

ULUABAT GÖLÜ VE GÖLÜ BESLEYEN SU KAYNAKLARINDA
AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

114951
Mustafa Tayyar BEBİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
(ÇEVRE BİLİMLERİ)


GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Haziran 2001

114951

Mustafa Tayyar BEBEK tarafından hazırlanan ULUABAT GÖLÜ VE GÖLÜ BESLEYEN SU KAYNAKLARINDA AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.


Doç.Dr. Nail ÜNSAL
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Çevre Bilimleri Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç.Dr.Erdoğan HASDEMİR.....

Üye : Doç.Dr.Nail ÜNSAL.....

Üye : Doç.Dr.Atilla MURATHAN.....

Üye :

Üye :

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	iv
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	vi
SİMGE VE KISALTMALAR.....	vii
1 GİRİŞ	1
2. ÇALIŞMA ALANININ TANIMI.....	2
2.1. Coğrafik Durum.....	2
2.2. İklim.....	5
2.3. Jeoloji.....	7
2.4. Uluabat Gölünün Su Ürünleri ve Sulama Suyu Açısından kullanımı.....	9
2.5. Hidrojeoloji.....	11
2.5.1. Hidrolojik müdahaleler.....	13
2.5.2. Akarsular.....	14
2.5.2.1. Mustafakemalpaşa çayı.....	14
2.5.2.2. Emet çayı.....	14
2.5.2.3. Orhaneli (Adranos) çayı.....	15
3. ÇALIŞILAN AĞIR METALLERİN İNCELENMESİ.....	16
3.1. Ağır Metaller Hakkında Genel Bilgi.....	16
3.2. Demir.....	17
3.3. Bakır.....	21
3.4. Krom.....	25

	Sayfa
3.5.	Kurşun..... 29
3.6.	Kadmiyum..... 32
3.7.	Arsenik..... 36
4.	ULUABAT GÖLÜNDE MEVCUT SORUNLAR..... 38
4.1.	Evsel Atık Sular..... 38
4.2.	Endüstriyel Atık Sular..... 38
5.	ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ VE ANALİZLERDE KULLANILAN CİHAZLAR..... 42
5.1.	Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi Hakkında Genel Bilgi..... 45
6.	AĞIR METAL ANALİZLERİ İÇİN YAPILAN ÇALIŞMALAR..... 50
6.1	Ağır Metal Analizi İçin Su Numunelerinin Alınması, Korunması ve Analize Hazırlanması..... 50
6.2.	Analiz İçin Gerekli Standartların ve Kalibrasyon Eğrilerinin Hazırlanması..... 51
7.	ÇALIŞMA SONUCUNDA ELDE EDİLEN SONUÇLAR..... 56
8.	SONUÇLAR..... 62
	KAYNAKLAR..... 72
	ÖZGEÇMİŞ..... 76

**ULUABAT GÖLÜ VE GÖLÜ BESLEYEN SU KAYNAKLARINDA
AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

(Yüksek Lisans Tezi)

Mustafa Tayyar BEBEK

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Haziran 2001

ÖZET

Bu çalışmamızda Uluabat (Apolyont) Gölü'nde ağır metal kirliliği ile ilgili araştırma yapılmıştır. Araştırma için göl ve etrafında numune alma yerleri belirlenmiş ve bir yıl süre içerisinde ve periodik bu belirlenen yerlerden su numuneleri alınmıştır.

Toplanan su numunelerindeki demir, bakır, krom, kadmiyum, kurşun ve arsenik analizleri Atomik Absorpsiyon Spektrofotometri yöntemiyle gerçekleştirilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre Uluabat Gölünde ki ağır metal kirliliğinin henüz tehlikeli boyutlara ulaşmadığı ancak ileride ulaşabileceği ve ağır metal kirliliğinin de genellikle fabrika atıklarından ve su toplama havzası etrafından geldiği gözlemlenmiştir.

Bilim Kodu : Çevre Bilimleri

Anahtar Kelimeler : Ağır Metal, Uluabat Gölü, Su Kirliliği

Sayfa Adedi : 76 sayfa

Tez Yöneticisi : Doç.Dr.Nail ÜNSAL

**HEAVY METAL POLLUTION TESTING FOR ULUABAT LAKE
AND IT'S FEEDING WATER RESEARCH
(M.Sc.Thesis)**

Mustafa Tayyar BEBEK

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

June 2001

ABSTRACT

In this study, heavy metal pollution have reseached in the Uluabat Lake (Apolyont) which is located in the Marmara region in Turkey. For this study some sample area that is determined to take sample. Those sample are taken regularly.

During the laboratory experiment, the Atomic Absorption Spectrophotometer have been using to determine the heavy metals

Result of this study, iron, copper, chromium, cadmium, arsenic and lead have been found in the Uluabat Lake and their drainage basin

Secience code : Environmental Science
Key Words : Heavy Metal, Uluabat Lake, Water Pollution
Page number : 76 pages
Adviser : Doç.Dr. Nail ÜNSAL

TEŞEKKÜR

Ülkemizin en önemli çevre problemlerinden birisi olan böylesi güncel bir konuyu tez çalışması olarak bana veren, katkı ve önerilerini esirgemeyen değerli hocam danışmanım Sayın Doç. Dr. Nail ÜNSAL'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında bana her türlü konuda destek olan Çevre Bakanlığı'nda görevli Sayın Bilal DİKMEN'e ve numune analizlerinin yapımında yardımcı olan Kimyager Ümit Güven ULUSOY'a, tez içerisinde yer alan harita ve fotoğrafların bilgisayar ortamına geçirilmesinde katkılarını esirgemeyen Meteoroloji Mühendisi Zeynel KÖKÇAM'a, bu çalışmam sırasında her türlü destek ve yardımlarını gördüğüm değerli arkadaşım Ziraat Yüksek Mühendisi Hüseyin UĞUR'a, ayrıca Çevre Bakanlığında her türlü meslek grubunda bulunan ve çalışmalarım sırasında değerli bilgi ve birikimlerinden yararlandığım ve yardımlarını gördüğüm çalışma arkadaşlarıma, çalışmalarım sırasında her türlü teşvik ve desteğini gördüğüm değerli eşim Saliha BEBEK'e teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge		Sayfa
Çizelge 2.1.	Uluabat Gölü içerisindeki adalar ve alanları (Aksoy ve arkadaşları, 1998).....	5
Çizelge 2.2.	Bursa ili sıcaklık, nisbi nem, rüzgar hızı ve ortalama yağış miktarı (DMİ, 1998).....	6
Çizelge 2.3.	Uluabat Gölünde bulunan balık türleri.....	10
Çizelge 2.4.	Uluabat Gölü'nde avlanan su ürünlerinin yıllar itibari ile miktarları (Bursa Tarım İl Müdürlüğü, 2000).....	11
Çizelge 3.1.	Günlük besinlerle vucuda alınan kabul edilebilir demir konsantrasyonu.....	19
Çizelge 3.2.	Günlük besinlerle vucuda alınan kabul edilebilir bakır konsantrasyonu.....	23
Çizelge 3.3.	Günlük besinlerle vucuda alınan kabul edilebilir krom konsantrasyonu.....	27
Çizelge 3.4.	Değişik materyallerde bulunan kadmiyum sınır değeri.....	33
Çizelge 4.1.	Uluabat Gölüne atıksuları ulaşan işletmeler (Bursa İl Çevre Müdürlüğü, 2000 yılı Raporu)	40
Çizelge 5.1.	Örnekleme yerlerinin isim, kod ve koordinatları.....	43
Çizelge 6.1.	Analizlemede kullanılan fırın programları ve dalga boyları.....	51
Çizelge 7.1.	14.06.1999-15.06.1999 tarihlerinde Bursa-Uluabat Gölü ve çevresinden alınan su örneklerinin ağır metal analiz sonuçları.....	56
Çizelge 7.2.	13.07.1999-14.07.1999 tarihlerinde Bursa-Uluabat Gölü ve çevresinden alınan su örneklerinin ağır metal analiz sonuçları.....	57

Çizelge		Sayfa
Çizelge 7.3.	11.08.1999 tarihinde Bursa-Uluabat Gölü ve çevresinden alınan su örneklerinin ağır metal analiz sonuçları.....	57
Çizelge 7.4.	20.10.1999-21.10.1999 tarihlerinde Bursa-Uluabat Gölü ve çevresinden alınan su örneklerinin ağır metal analiz sonuçları.....	58
Çizelge 7.5.	16.11.1999 tarihinde Bursa-Uluabat Gölü ve çevresinden alınan su örneklerinin ağır metal analiz sonuçları.....	58
Çizelge 7.6.	14.12.1999 tarihinde Bursa-Uluabat Gölü ve çevresinden alınan su örneklerinin ağır metal analiz sonuçları.....	59
Çizelge 7.7.	18.01.2000-19.01.2000 tarihlerinde Bursa-Uluabat Gölü ve çevresinden alınan su örneklerinin ağır metal analiz sonuçları.....	59
Çizelge 7.8.	15.02.2000 tarihinde Bursa-Uluabat Gölü ve çevresinden alınan su örneklerinin ağır metal analiz sonuçları.....	60
Çizelge 7.9.	21.03.2000 tarihinde Bursa-Uluabat Gölü ve çevresinden alınan su örneklerinin ağır metal analiz sonuçları.....	60
Çizelge 7.10.	18.04.2000 tarihinde Bursa-Uluabat Gölü ve çevresinden alınan su örneklerinin ağır metal analiz sonuçları.....	61
Çizelge 7.11.	15.05.2000 tarihinde Bursa-Uluabat Gölü ve çevresinden alınan su örneklerinin ağır metal analiz sonuçları.....	61
Çizelge 8.1.	Su kirliliği kontrol yönetmeliği kıtaiçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite değerleri.....	62

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.....	3
Şekil 2.2. Mustafakemalpaşa çayı'nın havzadaki konumu.....	4
Şekil 2.3. Havzanın morfolojik yapısı.....	9
Şekil 4.1. Uluabat Gölü çevresinde ve su toplama havzasında bulunan maden işletmeleri ve konumları	41
Şekil 5.1. Çalışma alanındaki örnekleme noktalarını gösterir harita.....	43
Şekil 5.2. Çalışmada kullanılan atomik absorpsiyon spektrofotometre	44
Şekil 5.3. Analiz yapılması esnasında laboratuvar çalışması.....	44
Şekil 6.1. Demir analizi için kalibrasyon eğrisi.....	53
Şekil 6.2. Krom analizi için kalibrasyon eğrisi.....	53
Şekil 6.3. Arsenik analizi için kalibrasyon eğrisi.....	54
Şekil 6.4. Kurşun analizi için kalibrasyon eğrisi.....	54
Şekil 6.5. Bakır analizi için kalibrasyon eğrisi.....	55
Şekil 6.6. Kadmiyum analizi için kalibrasyon eğrisi.....	55
Şekil 8.1. Uluabat Gölü ve Uluabat Gölünü besleyen su kaynaklarındaki yıllık demir değişimi.....	66
Şekil 8.2. Uluabat Gölü ve Uluabat Gölünü besleyen su kaynaklarındaki yıllık bakır değişimi.....	67
Şekil 8.3. Uluabat Gölü ve Uluabat Gölünü besleyen su kaynaklarındaki yıllık kurşun değişimi.....	68
Şekil 8.4. Uluabat Gölü ve Uluabat Gölünü besleyen su kaynaklarındaki yıllık arsenik değişimi.....	69
Şekil 8.5. Uluabat Gölü ve Uluabat Gölünü besleyen su kaynaklarındaki yıllık kadmiyum değişimi.....	70
Şekil 8.6. Uluabat Gölü ve Uluabat Gölünü besleyen su kaynaklarındaki yıllık krom değişimi.....	71

SİMGE VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklama
AAS	Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre
DSİ	Devlet Su İşleri
DHKD	Doğal Hayatı Koruma Derneği
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri
GFAAS	Grafit Fırın Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre
GF	Grafit Fırın
MTA	Maden Tetkik ve Arama
HES	Hidroelektrik Santrali
EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
TSE	Türk Standartları Enstitüsü

1. GİRİŞ

Son yıllarda hızla gelişen endüstrileşme çabalarına karşı çevre koruma ve çevre kirliliği ile mücadele çabaları yetersiz kalmıştır. Bunun sonucunda dünyada ve ülkemizde hızlı bir çevre kirliliği ve ekosistem değişiklikleri meydana gelmektedir. Ekosistemde meydana gelen bu değişiklikler endüstrileşme uğruna harcadığımız emeklerin boşa gitmesine neden olacaktır. Çünkü kazandıklarımızı ekosistemin yeniden dengeye gelmesine harcayacağız. Göl ve gölü besleyen havza ekosistemlerin de kirlenmeye karşı izlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle su kaynaklarının kirlilik derecelerinin incelenmesi, bu inceleme sonuçlarına göre yüzeysel su kaynaklarının rasyonel kullanım amaçlarının tespit edilmesi için bu araştırma ve durum tespit çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışmalara paralel olarak “Uluabat Gölü ve Gölü Besleyen Su Kaynaklarında Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması” çalışması yapılmıştır. Yapılan bu çalışma sonuçlarının değerlendirilerek, olumsuz etkilerin giderilmesi ve girdilerin en az seviyeye indirilmesi yönünde girişimler yapılması amaçlanmıştır.

2. ÇALIŞMA ALANININ TANIMI

2.1. Coğrafi Durum

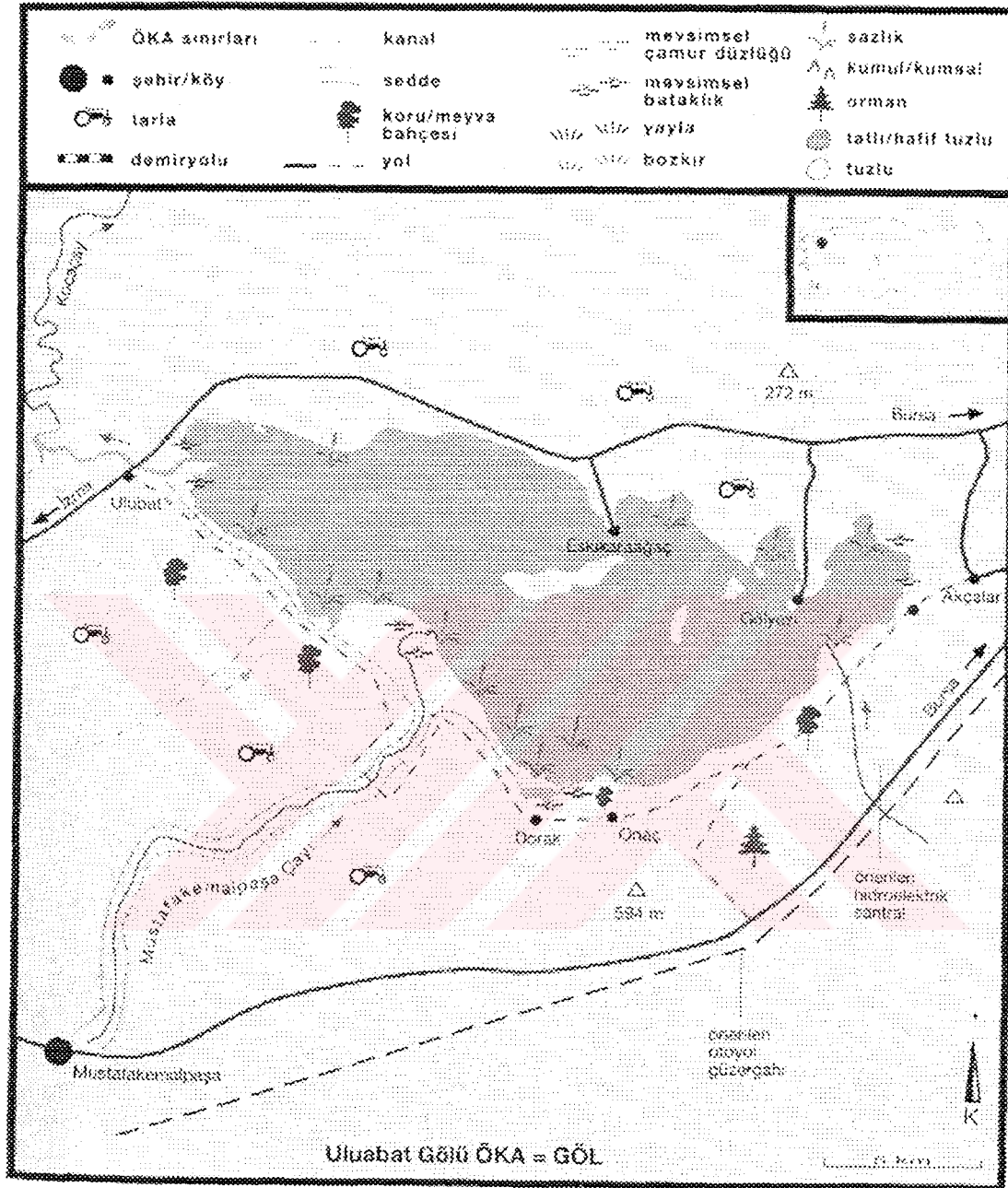
Uluabat Gölü 40° 10' Kuzey ve 28° 35' Doğu koordinatlarında bulunmaktadır. Gölün rakımı 9,00 m'dir. Bursa ili sınırları içerisinde yer alan Uluabat Gölü kent merkezine 25 km. uzaklıkta olup Bursa-Balıkesir Karayolunun güneyinde bulunmaktadır. Çalışma alanının konumu Şekil 2.1. de görülmektedir.

Uluabat Gölü yüzey alanı 160 km², Doğu-Batı yönündeki uzunluğu 25 km. olup Kuzey-Güney yönünde 10,5 km. genişliğinde oldukça sığ bir göldür (İnan ve arkadaşları, 1999).

Daha önceki yıllarda ölçümü yapılan gölün 7,5 m. derinlikte olduğu belirtilmesine rağmen mevcut durumda gölün 3 m. derinlikte olduğu ve bu derinliğin yaz aylarında 0,5-1 m. derinliğe kadar düştüğü belirtilmektedir (İnan ve arkadaşları, 1999).

Uluabat Gölü'nün alanı yıllara ve mevsimlere göre değişiklik göstermektedir. Göl alanı için bugüne kadar en yüksek değer 240 km², en düşük değer 120 km² olarak verilmiştir.

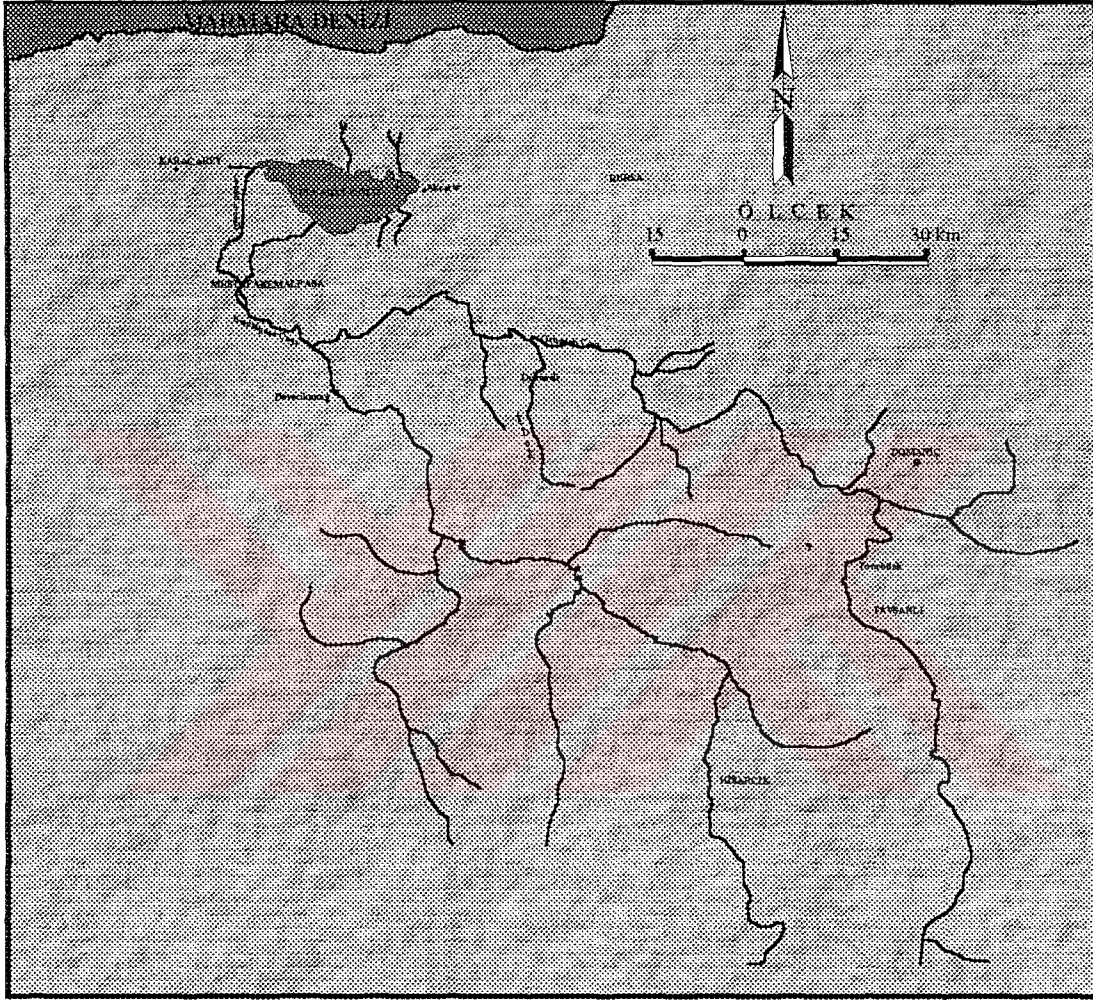
Mustafakemalpaşa ve Karacabey ovalarının taşkın'dan korunması amacıyla; Uluabat Gölü'nün batı kıyısına Uluabat Gölü Seddesi (11 879 m.) ve Karaoğlan Seddesi (4 570 m.) inşa edilmiştir. Bu seddelerle Mustafakemalpaşa ilçesiyle Uluabat Gölü arasında kalan alan kurutulmuş sulu tarım arazisine çevrilmiştir.



Şekil 2.1. Çalışma alanı yer buldur haritası

Mustafakemalpaşa Ovası yağış ve sızıntı suları ile sulamadan dönen suların göle ve göl ayağına boşaltılması için üç adet drenaj pompa istasyonu (Uluabat Pompa İstasyonu, Atabay Pompa İstasyonu ve Karaoğlan Pompa İstasyonu) inşa edilmiştir (Altınayar, 1998).

Göl yağış havzasının tamamı 10 555 km²'lik bir alana sahip olup, bunun 9 856 km²'si ana besleyici durumda olan Mustafakemalpaşa Çayı ve kolları tarafından drene edilmektedir. (Şekil 2.2.)



Şekil 2.2. Mustafakemalpaşa Çayı'nın havzadaki konumu

Göl içerisinde alanları 0,4 ha ile 231,34 ha arasında değişen büyüklüklerde sekiz adet ada vardır (DHKD, 1998). Göl içerisinde bulunan adaların isimleri ve alanları Çizelge 2.1.'de verilmektedir.

Çizelge 2.1. Uluabat Gölü içerisindeki adaların isimleri ve alanları (Aksoy ve arkadaşları, 1998)

Adanın Adı	Adanın Alanı (ha)	Toplam (ha)
Halilbey Adası	231,34	304,23
Mutlu Adası	32,98	
Terzioğlu Adası	27,45	
Arifmolla Adası	6,5	
Bulut Adası	4,4	
Büyükkerevit Adası	0,58	
Heybeli Adası	0,58	
Kerevit Adası	0,4	

15 Nisan 1998 tarihinde ve 23314 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Ramsar “ Özellikle Su Kuşları Yaşama Ortamı Olarak Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanlar Hakkında Sözleşme”nin 2. ve 3. maddeleri uyarınca Uluslar arası listeye dahil edilmiş ve koruma altına alınmıştır. Ramsar alanı, göl çevresinden oluşan 17 425 hektarlık bir alanı kapsar. Bunun 13 500 hektarı gölün kendisidir.

2.2. İklim

Bölge iklimi Akdeniz ile Karadeniz arasında bir geçiş niteliği göstermektedir. Kışların çok sert geçmediği ilde yaz dönemlerinde de şiddetli bir kuraklık görülmemektedir. En çok yağış kış ve ilk bahar aylarında olmaktadır. Yıllık ortalama sıcaklık 14.6 °C’dir. Sıcaklık yılda 60,5 gün 30 °C üstüne çıkmakta ortalama 33,6 gün ise 0 °C’nin altına düşmektedir. Kar yağışlı günlerin sayısı ise 7,7’dir. Sıcaklık Ocak ayından Temmuz ayına kadar düzenli olarak azalmaktadır. En soğuk aylar olan Aralık, Ocak ve Şubat içerisinde ortalama sıcaklık 5 °C’nin altına inmemektedir. Temmuz ve Ağustos en sıcak aylar olup, bu aylarda ortalama sıcaklık yaklaşık 24 °C’dir. Ortalama yıllık yağışı

665,99 mm. (1980-1999) ortalama rüzgar hızı 2,7 m/s (Güney, Güneydoğu) dir. Son yirmi yılda en yüksek yağış 1980 yılında 888,2 mm, en düşük yağış da 1993 yılında 511,1 mm olarak kaydedilmiştir.

