



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELMALI REZERVUAR SUYUNDA SICAKLIK MODELLEMESİ, SU KALİTESİ VE AMONYAK FORMUNUN BELİRLENMESİ

Çevre Müh. Eyyüp DEBİK

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Ahmet DEMİR

İSTANBUL, 1995

SEKOGRETİM KURULU
TANTASYON MERKEZİ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

İÇİNDEKİLER	iii
TEŞEKKÜR	v
TÜRKÇE ÖZET	vi
İNGİLİZCE ÖZET	vii
1. GİRİŞ	1
2. ELMALI REZERVUARI HAKKINDA GENEL BİLGİLER ...	2
2.1. İstanbul' un Mevcut Su Kaynakları	2
2.2. Elmalı Rezervuarı' nın Konumu	3
2.3. Elmalı Rezervuarı' na Su Getiren Derelerin Su Kalitesi	4
2.4. Yönetmelik ve Koruma Alanları	7
3. ELMALI REZERVUARI' NDA SU KALİTESİNİ BELİRLEMEK ÜZERE YAPILAN ÇALIŞMALAR	13
3.1. Ölçülen Parametrelerin Tanımlanması	13
3.1.1. Sıcaklık	13
3.1.2. pH	14
3.1.3. İletkenlik	16
3.1.4. Çözünmüş Oksijen	17
3.1.5. Fosfor	18
3.1.6. Amonyak ve Nitrat	19
3.1.7. Toplam Organik Karbon (TOC) ve Toplam Organik Madde (TOM)	22
3.1.8. Bulanıklık ve Renk	24
3.1.9. Klorür	26
3.1.10. Sülfat	27
3.1.11. Alkalinite	27
3.1.12. Seki Diski	29
3.2. Rezervuarların Trofik Seviyelerinin Belirlenmesi	30
3.2.1. Trofik Seviyeler ve Ötrofikasyon	30
3.2.2. Ötrofikasyonun Belirtileri ve Etkileri	33
3.2.3. Trofik Seviyelerin Belirlenmesi Üzerine Model Çalışmaları	35

4. REZERVUARDA YAPILAN ÖLÇÜMLER VE SONUÇLARI	38
4.1. Elde Edilen Ölçüm Neticeleri	38
4.2. Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi	69
4.3. Elmalı Rezervuarı' nın Trofik Seviyesinin Belirlenmesi	71
5. ELMALI REZERVUARİ İÇİN SICAKLIK MODELLEME ÇALIŞMASI VE ORTAMDAKİ AMONYAK FORMUNUN BELİRLENMESİ	75
5.1. Sıcaklık Ölçümlerinin İstatistiki Olarak Değerlendirilmesi	75
5.2. Sıcaklık Model Çalışması ve Uygulaması	76
5.3. Ortamdaki Amonyak Formunun Belirlenmesi	81
6. SONUÇLAR	83
KAYNAKLAR	87
EKLER	89
EK 1. Modelin Çalıştırılması ve Ortamdaki Amonyak Formunun Hesaplanması İçin Yazılan Bilgisayar Programları	90
EK 2. Programın Çalıştırılması İle Elde Edilen Ekran Çıktıları	94
ÖZGEÇMİŞ	

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı yöneten ve çalışma süresince büyük teşvik, yardım ve ilgilerini gördüğüm Saygıdeğer Hocam Yrd. Doç. Dr. Ahmet DEMİR' e ve ayrıca emeği geçen Muhterem Hocam Doç. Dr. Mustafa ÖZTÜRK' e,

Çalışmada yapılan modelin oluşturulması için değerli mesailerini ayıran Sayın Hocam Prof. Dr. A. Mete SAATÇI' ye,

Bilgisayar programının yazımında emeği geçen değerli arkadaşım Yusuf TAHA' ya,

Bizlerin yetişmesinde hiçbir maddi menfaat beklemeyen Saygıdeğer Hocalarıma,

Maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen Araştırma Görevlisi arkadaşlarıma,

Özellikle; bütün çalışmalarımnda manevi desteklerini gördüğüm çok değerli eşim ve çocuklarıma

ayrı ayrı teşekkür ederim.

Bu çalışmanın ilk aşamaları İSKİ tarafından desteklenmiştir. Bu vesileyle İSKİ yetkililerine ve çalışanlarına da teşekkür ederim.

Eyyüp DEBİK

ÖZET

Bu çalışmada, İstanbul' un yüzeysel su kaynaklarından birisi olan Elmalı Rezervuarı' nda su kalite parametreleri ölçülmüş ve bu parametrelerin derinlikle değişimleri incelenmiştir. Ölçülen parametreler kullanılarak rezervuarın trofik seviyesi araştırılmıştır. Rezervuarda mevcut olan sıcaklık tabakalaşmasını temsil edici bir model geliştirilmiş ve ortamdaki amonyak formunun belirlenmesi çalışması yapılmıştır. Sıcaklık modelinin uygulanması ve ortamdaki amonyak formunun tesbiti amacıyla QBASIC dilinde iki bilgisayar programı yapılmış ve bu programlar çalıştırılmıştır.

Bu çalışma altı bölümden meydana gelmiştir. Bu bölümlerden;

Birinci bölüm giriş bölümü olup, ikinci bölümde; çalışmanın yapıldığı Elmalı Rezervuarı hakkında genel bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde; rezervuardaki su kalitesini belirlemek amacıyla ölçülen parametreler tanımlanmış ve göllerdeki trofik seviyelerle ilgili genel bilgiler verilmiştir.

Dördüncü bölümde; rezervuarda yapılan ölçümlerin sonuçları tablolar ve grafikler şeklinde verilmiş ve rezervuarın trofik seviyesi belirlenmiştir.

Beşinci bölümde; sıcaklık tabakalaşması için yapılan sıcaklık model çalışması ve ortamdaki amonyak formunun belirlenmesi çalışması verilmiştir.

Altıncı bölümde; yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlar maddeler halinde verilmiştir.

SUMMARY

In this study, water quality parameters were analysed and variation of these parameters with depth were examined in the Elmalı Reservoir. Trophic status of the reservoir were analysed using these measured parameters. A model representing thermal stratification in the reservoir was developed, and the form of ammonia in the reservoir water was investigated. Two computer programs were written in QBASIC in order to test and determine the ammonia form in the reservoir water.

This study consists of six chapters.

The first chapter is an introduction. A general information about Elmalı Reservoir is given in the second chapter.

In the third chapter; parameters that were analysed to determine water quality in the reservoir are defined, and a general information for the trophic status in lakes is given.

In the fourth chapter; results of the measurements performed in the reservoir are given in tables and graphical forms, and trophic status of the reservoir is determined according to these results.

In the fifth chapter; a model is developed for determination of the thermal stratification and the ammonia form in the reservoir.

In the sixth chapter; the results of this study are given in an order.

BÖLÜM 1

1. GİRİŞ

Hızlı ve kontrolsüz nüfus artışının gerçekleştiği büyük şehirlerimizde, gerekli olan alt yapı hizmetlerine teknik ve ekonomik sebeplerden dolayı cevap verilememekte, neticede nüfus artışına paralel olarak çevre kirlenmesinin boyutları da artmaktadır. Çalışmanın yapıldığı Elmalı Rezervuarı bölgesi örneğinde de olduğu gibi, şehrin içme ve kullanma suyu ihtiyacının karşılandığı rezervuarların planlanıp işletmeye alındıkları tarihlerde, söz konusu havzalar meskun yerlerden oldukça uzakta olduğundan kentleşme ve sanayi faaliyetlerinden dolayı kirlenme söz konusu değildi.

Ancak, son yıllarda aldığı aşırı göç sebebiyle İstanbul' un nüfusu hızla artarak, 1990 nüfus sayımında 7 milyona ulaşmış, 2020 yılında ise 20 milyonun üzerinde olacağı tahmin edilmektedir. İstanbul' un su ihtiyacının karşılandığı yüzeysel su kaynaklarından birisi olan Elmalı Rezervuarı çarpık kentleşmeden payına düşeni almış, aşırı kirlenme sebebiyle geçtiğimiz yıllarda arıtma tesisinden geçirilen suyun, içme suyu standartlarına getirilememesinden şehre su verme işlemi durdurulmuş, özellikle kurak dönemde su ihtiyacının hat safhada olduğu bir devrede, rezervuar atıl halde kalmıştır.

Bu çalışmada, Elmalı Rezervuar suyunun, su kalitesi ile ilgili parametrelerinin tesbiti yapılmak suretiyle mevcut kirlenmenin boyutları tesbit edilmiş, parametrelerin derinlikle değişimleri incelenmiş ve yapılan model çalışmaları ile parametrelerin matematiksel olarak hesaplanmaları gerçekleştirilmiştir.

BÖLÜM 2

2. ELMALI REZERVUARI HAKKINDA GENEL BİLGİLER

2.1. İSTANBUL'UN MEVCUT SU KAYNAKLARI

İstanbul'un su ihtiyaçlarının hemen hemen tamamı altı adet rezervuardan temin edilmekte olup, bu kaynakların karakteristikleri aşağıdaki gibidir (İSKİ 1995).

Terkos Rezervuarı :

Depolama Hacmi : 205.000.000 m³

Yıllık Verim : 142.000.000 m³/yıl

Elmalı Rezervuarı :

Depolama Hacmi : 11.000.000 m³

Yıllık Verim : 15.000.000 m³/yıl

Ömerli Rezervuarı :

Depolama Hacmi : 380.000.000 m³

Yıllık Verim : 220.000.000 m³/yıl

Alibeyköy Rezervuarı :

Depolama Hacmi : 95.000.000 m³

Yıllık Verim : 36.000.000 m³/yıl

Büyükçekmece Rezervuarı :

Depolama Hacmi : 162.000.000 m³

Yıllık Verim : 100.000.000 m³/yıl

Darlık Rezervuarı :

Depolama Hacmi : 110.000.000 m³

Yıllık Verim : 97.000.000 m³/yıl

Yeşilvadi Regülatörü : 10.000.000 m³/yıl

Bu sistemlerin yıllık ortalama verimi 620.000.000 m³' tür. Bu miktar, 1990'da görülen kurak dönemde 427.401.825 m³' e düşmüştür (COWI Consult ve diğerleri,1993).

2.2. ELMALI REZERVUARININ KONUMU

Elmalı arıtma tesisine su veren ve seri halde çalışan iki rezervuardan 1.Elmalı Bendi Anadoluhisarı'nın 3.3 km. Güney Doğusu' nda Göksu Deresi üzerinde 1891-1893 yılları arasında bir Fransız Şirketi tarafından toprak dolgu baraj tipinde yapılmıştır. Aynı yıllarda ilk Elmalı Arıtma Tesisi, çökeltim havuzu ve yavaş filtreler olarak teşkil edilmiştir. Elmalı Bendi değişik tarihlerde önemli yenileme ve onarımlar geçirerek bugüne gelmiştir.

2.Elmalı Barajı, Göksu Deresi' nin kolları olan Budak Dere ve Çavuşbaşı Dereleri' nin birleştiği noktanın mansabında ve Anadoluhisarı' nın 4.5 km. Güney Doğusu' nda, 1.Elmalı Bendi' nin 1.2 km. menbaında bulunmaktadır. Barajın yapımı 1955 yılında bitirilmiştir. Burada toplanan su ile 1.Elmalı Bendi Gölü beslenmektedir (İSKİ,1990).

Rezervuara ait parametreler Tablo 2.1' de verilmiştir.

Tablo 2.1. Elmalı Rezervuarına Ait Parametreler

	Elmalı (1+2)
Havza Alanı	84 km ²
Rezervuar Yüzey Alanı (max. seviyede)	1.1 km ²
Hacim (faal+ölü depolama)	12 milyon m ³
Gelen Su (ortalama)	32 milyon m ³
Verim	18 milyon m ³
Azami Derinlik	29.1 m/67.5 m
Ortalama Derinlik (suyun max. seviyesinde)	11 m
Suyun Kalma Süresi	0.38 yıl

Havza alanının arazi kullanım dağılımı Tablo 2.2' deki gibidir.

Tablo 2.2. Elmalı Havzasının Arazi Kullanım Dağılımı

Arazi Kullanım Kategorisi	km ²
Kentleşen ve Sanayileşen Alan	22
Tarım ve Otlak Olarak Kullanılan Alan	26
Orman ve Fundalık Alan	35
Rezervuar Su Yüzeyi	1.1
Toplam	84.1

Elmalı Rezervuarı' nın konumu Şekil 2.1' de ve rezervuarı besleyen dereler Şekil 2.2' de verilmiştir.

2.3. ELMALI REZERVUARINA SU GETİREN DERELERİN SU KALİTESİ

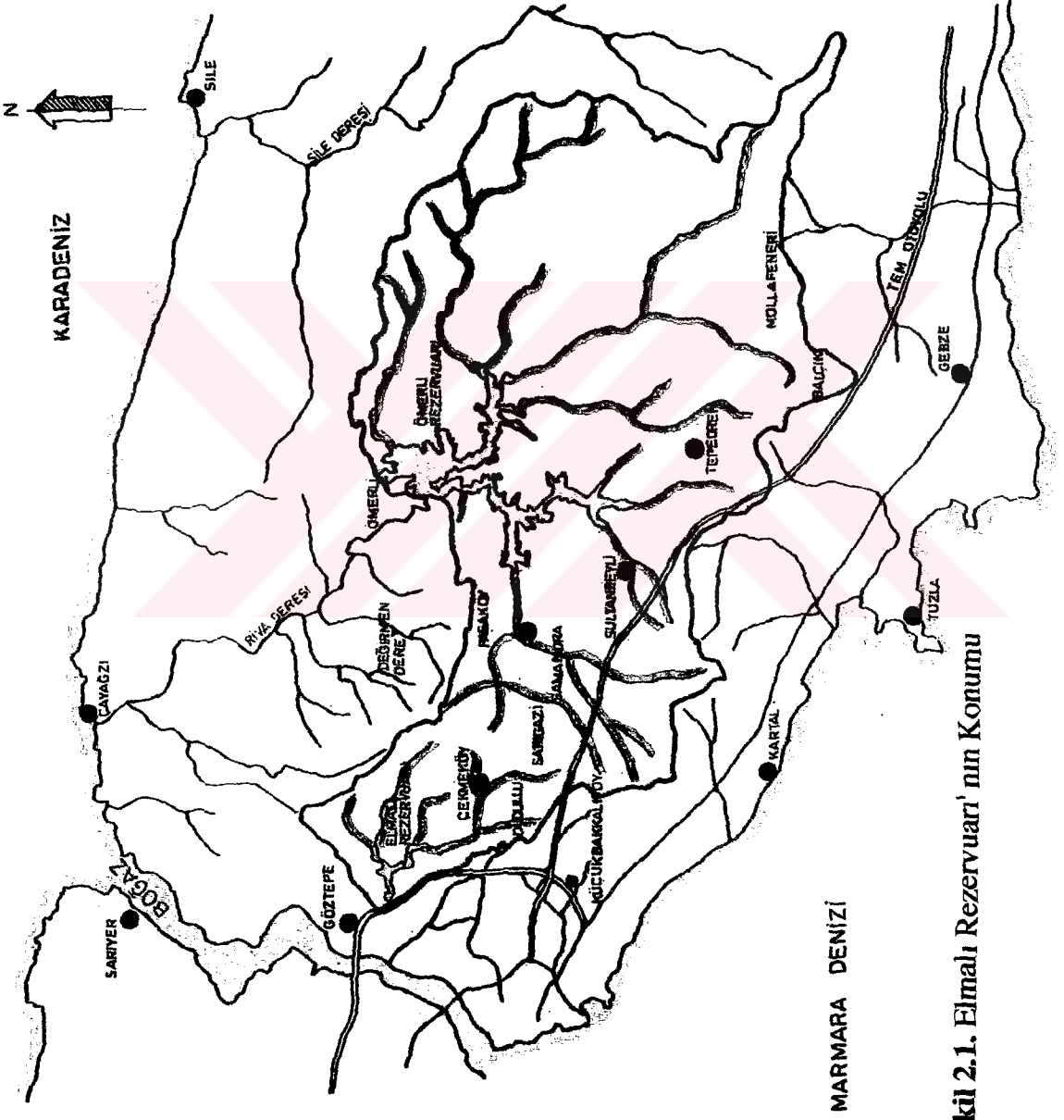
Sızma, boru ile deşarj ve yüzeysel sular yoluyla, atıksuların kentleşmiş bölgeler içinden geçen derelere akıtılması, önemli derecede kirlenmeye yol açmaktadır. "Kıta İçi Su Kaynakları Su Kalitesi Kriterleri" dört kalite su içerir (COWI Consult ve diğerleri,1993) ; Bunlar :

1. Yüksek Kaliteli Su :

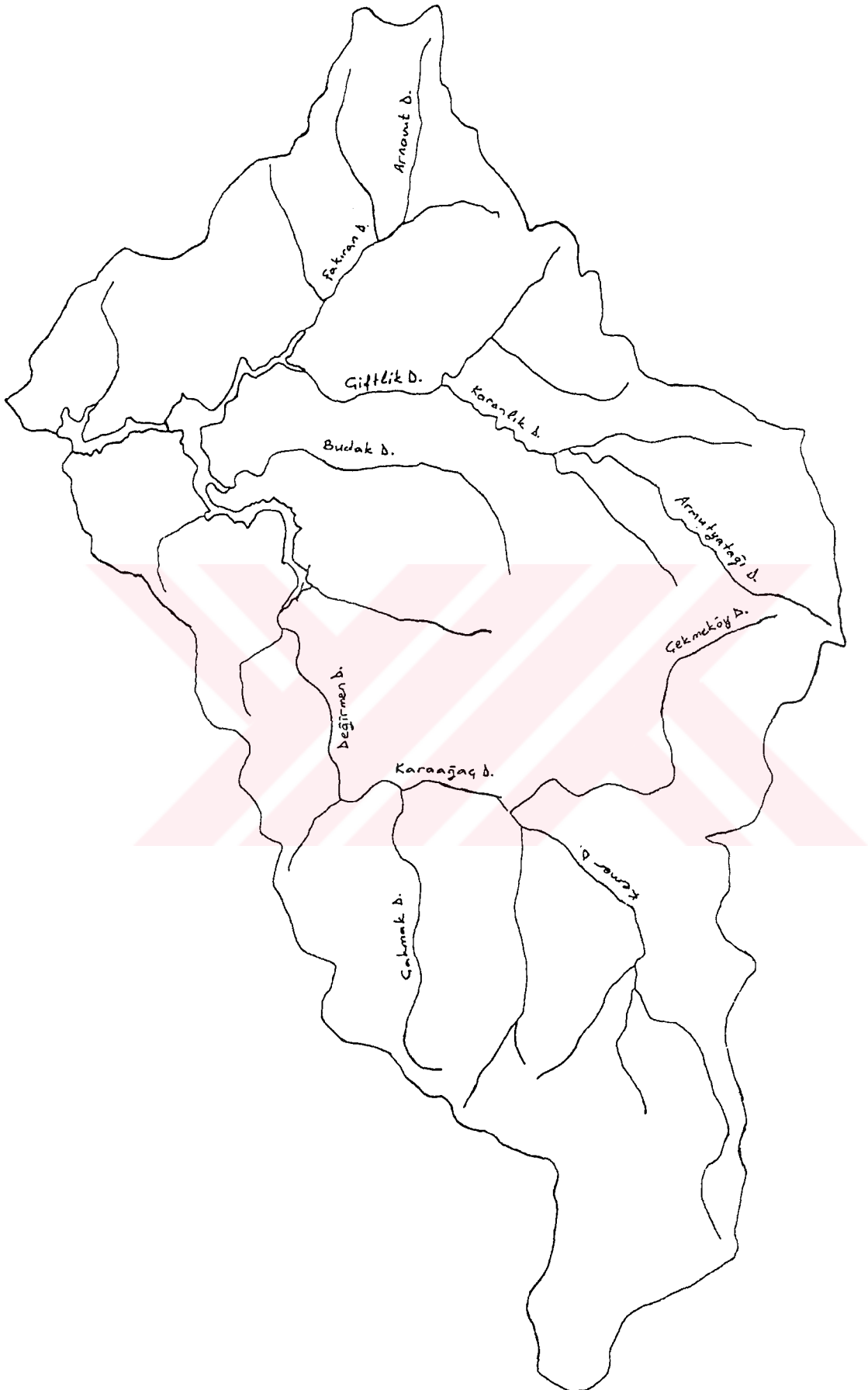
- Dezenfekte edilmiş içme suyu,
- Rekreasyon amaçlı olarak kullanılan su,
- Alabalık üretimi,
- Çiftlik ve hayvancılık,
- Diğer amaçlar.

2. Az Kirli Su :

- İleri veya uygun bir arıtma tekniği ile içme suyu olarak.
- Rekreasyon amacıyla kullanılan su.
- Alabalık dışındaki balık üretimi.



Şekil 2.1. Elmalı Rezervuarı'nın Konumu



Şekil 2.2. Elmalı Rezervuarı' nı Besleyen Dereler

- d. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin Teknik Usuller Tebliği' ne uygun şekilde sulama maksadıyla.
- e. Sınıf 1. dışında kalan diğer maksatlar.

3. Kirli Su :

Gıda, tekstil gibi kaliteli su gerektiren endüstriler hariç olmak üzere uygun bir arıtmadan sonra endüstrinin su ihtiyacını karşılamak için kullanılabilir

4. Çok Kirli Su :

Yukarıda 1, 2 ve 3' de sınıflandırılanlardan daha düşük kalitedeki su.

Bu sınıflara ait kalite kriterleri Tablo 2.3' de verilmiştir.

Elmalı Rezervuarı havzası içindeki derelerin 1981-1992 kimyasal izleme programı ve 1993' te yapılan arazi incelemesi sonuçlarına göre Tablo 2.3' deki kriterler gözönüne alındığında elde edilen sınıflandırmalar Tablo 2.4' de verilmiştir (COWI Consult ve diğerleri,1993).

2.4. YÖNETMELİK VE KORUMA ALANLARI

Büyükşehir sınırları içinde halen kullanılan veya ileride kullanılabilecek yüzey suyu kaynaklarını koruma önlemleri İSKİ Yönetmelikleri' nde belirtilmiştir. Ayrıca Çevre Kanunu'nun bir parçası olan Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nin 16-21. Maddeleri yüzeysel suların korunması ile ilgili önlemleri kapsamaktadır. Her iki yönetmelik de yüzey suları çevresinde tesis edilecek koruma bölgelerini belirleyen prensipleri ortaya koymuştur. İSKİ'nin rezervuarlarla ilgili yönetmeliği Tablo 2.5' de özetlenmiştir.

Tablo 2.3. Kıta İçi Su Kaynakları Su Kalitesi Kriterleri.

		Su Kalite Sınıfları			
		1	2	3	4
Fiziksel /İnorganik Kimyasal Parametreler					
Isı	°C	25	25	30	>30
pH		6.5-8.5	6.5-8.5	6-9	6-9
Çözünmüş Oksijen	mg/l	8	6	3	<3
Oksijen Doygunluğu	%	90	70	40	<40
Klor	mg/l	25	200	400	>400
Sülfat	mg/l	200	200	400	>400
Amonyum Azotu	mg/l	0.2	1	2	>2
Nitrit Azotu	mg/l	0.002	0.01	0.05	>0.05
Nitrat Azotu	mg/l	5	10	20	>20
Toplam Fosfor	mg/l	0.02	0.16	0.45	>0.45
Toplam Çözünmüş Katı Maddeler	mg/l	500	1500	5000	>5000
Renk	mg/l	5	50	300	>300
Sodyum	mg/l	125	125	250	>250
Organik Parametreler					
KOI	mg/l	25	50	70	>70
BOİ	mg/l	4	8	20	>20
Organik Karbon	mg/l	5	8	12	>12
Toplam Kjeldahl Azotu	mg/l	0.5	1.5	5	>50
Emülsiyonlu Yağ ve Gres	mg/l	0.02	0.3	0.5	>5
Mavi Metil Aktif Madde	mg/l	0.05	0.2	1	>1.5
Uçucu Fenolikler	mg/l	0.002	0.01	0.1	>0.1
Mineral Yağlar	mg/l	0.02	0.1	0.5	>0.5
Toplam Pestisitler	mg/l	0.001	0.01	0.1	>0.1
İnorganik Kirlenme Parametreleri					
Civa	µg/l	0.1	0.5	2	>2
Kadmiyum	µg/l	3	5	10	>10
Kurşun	µg/l	10	20	50	>50
Arsenik	µg/l	20	50	100	>100
Bakır	µg/l	20	50	200	>200
Toplam Krom	µg/l	20	50	200	>200
Krom (altı değerli)	µg/l	Çok Düşük	20	50	>50
Kobalt	µg/l	10	20	200	>200
Nikel	µg/l	20	50	200	>200
Çinko	µg/l	200	500	2000	>2000
Toplam Siyanür	µg/l	10	50	100	>100
Flor	µg/l	1000	1500	2000	>2000
Serbest Klor	µg/l	10	10	50	>50
Kükürt	µg/l	2	2	10	>10
Demir	µg/l	300	1000	5000	>5000
Manganez	µg/l	100	500	3000	>3000
Bor	µg/l	100	1000	1000	>1000
Selenyum	µg/l	10	10	20	>20
Baryum	µg/l	1000	2000	2000	>2000
Alüminyum	µg/l	0.3	0.3	1	>1
Alfa Aktivitesi	pCi/l	1	10	10	>10
Beta Aktivitesi	pCi/l	10	100	100	>100
Bakteriyolojik Parametreler					
Fekal Koliform	/100 ml	10	200	2000	>2000
Toplam Koliform	/100 ml	100	20000	100000	>100000

Tablo 2.4. Havza İçindeki Derelerin Kirlilik Seviyeleri

DERE İSMİ	KİRLİLİK SEVİYESİ		
	Düşük Seviye Sınıf 1/2	Orta Seviye Sınıf 2/3	Yüksek Seviye Sınıf 3/4
Budak Dere	x		
Şakıran Dere	x		
Çiftlik Dere	x		
Değirmen Dere			x
Kemer Dere			x
Çakmak Dere			x
Çekmeköy Dere			x

Tablo 2.5. Rezervuarların Koruma Alanları ile İlgili Yönetmelik

Koruma Bölgeleri	Gerekli Mesafe	Tarım	Yeni Yerleşme		Mevcut Yerleşme	
	(m)		İskan	Endüstri	İskan	Endüstri
Kesin Koruma Bölgesi	0-300	Yasak	Yasak	Yasak	Kalkacak	Kalkacak
Kısa Mesafe Koruma Böl.	300- 1000	Sınırlı	Yasak	Yasak	Kalkacak	Kalkacak
Orta Mesafe Koruma Böl.	1000- 2000	Sınırlı	Sınırlı(1)	Sınırlı(3)	Kalacak	Kalacak (4)
Uzak Mesafe Koruma Böl.	2000-	Sınırlı	Sınırlı(2)	Sınırlı(3)	Kalacak	Kalacak (4)

Not : (1) Müstakil evlerle sınırlı

(2) Bahçeli müstakil ev ve binalarla sınırlı

(3) Küçük endüstrilerle sınırlı

(4) Kirlilik tehlikesi ve riski ortadan kaldırılmışsa

İSKİ Genel Müdürlüğü' nün İçme ve Kullanma Suyu Temin Edilen ve Edilecek Olan Yüzeysel Su Kaynaklarının Kirlenmeye Karşı Korunması Hakkındaki Yönetmeliği'nin 6. Maddesi' nin atıfta bulunduğu Ek' de Elmalı Havzası için ; "Şakıran Dere, Arnavut Dere, Çengel Dere, Çiftlik Dere, Armut Yatağı Dere, Karanlık Dere, Budak Dere, Değirmen Dere, Karaağaç Deresi, Köprü (Kemer) Dere, Çekmeköy Deresi kolları İSKİ' ce koruma altına alınmıştır. Aynı Madde' ye göre, derelerin her iki yanındaki 0-100 metrelik koruma alanlarında, kirliliğe sebep olabilecek mevcut yapı ve tesisler bu alanlardan uzaklaştırılacaktır." denilmekte, orta ve uzun mesafeli koruma alanlarında, tesbit edilen bu derelerin her iki tarafındaki 0-100 metrelik koruma alanlarında geçerli olan 4-A Maddesinin 1, 3, 4, 5, 6 ve 8. bentlerinin geçerli olduğu belirtilmektedir (COWI Consult ve diğerleri,1993).

Ancak, sözkonusu Yönetmeliklere rağmen, içlerinde çok katlı binaların da bulunduğu yeni yerleşim alanlarının rezervuar kıyılarına ve rezervuara akan derelerin kenarlarına kadar inşa edildikleri görülmektedir. Sözkonusu olan bu kaçak yapılaşma ve endüstriyel faaliyetler, dereleri ve bunların beslediği rezervuarı önemli ölçüde kirletmektedir. Elmalı Havzası' nda 163 sanayi birimi bulunmakta olup ana sanayi kolları ; metal endüstrisi (döküm, polisaj, makina imalatı v.s.), hayvancılık (özellikle tavukculuk), ahşap ve cam işleridir. Havzadaki toplam endüstriyel atıksu ile ilgili miktarlar Tablo 2.6' da verilmiştir.

