine Etkileri : Bilhassa mavi-yeşil alg grubundaki bazı alglerin bulunduğu sulardan içen hayvanlar zehirlenerek ölebilirler. Balık üretimi azalabilir, O₂ azlığı gibi nedenlerle balık ölümleri görülebilir.

Su Kütlesi ve Rekreasyon Değeri Üzerine Etkileri : Su kütlesinin estetik görünümü bozular. Algler köpük teşkil ederek etrafa kötü kokular yayabilir. Gece ve gündüz su kütlesindeki çözünmüş oksijen değerleri arasında büyük salınımlar meydana gelir. Gölün alt tabakalarındaki anaerobik şartların teşekkül etmesiyle H₂S gazı açığa çıkar. Bentik bitkiler (kökü tabanda olan sık gövdeli bitkiler) çoğalarak gölde yapılan ulaşımı zorlaştırır, yüzme ve su sporları imkanları ortadan kalkar.

Ötrofikasyonun bu gibi etkileriyle su kütlesinin mevcut ve potansiyel amaçlı kullanım alanları daralır, istenmeyen durumlar ortaya çıkar.

Ötrofikasyonun yukarıda belirtildiği gibi çoğunlukla zararlı olmakla birlikte sınırlı olarak da yararlı etkileri vardır. Yararlı etkileri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Ötrofikasyon sonucu saz ve kamış üretimi olmaktadır. Dolayısı ile yapılan saz ve kamış selüloz üretiminde kullanılarak ekonomik yönden değerlendirilmektedir.
- Mavi-yeşil algler ilaç yapımında özellikle ülser tedavisinde kullanılmaktadır (Kavurt 1993).

3.2 Ömerli Rezervuarı'nın Su Kalitesi

Ömerli rezervuarının 1975 yılında mezotrofik niteliğe sahip olduğu, yani alg içeriğinin düşük, seki diski derinliğinin 3-10 m olduğu görülmüştür. Gölde 0,080-0,100 mg/l'nin üzerindeki fosfor konsantrasyonları ötrofik veya hipertrofik duruma geçildiğini göstermektedir. 1992 yılı için öngörülen değerler veya iyileştirici önlemin alınmadığı durumla ilgili tahminler, rezervuarın ötrofik olduğunu ve içme suyu rezervuarında istenmeyen mavi-yeşil alglerin veya diğer alg gruplarının sık ve büyük gruplar halinde oluşması tehlikesinin bulunduğunu açıkça göstermektedir. Ayrıca 1985-1992 dataları incelendiğinde göldeki sınırlayıcı elementin fosfor olduğu görülmüştür (İSKİ, Sultanbeyli Projesi, 2002).

Ömerli rezervuarının Technical Standartlara (Demokratik Alman Cumhuriyetinin detaylı sınıflandırması) göre (Hazırbaba, 1999) farklı tarihlerde yapılan sınıflandırma çalışmaları ve gölün farklı parametrelere göre değerlendirildiğinde hangi sınıflara girdiği Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

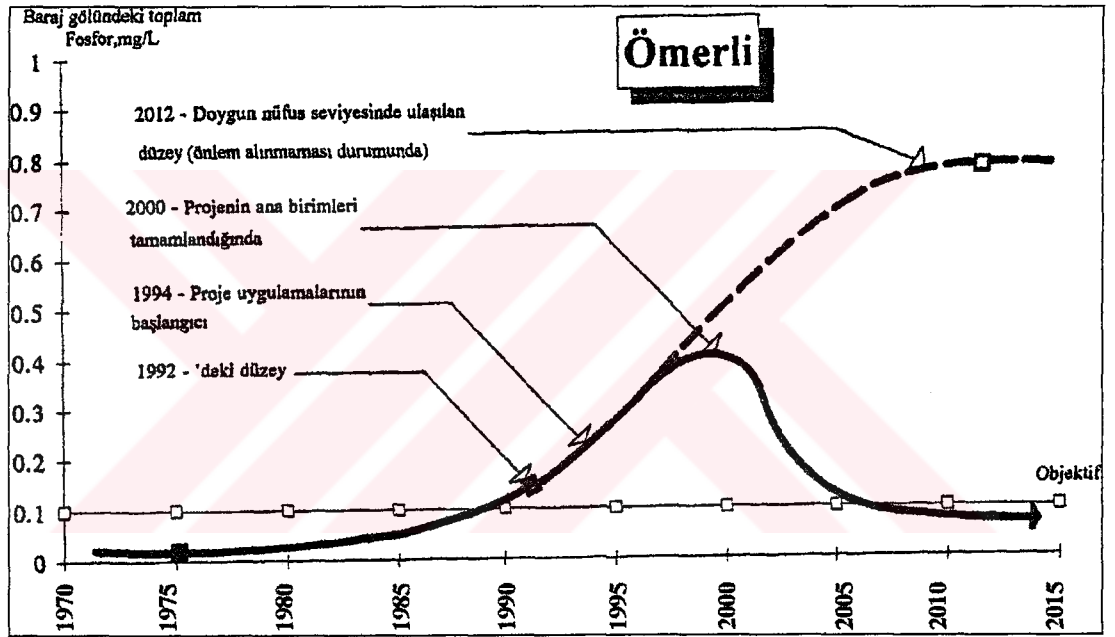
Ömerli Baraj Gölünün yapılan detaylı sınıflandırılması sonucunda, su kalitesi bakımından 2. sınıf, trofik seviye bakımından ise 3. sınıf yani ötrofik göl olarak belirlenmiştir. 1994'den bu tarihe kadar olan değişim incelendiğinde çok fazla farklılıklar olmadığı görülmektedir, ancak 1994'de yapılan çalışmada gölün 2. sınıf su özellikleri gösterdiği ve 3. sınıfa yönelmiş olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, son zamanlarda yapılan çalışmalar gölün ötrofik seviyede (3. sınıf su kalitesinde) olduğunu göstermiştir.

Çizelge 3.1 Ömerli baraj gölünün farklı tarihlerdeki sınıflandırma değerleri

Sınıflandırma Parametreleri	Kriterler	Pala (1994)	Baykal (1997) (Öztürk vd, 1999)	Akkoyunlu (2002)
Hidrografik sınıflandırma	Morfometri	1,75	-	2
	Drenaj havzası	1,33	-	1,33
	Yük	2	-	2
	Ortalama değer	1,7 $\approx$ 2	2	1,78 $\approx$ 2
Trofik sınıflandırma	Oksijen dengesi	1,5	-	1,5
	Nütrient budget	4,2	-	4
	Ortalama değer	2,85 $\approx$ 3	2,85 $\approx$ 3	2,75 $\approx$ 3
Tuzluluk, özel kriterler ve sağlıkla ilgili kriterler	Tuzluluk	1	-	1
	Özel kriterler	1,5	-	2
	Sağlıkla ilgili kriterler	2	-	2,4
	Ortalama değer	1,5 $\approx$ 2	2	1,8 $\approx$ 2
Genel değerlendirme		2,3 $\approx$ 2	2	2,3 $\approx$ 3

Genel sınıflamaya göre gölün içme suyu amacıyla ve endüstriyel su olarak kullanılabilmesi için ayrıntılı bir artım yapılması gereklidir. Soğutma suyu, sulama ve rekreasyon amaçlı kullanımlar için oldukça uygundur. Rezervuarda ötrofik seviyenin üzerine çıkılmaması için, Ömerli havzasından gelen kirlilik yükünün azaltılmasının hedef alınması önerilmektedir. Genel olarak toplam-P yaklaşık 0,080-0,100 mg/l sınırının altında tutulursa bu hedefe ulaşılabilecektir (Şekil 3.3).

Gölü besleyen derelerden 4. sınıf su kalitesine sahip Paşaköy deresinin en çok kirlüten kaynak olduğu yapılan analizler sonucu tespit edilmiştir (Akkoyunlu, 2002).



Şekil 3.3 Ömerli Rezervuarlarında 1975-1982 yılları arasında Toplam Fosfor konsantrasyonu değişimi ve projeksiyonlar (İSKİ Sultanbeyli Projesi 2002).

3.2.1 Su Kalitesini Bozucu Unsurlar

Ömerli Havzasının doğal ekosisteminin unsurları arasında bulunmayan kirleticiler ekosisteme katılmıştır. Bitki-toprak-su arasındaki doğal dengenin bozulmaya başlaması, insanın bitki örtüsüne etkisinden ve insan faaliyetlerinin ekosisteme kattığı kirleticilerden kaynaklanmaktadır. Buna bağlı olarak doğal koşullar değişmiş, toprak ve su özellikleri bozulmaya başlamıştır. Havza sınırları içinde, herhangi bir noktada rezervuara ya da derelere en uzak kesimde de olsa arazi kullanım kararları, içme suyunu doğrudan etkiler. Havza ekosistemine negatif girdi oluşturan insan etkisi, bu yönüyle "bozucu faktörler" şeklinde adlandırılabilir. Adı geçen bu bozucu unsurların en önemlileri; yerleşme, sanayi ve tarım

alanlarının açılması, otoyol, maden arama vb. uygulamalardır. Bu faktörlerle birlikte, ağaçlandırma çalışmalarında yanlış tür seçimi de su miktarı, kalitesi ve rejimini de olumsuz etkiler. Bilindiği gibi ağaç türü su miktarı üzerinde oldukça etkilidir. Ancak son zamanlarda Ömerli havzasında doğal türlerin azalmasına karşın ibrelili ağaç alanlarının artışı buharlaşmanın da artmasına neden olacaktır. Bu sebeple tür seçiminde de etkili bir plan yapılmalıdır. Yağmur suyunun artırılması için önerilen tek yöntem, (yağmur sularının rezervuara girmeden önce çökeltme lagünlerinden geçirilmesi) yağ/su ayırıcılarının kullanılmasıdır (ÖEJV,1993). Ömerli Rezervuarına 2012 yılı için yağmur suyu ile gelen tahmini kirletici deşarjları Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Ömerli Rezervuarına 2012 yılı için yağmur suyu ile gelen tahmini kirletici deşarjları (ÖEJV,1993)

Parametre	Ömerli Rezervuarı
Kentsel Alan (ha)	6 006
Kaplamalı Alan (ha)	3 262
Yağmursuyu Deşarjı (1000 m ³ /yıl)	13 045
BOI (mg/l)	10.0
Top - N (mg/l)	2.5
Top - P (mg/l)	0.4
Yağ (mg/l)	0.4
Tahmin Edilen Yıllık Yükler	
BOI (ton/yıl)	130
Toplam - N (ton/yıl)	33
Toplam - P (ton/yıl)	5
Yağ (ton/yıl)	5

Not: Kaza ile herhangi bir dökülme sonucu kirletici gelmeyeceği kabul edilmektedir.

Çizelge 3.3’de Ömerli rezervuarı için yıllık Nitrojen ve Fosfor yükünün ileriye dönük eğilimi verilmiştir (ÖEJV., 1993). Projeksiyon yapılarak tahmin edilen durum atık suların toplanıp arıtılması ile ilgili herhangi önlemin alınıp herhangi bir işlemin yapılmamış olması kabulüne göredir.

Çizelge 3.3 1975-1992 yıllarında ve projeksiyon olarak Ömerli Rezervuarı’na gelen toplam nitrojen ve fosfor yükü

	1975		1992		Projeksiyon	
	N ton/yıl	P ton/yıl	N ton/yıl	P ton/yıl	N ton/yıl	P ton/yıl
Evsel Atık Su	11	2	391	78	1.924	500
Endüstriyel Atık Su	0	0	21	5,4	21	5,4
Kentleşen Bölge Yağmur Suyu	24 *	1,1 *	30	3,0	35	5,3
Orman Alanı	64	1,6	64	1,6	64	1,6
Tarım Alanı ve Çayır	164	4,4	164	4,4	164	4,4
Atmosferden Gelen	46	0,5	46	0,5	46	0,5
Toplam	309	9,6	716	93	2.254	517

*Kaldırımlardan ve bütün şehir alanlarındaki ara yeşil alanlardan gelen akışlar dahil edilmiştir.

3.2.2 Su Kalitesini Koruma ve İyileştirme

Havzada temel hedef su kalitesini ve ekolojik şartları korumaktır. Rezervuardaki su kalitesini kabul edilebilir seviyede korumak için gerekli tedbirlerin zamanında alınması gerekmektedir.

Koruma önlemleri alınmadığı takdirde kirlilik yükleri dramatik olarak artacaktır. Buna rağmen, yerleşimlerin tümüne kanalizasyon sağlandığında ve arıtılmış su havza dışına aktarıldığında kirlilik havzadan uzaklaştırılmış olacaktır (Çizelge 3.4). Köylerden kaynaklanan atık suyun arıtıldıktan sonra havzaya verilmesi durumunda oluşacak kirlilik yükleri azalacaktır.

Çizelge 3.4 Sular havza dışına aktarıldığında, Ömerli rezervuarında tahmin edilen toplam nitrojen ve fosfor değerleri (ÖEJV,1993)

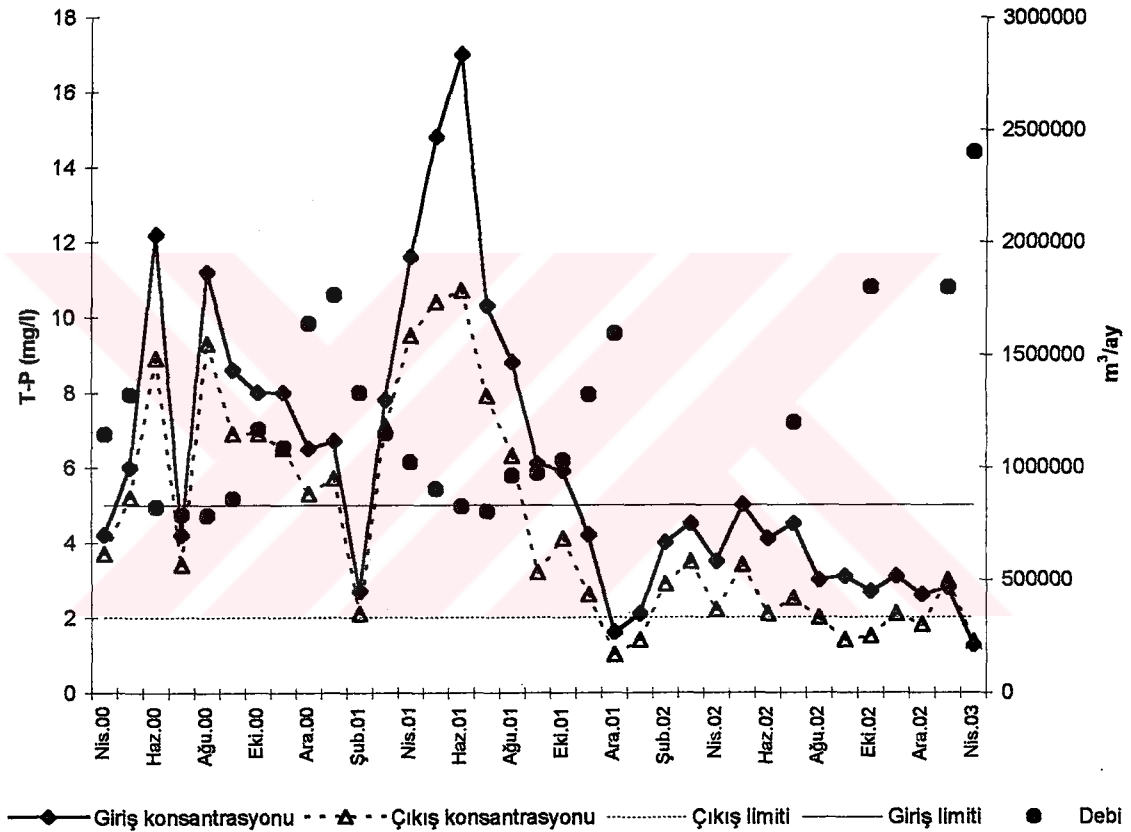
N & P Yükleri	N t/yıl	P t/yıl
Ömerli Havzası:		
Köylerden kaynaklanan evsel atıksu	35,0	4,7
Diğer kaynaklar	309,0	11,8
Ömerli için Toplam Projeksiyon	344,0	16,5

Ömerli Barajı; İstanbul'un su kaynakları arasında çok önemli bir yere sahiptir. Ömerli Havzası'nda yer alan ve yetersiz altyapıya sahip, kontrolsüz kentleşmenin etkilerinden baraj gölünü korumak ve gelecekte de bu su kaynağından verimli olarak yararlanabilmek gayesiyle, Paşaköy İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi kurulmuştur.

Paşaköy Atıksu Arıtma Tesisi halen İstanbul'un en büyük kapasiteli ileri biyolojik arıtma tesisidir. Ömerli su havzasında Sarıgazi, Samandıra, Sultanbeyli, Alemdağ, Yenidoğan ve Sultancıftliği yerleşim bölgelerinden oluşan ve Ömerli Barajı'na dökülen atıksuları arıtmaktadır. Atıksuların, ileri biyolojik arıtma sistemiyle arıtılarak, yapılmakta olan tünel vasıtasıyla Riva Deresi ile Karadeniz'e verilmesi amaçlanmakta ve böylece baraja kirleticilerin girişinin önlenmesi istenmektedir. Paşaköy Atıksu Arıtma Tesisi farklı yıllardaki giriş ve çıkış toplam fosfor değişimi ile debi değişimi Şekil 3.4'de görülmektedir. 2000-2002 yılları arasındaki değerler İSKİ Atıksu Arıtma Daire Başkanlığından alınmış olup 2003 yılı değerleri TUBİTAK MAM Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsünden, Ömerli Baraj Gölündeki Toksik Fitoplankton Türlerinin Tespiti ve Su Kalitesinin İyileştirilmesine Yönelik Çözüm Önerilerinin Belirlenmesi Projesi Sonuç Raporundan alınmıştır. 22 Mart 2000 'de devreye alınan Paşaköy Arıtma Tesisi ile ilgili İSKİ 2000, 2001 birifing planında belirtildiği üzere çamur susuzlaştırma ve tünel inşaatı bitmediğinden sistemdeki çamur dışarı atılamamış, bu ise verimi olumsuz etkilemiştir. Analiz neticeleri incelendiğinde P değerlerinin özellikle bu

tarihlerde, hem giriş hem de çıkış limitlerinden yüksek olduğu görülmüştür, bunun sebebi sistemden çamur çekilememesi ve giriş suyu kalitesinin çok düşük olmasıdır.

Ayrıca fosfor giderim veriminin düşük olmasının sebepleri olarak, giriş suyundaki fosforun yüksek konsantrasyonlarda olması ayrıca evsel atıksuyun yağmur suyu ve dere suyu ile karışık olarak gelmesinden dolayı suyun yüksek oksijen konsantrasyonu ihtiva etmesidir (Eroğlu vd., 2001).



Şekil 3.4 Paşaköy Atıksu Arıtma Tesisi farklı yıllardaki giriş-çıkış toplam fosfor ve debi değişimi

Genel olarak bir değerlendirme yapıldığında giriş suyu parametrelerinin tesis proje değerlerinin üzerinde olmasına rağmen fosfor hariç diğer parametreler çıkış suyu değerlerini sağlamaktadır. Debi değişimine bakıldığında bahar ve kış aylarında debinin yüksek, yaz aylarında ise debi değerinin düşük olduğu görülmektedir. Ocak 2001 - Nisan 2003 ayları arasında mevcut verilerden en düşük debinin Temmuz 2001'de 800 000 m³/ay olarak, en yüksek debinin ise 2 400 000 m³/ay olarak Nisan 2003'de ölçüldüğü görülmektedir.

Havza ve kent planlarının, amaçları gerçekleştirecek araç niteliğinde olmaması ve yasal-yönetmelik boşlukların bulunması, yukarıda tanımlanan bozucu unsurların oluşma nedenlerindendir. Bu nedenle ilgili kurumlarca gerekli tedbirler alınmalıdır.

Su havzalarında görülen problemlerin çözümünde diğer önlemlere ek olarak bambu plantasyonu ile koruma zonu önerilmektedir. Ülkemizde “bambu” denilince daha çok “kamuş” olarak bilen, sulak ve nemli alanlarda yetişen, en fazla 3-4 m boya ulaşan bitkiler aklı gelmektedir. Oysa bambular, 10-15 cm’den 40 m’nin üzerine kadar çıkabilen, bir günde 120,9 cm büyüme yapabilen, dünyanın en hızlı büyüyen bitkileridir. Bambular boy büyümesi durduktan sonra gelecek yıla kadar geçen sürede kökçükleri ile toprağı bir ağ gibi örterler. Buradan da anlaşılacağı gibi çok ideal bir erozyon kontrol görevi üstlenirler. Kökler 50 cm’den daha derine gidemediğı için büyüme periyodunda (Şubat-Haziran) yağın yağış sularından yararlanmakta diğer ağaçlar gibi metrelerce derine inmemektedir. Böylece havzanın suyunu kullanma gibi olumsuzluklara yol açmamaktadır. Kökçüklerin toprak altında çok yoğun bir şekilde yer alması, insan gücü ile topraktan çıkarılmasını zorlaştırmakta, ancak makineli bir çalışma ile bu mümkün olmaktadır. Kökçükler yanmayacağı için herhangi bir kasıtlı yakma durumunda gelecek yıl bambular tekrar büyüyecektir. Bu gibi özellikler, yoğun bir gecekondulu vb. yerleşim talebi ile karşılaşılın su havzalarına olan göçe etkili bir bitkisel çözüm yoludur. Bambuların büyüme periyodunda aşırı azot, magnezyum, fosfor gibi besin maddelerini kullanması nedeniyle su havzasındaki kirliliğı önlemeye yardımcı olacaktır. Ayrıca % 50’si kesilerek elde edilen ürün farklı amaçlı birçok alanda kullanılabilecektir. Odunundaki selüloz miktarının yüksek olması nedeniyle birçok ülkede kağıt üretiminde kullanılmaktadır (Örneğın Hindistan’da üretilen kağıdın %70’i bu yolla sağlanmaktadır.). böylece su havzalarında bambu üretimi ile elde edilecek hammadde ile bu bölgede küçük ölçekli işletmelerin kurulması sağlanacaktır. Sonuç olarak su havzalarında nüfusun ve yapılaşmanın azaltılması, mutlak ve kısa kuşakta ise kaldırılması gerekmektedir. Aksi takdirde bu kaynakların elden çıkması kaçınılmazdır. Su havzalarının korunmasında elbette zorlayıcı, caydırıcı ve engelleyici önlemler alınmalıdır, ancak kolluk kuvvetleri gibi zorlayıcı önlemler yeterli ölçüde başarılı olamamaktadır. Alınabilecek önlemlere ek olarak, mutlak koruma zonunda mutlaka yerleşimler engellenmeli ve bu zonda uygun ekolojik şartlarda önerilen bambu türlerinin plantasyonları yapılmalıdır (Var, 1999).

Yayıllı kaynaklar olarak adlandırdığımız kentsel alan, tarım ve çayır alanları, orman alanı ve atmosferden gelen yüklerin kontrolü pek mümkün değildir. Bu nedenle ya kentsel alandan gelen yükler için drenaj sistemi yapılabilir ya da tarım alanlarında gübre kısıtlamasına

gidilebilir. Rezervuarların ve göllerin ötrofikasyon kontrolü için en etkili yöntem fosforun kontrolüdür. Ötrofikasyonun ve fosforun kontrolü için çeşitli yöntemler mevcuttur;

- Fosforun kaynağında doğrudan azaltılması
- Atıksu arıtımı işlemi sırasında kimyasal çöktürme ile fosfat giderimi
- Fosfat içeren deterjan kullanımının kısıtlanması; deterjanlarda fosfat yerine aynı işlevi görebilecek ancak çevre problemlerine sebep olmayacak alternatif maddeler kullanılabilir.
- Arazi kullanımının kontrolü; gübre ve haşere ilaçlarının kontrollü kullanımı ve toprak erozyonun mümkün olduğunca engellenmesi
- Dere giriş sularının arıtılması
- Dereye deşarj edilen atık suların arıtılması
- Giriş sularına doğrudan fosfor çöktürücü kimyasal ilavesi
- Dere girişlerinde ve rezervuar çevresinde sulak alanlar oluşturma; su mercimeği ve bambu türü bitkiler önemli ölçüde nütrient tüketebilirler. Su mercimeği daha sonra kurutulup hayvan yemi olarak kullanılabilir, bambu ise bir çok alanda kullanılabilmektedir.
- 2000 yılından beri faaliyet gösteren Paşaköy Atıksu Arıtma Tesisi deşarj sularının, rezervuara değil de planlandığı gibi Riva deresine verilmesi
- Gölde yapılabilecek kontroller
- Nütrient inaktivasyonu; bu metotla derelerde yapılabileceği gibi göle fosfor çöktürücü kimyasalların ilavesi
- Akım arttırma/seyreltme; düşük nütrient içeren suyun göle taşınması ile su akımı hızlanmakta, nütrient konsantrasyonu seyrelmekte ve böylece biyokütle birikimi azalmaktadır.
- Sirkülasyon; su kaynağının karışmasını sağlayarak tabakalaşmasını önlemek
- Dip çökeltilerinin üstünün kaplanması; bu metotla çökelti-su-nütrient karışımını önlemek amacıyla dip çökeltilerinin plastik veya partiküler maddeyle örtülmesi

esasına dayanır, ancak maliyeti ve su organizmalarını nasıl etkileyeceği dikkate alınmalıdır.

- Kimyasal kontrol; istenmeyen organizmaların giderilmesi için, su kaynağına özel kimyasallar verilebilir. Bununla ilgili Ömerli su alma yapısı civarına algleri çöktürmek amacıyla bakır sülfat ilavesi yapılmaktadır. Ancak belirli bir süre sonra organizmalar bu kimyasallara direnç kazanabilir.
- Alg gelişiminin kontrolü; göldeki alg büyümesinin kontrolü için gerekli olan ışığın sınırlandırılması ile azaltılması (algleri su kütlesinin daha karanlık ve daha derin bölgesine taşımak için su kaynağının karıştırılması), zooplanktonlar fitoplanktonlar üzerinden beslendikleri için zooplanktonla beslenen canlıların su ortamına verilmesi ile sağlanabilir. (Pala, 1994; Kınacı, 2001)

Ayrıca rezervuarın korunması için; zararlı atık üreten, depolayan, işleyen endüstriler havza dışına çıkarılmalı, diğer endüstrilere ancak izin verilen bölgelerde ve arıtma yaptıkları takdirde izin verilmelidir. Yerleşim yerlerinden doğrudan göle veya derelere olan evsel atıksu deşarjları kontrol altına alınmalıdır. Göle gelen kirliliğin önemli bir miktarının derelerden geldiği göz önüne alınarak ilgili önlemler alınmalıdır.

4. REZERVUARDA YAPILAN ÖLÇÜMLER VE SONUÇLARI

TUBİTAK MAM Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Enstitüsü'nde bu çalışmayla paralel yürütülen “Ömerli Baraj Gölündeki Toksik Fitoplankton Türlerinin Tespiti ve Su Kalitesinin İyileştirilmesine Yönelik Çözüm Önerilerinin Belirlenmesi” araştırma projesinden sağlanan, Fosfor Modellemesi ile ilgili veriler bu bölümde değerlendirilmiştir.

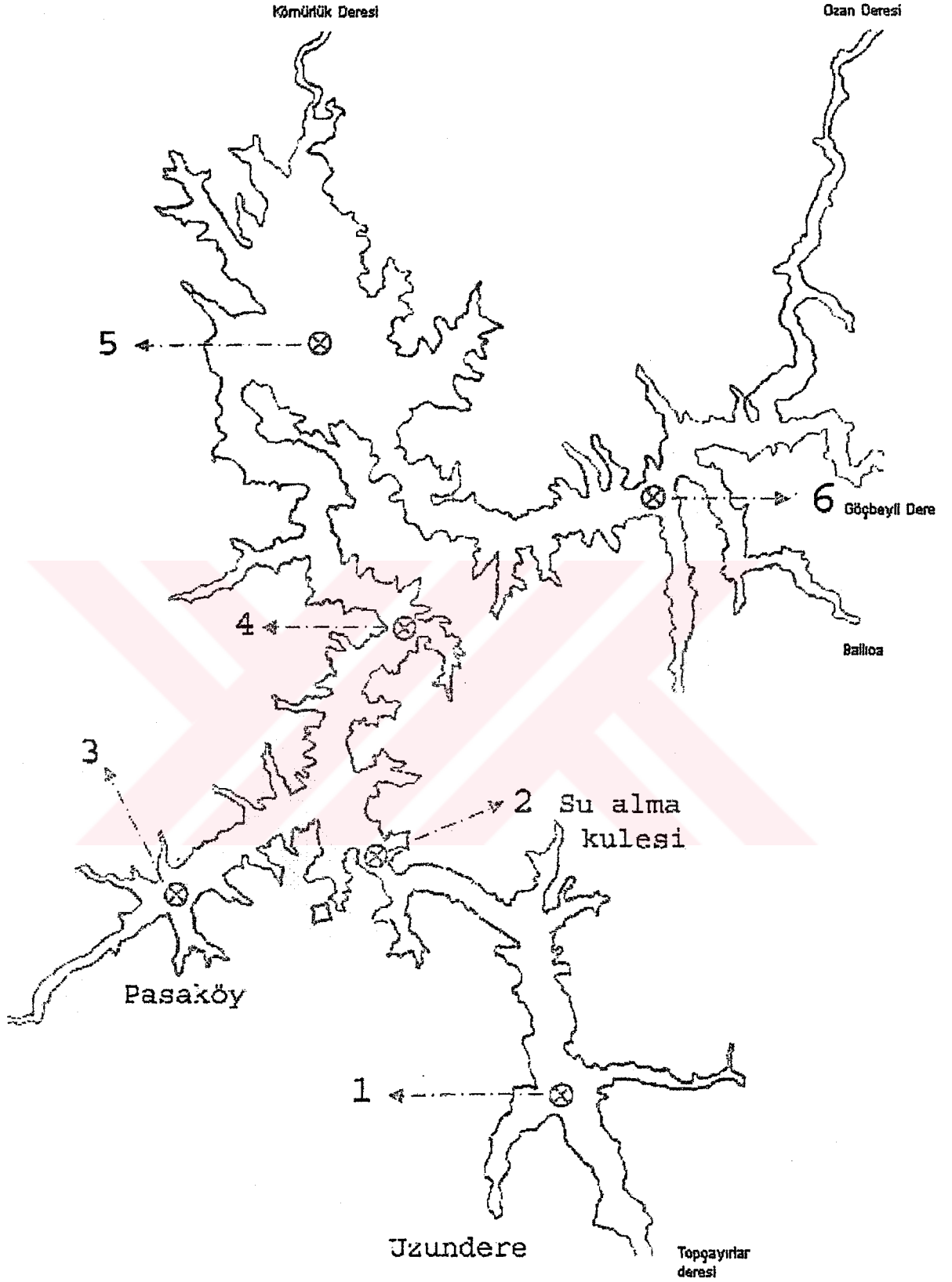
Örnek alma ve ölçüm yapılan yerlerin seçiminin ve toplam sayılarının belirlenmesinde aşağıda belirtilen hususlar dikkate alınmıştır;

- Örneklem noktalarının, Ömerli Gölünün genel özelliklerini ve zamana bağlı olan değişimleri izleyebilecek konumda ve sayıda olması,
- Evsel ve endüstriyel kaynaklı kirlenmeyi belirlemek için, deşarjların göle karıştığı en uygun noktanın tespit edilmesi,
- Noktasal kirleticilerin göle katkılarını saptamak için, karışım öncesi ve karışım sonrasında uygun noktaların belirlenmesi,
- Düzenli ölçüm ve örneklemeye olanak verecek sayıda olması.

Ömerli Baraj Göl'ünde gölün tamamını temsil edebilecek şekilde 6 nokta ve 4 farklı derinlikte ölçüm ve örneklem yapılmıştır. Numune alınan noktalar Şekil 4.1'de, noktaların koordinatları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Ayrıca göle girişi olan 5 adet derede örneklem yapılmıştır. Bu kaynaklardaki atık yüklerini bulabilmek amacıyla, örneklemeler sırasında hıza dayalı debi ölçümleri yapılmıştır. Göl örneklem noktalarını arazi tipi GPS kullanılarak tespit edilmiştir. Göl suyu örnekleri Van Dorn tip yatay örnekleyicilerle yüzey (0,5), 5, 10 ve 20 metre derinliklerden alınarak buz kutuları içinde +4 °C'de laboratuvara taşınmıştır (Tüfekçi vd., 2002).

Çizelge 4.1 Ömerli Baraj Gölündeki ölçüm ve örneklem istasyonlarının koordinatları

İstasyon No	Koordinatlar	
1	40° 59' 36,8" N	029° 21' 23,0" E
2	41° 00' 27,75" N	029° 20' 37,6" E
3	41° 01' 014" N	029° 20' 03,5" E
4	41° 01' 56,4" N	029° 21' 44,06" E
5	41° 03' 51,9" N	029° 22' 53,9" E
6	41° 01' 37,6" N	029° 23' 19,0" E



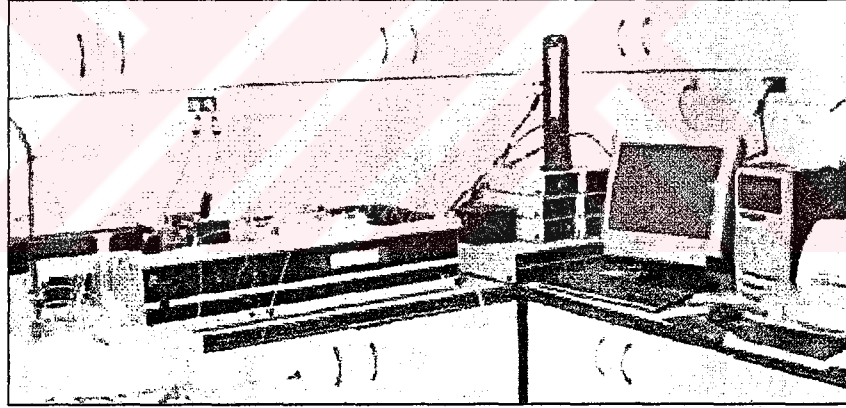
Şekil 4.1 Ömerli Gölü örnekleme noktaları (Tüfekçi vd., 2002)

Çizelge 4.2 Ölçüm ve analizi yapılan ilgili parametreler ve deney koşulları

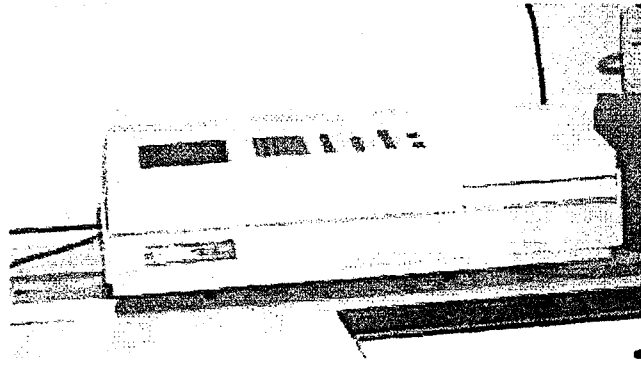
Grubu	Parametre	Numune Derinliği	Analiz	Açıklama
Fosforlar	Toplam P	Belirlenen her derinlikte	Laboratuvarda	Ön işlemlili/otoanalizör
	o-PO ₄	Belirlenen her derinlikte	Laboratuvarda	Otoanalizör
	Partikül Fosfat	Belirlenen her derinlikte	Laboratuvarda	Ön işlemlili/spektro
Biyolojik	Chl-a	Ölçülebilir derinlikte	Laboratuvarda	Ön işlemlili/spektro

4.1 Deneysel Analiz Yöntemleri

Çizelge 4.2’de ölçüm ve analizi yapılan ilgili parametreler ve deney koşulları verilmiştir. Besin elementleri tayini Technicon firması tarafından geliştirilen, tatlı su kaynakları ve deniz suyundaki nütrientleri hesaplamada kullanılan bilgisayar kontrollü A II Model Auto Analyzer, cihazı ile yapılmıştır (Şekil 4.2). Klorofil-a tayini ise, Şekil 4.3’de görülen yüzey suyunda ve deniz suyunda klorofil-a ölçümünde kullanılan spektrometrede yapılmıştır (Tüfekçi vd., 2003). Modelde kullanılan besin elementlerinin ve klorofil-a’nın analiz yöntem ve prensipleri şöyledir;



Şekil 4.2 A II model auto analyzer



Şekil 4.3 Spektrofotometre

Orto-fosfat Analizi : Bu yöntem fosfomolibdenyum kompleksinin oluşumuna dayanır. Su örneklerinde o-PO_4 amonyum molibdat ile reaksiyona sokularak kompleks heteropoli asit oluşturulur. Bu asit aksorbik asit tarafından indirgenerek mavi renkli bir kompleks oluşturulur, 800 nm dalga boyunda otoanalizörde absorbansın değerleri saptanarak standartlara göre orto-fosfat değeri bulunur (Standart Methods 16. Editon; Technicon Industrial Method 1977).

Toplam Fosfat : Toplam Fosfat tayininde persülfat parçalama yöntemi kullanılır. Bu metot çözünmüş, çözünmemiş, organik ve inorganik formdaki tüm fosfatların persülfat ilavesi ile yüksek ısıda parçalanarak ortaya çıkarılması prensibine dayanır. Bu metoda göre, kaynatma tüplerine 50 ml örnek ve üzerine 0,5 gr potasyum persülfat ilave edilir. Örnekler 150-200 °C'lik ısıtıcı hacim 10-20 ml kalana kadar kaynatılır. Tüm fosfatlar o-PO_4 şeklinde yükseltgenir. Örnekler oda sıcaklığında soğutulmuş serbest kalan tüm fosfatlar nötral hale getirildikten sonra otoanalizörde, 880 nm dalga boyunda fosfat analiz yöntemine göre analiz edilir (Standart Methods 16. Editon; Technicon Industrial Method 1977).

Partikül Fosfat : Bu metot organik formlu fosfor bileşiklerinin yüksek sıcaklıkta 450-500 °C de yakılarak orto-fosfata dönüşmesine dayanır. Orto- fosfata dönüştükten sonra örnekler 0.5 N NaOH ile nötral hale getirilir. Serbest kalan bu ortofosfata molibdik asit, askorbik asit ve fosfo molibdik asitin antimony formuyla hazırlanmış (çalışma reaktifi) karışım reaktifi eklenir. Bu heteropolik asit indirgendikten sonra askorbik asit ve molibdik asit kompleks oluşturarak mavi bir renk oluşur. Bu renk spektrofotometrik olarak 860 nm dalga boyunda okunur (Standart Methods 16. Editon; Field and Laboratory Protocol, 1990).