Havzada iklimin bir geçiş iklimi özelliği göstermesi nedeni ile mevsimden mevsime yada yıldan yıla değişiklik göstermektedir. Kışlar bazen İç Anadolu ikliminin etkisiyle sert, bazen de Akdeniz ikliminin etkisiyle ılık geçer. Bursa ili sıcaklık, nisbi nem, rüzgar hızı ve ortalama yağış miktarı Çizelge 2.2. de verilmektedir.

Çizelge 2.2. Bursa ili sıcaklık, nisbi nem, rüzgar hızı ve ortalama yağış miktarı
(Devlet Meteoroloji İşleri, 1998)

Aylar	Ortalama Sıcaklık (°C)	En Yüksek Sıcaklık (°C)	En Düşük Sıcaklık (°C)	Ortalama Nispi Nem (%)	Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	Ortalama Yağış Miktarı (mm)
Ocak	5,3	23,8	-20,5	74	3,1	92,3
Şubat	6,2	26,1	-25,7	73	3,0	74,8
Mart	8,3	32,5	-10,5	70	2,7	67,9
Nisan	13	36,2	-4,2	70	2,3	59,2
Mayıs	17,6	37	0,8	69	2	52
Haziran	22,1	40,5	4,0	62	2,2	30,7
Temmuz	24,5	41,3	8,3	58	2,6	24,7
Ağustos	24,1	42,6	7,6	60	2,6	17,2
Eylül	20,1	4,1	3,3	66	2,2	38,5
Ekim	15,6	36,3	-1,0	72	1,9	58,4
Kasım	11,2	31,0	-8,4	75	2,1	78,1
Aralık	7,6	26,5	-17,9	74	2,9	102,5
TOPLAM			-25,7	69	2,5	696,5

2.3. Jeoloji

Uluabat Gölü III. zamanın sonlarında IV. zamanın başlarında Marmara Denizi ile birlikte oluşmuş olan tektonik bir göldür. Marmara Bölgesinin Güney Marmara Bölümündeki göl, doğu-batı doğrultulu İnegöl Ovası- Bursa Ovası-Uluabat (Apoloyont) Gölü- Manyas Gölü- Gönen Ovası çöküntü çukurları dizisi içindeki çukurlardan birinin alçak kesiminde suların birikmesi sonucunda komşusu Manyas Gölü ile birlikte oluşmuştur. Bu iki göl alçak bir eşik alanla birbirinden ayrılır. Çukurlar dizisinin oluşmasında tektonik olaylar rol oynadığından, Uluabat Gölü de tektonik göller grubundan sayılır. Göl geniş bir çöküntünün sadece bir bölümünü oluşturmaktadır.

Frikya çukurluğunun tatlı su gölü halinde olduğu miyosen sonrası hareketler ile buradan göl çekildiği ve akarsu şebekesi teşekkülü ile bir aşınma safhasının başladığı görülmektedir. Bu safhanın varlığını gösteren yapısal durum Karacabey ilçesinin bulunduğu tepe ve buna eşit olarak uzanan Sultaniye Köyü'nün kuzeydoğusundaki tepedir. Bu tepelerin akarsulardan itibaren yükseklikleri 50 m. kadardır. Frikya çukurluğunda birleşen bu derelerin en faali Simav Çayıdır. Yığıldığı alüvyonlar Koca Çay'ı batıya, Mustafakemalpaşa Çayı'nı da doğuya itmiştir. Simav Çayı bu suretle Frikya çukurluğunu simetrik iki kısma bölmüştür. Simav Çayı ile bağlantısını kaybeden bu dereler akıntılarını önlerinde bulunan çukurluğa boşaltmaya başlamışlardır. Koca Çay'ın suları Manyas Gölü'nü, Mustafakemalpaşa Çayı'nın suları da Uluabat Gölü'nü meydana getirmiştir (DSİ Raporu, 1980)

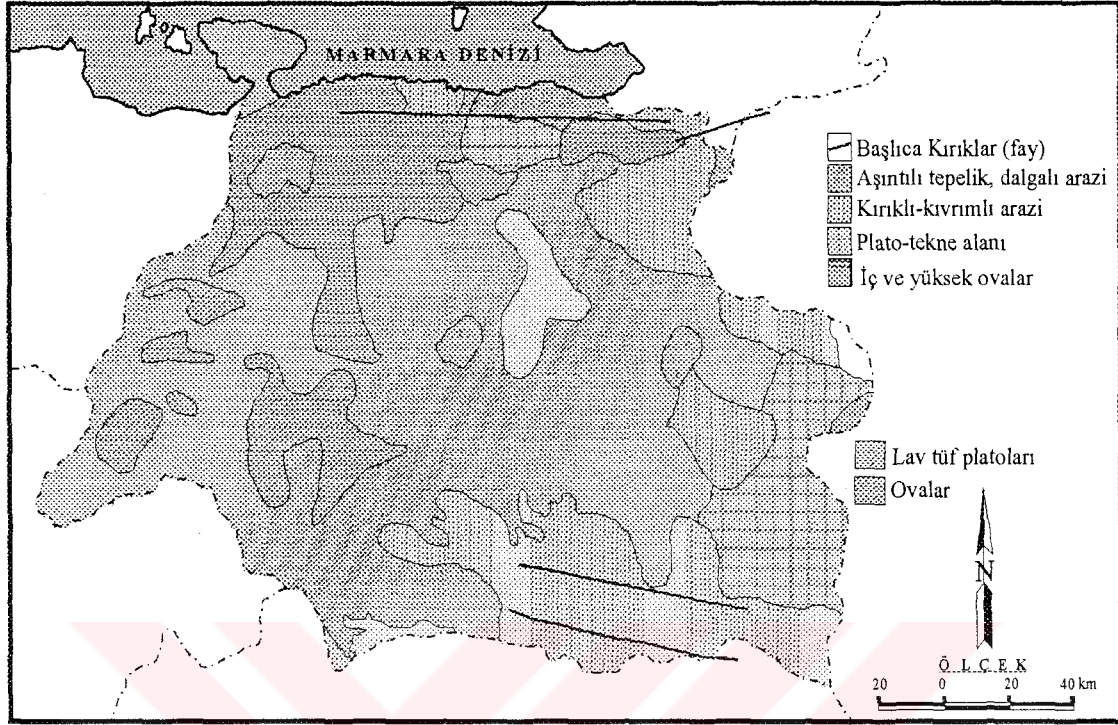
Gölün drenaj havzasında Paleozoik formasyonlar en altta gnayslarla başlayıp bunların üzerinde yer yer mermer mercikleri ve tabakalarını içeren şistler ile kaplıdır. Bu metamorfik seri içinde yerel olarak, granit intrüzyonları da görülmektedir. Geçirimliliğin az olduğu bu kayalarda yüzeysel akış

önemlidir. Metamorfik seri üzerine gelen neojen kireç taşları (tortul kütle) altta masif (Permiyen) görünümde olup üste doğru (Jura veya Kretase) tabakalı yapıdadır. Jura yaşlı kireç taşları Uluabat Gölü'nün güney ve doğusunda mostra vermektedir. Kireç taşları genellikle kumlu şeyllere doğru derecelenen konglomeralar üzerinde yer almakta ve üste doğru kristal ve masif görünümdeki kireç taşlarına geçmektedir. Altta kireç taşları ile başlayıp üst seviyelerde fliş serisine geçiş gösteren üst kretase yaşlı kayaçlar azdır. Fliş yeşil kayaçlarla karışıktır. Drenaj alanında Kretase yaşlı kayaç topluluğu genellikle yeşil kayaçların belirginleştiği bir seri olarak görülmektedir.

Karacabey'in kuzeyinde Paleozoik yaşlı kalker, kumtaşı, şist, konglomera ve grovaklar bulunmaktadır. Paleozoik metamorfik kütleler arasında ise gnays, şist, mermer ve amfibolitlere rastlanmaktadır. Yine bu bölgede Mesozoyik yaşlı, kütleler dar sahalı mostralar halinde, Paleozoik ve tersiyer yaşlı kütleler arasında yer almaktadır. Bunlar genellikle kalker kayaçlardır.

Kuzeybatı Anadolu Bölgesi genel olarak kırık hatları çok olan bir bölgedir. Genellikle volkanik kayaçların yayılımı sıcak su kaynakları bölgenin fay sistemini etkilemektedir. Bursa bölgesinde en belirgin fay Apolyont-Bursa fayıdır. Bu fay doğrultusu boyunca magmatik kayaçlar ve sıcak su (Bursa kaplıcaları) yayılmaktadır (MTA, 1987).

Havza içinde birinci derece deprem kuşağında olan büyük yerleşim merkezleri Bursa, Mustafakemalpaşa ve Karacabey'dir. Şekil 2.3. havzanın morfolojik yapısını göstermektedir.



Şekil 2.3. Havzanın morfolojik yapısı

2.4. Uluabat Gölünün Su Ürünleri ve Sulama Suyu Açısından Kullanımı

Uluabat Gölünden halen su ürünleri üretimi ve sulama suyu temini amaçları ile yararlanılmaktadır.

Su ürünleri üretimi açısından, gölde 22 balık türü tespit edilmiştir. Çizelge 2.3. de gölde bulunan balık türleri verilmektedir. Ülkemizdeki diğer göllerle kıyaslandığında bu sayının oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu türler içerisinde ticari maksatla avlananlardan başlıcaları; Turna (*Esox lucius*) ve sazan (*Cyprinus carpio*) balıklarıdır. Az miktarda da olsa yayın (*Silurus glanis*), tatlısu kefali (*Leuciscus cephalus*), ringa balığı (*Caspialosa maetoca*) ve kızılkanat (*Scardinius erythrophthalmus*) avlanmaktadır (Bursa Tarım İl Müdürlüğü Brifing Raporu, 2000).

Çizelge 2.3. Uluabat gölünde bulunan balık türleri (Bursa Tarım İl Müdürlüğü, 2000)

Bilimsel Adı	Familyası	Türkçe Adı
<i>Rhodes sericues</i>	Cyprinadea	Acı Balık
<i>Blicca bjoerkna</i>		Tahta Balığı
<i>Chalcalburnus chalcoides</i>		Tatlısu Kolyoz Balığı
<i>Gobius lacteus</i>	Gobiidae	Tatlısu Kaya Balığı
<i>Clupeonella abraumuhlisi</i>	Clupeidae	Cüce Ringa Balığı
<i>Gobio gobio</i>	Cyprinadea	Dere Kayası, Yağlıca
<i>Vimba vimba</i>		Kaninne Balığı
<i>Alosa (Caspialosa) maotico</i>	Clupeidae	Ringa Balığı
<i>Atherina mohon</i>	Atherinidae	Gümüş Balığı
<i>Alburnus alburnus</i>	Cyprinidae	İnci Balığı
<i>Alburnus heckeli</i>		İnci Balığı
<i>Rutilus rutilus</i>		Kızılgöz Balığı
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>		Kızıl Kanat
<i>Pomatoschistus caucasicus</i>	Gobiidae	Küçük Kaya Balığı
<i>Proterorhinus marmarotus</i>	Gobiidae	Tatlı Kaya Balığı
<i>Cyprinus carpio</i>	Cyprinidae	Sazan Balığı
<i>Cobitis taenia</i>	Cobitidae	Taş Yiyen
<i>Esox lucius</i>	Esocidae	Turma Balığı
<i>Silurus glanis</i>	Siluridae	Yayın Balığı
<i>Anguilla anguilla</i>	Anguillidae	Yılan Balığı
<i>Leuciscus borysthencicus</i>	Cyprinidae	Tatlısu Kefali
<i>Syngnathus bucculentus</i>	Syngnathidae	Deniz İğnesi
*Avrupa'nın Yaban Hayatı ve Yaşama Ortamlarını Koruma Sözleşmesine göre Koruma Altına Alınan Türler		

Göldeki en önemli su ürünlerinden biri de kerevittir (*Astacus leptodactylus*). Aşağıda Uluabat Gölünde avlanan su ürünlerinin yıllar itibari ile miktarları verilmektedir.

Çizelge 2.4. Uluabat Gölü'nde Avlanan Su Ürünlerinin Yıllar itibari ile Miktarları (Bursa Tarım İl Müdürlüğü, 2000).

	1990 (kg)	1991 (kg)	1992 (kg)	1993 (kg)	1997 (kg)
Kerevit	11 053	11 200	23 111	4 681	7 452
Sazan	22 400	20 300	6 595	2 210	36 387
Turna	76 300	68 900	66 300	44 600	154 312
Diğer	22 300	24 000	28 000	24 070	-----

Uluabat Gölü ve gölü besleyen kaynaklardan sulama suyu kaynağı olarak da kullanılmaktadır: Sulama suyu, gölü besleyen Mustafakemalpaşa Çayı'ndan sağlanan (ortalama : 65,74 hm³) Mustafakemalpaşa sulaması 16 555 ha. dir. Gölden pompajla sağlanan (ortalama : 12,73 hm³) Uluabat Sulaması, Mustafakemalpaşa Çayı kollarından sağlanan : Yazıcıoğlu (475 ha.), Orhaneli (633 ha.), Tavşanlı (5 775 ha.) ve Çavdarhisar 4 930 ha) sulamaları inşa edilmiştir (Altınayar 1998).

Uluabat Gölünü içme suyu olarak kullanımı düşünülmesine rağmen evsel ve endüstriyel atık sular için doğal bir alıcı ortam durumunda olmasından dolayı bu özelliğini günden güne kaybettiği, hatta önlem alınmadıkça sulama suyu kaynağı ve doğal yaşam ortamı olarak dahi kullanılamayacağından söz edilmektedir (Aksoy ve Arkadaşları,1998).

2.5. Hidrojeoloji

Uluabat Gölü, güney batısından Mustafakemalpaşa Çayı besler. Gölden su çıkışı Uluabat Çayı ile olmaktadır. Uluabat Çayı, Susurluk (Simav) Çayı ile birleşerek Koca Çayı oluşturur ve Marmara Denizine dökülür. Uluabat Çayının Şubat, Mart ve Nisan aylarında su debisinin arttığı ve suları Uluabat

Gölüne doğru akmaktadır. Uluabat Gölü su seviyesi genellikle kış mevsiminde yüksek, yaz mevsiminde düşüktür.

Uluabat Gölü'ne gelen sular;

Göl aynasına düşen yağışlar: ortalama $92,72 \text{ hm}^3$ 'tür. (Min $71,65 \text{ hm}^3$ - max $120,32 \text{ hm}^3$) Göle gelen sular içindeki payı ortalama % 5,07'dir.

Göl ayağından gelen sular: ortalama $97,58 \text{ hm}^3$ tür. (Min $25,14 \text{ hm}^3$ - max $227,31 \text{ hm}^3$) Göle gelen sular içindeki payı ortalama %5,30'dur.

Mustafakemalpaşa çayı: Bu çaydan göle gelen su miktarı ortalama $1550,68 \text{ hm}^3$ (Min $25,14 \text{ hm}^3$ – max $2413,45 \text{ hm}^3$)tür (DSİ Raporu, 1994).

Uluabat Gölü'nden çıkan sular;

Göl ayağından çıkan sular: ortalama $1553,20 \text{ hm}^3$ 'tür. (Min $392,37 \text{ hm}^3$ - max $2531,80 \text{ hm}^3$). Göl ayağından çıkan suların toplam çıkan sulara oranı ortalama %89,22'dir.

Buharlaşma kayıpları : Ortalama $176,20 \text{ hm}^3$ 'tür. (Min $162,56 \text{ hm}^3$ - max $195,48 \text{ hm}^3$ 'dür). Buharlaşma kayıplarının tüm su kayıplarına oranı ortalama %10,13'tür.

Uluabat Sulaması suyu : Ortalama $11,53 \text{ hm}^3$ 'tür. (Min $6,50 \text{ hm}^3$ - max $17,78 \text{ hm}^3$)dir. Tüm su kayıplarına oranı % 0,66'dir. (DSİ Raporu, 1994).

2.5.1. Hidrolojik müdahaleler

Uluabat Gölü su rejimine yapılan başlıca değişiklikler;

Gölden kaynaklanan taşkınlardan korunmak için yapılan Uluabat Gölü seddesi (11 879 m.) ve Karaoğlan Seddesi (4 570 m) inşa edilmiştir (Altınayar 1998).

Uluabat Gölü havzasında bulunan Orhaneli Çayı üzerinde hidroelektrik güç üretimi ve taşkın kontrolü amaçlı Çınarcık HES barajının yapılması. Emet Çayı üzerinde aynı amaçla birkaç baraj yapılmasıdır. Barajların yapımı ile Uluabat Gölü'ne su sağlayan çayların su miktarının önemli bir bölümü kontrol altına alınacaktır. Bu kontrol çay akışındaki doğal dalgalanmaları büyük ölçüde azaltması beklenmektedir. Rezervuardaki su yüzeyinde buharlaşma artışının bir sonucu olarak da çayın toplam boşalım miktarında bir dereceye kadar düşürebilecektir. Dolayısıyla Mustafakemalpaşa çayı'ndan Uluabat Gölüne su girişi ve özellikle göldeki su seviyesindeki dalgalanmalar önemli ölçüde etkilenecektir.

Sulama suyu alımı da Uluabat Gölü'nün hidrolojik su akışını etkilemektedir. Özellikle Mustafakemalpaşa ilçesi çevresinde 20 250 ha. alanı sulamak için Mustafakemalpaşa Çayından su alınmaktadır. Ayrıca Uluabat Gölünün suları pompa vasıtasıyla kuzey ve doğuda kalan 6 350 ha. tarım arazisini sulamada kullanılmaktadır. Mustafakemalpaşa Çayı ve Uluabat Gölünün kendisinden yapılan su çekimlerinin her ikisinin de göldeki su seviyesine etkisi vardır.

Göl çıkışındaki su seviyesi kontrolü için yapılan regülatör de Uluabat Gölünün su seviyesini etkilemektedir. Regülatörün kurulma amacı kuru periyotlarda gölün su çıkışını önlemek ve su derinliğini 3-4,5 m. arasında tutmaktır (Scot, Buijde ve Wassen 1998). Ayrıca bu sayede, Uluabat Çayı'ndaki kirli suyun

göl çıkış ayağından geri akmasının önlenmesi, su seviyesini yüksek tutarak su altı bitkilerinin gelişimini azaltılması, göle gelen kirli suyun seyrelmesi, göl derinliğinin kayık kullanımı için yeterli derinlikte tutulması ve DSI'nin sulama suyu pompaları için su seviyesinin belli bir seviyede tutulması için de kullanılmaktadır.

2.5.2. Akarsular

2.5.2.1. Mustafakemalpaşa çayı (Kirmasti çayı)

Gediz civarından doğar. Orhaneli ve Emet çayları ile Mustafakemalpaşa ilçesi civarında Camdara mevkiinde birleşir. Mustafakemalpaşa çayı adı ile 40 km.'lik bir yoldan sonra Uluabat Gölüne ulaşır.

Bu çay DSI'ye ait bir pompa vasıtasıyla Uluabat Köyü yakınlarında gölün denize açılan noktasına pompalanmaktadır. Gölün denize bağlantısı olan Uluabat Deresi; DSI tarafından yılın belirli zamanlarında kapatılmakta ve bu zaman içerisinde Mustafakemalpaşa Çayı olduğu gibi göle boşalmaktadır. Mustafakemalpaşa Çayının yıllık ortalama debisi $64 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir (EİEİ,1997).

Göl yağış havzasının tamamı $10\,555 \text{ km}^2$ 'lik bir alana sahip olup bunun 9856 km^2 'si ana besleyici durumunda olan Mustafakemalpaşa Çayı ve kolları tarafından drene edilmektedir. Mustafakemalpaşa Çayı'nın yıllık debisi 2 milyar metreküptür.

2.5.2.2. Emet çayı

Emet Çayı Şaphane Dağı eteklerinden doğar. Kuzeye doğru akan Emet Çayı memba kesimindeki Hamamköy Emet Ovasını drene ettikten sonra bir vadi içinde akar. Emet ilçesinin 4 km. batısında ve Devecikonağı bucağının 5 km.

güneyinde Mustafakemalpaşa vadisine giren çay Çamanda köyü yakınlarında Orhaneli (Adranos) Çayı ile birleşir. Emet Çayı ayrıca Dursunbey ilçesinin batısında, Simav ilçesinin kuzeyinden gelen Koca Çayı alır. Emet Çayı'nın uzunluğu 179 km.'dir.

2.5.2.3. Orhaneli (Adranos) çayı

Orhaneli Çayı Gediz civarında Murat Dağı'nda doğup kuzeye doğru 276 km. aktıktan sonra Emet Çayı ile birleşmektedir Orhaneli Çayı 276 km. uzunluğundadır.



3. ÇALIŞILAN AĞIR METALLERİN İNCELENMESİ

3.1. Ağır Metaller Hakkında Genel Bilgiler

Doğal sularda majör iyonlar (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-) genellikle 5mg/L'den yüksek derişimlerde bulunurlar ve suyun içerdği çözünmüş maddelerin %90'ını oluştururlar. Sular, majör iyonlar dışında minör veya eser düzeyde çok sayıda çözünmüş iyon içerirler. Ağır metaller de doğal sularda minör veya eser düzeyde bulunan maddelerdendir. Demir dışındaki diğer ağır metaller sularda genellikle 1 mg/L'den düşük derişimlerde bulunurlar (Freeze and Cherry, 1979).

Doğal sulara evsel ve endüstriyel atık sular ve madencilik faaliyetleri atıkları aracılığıyla bazen önemli miktarda ağır metaller katılır. Madencilik faaliyetleri sonucu ortaya çıkan katı atıkların yıkanması sonucu sulara Fe, Cu, Pb, Cr, As, Cd gibi metaller karışır. Bu ağır metallerin yıkanma ile yeraltı sularına karışmasında, bu metal sülfürlerinin kükürt bakterileri tarafından oksitlenmesi önemli rol oynar. Sülfürleri oksitleyen bakteriler sülfürik asit oluşturarak sudaki sülfat ve hidronyum miktarını artırır, sonuçta suların pH'ı düşer ve kötü kalitede sular ortaya çıkar (Galbraith ve ark., 1972).

Yeraltı sularında ağır metal zenginleşmelerinin sınırlandırılmasında ve kontrolünde akifer malzemesi tarafından absorplanma ve ayıklanma (scavenging) önemli rol oynar. Kirletici kaynağın ortadan kalkmasından sonra da akifer malzemesi tarafından tutulmuş olan ağır metal iyonları yeraltı suyunu etkilemeye devam eder. Akifer malzemesinin yeraltı suyuna katılan metal miktarı oksidasyon- redüksiyon potansiyeli (Eh), pH, alkalinite ve metalin çözünürlüğü gibi faktörler tarafından kontrol edilir (Ku ve ark., 1978).

Ağır metallerin bazıları, mikroorganizmalar, bitkiler, hayvanlar ve insanlar açısından toksik özelliklere sahiptir (Tchobanoglous and Schroeder, 1985). İçme suyu standartlarında bu metaller için maksimum “izin verilebilir limit” veya “ önerilen limit” değerleri verilmiştir.

Sulardaki çoğu ağır metalin karakteristik bir özelliği HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- , F^- ve NO_3^- gibi inorganik iyonlarla birleşerek kompleks iyonlar oluşturmaya olan eğilimleridir. Çözünmüş organik bileşiklerle kirlenmiş yeraltı suyu ortamlarında, metallerle oluşturulan organik kompleksler de önem taşır (Freeze and Cherry, 1979).

Ağır metaller ve bileşiklerinin konsantrasyonları besin zinciri içinde birikebilirler. Bunun bir sonucu olarak besin zincirinin yüksek seviyelerindeki organizmalar bu kirleticilerden büyük miktarda alırlar.

3.2. Demir

Magmatik, metamorfik ve sedimanter kayalardaki birçok mineralde ve toprakta yaygın olarak bulunan bir elementtir. Piroksenler, amfiboller, biyotit, magnetit ve olivinlerde demir içeriği oldukça yüksektir. Sedimanter kayalarda hematit, magnetit, ve gothit mineralleri şeklinde görülür. Ayrıca kükürt cevherlerinde ve kömür damarlarında demir sülfür olarak bulunur (Rankama and Sahama., 1964; Hem, 1985).

Yüzey ve yeraltı sularında bulunan demir, demir kayalardan, topraktan, organik atıklardan, endüstriyel atıklardan, kömür küllerinden kömür yatakları drenaj sularından, asidik madenlerin drenaj sularından, madencilik endüstrisi atıklarından, çeşitli alanlarda kullanılan demir ve çelik malzemenin

korozyonundan kaynaklanır. Demir, sularda Fe^{+2} (ferros) ve Fe^{+3} (ferric) şeklinde bulunur. Yeraltı sularında bulunan en yaygın şekli Fe^{+2} 'dir (Hem, 1985). Demirin yeraltı suyunda bulunuş şekli esas olarak akiferin oksijen dengesine bağlıdır. Bu denge esas olarak akiferin jeolojik yapısı ve karakteristikleri, mevsimsel çevrim, toprak ve temel kayaç tipi, demir bakterilerinin cinsleri ve akiferdeki yeraltı duyu akımı gibi faktörlerle ilişkilidir. Yeraltı suyunun demir içeriğini etkileyen diğer önemli faktörler oksidasyon redüksiyon şartları ve pH'dır (Hatva, 1989). Yüzey sularında demir genellikle Fe^{+3} (ferrik) şeklinde bulunur (WHO, 1984b).