Tablo 2.6. Havzada Mevcut Endüstriyel Atıksu Verileri

Parametre	
Debi (m ³ /gün)	715
BOI ₅ (kg/gün)	178
Toplam-N (kg/gün)	29
Toplam-P (kg/gün)	7

28 Mart 1990-18 Kasım 1992 tarihleri arasında İSKİ tarafından yapılan gözleme programı çerçevesinde elde edilen analiz neticeleri Tablo 2.7' de verilmiştir.

Tablo 2.7. 1980- 1992 Tarihleri Arasında Elmalı Barajları ve Havzalarında İSKİ Tarafından Yapılan Analiz Neticeleri

PARAMETRE	ELMALI 1 BENDİ			ELMALI 2 BENDİ			BUDAKDERE			DEĞİRMENDERE		
	Min.	Ort.	Max.	Min.	Ort.	Max.	Min.	Ort.	Max.	Min.	Ort.	Max.
BOİ , mg/l	1.30	3.30	5.00	4.00	4.00	4.00	1.00	1.60	3.00	3.00	17.00	38.00
KOI , mg/l	7.00	42.30	90.00	35.00	47.00	60.00	5.00	13.50	26.00	40.00	84.50	141.00
AKM , mg/l	5.00	23.30	45.00	15.00	30.00	47.00	3.00	19.50	34.00	5.00	48.70	153.00
TKN , mg/l	0.00	6.40	25.00	0.60	1.97	4.20	0.00	0.91	3.40	5.30	20.90	37.00
T-PO4 , mg/l	0.08	0.22	0.40	0.01	0.11	0.20	0.02	0.24	0.60	0.03	0.74	3.00
Yağ-Gres , mg/l								10.00		10.00	16.00	20.00
Fenol , mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.40	0.00	0.07	0.40
H ₂ S , mg/l	0.00	0.02	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.10	0.00	0.00	0.00
pH	7.30	8.37	9.96	7.10	8.60	9.89	7.15	7.47	7.80	7.35	7.62	7.94
T-Cr , mg/l	0.005	0.005	0.008	0.005	0.005	0.005	0.005	0.006	0.009	0.005	0.012	0.050
Cu , mg/l	0.005	0.005	0.018	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.007	0.005	0.011	0.040
Pb , mg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.006	0.015
Ni , mg/l	0.005	0.007	0.015	0.005	0.075	0.010	0.005	0.005	0.005	0.005	0.010	0.020
T-Cu , mg/l	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.050
Cd , mg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
NH ₃ -N , mg/l	0.000	0.51	2.50	0.00	0.12	0.20	0.00	0.02	0.10	3.80	12.15	26.80
SO ₄ , mg/l	6.30	48.55	75.00	5.80	33.20	60.00	15.00	24.25	33.00	6.30	56.05	87.00
Deterjan , mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.30	0.00	1.43	4.00
NO ₂ -N , mg/l		0.10		0.10	0.20	0.30	0.00	0.01	0.01	0.40	0.67	1.00
NO ₃ -N , mg/l	0.30	0.30	0.30	0.20	0.70	1.20	0.10	0.20	0.30	0.30	1.85	5.00

Tablo 2.7.' nin devamı

PARAMETRE	ÇENGELDERE			KARANLIKDERE			KEMERDERE			ÇEKMEKÖYDERE		
	Min.	Ort.	Max.	Min.	Ort.	Max.	Min.	Ort.	Max.	Min.	Ort.	Max.
BOİ , mg/l	1.00	2.21	4.00	0.60	3.13	5.00	3.00	35.00	62.00		25.00	
KOİ , mg/l	13.00	21.50	75.00	6.00	25.60	58.00	43.00	102.00	154.00	600.00	1235	1870
AKM , mg/l	4.00	57.30	252.00	10.00	18.80	37.00	13.00	105.00	285.00	90.00	795	1500
TKN , mg/l	0.00	2.65	9.00	0.00	1.50	4.10	3.40	24.95	44.00	4.45	57.90	111.50
T-PO4 , mg/l	0.00	0.19	0.60	0.00	0.21	0.40	0.02	0.45	1.55	0.20	0.60	1.00
Yağ-Gres , mg/l	10.00	10.00	10.00	14.00	14.50	15.00	10.00	12.50	20.00			
Fenol , mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.00	0.01	0.06	0.00	0.00	0.00
H ₂ S , mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	20.00
pH	6.70	7.53	7.95	7.10	7.50	8.33	7.35	7.51	7.80	6.10	6.83	7.55
T-Cr , mg/l	0.005	0.005	0.008	0.005	0.010	0.030	0.005	0.009	0.015	0.005	0.017	0.030
Cu , mg/l	0.005	0.007	0.015	0.005	0.007	0.015	0.005	0.022	0.040	0.005	0.008	0.010
Pb , mg/l	0.005	0.005	0.005		0.005		0.005	0.009	0.025	0.005	0.011	0.016
Ni , mg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.006	0.010	0.005	0.011	0.020	0.005	0.008	0.010
T-Cu , mg/l	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.080	
Cd , mg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.013	0.020
NH ₃ -N , mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.15	2.00	10.00	18.00	2.00	53.00	104.00
SO ₄ , mg/l	20.00	24.20	28.00	22.00	22.75	37.00		70.00			1390	
Deterjan , mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.30	0.83	1.87	2.90		0.30	
NO ₂ -N , mg/l		0.01			0.00							
NO ₃ -N , mg/l	0.80	1.20	1.70		1.00		0.00	0.12	0.25			

BÖLÜM 3

3. ELMALI REZERVUARI' NDA SU KALİTESİNİ BELİRLEMEK ÜZERE YAPILAN ÇALIŞMALAR

3.1. ÖLÇÜLEN PARAMETRELERİN TANIMLANMASI

3.1.1. SICAKLIK

Yüzeysel suların kalitesi açısından sıcaklık önemli bir değişkendir. Sıcaklık bir katalizör, bir dengeleyici, bir hızlandırıcı veya bir öldürücü olarak su ortamındaki biyolojik hayatı etkileyebilen en önemli parametrelerden biridir. Sıcaklık, su ortamındaki tabii süreçlerin en önemli düzenleyicisidir. Organizmaların biyolojik faaliyetleri ve diğer su özelliklerine karşı tavırları sıcaklığın değişmesinden etkilenir. Su ortamındaki kimyasal reaksiyon hızları, enzimlerle ilgili faaliyetler, moleküllerin hareketi ve canlı organları ile fizyolojik sistemler arasında bulunan membranlardaki moleküler hareketler sıcaklığın birer fonksiyonudur (Karpuzcu,1991).

Suda çeşitli gazların doygunluk değişimleri, sıcaklığın azalmasıyla artar. Sıcaklık arttıkça çözülmüş oksijen miktarı azalmaktadır. Gazların atmosferden suya geçmeleri, dipte ayrıışan ölü biyolojik varlıklardan oluşan besinlerin dipten yukarı doğru transferi de sıcaklıktan fazlasıyla etkilenirler.

Yüzeysel suların sıcaklığı yapay olarak deşarjlar sonucunda da değişimlere uğrayabilir. Bu etkilerden en önemlisi termik santrallerde kullanılan soğutma suyu olmaktadır. Soğutma sularının yüzeysel sulara deşarjı sonucunda ortaya çıkan sıcaklık artışına "ısı kirlenme" adı verilir.

Sıcaklığın artışıyla artan biokimyasal reaksiyon hızları nedeniyle oksijen tüketiminin hızlanması, diğer yandan da artan sıcaklıkla sudaki oksijen doygunluk değerinin azalması sonucunda oksijen kazanımının yavaşlaması yaz mevsimlerinde suların anaerobik hale gelmesine sebep olabilir.

Kimyasal ve biokimyasal reaksiyonların hızları sıcaklığın değişimine bağlı olarak önemli ölçüde farklılıklar gösterir. Birçok reaksiyonun hızı, her 10 °C sıcaklık artışı için, yaklaşık iki katına çıkar (Uslu ve Türkman,1987).

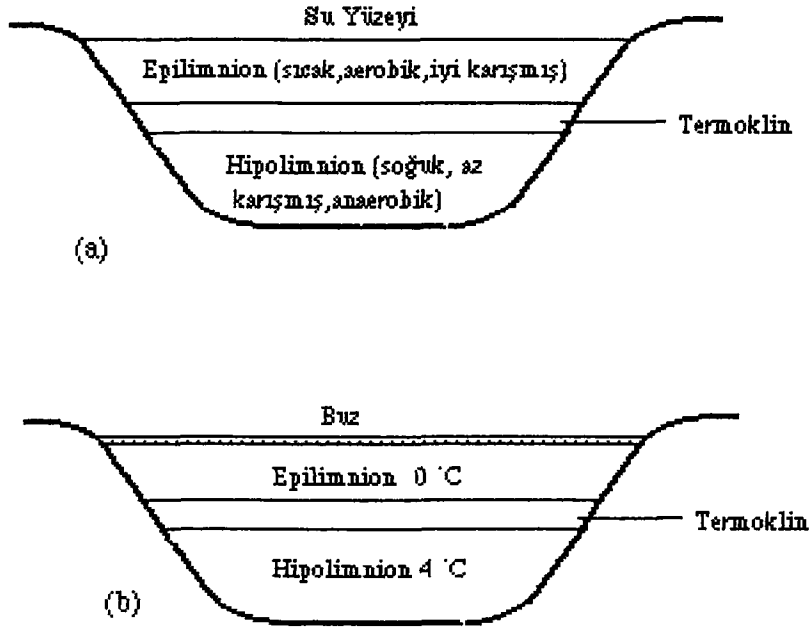
Suyun maximum yoğunluğu +4 °C' dedir. Isının büyük bir kısmı su kütlesi içinde tutulur. Göl sularının sıcaklığı, mevsimlik değişimlere uğrar. Sıcaklığın mevsimlere bağlı olarak derinlikle değişimi farklıdır.

Yaz boyunca su yüzeyi, sıcak hava ve güneş ışığı ile ısınır. Soğuk sudan daha az yoğunluğa sahip olan sıcak su, rüzgar, dalgalar ve diğer kuvvetlerle aşağıya doğru karışmaya kadar sabit kalır. Çok iyi karışan bu tabakaya epilimnion tabakası denir. Epilimnion tabakası altında oldukça az karışan kısma ise hipolimnion adı verilir. İyi karışım sebebiyle epilimnion aerobiktir. Sıcaklığın keskin bir şekilde değiştiği tabaka termoklin tabakası olarak adlandırılır ve oldukça kısa mesafelidir(Şekil 3.1.a). Epilimnionun yüksekliği göl yüzeyine bağlı olarak değişir. Küçük göllerde en az 1m, geniş göllerde ise 20 m veya daha fazla olabilir. Epilimnionun derinliği, aynı zamanda tabakalaşmanın geliştiği ilkbahar mevsimindeki rüzgarların şiddetine de bağlıdır. Sıcaklığın düştüğü sonbaharda, epilimnion, hipolimniondan daha az yoğun oluncaya kadar soğur. Böylece sıcaklık düşümünden dolayı yüzey suyu aşağıya doğru gider. Hipolimniondaki su yüzeye çıkar, soğur ve tekrar aşağıya iner. Böylece göl tamamen karışır. Eğer göl soğuk bir iklim bölgesinde ise, bu proses 4 °C'de durur. Su yüzeyindeki daha fazla soğuma veya donma Şekil 3.1.b' de gösterilen kış tabakalaşmasını meydana getirir. İlkbaharda su ısınarak tekrar dönüşüme uğrar ve tamamen karışır (Davis and Cornwell,1991).

3.1.2. pH

pH, su kimyasında en önemli parametrelerden biridir. Pratik olarak su temininin ve atıksu tasfiyesinin her safhası pH'ya bağlıdır. pH, alkalinite ve CO₂ ölçümlerinde ve asit-baz reaksiyonlarında kullanılır. Verilen bir sıcaklıkta bir çözeltinin asidik veya bazik yoğunluğu pH ile belirlenir.

pH değeri, hidrojen iyonunun eksi logaritması ($pH = -\log [H^+]$) olarak ifade edilir.Tabii sular, genelde 4 - 9 arasındaki pH değerlerini alırlar. Fakat, çoğunlukla



Şekil 3.1. Yaz ve Kış Aylarında Göllerdeki Tabakalaşma

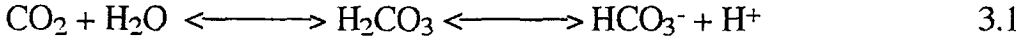
suda tabii olarak bulunan alkali ve toprak alkali metallerin mevcudiyeti nedeniyle hafif baziktirler (Standard Methods,1989).

pH sıcaklığa bağlı olarak değişir. Mesela; nötral pH değeri :

0 °C' de	7.465	
15 °C' de	7.175	
20 °C' de	7.085	
25 °C' de	7.000	
30 °C' de	6.915	
50 °C' de	6.630	
60 °C' de	6.500	olarak gerçekleşir

(Sawyer and McCarty,1967).

CO₂ asidik bir gaz olduğundan, aşağıdaki reaksiyona göre CO₂'in ortamdan alınması pH' ın yükselmesine sebep olur.



Yüzeysel sularda, alglerin hızlıca geliştiği yerlerde pH değerlerinin aşırı miktarda yükseldiği görülmüştür. Algler, fotosentetik aktivitelerinde CO₂'i kullanırlar ve CO₂' in ortamdan alınması sebebiyle ortam pH'ı oldukça yükselir. Bu reaksiyon basit olarak



şeklinde ifade edilir (Stumm and Morgan,1970).

pH, su içerisindeki belirli organizmalar için belli sınırlar dahilinde kontrol edilmelidir. Tatlısu organizmaları 5-9 pH değerlerinde normal olarak etkilenmezler. Ancak, bazı parametrelerin pH ile artan zehirlilikleri sebebi ile dolaylı olarak etkilenmektedirler. Normal olarak tatlısu organizmalarının geliştiği ortamın pH'sı 6.7 ile 8.2 arasındadır (Kavurt,1993).

pH, kirli ve korunmayan göllerde temiz göllerdekine nazaran daha düzensizdir. Bu tip göllerde yaşayan mikroorganizmalar geniş pH aralıklarında yaşayabilmektedir (James, 1991).

Sudaki bazı maddelerin toksisitesi pH'ya bağlı olarak azalır veya çoğalır. Mesela; sülfür ve siyanür tuzlarının zehirliliği pH düştükçe artar. Amonyakın zehirliliği ise pH yükseldikçe artar (Sawyer and McCarty,1967).

3.1.3. İLETKENLİK

İletkenlik, sulu bir çözeltinin elektrik akımını geçirme kabiliyetinin nümerik bir göstergesidir. Bu kabiliyet, iyonların varlığına, onların toplam konsantrasyonuna, değişkenliğine, değerliğine ve sıcaklığa bağlı olarak değişir. İnorganik asitler, bazlar ve tuzların çözeltileri çok iyi iletkenlerdir. Tam tersine organik bileşiklerin iletkenliği çok zayıftır.

İletkenlik terimi çoğunlukla $\mu\text{mho/cm}$ olarak birimlendirilir. Ölçüm sonuçları $\text{EC} \times 10^6 \mu\text{mho/cm}$ (25 °C'de) olarak ifade edilebilir.

Yeni destile edilmiş bir su, 0.5-1500 $\mu\text{mho/cm}$ iletkenliğe sahiptir. Birkaç hafta bekletmeden sonra bu değer 24 $\mu\text{mho/cm}$ olur. Bu artış ortam CO_2 'inin destile suda absorblanması ile meydana gelir (Standart Methods,1989).

İçme suları genelde 50-1500 $\mu\text{mho/cm}$ aralığında iletkenliğe sahiptir. Evsel atıksularda nisbeten bu aralığa veya biraz yukarısına çıkarlar. Fakat, endüstriyel atıksularda bu değer 10.000 $\mu\text{mho/cm}$ değerinin üzerindedir (Standart Methods,1989).

Suların çözünmüş katı madde konsantrasyonlarının dolaylı olarak tesbitinde de iletkenlik kullanılabilir. Bunun için iletkenlikle çarpılması gereken faktör sulara bağlı olarak 0.55 ile 0.90 arasında değişmektedir (Kavurt, 1993).

CO_3^{2-} ve HCO_3^- iyonlarının yoğun olduğu sularda iletkenlik düşükken, Cl^- ve SO_4^{2-} iyonlarının bulunduğu suların iletkenliği yüksektir (Aksoğan ve Gölhan,1970).

Su ürünleri açısından iletkenlik, tatlı sularda daha önemlidir. Genelde tatlısu balıkları 12.5-1800 $\mu\text{mho/cm}$ 'lik bir aralıkta yaşarlar.

3.1.4. ÇÖZÜNMÜŞ OKSİJEN

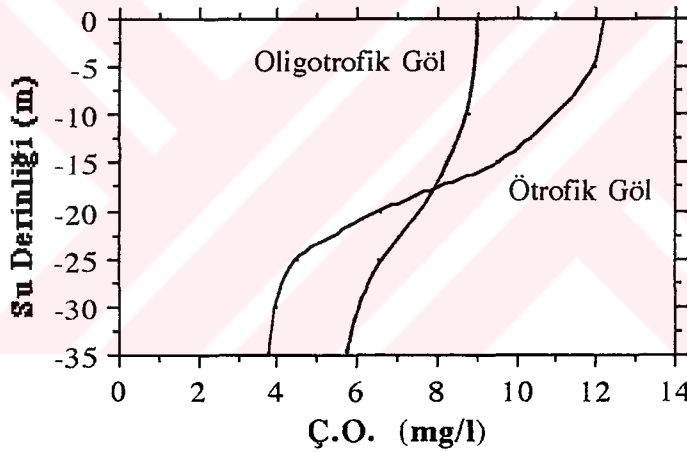
Canlı organizmalar, yaşamlarını sürdürebilmek için oksijene ihtiyaç duyarlar. Mikroorganizmalar da yaşama ve üreme için gereken enerjiyi oksijenden yararlanarak üretirler ve bu nedenle serbest oksijene ihtiyaç duyarlar. Bağlı oksijenden sadece birkaç bakteri türü ve mantar yararlanabilir. Atmosferdeki tüm gazlar suda belirli bir derecede çözünürler. Azot ve oksijenin her ikisinde suda çok az çözünürler ve su ile kimyasal olarak reaksiyona giremediklerinden, çözünürlükleri doğrudan doğruya kısmi basınç ile ilgilidir. Doğal sularda çözünmüş oksijen seviyeleri su ortamındaki fiziksel, kimyasal ve biokimyasal aktivitelere bağlıdır.

Tatlı sularda 1 atm. basınçta, havanın oksijeninin çözünürlüğü, 0 °C'de 14.6 mg/l'te ve 35 °C'de 7 mg/l'tir. Oksijen suda çok az çözünen bir gaz olduğundan çözünürlüğü verilen sıcaklıkta atmosferik basınç ile doğrudan değişmektedir.

Oksijenin sudaki çözünürlüğü sıcaklıkla ters, basınçla doğru orantılıdır (Şengül ve diğerleri,1982).

Nehir ve göllerde çözünmüş oksijen miktarının orada yaşayan canlıların, örneğin, balık ve diğer organizmaların türüne göre en az 4-5 mg/l'ten az olması istenmez. Sudaki çözünmüş oksijen belirli bir derinlikten aşağı düştüğü takdirde balıklarda boğulma sebebi ile ölümler başlar ve daha çok oksijene ihtiyaç duyan balıklar önce ölürlür.

Göl su kütlesinde, derinlere doğru inildikçe çözünmüş oksijen konsantrasyonunda bir azalma olur. Ötrofik bir gölde yüzeyde çözünmüş oksijen konsantrasyonu yüksek, derinlere inildikçe hızlı bir şekilde azalır. Buna karşın oligotrofik göllerde bu konsantrasyon farkı çok büyük değildir. Şekil 3.2' de derinliğe göre çözünmüş oksijen değişimi görülmektedir.



Şekil 3.2. Su Kütlesinde Çözünmüş Oksijen Değişimi

3.1.5. FOSFOR

Fosfor doğal sularda ve atıksularda çoğunlukla çeşitli fosfat bileşikleri halinde bulunur. Bu bileşikler; ortofosfatlar, kondanse fosfatlar (piro, meta ve polifosfatlar) ile organik bağlı fosfatlar olarak gruplandırılabilirler. Fosfatlar, çözeltilerde, partiküllerde veya su organizmalarının bünyelerinde bulunurlar.

Bu fosfat formları değişik kaynaklardan meydana gelir. Küçük miktarlardaki bağlı fosfatlar su kaynaklarına arıtma proseslerinden gelir. Bu bileşikleri büyük miktarları, temizlik malzemelerinin bünyesinde bulunan temel madde olarak, çamaşırhanelerden veya diğer temizleme işlemlerinden su kaynaklarına verilir. Ekim yapılan zirai alanlardan ortofosfatlar gübre olarak verilmektedir. Yağmur suları ve sulamadan gelen sularla bu fosfat formları zirai alanlardan yüzeysel sulara taşınırlar. Organik fosfor bileşikleri (katılardaki ve sulardaki), biyolojik büyüme ürünleridir. Göllerde organik fosfor toplam fosforun % 30-% 60 kadarını oluşturur.

Fosfor, organizmaların büyümesi için gerekli temel elementlerden birisi olup, su ortamında sınırlayıcı bir nütrienttir. Fosforun büyümeyi kısıtlayıcı nütrient olması sebebiyle ham ve arıtılmış atıksuların, zirai drenajların veya bazı endüstriyel atıksuların su ortamlarına deşarjı, fotosentetik, aquatik mikro ve makro organizmaların istenmeyen miktarda gelişmelerine yol açar. Fosfatlar aynı zamanda biyolojik çamurlarda ve sedimentlerin hem çökelmiş organik formlarında, hem de organik bileşiklerin içeriğinde bulunabilir (Sawyer and McCarty,1967).

3.1.6. AMONYAK VE NİTRAT

Azot gazı (N_2) atmosferin temel bileşenidir ve oldukça stabildir. Yüksek enerji altında oksijenle NO_x 'lerin oluşması için reaksiyona girer. Azot, proteinlerin, klorofilin ve diğer birçok biyolojik bileşiğin temel ögesidir. Azotun diğer kaynakları ise, aquatik sistemdeki hayvan atıkları, kimyasal ve evsel atıksulardır.

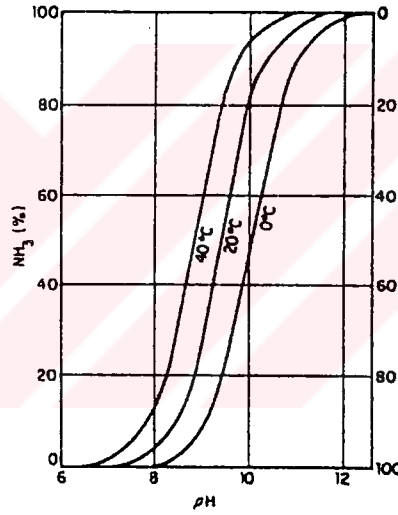
Sularda bulunan azot formları; organik, nitrit, nitrat ve azot gazı şeklindedir. Çoğunlukla amonyak ve nitrat şeklinde bulunan organik azot, fotosentez sırasında yeşil bitkiler tarafından kullanılır.

Amonyak, yüzey sularında ve atıksularda doğal olarak bulunur. Yeraltı suyunda konsantrasyonu azdır, çünkü toprak ve kil parçaları tarafından absorblanır ve kolaylıkla serbest hale geçemez. Kompleks organikler, havyan ve bitki ölüleri bakteriyel ayrışmaya maruz kalarak basit formlara dönüşürler. Örneğin; proteinler aminoasitlere, aminoasitler de amonyağa dönüştürülürler. Bu

dönüştürme olayı gerek aerobik ortamlarda, gerekse anaerobik ortamlarda meydana gelir. Ancak anaerobik ortamlarda amonyak oluşumu daha azdır. Amonyak doğal sularda normal sıcaklık ve basınçlarda gaz olarak bulunur (Sawyer and McCarty,1967). Amonyak suda iyonik form olan amonyum ile dengede olur.

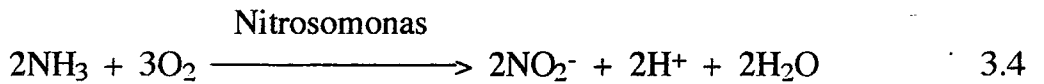


Suyun pH' ısı NH_3 veya NH_4^+ 'nın konsantrasyonu için belirleyici bir etki gösterir. Şekil 3.3' de sıcaklık ve pH'ın sudaki NH_3 ve NH_4^+ 'nın dağılımına olan tesiri görülmektedir.

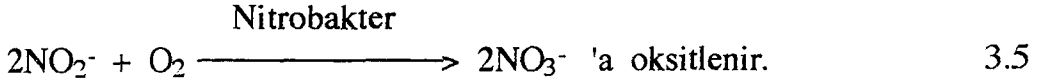


Şekil 3.3. Sıcaklık ve pH' ın Sudaki NH_3 ve NH_4^+ Dağılımına Etkisi

Su kütlesi içerisinde oluşan amonyak, ortamda oksijen varsa bakteriler tarafından nitrifikasyona uğrar. NH_3 nitrosomonas bakterileri tarafından;



NO_2^- 'ye okside edilir. NO_2^- ise nitrobakter gurubu tarafından;



Bu bakterilerin optimum yaşama koşulları pH ; 7.6-8.6 ve 25-28 °C sıcaklık arasındadır.

Genelde organik madde, nitrosomonas bakterilerinin yaşamını etkilemez gibi görünse de, bazı bileşikler elektron verici olan amonyakla rekabet ederek nitrifikasyon oranına tesir edebilir. Yüksek oranda organik madde ihtiva eden sularda ışık, nitrifikasyonun etkisini yavaşlatır. Diğer taraftan anoksik hipolimnionda nitrifikasyon meydana gelmez (Abeliovich and Vonshak, 1993).

Doğal sularda azot sınırlı olduğundan, azotlu atıkların doğal sulara ilavesi alg büyümesini hızlandırabilir. Balıklar üzerine toksik etki yapması nedeniyle önemli bir kirleticidir. Dip çamurlarında anaerobik koşullar altında azot reaksiyonları, aerobik koşullardakine kıyasla daha değişik yol izlerler. Ötrofik su ortamlarında, her tabakada değişik azot reaksiyonları yer alır.

İçme sularında amonyağın bulunması istenmez. Suda bulunması kirlenme şüphesini doğurur. Sulardaki amonyak genellikle atıksu kaynaklıdır. Amonyağın su ürünleri açısından zehirli etkide bulunduğu ve zehirlilik derecesinin pH ile değiştiği bilinmektedir.

Amonyak tabii sularda genellikle amonyum iyonu halindedir. Bununla birlikte pH değeri yüksek sularda serbest hale geçerek zehirli seviyeye ulaşabilir. Çeşitli balıklar üzerinde yapılan denemeler amonyağın lethal dozunun 0.2-2.0 mg/lit NH_3 arasında olduğunu göstermiştir (Kavurt, 1993).

Toplam okside olan azot, nitrit ve nitrat azotunun toplamıdır. Yüzey sularında nitrat genellikle az miktarlarda bulunur. Fakat yeraltı sularında fazla miktarda bulunabilir. İçme sularında izin verilen nitrat limiti 10 mg/l'tir (Standart Methods, 1989).

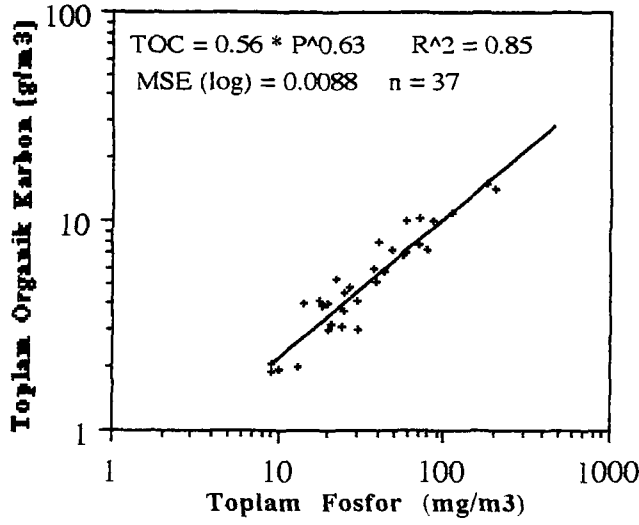
3.1.7. TOPLAM ORGANİK KARBON (TOC) VE TOPLAM ORGANİK MADDE (TOM)

Su ve atıksudaki organik karbon, çeşitli oksidasyon kademelerinde, çeşitli organik bileşiklerden ibarettir. Organik maddeler, karbonun öncelikle hidrojen ve oksijen, ikinci dereceden de azot, fosfor, kükürt ve buna benzer elementlerle oluşturduğu bileşiklerdir. TOC, toplam organik bileşenlerin doğrudan bir ifadesidir.