Klorofil-a : Araziden toplanan 1-5 l değişen hacimlerdeki doğal su örneklerinin 0.45 µ gözenek açıklığı ve 47 mm çap genişliğine sahip (GF/F) filtre kağıtlarından 0,5 atm. Vakum altında süzülmesi ve süzüntünün bir çözücü ile parçalanarak oluşan rengin absorbansını spektrofotometre ve flourometrede okunması esasına dayanır. Süzülen filtre kağıtları analiz gününe kadar patri kaplarında -20 °C'de, derin dondurucuda saklanır. Analiz sırasında önce % 90'lık aseton ile ekstrakte edilir. Bu işlem sonunda örnekler +4 °C'de buzdolabında bir gece bekletilir. 3000 devir/dakika da 5-10 dakika santifrüj edilir. Üstteki berrak kısmın 750, 663, 645, 630 nm dalga boylarında spektrofotometre ile absorbans değerleri okunur. 750 nm bulanıklık için kullanılır ve diğer dalga boylarında okunan değerlerden çıkarılır. Sonuçlar mg/m^3 klorofil-a olarak hesaplanır (Tüfekçi vd., 2002) .

4.2 Deneysel Bulguların Değerlendirilmesi

Ömerli Baraj Gölünde gölün tamamını temsil edebilecek şekilde 6 nokta ve 4 farklı derinlikte Mayıs 2002'den Nisan 2003 tarihine kadar aylık olarak toplam 10 defa ölçüm ve örnekleme yapılmıştır. 1., 2. ve 3. istasyonlar nispeten yerleşim yerlerine daha yakındır. 2. istasyon su alma kulesinin önünde bulunmaktadır. 3. istasyon Paşaköy Arıtma Tesisi deşarj noktasına yakın bir noktadır. 4. ve 5. istasyonlar gölün ortalarında sayılabilecek noktalarda olup 6. istasyon ise havza yerleşim yerlerinde uzakta bir noktadadır. Bu süreçte ölçümü yapılan parametrelerden sırasıyla orto fosfat, partikül fosfat, toplam fosfat ve klorofil-a'nın değişimleri çeşitli şekillerde yorumlanarak aşağıdaki grafiklerde gösterilmiştir.

4.2.1 Aylara göre parametrelerdeki değişimlerin incelenmesi

- Mayıs Ölçümleri (15.05.2002)

o-PO₄ : Mayıs ayında yapılan ölçümlerde o-PO₄ değerleri istasyonlara ve derinliklere bağlı olarak değişim göstermiştir. En düşük değer 0,5 m'de 6. istasyonda 14,1 µg/l olarak ölçülmüş, en yüksek değer ise 20 m derinlikte 3. istasyonda 275,6 µg/l ölçülmüştür. Derinliklere ve istasyonlara bağlı ortalama değer 112.86 µg/l'dir. Ayrıca birincil üretimin Mayıs ayında düşük olmasından dolayı orto-fosfat konsantrasyonu diğer ölçüm aylarına göre yüksek seviyede bulunmuştur. Mayıs ayı orto fosfat değişimi Şekil 4.4.a'da görülmektedir.

P-P : Partikül madde içindeki fosfat miktarı, analiz yönteminin zaman alıcı ve yüksek maliyetli oluşundan dolayı seçilen 3 ayrı noktada yapılmıştır. Ortamda mevcut AKM miktarına bağlı olarak değişim gösteren partikül fosfat miktarının Mayıs ayı içindeki en düşük değeri 0,5 m derinlikte 5. istasyonda yaklaşık 1 µg/l olarak ölçülmüş olup, en yüksek değeri 5 m derinlikte 1. istasyonda 18,6 µg/l olarak ölçülmüştür. İstasyonlara ve derinliklere bağlı ortalama değer 7,34 µg/l 'dir. Mayıs ayı partikül fosfat değişimi Şekil 4.4.b'de görülebilmektedir.

T-P : Toplam fosforun derinliklere ve istasyonlara bağlı değişimi (Şekil 4.4.c) incelendiğinde her bir istasyon için derinliğe bağlı olarak değişim çok fazla değildir. Bu durum bu ölçüm zamanındaki birincil üretim faaliyetinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Ancak Paşaköy Arıtma Tesisi yakınındaki 3. istasyonda derinliğe bağlı değişimler söz konusudur. Mayıs ayında en düşük T-P konsantrasyonu 5 m derinlikte 6. istasyonda 72 µg/l olarak ölçülmüş olup, en yüksek konsantrasyon 20 m derinlikte 3. istasyonda 424 µg/l olarak ölçülmüştür. Derinliklere ve istasyonlara bağlı ortalama değer yaklaşık olarak 197 µg/l 'dir.

Klorofil-a : Şekil 4.4.d 'de istasyonlara ve derinliklere bağlı Mayıs ayı Klorofil-a değişimi görülmektedir. Biyolojik verimliliğin en önemli göstergelerinden biri olan klorofil-a konsantrasyonlarının istasyonlara ve zamana bağlı değişimi izlendiğinde en düşük klorofil-a konsantrasyonu 5 m derinlikte 5. istasyonda $0,42 \text{ mg/m}^3$ olarak ölçülmüştür. En yüksek konsantrasyon ise 0,5 m derinlikte (yüzeyde) 3. istasyonda $2,72 \text{ mg/m}^3$ olarak ölçülmüştür. Derinliklere ve istasyonlara bağlı ortalama konsantrasyon ise $1,2 \text{ mg/m}^3$ olarak hesaplanmıştır. Bütün istasyonlarda biyolojik aktivitenin ilk 5 m'de olduğu Şekil 4.4.d 'de görülmektedir.

- Haziran Ölçümleri (11.06.2002)

o-PO₄ : Şekil 4.5.a'da Haziran ayında yapılan o-PO₄ ölçümlerinin derinliklere ve istasyonlara bağlı değişimi görülmektedir. Bu aydaki en düşük değer 0,5 m derinlikte 6. istasyonda $13 \text{ } \mu\text{g/l}$ olarak ölçülmüş olup, en yüksek değer 20 m derinlikte 3. istasyonda $373 \text{ } \mu\text{g/l}$ olarak ölçülmüştür. Derinliklere ve istasyonlara bağlı ortalama değer $81,15 \text{ } \mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmıştır. İlk 3 istasyona kıyasla diğer istasyonların daha kararlı bir profil oluşturdukları bu ayda da görülmektedir. 3. istasyondaki karasız durumun ve en yüksek konsantrasyonun bu istasyonda çıkma nedeninin karasal girdilere yakınlığından kaynaklandığını yorumlamak mümkündür.

P-P : Şekil 4.5.b'de Haziran ayında yapılan P-P ölçümlerinin derinliklere ve istasyonlara bağlı değişimi görülmektedir. 1., 2. ve 5. istasyonlarda ölçümü yapılan P-P konsantrasyonun en düşük olduğu değer olan $10,68 \text{ } \mu\text{g/l}$ 20 m derinlikte 5. istasyonda ölçülmüştür. En yüksek konsantrasyon ise 0,5 m derinlikte 1. istasyonda $38 \text{ } \mu\text{g/l}$ olarak ölçülmüştür. Derinliklere ve istasyonlara bağlı ortalama değer $21,04 \text{ } \mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmıştır.

T-P : Toplam Fosforun Haziran ayı içindeki derinliklere ve istasyonlara bağlı değişimi incelendiğinde 3. istasyon dışında yüzey ve derin kısımlar arasında çok farklı bir durum olmadığı görülmektedir (Şekil 4.5.c). Haziran ayındaki en düşük T-P konsantrasyonu 5 m derinlikte 6. istasyonda $28 \text{ } \mu\text{g/l}$ olarak ölçülmüş olup en yüksek konsantrasyon 20 m derinlikte 3. istasyonda $465 \text{ } \mu\text{g/l}$ olarak ölçülmüştür. Derinliklere ve istasyonlara bağlı ortalama konsantrasyon ise $121,1 \text{ } \mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmıştır.

Klorofil-a : Haziran ayında da fitoplanktonik aktivitenin ilk 5 m'de olduğu Şekil 4.5.d'de görülmektedir. Kış mevsimi boyunca ve kış durgunluğu nedeni ile hipolimnionda biriken besin tuzlarının ilkbahar sirkülasyonu ile yüzeye kadar ulaşması ve havaların ısınıp su sıcaklığının da artması nedeniyle Haziran ayında Mayıs ayına göre üretimde bir artış olmuş ve

bazı alg türlerinde artış oluğu TUBİTAK’da yapılan çalışmada gözlenmiştir. Ayrıca Haziran ayında örneklemeler sırasında göl yüzeyinde gözle görülür bir renk değişikliğinin olduğu kaydedilmiştir. Bu aydaki en düşük klorofil-a konsantrasyonu 20 m derinlikte 4. istasyonda $0,61 \text{ mg/m}^3$ olarak ölçülmüş olup en yüksek klorofil-a konsantrasyonu 0,5 m derinlikte 1. istasyonda $41,32 \text{ mg/m}^3$ olarak ölçülmüştür. Derinliklere ve istasyonlara bağlı ortalama klorofil-a konsantrasyonu $13,77 \text{ mg/m}^3$ olarak hesaplanmıştır.

- Temmuz Ölçümleri (03.07.2002)

o-PO₄ : Temmuz ayında orto fosfat konsantrasyonunun değişimi incelendiğinde 3. istasyon dışındaki diğer istasyonlarda derinliğe bağlı çok büyük değişimlerin olmadığı ancak fitoplankton çoğalmasından dolayı diğer derinliklere kıyasla yüzeydeki fitoplankton biyokütlesinin bir göstergesi olan klorofil-a konsantrasyonunun daha düşük olduğu görülmektedir (Şekil 4.6.a). Temmuz ayındaki en düşük o-PO₄ konsantrasyonu 0,5 m derinlikte (yüzeyde) 5. ve 6. istasyonlarda 4 µg/l olarak ölçülmüş olup en yüksek konsantrasyon 5 m derinlikte 3. istasyonda 506 µg/l olarak ölçülmüştür. Temmuz ayı derinliklere ve istasyonlara bağlı ortalama o-PO₄ konsantrasyonu $114,38 \text{ µg/l}$ olarak hesaplanmıştır.

P-P : Şekil 4.6.b’de partikül fosforun Temmuz ayı içindeki derinliklere ve istasyonlara bağlı değişimi görülmektedir. Bu ay içersindeki en düşük konsantrasyon 20 m derinlikte 5. istasyonda $7,23 \text{ µg/l}$ olarak, en yüksek konsantrasyon ise 10 m derinlikte 1. istasyonda $69,91 \text{ µg/l}$ olarak ölçülmüştür. Derinliklere ve istasyonlara bağlı ortalama konsantrasyon $20,87 \text{ µg/l}$ olarak hesaplanmıştır.

T-P : Toplam fosfatın Temmuz ayı içersindeki değişimi incelendiğinde Paşaköy Arıtma Tesisi çıkış sularının karıştığı 3. istasyon dışında diğer istasyonlarda derinlikle çok fazla değişimlerin olmadığı gözlenmiştir (Şekil 4.6.c). göl ortasında bulunan 5. istasyonda ve havza yerleşim yerinden uzakta bulunan 6. istasyonda toplam fosfat değişimi yüzeyden dibe doğru daha kararlı bir dağılım göstermiştir. En düşük T-P konsantrasyonu 0,5 m derinlikte, 6. istasyonda 27 µg/l olarak, en yüksek T-P konsantrasyonu 5 m derinlikte 3. istasyonda 839 µg/l olarak ölçülmüştür. Derinliklere ve istasyonlara bağlı ortalama T-P konsantrasyonu $176,7 \text{ µg/l}$ olarak hesaplanmıştır.

Klorofil-a : Şekil 4.6.d’de gösterilen Temmuz ayı klorofil ölçüm sonuçlarına göre en düşük klorofil-a konsantrasyonu 20 m derinlikte 6. istasyonda $1,71 \text{ mg/m}^3$ olarak, en yüksek klorofil-a konsantrasyonu yüzeyde 5. istasyonda $40,62 \text{ mg/m}^3$ olarak ölçülmüştür.

Derinliklere ve istasyonlara bağlı ortalama konsantrasyon 11,01 mg/m³ olarak hesaplanmıştır.

- Ağustos Ölçümleri (14.08.2002)

o-PO₄ : Yüzey-5 m arasındaki fitoplankton çoğalmasından dolayı ortamdaki orto- fosfat kullanılmış olduğu yani bu kesimde bir azalış olduğu, ancak 5 m'den sonra derinlik arttıkça orto fosfat konsantrasyonun arttığı Şekil 4.7.a'da görülebilmektedir. 3. istasyon dışında diğer istasyonlarda yüzey ve diğer derinliklerde yapılan ölçümlerde çok fazla farklılıkların olmadığı bu ayda da dikkat çekmektedir. Ağustos ayı en düşük o-PO₄ konsantrasyonu 5 m derinlikte 5. istasyonda 16 µg/l olarak, en yüksek o-PO₄ konsantrasyonu yüzeyde, 4. istasyonda 136 µg/l olarak ölçülmüştür. Derinliklere ve istasyonlara bağlı hesaplanan ortalama değer 55,08 µg/l'dir.

P-P : Şekil 4.7.b'de Ağustos ayı içersinde partikül fosfor dağılımının grafiği görülmektedir. Bu ay içersindeki en düşük P-P konsantrasyonu 10 m derinlikte 5. istasyonda 8,59 µg/l olarak ölçülmüştür. En yüksek P-P konsantrasyonu ise 5 m derinlikte 2. istasyonda 30,26 µg/l olarak ölçülmüştür. Derinliklere ve istasyonlara bağlı hesaplanan ortalama P-P konsantrasyonu 22,76 µg/l 'dir.

T-P : Ağustos ayı içersinde 3. istasyon dışındaki diğer istasyonlardaki toplam fosfat değişiminde çok büyük farklılıklar olmadığı Şekil 4.7.c'de görülmektedir. Bu ay içersindeki en düşük T-P konsantrasyonu yüzeyde, 6. istasyonda 20 µg/l olarak ölçülmüştür. En yüksek konsantrasyon ise 20 m derinlikte 3. istasyonda 490 µg/l olarak ölçülmüştür. Derinliklere ve istasyonlara bağlı olarak hesaplanan ortalama değer, 164,17 µg/l'dir.

Klorofil-a : Şekil 4.7.d'de grafiği görülen Ağustos ayı klorofil değişiminde en düşük konsantrasyon 20 m derinlikte 4. istasyonda 0,58 mg/m³ ölçülmüş olup en yüksek konsantrasyon yine 4. istasyonda, yüzeyde 19,28 mg/m³ olarak ölçülmüştür. Derinliklere ve istasyonlara bağlı ortalama değer 8,01 mg/m³ olarak hesaplanmıştır. Derin kesimlere kıyasla fitoplanktonik aktiviteden dolayı yüzeydeki Klorofil-a konsantrasyonları daha yüksektir.

- Eylül Ölçümleri (19.09.2002)

o-PO₄ : Şekil 4.8.a'dan da görüldüğü üzere 3. istasyondaki orto fosfat değeri diğer istasyonlara kıyasla oldukça yüksektir. Biyolojik aktiviteler nedeniyle yüzeydeki o-PO₄ konsantrasyonun derin kısımlara kıyasla düşük olduğu görülmektedir. Eylül ayındaki en düşük o-PO₄ konsantrasyonu 0,5 m derinlikte 6. istasyonda 5 µg/l olarak ölçülmüş olup en yüksek konsantrasyon 10 m derinlikte 3. istasyonda 334 µg/l olarak ölçülmüştür. İstasyonlara

ve derinliklere bağlı olarak Eylöl ayı ortalama o-PO_4 konsantrasyonu 107,94 $\mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmıştır.

P-P : Eylöl ayı P-P değişimi şekil 4.8.b'de gösterilmiştir. P-P konsantrasyonu Eylöl ayı içersinde en dőřük değeri 20 m'de 5. istasyonda 1,26 $\mu\text{g/l}$ olarak, en yősek konsantrasyonu 10 m derinlikte 1. istasyonda 59,23 $\mu\text{g/l}$ olarak gőrmőřtőř. Derinliklere ve istasyonlara bağlı olarak ortalama Eylöl ayı P-P konsantrasyonu 25,04 $\mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmıştır.

T-P : Eylöl ayı en dőřük T-P konsantrasyonu 0,5 m derinlikte 6. istasyonda 28 $\mu\text{g/l}$ olarak olőlmőřtőř. En yősek T-P konsantrasyonu 5 m derinlikte 3. istasyonda 582 $\mu\text{g/l}$ olarak olőlmőřtőř. şekil 4.8.c'de değişimi gőrőlen derinliklere ve istasyonlara bağlı ortalama Eylöl ayı toplam fosfor konsantrasyonu 186,81 $\mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmıştır.

Klorofil-a : şekil 4.8.d'de klorofil-a'nın Eylöl ayı içersindeki değişimi verilmiştir. Buna göre biyolojik aktivite nedeniyle derinlerde ve yőzeydeki klorofil-a konsantrasyonu arasındaki farklılıklar gőrőlebilmektedir. En yősek Klorofil-a konsantrasyonu 20 m derinlikte 2. ve 4. istasyonlarda 0 mg/m^3 , en yősek konsantrasyon ise 0,5 m derinlikte 1. istasyonda 29,68 mg/m^3 olarak olőlmőř olup derinliklere ve istasyonlara bağlı ortalama konsantrasyon ise 9,86 mg/m^3 olarak hesaplanmıştır.

- Ekim Olőmleri (16.10.2002)

o-PO_4 : şekil 4.9.a'da gőrőlen Ekim ayı orto fosfat değişimine göre olőlen minimum konsantrasyon 5 $\mu\text{g/l}$ 'dir. Bu değer 0,5 m derinlikte 6. istasyondan alınan numunede olőlmőřtőř. Bu ay içersindeki maksimum o-PO_4 konsantrasyonu 10 m derinlikte 3. istasyonda 254 $\mu\text{g/l}$ olarak bulunmuştur. Derinliklere ve istasyonlara bağlı ortalama konsantrasyon ise 104,71 $\mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmıştır.

P-P : şekil 4.9.b'de grafiği gőrőlen Ekim ayı P-P konsantrasyonunun en dőřük değeri 5. istasyonda 0,5 m derinlikte 5 $\mu\text{g/l}$ olarak olőlmőř olup, en yősek konsantrasyon 10 m derinlikte 1. istasyonda 91 $\mu\text{g/l}$ olarak bulunmuştur. İstasyonlara ve derinliklere bağlı ortalama konsantrasyon 28,46 $\mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmıştır.

T-P : Ekim ayı minimum T-P konsantrasyonu 5. ve 6. istasyonda 0,5 m derinlikte 48 $\mu\text{g/l}$ olarak olőlmőř olup, maksimum konsantrasyon 10 m derinlikte 3. istasyonda 356 $\mu\text{g/l}$ olarak olőlmőřtőř. Derinliklere ve istasyonlara bağlı ortalama toplam fosfor konsantrasyonu 153,02 $\mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmıştır. Ekim ayı T-P değişimi şekil 4.9.c'de gőrőlmektedir.

Klorofil-a : Klorofil-a konsantrasyonunun Ekim ayı içerisindeki minimum değeri 20 m'de 4. istasyonda $0,42 \text{ mg/m}^3$ olarak ölçülmüş olup, maksimum değeri olan 25 mg/m^3 1. istasyonda yüzeyde ölçülmüştür. Derinlikle Klorofil-a konsantrasyonun değişimi Şekil 4.9.d'de görülmektedir. İstasyonlara ve derinliklere bağlı ortalama konsantrasyon $6,26 \text{ mg/m}^3$ olarak hesaplanmıştır.

- Kasım Ölçümleri (13.11.2002)

o-PO₄ : Şekil 4.10.a'da Kasım ayı içerisinde orto fosfatın değişimi görülmektedir. Minimum konsantrasyon 6. istasyonda 0,5 m derinlikte $8 \text{ } \mu\text{g/l}$ olarak, maksimum konsantrasyon ise 3. istasyonda 10 m derinlikte $374 \text{ } \mu\text{g/l}$ olarak ölçülmüştür. Derinliklere ve istasyonlara bağlı ortalama Kasım ayı orto fosfat konsantrasyonu $111,49 \text{ } \mu\text{g/l}$ bulunmuştur.

P-P : Kasım ayı en düşük değeri olan $7,86 \text{ } \mu\text{g/l}$ partikül fosfat konsantrasyonu 0,5 m derinlikte 5. istasyonda ölçülmüş olup, en yüksek değeri, 2. istasyonda 20 m derinlikte $43,85 \text{ } \mu\text{g/l}$ olarak ölçülmüştür. $24,94 \text{ } \mu\text{g/l}$ partikül fosfat olan ortalama kasım ayı konsantrasyonu derinliklere ve ortalamalara bağlı olarak hesaplanmıştır. Kasım ayı P-P değişimini gösteren grafik Şekil 4.10.b'de görülmektedir.

T-P : Kasım ayı toplam fosfat değişimi Şekil 4.10.c'de görülmektedir. En düşük T-P konsantrasyonu 0,5 m derinlikte 6. istasyonda $44 \text{ } \mu\text{g/l}$ olarak ölçülmüş olup en yüksek konsantrasyon 10 m derinlikte 3. istasyonda $554 \text{ } \mu\text{g/l}$ olarak ölçülmüştür. Derinliklere ve istasyonlara bağlı ortalama konsantrasyon $180,9 \text{ } \mu\text{g/l}$ bulunmuştur.

Klorofil-a : Klorofil-a'nın Kasım ayı içindeki derinliklere ve istasyonlara bağlı değişimi Şekil 4.10.d'de görülmektedir. Bu ölçümlere göre Kasım ayındaki en düşük konsantrasyon 20 m derinlikte 5. istasyonda $0,51 \text{ } \mu\text{g/l}$ olarak ölçülmüş olup, en yüksek konsantrasyon 0,5 m derinlikte $30,92 \text{ } \mu\text{g/l}$ olarak ölçülmüştür. Derinlik ve istasyonlara bağlı ortalama konsantrasyon $12,25 \text{ } \mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmıştır.

- Aralık Ölçümleri (17.12.2002)

o-PO₄ : Aralık ayı orto fosfat değişimi Şekil 4.11.a'da görülmektedir. Aralık ayı minimum orto fosfat konsantrasyonu 10 m derinlikte $10,6 \text{ } \mu\text{g/l}$ olarak ölçülmüş olup, maksimum konsantrasyonu 5 m derinlikte $161,3 \text{ } \mu\text{g/l}$ olarak ölçülmüştür. İstasyonlara ve derinliklere bağlı ortalama konsantrasyon $66,39 \text{ } \mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmıştır.

P-P : 3 istasyonda ölçümü yapılan partikül fosfatın Aralık ayı değişimi Şekil 4.11.b'de

görülmektedir. Bu ölçümlere göre en düşük partikül fosfat konsantrasyonu 0,5 m derinlikte 5. istasyonda 5 $\mu\text{g/l}$ olarak ölçülmüş olup, en yüksek konsantrasyon yine 0,5 m derinlikte (yüzeyde) 1. istasyonda 19,38 $\mu\text{g/l}$ olarak ölçülmüştür. Derinlik ve istasyonlara bağlı olarak hesaplanan ortalama partikül fosfat konsantrasyonu 10,12 $\mu\text{g/l}$ 'dir.

T-P : Toplam fosfatın Aralık ayı değişimi Şekil 4.11.c'de görülmektedir. Bu aydaki yapılan ölçümlere göre en düşük konsantrasyon 0,5 m derinlikte 6. istasyonda 10 $\mu\text{g/l}$ olarak ölçülmüş olup, en yüksek konsantrasyon ise 10 m derinlikte 3. istasyonda 190 $\mu\text{g/l}$ olarak ölçülmüştür. İstasyonlara ve derinliklere bağlı ortalama konsantrasyon 83,25 $\mu\text{g/l}$ olarak ölçülmüştür.

Klorofil-a : Aralık ayı Klorofil-a değişimi Şekil 4.11.d'de görülmektedir. Bu grafiğe göre en düşük Klorofil-a konsantrasyonu 20 m derinlikte 5. istasyonda 0,33 mg/m^3 ölçülmüştür, en yüksek konsantrasyon ise 15 m derinlikte 2. istasyonda 14,9 mg/m^3 olarak ölçülmüştür. Derinlik ve istasyonlara bağlı ortalama konsantrasyon ise 3,51 mg/m^3 olarak hesaplanmıştır.

- Ocak Ölçümleri (08.01.2003)

o-PO₄ : Ocak ayı orto fosfat değişim grafiği Şekil 4.12.a'da görülmektedir. Bu grafiğe göre minimum konsantrasyon 17 $\mu\text{g/l}$ olarak 20 m derinlikte 6. istasyonda ölçülmüştür. Maksimum konsantrasyon ise 147 $\mu\text{g/l}$ olarak 3. istasyonda 5 m derinlikte ölçülmüştür. Derinliklere ve istasyonlara bağlı Ocak ayı ortalama orto fosfat konsantrasyonu 65,42 $\mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmıştır.

P-P : Şekil 4.12.b'de Ocak ayı partikül fosfat değişim grafiği görülmektedir. Bu grafiğe göre en düşük konsantrasyon 1. istasyonda 5 m derinlikte 1.16 olarak ölçülmüştür. En yüksek Ocak ayı partikül fosfat konsantrasyonu ise 10 m derinlikte 1. istasyonda 11.87 $\mu\text{g/l}$ olarak ölçülmüştür. Derinlik ve istasyonlara bağlı ortalama Ocak ayı P-P konsantrasyonu ise 9,36 $\mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmıştır.

T-P : Toplam fosfatın Ocak ayı değişimi Şekil 4.12.c'de görülmektedir. Ocak ayında en düşük toplam fosfat konsantrasyonu 0.5 m derinlikte (yüzeyde) 6. istasyonda 70 $\mu\text{g/l}$ olarak ölçülmüş olup, en yüksek konsantrasyon ise 5 m derinlikte 3. istasyonda 200 $\mu\text{g/l}$ olarak ölçülmüştür. Ortalama konsantrasyon 115 $\mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmıştır.

Klorofil-a : Ocak ayındaki Klorofil-a değişim grafiği Şekil 4.12.d'de görülmektedir. Minimum klorofil-a konsantrasyonu Ocak ayı için 0,55 mg/m^3 olarak 6. istasyonda 10 m derinlikte bulunmuştur. Maksimum Ocak ayı klorofil-a konsantrasyonu ise 10,52 mg/m^3 olarak 1. istasyonda 0,5 m derinlikte bulunmuştur. Derinlik ve istasyonlara bağlı ortalama

Ocak ayı kolrofil-a konsantrasyonu ise $3,14 \text{ mg/m}^3$ hesaplanmıştır.

- Şubat-Mart Ölçümleri (06.03.2003)

Kötü hava koşulları ve TUBİTAK tarafından gölde örnekleme amacıyla kullanılan İSKİ'nin teknesinin arızalı olması gibi nedenlerle Şubat ayı içerisinde örnekleme yapılamamış buna karşılık Şubat ve Mart ayını temsil etmesi amacıyla Mart ayı başında örnekleme yapılabilmektedir.

o-PO₄ : Şubat-Mart ayı orto fosfat değişimi Şekil 4.13.a'da görülmektedir. Buna göre minimum konsantrasyon olan $5,1 \text{ µg/l}$ 6. istasyonda 20 m derinlikte ölçülmüştür. En yüksek konsantrasyon ise 20 m derinlikte 3. istasyonda $79,4 \text{ µg/l}$ olarak ölçülmüştür. Derinliklere ve istasyonlara bağlı ortalama konsantrasyon $54,9 \text{ µg/l}$ hesaplanmıştır.

P-P : Partikül fosfatın Şubat- Mart ayı grafiği Şekil 4.13.b'de görülmektedir. Buna göre en düşük konsantrasyon 5 m derinlikte 5. istasyonda 6 µg/l olarak ölçülmüş olup en yüksek konsantrasyon 0,5 m derinlikte 2. istasyonda $16,6 \text{ µg/l}$ olarak ölçülmüştür. Derinlik ve istasyonlara bağlı ortalama konsantrasyon 11 µg/l olarak hesaplanmıştır.

T-P : Şekil 4.13.c'de toplam fosfatın Şubat-Mart ayı grafiği görülmektedir. Bu ölçüm zamanı içerisinde en düşük konsantrasyon 6. istasyonun 5 m ve 10 m derinliklerinde 30 µg/l olarak ölçülmüş olup, en yüksek konsantrasyon 3. istasyonun 20 m derinliğinde 110 µg/l olarak ölçülmüştür. Derinliklere ve istasyonlara bağlı ortalama konsantrasyon $77,5 \text{ µg/l}$ olarak hesaplanmıştır.

Klorofil-a : Ömerli gölü Klorofil-a konsantrasyonu Şubat-Mart ayı değişimi Şekil 4.13.d'de görülmektedir. Bu grafiğe göre minimum konsantrasyon 20 m derinlikte 5. istasyonda $0,51 \text{ mg/m}^3$ ölçülmüş olup, maksimum konsantrasyon 10 m derinlikte 1. istasyonda $1,84 \text{ mg/m}^3$ olarak ölçülmüştür. Derinliklere ve istasyonlara bağlı ortalama konsantrasyon $1,11 \text{ mg/m}^3$ olarak hesaplanmıştır.

- Nisan Ölçümleri (02.04.2003)

o-PO₄ : Şekil 4.14.a'da Nisan ayı orto fosfat değişimi görülmektedir. Bu şekle göre minimum orto fosfat konsantrasyonu yüzeyde (0,5 m derinlikte) 6. istasyonda $35,7 \text{ µg/l}$ olarak ölçülmüş olup, maksimum konsantrasyon 5 m derinlikte 3. istasyonda $105,2 \text{ µg/l}$ olarak ölçülmüştür. Derinliklere ve istasyonlara bağlı ortalama konsantrasyon $68,61 \text{ µg/l}$ olarak hesaplanmıştır.

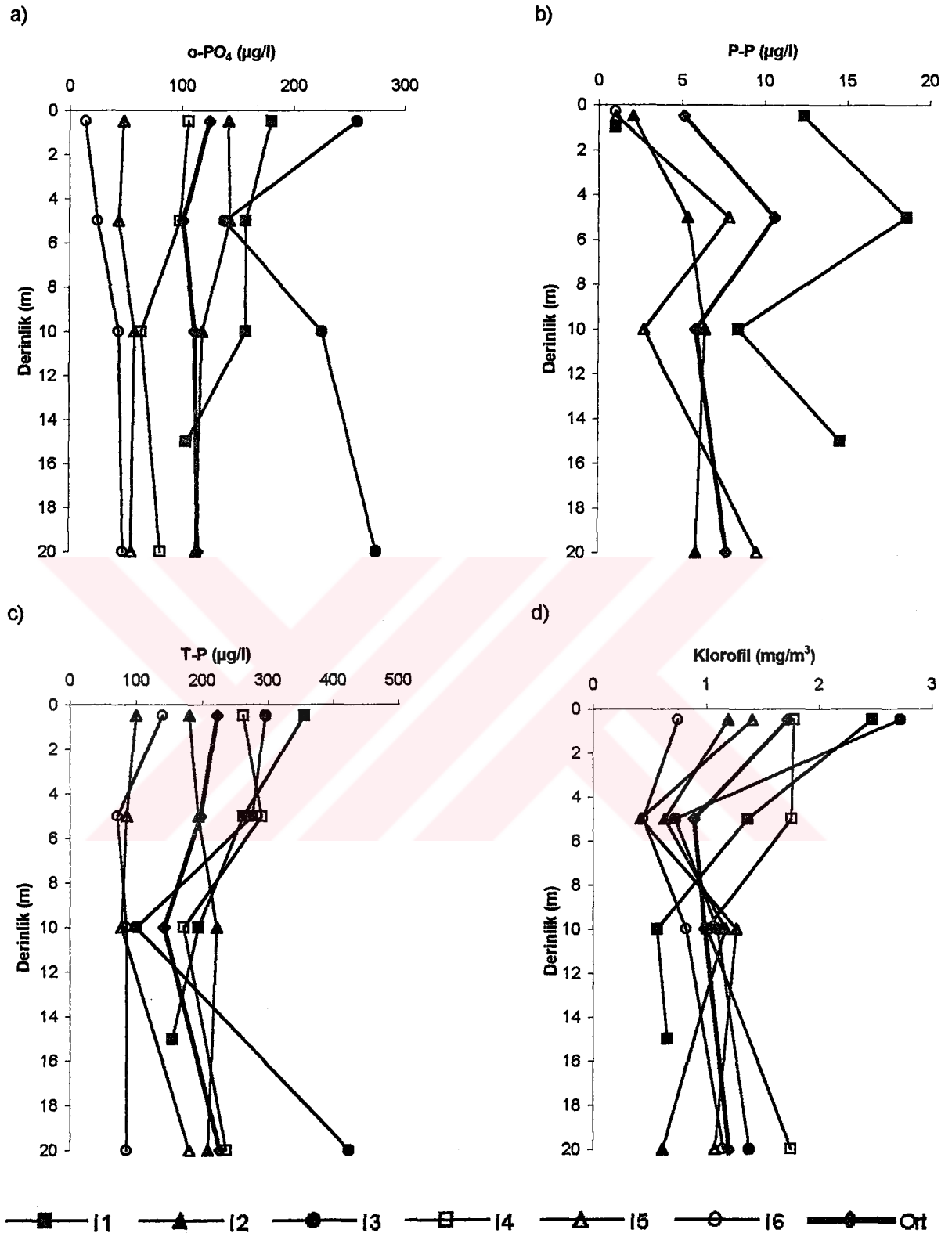
P-P : Nisan ayı içerisindeki en düşük partikül fosfat konsantrasyonu olan $4,4 \text{ µg/l}$, 0,5 m

derinlikte 2. istasyondan alınan numunede ölçülmüştür. En yüksek konsantrasyon ise 5 m derinlikte 1. istasyonda $13,6 \mu\text{g/l}$ olarak ölçülmüştür. (Şekil 4.14.b) derinliklere ve istasyonlara bağlı ortalama partikül fosfat konsantrasyonu ise $9,8 \mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmıştır.

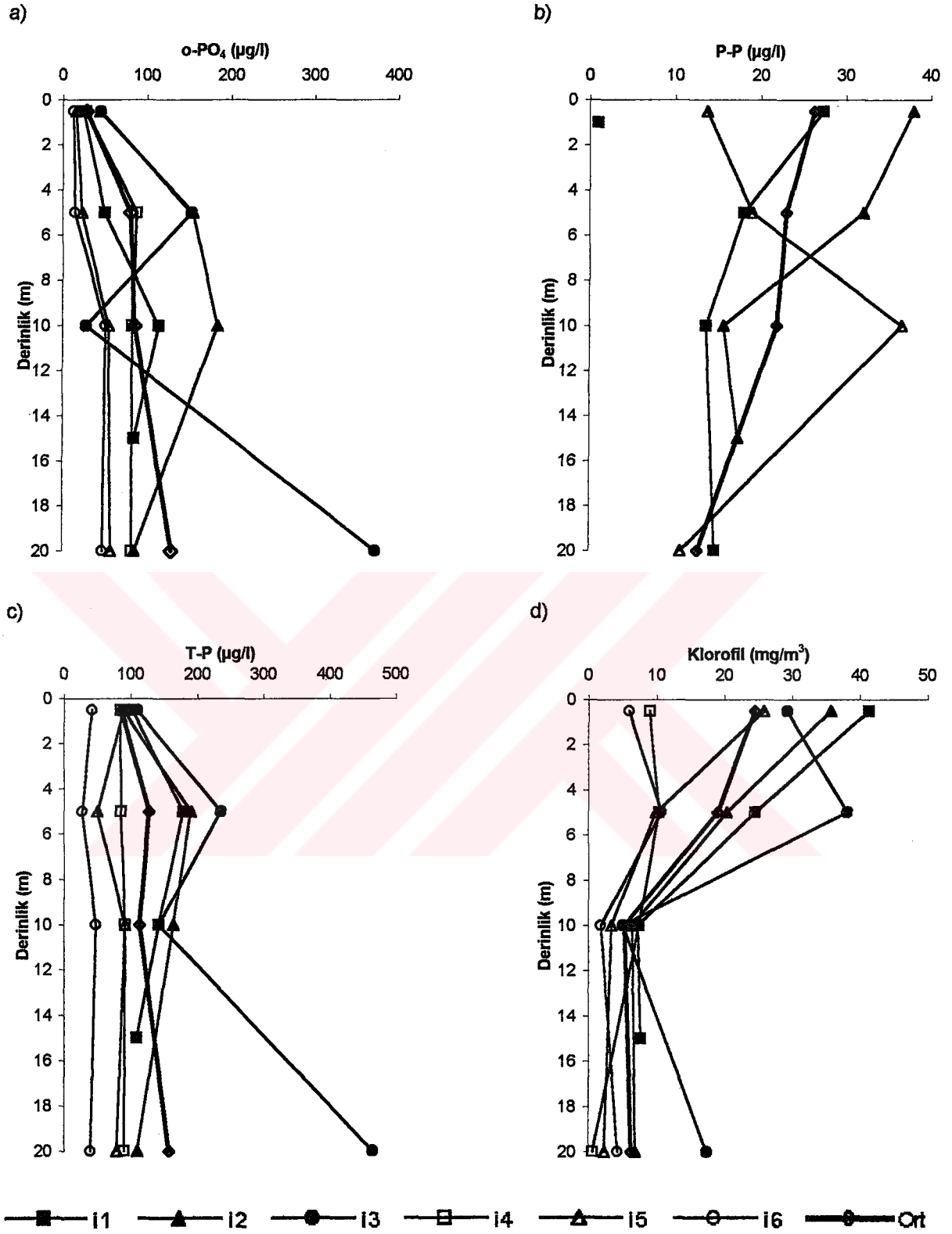
T-P : Toplam fosfatın Nisan ayı değişimi Şekil 4.14.c'de görülmektedir. Şekilden de görüldüğü üzere en düşük konsantrasyon 6. istasyonun 5 ve 10 m derinliklerinde $50 \mu\text{g/l}$ olarak ölçülmüş olup, en yüksek konsantrasyon 3. istasyonun 10 m derinliğinden alınan numunede $180 \mu\text{g/l}$ olarak ölçülmüştür. Derinliklere ve istasyonlara bağlı ortalama Nisan ayı toplam fosfat konsantrasyonu $98,75 \mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmıştır.

Klorofil-a : Nisan ayının klorofil-a değişimi Şekil 4.14.d'de görülmektedir. Buna göre en düşük konsantrasyon 20 m derinlikte 5. istasyonda $0,1 \text{ mg/m}^3$ olarak ölçülmüş olup en yüksek konsantrasyon 0,5 m derinlikte 1. istasyonda $8,95 \text{ mg/m}^3$ olarak ölçülmüştür. Derinliklere ve istasyonlara bağlı ortalama konsantrasyon $1,92 \text{ mg/m}^3$ olarak hesaplanmıştır.