Yüzey sularında demir derişimi çoğunlukla 0,5 mg/L'den azdır. Yeraltı sularındaki derişimi ise genellikle daha yüksek olup, bazı termal kaynaklarda 10 - 100 mg/l arasında değişebilir (McNeely ve ark., 1979).

Demir hayvan ve bitki metabolizmasında rol oynayan ana elementlerden birisidir (Hem, 1985). Birçok proteinin yapısında ve oksidasyon - redüksiyon enziminde bulunur. Toplam demir konsantrasyonu hayvan türüne bağlı olarak 40-168 mg/kg arasında değişir. Demir, hayvan vücudunda da çok sayıdaki metabolik enzimlerde bir kofaktör olarak görev yapmaktadır. Demir, bütün dokularda ferritin ve hemosiderin şeklinde depolanmaktadır. Demir özellikle kanda O_2 ve CO_2 taşınması ve elektron transferi olaylarına katılmaktadır.

Çoğu hayvanlar için karakteristik demir zehirlenme belirtileri, büyümede gerileme ve iştah bozukluğudur. Özellikle yiyeceklerde bulunan yüksek düzeydeki demir, fosfor noksanlığına yol açmaktadır. Toksik düzeylerdeki demir ayrıca bakteriyel gelişmeyi teşvik ederek ishal ve diğer hastalıklara karşı direnci azaltır (Kadis ve ark., 1984; Miller ve ark., 1991).

İnsanın günlük demir gereksinimi yaş ve cinsiyete bağlı olarak 7 - 14 mg/L arasında değişir. 70 kg ağırlığındaki bir erkek vücudunda normal olarak 60-70 mg/kg demir birikimi söz konusudur. Ancak bu oran insan vücudu ve demir statüsüne bağlı olarak değişmektedir. İnsan vücudunda bulunan demirin yaklaşık % 60'ı hemoglobinde ve % 8 -9'u ise myoglobinde yer almaktadır. Hemoglobin ve myoglobin ise sırasıyla hücrelerde O₂ taşınmasından ve depolanmasından sorumludur.

İnsan vücudundaki demirin yaklaşık %3'ü hem enzimlerinin (sitokrom, atalaz) ve yine aynı miktarda demir ise hem olmayan enzimlerin (kasantin, ksidad, akonitaz, amino asit hidroksilaz) ve Fe-S proteinlerinin yapısında bulunmaktadır. İnsan vücudunda izin verilebilir Fe konsantrasyonları cinsiyet ve büyüme devresine bağlı olarak değişmektedir. Günlük besinlerle vücuda alınan kabul edilebilir demir konsantrasyonu Çizelge 3.1.'de verilmektedir.

Çizelge 3.1. Günlük besinlerle vücuda alınan kabul edilebilir Demir konsantrasyonu (Food and Nut., 1989)

Grup	Yaş (yıl)	Fe (mg/gün)
Bebekler	0,0-1,0	6 - 10
Çocuklar	1,0- 10	10
Erkekler	11-18-19<	12 - 10
Kadınlar	11-50-51<	15 - 10
Hamileler	-	30
Emziren Anneler	-	15

Yetişkin insanlarda kronik demir zehirlenmesine genellikle nadiren rastlanmaktadır. Özellikle sanayi bölgelerinin çevresinde yaşayan insanlarda zaman zaman demir toksisitesine rastlanmaktadır. Demir fazlalığı sonucu

ayrıca bazı alerjik rahatsızlıklar ile siroz gibi önemli hastalıklarda ortaya çıkmaktadır. Akut demir zehirlenmesi yetişkinlerde genellikle demir içeren maddelerin doğrudan ağız yolu ile alınmasından, çocuklarda ise kazara ağız yolu ile alınmasından ileri gelmektedir (Bothwell ve ark., 1979; Derrell, 1991).

İnsan vücudunda alınan demirin %10'u absorplanarak çeşitli organlarda kullanılır. Absorplanan demirin %60 - 70'i kanda bulunan hemoglobinin üretiminde kullanılır (WHO, 1984b).

İçme ve kullanma sularında bulunan demirin bazı olumsuz etkileri ortaya çıkmaktadır. Demir kumaşlarda ve şebeke borularında boyanmalara (pas) ve borularda kabuklanmalara yol açabilir. Aşırı miktardaki bakteri büyümesine neden olur. Bu etkileri minimize etmek için, kullanma sularında kabul edilebilir demir miktarı olarak 0,3 mg/L önerilmiştir.

Demir oluşturduğu acımsı tatlı burucu tat nedeniyle içme sularında tepkiyle karşılanan bir elementtir. 0,05 mg/L'den az demir içeren içme suları tat yönünden daha fazla kabul edilebilir özelliktedir (McNeely ve ark., 1979). WHO içme sularının 0,3 mg/L'den az demir içermesini önermektedir (WHO, 1984b). Türkiye'deki içme suyu standartlarında önerilen limit 0,3 mg/L, izin verilebilen maksimum miktar ise 1 mg/L'dir.

Demir içeriği 20 mg/L'yi aşan sular bitkiler üzerinde zehirleyici etkiye sahiptir. Aşırı miktarda demir, bitki için gerekli olan diğer elementleri bağlayarak zararlı olmaktadır. Bu gibi etkilerden bitkilerin korunması için sulama sularının nötral ve alkali topraklarda 20 mg/L'den, asidik topraklarda 5,0 mg/L'den fazla demir içermemesi önerilmektedir (McNeely ve ark., 1979).

Çoğu topraklar yüksek konsantrasyonlarda (> 20.000 mg/kg) Fe içermektedir. Bu tür toprakların yiyeceklere bulaşması, ağız yolu ile demirin insan vücuduna girmesine önemli ölçüde katkıda bulunur. Özellikle yaprakları yenen sebzelerin önemli miktarda demir içerdiği ve kuvvetli bir yıkamayla dahi demirin giderilemediği tespit edilmiştir.

Demir toksisitesi genellikle su altında kalan çeltik topraklarında bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Birkaç haftalık su altında kalma, söz konusu topraklardaki çözünebilir demir düzeyini 0,1 ppm'den 50-100 ppm'e kadar yükseltebilmektedir. Çeltikte görülen demir toksisitesi "bronzing" olarak bilinmektedir. Bu tür hastalıkta yapraklar ilk olarak ince kahverengi lekelerle kaplanmakta, ardından tüm yaprak eşit bir şekilde kahverengileşmektedir. Bu durum çoğunlukla 300 ppm'den fazla demir içeren çeltik yapraklarında gözlenmektedir.

Endüstriyel kullanımlarda suyun genellikle 0,2 mg/L'den fazla demir içermemesi istenir. Bununla birlikte sınır değeri endüstri cinsine bağlı olarak değişebilir (McNeely ve ark., 1979).

3.3. Bakır

Bakır yer kabuğundaki kayalarda doğal bakır veya bakır içeren sülfür (kalkopirit, kalkosit) ve karbonat mineralleri halinde (malahit, azurit) bulunur (Goldschmidt, 1958). Bununla birlikte, bakır minerallerinin çözünürlükleri düşük olduğundan, sularındaki bakırın çok az kısmı doğal kökenlidir (Hem, 1985).

Elektrikli aletler, tekstil, boya endüstrilerinde bakır ve bakırlı bileşikler geniş şekilde kullanılır. Bakır cevherinin kavruğuğu fırınlardan çıkan gazlarla atmosfere bir miktar bakır atılır. Bu bakır daha sonra yağışlarla yüzeysel sulara döner (McNeely ve ark., 1979). Asidik maden işletmelerinin drenaj suları genellikle yüksek miktarlarda (birkaç yüz miligram/litreye kadar) bakır içerir.

Bakır içeren organik ve inorganik bileşikler tarımda fungusit ve pestisit olarak geniş şekilde kullanılır. İnorganik gübreler bir miktar bakır içerir. Bu yollarla bir miktar bakır sulara karışır. Bakır tuzları su sağlama amacıyla kullanılan rezervuarlara alg büyümesini önlemek amacıyla katılmaktadır (Hem, 1985).

Doğal sularda bakır, genellikle eser miktarda (0,05 mg/L'ye kadar) bulunur. Yeraltı sularındaki bakır derişiminin 12 mg/L'ye kadar ulaşabilir (McNeely ve ark., 1979).

Bakır insan metabolizmasında rol oynayan ana elementlerden birisidir. Bunun dışında kemiklerin, sinir sisteminin ve bağ dokularının gelişiminde önemli role sahiptir. Bakır birçok besin maddesinde bulunur. Aşırı dozda bakır alımı, insanlarda böbrek, merkezi sinir sistemi ve sindirim sisteminde rahatsızlıklara yol açar.

70 kg ağırlığındaki bir erkeğin vücudunda toplam bakır içeriği yaklaşık olarak 1 mg/kg düzeyindedir. Yetişkinlerde kanın bakır konsantrasyonu yaklaşık 1 mg/L'dir. İnsan vücudunda temel bakır deposu karaciğerlerdir. İnsan vücudunda izin verilebilir bakır konsantrasyonları Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Günlük besinlerle vücuda alınan kabul edilebilir Bakır konsantrasyonu (Food ve ark., 1989)

Grup	Yaş (yıl)	Cu, mg/gün
Bebekler	0,0-0,5 0,5-1,0	0,4-0,6 0,6-0,7
Çocuklar	1- 3 4- 6 7- 10	0,7-1,0 1,0-1,5 1,0-2,0
Yetişkinler	11<	1,5-2,5

İnsanlarda kronik bakır zehirlenmesi ender rastlanılan bir durum olup, genellikle uzun süre bakır ile temas halinde olan yiyecek ve içeceklerin ağız yoluyla alınması sonucu ortaya çıkmaktadır. Bakır zehirlenmesi sonucu karaciğerde leke oluşumu ve siroz, sinir sistemlerinde bozukluk, böbrek fonksiyonlarında zayıflama ve gerekli tedaviler yapılmadığı takdirde ölümlerle sonuçlanan rahatsızlıklar ortaya çıkmaktadır (Darrell, 1991).

Fazla miktarda bakır içme sularında kötü tat oluşturur. Bu tadı algılama sınırı 1 - 5 mg/L arasındadır. WHO içme sularının 1 mg/L'den az bakır içermesini önermektedir (WHO, 1984a). Türkiye'deki içme suyu standartlarında önerilen miktar 1,0 mg/L, izin verilebilir maksimum miktar 1,5 mg/L'dir (TSE, 1986).

Bitkilerdeki zehirli reaksiyonları önlemek için her türlü toprakta kullanılacak sulama sularındaki bakır derişimi sınırı 0,20 mg/L olarak önerilmiştir. Çiftlik hayvanları için kullanılacak sularda bakır için önerilen üst sınır 0,5 mg/L'dir (McNeely ve ark., 1979). Bakırın sucul canlılara karşı zehirliliği, suyun bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine (sıcaklık, sertlik ve bulanıklık) bağlı olarak değişir. Tatlı sulardaki canlıların korunması açısından maksimum kabul edilebilir derişim olarak 0,005 mg/L önerilmiştir (McNeely ve ark., 1979).

Toprakta bakır konsantrasyonu 5- 100 ppm arasında bulunmaktadır. Doğal olarak toprakta bulunan toplam bakırın miktarı, toprak ana maddesinin bakır içeriğine bağlı olarak değişiklik gösterir. Mineral ayrışmanın şiddeti ve gelişen bitkilerin etkisi nedeni ile bakır konsantrasyonu toprak profilinin yüzeye yakın katmanlarında daha yüksektir. Genellikle aşırı derecede parçalanıp dağılmış ve yıkanmış toprakların toplam bakır muhtevaları düşüktür.

Bakır toprak parçacıklarına kuvvetli bir şekilde bağlandığından oldukça hareketsizdir. Bu nedenle çoğu toprakların bakır içeriği alt profile doğru azalma göstermektedir. Çoğu bitki türleri için besin ortamında bulunan fazla miktardaki bakır büyümeyi engellemektedir. Bu tür olumsuz etki bakırın diğer metal iyonlarla ve özellikle de fizyolojik olarak önemli bölgelerdeki Fe'nin yerine geçme yeteneği ile ilgili görülmektedir. Dolayısıyla kloroz, bakır zehirlenmesinin yaygın olarak gözlenen belirtisi olup görünüş olarak Fe noksanlığını andırmaktadır.

Bakır zehirlenmesinde ilk olarak kök büyümesi olumsuz yönde etkilenir. Besin ortamına ilave edilen yüksek konsantrasyonda bakırın, bakıra toleranslı ve toleranslı olmayan türlerin kök plasmalemmasına etkisi karşılaştırılmıştır. Yapılan araştırmada toleranslı olmayan türde plasmalemmaya olan zararın önemli ölçüde yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Bakırın yüksek düzeyleri mikroorganizmalar için de zehir etkisi yapmaktadır. Bu özelliğinden yararlanılarak $CuSO_4$ fungusit olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bakır fazlılığı nedeni ile ortaya çıkan toksite özellikle yüksek düzeyde bakır içeren tarımsal ilaçların uygulandığı narenciye bahçelerinde ve bağlarda sıkça ortaya çıkmaktadır. Çok çeşitli kullanım alanları olan bakır, çevreye endüstri tozları, fungusitler ve atık sular ile bırakılmaktadır. Özellikle $CuSO_4$, tarımsal amaçlı olarak yaygın miktarda

kullanılmaktadır. Yine CuSO_4 kümes hayvanlarının beslenmesinde de katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Bakırca zengin yemlerle beslenen hayvanların dışkıların yüksek konsantrasyonda bakır bulunmakta ve bu dışkıların araziye verilmesi durumunda topraklarda önemli miktarda bakır birikimi görülmektedir. Bitkisel kaynaklı yiyeceklerin bakır içeriği; toprak tipi, pH, gübreler, fungusit, hava şartları ve bitkinin toprak ve havadaki partiküllerle temas etme durumlarına bağlı olarak değişmektedir.

Hayvan vücudunun toplam bakır konsantrasyonu yaklaşık 1-2,5 mg/kg arasında değişmektedir. Karaciğer, beyin, kalp ve kılılarda genellikle yüksek düzeyde bakır bulunmaktadır. Bakırın vücuttaki dağılımı hayvan türüne, yaşına ve bakır formuna bağlı olarak değişir. Geviş getiren hayvanlar diğer hayvanlara göre daha fazla bakır içermektedir. Yine genç hayvanlar, yetişkin olanlara göre yaklaşık 2 kat fazla bakır içermektedir. Bakır, çok sayıda fizyolojik fonksiyonu yerine getirmektedir. Hayvanların bakır toksisitesine gösterdikleri tolerans hayvan türüne ve hayvan besinlerindeki S, Mo, Zn ve Fe düzeylerine bağlı olarak farklılık gösterir. Söz konusu elementlerin normal düzeylerinde bulunmaları durumunda, bakır zehirlenme sınırı koyunlarda 25 mg/kg, tavuklarda 300 mg/kg ve atlarda 800 mg/kg civarında değişmektedir. Yetişkin hayvanlar yüksek bakır düzeylerine daha fazla tolerans gösterebilmektedir. Bakır zehirlenmesi sonucu hayvanlarda kansızlık, adale gelişmemesi, doğurganlığın azalması, gelişmede gerileme ve erken ölüm gibi çok sayıda olumsuz etkiler meydana gelmektedir (Miller ve ark., 1991).

3.4. Krom

Krom doğada metalik halde bulunmaz. Magmatik kayalarda minör bileşen olarak, özellikle bazik ve ultrabazik kayalarda bulunur. Kromit bu kayalarda en fazla bulunan mineralidir. Diğer kayalarda ve toprakta krom oksit şeklinde

bulunur. Kayaçların bozunması sırasında kil ve kumlarla birlikte taşınır (Rankama and Sahama, 1964; Hem, 1985).

Suların içerdiği krom kayaçlardan ve çoğunlukla endüstriyel kullanımlardan ve tarımdan kaynaklanır. Krom tuzları metal temizleme ve kaplama, alüminyum metalürjisi, paslanmaz çelik, boya, patlayıcı, seramik, kağıt, tekstil endüstrilerinde kullanılır. Krom bileşikleri ayrıca sondaj borularında ve soğutma kulelerinde korozyonu önlemede, sıcak su ile ısıtma sistemlerinde, gübrelerde ve pestisitlerde kullanılır (McNeely ve ark., 1979; WHO, 1984b).

Krom, çok yaygın olarak bulunan üç oksidasyon basamağına sahiptir (Cr^{+3} , Cr^{+6}). Doğal suların sahip olduğu pH aralığında hemen hemen tamamen Cr^{+6} şeklinde bulunur. Çözünürlüğün düşük olması nedeni ile kromun sulardaki derişimi genellikle düşüktür. Doğal sulardaki derişimi genellikle 0,01 mg/L'nin altındadır (WHO, 1984b; Hem, 1985). Bununla birlikte bu değerin oldukça üzerinde krom içeren doğal yeraltı sularına da rastlanmaktadır. Örneğin ABD'de Arizona'daki bir bölgede Robertson tarafından yapılan araştırmalarda yeraltı sularındaki krom derişiminin (Cr^{+6}) 0,10 – 0,20 mg/L arasında değıştiğı ve kromun doğal kökenli olduğı saptanmıştır. Absorpsiyon yeraltı suyunda bulunan Cr^{+6} iyonlarının miktarının azaltılmasında önemli bir mekanizmadır. Kaolinit, montmorillonit gibi kil minerallerinin Cr^{+6} 'u absorpsiyonu pH'ın düşmesi ile birlikte artış gösterir. Diğer cins toprakların ve $Fe(OH)$ 'in de Cr^{+6} 'u absorpladıkları yapılan araştırmalarda görülmüştür (Stollenweek and Grove, 1985).

Krom insan vücudunda sindirim ve solunum yolları aracılığı ile absorplanır. Krom insanlardaki glikoz ve lipid metabolizması ve amino asitlerin bazı sistemlerde kullanılması için gereklidir. Ayrıca şeker hastalığı ve damar tıkanıklıklarının önlenmesinde önem taşır (WHO, 1984b). Sularda bulunan

kromun insana zararlı etkileri hegzavalent krom (Cr^{+6}) ile ilişkilidir. İnsan vücudu için gerekli olarak kabul edilen trivalent krom (Cr^{+3}) pratik olarak zararsız (non- toksik) kabul edilir (Schroeder, 1968; WHO , 1984b). Yüksek dozlarda hegzavalent krom (Cr^{+6}) alımı insanlarda mide, akciğer, prostat kanserlerine neden olmaktadır (WHO, 1984b).

İnsanların krom alımındaki artış genellikle besin endüstrisinden kaynaklanmaktadır. Krom, insan vücudunda hemen hemen tüm dokularda yer almaktadır. Bu nedenle, belli bir organ ya da doku için spesifik konsantrasyonlar belirlenememiştir. İnsanların günlük besinlerle alması gereken krom miktarı Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Günlük besinlerle vücuda alınan kabul edilebilir Krom konsantrasyonu (Food and Nut., 1989)

Grup	Yaş (yıl)	Cr (μ g/gün)
Bebekler	0,0-0,5 0,5-1,0	10-40 20-60
Çocuklar	1,0-3 4-6	20-80 30-120
Diğerleri	7<	50-200

Günlük normal olarak besinlerle alınan üç değerlikli kromun toksik bir etki yapmayacağı bildirilmiştir. Yapılan çalışmalarda insanların uzun süre 150 mg/günlük krom beslenmesinde dahi herhangi bir olumsuz etki gözlenmemiştir (Glinsman and Mertz, 1966). Bununla birlikte, 6 değerlikli krom bileşiklerinin oldukça zehirli olduğu bilinmektedir. Bu gruba giren krom bileşiklerinin özellikle deri üzerinde ciddi yanıklar meydana getirdiği, uzun süre solunması halinde ise akciğer kanserine yol açtığı tespit edilmiştir. 6 değerlikli krom bileşiklerinin solunması sonucu ayrıca göz, burun ve solunum yollarında tahriş belirtileri ortaya çıkmaktadır. Ağız yolu ile alınması

durumunda ise, böbrek, karaciğer ve mide bağırsak kanalında çeşitli iltihap olayları meydana gelmektedir (Derrell, 1991).

Türkiye’de içme suyu standartlarında Cr^{+6} için izin verilebilir maksimum sınır olarak 0,05 mg/L verilmiştir. WHO içme sularında krom miktarının 0,050 mg/L’yi aşmamasını önermektedir (WHO, 1984a). Kanada standartlarında besi hayvanlarına verilecek içme suları için de üst sınır olarak 0,05 mg/L verilmiştir (McNeely ve ark., 1979).

Krom iyonları bitkileri besleyen ana elementlerin alımını engelleyerek verimi düşürmektedir. Sulama suları ince taneli nötral ve alkali topraklarda 1,0 mg/L’ye kadar krom içerebilir. Bununla birlikte sulama sularında krom derişimi genel olarak 0,1 mg/L ile sınırlandırılmalıdır (McNeely ve ark., 1979).

Bitkilerde krom muhtevasının artışı fazla görülmemektedir. Kromun bitki bünyesindeki hareketi de oldukça sınırlıdır. Buna karşılık çok yüksek düzeylerde uygulanan krom, bitkilerde toksik etkide bulunabilmektedir. Krom zehirlenmesinde bitki kökleri küçük, yapraklar dar ve kahverengi kırmızı bir renktedir. Yapraklarda küçük yanık lekeler vardır.

Kromun sucul canlılara karşı zehir etkisi oksidasyon durumu, sıcaklık ve pH’a bağlı olarak cinsten cinse farklılık gösterir. Balıklar diğer aşağı canlı formlarına göre kroma karşı daha dayanıklıdır. Sucul canlıların korunması için maksimum derişim olarak 0,050 mg/L önerilmiştir (McNeely ve ark., 1979).

3.5. Kurşun

Kurşun, yer kabuğunda esas olarak sülfür mineralleri (özellikle PbS) şeklinde bulunur. Bunun yanı sıra birçok kayaç oluşturan mineralin yapısında (magmatik kökenli potasyum ve kalsiyum minerallerinde) yer alır. Bozunma ürünleri olarak sülfat, karbonat, fosfat, kromat, vanadat bileşikleri şeklinde sedimanter kayaçlarda ve toprakta bulunur (Goldschmidt, 1958; Rankama and Sahama, 1964). Akarsu ve göllerdeki güncel sedimanlar içerisinde de kurşun bileşikleri yer alır (McNeely ve ark., 1979).

Doğal ve kirlenmiş sulardaki kurşun kayaçlardan, topraktan ve esas olarak insan aktivitelerinden kaynaklanır. Kurşunlu yakıtların kullanımı, kurşun cevherinin işlenmesi sırasında atmosfere ve sulara bir miktar kurşun yayılır. Bunun yanı sıra metalik kurşun ve bileşikleri akümülatör, boru, metal yağları, boya, fotoğraf malzemesi, patlayıcı üretiminde ve matbaacılıkta kullanılmaktadır (McNeely ve ark., 1979; WHO, 1984b). Asidik özellikteki veya tampon özelliği düşük olan sular su dağıtım şebekelerindeki kurşun borulardan önemli miktarda kurşun çözebilmektedirler (Hem, 1985).

Kurşun organik ve inorganik sedimanların yüzeyine adsorblanması ve mangan oksitlerle birlikte çökmesi yüzey ve yeraltı sularında düşük derişimlerde bulunmasına yol açar (Hem, 1985). Sularda çözünmüş ve süspanse halde bulunur. Derişimi ve görelî zehirliliği suyun setlik ve, pH, alkalinite ve çözünmüş oksijen miktarına bağlıdır (McNeely ve ark., 1979).

Doğal sulardaki kurşun miktarı nadir olarak yüksek değerlere ulaşır. Çoğu akarsu ve gölde derişim 0,001 – 0,010 mg/L arasında değişir. Endüstriyel kaynaklı kirlenmeye bağlı olarak daha yüksek değerler de görülebilir (WHO,

1984b). Sülfürlü maden yataklarının drenaj sularında 0,4 – 0,8 mg/L arasında kurşun bulunabilir (McNeely ve ark., 1979).

Kurşun, insan ve hayvan iskeletinde birikim yapan zehirli bir elementtir. Kurşunun zehirliliğine karşı hassasiyet kişiden kişiye değişir. Çocuklar en hassas olanlarıdır (McNeely ve ark., 1979). Kurşun birçok yiyecek maddesinde bulunur. Birçok sebze ve meyve, süt, konserveler ve şarap bir miktar kurşun içerir. Gıdalarla günlük kurşun alımının 0,100 – 0,500 mg/L aralığında olduğu tahmini edilmektedir (Drill ve ark., 1979; WHO, 1984b). Solunum yoluyla havadan da bir miktar kurşun alınmaktadır. İnsan vücuduna alınan kurşunun bir kısmı vücutta absorplanmaktadır. Yetişkinlerde suyla alınan kurşunun ortalama %10'u absorplanır (WHO, 1984 ba).

İnsanların hava, besin maddeleri ve içme suyu ile günlük kurşun alımlarının 0,3-0,6 mg olduğu tahmin edilmektedir. Katı besin maddeleri yoluyla günlük olarak vücuda giren kurşun miktarının 600 mg değerini aşmaması gerektiği bildirilmektedir. Bununla birlikte ağız yolu ile sürekli olarak alınan 10 mg'lık kurşun düzeyinin belli bir süre sonra zehirlenmeye yol açtığı tespit edilmiştir.