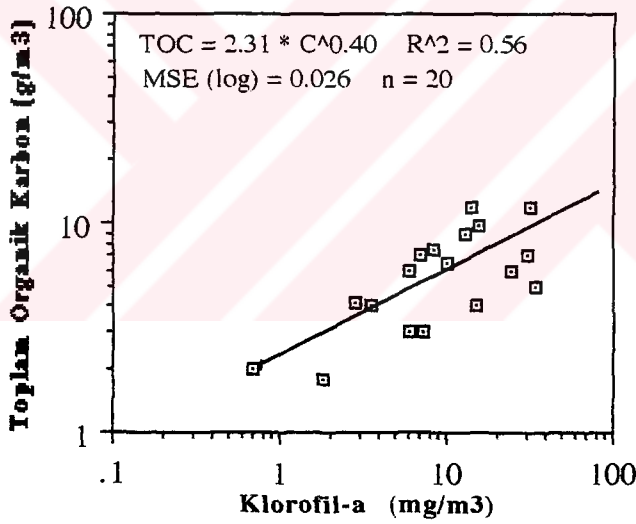
Yüzeysel sularda organik maddeler, bir yandan hayvansal veya bitkisel olarak doğal kökenli, öte yandan da arıtılmamış evsel ve endüstriyel atıksularla birlikte gelen doğal olmayan bileşiklerden oluşurlar. Su ortamındaki organik maddeler, mikroorganizmaların metabolik süreçlerinde yer alan çözünmüş veya askıdaki organik maddelerin ve azot bileşiklerinin biokimyasal olarak parçalanması, su kütlesindeki oksijen bilançosunda en önemli tüketimi oluşturur. Su kütlesine dışardan biyolojik olarak ayrışabilecek nitelikteki organik maddelerin veya azot ve fosfor bileşenlerinin çeşitli türdeki atıklarla verilmesi bu hassas dengeyi önemli ölçüde değiştirmektedir. Oksijen tüketiminin oksijen üretiminden daha fazla olduğu durumlarda, ortamdaki biyolojik süreçler tamamen yer değiştirir. Böyle durumlarda organik maddenin parçalanması anaerobik olarak devam eder. Bu reaksiyonlar sonucunda metan (CH_4), amonyak (NH_3), hidrojen sülfür (H_2S) gibi maddeler ortaya çıkar. Çözünmüş oksijen konsantrasyonu organik maddelerin ayrışmasıyla azalırken, ayrışma hızı ise sıcaklığın yükselmesi ile artar. Diğer çevre şartlarının uygun olması halinde sıcaklığın artmasıyla bakterilerin çoğalma hızları da artar.

Su çevresindeki kirlenmenin organizmalar üzerindeki tesirlerine karşılık, organizmaların da kirlenme üzerine tesirleri vardır. Organik atıklar özellikle besi maddesi sağlayarak, bazı organizmaların çok fazla artmasına sebep olur.

Yapılan bir çalışmaya göre, göllerde ve rezervuarlarda TOC ile T-P ve klorofil-a arasında bir ilişki kurulmuştur. Bu ilişkiye göre TOC miktarı T-P ve klorofil-a miktarıyla logaritmik olarak artmaktadır (William and Walker, 1983). Bu ilişki Şekil 3.4 ve 3.5' de verilmektedir.



Şekil 3.4. Birleşik Devletler Rezervuarları'nda T-P ile TOC Arasındaki İlişki



Şekil 3.5. Birleşik Devletler Rezervuarları'nda Klorofil-a ile TOC Arasındaki İlişki

Temiz su kütlesi birkaç mgC/lt konsantrasyonunu kabul edebilir, ancak, bazen konsantrasyonlar 50 mgC/lt kadar yüksek olabilmektedir. Okyanuslarda organik karbon konsantrasyonları 0.5-1.2 mgC/lt aralığında görülürken, yüzeysel sularda bu değer daha yüksek olabilmektedir. Su yüzeyindeki

konsantrasyonlar derinlerdeki nazaran daha yüksektir (Stumm and Morgan, 1970).

3.1.8. BULANIKLIK VE RENK

Bulanıklık, sudaki askıda maddeler tarafından ışığın absorblanmasının veya kırılmasının miktarını belirleyen bir ölçü birimidir. Yzeyssel sulardaki bulanıklık çoğunlukla, kil, silt, taş kırıkları ve metal oksitleri gibi kolloidal malzemelerin taşınmasından kaynaklanmaktadır. Bitki rkleri ve mikroorganizmalar bulanıklığı artırabilirler. Endüstriyel ve evsel atıksular da yzeyssel sulara geniş miktarda bulanıklık oluşturan maddeler verebilir.

Evsel ve endüstriyel atıklarla kirletilmiş sularda, kısmen inorganik, büyük ölçüde de organik yapılı maddeler mevcuttur. Yzeyssel sulara gelen organik maddeler bakteriler tarafından besi olarak tüketilirler ve sonuçta bakteriyel büyümeye, bakterilerin ve diğerk mikroorganizmaların gelişimine neden olurlar. Bu durumda ilave bir bulanıklık meydana gelir. Azot ve fosfor gibi inorganik besi maddeleri, pis su deşarjı ve zirai alanlardaki sulamalar ile taşınarak yzeyssel sulara gelirler, ve alglerin gelişmesine neden olurlar, böylece sulardaki bulanıklığa katkıda bulunurlar.

Kolloidal maddeler, bulanıklıkla birlikte, zararlı organizmalar ve istenmeyen tat ve kokuya sebep olan veya zararlı etkileri olan kimyasallar için yataklık teşkil ederler. Bulanık bir suyun dezenfeksiyonu oldukça zordur (Peavy et al,1985).

Doğal su kaynaklarında bulanıklık, suya kahverengi veya diğerk renkleri verebilir, akarsular ve göllerde fotosentetik reaksiyonların oluşmasını etkileyebilir.

Bulanıklığın şiddeti, ışığın suya nüfuz kabiliyetiyle ters orantılıdır. Bulanıklık, göllerde çeşitli dönemlere göre değerişik değerler gösterir.

Bulanıklık, daha ziyade cansız materyalden ileri geliyorsa su kaynağının verimliliğı düşük, canlı materyalden meydana geliyorsa, üretkenlik yüksek düzeydedir. Bulanıklığın fazla olması fotosentezi etkileyeceğinden plankton üretimi düşer ve balık-besin dengesi bozulur. Yapılan alışmalarda 200 JTU'luk

bulanıklığın balıklarda öldürücü etki yapmaya başladığı görülmüştür. Küçük göllerde bulanıklık, sıcaklık değişimini de etkiler. Bulanık göllerde, dip sıcaklık daha düşüktür (Kavurt,1993).

Suyun rengi, içinde bulunan yabancı maddelerden ileri gelir. Sular, içinde bulunan çözünmüş veya asılı maddelerin çeşidine bağlı olarak az veya çok renkli olabilirler.

Suya renk veren elemanları iki genel grupta toplamak mümkündür.

a- Organik maddeler b- İnorganik maddeler

Renk bakımından, içme suyu için önemli olanlar ve genel olarak sularda rengi meydana getirenler organik maddelerdir.

Ağaçlar, yapraklar ve orman toprağı gibi tabiatta çok miktarda bulunan organik maddelerin dekompozisyonundan meydana gelen elemanların su ile teması neticesinde renkli sular hasıl olur.

Suya renk veren organik maddeler:

- Yaşayan bitkisel varlıklar,
- Çürümeye maruz kalan bitkilerin dekompozisyonundan meydana gelen maddeler,
- Topraktaki organik maddeler,
- Yukarıdaki organik maddelerin kombinasyonundan ileri gelen bileşikler,

olarak, dört genel grupta toplanabilir.

Suya renk veren inorganik maddeler; demir bileşikleri, tekstil ve kağıt sanayi suları, boyalar olarak zikredilebilir.

Su içindeki askı halinde yüzebilen maddelerin verdiği renge "görünen renk", kolloid halindeki organik maddelerden ileri gelen renge "gerçek renk" adı verilmektedir.

Organik bileşiklerin sebep olduğu gerçek renk, dezenfektan olarak kullanılan klorun etkisini azaltabilir ve klor ihtiyacını artırabilir. Renk veren bazı organiklerle klorun birleşmesi sonucu kanserojen olan bileşikler oluşabilir (Peavy et al,1985).

NAS (American National Academy of Sciences) bulanıklık ve rengin, güneş ışığının en az % 10'unun biyolojik kütleinin fotosentetik faaliyetlerini sürdürdükleri noktaya kadar nüfuz etmesini engellememesi hükmünü getirmiştir (Kavurt, 1993).

3.1.9. KLORÜR

Klorürler tüm doğal sularda çeşitli konsantrasyonlarda bulunurlar. Klorür içeriği, normal olarak, mineral içeriğinin artması ile artar. Doğada en fazla miktarda bulunan halojen olarak bilinir. Dağlık alanlardaki su kaynakları çok düşük klorür konsantrasyonları içermektedir. Buna karşılık nehir ve yeraltı su kaynakları belli miktarlarda klorür konsantrasyonları içerir.

Klorürler doğal sulara çeşitli yollarla karışırlar. Suyun çözücü gücü toprağın üst tabakalarındaki ve daha dip toprak oluşumlarındaki klorürleri çözer. Sularda NaCl şeklinde, ayrıca CaCl_2 ve MgCl_2 olarak bileşikler halinde bulunur. Eğer sudaki klor içeriği NaCl tuzundan ileri geliyorsa, 250 mg/lit klorür konsantrasyonu suda belirgin bir tuzluluk tadı oluşturmaya yeterlidir. Bu yüzden kullanım amacıyla şehre verilen suda klorür limiti 250 mg/lit'dir. Su temin edilen alanların kısıtlı olduğu yerlerde 2000 mg/lit klorür içeren sular, evsel kullanım için hiçbir zararlı etki yapmaksızın kullanılmaktadır (Sawyer and McCarty,1967).

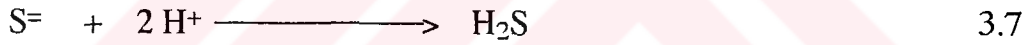
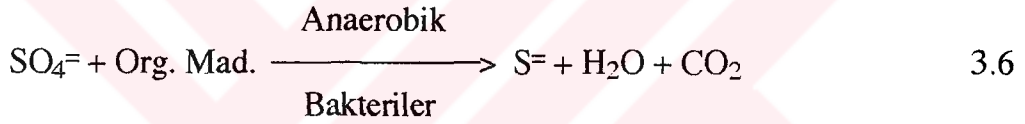
Kullanılmış sulardaki klorür içeriği, içme sularına nazaran çok daha fazladır. Çünkü insan diyetinin temel maddelerinden olan tuz (NaCl) dışkı ve idrar vasıtasıyla atılır. İnsan üresinde 6 gr kadar klorür atılmaktadır. Bu miktar klorürün

kanalizasyona verilmesi ile atıksuya ilave olarak 15 mg/l'tnin üzerinde Cl⁻ konsantrasyonu verilmiş olur.

3.1.10. SÜLFAT

Sülfat, doğada genişçe bulunur ve doğal sularda birkaç mg/l'ten birkaç bin mg/l'tye kadar bulunabilir.

Kükürt kısmen bazı organik maddelerin yapısına girebilen, onun dışında doğal çevriminde en çok inorganik halde yer alan bir elementtir. Sularda az miktarda S⁼ (sülfür) ve daha çok da SO₄⁼ (sülfat) halinde bulunabilir. Özellikle anaerobik ayrışma sonucunda indirgenen kükürt, ikinci aşamada kötü kokulu ve zehirli bir gaz olan H₂S'e dönüşür. Aynı zamanda suda çözünmüş halde de bulunan H₂S gazı, aşağıdaki denge reaksiyonu sonucunda suyun pH'ını düşüreceğinden, tam dolu akmayan beton kanalizasyon borularında korozyona neden olur.



Organik madde bakımından zengin bir ortamda, oksijen ve nitrat bulunmuyorsa, anaerobik bakteriler yukardaki reaksiyonda görüldüğü gibi sülfat iyonunu parçalayarak oksijeninden yararlanırlar.

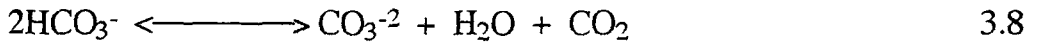
Tabii suların çoğu, fitoplankton gelişmesini sağlayacak düzeyde yeterli miktarda sülfat ihtiva ederler. Yüksek oranda sülfat miktarının düşük pH derecelerinde plankton gelişmesini önlediği bilinmektedir.

3.1.11. ALKALİNİTE

Alkalinite, suların asitleri nötralize etme kapasitesidir. Doğal su sistemlerinde, alkalinitenin bileşenleri; CO₃⁻², HCO₃⁻, OH⁻, HPO₄⁻², HS⁻ ve NH₃' dir. Fosforlar deşarj edilen atıksulardaki deterjanlardan veya tarım alanlarından

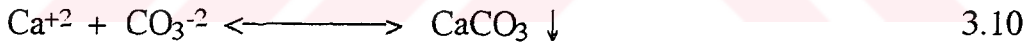
kaynaklanabilir. HS^- ve NH_3 organik maddelerin biyolojik reaksiyon ürünleri olabilir. Bu bileşenlerden en önemlileri CO_3^{2-} , HCO_3^- ve OH^- 'dir. Bikarbonatlar karbondioksitin topraktaki bazik maddeler üzerindeki faaliyeti sonucu sularda oluşurlar.

Bazı durumlarda doğal sular, önemli miktarlarda karbonat ve hidroksil alkalinitesi içerebilir. Bu duruma, özellikle alglerin ürettiği yüzeysel sularda rastlanır. Algler sudaki serbest veya iyonize haldeki karbondioksidi alırlar ve bunun sonucu suyun pH'ını 9-10'a kadar yükseltirler. pH değerleri yükselirken CO_3^{2-} ve HCO_3^- formlarından oluşan CO_2 'i alglerin kullanmasıyla alkalinitenin de formları değişir. Bu reaksiyonlar;



CO_2 'in algler tarafından alınmasıyla, HCO_3^- alkalinitesi CO_3^{2-} alkalinitesine, CO_3^{2-} alkalinitesi de OH^- alkalinitesine dönüşür.

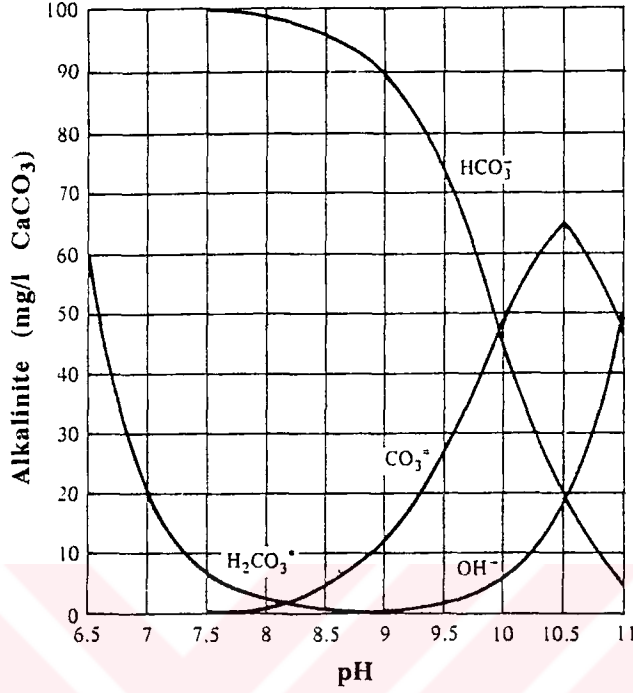
Doğal sularda belli miktarda Ca^{+2} iyonu bulunur. Ortamda CO_3^{2-} iyonu bulunuyorsa CaCO_3 meydana gelir.



Bu reaksiyon sonucu oluşan CaCO_3 'ın çökmesi yüzeydeki alkalinitenin düşmesine sebep olur (Y.T.Ü.,1994).

Kimyasal olarak arıtılmış sular, özellikle de kireç veya kireç-soda yöntemi ile yumuşatılmış sular, çok miktarlarda karbonat ve hidroksil iyonları içerirler. pH'ya bağlı olarak alkalinite bileşenlerinin değişimi Şekil 3.6' da verilmiştir.

Alkalinite halk sağlığı açısından az bir öneme sahiptir. Yüksek miktarda alkalinite suya ekşi tat verir. Alkalinite boruların ve diğer su sistemlerinin bozulmasına ve hasar görmesine sebep olabilir (Sawyer and McCarty,1967).



Şekil 3.6. pH' ya Göre Alkalinite Bileşenleri (değerler 100 mg/l toplam alkalinite içeren 25 °C suda hesaplanmıştır).

3.1.12. SEKİ DİSKİ

Fazla miktarda besi maddesinin göle girmesi sonucu, ışık geçirgenliğinde azalma, renk değişiklikleri, yaz aylarında hipolimniondaki çözünmüş oksijen miktarında azalmalar meydana gelir. Bu olaya **alg patlaması** adı verilir.

Alg patlaması sonucu, göl suyunun bulanıklığı artarak hem su kütlesindeki ışık geçirgenliği azalır ve hem de ötrofikasyon meydana gelir. Işık geçirgenliği seki diski ile ölçülür. Gölde ötrofikasyon artarken ve yüzeysel akışın göle getirdiği katı maddeler de bulanıklığı artırarak seki diski derinliğinin azalmasına sebep olur. Seki diski derinliği, göllerin trofik seviyelerinin belirlenmesinde önemli bir göstergedir. OECD'nin verdiği değerler Tablo 3.1' de verilmiştir.

Tablo 3.1. Trofik Seviyelere Göre Seki Diski Derinliği (OECD,1982)

	Ultra- oligotrofik	Oligotrofik	Mezotrofik	Ötrofik	Hipertrofik
Seki Diski Der.(m)	≥ 12	≥ 6	6 - 3	3 - 1.5	≤ 1.5

Seki diski derinliği OECD' nin yapmış olduğu çalışmaya göre T-P (toplam fosfor) ve Klorofil-a miktarına bağlı olarak logaritmik bir şekilde azalır. Bu ilişkiler Şekil 3.7 ve 3.8' de verilmektedir (OECD,1982).

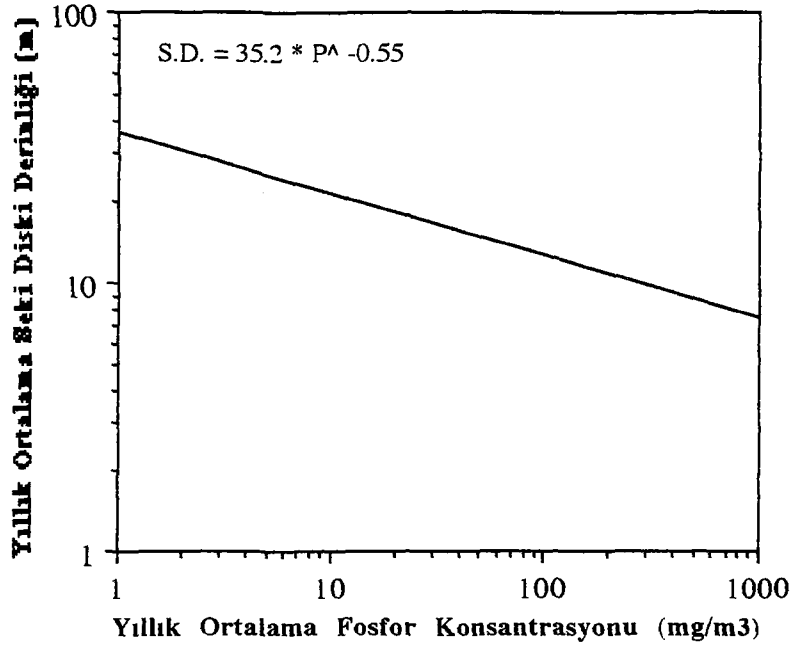
3.2. REZERVUARLARIN TROFİK SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ

3.2.1. TROFİK SEVİYELER VE ÖTROFİKASYON

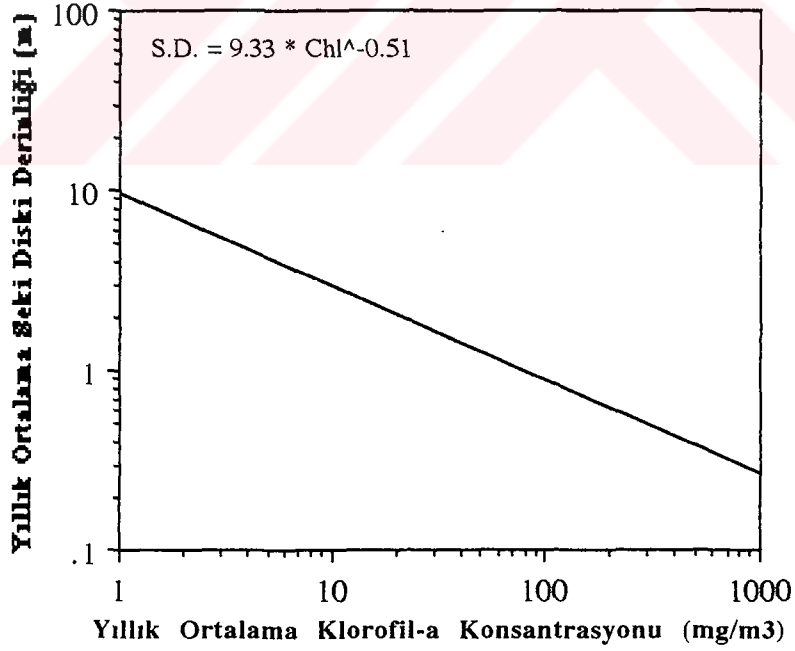
Vollenweider, ötrofikasyonu; bilhassa göl sularının besin maddeleri yönünden zenginleşmesi sonucu aşırı bitki büyümesi ve bütün su içindeki metabolizmanın etkilenmesi sonucu su kütlesinin bozulması olarak tanımlamıştır (Aral,1992).

Daha açık bir ifade ile ötrofikasyon, bir su kütlesine organik ve inorganik besin maddelerinin girerek alg veya diğer su bitkilerinin çoğalması, suyun, estetik, dinlenme, balıkçılık ve su temini gibi kullanımlarında olumsuzluklar meydana gelmesi olarak tanımlanabilir. Bu problem, son yıllarda zirai alanlardan, yerleşim bölgelerinden gelen yağmur sularındaki azot (N) ve fosfor (P) ile, evsel ve endüstriyel kaynaklardan deşarj edilen atıksulardaki azot (N) ve fosfor (P) gibi besin maddelerinin su ortamına girmesi sebebiyle hızla artmaktadır.

Bir gölün üretkenliği, azot ve fosfor gibi temel besin maddelerinin sebep olduğu alg gelişim miktarının ölçülmesi ile saptanabilir. Gerçekte üretimin artması alg gelişiminin yükselmesi ve su kalitesinin bozulmasında etkilidir. Su kalitesinin belirlenmesinde üretimin bu önemli rolü, göllerin sınıflandırılması için temel teşkil eder. Rezervuarların ötrofikasyon dereceleri bunların trofik seviyelerine göre tanımlanır. Oligotrophy, mesotrophy ve eutrophy terimleri Weber tarafından, su ortamındaki nutrient seviyeleri gözönünde tutularak üç kısma ayrılmıştır (Vollenweider and Kerekes,1980).



Şekil 3.7. Seki Diski Derinliği İle Toplam Fosfor Konsantrasyonu Arasındaki İlişki



Şekil 3.8. Seki Diski Derinliği İle Klorofil-a Miktarı Arasındaki İlişki

- Oligotrofik Göller : Alg gelişimini sağlayan nütrientlerin az olması nedeniyle düşük üretime sahip göllerdir. Oksijen tüm derinliklerde ve yıl boyunca vardır. Alg patlaması pek olmaz, buna karşın alglerin tür sayısı çok olabilir. Görünümü berrak ve mavidir. Yani yeterince temizdir.

- Ötrofik Göller : Besi maddelerinin fazla olması nedeniyle üretim oldukça yüksektir. Algler suyun oldukça bulanık olmasına sebep olur. Oldukça ötrofik göller suya istenmeyen tat ve kokuyu veren yüzen alg kümelerine de sahiptir. Bazı dönemlerde hipolimnionda çözünmüş oksijen hiç yoktur. Göl çevresinde yosun ve bitki üretimi vardır. Alg patlaması olabilir.

- Mezotrofik Göller : Bu göller oligotrofik ve ötrofik göller arasındadır.

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).

Suni olarak oluşturulan göller veya baraj gölleri olarak bilinen rezervuarlarda su kalitesi gelişiminde iki faz vardır.

- *Birinci Faz* : Haznenin hemen dolmasını takip eden periyottur. Bu durumda tabandaki besi maddesi dışardan gelen besi maddesinden daha çok ve önemlidir. Tabandaki besi maddelerinden dolayı (suni göl teşkil edilmeden önce, sonradan göl yatağı haline gelecek bölgede bulunan ot, dal, ağaç, çalı ve canlı organizmalar ile diğer organik maddelerin göle suların dolmasından sonra) tabanda meydana gelen ayrışma ve çürüme sonucu göl sularının kalitesi bozulur. Bu durumun dengelenmesi 3-5 yıl sürebilir. Bu durum hemen hemen bütün baraj göllerinde görülür.

- *İkinci Faz* : Su kalitesinin nisbeten kararlı olduğu periyottur. Göle dışardan gelen besi maddelerinin önemi artar (Aral,1992).

Ötrifikasyon; yağmursuyu, kullanılmayan arazilerden gelen yüzeysel sular, kayaların aşınması ve bitki polenleri gibi nedenlerle oluşuyorsa "doğal ötrifikasyon" dan söz edilebilir. Ancak çoğunlukla insan aktiviteleri sonucu, örneğin arazi kullanımı, kanalizasyon ve endüstriyel atıksuların su ortamına ulaşması gibi nedenlerle suni olarak meydana gelmektedir.

1900'lü yıllardan itibaren gübrelerin artması göllerde fosfor miktarının artmasına, dolayısıyla ötrofikasyona sebep olmaktadır. Deterjan kullanımının artışı da göllerde ötrofikasyona sebep olmaktadır.

Besi maddelerini iki kısımda incelemek mümkündür.

- Hücre teşkili ve enerji temini için gerekli olan canlı yapısının esasını teşkil eden N, P, C vb gibi temel besi maddeleri;

- Canlı organizma ve faaliyetleri için gerekli olan eser maddeler (Na, Co, Mo, Cu, Zn..) gibi maddeler.

Bu temel besi maddeleri ve eser maddeler canlı hayatı için sınırlayıcı element olabilir.

3.2.2. ÖTROFİKASYONUN BELİRTİLERİ VE ETKİLERİ

Genellikle bir su kütleinde ötrofikasyon aşağıdaki olaylarla gözlenebilir :

- Su organizmaları ve bitki kütleindeki artış. Bu olay çoğunlukla tür sayısındaki azalmayı beraberinde getirir.

- Organizma tipinde meydana gelen değişimler. Mesela; yeşil alge ilaveten mavi-yeşil alg üremesi ve somon balığı yerine ticari değeri olmayan balık türlerinin çoğalması,

- Suyun ışık geçirgenliğinin azalması ve renk artışı,
- Göl derinliği boyunca oksijen değişimi ve günlük oksijen konsantrasyonu ölçümlerinde maximum ve minimum değerler gözlenmesi,
- Tabakalaşmanın olduğu dönemlerde derin bölgelerde oksijen konsantrasyonunun azalması,
- Çözünmüş azot ve fosfor konsantrasyonunda artış.

Besi maddesi girişi devam ettikçe yukarıda sıralanan değişikliklerin yoğunluğu artar ve sonuçta alg patlaması ile birlikte su estetik ve kullanım açısından uygun olmayan bir durum alır.

Çözünmüş halde bulunan organik maddeler, mikroorganizmaların biyokimyasal parçalamaları ile oksijen bilançosunda en önemli tüketimi oluştururlar. Oksijen tüketiminin oksijen kazanımından daha fazla olduğu durumlarda biyolojik süreçler tamamen nitelik değiştirir. Parçalanma reaksiyonlarında kullanılan oksijen, yeterli hızla kazanılamazsa, ortamda oksijen tükenir ve organik maddenin parçalanması anaerobik olarak devam etmeye başlar. Ötrofik bir gölde; derinlerde çözünmüş oksijen yokluğu nedeniyle, demir ve mangan bileşikleri çözünmüş hale geçer. Dibe çöken organik maddeler orada ayrışarak H_2S gibi gazların oluşmasına neden olur. Öte yandan metan, amonyak ve karbondioksit gibi gazlar da meydana gelerek su kalitesinin bozulmasına sebep olurlar (Uslu ve Türkman,1987).

Ötrofikasyonun etkileri ise şunlardır:

- İnsanlar Üzerindeki Etkileri :

Ötrofik hale gelmiş bir gölde insanların yüzmesi veya su içmesi ile insanların üzerine direkt olarak ötrofikasyonun zararlı etkisi meydana gelir. Bunlar;

- a. Bağırsak hastalıkları
- b. Nefes bozuklukları

c. Deri hastalıkları

gibi hastalıklar olabilir.

- Ekonomik Etkileri :

Gölün rekreasyon (dinlenme yeri) değeri azalır. Bu tip göllerden içme suyu temin ediliyorsa su tasfiyesi zorlaşır ve tasfiye edilen suyun birim fiyatı artar. Bilhassa algler, içme suyu filtrelerinde tıkanmaya sebep olur. Aynı zamanda suyun tadını bozar ve renk, koku gibi istenmeyen durumlar meydana gelir. Endüstrilerde soğutma suyu olarak kullanılıyorsa sistemde algler birikerek tesisin ömrünü azaltır.

- Hayvanlar Üzerine Etkileri :

Bilhassa mavi-yeşil alg grubundaki bazı alglerin bulunduğu sulardan içen hayvanlar zehirlenerek ölebilirler.