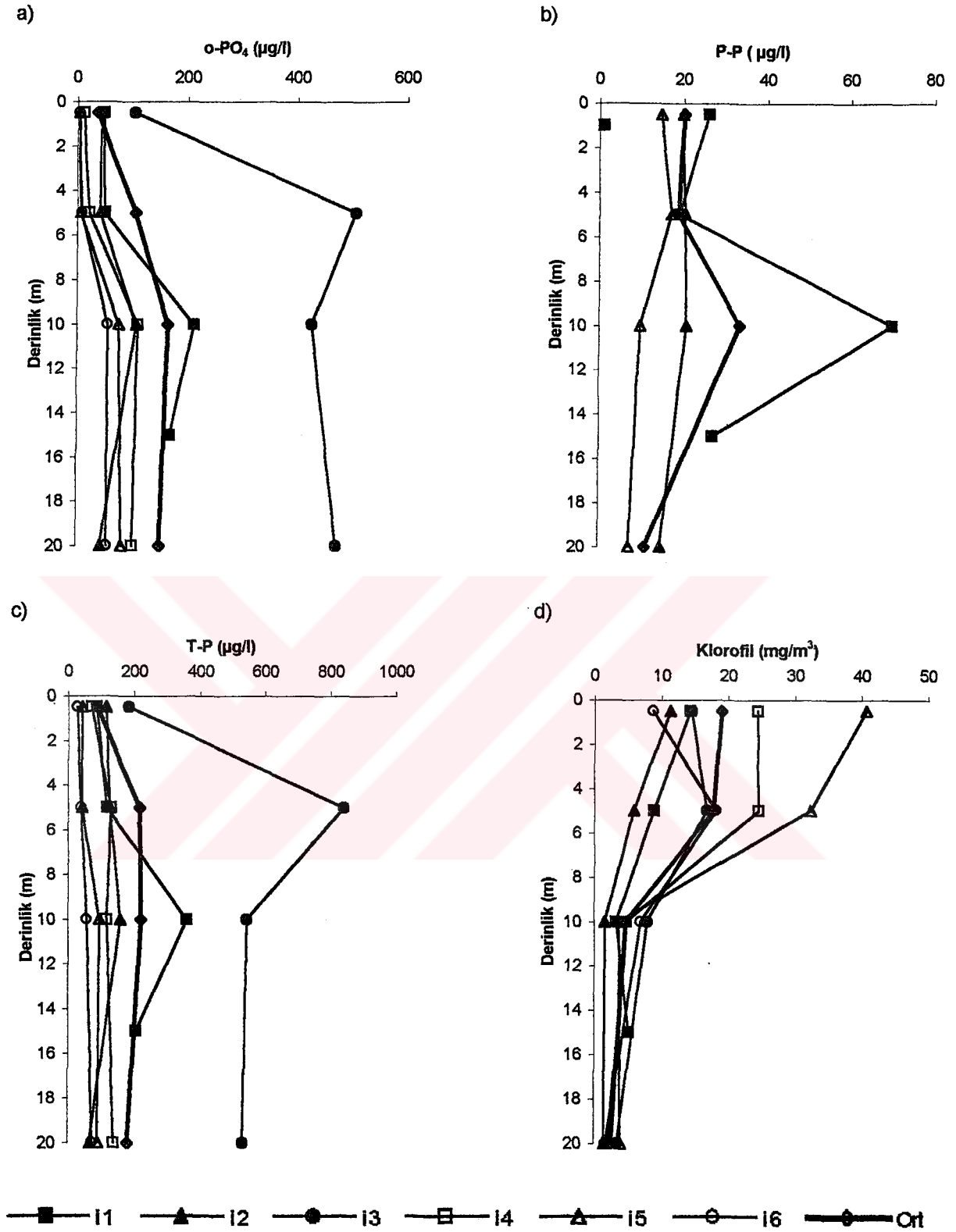




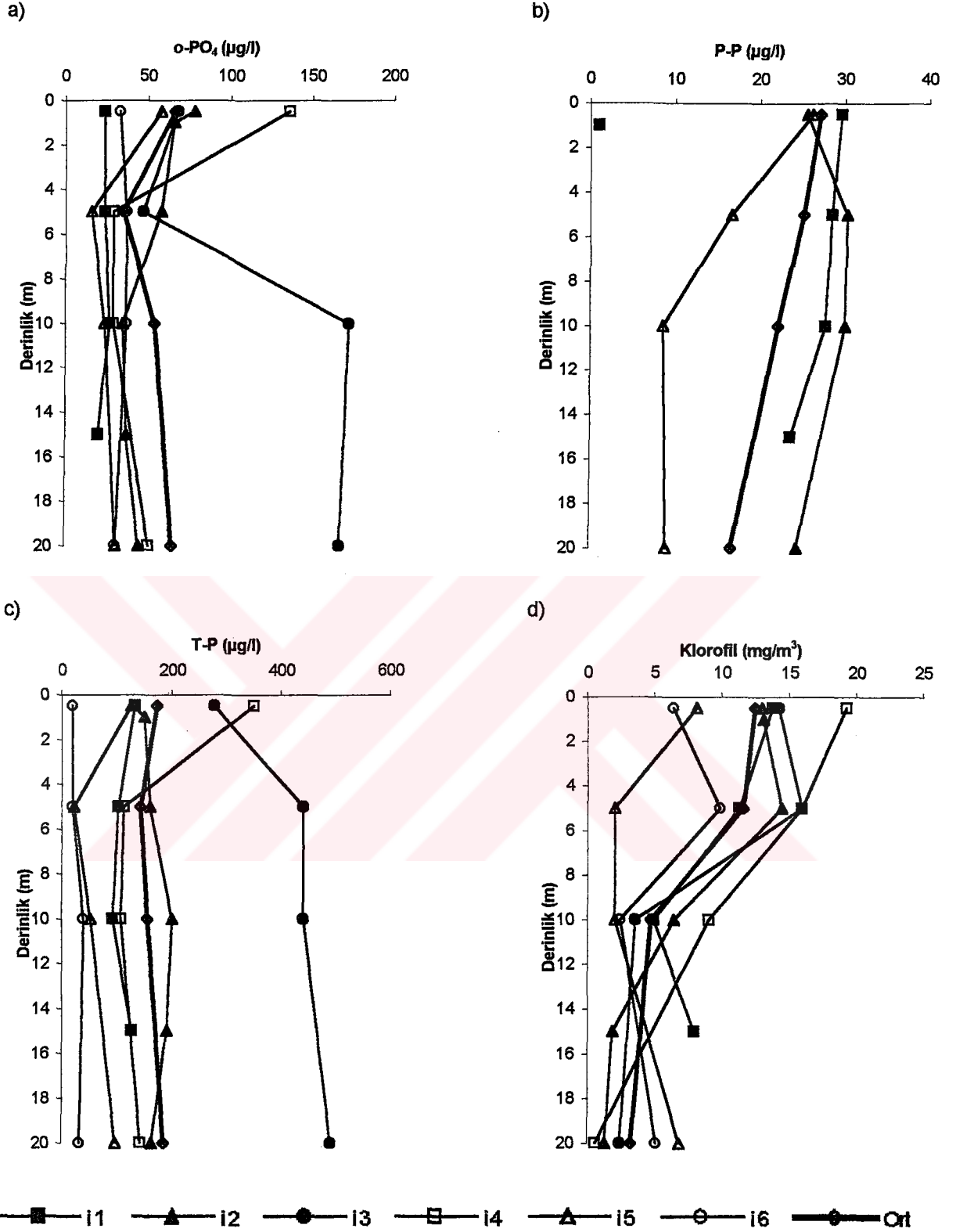
Şekil 4.4 Mayıs ayı ölçüm grafikleri (15.05.2002) a) $o\text{-PO}_4$ 'ün istasyonlara göre değişimi
 b) P-P'nin istasyonlara göre değişimi c) T-P'nin istasyonlara göre değişimi
 d) Klorofil-a'nın istasyonlara göre değişimi



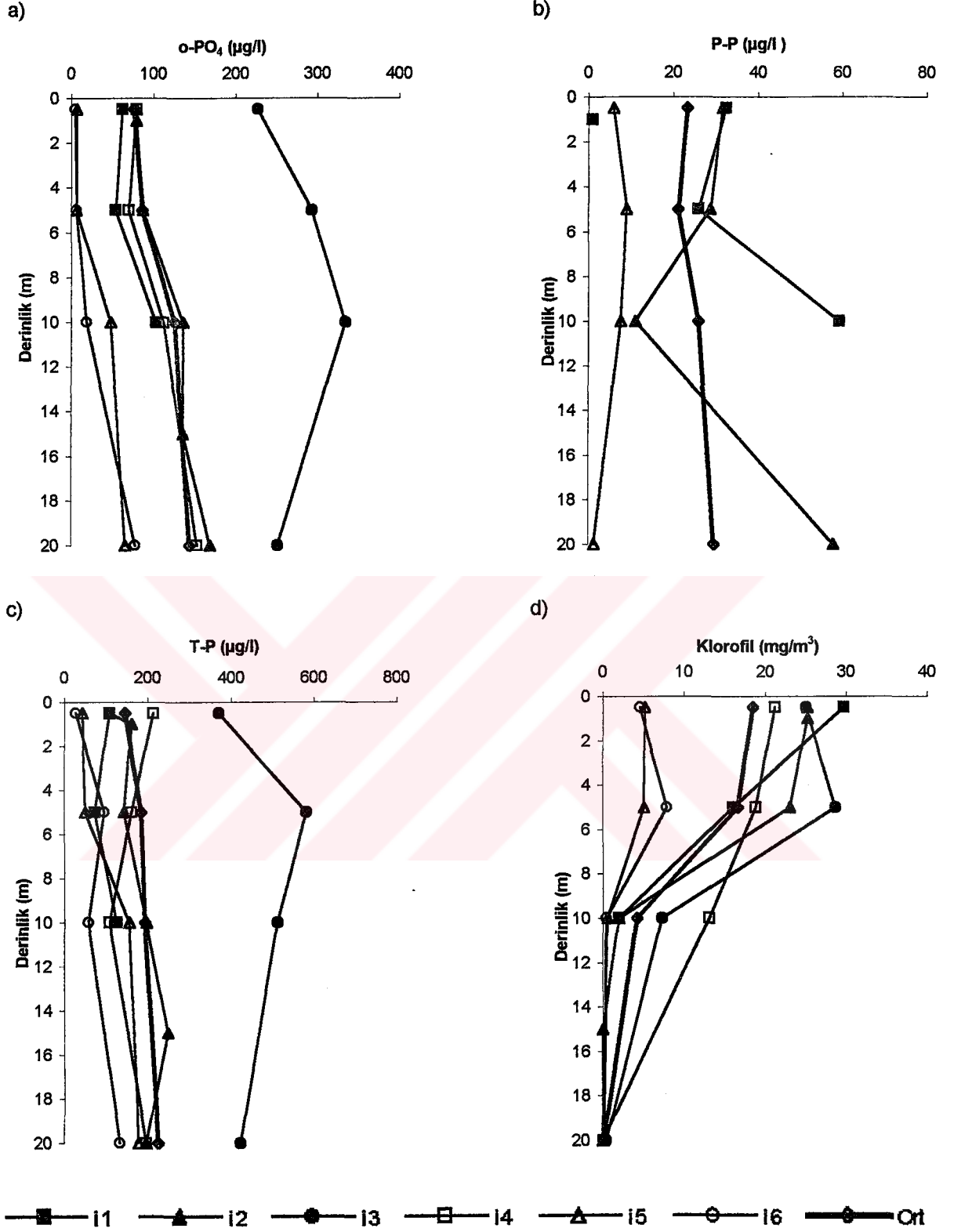
Şekil 4.5 Haziran ayı ölçüm grafikleri (11.06.2002) a) $o\text{-PO}_4$ 'ün istasyonlara göre değişimi
 b) P-P'nin istasyonlara göre değişimi c) T-P'nin istasyonlara göre değişimi
 d) Klorofil-a'nın istasyonlara göre değişimi



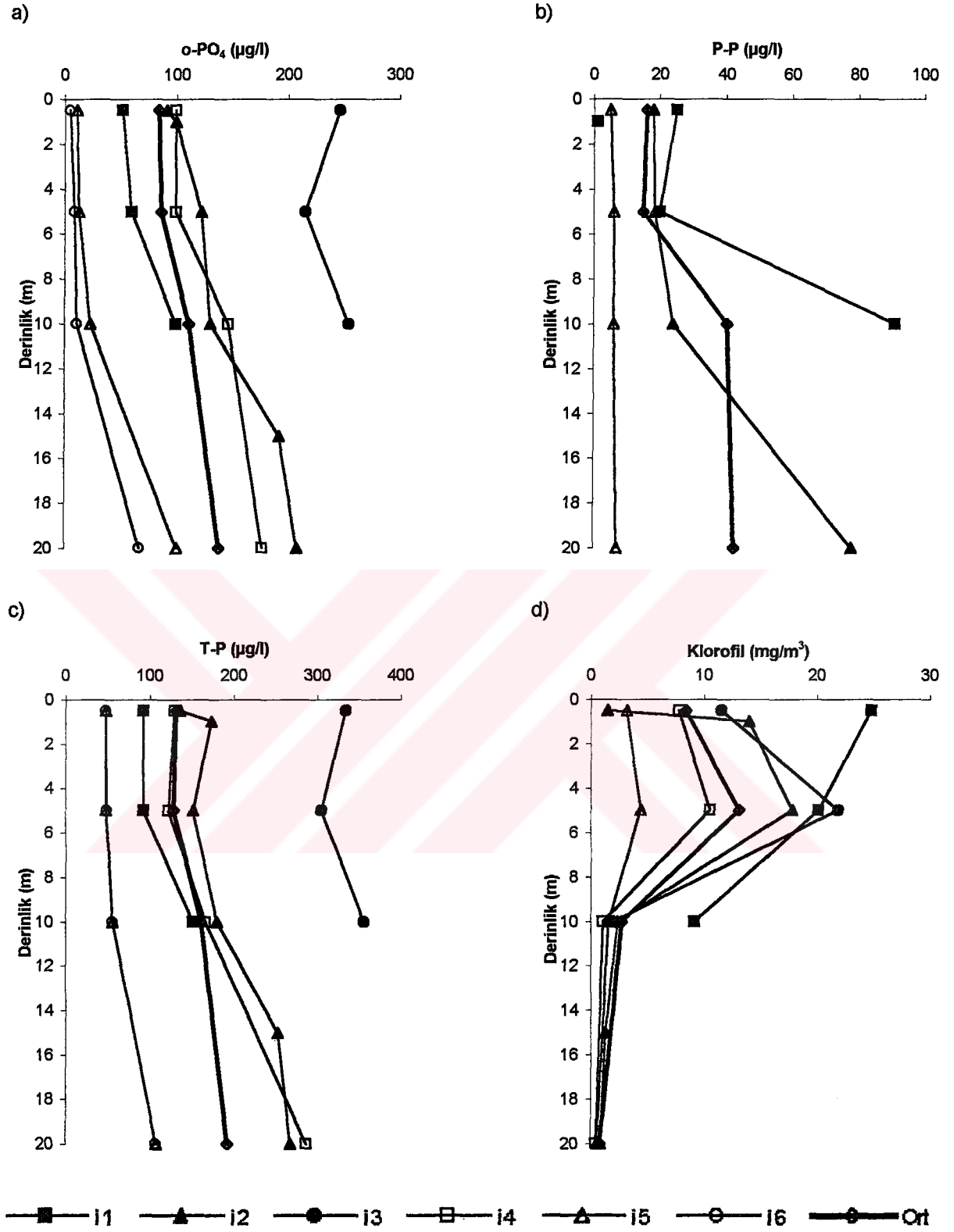
Şekil 4.6 Temmuz ayı ölçüm grafikleri (03.07.2002) a) $o\text{-PO}_4$ 'ün istasyonlara göre değişimi
 b) P-P'nin istasyonlara göre değişimi c) T-P'nin istasyonlara göre değişimi
 d) Klorofil-a'nın istasyonlara göre değişimi



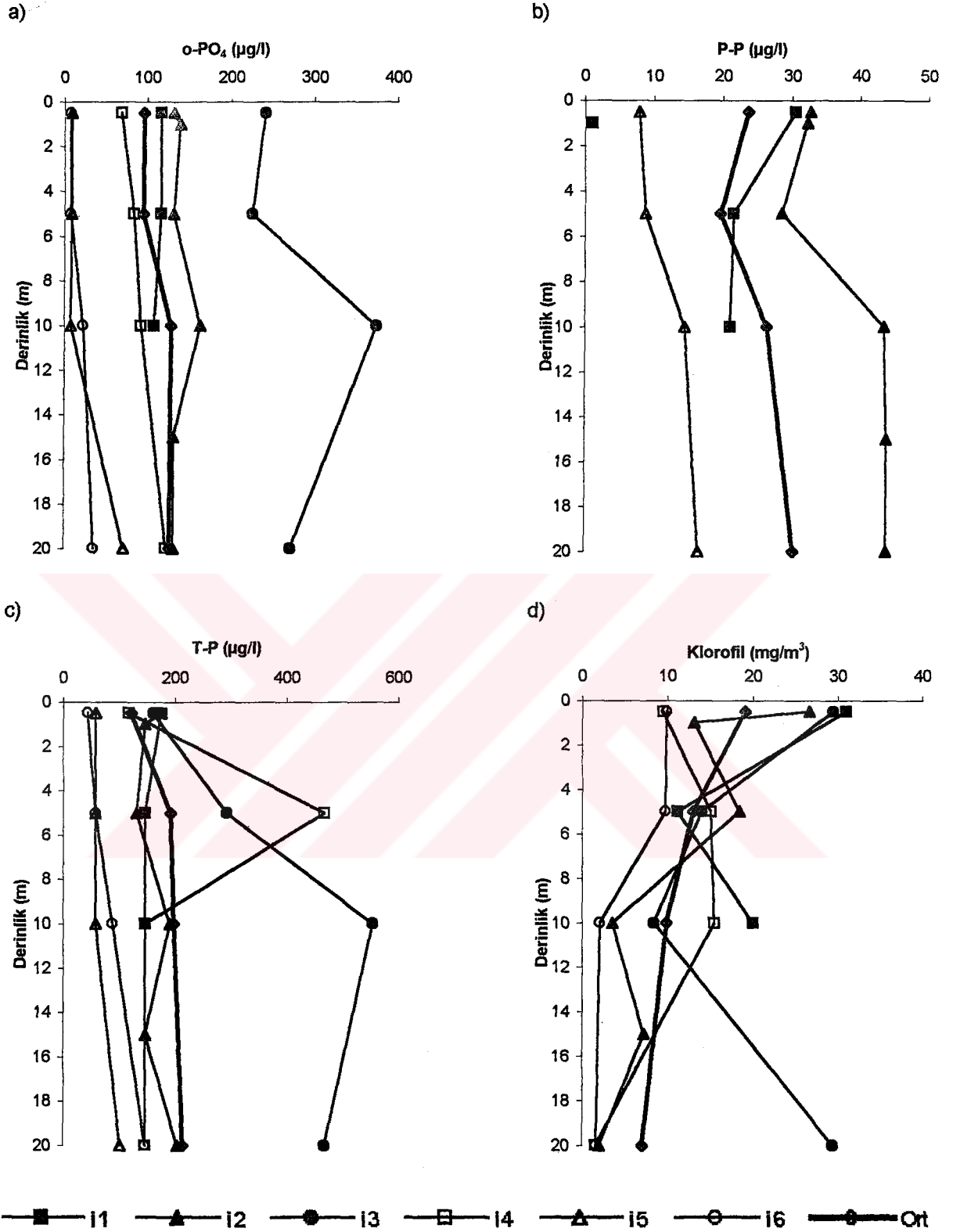
Şekil 4.7 Ağustos ayı ölçüm grafikleri (14.08.2002) a) $o\text{-PO}_4$ 'ün istasyonlara göre değişimi
 b) P-P'nin istasyonlara göre değişimi c) T-P'nin istasyonlara göre değişimi
 d) Klorofil-a'nın istasyonlara göre değişimi



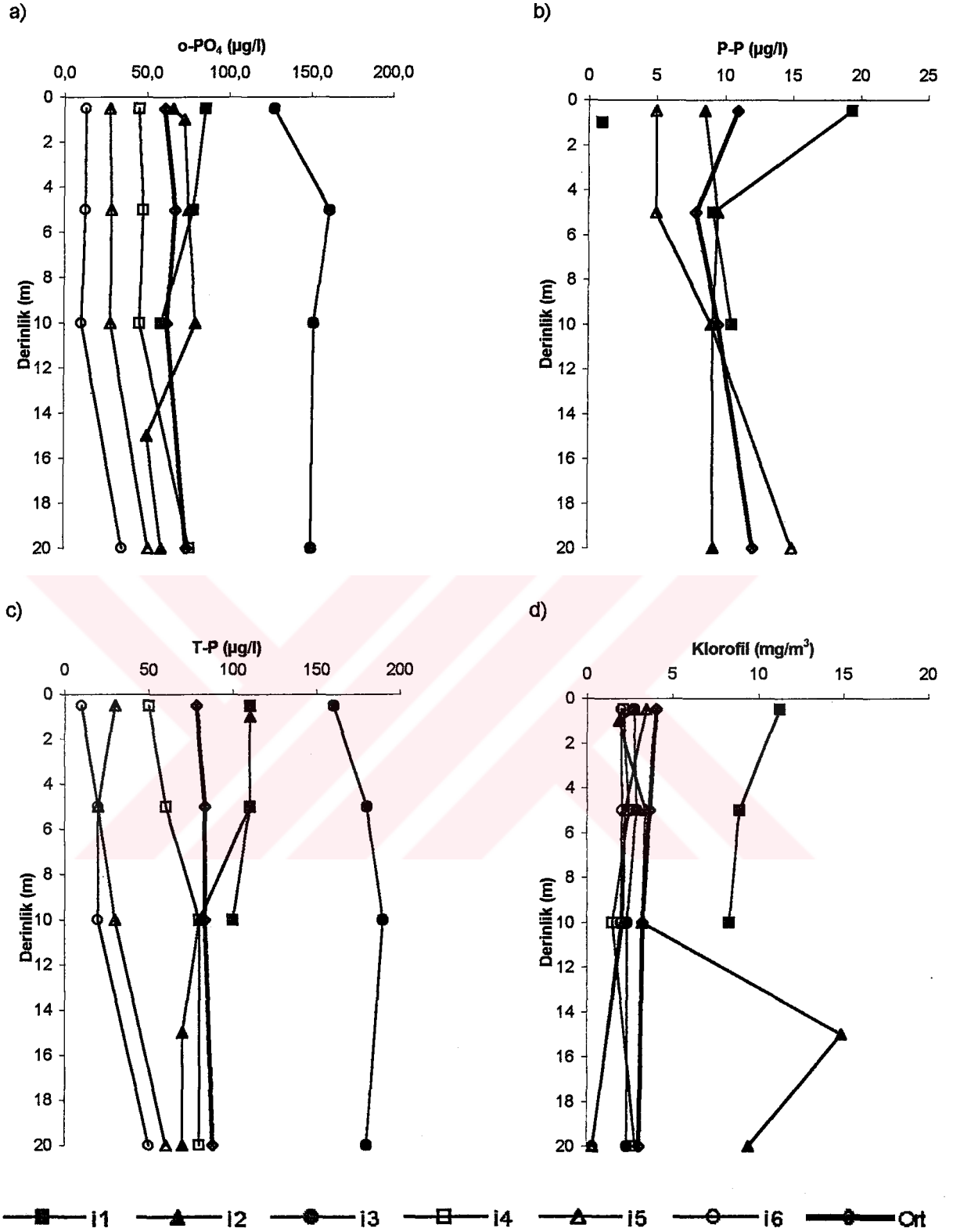
Şekil 4.8 Eylül ayı ölçüm grafikleri (19.09.2002) a) $o\text{-PO}_4$ 'ün istasyonlara göre değişimi
 b) P-P'nin istasyonlara göre değişimi c) T-P'nin istasyonlara göre değişimi
 d) Klorofil-a'nın istasyonlara göre değişimi



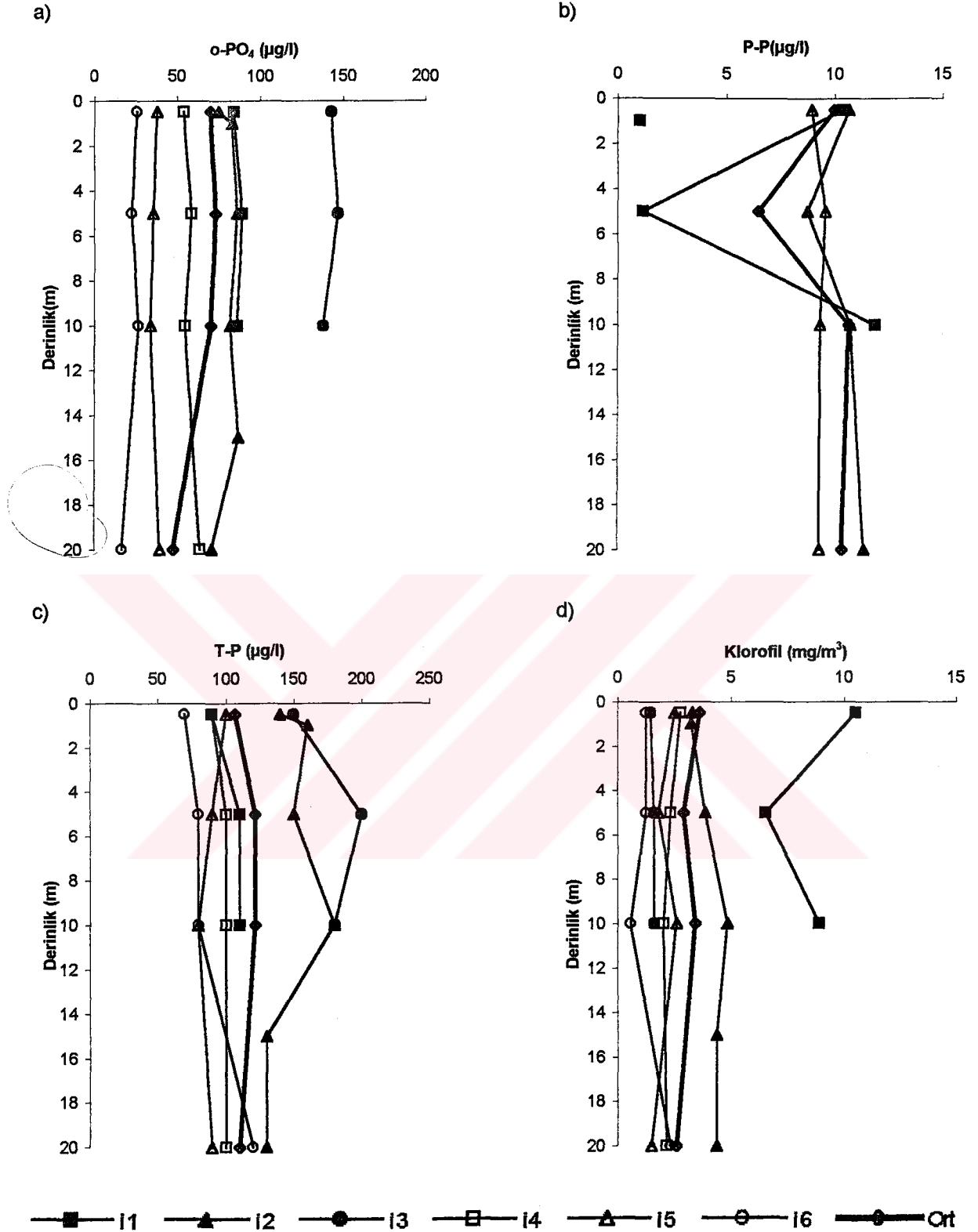
Şekil 4.9 Ekim ayı ölçüm grafikleri (16.10.2002) a) $o\text{-PO}_4$ 'ün istasyonlara göre değişimi
 b) P-P'nin istasyonlara göre değişimi c) T-P'nin istasyonlara göre değişimi
 d) Klorofil-a'nın istasyonlara göre değişimi



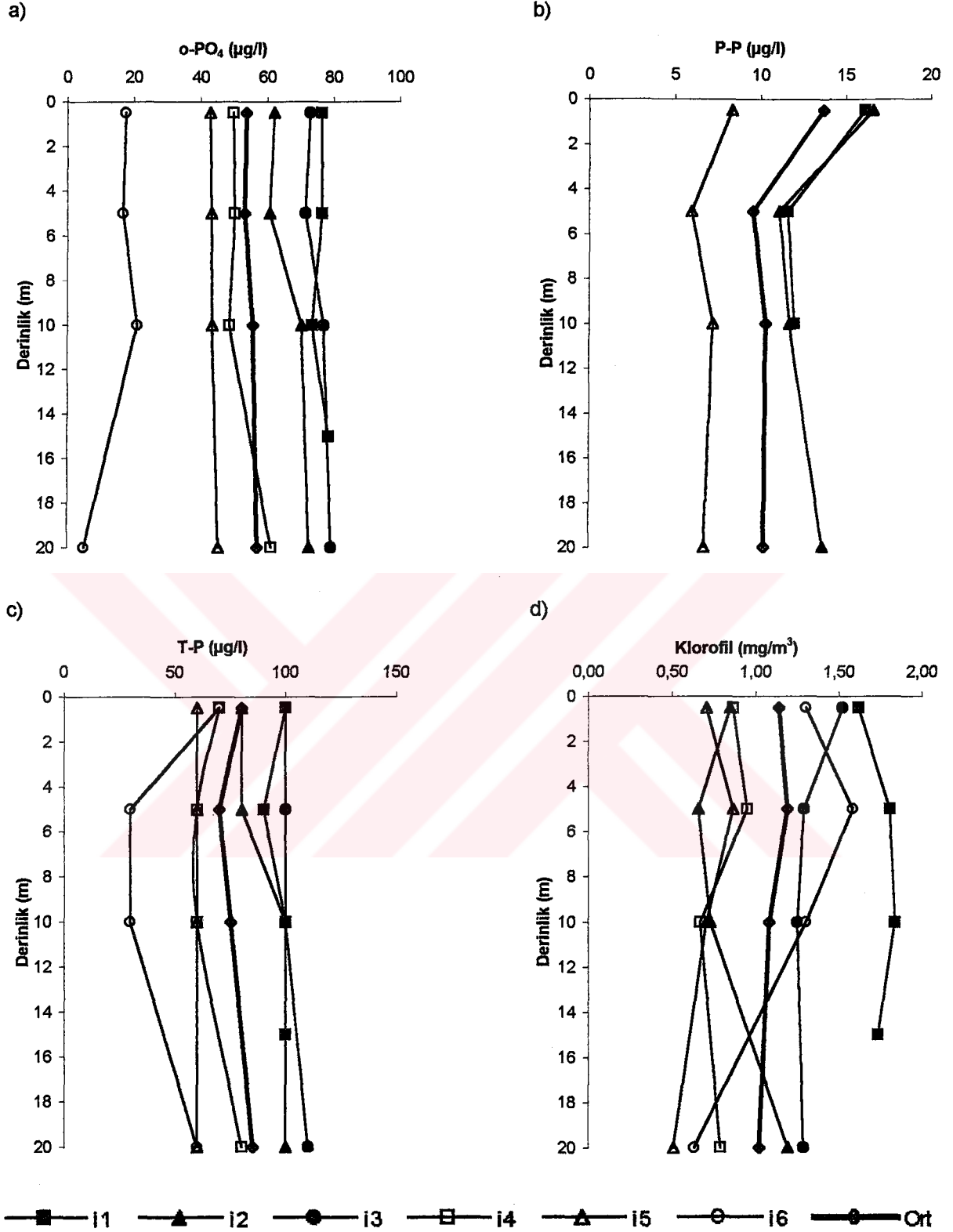
Şekil 4.10 Kasım ayı ölçüm grafikleri (13.11.2002) a) $o\text{-PO}_4$ 'ün istasyonlara göre değişimi
 b) P-P'nin istasyonlara göre değişimi c) T-P'nin istasyonlara göre değişimi
 d) Klorofil-a'nın istasyonlara göre değişimi



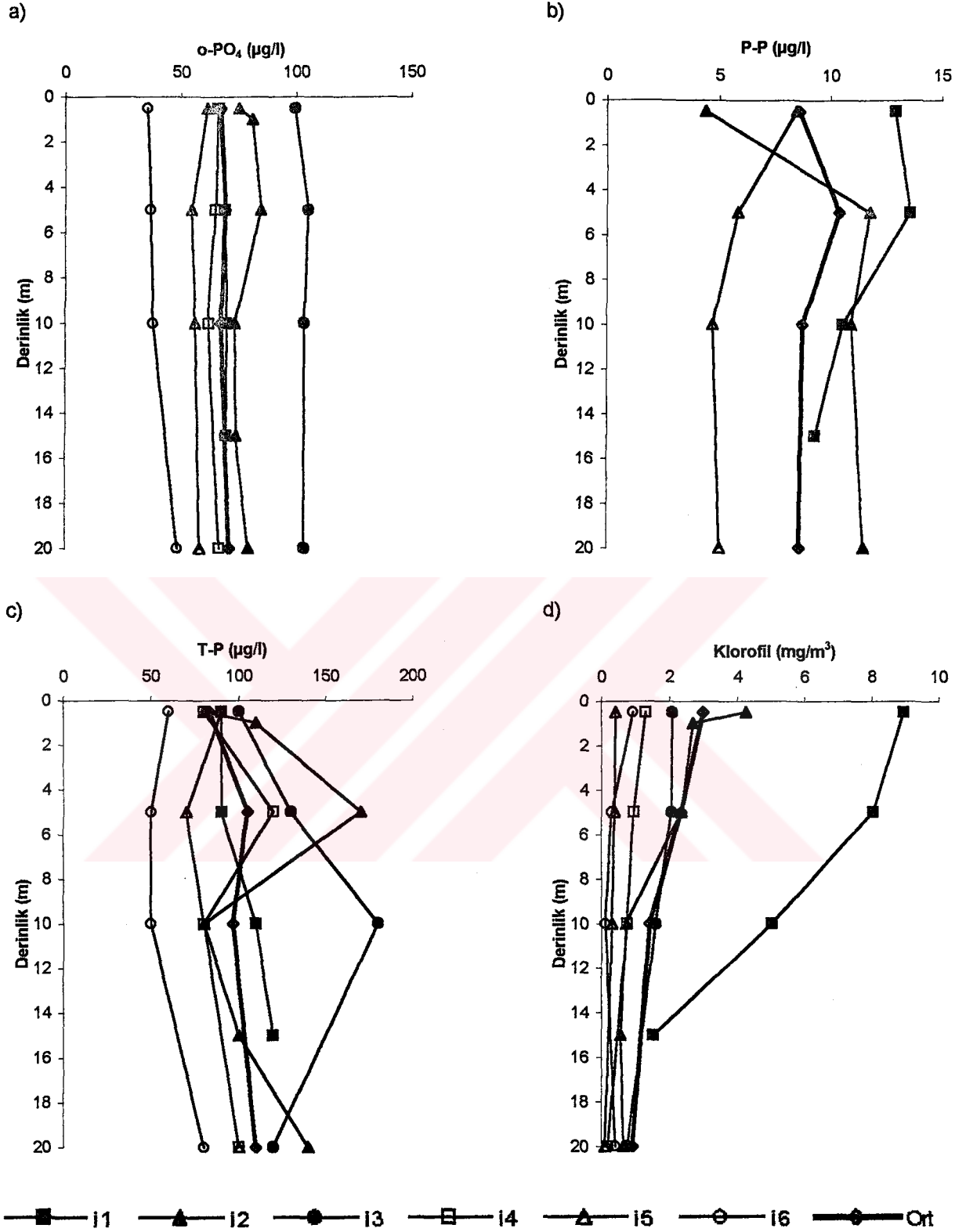
Şekil 4.11 Aralık ayı ölçüm grafikleri (17.12.2002) a) o-PO₄'ün istasyonlara göre değişimi
 b) P-P'nin istasyonlara göre değişimi c) T-P'nin istasyonlara göre değişimi
 d) Klorofil-a'nın istasyonlara göre değişimi



Şekil 4.12 Ocak ayı ölçüm grafikleri (08.01.2003) a) $o\text{-PO}_4$ 'ün istasyonlara göre değişimi
 b) $P\text{-P}$ 'nin istasyonlara göre değişimi c) $T\text{-P}$ 'nin istasyonlara göre değişimi
 d) Klorofil-a'nın istasyonlara göre değişimi



Şekil 4.13 Şubat-Mart ölçüm grafikleri (06.03.2003) a) $o\text{-PO}_4$ 'ün istasyonlara göre değişimi
 b) P-P'nin istasyonlara göre değişimi c) T-P'nin istasyonlara göre değişimi
 d) Klorofil-a'nın istasyonlara göre değişimi



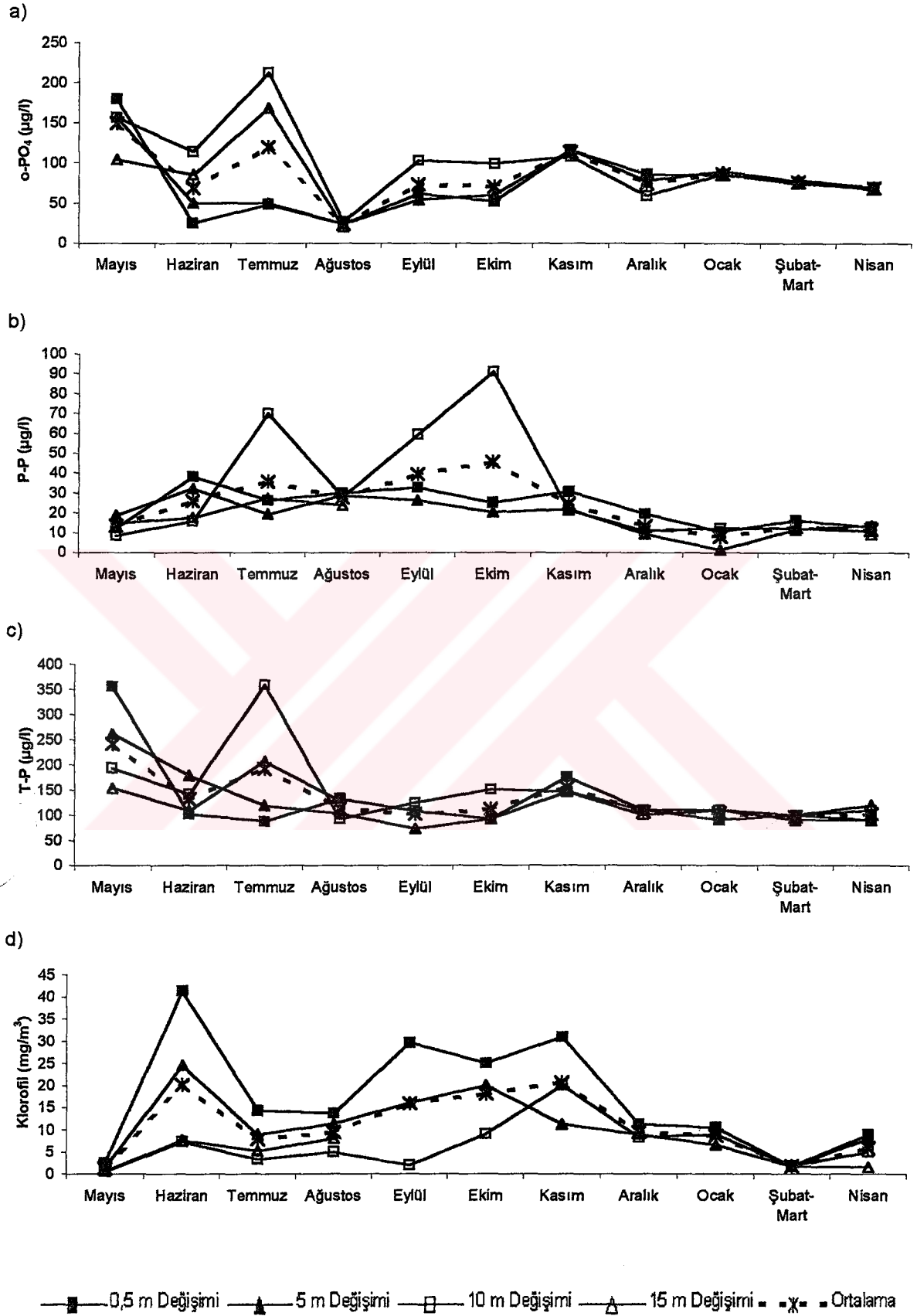
Şekil 4.14 Nisan ayı ölçüm grafikleri (02.04.2003) a) $o\text{-PO}_4$ 'ün istasyonlara göre değişimi
 b) P-P'nin istasyonlara göre değişimi c) T-P'nin istasyonlara göre değişimi
 d) Klorofil-a'nın istasyonlara göre değişimi

4.2.2 İstasyonlara göre parametrelerdeki değişimlerin incelenmesi

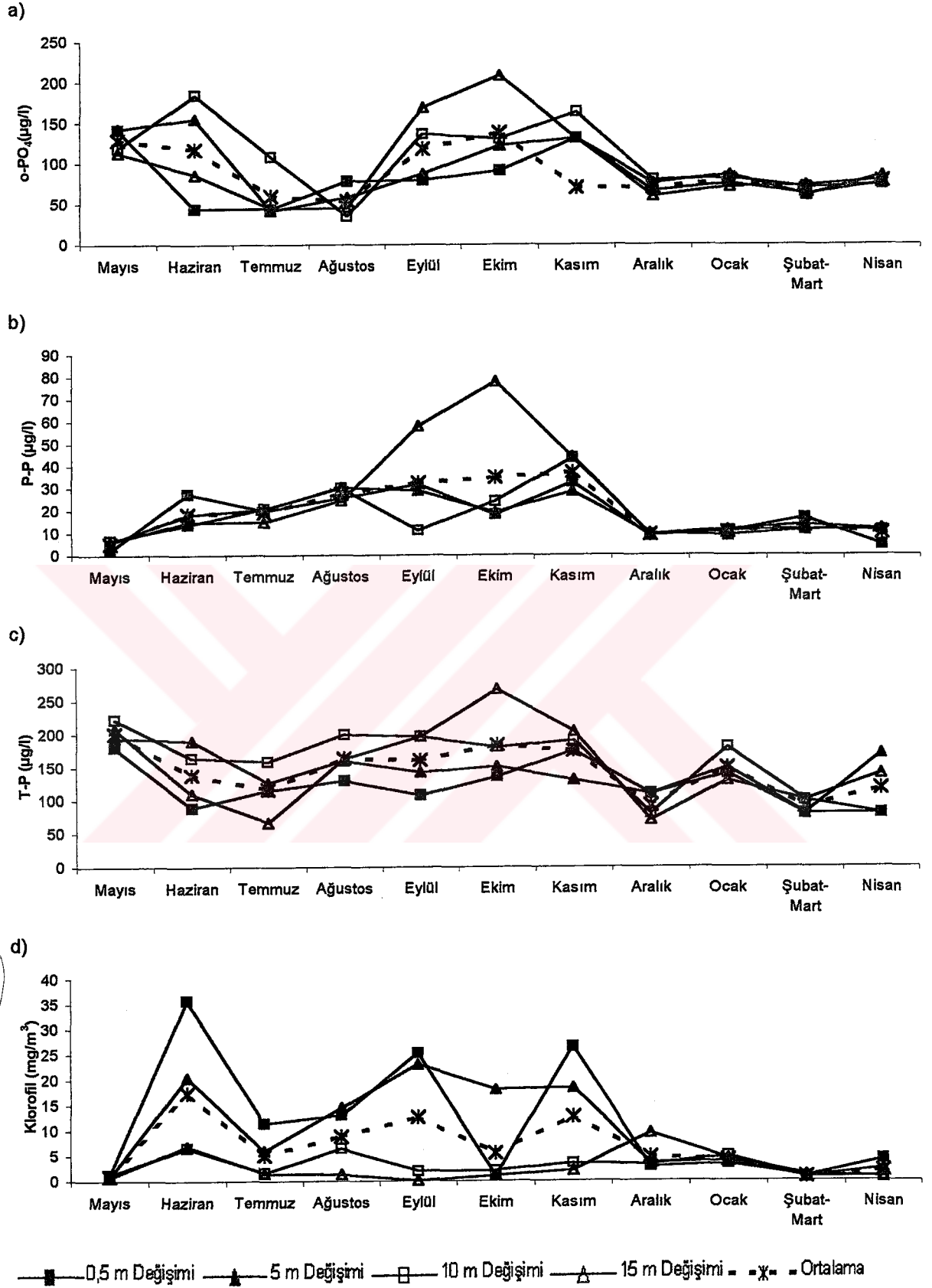
İstasyon bazında Mayıs 2002 ve Nisan 2003 tarihleri arasında bir senelik zaman dilimindeki ilgili parametrelerin aylık değişimleri Şekil 4.15, Şekil 4.16, Şekil 4.17, Şekil 4.18, Şekil 4.19, Şekil 4.20’de görülmektedir.