Özellikle solunum yoluyla çok az miktarda dahi akciğere giren kurşunun, kısa bir süre içerisinde zehir etkisine neden olmaktadır. Kurşunun yol açtığı olumsuz etkilerden en önemli olanları, kurşun felci, duyu organlarındaki sakatlıklar, sindirim sistemi bozukluklarıdır. İnsanlarda aşırı kurşun birikimi gençlerde beyinsel bozukluklara ve aşırı hırçınlığa neden olmaktadır.

İnsan vücudu tarafından absorplanan kurşun kana geçerek yumuşak dokulara ve kemiklere dağılır. Kurşun kemiklerde zamanla birikir. Vücutta taşınan kurşunun %90'ı kemiklerde bulunur (WHO, 1984b). Kurşun hamile kadınlarda plasenta yoluyla bebek kanına geçer.

Kurşun, vücutta birikim yapan ve yüksek dozları metabolik zehirliliğe sahip bir elementtir (WHO, 1984b). Düşük miktardaki kurşun vücutta bazı enzimlerin salgılanması, oksijen taşınımı ve enerji üretiminde düzensizliklere yol açar (WHO, 1984b). Kurşun, biyolojik sistemlerin görevlerini yerine getirmede gerekli olan elementlerden değildir. Bu nedenle kurşun alımından mümkün olduğu kadar kaçınılmalıdır (WHO, 1984b). WHO içme sularının içerdiği maksimum kurşun miktarının 0,05 mg/L olmasını önermektedir (WHO, 1984a). Türkiye'deki içme suyu standartlarında izin verilebilecek maksimum kurşun miktarı 0,05 mg/L'dir (TSE, 1986).

Besi hayvanlarına verilecek içme sularındaki kurşun derişimi sınırı için 0,05 mg/L önerilmiştir. Diğer iz elementlere göre kurşunun bitkiler üzerindeki zehirleyici etkisi daha azdır. Ayrıca, toprak bitkilerin alabileceği kurşun miktarını azaltmaktadır. Toprak cinsine göre sulama sularının kurşun içeriği için sınırlar önerilmiştir. Bunlar nötral ve alkali topraklarda 10 mg/l, asidik topraklarda 5 mg/L'dir. Topraklarda ortaya çıkan kurşun kirliliği, benzinini yanması sonucu oluşan atmosferik kuşundan ileri gelmektedir. Topraklarda toz ve yağışlar ilave olan kurşun miktarı 0,18- 4,80 mg/m²/gün düzeyine kadar ulaşabilmektedir (McNeely ve ark., 1979).

Bitkilerde kurşun miktarı ve bitkilerin kurşun alımları insan sağlığı açısından doğrudan bir öneme sahiptir. Bazı bitki türleri için kurşun toksite düzeyi oldukça yüksektir. Bu tür bitkiler sağlıklı göründükleri ve zehirlenme belirtilen göstermedikleri için insan tüketiminde tehlikeler meydana getirebilir.

Özellikle atmosfere yüksek kurşun miktarı söz konusu olduğundan bitkilerin toprak üstü kısımlarında da kurşun miktarının önemli düzeyde arttığı görülmüştür. Kurşun kapsamı çok yüksek olan bitkiler ise sığırlarda ölümle sonuçlanan toksisiteye yol açmaktadır. Yem kuru maddesindeki miktar 50

ppm üzerinde bulunduğu durumlarda sığırlarda bazı hastalıklar ortaya çıkmaktadır.

İnorganik kurşun genel olarak bitkilerin dış cephesinde kaldığından yıkanma ile büyük ölçüde temizlenir. İnorganik kurşun tohum ve köklerde aşırı birikim yapmaz. Oysa, organik kurşun bitkiler tarafından hızla alınmaktadır. Bu takdirde bitkide büyüme yavaşlar ve tohum köklerde kurşun yoğunluğu artar. Köklerde ve yumrulu bitkilerin yumrularındaki kurşun miktarı yaklaşık 0,5 ppm civarındadır. Kimi hallerde toprakta 100 ppm düzeyinde bulunan inorganik kurşunun bitki gelişmesi üzerinde hiçbir olumsuz etkisi olmazken, 10 ppm düzeyindeki organik kurşun, büyümeyi olağanüstü boyutlarda geciktirebilmektedir.

Kurşunun balıklar üzerindeki zehirli etkisi sertlik ve çözünmüş oksijen miktarının artışı ile azalır. Sucul hayatı koruma için konulan kurşun derişimi sınırı içme sularinkinden daha sıkıdır. Tatlı sulardaki sucul hayatın korunması için sınır olarak 0,03 mg/L kabul edilmiştir (McNeely ve ark., 1979).

3.6. Kadmiyum

Kadmiyum yerkabuğunda eser miktarda bulunan ve kimyasal özellikleri çinkoya benzeyen bir elementtir. Asidik magmatik kayalarda çoğunlukla çinko sülfür mineralleri (özellikle sfalerit) ile birlikte bulunur. Doğadaki en önemli kadmiyum minerali grenokit (CdS)'dir (Rankama and Sahama, 1964; Hem, 1985). Bazı sedimanter kayalar ve sedimanter cevher yatakları kadmiyumca zengindir. Organik kalıntılar içeren şeyller, manganda zengin göl ve bataklık sedimanları, fosfat yatakları önemli miktarda kadmiyum ve çinko içerirler (Rankama and Sahama, 1964).

Çizelge 3.4. Değişik materyallerde bulunan kadmiyum sınır değerleri (Derrell, 1991)

Materyalin Cinsi	ppm olarak Cd kapsamları
Kömür	1-2
Motor yağları	0.5
Taşıt lastikleri	20-90
Süperfosfatlar	38-48
Ham fosfatlar	31-90
Yer kabuğu	0,18

Pek çok insan faaliyeti sonucu su, hava ve toprağa kadmiyum katılımı olmaktadır. Elektrolizle metal kaplama işlemleri, bakır ve nikel metalürjisi, fosil yakıtların yakılması, oksidasyona dayanıklı alaşımlar, boya, nikel - kadmiyum piller, elektronik malzeme, motor yağları, fotoğraf malzemeleri, cam , seramik, tarım ilaçları, süper fosfat gübreleri ve plastiklerin üretimi, doğal yollar dışında çevreye kadmiyum katılımına neden olur (McNeely ve ark., 1979; Hem, 1985).

Kadmiyum ve bileşikleri sularda çoğunlukla eser miktarda bulunurlar (McNeely ve ark., 1979). Kadmiyumun suda çözünürlüğü, kadmiyum kaynağındaki bulunuş şekline ve pH'a bağlıdır (WHO, 1984b). Doğal suların kadmiyum içeriği genellikle 0,001 mg/L'den azdır (WHO, 1984b). Bununla birlikte bazı sularda 0,010 mg/L'ye ulaşan değerler görülebilir (McNeely ve ark., 1979; Hem, 1985). Birkaç mg/L'den fazla kadmiyum içeren yüzey suları ihtimalle endüstriyel, katı atık veya evsel atık kaynaklı kirlenmeye uğramıştır. İçme sularındaki kadmiyum miktarı normal olarak 0,001 mg/L veya daha azdır. 0,005 mg/L'ye kadar yükselen derişimler sık sık rapor edilmektedir (WHO, 1984b).

Birçok gıda maddesi eser düzeyde kadmiyum içerir. Kirlenmiş topraklarda yetişen, atıksularla sulanan veya fosfatlı gübreler verilen bitkilerde kadmiyum miktarı artar. Kadmiyum hayvanların böbrek ve karaciğerlerinde birikir. İnsanların günlük normal beslenme rejimi ile aldıkları günlük kadmiyum miktarı 15 - 60 mg/L arasındadır. Kirli hava ve tütün de bir miktar kadmiyum içerir (WHO, 1984b). Kadmiyum fazlalığının neden olduğu hastalıkların daha ziyade dolaşım sistemi ile ilgili olduğu ve hipertansiyon adı verilen yüksek kan basıncına neden olduğu bildirilmektedir. Ağız yoluyla kadmiyum alımı ise daha çok kadmiyumlu metal kaplarda saklanan besinlerin yenilmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Endüstrilerde görülen zehirlenmeler, özellikle kadmiyum veya kadmiyum oksit dumanlarından ve tozlarının solunması ile meydana gelmektedir (Derrell, 1991).

Kadmiyum, sindirim ve solunum yolları aracılığı ile kolayca absorplanan, vücutta birikim yapan ve zehirlilik etkisi yüksek olan bir metaldir (McNeely ve ark., 1979; WHO, 194b). Vücut tarafından absorplanan kadmiyum, kana geçer ve vücudun belli bölgelerinde depolanır. Böbrekler ve karaciğer kadmiyumun depolandığı başlıca bölgelerdir (WHO, 1984b).

Kadmiyum kirlenmesine uğramış gıdalar, insanlar tarafından alındığında ciddi mide bozuklukları ortaya çıktığı rapor edilmiştir (National Research Council, 1977; WHO, 1984b). Ağız yoluyla alınması durumunda akut öldürücü dozun, birkaç yüz miligram olduğu tahmin edilmektedir (WHO, 1984b).

WHO içme sularında maksimum kabul edilebilir kadmiyum derişimi olarak 0,005 mg/L sınırını önermiştir (WHO, 1984a). Türkiye'deki içme suyu standartlarına göre izin verilebilir maksimum derişim 0,0005 mg/L'dir (TSE, 1986).

Kadmiyum bitki büyümesini önleyici ve bitkide birikme özelliği nedeni ile sulama sularındaki kadmiyum derişimlerine ilişkin sınırlar önerilmiştir. Kadmiyum derişiminin nötral ve alkali topraklarda kullanılacak sularda 0,050 mg/L'yi, asidik topraklarda kullanılacak sularda 0,010 mg/L'yi geçmemesi önerilmiştir (McNeely ve ark., 1979).

Pek çok bitki türü kadmiyumu kolayca almaktadır. Bu nedenle kadmiyumun sağlığa zararlı olarak ortaya çıkışı, sebzeler ve diğer tarımsal ürünler tarafından alınan kadmiyum'un yoğun bir şekilde zenginleşmesi ile ilgilidir. Bitkiler tarafından alınan yüksek dozda kadmiyum böbreklerde birikerek vücutta fosfor kalsiyum dengesini bozduğu ve hayvan ve insanlarda kemik rahatsızlıklarına yol açtığı bildirilmiştir.

Asitli topraklarda kadmiyum'un büyük kısmı aynen çinkoda olduğu gibi değişebilir formda bulunmaktadır. Asitte çözünebilir veya değişebilir kadmiyum ile yonca ve yulaf bitkilerinin kadmiyum alımı arasında yüksek pozitif ilişki saptanmıştır. Kadmiyumun bitki içindeki miktarı, bitkinin değişik kısımlarında farklılık göstermekte ve bitki sap kısımlarında çok daha yüksek oranlarda bulunmaktadır. Genelde bitkilerin kadmiyum kapsamı 0,5 ppm'in altındadır. Ancak, kadmiyumca zengin sedimentler ve çinko madenlerine yakın topraklarda yetişen bitkilerde çok yüksek değerler saptanmıştır.

Topraklardaki kadmiyum birikimine motor yağları ve taşıt lastiklerinin katkısı büyüktür. Bitki ve topraklara ulaşan kadmiyumun büyük kısmı kadmiyum içeren toz zerreciklerinin havadan çökelmeleriyle yılda metrekareye 0,2- 1,0 mg kadmiyum ilavesi olmaktadır. Kirlenmeyen alanlarda ise toprağın kadmiyum kapsamı genellikle 1 ppm'in altındadır. Fosforlu gübrelerde de önemli düzeyde kadmiyum bulunmaktadır.

Hayvanlarda da vücutta kadmiyum birikimi nedeni ile sağlığı tehdit edici etkiler ortaya çıkar. Kanada standartlarında besi hayvanlarına içme suyu olarak verilecek sulardaki kadmiyum derişiminin 0,010 mg/L'yi geçmemesi önerilmiştir (McNeely ve ark., 1979).

Sucul organizmalar yüksek kadmiyum derişimlerine karşı hassastırlar. Kadmiyum sucul canlıların üremelerini de etkiler. Çinko, bakır gibi ağır metallerde suda bulunması kadmiyumun zehirli etkisini arttırır. Sucul hayatın korunması açısından yüzey suyu ortamlarına maksimum kadmiyum derişiminin 0,0002 mg/L olması önerilmiştir (McNeely ve ark., 1979).

3.7. Arsenik

Arsenik bileşikleri boya pigmenti olarak, tekstil ve tanen endüstrisinde kullanılmaktadır. Ayrıca deterjanlar 10-70 ppm düzeyinde Arsenik içermektedir. Pek çok Arsenik bileşğinin yüksek toksisitesi nedeni ile pekçok pestisitün bünyesinde yer almaktadır. Arsenikli pestisitlerin uzun yıllar boyunca fazla olarak uygulanmaları sonucu, özellikle meyve bahçelerinde toksik düzeye varacak derecede Arsenik birikimi olduğu belirtilmektedir. Arseniğın topraktaki kimyasal özellikleri fosfat iyonlarına çok benzerlik göstermektedir. Hatta bu nedenle kolorimetrik fosfor tayinlerinde interferensten dolayı zorluk çıkarmaktadır. Bu benzerlik nedeni ile topraktaki fosfat davranışlarını etkileyen faktörler Arsenatların arsenik fiksasyonunda etkili olurlar. Ancak, kalsiyumun arsenat fiksasyonu demir ve alüminyumdan çok daha küçüktür. Sonuçta çeşitli çözünürlük derecesine sahip arsenatlar meydana gelir. Örneğın $FeAsO_4$ 'ın çözünürlük çarpımı $5.7 * 10^{-21}$ iken $Ca_3(AsO_4)_2$ 'ın ki $6.8 * 10^{-19}$ 'dur. Toprak bileşikleri üzerinde bağlanmada As ve P rekabeti sonucu fosforlu gübreleme nedeni ile toprakta arsenik mobilitesi artış

gösterir. Arsenik içeren nehir suları ile sulanan patates bitkilerinin yumru ve kabuklarında arsenik birikmesi olduğu ve hatta bitkinin yenebilen kısımlarında bu birikimin 2,6 ppm düzeyine kadar ulaştığı belirtilmektedir. Arsenik birikimi yetiştirilen ürün miktarını da etkilemektedir (Haktanır, 1998).



4. ULUABAT GÖLÜNDE MEVCUT ÇEVRESEL SORUNLAR

Uluabat Gölü'ne, endüstriyel ve evsel atık sular doğrudan deşarj edilmektedir. Bunun sebebi Uluabat Gölünün yakın çevresindeki evsel ve endüstriyel atıksular için doğal bir alıcı ortam olmasındandır. Bununla birlikte Mustafakemalpaşa, Emet ve Orhaneli çayları da Uluabat Gölü'ne kirlilik taşımaktadır.

4.1. Evsel Atık Sular

Uluabat Gölü etrafında bulunan Gölyazı, Akçalar Beldeleri ile Fadıllı, Akça Pınar, Dorak, Uluabat, Kumkadı, Karaoğlan, Göl Kıyısı ve Eskikaraağaç köyleri direkt olarak evsel atıksularını Uluabat Gölüne vermektedir. Bununla birlikte göl havzasında bulunan yerleşim yerlerinin evsel atıksuları da Uluabat Gölüne gelmektedir. Bunlardan Mustafakemalpaşa ilçesinin kanalizasyon atıkları arıtıma tabi tutulmadan Mustafakemalpaşa Çayı'na deşarj edilmektedir.

Orhaneli Çayı membasından, mansabına doğru Efendi Köprü, Çavdarhıasr, Örencik gibi yerleşim yerlerinin kanalizasyonlarını, Kayı Köy mevkiinde Tavşanlı ilçesinin çöp dökme yerinden olan sızıntı suları ile ilçenin kanalizasyonlarını, Tunçbilek, Orhaneli ve Keles ilçelerinin evsel atıksularını da Uluabat Gölüne taşımaktadır.

4.2. Endüstriyel Atıksular

Uluabat Gölüne endüstriyel atıksular gölün havzasında bulunan sanayi tesislerinden ve maden işletmelerinden kaynaklanmaktadır. Mustafakemalpaşa ilçesinde bulunan 52 adet deri işleme tesisleri'nin atıksuları DSI'nin Tahliye-1

kanalına oradan DSİ Azatlı Tahliye kanalına verilmektedir. Bu tahliye kanalının sonunda Uluabat Pompa İstasyonuna ve buradan da Ulubat göl ayağına verilerek gölün kirlenmesine neden olmaktadır.

Mustafakemalpaşa ilçesindeki mezbahane'de kesimi yapılan hayvanlardan kaynaklanan kirlilik arıtıma tutulmayıp direkt olarak Musfatakemalpaşa çayına deşarj edilmekte ve oradan da Uluabat Gölüne gelmektedir.

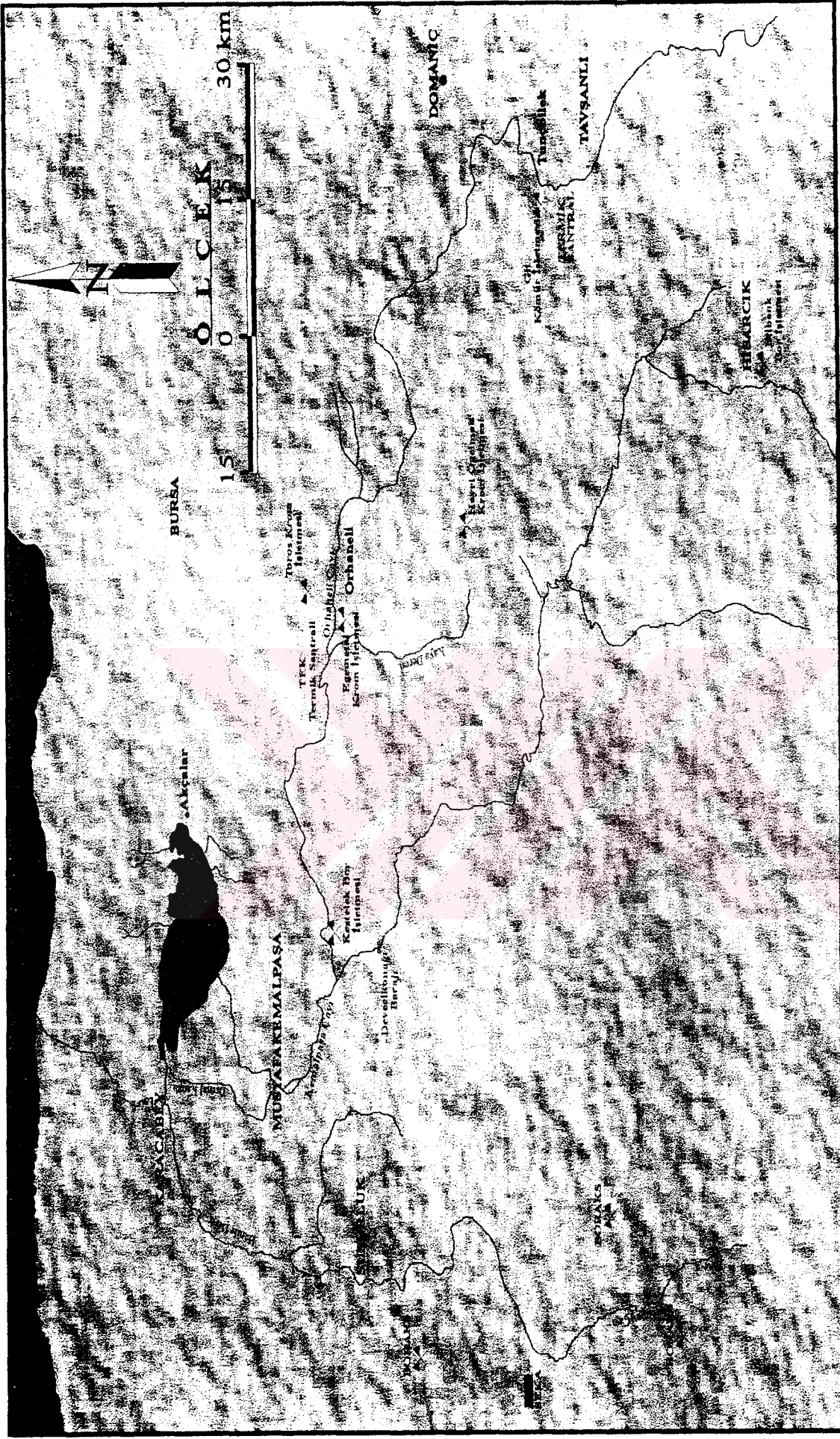
Ayrıca, Mustafakemalpaşa ilçesindeki mandıralardan kaynaklanan peyniraltı suları da arıtıma tutulmayıp direkt olarak Mustafakemalpaşa çayına deşarj edilmekte ve oradan da Uluabat Gölüne gelmektedir.

Yine Mustafakemalpaşa ilçesinde bulunan konserve fabrikalarının, mermer atelyelerinin atıksuları da Uluabat Gölüne taşınmaktadır. Çizelge 4.1. de Uluabat Gölüne atıksuları ulaşan işletmeler verilmektedir.

Çizelge 4.1. Uluabat Gölüne Atıksuları Ulaşan İşletmeler (Bursa İl Çevre Müdürlüğü 2000 yılı Raporu)

Firma Adı	Faaliyet Türü	Arıtma Tesisi
Gökkurtlar A.Ş.	Süt İşleme	Var
Merko Gıda A.Ş.	Sebze Meyve İşleme	Var
Turbel Gıda	Sebze Meyve İşleme	Var
Kerevitaş A.Ş.	Sebze Meyve ve Balık İşleme	Var
Tat Konserve A.Ş.	Salça Fabrikası	Var
Nestle Türk A.Ş.	Kakao Çikolata	Var
Sütaş A.Ş.	Süt İşleme	Var
Karacabey Tat Konserve A.Ş.	Salça Fabrikası	Var
Trakya Birlik Yağ Sanayi	Ayçiçek Yağı Üretimi	Var
Tamek Gıda A.Ş.	Sebze Meyve İşleme	Var
Sıla Yağ Sanayi A.Ş.	Sebze Meyve İşleme	Var
AKFA A.Ş.	Salça Fabrikası	Yok (Proje aşamasında)
Lezzo A.Ş.	Meyve Suyu ve Salça	Yok (Proje aşamasında)
Sultanköy A.Ş.	Sebze Meyve İşleme	Var
Öztusan A.Ş.	Salça Fabrikası	Yok (Proje aşamasında)
Aysan Süt Ürünleri A.Ş.	Süt İşleme	Yok (Proje aşamasında)
Akçalar Mezbahanesi	Mezbahane	Yok (Proje aşamasında)
Vatan Konserve A.Ş.	Salça Fabrikası	Yok (Proje aşamasında)
Topraklar Süthanesi	Süt İşleme	Yok (Proje aşamasında)
Küçük Sanayi Sitesi Koop.	Oto yan Sanayii ve Tamir	Yok
Dericiler Kooperatifi	Deri İşleme	Yok (Proje aşamasında)
Mustafakemalpaşa Mezbahanesi	Mezbahane	Yok

Havzanın besleyici çayından olan Emet Çayını Hisarcık mevkiinde kirleten Etibank Kolemanit İşletmesi, Orhaneli Çayını kirleten Tunçbilek Termik Santrali ve Garp Linyitleri İşletmesi Tunçbilek tesisleridir. Bununla birlikte özel sektöre ait tesislerde bulunmaktadır. Uluabat Gölü çevresinde ve su toplama alanında bulunan maden işletmeleri ve konumları Şekil 4.1.'de verilmiştir.