- Su Kütlesi ve Rekreasyon Değeri Üzerine Etkileri:

Algler köpük teşkil ederek etrafa kötü kokular yayabilir. Gece ve gündüz su kütlesindeki çözünmüş oksijen değerleri arasında büyük salınımlar meydana gelir. Gölün alt tabakalarında anaerobik şartların teşekkül etmesiyle H_2S gazı açığa çıkar. Gölün çerçevesinde böcekler ürer. Bentik bitkiler (kökü tabanda sık gövdeli) çoğalarak gölde yapılan ulaşımı zorlaştırır, yüzme ve su sporları imkanları ortadan kalkar.

3.2.3. TROFİK SEVİYELERİN BELİRLENMESİ ÜZERİNE MODEL ÇALIŞMALARI

Besi maddesi yükleri P ve N (fosfor ve azot) ile göllerin veya rezervuarların çevresel kalitesi arasındaki ilişkiler niceliksel olarak ifade edilebilmektedir (Vollenweider and Kerekes,1980).

Bir rezervuardaki ortalama fosfor konsantrasyonu;

$$[P]_{\lambda} = (T_p / T_w) [P] \quad 3.11$$

ifadesi ile hesaplanabilir. Burada,

T_p : Fosforun rezervuardaki ortalama bekleme süresi

T_w : Suyun rezervuardaki ortalama bekleme süresi

$[P]$: Rezervuara giren ortalama fosfor konsantrasyonu' dur.

Eşitlik 3.11, başka bir şekilde;

$$[P]_{\lambda} = (1-R) [P] \quad 3.12$$

olarak ta yazılabilir. Burada R, fosfor bekleme katsayısı olup,

$$R = \frac{[P] - [P]_{\lambda}}{[P]} = 1 - \frac{T_p}{T_w} \quad 3.13$$

dır.

Larsen ve Mercier, R katsayısının,

$$R = \frac{\sqrt{T_w}}{1 + \sqrt{T_w}} \quad 3.14$$

olduğunu, istatistiki değerlendirmelerle elde etmişlerdir (OECD,1982). Burada suyun rezervuardaki ortalama bekleme süresi T_w ,

$$T_w = \frac{V_o}{Q} = \frac{z}{q_a} \quad 3.15$$

olup,

V_o : Rezervuar hacmi (m^3)

z : Rezervuarın ortalama derinliği (m)

Q : Rezervuara senede gelen su miktarı ($m^3/yıl$)

q : $\frac{Q}{A_o}$, hidrolik yük , ($m^3/yıl/m^2$)

A_o : Rezervuarın yüzey alanı 'dır.



BÖLÜM 4

4. REZERVUARDA YAPILAN ÖLÇÜMLER VE SONUÇLARI

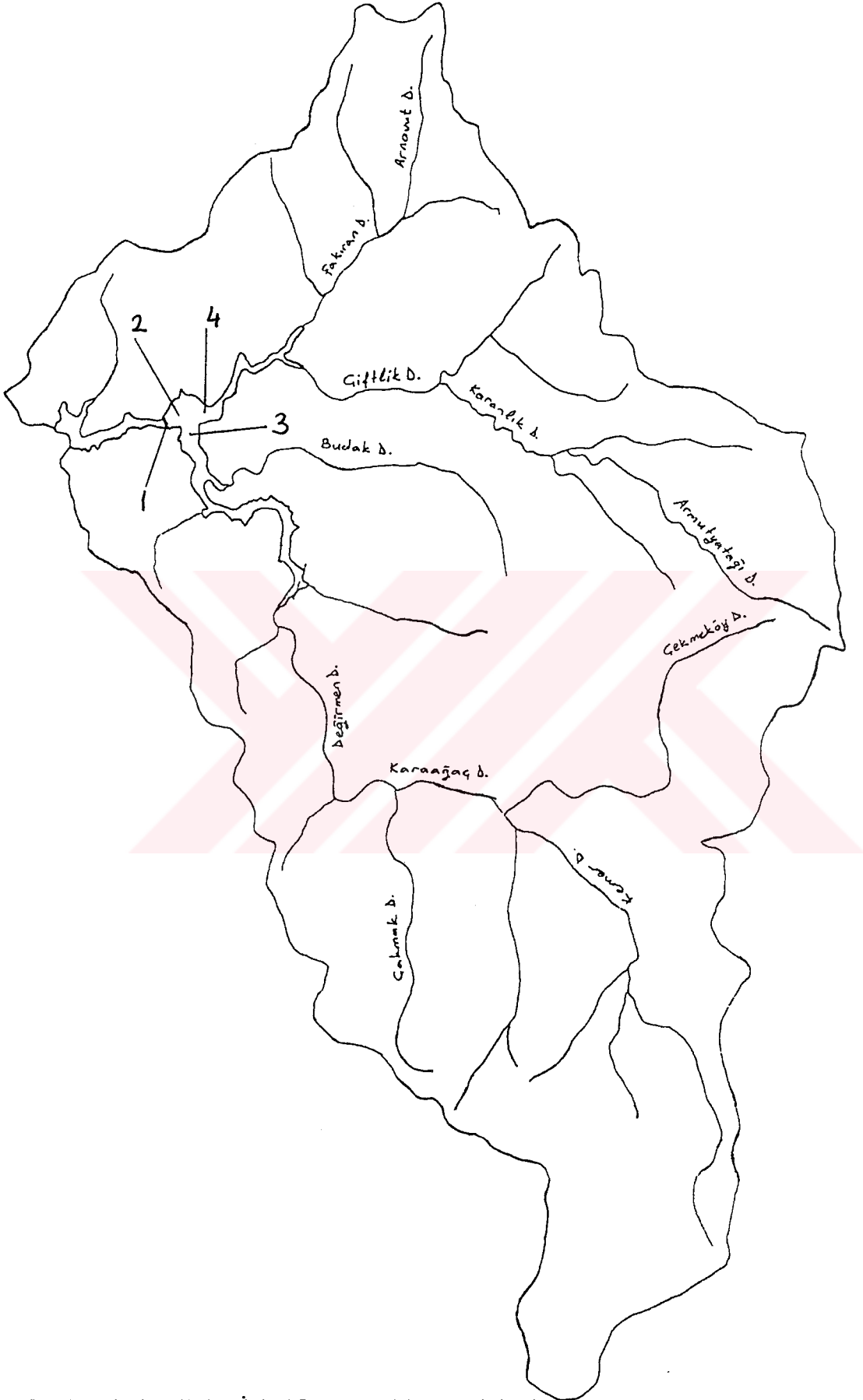
Elmalı Rezervuarı' ndaki suyun özelliklerini belirlemek ve model çalışmaları yapmak üzere dört ayrı noktada ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümlerden ; Sıcaklık, pH, iletkenlik, tuzluluk, çözülmüş oksijen ve seki diski derinliği arazide, toplam fosfor (T-P), amonyak azotu (NH₃-N), nitrat, toplam organik karbon (TOC), toplam organik madde(TOM), bulanıklık, renk, klorür, sülfat, toplam alkalinite analizleri laboratuvarında yapılmıştır. Numunelerin alındığı noktalar Şekil 4.1' de gösterilmiştir.

4.1. ELDE EDİLEN ÖLÇÜM NETİCELERİ

Rezervuarda yapılan ölçüm çalışmalarının neticeleri Tablo 4.1-4.9' da ve bu sonuçlara ait grafikler Şekil 4.2-4.75' te verilmiştir.

Tablo 4.1. 31.5.1994'te 1 Nolu Noktada Yapılan Analiz Sonuçları

Derinlik	Sıcaklık	pH	İletkenlik	Tuzluluk	Ç.O.	T-P	NH ₃ -N
m	°C		µmho	‰	mg/l	mg/l	mg/l
0	21.5	10.6	760	0.5	8.4	0.10	0.0
-1	21.5	10.95	760	0.5	6.7	0.10	0.0
-2	22.0	10.78	755	0.5	6.4	0.10	0.0
-3	19.0	9.86	720	0.5	4.9	0.20	0.0
-4	15.8	8.66	700	0.5	2.3	0.10	3.0
-5	14.2	8.66	700	0.5	2.5	0.60	7.0
-6	13.2	8.61	715	0.5	2.4	0.30	10.7
-7	12.2	8.21	710	0.5	2.5	0.10	12.0
-8	11.4	8.70	700	0.5	2.5	0.30	12.0
-9	10.8	8.60	700	0.5	2.5	0.60	12.6
-10	10.3	7.80	690	0.5	2.3	0.40	12.0
-11	10.0	---	680	0.5	---	---	---
-12	9.3	8.50	680	0.5	2.7	---	---



Şekil 4.1. Analizler İçin Numune Alınan Noktalar

Tablo 4.1.' in devamı

TOC	TOM	Bulanıklık	Renk	Klorür	Nitrat	Sülfat	T.Alk.
mg/l	mgO ₂ /l	NTU	mgPt/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
3.9	13.0	13.0	>70	91	12.6	68	92
4.8	14.6	14.2	>70	91	13.7	67	92
4.9	14.7	14.0	>70	87	14.0	67	92
5.7	12.3	12.2	>70	86	15.4	66	92
6.1	12.2	10.0	>70	85	9.5	66	108
6.3	11.1	15.0	>70	84	2.1	68	130
6.5	7.7	13.5	>70	57	<0.5	68	140
7.4	7.4	13.3	>70	86	<0.5	69	146
9.0	7.2	8.4	45	82	<0.5	71	140
8.8	7.2	7.9	45	83	<0.5	69	140
8.1	6.8	9.2	50	79	<0.5	70	135

Tablo 4.2. 02.06.1994'te 1 Nolu Noktada Yapılan Analiz Sonuçları

Derinlik	pH	İletkenlik	Tuzluluk	T-P	NH ₃ -N	TOC
m		µmho	%o	mg/l	mg/l	mg/l
0	9.35	595	0.4	---	0.00	---
-1	9.33	593	0.4	0.10	0.00	5.10
-2	9.43	596	0.4	0.10	0.00	4.10
-3	9.45	598	0.4	0.10	0.00	4.80
-4	9.26	566	0.4	0.30	0.00	7.20
-5	7.86	605	0.4	0.10	2.50	7.60
-6	7.23	613	0.4	0.30	4.50	6.70
-7	7.04	648	0.4	0.30	11.00	7.50
-8	7.10	634	0.4	0.50	12.00	7.10
-9	7.02	624	0.4	0.20	11.80	6.60
-10	6.95	641	0.4	0.30	11.50	6.60

TOM	Bulanıklık	Renk	Klorür	Nitrat	Sülfat	T.Alk.
mgO ₂ /l	NTU	mgPt/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
12.6	9.6	>70	89	11.5	68	103
13.8	11.1	>70	89	12.1	63	97
13.1	11.5	>70	89	12.1	62	108
12.8	10.4	>70	89	12.6	65	97
13.7	10.1	>70	89	12.7	64	92
12.3	10.3	>70	88	11.3	63	113
11.2	8.5	>70	86	7.9	63	135
11.2	18.0	>70	89	<0.5	64	135
10.6	21.0	>70	86	<0.5	64	151
6.6	10.1	40	82	<0.5	68	130
6.6	8.4	45	82	<0.5	68	140

Tablo 4.3. 11.10.1994'te 1 Nolu Noktada Yapılan Analiz Sonuçları

Derinlik m	Sıcaklık °C	pH	İletkenlik µmho	Tuzluluk ‰	Ç.O. mg/l	NH ₃ -N mg/l	KOI mg/l
0.0	22.0	7.9	920	0.3	6.8	7.00	29
-0.5	---	7.9	---	---	6.0	7.90	38
-1.0	22.0	7.9	920	0.3	4.5	7.80	24
-2.0	22.0	7.9	900	0.3	4.6	7.90	26
-3.0	22.0	7.9	850	0.3	4.4	8.10	22
-4.0	20.0	7.9	800	0.2	4.5	8.40	25
-5.0	18.0	7.9	690	0.1	4.3	8.50	52
-6.0	15.0	7.8	600	0.0	1.9	14.50	---
-7.0	13.5	7.6	590	0.0	1.8	16.00	53
-8.0	12.5	7.7	550	0.0	1.8	13.00	56
-9.0	12.0	7.7	550	0.0	2.3	12.60	30
-10.0	11.0	7.7	500	0.0	2.3	12.80	36
-11.0	10.5	---	500	0.0	---	---	---
-12.0	10.0	---	500	0.0	---	---	---
-13.0	10.0	---	500	0.0	---	---	---

TOC mg/l	TOM mgO ₂ /l	Bulanıklık NTU	Renk Apha	Klorür mg/l	Nitrat mg/l	Sülfat mg/l	T.Alk. mg/l
8.9	7.2	4.7	60	145	1.7	72	162
10.1	7.7	5.0	40	143	1.8	72	174
9.8	7.6	4.3	40	141	1.9	73	166
12.0	7.3	4.5	25	141	1.7	71	170
10.5	7.7	5.0	25	145	1.7	71	164
11.0	7.9	4.8	25	145	1.6	71	172
11.5	8.4	5.1	35	140	1.5	70	168
11.0	12.2	110	290	130	<0.5	54	204
10.5	12.6	142	280	100	<0.5	38	222
7.1	12.3	121	280	100	<0.5	38	194
8.5	10.9	121	280	100	<0.5	39	198
8.0	13.0	113	260	100	<0.5	39	192

Tablo 4.4. 31.5.1994'te 2 Nolu Noktada Yapılan Analiz Sonuçları

Derinlik	Sıcaklık	pH	İletkenlik	Tuzluluk	Ç.O.	T-P	NH ₃ -N	TOC
m	°C		µmho	%o	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
0	21.6	10.6	730	0.5	7.6	0.10	0.00	3.2
-1	21.5	10.6	740	0.5	7.2	0.10	0.00	5.4
-2	20.9	10.6	740	0.5	5.6	0.20	0.00	5.6
-3	16.9	9.4	540	0.5	2.4	0.20	0.75	6.0
-4	13.2	8.7	535	0.5	2.4	0.10	7.00	6.4
-5	12.0	8.7	530	0.5	1.6	0.30	10.00	7.1
-6	10.1	8.6	520	0.5	1.9	0.30	13.00	7.3
-7	10.2	8.5	510	0.5	2.3	0.10	14.00	7.4
-8	9.9	8.5	490	0.5	1.9	0.30	14.50	8.5
-9	9.6	8.3	485	0.5	1.9	0.10	14.40	8.4
-10	9.1	8.3	480	0.5	1.9	0.30	14.80	7.3
-11	8.9	---	475	---	---	---	---	---
-12	8.9	---	465	---	---	---	---	---
-13	8.5	8.5	460	---	1.6	---	---	---
-14	8.5	---	450	---	---	---	---	---
-15	8.5	---	450	---	---	---	---	---

Tablo 4.5. 02.06.1994'te 2 Nolu Noktada Yapılan Analiz Sonuçları

Derinlik	pH	İletkenlik	Tuzluluk	T-P	NH ₃ -N	TOC
m		µmho	%o	mg/l	mg/l	mg/l
0	10.08	597	0.4	0.10	0.00	5.60
-1	9.84	579	0.4	0.10	0.05	5.90
-2	9.78	586	0.4	0.10	0.05	7.00
-3	9.62	586	0.4	0.10	0.05	7.20
-4	8.97	577	0.4	0.10	1.85	6.20
-5	8.02	604	0.4	0.20	4.70	7.80
-6	7.81	623	0.4	0.30	9.50	8.40
-7	7.67	665	0.4	0.20	12.00	8.70
-8	7.40	637	0.4	0.30	12.50	6.80
-9	7.91	654	0.4	0.40	12.20	5.90
-10	7.61	633	0.4	0.20	11.80	5.60

TOM	Bulanıklık	Renk	Klorür	Nitrat	Sülfat	T.Alk.
mgO ₂ /l	NTU	mgPt/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
13.8	9.8	>70	89	13.1	64	108
14.2	13.1	>70	88	14.6	67	108
14.0	11.8	>70	88	14.1	66	113
13.8	10.5	>70	88	14.4	69	113
12.5	8.7	>70	87	12.3	66	
11.9	8.8	>70	86	9.1	66	119
11.8	9.7	60	88	3.5	67	151
11.4	25.0	55	87	<0.5	62	140
7.8	19.0	55	84	<0.5	63	140
7.8	20.0	45	85	<0.5	62	140
7.4	16.7	45	84	<0.5	62	140

Tablo 4.6. 19.7.1994'te 2 Nolu Noktada Yapılan Analiz Sonuçları

Der. m	Sıc. °C	pH	İlet. µmho	Tuzl. ‰	NH ₃ -N mg/l	TOC mg/l	Bulan. NTU	Renk Apha	NO ₃ -N mg/l	PO ₄ -P mg/l	T.Alk. mg/l
0	29.0	10.8	700	0.2	0.00	7.8	18.9	180	6.5	0.70	118
-1	27.0	11.2	700	0.2	0.00	8.4	21.0	180	6.0	0.61	116
-2	27.0	10.8	700	0.2	0.00	12.0	15.9	140	---	0.94	114
-3	26.4	10.7	700	0.2	0.40	12.3	14.9	140	---	1.28	112
-4	23.0	10.1	700	0.2	4.70	13.1	14.1	140	---	3.44	144
-5	20.5	9.1	650	0.2	9.60	8.2	13.5	140	3.0	5.30	174
-6	17.5	9.2	610	0.2	9.80	8.0	14.1	120	---	3.36	176
-7	17.2	8.7	600	0.2	10.50	7.7	30.9	120	1.5	3.94	178
-8	15.7	8.6	580	0.2	12.00	7.1	---	100	---	3.86	172
-9	14.5	8.6	550	0.2	12.30	8.2	24.8	100	1.5	3.54	162
-10	13.5	8.0	550	0.2	12.40	7.8	---	90	---	3.48	174
-11	13.5	8.4	540	0.2	13.10	6.5	24.4	90	---	3.28	176
-12	12.0	8.5	540	0.2	12.80	4.7	18.0	90	---	2.28	174
-13	11.0	---	530	0.2	---	---	---	---	---	---	---
-14	10.5	---	510	0.2	---	---	---	---	---	---	---
-15	10.0	8.6	500	0.2	12.40	5.5	17.8	70	2.4	2.72	160
-20	9.2	8.4	500	0.2	13.00	7.1	---	70	1.4	2.70	166

Not: Bu noktada Seki Diski derinliği 45 cm olarak kaydedilmiştir.

Tablo 4.7. 27.7.1994'te 3 Nolu Noktada Yapılan Analiz Sonuçları

Der. m	Sıc. °C	pH	İlet. µmho	Tuzl. ‰	Ç.O. mg/l	NH ₃ -N mg/l	TOC mg/l	Bul. NTU	Renk Apha	NO ₃ -N mg/l	PO ₄ -P mg/l	T.Alk. mg/l
0.0	26.0	9.7	750	0.3	7.9	0.00	7.1	20	140	6.5	1.02	114
-1.0	26.0	10.5	750	0.30	6.9	0.00	8.4	19	140	7.5	1.13	108
-2.0	26.0	9.6	750	0.3	7.0	0.00	7.7	19	135	6.5	1.07	110
-3.0	26.0	9.3	750	0.3	6.7	0.05	9.8	19	130	6.0	1.06	118
-4.0	26.0	8.7	750	0.3	3.0	3.20	8.2	19	130	5.5	2.54	136
-4.5	23.0	---	---	0.3	---	---	---	---	---	---	---	---
-5.0	21.0	7.9	740	0.3	2.8	10.50	6.8	13	130	2.5	3.00	164
-5.5	18.0	---	680	0.3	---	---	---	---	---	---	---	---
-6.0	17.5	7.5	630	0.3	2.8	10.70	5.9	10	105	---	---	156
-7.0	15.5	7.2	600	0.3	3.0	11.50	5.5	10	100	1.3	4.24	160
-8.0	14.0	7.3	600	0.3	3.0	12.00	4.3	10	100	---	---	164
-9.0	13.0	7.3	580	0.3	2.8	12.60	3.8	10	95	---	---	172
-10.0	12.0	6.9	560	0.3	3.0	12.80	4.3	10	95	0.6	3.00	168
-11.0	11.5	---	550	0.3	---	---	---	---	---	---	---	---
-12.0	11.0	7.2	540	0.3	3.0	12.20	3.7	9	80	0.7	3.18	160
-13.0	10.5	---	530	0.3	---	---	---	---	---	---	---	---
-14.0	10.0	---	520	0.3	---	---	---	---	---	---	---	---
-15.0	9.2	6.7	520	0.3	2.8	12.00	3.6	9	75	0.5	2.60	152
-20.0	8.5	7.2	520	0.3	3.0	12.30	3.4	9	75	1.2	2.84	162
-25.0	8.4	---	650	0.3	---	---	---	---	---	---	---	---

Not: Bu noktada Seki Diski derinliği 40 cm olarak kaydedilmiştir.

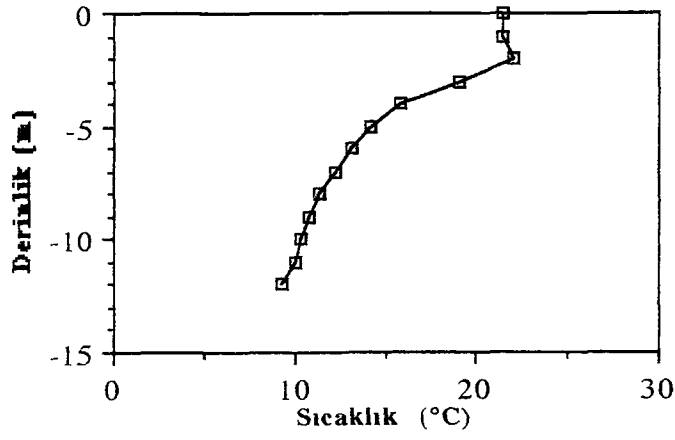
Tablo 4.8. 27.7.1994'te 4 Nolu Noktada Yapılan Analiz Sonuçları

Der.	Sic.	pH	İlet.	Tuzlu.	Ç.O.	NH ₃ -N	TOC	Bulan.	Renk	PO ₄ -P	T.Alk.
m	°C		µmho	‰	mg/l	mg/l	mg/l	NTU	Apha	mg/l	mg/l
0	27.5	9.5	710	0.2	7.4	0.00	6.0	18	150	1.15	106
-1	27.0	9.5	710	0.2	7.0	0.00	8.0	18	150	1.11	112
-2	26.5	9.5	710	0.2	6.4	0.00	7.4	16	135	1.28	122
-3	26.2	9.2	710	0.2	6.4	0.07	8.4	17	130	1.24	112
-4	26.0	8.7	710	0.2	3.0	2.80	8.4	19	140	---	148
-5	20.0	7.6	680	0.2	2.9	10.40	7.0	14	120	5.16	174
-6	17.5	7.7	640	0.2	2.9	10.70	6.8	12	105	---	158
-7	16.0	7.2	610	0.2	2.9	11.20	4.9	12	95	---	170
-8	14.0	7.4	580	0.2	2.9	11.00	4.0	12	90	---	152
-9	13.0	6.9	560	0.2	3.0	11.00	4.6	12	90	---	156
-10	12.5	6.4	570	0.2	3.0	12.10	3.5	11	90	3.50	168
-11	11.5	---	550	0.2	---	---	---	---	---	---	---
-12	10.8	4.0	550	0.2	3.0	12.40	3.8	9	85	3.36	154
-13	10.4	---	540	0.2	---	---	---	---	---	---	---
-15	9.7	6.9	540	0.2	3.0	12.10	3.4	8	75	3.06	150
-20	8.6	5.6	540	0.2	3.0	12.60	3.1	11	75	---	158

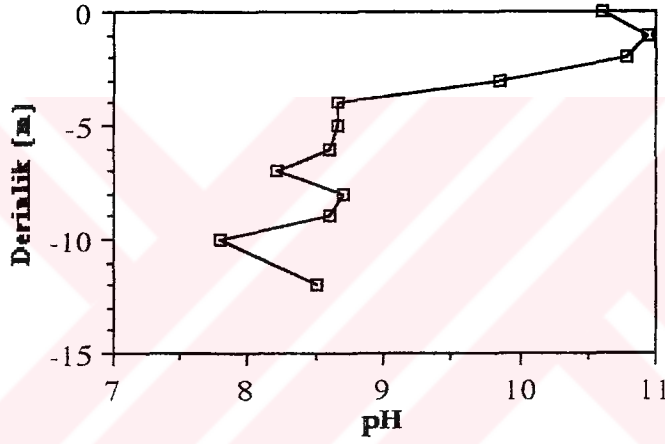
Not: Bu noktada Seki Diski derinliği 45 cm olarak kaydedilmiştir.

Tablo 4.9. 22.10.1994'te 1 Nolu Noktada Yapılan Analiz Sonuçları

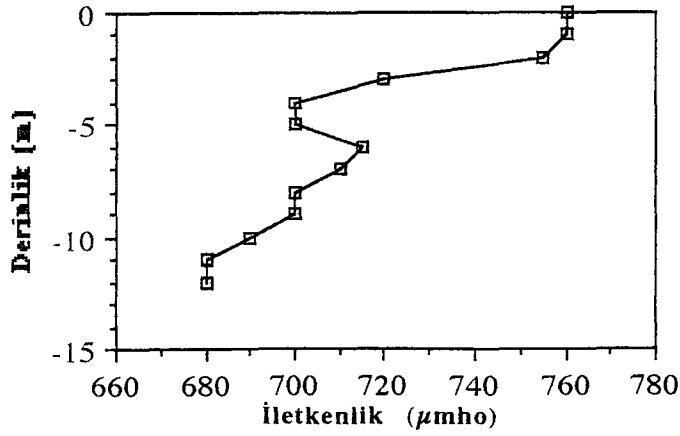
Derinlik	Sıcaklık	pH	Bulanıklık	NH ₃ -N	Ç.O.
m	°C		NTU	mg/l	mg/l
0	16.9	7.68	22.1	9.00	2.2
-1	16.7	7.66	21.3	9.75	---
-3	16.7	7.60	23.6	9.35	1.9
-5	16.6	7.50	26.7	9.81	---
-7	16.6	7.42	50.4	10.13	1.9
-9	13.6	7.10	97.7	15.50	1.2
-11	11.7	7.10	77.0	16.08	1.2
-13	11.0	6.91	65.4	15.00	1.0
-15	10.5	7.00	65.3	15.58	0.8
-17	---	7.00	81.0	17.25	---
-19	9.2	7.00	70.8	15.75	0.6
-21	9.2	7.18	210	16.25	---
-23	9.3	7.19	382	18.63	0.6
-25	9.6	7.20	---	11.63	0.2
-27	---	7.35	761	22.50	0.2



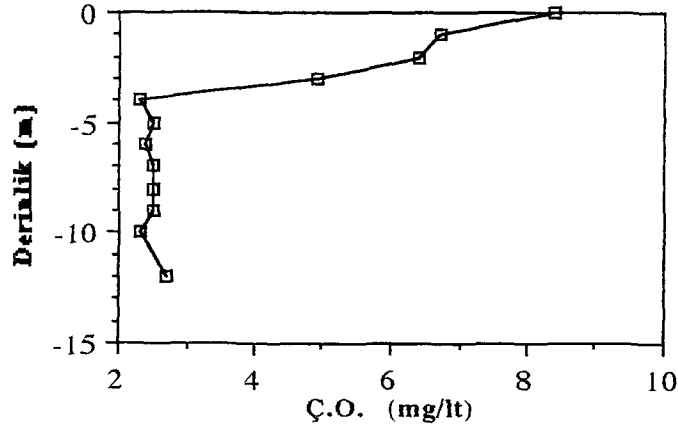
Şekil 4.2. 31.5.1994'te 1 Nolu Noktadaki Sıcaklık-Derinlik İlişkisi



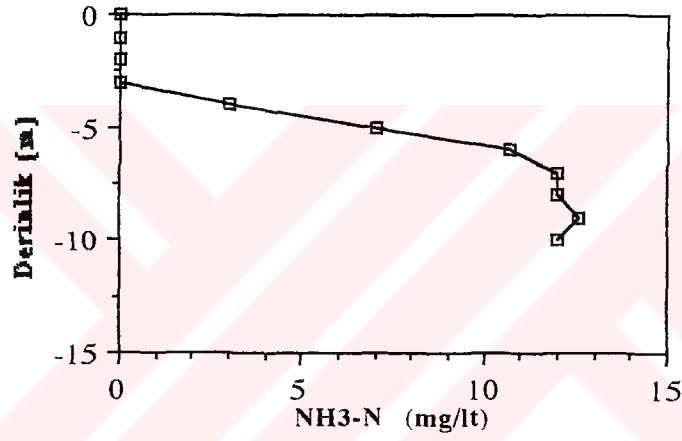
Şekil 4.3. 31.5.1994'te 1 Nolu Noktadaki pH-Derinlik İlişkisi



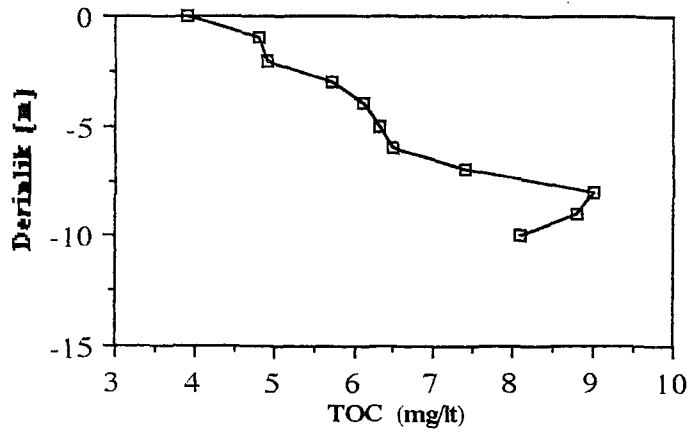
Şekil 4.4. 31.5.1994'te 1 Nolu Noktadaki İletkenlik-Derinlik İlişkisi