- Orto fosfatın istasyonlara bağlı değişimi incelendiğinde, ilk üç istasyonun taşıyım yoluyla kirlenmesi ve biyolojik aktivitenin daha yoğun olması nedeniyle orto fosfat konsantrasyonu zamana ve istasyonlara bağlı farklılıklar göstermiştir, diğer istasyonlarla kıyaslandığında bu istasyonlardaki ölçülen konsantrasyonlar çok daha yüksektir. Özellikle 3. istasyonun karasal girdilere ve özellikle Paşaköy İleri Biyolojik Arıtma Tesisine yakınlığı nedeniyle orto fosfat konsantrasyonu bakımından diğer istasyonlardan daha kararsız (değişken) bir durum sergilemiştir. 4., 5. ve 6. istasyonlar daha kararlı bir profil oluşturmuştur.
- Daha önceden de belirtildiği gibi partikül fosfat analiz yönteminin yüksek maliyetli ve zaman alıcı olmasından dolayı sadece 1., 2. ve 5. istasyonlarda yapılabilmektedir. İlgili grafikler Şekil 4.15, Şekil 4.16 ve Şekil 4.19’de verilmiştir.
- Toplam fosfatın değişimi için de durum orta fosfatın değişimine benzerlik gösterdiği, 3. istasyon dışındaki istasyonlarda yüzeyle dip arasında çok farklı bir durum olmadığı görülmektedir.
- Klorofil-a grafikleri incelendiğinde yüzey ve derin kısımlar arasındaki konsantrasyon farklılıkları görülebilmektedir. TÜBİTAK MAM Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Enstitüsü 502 75 02 No’lu proje kapsamında fitoplankton sayımları da yapılmıştır. Sayım sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde 4., 5. ve 6. istasyonlarda çoğunlukla oligotrof (temiz) ortamlarda bulunan desmid türlerin bulunduğu, 1., 2. ve 3. istasyonlarda ise mezotrof ve ötrof (kirli) ortamlarda bulunan türlerin olduğu görülmüştür.

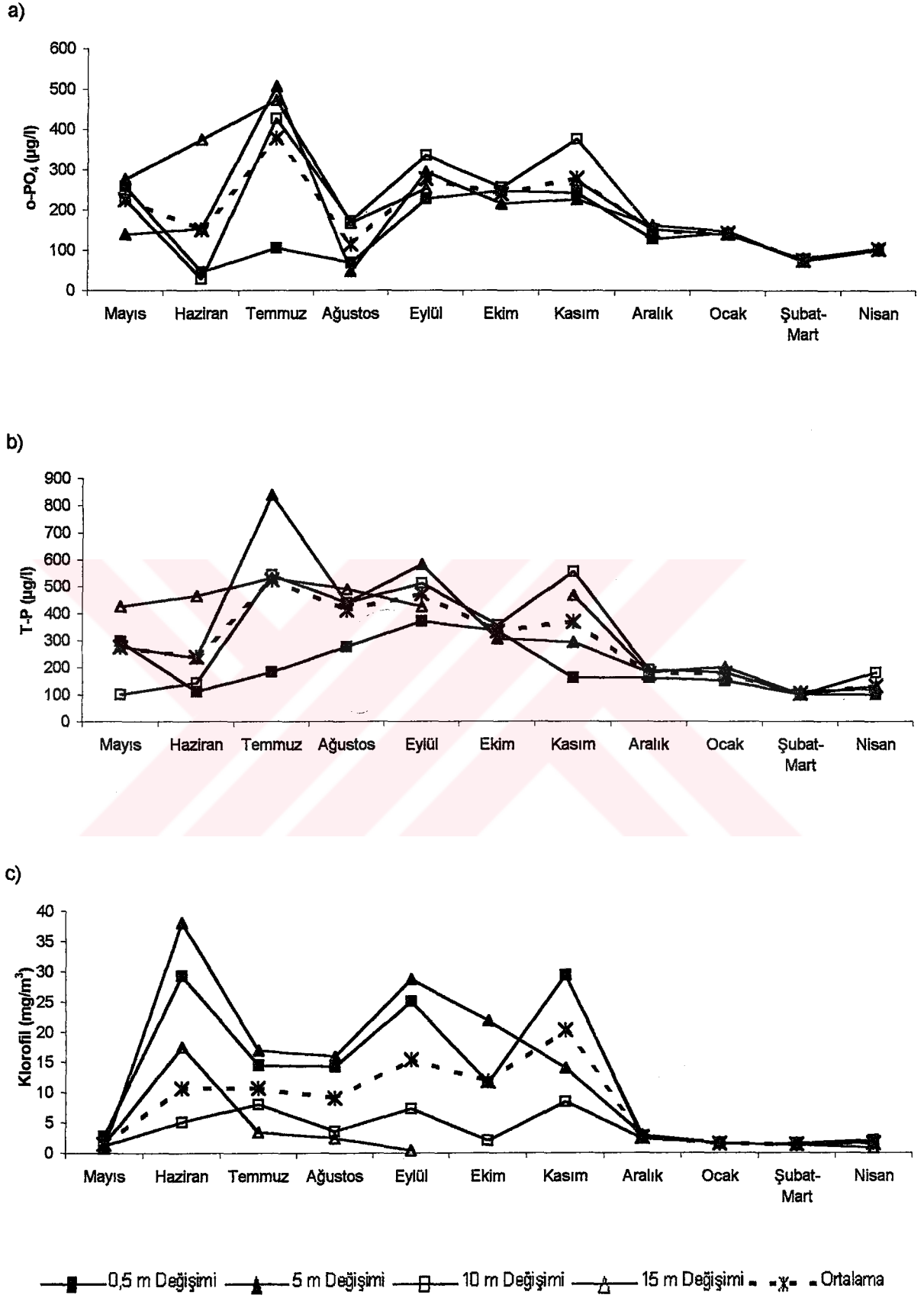
Tüm parametreler genel olarak incelendiğinde Aralık 2002 ile Nisan 2003 tarihleri arasında yapılan ölçümlerde istasyon bazında derinlikle çok fazla değişimlerin olmadığı ve daha kararlı bir profilin olduğu görülmektedir.



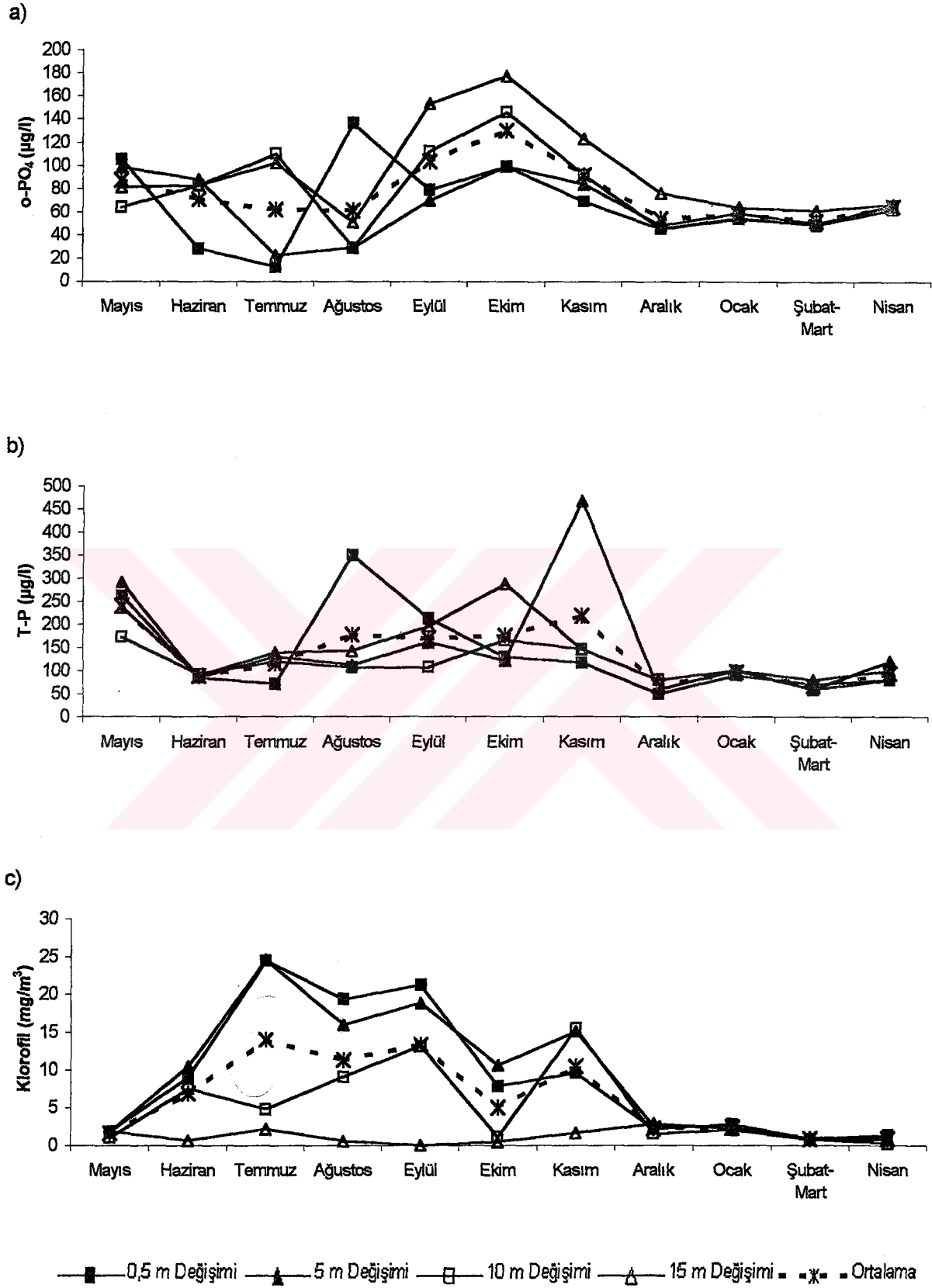
Şekil 4.15 İstasyon 1'deki senelik değişim a) o-PO₄'ün değişimi b) P-P'nin değişimi c) T-P'nin değişimi d) Klorofil-a'nın değişimi



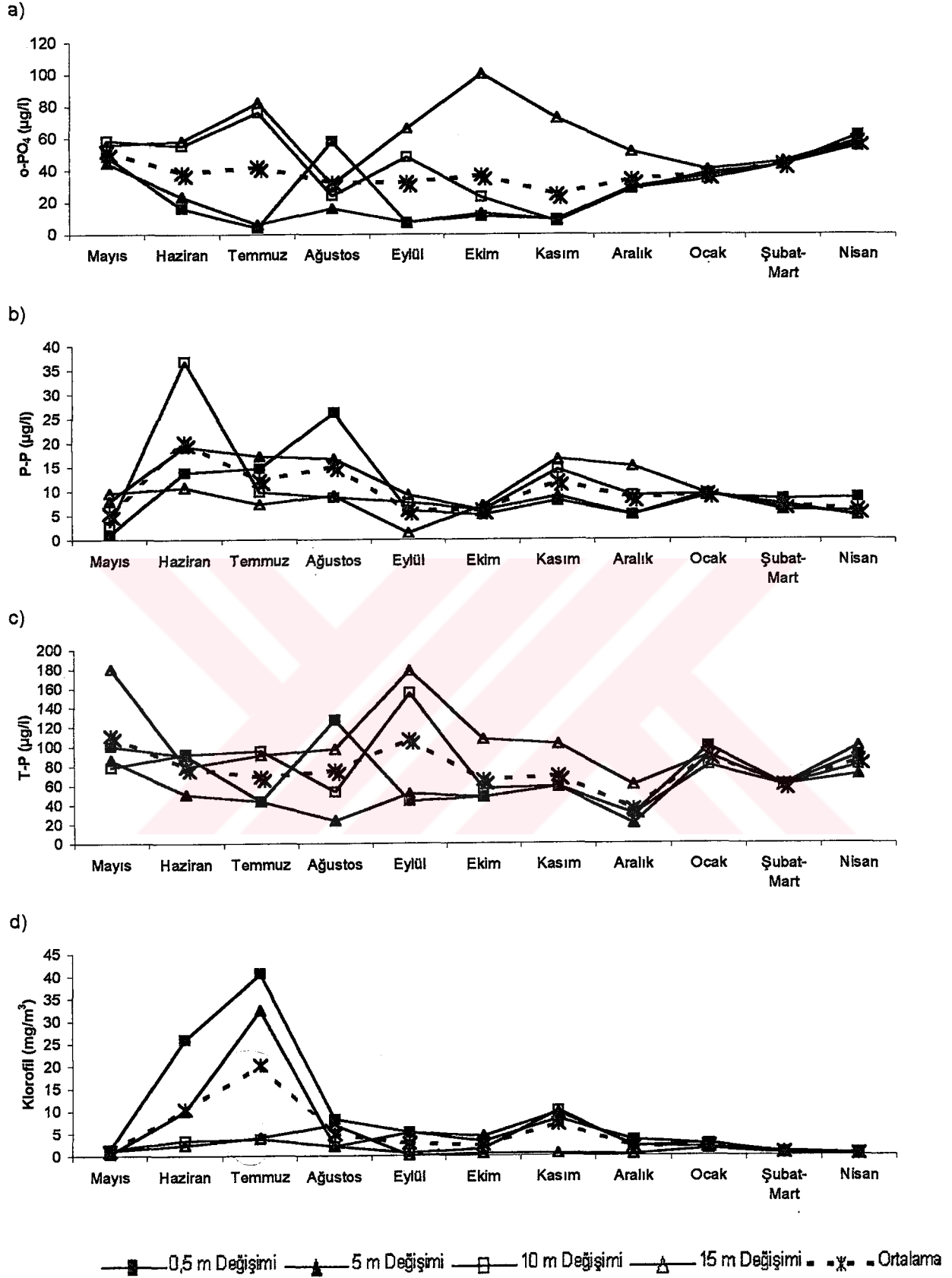
şekil 4.16 İstasyon 2'deki senelik değişimi a) o-PO₄'ün değişimi b) P-P'nin değişimi
c) T-P'nin değişimi d) Klorofil-a'nın değişimi



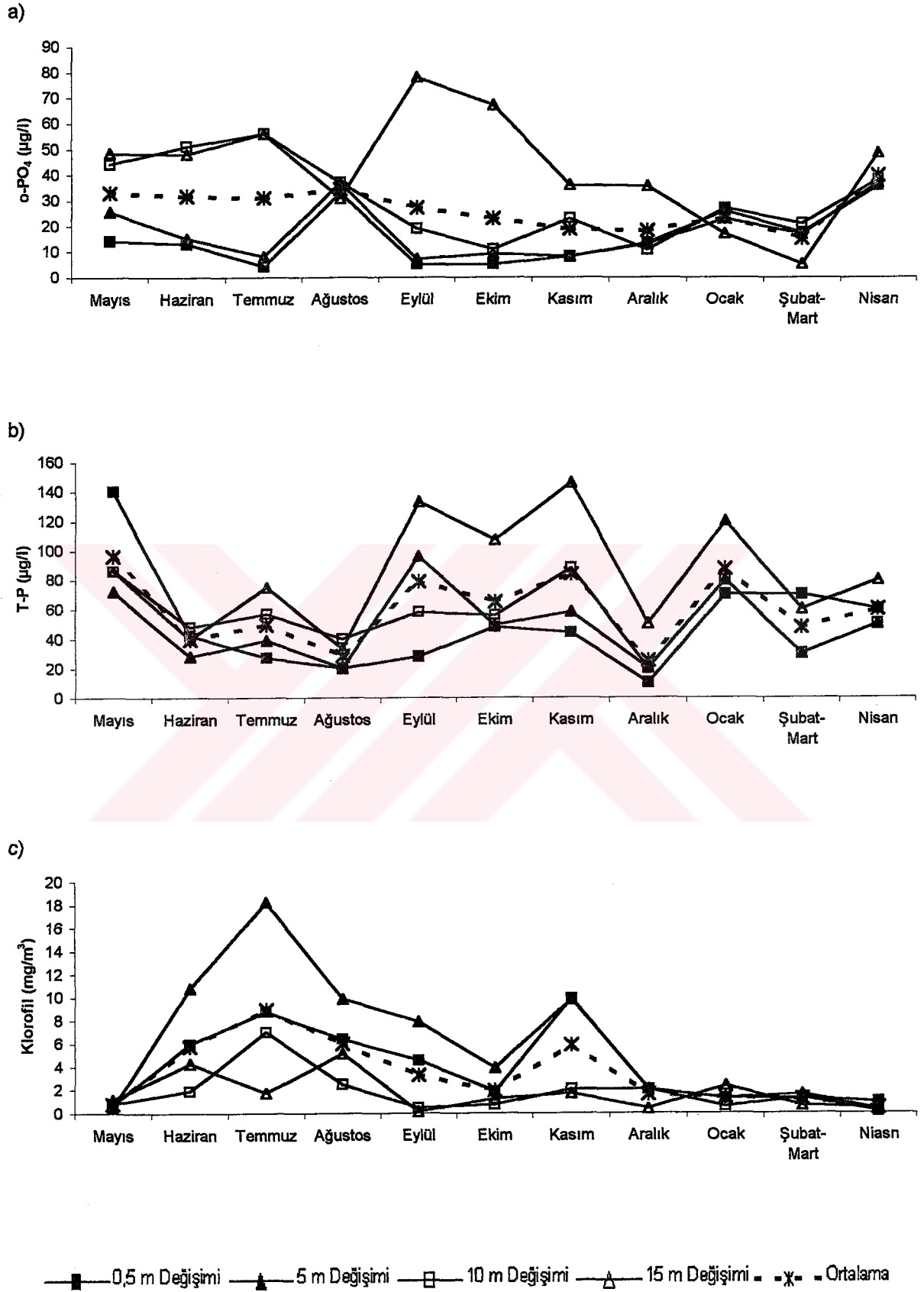
Şekil 4.17 İstasyon 3'deki senelik değişim a) o-PO₄'ün değişimi b) T-P'nin değişimi c) Klorofil-a'nın değişimi



Şekil 4.18 İstasyon 4'deki senelik değişim a) o-PO_4 'ün değişimi b) T-P'nin değişimi c) Klorofil-a'nın değişimi



Şekil 4.19 İstasyon 5'deki senelik değişim a) o-PO₄'ün değişimi b) P-P'nin değişimi c) T-P'nin değişimi d) Klorofil-a'nın değişimi



Şekil 4.20 İstasyon 6'daki senelik değişim a) o-PO₄'ün değişimi b) T-P'nin değişimi c) Klorofil-a'nın değişimi

4.2.3 Derinliklere göre parametrelerdeki değişimlerin incelenmesi

Şekil 4.21 a, b, c, d 'de orto fosfatın sırasıyla 0,5 m (yüzey), 5 m, 10 m ve 20 m derinlikleri için Mayıs 2002 ve Nisan 2003 tarihleri arasındaki istasyonlara bağlı ortalama değişimi görülmektedir. Birincil üretimin Mayıs ayında düşük olmasından dolayı orto fosfat konsantrasyonu diğer ölçüm aylarına göre yüksek seviyede bulunmuştur. 2003'ün ilk aylarında orto fosfat değişimi daha kararlı bir profil oluşturmaktadır. Ayrıca her grafikte, derinliklere bağlı ortalama değerler ile kıyaslama yapılmıştır. Buradan, derinlikle orto fosfat konsantrasyonunun arttığı açıkça görülmektedir. Daha önce de açıklandığı üzere, yüzey-5 m arasındaki fitoplankton çoğalması sebebiyle ortamdaki orto fosfat kullanılmış yani bu kesimde bir azalış olmuştur, ancak 5 m'den sonra derinlik arttıkça orto fosfat konsantrasyonu fitoplankton konsantrasyonunun aksine bir artış eğilimi göstermiştir. Modelde çözünmüş fosfor konsantrasyonu olarak kabul ettiğimiz orto fosfat konsantrasyonu fitoplanktonik organizmaların kolay tüketebileceği besin formundadır. Bu nedenle yüzeyde güneş ışığının da büyük etkisiyle fitoplanktonlar orto fosfat konsantrasyonunu hızla düşürürler. Üst sularda kullanılmayan orto fosfatın dip sulara doğru çökmesi ve dipte bakteriyel ayrışma prosesleri sonucu ortama inorganik fosfat girişi alt sularda orto fosfat konsantrasyonunun artmasına neden olmuştur. 0,5 m için senelik o-PO_4 değişimi Şekil 4.21.a'da görülmektedir. Buna göre sene içerisinde 0,5 m derinlikteki en yüksek konsantrasyon Mayıs ayında 0,124 mg/l, en düşük konsantrasyon Haziran ayında 0,028 mg/l olarak ölçülmüştür. Şekil 4.21.b'den de görüldüğü gibi 5 m derinlikteki en yüksek orto fosfat konsantrasyonu, yine Mayıs ayında 0,101 mg/l olarak ölçülmüş olup en düşük konsantrasyon ise Ağustos ayında 0,035 mg/l olarak ölçülmüştür. 10 m'deki o-PO_4 değişimi Şekil 4.21.c'de görülmektedir, 10 m derinlikteki en yüksek konsantrasyon Temmuz ayında 0,165 olarak ölçülmüş olup, en düşük konsantrasyon 0,054 mg/l Ağustos ayında ölçülmüştür.. 20 m derinlikte sene içerisinde ölçülmüş olan en yüksek orto fosfat konsantrasyonu 0,151 mg/l'dir, bu değer Temmuz ayında ölçülmüştür. Bu derinlikteki en düşük konsantrasyon ise Ocak ayında ölçülen 0,048 mg/l değeridir (Şekil 4.21.d). Sonuç olarak, sene içerisinde en düşük konsantrasyon Haziran ayında 0,5 m derinlikte 0,028 mg/l olarak, en yüksek konsantrasyon ise Temmuz ayı içerisinde 10 m derinlikte 0,165 mg/l olarak ölçülmüştür.

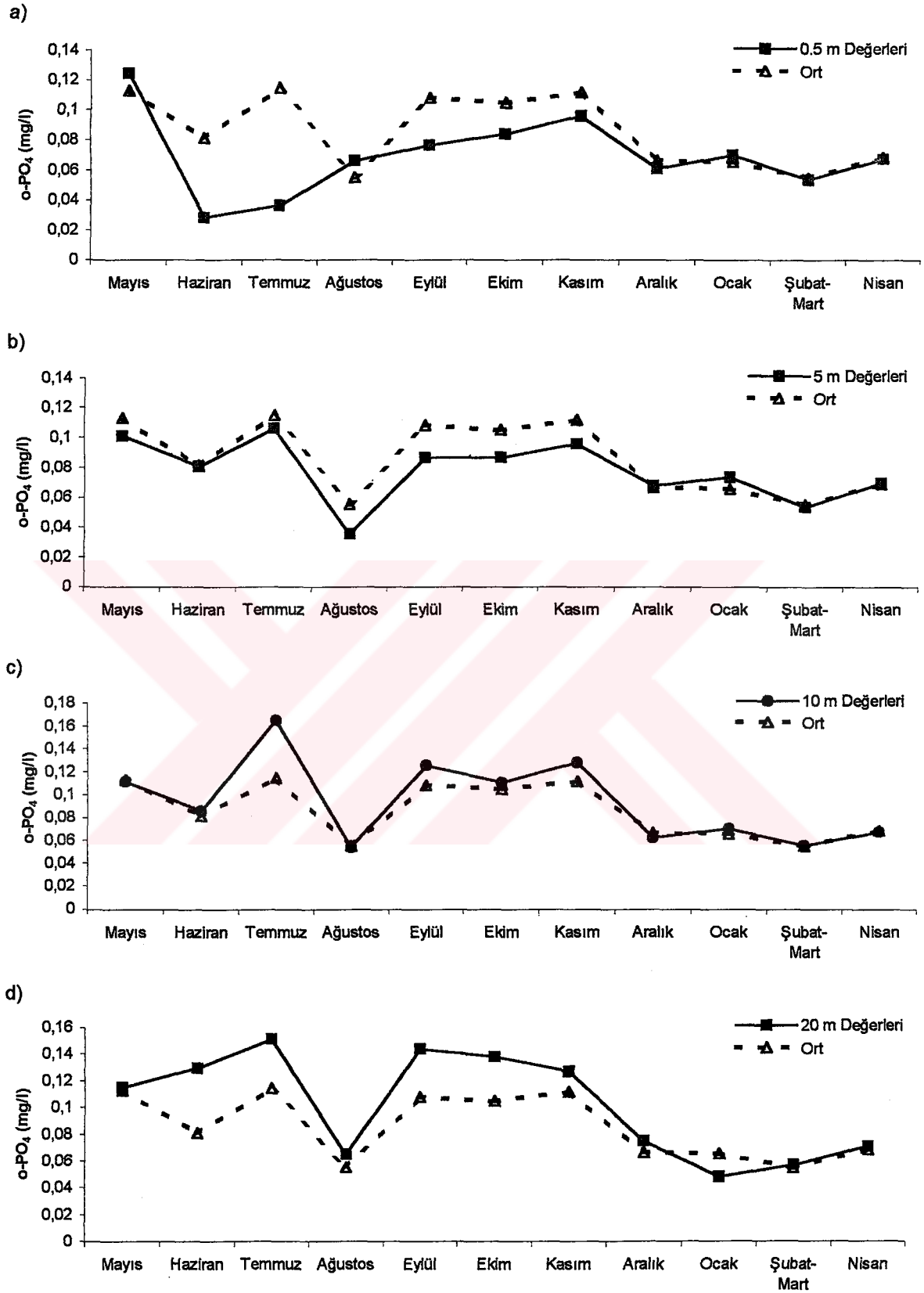
Şekil 4.22'de a, b, c, d 'de partikül fosfatın sırasıyla 0,5 m (yüzey), 5 m, 10 m ve 20 m derinlikleri için Mayıs 2002 ve Nisan 2003 tarihleri arasındaki istasyonlara bağlı ortalama değişimi görülmektedir. 0,5 m'deki değişim Şekil 4.22.a'da verilmiştir. Bu derinlikteki en düşük konsantrasyon Mayıs ayı içerisinde 0,005 mg/l, en yüksek konsantrasyon Ağustos ayı

içersinde 0,027 mg/l olarak ölçülmüştür. 5 m derinlikteki partikül fosfatın değişimi Şekil 4.22.b'de görülmektedir. En düşük konsantrasyon Ocak ayında 0,006 mg/l, en yüksek konsantrasyon Ağustos ayında 0,025 mg/l ölçülmüştür. 10 m derinlikteki en düşük partikül fosfat konsantrasyonu Mayıs ayında 0,006 mg/l, en yüksek partikül fosfat konsantrasyonu Ekim ayında 0,04 mg/l olarak bulunmuştur (Şekil 4.22.c). Partikül fosfatın 20 m'deki değişimi Şekil 4.22.d'de görülmektedir. Buna göre en düşük konsantrasyon yine Mayıs ayında ölçülmüş olup değeri 0,007 mg/l'dir. 20 m'deki en yüksek konsantrasyon ise 0,042 mg/l olarak Ekim ayında ölçülmüştür. Genel olarak partikül fosfatın senelik değişimi incelendiğinde sene içersindeki minimum konsantrasyonun Mayıs ayında 0,5 m derinlikten alınan numunede ölçülen 0,005 mg/l olduğu, maksimum konsantrasyonun ise 20 m derinlikte Ekim ayında ölçülen 0,042 mg/l olduğu görülmektedir.

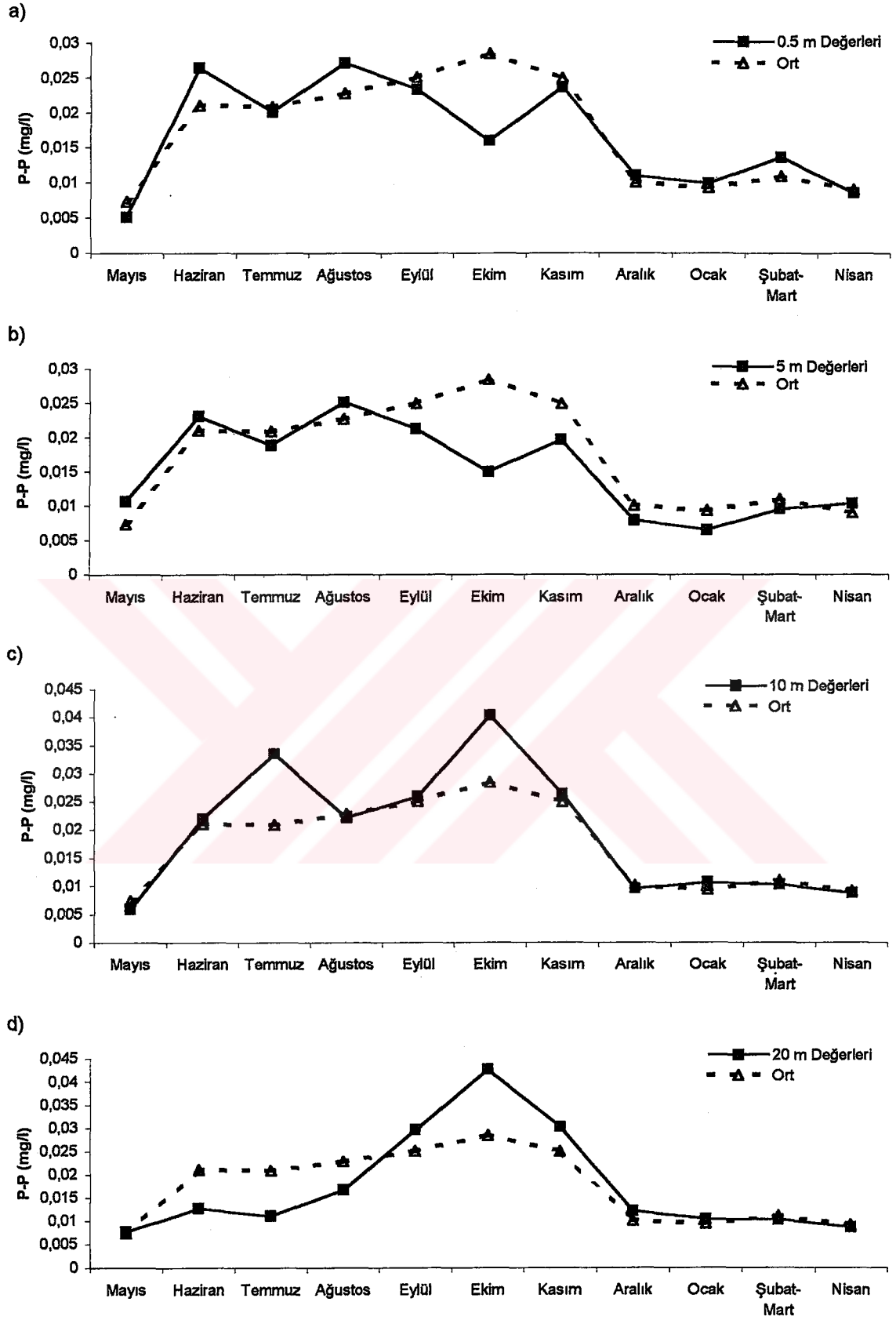
Şekil 4.23.a, b, c, d'de toplam fosfatın sırasıyla 0,5 m (yüzey), 5 m, 10 m ve 20 m derinlikleri için Mayıs 2002 ve Nisan 2003 tarihleri arasındaki istasyonlara bağlı ortalama değişimi görülmektedir. Yüzeydeki (0,5 m'deki) değişim Şekil 4.23.a'da görülmektedir. Yüzeydeki en düşük konsantrasyon Aralık ayında 0,078 mg/l olarak ölçülmüş olup en yüksek konsantrasyon Mayıs ayında 0,222 mg/l olarak ölçülmüştür. Şekil 4.23.b'de toplam fosfatın 5 m derinlikteki değişimi görülmektedir. Bu ölçümlere göre en düşük konsantrasyon 0,070 mg/l olarak Şubat-Mart aylarında ölçülmüştür. En yüksek konsantrasyon ise 0,216 mg/l olarak Temmuz ayında ölçülmüştür. 10 m derinlikteki toplam fosfatın aylık değişimini gösteren grafik Şekil 4.23.c'de verilmiştir. Buna göre bir senelik ölçüm periyodu içersinde ölçülen en düşük konsantrasyon 0,075 mg/l'dir, bu değer yine Şubat-Mart aylarında ölçülmüştür. Bu derinlikteki en yüksek konsantrasyon Temmuz ayında 0,222 mg/l olarak ölçülmüştür. Toplam fosfatın 20 m'deki değişimi incelendiğinde en düşük konsantrasyonun yine Şubat-Mart ayı değeri olan 0,085 mg/l olduğu görülmektedir. Mayıs ayında ise 0,227 mg/l olarak 20 m derinlikteki en yüksek konsantrasyon ölçülmüştür (Şekil 4.23.d). Toplam fosfatın aylık değişimleri incelendiğinde sene içersindeki minimum konsantrasyonun 5 m derinlikte Şubat-Mart ayında 0,070 mg/l, maksimum konsantrasyonun ise 20 m derinlikte Mayıs ayında 0,227 mg/l olarak bulunduğu görülmektedir. Orto fosfat konsantrasyon değişim grafiğinde olduğu gibi toplam fosfat grafiklerinde de derinlikle bir değişim olduğu görülmektedir. Buna göre derinlik arttıkça toplam fosfat konsantrasyonu artmaktadır. Bunu şu şekilde açıklamak mümkündür, toplam fosfatı oluşturan bileşenlerden bir olan orto fosfat konsantrasyonun artışı toplam fosfat konsantrasyonunun değişimini de etkilemektedir.