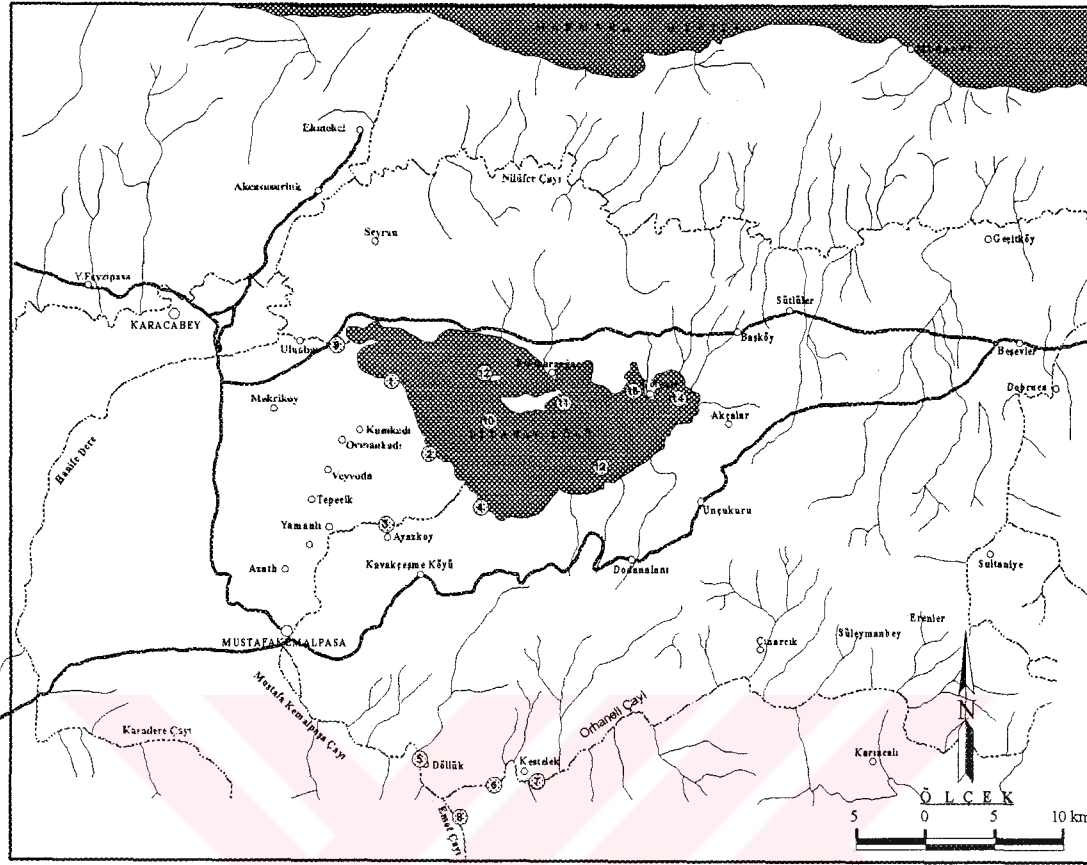


Şekil 4.1. Uluabat Gölü çevresinde ve su toplama havzasında bulunan maden işletmeleri ve konumları

5. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ VE ANALİZLERDE KULLANILAN CİHAZLAR

Uluabat Gölü ağır metal kirliliğini ölçmek için Haziran 1999'dan Mayıs 2000'e kadar (Eylül 1999 hariç) her ay periyodik olarak Gölü besleyen su kaynaklarından sekiz (8), Göl içinden altı (6) ve Göl çıkışından da bir (1) olmak üzere toplam 15 değişik noktadan örnekler alınmıştır. Örnekleme yerlerinin mümkün olduğunca önceki çalışmalarla aynı noktalarda olmasına gayret gösterilmiştir. Özellikle Göl üzerinde aynı noktalardan örnekleme yapılabilmesi için Coğrafi Konum Belirleme Sistemi ile koordinatları belirlenmiş ve her örnekleme döneminde aynı koordinatlardan örnekleme yapılmıştır. Örnekleme dönemlerinin her ayın aynı günlerine gelmesi için gerekli hassasiyet gösterilmiştir. Bu çalışmadaki örnekleme noktalarını gösterir harita Şekil 5.1.'de verilmektedir. Ayrıca Örnekleme noktalarının isimleri ve koordinatları Çizelge 5.1. de görülmektedir.

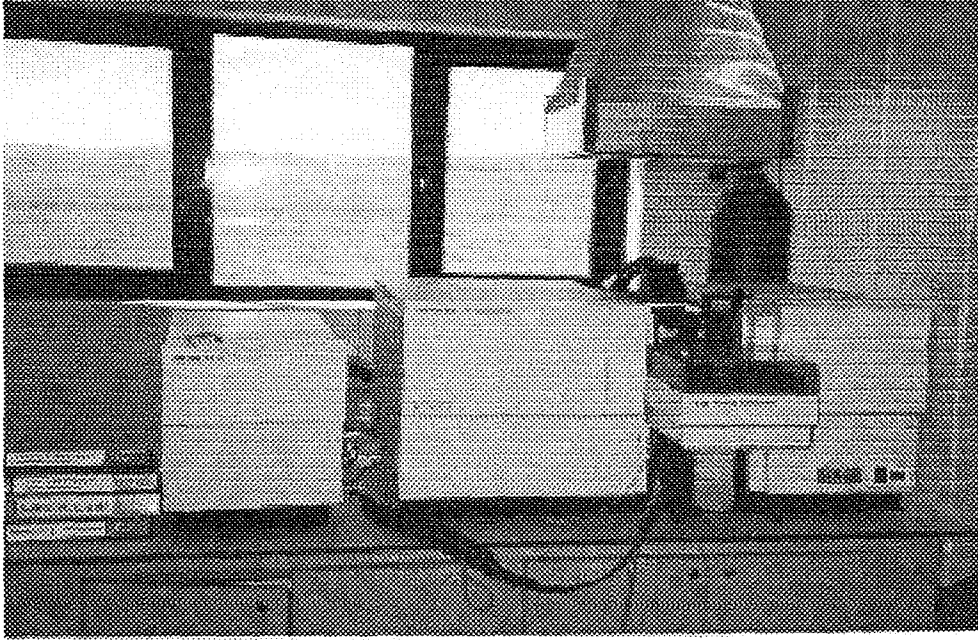
Gölü besleyen su kaynaklarından ve gölden toplanan su numunelerinde demir, bakır, kadmiyum, kurşun, arsenik ve krom ağır metal analizleri yapılmıştır. Çalışmadaki analizler için Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre (UNICAM 939 AA) GF-900 cihazı kullanılmıştır. Şekil 5.2. de kullanılan cihaz ve Şekil 5.3. de laboratuvar çalışması görülmektedir.



Şekil 5.1. Çalışma alanındaki örnekleme noktalarını gösterir harita

Çizelge 5.1. Örnekleme yerlerinin isim, kod ve koordinatları

Kod	Örnekleme Yerinin Adı	Örnekleme Noktasının Koordinatları
1.	Uluabat Pompa İstasyonu (Drenaj Kanalı)	40° 12' 066'' N 028° 26' 762'' E
2.	Atabay Pompa İstasyonu (Drenaj Kanalı)	40° 09' 979'' N 028° 29' 747'' E
3.	Ayazköy	40° 05' 995'' N 028° 28' 748'' E
4.	Karaoğlan Pompa İstasyonu (Drenaj Kanalı)	40° 06' 470'' N 028° 33' 811'' E
5.	Döllük Köyü	39° 57' 504'' N 028° 31' 918'' E
6.	Kestelek Mansap	39° 56' 812'' N 028° 32' 229'' E
7.	Kestelek Manba	39° 57' 772'' N 028° 34' 654'' E
8.	Devecikonağı	39° 54' 814'' N 028° 33' 857'' E
9.	Uluabat Köprü	40° 12' 272'' N 028° 25' 923'' E
10.	Halil Bey Adası Batı Burnu (MKPÇ Gölü Döküldüğü Yer)	40° 08' 067'' N 028° 34' 804'' E
11.	Halil Bey Adası-Eskikaraağaç Açığı	40° 10' 630'' N 028° 36' 981'' E
12.	Şeytan Adası-Balikesir yolu arası	40° 11' 519'' N 028° 34' 540'' E
13.	Kutluada ve Halil Bey Adası arasından güney kıyıya doğru	40° 08' 940'' N 028° 38' 283'' E
14.	Akçalar	40° 10' 448'' N 028° 42' 522'' E
15.	Turbel Tesisleri Önü	40° 10' 402'' N 028° 40' 838'' E



Şekil 5.2. Çalışmada kullanılan atomik absorpsiyon spektrofotometre cihazı (UNICAM 932 AA)



Şekil 5.3. Analiz yapılması esnasında laboratuvar çalışması

5.1. Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi Hakkında Genel Bilgi

Eser elementlerin analizleri için uzun yıllardan beri kullanılan grafit fırınlı atomik absorpsiyon spektrofotometre yöntemi, kromatografik yöntemle ayrılan türlerin kolon çıkışında belirli sürelerle toplanmasından sonra tayin edilmelerinde çok elverişli bir yöntemdir. Teorik temelleri çok uzun yıllardan beri bilinen atomik absorpsiyon spektrofotometre eser miktardaki metallerin analizleri için kullanımı 1960'lı yıllarda, tayin edilecek elementin karakteristik dalga boyunda ışımaya yapabilen ışık kaynaklarının geliştirilmesinden sonra yoğunluk kazanmıştır. Atomik absorpsiyon spektrofotometre günümüzde hem rutin analiz laboratuvarlarında hem de araştırma laboratuvarlarında yoğun bir biçimde kullanılmaktadır.

Atomik absorpsiyon spektrofotometre yönteminde, analiz elementinin absorplayacağı ışımayı yayan ışık kaynağı, oyuk katot lambası adı verilen ve her element için ayrı ayrı üretilen lambalardır. Düşük basınçta neon veya argon gibi bir asal gazla doldurulmuş silindir biçimindeki bu lambalarda katot, analiz elementinin metalinden veya saf bir tuzundan yapılmıştır. Anot ise tungsten veya nikel bir teldir. bu iki elektrot arasında uygulanan 100-400 voltluk gerilim, lamba içindeki asal gaz atomlarını iyonlaştırır oluşan iyon ve elektronlar katoda çarparak metal atomlarını uyarırlar ve bunlar temel enerji düzeyine dönerlerken analiz elementinin rezonans hattında ışık emisyonu yaparlar. Her metal için farklı bir oyuk katot lambasının spektrofotometreye yerleştirilmesi bir güçlük oluşturmakla beraber, bu ışık kaynaklarının kullanımı yöntemi duyarlılık ve gözlenebilme sınırları açısından çok önemli ölçüde üstünlükler sağlar.

Örnekteki iyon ve moleküllerden analizi yapılacak metalin temel düzeyde atom buharının oluşturulduğu atomlaştırıcı, atomik absorpsiyon spektrofotometrelerinin en önemli bileşenidir. Kullanılan atomlaştırıcıları alevli ve alevsiz olmak üzere sınıflandırmak mümkündür. Fakat grafit fırın olarak da adlandırılan alevsiz atomlaştırıcılar, çeşitli üstünlükleri nedeniyle daha fazla tercih edilen türdür. Bu üstünlükler arasında; çok daha az örnek miktarı gerektirmeleri, oluşturulan atomik buharın ışık yolunda daha fazla kalabilmesi nedeniyle duyarlılığın çok daha fazla, dolayısıyla gözlenebilme sınırının çok daha düşük oluşu, asal gaz atmosferinde çalışılması nedeniyle analiz hatları 200 nm'nin altında olan elementlerin analizlerine de imkan tanınması sayılabilir. Düşük gerilimde yüksek akımla ısıtılan bu fırınlarda sıcaklık programlaması yapılabilmesi, matriks etkilerinden kurtulup optimum atomlaşma koşullarının sağlanmasına da olanak verir. Grafit fırınlar, ayrı bir güç kaynağı gerektirmeleri ve belirli bir süre kullanıldıktan sonra değiştirilme zorunluluğu gibi dezavantajlarına rağmen, kromatografik ayırmadan sonra miktarları iyice azalan türlerin analizleri için vazgeçilmez atomlaştırıcı türüdür.

Atomik absorpsiyon spektroskopisinde, her element için, o elemente özgü ışık yayan oyuk katot lambaların kullanılmasından dolayı monokromatörün ayırma gücü çok önemli değildir. Burada monokromatörün görevi, incelenen elementin rezonans hattını diğer hatlardan ayırmaktır. Çok basit bir monokromatör, emisyon spektrumu en karmaşık elementler için bile bu ayırmayı sağlayabilir. Bu yöntemde, dedektör olarak, yani ışık sinyalinin elektrik sinyaline dönüştürülmesi için fotoçoğaltıcı tüpler kullanılır.

Atomik absorpsiyon spektroskopisi yönteminde, diğer analitik yöntemlerde olduğu gibi, analizi yapılacak örneğin özelliklerine göre birçok engelleme ile karşılaşılır. Bu engellemeleri kimyasal, iyonlaşma, spektral ve zemin

engellemeleri olarak sınıflandırmak mümkündür. Grafit fırınlı atomik absorpsiyon spektroskopisi yöntemi ile yapılan analizlerde, özellikle biyolojik ve çevresel örnekler söz konusu olduğunda, zemin engellemesi olarak adlandırılan ve örnek çözeltisinde bulunan molekül veya radikal gibi çok atomlu türlerin ışığı absorplamaları şeklinde tanımlanan engelleme, yapılan analizleri en ciddi biçimde etkileyen engelleme türüdür. Klorürlü, sülfatlı, bromürlü ve fosfatlı tuzların birkaç miligramı bile dalgaboyuna bağlı olarak 0,5-1,0 değerinde absorpsiyon ölçümüne neden olur.

Örnek ve standartlara engellemeleri azaltmak veya elimine etmek amacıyla spektrokimyasal tamponların eklenmesi, alev ve ark kaynaklı emisyon spektroskopisi gibi analitik teknikler çok eski yıllardan beri kullanılan bir uygulamadır. GFAAS'de kimyasal modifikatörlerin kullanılması spektrokimyasal tamponların özel bir uygulaması olarak da düşünülebilir. GFAAS'de matriks modifikasyonu terimi daha önce de kullanılmıştır. Matriks modifikasyonu, analiz elementini termal olarak daha kararlı bir hale dönüştürmek ve/veya matriksin uçuculuğunu arttırmak amacı ile, analiz edilecek çözeltiye bir reaktifin fazlasının eklenmesidir. GFAAS'de matriks modifikasyonundaki amaç, ikinci basamak sıcaklık programının uygulanması sırasında, atomlaşma basamağı öncesi analiz elementinden hiçbir kayıp olmaksızın matriksin ortamdan uzaklaştırılabileceği yüksek piroliz sıcaklıklarının uygulanabilmesidir. Etkin bir modifikasyon ile, GFAAS'de çok önemli bir problem olan zemin absorpsiyonu ve ayrıca buhar fazı girişimleri en aza indirilebilir .

Ortama analiz maddesinden 10^2 - 10^6 kez daha fazla modifikatörün eklenmesi ile, hedeflenen etkilerin yanısıra, bazı yan etkilerin ve farklı problemlerin ortaya çıkması da kaçınılmazdır. GFAAS ile analizde, uygun kimyasal

modifikatörün seçiminde göz önünde tutulması gereken noktalar aşağıdaki gibi özetlenebilir :

- Modifikatör, analiz edilen elementte kayıp olmaksızın, matriksin atomlaşma basamağından önce buharlaşarak ortamdan uzaklaşması için, analiz edilen elementi , mümkün olduğunca yüksek bir sıcaklığa kadar kararlı bir hale getirmelidir.
- Seçilen modifikatör, birçok element için kullanılabilir. Modifikatör, yüksek saflıkta sağlanabilir ve analiz edilen elementi içermemelidir.
- Modifikatör grafit fırının ömrünü önemli ölçüde azaltmamalıdır
- Analiz edilen elementin dalga boyu civarında yüksek zemin absorpsiyonu oluşturmamalıdır .

Literatürde, çeşitli elementlerin farklı modifikatörlerle hiçbir kayıp olmaksızın atomlaşma basamağı öncesi grafit fırında kalabilecekleri maksimum sıcaklıklarla ilgili pek çok çalışma vardır. Bu konuda en detaylı çalışmalar, Welz ve çalışma grubuna aittir (Welz,1985).

Başta arsenik olmak üzere, periyodik tablonun IVA, VA ve VIA gruplarında bulunan elementlerin oluşturduğu uçucu hidrürlerden yararlanılarak, bu elementlerin atomik absorpsiyon spektroskopisi yöntemi ile analizleri duyarlı bir biçimde yapılabilir.

Analizi yapılacak elementin gaz halinde hidrürünü oluşturarak örnek çözeltisinden ayırmak, birçok engellemeyi önlediği için, bu yöntem, elementlerin analizinde çok kullanılır. Hidrür oluşturma yöntemi olarak

bilinen bu yöntemde, asitlendirilmiş örnek çözeltilisine sodyumborhidrür, NaBH_4 , çözeltilisi eklenerek hidrürün oluşumu sağlanır. Oluşan hidrür , kuartzdan yapılmış absorpsiyon hücresine gönderilir. Absorpsiyon hücresi, $850-1000^\circ\text{C}$ arası bir sıcaklığa ısıtılarak hidrürün ayrışması ve analizi yapılan elementin gaz halindeki atomlarının elde edilmesi sağlanır. Günümüzde, atomik absorpsiyon spektrofotometreleri üreten firmaların büyük bir çoğunluğu, hidrür oluşturma düzeneğini de cihaz ile birlikte pazarlamaktadırlar. Hidrür oluşturma sistemi yardımıyla, elementler için, grafit fırınla elde edilen gözlenebilme sınırlarından da daha düşük değerlere ulaşılabilir. Bu elementler için hidrür oluşturma tekniği ile elde edilen gözlenebilme sınırları, grafit fırınla elde edilebilenlerden en az on kat daha düşüktür.

6. AĞIR METAL ANALİZLERİ İÇİN YAPILAN ÇALIŞMALAR

6.1. Ağır Metal Analizi için Su Numunelerinin Alınması, Korunması ve Analize Hazırlanması

Numune kabı önce deterjanlı su ile yıkandı, musluk suyu ile çalkalandı, daha sonra 1:1'lik nitrik asit ve musluk suyu ile tekrar yıkandı, hidroklorik asit ve musluk suyu ile çalkalandı. En son olarak deiyonize distile su ile çalkalandı ve numune alınmasında kullanıldı.

Numuneler toplandıktan sonra hemen 0,45 mikron membran gözenek kalınlığındaki filtreden süzöldü. Süzölen numunenin 50-100 mL'si ile numune kabı çalkalandı ve atıldı. Sonra gereken miktarda numune alındı. Numune 1:1'lik distile su-nitrik asit ile $\text{pH} < 2$ olacak şekilde asitlendirildi. Normal olarak 3 mL 1:1'lik nitrik asit 1 L'lik numuneyi korumak için yeterlidir.

Asitlendirme esnasında numunelerimizde her hangi bir çökelme olmadı. Numuneler bir litrelik plastik şişelere alındı. Numuneler analiz yapılması için hazır hale getirildi. Analiz işleminde Çizelge 6.1.'de verilen fırın programları kullanılmıştır.

Çizelge 6.1. Analizlemede kullanılan fırın programları ve dalga boyları

Metalin Adı	Sıcaklık °C		Süre	Gözlemlene bilme Sınırı	Dalga Boyu nm
Fe	Kurutma	120	30	0,03 µg/L	248,3
	Kül Etme	1 100	20		
	Atomlaştırma	2 100	3		
	Temizleme	2 400	3		
Cr	Kurutma	110	30	1 µg/L	357,9
	Kül Etme	1 100	20		
	Atomlaştırma	2 500	3		
	Temizleme	2 800	3		
Cu	Kurutma	120	30	1 µg/L	324,7
	Kül Etme	850	20		
	Atomlaştırma	1 100	3		
	Temizleme	1 400	3		
As	Kurutma	110	30	1 µg/L	193,7
	Kül Etme	400	30		
	Atomlaştırma	2 100	3		
	Temizleme	2 400	3		
Cd	Kurutma	70	40	0,1 µg/L	228,8
	Kül Etme	500	20		
	Atomlaştırma	900	3		
	Temizleme	2 000	3		
Pb	Kurutma	12	30	1µg/L	283,3
	Kül Etme	500	30		
	Atomlaştırma	2 700	3		
	Temizleme	2 800	3		

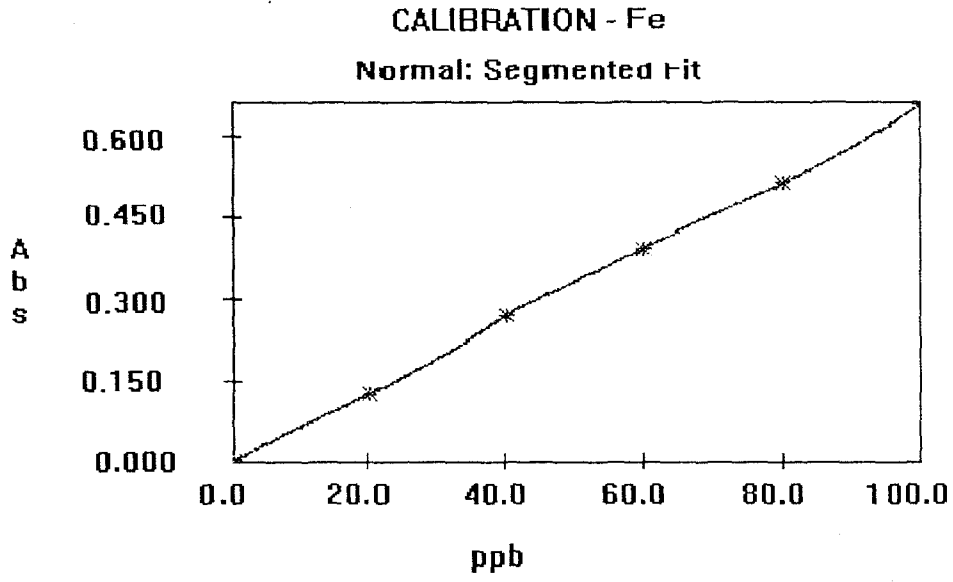
6.2. Analiz İçin Gerekli Standartların ve Kalibrasyon Eğrilerinin Hazırlanması

Analiz esnasında kullanılacak kalibrasyon eğrilerini oluşturmak için 1000 ppm'lik standart çözeltiden her metal için ayrı ayrı 10 ppm'lik stoklar hazırlanmıştır. Kalibrasyon eğrilerinin oluşturulması için değişik

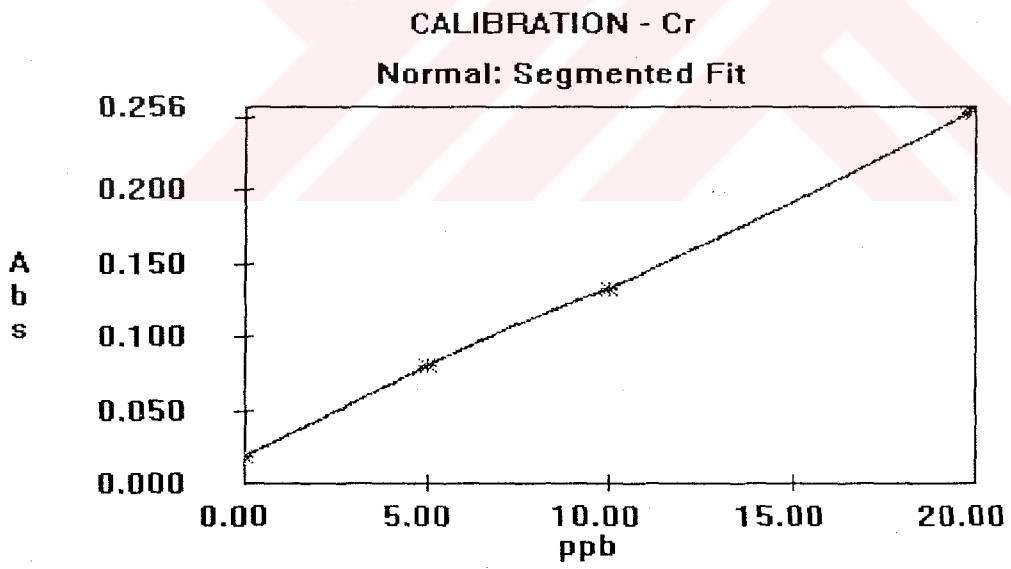
konsantrasyonlardaki çözeltiler, 10 ppm'lik stok çözelti değişik konsantrasyonlarda seyreltilerek hazırlanmıştır.

Demir analizi için 20, 40, 60 ve 80 µg/L'lik ; Krom analizi için 5, 10, 20 µg/L'lik; Bakır analizi için 20, 40, 60 , 80 ve 100 µg/L'lik; Arsenik analizi için 30, 50, 70 ve 100 µg/L'lik; Kadmiyum analizi için 4, 10 ve 15 µg/L'lik ve Kurşun analizi için 15, 30 ve 50 µg/L'lik çözeltiler hazırlanmıştır.

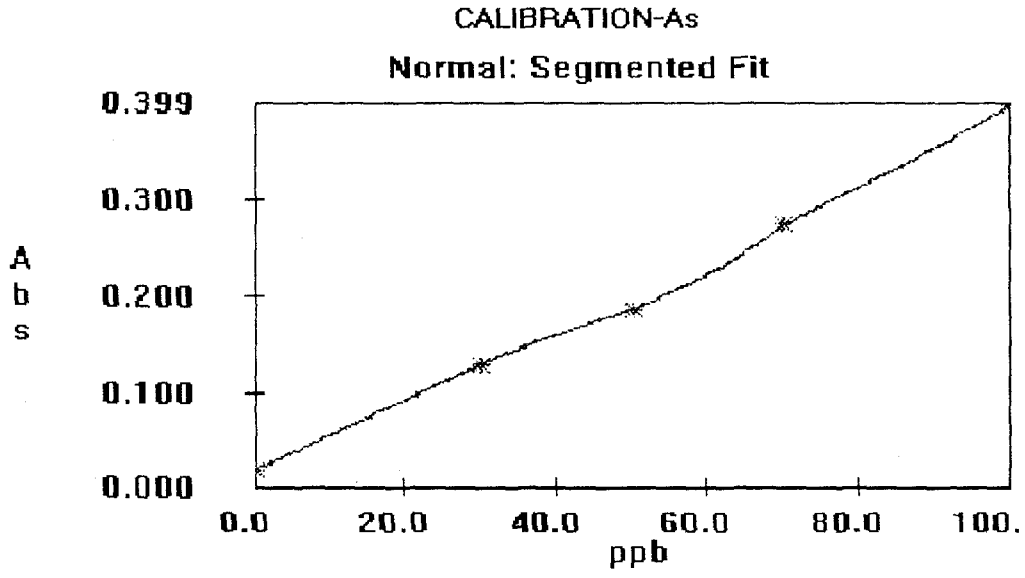
Hazırlanan bu standart çözeltiler için absorpsiyonlar tek tek okutulmuş Şekil 6.1.-Şekil 6.6.'da verilen kalibrasyon eğrileri oluşturulmuştur. Okuma esnasında konsantrasyonu yüksek çıkan örnekler 1:10, 1:20 v.b. seyreltilerek okuma yapılmıştır.