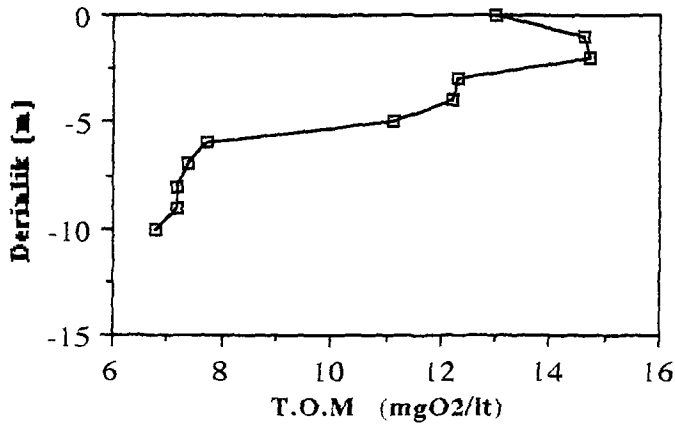
Şekil 4.5. 31.5.1994'te 1 Nolu Noktadaki Ç.O.-Derinlik İlişkisi



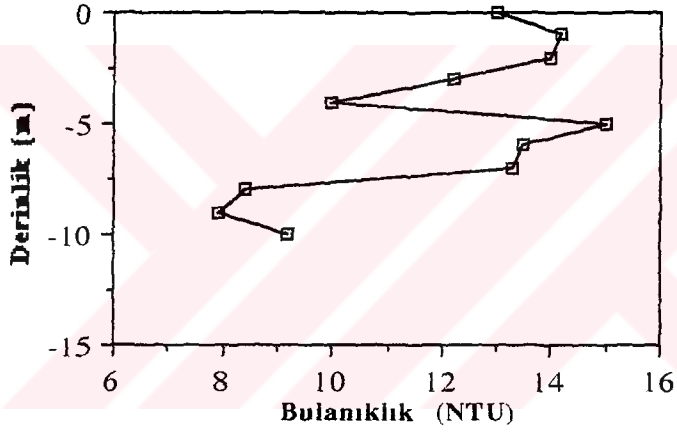
Şekil 4.6. 31.5.1994'te 1 Nolu Noktadaki NH3-N-Derinlik İlişkisi



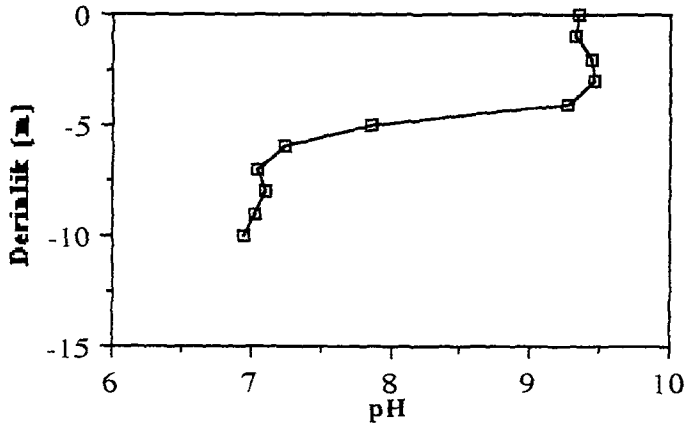
Şekil 4.7. 31.5.1994'te 1 Nolu Noktadaki TOC-Derinlik İlişkisi



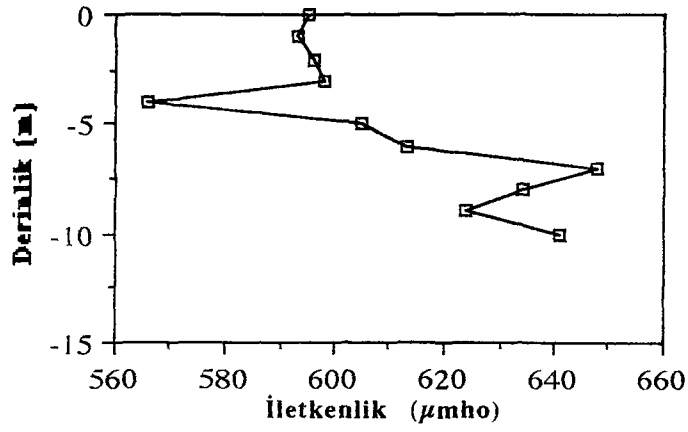
Şekil 4.8. 31.5.1994'te 1 Nolu Noktadaki T.O.M.-Derinlik İlişkisi



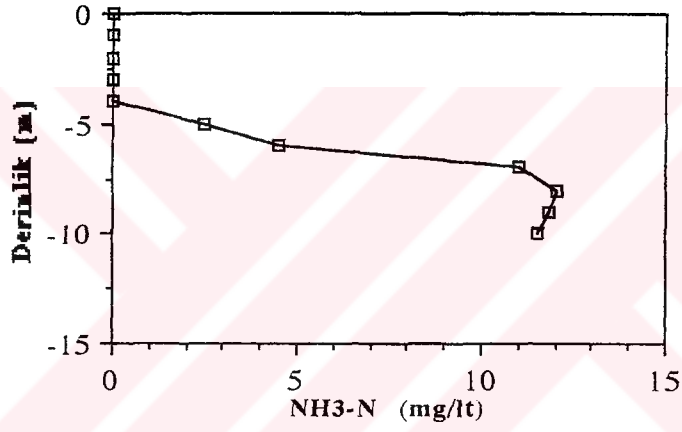
Şekil 4.9. 31.5.1994'te 1 Nolu Noktadaki Bulanıklık-Derinlik İlişkisi



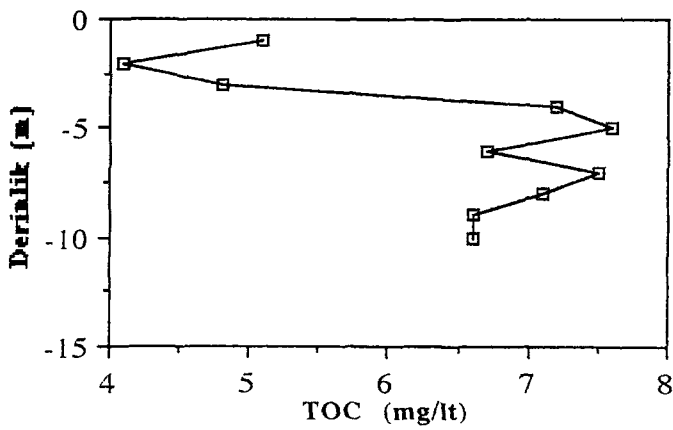
Şekil 4.10. 2.6.1994'te 1 Nolu Noktadaki pH-Derinlik İlişkisi



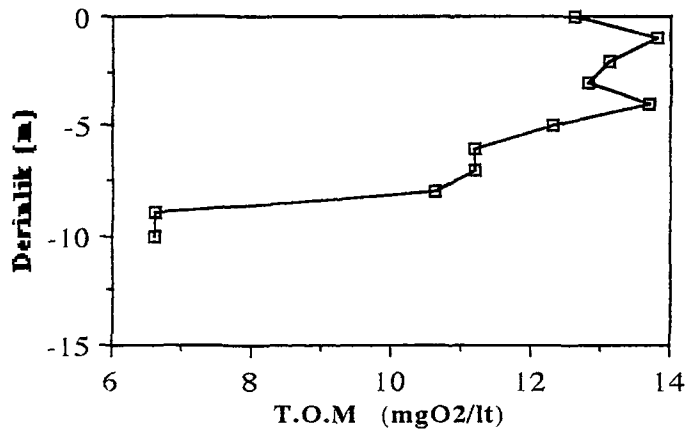
Şekil 4.11. 2.6.1994'te 1 Nolu Noktadaki İletkenlik-Derinlik İlişkisi



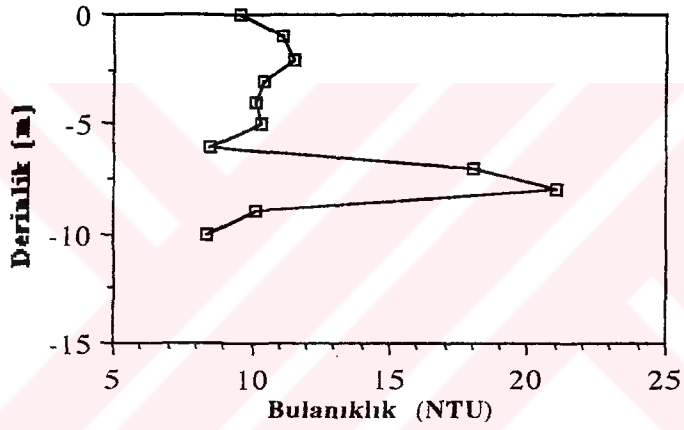
Şekil 4.12. 2.6.1994'te 1 Nolu Noktadaki NH3-N -Derinlik İlişkisi



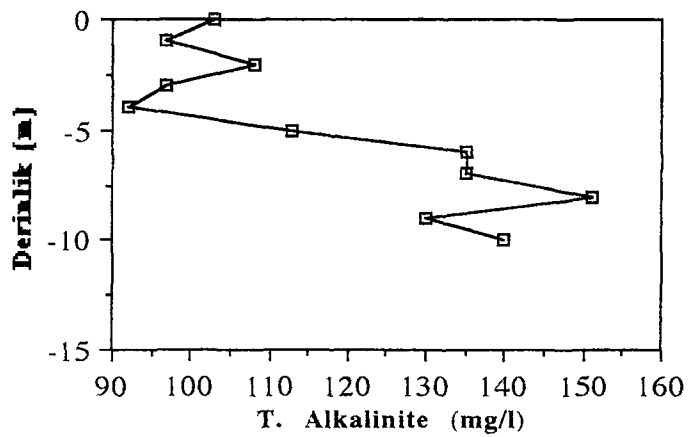
Şekil 4.13. 2.6.1994'te 1 Nolu Noktadaki TOC-Derinlik İlişkisi



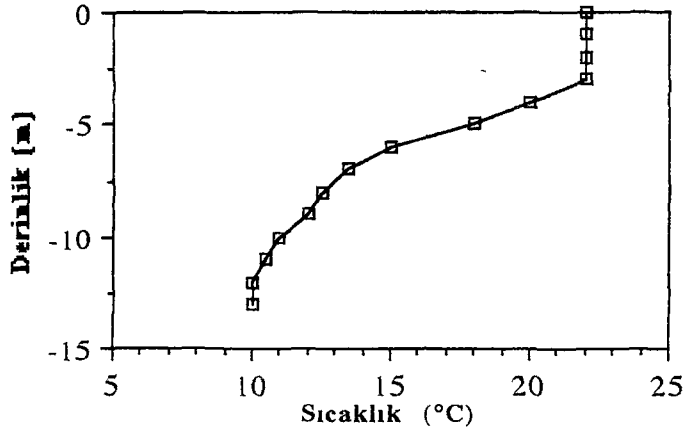
Şekil 4.14. 2.6.1994'te 1 Nolu Noktadaki TOM-Derinlik İlişkisi



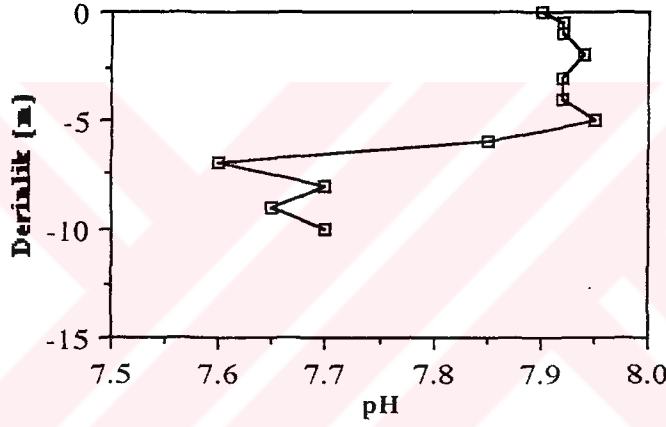
Şekil 4.15. 2.6.1994'te 1 Nolu Noktadaki Bulanıklık-Derinlik İlişkisi



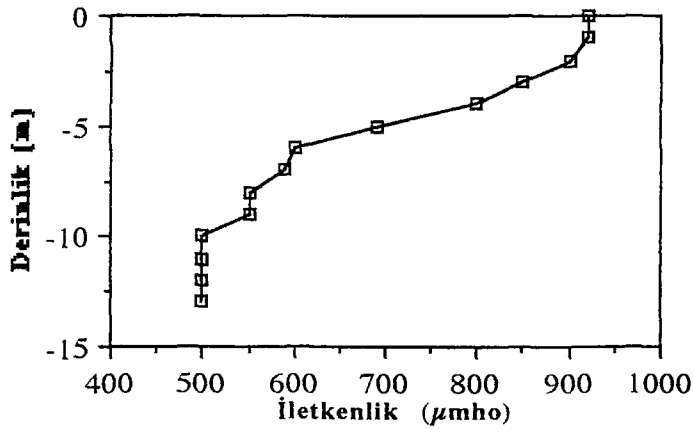
Şekil 4.16. 2.6.1994'te 1 Nolu Noktadaki T.Alkalinite-Derinlik İlişkisi



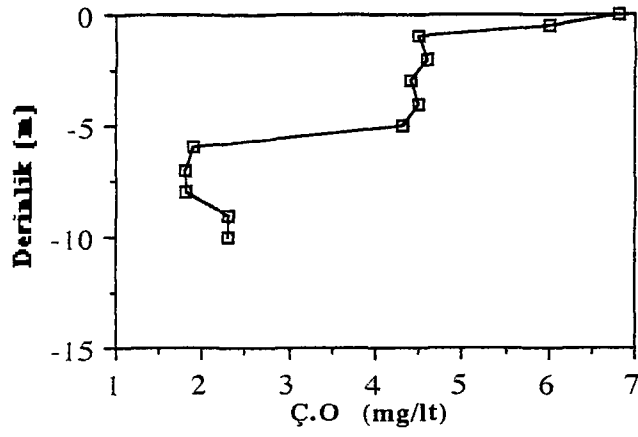
Şekil 4.17. 11.10.1994'te 1 Nolu Noktadaki Sıcaklık-Derinlik İlişkisi



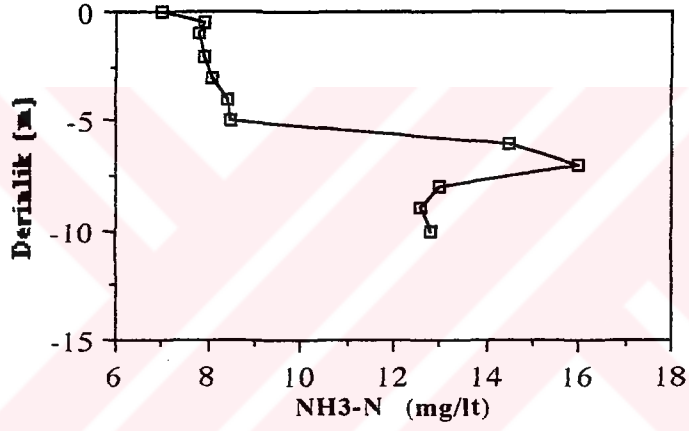
Şekil 4.18. 11.10.1994'te 1 Nolu Noktadaki pH-Derinlik İlişkisi



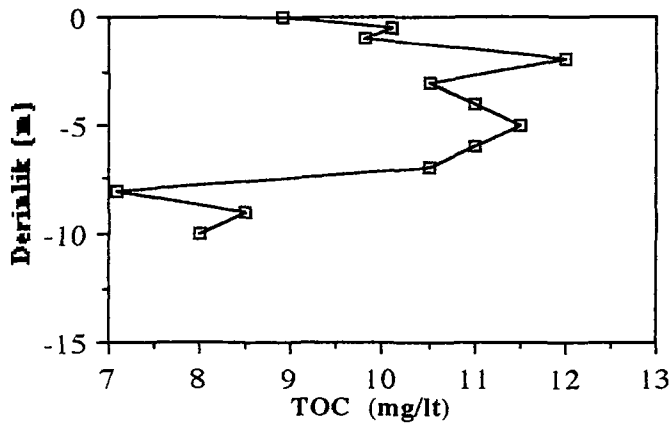
Şekil 4.19. 11.10.1994'te 1 Nolu Noktadaki İletkenlik-Derinlik İlişkisi



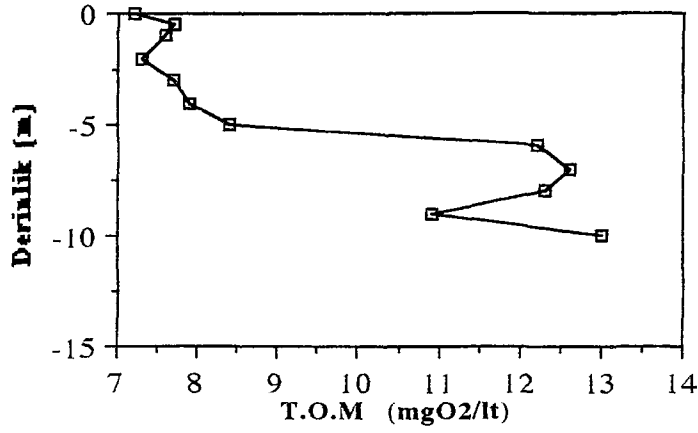
Şekil 4.20. 11.10.1994'te 1 Nolu Noktada Ç.O.-Derinlik İlişkisi



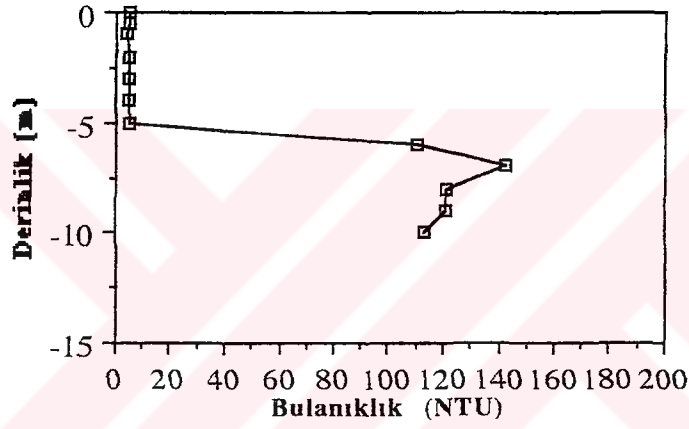
Şekil 4.21. 11.10.1994'te 1 Nolu Noktadaki NH3-N-Derinlik İlişkisi



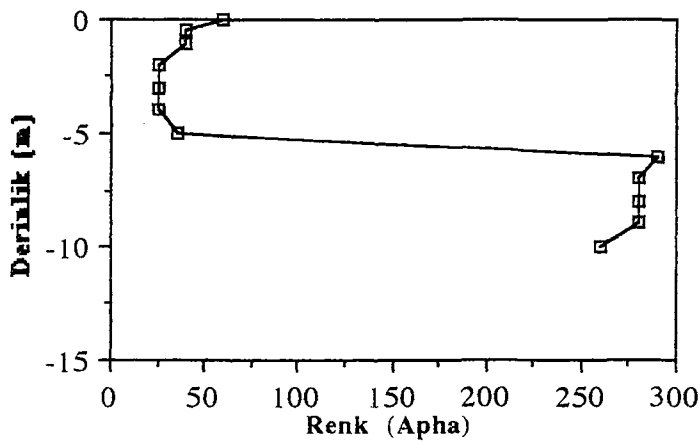
Şekil 4.22. 11.10.1994'te 1 Nolu Noktadaki TOC-Derinlik İlişkisi



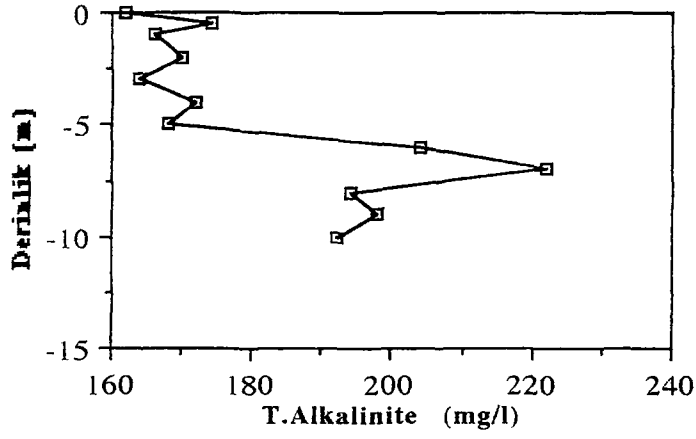
Şekil 4.23. 11.10.1994'te 1 Nolu Noktadaki T.O.M-Derinlik İlişkisi



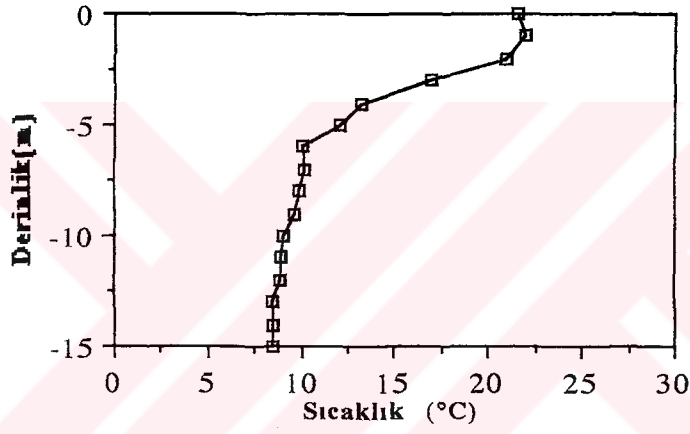
Şekil 4.24. 11.10.1994'te 1 Nolu Noktadaki Bulanıklık-Derinlik İlişkisi



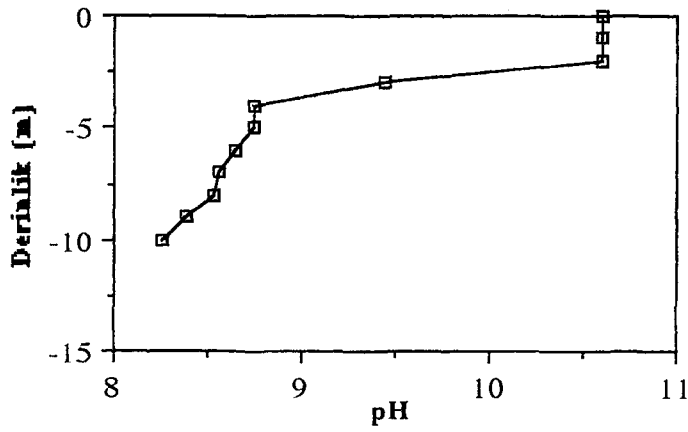
Şekil 4.25. 11.10.1994'te 1 Nolu Noktadaki Renk-Derinlik İlişkisi



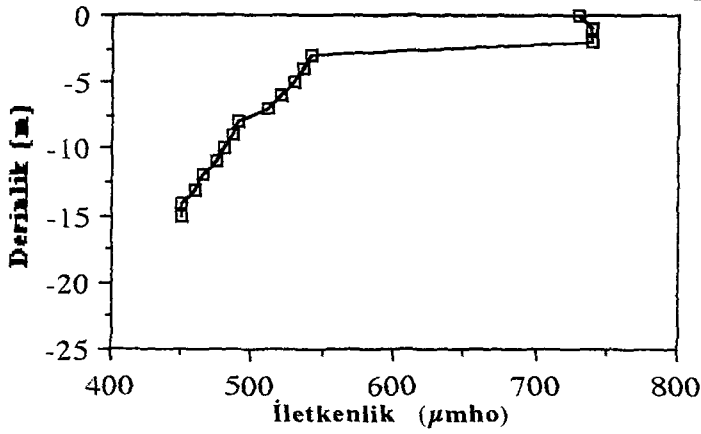
Şekil 4.26. 11.10.1994'te 1 Nolu Noktadaki T.Alkalinite-Derinlik ilişkisi



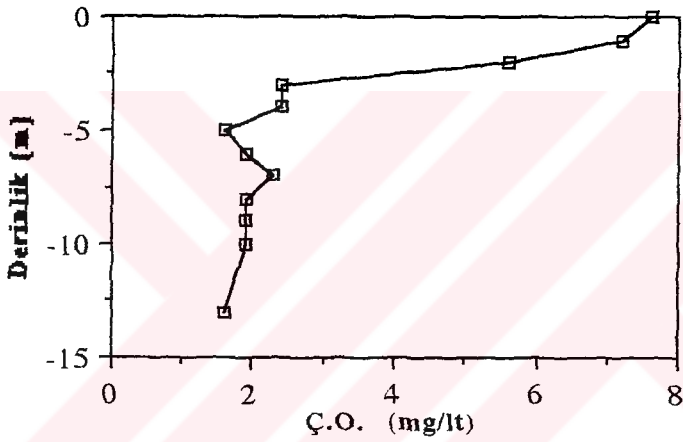
Şekil 4.27. 31.5.1994'te 2 Nolu Noktadaki Sıcaklık-Derinlik ilişkisi



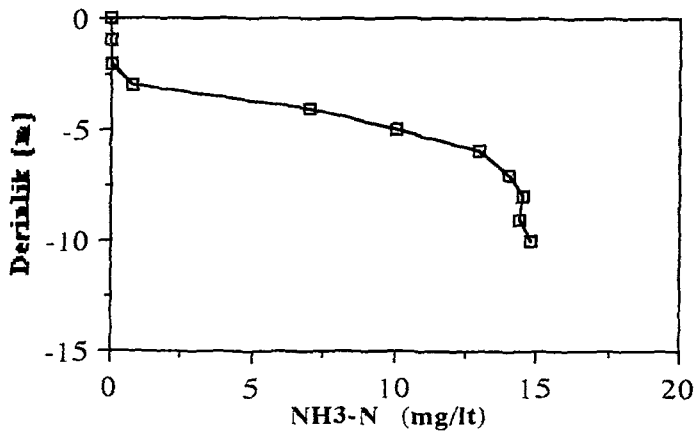
Şekil 4.28. 31.5.1994'te 2 Nolu Noktadaki pH-Derinlik ilişkisi



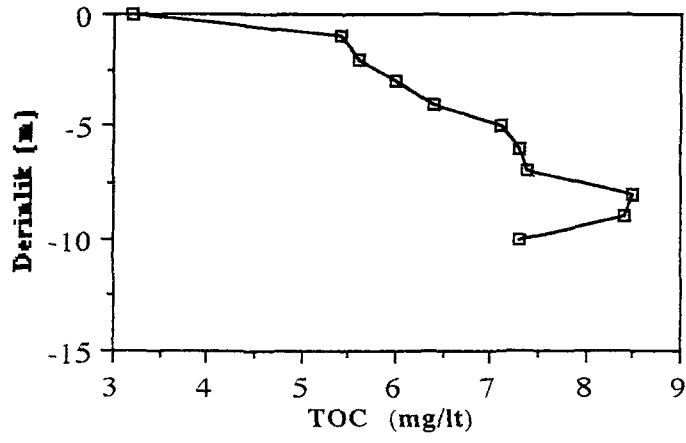
Şekil 4.29. 31.5.1994'te 2 Nolu Noktadaki İletkenlik-Derinlik ilişkisi



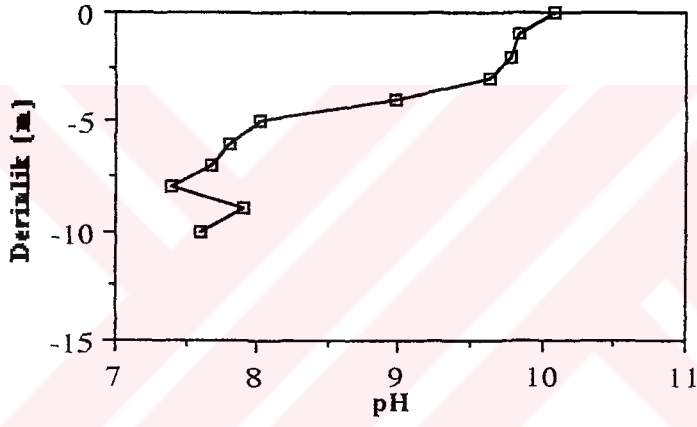
Şekil 4.30. 31.5.1994'te 2 Nolu Noktadaki Ç.O.-Derinlik ilişkisi



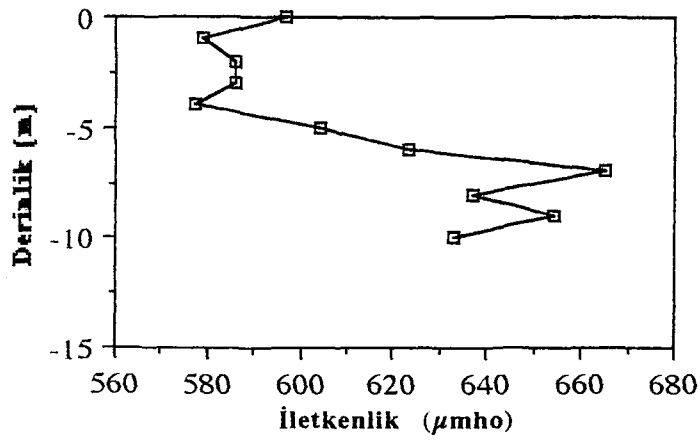
Şekil 4.31. 31.5.1994'te 2 Nolu Noktadaki NH3-N-Derinlik ilişkisi