Şekil 4.24.a, b, c, d'de klorofil-a'nın sırasıyla 0,5 m (yüzey), 5 m, 10 m ve 20 m derinlikleri

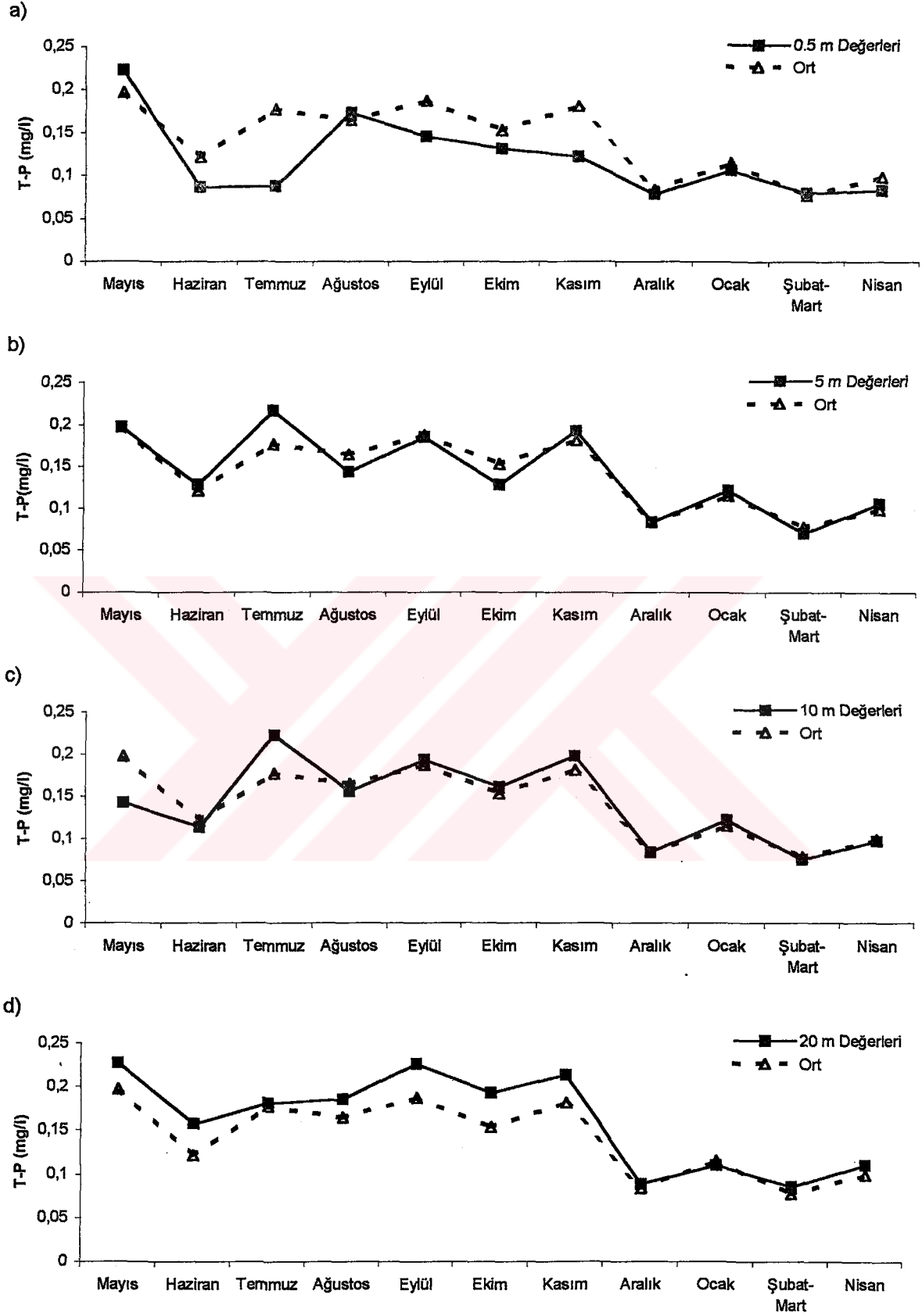
için Mayıs 2002 ve Nisan 2003 tarihleri arasındaki istasyonlara bağlı ortalama değişimi görülmektedir. 0,5 m derinlikteki en düşük klorofil-a konsantrasyonu Şubat-Mart ayında 0,0011 mg/l olarak ölçülmüş olup en yüksek konsantrasyon, Haziran ayında 0,0245 mg/l olarak ölçülmüştür (Şekil 4.24.a). 5 m'deki klorofil-a değişimi Şekil 4.24.b'de verilmiştir. Bu şekilden de görüldüğü üzere bir senelik zaman periyodu içerisinde 5 m'de ölçülen en düşük klorofil-a konsantrasyonu 0,00099 mg/l'dir ve bu değer Mayıs ayında ölçülmüştür. 5 m derinlikteki en yüksek konsantrasyon ise Haziran ayında ölçülmüş olan 0,019 mg/l değeridir. Şekil 4.24.c'de 10 m derinlikteki klorofil-a değişimi verilmiştir. Klorofil-a'nın 10 m'deki en düşük değeri 0,00099 mg/l Mayıs ayında ölçülmüş olup en yüksek değer ise Kasım ayında 0,0099 mg/l olarak ölçülmüştür. 20 m'deki en düşük klorofil-a konsantrasyonu Eylül ayında 0,00013 mg/l, en yüksek klorofil-a konsantrasyonu ise Kasım ayında 0,007 mg/l olarak ölçülmüştür (Şekil 4.24.d). Bir senelik zaman dilimi içerisindeki değişimi incelendiğinde minimum konsantrasyonun Eylül ayında ölçülen 0,00013 mg/l, maksimum konsantrasyonun ise Haziran ayında ölçülen 0,0245 mg/l olduğu görülmektedir. Değişimler genel olarak incelendiğinde, her bir derinlikteki değişimin ortalama değerlerle kıyaslanması durumunda, klorofil-a konsantrasyonunun derinlik arttıkça azaldığı görülmektedir. Daha öncede açıklandığı gibi fitoplanktonik faaliyetlerin ilk 5 m'de olduğu Şekil 4.24'de görülmektedir. Örneklemeler sırasında gözle görülebilir bir renk değişikliği Haziran ve Eylül ölçüm dönemlerinde olmuştur. Kış mevsimi boyunca ve kış durgunluğu nedeniyle hipolimnionda biriken besin tuzlarının ilkbahar sirkülasyonu ile yüzeye kadar ulaşması ve havaların ısınıp su sıcaklığının da artmasıyla özellikle Haziran ayında Mayıs ayına göre üretimde bir artış olmuştur. Dolayısıyla Mayıs ayında birincil üretimin düşük olması klorofil-a konsantrasyonunun düşük olması sonucunu getirmiştir.



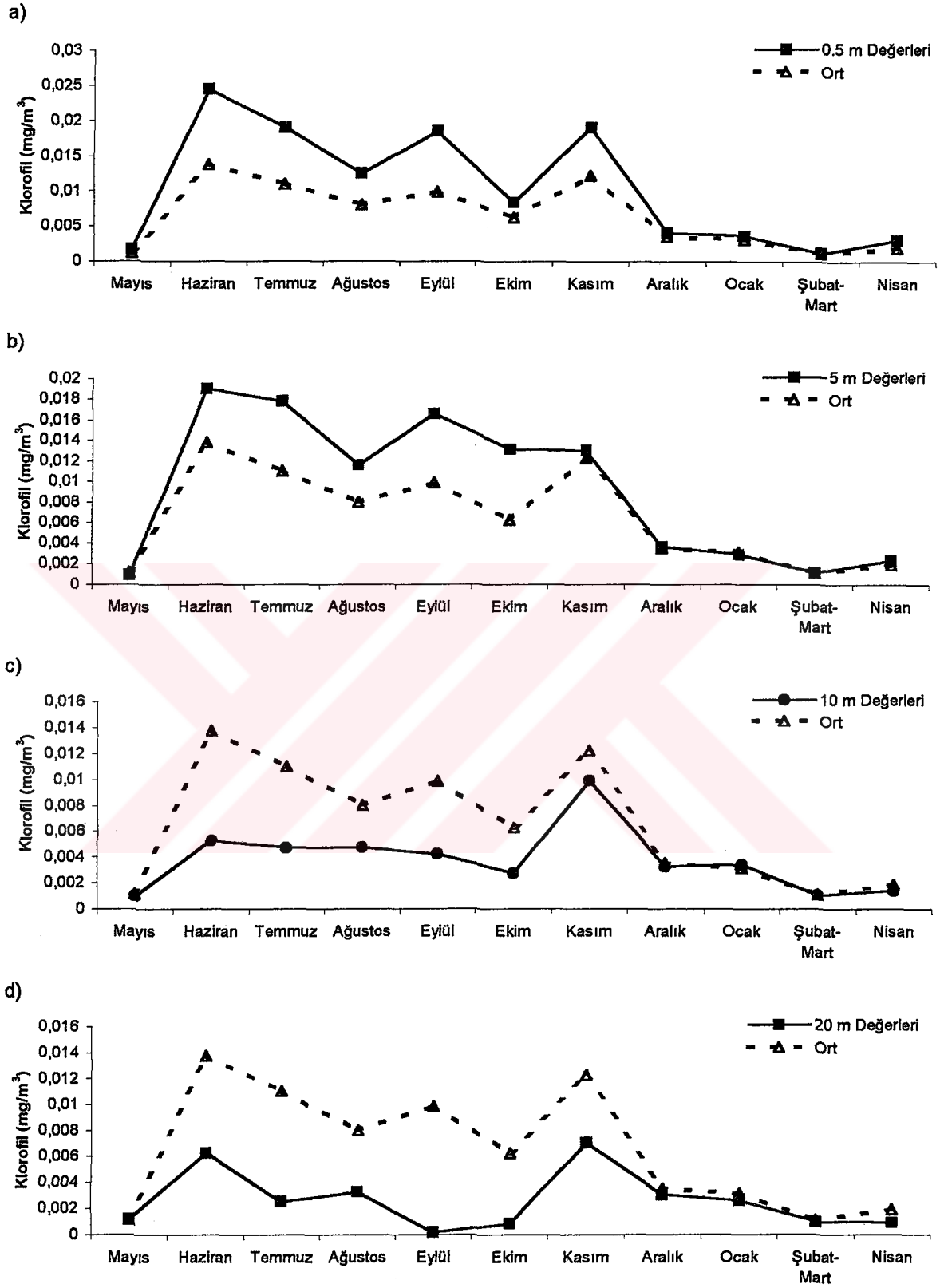
Şekil 4.21 o-PO₄ 'ün senelik değişimi a) 0,5 m'deki değişim b) 5 m'deki değişim c) 10 m'deki değişim d) 20 m'deki değişim



Şekil 4.22 P-P'nin senelik değişimi a) 0,5 m'deki değişim b) 5 m'deki değişim c) 10 m'deki değişim d) 20 m'deki değişim



Şekil 4.23 T-P'nin senelik değişimi a) 0,5 m'deki değişim b) 5 m'deki değişim
c) 10 m'deki değişim d) 20 m'deki değişim



Şekil 4.24 Klorofil-a'nın senelik değişimi a) 0,5 m'deki değişim b) 5 m'deki değişim c) 10 m'deki değişim d) 20 m'deki değişim

4.2.4 Gölü besleyen derelerde yapılan ölçümler

Göle girişi olan Kömürlük Deresi, Göçbeyli Deresi, Balıca Deresi, Topçayırılar Deresi ile Paşaköy Arıtma Tesisleri girişi ve Paşaköy Arıtma Tesisleri çıkışında mevsimsel değişimleri temsil etmek amacıyla Temmuz, Ekim, Şubat ve Nisan aylarında olmak üzere 4 defa ölçüm yapılmıştır. Bu kaynaklardaki atık yüklerini bulabilmek amacıyla, örneklemeler sırasında hıza dayalı debi ölçümleri yapılmıştır. İlk örneklem zamanının kurak bir döneme gelmesi nedeniyle, dere sularında debi ölçümleri Kömürlük Deresi dışında yapılamamıştır. Göçbeyli ve Ozan Deresinin ise kuru denecek kadar az bir su kütlesine sahip olduğu görülmüş, ancak veri teşkil etmesi bakımından bu derelerde de örneklem ve analiz yapılmıştır. Mevsim farkı olmaksızın göl suyu için kaynak teşkil eden Paşaköy Arıtma Tesisinin girişi öncelikle arıtma tesisine verilmekte, arıtdıktan sonra göle deşarj edilmektedir. Derelerin debi sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, Şubat 2003 ölçümünde, 1642000 m³/gün debi ile diğer ölçüm zamanlarından daha fazla su girişi olmuştur. Bu değeri 442000 m³/gün debi ile takip eden ölçüm zamanı, Nisan 2003'dür. Bu ölçüm zamanları dışında 2002 Ekim ayında 111000 m³/gün, 2002 Temmuz ayında 41000 m³/gün suyun göl suyuna karıştığı tespit edilmiştir. Bu değerlerden de görüldüğü gibi, bölgenin mevsim şartlarına bağlı olarak yaz aylarında çok sınırlı yağmur toplaması ve mevcut suların tarımsal amaçlı kullanımı göl suyu bütçesini olumsuz etkilemiştir. Ayrıca baraj gölünden sürekli su temini ve buharlaşmaya bağlı kayıplarında etkisiyle kış-ilkbahar aylarındaki maksimum su tutma seviyesinden yaklaşık 4-5 m azalmalar gözlenmiştir. Toplam fosfat sonuçlarına göre göle deşarjı olan noktalar incelendiğinde; göle dışardan gelen fosfatın çok önemli kısmını oluşturan, Paşaköy Arıtma Tesis Çıkış suyunun sınır değerlerinin çok üzerinde olduğu, diğer ölçüm noktalarının ise I. ve II. sınıf su kalitesinde olduğu SSKY parametresi ile kıyaslandığında anlaşılmıştır. Derelerde yapılan diğer analizler sonucunda su kalite parametrelerinin sınır değerlerinde veya altında bulunarak genelde I.-III. sınıf su kriterleri arasında özellik gösterdiği belirlenmiştir (Tüfekçi V., vd. 2002). Ömerli Baraj Gölüne karışan dereler ve numune alma noktaları Şekil 4.25'de görülmektedir. Çizelge 4.3 Temmuz ayında, Çizelge 4.4 Ekim ayında, Çizelge 4.5 Şubat ayında ve Çizelge 4.6 Nisan ayında Ömerli Baraj Gölüne karışan derelerde ölçümü yapılan su kalite parametreleri ve konsantrasyonları görülmektedir.

Çizelge 4.3 Temmuz ayında (03.07.2002) Ömerli Baraj Gölüne karışan derelerde ölçümü yapılan su kalite parametreleri ve konsantrasyonları (Tüfekçi, vd. 2002)

Örnek Alma Noktası	DEBİ (m ³ /gün)	KOI (mg/l)	AKM (mg/l)	TOK (mg/l)	TKN (mg/l)	NH ₃ -N (mg/l)	T-P (mg/l)	o-PO ₄ (mg/l)	Sıcaklık °C	ÇO (mg/l)	pH
Kömürlük Deresi	783	<10	15	*-	0,7	<0,05	<0,05	-	18,9	8,2	7,91
Göçbeyli Dere	-	<10	<10	*-	1,2	<0,05	0,05	-	-	8,2	8,19
Balıca Deresi	-	10	<10	*36	0,8	<0,05	<0,05	-	-	7,0	7,96
Topçaylılar Deresi	-	<10	<10	-	1,2	0,05	0,11	-	-	4,6	9,13
Paşaköy Arıtma Tesisi Giriş	40000	80	100	*288	31	24	3,60	-	18	5,7	7,46
Paşaköy Arıtma Tesis Çıkış	40000	18	10	*64,8	4,2	2,1	5,80	-	22	6,0	7,34

Çizelge 4.4 Ekim ayında (17.10.2002) Ömerli Baraj Gölüne karışan derelerde ölçümü yapılan su kalite parametreleri ve konsantrasyonları (Tüfekçi, vd. 2002)

Örnek Alma Noktası	DEBİ (m ³ /gün)	KOI (mg/l)	AKM (mg/l)	TOK (mg/l)	TKN (mg/l)	NH ₃ -N (mg/l)	T-P (mg/l)	o-PO ₄ (mg/l)	Sıcaklık °C	ÇO (mg/l)	pH
Kömürlük Deresi	16005	<10	70	-	0,25	<0,05	0,653	0,026	13,6	9,25	7,85
Göçbeyli Dere	31355	<10	<10	-	0,6	<0,05	0,053	0,021	15,1	9,09	8,0
Balıca Deresi	1500	10	<10	-	0,7	<0,05	0,046	0,028	16,3	11,04	7,95
Topçaylılar Deresi	1905	12	<10	-	0,3	0,05	0,043	0,025	17	7,01	7,65
Paşaköy Arıtma Tesisi Giriş	60000	295	250	-	56	24	4,712	2,596	-	11,80	7,40
Paşaköy Arıtma Tesis Çıkış	60000	18	10	-	1,0	2,1	0,99	2,236	20,6	5,41	7,60

Çizelge 4.5 Şubat ayında (18.02.2003) Ömerli Baraj Gölüne karışan derelerde ölçümü yapılan su kalite parametreleri ve konsantrasyonları (Tüfekçi, vd. 2003).

Örnek Alma Noktası	DEBİ (m ³ /gün)	KOI (mg/l)	AKM (mg/l)	TOK (mg/l)	TKN (mg/l)	NH ₃ -N (mg/l)	T-P (mg/l)	o-PO ₄ (mg/l)	Sıcaklık °C	ÇO (mg/l)	pH
Kömürlük Deresi	309710	<10	60	1,61	2,8	<0,05	0,2	0,1	4,7	16,2	7,68
Göçbeyli Dere	1026432	14	34,2	2,57	3	<0,05	0,4	0,2	4,4	16,1	8,42
Balıca Deresi	154310	10	59	3,76	2,8	<0,05	0,1	0,0	4,2	16,4	8,57
Topçayırılar Deresi	90944	29	54	4,3	4,5	0,08	0,1	0,0	3,6	16,2	8,3
Paşaköy Arıtma Tesisi Giriş	60000	70	133,3	4,39	40	9,85	1,5	1,0	-	-	-
Paşaköy Arıtma Tesis Çıkış	60000	16	12	3,71	1	<0,05	1,7	1,4	7,4	13,1	7,98

Çizelge 4.6 Nisan ayında (03.04.2003) Ömerli Baraj Gölüne karışan derelerde ölçümü yapılan su kalite parametreleri ve konsantrasyonları (Tüfekçi, vd. 2003).

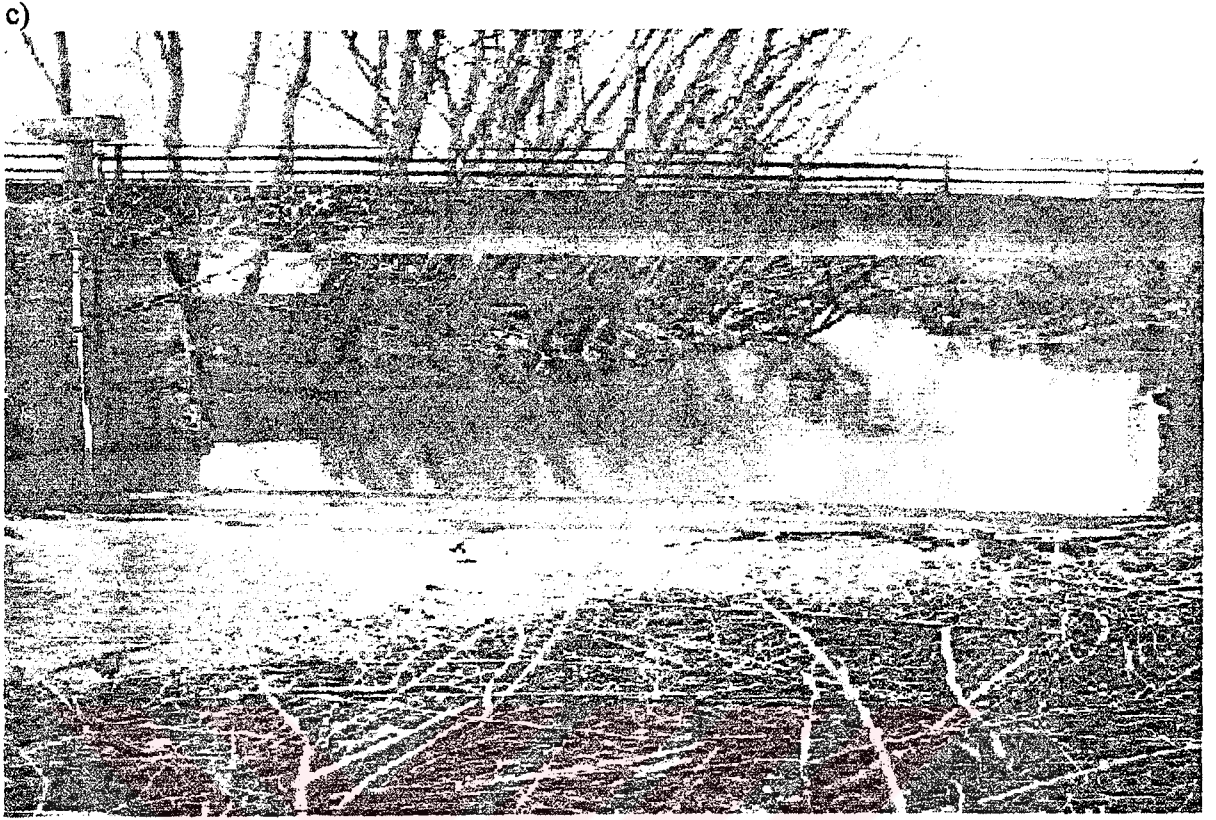
Örnek Alma Noktası	DEBİ (m ³ /gün)	KOI (mg/l)	AKM (mg/l)	TOK (mg/l)	TKN (mg/l)	NH ₃ -N (mg/l)	T-P (mg/l)	o-PO ₄ (mg/l)	Sıcaklık °C	ÇO (mg/l)	pH
Kömürlük Deresi	35856	-	8,6	2,03	0,64	0,08	0,03	0,023	8,01	14,3	8,7
Göçbeyli Dere	194400	-	8	20,57	0,75	0,16	0,04	0,026	8,2	14,9	8,5
Balıca Deresi	75168	-	7,2	3,39	0,32	0,15	0,07	0,078	8,7	15,8	8,8
Topçayırılar Deresi	55987	-	10,4	6,23	0,53	0,27	0,05	0,045	9,7	15,9	8,5
Paşaköy Arıtma Tesisi Giriş	80000	-	103,3	3,49	25,85	18	1,72	1,43	-	-	-
Paşaköy Arıtma Tesis Çıkış	80000	-	113,3	9,85	14,89	10	1,88	1,54	10,3	8,86	7,7

a)



b)





Şekil 4.25 Ömerli Baraj Gölünü besleyen dereler ve numune alma noktaları a) Ballica Deresi
b) Kömürlük Dere c) Göçbeyli Deresi d) Topçaylılar Deresi

5. FOSFOR MODELİ UYGULAMASI

5.1 Giriş

İnsanlık her zaman problemleri çözmeye yarayan araçlar olarak modelleri kullanmıştır. Çünkü modeller gerçekliğin basitleştirilmiş bir şeklini verirler. Elbette bir model asla gerçek bir sistemin bütün özelliklerini içermez. Aksi halde kendisi gerçek bir sistem olurdu. Fakat modelin tanımlanacak veya çözülecek problemin karakteristik yapılarını içermesi önemlidir.

Bir ekolojik model, dikkate alınan problemle ilgili hedeflere odaklanır. Çok fazla doğrudan ilgisi olmayan detaylar modelin esas hedefini bulanıklaştıracaktır. Bundan dolayı aynı ekosistem için birbirinden farklı birçok model bulunabilir. Modelin amaçlarına göre en uygun versiyon seçilir (Jørgensen, 2001).

Mühendislik problemlerinin çözümünde bir araç olarak kullanılacak matematik modellerin hesap kolaylığı ve tatbik imkanları bakımından mümkün olduğu kadar basit olması; ortamda cereyan eden reaksiyonları belirlemesi bakımından da yeteri kadar ayrıntılı olması gerekmektedir (Karpuzcu, 1982).

Model çalışması, ele alınan bir sistemin dinamik davranışlarını taklit eden matematiksel denklemlerin cevabını oluşturan özel bir programın uygun bir bilgisayar sistemi üzerinde çalıştırılma işlemidir. Model çalışmalarında esas olan, bu programlar yoluyla sistem denklemlerinin zaman alanı çözümü sağlayarak gerçek zamandakine benzer şekilde cevap eğrilerini elde etmektir.

Ötrofikasyonu belirleyen dinamik değişkenleri temsil eden modeller ile geçmişteki verilerin incelenmesi, mevcut durumun değerlendirilmesi ve gelecekteki ihtiyaçların plan ve projelendirilmesi daha sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilebilecektir.

Model Elemanları

Çevre bilimleri için bir modelin matematiksel formülasyonu beş elemana sahiptir (Jørgensen, 2001);

1. **Zorlayıcı etkenler veya dış değişkenler** : Ekosistemi etkileyen bir dış kuvvetin fonksiyonları veya değişkenleri olarak tanımlanabilir. Bir yönetimle ilgili çözülecek bir problem sıklıkla şu şekilde formüle edilir. Eğer kesin olarak zorlayıcı fonksiyonlar değişim içinde iseler bu etki ekosistemi nasıl etkileyecektir? Model, zorlayıcı etkenin

zamanla değişmesi durumunda ekosistemde meydana gelecek değişiklikleri tahmin etmek için kullanılır. Bizim kontrolümüzdeki dış etkenler genellikle kontrol fonksiyonu olarak adlandırılır.

2. **Durum Değişkenleri** : Ekosistemin durumunu tanımlarlar. Model yapısı için durum değişkenlerinin belirlenmesi çok önemlidir. Fakat genellikle seçim oldukça açıktır. Örneğin bir ötrofikasyon modeli için durum değişkenleri, nutrienler ve fitoplankton konsantrasyonları olacaktır. Bir model yönetim açısından kullanıldığı zaman, dış etkenlerin değişmesiyle tahmin edilen durum değişkenlerinin değerleri modelin sonuçları olarak dikkate alınır. Çünkü model dış etkenler ile durum değişkenleri arasındaki ilişkiyi irdelemektedir.
3. **Matematiksel Denklemler** : Dış etkenler ile durum değişkenleri arasındaki ilişkiyi tanımlar.
4. **Parametreler** : Prosesi temsil eden matematiksel denklemlerdeki sabitlerdir. Parametreler özel bir ekosistem veya ekosistemin bir bölümü olarak düşünülebilir. Modellerde parametrelerin bilimsel bir tanımları mevcuttur. Bir çok parametre literatürde sabit olarak gösterilmez ama değerleri genellikle bir aralık olarak verilir. Parametreler hakkındaki sınırlı bilgi, modellemede en zayıf noktalardan bir tanesidir.
5. **Evrensel Sabitler** : Örneğin gaz sabiti, atom ağırlığı gibi sabitler bir çok modelde kullanılır.

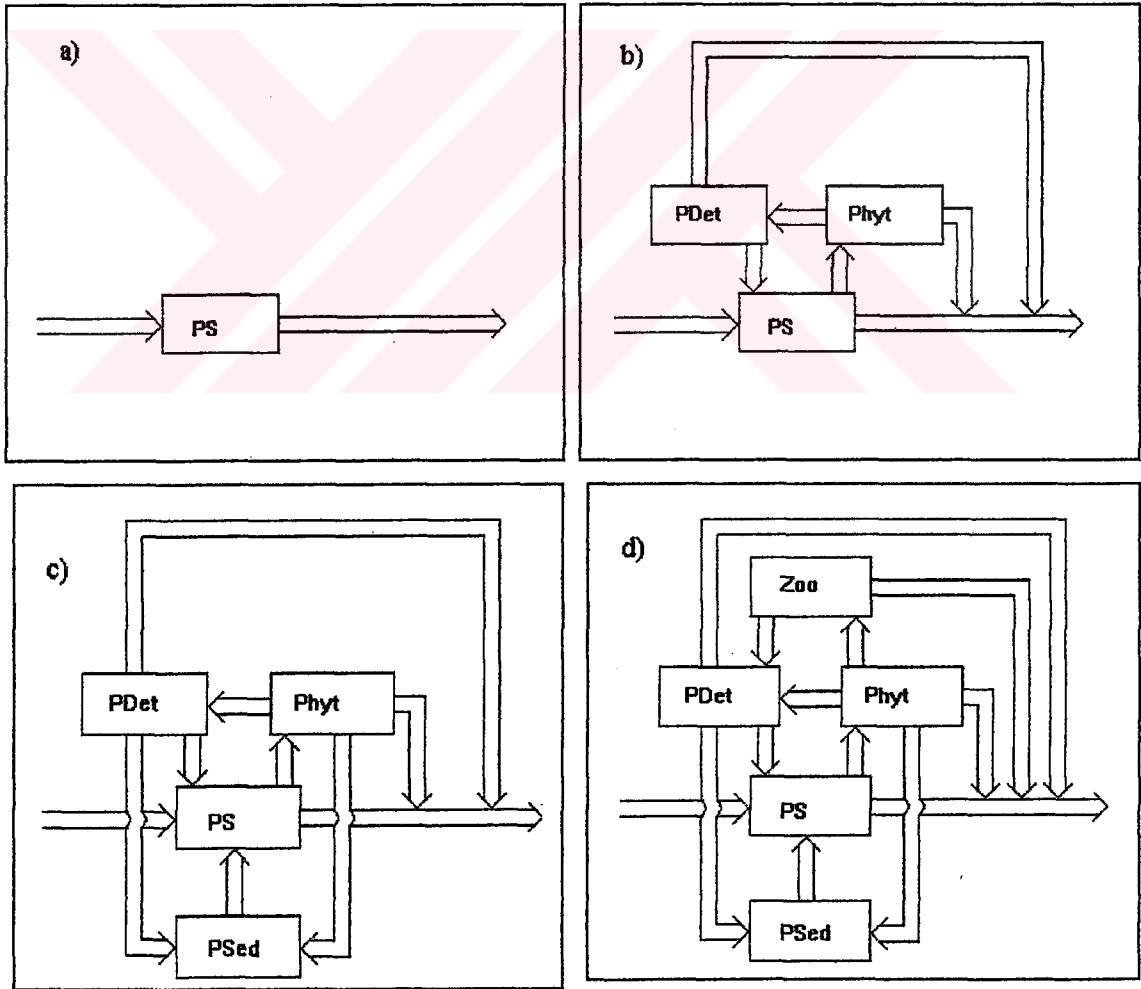
Yüzeysel suların kullanma imkanlarını tehdit eden parametrelerden biri olan fosfor bileşiklerinin kullanılmış sulardan uzaklaştırılması diğerlerine göre daha kolay, kontrolü daha etkili, ekonomik ve daha güvenilir bir yöntemdir. Hatta nitrojen gibi başka bir nütrient (nadiren) sınırlayıcı faktör olması durumunda uygun bir kontrolle fosfor etkin bir rol oynar (Karpuzcu,1982; Vollenwieder, 1982). Bunun için su kalitesi kontrolünde fosfor yükünün kontrolü ve fosfora ait yük değerleri önem kazanır (Vollenwieder,1982).

Bu nedenle Ömerli Gölü'nde STEPS olarak adlandırılan göl modelleme paket programı kullanılarak fosfor bileşiklerinin zamana göre değişimleri gösterilmekte ve analizi gerçekleştirilmektedir. Çalışmanın bu bölümünün geri kalan kısımları şu şekilde organize edilmiştir. Sırasıyla, 5.2. bölümde STEPS yazılım programının özellikleri ve kullanım şekli anlatılmıştır. 5.3. bölümde paket program içinden uygun model tipinin, parametrelerinin belirlenmesi ve simülasyon sonuçlarının gölden elde edilen bulgularla karşılaştırılması

gösterilmiştir. Son olarak 5.4. bölümde ise elde edilen bu sonuçlar tartışılmış ve sonraki çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

5.2 Göl Modelleme Yazılımı: STEPS

Ömerli Gölü'nün fosfor modellemesi için kullanılan Jørgen Salomonsen tarafından 1993 yılında geliştirilen ve STEPS olarak adlandırılan yazılım paket programı, bir göl ötrofikasyon modelinin formülasyonundaki bazı elementer teknikleri gösteren bir Windows uygulamasıdır. Paket program artan komplekslikle birbirini izleyen Şekil 5.1'de akış diyagramları gösterilen dört modelden oluşmaktadır. Daha büyük numaralı model daha düşük numaralı modellerin bütün özelliklerini içerir. Ayrıca bunun yanında modeli daha kompleks hale getirecek ekstra ifadeler koyar. Kullanıcı bu modellerden bir tanesini seçebilir, parametreleri değiştirebilir, daha sonra seçtiği modeli çalıştırır ve çıkış sonuçlarını tablo veya grafik olarak görebilir.



Şekil 5.1 Model tiplerinin akış diyagramları a) Model 1, b) Model 2, c) Model 3
d) Model 4

5.2.1 Matematiksel İfadeler

Göl modelleme yazılımının nasıl çalıştığının anlaşılabilmesi için aşağıda model tiplerinde kullanılan notasyonlar açıklanmıştır. Ayrıca bu model tiplerini tarifleyen cebirsel ve diferansiyel denklemlerden oluşan matematiksel modeller gösterilmiştir.

Çizelge 5.1 Model tiplerinde kullanılan parametreler

Durum Değişkenleri	Pdet	Detritus içindeki fosfor	[mg/l]
	Phyt	Fitoplankton	[mg/l]
	PS	Çözünmüş fosfor	[mg/l]
	Psed	Sedimentteki fosfor	[g/m ²]
	Zoo	Zooplankton	[mg/l]
İfadeler	LightLim	Işık eksikliğinden dolayı büyümede sınırlanma	
	Graz	Zooplanktonların beslenmesi	[mg/l/gün]
	Plim	Fosfor eksikliğinden dolayı büyüme sınırı	
Sabitler	Alpha	Suyun ışık soğurma katsayısı	[/m]
	Beta	Fitoplanktonun ışık soğurma (bulundurma) katsayısı	[/m]
	D	Göl derinliği	[m]
	Decomp	Detritus bozunma oranı	[/gün]
	GrazMax	Maksimum beslenme oranı	[/gün]
	GZK	Zooplankton beslenmesi için limit fitoplankton konsantrasyonu	[mg/l]
	kl	Fitoplanktonun fosfor / biyokütle oranı	
	KL	Monod ışık kullanım sabiti	[kcal/m ² /gün]
	KP	Monod fosfor kullanım sabiti	[mg/l]
	KPhyt	Monod beslenme sabiti	[mg/l]
	Light	Işık yoğunluğu	[kcal/m ² /gün]
	MortPhyt	Fitoplanktonun ölüm hızı	[/gün]
	MortZoo	Zooplanktonun ölüm hızı	[/gün]
	MyMax	Fitoplanktonun maksimum büyüme hızı	[/gün]
	PRel	Sedimentten gelen fosfor hızı	[/gün]
	PSi	Giriş suyundaki fosfor konsantrasyonu	[mg/l]
	Q	Hidrolik debi	[m ³ /gün]
	SedDet	Detritus sedimantasyon hızı	[m/gün]
	V	Göl hacmi	[m ³]
	Y	Zooplanktonun asimilasyon verimi	
	ZooK	Zooplanktonun taşıma kapasitesi	[mg/l]

1 nolu eşitlikle gösterilen birinci model basit bir seyreltme modelidir.

$$\frac{dPS}{dt} = (PSi - PS) \cdot \frac{Q}{V} \quad (1)$$

Model 2'de sırasıyla göldeki çözünmüş fosfor, fitoplankton ve detritustaki fosfor konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimlerini yansıtan 2 nolu eşitlikte ifade edilen üç farklı denklem vardır.

$$\begin{aligned}
\frac{dPS}{dt} &= (PS_i - PS) \cdot \frac{Q}{V} + \text{Decomp} \cdot \text{PDet} - \text{MyMax} \cdot \text{LightLim} \cdot \text{PLim} \cdot k_1 \cdot \text{Phyt} \\
\frac{d\text{Phyt}}{dt} &= ((\text{MyMax} \cdot \text{LightLim} \cdot \text{PLim}) - \text{MortPhyt} - \frac{Q}{V}) \cdot \text{Phyt} \\
\frac{d\text{PDet}}{dt} &= (\text{MortPhyt} \cdot k_1 \cdot \text{Phyt}) - (\text{Decomp} + \frac{Q}{V}) \cdot \text{PDet}
\end{aligned} \tag{2}$$

Model 3'de Model 2'ye ilave olarak sedimentteki fosfor konsantrasyonunun zamana bağılı değişimi vardır. (Denklem 3)

$$\begin{aligned}
\frac{dPS}{dt} &= (PS_i - PS) \cdot \frac{Q}{V} + \text{Decomp} \cdot \text{PDet} - \text{MyMax} \cdot \text{LightLim} \cdot \text{PLim} \cdot k_1 \cdot \text{Phyt} + \text{PRel} \cdot \frac{\text{PSed}}{D} \\
\frac{d\text{Phyt}}{dt} &= ((\text{MyMax} \cdot \text{LightLim} \cdot \text{PLim}) - \text{MortPhyt} - \frac{Q}{V} - \text{SedPhyt}) \cdot \text{Phyt} \\
\frac{d\text{PDet}}{dt} &= (\text{MortPhyt} \cdot k_1 \cdot \text{Phyt}) - (\text{Decomp} + \frac{Q}{V} + \text{SedDet}) \cdot \text{PDet} \\
\frac{d\text{PSed}}{dt} &= (\text{SedDet} \cdot \text{PDet} + \text{SedPhyt} \cdot \text{Phyt} \cdot k_1) \cdot D - \text{PRel} \cdot \text{PSed}
\end{aligned} \tag{3}$$

Model 4'de ise göldeki beş dinamik değişimi modelleyen beş farklı diferansiyel denklem vardır. Diğerlerinden farklı olarak Model 4'de zooplankton konsantrasyonunun zamana bağılı değişimi de dikkate alınır (Denklem 4).

$$\begin{aligned}
\frac{dPS}{dt} &= (PS_i - PS) \cdot \frac{Q}{V} + \text{Decomp} \cdot \text{PDet} - \text{MyMax} \cdot \text{LightLim} \cdot \text{PLim} \cdot k_1 \cdot \text{Phyt} + \text{PRel} \cdot \frac{\text{PSed}}{D} \\
\frac{d\text{Phyt}}{dt} &= ((\text{MyMax} \cdot \text{LightLim} \cdot \text{PLim}) - \text{MortPhyt} - \frac{Q}{V} - \text{SedPhyt}) \cdot \text{Phyt} - \text{Graz} \\
\frac{d\text{PDet}}{dt} &= (\text{MortPhyt} \cdot \text{Phyt} + \text{MortZoo} \cdot \text{Zoo}) \cdot k_1 - (\text{Decomp} + \frac{Q}{V} + \text{SedDet}) \cdot \text{PDet} + \text{Graz} \cdot (1 - Y) \cdot k_1 \\
\frac{d\text{PSed}}{dt} &= (\text{SedDet} \cdot \text{PDet} + \text{SedPhyt} \cdot \text{Phyt} \cdot k_1) \cdot D - \text{PRel} \cdot \text{PSed} \\
\frac{d\text{Zoo}}{dt} &= \text{Graz} \cdot Y - (\text{MortZoo} + \frac{Q}{V}) \cdot \text{Zoo}
\end{aligned} \tag{4}$$

Model tiplerinin diferansiyel denklemlerle gösterilen matematiksel ifadelerindeki bazı terimler aşağıda tanımlanmıştır.