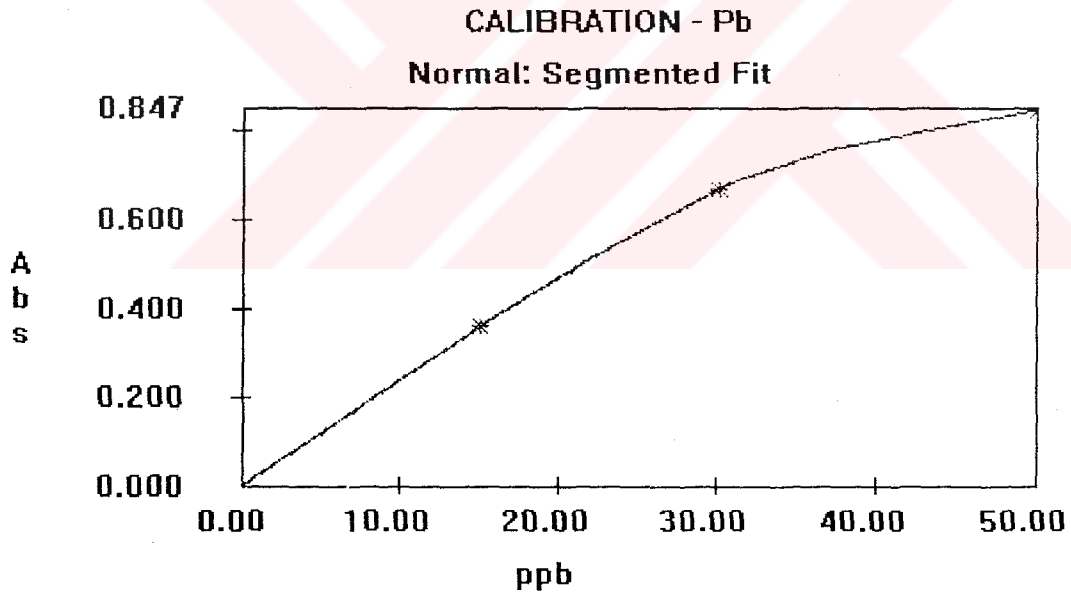
Şekil 6.1. Demir analizi için kalibrasyon eğrisi



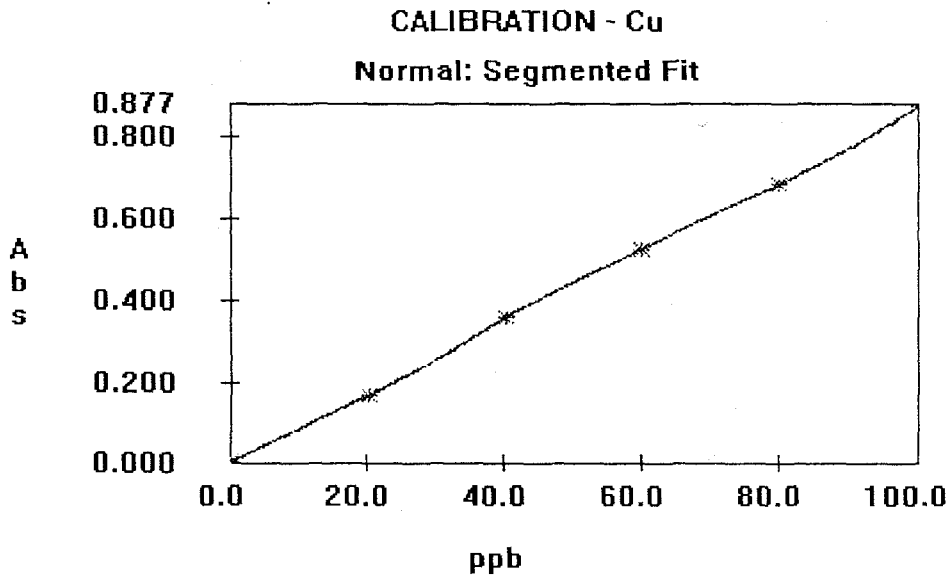
Şekil 6.2. Krom analizi için kalibrasyon eğrisi



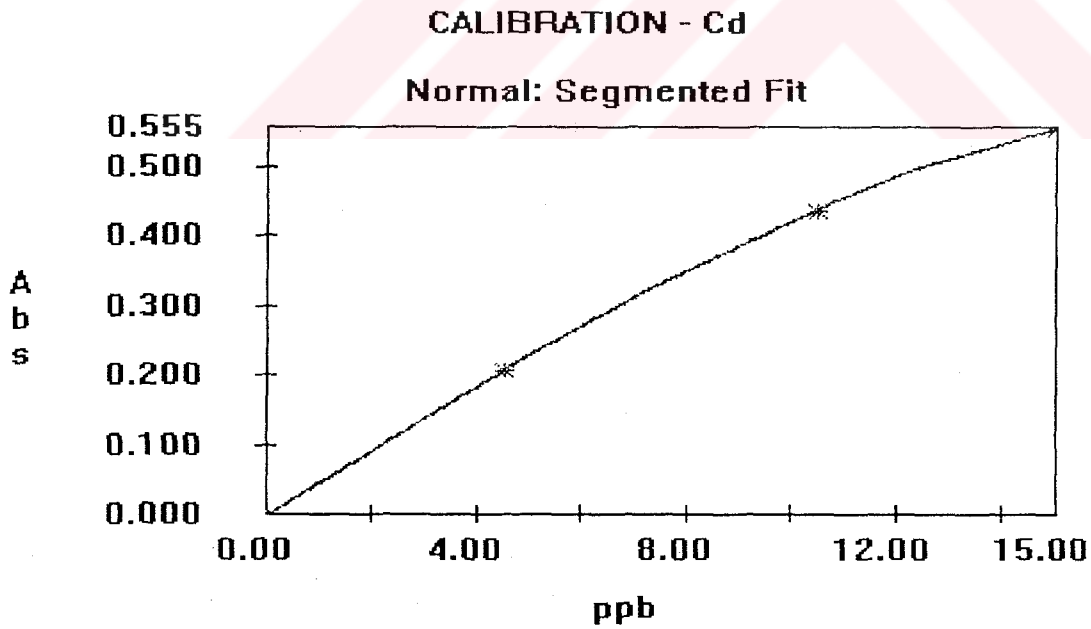
Şekil 6.3. Arsenik analizi için kalibrasyon eğrisi



Şekil 6.4. Kurşun analizi için kalibrasyon eğrisi



Şekil 6.5. Bakır analizi için kalibrasyon eğrisi



Şekil 6.6. Kadmiyum analizi için kalibrasyon eğrisi

7. ÇALIŞMA SONUNDA ELDE EDİLEN SONUÇLAR

Uluabat Gölün'de ağır metal kirliliğini ölçmek için Haziran 1999'dan Mayıs 2000'e kadar (Eylül 1999 hariç) her ay periyodik olarak gölü besleyen su kaynaklarından sekiz (8), göl içinden altı (6) ve göl çıkışından da bir (1) olmak üzere toplam 15 değişik noktadan örnekleme yapılmıştır.

Bir yıllık çalışma sonucunda elde edilen ağır metal analiz sonuçları Çizelge 7.1.-Çizelge 7.11.'de verilmektedir.

Çizelge 7.1. 14.06.1999-15.06.1999 tarihlerinde Bursa-Uluabat Gölü ve çevresinden alınan su örneklerinin ağır metal analiz sonuçları

Numune No	Arsenik mg/L	Kadmiyum mg/L	Kurşun mg/L	Bakır mg/L	Krom mg/L	Demir mg/L
1.	0,015	0,002	0,005	0,006	0,025	0,060
2.	0,011	0,003	0,004	0,005	0,018	0,040
3.	0,048	0,002	0,006	0,012	0,022	0,040
4.	-	-	-	-	-	-
5.	0,045	0,004	0,007	0,010	0,022	0,040
6.	0,055	0,002	0,005	0,011	0,022	0,022
7.	0,030	0,003	0,003	0,010	0,018	0,043
8.	0,035	0,004	0,004	0,009	0,020	0,044
9.	0,025	0,003	0,004	0,010	0,017	0,884
10.	0,018	0,002	0,003	0,008	0,014	0,043
11.	0,016	0,001	0,005	0,011	0,012	0,022
12.	0,017	0,002	0,002	0,009	0,000	0,023
13.	0,019	0,002	0,003	0,008	0,000	0,012
14.	0,015	0,003	0,004	0,007	0,000	0,041
15.	0,016	0,001	0,003	0,009	0,000	0,044

- Numune alınmamıştır.

Çizelge 7.2. 13.07.1999-14.07.1999 tarihlerinde Bursa-Uluabat Gölü ve çevresinden alınan su örneklerinin ağır metal analiz sonuçları

Numune No	Arsenik mg/L	Kadmiyum mg/L	Kurşun mg/L	Bakır mg/L	Krom mg/L	Demir mg/L
1.	0,016	0,003	0,006	0,007	0,026	0,021
2.	-	-	-	-	-	-
3.	0,050	0,002	0,005	0,013	0,024	0,032
4.	-	-	-	-	-	-
5.	0,048	0,005	0,006	0,011	0,022	0,032
6.	0,058	0,003	0,004	0,011	0,020	0,044
7.	0,035	0,002	0,004	0,013	0,018	0,041
8.	0,040	0,005	0,005	0,010	0,022	0,030
9.	0,028	0,004	0,006	0,009	0,016	0,105
10.	0,022	0,002	0,005	0,007	0,015	0,080
11.	0,018	0,002	0,004	0,012	0,010	0,048
12.	0,020	0,003	0,003	0,007	0,010	0,053
13.	0,020	0,002	0,004	0,009	0,000	0,064
14.	0,016	0,004	0,005	0,008	0,000	0,098
15.	0,016	0,002	0,006	0,010	0,000	0,051

Çizelge 7.3. 11.08.1999 tarihinde Bursa-Uluabat Gölü ve çevresinden alınan su örneklerinin ağır metal analiz sonuçları

Numune No	Arsenik mg/L	Kadmiyum mg/L	Kurşun mg/L	Bakır mg/L	Krom mg/L	Demir mg/L
1.	0,015	0,002	0,005	0,008	0,030	0,075
2.	0,013	0,003	0,006	0,007	0,020	0,101
3.	0,052	0,004	0,004	0,010	0,025	0,042
4.	-	-	-	-	-	-
5.	0,050	0,004	0,007	0,012	0,020	0,042
6.	0,056	0,004	0,005	0,010	0,022	0,072
7.	0,032	0,003	0,006	0,011	0,020	0,042
8.	0,037	0,004	0,007	0,009	0,022	0,042
9.	0,025	0,005	0,008	0,010	0,018	0,004
10.	0,020	0,003	0,004	0,008	0,016	0,042
11.	0,015	0,004	0,005	0,013	0,012	0,057
12.	0,018	0,005	0,003	0,009	0,000	0,033
13.	0,017	0,003	0,004	0,008	0,000	0,052
14.	0,015	0,003	0,005	0,009	0,000	0,051
15.	0,014	0,002	0,003	0,011	0,000	0,040

Çizelge 7.4. 20.10.1999-21.10.1999 tarihlerinde Bursa-Uluabat Gölü ve çevresinden alınan su örneklerinin ağır metal analiz sonuçları

Numune No	Arsenik mg/L	Kadmiyum mg/L	Kurşun mg/L	Bakır mg/L	Krom mg/L	Demir mg/L
1.	-	-	-	-	-	-
2.	-	-	-	-	-	-
3.	0,055	0,005	0,003	0,012	0,024	0,070
4.	0,015	0,003	0,005	0,010	0,022	0,082
5.	0,052	0,005	0,006	0,012	0,020	0,061
6.	0,056	0,003	0,007	0,010	0,023	0,040
7.	0,030	0,002	0,007	0,012	0,022	0,104
8.	0,036	0,003	0,008	0,011	0,022	0,120
9.	0,026	0,004	0,007	0,012	0,016	0,042
10.	0,018	0,005	0,005	0,013	0,015	0,020
11.	0,014	0,003	0,006	0,010	0,000	0,090
12.	0,015	0,005	0,004	0,009	0,010	0,031
13.	0,016	0,004	0,005	0,010	0,000	0,040
14.	0,015	0,005	0,003	0,012	0,010	0,040
15.	0,014	0,003	0,005	0,011	0,000	0,030

Çizelge 7.5. 16.11.1999 tarihinde Bursa-Uluabat Gölü ve çevresinden alınan su örneklerinin ağır metal analiz sonuçları

Numune No	Arsenik mg/L	Kadmiyum mg/L	Kurşun mg/L	Bakır mg/L	Krom mg/L	Demir mg/L
1.	-	-	-	-	-	-
2.	-	-	-	-	-	-
3.	0,052	0,006	0,004	0,013	0,022	0,010
4.	-	-	-	-	-	-
5.	0,051	0,004	0,005	0,014	0,019	0,010
6.	0,053	0,005	0,006	0,010	0,020	0,051
7.	0,028	0,003	0,005	0,008	0,021	0,050
8.	0,030	0,004	0,006	0,012	0,023	0,040
9.	0,025	0,005	0,006	0,011	0,017	0,030
10.	0,017	0,004	0,006	0,013	0,015	0,040
11.	0,012	0,005	0,007	0,008	0,000	0,041
12.	0,014	0,006	0,005	0,006	0,000	0,050
13.	0,015	0,005	0,007	0,012	0,000	0,052
14.	0,015	0,004	0,005	0,013	0,000	0,010
15.	0,011	0,002	0,006	0,012	0,000	0,040

Çizelge 7.6. 14.12.1999 tarihinde Bursa-Uluabat Gölü ve çevresinden alınan su örneklerinin ağır metal analiz sonuçları

Numune No	Arsenik mg/L	Kadmiyum mg/L	Kurşun mg/L	Bakır mg/L	Krom mg/L	Demir mg/L
1.	0,015	0,004	0,006	0,009	0,028	0,042
2.	0,014	0,003	0,007	0,012	0,019	0,070
3.	0,055	0,005	0,009	0,013	0,020	0,041
4.	0,016	0,004	0,006	0,010	0,020	0,020
5.	0,050	0,005	0,008	0,012	0,016	0,330
6.	0,048	0,004	0,006	0,012	0,019	0,070
7.	0,035	0,004	0,007	0,011	0,021	0,050
8.	0,032	0,005	0,008	0,013	0,021	0,011
9.	0,028	0,006	0,008	0,011	0,016	0,040
10.	0,018	0,003	0,010	0,012	0,014	0,040
11.	0,014	0,004	0,011	0,008	0,010	0,142
12.	0,015	0,005	0,012	0,009	0,000	0,010
13.	0,014	0,004	0,010	0,010	0,000	0,190
14.	0,013	0,003	0,009	0,012	0,000	0,141
15.	0,012	0,003	0,012	0,015	0,000	0,170

Çizelge 7.7. 18.01.2000-19.01.2000 tarihlerinde Bursa-Uluabat Gölü ve çevresinden alınan su örneklerinin ağır metal analiz sonuçları

Numune No	Arsenik mg/L	Kadmiyum mg/L	Kurşun mg/L	Bakır mg/L	Krom mg/L	Demir mg/L
1.	0,016	0,005	0,007	0,010	0,022	0,040
2.	0,015	0,004	0,008	0,011	0,018	0,010
3.	0,054	0,004	0,010	0,012	0,022	0,072
4.	0,013	0,003	0,008	0,011	0,018	0,090
5.	0,052	0,005	0,010	0,013	0,016	0,040
6.	0,042	0,005	0,011	0,014	0,015	0,021
7.	0,031	0,006	0,010	0,016	0,020	0,020
8.	0,028	0,006	0,009	0,012	0,022	0,062
9.	0,022	0,005	0,010	0,010	0,015	0,040
10.	0,016	0,005	0,012	0,011	0,016	0,020
11.	0,013	0,003	0,013	0,010	0,000	0,041
12.	0,013	0,004	0,014	0,011	0,010	0,040
13.	0,012	0,005	0,012	0,012	0,000	0,040
14.	0,014	0,004	0,010	0,010	0,010	0,010
15.	0,011	0,004	0,013	0,012	0,000	0,052

Çizelge 7.8. 15.02.2000 tarihinde Bursa-Uluabat Gölü ve çevresinden alınan su örneklerinin ağır metal analiz sonuçları

Numune No	Arsenik mg/L	Kadmiyum mg/L	Kurşun mg/L	Bakır mg/L	Krom mg/L	Demir mg/L
1.	0,019	0,005	0,008	0,009	0,021	0,090
2.	0,016	0,005	0,009	0,010	0,017	0,070
3.	0,058	0,006	0,011	0,013	0,020	0,010
4.	-	-	-	-	-	-
5.	0,055	0,004	0,011	0,013	0,015	0,020
6.	0,047	0,006	0,010	0,013	0,013	0,021
7.	0,037	0,005	0,012	0,015	0,022	0,062
8.	0,029	0,007	0,011	0,014	0,018	0,030
9.	0,025	0,006	0,013	0,012	0,016	0,052
10.	0,015	0,007	0,012	0,012	0,014	0,070
11.	0,011	0,005	0,015	0,011	0,000	0,052
12.	0,012	0,006	0,016	0,012	0,000	0,040
13.	0,011	0,006	0,014	0,010	0,000	0,031
14.	0,013	0,005	0,013	0,013	0,000	0,060
15.	0,011	0,003	0,015	0,011	0,000	0,082

Çizelge 7.9. 21.03.2000 tarihinde Bursa-Uluabat Gölü ve çevresinden alınan su örneklerinin ağır metal analiz sonuçları

Numune No	Arsenik mg/L	Kadmiyum mg/L	Kurşun mg/L	Bakır mg/L	Krom mg/L	Demir mg/L
1.	0,018	0,004	0,007	0,010	0,024	0,330
2.	0,017	0,003	0,007	0,010	0,016	0,020
3.	0,056	0,005	0,010	0,015	0,022	0,041
4.	0,016	0,005	0,008	0,011	0,014	0,070
5.	0,051	0,003	0,010	0,015	0,014	0,010
6.	0,042	0,005	0,011	0,014	0,014	0,700
7.	0,031	0,004	0,011	0,016	0,020	0,230
8.	0,025	0,006	0,009	0,015	0,019	0,290
9.	0,022	0,007	0,011	0,013	0,018	0,040
10.	0,012	0,008	0,010	0,012	0,015	0,072
11.	0,013	0,006	0,012	0,012	0,010	0,030
12.	0,011	0,008	0,014	0,013	0,000	0,010
13.	0,012	0,004	0,013	0,011	0,010	0,041
14.	0,014	0,005	0,012	0,012	0,000	0,060
15.	0,012	0,004	0,013	0,013	0,010	0,052

Çizelge 7.10. 18.04.2000 tarihinde Bursa-Uluabat Gölü ve çevresinden alınan su örneklerinin ağır metal analiz sonuçları

Numune No	Arsenik mg/L	Kadmiyum mg/L	Kurşun mg/L	Bakır mg/L	Krom mg/L	Demir mg/L
1.	0,019	0,003	0,006	0,011	0,025	0,070
2.	0,019	0,002	0,005	0,012	0,017	0,070
3.	0,052	0,004	0,008	0,014	0,026	0,052
4.	0,014	0,003	0,007	0,013	0,015	0,010
5.	0,048	0,005	0,008	0,016	0,013	0,081
6.	0,041	0,004	0,010	0,013	0,018	0,020
7.	0,035	0,005	0,010	0,017	0,019	0,032
8.	0,022	0,003	0,008	0,016	0,020	0,010
9.	0,020	0,006	0,009	0,012	0,016	0,032
10.	0,014	0,007	0,008	0,010	0,015	0,050
11.	0,013	0,005	0,010	0,009	0,000	0,022
12.	0,012	0,007	0,012	0,011	0,010	0,040
13.	0,011	0,006	0,011	0,013	0,010	0,042
14.	0,013	0,005	0,010	0,015	0,000	0,021
15.	0,012	0,003	0,012	0,014	0,000	0,023

Çizelge 7.11. 15.05.2000 tarihinde Bursa-Uluabat Gölü ve çevresinden alınan su örneklerinin ağır metal analiz sonuçları

Numune No	Arsenik mg/L	Kadmiyum mg/L	Kurşun mg/L	Bakır mg/L	Krom mg/L	Demir mg/L
1.	0,020	0,003	0,005	0,009	0,026	0,050
2.	0,021	0,002	0,004	0,008	0,019	0,082
3.	0,059	0,003	0,007	0,012	0,028	0,051
4.	0,015	0,004	0,006	0,010	0,013	0,020
5.	0,054	0,003	0,007	0,013	0,015	0,062
6.	0,048	0,003	0,008	0,012	0,019	0,081
7.	0,032	0,004	0,009	0,015	0,016	0,030
8.	0,024	0,003	0,008	0,014	0,022	0,040
9.	0,022	0,004	0,009	0,011	0,017	0,052
10.	0,015	0,003	0,007	0,010	0,016	0,070
11.	0,013	0,002	0,010	0,010	0,010	0,021
12.	0,011	0,003	0,011	0,012	0,000	0,040
13.	0,012	0,004	0,008	0,010	0,000	0,055
14.	0,000	0,003	0,007	0,012	0,010	0,040
15.	0,000	0,003	0,008	0,011	0,010	0,010

8. SONUÇLAR

Uluabat Gölü'nde ağır metal kirliliğini ölçmek amacıyla yapılan numune alma ve alınan numunelerin analizlerin sonuçlarının değerlendirilmesi Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği “ Kıtaiçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine” göre yapılmıştır. Çizelge 8.1. de kıtaiçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri verilmektedir.

Çizelge 8.1. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği “Kıtaiçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri”

Parametre	I.sınıf su	II. sınıf su	III.sınıf su	IV.sınıf su
Kadmiyum ($\mu\text{g Cd/L}$)	3	5	10	>10
Kurşun ($\mu\text{g Pb/L}$)	10	20	50	>50
Arsenik ($\mu\text{g As/L}$)	20	50	100	>100
Bakır ($\mu\text{g Cu/L}$)	20	50	200	>200
Krom (toplam) ($\mu\text{g Cr}^{+6}/\text{L}$)	20	50	200	>200
Demir ($\mu\text{g Fe/L}$)	300	1 000	5 000	>5 000

Uluabat Gölü ve gölü besleyen su kaynaklarında yıllık demir değişimi Şekil 8.1.'de verilmektedir. Demir değişimi genel olarak 1. sınıf su kalitesi göstermektedir. Drenaj kanallarında Uluabat pompa istasyonu Mart ayı verisi 2. sınıf su, Uluabat gölünü besleyen su kaynaklarından Döllük köyü Aralık ayı verisi ve Kestelek mansap istasyonu Mart ayı verisi 2. sınıf su özelliği göstermektedir. Uluabat Gölü göl suyunda sadece Uluabat köprü istasyonu Haziran ayı verisi 2. sınıf su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte yağışlı dönemlerle yağışsız dönemler arasında oldukça farklı sonuçlar elde edilmiştir. Bununla birlikte bölgenin jeolojik yapısı ile ilgili olarak yağmur suyunun topraktaki bağlı demiri serbert hale getirmesiyle gölü besleyen kaynaklara oradan da göle geldiği böylece aradaki farkların oluştuğu düşünülmektedir.

Uluabat Gölü ve gölü besleyen su kaynaklarında yıllık bakır değişimi Şekil 8.2.'de verilmektedir. Uluabat Gölünde bakır konsantrasyonu drenaj kanalları, gölü besleyen su kaynakları ve Uluabat göl suyu 1. sınıf su karakteristiği göstermektedir. Gölde bakır açısından herhangi bir problem görülmemektedir.

Uluabat Gölü ve gölü besleyen su kaynaklarında yıllık kurşun değişimi Şekil 8.3.'de verilmektedir. Uluabat gölünde genellikle yağışlı mevsimlerde göl suyu ve gölü besleyen akarsularda 2. sınıf su özelliği göstermektedir. Bununla birlikte kuru mevsimlerde ve drenaj kanallarında 1. sınıf su özelliği görülmektedir. Kurşun kaynakları olarak, Bursa- Balıkesir otoyolunun gölün hemen yanından geçmesi dolayısıyla araçların egzoz emisyonlarından kaynaklanan kurşunun yağışla birlikte göle geldiği ayrıca endüstriyel faaliyetler sonucunda da göle kurşun girdisi sağlandığı, bölgede bulunan tarım alanlarında kullanılan kurşun içerikli tarım ilaçlarının da gölün kurşun konsantrasyonunu 2. sınıf su özelliği göstermesine neden olduğu düşünülmektedir.

Uluabat Gölü ve gölü besleyen su kaynaklarında yıllık arsenik Şekil 8.4.'de verilmektedir. Uluabat Gölünde, drenaj kanallarındaki arsenik konsantrasyonu 1. sınıf su özelliği göstermektedir. Gölü besleyen su kaynaklarından Ayazköy, Döllük köyü ve Kestelek mansap tüm yıl boyunca 3. sınıf su özelliği göstermektedir. Kestelek memba ve Devecikonağı istasyonlarında tüm yıl boyunca 2. sınıf su özelliği göstermektedir. Göl suyu arsenik konsantrasyonu bakımından genel olarak 1. sınıf su özelliğini göstermektedir. Yalnızca Ulubat köprü istasyonu 2. sınıf su özelliği göstermektedir. Drenaj kanallarındaki ve gölü besleyen su kaynaklarından Mustafakemalpaşa Çayı'ndaki arsenik konsantrasyonunun yüksek olmasının nedeni Orhaneli ve Emet Çayları üzerinde faaliyet gösteren maden sanayi atıklarından kaynaklandığı şeklinde değerlendirilebilir.