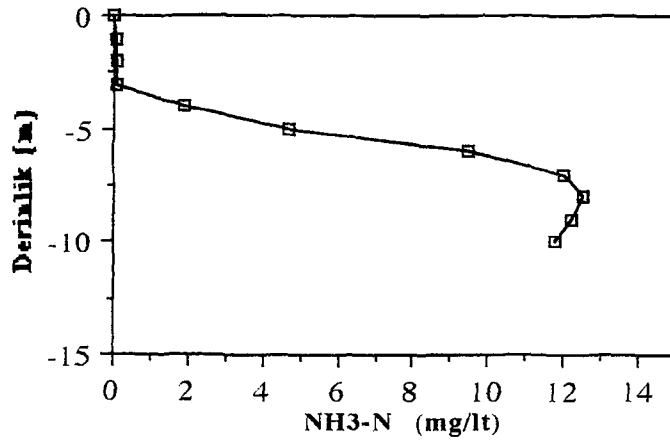
Şekil 4.32. 31.5.1994'te 2 Nolu Noktadaki TOC-Derinlik ilişkisi



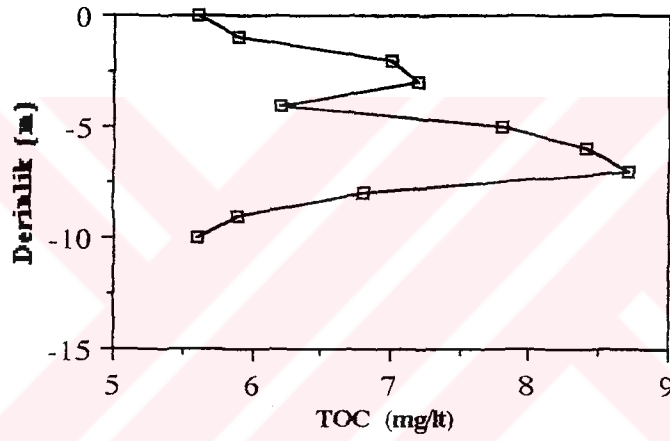
Şekil 4.33. 2.6.1994'te 2 Nolu Noktadaki pH-Derinlik ilişkisi



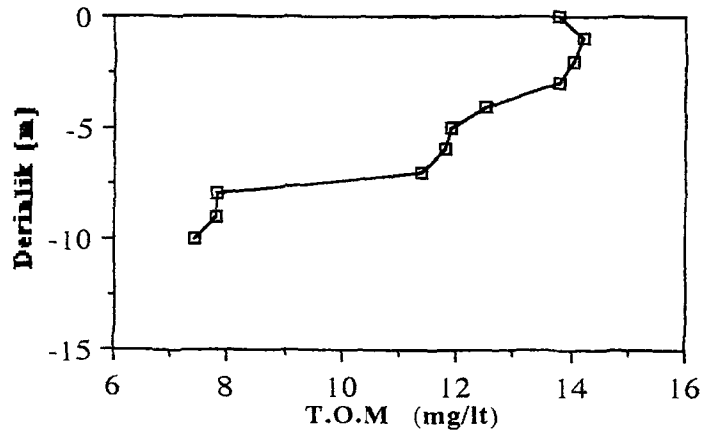
Şekil 4.34. 2.6.1994'te 2 Nolu Noktadaki İletkenlik-Derinlik ilişkisi



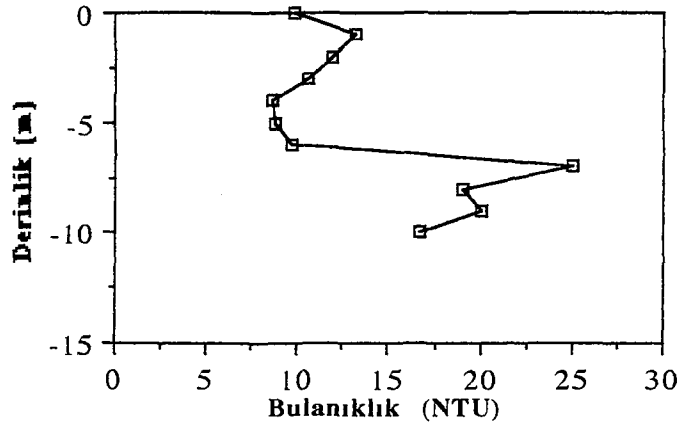
Şekil 4.35. 2.6.1994'te 2 Nolu Noktadaki NH3-N-Derinlik ilişkisi



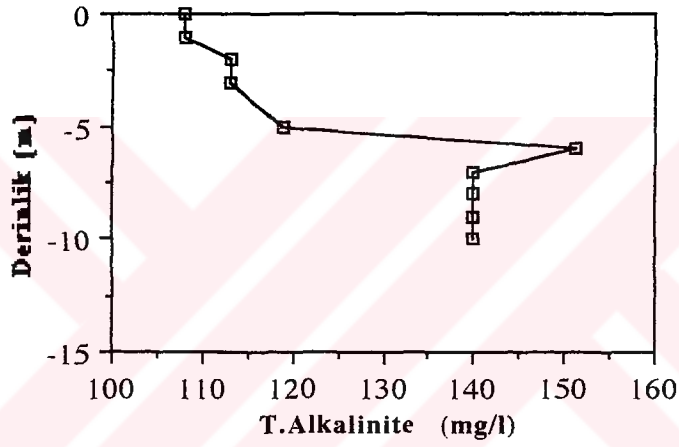
Şekil 4.36. 2.6.1994'te 2 Nolu Noktadaki TOC-Derinlik ilişkisi



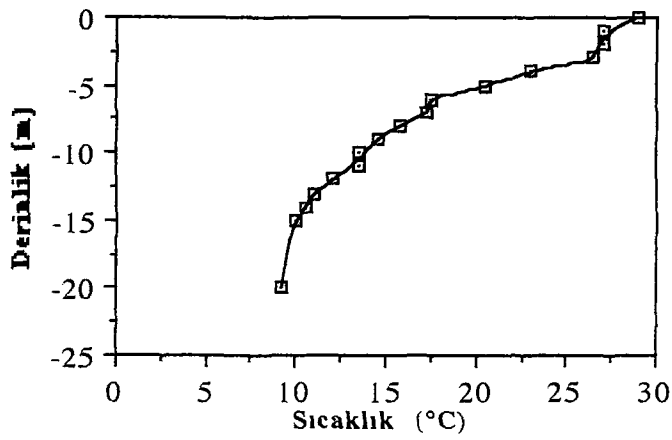
Şekil 4.37. 2.6.1994'te 2 Nolu Noktadaki T.O.M-Derinlik ilişkisi



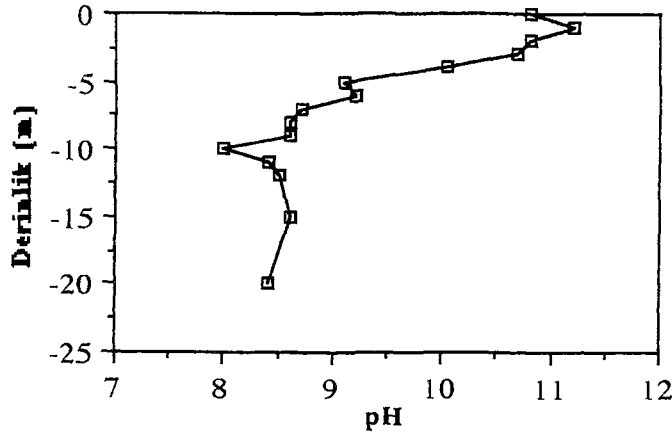
Şekil 4.38. 2.6.1994'te 2 Nolu Noktadaki Bulanıklık-Derinlik İlişkisi



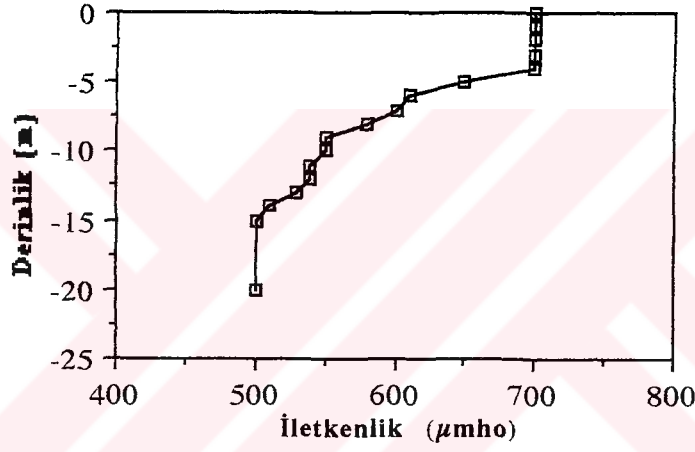
Şekil 4.39. 2.6.1994'te 2 Nolu Noktadaki T.Alkalinite-Derinlik İlişkisi



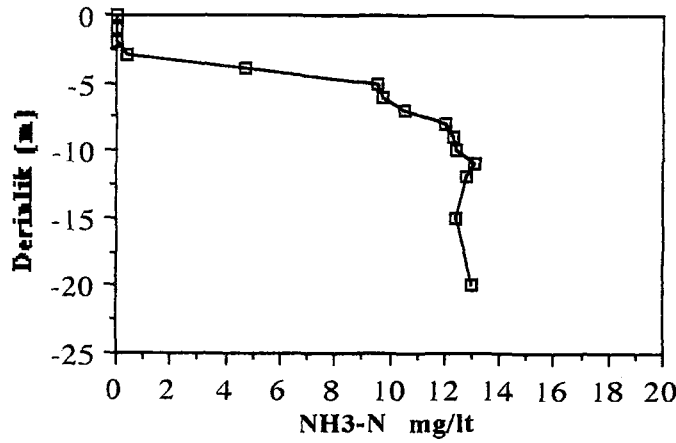
Şekil 4.40. 19.7.1994'te 2 Nolu Noktadaki Sıcaklık-Derinlik İlişkisi



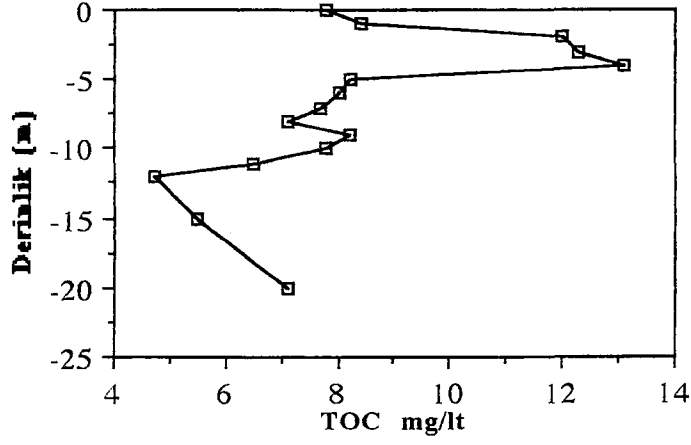
Şekil 4.41. 19.7.1994'te 2 Nolu Noktadaki pH-Derinlik İlişkisi



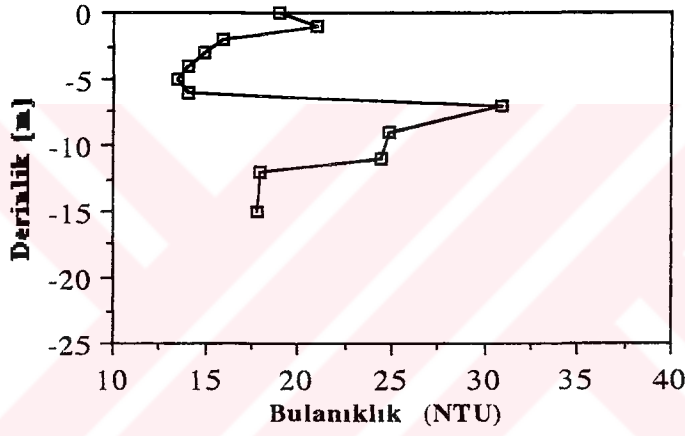
Şekil 4.42. 19.7.199'te 2 Nolu Noktadaki İletkenlik-Derinlik İlişkisi



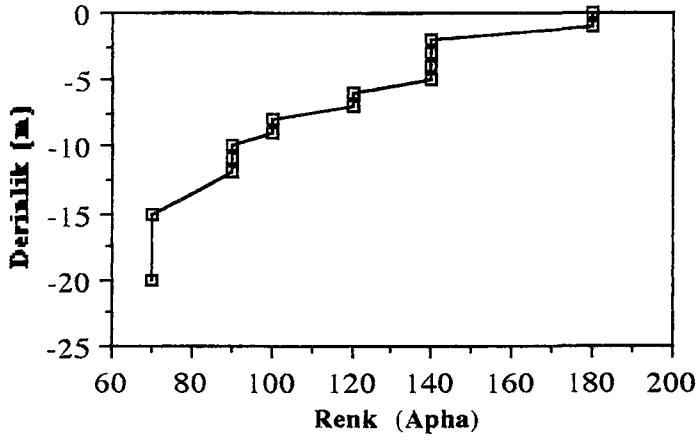
Şekil 4.43. 19.7.1994'te 2 Nolu Noktadaki NH3-N - Derinlik İlişkisi



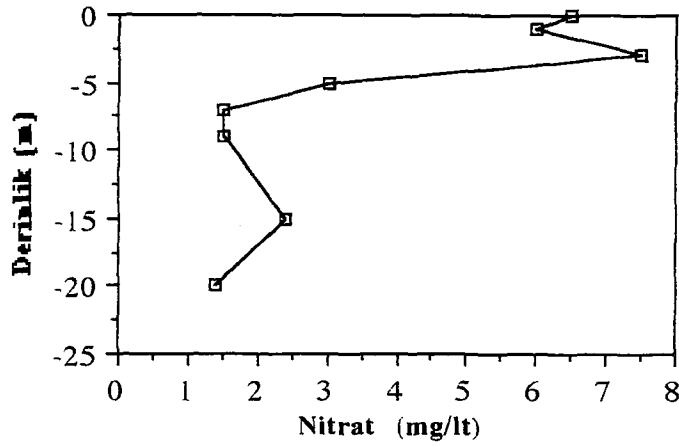
Şekil 4.44. 19.7.1994'te 2 Nolu Noktadaki TOC-Derinlik İlişkisi



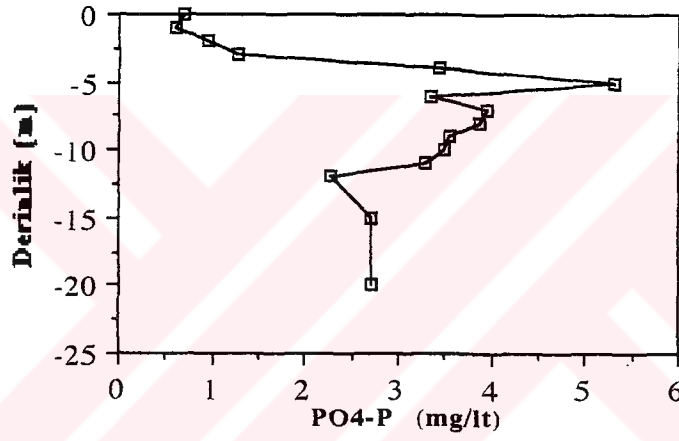
Şekil 4.45. 19.7.1994'te 2 Nolu Noktadaki Bulanıklık-Derinlik İlişkisi



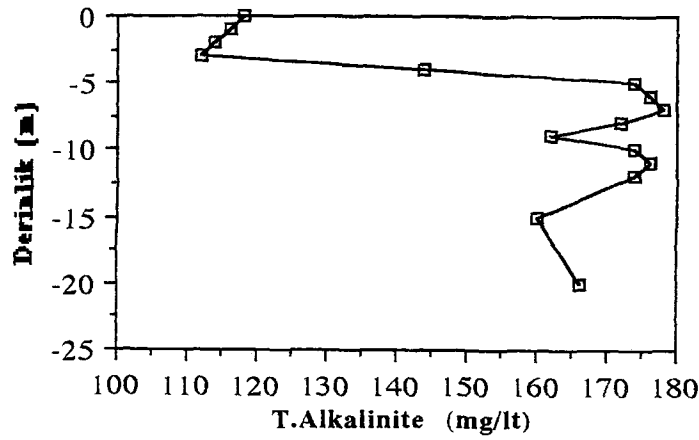
Şekil 4.46. 19.7.1994'te 2 Nolu Noktadaki Renk-Derinlik İlişkisi



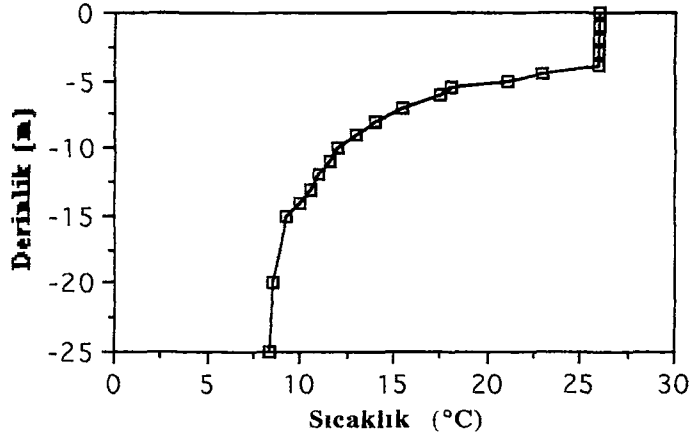
Şekil 4.47. 19.7.1994'te 2 Nolu Noktadaki Nitrat-Derinlik İlişkisi



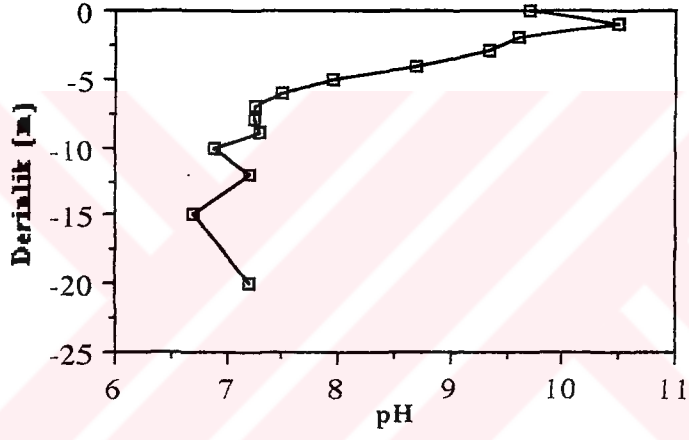
Şekil 4.48. 19.7.1994'te 2 Nolu Noktadaki PO4-P-Derinlik İlişkisi



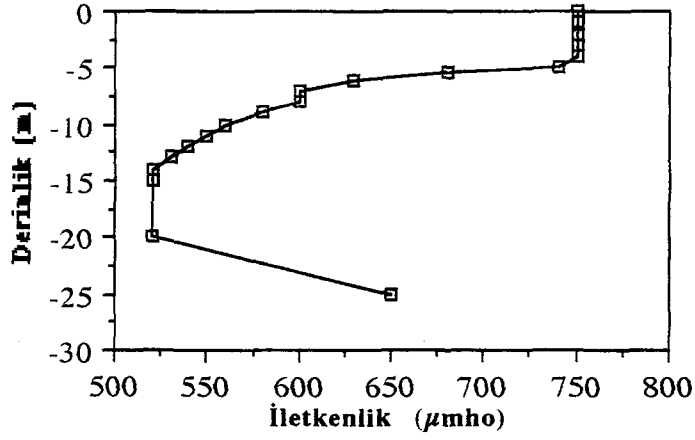
Şekil 4.49. 19.7.1994'te 2 Nolu Noktadaki T.Alkalinite-Derinlik İlişkisi



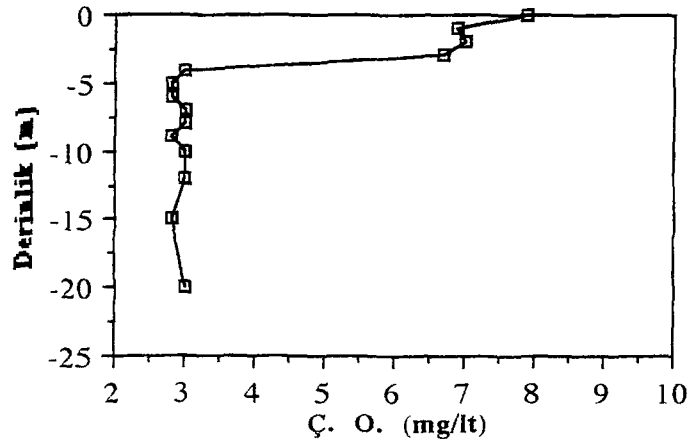
Şekil 4.50. 27.7.1994'te 3 Nolu Noktadaki Sıcaklık-Derinlik İlişkisi



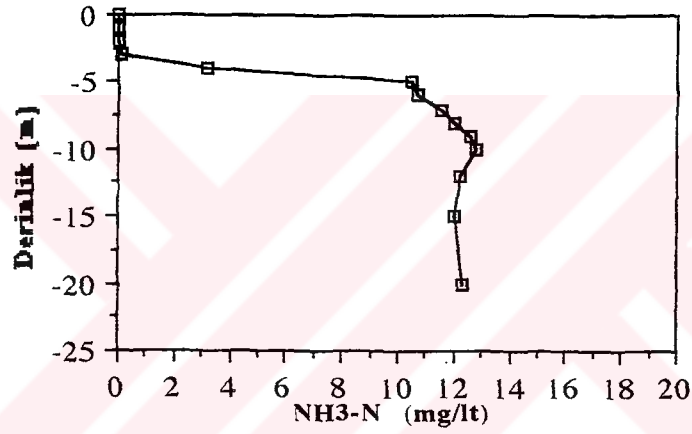
Şekil 4.51. 27.7.1994'te 3 Nolu Noktadaki pH-Derinlik İlişkisi



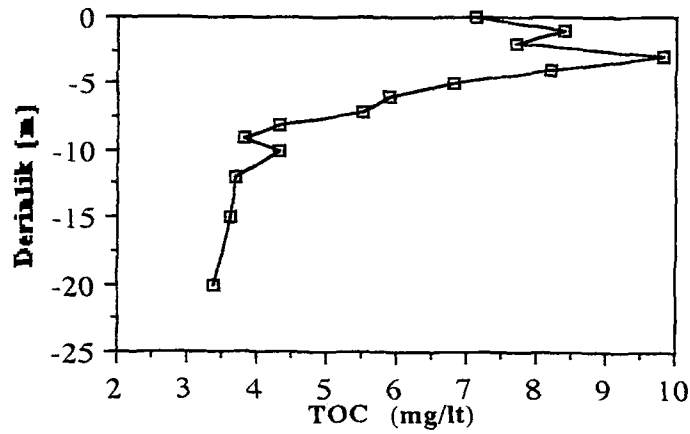
Şekil 4.52. 27.7.1994'te 3 Nolu Noktadaki İletkenlik-Derinlik İlişkisi



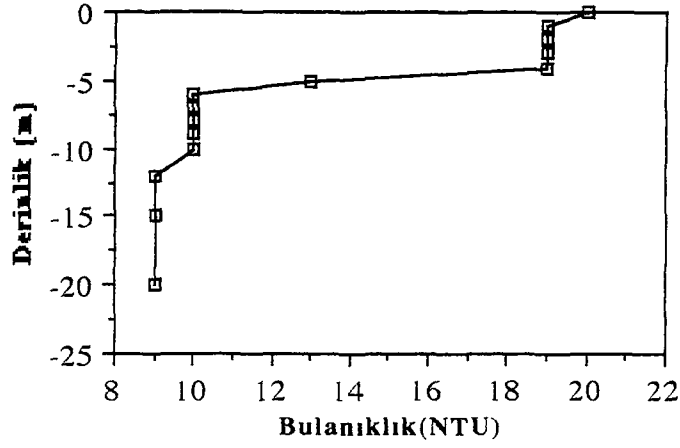
Şekil 4.53. 27.7.1994'te 3 Nolu Noktadaki Ç.O.-Derinlik ilişkisi



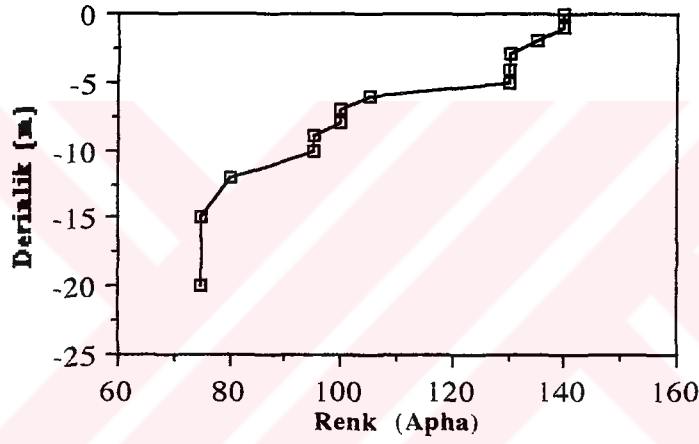
Şekil 4.54. 27.7.1994'te 3 Nolu Noktadaki NH3-N-Derinlik ilişkisi



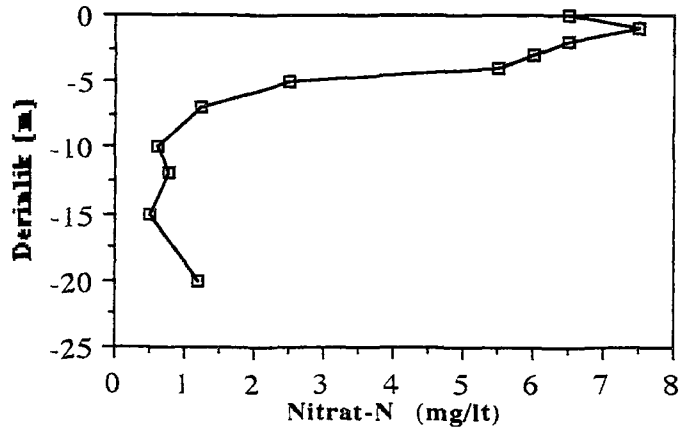
Şekil 4.55. 27.7.1994'te 3 Nolu Noktadaki TOC-Derinlik ilişkisi



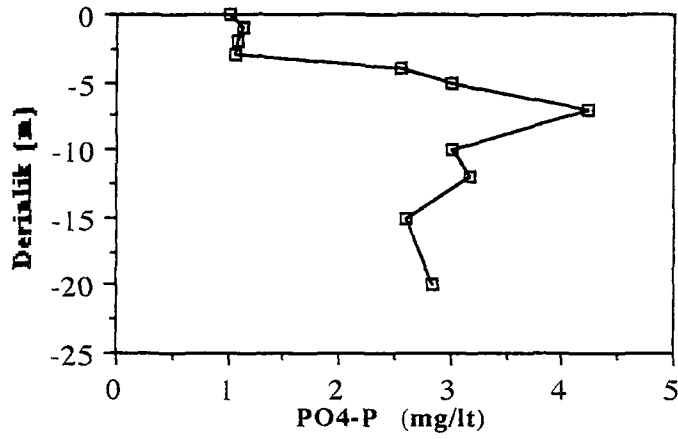
Şekil 4.56. 27.7.1994'te 3 Nolu Noktadaki Bulanıklık-Derinlik İlişkisi



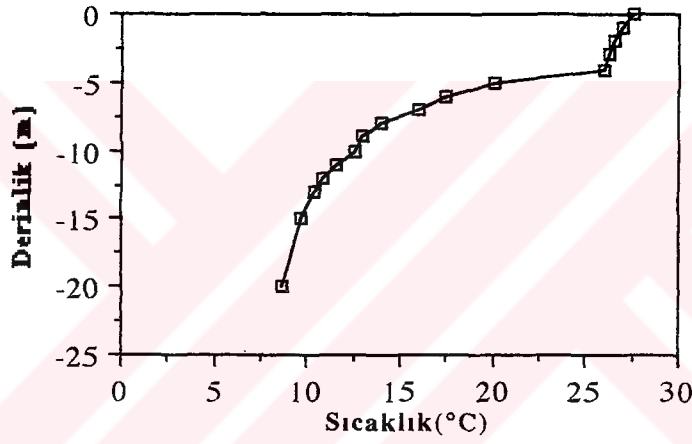
Şekil 4.57. 27.7.1994'te 3 Nolu Noktadaki Renk-Derinlik İlişkisi



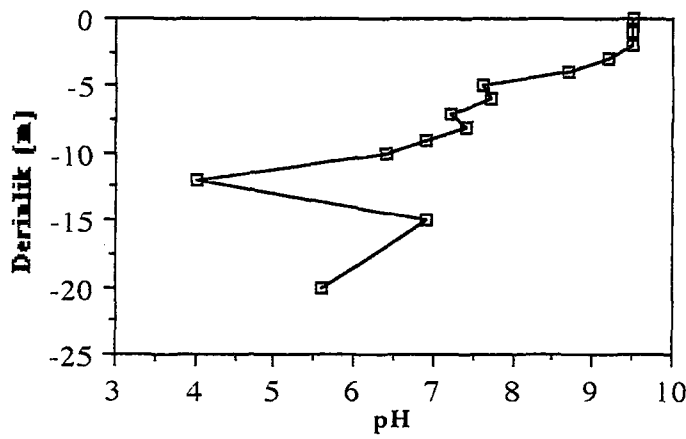
Şekil 4.58. 27.7.1994'te 3 Nolu Noktadaki Nitrat-N-Derinlik İlişkisi