Işık Sınırlaması (Light Limitation) :

Diğer bütün fiziksel, kimyasal ve biyolojik şartlar hazır olsa bile ilk üretimin gerçekleşebilmesi için mutlaka ışığa ihtiyaç vardır. Çünkü ilk üretimin temel mekanizması fotosentezdir ve fotosentez ancak ışığın bulunduğu ortamda gerçekleşebilir. Güneş ışığının sürekliliği ve yoğunluğu, havanın bulutlu veya karlı oluşu gibi diğer iklimsel faktörlerle birlikte normal mevsimsel değişimlere de bağlıdır (Kınacı, 2002). Çizelge 5.2’de çeşitli su ortamlarına ait bazı özellikler verilmiştir. Çizelgeden de görülebileceği gibi ışık sönüm katsayısı ile seki diski derinliği ters orantılıdır. 2002-2003 yılları arasında yapılan aylık ölçüm sonuçlarına göre Ömerli gölü ortalama seki diski derinliği 1,9 m’dir. Modeldeki ışık sönüm katsayısı olan 0,25 /m değeri aynen kabul edilmiştir.

Çizelge 5.2 Çeşitli su ortamlarına ait bazı özellikler (Kınacı, 2002)

Su Ortamı	Sönüm Katsayısı (/m)	Seki Diski Derinliği (m)
Saf su	0,039	44
Hazar denizi	0,041	41
Kıyı suları	-	5-10
İç göller	-	5-10

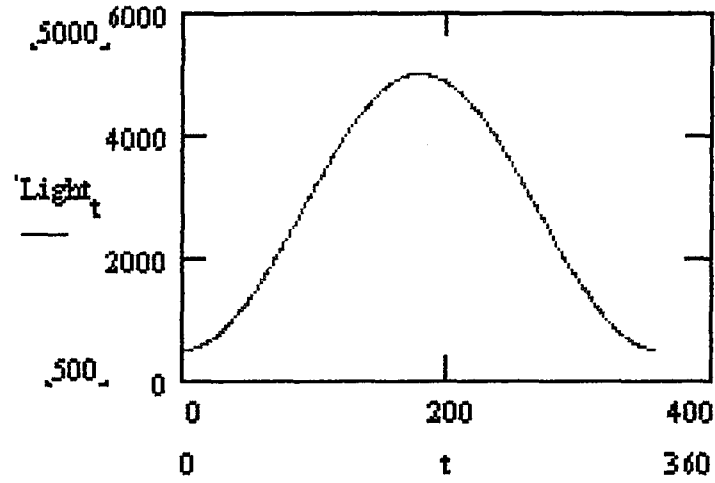
Bir yıllık ışınlım aşağıdaki denklemle ifade edilmiştir. (Bir yılın 360 gün olduğu varsayımı yapılmıştır)

$$Light = LightMin + \frac{1 + \left(\sin \left(\left(2 \cdot \frac{t}{360} - 0.5 \right) \cdot \pi \right) \right)}{2} \cdot LightMax \quad (5)$$

LightMin : minimum (kış) ışık yoğunluğu (500)

LightMax : maksimum (yaz) ışık yoğunluğu (4500)

t : gün



Şekil 5.2 Işık fonksiyonun değişimi

Fitoplanktonun büyümesindeki ışık sınırlaması ifadesi, nütrient çoğalmasının sınırlamasındaki Michaelis-Menten ifadesi ile benzerdir. Bununla birlikte, su kolonunda ışık soğrulması nedeniyle, ifade derinlik için integre edilmelidir. Bu analitik olarak aşağıdaki 6 no'lu denklemi verir.

$$\text{LightLim} = \frac{\ln\left(\frac{\text{Light} + \text{KL}}{\text{Light} \cdot \exp(-(\text{Alpha} + \text{Beta} \cdot \text{Phyt}) \cdot D) + \text{KL}}\right)}{(\text{Alpha} + \text{Beta} \cdot \text{Phyt}) \cdot D} \quad (6)$$

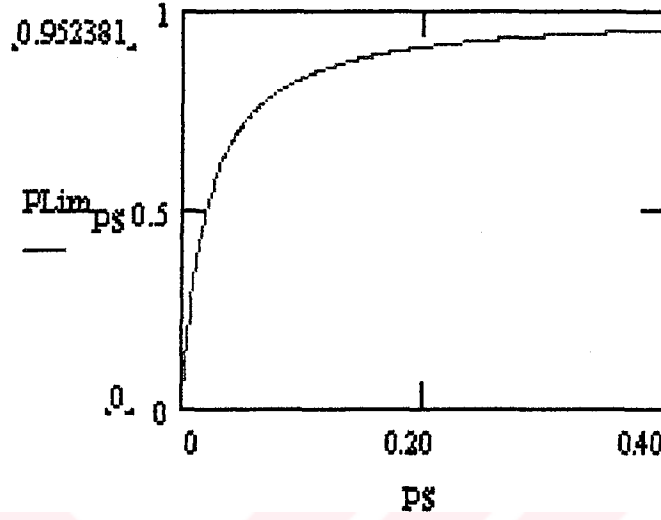
Şekil 2'de LightLim 'in zamana bağlı değişiminde $\alpha=0.27$, $\beta=0.18$, $\text{KL}=400$, $\text{Phyt}=10$, $D=2$ olarak alınmıştır.

Nutrient Sınırlaması (Nutrient Limitation)

Fitoplankton nutrient sınırlaması, P_{Lim} Michaelis-Menten ifadesi ile 7 no'lu formülle gösterilmiştir ;

$$P_{\text{Lim}} = \frac{PS}{PS + KP} \quad (7)$$

Burada, PS çözünmüş nütrient, KP yarı doygunluk sabitidir (PLim fonksiyonunun 0.5 olduğu durumda PS konsantrasyonuna denktir).



Şekil 5.3 P_{lim} 'in PS'ye göre değişimi ($KP = 0.2$)

Beslenme (Grazing):

Zooplanktonun beslenmesi aşağıdaki 8 no'lu eşitlikle formüle edilmiştir.

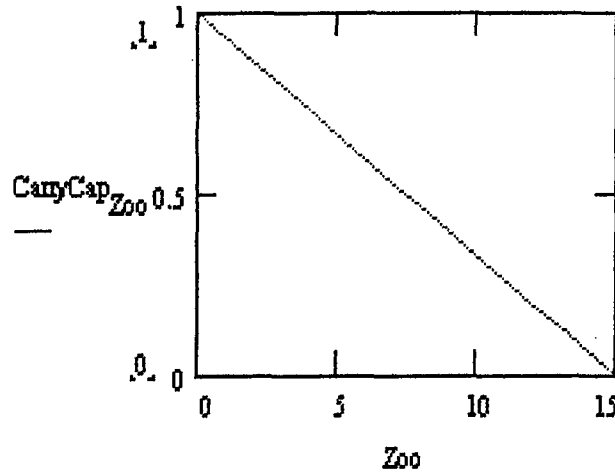
$$Graz = GrazMax \cdot \frac{Phyt - GZK}{Phyt + KPhyt} \cdot \frac{ZooK - Zoo}{ZooK} \cdot Zoo \quad \text{if } (Phyt - GZK) \geq 0$$

(8)

$$Graz = 0$$

$$\text{if}(Phyt - GZK) < 0$$

Bu ifadenin ilk kısmı zooplanktonun bir popülasyon olarak bulanamayacağı durumlarda minimum filoplankton sayısını tanımlayan GZK haricinde fitoplanktonların nütrient büyüme sınırı için Michaelis-Menten'e benzer bir ifadedir. İfadenin son kısmı, sistemin taşıma kapasitesini ifade eder.



Şekil 5.4 Taşıma kapasitesi fonksiyonunu ($ZooK = 15$)

5.3 Modelin Çalıştırılması

TUBİTAK, YDBE 'de Ömerli Gölü'yle ilgili yapılan projeyle paralel yürütülen bu çalışmada, gölde ölçülen veriler doğrultusunda Model 2'nin en uygun model tipi olduğu kararlaştırılmıştır. Çünkü Model 2'de kullanılan önemli parametrelerin çoğu mevcut olup Model 3 ve Model 4'de istenen diğer parametre değerleri ölçülmediği için diğer modellerin çalıştırılması mümkün olmamıştır.

Model 2'de çözülmüş fosfor konsantrasyonu (orto-fosfat), fitoplankton konsantrasyonu (klorofil-a) ve detritustaki fosfor konsantrasyonunun (partikül fosfor) zamana bağlı değişimi analiz edilmektedir. Pratik uygulamalarda fitoplankton biyokütlesi için, klorofil standart parametre olarak seçilir. Fitoplankton biyokütlesinin bir ölçüsü olan klorofil-a, ortamdaki fosfor konsantrasyonu ile orantılıdır (Carpenter, vd., 1999).

Modelin çalıştırılması için göl yüzeyinde meydana gelen buharlaşmanın senelik yağışlarla dengelendiği, yer altı suyu ile önemli bir girişin olmadığı kabulleri yapılarak; sadece göle giren derelerin mevsimlik debileri göz önüne alınmış ve gölün tam karışım olduğu kabulleri yapılmıştır. Sabitleri seçmede model tahminlerinin duyarlılıklarını değerlendirmek için birçok alternatif değerler kullanılmıştır. Duyarlılık analizleri bir parametrenin değişik değerleri kullanırken diğerlerini sabit tutarak yapılmıştır. (Modelin farklı alternatiflerde çalıştırılması durumu Ek 4'de verilmiştir.)

Modelde kullanılan parametreler, kabuller ve sabitlerin değerleri aşağıda belirtilmiştir

(Çizelge 5.3). Bu şekilde çalıştırılan modelden elde edilen sonuçlar, gölden elde edilen bulgularla karşılaştırılmış ve Şekil 5.5, 5.7, 5.8’de gösterilmiştir. Ayrıca bu şekillerde modelin ortalama derinlik (17 m) için ve maksimum derinlik (45 m) için çalıştırılması durumundaki farklılıklar görülmektedir. Model fitoplanktonu açıklamada yetersizdir, ancak Şekil 5.5, 5.7, 5.8’de görüldüğü gibi derinlik arttıkça modelin verdiği sonuçlar ölçüm sonuçlarına daha çok yaklaşmaktadır. Göl derinliği azaldıkça karışım oranı yükselir, dolayısıyla klorofil-a konsantrasyonu artmaktadır (Meeuwing, vd., 1996). Bu nedenle modeli çalıştırırken derinliği arttırdığımızda fitoplankton konsantrasyonun değişimi daha düşük konsantrasyonlarda olmaktadır. Ekim ayı için modelin çalıştırıldığı durum, Şekil Ek 4.1’de ve derinlik değiştirilerek Ekim ayı ile çalıştırıldığı durum Şekil Ek 4.2’de verilmiştir;

Ekim ayı için ağırlıklı ortalama orto fosfat giriş konsantrasyonu;

Toplam giriş debisi = 16005+31355+1905+1500+60000 = 110765 m³/gün

$$C = \frac{(Q_1 \times C_1) + (Q_2 \times C_2) + (Q_3 \times C_3) + (Q_4 \times C_4) + (Q_5 \times C_5)}{\sum Q}$$

$$\rightarrow \frac{(16005 \times 0,026) + (31355 \times 0,021) + (1905 \times 0,025) + (1500 \times 0,028) + (60000 \times 2,24)}{110765}$$

PSi = 1,22 mg/l olarak bulunmuştur.

Göl alanı; 23 100 000 m² ve ortalama göl derinliği; 17 m’dir. Modelin çalıştırıldığı Ekim ayı göl çözülmüş fosfor konsantrasyonu;

PS = 0,105 mg/l’dir.

Orto fosfat olarak da adlandırılan çözülmüş fosfor konsantrasyonu, sudaki fitoplanktonların kullandıkları formdadır (Chapra, 1992), bu çalışmada çözülmüş fosfor konsantrasyonu olarak orto fosfat konsantrasyonu kabul edilmiştir.

Ötrofikasyon, besi elementlerine bağlı bir hadise olduğuna göre, su kitlelerini beslenme seviyelerine göre sınıflandırmak faydalı olur. Her şeyden önce suda mevcut fitoplankton miktarını uygun bir birimle ifade etmek gerekir. Bu bakımdan üç kriter kullanılır: (Muslu, 2001).

1. Mililitredeki hücre sayısı, sayı/ml olarak ilk akla gelen birim ise de bunun için uzman personele ihtiyaç vardır. Ayrıca sayıdan kütleye geçmek de kolay değildir. Çünkü hücre büyüklüğü türlere göre değişmektedir.

2. Türlerin hücrelerinin işgal ettiği hacimleri bulup sonucu $\mu\text{m}^3/\mu\text{lt}$ gibi bir birimle ifade etmektir. Kuru ağırlık olarak biyokütleye dönüşüm için uygun bir birim olmasına rağmen çok fazla analitik ölçme ve data indirgeme işlemini gerektirir.
3. Laboratuvar personeli vasıtasıyla, klorofil-a konsantrasyonunu, $\mu\text{g}/\text{lt}$ gibi bir birimle ifade ederek fitoplankton miktarını bulmak mümkündür. Fakat klorofil, tür seviyesinde bir bilgi vermez.

Bu sayılan metotlar arasında 3. yöntem kolay bir yöntem olduğundan ötrofikasyon çalışmalarında en çok kullanılan metottur (Muslu, 2001). Klorofil-a fitoplankton biyokütlesinin bir göstergesidir (Chapra, 1992), yapılan bu modelleme çalışmasında fitoplanktonun %1'nin klorofil-a olduğu kabulü yapılmıştır (Standart Methods). 1995'de Philips ve çalışma arkadaşları yaptıkları çalışmada, Klorofil-a/fitoplankton oranını 1:100 olarak kabul etmiş, 1988'de Ahlgren ve çalışma arkadaşları bu oranın %0,5-2 arasında değişebileceğini belirtmiştir.(Ahlgren, vd., 1988; Philips, vd., 1995)

Çizelge 5.3 Modelde kullanılan parametrelerin değerleri

Zaman Parametreleri	Simülasyon Süresi	167 gün
	İntegrasyon Adımı	0.1 gün
Fiziksel Parametreler	Göl Alanı (A)	23 100 000 m ²
	Göl Derinliği (D)	17 m
	Hidrolik Giriş Debisi (Q)	110 765 m ³ /gün
	Giriş Konsantrasyonu (PSi)	1,22 mg/l
	Başlangıç Göl Konsantrasyonu (PS)	0.105 mg/l
	Min (Kış) Işık Yoğunluğu (Light Min)	500 k.cal/m ² /gün
	Max (Yaz) Işık Yoğunluğu (Light Max)	4500 k.cal/m ² /gün
	Suyun Işık Geçirme Katsayısı (alpha)	0.25 /m
Fitoplankton Parametreleri	Başlangıç Fitoplankton Konsantrasyonu (Phyt)	0.6 mg/l
	Max Büyüme Oranı (myMax)	1.5 /gün
	P-bulundurma(uptake) Michaelis-Menten Sabiti (KP)	0.2 mg/l
	Işık İçin Michaelis-Menten Sabiti (KL)	400 kcal/m ² /gün
	Ölüm Oranı (MortPhyt)	0.05 /gün
	Spesifik Işık Bulundurma Katsayısı (beta)	0.18 k.cal/m ² /gün
Detritus Parametreleri	Başlangıç Detritus Konsantrasyonu (Pdet)	0.03 mg/l
	Bozunma Oranı (Decomp)	0.1 /gün

Klorofil eşdeğeri olarak fitoplankton Ekim ayı göl konsantrasyonun,

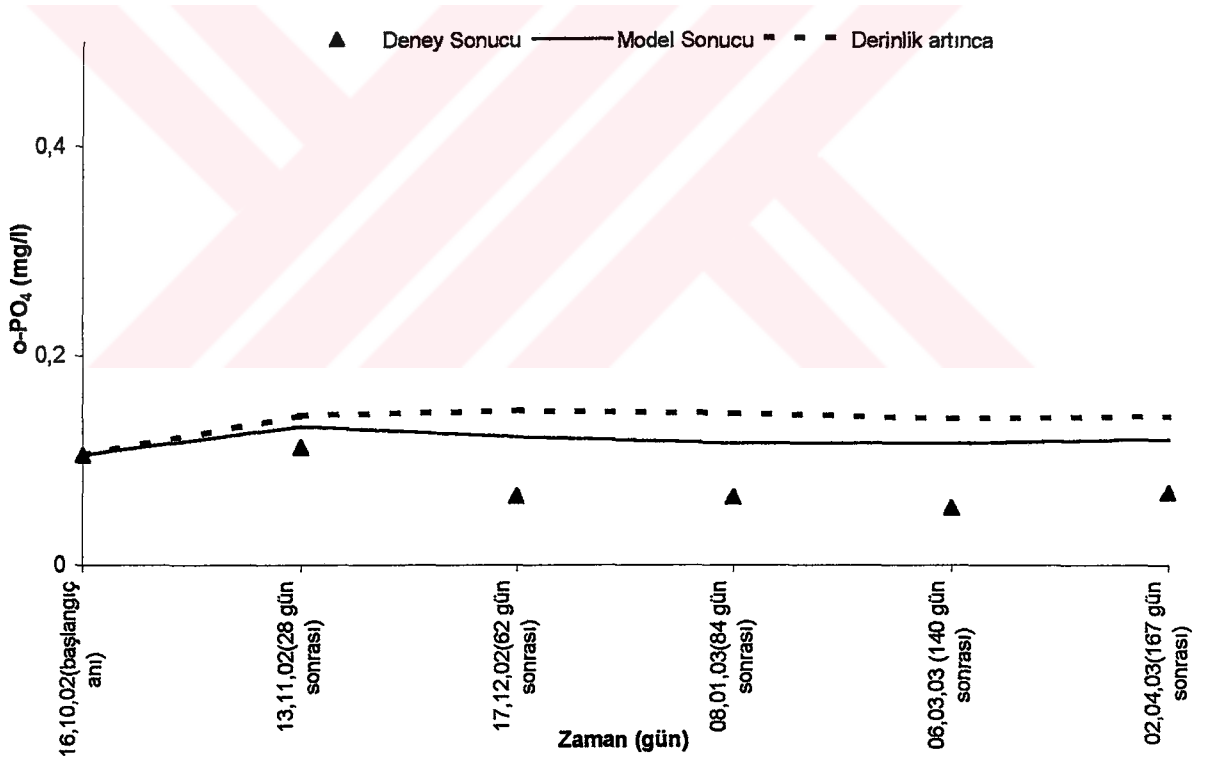
Phyt; $100 \times 0,006 = 0,6 \text{ mg/l}$ olduğu hesabı yapılmıştır.

Fitoplanktonun büyüme oranı, sıcaklık, nütrient ve ışık gibi çevresel faktörlere bağlı olarak değişim gösterir (Chapra, 1992). Fitoplanktonun maksimum büyüme oranı olarak modelin verdiği 1,5/gün değeri aynen alınmıştır, Keban baraj havzasında Soyupak ve çalışma arkadaşlarının 1997’de yaptıkları bir modelleme çalışmasında bu değer, 1,3/gün olarak kabul edilmiştir, Türkiye’nin fiziksel şartlarında yapılan bu çalışma göstermiştir ki, maksimum büyüme oranı makul bir değer olarak kabul edilebilir (Soyupak vd, 1997).

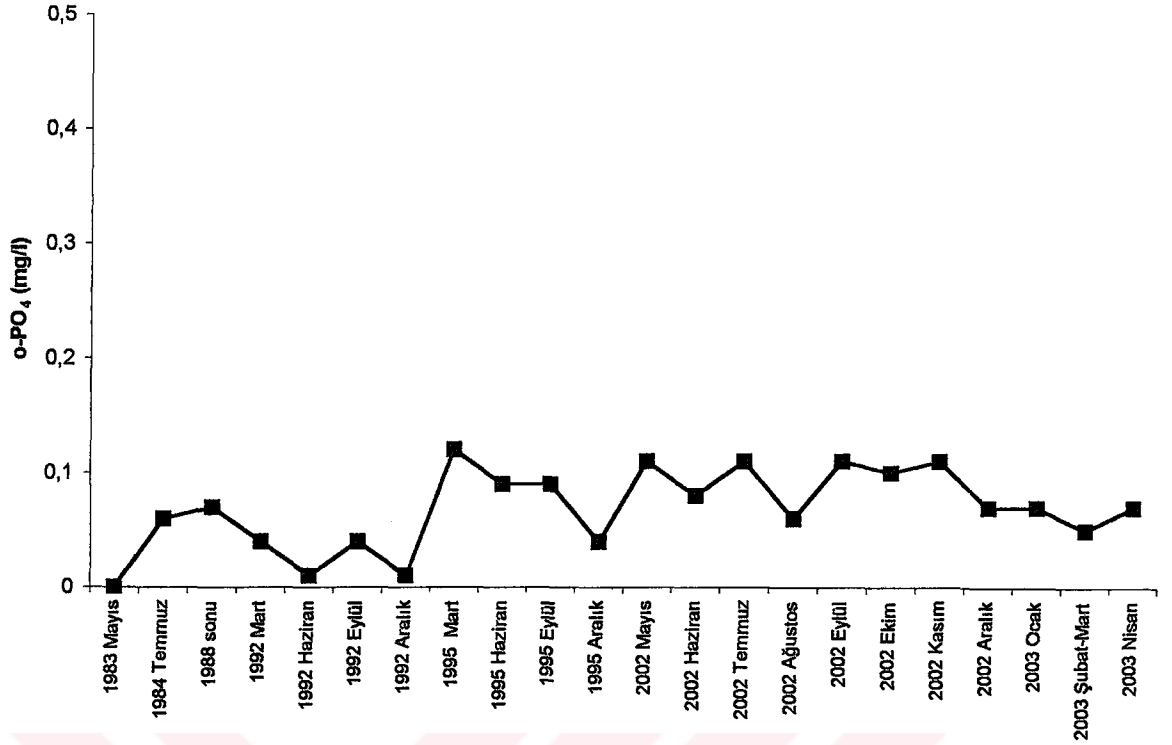
Max Büyüme Oranı (myMax) = 1.5 /gün

Ekim ayındaki göl detritus konsantrasyonu;

Pdet = 0,03 mg/l’dir,

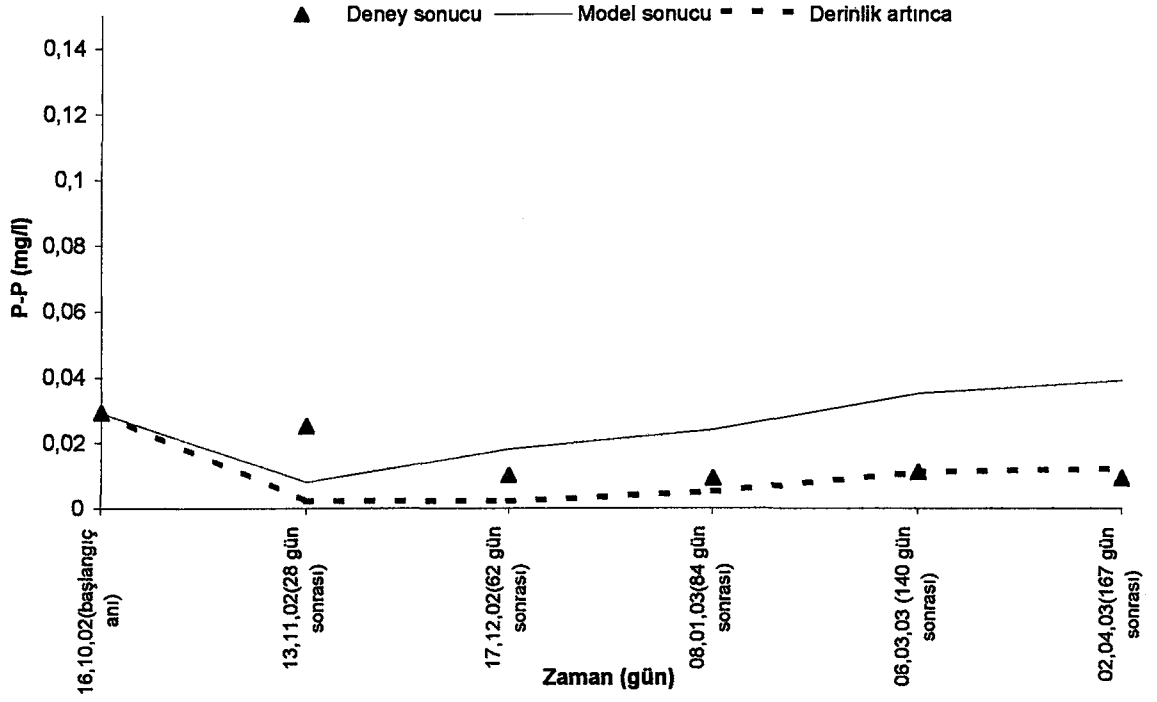


Şekil 5.5 Ekim ayı değerlerine göre çözünmüş fosfor konsantrasyonunun değişimi

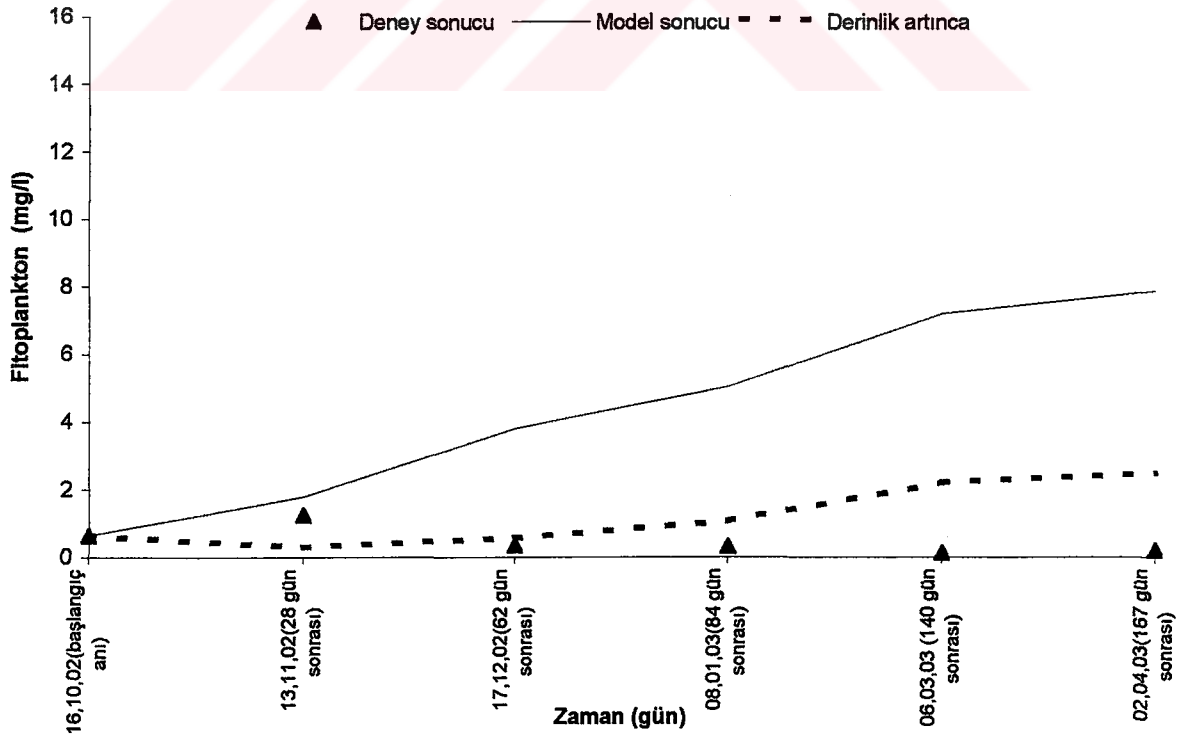


Şekil 5.6 Ömerli Gölünde orto fosfatın 1983-2003 yılları arasındaki değişimi

Şekil 5.6'da Ömerli Gölünün 1983-2003 yılları arasındaki o-PO₄ değişimi görülmektedir. 1983-1988 değerleri DSİ'den, 1992-1995 değerleri Özdemir, (1997)'den, 2002-2003 yılları arasındaki değerleri ise TUBİTAK MAM Ömerli Baraj Gölündeki Toksik Fitoplankton Türlerinin Tespiti ve Su Kalitesinin İyileştirilmesine Yönelik Çözüm Önerilerinin Belirlenmesi (Sonuç Raporu)'dan alınmıştır. Bu şekle göre son 20 yıl içinde orto-fosfat konsantrasyonunun çok fazla bir değişim göstermediği görülmektedir.



Şekil 5.7 Ekim ayı değerlerine göre detritustaki fosfor konsantrasyonunun değişimi



Şekil 5.8 Ekim ayı değerlerine göre fitoplankton konsantrasyonunun değişimi

Modeli Şubat ayı için çalıştırılması durumundaki değişimler Şekil 5.9, Şekil 5.10, Şekil 5.11’de verilmiştir, Şubat ayı için modelin çalıştırıldığı durum, Şekil Ek 4.3’de verilmiştir;

Şubat ayı için ağırlıklı ortalama orto fosfat giriş konsantrasyonu;

Toplam giriş debisi = 309710+1026432+90944+154310+60000 = 1641396 m³/gün

$$C = \frac{(Q_1 \times C_1) + (Q_2 \times C_2) + (Q_3 \times C_3) + (Q_4 \times C_4) + (Q_5 \times C_5)}{\sum Q}$$

$$\rightarrow \frac{(309710 \times 0,1) + (1026432 \times 0,2) + (90944 \times 0) + (154310 \times 0) + (60000 \times 1,4)}{1641396}$$

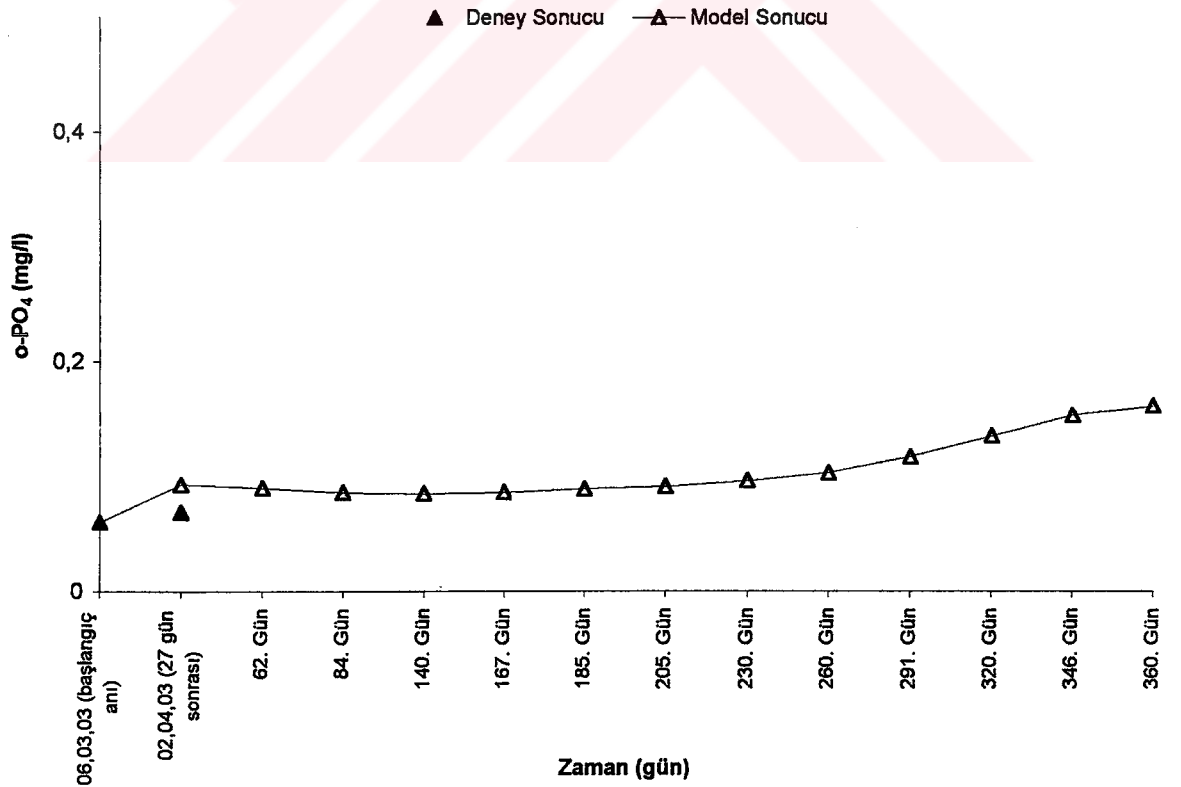
PSi = 0,2 mg/l olarak bulunmuştur.

Şubat ayı göl konsantrasyonları;

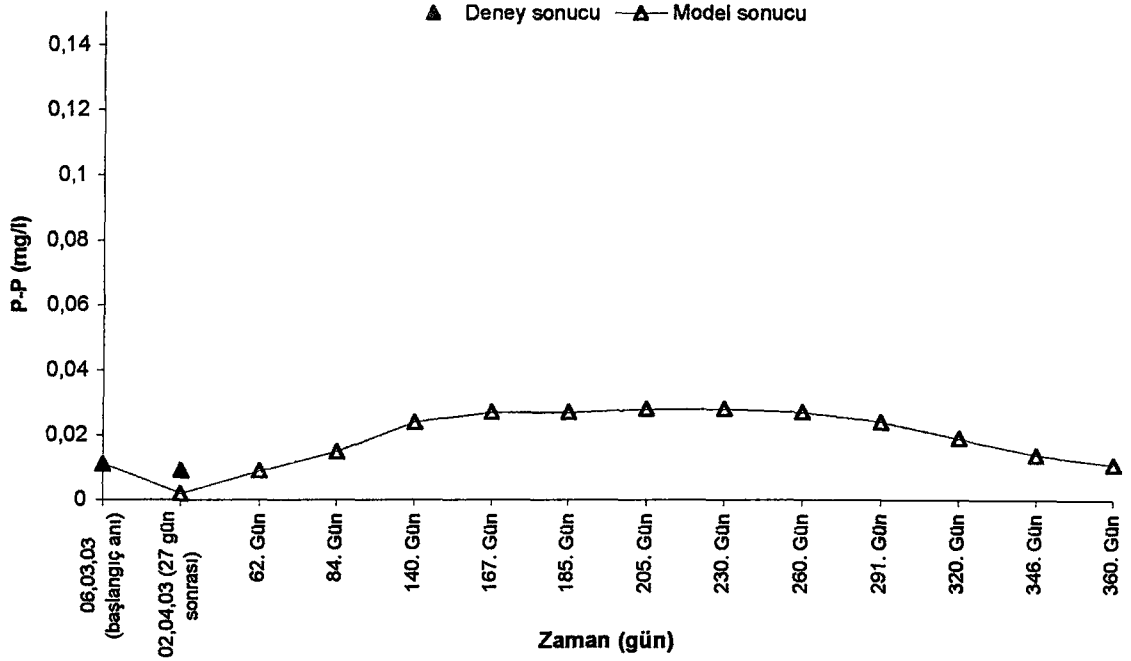
PS = 0,06 mg/l

Phyt = 0,11 mg/l, Pdet = 0,011 mg/l

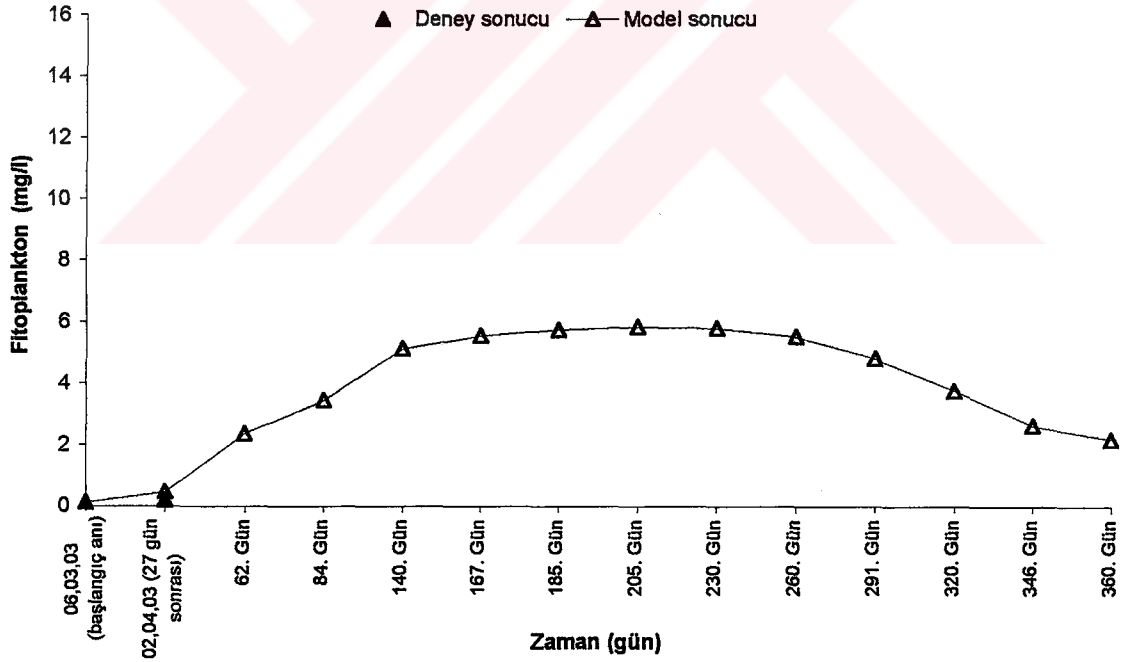
Şubat ayını başlangıç zamanı olarak modeli bir sene için çalıştıracak olursak;



Şekil 5.9 Şubat ayı değerlerine göre çözünmüş fosfor konsantrasyonunun değişimi



Şekil 5.10 Şubat ayı değerlerine göre detritustaki fosfor konsantrasyonunun değişimi



Şekil 5.11 Şubat ayı değerlerine göre fitoplankton konsantrasyonunun değişimi

Modeli Nisan ayı için çalıştırılması durumundaki bir yıllık değişimler Şekil 5.12, Şekil 5.14, Şekil 5.16'da verilmiştir, Nisan ayı verileri ile modelin 10 yıllık çalıştırılması durumundaki değişimler, Şekil 5.13, Şekil 5.15, Şekil 5.17'de verilmiştir. Nisan ayı için modelin bir senelik

çalıştırıldığı durum, Şekil Ek 4.4'de, on senelik çalıştırıldığı durum Şekil Ek 4.5'de verilmiştir;

Nisan ayı için ağırlıklı ortalama orto fosfat giriş konsantrasyonu;

Toplam giriş debisi = $35856 + 194400 + 55987 + 75168 + 80000 = 441411 \text{ m}^3/\text{gün}$

$$C = \frac{(Q_1 \times C_1) + (Q_2 \times C_2) + (Q_3 \times C_3) + (Q_4 \times C_4) + (Q_5 \times C_5)}{\sum Q}$$

$$\rightarrow \frac{(35856 \times 0,023) + (194400 \times 0,026) + (55987 \times 0,04) + (75168 \times 0,078) + (80000 \times 1,54)}{441411}$$

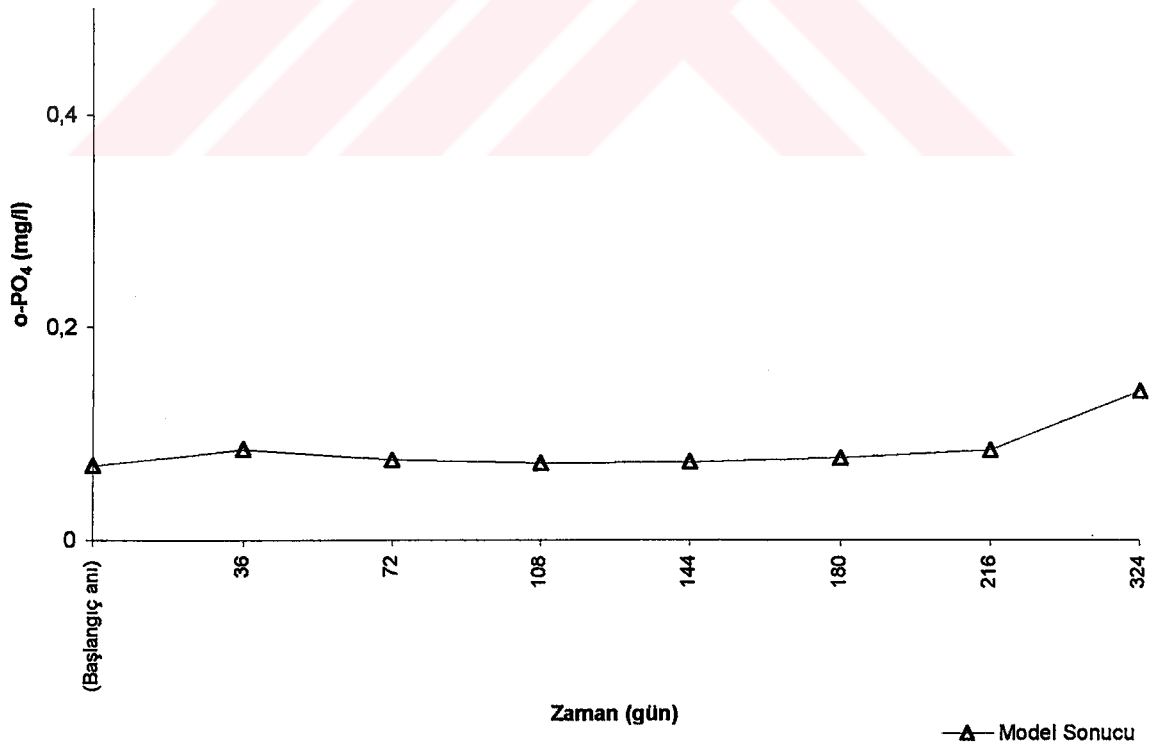
PSi = 0,31 mg/l olarak bulunmuştur.