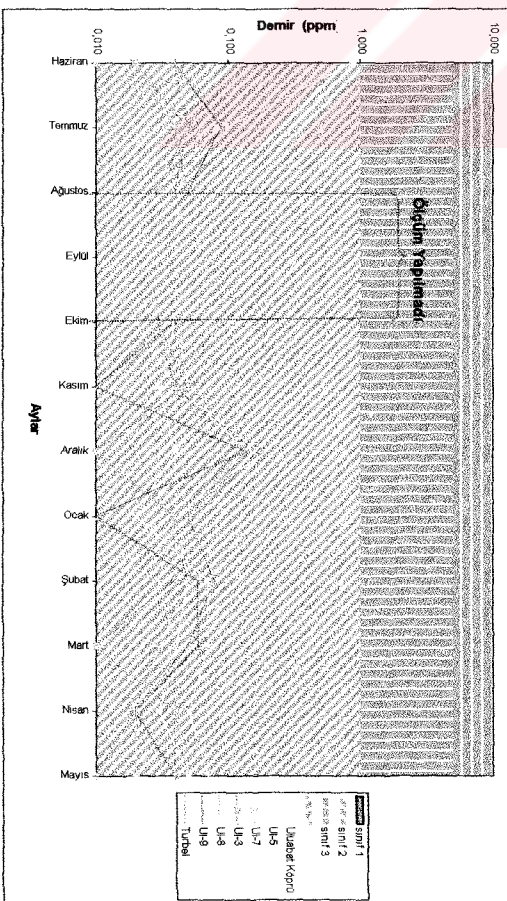
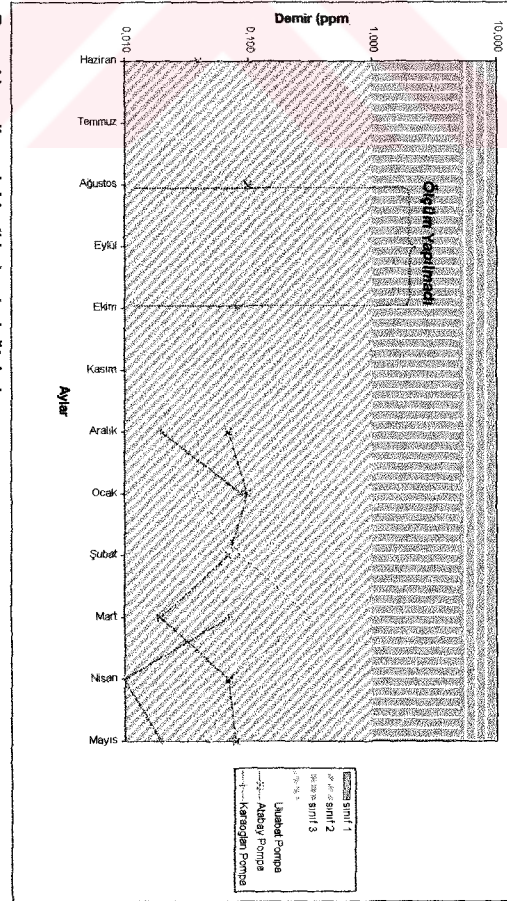
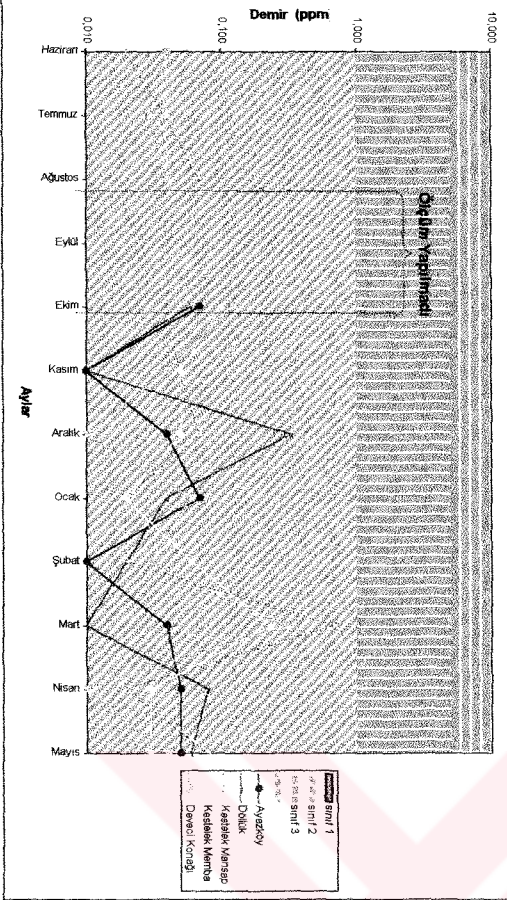
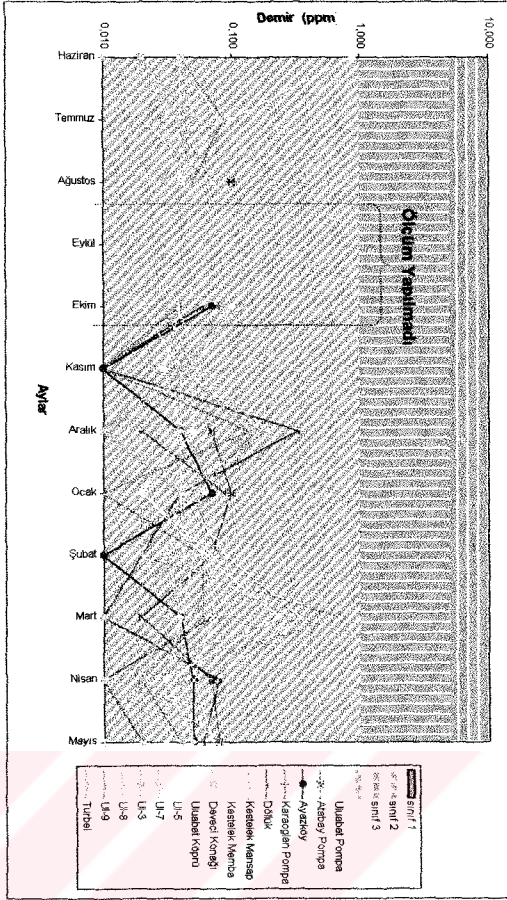
Uluabat Gölü ve gölü besleyen su kaynaklarında yıllık kadmiyum değişimi Şekil 8.5.'de verilmektedir. Uluabat Gölü drenaj kanallarında yağışlı mevsimlerde kadmiyum konsantrasyonu 2. sınıf su özelliği göstermektedir. Gölü besleyen su kaynaklarında genel olarak 2. sınıf su özelliği göstermektedir. Ayazköy ve Devecikonağı istasyonlarında bazen 3. sınıf su özelliği göstermektedir. Göl suyunda kadmiyum konsantrasyonu 2. sınıf bazen de 3. sınıf su özelliği göstermektedir. Gölü besleyen kaynaklar ve göl suyundaki kadmiyumun endüstriyel kaynaklı kirlilikten, çöp deponi alanlarından ve küçük sanayi sitesinden geldiği düşünülmektedir.

Uluabat Gölü ve gölü besleyen su kaynaklarında yıllık krom değişimi Şekil 8.6.'de verilmektedir. Uluabat Gölü, göl suyunun su kalitesi 1. sınıf su özelliği göstermektedir. Drenaj kanallarındaki su özelliği Uluabat pompa ve Karaoğlan pompa istasyonunda 2. sınıf su özelliği göstermektedir. Gölü besleyen su kaynaklarındaki krom değişimi Ayazköy, Devecikonağı istasyonu 2. sınıf su özelliği göstermektedir. Buralardaki krom'un Mustafakemalpaşa ilçesinde bulunan deri tesislerinden ve krom madeni fabrikaları atıksularından gelmektedir.

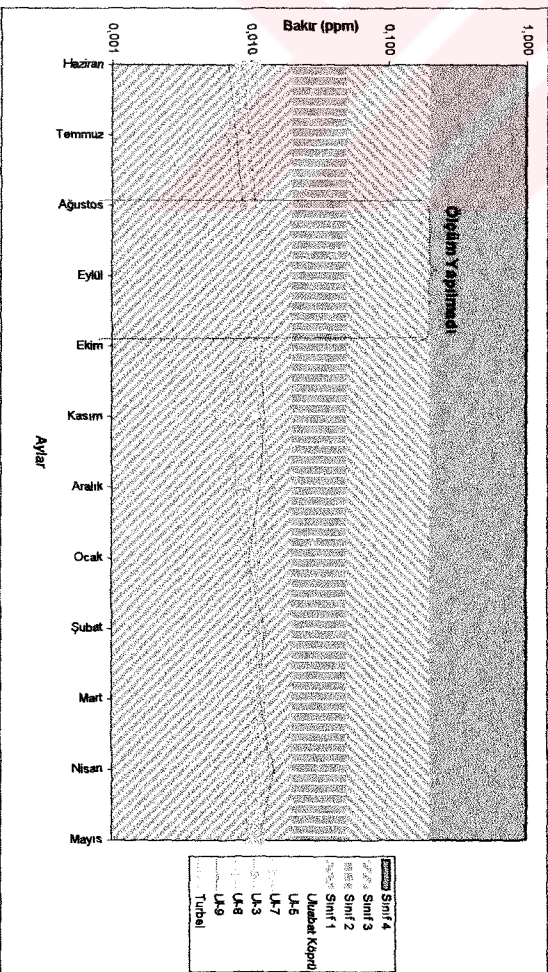
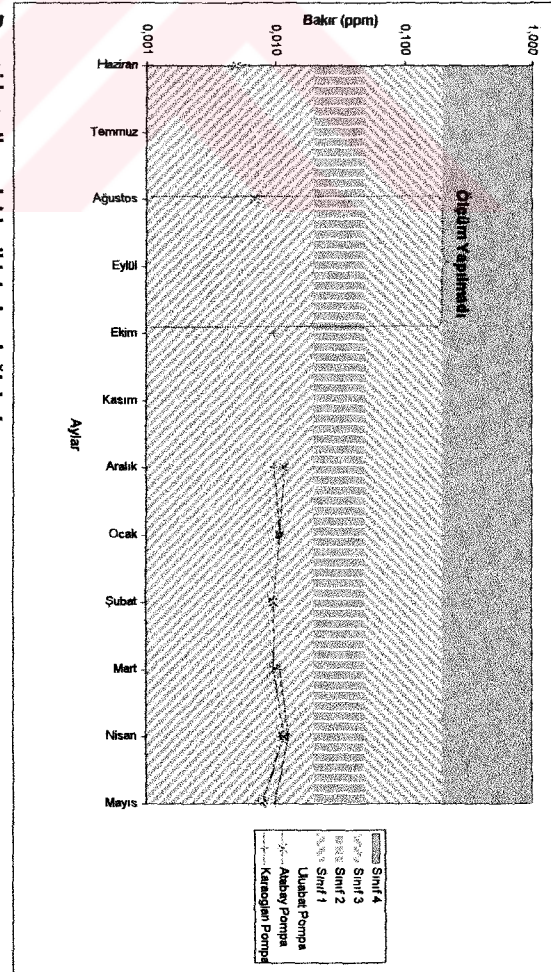
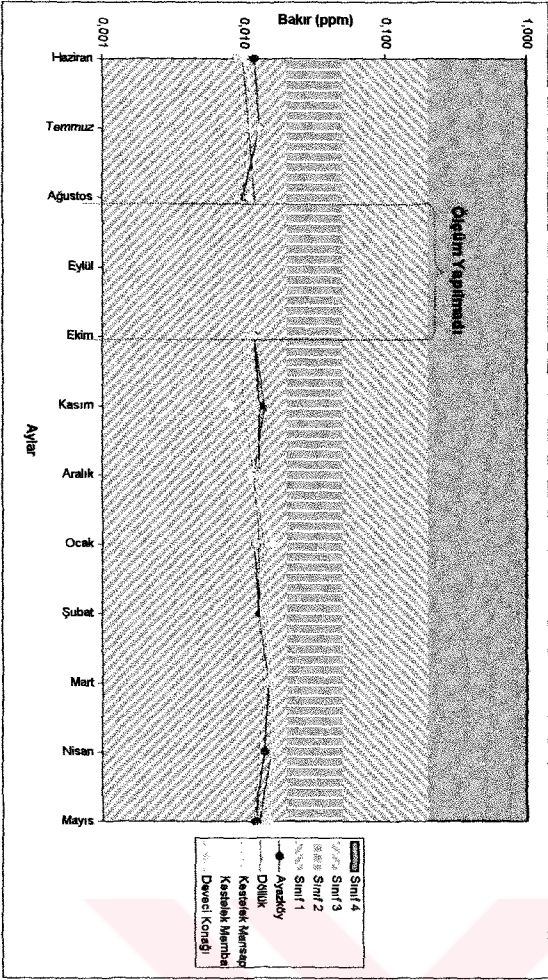
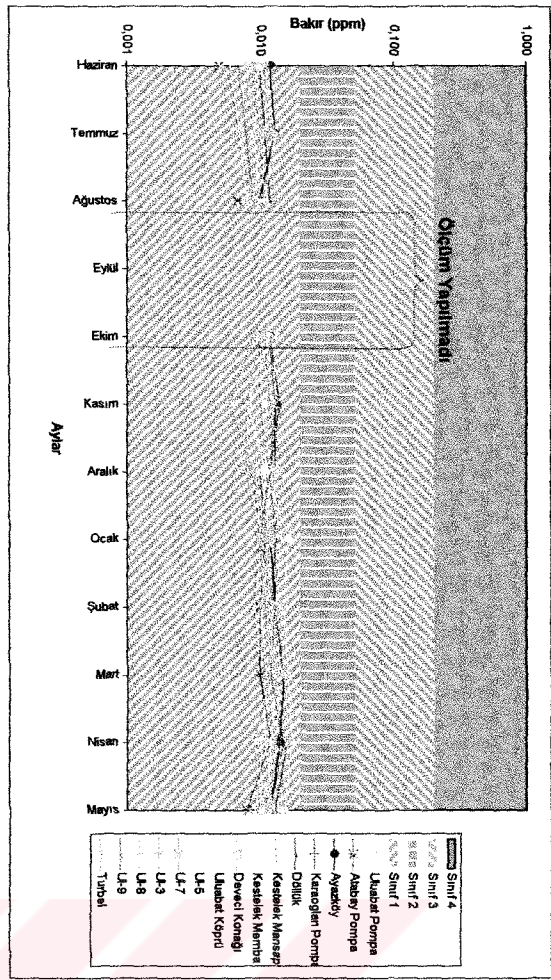
Yapılan çalışma sonucunda Uluabat Gölünün yoğun kentleşme ve endüstrileşme baskısı altında olduğu anlaşılmaktadır. Bu baskı sonucunda göl su kalitesinin ileriki yıllara doğru daha da azalacağı tahmin edilmektedir. Gölün ağır metal kirliliğinin önlenmesi için, havza içerisinde bulunan sanayi kuruluşlarının arıtma tesislerini kurmaları gerekmektedir. Arıtma tesisleri olan ancak tam verimli çalışmayan tesislerinde gerekli düzenlemeleri yapmaları gerekmektedir.

Bununla birlikte Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde özellikle ağır metallerin yer aldığı tablolardaki yasal deşarj limitlerinin revize edilmesi ve her alıcı ortam için değişik deşarj limitleri getirilmelidir (Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, 1988). Alıcı ortama deşarj edilen atıksular alıcı ortamın su kalitesini etkilemeyecek düzeyde artıldıktan sonra deşarj edilmelidir. Ayrıca gölün düzenli olarak izlenmeye devam edilmesi gerekmektedir.





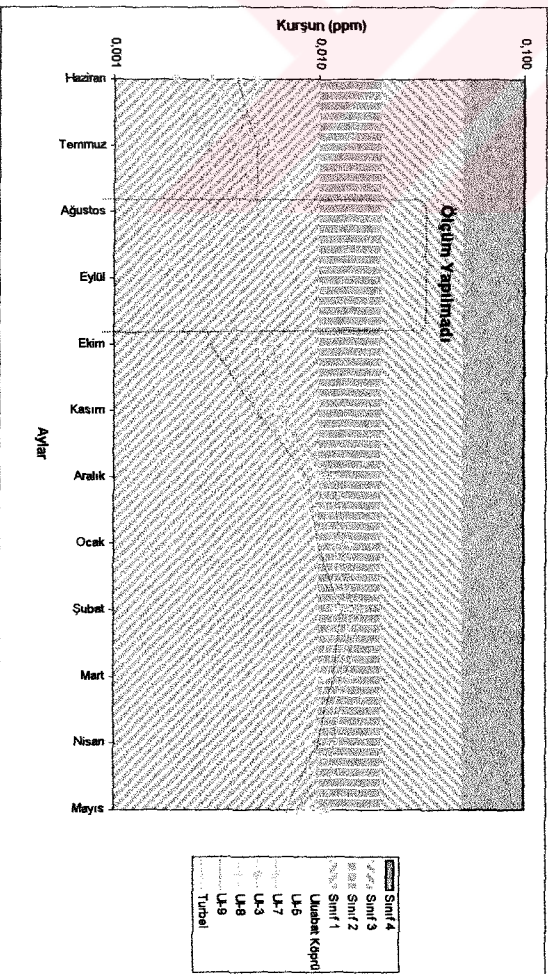
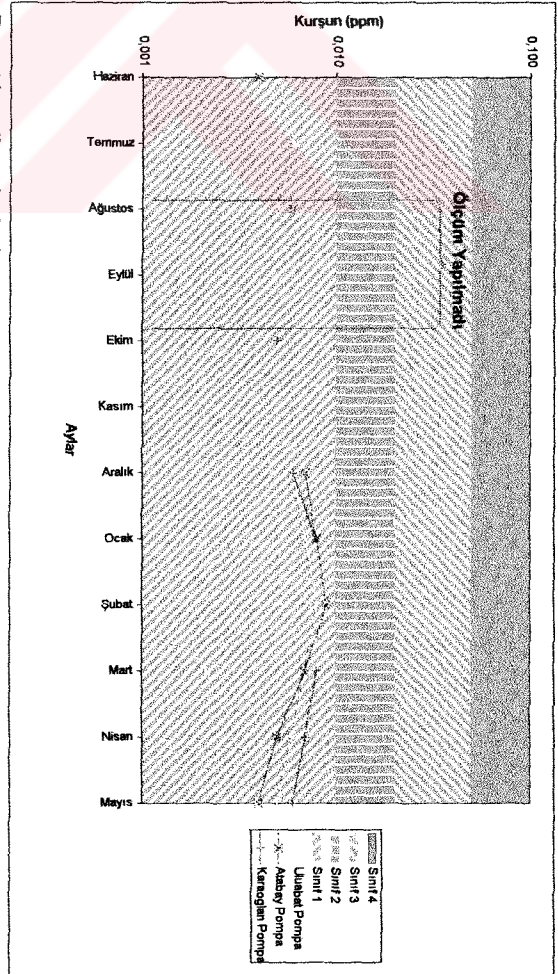
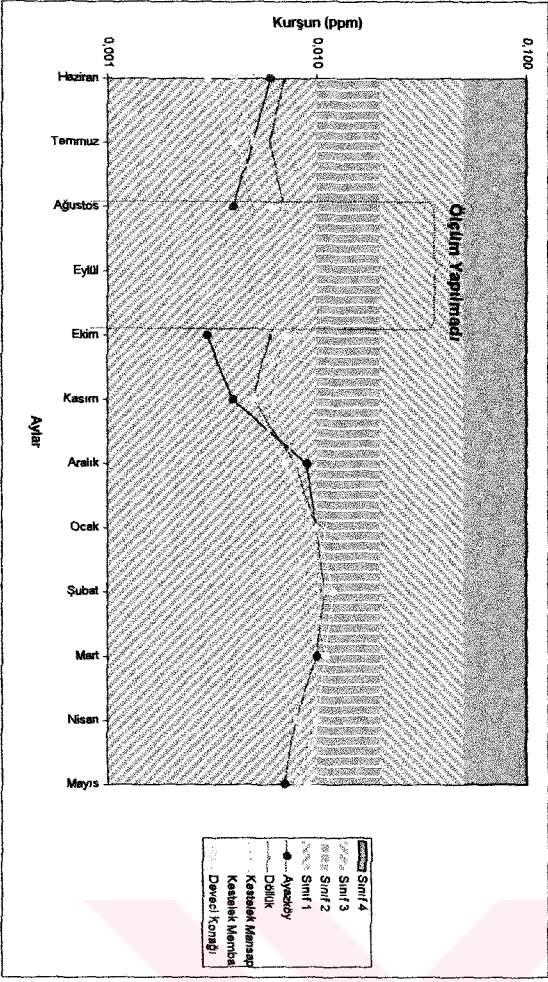
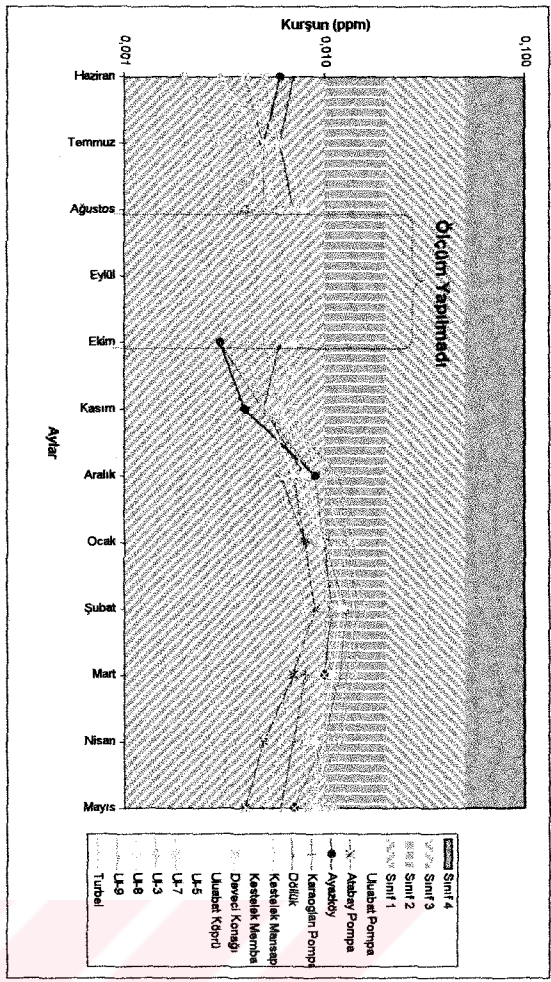
Şekil 8-1. Uluabat Gölü ve Uluabat Gölü'nü besleyen su kaynaklarındaki yıllık demir değişimi