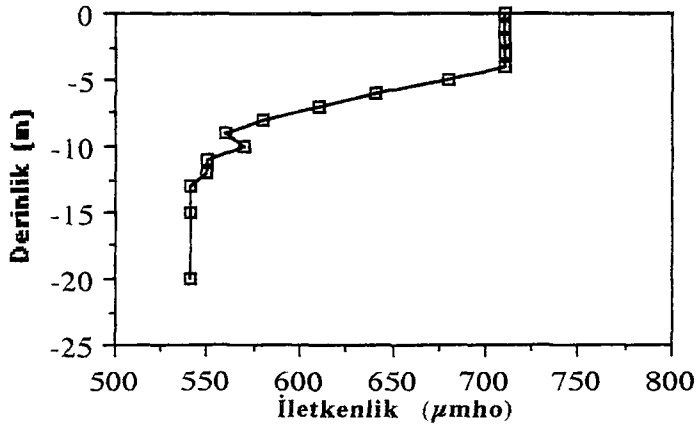
Şekil 4.59. 27.7.1994'te 3 Nolu Noktadaki PO4-P-Derinlik İlişkisi



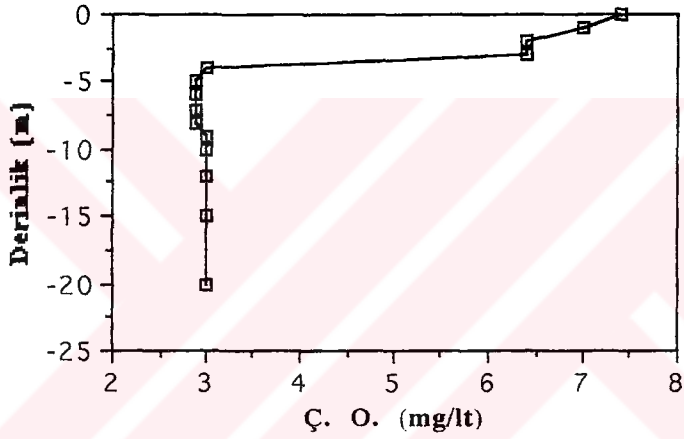
Şekil 4.60. 27.7.1994'te 4 Nolu Noktadaki Sıcaklık-Derinlik İlişkisi



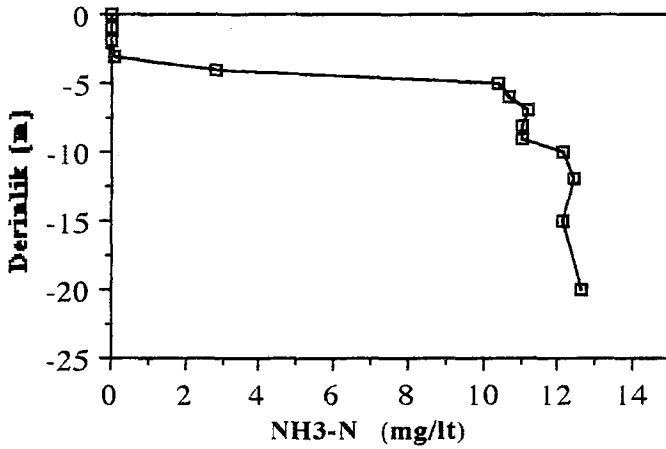
Şekil 4.61. 27.7.1994'te 4 Nolu Noktadaki pH-Derinlik İlişkisi



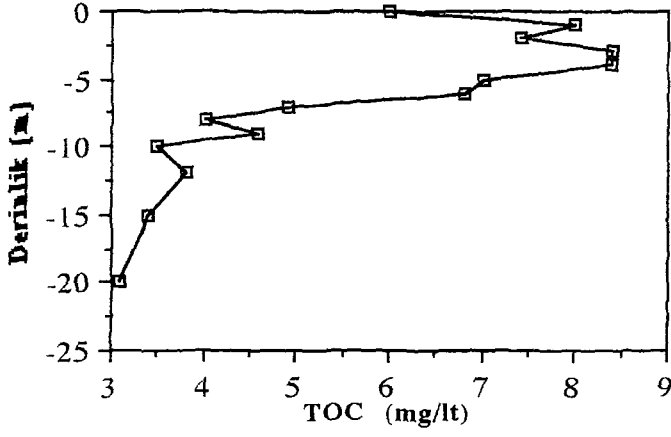
Şekil 4.63. 27.7.1994'te 4 Nolu Noktadaki İletkenlik-Derinlik İlişkisi



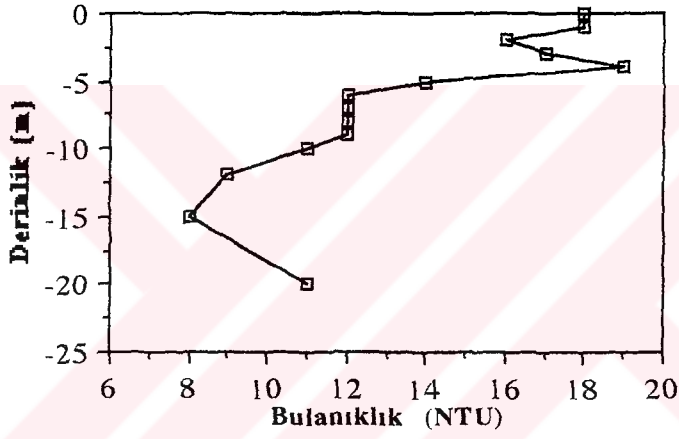
Şekil 4.64. 27.7.1994'te 4 Nolu Noktadaki Ç.O.-Derinlik İlişkisi



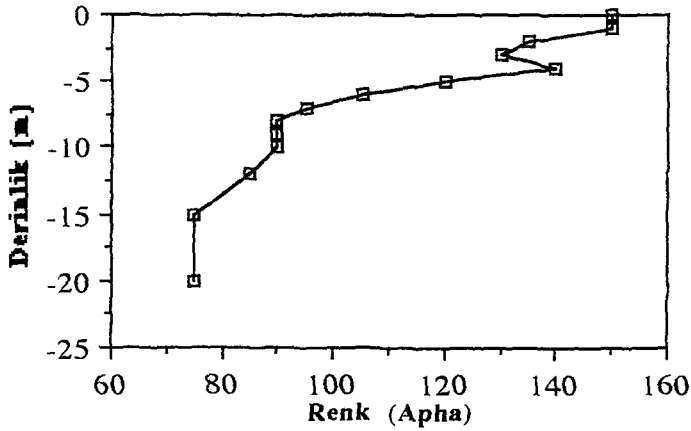
Şekil 4.65. 27.7.1994'te 4 Nolu Noktadaki NH3-N-Derinlik İlişkisi



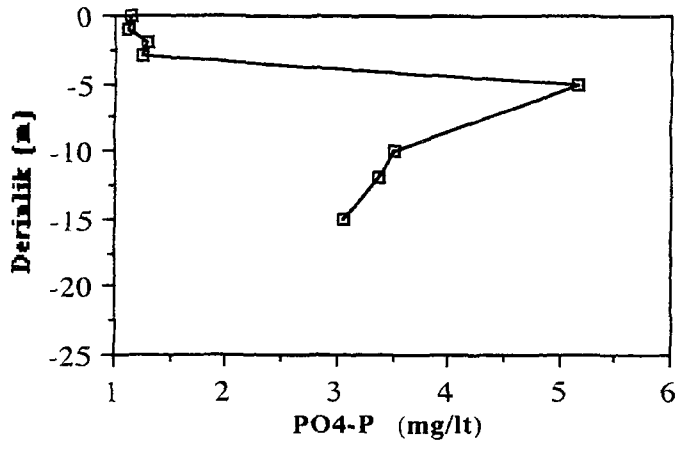
Şekil 4.66. 27.7.1994'te 4 Nolu Noktadaki TOC-Derinlik ilişkisi



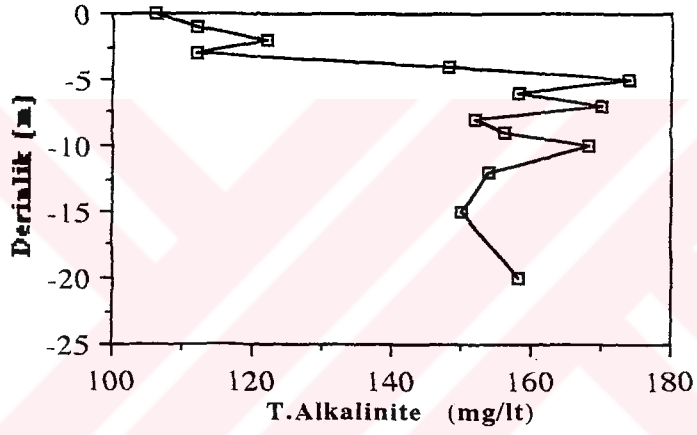
Şekil 4.67. 27.7.1994'te 4 Nolu Noktadaki Bulanıklık-Derinlik ilişkisi



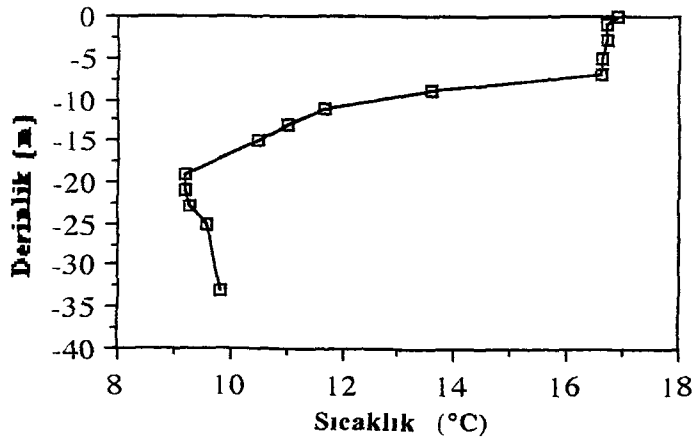
Şekil 4.68. 27.7.1994'te 4 Nolu Noktadaki Renk-Derinlik ilişkisi



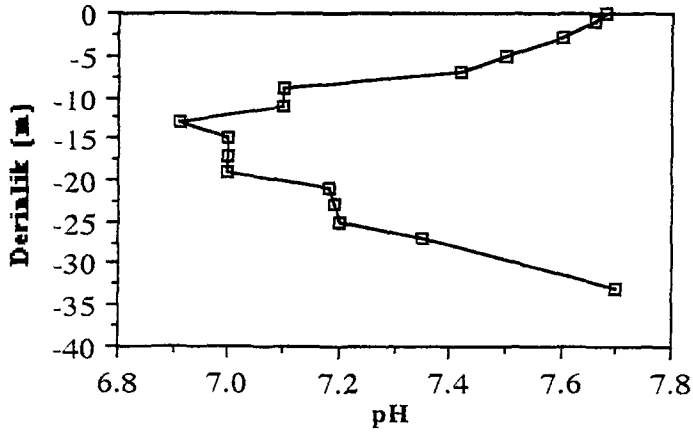
Şekil 4.69. 27.7.1994'te 4 Nolu Noktadaki PO4-P-Derinlik İlişkisi



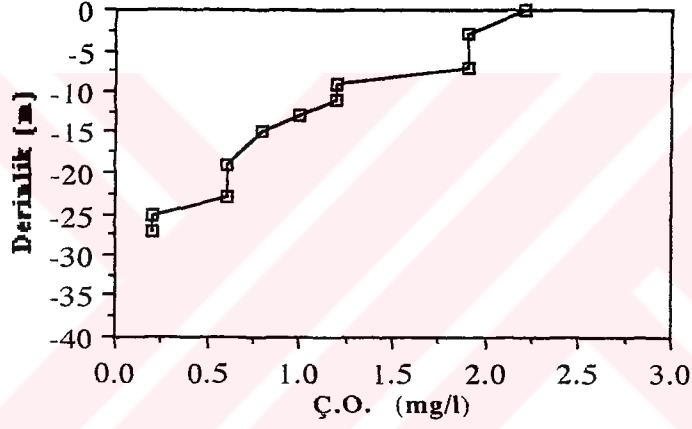
Şekil 4.70. 27.7.1994'te 4 Nolu Noktadaki T.Alkalinite-Derinlik İlişkisi



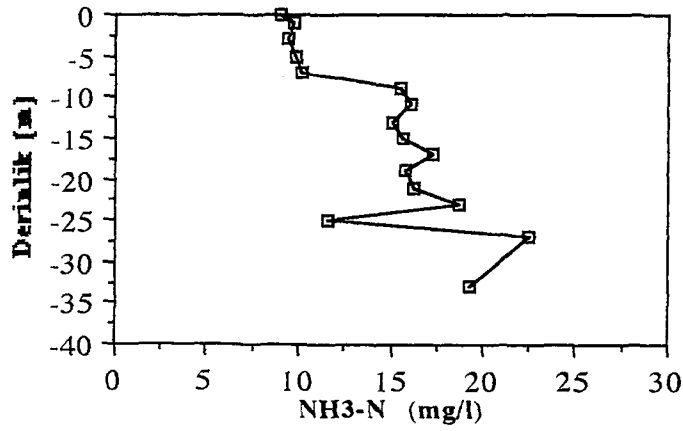
Şekil 4.71. 22.10.1994'te 1 Nolu Noktadaki Sıcaklık-Derinlik İlişkisi



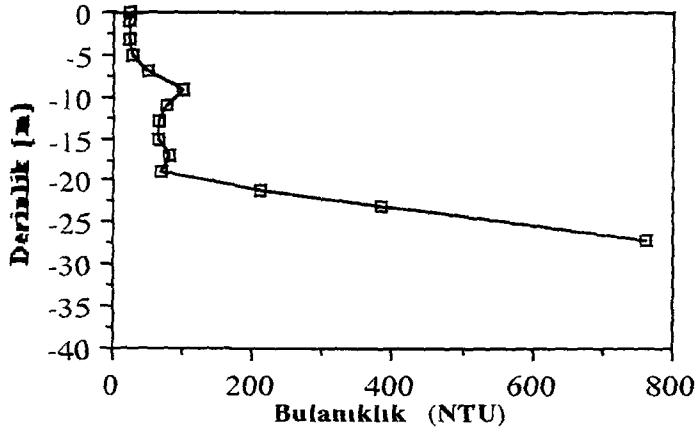
Şekil 4.72. 22.10.1994'te 1 Nolu Noktadaki pH-Derinlik İlişkisi



Şekil 4.73. 22.10.1994'te 1 Nolu Noktadaki Ç.O.-Derinlik İlişkisi



Şekil 4.74. 22.10.1994'te 1 Nolu Noktadaki NH3-N-Derinlik İlişkisi

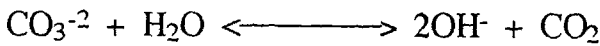
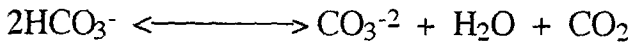


Şekil 4.75. 22.10.1994'te 1 Nolu Noktadaki Bulanıklık-Derinlik İlişkisi

4.2. ÖLÇÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

- Elmalı rezervuarında, sıcaklık-derinlik ilişkileri incelendiğinde sıcaklık tabakalaşmasının meydana geldiği görülmektedir. Grafiklerden de görülebileceği gibi rezervuarda epilimnion tabakasının derinliği ortalama olarak 3 m' dir.

- pH değerlerinin yüzeyde yüksek, aşağılara inildikçe azaldığı pH-derinlik ilişkilerinden görülmektedir. Alkalinite ise yüzeyde düşük aşağılarda yüksek değerler almaktadır. Bu değişimin sebepleri yüzeyde alglerin yapmış olduğu faaliyetlerden kaynaklanmaktadır. Alglerin faaliyetleri ile ilgili literatür bilgileri ve oluşan reaksiyonlar bundan önceki bölümde açıklandığı gibi;



dir. CO_2 'in algler tarafından alınmasıyla, HCO_3^- alkalinitesi CO_3^{2-} alkalinitesine, CO_3^{2-} alkalinitesi de OH^- alkalinitesine dönüşür. Bu reaksiyonlar sonucu yüzeyde pH değerleri yüksek değerler alırken, alkalinite değerleri ise düşük değerler alır.

- Ölçüm sonuçlarına göre çözünmüş oksijenin yüzeyde yüksek aşağılara inildikçe azaldığı görülmektedir. Ötrofik olan yüzeysel sularda çözünmüş oksijen miktarı yüzeyden aşağı tabakalara inildikçe azalma gösterir. Yüzeye yakın bölgelerde çözünmüş oksijen' in yüksek olmasının ana sebebi bu bölgelerin iyi havalanmasıdır. Diğer taraftan (3.2) eşitliğinden görüleceği üzere ötrofik göllerde yüzeydeki alglerin CO_2 ' i kullanıp O_2 açığa çıkarmaları da oksijen konsantrasyonunu önemli miktarlarda etkiler.

- Yapılan ölçümlerde PO_4 -P olarak ölçülen fosfor miktarlarının çok yüksek değerler aldığı (ortalama 2558 mg/m^3) belirlenmiş olup, bu sonuçlar kullanılarak rezervuarın trofik seviyesinin belirlenmesi çalışması Bölüm 4.3.' te verilmiştir.

- Amonyak azotu (NH_3 -N)-derinlik ilişkisi incelendiğinde, yüzeyden ortalama ilk 3 metrede konsantrasyonunun sıfır olduğu görülmektedir. Bunda en önemli etkenler sıcaklık ve pH' dır. Üst tabakalarda pH ve sıcaklığın etkisiyle oluşan serbest amonyak bu tabakanın iyi bir şekilde havalanması neticesinde uçmaktadır. Aynı zamanda bu tabakalarda nitrifikasyon için yeterli oksijenin olması nitrifikasyon olayının da gerçekleşmesini hızlandırmaktadır. Ölçülen nitrat değerleri incelendiğinde, nitrat miktarının yüzeyde fazla, aşağılara inildikçe azalması bu olayın gerçekleştiğini göstermektedir.

- Toplam organik karbon (TOC) miktarı genelde üst kısımlarda yüksek, taban kısımlarda düşüktür. Bölüm 3' te verilen Şekil 3.4 ve 3.5 incelendiğinde (TOC) ile toplam fosfor ve klorofil-a miktarları arasında yakın bir ilişki olduğu görülmektedir. Yeşil bitkiler dolayısıyla TOC konsantrasyonu, yüzeyde yüksek değerler almaktadır.

- Ölçüm sonuçlarına göre bulanıklık ve rengin derinlikle azaldığı, yüzeye yakın bölgelerde yüksek değerler aldığı (Bulanıklık: 5-22.10 NTU ve Renk: 40-180 Apha) görülmektedir. Bunun esas sebebi, yüzeydeki alg üremesidir. Seki diski derinliğinin düşük çıkması (ortalama olarak 0.45 m.) da yine yüzeydeki alg üremesine bağlıdır.

4.3. ELMALI REZERVUARININ TROFİK SEVİYESİNİN BELİRLENMESİ

Bölüm 2' de Elmalı Rezervuar havzasındaki yerleşim ve endüstri hakkında bilgiler verilmiştir. 1992' de yapılan çalışmalar neticesinde rezervuara gelen Azot (N) ve Fosfor (P) yükleri Tablo 4.10' da verildiği gibi tesbit edilmiştir (COWI Consult ve diğerleri,1993).

Tablo 2.1' den görüleceği gibi, Elmalı rezervuarına gelen yıllık debi, $Q = 32$ milyon m^3 ; Rezervuar hacmi, $V_o = 12$ milyon m^3 ; Rezervuar yüzey alanı, $A_o = 1.1$ km^2 ; ortalama derinlik, $z = 11$ m. dir.

Tablo 4.10. 1975-1992 Yıllarında Elmalı Rezervuarına Gelen Toplam Azot ve Fosfor Yükleri

	1975		1992	
	N (ton/yıl)	P (ton/yıl)	N (ton/yıl)	P (ton/yıl)
Evsel Atıksu	7	1.3	220	44
Endüstriyel Atıksu	---	---	10	2.4
Kentsel Yağmursuyu	9	0.4	11	1.1
Orman Alanı	7	0.18	7	0.18
Tarım Alanı ve Çayır	20	0.52	20	0.52
Atmosferden Gelen	2	0.02	2	0.02
Toplam	45	2.4	270	48.2

Elmalı Rezervuarı' nın trofik seviyesi ve ötrofikasyon, Vollenweider'in matematik modeli kullanılarak tesbit edilmek istenirse;

Eşitlik 3.15 yardımı ile suyun rezervuardaki ortalama bekleme süresi;

$$T_w = \frac{V_o}{Q} = \frac{12 \cdot 10^6 m^3}{32 \cdot 10^6 m^3/yıl} = 0.38 \text{ yıl.}$$

veya,

$$q_a = \frac{Q}{A_o} = \frac{32 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}}{1.1 \cdot 10^6 \text{ m}^2} = 29.09 \text{ m/yıl}$$

$$T_w = \frac{z}{q_a} = \frac{11 \text{ m}}{29.09 \text{ m/yıl}} = 0.38 \text{ yıl}$$

olarak hesaplanabilir.

Eşitlik 3.14 yardımıyla, fosfor bekleme katsayısı R,

$$R = \frac{\sqrt{T_w}}{1 + \sqrt{T_w}} = \frac{\sqrt{0.38}}{1 + \sqrt{0.38}} = 0.38$$

olarak hesaplanmıştır.

1994 senesinde Elmalı Rezervuarı'nda tarafımızdan yapılan çalışmalarda, rezervuardaki ortalama, orto fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) konsantrasyonu 2558 mg/m^3 olarak ölçülmüştür. $\text{PO}_4\text{-P}$ 'nin, toplam fosforun %45'i olduğu kabulü ile rezervuardaki fosfor,

$$(P)_\lambda = \frac{2558}{0.45} = 5685 \text{ mg/m}^3$$

olarak hesaplanır (OECD,1982).

Tablo 4.10' da verilen değerler gözönüne alındığında rezervuara gelen yıllık fosfor (P) yüklerinin;

1975 senesi için 2.4 ton/yıl,
1992 senesi için 48.2 ton/yıl,

olduğu görülmektedir. Rezervuara yılda gelen su miktarı $Q = 32$ milyon m^3 olduğuna göre, bu yıllarda rezervuardaki ortalama fosfor konsantrasyonları $[P]$,

$$[P] = \frac{P \text{ (mg/yıl)}}{Q \text{ (m}^3\text{/yıl)}} \quad (\text{mg/m}^3)$$

eşitliği ile hesaplanmış ve değerler toplu olarak Tablo 4.11' de verilmiştir.

Tablo 4.11. 1975, 1992 ve 1994' te Rezervuara Gelen Suyun Ortalama Fosfor Konsantrasyonları

	1975	1992	1994
$[P]$ (mg/m ³)	75	1506	9169

Rezervuardaki ortalama fosfor konsantrasyonu $[P]_{\lambda}$ ise, Eşitlik 3.12 yardımı ile hesaplanarak Tablo 4.12' de verilmiştir.

Tablo 4.12. 1975, 1992 ve 1994'te Rezervuardaki Ortalama Fosfor Konsantrasyonları

	1975	1992	1994
$[P]_{\lambda}$ (mg/m ³)	46.5	934	5685

OECD' nin, göllerin trofik seviyelerini sınıflandırma için yaptığı çalışmalar neticesinde fosfor (P) için verilen değerler ($[P]_{\lambda}$ (mg/m³)) Tablo 4.13' te görüldüğü gibidir (OECD,1982).

Tablo 4.13. Göllerin Trofik Seviyelerinin Sınıflandırılması (OECD)

Yıllık Ortalama Değer	Ultra-oligotrofik	Oligotrofik	Mezotrofik	Ötrofik	Hipertrofik
$[P]_{\lambda}$ (mg/m ³)	≤ 4	≤ 10	10 - 35	35 - 100	≥ 100

Elmalı Rezervuarı için hesaplanarak Tablo 4.12' de verilen fosfor konsantrasyonları, Tablo 4.13' te verilen değerler ile karşılaştırıldığında, rezervuarın halen hipertrofik seviyede olduğu ($[P]_{\lambda}$ (mg/m³) ≥ 100) görülmektedir.

Tablo 3.1' de trofik seviyelerle seki diski derinlikleri arasındaki ilişkiden de görüldüğü gibi, Elmalı Rezervuarı' ndaki seki diski derinliğinin ortalama olarak 0.45 m. olduğu gözönünde tutulduğunda, hipertrofik seviye için verilen kritik derinlikten (≤ 1.5 m.) daha küçük seki diski derinliğine sahip olması dolayısıyla, rezervuarın hipertrofik seviyede olduğu görülmektedir.

BÖLÜM 5

5. ELMALI REZERVUARI İÇİN SICAKLIK MODELLEME ÇALIŞMASI VE ORTAMDAKİ AMONYAK FORMUNUN BELİRLENMESİ

Sıcaklığın su kütlesindeki fiziksel ve kimyasal olaylara çok önemli etkisi vardır. Çözünürlük, doygunluk, difüzyon gibi bir çok olaylar sıcaklıkla etkilenmektedir. Bu bölümde, rezervuarda derinliğe bağlı olarak değişkenlik arz eden sıcaklığı, yüzey sıcaklığı ve yüzey bulanıklık değerine bağlı olarak ifade edebilmek için bir model çalışması yapılmıştır. Daha sonraki safhada da herhangi bir derinlik için model çalışması ile elde edilen sıcaklık ve ortamın pH değerini kullanmak suretiyle gözönüne alınan noktadaki amonyağın formunun tesbiti çalışması gerçekleştirilmiş ve giriş bilgileri; bulanıklık, yüzey sıcaklığı ve amonyak formunun tesbiti istenen derinlikteki pH değeri olan bir program yazılarak çalıştırılmıştır.

5.1. SICAKLIK ÖLÇÜMLERİNİN İSTATİSTİKİ OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Ölçümler sonucu elde edilen derinlik-sıcaklık ilişkileri, tekli ve çoklu korelasyon ve regrasyon analizleri vasıtası ile bilgisayarda incelenmiştir. İşlemler için paket programlar kullanılmıştır.

Deney neticeleri önce tekli korelasyonla değerlendirilmiştir. Bunun için de aşağıdaki matematiksel ifadelerle uygunluğu test edilmiştir.

a. Lineer ilişki

$y = a.x + b$ şeklinde ifade edilmektedir.

Burada x ve y değişkenleri arasındaki ilişki lineerdir.

b. İkinci derece denklem

İki değişken arasındaki ilişki

$y = a.x^2 + b.x + c$ şeklinde ifade edilmektedir.

c. Logaritmik fonksiyon

Burada değişkenler arasındaki ilişki

$y = a \cdot \log(x) + b$ şeklinde ifade edilir.

d. Üstel fonksiyon

Söz konusu ilişki

$y = a \cdot x^b$ şeklinde ifade edilir.

e. Eksponansiyel fonksiyon

Bu fonksiyon

$y = a \cdot e^{b \cdot x}$ şeklinde ifade edilmektedir.

Ölçüm sonuçları söz konusu beş denklem için de denenmiş ve bunlar içinde korelasyon katsayısı en fazla olan dikkate alınmıştır ($R^2 \approx 0.972$).

5.2. SICAKLIK MODEL ÇALIŞMASI VE UYGULAMASI

Regrasyon analizleri sonucunda, sıcaklık-derinlik ilişkilerini en iyi karakterize eden fonksiyonun $y = a \cdot e^{b \cdot x}$ şeklindeki eksponansiyel fonksiyon olduğu görülmüştür. Herbir ölçüm noktası için sıcaklık-derinlik ilişkisi

$$T_{x_i} = T_{o_i} \cdot e^{-k_{ti} \cdot x} \quad 5.1$$

ifadesine uygun olarak,

$$T_{x_1} = 22.344 \cdot e^{-(0.078046 \cdot x)} \quad R^2 = 0.991 \quad 5.2$$

$$T_{x_2} = 28.547 \cdot e^{-(0.067801 \cdot x)} \quad R^2 = 0.980 \quad 5.3$$

$$T_{x_3} = 25.977 \cdot e^{-(0.060053 \cdot x)} \quad R^2 = 0.950 \quad 5.4$$

$$T_{x_4} = 28.265 \cdot e^{-(0.070725 \cdot x)} \quad R^2 = 0.970 \quad 5.5$$

$$T_{x_5} = 24.468 \cdot e^{-(0.0890799 \cdot x)} \quad R^2 = 0.995 \quad 5.6$$

şeklinde elde edilmiştir (Şekil 5.1- 5.5). Burada ,

T_{xi} = i noktasında su yüzeyinden x metre aşağıdaki bir yerde sıcaklık °C,

T_{oi} = i noktasında su yüzeyindeki sıcaklık, °C

k_{ti} = i noktasında sıcaklık azalma katsayısı, m^{-1}

x = Derinlik, m

dir.