Nisan ayı göl konsantrasyonları;

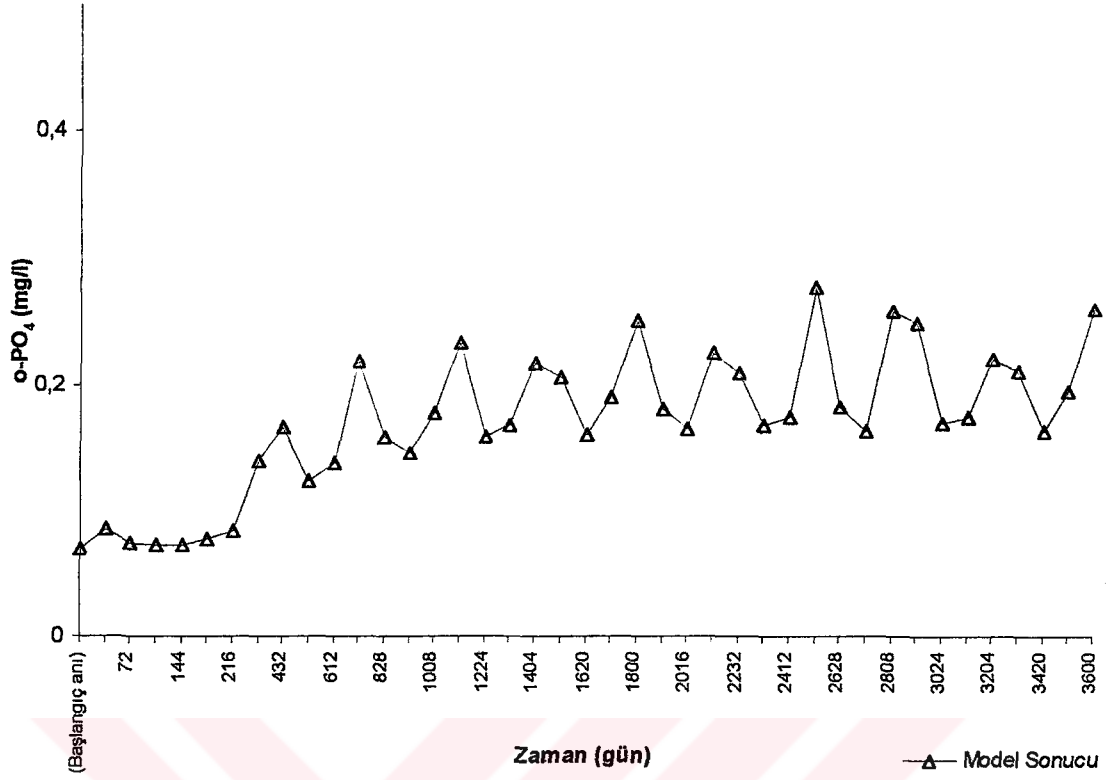
PS = 0,07

Phyt = 0,19 mg/l, Pdet = 0,009 mg/l

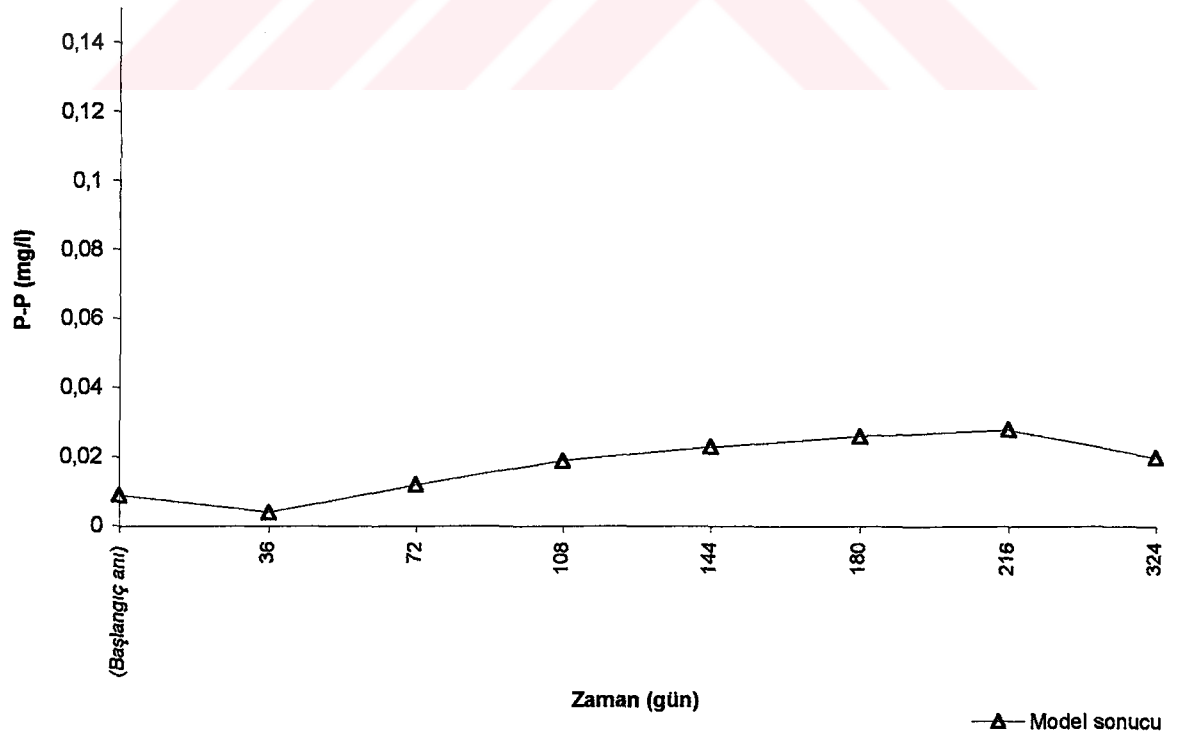
Nisan ayını başlangıç zamanı olarak modeli bir sene için çalıştıracak olursak;



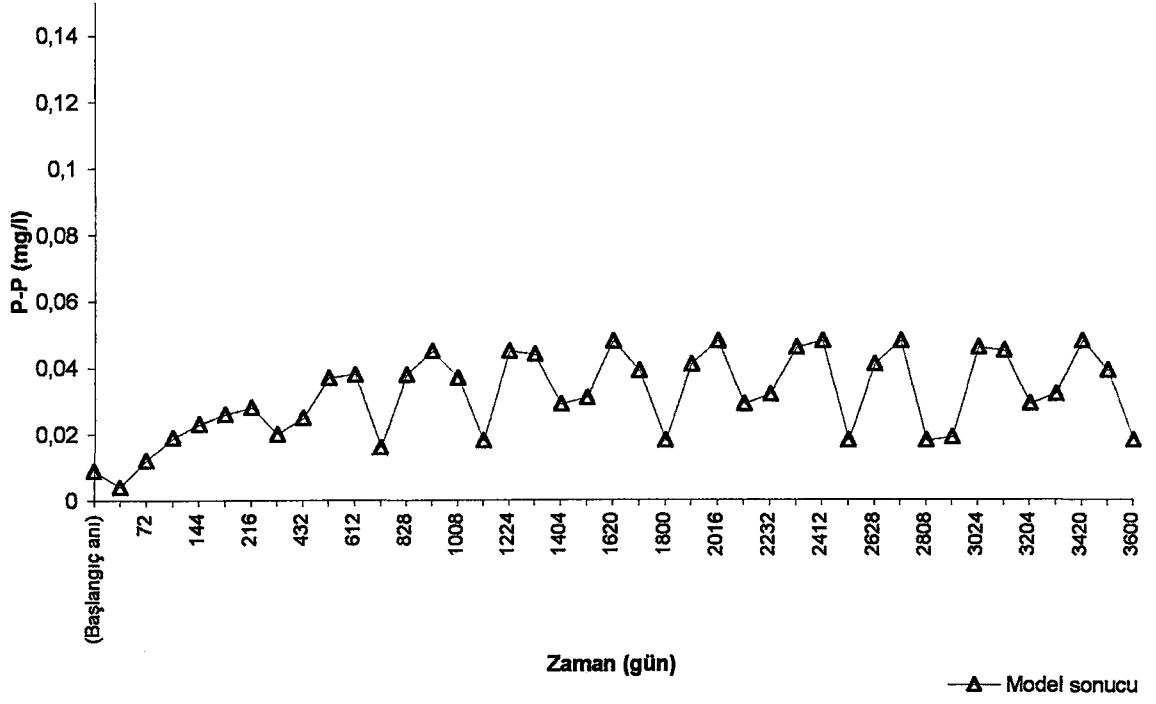
Şekil 5.12 Nisan ayı değerlerine göre çözünmüş fosfor konsantrasyonunun 1 yıllık değişimi



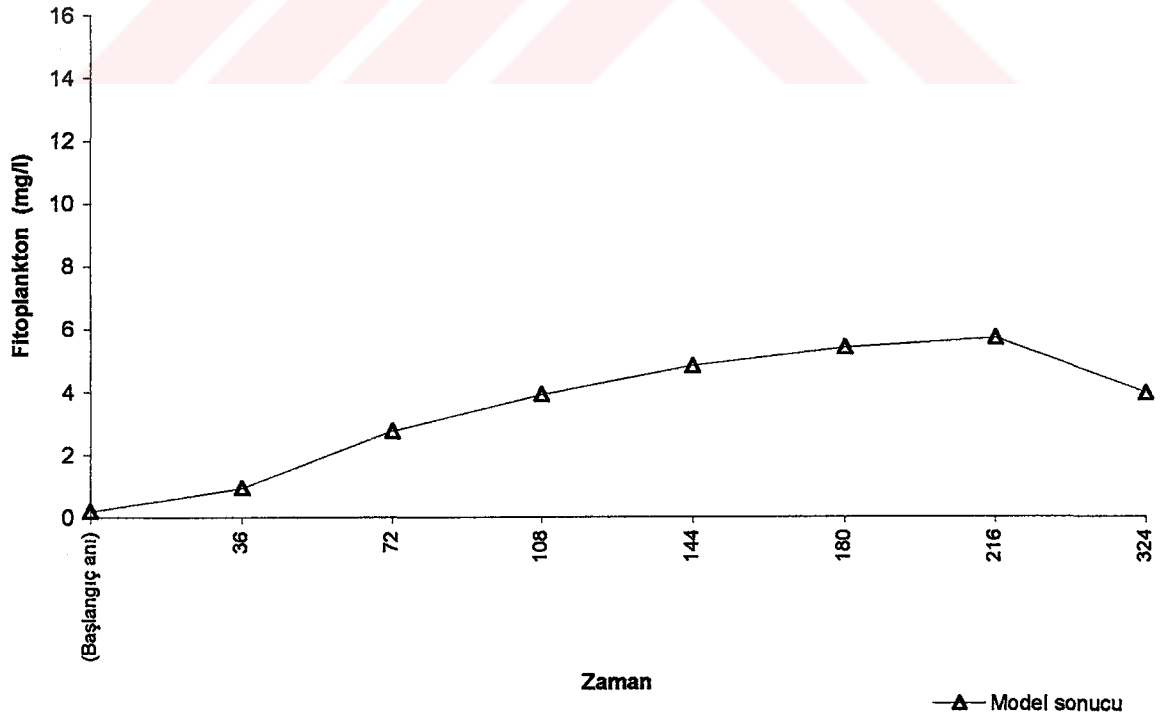
Şekil 5.13 Nisan ayı değerlerine göre çözülmüş fosfor konsantrasyonunun 10 yıllık değişimi



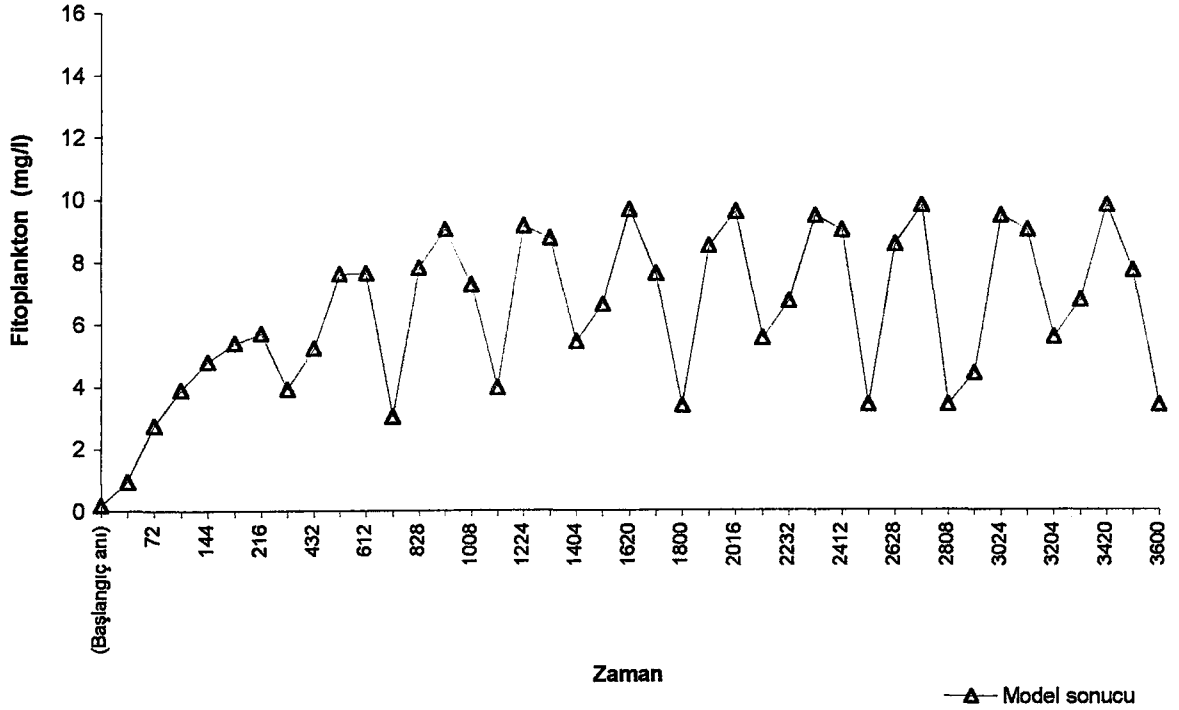
Şekil 5.14 Nisan ayı değerlerine göre detritustaki fosfor konsantrasyonunun 1 yıllık değişimi



Şekil 5.15 Nisan ayı değerlerine göre detritustaki fosfor konsantrasyonunun 10 yıllık değişimi



Şekil 5.16 Nisan ayı değerlerine göre fitoplankton konsantrasyonunun 1 yıllık değişimi



Şekil 5.17 Nisan ayı değerlerine göre fitoplankton konsantrasyonunun 10 yıllık değişimi

5.4 Sonuçlar ve Tartışma

Göl bilimcilerin (limnolojistlerin) büyük bir kısmı, yüzeysel sulardaki birinci kademe üretimi kontrol altında tutan kilit elemanın fosfor olduğunu kabul etmişlerdir. Bu nedenle bu çalışmada Ömerli Gölü için fosfor modellemesi uygulanmıştır.

Şekil 5.6 ve 5.8’de çözülmüş fosfor ve detritustaki fosfor konsantrasyonlarının üç aylık değişimleri gölden elde edilen bulgularla uyum içerisinde oldukları görülmektedir. Ancak, Şekil 5.9’da gösterilmiş olan fitoplankton konsantrasyonunun zamana bağlı değişiminin gölden alınan bulgularla çok yakın sonuçlar vermediği görülmektedir. Bunun başlıca sebepleri fitoplankton ölçümü mg/l biriminde ölçülmemiş olup klorofil konsantrasyonuna eşdeğer kabul edilmiş olmasıdır. Ayrıca modelde kullanılan ve fitoplankton konsantrasyon değişimini önemli derecede etkileyen ışık şiddeti ile ilgili parametreler mevcut olmayıp modeldeki veriler esas alınmıştır. Bunlar da gerçek değerlerden uzaklaşmasına neden olmaktadır. Bu model tipi için ilgili verilerin sağlanmasıyla fitoplankton değişimi daha kabul edilebilir değerlere ulaşabilecektir. Şekil 5.10, 5.11, 5.12, 5.13, 5.14, 5.15, 5.16 ve 5.17’de modelin farklı giriş parametreleri ile farklı zamanlarda çalıştırılması durumundaki değişimler verilmiştir.

Göllerde yaygın olarak kullanılan modeller çeşitli birçok karmaşık veri grubundan geliştirilmiştir. Göllerin farklı bölgelerde olması ve farklı özellikler göstermesi durumunda da aynı korelasyonlar kullanılır. Bu nedenle gölün özelliklerine ve bölgesine bağlı olarak modelin çalıştırılması sonucunda hataların olması kaçınılmazdır. Bu dikkate alınarak gölün bulunduğu bölgeye ve üzerinde çalışılan gölün özelliklerine bağlı spesifik özellikler belirlenmelidir (Chapra, 1992). Ömerli Gölü için yapılan modelleme çalışmasında eğer diğer model tipleri için de gerekli veriler sağlanırsa gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edilebilir. Böylelikle, simülasyon süresi 10 yıla kadar çıkartılabilen bu modelle, Ömerli baraj gölünün gelecekteki ötrofikasyona etkiyen değişimlerin gerçeğe yakın tahminlerle gösterilmesi sağlanacaktır. Bu da göl ile ilgili yönetim planlamasına yön veren önemli bir etken olarak rol almasını sağlayacaktır.



6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İstanbul'un en önemli su rezervuarlarından biri olan Ömerli Rezervuarı plansız şehirleşme, hızlı nüfus artışı ve yetersiz altyapı nedenlerinden dolayı ötrofikasyon tehdidi altındadır. Temel yaklaşım daha ileri kötüleşmeden rezervuarı korumak ve geliştirilen mantıklı bir yönetim stratejisine ve planlamaya dayanarak sürdürülebilir bir uzun dönem su sağlama yönetimi olmalıdır. Bu şekildeki yönetim stratejini ve planlamayı oluşturma, rezervuardaki ötrofikasyon gelişimini önceden gösteren modeller ile daha kolay ve gerçekçi olacaktır.

Bu çalışmada, Ömerli Rezervuarı'nın su kalitesini etkileyen ötrofikasyon parametrelerinden fosfor bileşiklerinin model uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Model uygulamasını gerçekleştirebilmek için Ömerli Rezervuarında, Mayıs 2002 ile Nisan 2003 tarihleri arasında her ay belirlenen 6 istasyonda ve farklı derinliklerde alınan numunelerdeki analizler ve mevsimlik değişimleri temsil edecek şekilde alınan, gölü besleyen dere numunelerinde yapılan analizler kullanılmıştır. Rezervuarın bu süreçteki dinamik karakteristiğini belirlemek için ölçüm sonuçları farklı kriterlere göre değerlendirilmiştir.

Modelde kullanılan sabit parametreler ve başlangıç şartları rezervuar ölçüm sonuçlarına göre belirlenmiştir. Fakat ölçüm sonuçlarına göre belirlenemeyen bazı parametreler rezervuarın özelliklerini açıklayan literatür bilgilerine göre seçilmiştir. Yapılan simulasyon çalışmalarıyla bu parametreler kalibre edilmiştir.

Sonuç olarak modelde kullanılan parametrelerin gerçek değerleri Ömerli gölü için tam olarak bilinmemesi, bazı eksiklikleri de beraberinde getirmiştir. Bu nedenle ölçüm sonuçları ve model sonuçları arasında bazı uyumsuzlukların olması kaçınılmazdır. Çözünmüş fosfor ve detritustaki fosfor değişiminin modellenmesinde uyumlu bir eğim ve gidişat gösterdiği söylenebilir. Ancak fitoplankton konsantrasyonunu açıklamada açık bir şekilde uyumsuzluk görülmüştür, bu nedenle model fitoplanktonu açıklamada yetersizdir sonucuna varılabilir.

İçme suyu amaçlı kullanılan bu nedenle hayati önem taşıyan Ömerli gölünün kirlenme eğilimi değerlendirildiğinde, özellikle 1980'li yıllardan bu yana nüfusun hızla artması birçok olumsuzluklara yol açmıştır, bu da gölün ve gölü besleyen dereleri tehdit etmektedir. Ömerli Gölü mezotrofik seviyeden ötrofik seviyeye gelmiştir, gerekli tedbirler alınmadığı takdirde bu gidişatın daha kötü sonuçlanması muhtemeldir. Ancak Paşaköy Atıksu Arıtma Tesisinin 1998 yılı sonunda devreye alınması, göl suyu kalitesinin bozulma hızını yavaşlatmıştır, fakat proje aşamasında planlandığı gibi Paşaköy çıkış sularının Riva deresine verilmesi daha iyi sonuçlar

sağlayacaktır.

Mevcut sanayi tesislerinden taşınması mümkün olanları havza koruma alnının dışına taşınmalı, mümkün olmayanlar için ise deşarj kısıtlamaları getirilmeli, yerleşim yerlerinin artışı engellenmeli, altyapı eksiklikleri tamamlanmalı, tarım alanlarında kullanılan gübre ve ilaçların kullanımı kontrol altına alınmalı, ormanlık alanlarda erozyonu azaltıcı tedbirler alınmalıdır.



KAYNAKLAR

- Ahlgren, I., Frisk, T., Nielsen, L. K., (1988), "Empirical and Theoretical Models of Phosphorus Loading, Retention and Concentration vs. Lake Trophic State", *Hydrobiologia* 170: 285-303 (1988) G. Person and M. Jansson Phosphorus in Freshwater Ecosystems, Kluwer Academic Publishers.
- Akkoyunlu, A., (2002), "Water Quality Assessment of Ömerli Dam Reservoir", *Fresenius Environmental Bulletin*, Vol.11, No.4, 2002.
- Altunkaynak, A., Bayraktar, H., (2001), "Uzaktan Algılama'nın Büyük Su Kütlelerinde Kirliliğin Belirlenmesinde Kullanılması Olanakları", I. Türkiye Su Kongresi Cilt II., 2001, İstanbul.
- An, K. G. , Park, S., S., (2002), "Indirect Influence of the Summer Monsoon on Chlorophyll-Total Phosphorus Models in Reservoirs: a Case Study", *Ecological Modelling* 152 , 2002.
- Bölen, F., Özsoy, A., Erkut, G., Türkoğlu, H., Levent, T., Tezer, A., (1997), "Ömerli Havzasında Kentleşme-Doğa Karşıtlığı", *Doğayı Korumada Kent ve Ekoloji Sempozyumu*, Aralık 1997, İ.T.Ü, İstanbul.
- Carpenter, S. R., Ludwig, D., Brock, W. A., (1999) "Managment of Eutrophication For Lakes Subject To Potentially Irreversible Change", *Ecological Applications*, Vol. 9, No. 3, 1999.
- Ceyhan, M., (1999), "Ömerli Barajındaki Ötrofikasyon ve Bağlı Derelerin Baraj Gölü Üzerine Etkisi", Yüksek Lisans Tezi, G.Y.T.E Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze Kocaeli.
- Chapra, S. C., (1992), "Surface Water-Quality Modeling", McGraw-Hill Series In Water Resources and Environmental Engineering.
- Cirik, S. ve Cirik, Ş., (1995), "Limnoloji" Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, Ders Kitapları Serisi III. Baskı No.21, Nazlıdere İzmir.
- Debik, E., (1995), "Elmalı Rezervuar Suyunda Sıcaklık Modellemesi, Su Kalitesi ve Amonyak Formunun Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi Y.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Demir, A., (1999), "İçme Suyu Havzalarının ve Alıcı Ortamların Kirlenmeye Karşı Korunması" Kent Yönetimi İnsan ve Çevre Sorunları Sempozyumu Cilt 3. Çevre Yönetimi ve Kontrolü, İBB, 1999, İstanbul.
- DSİ, (2002), "Ömerli Barajı Aylık Doğal Akım Değerleri", 2002, İstanbul.
- Eroğlu, V., Saatçi, A., Eldemir, M., Yinanç, A., Ceyhan, M., Onur, N., Veznikli,F., (2002), "Ömerli Havzası Çevre Koruma Projesinin Kalbi Paşaköy İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi"
- Eruz, E., (1997), "İstanbul'da Hava ve Su Kirliliğinin Ekolojik Değerlendirilmesi", *Doğayı Korumada Kent ve Ekoloji Sempozyumu*, Aralık 1997, İ.T.Ü, İstanbul.
- Gonca Coşkun, H., Ekercin, S.,Öztopal A., Temmuz 2001, "Monitoring of Ömerli Water Basin Around İstanbul Using Multitemporal IRS Satellite Data", *International Symposium on Water Resources and Enviromental Impact Assessment*, July 2001, İSKİ, İstanbul.

Gonca Coşkun, H., Şen, Z., Ekercin, S., Coşkun, M. Z., Öztopal, A. ve Erdem, T., (2001), “Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Ömerli Barajı ve Havzasında Uygulanması” Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, Fatih Üniversitesi, Kasım 2001, İstanbul.

Hazırbaşı, K., (1999), “Evaluation of The Eutrophication Process In Ömerli Dam Reservoir”, Yüksek Lisans Tezi, B.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

İSKİ Projesi, (2002), “Sultanbeyli Belediyesi İmar Planının Ömerli Havzası Su Kalitesi Üzerine Etkisinin İncelenmesi”, Ocak 2002 İSKİ İstanbul.

İSKİ Atıksu Arıtma Daire Başkanlığı, (2000), “2000 Yılı Birinci ve İkinci Yarıyıl Takdimleri”

İSKİ Atıksu Arıtma Daire Başkanlığı, (2001), “2001 Yılı Birinci ve İkinci Yarıyıl Takdimleri”

İSKİ Atıksu Arıtma Daire Başkanlığı, (2002), “2002 İkinci Yarıyıl Takdimleri”

Jørgen Salomonsen, (1993), STEPS Yazılım Programı, Denmark.

Jørgensen, S. E. and Bendricchio, G., (2001), “ Fundamentals of Ecological Modelling, Third Edition”, Developments In Environmental Modelling 21, Elsevier.

Karpuzcu, M., (1982), “Suların Besi Maddeleri (Azot-Fosfor) İle Kirlenmesi ve Bir Matematik Model”, Teknik Rapor 41, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi, İstanbul.

Kavurt, C., (1993), “Eber ve Karamık Göllerinde Ötrofikasyon ve Trofik Seviyelerinin Araştırılması”, Y.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Kınacı, C., (2002), “Ötrofikasyon”, Ders Notları, İ.T.Ü.

Kürüm, Z.E., Kürüm, F., (1989), “İstanbul Ömerli Baraj Gölü Kirlilik Araştırması Raporu”, DSİ, İstanbul.

Meeuwing, J. J., Peters, R. H., (1996), “Circumventing Phosphorus in Lake Management: a Comparison of Chlorophyll-a Predictions From Land-Use and Phosphorus-Loading Models”, Can. J. Fish. Aquatic Science Vol. 53, 1996.

Muslu, Y., (2001), “Göl ve Haznelerde Su Kalitesi Yönetimi”, İSKİ, İstanbul.

OECD, (1982), Eutrophication of Waters Monitoring, Assessment and Control”, Organization For Economic Co-Operation and Development.

ÖEJV, (1993), “Ömerli-Elmalı Ortak Girişimi Çevre Koruma Projesi”, İSKİ 1993, İstanbul.

Özdemir, A. T., 1997, “İstanbul Su Havzalarının Korunması İçin Yeni Bir Yönetim Modeli”, Su ve Çevre Sempozyumu, Haziran 1997, İstanbul.

Öztürk, İ., Övez, S., Bayhan, H., (1999) “İstanbul İçme Suyu Kalitesi İzleme Çalışması Sonuçlarının Değerlendirilmesi”, Kent Yönetimi İnsan ve Çevre Sorunları Sempozyumu Cilt 3. Çevre Yönetimi ve Kontrolü, İBB, 1999, İstanbul.

Pala, B. F., (1994), “Ömerli Baraj Gölünün Su Kalitesi Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Parsons, T.R., Maita, Y. ve Lalli, C.M. (1989) “A manual of chemical and biological methods for seawater analysis”, Pergamon Press, 1989, Oxford.

Philips, E. J., Aldridge F. J., Schelske, C. L., (1995) “ Relationships Between Light

- Availability, Chlorophyll a, and Tripton in a Large, Shallow Subtropical Lake”, *Limnology and Oceanography* Vol. 40, 1995.
- Selig, U., Hübener, T., Michalik, M., (2002), “Dissolved and Particulate phosphorus Forms in a Eutrophic Shallow Lake”, *Aquatic Sciences*, Vol. 64, 2002.
- Seo, D., Canale R. P. (1999), “Alaysis Of Sediment Characteristics and Total Phosphorus Models for Shagawa Lake”, 1999.
- Soyupak, S., Mukhallalati, L., Yemişen, D., Bayar, A., Yurteri, C., (1997), “Evaluation of Eutrophication Control Strategies for the Keban Dam Reservoir”, *Ecological Modelling*, Vol. 97, 1997.
- Standart Methods For The Examination of Water and Wastewater, (1995), 19. Edition (APHA, AWWA, WPCF).
- Suri, L. (2000), “İçme Suyu Havzalarında Planlama ve Yönetim Ömerli İçme Suyu Havzası Örneği”, *Doktora Tezi*, Y.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tanık, A., Baykal, B. B., Gönenç, İ. E., (2000), “A Long-Term Management Plan For a Watershed In a World Metropolis-İstanbul”, *Environmental Management and Health*, Vol.11, No.3, 2000.
- Tüfekçi, V (vd)., (2002), “Ömerli Baraj Gölündeki Toksik Fitoplankton Türlerinin Tespiti ve Su Kalitesinin İyileştirilmesine Yönelik Çözüm Önerilerinin Belirlenmesi (Ara Rapor)” TUBİTAK MAM Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Enstitüsü, Gebze Kocaeli. Kasım 2002.
- Tüfekçi, V (vd)., (2003), “Ömerli Baraj Gölündeki Toksik Fitoplankton Türlerinin Tespiti ve Su Kalitesinin İyileştirilmesine Yönelik Çözüm Önerilerinin Belirlenmesi (Sonuç Raporu)” TUBİTAK MAM Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Enstitüsü, Gebze Kocaeli. Mayıs 2003.
- Türkmenler, H., (1988), “Sapanca Gölünde Besi Maddesi Kirlenmesinin İncelenmesi ve Uygun Bir Modelin Araştırılması”, *G.Y.T.E Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gebze Kocaeli.
- Var, M., (1999), “İstanbul ve Yakın Çevresi İçin Ilıman Bambu Plotasyonları ve Önemi”, *Kent Yönetimi İnsan ve Çevre Sorunları Sempozyumu Cilt 1. Kent ve İnsan*, İBB, 1999, İstanbul.
- Yalçın, G., 2001, “İstanbul’un Doğasını ve Suyunu Birlikte Korumak Ömerli Baraj Havzasını Korumak İçin Bir Sivil Toplum Kuruluşu Deneyimi” *I. Türkiye Su Kongresi Cilt 2*, 2001, İstanbul.
- Zhang, J., Jørgensen, S., E., Tan, C., O., Beklioğlu, M., (2003), “A Structurally Dynamic Modelling-Lake Mogan, Turkey as a Case Study”, *Ecological Modelling*, Vol.164, 2003.