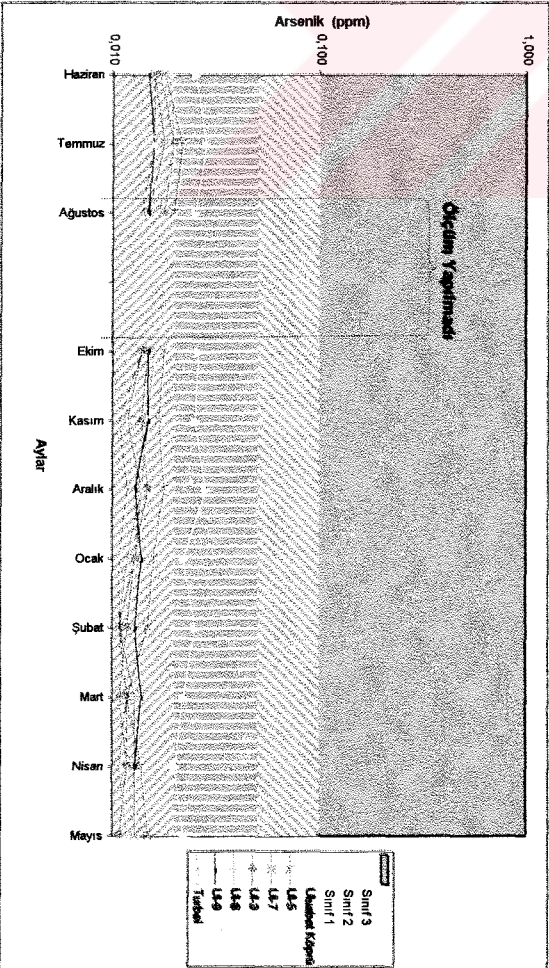
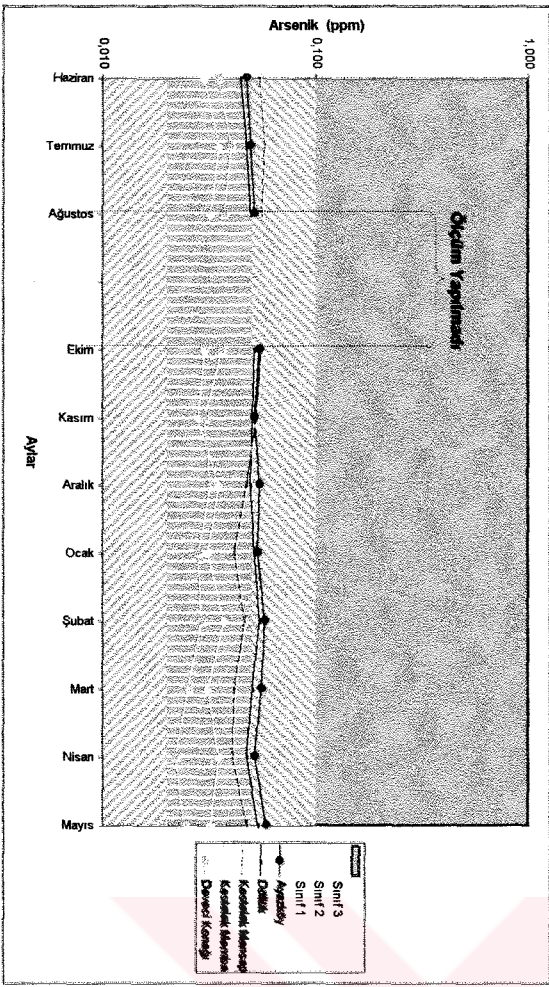
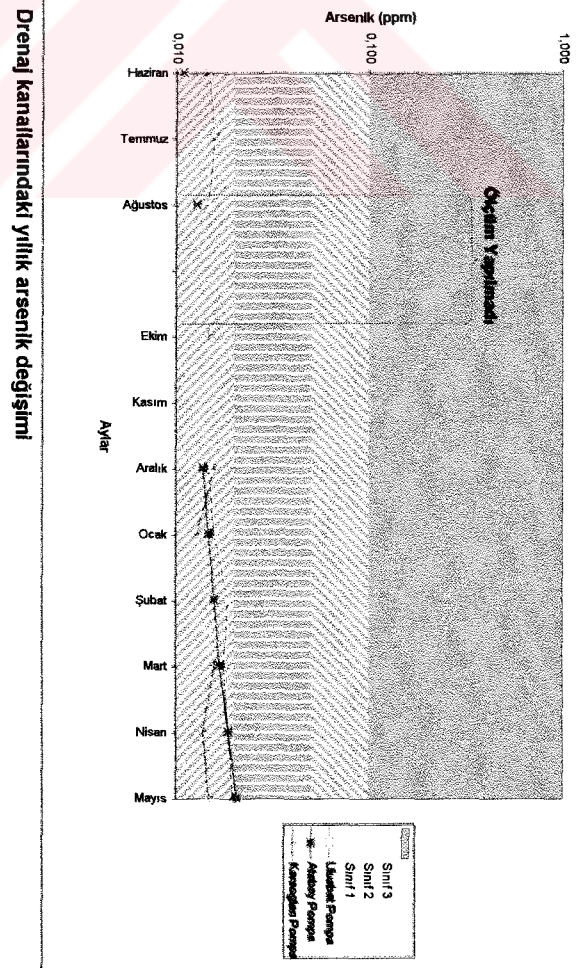
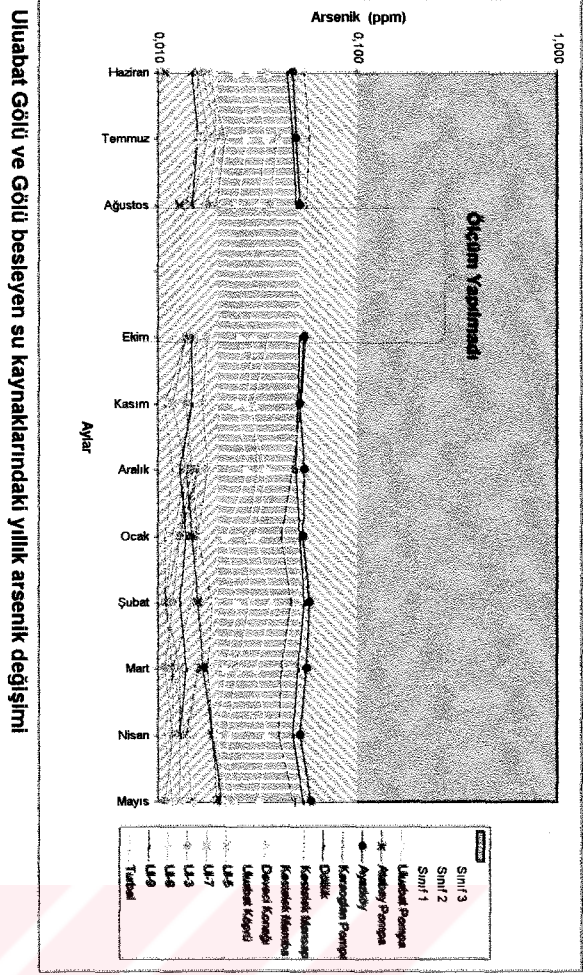
Şekil 8.2. Uuabat Gölü ve Uuabat Gölü'nü besleyen su kaynaklarındaki yıllık bakır değişimi

Uuabat Gölü'nü besleyen su kaynaklarındaki yıllık bakır değişimi

Uuabat Gölü suyundaki yıllık bakır değişimi

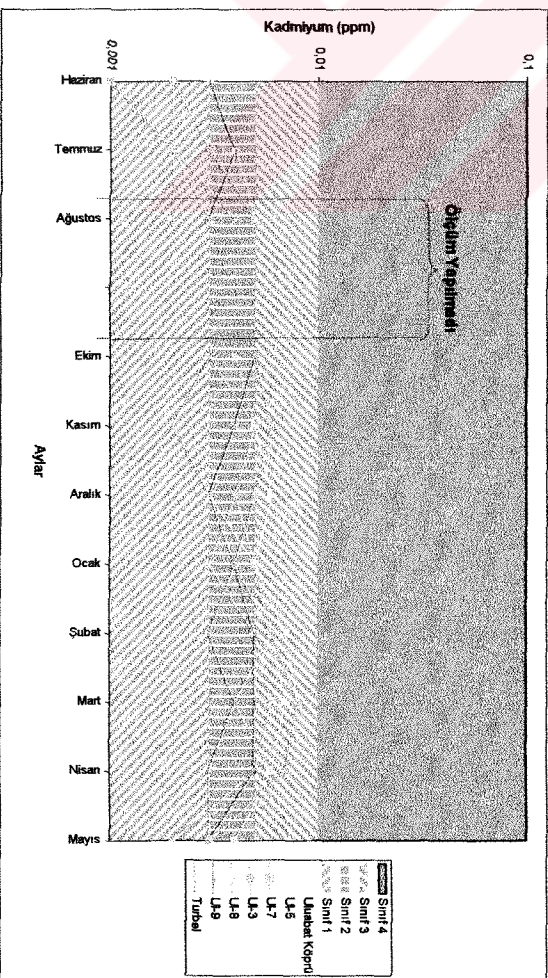
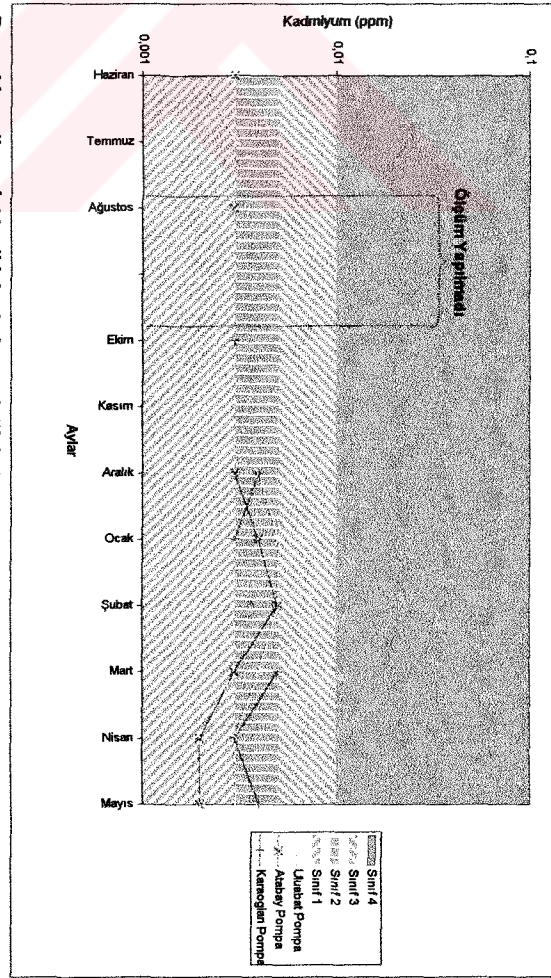
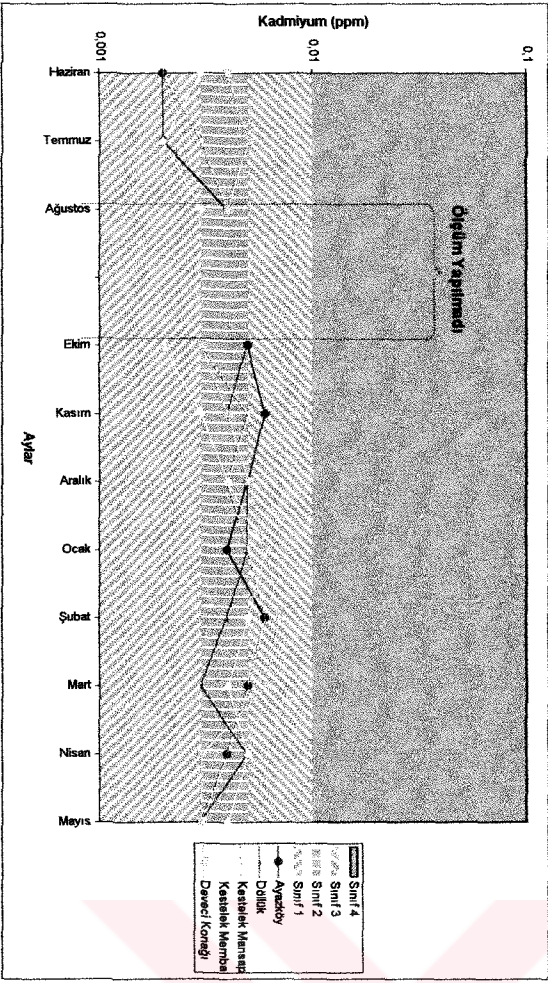
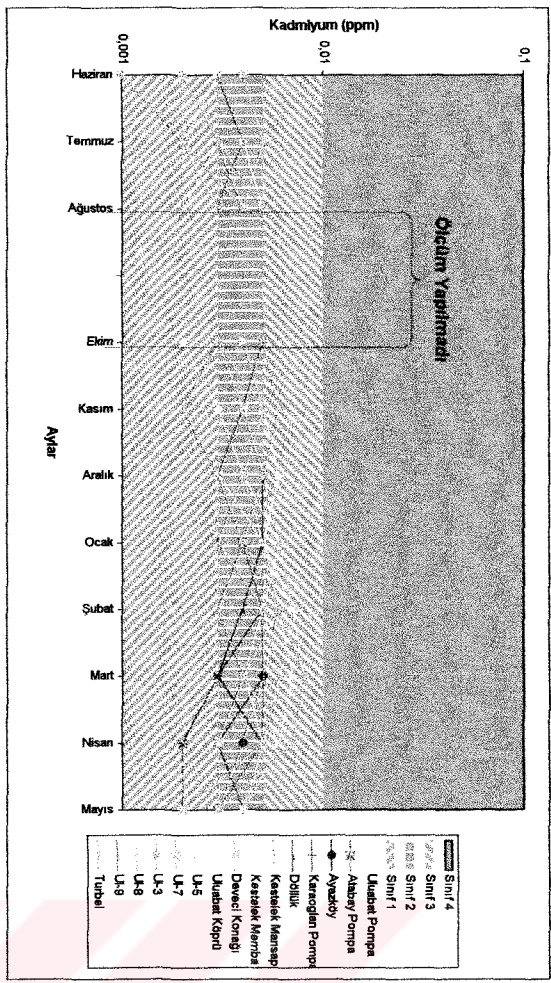


Şekil 8.3. Uluabat Gölü ve Uluabat Gölü'nü besleyen su kaynaklarındaki yıllık kurşun değişimi



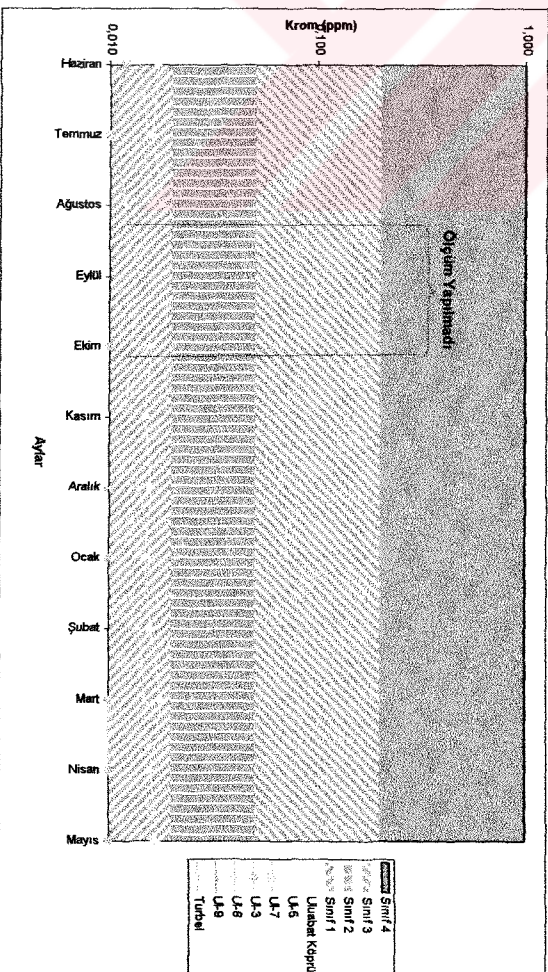
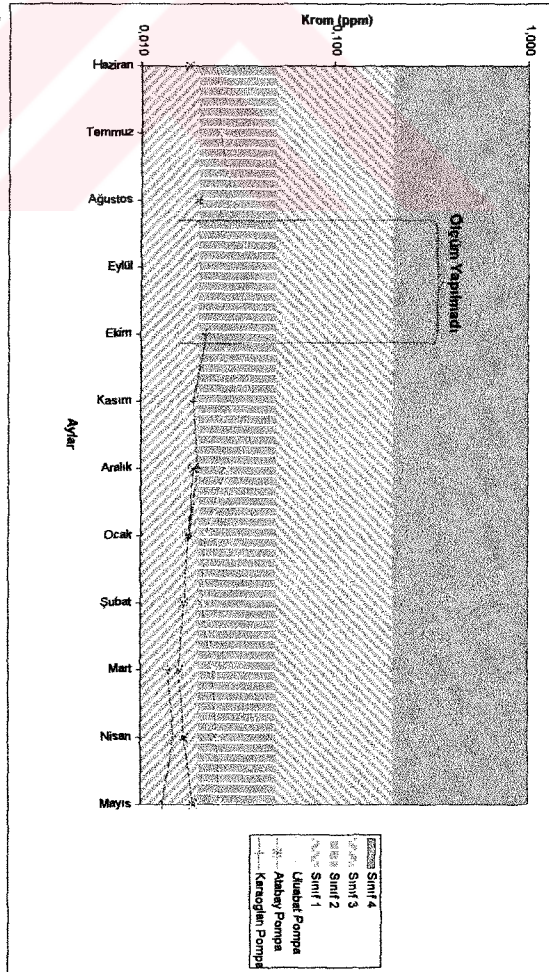
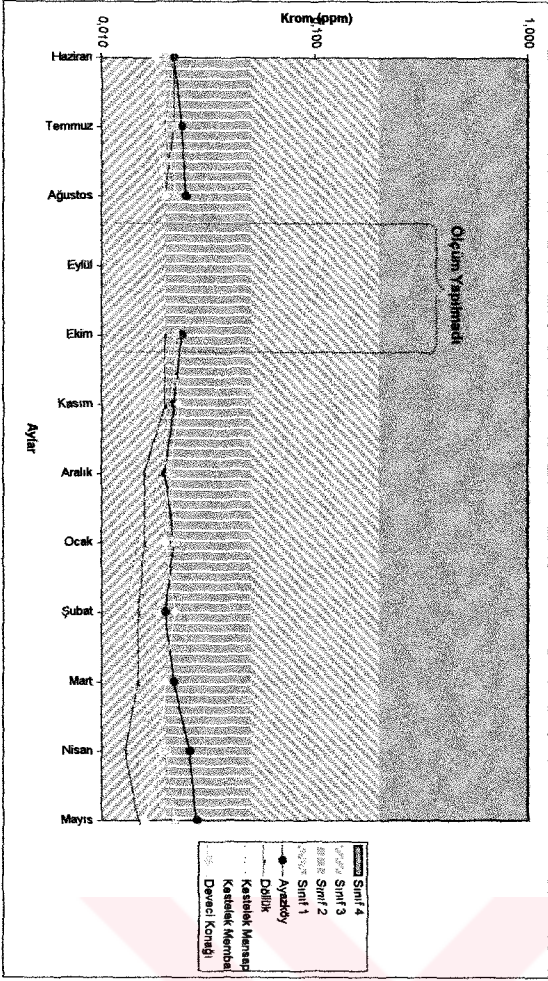
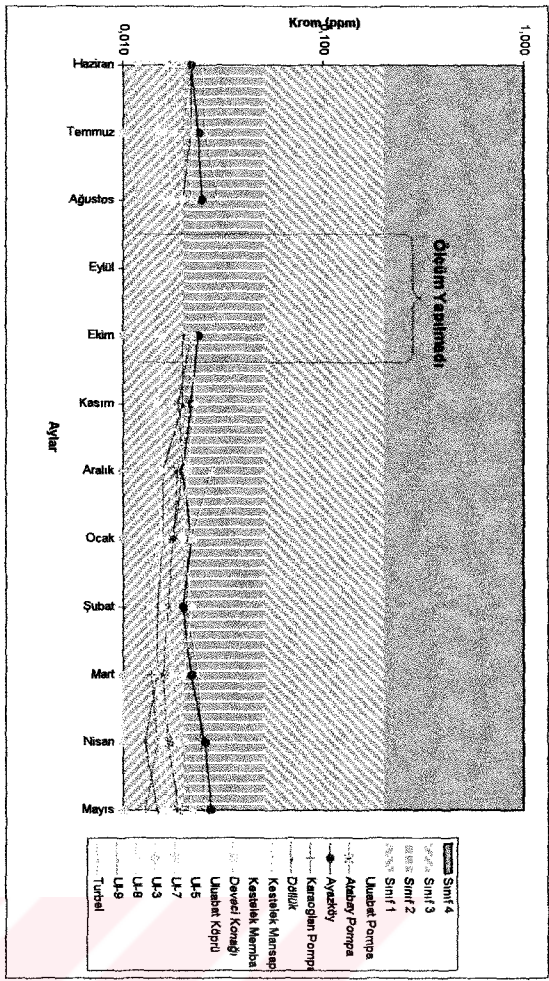
Şekil 8.4. Uluabat Gölü ve Uluabat Gölü'nü besleyen su kaynaklarındaki yıllık arsenik değişimi

Uluabat Gölü suyundaki yıllık arsenik değişimi



Şekil 8.5. Uluabat Gölü ve Uluabat Gölü'nü besleyen su kaynaklarındaki yıllık kadmiyum değişimi

Uluabat Gölü suyundaki yıllık kadmiyum değişimi



Şekil 8.6: Ulubat Gölü ve Ulubat Gölü'nü besleyen su kaynaklarındaki yıllık krom değişimi

Ulubat Gölü suyundaki yıllık krom değişimi

KAYNAKLAR

Aksoy, E., Demir, A.O., Torunođlu, T., 1998, Uluabat Gölü'nün Çevresel Sorunları ve Çözüm Önerileri, **Bursa Büyükşehir Belediyesi Yerel Gündem 21 Genel Sekreterliđi**, Uluabat Çalışma Grubu Raporu, Bursa

Altınayar, G., 1998, **Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, DSİ Genel Müdürlüğü**, Manyas ve Uluabat Gölleri Bitki Tür ve Toplulukları ile Kuşçenneti Milli Parkı Bitki Örtüsünde Görülen Kurumaların Nedenleri Üzerinde Deđerlendirmeler, Ankara

Bothwell, T.H., Charlton, R.W., Cook, J.D. and Finch, C.A. 1979, Iron metabolism in man, **Blackwell Sci. Publ.**, London

Brifing Raporu 2000, Bursa **İl Çevre Müdürlüğü**

Brifing Raporu 2000, Bursa **Tarım İl Müdürlüğü**

Derrell, R. V., 1991, Trace elements in human nutrition, micronutriens in agriculture, **SSSA Book Series: 4. USA.**

Uluabat Gölü Üreyen Kuşlar Araştırması **Doğal Hayatı Koruma Derneği**, 1998,

DMİ, 1998, Uzun Yıllar Meteorolojik Veriler

DSİ, 1980, Aşaağı Susurluk Havzası, Hidrojeolojik Etüd Raporu, **Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, DSİ Genel Müdürlüğü**, Ankara

DSİ, I Bölge Müdürlüğü 1994 Yılı Takdim Raporu

E.İ.E.İ, (Elektrik İşleri Etüt İdaresi), Hidrolojik Ölçümler 1997,

Food and Nutrition Board, 1989, Recommended Dietary

Allowances, Subcommittee on the Ninth edition of the RDAS,.

National Research Council. **10 th. Ed. Natl. Acad. Press**, Washington, DC.

Freeze, R.A., Cherry, J.A. 1979, Groundwater:Prentice Hall, Inc., New Jersey 07632, 604 p

Galbraith, J. H., Williams, R.E, Siems, P.L., 1972, Migration and leaching of metals from old mine tailings deposits: Grounwater, 10,3,33-44.

Glinsman, W.H., and Mertz, W., 1966, Effect of trivalent chromium on glucose tolerance, metabolism, 15:510-520.

Goldscmidt, V.M., 1958, Geochemistry: **Oxford Univ. Press**, London, 730 p.

Haktanır, K., Arcak, S., 1998, Çevre Kirliliği, **Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Notları**, Ankara

Hatva, T., 1989, Iron and manganese in Finland: Occurance in glacifluvial aquifers and removal by biofiltration: **Water and Environment Research Institute publ.**, 4, Helsinki, Finland, 99 p

Hem, J.D., 1985, Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water: **U.S. Geological Survey Water- Supply Paper 2254**, U.S. Geological Survey, Alexandria, VA 22304, USA, 263 p.

İnan, M., Bektaş R., Ergün, B., 1999, Uluabat Gölü Çevre Durum Raporu, Bursa Valiliği İl Çevre Müdürlüğü, Bursa

Kadis, S., Udese, F.A., Polanco, J. and Dreesen, D.W., 1984, Relationship of iron administration to susceptibility of newborn pigs to enterotoxic colibacillosis, *Am. L. Vet. Res.* 45:255-259.

Ku, H.F.H., Katz, B.G., Sulam, D.J., Krukikas, R.K., 1978, Scavenging of chromium and cadmium by aquifer material- South Farmingdale-Massapequa Area, Long Island, New York: *Ground Water*, 16,2, 112-118.

McNeely, R.N., Neimanis, V.P., Dwyer, L., 1979, *Water Quality Sourcebook- A guide to water quality parameters: Inland Waters Directorate, Water Quality Branch*, Ottawa, Canada, 88 p.

Miller, E.R., Xingen, L. and Ullrey, D.e., 1991, Trace elements in animal nutrition, micronutrients in agriculture, **SSSA Book Series:4**, USA.

MTA, 1987, Türkiye Jeoloji Haritası, İstanbul Paftası, Ankara

NRC (National Research Council), Mineral tolerance of domestic animal, Natl. Academy of Sci., Washington, DC.

Rankama, K., Sahama, T.H.G., 1964, Geochemistry: **The Univ. of Chicago press**, Chicago and London, 912 p.

Scot, P.P., Buijse, A.D., Wassen, M.J., 1999, Uluabat Gölü'nün Hidroloji ve Ekolojisi, Araştırmalar için Öneriler 25-30 Ekim 1998 tarihli Çalışma Raporu, **Doğal Hayatı Koruma Derneği**

Stollenwerk, K.G., Grove, D.B., 1985, Adsorption and desorption of hexavalent chromium in an alluvial aquifer near Telluride, **Colorado: Journal of Environmental Quality**, 14,1 150-155.

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, 1988, **Çevre Bakanlığı**

Tchobanoglous, G., Schroeder, E.d., 1985, Water Quality: Characteristics, Modelling, Modification: **Addison- Wesley Publ. Comp.**, 768 p.

TSE, 1986, İçme suları: **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, 97 s.

Welz, B. 1985, Atomic Absorption Spectrometry, **Pergamon Press**

World Health Organization (WHO), 1984a, Guidelines for drinking water quality, Volume 1, Recommendations: **WHO Publ.**, Geneva, Switzerland, 130 p.

World Health Organization (WHO), 1984b, Guidelines for drinking water quality, Volume 2, Health criteria and other supporting information: **WHO Publ.**, Geneva, Switzerland, 335 p.

ÖZGEÇMİŞ

1970 yılında Ankara'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Ankara'da tamamladı. Karadeniz Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri Fakültesi'ni 1991 yılında bitirdi. 1993 yılında askerlik hizmetini ifa etti. 1994 yılında Ege Üniversitesi bünyesinde çalıştı. 1995 yılından bu yana Çevre Bakanlığı, Çevre Kirliliğini Önleme ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Su ve Toprak Yönetimi Dairesi'nde Mühendis olarak çalışmaktadır.