Elde edilen denklemlerdeki sıcaklık azalma katsayısı k_{ti} değerleri, ortamdaki bulanıklığa (NTU) bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu değişimi göstermek için, herbir ölçüm noktasında

$$T_{xi} = T_{oi} \cdot e^{-k_{ti} \cdot x}$$

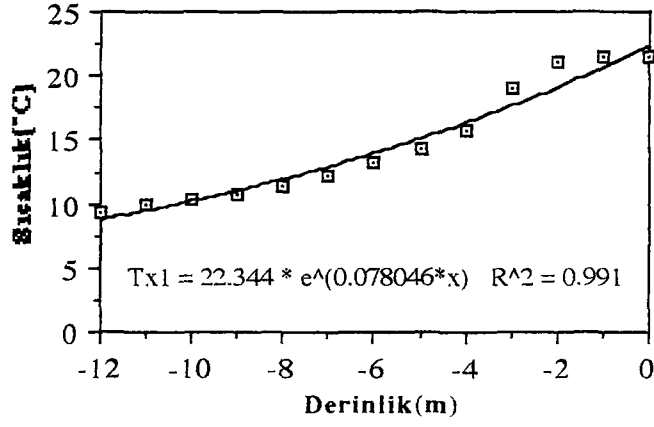
şeklindeki ifadeye uygun olarak elde edilen sıcaklıkla ilgili ifadelerdeki k_{ti} değerleri ile bu ölçümlerin yapıldığı noktalardaki yüzey bulanıklık (NTU) değerleri Tablo 5.1' de verilmiştir.

Tablo 5.1. k_{ti} (m^{-1}) ve Bulanıklık (NTU) değerleri

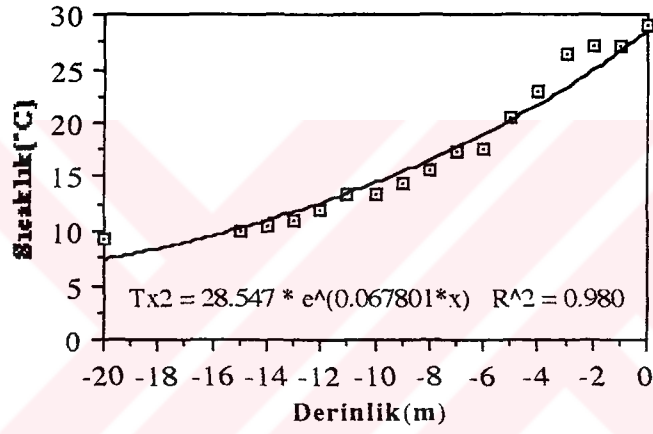
Ölçüm Noktası	k_{ti} (m^{-1})	Bulanıklık (NTU)
31.5.1994, 1 Nolu Nokta	0.078046	13.0
19.7.1994, 2 Nolu Nokta	0.067801	18.9
27.7.1994, 3 Nolu Nokta	0.060053	20.0
27.7.1994, 4 Nolu Nokta	0.070725	18.0
11.10.1994, 1 Nolu Nokta	0.075133	4.7

Tablo 5.1' de verilen k_{ti} (m^{-1}) değerleri ile bulanıklık (NTU) değerleri regrasyon analizine tabi tutulmuş ve k_{ti} (m^{-1}) için,

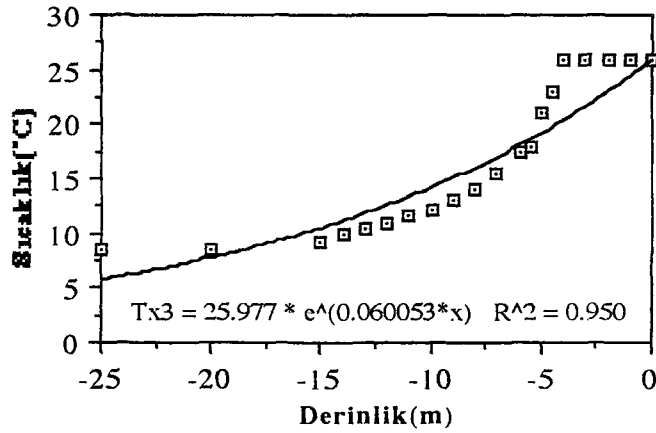
$$k_{ti} (m^{-1}) = a + b(NTU) + c(NTU)^2 \quad \text{şeklindeki}$$



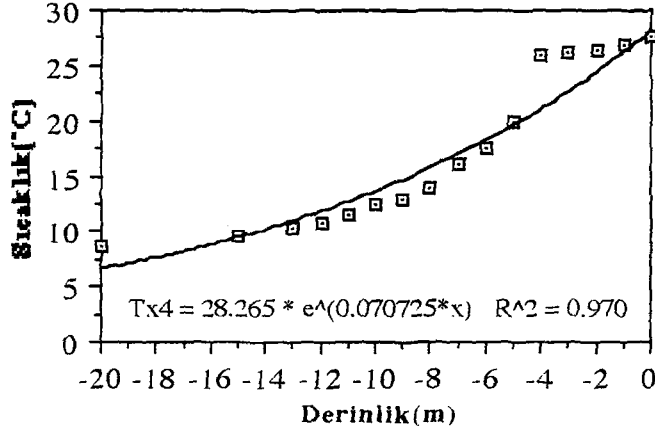
Şekil 5.1.31.5.1994'te 1 Nolu Noktadaki Sıcaklık Değişimi



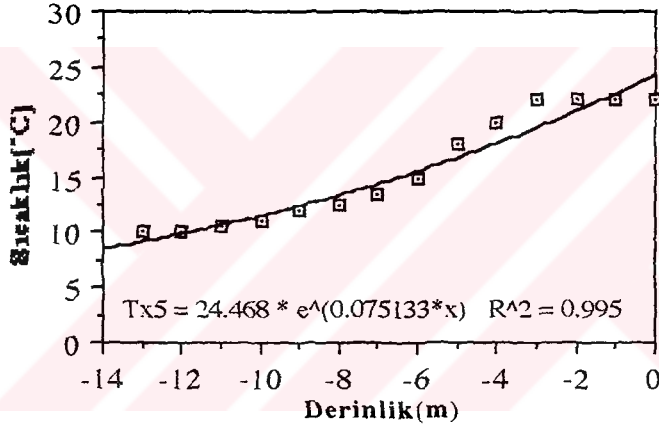
Şekil 5.2. 19.7.1994'te 2 Nolu Noktada Sıcaklık Değişimi



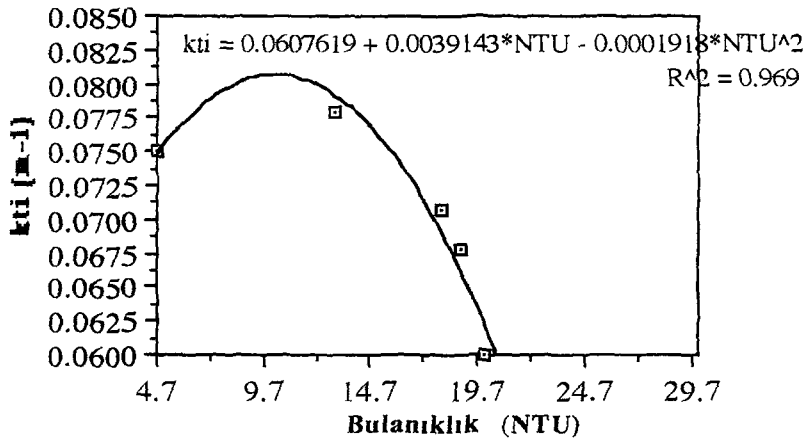
Şekil 5.3. 27.7.1994'te 3 Nolu Noktada Sıcaklık Değişimi



Şekil 5.4. 27.7.1994'te 4 Nolu Noktada Sıcaklık Değişimi



Şekil 5.5. 11.10.1994'te 1 Nolu Noktada Sıcaklık Değişimi



Şekil 5.6. kti ve bulanıklık arasındaki ilişki

$$k_{ti} = 0.0607619 + 0.0039143(NTU) - 0.0001918(NTU)^2$$

5.7

ifadesi elde edilmiştir. Buna ait grafik Şekil 5.6' da verilmiştir. 5.7 denklemi yardımıyla, herhangi bir noktadaki su yüzeyindeki bulanıklık (NTU) değeri biliniyorsa, bu bölge için k_{ti} (m^{-1}) değeri hesap edilebilir. Daha sonra aynı bölge için, su yüzeyindeki sıcaklık (T_{oi}) ve hesap edilen k_{ti} değeri 5.1 denkleminde kullanılmak suretiyle herhangi bir derinlikteki su sıcaklığı (T_{xi}) hesap edilebilir.

Sıcaklık tabakalaşmasının görüldüğü 3 m.' den daha aşağıdaki bölgeler için, yapılan sıcaklık model çalışması ile elde edilen değerler ile numune alma yöntemi ile rezervuarda ölçülen değerler arasında iyi bir uyum olduğu Tablo 5.2' den görülmektedir.

Tablo 5.2. Ölçülen Sıcaklık ve Model ile Hesaplanan Sıcaklık Değerleri

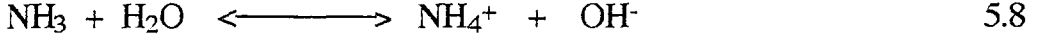
Derinlik	Yüzey Sıcaklığı	Yüzey Bulanıklığı	Ölçülen Sıcaklık	Hesaplanan Sıcaklık	Rölatif Hata
m	°C	NTU	°C	°C	%
4	29.0	18.9	23.0	22.25	3.3
4	21.5	13.0	15.8	15.66	0.9
5	29.0	18.9	20.5	20.82	1.5
5	27.5	18.0	20.0	19.47	2.7
6	26.0	20.0	17.5	17.89	2.2
6	21.5	13.0	13.2	13.37	1.3
7	22.0	4.7	13.5	13.02	3.6
7	29.0	18.9	17.2	18.20	5.5
8	22.0	4.7	12.5	12.08	3.4
9	21.5	13.0	10.8	10.54	2.4
11	29.0	18.9	12.0	13.00	7.7
13	27.5	18.0	10.4	11.08	6.1
15	27.5	18.0	9.7	9.63	0.7
20	26.0	20.0	8.5	7.63	10.2

Ortalama Hata (%) 3.7

Tablo 5.2'de verildiği gibi, model çalışması neticesinde sıcaklık için elde edilen denklem ile bulunan sıcaklık değerleriyle, o noktalarda ölçülen sıcaklık değerleri arasında hata yüzdesi % 3.7 olan bir yaklaşım elde edilmiştir.

5.3. ORTAMDAKİ AMONYAK FORMUNUN BELİRLENMESİ

Kirletilmiş bir suda (NH_3) ile (NH_4^+), denklem 5.8' de verilen denge şartlarına göre bulunur,



pH' nın 7 olması halinde ortamda sadece amonyum iyonu (NH_4^+), pH' nın 12 olması halinde ise sadece amonyak (NH_3) mevcuttur. pH'nın 7 ile 12 değerleri arasında ise (NH_4^+) ve (NH_3)' ün ortamdaki bulunma oranları (%), pH ve sıcaklığa bağlı olarak değişir (Orris,1983).

$$[\text{Amonyak}]_{\text{toplam}} = [\text{NH}_3]_{\text{serbest}} + [\text{NH}_4^+] \quad 5.9$$

olup,

$$[\text{NH}_3]_{\text{serbest}} (\%) = \frac{10^{-\text{pKa}}}{10^{-\text{pH}} + 10^{-\text{pKa}}} \quad 5.10$$

dır. Burada ,

$$K_a = \frac{[\text{NH}_3] [\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+]} \quad 5.11$$

olup,

$$\text{pKa} = -\log (K_a) = 0.09018 + \frac{2729.92}{T (^\circ\text{K})} \quad 5.12$$

dır.

Emerson tarafından verilen eşitlik 5.12 yardımıyla herhangi bir noktadaki pH ve sıcaklık bilindiğinde, ortamdaki amonyanın (NH_3) ve (NH_4^+) formlarının (%) leri tesbit edilebilir (Emerson et al,1975).

Model çalışması için QBASIC dilinde iki program hazırlanmıştır (Ek.1). Bu programlardan birincisinde; giriş bilgileri olarak, rezervuarda ölçülen derinliklerdeki sıcaklık ve yüzey bulanıklıkları verilmekte, çıkış olarak T_{xi} ve k_{ti} denklemleri alınmaktadır. İkinci program ise verilen herhangi bir derinlik için sıcaklık ve amonyağın (NH_3) ve (NH_4^+) formlarının (%) sini vermektedir. Bu programın çalışması ile ilgili bir uygulama (EK 2.)' de verilmiştir.



BÖLÜM 6

6. SONUÇLAR

Elmalı Rezervuarı' nda yapılan ölçümler ve model çalışmaları neticesinde elde edilen sonuçlar şu şekilde tesbit edilmiştir .

1- Elmalı rezervuarı, rezervuarı besleyen derelerden gelen evsel ve endüstriyel atıksularla önemli derecede kirletilmiştir.

2- Rezervuardaki su ile ilgili olarak ölçülen parametrelerin derinlik değişimlerinin şu şekillerde olduğu görülmüştür:

a- Sıcaklık-derinlik ilişkilerinden, rezervuarda sıcaklık tabakalaşmasının meydana geldiği görülmüş, epilimnion tabakasının ortalama olarak 3 m. olduğu tesbit edilmiştir.

b- pH değerlerinin yüzeyde yüksek, aşağılara inildikçe azaldığı belirlenmiştir. Alkalinitenin ise, yüzeyde düşük aşağılarda yüksek değerler aldığı tesbit edilmiştir. Yüzeydeki alglerin ortamdaki CO_2 ' i kullanmaları pH' nın yükselmesine, ortamdaki alkalinitenin OH^- alkalinitesine dönüşmesine ve alkalinitenin yükselmesine sebep olmaktadır.

c- Çözünmüş oksijenin yüzeyde 7-8 mg/l, aşağı tabakalarda (hipolimnion) ise 2.5-3 mg/l' ye kadar düştüğü tesbit edilmiştir. Yüzeye yakın bölgelerin iyi havalanması ve yüzeydeki alglerin CO_2 ' i kullanıp O_2 açığa çıkarmaları, oksijen konsantrasyonunun yüzeyde yüksek olmasına sebep olmaktadır.

d- Yapılan ölçümlerle $\text{PO}_4\text{-P}$ olarak, fosfor konsantrasyonu ortalama 2558 mg/m³ olarak belirlenmiştir.

Rezervuardaki ortalama yıllık fosfor miktarı ($[\text{P}]_{\lambda} = 5685 \text{ mg/m}^3$) olarak hesaplanmış, hesaplanan bu değer OECD' nin hipertrofik göller için verdiği

$[P]_L = \geq 100 \text{ mg/m}^3$ konsantrasyonunun çok üzerinde olduğundan gölün halen hipertrofik olduğu tesbit edilmiştir.

e- Amonyak azotu ($\text{NH}_3\text{-N}$) konsantrasyonunun yüzeyden itibaren ortalama ilk 3 metre aşağısında sıfır olduğu tesbit edilmiştir. Üst tabakalarda pH ve sıcaklığın etkisiyle oluşan serbest amonyak bu tabakanın iyi bir şekilde havalanması neticesinde uçmaktadır. Aynı zamanda bu tabakalarda yeterli oksijenin olması nitrifikasyon olayının da gerçekleşmesini hızlandırmaktadır. Ölçülen nitrat değerlerinin de yüzeyde fazla, aşağılara inildikçe azalması bu olayın gerçekleştiğini göstermektedir.

f- Yeşil bitkiler dolayısıyla toplam organik karbon (TOC) miktarı rezervuarın yüzey kısımlarında yüksek, taban kısımlarında düşüktür.

g- Yüzeydeki alg oluşumları sebebiyle bulanıklık ve rengin derinlikle azaldığı, yüzeye yakın bölgelerde yüksek değerler aldığı (Bulanıklık: 5-22.10 NTU ve Renk: 40-180 Apha) görülmüştür.

h- Seki diski derinliği ortalama olarak 0.45 m. olarak tesbit edilmiştir. Bu değer OECD' nin hipertrofik göller için vermiş olduğu kritik derinlikten ($\leq 1.5 \text{ m.}$) daha düşüktür.

3- Sıcaklık tabakalaşması sonucu oluşan sıcaklık-derinlik değişimi, regresyon analizine tabi tutularak, sıcaklığın derinlikle olan ilişkisinin

$$T_{xi} = T_{oi} \cdot e^{-k_{ti} \cdot X}$$

denkleminde uyduğu görülmüştür. Bu denklemden k_{ti} 'nin de bulanıklıkla değişimi analiz edilmiş, ve

$$k_{ti} = 0.0607619 + 0.0039143(\text{NTU}) - 0.0001918(\text{NTU})^2$$

bağıntısı elde edilmiştir. Bu denklem yardımı ile herhangi bir yüzey bulanıklığı (NTU) için k_{ti} 'nin değeri elde edilmekte, yüzey sıcaklığı (T_{oi}) ve hesaplanan k_{ti} değeri

$$T_{x_i} = T_{o_i} \cdot e^{-k_{ti} \cdot X}$$

denkleminde kullanılarak, istenen herhangi bir derinlikteki sıcaklık değeri (T_{x_i}) hesaplanabilmektedir. Bu model kullanılarak elde edilen sıcaklık değeri ile ölçüm neticesinde elde edilen değerler karşılaştırıldığında % 3.7 gibi bir ortalama hatanın olduğu, bunun ise kabul edilebilir % 5' lik hata oranından küçük kaldığı görülmüştür.

5- Ortamdaki amonyak formunun belirlenmesi amacıyla, Emerson tarafından verilen

$$pK_a = -\log(K_a) = 0.09018 + \frac{2729.92}{T(^{\circ}K)}$$

denklemini kullanılmıştır. Ayrıca,

$$[Amonyak]_{toplam} = [NH_3]_{serbest} + [NH_4^+]$$

bağıntısı ve



reaksiyonu kullanılarak elde edilen,

$$[NH_3]_{serbest} (\%) = \frac{10^{-pK_a}}{10^{-pH} + 10^{-pK_a}}$$

bağıntısı kullanılarak, (NH_4^+) ve (NH_3)_{serb.}' ün ortamdaki bulunma oranları (%), pH ve sıcaklığa bağlı olarak tesbit edilmiştir.

Rezervuarın yüzeyden ilk 3 m.' lik kısmındaki sıcaklık ve pH' lar için amonyağın yaklaşık % 80' inin (NH_3)_{serb.} şeklinde olduğu tesbit edilmiştir.

6- Model çalışması için QBASIC dilinde iki program hazırlanmış ve çalıştırılmıştır. Bu programlardan birincisinde; giriş bilgileri olarak, rezervuarda ölçülen derinliklerdeki sıcaklık ve yüzey bulanıklıkları verilmekte, çıkış olarak T_{xi} ve k_{ti} denklemleri alınmaktadır. İkinci program ise verilen herhangi bir derinlik için sıcaklık ve amonyağın (NH_3) ve (NH_4^+) formlarını (%) olarak vermektedir.



KAYNAKLAR

- 1- Abeliovich A., Vonshak A., 1993. Factors Inhibiting Nitrification of Ammonia In Deep Wastewater Reservoirs. Water Research, Vol.27, No.10, pp.1585-1590.
- 2- Aksoğan S., Gölhan M., 1970. Suların Arıtılması. PİMAŞ Yayınları-4, İstanbul.
- 3- Aral N., 1992. Ötrofikasyon ve Göllerin Kirlenmesi, Ders Notları. Y.T.Ü., İstanbul.
- 4- COWI Consult., SWECO., SP., ACS., 1993. Ömerli ve Elmalı Çevre Koruma Projesi Fizibilite Çalışması. İSKİ.
- 5- Davis M.L., Cornwell D.A., 1991. Introduction to Environmental Engineering. McGraw Hill, Inc.
- 6- Emerson K., Russo R.C., Lund R.E., Thurston R.V., 1975. Aqueous Ammonia Equilibrium Calculations: Effects of pH and Temperature. J. Fish Res. Can., 32(12), 2379.
- 7- İSKİ, 1995. Büyük İstanbul Su Projesi Kaynaklar ve İsale Hatları. İSKİ Haber Aylık Yayın, Nisan .
- 8- İSKİ, 1990. Elmalı Su Arıtma Tesisi İyileştirme Projesi. İstanbul,
- 9- James R.T., 1991. Microbial and Chemical Responses to Pulsed and Gradual Acid Additions in Dark- and Clear-Lake Enclosures. Water Research, Vol.25, No.9, pp.1079-1087.
- 10- Karpuzcu M., 1991. Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü. İstanbul.
- 11- Kavurt C., 1993. Eber ve Karamık Göllerinde Ötrofikasyon ve Trofik Seviyelerinin Araştırılması . Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi .

- 12- OECD., 1982. Eutrophication of Waters, Monitoring, Assessment and Control. Paris.
- 13- Orris E.A., 1983. Nutrient Control, Manuel of Practice FD-7 Facilities Designe. Water Pollution Control Federation.
- 14- Peavy H.S., Rowe D.R., Tchobanoglous G., 1985. Environmental Engineering. McGraw-Hill, Inc.
- 15- Sawyer C.N., McCarty P.L., 1967. Chemistry For Environmental Engineering. McGraw-Hill, Inc.
- 16- Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater, 1989.
- 17- Stumm W., Morgan J.J., 1970. Aquatic Chemistry An Introduction Emphasizing Chemical Equilibria in Natural Waters. John Wiley and Sons. Inc.
- 18- Şengül F., Müezzinoğlu A., Samsunlu A., 1982. Çevre Mühendisliği Kimyası. D.E.Ü. İnşaat Fakültesi Ders Notları, İzmir.
- 19- Uslu O., Türkman A., 1987. Su Kirliliği ve Kontrolü. Ankara.
- 20- Vollenweider R.A., Kerekes J., 1980. The Loading Concept as Basis for Controlling Eutrophication Philosophy and Preliminary Results of the OECD Programme on Eutrophication. Water Technology, 12, 2, 18-34.
- 21- William W., Walker Jr., 1983. Significance of Eutrophication in Water Supply Reservoirs. J.A.W.W.A., 75, p.38-41.
- 22- Y.T.Ü. İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, 1994. Elmalı Rezervuarı Suyu Arıtılabilirlik Çalışması. İSKİ.



EKLER

EK 1. Model Çalışması İçin Yapılan Bilgisayar Programları

```

DECLARE SUB EKKY ( )
DIM SHARED tx(50), txy(50), m(50, 50), x(100), y(100), z(100)
DIM SHARED n, d, ntu(20), ke(20), a(20), ks, u(100)
CLS
SCREEN 0
ks = 1

```

TEK:

```

READ ntu(ks), n
IF ntu(ks) = 0 THEN GOTO KEHES
FOR i = 1 TO n
    READ x(i), y(i)
    z(i) = x(i)
    u(i) = y(i)
NEXT i
FOR i = 1 TO n
    y(i) = LOG(y(i))
    x(i) = x(i) * LOG(EXP(1))
NEXT i
d = 1
CALL EKKY
PRINT USING "NTU=###.## "; ntu(ks);
a(1) = EXP(a(1))
ke(ks) = -a(2)
ks = ks + 1
PRINT USING "      Y=###.##### e^##.##### x"; a(1); a(2);
yy = 0
yi = 0
yo = txy(1) / n
FOR i = 1 TO n
    x = z(i)
    y = a(1) * EXP(a(2) * x)
    yi = yi + (u(i) - yo) ^ 2
    yy = yy + (y - yo) ^ 2
NEXT i

```

```

NEXT i
rr = SQR(yy / yi)
PRINT SPC(10);
PRINT USING "RR=##.###"; rr
ERASE tx, txy, m, x, y, z, u, a
GOTO TEK

```

KEHES:

```

n = ks - 1
FOR i = 1 TO n
    x(i) = ntu(i)
    y(i) = ke(1)
    z(i) = x(i)
    u(i) = y(1)
NEXT i
d = 2
CALL EKKY
FORMAT$ = "Ke=##.##### +##.##### NTU +##.##### NTU^2"
PRINT
PRINT USING FORMAT$; a(1); a(2); a(3);
yy = 0
yi = 0
yo = txy(1) / n
FOR i = 1 TO n
    x = z(1)
    y = 0
    FOR j = 1 TO d + 1
        y = y + a(j) * x ^ (j - 1)
    NEXT j
    yi = yi + (u(1) - yo) ^ 2
    yy = yy + (y - yo) ^ 2
NEXT i
rr = SQR(yy / yi)
PRINT SPC(9);
PRINT USING "RR=##.###"; rr
END

```

```

SCREEN 0
READ A, B, C
tek:
CLS
LOCATE 3, 1
INPUT " Yüzey Bulanıklığı = ", ntu
INPUT " Yüzey Sıcaklığı = ", t0
INPUT " İstenilen Derinlik = ", x
INPUT " Derinliğe Ait pH = ", ph
ke = A + B * ntu + C * ntu ^ 2
tx = t0 * EXP(-ke * x)
IF tx < 4 THEN tx = 4
pka = .09018 + 2729.92 / (273 + tx)
nh3 = 10 ^ -pka / (10 ^ -ph + 10 ^ -pka)
PRINT
PRINT
PRINT USING " Yüzey Bulanıklığı : ###.## NTU "; ntu
PRINT USING " Yüzey Sıcaklığı : ###.## °C"; t0
PRINT USING " İstenilen Derinlik : ###.## m"; x
PRINT USING " Derinliğe Ait pH : ###.## "; ph
PRINT
PRINT SPC(7); "Hesaplanan"
PRINT SPC(7); "===== "
PRINT USING " Sıcaklık : ###.## °C"; tx
PRINT USING " [NH3-N]serbest (%) : ###.## "; nh3 * 100
LOCATE 20, 1
PRINT " Derinlik Dağılımı için (T)"
PRINT " Programdan Çıkmak İstiyorsanız (E) "
PRINT " Devam için herhangi bir Tuşa basınız "
A$ = INPUT$(1)
IF A$ = "E" OR A$ = "e" THEN END
IF A$ = "T" OR A$ = "t" THEN GOTO tablo
GOTO tek

```

tablo:

```

CLS
sat = 3
sut = 1
LOCATE 1, 1
PRINT " Derinlik    Hesaplanan Sıcaklık    °C          ";
PRINT " Derinlik    Hesaplanan Sıcaklık    °C"
PRINT " =====    =====                ";
PRINT " =====    ====="
FOR x = 0 TO 41
    IF x > 3 THEN
        ke = A + B * ntu + C * ntu ^ 2
        tx = t0 * EXP(-ke * x)
    ELSE
        tx = t0
    END IF
    IF tx < 4 THEN tx = 4
    IF sat > 23 THEN
        sat = 3
        sut = 44
    END IF
    LOCATE sat, sut
    PRINT USING "   ###.##                ###.##"; x; tx;
    sat = sat + 1
NEXT x
' Ke FORMUL SABITLERI A,B,C

```

EK 2. Programın Çalışması ile İlgili Uyguyamalar

NTU : 13	$y = 22.34435 * e^{-0.078046.x}$	RR = 0.991
NTU : 18.9	$y = 28.54742 * e^{-0.067801.x}$	RR = 0.980
NTU : 18	$y = 28.21944 * e^{-0.070725.x}$	RR = 0.970
NTU : 20	$y = 25.97653 * e^{-0.060053.x}$	RR = 0.950
NTU : 4.7	$y = 24.46808 * e^{-0.075133.x}$	RR = 0.995

$$k_t = 0.0607619 + 0.0039143(NTU) - 0.0001918(NTU)^2$$

Yüzey Bulanıklığı : 13

Yüzey Sıcaklığı : 21.5

İstenilen Derinlik : 0

Derinliğe Ait pH : 10.6

Yüzey Bulanıklığı : 13.00 NTU

Yüzey Sıcaklığı : 21.50 °C

İstenilen Derinlik : 0.00 m.

Derinliğe Ait pH : 10.60

Hesaplanan

Sıcaklık : 21.50 °C

[NH₃-N]serbest (%) : 94.56

Derinlik Dağılımı İçin (T)

Programdan Çıkmak İçin (E)

Devam İçin Herhangi Bir Tuşa Basınız.

Yüzey Bulanıklığı : 4.7

Yüzey Sıcaklığı : 22

İstenilen Derinlik : 10

Derinliğe Ait pH : 7.7

Yüzey Bulanıklığı : 4.70 NTU

Yüzey Sıcaklığı : 22.00 °C

İstenilen Derinlik : 10.00 m.

Derinliğe Ait pH : 7.70

Hesaplanan

Sıcaklık : 10.40 °C

[NH₃-N]_{serbest} (%) : 0.94

Derinlik Dağılımı İçin (T)

Programdan Çıkmak İçin (E)

Devam İçin Herhangi Bir Tuşa Basınız.

YÜKSEKÖĞRETİM KURU
MANTASYON MERKEZİ

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Eyyüp DEBİK
Doğum Tarihi : 13 Ocak 1966
Doğum Yeri : Karaman
Medeni Hali : Evli ve İki Çocuk Sahibi

BİTİRDİĞİ OKULLAR

Öğrenim Yılı

İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü 1987 - 1992
İ. T. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü İngilizce Hazırlık Sınıfı 1992 - 1993
Y. T. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans 1993 -

MESLEKİ TECRÜBESİ

Başlama Tarihi

Y. T. Ü. Çevre Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlisi 1993

YABANCI DİL BİLGİSİ

Derecesi

İngilizce iyi