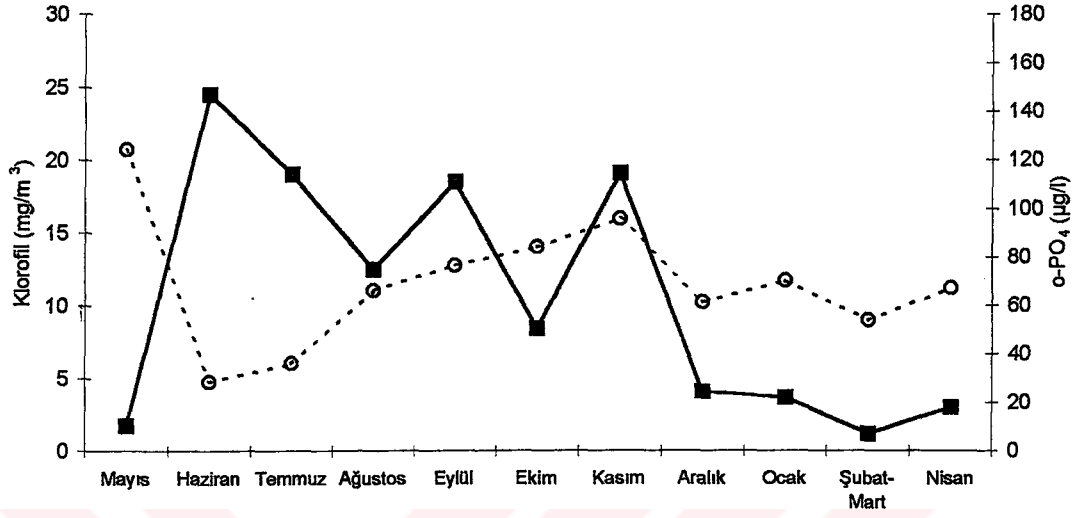
EKLER

- Ek 1 Orto Fosfat ve Klorofil-a 'nın Zamana Bağlı İlişkisi
- Ek 2 Havza ve Göllerle İlgili Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
- Ek 3 Yönetmelik ve Koruma Alanları
- Ek 4 Farklı Durumlar için Modelin Çalıştırılması

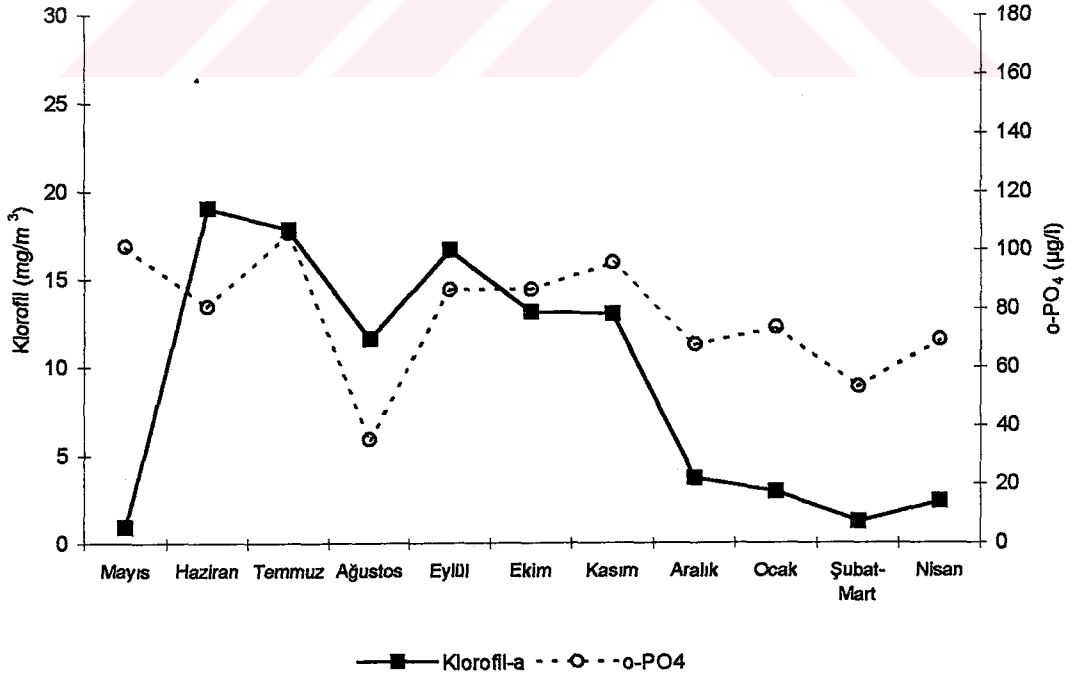


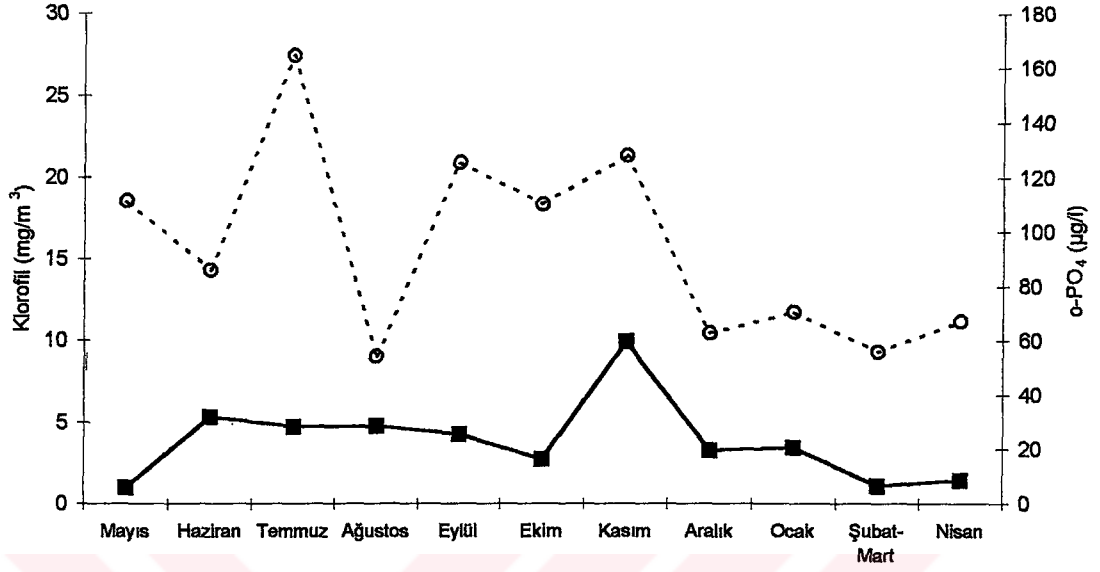
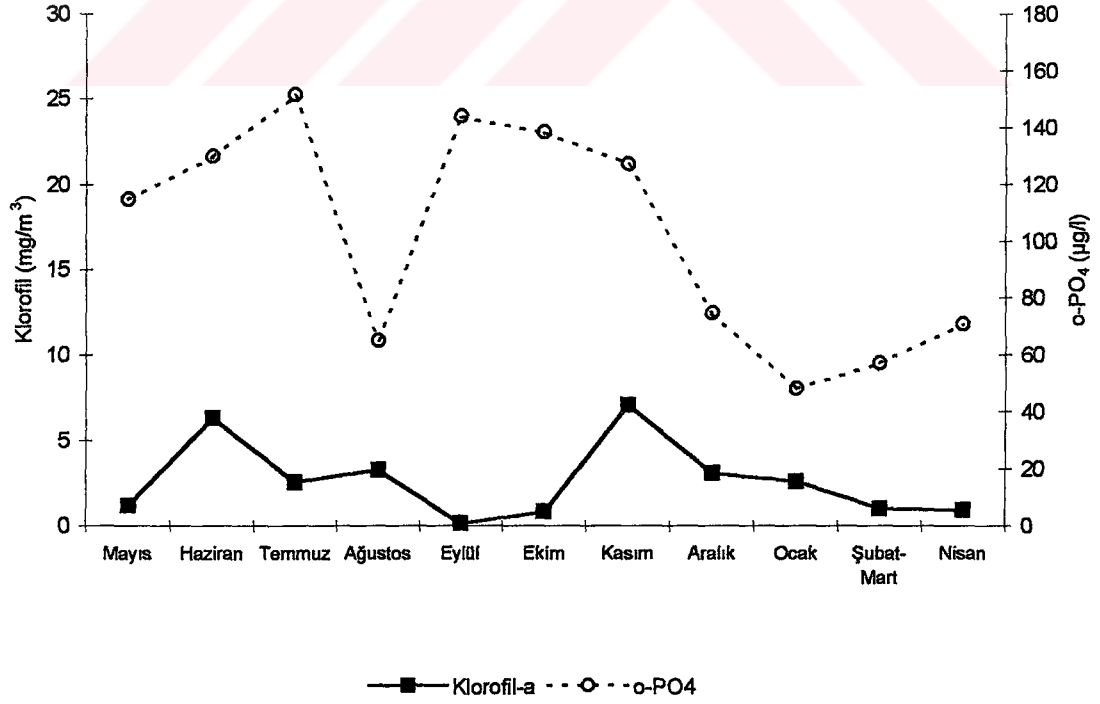
Ek 1 Orto Fosfat ve Klorofil-a 'nın Birbirleriyle Zamana Bağlı İlişkileri

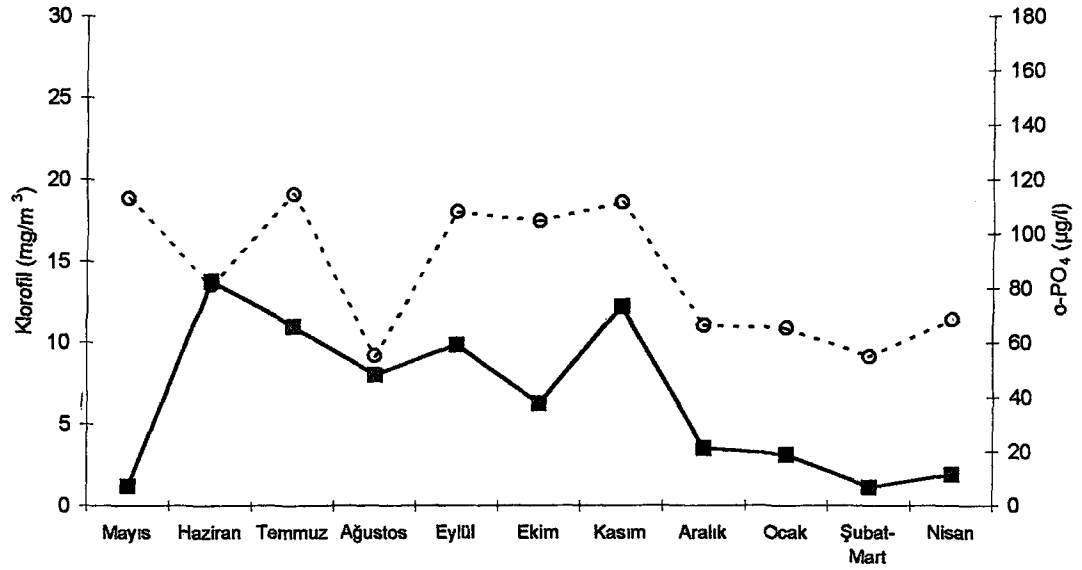
Klorofil ve o-PO₄ 'ün 0,5 m değişimleri



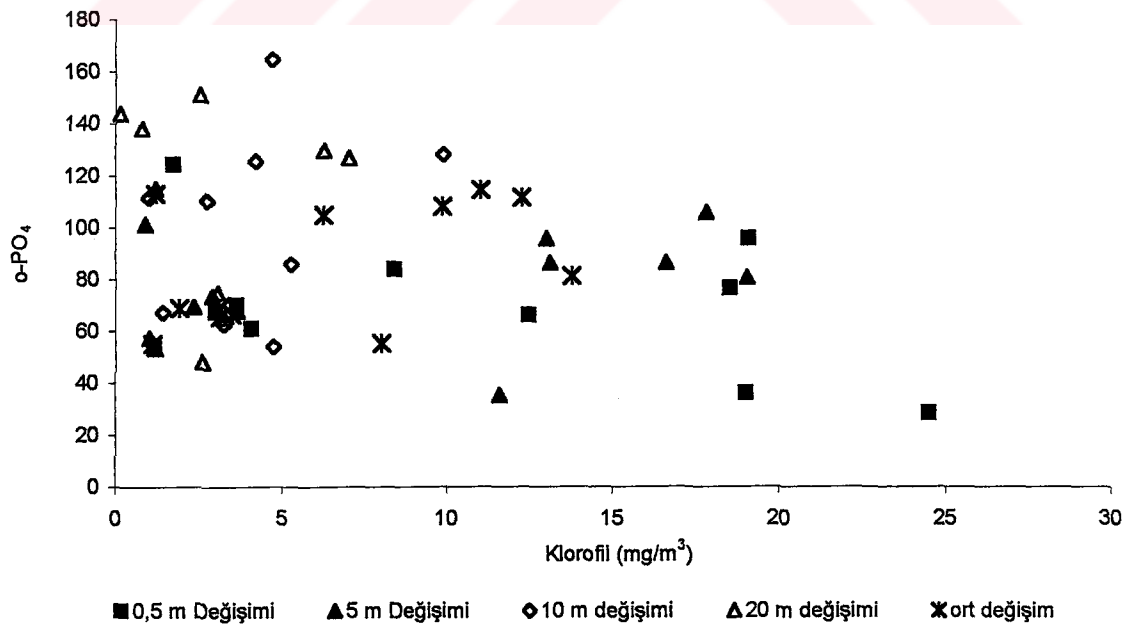
Klorofil ve o-PO₄ 'ün 5 m değişimleri



Klorofil ve o-PO₄ 'ün 10 m değışimleriKlorofil ve o-PO₄ 'ün 20 m değışimleri

Klorofil ve o-PO_4 'ün ortalama değışimleri

—■— Klorofil-a -○- o-PO4

Klorofil ve o-PO_4 derinliklere bağılı ilişkisi

Ek 2 Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nin Havza ve Göllerle İlgili Bölümleri

İKİNCİ BÖLÜM

İlkeler

Havza Planları

Madde 5 - Su kaynaklarından etkin bir biçimde yararlanılabilmesi için bu kaynakların kullanım alanlarının önceden hazırlanmış bir havza planına uygun olarak bilinmesi gerekir. Ülkemizin özellikle tatlı su kaynaklarının kısıtlı oluşu ve artan su ihtiyaçları nedeniyle bu kaynakların en ekonomik biçimde kullanılmaları esastır.

Ekonomik ve teknik açıdan uygun olduğu takdirde, düşük kaliteli bir su kaynağının iyileştirilmesi mümkün olabilir. Bu yönden kaynakların halen mevcut kalitesinin kullanım alanları için gerekli kalite kriterlerine uygunluğunun tespitinin ve havza planının havzadaki ilgili Valiliklerce ve ilgili Devlet Su İşleri Bölge Müdürlüklerince yapılması esastır.

Suların Korunacağı Kirletici Etkiler

Madde 6 - Alıcı su ortamlarında evsel, endüstriyel, tarımsal, deniz trafiği ve benzeri kaynaklardan dolayı kirlenmeye neden olan başlıca etkenler ve problemler şunlardır:

A - Fekal atıklar

B - Organik atıklar

C - Aşırı üretim artışına neden olan besleyici (nutrient) maddelerin, olağan değerlerin üzerinde boşaltımı

D - Atık ısı

E - Radyoaktif atıklar

F - Çamur, çöp ve hafriyat artıklarının ve benzeri atıkların boşaltımından oluşan bulanıklık artışı, sığlaşma ve kıyı çizgisi değişimi

G - Yukarıda sayılanların dışında kalan "Tehlikeli ve Zararlı Maddeler Tebliği"nde sınır değerler getirilen maddeler.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Su Ortamlarının Kalite Sınıflandırılması

Kıtaıçi Yüzeysel Suların Sınıflandırılması

Madde 7 - Akarsu, göl ve baraj rezervuarlarında biriktirilen kıtaıçi yüzeysel suların kalitelerine göre yapılan sınıflama aşağıda verilmiştir:

Sınıf I : Yüksek kaliteli su

Sınıf II : Az kirlenmiş su

Sınıf III : Kirli su

Sınıf IV : Çok kirlenmiş su

Tablo 1’de sınıflandırma için geçerli su kalite parametreleri ve bunlara ait sınır değerleri Sınıf I, II, III ve IV için ayrı ayrı verilmiştir. Bir su kaynağının bu sınıflardan herhangi birine dahil edilebilmesi için bütün parametre değerleri, o sınıf için verilen parametre değerleriyle uyum halinde bulunmalıdır.

Yukarıda belirtilen kalite sınıflarına karşılık gelen suların, aşağıdaki su ihtiyaçları için uygun olduğu kabul edilir:

A - Sınıf I - Yüksek kaliteli su

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

B - Sınıf II - Az kirlenmiş su

- a) İleri veya uygun bir arıtma ile içme suyu temini
- b) Rekreatiyonel amaçlar
- c) Alabalık dışında balık üretimi
- d) Teknik Usuller Tebliği’nde verilecek olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla

sulama suyu olarak

e) Sınıf I dışındaki diğer bütün kullanımlar

C - Sınıf III - Kirlenmiş su

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

D - Sınıf IV - Çok kirlenmiş su

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

Göl Sularının Kalite Sınıflandırılması

Madde 9 - Çeşitli amaçlarla kullanılan göl, gölet ve baraj rezervuarlarının kalite özellikleri ve sınıflandırılması 7 nci ve 8 inci maddede açıklanan şekilde Çizelge Ek 3.1 gereğince yapılır. Ancak, göller ve baraj rezervuarları için Çizelge Ek 3.1’de verilen çözünmüş oksijen konsantrasyonları ve oksijen doygunluk yüzdeleri sınıflandırmaya esas alınmaz.

Göl Sularına Ait Alıcı Ortam Standartları

Madde 10 - Tablo 2’de, göl, gölet ve baraj rezervuarlarının en önemli tehdit unsuru olan ötrofikasyon olayının kontrolü için azot ve fosfor sınırlandırması getirilmektedir. Azot ve fosfor girdisi gölün kullanım amacına uyan sınır değerlere yakın veya bunların üzerinde olan göllerde üretkenlik tespitlerine dayalı ve Çevre Genel Müdürlüğü’nce yörenin ilgili kurum ve kuruluşlarını içine alacak şekilde koordine edilerek hazırlanan bir koruma programı geliştirilir. Bu tür kıta içi yüzeysel sularda su ürünleri üretimi söz konusu ise, ayrıca 1380 sayılı Su Ürünleri Kanunu ve buna bağlı yönetmelik hükümleri geçerlidir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

Su Kalitesine İlişkin Planlama Esasları ve Yasaklar

İçme ve Kullanma Suyu Temin Edilen Kıta içi Yüzeysel Sularla İlgili Kirlenme Yasakları

Madde 16 – (Değişik fıkra : R.G. : 1.7.1999/23742’de yayınlanan Yönetmelik m.1) İçme ve kullanma suyu rezervuarlarının ve benzeri su kaynaklarının korunmasında, her kaynak için bilimsel çalışmalar sonucu ortaya çıkarılmış olan özel hükümler getirilinceye kadar aşağıda

verilen genel ilkeler ve koruma alanları geçerlidir. İlgili kuruluşlarca veya ilgili kuruluşların da görüşü alınarak Çevre Bakanlığınca belirlenecek özel hükümler Çevre Bakanlığı tarafından uygulanır. Özel hükümlerin ilgili imar planlarında aynen yer alması ve idare tarafından uygulanması esastır.

A) İçme ve kullanma suyu rezervuarı içinde ve civarında suların kirlenmesine neden olacak faaliyetler yapılamaz.

B) Çöp ve moloz gibi atıklar bu tür su kaynaklarına atılamaz ve atılmasına izin verilemez.

C) Akaryakıt ile çalışan kayık, motor ve benzeri araçların kullanılmasına izin verilmez.

Yelkenli, kürekli veya akümülatör ile çalışan vasıtalar ve sallara izin verilebilir. İstisnai durumlarda, akaryakıt ile çalışacak su araçlarının kullanılmasına Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü veya Bölge Müdürlüklerince izin verilir. Bu amaçla kullanılacak araçlarda oluşabilecek her türlü atıksu ve sintine suyunun arıtıldıktan sonra bile içme ve kullanma suyu rezervuarına boşaltılması yasaktır.

D) İçme ve kullanma suyu rezervuarlarının su toplama havzaları içinde bulunan devlete, belediyelere ve kamuya ait araziler koruma alanları için verilen kısıtlamalara tabidir.

(12.12.1998 ve 23551 s. R.G.) Ancak askeri tesisler için bu kısıtlamalar, Millî Savunma Bakanlığı ve Çevre Bakanlığı'na ayrıca belirlenir.

E)Yüzme, balık tutma, avlanma ve piknik yapmaya, su alma noktasına 300 m'den daha yakın olan yerlerde izin verilemez.

F)(Değişik bent: R.G.: 1.7.1999/23742'de yayınlanan Yönetmelik m.1) İçme ve kullanma suyu temin edilen rezervuarlarda ihale yoluyla balık avı yapılması ve su ürünleri çıkarılması ve üretilmesi yasaktır. Ancak, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünce ekonomik bölge oluşturulan rezervuarlarda Çevre Bakanlığı ile Tarım ve Köyişleri Bakanlığından olumlu görüş almak kaydıyla, yelkenli, kürekli, akülü su vasıtaları ve salları kullanılmak suretiyle ihale yoluyla balık avı yapılmasına ve su ürünleri çıkarılmasına izin verilebilir.

G)(Ek bent : R.G. : 1.7.1999/23742'de yayınlanan Yönetmelik m.1) İçme ve kullanma suyu rezervuarını besleyen tüm sulara, akar ve kuru derelere hiç bir surette atık su ve atık deşarj edilemez. Suların kirlenmesine neden olacak faaliyetlerde bulunulamaz.

Göllerle İlgili Kirlenme Yasakları

Madde 21 - İçme ve kullanma suyu temini dışındaki amaçlarla yapılmış olan rezervuarlar ile bu amaçlar dışında kullanılan göl ve göletlere, arıtılmamış evsel nitelikli atıksular verilemez.

Bu gibi göl havzalarında bulunan veya yeni kurulacak olan sanayi kuruluşlarının, ekonomik uygulanabilirliği ispatlanmış ileri teknoloji seviyesinde arıtma yapımaları, bir çevre etki değerlendirmesi sonucunda gerekli görülürse, ilgili İdare tarafından istenebilir.

Ayrıca, göllere atıksu deşarjı ile ilgili olarak bu Yönetmeliğin 33, 34 ve 35 inci maddelerinde belirtilen esaslar uyarınca derin deniz deşarjı yapılamaz.

Arıtılmış evsel atıksuların tam arıtma ilkelerine göre sağlamaları gereken deşarj standartları, bu Yönetmeliğin 32 inci maddesinde verilmiştir. Toplam koliform ve ötrofikasyona yol açan azot ve fosfor elementlerinin ayrıca alıcı göl ortamındaki tolere edilebilen sınırlara uyması esastır. Özellikle ötrofikasyon kontrolü açısından göllere verilecek evsel atıksular, bu Yönetmeliğin 32. maddesi uyarınca gerekli deşarj standartlarını sağlamak amacıyla yapılacak olan klasik biyolojik arıtma işlemlerinin ötesinde azot ve fosforu birlikte gideren bir üçüncül arıtma tesisinde arıtıldıktan sonra göllere deşarj edilebilir. Bu konuda yapılacak yatırımların çok yüksek bulunması halinde, ekonomik kıyaslaması yapılmak kaydıyla, atıksuların söz konusu gölün su toplama havzası dışına tahliyesi yapılır. Alınan bütün bu tedbirlere rağmen, alıcı ortam olarak göl sularının kalitesi Tablo 2’de istenen düzeylere ulaşmadığı takdirde, Çevre Genel Müdürlüğü, bir Havza Su Kalitesi Düzenleme Planı hazırlanması için Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, İller Bankası Genel Müdürlüğü ve Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı’nın ilgili teşkilatları arasında koordinasyonu sağlar. Bu yolla hazırlanacak koruyucu plana uyulması esastır.

Ek 3 Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (04.09.1988)

Çizelge Ek 3.1 Kıtaiçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
A) Fiziksel ve inorganik- kimyasal parametreler				
1. Sıcaklık (°C)	25	25	30	> 30
2. pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
3. Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /l) ^a	8	6	3	< 3
4. Oksijen doygunluğu (%) ^a	90	70	40	< 40
5. Klorür iyonu (mg Cl ⁻ /l)	25	200	400 ^b	> 400
6. Sülfat iyonu (mg SO ₄ ⁼ /l)	200	200	400	> 400
7. Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/l)	0.2°	1°	2°	> 2
8. Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/l)	0.002	0.01	0.05	> 0.05
9. Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/l)	5	10	20	> 20
10. Toplam fosfor (mg PO ₄ ⁼ -P/l)	0.02	0.16	0.65	> 0.65
11. Toplam çözünmüş madde (mg/l)	500	1500	5000	> 5000
12. Renk (Pt-Co birimi)	5	50	300	> 300
13. Sodyum (mg Na ⁺ /l)	125	125	250	> 250
B) Organik parametreler				
1. KOİ (mg/l)	25	50	70	> 70
2. BOİ (mg/l)	4	8	20	> 20
3. Organik karbon (mg/l)	5	8	12	> 12
4. Toplam Kjeldahl-azotu (mg/l)	0.5	1.5	5	> 5
5. Emülsifiye yağ ve gres (mg/l)	0.02	0.3	0.5	> 0.5
6. Metilen mavisi aktif maddeleri (MBAS) (mg/l)	0.05	0.2	1	> 1.5
7. Fenolik maddeler (uçucu) (mg/l)	0.002	0.01	0.1	> 0.1
8. Mineral yağlar ve türevleri (mg/l)	0.02	0.1	0.5	> 0.5
9. Toplam pestisid (mg/l)	0.001	0.01	0.1	> 0.1
C) İnorganik kirlenme parametreleri^d				
1. Civa (µg Hg/l)	0.1	0.5	2	> 2
2. Kadmiyum (µg Cd/l)	3	5	10	> 10
3. Kurşun (µg Pb/l)	10	20	50	> 50
4. Arsenik (µg As/l)	20	50	100	> 100
5. Bakır (µg Cu/l)	20	50	200	> 200
6. Krom (toplam) (µg Cr/l)	20	50	200	> 200
7. Krom (µg Cr ⁺⁶ /l)	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	> 50
8. Kobalt (µg Co/l)	10	20	200	> 200
9. Nikel (µg Ni/l)	20	50	200	> 200
10. Çinko (µg Zn/l)	200	500	2000	> 2000
11. Siyanür (toplam) (µg CN/l)	10	50	100	> 100
12. Florür (µg F ⁻ /l)	1000	1500	2000	> 2000
13. Serbest klor (µg Cl ₂ /l)	10	10	50	> 50
14. Sülfür (µg S ⁼ /l)	2	2	10	> 10
15. Demir (µg Fe/l)	300	1000	5000	> 5000
16. Mangan (µg Mn/l)	100	500	3000	> 3000
17. Bor (µg B/l)	1000°	1000°	1000°	> 1000
18. Selenyum (µg Se/l)	10	10	20	> 20
19. Baryum (µg Ba/l)	1000	2000	2000	> 2000
20. Alüminyum (mg Al/l)	0.3	0.3	1	> 1
21. Radyoaktivite (pCi/l)				
alfa-aktivitesi	1	10	10	> 10
beta-aktivitesi	10	100	100	> 100
D) Bakteriyolojik parametreler				
1. Fekal koliform (EMS/100 ml)	10	200	2000	> 2000
2. Toplam koliform (EMS/100 ml)	100	20000	100000	> 100000

- (a) - Konsantrasyon veya doygunluk yüzdesi parametrelerinden sadece birisinin sağlanması yeterlidir.
 (b) - Klorüre karşı hassas bitkilerin sulanmasında bu konsantrasyon limitini düşürmek gerekebilir.
 (c) - pH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu konsantrasyonu 0.02 mg NH₃ N/1 değerini geçmemelidir.
 (d) - Bu gruptaki kriterler parametreleri oluşturan kimyasal türlerin toplam konsantrasyonlarını vermektedir.
 (e) - Bora karşı hassas bitkilerin sulanmasında kriteri 300 µg/l'ye kadar düşürmek gerekebilir.

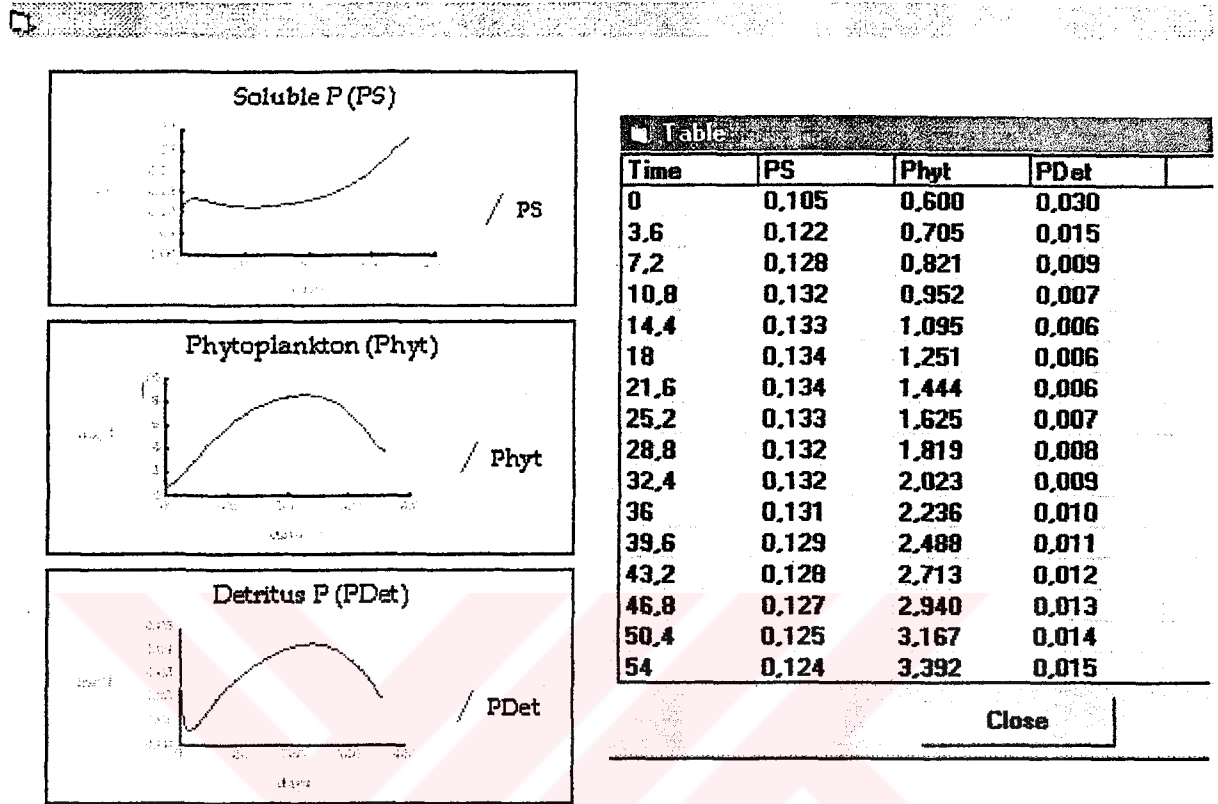
Çizelge Ek 3.2 Göller, göletler, bataklıklar ve baraj haznelerinin ötrofikasyon kontrolü sınır değerleri (SKKY)

İstenen özellikler	Kullanım alanı	
	Doğal koruma alanı ve rekreasyon	Çeşitli kullanımlar için (doğal olarak tuzlu, acı ve sodalı göller dahil)
PH	6.5-8.5	6-10.5
KOI (mg/l)	3	8
ÇO (mg/l)	7.5	5
AKM (mg/l)	5	15
Toplam koliform sayısı (EMS)/100 ml	1000	1000
Toplam azot (mg/l)	0.1	1
Toplam fosfor (mg/l)	0.005	0.1

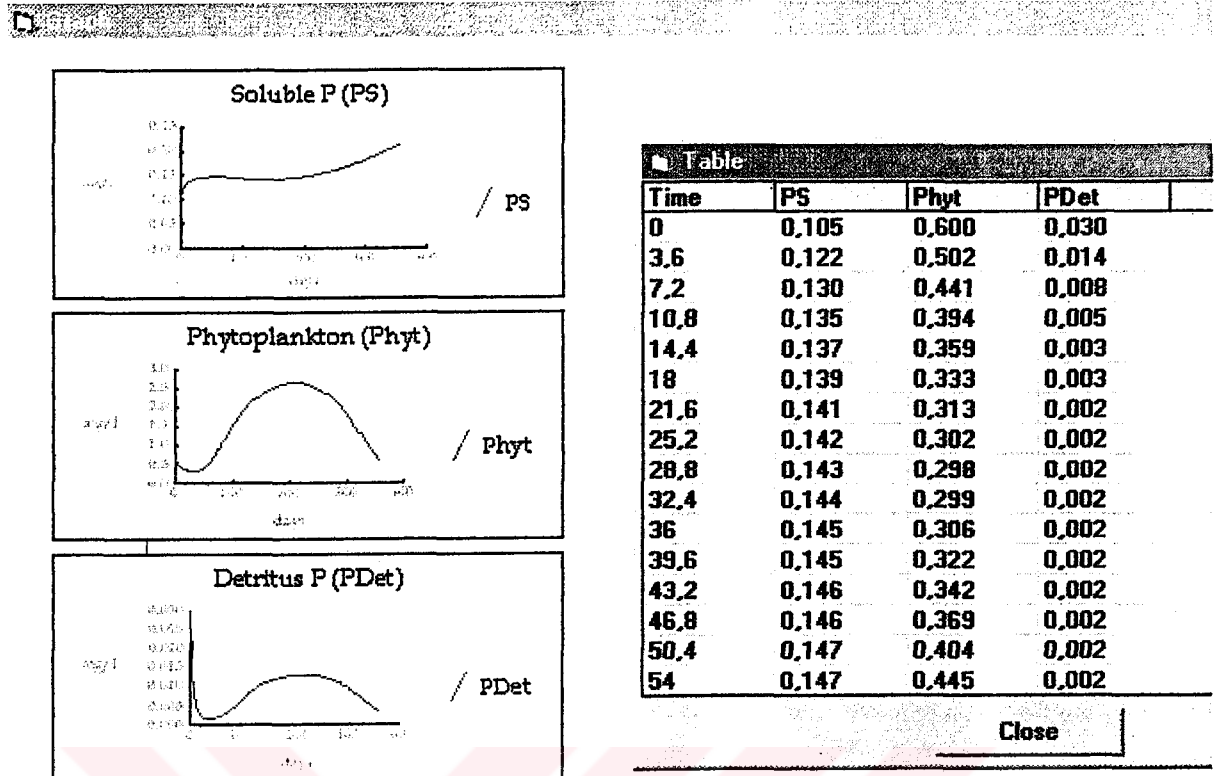
Çizelge Ek 3.3 Havza koruma mesafelerinde inşaat izin şartları

Su Havzalarında Uzaklık Mesafeleri	Yapılaşma Şartları
"MUTLAK KORUMA ALANLARI" Göle uzaklığı : (0-300 m.) Derelerin her iki tarafından da 100'er metre	Kesinlikle inşaat yapmak yasaktır.
"KISA MESAFELİ KORUMA ALANLARI" Göle uzaklığı : (300-1000 m.)	Her 10.000 m ² 'ye 1 konut yapılabilir.
"ORTA MESAFELİ KORUMA ALANLARI" Göle uzaklığı : (1000-2000 m.)	Her 5000 m ² 'ye 1 konut yapılabilir.
"UZUN MESAFELİ KORUMA ALANLARI" Göle uzaklığı : (2000-5000 m.)	Her 2500 m ² 'ye 1 konut yapılabilir.
Göle uzaklığı : (5000-Havza sınırı)	Her 2000 m ² 'ye 1 konut yapılabilir.

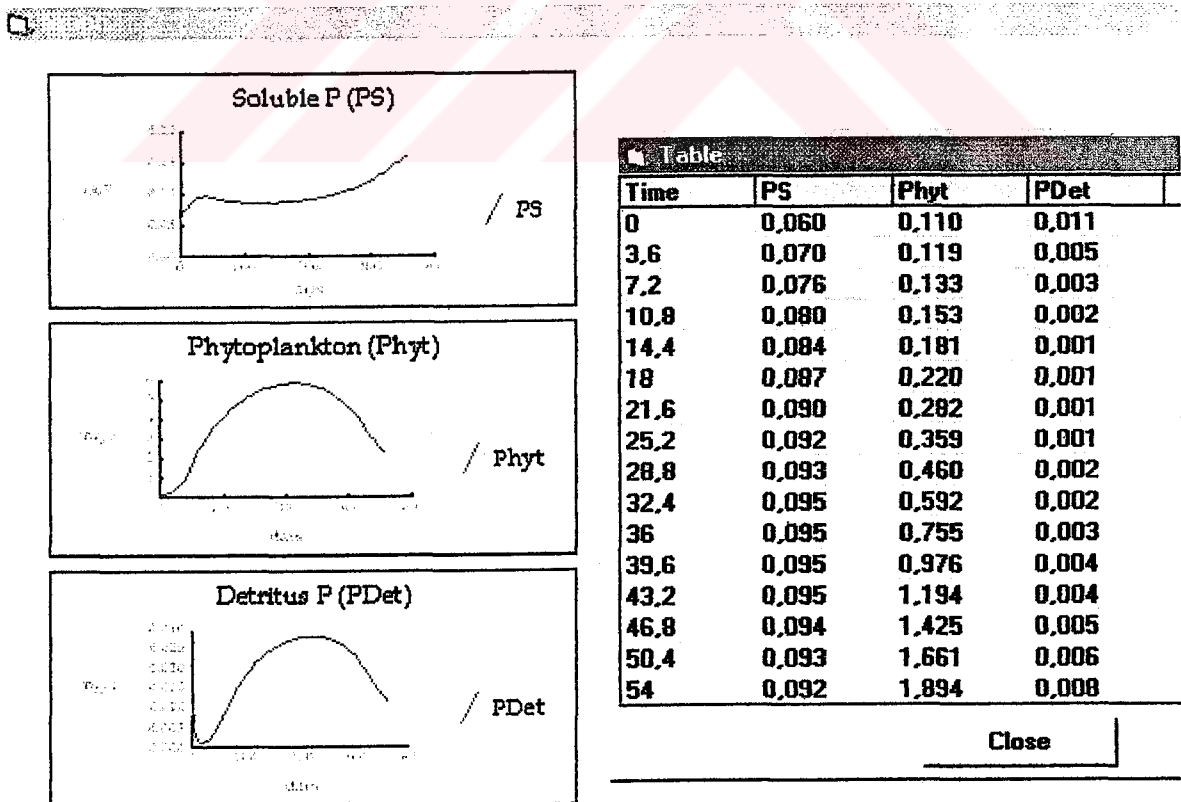
Ek 4 Farklı Durumlar İçin Modelin Çalıştırılması



Şekil Ek 4.1 Ekim ayı değerlerine göre modelin çalıştırılması



Şekil Ek 4.2 Ekim ayı değerlerine göre maksimum derinlik için modeli çalıştırılması



Şekil Ek 4.3 Şubat ayı değerlerine göre modelin çalıştırılması

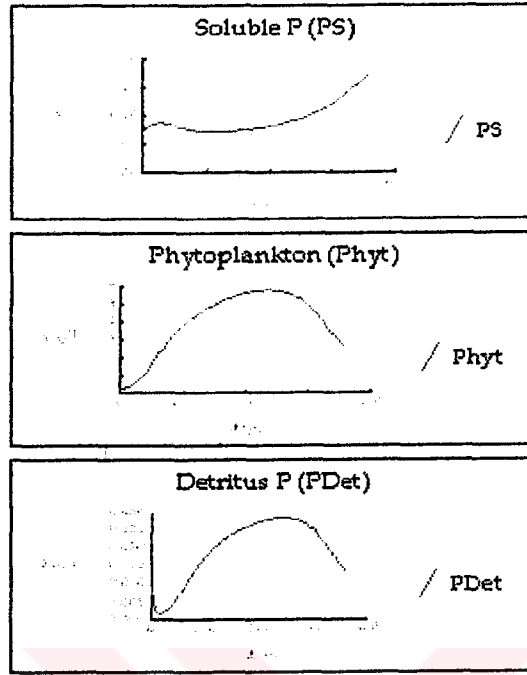


Table			
Time	PS	Phyt	PDet
0	0,070	0,190	0,009
3,6	0,076	0,214	0,004
7,2	0,080	0,243	0,003
10,8	0,082	0,279	0,002
14,4	0,083	0,325	0,002
18	0,084	0,383	0,002
21,6	0,085	0,466	0,002
25,2	0,086	0,558	0,002
28,8	0,086	0,670	0,003
32,4	0,086	0,801	0,003
36	0,085	0,952	0,004
39,6	0,085	1,143	0,005
43,2	0,084	1,323	0,005
46,8	0,083	1,510	0,006
50,4	0,081	1,698	0,007
54	0,080	1,885	0,008

Close

Şekil Ek 4.4 Nisan ayı değerlerine göre modelin bir yıllık çalıştırılması

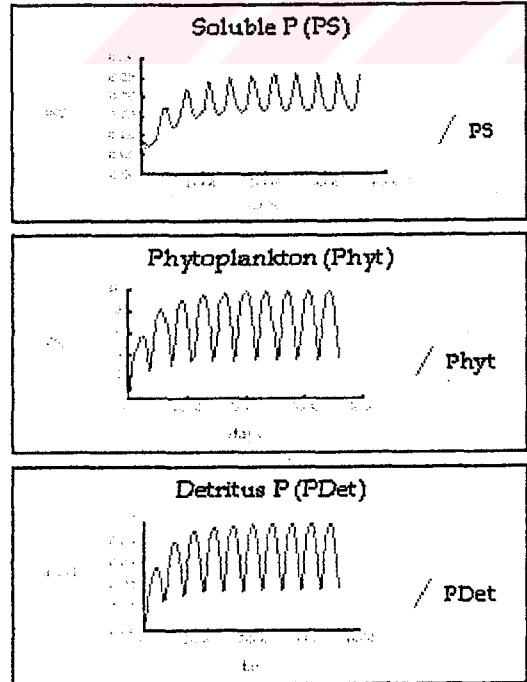


Table			
Time	PS	Phyt	PDet
0	0,070	0,190	0,009
36	0,085	0,952	0,004
72	0,075	2,746	0,012
108	0,072	3,971	0,019
144	0,073	4,815	0,023
180	0,077	5,391	0,026
216	0,084	5,702	0,028
252	0,095	5,680	0,028
288	0,112	5,164	0,026
324	0,140	3,932	0,020
360	0,170	2,499	0,013
396	0,170	3,146	0,014
432	0,146	5,286	0,025
468	0,130	6,779	0,033
504	0,123	7,616	0,037
540	0,122	8,017	0,039

Close

Şekil Ek 4.5 Nisan ayı değerlerine göre modelin 10 yıllık çalıştırılması

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	31.12.1977	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1992-1995	Ümraniye Nevzat Ayaz Lisesi
Lisans	1995-1999	İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
Hazırlık Programı	2000-2001	Yıldız Teknik Üniversitesi Yabancı Diller Bölümü (İngilizce Hazırlık Programı)
Yüksek Lisans	2001-	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Müh. Anabilim Dalı

Çalıştığı kurum(lar)

2002-.....	Yıldız Teknik Üniversitesi, Çevre Müh. Bölümü Çevre Bilimleri Anabilim Dalı Araştırma Görevlisi
------------	---